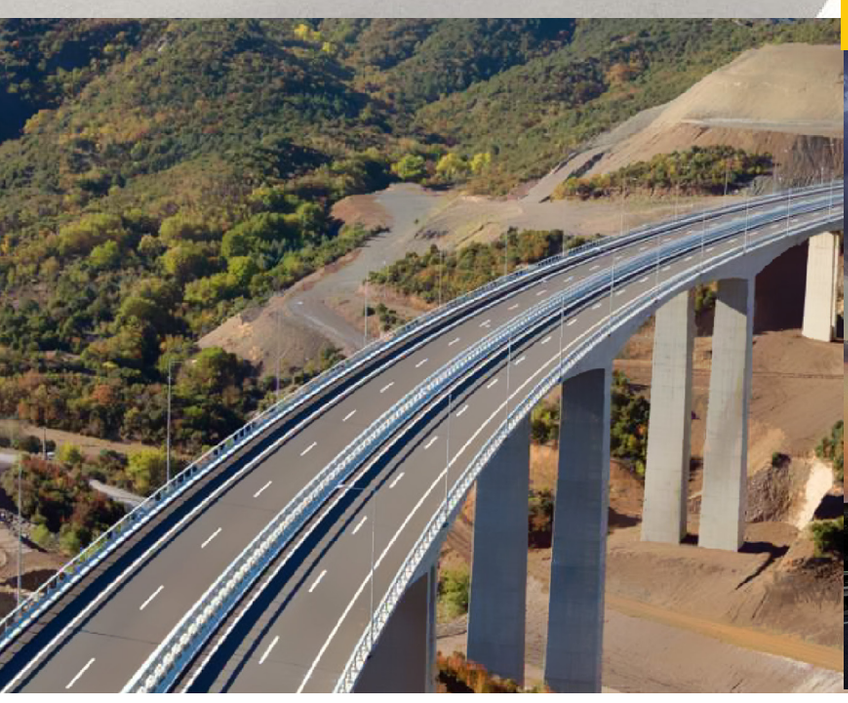
ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS
2022

3-4 ноември November 2022
Скопје, Македонија
Skopje, Macedonia

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
BOOK OF PROCEEDINGS

congress.mare.org.mk



ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 3-4 НОЕМВРИ 2022

BOOK OF PROCEEDINGS

SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 3-4 NOVEMBER 2022

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 3-4 НОЕМВРИ 2022

BOOK OF PROCEEDINGS

SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 3-4 NOVEMBER 2022

Издавач

Друштво за патишта на Република Македонија „Via Vita“

Бул. „Партизански одреди“ бр.24 П.Ф. 560

1000 Скопје, Република Македонија

Publisher

Macedonian Association of Road Engineers „Via Vita“

Blvrd „Partizanski odredi“ 24 P.box 560

1000 Skopje, Republic of Macedonia

За издавачот

Проф. д-р Горан Мијоски, дипл.град.инж. , Претседател на ДПМ

Editor

Dr. sc. Goran Mijoski, Full Professor

Уредник

Проф. д-р Горан Мијоски, дипл.град.инж.

Graphic desing

Polyesterday - Skopje

Printing

Polyesterday

Тираж 350

Number of copies 350

ISBN 978-608-66946-1-6

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

625.7/.8(062)

МАКЕДОНСКИ конгрес за патишта (2 ; 2022)
Зборник на трудови / Втор македонски конгрес за патишта 3-4 ноември 2022 : [уредник Горан Мијоски] = Book of proceedings / Second macedonian road congress 3-4 november 2022 ; [editor Goran Mijoski]. - Скопје : Друштво за патишта на Република Македонија = Skopje, 2022. - 730 стр. : илустр. ; 30 см

Текст на мак. и англ. јазик. - Фусноти кон текстот. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-608-66946-1-6

а) Патишта -- Проектирање -- Изградба -- Реконструкција -- Собири

COBISS.MK-ID 58441477

Втор Македонски конгрес за патишта

3-4 ноември 2022 год. Скопје – РС Македонија

Организатор

Друштво за патишта на Република Македонија „Via Vita“

Коорганизатори

Градежен Факултет – Скопје

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје

ЈП „Македонијапат“ - Скопје

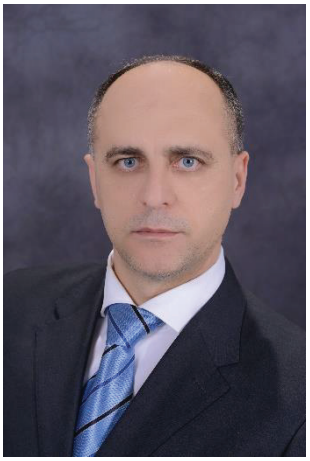
Комора на овластени архитекти и овластени инженери на РМ

Републички совет за безбедност на сообрќајот на патиштата

Јавно претпријатие за државни патишта

Инжинерска институција на Македонија

Воведен збор



Изминаа три години од Првиот Македонски конгрес за патишта, а иако вториот беше планиран за 2021, пандемијата го направи своето. Едноставно запре светот, се ресетираше скоро се. Но не и градежништвото. Се забави работата, но не запре како во другите дејности. Се наметнаа нови предизвици.

Оваа година го одбележуваме јубилејот 55 години од основање на Друштвото за патишта на Република Македонија (ДПМ). Друштвото не само што е една од најстарите стручни асоцијации во РС Македонија, туку се повеќе станува активен чинител во нашето општество, изразено преку активностите на своите членови и градежни компании кои придонесуваат за тоа.

Во таа насока е и организацијата на Вториот Македонски конгрес за патишта. Стекнатиот висок рејтинг на Првиот Македонски конгрес за патишта одржан во 2019 истотака има големо влијание на дефинирањето на целите и настојувањата за подобра организација. Всушност, не случајно овој Втор Македонски конгрес за патишта е еден од најзначајните настани во областа на патишта не само кај нас, туку и во поширокиот регион.

Иако во спортот одамна е позната девизата дека „Полесно е да се освои титулата, отколку да се одржи“, според досегашните ангажмани и активности, може да кажеме дека по сите вложени напори, очекуваме дека ќе го постигнеме и надминеме нивото на Првиот Македонски конгрес за патишта. Бројот на објавени научно – стручни трудови, квалитетот на Научниот одбор составен од повеќе од 40-тина врвни научно – стручни професионалци во оваа област, претставуваат најава за тоа.

Инаку, евидентно е дека севкупната економска ситуација не само кај нас, а особено актуелните состојби во градежниот сектор во државата не ни одат во прилог. Но тука треба државата да го препознае градежништвото како еден од најмоќните запчаници кои можат да ја повлечат македонската економија нанапред. Според податоците, градежништвото врзува околу 30 стопански гранки и токму затоа тоа е главен генератор на позитивни економски промени. Ако работи градежниот сектор, ќе функционираат успешно уште 30-тина други стопански дејности. Затоа неопходни се инвестиции во капитални објекти, како што се пред се изградбата на патишта, железници и други капитални објекти, како и поддршка на македонските градежни компании.

Во контекст на искажаното, ќе го цитирам поранешниот премиер на Велика Британија *Винстон Черчил*, кој рекол:

„Песимистот гледа проблем во секоја прилика,
а оптимистот гледа прилика во секој проблем“

Новите цели во оваа област покрај изградбата на патишта треба да бидат насочени и кон веќе изградените патишта, во смисол на нивно одржување и експлоатација, во рамките на системот на управување и одржување, што финално ќе резултира со подобрување на компетитивноста на македонската економија.

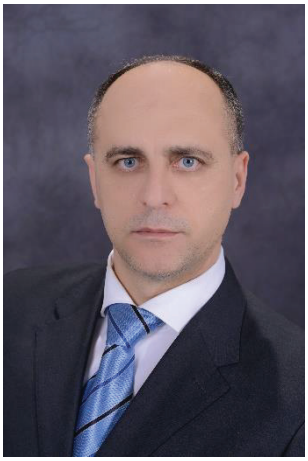
Сето ова треба да биде поткрепено и со соодветна поддршка за промени и напредок и во образовниот процес. Едноставно, ваков инвестициски циклус во патиштата, мора да биде поддржан со подобрување на квалитетот во образовниот процес, пред се со опремување на лабораториите на Градежниот факултет, со што ќе може да се одговори на современите барања не само во постојниот инвестициски циклус, туку и во современите тенденции во образовниот процес.

Сето погоре истакнато, ги дефинира главните цели на Вториот Македонски конгрес за патишта а тие се презентирање на досегашните постигнувања на македонските инженери и размена на искуства со колегите од странство.

По завршувањето на конгресот и сумирање на впечатоците од него, ќе ни претстои период на анализа, реална процена на состојбата во нашето градежништво и имплементација на новите сознанија, со цел да ги дефинираме насоките за идниот развој на македонското градежништво.

Проф. д-р Горан Мијоски
Претседател на Друштвото за патишта на Македонија

Foreword



Three years have passed since the First Macedonian Road Congress, and although the second was planned for 2021, the pandemic has taken its toll. The world simply stopped, almost everything reset. But not the civil engineering. The work slowed down, but it did not stop like in other activities. New challenges arose.

This year we are celebrating the 55th anniversary of the foundation of the Macedonian Association of Road Engineers (MARE). The association is not only one of the oldest professional associations in Republic N. Macedonia, but is increasingly becoming an active factor in our society, expressed through the activities of its members and civil engineering companies that contribute to it.

The organization of the Second Macedonian Road Congress is in that direction. The acquired high rating of the First Macedonian Road Congress held in 2019 also has a great impact on the definition of goals and efforts for better organization. In fact, it is no coincidence that this Second Macedonian Road Congress is one of the most important events in the field of roads not only in our country, but also in the wider region.

Although the motto "It is easier to win the title than to keep it" has long been known in sports, according to the engagements and activities so far, we can say that after all the efforts put in, we expect to achieve and exceed the level of the First Macedonian Congress for roads. The number of published scientific and professional papers, the quality of the Scientific Board consisting of more than 40 top scientific and professional professionals in this field, represent an announcement of this.

Otherwise, it is evident that the overall economic situation not only in our country, and especially the current situation in the civil engineering sector in the country is not in our favor. But here the state should recognize civil engineering as one of the most powerful cogs that can pull the Macedonian economy forward. According to the data, civil engineering connects about 30 economic branches and that is precisely why it is the main generator of positive economic changes. If the civil engineering sector works, about 30 other economic activities will function successfully. That is why investments in capital facilities are necessary, such as the civil engineering of roads, railways and other capital facilities, as well as support for Macedonian civil engineering companies.

In the context of what has been said, I will quote the former Prime Minister of Great Britain, *Winston Churchill*, who said:

"A pessimist sees a problem in every opportunity,
and an optimist sees an opportunity in every problem"

The new goals in this area, in addition to the construction of roads, should also be aimed at the already built roads, in terms of their maintenance and exploitation, within the framework of the management and maintenance system, which will ultimately result in improving the competitiveness of the Macedonian economy.

All of this should be supported by adequate support for changes and progress in the educational process as well. Simply, such an investment cycle in roads must be supported by improving the quality of the educational process, primarily by equipping the laboratories of the Faculty of Civil Engineering, which will be able to respond to modern requirements not only in the existing investment cycle, but also in the modern tendencies in the educational process.

All of the above defined the main goals of the Second Macedonian Road Congress, which are the presentation of the achievements of Macedonian engineers and the exchange of experiences with colleagues from abroad.

After the congress and summing up the impressions from it, we will have a period of analysis, real assessment of the situation in our civil engineering and implementation of the new knowledge, in order to define the directions for the future development of Macedonian civil engineering.

Dr. sc. Goran Mijoski, Full Professor

President of the Macedonian Association of Road Engineers

SCIENTIFIC BOARD

Dr. sc. Goran Mijoski, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia),
President of the Board

Dr. sc. Andrej Lepavcov – Macedonian Association of Road Engineers – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Darko Moslavac, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Spasen Gjorgjievski, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Milorad Jovanovski, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Zoran Krakutovski, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Josif Josifovski, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Valentina Z. Pancovska, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Todorka Samardzioska, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Goce Tasevski, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Violeta Gesovska, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Bojan Susinov, Assist. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Sead Abazi, Assist. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Skopje (Macedonia)
Dr. sc. Carsten Karcher – Secretary General EAPA (Germany)
Dr. sc. Igor Ruttmar - CEO at TPA Poland (Poland)
Dr. sc. Stjepan Lakusic, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Zagreb (Croatia)
Dr. sc. Tatjana Rukavina, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Zagreb (Croatia)
Dr. sc. Vesna Dragcevic, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Zagreb (Croatia)
Dr. sc. Tamara Dzambas, – Faculty of Civil Engineering – Zagreb (Croatia)
Dr. sc. Goran Mladenovic, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Belgrade (Serbia)
Dr. sc. Dejan Gavran, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Belgrade (Serbia)
Dr. sc. Sanja Fric, Assist. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Belgrade (Serbia)
Dr. sc. Igor Jokanovic, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Subotica (Serbia).
Dr. sc. Nikolaj Mihajlov, Full Prof. – UACEG – Sofia (Bulgaria)
Dr. sc. Petar Stefanov, Full Prof. – UACEG – Sofia (Bulgaria)
Dr. sc. Rumen A. Milanov, Full Prof. – UACEG – Sofia (Bulgaria)
Dr. sc. Tomaz Tollazzi, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Maribor (Slovenia)
Dr. sc. Peter Lipar, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Ljubljana (Slovenia)
Dr. sc. Marko Rencelj, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Maribor (Slovenia)
Dr. sc. Biljana Ivanovic, Assist. Prof. – Faculty of Civil Engineering – Podgorica (Montenegro)
Dr. sc. Katarina Mirkovic, Lecturer – Faculty of Civil Engineering – Podgorica (Montenegro)
Dr. sc. Kerim Hrapović - Lecturer – Ingolstadt University of Aplied Sciences – Viena (Austria)
Dr. sc. Emeritus Branko Mazic, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering of University - Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
Dr. sc. Mirza Pozder, Assoc. Prof. – Faculty of Civil Engineering of University - Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
Dr. sc. Osman Lindov, - Full Prof. Faculty of Traffic and Communications - University of Sarajevo (Bosnia & Herzegovina)
Dr. sc. Dragan Mihajlovic, Faculty of Civil Engineering of University of Banja Luka (Bosnia & Herzegovina)
Dr. sc. Otokar Vacin, Full Prof. – Czech Technical University – Faculty of Transport Sciences – Prague (Czech Republic)
Dr. sc. Tomas Hanak, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering at the University of Technology – Brno (Czech Republic)
Dr. sc. Faruk Kaba, Full Prof. – President of Albanian Association of Consulting Engineers - Tirana (Albania)
Dr. sc. Mentor Balilai, Full Prof. – Faculty of Civil Engineering – Tirana (Albania)
Dr. sc. Arian de Bondt, Director of Ooms Productenand Strukton Civiel (Nederland)

HONORARY BOARD

Dr. sc. Dimitar Kovacevski– Prime Minister of the Government of RN Macedonia – **President of the Board**

Blagoj Bocvarski - Minister of Transport and Communications

Dr. sc. Carsten Karcher – Secretary General – EAPA

Full Prof. Pavle Stoimenov – Faculty of Civil Engineering – Skopje

Full Prof. Orhan Avdovic – Faculty of Civil Engineering – Skopje

Dr. sc. Nikola Jankulovski, Full Prof. - Rector at “Ss. Cyril and Methodius” University – Skopje

Dr. sc. Stjepan Lakusic, Full Prof. - Rector at University of Zagreb

Dr. sc. Dejan Mirakovski, Full Prof. - Rector at “Goce Delchev” University – Stip

Dr. sc. Igor Nedelkovski, Full Prof. - Rector at “St. Clement of Ohrid” University - Bitola

Dr. sc. Vullnet Ameti, Full Prof. - Rector of the University of Tetovo

Dr. sc. Goran Markovski, Full Prof. - Dean of Faculty of Civil Engineering – Skopje

Dr. sc. Gorgi Dimov - Full Prof. - Dean at FNTS – Stip

Kostadin Acevski - Director of PE “Makedonijapat” - Skopje

Mr. sc. Kristinka Radevski - President at Chamber of Certified Architects and Certified Engineers of the Republic of Macedonia

Dr. sc. Hristina Spasevska, Full Prof. - President at EIM

Mr. sc. Gordana Kozuvarovska - President at RCRTS

Stepan Bohus -Business Manager for Europe at Saint Gobain ADFORS

Ilija Radenovic - Head of Sales at HAURATON

Radovan Trajkoski - General Director of "Ilinden" J.S.C. – Struga

Haziz Rusha - Manager of "Eskavatori MK"

Aleksandar Smilkovski - Director of "Pelagonija" J.S.C. – Gostivar

Nikola Pandev – Owner of “Zikol” – Strumica

Žaklina Bojović - Member of the Assembly and company co-owner at Unipromet d.o.o.

Zlate Atanasov - Executive director of “Lendi Group” – Skopje

Nikolay Ivanov - Manager and Legal representative of Jupiter 05 Ltd.

Zlatan Djurdjic - Technical Business Area Manager at "Strabag"

Milancho Dameski - Manager of "Misa-Mg"

Slobodan Ivanovski - Dep. Gen. Dir. and member of the OD "BIM" J.S.C. – Sv. Nikole

Mr. sc. Goce Stojanoski - Manager of "Stanton Construction" Ltd. – Bitola

Demeter Prislan - Owner of “ICC DEMETER PRISLAN S.P”

Aleksandar Glisic - Sales Manager for Adriatic Region ADFORS

Miroslav Keller - President at CAA

Dr. sc. Igor Pesevski, Assoc. Prof. - President of MAG

Dr. sc. Darko Nakov, Assoc. Prof. - President of MASE

Dr. sc. Ljupco Petkovski, Full Prof. - President of MACOLD

ORGANIZATIONAL BOARD

Dr. sc. Goran Mijoski, Full Prof. – **President of the Board**

Stojancho Stojanov – BIM – Sv. Nikole

Mr. sc. Kiril Lazarov – BITEM - Skopje

Irena Trajkoska – ILINDEN - Struga

Dr. sc. Andrej Lepavcov – MFA – RN Macedonia

Zoran Milkovski – GRANIT - Skopje

Dr. sc. Zlatko Ilijovski – GIM - Skopje

Predrag Donevski – PELAGONIJA - Gostivar

Mr. sc. Goce Stojanovski – STENTON GRADBA - Bitola

Nikola Pandev – ZIKOL - Strumica

Aleksandar Janakieski – City of Skopje

Toni Jovev – PE STIPION - Stip

Ruska Hadzi Mitrova – PE MAKEDONIJAPAT - Skopje

Vasko Trajkovski – AEC of RN Macedonia

Toni Lazarov – PE MAKEDONIJAPAT - Skopje

Mr. sc. Toni Jovanovski – Municipality of BITOLA

Mr. sc. Dejan Metikos – Chamber of Certified Architects and Certified Engineers

Miloš Cvetić – UNIPROMET – Cacak

Zlate Anastasov – LENDI GROUP - Skopje

Demeter Prislan – ICC DEMETER PRISLAN S.P.

Vladan Vidić - STARBAG

Aleksandar Glisic - ADFORS

Davor Miljkovic – ESKAVATORI MK - Skopje

Magdalena Kukoska – ZIKOL - Strumica

Nikolay Ivanov – JUPITER 05

Milancho Dameski – MISA MG

Mr.sc.Goran Stojanoski – STENTON GRADBA - Bitola

TECHNICAL ORGANIZERS

Mr.sc. Visar Paloshi

Mr.sc. Monika Tasevska

Dr. sc. Bojan Susinov

Dr. sc. Sead Abazi

Nenad Pavic

Dr. sc. Filip Kasapovski

Mr. sc. Pavle Petrovski

Mr. sc. Bojan Iliovski

Kristina Vasileva

Hristijan Loskoski

Jovana Trajkovska

Nurijan Gjelova

Kristijan Cefiov

Atifet Muaremi

Stojka Kirova

Dragana Gjorgioska

Simona Gjorgjevska

Dimitar Andonov

Stefani Gjorgjevska

Jovana Svacaroska

Nikola Dzabirski

СОДРЖИНА

Повикани предавања / INVITED LECTURES стр.1

ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА-ИСКУСТВА И ПРАКТИКИ
Милорад Јовановски, Игор Пешевски, Ване Трајановски стр.10

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON PAVEMENT STRUCTURAL PERFORMANCE
Goran Mladenovic стр.20

INNOVATIVE TRIPLE SMA LAYER FOR HEAVY DUTY PAVEMENTS
Igor Ruttmar, Marcin Hering, Agata Grajewska стр.27

IMPORTANCE TRAFFIC MANAGEMENT PLAN FOR TRAFFIC SAFETY
Osman Lindov стр.37

TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESS ROADS IN EUROPE
Kerim Hrapovic, Goran Mijoski стр.53

EXISTING SITUATION OF TRANSPORT, INDUSTRIAL, TECHNOLOGICAL, AND ENERGY INFRASTRUCTURES AND NETWORKS IN BULGARIA
Nikolaj Mihajlov, Ivan Kacarov стр.58

EVALUATION OF PAVEMENT BEARING CAPACITY BY FWD - EXAMPLE FROM PRACTICE
Tatjana Rukavina стр.59

IN-SITU DETERMINATION OF ACOUSTIC PROPERTIES OF NOISE BARRIERS: RUCONBAR CASE STUDY
Ivo Haladin, Stjepan Lakušić, Krešimir Burnać, Mate Ivančev стр.60

Тема / Topic 1 ПЛАНИРАЊЕ И ПРОЕКТИРАЊЕ / PLANNING AND DISIGNING

стр.61

ПЛАН ЗА ОДРЖЛИВА УРБАНА МОБИЛНОСТ ЗА ПРИЛЕП
Бобан Атанасоски, Петер Липар стр.75

СТАБИЛИЗАЦИЈА НА КОСИНИ СО АНКЕРИ КАЈ ОБЈЕКТИ ОД ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА
Бојан Сусинов, Сеад Абази, Бојан Стрезовски, Спасен Ѓорѓевски стр.86

РЕКОНСТРУКЦИЈА СО ПРОШИРУВАЊЕ НА РЕГИОНАЛНИОТ ПАТ Р1109, ДЕЛНИЦА „ПОНОВ МОСТ – ОБИКОЛНИЦА НА БОГДАНЦИ“ ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА
Драган Димитриевски, Дарко Илиевски, Катерина Велеска, Душанка Кажлевска стр.94

CHARACTERISTICS OF PAVEMENT CONSTRUCTION WITH THE ADDITION OF SYNTHETIC FIBERS IN ASPHALT MIXTURES
Тошковић Ђорђе, Стефановић Сузана, Стојнић Драган, Хаџи-Антић Синиша стр.108

ВЛИЈАНИЕ НА ЕГЗОГЕНИТЕ ПРОЦЕСИ НА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИТЕ, АВТОПАТ МИЛАДИНОВЦИ-ШТИП
Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски, Орце Петковски, Елена Ангелова стр.118

STANDARD VEHICLE IN REAL TRAFFIC CONDITIONS IN MONTENEGRO
Biljana Ivanović, Katarina Mirković, Dinka Šćepanović, Goran Mijoski стр.126

ПРОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТА НА РОВОВИ ЗА ЗАФАЌАЊЕ НА ОРДОНИ СО РАЗЛИЧНИ ГЕОМЕРИИ
Симона Ивановски,Игор Пешевски,Милорад Јовановски,Сеад Абази,Даниел Велинов стр.136

LANDSLIDES ON ROAD CUT SLOPES IN WATER – SATURATED PLIOCENE SEDIMENTS: A CONCEPT FOR REMEDIATION
Tamara Jovanovska, Blagica Danova, Matej Berisha стр.146

CONSTRUCTION PHASES AT “PONIKVE” AIRPORT
Mladen Kapetanović , Danijela Pandžić стр.156

NEW 3D BIM MODELLING METHODS FOR ROAD AND RAIL INFRASTRUCTURE
Matjaž Šajn, Petar Dragić, Leon Leban, Klemen Ozimek, Petra Tihole стр.166

ДРЖАВЕН ПАТ А3 ОБИКОЛНИЦА НА РЕСЕН

Ристе Ристов, Васко Гацевски, Ивона Недевска, Слободан Огњеновиќ, Златко Зафировски, Ангел Мицковски стр.175

ПОДОБРУВАЊЕ НА МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВАТА ПРИ ИЗГРАДБА И САНАЦИЈА НА ПАТНИ ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ СО ПРИМЕНА НА ПОЧВЕНИ АНКЕРИ

Сеад Абази, Павле Петровски, Булент Сулоока, Спасен Ѓорѓевски стр.184

МЕРКИ ЗА САНАЦИЈА НА ГЕОТЕХНИЧКИ ХАЗАРДИ КАЈ ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА, СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ СВЛЕЧИШТЕ МАРКОВА НОГА

Сеад Абази, Бојан Сусинов, Ардон Шабани, Булент Сулоока стр.190

ВОЗНО-ДИНАМИЧКИ АНАЛИЗИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИЈА НА ПАТНИОТ ПРАВЕЦ КИЧЕВО – МАКЕДОНСКИ БРОД ОД ДРЖАВНИОТ ПАТ Р1303

Тодорче Мишевски, Слободан Огњеновиќ стр.198

MOVEMENT SCHEMES ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MOBILITY PLAN IN HISTORICAL AREAS

Mentor Balili Ph.D., Xhevahir Aliu Ph.D, Megi Xhafaj MsC стр.211

Варијантни решенија за проширување и стабилизација на пат во сложени геотехнички услови

Сусинов Бојан, Абази Сеад, Ѓорѓевски Спасен, Јовановски Милорад стр.219

Тема / Topic 2 УПРАВУВАЊЕ, ИЗГРАДБА, И ОДРЖУВАЊЕ / MANAGEMENT, CONSTRUCTION, AND MAINTENANCE стр.220

МЕЃУНАРОДЕН ИНДЕКС НА РАМНОСТ И БРАЗДЕЊЕ НА ПАТНА ДЕЛНИЦА ВО РС МАКЕДОНИЈА

Горан Мијоски, Даниел Велинов, Зоран Мисајлески, Неџат Бајрами стр.233

АНАЛИЗА НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВИ НА САНАЦИЈА НА ПУКНАТИНИ ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

Мартин Цеков, Горан Мијоски, Дарко Пешевски стр.243

THE IMPORTANCE OF WEATHER INFORMATION FOR WINTER ROAD MAINTENANCE

Alenka Šajn Slak, Petar Dragić, Borut Sila, Samo Čarman стр.251

ПРИМЕНА НА ГНСС ТЕХНОЛОГИЈАТА ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ НА ЛИНИСКА ИНФРАСТРУКТУРА

Златко Богдановски, Златко Србиноски стр.259

DURABILITY OF FLEXIBLE PAVMENT REINFORCED WITH ASPHALT THERMOSTABLE GLASS GRID

Stojnić Dragan стр.272

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM IN NORTH MACEDONIA

Aleš Žnidarič, Maja Kreslin, Dušan Fajfar, Tomaž Zajc, Rade Hajdin, Nikola Tanasić, Goran Markovski, Aleksandar Bogoevski, Dragan Mihajlović, Andrej Anžlin стр.281

DIGITALISATION OF BRIDGE INSPECTION

Maja Kreslin, Petra Triller, Aleš Žnidarič, Vid Eržen, Dušan Fajfar, Andraž Krivic, Andrej Mesner, Andrej Anžlin стр.289

DIGITALIZATION AND SENSOR TECHNOLOGY ... THE KEY TO SUCCESS?

Ersun Görener стр.295

INTELLIGENT ASSET MANAGMENT – PEHKO PROJECT

Timo Saarenketo, Annele Matintupa, Jan Filipovsky стр.303

АСФАЛТНИ (ПОДОЛЖНИ И ПОПРЕЧНИ) И БЕТОНСКИ СПОЕВИ СО ПОЛИМЕР – МОДИФИЦИРАНА БИТУМЕНСКА ЛЕНТА

Стојанче Стојанов, Љубомир Трајчев стр.317

THE TEL AVIV FAST LANE – HOT LANE MANAGEMENT IN ISRAEL –

Thomas Sachse, Harel Hanin, Ezra Levy, Milan Radivojević стр.327

SHORTCOMINGS IN THE APPLICATION OF THE FIDIC YELLOW BOOK OF CONTRACT TERMS (DESING-BUILD SYSTEM) EXAMPLES OF ROAD CONSTRUCTION IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Milovan Ćeranić стр.333

INFLUENCE FROM HIGH TEMPERATURES ON THE ASPHALT LAYERS AT THE PAVEMENTS CONSTRUCTIONS ON A HIGHWAY SECTION

Monika T.Madzovski, Goran Mijoski стр.343

VULNERABILITY AND RESILIENCE OF BRIDGES TO CLIMATE CHANGE AND DISASERS – CURRENT SITUATION IN SERBIA

Milica Pavić, Igor Jokanović, Draženko Glavić стр.353

REAL TIME ROAD CONDITION MONITORING

Timo Saarenpää, Markus Simonen, Jan Filipovsky стр.363

КОМПАРАЦИЈА И ОЦЕНА НА КОЕФИЦИЕНТОТ НА ТРИЕЊЕ НА КОЛОВОЗНИ ПОВРШИНИ СО РАЗЛИЧЕН КАМЕН АГРЕГАТ

Тони Јовановски, Горан Мијоски стр.371

МЕТОДОЛОГИЈА ЗА УПРАВУВАЊЕ СО РИЗИЦИ ОД ОДРОНИ КАЈ ПОСТОЈАНА ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА

Верче Трајчева, Игор Пешевски, Милорад Јовановски, Горан Мијоски стр.381

GUARD – GO SMART WITH FLEXIBLE PROTECTION SYSTEMS AGAINST ROCKFALL HAZARDS

Vjekoslav Budimir, Helene Lanter, Sascha Schultes стр.391

Тема / Topic 3 БЕЗБЕДНОСТ НА СООБРАЌАЈОТ НА ПАТИШТАТА / ROAD TRAFFIC SEFETY стр.392

РЕВИЗИЈА И ИНСПЕКЦИЈА ЗА БЕЗБЕДНОСТ НА ПАТ – ПРЕДИЗВИЦИ И ВИЗИЈА ЗА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Јасмина Буневска – Талевска, Марија Маленковска Тодорова стр.401

ВЕРТИКАЛНА СООБРАЌАЈНА СИГНАЛИЗАЦИЈА – БАРАЊА И ПОТРЕБЕН КВАЛИТЕТ НА МАТЕРИЈАЛИ, ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА И ТЕХНОЛОГИИ ЗА ИЗРАБОТКА

Јорго Османли, Горан Мијоски, стр.413

IMPROVED ROAD PASSIVE SAFETY

Demeter Prislan стр.423

ROAD SAFETY INSPECTION – INCOMPATIBILITY BETWEEN THE FUNCTION OF THE ROAD AND THE TYPICAL CROSS SECTION – BELGRADE'S NORTHERN ARTERIAN TANGENT

Sanja Fric, Filip Trpčevski, Dejan Gavran, Vladan Ilić, Stefan Vranjevac, Miloš Lukić стр.431

ROAD SAFETY ASSESSMENT PRACTICES AND THEIR IMPLEMENTATION IN BULGARIA

Vanina Katsarova, Ivan Tabakov стр.441

Тема / Topic 4 ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА И ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ / PROTECTING THE ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

стр.442

MODIFIED BITUMEN ADVANCEMENTS AND PRACTICAL APPLICATIONS ASSOCIATED WITH THE NEW EU REGULATIONS

Borislav Nejkov, Rossen Koleliev, Petko Krastev стр.450

PLASTOMERIC POLYMERIC COMPOUNDS FOR ASPHALT CONCRETE MODIFICATION: STATE-OF-THE-ART AND CASE STUDIES

Shahin Eskandarsefat, Zoran Krušić , Loretta Venturini, Matteo Fumagalli стр.460

ЦИРКУЛАРНА ЕКОНОМИЈА, ПРАКТИКИ И УПОТРЕБА НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАД КАКО СЕКУНДАРНА СУРОВИНА ВО ИЗГРАДБА НА ПАТИШТА

З.Ѓорѓиевски, З.Илијовски, Ѓ.Гошев, Д.Рогожарева-Ставрева, Т.Димитрова–Филкоска стр.468

АНАЛИЗА НА ИНТЕНЗИВНИТЕ ВРНЕЖИ И НИВНОТО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ БЕЗБЕДНОСТА НА СООБРАЌАЈОТ

Виолета Ѓешовска стр.480

СООБРАЌАЈНА БУЧАВА – ЕКОЛОШКИ ПРОБЛЕМ И ВО МАЛИТЕ УРБАНИ СРЕДИНИ

Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Афродита Зенделска стр.488

THE IMPORTANCE OF CORROSION AND STRAY CURRENT MONITORING IN URBAN TRACKS

Katarina Vranešić, Stjepan Lakušić стр.496

SUSTAINABLE ROAD CONSTRUCTION FUTURE CONCEPTS: ASFALT BINDER PRODUCTION FROM SWINE MANURE

Amarija Andonoska, Blagica Dameva Andonoska, Marko Andonoski стр.506

HOW TO SAVE ENERGY, CO2 AND COSTS WITH MODERN TRANSPORT TECHNOLOGY IN ASPHALT CONSTRUCTION AND INSTALLATION

Martin Fliegl, Michaela Hess стр.516

SOLAR PANELS AS PROTECTION AGAINST TRANSPORT NOISE

Monika T.Madzovski, Goran Mijoski стр.526

ЕРОЗИЈА НА ПОЧВЕНИ КОСИНИ ПОД ДЕЈСТВО АТМОСФЕРСКИ ДЕЈСТВА И СТАБИЛИЗАЦИЈА СО ПРИРОДНИ ПОЛИМЕРНИ РАСТВОРИ

Александра Н. Атанасовска, Јосиф Јосифовски, Бојан Сусинов, Сеад Абази стр.537

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ПРЕСМЕТАНА СО ИЗМЕРЕНА БУЧАВА НА АВТОПАТ МИЛАДИНОВЦИ – СВЕТИ НИКОЛЕ

Ристе Ристов, Милица Јованоска, Тодорка Самарџиоска, Горан Мијоски стр.547

ОДНОСОТ ПОМЕЃУ УЛИЧНАТА МРЕЖА, СОСТАВОТ И УРЕДУВАЊЕТО НА УЛИЦИТЕ

Васка Сандева, Катерина Деспот стр.555

ENVIRONMENTAL PROTECTION IN INFRASTRUCTURE APPLICATIONS WITH PASSIVE IN-SITU TREATMENT

Thomas Hasslacher, Stefan Niewerth стр.561

СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИ ОД МЕРЕЊА ПРЕД И ПО ПРЕЗЕМЕНИТЕ МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ОД СООБРАЌАЈНА БУЧАВА НА ДРЖАВЕН ПАТ

Валентина Јакимовска , Горан Мијоски, Весна Брзачка, Тони Јакимовски стр.571

Тема / Topic 5 ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ / INFRASTRUCTURE FACILITIES стр.572

КОРИСТЕЊЕ НА SWMM ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА СИСТЕМОТ ЗА ОДВОДНУВАЊЕ НА ПАТИШТАТА

Гоце Тасески, Петко Пеливаноски, Никола Крстовски стр.580

ОЦЕНКА НА СОСТОЈБАТА НА МОСТОВИТЕ НА АВТОПАТОТ “ДЕМИР КАПИЈА-СМОКВИЦА“ СО ПРОБНО ТОВАРЕЊЕ

Горан Марковски, Тони Аранѓеловски, Дарко Наков, Симона Богоевска,

Марија Доцевска Дејан Јанев стр.590

НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА КОНСТРУКЦИЈА СО ПРИМЕНА НА ПОЧВЕНИ АНКЕРИ

Павле Петровски, Сеад Абази, Булент Сулооца, Бојан Сусинов стр.599

Тема / Topic 6 ТРАНСПОРТНА ПОЛИТИКА И ФИНАНСИРАЊЕ / TRANSPORT POLICY AND FINANCING стр.600

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ПЛАНИРАНИ И РЕАЛНИ РОКОВИ И БУЏЕТИ НА ПРОЕКТИ ОД ПАТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Милена Јосифоска-Милошеска, Валентина Жилеска Панчовска, Горан Мијоски стр.610

ЗАГУБИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИЈА НА ПРОЕКТИТЕ ЗА ПАТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА ВО Р.С. МАКЕДОНИЈА

Томислав Ковачовски, Валентина Жилеска Панчовска , Горан Мијоски стр.622

DESIGN ASPECTS OF THIN THICKNESS ARCH BRIDGES

Xhevahir Aliu Ph.D, Mentor Balili Ph.D, Megi Xhafaj MsC стр.673

Тема / Topic 7 ITS И НОВИ ТЕХНОЛОГИИ ВО СООБРАЌАЈОТ / ITS AND NEW TECHNOLOGIES IN TRAFFIC стр.674

BIM IN ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS

Dragana Stanojević, Mirjana Terzić, Panta Krstić, Milena Senjak Pejić стр.682

GOOD PRACTICE IN HIGHWAY TRAFFIC MANAGEMENT

Milan Radivojević, Ivana Đurđević, Marijana Mošić стр.690

Тема / Topic 8 СЛОБОДНИ И СРОДНИ ТЕМИ ОД ОБЛАСТА НА ПАТИШТАТА И ПРЕЗЕНТАЦИЈА НА НОВИ ПРОЕКТИ / FREE AND RELATED TOPICS IN THE FIELD OF ROADS AND PRESENTATION OF NEW PROJECTS стр.691

РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА ДРЖАВЕН ПАТ А2, ДЕЛНИЦА „МИЛАДИНОВЦИ – ХИПОДРОМ“

Ана Ѓорѓевиќ, Горан Мијоски, Ристе Ристов стр.697

ROAD INFRASTRUCTURE IMPROVEMENT BY URETEK GEO RESIN

Tomislav Gregurić, Robert Maros стр.706

ДЕФОРМАЦИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МАТЕРИЈАЛИ СО МАЛА ТЕЖИНА И НИВНА ПРИМЕНА ВО ПАТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Мила Смиљановска, Александра Н. Атанасовска, Станислав Ленарт,Бојан Жлендер, Јосиф Јосифовски стр.714

ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ВИДОВИШТЕ

Ѓорги Димов, Благица Донева, Александар Главинов стр.722

CONTRIBUTION TO ROAD TRAFFIC NOISE WALL PANEL TYPE SELECTION PROCESS

Maja Ahac, Saša Ahac, Stjepan Lakušić стр.730

Повикани предавања / INVITED LECTURES

1. **ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА-ИСКУСТВА И ПРАКТИКИ**

   Милорад Јовановски, Игор Пешевски, Ване Трајановски

2. **EVALUATION OF PAVEMENT BEARING CAPACITY BY FWD - EXAMPLE FROM PRACTICE**

   Tatjana Rukavina

3. **IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON PAVEMENSTRUCTURAL PERFORMANCE**

   Goran Mladenovic

4. **IN-SITU DETERMINATION OF ACOUSTIC PROPERTIES OF NOISE BARRIERS: RUCONBAR CASE STUDY**

   Ivo Haladin, Stjepan Lakušić, Krešimir Burnać, Mate Ivančev

5. **INNOVATIVE TRIPLE SMA LAYER FOR HEAVY DUTY PAVEMENTS**

   Igor Ruttmar, Marcin Hering, Agata Grajewska

6. **IMPORTANCE TRAFFIC MANAGEMENT PLAN FOR TRAFFIC SAFETY**

   Osman Lindov

7. **TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESS ROADS IN EUROPE**

   Kerim Hrapovic, Goran Mijoski

8. **EXISTING SITUATION OF TRANSPORT, INDUSTRIAL, TECHNOLOGICAL, AND ENERGY INFRASTRUCTURES AND NETWORKS IN BULGARIA**

   Nikolaj Mihajlov, Ivan Kacarov

9. **RECONSTRUCTION AND EXTENSION OF THE OPERATING AREAS OF THE DUBROVNIK AIRPORT“**
   Mr. sc. Luka Krnic TPA Zagreb

10. **„CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR THE EUROPEAN ASPHALT INDUSTRY?“**
    Dr. sc. Carsten Karcher Secretary General – EAPA

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 1

GEOTECHNICAL CONDITIONS FOR CONSTRUCTION OF ROAD INFRASTRUCTURE, EXPERIENCES AND PRACTICES
ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА- ИСКУСТВА И ПРАКТИКИ

Milorad Jovanovski[1], Igor Peshevski[2], Vane Trajanovski[3]
[1] Prof. Dr., Faculty of Civil Engineering, MKD, jovanovski@gf.ukim.edu.mk
[2] Prof. Dr., Faculty of Civil Engineering, MKD, pesevski@gf.ukim.edu.mk
[3] BSc. Civ.Eng., Public Enterprise for State Roads, MKD, vanet@roads.org.mk

Abstract

Construction of road infrastructure is usually connected with numerous problems related to different geological and geotechnical influences. Many factors such as lithological inhomogeneity, tectonic phenomena's, mechanical properties of the rock masses, groundwater conditions and others natural and man-made factors plays significant role in possibility of instability phenomena's development. In the process of investigations and design, it is very important to define geological factors and uncertainties that influence the construction of road infrastructure. Geological uncertainty is often recognized by one of the main factors by the practitioners, and it is considered explicitly in geotechnical reliability analyses. In this article, some examples are present to illustrate the consideration of the geological uncertainty in prognosis of geotechnical conditions for construction. The importance of the preparation of geological model in a geotechnical engineering project is strongly undelined. Some key issues connected with a combination of Geological Complexity (GCC) and Geotechnical Category (GC) in EC7, are presented as a field for possible improvements in a next period. Some recomemndations for future analyses are also presented.

Key words

Eurocode 7, Geological model, Geotechnical analyses, Design standards.

Абстракт

Изградбата на патната инфраструктура обично е поврзана со бројни проблеми поврзани со различни геолошки и геотехнички влијанија. Тука посебно се истакнуваат многу геолошки фактори како што се промените во нехомогеноста во литолошкиот состав, тектонски појави, механички својства на почвата карпестите маси, влијанијата од подземните води и други природни и вештачки фактори играат значајна улога во стабилноста на природната средина, како и можноста за развој на нестабилните процеси. Затоа, во процесот на истражување и проектирање, многу е важно да се дефинираат геолошките фактори и непредвидливоста кои влијаат на изградбата на патната инфраструктура. Геолошката непредвидливост често се препознава од еден од главните фактори од страна на учесниците во градбата и таа експлицитно се вклучува во анализите на геотехничката доверливост. Некои клучни прашања поврзани со комбинација на геолошка сложеност (GCC) и геотехничка категорија (GC) во EC7, се претставени како поле за можни подобрувања во следниот период. Прикажани се и поголем број препораки за идни анализи.

Клучни зборови

Еврокод 7, Геолошки модел, Геотехнички анализи, Стандарди за проектирање.

1. INTRODUCTION

Well known fact is that geotechnical factors influenced a lot the processes of investigations, design, construction and maintenance of road infrastructure. Several main geotechnical aspects are most important (Jovanovski, 2001) [10]:

- Stability and bearing capacity of the terrain and facilities for different load conditions and different time phases;
- Definition of easy of excavation during digging, blasting and drilling;
- Conditions for protection from surface and ground water;
- Conditions for loading, transport and deposition of excavated material;
- Impacts of working operations on the natural environment during the excavation phase;
- Impact of a built object on the natural environment during its exploitation;
- Possible influences of gasses and high temperatures in the underground
- Other conditions, such as: analysis of possibilities for using the rock material from the excavation in an embankment, use as an aggregate for concrete, asphalt-concrete or asphalt etc.

Beside mentioned geotechnical conditions, one of the most important questions is dealing with adverse geological conditions and natural and man-made hazards. For example, floods and landslides, has been on the rise globally in the past decades. In average yearly damage is about 50 billion US dollars or 40 000 human lives. Over the period 1900—1976 out of a total of 4.8 million killed in all natural disasters [7].

Unfortunately, it seems that public perception on geological and geotechnical aspects is still not at satisfactory level, beside the facts that in Risk Management procedure it is known that inadequate knowledge of geological and geotechnical led to claims and time/cost overruns. For example, Figure 1, presents about 82% of main factors can be classified in so-called human errors that leads to some difficulties in construction [16] .

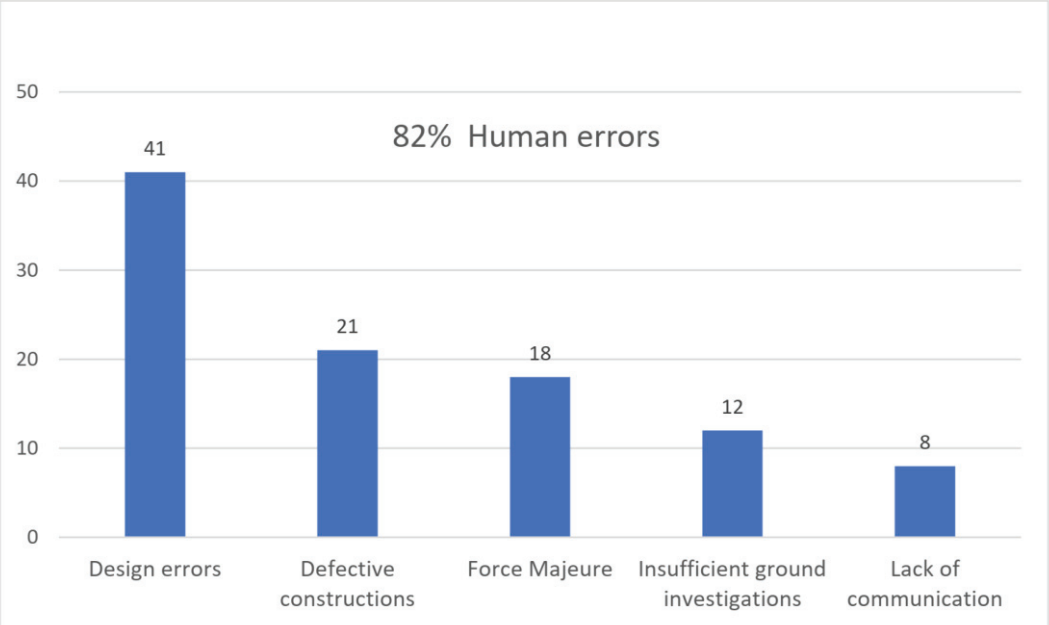


Fig. 1: Overview of main reasons for some problems during construction of undeground structures
Source: Yingxin Zhou, 2022

It can be concludet, that in every project there is some level of uncertainty because of complexity of geological processes. To overcome this in a acceptable level, it is necessary to use some assumptions and estimations because of limited availability of quality data. The uncertainties somehow has a middle position in a process of definition of geological, ground and geotechnical models (Figure 2).

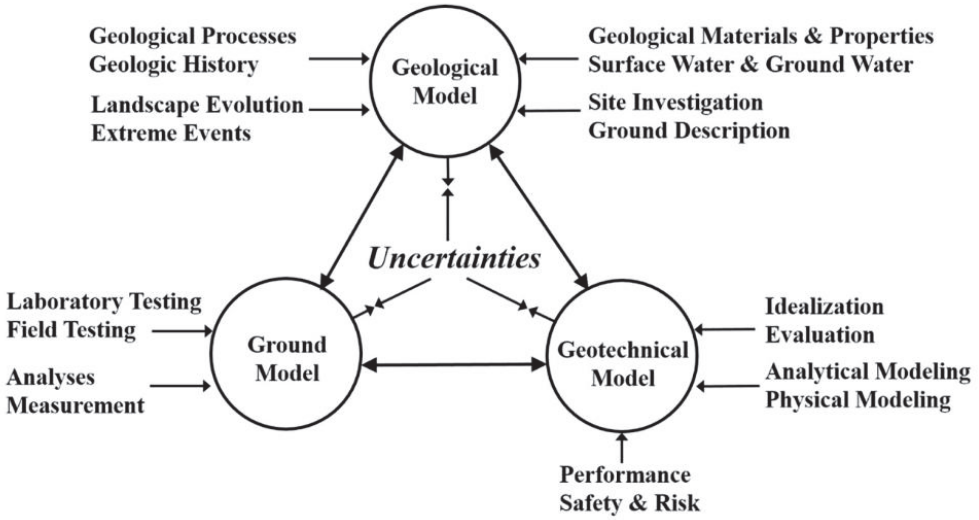


Figure 2. Central position of uncertainties in geological model, ground model, and geotechnical model

Source: Chih-Hsiang Yeh, 2021

It is more than evident, that this is a high challenge for society and a reason that lot of projects are devoted on solving of these problems. We can note several, as: Horizon 2020 Transport Advisory Group (TAG), FEHRL Vision 2025 for Road Transport in Europe etc [5],[6],[7] and [8]. According to Vanicek, they are focused on three aspects: sustainability, availability and affordability of transport infrastructure [15]. For a local scale, we can mention UNDP-implemented EU Recovery Program. Special emphasis is given on the general design guidance for recovery of the most common types of flood-damaged transport and water infrastructure contained in the country's first-ever Build Back Better manual [2]. Another important document is related to: Technical assistance for preparation of climate resilience design, Guidelines for the Public Enterprise for State Roads in Macedonia by IMC Worldwide, with a help from World Bank. The aim is to support policy and decision makers in establishing a foundation for taking climate hazard resilience considerations in the road transport management and response plans [17].

The "new" trends that can help to improve this, are methodological approaches in Eurocode 7, reliability analyses, approaches for geological and geotechnical modelling etc. In general, importance of characterizing uncertainty and its impact on geotechnical design has been widely recognized, so a lot of studies mainly focus on the uncertainties associated with the ground model and/or geotechnical model [1].

Therefore, the outlines from the paper are to present experience and practical aspects related to these aspects, with a suggestion for future analyses and developments on a topic for characterization of the geological uncertainty for use in the geotechnical analysis.

2. EXPERIENCES

Practical importance of geological adverse conditions and geotechnical aspects is more than evident in everyday life, knowing that they caused significant economic loss and unfortunately

loss of life (Haque, Peshevski et al 2016) [9]. For example, floods in 2004 affected 26 municipalities with an estimated damage of approximately EUR 15 million. Floods from January and February 2015 affected 43 out of 80 municipalities in the country, causing a damage of over EUR 35 million [2]. A subsequent disaster occurred on 3 August 2015, when flash floods and mudslides struck the northwest Polog Region, killing six people and causing damage to municipal infrastructure and houses in the city of Tetovo and villages in the surrounding mountainous areas. The trigger for flooding and landslides on 3 august from 17.30 to 21.00 hours was heavy rainfall combined with hail. Moreover, the night between 6 and 7 August 2016 heavy torrential rain affected country's capital suburbs, causing tragic loss of 23 lives and an estimated cost of over 30 million EUR, resulting from the severely damaged infrastructure and affected agricultural land, occurrences of several landslides in catchment area etc. Some specifics that clearly shows the wide variety of possible complex influences are presented in following Figures.

Figure 3. Specific case of sinkhole at the road Mavrovi Anovi – Debar in gypsym rock masses near village Kosovrasti

Source: Authors photo

Figure 4. Left - Specific case of landslides covering the constructed motorway D8 in Czech Republic in 2013:Source, Vaníček et all, 2018; Right: Landslide covering Freeway No. 3 Landslide in Taiwan, Source, Chih-Hsiang Ye

Figure 5. Specific case of landslide at the highway from Miladinovci to Stip, reactivated because unfinished dewatering system (right) after construction of retaining wall

Source: Authors photo

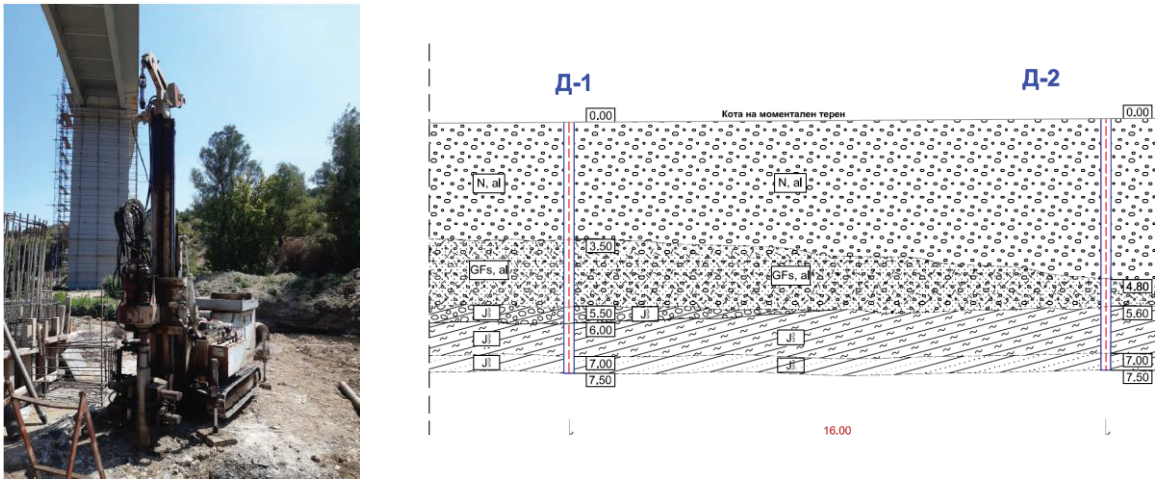


Figure 6. Left- Specific case of progressive setllement of bridge column (more than 20 cm) at the bridge over river Pcinja and geological section bellow the column (layer of silty mud with gravel-like pieces from 3.5 – 5 meters produced difiicultes in a phase of reconstruction)

Source: Working documents by Vane Trajanovski from PESR

Figure 7. Bridge „Melnicki most“ near town Debar over artificial lake „Spilje“:

Left- Specific case of rockfall in gypsum: Right- Affected bridge column by rockfall, active faulting and lake abrasion of gypsum rock mases

Source: Authors photos

Detailed analyses of effects from presented cases overcomes the limit of this article, but additionaly, only some data about annual econimic losses mand fatalities are presented in Table 1.

Table 1 Presentation of some data for annual economic losses and fatalities (GDP data from EUROSTAT 2015 or https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal)

Country	Annual economic losses	Some data about fatalities	% Country GDP
Bosnia & Herzegovina (for the year 2014)	€ 2.03 billion	4	15%
Italy (annual average for the period 1968-2015)	€5.5 billion	137	3.5%
Poland (estimated annual for the period 2004-2009)	€260 million	0- 51	0.07%
Slovenia (annual average for the period 1994-2008)	€86 million	-	0.19%
Switzerland	€300 million	4	0.05%
Spain (annual average for the last 20 years)	€650 million	25	0.23%
Serbia, 2013	€ 1,5 billion		About 3%
Macedonia 2015 and 2016	About 40 milions	30	0.55 - 0.85%
Japan GEJE	US$5.5 trillion	16 000	2,5 %

3. PRACTICES

The presented examples leads to the conslusion that geotechnical aspects and their infleunces cannot be assumed in a satisfactory level, without application of systematic and methological approaches.

For an instance, the “Build Back Better” concept is based on several main goal is to ensure effective implementation of pre and post-disaster infrastructure and with aim to empower engineers, local authorities and communities to incorporate better planning measures in post-disaster recovery. Country-level knowledge on “Build Back Better” principles is limited due to several aspects: (i) higher investment of the long-term economic losses as a result of building inappropriate infrastructure; (ii) procedural complications and likely delays in case of significant changes in the design documentation; (iii) overall inertia of design engineers to apply new approaches and tendency to stick to the routine design practices; and (iv) no formal legal requirements.

The responsibility of the engineering community is to apply new approaches and to find safe and economical solutions that are compatible with all the constraints which apply to the projects. Solutions should be based upon detailed analyses, but also on engineering judgement guided by practical and theoretical studies. The process of management is in a correlation with BBB principles and a it is considered a good example of close cooperation between Investor, Designer and Consultants, which is very important in such cases. Experience from MKD are relatively well documented only by Public Enterprise for State Road (PESR). The process of management with flood and landslide problems is based on the principles of parallel investigations, design and ongoing revision of the documents, in order to have as much possible fast and safe solution. General phases are explained in the Figure 8

From Figure 8, it is evident, that immediately after failure, a site visit is done in order to prescribe urgent temporary (initial) measures. After that, typical phases of Slope Stability and Slope Protection Program preparation, investigation and design process that interferes one to each other and application of measures is applied. Monitoring during exploitation is a logical and necessary step.

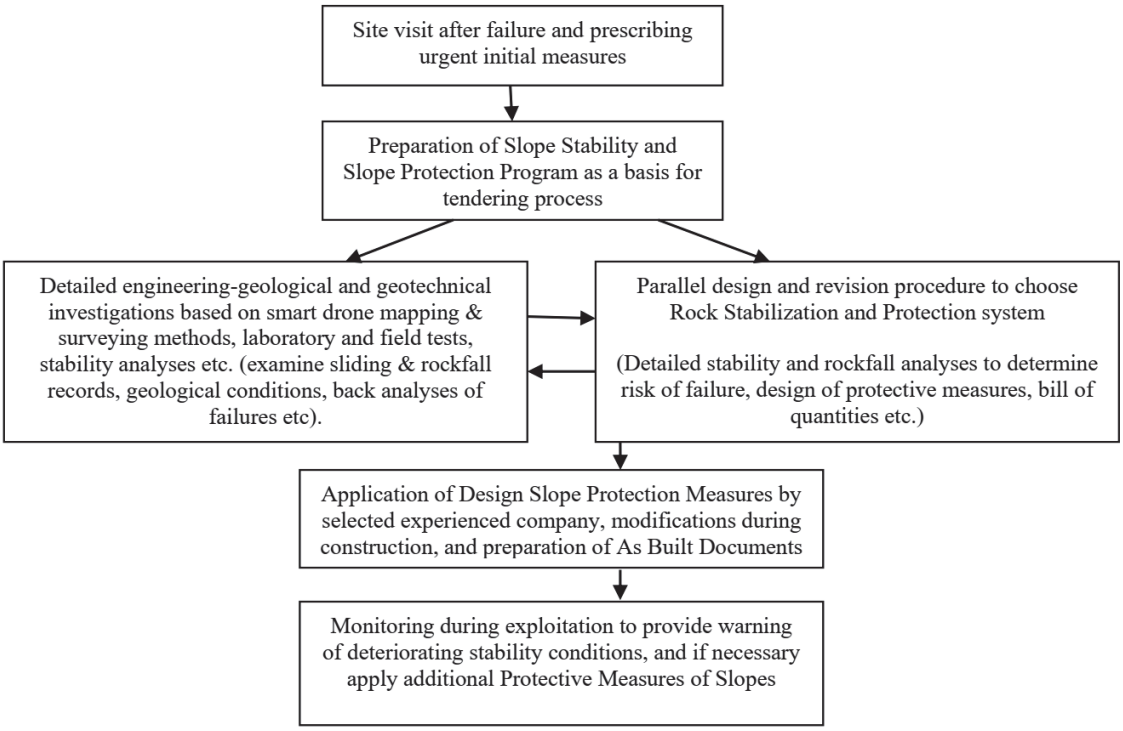


Figure 8. Flow-chart of applied methodology for Slope Protection in PESR

Analysing existing methoodlogies for investigations and design, it looks like that EUROCODES as structural codes can help also a lot in a problemsd of road geotechnics. Based on existing studies and own analyses some possibilities for linking the geological and structure complexities, uncertainty, consequences and risks in EC7 are discussed. Improvement in the new generation of EC7 is possible in the initial concept of geotechnical investigations planning. Details can be found in earlier workd by authors in Jovanovski (2001), Jovanovski et al. (2016, 2020) [10], [11] and [13]. In general, the methodology deals with two systems in interaction, as geological complexity of the rock mass (ground) media and structure complexity. Idea is to connect these “independent” parts in one system (Figure 9).

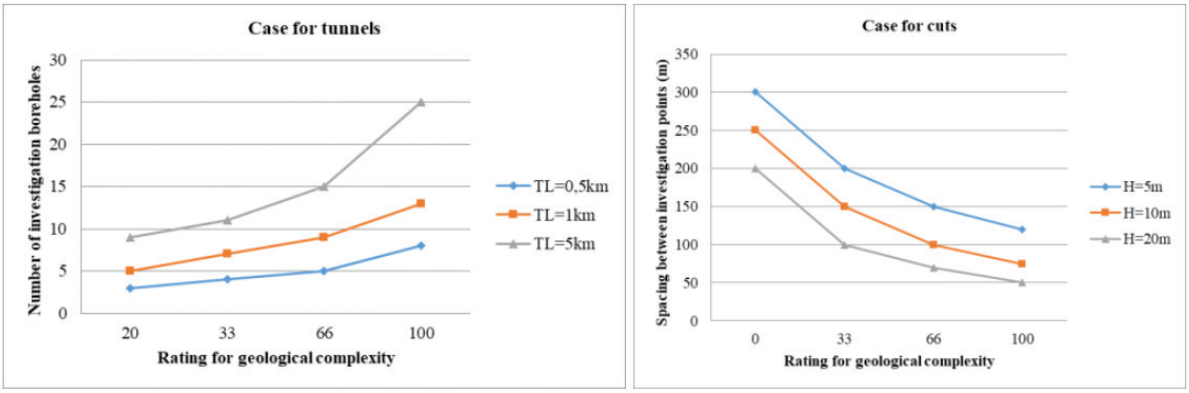
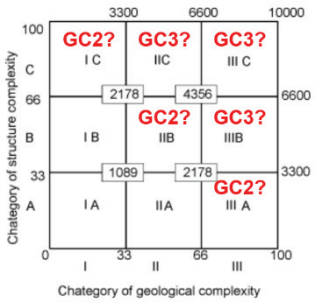


Figure 9. Estimation of distance between investigation points depending upon geological complexity and structure’s properties for tunnels (length TL) and cuts (height H),
Source, Jovanovski et al., 2016, 2020

Now, in the second generation, there is an intention to introduce new GC, where Consequence Classes (CC) and Geotechnical Complexity Classes (GCC) are combined, which gives certain GC. The idea is presented in Figure 10.



(New) Geotechnical Categories

Consequence Class (CC)	Geotechnical Complexity Class (GCC)		
	Low (GCC1)	Medium (GCC2)	High (GCC3)
High (CC3)	GC2	GC3	GC3
Medium (CC2)	GC2	GC2	GC3
Low (CC1)	GC1	GC2	GC2

Figure 10. Combination of ratings for geological complexity and structure complexity using rating Source-Jovanovski et al., 2016) (left) and suggested new cathegories in EC7

Geotechnical categories (GC) for slopes in road infrastructure can be also considered. First idea that arise, is that local roads can be with low consequances (CC1) on surronding media, regional with medium (CC2) and magistral roads shall be accepted with structures with hig cosequences (CC3). Combining data for each road alighment with Geotechnical Complexity Class (GCC) of the terrain, an adequate GC can be defined. Thie shal be also strictly connected with a proces of design and methods of moddeling (Figure 11).

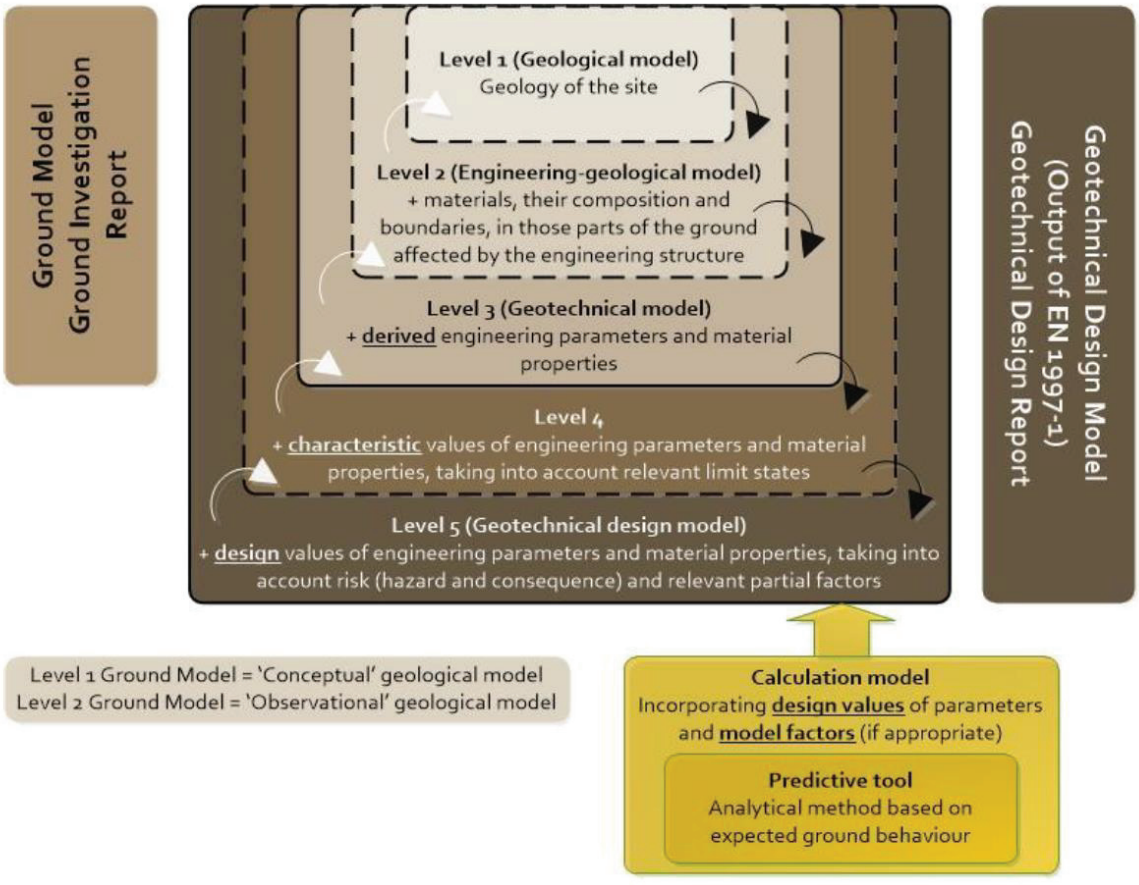


Figure 11. Process of moddeling suggested for a new generation of EUROCODE 7 Source – Bond A., 2019

From the given analyses, it is clear that all problems have to be considered in terms of the particular set of circumstances, as: structure characteristics, geological conditions, material properties, design loads and end uses for which it is intended. That shall be a problem for constant scietific efforts to find optimal solutions for all analysed cases of road infratsructure.

4. CONCLUSIONS

Based on practical experiences and theoretical analyses, the paper presents some experiences with geotechnical and geological influences on road infrastructure. It is a chance to promote again several concepts, as “Build Back Better” and provisions of Eurocode 7. Capacities of government Ministries and Mupicipalities and all affected Enterprises should be strengthened to adequately carry out this problems. These shall be combined with probability theories, risk assesment methods and an urgent need for application of integrated management strategies. The responsibility of all involved part is to apply new approaches, safe and economical aceptable solutions. Solutions should be based upon detailed analyses, but also on engineering judgement and investor involvement in all phases of structure life.

5. REFERENCES

[1]. Bond A. (2019). The Role of the Ground Model in the 2nd generation of Eurocode 7. http://ukgeohazards.info/assets/the-role-of-the-ground-model-in-the-2nd-generation-of-eurocode-7

[2]. Build Back Better Manual: Roadmap towards resilient transport and water infrastructure (2018) EU Flood Recovery Programme, UNDP

[3]. Dematteis A., Soldo L (2015): The geological and geotechnical design model in tunnel design: estimation of its reliability through the R-Index, Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, DOI: 10.1080/17499518.2015.1104547

[4]. Chih-Hsiang Yeh, Jia-Jyun Dong, Sara Khoshnevisan, C. Hsein Juan, Wen-Chao Huang, Yu-Chen LuThe role of the geological uncertainty in a geotechnical design – A retrospective view of Freeway No. 3 Landslide in Northern TaiwanEngineering Geology 291 (2021) 106233

[5]. ECTP reFINE (2012): Research for Infrastructure Network in Europe initiative – Building up Infrastructure Network of a Sustainable Europe - Strategic targets and expected impacts – ECTP, Retrieved from www.ectp.org, 2012

[6]. FEHRL Vision 2025 for Road Transport in Europe - http://www.fehrl.org/.

[7]. Fell, R. (1994): Landslide risk assessment and acceptable risk. Canadian Geotechnical Journal 31, 261-272.

[8]. Horizon 2020 Transport Advisory Group (TAG), May 2016

[9]. Haque U., Blum Ph., F. da Silva P., Andersen P., Pilz J., R. Chalov S., Malet J.P, Jemec Auflič M., Andres N., Poyiadji E., C. Lamas P, Zhang W., Peshevski I., G. Pétursson H., Kurt T., Dobrev N., García-Davalillo J.C., Halkia M., Ferri S., Ferry G., Engstrom J., Keellings D.: Fatal landslides in Europe, Technical Note, Landslides pp 1-10, First online: 07 May 2016.

[10]. Јовановски М., Прилог кон методологија на истражување на карпестите маси како работна средина, докторска дисертација, Градежен факултет, Скопје, 2001

[11]. Јовановски М., Пешевски И., Трајановски В., Влијанија на природни и техногени хазарди врз патната инфраструктура и елементи на стратегија за управување со ризици, Прв Симпозиум за патишта, Друштво за патишта на Македонија, Скопје, 2020

[12]. Jovanovski M., Papic J.Br., Pesevski I. (2016). Synchronizing of geotechnical investigations with ground’s and structures complexities. National / EU Ground Engineering Registration, Workshop Meeting. Leuven, Belgium.

[13]. Jovanovski M., Peshevski I., Papić J. Br. (2020). An approach for adapting geotechnical investigations to the cases of Rock Mass Structure Interaction – Applicability to Eurocode 7. Recent Trends in Rock Mechanics, Workshop meeting. Ljubljana, Slovenia.

[14]. Lee, E.M., Jones D.K.C (2004): Landslide risk assessment, Thomas Telford, London.

[15]. Vanicek I, Jirasco D., Vanicek M.: Interaction of transport infrastructure with natural hazards (landslides, rock falls, floods) Geotechnical hazards and risks, experiences and practices Proceedings of the 16th Danube – European Conference on Geotechnical Engineering, 7-9 June 2018, Skopje, Republic of Macedonia

[16]. Zhou Y. 2022 “The Rock Engineering Process (for Cavern Construction)” , 38th ISRM Online Lecture, the ISRM invited lecture (isrm.net)

[17]. White J., Reeves J., Abolmasov B., Panov A., Pesevski I., Marjanovic M., Maciejewski A., Gjorgievski M.: Technical assistance for preparation of climate resilience design, Guidelenes for the Public Enterprise for State Roads in Macedonia, 2019.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 2

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON PAVEMENT STRUCTURAL PERFORMANCE
ВЛИЈАНИЕ НА КЛИМАТСКИТЕ ПРОМЕНИ ВРЗ КОНСТРУКТУРНИТЕ ПЕРФОРМАНСИ НА КОЛОВОЗОТ

Goran Mladenovic[1]
[1] Associate Professor, University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Serbia, emladen@imk.grf.bg.ac.rs

Abstract

Future climate change and its influence on the performance of the road network is an issue that is concerning more and more road authorities. The impact of climate change on road infrastructure can be twofold: extreme climatic events can cause infrastructure damage and traffic disruptions in a short period of time, while long-term climate change can jeopardize the durability and functionality of road infrastructure over a longer period and cause more intensive maintenance work. The objective of the paper was to review potential impact of the most relevant climatic parameters like temperature and precipitation, on the long-term performance of primarily flexible pavements, since they constitute vast majority of road networks in the region. The case study has shown that increase in temperature of 1 °C would result in flexible pavement life reduction between 6% and 10%, depending on pavement structure and traffic loading. The road infrastructure design in the future would require taking into account future climate changes and not only historical climate information. In particular, it will be necessary to adapt design criteria regarding temperature and return period of storm flows, as well as selection of component materials and asphalt mixture design to make more rutting resistant mixtures.

Key words

climate change, flexible pavement, precipitation, temperature, structural performance

Апстракт

Идните климатски промени и нивното влијание врз перформансите на патната мрежа се прашање што загрижува се повеќе патни власти. Влијанието на климатските промени врз патната инфраструктура може да биде двојно: екстремните климатски настани може да предизвикаат оштетување на инфраструктурата и прекини во сообраќајот за краток временски период, додека долгорочните климатски промени можат да ја загрозат издржливоста и функционалноста на патната инфраструктура во подолг период и да предизвикаат поинтензивни работи за одржување. Целта на трудот беше да се разгледа потенцијалното влијание на најрелевантните климатски параметри како што се температурата и врнежите, врз долгорочните перформанси на првенствено флексибилните тротоари, бидејќи тие сочинуваат огромно мнозинство од патните мрежи во регионот. Студијата на случај покажа дека зголемувањето на температурата од 1 оС ќе резултира со флексибилно намалување на животниот век на коловозот помеѓу 6% и 10%, во зависност од структурата на коловозот и оптоварувањето на сообраќајот. Дизајнот на патната инфраструктура во иднина ќе бара да се земат предвид идните климатски промени, а не само историските информации за климата. Особено, ќе биде неопходно да се приспособат критериумите за дизајн во однос на температурата и периодот на враќање на бурите, како и изборот на компонентите на материјалите и дизајнот на асфалтната смеса за да се направат мешавини поотпорни на расипување.

Клучни зборови

климатски промени, флексибилен коловоз, врнежи, температура, структурни перформанси

1. INTRODUCTION

Future climate change and its influence on the performance of the road network is an issue that is concerning more and more road authorities. In many locations it is expected that temperatures would rise and amount of precipitation would increase, which would both affect road and pavement performance in a negative way, shortening pavement service life and requiring more intensive maintenance treatments. To cope with these changes, present design, construction and maintenance practices may need to be amended. The objective of this paper is to provide an overview of the anticipated changes in climate and their impacts on road pavement structural performance.

2. HISTORICAL TEMPERATURE AND PRECIPITATION TRENDS

In the last four decades the global climate was experiencing a steady increase in temperature that was associated with increased levels of carbon dioxide (CO_2) and other gases that increase retention of solar radiated energy (collectively known as greenhouse gases – GHG), in the atmosphere. Figure 1 presents the global land temperature anomalies from 1880 to 2021 with respect to the 20th century average (1901-2000). For Europe the trend of increasing land and ocean temperatures is even more pronounced, with land temperature anomalies reaching values above 2 °C in recent years.

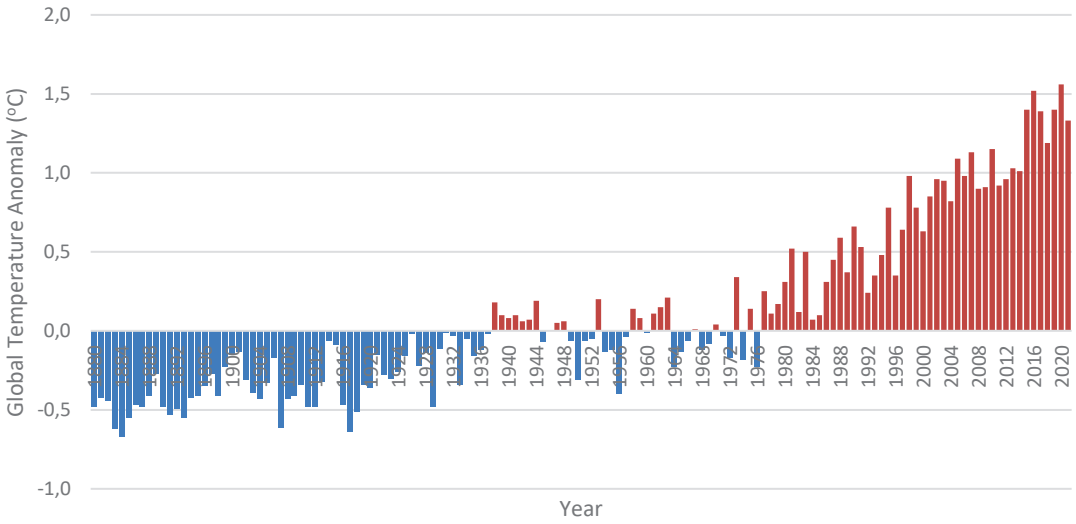


Fig. 1: Global land temperature anomaly with respect to the 20th century average
Source: NOAA, 2022.

Increased global air, land and sea temperatures would cause more evaporation, which would lead to greater precipitation in many places, and which can cause tropical storms. It is also expected that this would lead to more intense weather events, like heavier rain and snow fall events, hotter hot weather and colder cold weather, drier droughts.

Climate change may also include change of distribution of weather across the seasons and across the regions. Some locations might experience, on average, warmer winters and not warmer summers. In other places a wet season might, on average, become longer.

In Serbia, there has been a trend of increased air temperatures that has been accelerated since the 1980s, accompanied by redistribution of precipitation in terms of extended dry periods, increased frequency of events with extreme precipitation, as well as periods with high air temperatures (3).

Recorded average annual air temperatures in the period from 1960 to 2010 showed a growing trend with an annual increase of 0.04°C, while in some areas in the Eastern and Southeastern

Serbia, a trend of temperature decrease of 0.05°C per year is present. The largest temperature increase is registered in the summer months. Figure 2 presents the annual ranking based on average annual air temperature in Serbia. The hottest decade was the last one, between 2011 and 2020, while all 10 hottest years belong to period from 2000 to 2020.

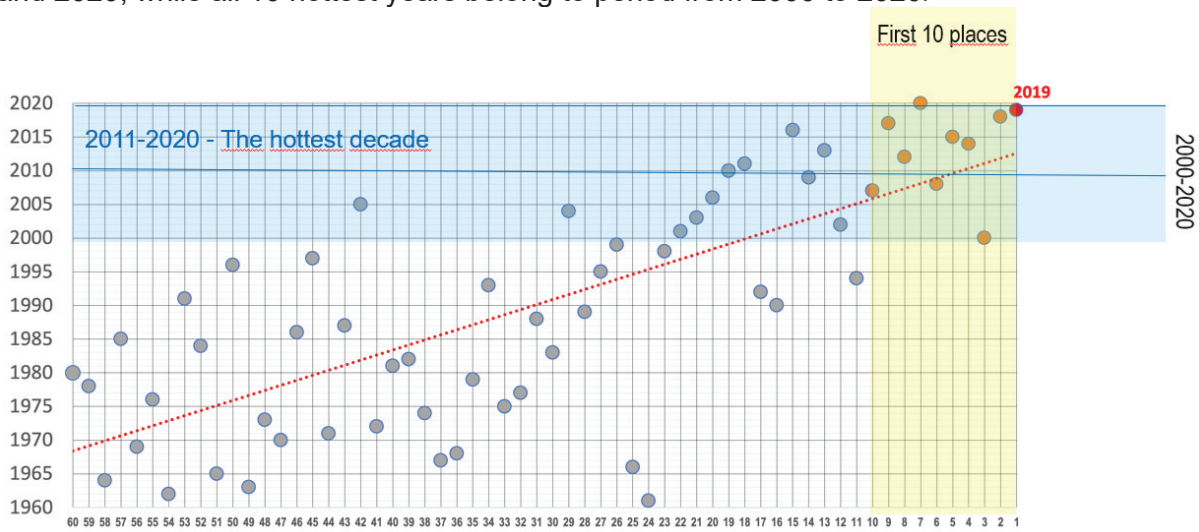


Fig. 2: Annual ranking based on the Average Annual Air Temperature in Serbia
Source: Vuković-Vimić, A. & Vujadinović-Mandić, M. (2021)

The increase in air temperatures was more pronounced in summer months (Figure 3) with values between 2 and 3 °C. This is particularly critical for flexible/asphalt pavements.

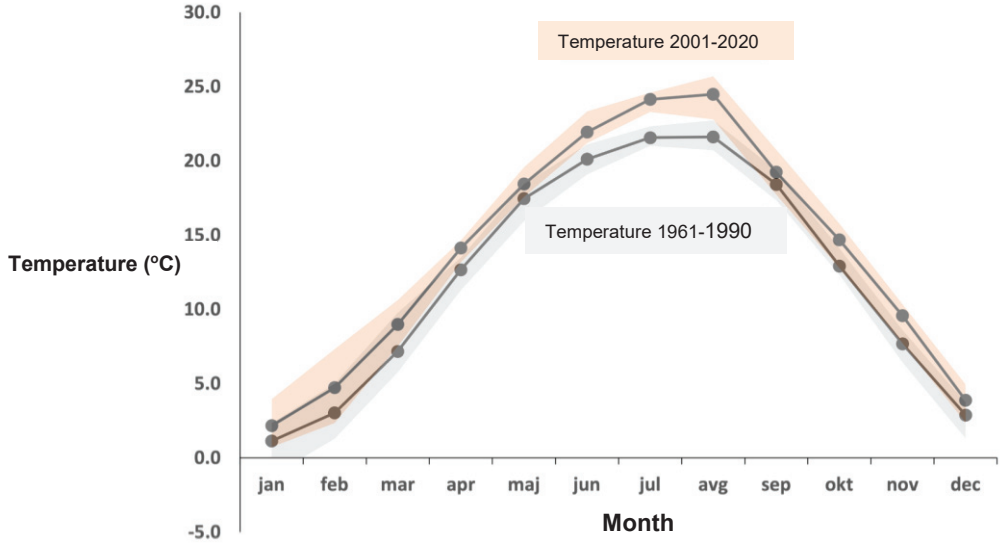


Fig. 3: Increase in the average montly air temperatures in the period 2001-2020 compared to 1961-1990
Source: Vuković-Vimić, A. & Vujadinović-Mandić, M. (2021)

The amount of precipitation in the period 1946-2006 has a growing trend at the most part of Serbia's territory, while the reduction in precipitation is registered in the Eastern and Southeastern parts of the country. While the annual precipitation increase in the West is 16 mm, a decrease of 8 mm per year is present in the Southeast (4).

3. PREDICTING FUTURE CLIMATE CHANGE

There are multiple models that are used for projections of future climate in different regions. Among the most widely used on global level are projections based on Representative Concentration Pathways (RCP) scenarios (Fifth IPCC Report) and Shared Socioeconomic Pathways (SSP) scenarios (Sixth IPCC Report), as presented in Figure 4. Each scenario denotes the level of radiative forcing (in watts per square meter) resulting from the scenario in the year 2100.

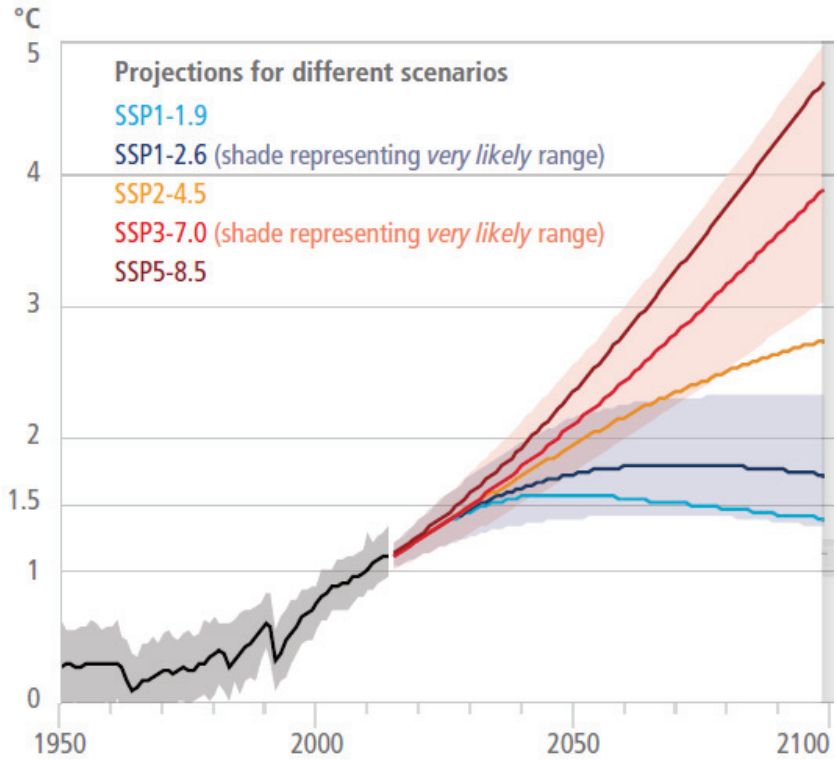


Fig. 4: Global surface temperature change - Increase relative to the period 1850–1900
Source: IPCC (2022)

Vukovic et al (3) give the analysis of future changes in temperatures and precipitation in relation to the period 1986 - 2005, which is based on the IPCC Fifth Assessment Report (6), applying a set of nine models, with a resolution of geographical width and length of 0.11° and for two greenhouse gas emissions scenarios (GHG), RCP 4.5 (scenario that implies stabilization) and RCP 8.5 (scenario that implies a constant increase in GHG emissions).

During the period from 2016 to 2035, an increase in average annual temperatures of up to 1°C is expected according to RCP 8.5 scenario and about 0.8°C according to RCP 4.5 scenario, with changes higher than average in summer and autumn months. In the territory of Serbia, there are no significant changes in the average annual precipitation, but decline in precipitation in the summer period is expected according to both scenarios.

During the period from 2046 to 2065, the average annual temperature of 1.5°C is expected, with a larger increase during the summer months according to the RCP 4.5 scenario, and an increase of 2.1°C with a larger increase in the colder part of the year according to the RCP 8.5 scenario. Average annual precipitation in Serbia can be increased by 4.4% according to the RCP 8.5 scenario, and according to both scenarios, precipitation is expected to reduce during the summer months, which is more pronounced according to the RCP 4.5 scenario and is 5.1%.

During the period from 2081 to 2100, the temperature increase according to RCP4.5 and RCP8.5 scenarios will be 1.9°C and 4.4°C compared to the period from 1986 to 2005,

respectively, with the largest increase in the summer months and a slightly larger increase in maximum compared to minimum temperatures according to both scenarios. Accumulated precipitation in the territory of Serbia at the annual level will be higher by 3.5%, or 6.8%, but will be reduced in the summer months by 3.2%, or 4.5% according to the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, respectively.

Figure 4 shows the expected changes in temperature and precipitation in the territory of the Republic of Serbia according to the RCP4.5 scenario.

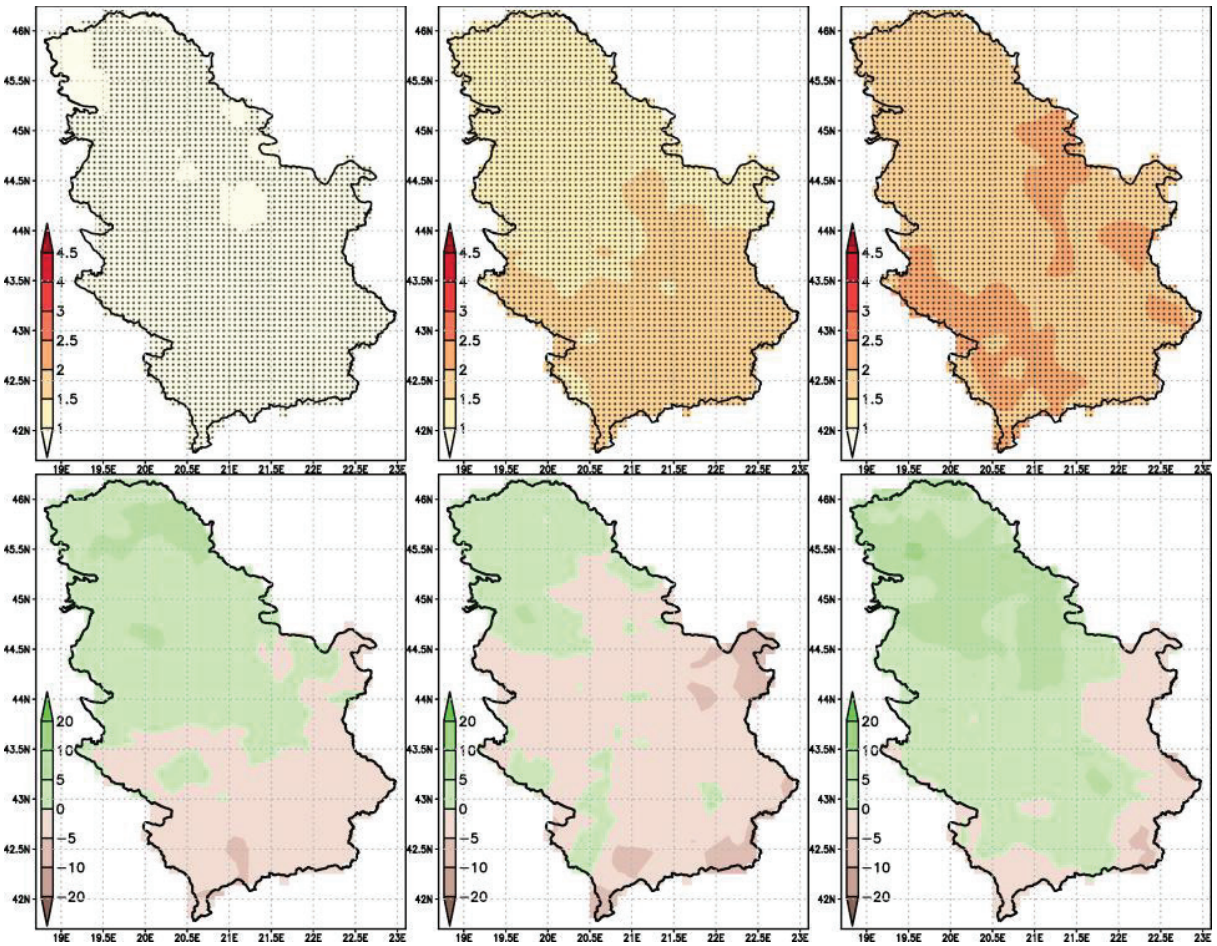


Fig. 4. Change in the average annual temperatures in °C (above) and annual accumulated precipitation in % (below) for three time periods: 2016-2035 (left), 2046-2065 (in the middle) and 2081-2100 (right) according to the RCP4.5 scenario
Source: Vukovic et al. (2018)

Analysis of registered data and projections for the period from 1961 to 2100 indicates an increase in average temperature of over 2.5°C according to the RCP4.5 scenario and of over 5°C according to the RCP8.5 scenario, with a decline in precipitation during the summer months and an increase in precipitation intensity, without significant annual change in precipitation. The temperature rise is more pronounced in the central and southern parts of the country.

4. IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURAL PERFORMANCE

Temperature is one of the main factors that affect asphalt pavement performance. Its influence on the subbase and subgrade material is, instead, much smaller, almost negligible; temperature becomes of primary importance for subgrade only when it is close to 0 ºC, because of problems related to freezing and thawing.

At high temperatures the asphalt pavements are prone to rutting, either due to low viscosity and low stiffness of asphalt layers, that results in asphalt plastic deformation, or due to larger vertical stresses on subbase and subgrade that are also caused by asphalt low stiffness. The large vertical deformation of subbase and subgrade also causes increased horizontal deformation at the bottom of asphalt layers, thus increasing the fatigue damage and reducing pavement life.

On the other side, thermal cracking appears primarily due to low temperatures at winter and shrinkage of surface layers. Cracking due to thermal effects increases with aging-induced brittleness.

Mills et al (7) used data for Canadian sections in the Long-Term Pavement Performance (LTPP) program and the AASHTO Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (8) to quantify the impacts of projected climatic changes on pavement performance of low-volume roads at six sites located in Southern Canada. A series of analyses were conducted to assess the impact of pavement structure, material characteristics, traffic loads, and changes in climate on incremental and terminal pavement deterioration and performance. Results suggested that climate change would increase rutting (asphalt, base and subbase layers) and both longitudinal and alligator cracking, while transverse cracking would become less of a problem. The pavement designs as per current practice of using temporal data would not fully achieve their design lives, therefore requiring additional maintenance and rehabilitation treatments (costs) to compensate for additional distresses related to climate change.

Gudipudi et al. (9) used several models for climate projections data based on RCP4.5 and RCP8.5 scenarios to predict the pavement performance at five locations within the United States with the AASHTOWare Pavement ME software (8). Based on comparison of baseline and two RCP scenarios, the authors found that the substantial impact on the pavement distresses and reduction of service life due to climate change can be expected irrespective of the climate location and prediction model data used. As temperature increase, the increase of rutting was between 9 and 40%, while the increase in fatigue cracking was between 2 and 9 % at the end of 20 years analysis period. Incorporation of precipitation projection data along with temperature projections did not show any substantial difference in the pavement performance. The authors also found that impact of climate change on rigid pavements was primarily related to increase in joint faulting and decrease in transverse cracking.

Qiao et al (10) developed a methodology to incorporate the effects of climate variability into flexible pavement Life Cycle Cost Analysis (LCCA) and to derive the additional life cycle costs incurred due to changes in climate. Based on case studies that included three road sections in Virginia (US) used to demonstrate the methodology, and using approximate mean climate change trends predicted for the investigated regions, the authors found that climate change will incur additional vehicle operating costs ranging between US$2.30 and $4.40 on average per vehicle/annum. The authors also estimated that road maintenance cost will increase for more than 60%.

Swarna et al (11) determined change in the bitumen performance grade needed for road sections in southern Canada as a results of climate change. The authors found that use of upgraded (modified) binder would decrease fatigue cracking and rutting, and substantially mitigate the effect of climate change on flexible pavement performance.

Haslett et al (12) have concluded that flexible pavement systems are at risk due to climate change and that there is a critical need to include accurate and reliable short- and long-term climate information in pavement design and maintenance and rehabilitation (M&R) planning.

However, it should be noted that AASHTO MEPDG software requires detailed climatic information that is primarily available in the network of climatic stations in the United States and is typically not available in other countries. Therefore, the approach in this study was to use existing models that are traditionally used for mechanistic-empirical pavement design, like Shell model (13) and to estimate the impact of increased temperatures on the pavement service life under different traffic levels.

5. CASE STUDY ON THE ESTIMATE OF FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURAL LIFE UNDER DIFFERENT CLIMATIC SCENARIOS

The objective of this case study is to estimate the impact of the increased temperature on stiffness reduction of asphalt layers leading to increased deformation and fatigue and reduced pavement structural life. The methodology applied was presented in Figure 5.

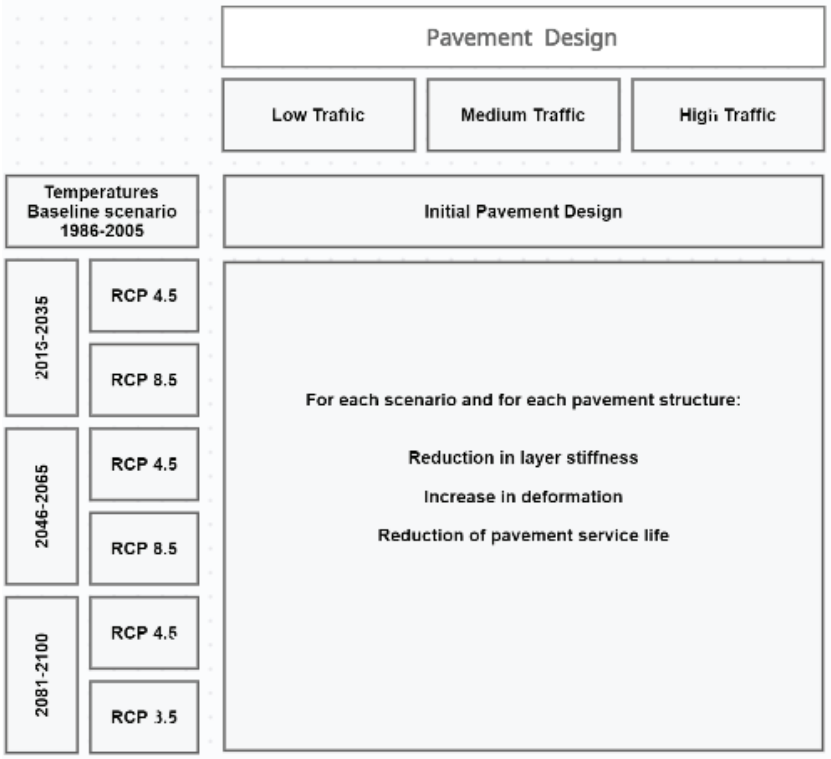


Fig. 5. Methodology applied for the case study

Figure 6 presents four flexible pavement designs developed for different traffic levels, ranging from $1.5x10^5$ to $1.5x10^7$ standard axles of 80 kN.

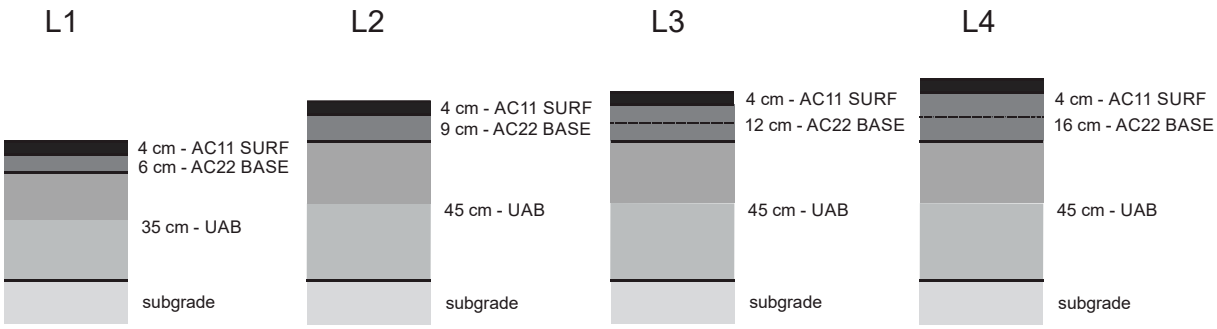


Fig. 6. Pavement structures used in the analysis

The characteristics of asphalt layers were estimated based on the average monthly temperatures resulting from different climate scenarios (Table 1) that are based on analysis presented in section 3, taking into account local climatic projections in Serbia.

Table 1. Temperature scenarios used in the analysis

Period	Scenario	Average Monthly Temperature (°C)												Av. Ann. T (°C)
		JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AVG	SEP	OCT	NOV	DEC	
1986-2005	Baseline	1.5	3.4	7.5	12.7	17.9	21.1	22.9	22.9	17.8	12.8	7.0	2.2	12.5
2016-2035	RCP 4.5	2.3	4.0	8.3	13.5	18.5	22.1	24.2	24.2	18.4	13.4	7.8	2.7	13.3
	RCP 8.5	2.5	4.1	8.5	13.7	18.7	22.4	24.5	24.5	18.5	13.5	8.0	2.9	13.5
2046-2065	RCP 4.5	3.0	4.5	9.0	14.2	19.0	23.0	25.2	25.4	18.9	13.9	8.5	3.2	14.0
	RCP 8.5	3.7	5.0	9.6	14.7	19.5	23.7	26.2	26.3	19.3	14.3	9.1	3.5	14.6
2081-2100	RCP 4.5	3.4	4.8	9.4	14.6	19.3	23.5	25.9	26.0	19.2	14.2	8.9	3.4	14.4
	RCP 8.5	6.0	6.7	11.9	17.0	21.2	26.6	29.7	30.2	21.0	15.9	11.4	5.0	16.9

Figures 7 and 8 present the decrease in designed pavements service life for RCP 4.5 and RCP 8.5 climate scenarios, respectively.

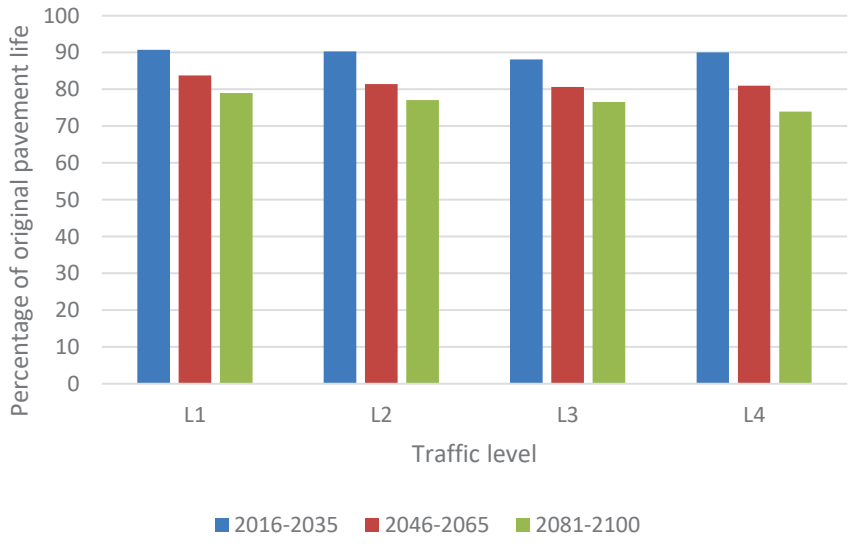


Fig. 7. Reduction of pavement service life for RCP 4.5 scenario

For RCP 4.5 scenario, the pavement service life is reduced for about 10% for period 2016 – 2035, about 16% to 20% for period 2046-2065, and between 21% and 26% for period 2081-

2100. There is also general slight decreasing trend for thicker pavements i.e., higher traffic levels, which is most pronounced for period 2081-2100, i.e., for higher temperature difference.

Fig. 8. Reduction of pavement service life for RCP 8.5 scenario

For RCP 8.5 scenario, the pavement service life is reduced between 10% and 16% for period 2016 – 2035, between 21.5% and 27.5% for period 2046 – 2065 and between 25% for period 2081-2100. There is also general slight increasing trend for thicker pavements i.e., higher traffic levels.

6. CONCLUSION

The paper provided an overview of climate change, focusing mainly on temperature, as major factor driving performance of flexible pavements.

The service life of four different pavement structures designed for low to high traffic loading was assessed taking into account climate projections for Serbia, based on different climate change scenarios. It was found that increase in temperature will have substantial impact of flexible pavement service life, that can be shortened for approximately 10% for each degree C of increase of air temperatures. It is also found that thicker pavement structures for heavier traffic loading would be more sensitive to this temperature increase.

It is therefore imperative that pavement design and management systems incorporate climate projections to ensure they are achieving their intended lifespan and reliability. Sound adaptation approaches are necessary to ensure that pavement designs and maintenance approaches are resilient to a changing climate. The decision framework should also include a life cycle assessment (LCA) and a LCCA to ensure that economically and environmentally sound planning and practice is implemented.

7. REFERENCES

[1] National Oceanic and Atmosferic Administration (NOAA). (2022). https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/global-temperature-anomalies/anomalies, (17.10.2022).

[2] Vuković-Vimić, A., Vujadinović-Mandić, M. (2021). Promena klimatskih uslova u Srbiji - osnove za razumevanje klimatskih promena, uticaja i potreba za adaptacijom, NAP" project - Advancing medium and long-term adaptation planning in the Republic of Serbia, Green Climate Fund (GCF) and UNDP

[3] Vuković, A., Vujadinović, M., Rendulić, S., Djurdjević, V., Rumk, M., Babić, V., Popović, D. (2018). Global Warming Impact on Climate Change in Serbia for the period 1961 – 2100, THERMAL SCIENCE, 22 (6A), 2267-2280

[4] Sekulić, G., Dimović, D., Kalmar Krnajski Jović, Z., Todorović, N. (2012). CLIMATE VULNERABILITY ASSESSMENT – Serbia, WWF (World Wide Fund for Nature), Environmental Improvement Centre

[5] IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

[6] IPCC. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp

[7] Mills, B. N., Tighe, S. L., Andrey, J., Smith, J. T., & Huen, K. (2009). Climate Change Implications for Flexible Pavement Design and Performance in Southern Canada. Journal of Transportation Engineering, 135(10), 773–782. doi:10.1061/(asce)0733-947x(2009)135:10(773)

[8] AASHTO. (2008). Mechanistic-empirical pavement design guide: A manual of practice

[9] Gudipudi, P. P., Underwood, B. S., & Zalghout, A. (2017). Impact of climate change on pavement structural performance in the United States. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 57, 172-184. https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.022

[10] Qiao, Y., Dawson, Y. Parry, T., Flintsch, G. (2019). Life cycle cost of flexible pavements and climate variability: case studies from Virginia, Structure and Infrastructure Engineering, DOI: 10.1080/15732479.2019.1642364

[11] Swarna, S.T., Hossain, K., Pandya, H., Mehta, Y.A. (2021). Assessing Climate Change Impact on Asphalt Binder Grade Selection and its Implications. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. https://doi.org/10.1177/03611981211013026

[12] Haslett, K.E., Knott, J.F., Stoner, A.M.K. Sias, J.E., Dave, E.V., Jacobs, J.M., Mo, W., Hayhoe, K. (2021): Climate change impacts on flexible pavement design and rehabilitation practices, Road Materials and Pavement Design, DOI:10.1080/14680629.2021.1880468

[13] Shell. (1978). Shell Pavement Design Manual—Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic. Shell International Petroleum Company, Ltd., London,. England

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 3

INNOVATIVE TRIPLE SMA LAYER FOR HEAVY DUTY PAVEMENTS
ИНОВАТИВЕН ТРОЈЕН SMA СЛОЈ ЗА ТЕШКИ КОЛОВОЗИ

Igor Ruttmar[1], Marcin Hering[2], Agata Grajewska[3]
[1] Dr.-Ing., TPA, Poland, igor.ruttmar@tpaqi.com
[2] M.Sc., TPA, Poland, marcin.hering@tpaqi.com
[3] M.Sc., TPA, Poland, agata.grajewska@tpaqi.com

Abstract

At the beginning of 2016 TPA Engineers together with STRABAG Poland developed an unique and innovative type of asphalt pavement with a high resistance to slow moving heavy traffic. It consisted three SMA asphalt layers with different binders described as triple SMA (Stone Mastic Asphalt) layer for Heavy Duty Pavements. Original pavement design was modified in order to meet requirements of very resistant and durable system. Finally the SMA layers were build-in from the bottom to the top and the composition of mixtures was optimized with use of highly modified bitumen binders (HiMA) in concept of perpetual pavement. The pavement design process was started just after signing the contract, and there was a very short and limited time to meet all the requirements of a Client and approve the design. For heavy duty asphalt pavements, for the very first time in Poland, an SMA base with highly polymer modified binder as an anti – fatigue base layer was used.

The triple SMA layer was chosen for the contract as follow: 60mm of SMA16 PMB 45/80-80 as anti-fatigue base layer, 90mm of SMA22 PMB 25/55-80 as binder course and 50 mm SMA16 PMB 45/80-80 as wearing course.

Key words

heavy duty pavements, highly modified asphalt, perpetual pavement, **triple SMA layer for Heavy Duty Pavements**,

Апстракт

На почетокот на 2016 година TPA Engineers заедно со STRABAG Полска развија уникатен и иновативен тип на асфалтен коловоз со висока отпорност на бавно движење густ сообраќај. Се состоеше од три SMA асфалтни слоеви со различни врзива опишани како троен SMA (Stone Mastic Asphalt) слој за тешки тротоари. Оригиналниот дизајн на тротоарот беше изменет со цел да се задоволат барањата на многу отпорен и издржлив систем. Конечно, слоевите SMA беа вградени од дното кон врвот и составот на мешавините беше оптимизиран со употреба на високо модифицирани битуменски врзива (HiMA) во концептот на вечен тротоар. Процесот на проектирање на тротоарот започна веднаш по потпишувањето на договорот, а имаше многу кратко и ограничено време да се исполнат сите барања на клиентот и да се одобри дизајнот. За тешки асфалтни тротоари, за прв пат во Полска, се користеше SMA основа со високо полимерно модифицирано врзивно средство како основен слој против замор.

Тројниот SMA слој е избран за договорот како што следува: 60 mm SMA16 PMB 45/80-80 како основен слој против замор, 90 mm SMA22 PMB 25/55-80 како слој за врзување и 50 mm SMA16 PMB 45/80-80 како курс за носење.

Клучни зборови

тешки тротоари, високо модифициран асфалт, траен тротоар, троен SMA слој за тешки тротоари,

1. INTRODUCTION

In February 2016 Strabag Sp. z o. o. signed a contract to build an internal road and network infrastructure within the framework of the Effective Refining (EFRA) development program. The site works had to be completed in a very short period of time due to the parallel construction of the EFRA main installations done by Kinetics Technology Company. The whole pavement area (mainly asphalt parts) was 26.000 m^2. The main goal was to replace the concrete surfaces from the parking areas and demonstrate that the asphalt solution for the service roads is more efficient in the area of time of execution, performance and economy. The Project gave also an opportunity to try out an innovative solution with the top performance bituminous binders produced by LOTOS Asfalt (HiMA). The use of polymer modified bitumen in pavement increases the durability of the pavement by 20-25% and the use of highly modified bitumen for all three Stone Mastic Asphalt (SMA) layers will ensure its longevity.

Building the road infrastructure within the framework of the EFRA project was also a very good example of using new and innovative solutions in the modern optimisation of the building process. The triple SMA layer pavement structure, using modern Highly Modified Bitumen was designed by TPA Engineers specially for this kind of slow speed / high loading traffic.

Fig. 1: General view of the Project EFRA site

Fig. 2: Self-propelled platform transporting one of the towers of the new production plant on the surface of the SMA 22 25/55-80 binder course

2. INNOVATIVE SOLUTION FOR HEAVY DUTY PAVEMENTS

The most challenging aspect for the newly designed pavement is the slow movement of very loaded vehicles on the service roads of the refinery. The pavements will be exposed to a very high level of slow traffic loading. The designed velocity of the moving trucks was assumed to be 20 km/h, which creates a long term and destructive influence on the pavement structure. Due to the slow movement of very loaded vehicles on the service roads of the refinery, the standard solution of asphalt pavements would be inappropriate in view to expected durability. Therefore, the pavement structure shall be stiff, resistant to deformation, and at the same time flexible to be cracking resistant.
To meet this requirements, the concept of a **perpetual pavement** with use of HiMA binders and complete SMA layers from the base up to the wearing course occurred.

Modern perpetual pavement design process involves a change at the general design approach of flexible asphalt pavements and standard layer configuration. As a concept of a perpetual pavement, an easy renewable wearing course, a very rut-resistant, high modulus binder course, and a flexible, fatigue-resistant base course was meant. All that together with a use of high modified binders and SMA mixture structure creates modern long-life pavement structure resistant to different type of damage.

3. TRIPLE SMA LAYER CONCEPTION

The concept of triple SMA Layer for Heavy Duty Pavements is based on 3 different ideas. First idea was to use only the Stone Mastic Asphalt (SMA) which has the huge deformation resistance due to aggregate composition (over 70% of coarse aggregate) which allows the coarse aggregate to interlock, creating a deformation-resistant, load-bearing layer structure. . It also ensures an extremely high fatigue life due the amount and type of bitumen as well as low air voids content.

Second, was the idea of using modern polymer high - modified (HiMA) binders to increase the low temperature cracking and permanent deformation resistance and increase the fatigue life of whole pavement in respect of mechanical behaviour, especially of fatigue properties.
The third idea was the concept of perpetual pavements - the main goal is that the pavement has to survive without heavy maintenance a long term perspective with the exception of a planned replacement of the wearing course. Each layer has their own function in the pavement:
· base should be thinner and more flexible – fatigue resistance,
· binder course should be thicker and deformation resistant,
· and the wearing course should protect the lower layers and meet all of the user safety requirements. The anti-fatigue layer, should be correspondently thinner with a higher amount of bitumen, which provides higher flexibility and elasticity providing higher fatigue resistance.

Third, the use of High Modified bitumen in asphalt pavement has become a proven concept by adding value through its contribution to increased road durability. It is well known that the polymer modification of bituminous binders improves their performance. Due to the superior volume of the dispersed polymer, increased aging resistance and improved strength features of new advanced HiMA binders, the development of innovative solutions in terms of noise reduction surfaces and increased damage resistance has been enabled.

4. MIXTURE LABORATORY TESTING

Use of highly modified bitumen significantly increases the performance behaviour of all asphalt mixture. The asphalt mix design of SMA 16 and SMA 22 was based on German requirements H AL ABi (Hinweise für die Planung und Ausführung von alternativen Asphaltbinderschichten). Both mixtures were designed to be very dense, with an air void content between 3.0 – 4.0 %. Both mixtures meet the requirements of rutting resistance in large apparatus according to PN-EN 12697-22, fatigue resistance according to PN-EN 12697-24, complex dynamic modulus in Simple Performance Test (SPT) apparatus according to American NCHRP 9-29:PP 02, resistance to low temperature cracking as determined by the TSRST method according to PN-EN 12697-46 and other physical tests. Average value of complex modulus for the tested SMA16 specified on six samples was E*=9648MPa (T=10°C, f=10Hz). Fatigue resistance determined with 4 PB-PR method expressed as a strain by 106 cycle was on the level of ε6=225 [μm/m]. Low temperature cracking susceptibility of SMA 16 was determined with TSRST method, cracking temperature of sample was specified as T=-34.7°C at the tensile stress σ=5.3 MPa.

By analogy average value of complex modulus for the tested SMA22 specified on six samples was E*=11240 MPa (T=10°C, f=10Hz). Fatigue resistance determined with 4 PB-PR method expressed as a strain by 106 cycle was on the level of ε6=198 [μm/m]. The cracking temperature of SMA 22 sample (TSRST test) was specified as T=-26.0°C at the tensile stress σ=4.1 MPa.

An example of Dynamic Modulus Master Curve obtained in SPT apparatus for SMA16 and SMA22 is presented on Figure 3.

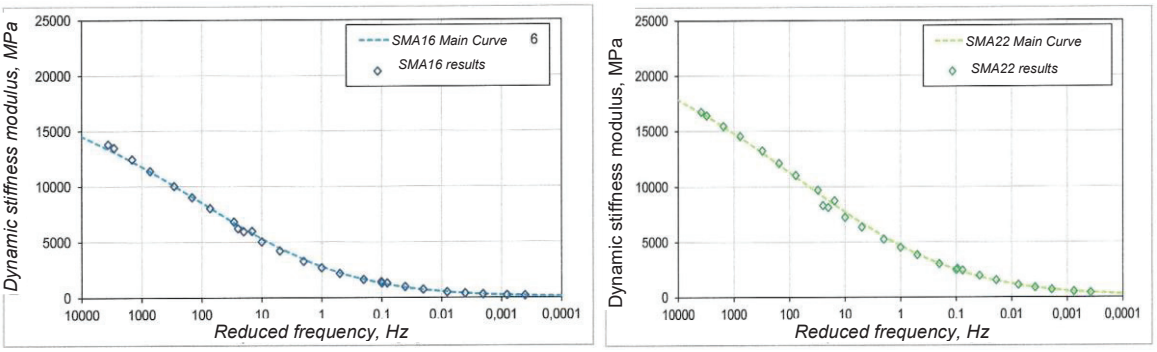


Fig. 3: Master curve of the E modulus of the SMA 16 anti- fatigue base layer and SMA 22 binder course at 20 °C

5. PERPETUAL PAVEMENT DESIGN METHODOLOGY

The perpetual pavement structure should be designed using mechanistic-empirical design methods, using stress-strain analysis of the structure according to elastic half-space theory. The concept development also uses the experience gained during the SPENS (Sustainable Pavements for European New Member States) program where four structure types were tested, including the one using the perpetual pavement concept. Test sections in the full scale were subjected to accelerated loading with the use of the HVS (Heavy Vehicle Simulator). The results of the SPENS program provided real validation for the use of modern long-life pavements with an anti-fatigue layer.

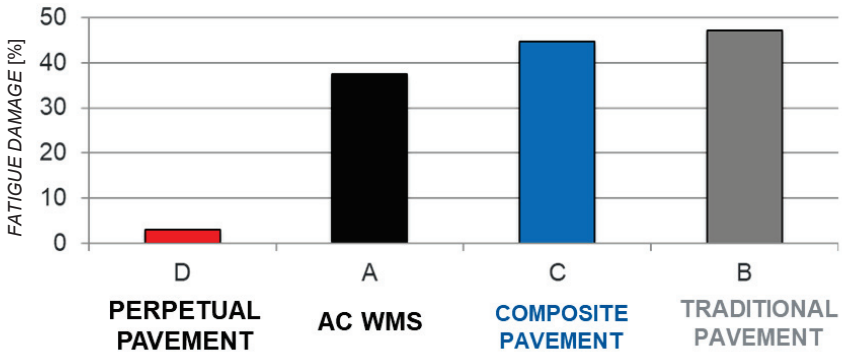


Fig. 4: Fatigue damage calculation acc. „ HVS field test in Poland SPENS", W. Bańkowski, IBDIM

Due to the use of the rut resistant asphalt mixture in the binder course and due to the use of the asphalt mixture with increased fatigue resistance in the base course, the French method for calculating the fatigue life of asphalt layers can be used. This allowed the functional parameters of the asphalt mixtures like stiffness modulus, tensile strain at failure and fatigue curve slop, to be taken into account.

For the fatigue life calculations modulus of the SMA asphalt mixtures were lowered comparing to the normal adopted to the design process. It was necessary due to the established traffic speed at the level of 20km/h (instead to 60 km/h) and correspond decrease the values of asphalt modulus taken into calculation procedure. The final pavement structure design was completed with SMA 16 and SMA 22. Depending on which role the layer should play in pavement, the proposed SMA mixtures were mixed with two different Highly Modified Bitumens –HiMA 25/55-80 or HiMA 45/80-80. The combination of different bitumen and SMA grading allows for the development of two different SMA layers. Wearing and anti-fatigue base course were designed as a SMA 16 with PMB 45/80-80, and the second one, binder course, was a

rutting resistant SMA 22 with PMB 25/55-80. The wearing course of SMA with grading of 16 mm was chosen due to its high stability and resistance against rutting as well as shearing forces. The binder course developed as SMA 22 was designed to improve pavement resistance to rutting and is the thickest layer in the pavement.

During fatigue life calculations modulus of SMA asphalt mixtures at 10°C were established as shown at Fig.5. The expected, calculated fatigue life of the pavement structure was 4.3 million 115 kN ESALs. The whole pavement structure is presented on Fig. 6.

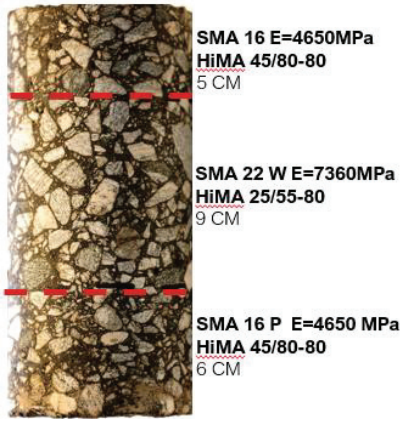


Fig. 5: Triple SMA layer pavement core with material parameters adopted for fatigue – life calculations.

Fig. 6: Final pavement design for heavy duty pavements with three layers of SMA - design fatigue life 4.3 million design axles 115 kN

It seems that, it was the first implementation of a triple SMA for Heavy Duty Pavements in Europe or perhaps even in the world combining the conceptions of perpetual pavements and HiMA binders. Consequently for the first time the SMA mixture was placed as an anti-fatigue base of perpetual pavement.

6. CONSTRUCTION SITE

SMA mixtures optimization was running parallel to pavement design, to provide the most accurate and possible shift factors to pavement design calculation procedures. The mixture design was completed just before asphalt paving, just in time to start the real task. SMA mixtures were produced in standard Asphalt Mixing Plant (AMP) and transported by trucks on construction site. Then they were paved with standard road pavers and compacted with static and vibration (oscillation) steel rollers.
The quality control system was divided into two parts: first part – material control of AMP and paving control on site. The inspection of AMP covers mineral materials testing e.g. grain size distribution, bitumen content, bulk density; second part – control during paving was based on PQI sonde. Final layer properties were confirmed by coring and further lab analysis.

Fig. 6: Laying of SMA 22 PMB 25-55/80 binder course on top of SMA 16 anti-fatigue base layer with PMB 45/80-80 fatigue-resistant binder

Together with the Investor it was decided that due to reasons of homogenisation of the whole pavement surface, the wearing course would be paved at once on all road surfaces. Nowadays, the whole pavement structure is ready and under a lot of heavy traffic.

7. SUMMARY

The Engineers from TPA and Strabag, have in a very short time, conceptualized and prepared a type of pavement which was designed for a very destructive (slow and heavy) traffic, following the special order of the Investor. The innovative pavement structure, is the first real scale Heavy Duty Pavement section constructed with Triple SMA Layer using HiMA bitumen in conception of perpetual pavement. Sections with the highest traffic load and manoeuvring squares were paved in asphalt (not in concrete) as Triple SMA Heavy Duty Pavement, increasing the no. of asphalt of an additional 2,600 m2 compared to the preliminary work plan.

The completed pavement has been from the beginning exposed to very heavy & slow loading due to the transportation of parts of the EFRA installation unit. The self-driving platform SMPT has an axle loading of 14,2 Mg. The pavement survived that without any visible and measurable deformations.

Finally, the authors would like also to thank, the Lotos Asfalt refinery for supporting in designing the pavement based on the HIMA characteristic and creating the opportunity of implementation a modern solution leading to construction of Triple SMA for heavy duty pavements.

REFERENCES:

[1] David H. Timm, Mary M. Robbins, J. Richard Willis, Nam Tran, NCAT Report 13-03, Field and Laboratory Study of High-Polymer Mixtures at the NCAT Test Track, 2013

[2] Adam J. Taylor Bernard Eckmann, Sabine Largeaud, Ronald Van Rooijen, Luc Planque, Michael Farrar, Jean-Pascal Planche, New bitumen performance indicators - A feasibility study. E&E Congress 2016, 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, June 2016, Prague, Czech Republic

[3 Nikhil Saboo and Praveen Kumar, Performance Characterization of Polymer Modified Asphalt Binders and Mixes, Advances in Civil Engineering, 2016

[4] Carl Robertus, Ronald Van Rooijen, Laima Thimm, A COMPARISON OF BINDER TESTS THAT RELATE TO ASPHALT MIXTURE DEFORMATION, 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th June 2012, Istanbul

[5] Buncher, M., Newcomb, D., Huddleston, J. „Perpetual pavements“, Asphalt: The Magazine of the National Asphalt institute, 15(3), с-ци 20–22, 2000

[6] Newcomb, D., Willis, R., Timm, D. „Perpetual Asphalt Pavements - A Synthesis“, AsphAlt pAvement AlliAnce, IM-40, с-ци 1–45, 2004

[7] Button, J. W. „Perpetual Bituminous Pavements. Number 503“, Transportation Research Circular, 2001

[8] Bańkowski, W., Gajewski, M. „Accelerated loading tests in the full scale on innovative pavement structures“, Drogi i Mosty, (2), с-ци 89–122, 2012

[9] LCPC „French Design Manual for pavement structures - guide technique“, 1997

[10] PN-EN 14023:2011/Ap1:2014-04

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 4

IMPORTANCE TRAFFIC MANAGEMENT PLAN FOR TRAFFIC SAFETY

ВАЖНОСТ ПЛАН ЗА УПРАВУВАЊЕ СО СООБРАЌАЈ ЗА БЕЗБЕДНОСТ НА СООБРАЌАЈ

Osman Lindov[1],
[1] Ph.D. Faculty of Traffic and Communications University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina,
olindov@gmail.com

Abstract

The paper presents the traffic management plan during the execution of works from the aspect of traffic safety. All necessary elements that need to be done in the form of study documentation will be presented, which will include elements of public traffic regulation during the works, elements of movement within the construction site, elements of access to the construction site, and procedures and checklists for daily verification of all plan elements. traffic management. All steps in the production of TMP are shown, with the guidance of EN norms and standards, and standards for measuring the quality of traffic signalization and equipment.

Keywords

Traffic, management, public transport, construction site, safety

Апстракт

Во трудот е претставен планот за управување со сообраќајот при извршување на работите од аспект на безбедноста во сообраќајот. Ќе бидат презентирани сите потребни елементи кои треба да се направат во форма на студиска документација, која ќе вклучува елементи за регулирање на јавниот сообраќај во текот на работите, елементи на движење во рамките на градилиштето, елементи за пристап до градилиштето и процедури и листи за проверка. за секојдневна проверка на сите елементи на планот. управување со сообраќајот. Прикажани се сите чекори во производството на TMP, со насоки на EN нормите и стандардите и стандардите за мерење на квалитетот на сообраќајната сигнализација и опрема.

Клучни зборови

Сообраќај, управување, јавен превоз, градилиште, безбедност

1. INTRODUCTION

The TMP-Traffic Management Plan is set out in international standards in the field of construction and traffic safety management within and outside the construction site. TMP presents a study research project describing how the contractor manages traffic aspects, i.e. the safety of all construction participants during the construction of infrastructure facilities, both on busy and traffic regulation and the movement of persons in public areas near the construction site, and in analyzing and how to move vehicles safely, machines and persons on the construction site. The traffic management plan should ensure and cover the following:

- Safety of all construction participants both inside and around the construction site.
- Safety of all collisions between construction and public transport.
- Risk assessment and measures are taken to reduce the risk of injuries to construction site staff about the movement of vehicles and machines within the construction site.
- Risk assessment and measures taken to reduce the risk of any injuries to all public transport users and staff from the site.
- Minimizing traffic jams and traffic problems.

The TMP should describe and explore traffic arrangements, regulation, and equipment, i.e. landscaping, regulation, and equipment of temporary traffic signaling and other equipment of all public transport areas (roads, parking, sidewalks, cycling, and other public areas) that are at odds with construction activities during the performance of works as well as all areas within the construction site used for the movement and transport of materials and staff of construction sites [1].

The aim of the TMP and the equipment of traffic areas by temporary vertical and horizontal signaling is to increase the safety, the comfort of the road, and comfort of driving, while easy running and regulating traffic flows on the road during and during construction, and the safety of access roads to the construction site and the safety of movement of vehicles and people within the construction site [2].

There is no typical solution for the TMP, there are no typical solutions both when decorating and regulating public traffic around the construction site. There are also no typical solutions for the safety of access roads and roads within the construction site. For these reasons, a dedicated TMP should be done for each infrastructure project [3].

2. CONSEQUENCES OF NONSAFETY ON AND AROUND THE CONSTRUCTION SITE

Considering the seriousness of traffic management plans, we must be aware that the consequences of a vague and "stingy" description of all activities on and around the construction site can endanger the lives of workers and do great material damage especially if projects are being done on and with road infrastructure. The following photos show only small parts recorded in BiH and the environment, which can be linked to vague or under-regulated construction sites, i.e. inadequate traffic management [1].

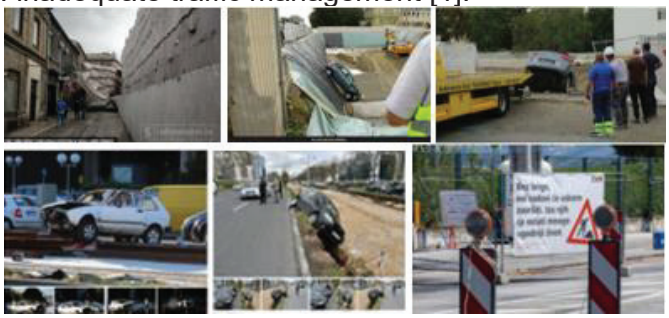


Fig 1. Some photos of „no safety“ near the construction site
Source: Author

3. TMP AND TRAFFIC SAFETY

Preparing a detailed traffic management plan (TMP) and proper implementation of the measures set out in the approved plan are essential for the safety of all traffic participants, as well as on-site workers. The TMP-Traffic Management Plan includes traffic control plans and a vehicle movement plan needed to plan works with an emphasis on reducing traffic jams and inconveniences for drivers and other traffic participants or disrupting traffic during major traffic flows. The TMP should investigate and describe approved traffic control measures for all works that hinder free movement in areas related to dwarf and public roads(parking lots, rail-road crossings, pedestrian crossings, and access, in particular access for persons with disabilities, et al). The TMP includes an addition to traffic control plans (TCP)/(TGS) and PKV-Vehicle Movement Plans within the construction site and Plans for the movement of pedestrian-participants of construction and visitors (PMP – Pedestrian Movement Plan) with the necessary markings and warnings and to be available to all building participants [2].

The traffic management plan is a "live" study and it is necessary to continuously monitor the processes and way of traffic and safety of movement both within the construction site and outside the construction site in connection with public transport. "Monitoring" of traffic and transport at the construction site, on approaches to the construction site, and public roads near the construction site, should take place in cooperation with the designers and authors of the Traffic Management Plan, the Contractor, and the Supervision.

The study/Project of the Traffic Management Plan (TMP) should contain the following chapters and description:

- NOTES ON THE DOCUMENT AND AUDIT AND APPROVAL OF The TMP document by the Contractor carrying out this study process.
- DEFINITIONS AND ABBREVIATIONS used in the TMP document.
- INTRODUCTION (purpose and importance of PUS; description of the locations and implementation of the project, obligation to establish signaling, obligation to meet the public, control and control of traffic on the construction site and public transport areas near the construction site, ways of regulating and safety of all participants in the construction, regulation, and safety of movement of vulnerable road participants, others).
- LEGISLATION ON CONSTRUCTION AND TRAFFIC SAFETY (count building legislation, laws, regulations, guidelines, and standards in the fields of transport and transport, traffic safety, as well as international standards and standards that are not at odds with national legislation).
- ACCESS AND CONDITIONS OF ACCESS TO THE CONSTRUCTION SITE (with a description and chapters to contain in this part, access roads, jurisdictions, private and public property, temporary roads and works, and more, describe the conditions for participants in construction, staff-workforce, train staff, visitors, who can and how to access the construction site).
- DUTIES AND RESPONSIBILITIES OF THE CONSTRUCTION SITE PARTICIPANT (in this part provide a detailed description of the duties and responsibilities of all participants in the construction from the point of view of safe traffic and movement, all construction participants should be nominated and a description of the duty and responsibility should be given, it is necessary to cover the duties and responsibilities of the construction site management system from the point of view of traffic safety and movement and on the construction site and access public roads, describe the duties and responsibilities of supervision, project manager, traffic safety engineer, safety and safety engineer, train and other staff).
- ARRANGEMENT OF TRAFFIC ACCESS TO THE CONSTRUCTION SITE AND MOVEMENT ON THE CONSTRUCTION SITE (give a technical description of the arrangement of traffic in access to the construction site including public roads, as well as a description of traffic and movement on the construction site, description and marking of the

movement of vehicles, workers, visitors, et al., it is necessary to give a construction phase depending on the construction site with a description of the arrangement of traffic at each stage, a technical description of the signaling should be given, speed limits in access and construction site, working hours of staff of freight vehicle construction sites and work machines, description of parking areas for all vehicles and work machines located on the construction site including visitor spaces, describe the assessment of traffic noise and air pollution from vehicles and work machines on the construction site and their impact on the environment).

- WORKING AND CONFLICT ZONES AND POTENTIAL DANGERS (in this part give a description of the area and access to the work zone and the labeling of working zones with adequate signaling and hazards in this part of the other participants building primarily vehicles and work machines, describe areas before work zones, the way of neat and clean movement of vehicles in particular in the part of exit to public transport areas, describe potential conflict zones and hazards in particular in conflict staff and work machines, as well as vulnerable traffic participants with vehicles serving the construction site if the construction site is in a public transport zone, it is necessary to clearly describe the procedures and actions in cases of accidents at the site as well as traffic accidents with vehicles and public transport participants, others.
- TCP (Traffic Control Plan) – PKS-TRAFFIC CONTROL PLAN (describe traffic control of access public roads and access to the construction site and other traffic participants (pedestrians, cyclists, persons with disabilities, children, and others) with the necessary traffic signaling and equipment (this part replaces under our legislation the Elaborate of traffic regulation during the performance of works). This part gives a specification of signaling and equipment to be used in the regulation of public traffic nearby and access to the construction site.
- PKV-Vehicle Movement Plans (VMP – Vehicle Movement Plan) within the construction site (give a technical description and trajectory of the movement of vehicles and work machines on the construction site with a specification of signaling and equipment).
- PKP - Plans for the movement of construction participants – pedestrian-working and other staff of construction sites and visitors (PMP – Pedestrian Movement Plan) (give a technical description and trajectories of the movement of construction participants – pedestrian-working and other staff of the construction site and visitors with a specification of signaling and equipment, in particular, the movement of vulnerable pedestrian, cyclist, and persons with disabilities traffic, children should be described if it is a construction site involving the movement of these road participants nearby construction sites).
- TRAINING AND COMPETENCES (describe the system of education of participants in construction, staff-workforce, train staff, visitors, on the safety of movement in/ construction site, et al).
- TRAFFIC SAFETY CHECKLISTS (Checklists of daily element checks, both external and internal traffic safety controls, traffic signaling, and equipment signed and certified by accurately defined staff, appointed and described by the contractor in previous chapters, et al).
- DESCRIPTION OF TESTING AND MEASUREMENTS OF TSE-Traffic Signalling and Equipment.
- ANNEXES
  - Approval of competent institutions (transport ministries, directorates, local communities, etc.).
  - Situational view of traffic signaling and equipment from the main project of the building.
  - TCP- Traffic Control Plan (traffic regulation during the performance of works).
  - Situation allotment VMP- Vehicle Movement Plans within the construction site.
  - Situational view of PMP-Plans movement of participants of construction-pedestrian-staff and construction workers and visitors (PMP – Pedestrian Movement Plan).

3.1 Traffic regulation during the performance of works (TCP – Traffic Control Plan)

The project of temporary traffic signaling and traffic regulation equipment during the performance of works at the locations of the performance of works (road or near the road) should allow uninterrupted and safe traffic to take place, i.e., technical regulation should set up all vertical and horizontal signaling, as well as the equipment necessary for the establishment of adequate and safe traffic. Temporary traffic regulation is necessary to be carried out if works are carried out on Road and the surfaces along Road. The overview map is an integral part of the TCP, the Traffic Regulation Plan should show the layout of the reconstruction ranging from the definition of the place and stage stipulation of temporary traffic signaling and equipment. Depending on the location of the performance of the works, the designer should propose adequate traffic technical measures for the conduct of traffic during the performance of the works. In particular, it is necessary to analyze the movement routes of other traffic participants (pedestrians, cyclists, people with disabilities, children, and others) and to prepare and mark adequate movement paths. The contractor is obliged to ensure the permanent, impeccable functioning of complete traffic signaling and equipment covered by the project, as well as to inform the competent institutions and the public using public information means. After the completion of the works, the contractor is obliged to remove all temporary traffic technical equipment from the locations where it is installed and put the existing traffic signaling in a state that preceded the performance of the works. Figure 2.dat is an example of TCP performance while Figure 3 gives an example of inadequate TCP

Fig 2. Example of TCP performance
Source: https://www.firsttraffic.com.au/our-services/traffic-control-plans/

The following photos show how not to work.

Fig 3. Inadequate TCP
Source: Author

3.2. VMP – Vehicle Movement Plan

The transport and transport arrangement of the construction site implies the design of roads of movement both means of transport and construction machines and the movement of pedestrians, i.e. workers and visitors to the construction site. PKV-Vehicle Movement Plans within the construction site imply a technical description and description of the trajectory of the movement of vehicles and work machines on the construction site. Depending on the construction site (road, bridge, viaduct, tunnel) it is necessary to technically describe the way all vehicles and work machines on the construction site move safely. All vehicles and work machines should be marked while within the construction site with the markings defined in the

description of the designations of the construction site and contractors, subcontractors of all vehicles, and working machines used for the construction site. Also, in this part, it is necessary to give adequate details and specifications of the labels, signaling, and equipment to be used during the performance of works on the construction site.

3.3. PMP – Pedestrian Movement Plan

PMP – Pedestrian Movement Plan implies a technical description and description of the trajectory of the movement of construction participants – pedestrian-working and other construction site staff and visitors to the construction site. In particular, the movement of vulnerable pedestrians, cyclists and persons with disabilities, children, and other persons should be described unless the construction site is separated from public transport. Adequate details and specification of the markings, signaling, and equipment to be used during the description and development of the situational sketch of the plan of movement of the participants of construction - pedestrians and visitors during the performance of works on the construction site should be given. The following image gives the appearance of part of the temporary traffic signaling and equipment used in the traffic arrangement of construction sites in European countries.

Fig. 4. Traffic signaling for the decoration of movement, machinery, vehicles, and pedestrians on the construction site

Source: https://www.safetysign.com/construction-safety-signs

4. TESTS AND QUALITY OF TRAFFIC SIGNALLING AND EQUIPMENT AND TRAFFIC SAFETY

To ensure quality traffic signaling and equipment, and therefore a satisfactory level of road safety during the installation of signaling and equipment on the road, i.e. immediately before release into traffic, it is necessary to check the quality and compliance of the standards, as well as the coefficient of adhesion of the asphalt surface [4]. Examining the quality of traffic signaling and equipment (asphalt friction coefficient, Road marking, and traffic signs) gives an insight into the compliance of properties with the conditions prescribed by legal and bylaws, and standards and standards of both national and EU standards [6]. Quality tests allow optimization of the costs of maintaining traffic signaling and equipment as well as tests in cases of traffic accidents [1]. Tests carried out to ensure the prescribed quality of traffic signaling and road equipment may be: previous or benefit tests, ongoing, control, regular, additional control tests, in the event of a car accident, arbitration, and tests before the expiry of the warranty period [4]. The quality of the SSO shall be kept on record, i.e. a report on the quality control of traffic signaling and equipment with adequate written elements on all actions taken on the performance and installation, i.e. installation of traffic signaling and equipment in tunnels, bridges, and viaducts and other elements of traffic infrastructure. In the Traffic Signaling and Equipment Quality Control Report, there must be clearly and precisely described actions and procedures and certification and accreditation standards and standards as well as institutions that have examined all elements of traffic signaling and equipment.

According to EN 1436:2018. Road marking materials - Road marking performance for traffic participants and testing methods, the following measurements and tests should be carried out on the part of horizontal and vertical signaling, and on the asphalt base [8]:
- Diffuse illumination coefficient Q_d path mark field lighting coefficient in a certain direction by field lighting (unit: mcd·m-2·lx-1).
- Illumination factor β the path mark field illumination ratio in a specific direction compared to that of the perfect reflective diffuser identically illuminated.
- Retroreflected light coefficient RL lighting coefficient L field path marking in the direction of observation by lighting E⊥ in the field vertically in the direction of light (unit: mcd·m-2·lx-1).
- Value of the SRT slide resistance saw the quality of wet surface sliding resistance measured by friction at the low speed of the rubber slider on the surface.
- Functional duration period during which the road mark meets all the level efficiency requirements set out in.
- Structured road mark with a structured surface that has no area marking the path of the correct dimensions and plane Note 1 to entry: Structures can be formed with patterns, profiles, random texture, or other characteristics.
- Type I road mark that does not necessarily have specific properties intended to improve retroreflection in wet or rainy conditions.
- Type II road markings with specific properties intended to improve retroreflection in wet or rainy conditions.
- Chromium coordinates x,y coordinates in CIE 1931 diagram of color space chromium CIE 1931. [2].

The quality and quantity of visual guidance of traffic participants directly depend on visibility, and the retroreflective properties of traffic markings on the road are crucial for safe traffic on the road. The quality assessment of derived markings on road is based on the test results of the appropriate measuring instruments. Road label quality tests involve conducting several tests (skating resistance, dry and wet film thickness, etc.) among which visibility tests, i.e. label retroreflection, play the most important role. [9] [10]. The label retroreflection test shall be carried out using a static or dynamic test method. Table 1 shows minimum prescribed values for new markings on Road, such as retroreflection coefficient, lighting factor, and skating resistance [11].

Table 1. Minimum prescribed values for Road markings within the guarantee period

Road label value	Color	Highways and high-speed roads		Other roads			
		Minimum value		Minimum value			
		Mark Type 2		Mark Type 1		Mark Type 2	
		lcd/lxm^2	Class	lcd/lxm^2	Class	lcd/lxm^2	Class
Retroreflection coefficient (Qd) daily visibility-dry road	White	100	Q2	100	Q2	100	Q2
	Yellow	100	Q2	80	Q1	100	Q1
Retroreflection coefficient (Rl) night visibility-dry road	White	150	R3	100	R2	100	R3
	Yellow	100	R2	80	R1	100	R2
Retroreflection coefficient (Rw) night visibility-wet road	White	35	RW2	-	-	35	RW2
	Yellow	25	RW1	-	-	25	RW1
Illumination factor ()	White	0.4	B3	0.4	B3	0.4	B3
Skid resistance (SRT)	-	45	S1	45	S1	35	S1

Source: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:393568

The static method of testing retroreflection of markings on the Road implies the use of manual retroreflectometers positioned on the label and measures the daily and night visibility of markings. Two methodologies are prescribing the number and distribution of measurement samples [12]. The Kentucky method of testing retroreflection

markings on roads is carried out between the 30th and 60th days of the performance of the markings. Tests shall be carried out in a 500 m long test section on each section. The test section shall be taken in the first third of the length of the section and ten tests shall be carried out within the section at an interval of 50 m. In all ten micro-locations, 3 daily and night visibility measurements are performed and the average value of those studies is taken as the correct one [13]. The German zTV M13 method determines the number of test clips according to the daily performance of the. The locations of the test sections shall be selected according to the principle of coincidence in representative places where approximately equal load conditions and substrate characteristics are within the derived section rule. The measuring department for assessing daily and night visibility shall be for uninterrupted longitudinal markings of 50 m in length and intermittent longitudinal markings 3 line length. Within each measuring department, five measuring points are selected [14]. One of the most advanced devices for measuring the retroreflection of horizontal signaling elements is the LTL3000 Retroreflector. LTL3000 measures rl value (retroreflected lighting coefficient at night) and Q_d value (daylight visibility). RL is a measure of the brightness of the mark on the road seen by motor vehicle drivers in the light of the car headlights. Reflected light for both RL and Q_d is measured at an angle of 2.29°, corresponding to the observation distance of 30 meters. This is relevant to the situation of watching the driver in normal conditions.

The power of traffic sign retroreflection is defined by the retroreflection coefficient (Ra) representing the ratio of surface output light (L) and input lighting on that surface (E), measured in candelas by luxury per meter square ($cd^{*lx-1*m-2}$). The minimum power, i.e. the level of retroreflection of each color of individual retroreflective materials, is defined by international standards (EN 12899) depending on input angles and viewing angles, and ASTM E 1709 & ASTM E 2540 (traffic signs) [15].

Fig 5. Measurement retroreflection of traffic signs - inspection road safety (RetroSign GRX) Source: Author

Testing of road surface skating resistance and markings on Road implies friction measurement, measuring device (Pendulum, SRT) according to EN 1436, i.e. according to EN 13036-4 methodology, Figure 6. [16].

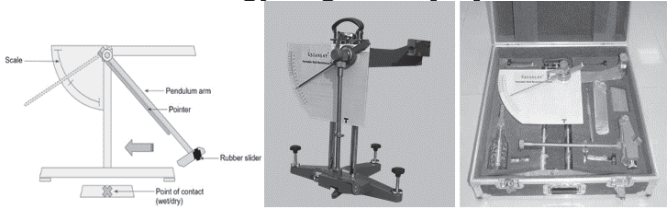


Fig 6. Pendulum skid resistance Source: www.stanlay.com/pavement-testing-equipment/portable-skid-resistance-tester.html

Adequate asphalt resistance to skating is a key condition for safe traffic on the road. SRT (Skid Resistance Tester) falls within the Method for static measurement of the resistance of sliding the surface of the road [8]. This method measures resistance to

skating on a small area on the surface of a Road, measuring approximately 0,01 m^2. The device simulates sliding between the vehicle's tire and the road. If SRT gives a value of 65, this represents very good resistance, while the value of SRT = 45, represents low skating resistance. SRT indicates the value of the skating resistance on the built-in engraved scale corresponding to the friction coefficient x 100. The instrument is necessary for use in the design phase, during maintenance, and for testing the friction of asphalt at the scene of the traffic accident [17]. Harmonized standard EN13036-4:2011 relating to skating resistance properties has been introduced to standardize testing between countries in Europe. Standard EN 13036-4:2011. Characteristics of the surface of roads and airports - Testing methods - Part 4: Method for measuring surface resistance to skid: Skid Resistance test. This European standard describes a method for determining surface resistance to skating using a device that remains still at the test site. Skating resistance can vary by the width of the Road surface. In Table 1, minimum values were given by measuring with a pendulum for the appropriate elements of travel infrastructure [18] [19].

Table 2. Proposed minimum values by measuring the pendulum (PTV-Pendulum Taster Value)

Category	*Type of surface tested*	*Min PTV (wet surface)*
A	*Roundabout. Curves of a radius path less than 150 meters without restriction. Steep tilts. Approach traffic lights on roads without restriction*	*65*
B	*Highways, main and class 1 roads, roads in urban areas (more than 2,000 vehicles a day)*	*55*
C	*On other roads*	*45*

Source: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:393568

5. CONCLUSIONS

The Traffic Management Plan (TMP) is a study research project providing a framework describing how the contractor manages traffic aspects during the construction of infrastructure facilities, both on the busyness and regulation of traffic in public areas and on the construction site. The traffic management plan should ensure and cover the safety of all construction participants within and around the site. Each phase of the TMP must be consistent with national legislation and EN standards and standards.

Tests carried out to ensure the quality of traffic signaling and equipment are previous tests, ongoing, control, additional control, arbitration, and pre-warranty tests, as well as in the event of a traffic accident. In many countries, regular control of traffic signaling, and equipment is not carried out, causing a large number of defective signs and worn markings on the Road. Such traffic signaling impairs safe traffic. All tests on traffic signaling and equipment should be carried out by relevant national and EN standards or guidelines.

6. REFERENCES

[1] Lindov O, Omerhodžić A, (2013). "Analysis of Efficiency of Road Traffic Improvement Measures–Local Activities and Best International Practice. Suvremeni Promet-Modern Traffic 33.1-2 p.

[2] Omerhodzic A, Tatarevic A, Dzaferovic S, Lindov O.(2016). "Design and Innovation of Traffic Signs and Equipment in Settlements-Issues and Recommendations. Suvremeni Promet-Modern Traffic 36.5-6 p.

[3] Lindov O, Omerhodžić A, Alikadić A. (2017). "Analysis of Intersection Risk Factors–Connections on the Road from the Aspect of Traffic Safety. Suvremeni Promet-Modern Traffic 37.5-6 p.

[4] TEM standards and recommended practice, Third edition 2002.

[5] EN 1436_Road marking materials - Road marking performance for road users and test methods) include the following
[6] IS EN 1436 Road Marking materials - Performance for road users
[7] IS EN 1423 Road Marking materials – Drop-on materials - Glass beads, anti-skid aggregates, and mixtures of the two.
[8] EN 1463-1:2021(MAIN) road marking materials - retroreflecting road studs - part 1: initial performance requirements
[9] Uhlenhof U (2019). Calculation of an applicable friction coefficient for the reconstruction of traffic accidents with the aid of measured roughness on the spot and the GIDAS database. Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH Zellescher Weg 24 01217 Dresden
[10] https://www.en-standard.eu/bs-en-1436-2018-road-marking-materials-road-marking-performance-for-road-users-and-test-methods/
[11] Babić, D., Fiolić, M., Ţilioniene, D. (2017). Evaluation of a static and dynamic method for measuring retroreflection of road markings, Građevinar, vol. 69, no.10, p. 907-914, URL: DOI: https://doi.org/10.14256/JCE.2010.2017.
[12] Wang, J. H., Cao, Y. (2004). Effects of Road Marking Luminance Contrast on Driving Safety, University of Rhode Island: Department of Industrial and Manufacturing Engineering. Kingston. SAD,
[13] Babić D. (2018). Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku, doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, URL:https://dr.nsk.hr/islandora/object/fpz:1202/
[14] Ščukanec A., Babić D.: Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolovozu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2013.
[15] https://www.astm.org/e0303-22.html. ASTM E303-22. Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester.
[16] Anamarija J. (2019). Metode ispitivanja kvalitete prometne signalizacije Undergraduate thesis / Degree Grantor / University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences.
[17] Wang D, Oeser M, Steinauer B. (2020). Calculation of skid resistance from texture measurements. Andreas Ueckermann*, Institute of Highway Engineering, RWTH Aachen University, Aachen 52056, Germany.
[18] SIST EN 13036-4:2011 - Road and airfield surface characteristics - Test methods - Part 4: Method for measurement of slip/skid resistance of a surface: The pendulum test
[19] Stankiewicz B, Slabonski P, Slabonska E. (2018) The effective estimation of skid resistance of SMA pavements in a relevant aspect of safety and durability of asphalt roads. Faculty of Civil Engineering, Opole University of Technology, Poland. Research Engineering Institute Labor Aquila, Poland. https://doi.org/10.1051/matecconf/201823105007

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 5

ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛИ НА АВТОПАТИШТА И ЕКСПРЕСНИ ПАТИШТА ВО ЕВРОПА
TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESS ROADS IN EUROPE

Kerim Hrapovic[1], Goran Mijoski[2]
[1] Dr, Lecturer of the Ingolstadt University of Applied Sciences, Germany, kerimhrapovic046@gmail.com
[2] Prof. d-r, Civil Engineering Faculty - UKIM, Macedonia, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Во трудот се изнесуваат податоци за попречниот профил на автопатиштата и експресните (брзи) патишта во неколку европски земји: Австрија, Германија, Швајцарија, Италија, Франција, како и во две земји од регионот Црна Гора и Македонија. Воедно се прави и преглед на техничките прописи кои ја регулираат оваа исклучително важна проблематика.

Клучни зборови

Автопат, експресен пат, коловоз, возна лента, ширина.

Abstract

This paper presents data on the transverse profile of motorways and expressways in several European countries: Austria, Germany, Switzerland, Italy, France, as well as in two countries from the region of Montenegro and Macedonia. At the same time, a review of the technical regulations that regulate this extremely important issue is being made.

Key words

Motorway, expressway, pavement, driving lane, width.

1 INTRODUCTION

Definitions of motorway and expressway differ in terms of their perception and definition in Austria, Germany and Macedonia.

2 TRAFFIC, FREE AND STANDARD TRANSVERSE PROFILE OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA

2.1 MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA – BASIC FEATURES

According to the Federal Roads Act (Bundesstraßengesetz 1971 – BStG 1971) § 2. (1) [3], in Austria, there is a federal road network consisting of category **S** federal roads (Federal expressways = **S**chnellstrasse) (fig.1) and category **A** federal roads (Federeal motorways = **A**utobahn) (fig.2). Federal roads belonging to categories A and S do not intersect with transverse roads and railway or tram lines at grade level and traffic can only enter/exit them by a designated and specially constructed public collector road. This BStG 1971 Act [3] only mentions the difference between motorways and expressways in §21 (1) and (2), in terms of different values of the required protective distances of structures from the motorway. According to this paragraph §21, structures of any kind, or fences, on either sides of the road, may not be located within a distance of 40 m or 25 m, for expressways or motorways, respectively. Currently, this is the only official difference between motorways and expressways in Austria, that is, there are no differences between motorways and expressways in relevant valid laws, guidelines, regulations, norms, etc. The different designations (motorways and expressways) in Austria have their roots in history, since in the 70s, high-ranking roads in Austria were numbered on the basis of an intentional division into motorways and expressways. This also meant introduction of a long-lasting practice of having expressways with smaller curve radii, different types of connections, with either no breakdown lanes at all, or narrow ones, etc. An example of such an expressway is S 35 in the Austrian province of Steiermark (Styria), which is currently undergoing reconstruction (fig.1).

Figure 1. The S 35 expressway (Schnellstrasse) in the Austrian province of Steiermark (Styria); ist construction started in the early 1970s [1]

Therefore, from a technical point of view, the valid Austrian regulations (eg RVS, ÖNORM) do not distinguish between motorways and expressways. The relevant parameters for both types of these high-ranking roads are, for instance, traffic load or the share of heavy freight traffic. This means that today there is no difference between motorways and expressways with regard to, for instance, dimensioning of pavement structures, routing elements, etc. Also, from the construction point of view, relevant data are those pertaining to, for example, terrain topography, routing speeds (design rates) or traffic count data and not whether a road is called a motorway or expressway. Figure 2 presents an example of a motorway in Austria: Westautobahn A1 – Western motorway A1.

Figure 2. Motorway A 1 (Westautobahn A 1) – section in the direction of Vienna (Wien) in the Austrian province of Lower Austria (Niederösterreich), before the St. Pölten intersection [2]

According to § 20. (2) of the Austrian road traffic regulations (Straßenverkehrsordnung 1960 – StVO. 1960) [4], unless authorities permit a lower or higher driving speed, the highest driving speed on motorways is 130 km/h.

According to § 46. (1) only motor vehicles with design speed of at least 60 km/h, which may also exceed this speed can travel on motorways; the exception to this stipulation are vehicles for motorway maintenance. (Fig. 3)

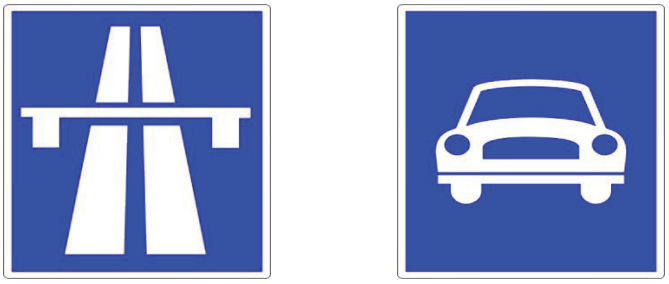


Figure 3. Traffic signs for motorways and expressways in Austria [5]

2.2 TRAFFIC AND FREE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA

For the traffic of motor vehicles with the largest dimensions, conditions for unhindered traffic must be provided on all public roads, especially on the roads of the main and regional road networks. The traveling space for these dimensional measures is provided in the pavement zone, based on international convention on road traffic, and that traveling space is defined by the so-called traffic and free profile of the road.

2.2.1 TRAFFIC PROFILE OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA

This is the space in which the physical contours of the relevant vehicle (W = 2.55 m, H=4.0 m) can be found in motion (Fig. 4). It is limited by the total width of all road lanes and a height of 4.20 m, which consists of the static height of the relevant vehicle (H=4.0 m), increased by the size of possible dynamic oscillations (ΔHd = 0.20 m).

2.2.2 FREE PROFILE OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA

The traffic profile extended in width (by 0.75 m) and height (by 0.30 m), due to possible applications of the vehicle's static dimensions (e.g. opened door), or a changes in pavement conditions (e.g. snow drift) constitutes the free road profile that must be free from all permanent physical obstacles (Fig. 4).

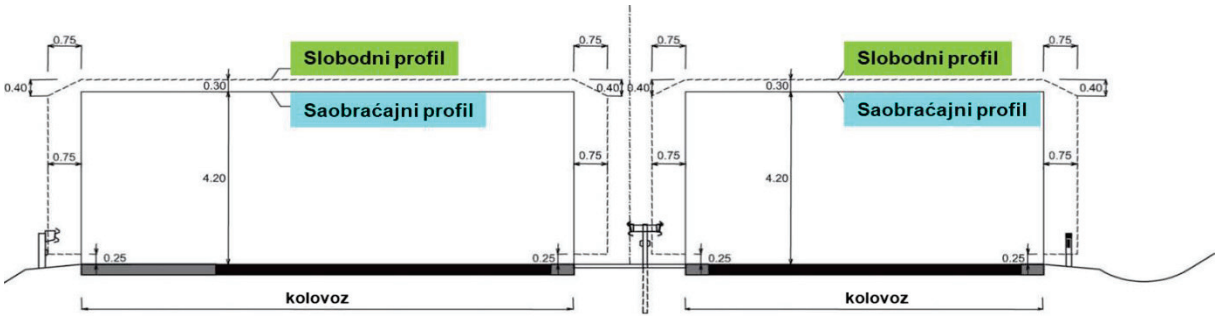


Figure 4. Traffic and free profiles of motorways and expressways in Austria [6] (adapted by K.H.)

2.3 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN AUSTRIA

2.3.1 Standard transverse profiles on free sections and bridges

Figure 5 shows the standard (typical) transverse profile of a motorway (A) and expressway (S) on a free road section. Typical profile dimensions in Austria are defined according to the Austrian guideline RVS 03.03.31 [6] (Traffic Guidelines and Regulations - Road planning - Cross sections – Cross-section Elements of Non-urban Roads; Traffic and Free Road Profile), based on the forecasted traffic load as well as the required traffic flow quality.

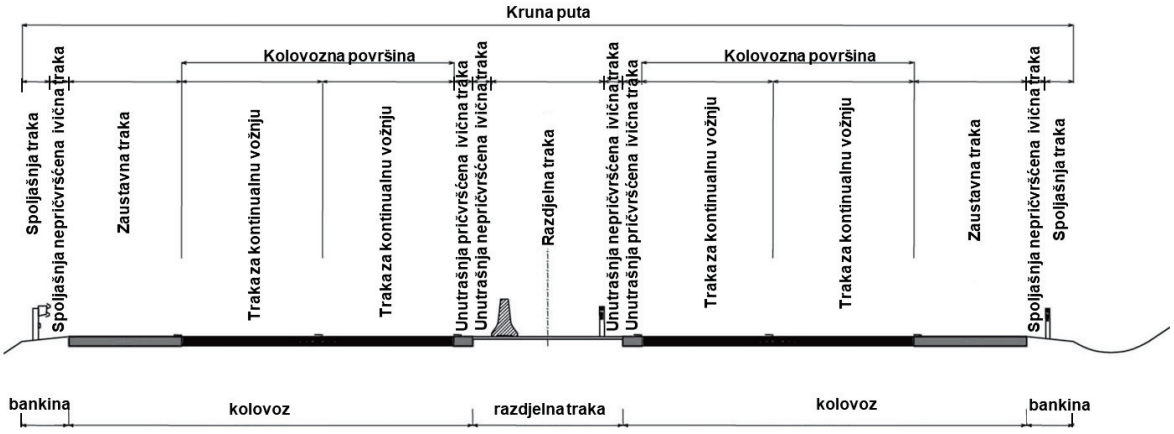


Figure 5. Standard transverse profile on a free motorway section [6] (adapted by K.H.)

Figure 6 shows the standard motorway (A) and expressway (S) transverse profiles on a bridge.

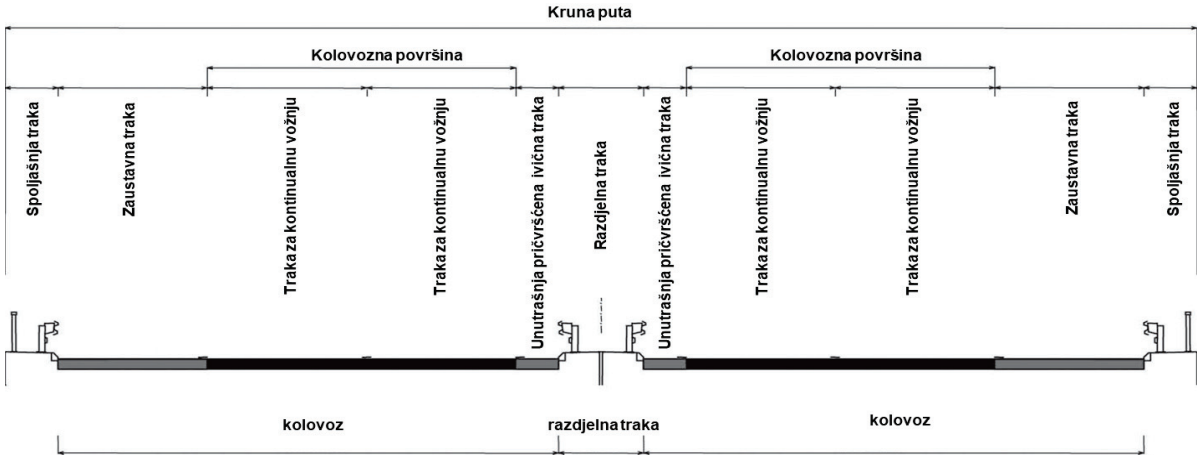


Figure 6. Standard motorway and expressway transverse profiles on a bridge [6] (adapted by K.H.)

Both Figures 5 and 6 show clearly that the dotted line is an integral part of the pavement surface, which consists of continuous travel lanes, while the unbroken (solid) line is an integral part of the breakdown

lane. According to lit. [7] (Federal Regulation on Road Surface Marking), section 2. (3), the minimum width of broken and solid lines on motorways and expressways in Austria is a 15 cm.

Based on Austrian guideline RVS 03.03.31 [6], Figure 7 shows how the width of travel lanes for different road categories: A (motorways), S (expressways) and B (trunk roads - provincial main roads of category B) depends on the mean design speed $V_{P,mean}$ [km/h] and the average daily load on weekdays [(HFV and BUS), during 24 hours per traffic lane].

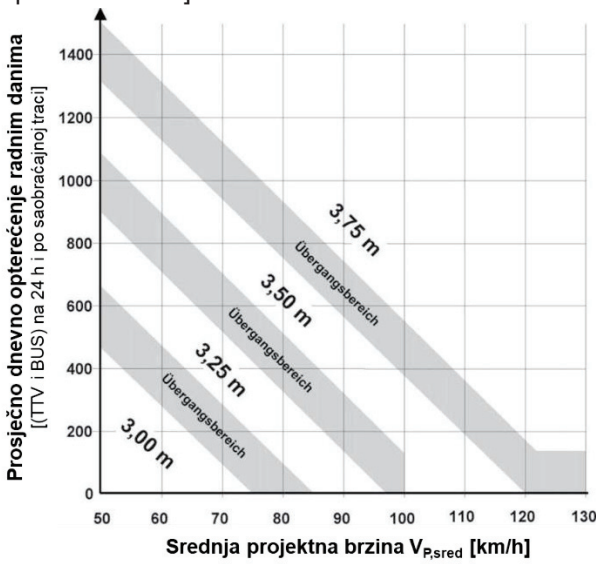


Figure 7. Travel lane width for A+S+B [6]

For roadways with separate carriageways for the opposing traffic directions (categories A and S), each with two travel lanes in the given direction, in case of required guided traffic (4+0), and in the case of pavement repair, with an average weekday load of more than 12,000 vehicles/ 24 h (practically constant phenomenon), it turns out that the minimum required travel lane width is 3.75 m, i.e. the total pavement width amounts to 12.5 m. The minimum carriageway width at intersections of this category of roads, i.e. at ramps, is 4.0 m and 5.0 m, respectively. The deceleration and acceleration lanes have the same width as the main carriageway traffic lanes.

Category B rods are Ex-**B**undesstrassen, which is the former designation for Federal roads, and since 2005, these are named provincial main roads of category B (Landesstrassen B) among Austrian roads, which is the equivalent of our trunk roads.

3 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN ITALY

Figure 8 shows an example of a standard transverse profile of an expressway in Italy before its reconstruction: Northwest bypass - superstrada MEBO in the province of Bozen (Bolcano), as well as in the municipalities of Algund, Merano. This is the condition that existed before the road reconstruction: the total width of the pavement structure was 15.77 m, i.e. the pavement width in each direction was 7.50 m, considering that there was no dividing strip at all, with only a protective steel fence in the middle of the carriageway.

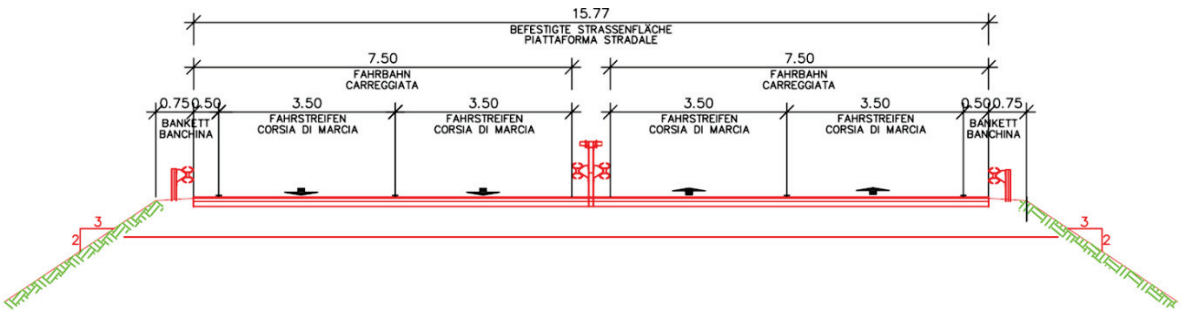


Figure 8. Previous condition of the expressway: North-West bypass at Merano in the Italian province of Bolzano [9]

Following the reconstruction (fig. 9), the total width of the pavement structure was 17.00 m, i.e. the width of the carriageway in each direction was increased to 8.00 m, but now with a 2.0 m wide median strip with a New Jersey wall in the middle. The carriageway structure consists of:

- 60 cm of lower road base (frost protection course)
- 10 cm of bituminized road base
- 6 cm of bituminized support base course
- 3 cm of asphalt wearing course.

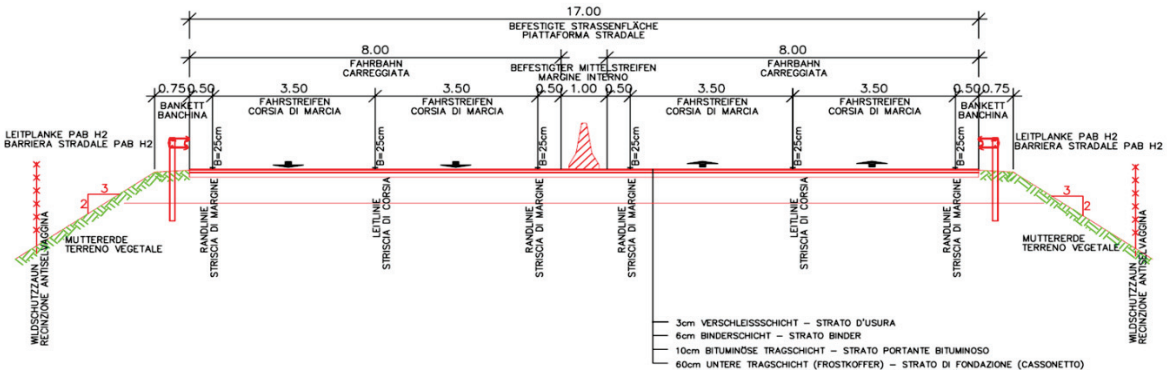


Figure 9. Expressway condition after reconstruction: North-West bypass at Merano in the Italian province of Bolzano [9]

Figures 10 and 11 show the standard cross-sections of the reconstruction (extension) of the Bologna-Milano motorway

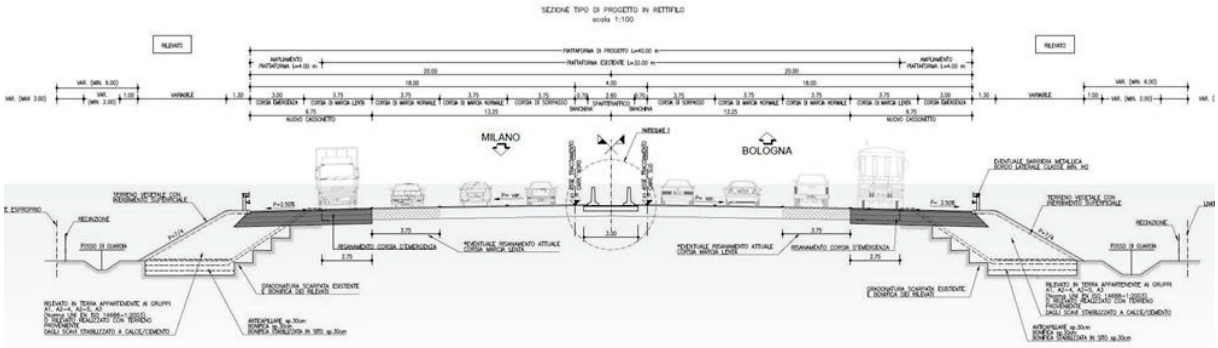


Figure 10. Standard reconstruction (extension) cross-section of A1 motorway (autostrada) Bologna-Milano [10]

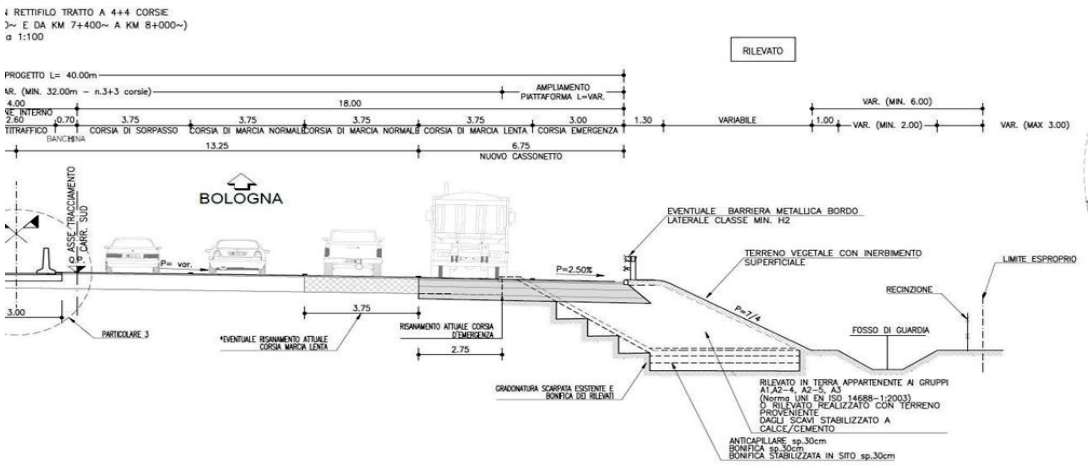


Figure 11. Standard reconstruction (extension) cross-section of A1 motorway (autostrada) Bologna-Milano (one side of the carriageway) [10]

4 TRAFFIC, FREE AND STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN GERMANY

4.1 MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN GERMANY - BASIC FEATURES

According to the literature [11], the German Road Traffic Ordinance (Straßenverkehrsordnung (StVO) BRD) § 18. (1), only motor vehicles with a design speed of more than 60 km/h are allowed to use the motorways.

Under this provision § 3. (3), the speed limit does not apply to motorways (traffic sign 330.1 - fig.12a) or other roads with one-way carriageways, separated by a dividing strip or other construction facilities.

From a legal point of view, the term "expressway" is not defined in Germany, which means that it is a colloquial expression [12]. As a rule, "expressway" in Germany refers to "Kraftfahrstraße" (StVO) § 18 [11], which are roads (except motorways) which can only be used by motor vehicles with a design speed of more than 60 km/h. (traffic sign 331.1 - fig. 12b).

Basically, an expressway is a road "similar to a motorway" (a road with traffic and technical features of motorways), of great traffic importance, which, as a rule, allows driving without stopping. Admittedly, one expressway in Germany may have at-grade intersections with traffic lights as well as roundabouts, which distinguishes it from a motorway [12]. From a traffic and technical point of view, expressways in Germany have, as a rule, at least two travel lanes in one direction, and the carriageways separated from each other, either by means of road surface marking (markirung) or construction elements such as green belts, steel protective fences or prefabricated concrete walls (e.g. New Jersey type).

Figure 12. Traffic signs denoting motorways and expressways in Germany [13]

4.2 TRAFFIC AND FREE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN GERMANY

4.2.1 Traffic profile of motorways and expressways in Germany

By analogy with the traffic profile definition in Austria, the traffic profile of motorways and expressways in Germany is limited by the aggregate width of all carriageway lanes, but it is 5 cm higher than the Austrian 4.25 m, which includes the static height of a relevant vehicle (H=4.0 m), increased by the magnitude of possible dynamic oscillations (ΔHd = 0.25 m (Fig. 13).

4.2.2 Free profile of motorways and expressways in Germany

This profile is made up of the traffic profile, increased in width by lateral safety clearance of 1.25 m, on the side of the breakdown lane, and 1.00 m, on the side of the median strip (Fig. 13). The height of the motorway and expressway free profile in Germany is 4.50 m, i.e. 4.70 m with the space for extensions.

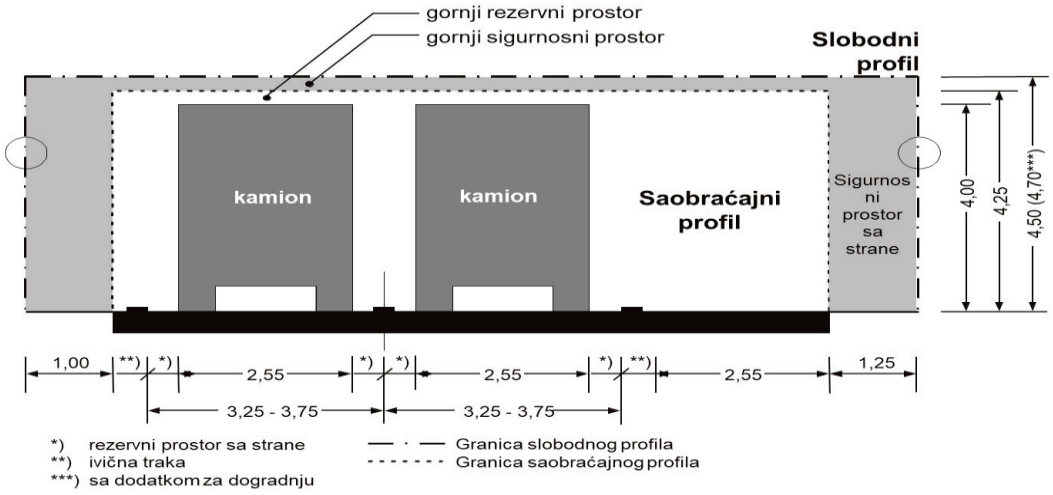


Figure 13. Traffic and free profiles of motorways and expressways in Germany [14] (adapted by K.H.)

4.3 APPLICABLE REGULATIONS AND GUIDELINES FOR MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN GERMANY

In 2008, a number of guidelines applicable before that year in Germany were replaced by the RAA guideline = Die Richtlinien für die Anlage von Autobahnen = guidelines for planning and design of motorways, as well as by the RAL guidelines = guidelines for planning and design of intercity roads (2013), and RASt = guidelines for planning and design of urban roads (2007) (Fig. 14).

Figure 14. Guidelines for roads in Germany applicable since 2008 [14]

According to the German guideline RAA - Die Richtlinien für die Anlage von Autobahnen = guidelines for the design of motorways, the motorways are divided into:

- Fernautobahnen (class EKA 1A) = public motorways intended for long-distance traffic, which enable traffic within a country, region or even continent, and are included in the European motorway system.
- Überregionalautobahnen (class EKA 1B) = interregional motorways
- Autobahnähnliche Straßen (class EKA 2) = roads with traffic and technical features of motorways
- Stadtautobahnen (class EKA 3) = urban motorways

Speed limit values for design elements on wet pavement are:

class EKA 1A = 130 km/h
class EKA 1B = 120 km/h
class EKA 2 = 100 km/h
class EKA 3 = 80 km/h

Figure 15 presents the categories and design classes of motorways in Germany.
The road categories are:

AA 0 – "continental network" group motorway
AA I - motorway of the "network connecting the main centers" group
AA II – "interregional network" group motorway

In the first division, based on the connection functions, we distinguish six groups (fig. 19):

0 – continental (= continental network) – connection between the metropolises of a region
I – großräumig (= network connecting the main centers) – connection from the main centers to the metropolises of a region, as well as between the main centers
II - überregional (= interregional network) – connection from intermediate centers to main centers, as well as between intermediate centers

The design classes of EKA motorways (abbreviation of "**E**ntwurfs**k**lassen **A**utobahnen") in Germany are (fig.15):

EKA 1 - Motorway for long-distance traffic
EKA 2 - Roads with traffic and technical features of motorways
EKA 3 - Urban motorway

Kategorija puta	**AA 0**	**AA I**	**AA II**		
Položaj u odnosu na naseljena područja	izvan ili unutar naseljenog područja		izvan naseljenog područja		unutar naselje nog područ
Posveta puta	BAB = savezni autoput	nije BAB	BAB	nije BAB	svi
Oznaka puta	Autoput za daljinski saobraćaj	putevi sa saobraćajno-tehničkim karakteristikama autoputeva	medjuregio nalni autoput	putevi sa saob.-tehnič. karakt. AP	gradski autoput
Projektni razred	**EKA 1**	**EKA 2**	**EKA 1**	**EKA 2**	**EKA 3**

Figure 15. Road categories according to RIN + area of validity according to RAA [14]

4.4 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN GERMANY

There are several types of standard transverse profiles of motorways and expressways in Germany.
Figure 16 shows the standard transverse profile of RQ 31 according to RAA guidelines for class EKA 1 (motorway for long-distance traffic / interregional motorway). The designation RQ stands for **R**egel**q**uerprofil = standard transverse profile, and the number 31 is the width of the road crown in meters.
The main characteristics of the RQ 31 motorway are:

- Fixed surface width: 2 × 12 m
- Standard transverse profile for four-lane motorways for continuous traffic
- Capacity of up to 70,000 vehicles per day

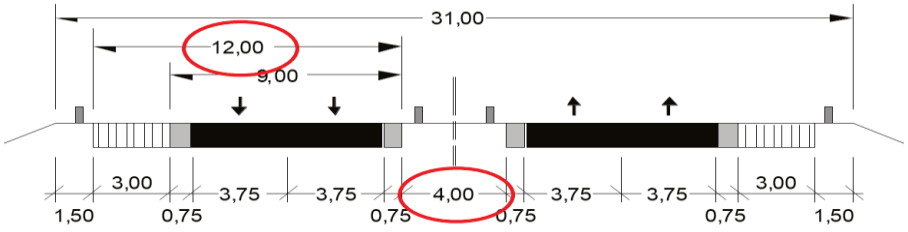


Figure 16. EKA class 1 Motorway for long-distance traffic / interregional motorway): RQ 31 [14]

Presented in Figure 17 is an example of a motorway with a standard RQ 31 transverse profile.

Figure 17. Example of a motorway with a standard RQ 31 transverse profile: A20 motorway near Langsdorf [15]

Figure 18 shows the standard RQ 36 transverse profile according to the RAA guideline for class EKA 1 (motorway for long-distance traffic / interregional motorway). Number 36 stands for the width of the road crown in meters.

The main characteristics of the RQ 36 motorway are:

- Fixed surface width: 2 × 14.5 m
- Bidirectional motorway with six traffic lanes for very busy motorway sections
- Suitable for areas between 60,000 and 100,000 vehicles per day, with a high proportion of HFV

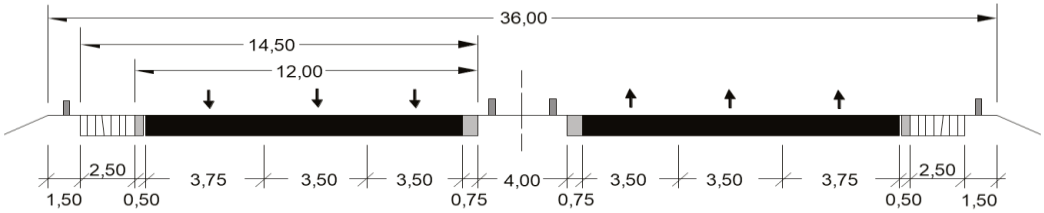


Figure 18. EKA class 1 (Motorway for long-distance traffic / interregional motorway): RQ 36 [14]

Figure 19 shows an example of a motorway with a standard RQ 36 transverse profile.

Figure 19. Example of a motorway with a standard RQ 36 transverse profile [16]

Figure 20 shows the standard RQ 43.5 transverse profile according to the RAA guideline for class EKA 1 (motorway for long-distance traffic / interregional motorway). The number 43.5 is the width of the road crown in meters.

- Fixed surface width: 2 × 18.25 m
- Standard cross-section for new eight-lane continuous traffic motorways
- Application for a traffic load of more than 100,000 vehicles per day

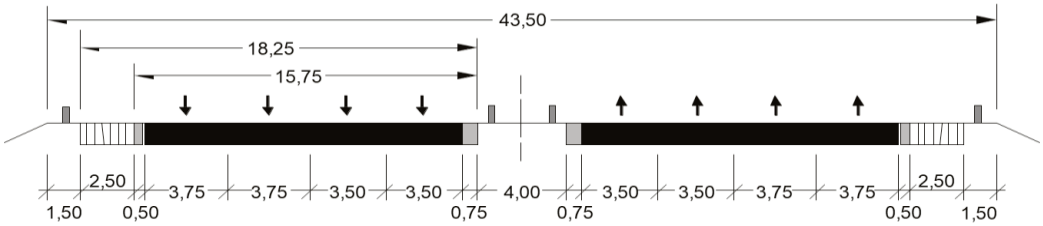


Figure 20. EKA class 1 (Motorway for long-distance traffic / interregional motorway): RQ 43.5 [14]

Figure 21 shows an example of a motorway with a standard RQ 43.5 transverse profile.

Figure 21. Example of a motorway with a standard RQ 43.5 transverse profile: Garching Bundesautobahn [17]

Figure 22 shows the standard RQ 28 transverse profile according to RAA guidelines for class EKA 2 (road with motorway characteristics = expressway). Number 28 is the width of the road crown in meters. The main features of the RQ 28 are:

- Fixed surface width:: 2 × 10.5 m
- Standard transverse profile for roads with motorway features
- Capacity of up to 30,000 vehicles per day

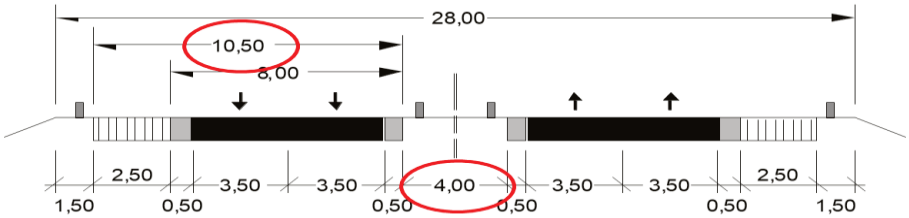


Figure 22. EKA class 2 (road with motorway fetures): RQ 28 [14]

Figure 23 shows the standard RQ 25, RQ 31.5 and RQ 38.5 transverse profiles according to the RAA guideline for class EKA 3 (Urban motorway). Numbers 25; 31.5; 38.5 are the width of the road crown in meters.

RQ 25: Fixed surface width: 2 × 9,75 m
RQ 31,5: Fixed surface width: 2 × 13,0 m
RQ 38,5: Fixed surface width: 2 × 16,5 m

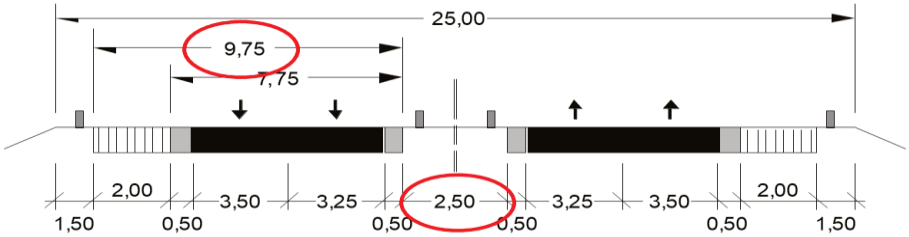


Figure 23. Class EKA 3 (Urban motorway): RQ 25 [14]

Figure 24 shows an example of an urban motorway in the German city of Marburg.

Figure 24. Example of an urban motorway in the city of Marburg [18]

5 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS IN SWITZERLAND

Figure 25 shows the standard transverse profiles of motorways in Switzerland with 2, 3 and 4 lanes in one travel direction.

The symbols in Figure 25 have the following meanings:

MS = Mittelstreifen (dividing strip)
FB = Fahrbahn (carriageway)
PS = Pannenstreifen (breakdown lane)
BK = Bankett (shoulder)

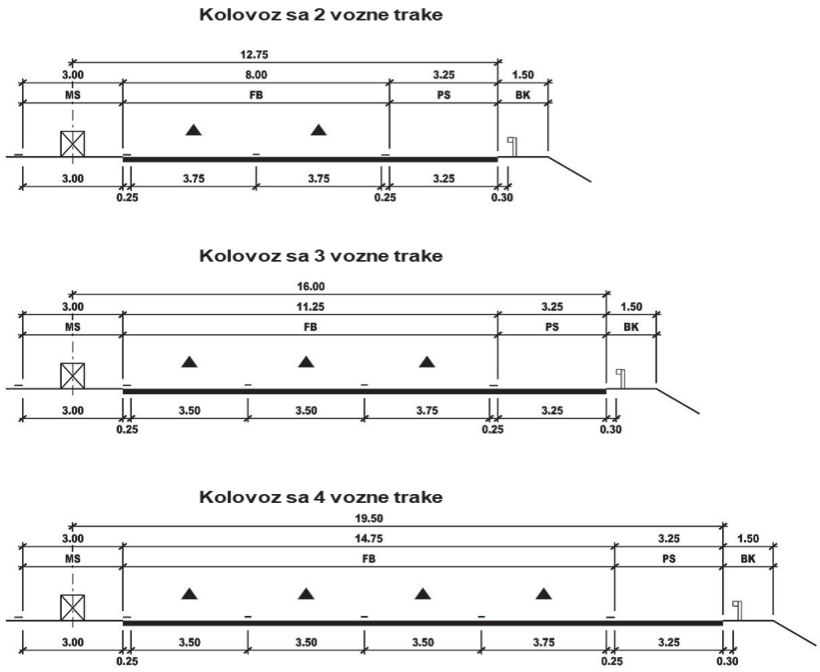


Figure 25. Standard motorway transverse profiles in Switzerland (one driving direction) [19]

6 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN FRANCE

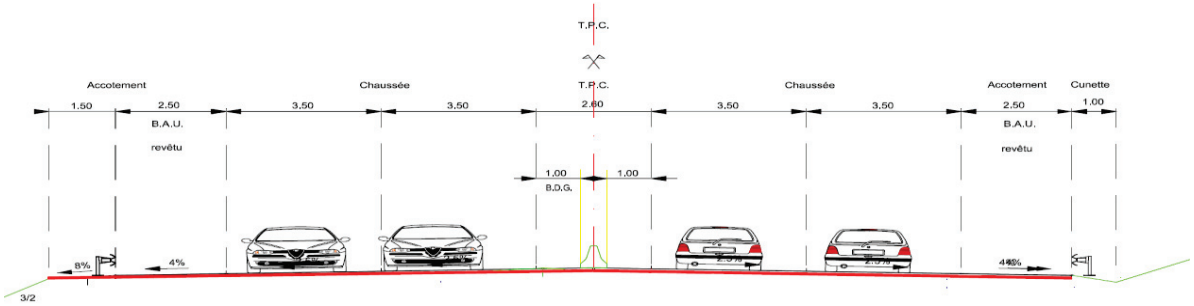


Figure 26. Standard transverse profiles of the Liaison Hazebrouck - Renescure motorway (RD 642) in the vicinity of the French city of Lille [20]

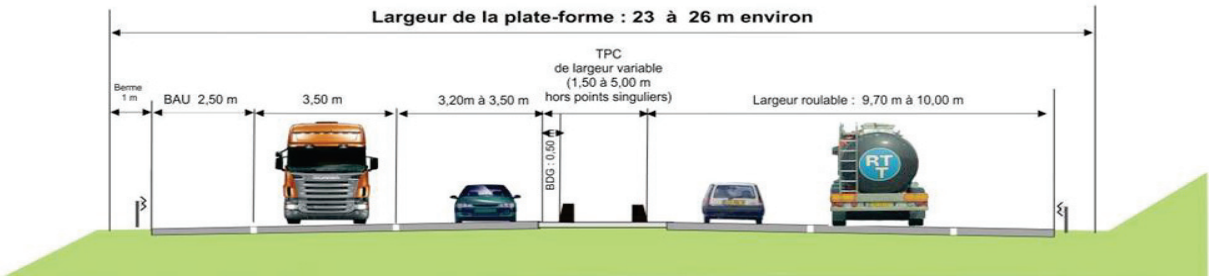


Figure 27. Standard transverse profiles of L'autoroute A480 motorway [21]

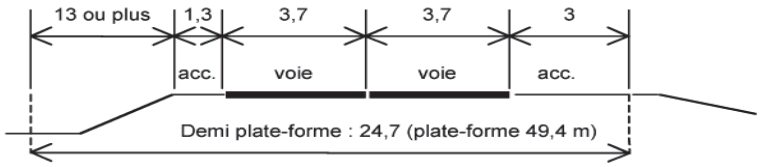


Figure 28. Rural motorway: transverse profile THROUGHPUT OVER 8000 VEHICLES/DAY [22]

7 STANDARD TRANSVERSE PROFILES OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN MONTENEGRO

Figures 29 and 30 show the normal transverse profile with a lane for slow vehicles of the Bar-Boljare motorway [23], while in Figure 31, a view of the finished section of the motorway is presented [24].

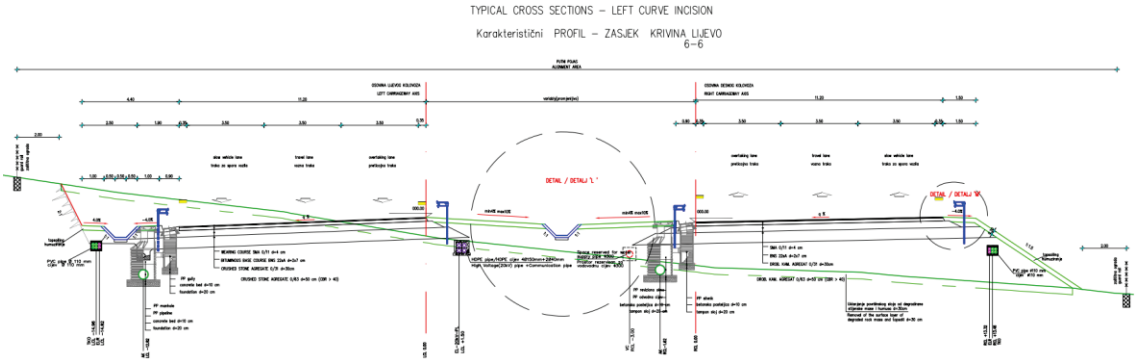


Figure 29. Normal transverse profile with a slow vehicle lane of the Bar-Boljare motorway [23]

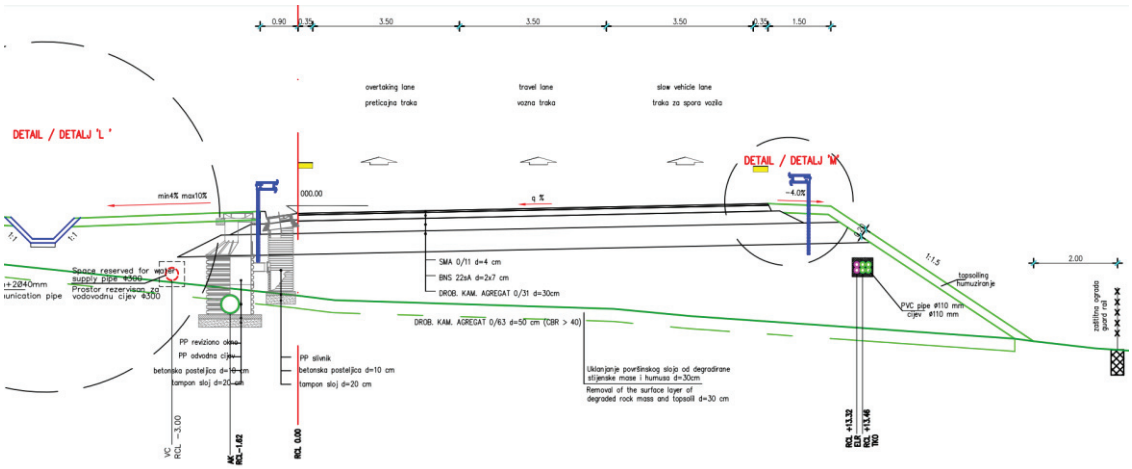


Figure 30. Normal transverse profile with a slow vehicle lane of the Bar-Boljare motorway (enlarged from Figure 33) [23]

Figure 31. View of the finished section of the Bar-Boljare motorway in Montenegro [24]

8 TRANSVERSE PROFILE OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS IN MACEDONIA

According to the Law on Public Roads in Macedonia, a "Motorway" is a public road specially designed and constructed for motor vehicle traffic, marked with a prescribed sign, with physically separated carriageways in each direction, which has at least two traffic lanes and one breakdown lane in each direction, with grade separated interchanges, not intersecting other roads, railway lines or pedestrian paths, with traffic ingress and egress at designated spots, via specially built connections to public roads which enter or exit an appropriate motorway lane, with blocked access beyond these areas and with passenger rest areas and vehicle services. [25]

The following figure 32 shows the transverse profile of motorway A1 (E-75), on the route and embankment,

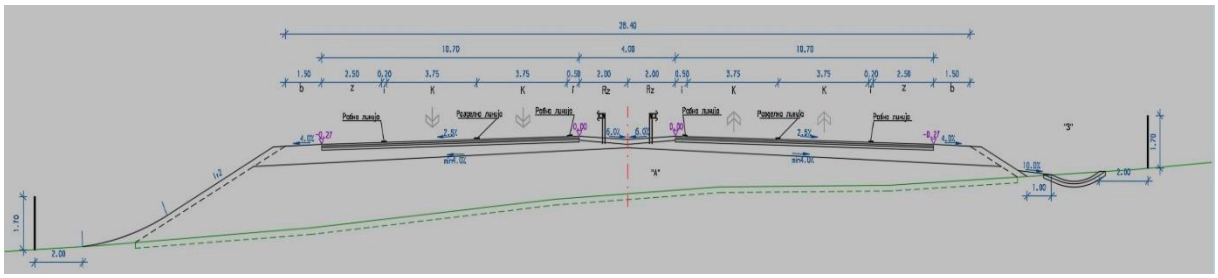


Figure 32. Transverse profile of motorway A1 (E-75) section: "GP Tabanovce - GP Bogorodica"

However, the peculiarity of this motorway is that its width varies along its course, leading to varying transverse profiles of some sections.

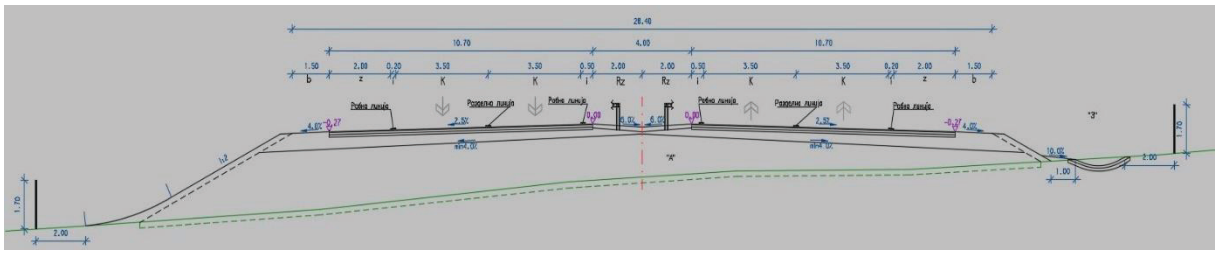


Figure 33. Transverse profile of motorway A1 (E-75), section: "Smokvica - Demir Kapija"

On motorway sections designed in the past, on bridge structures, the transverse profile differs from that along the route. The difference is in that the bridge structures do not have a stop lane.
According to the Law on Public Roads, an "Expressway" is a public road specially constructed and intended exclusively for motor vehicle traffic, marked with a prescribed traffic sign, with at least one traffic lane for each direction and a breakdown lane, with traffic ingress and egress at designated spots, via specially built connections, with blocked access beyond these areas. [25]
Transverse profile of Expressway A4, section: "Stip - Radovish", is shown in fig. 34.

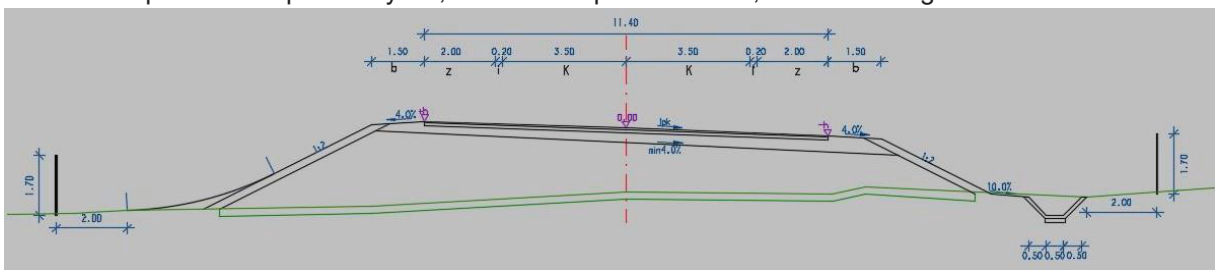


Figure 34. Transverse profile of Expressway A4, section: "Stip - Radovish"

9. CONCLUSION

Based on the detailed analysis of technical regulations in several European countries: Austria, Germany, Italy, Switzerland, France, Montenegro and Macedonia, in relation to standard transverse profiles, one can conclude that all countries regulate them with their own technical regulations, which mainly predict the same components – constituent parts of the transverse profile. Differences occur in the width (individual and total; of the entire transverse profile), as well as in the type of pavement structure.

BIBLIOGRAPHY:

[1] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/S35_Knoten_Bruck_1.JPG download 13.03.2020
[2] https://de.wikipedia.org/wiki/West_Autobahn#/media/Datei:A1_Kn._St._Pölten_2.JPG download 13.03.2020
[3] Bundesgesetz vom 16. Juli 1971, betreffend die Bundesstraßen (*Bundesstraßengesetz 1971 – BStG 1971*), Fassung vom 07.03.2020, Wien, 2020
[4] Bundesgesetz vom 6. Juli 1960, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden (*Straßenverkehrsordnung 1960 – StVO. 1960*), Fassung vom 07.03.2020, Wien, 2020
[5] https://www.wien.gv.at/verkehr/verkehrszeichen/hinweis.html: *Hinweiszeichen gemäß § 53 StVO 1960*, download 07.03.2020
[6] RVS 03.03.31 *Querschnitte – Querschnittselemente Freilandstraßen, Verkehrs- und Lichtraum*; Wien, 2005
[7] Verordnung des Bundesministers für öffentliche Wirtschaft und Verkehr über Bodenmarkierungen (*Bodenmarkierungsverordnung*), StF: BGBl. Nr. 848/1995, Wien
[8] ASFINAG Autobahn Service GmbH Nord, *Objekt E12A Regelquerschnitt Neubau M = 1:50, Tauern Autobahn A10-km 66.466*, Unterführung der Spur II, Regelquerschnitte, Längenschnitte, Grundriss, geprüft 11.2006

[9] K.Hrapović, privatna arhiva: Provinz Bozen-Provincia di Bolzano, Gemeinden Algund, Meran: Bau der Nord-West Umfahrung von Meran – Ausführungsprojekt, Regelschnitte, Bozen-Bolzano, Italien 01.2009
[10] Autostrade per l'Italia, spea engineering, Autostrada A1 Milano-Napoli, *Piano di manutenzione – Opere Autostradali*
[11] Bundesgesetz vom 28. Mai 1934: *Straßenverkehrsordnung (StVO) für Bundesrepublik Deutschland*, gültig seit: 1. April 2013
[12] https://www.bussgeldkatalog.org/schnellstrasse/: *Schnellstraße: Wie schnell ist erlaubt?* Bussgeldkatalog, letzte Aktualisierung am: 1. März 2020
[13] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Zeichen_331.1_-_Kraftfahrstraße,_StVO_2013.svg: Wikipedia, download 07.03.2020
[14] C.Lippold, TU-Dresden, Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen, RAA: *Ganzheitliche Richtlinien für den Entwurf von Autobahnen, Kolloquium „Neue Richtlinien für den Straßenentwurf"*, Karlsruhe am 12.12.2006
[15] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/70/A_20_bei_Langsdorf.jpg: Autoput A20 bei Langsdorf, Deutschland, download am 07.03.2020
[16] https://www.berlinerzeitung.de/image/28252686/2x1/940/470/6920186d38844e7730554d886edb0605/Dc/04-31-71-121615670-rgb-ori.jpg download 07.03.2020
[17] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Garching_Bundesautobahn_9.jpg download 07.03.2020
[18] https://www.das-marburger.de/wp-content/uploads/2010/03/DBAX03180044-MarburgerKreuz.jpg download 07.03.2020
[19] ASTRA – Bundesamt für Strassen, Schweizerische Eidgenossenschaft, *Richtlinie Normalprofile – Nationalstrassen 1. Und 2.Klasse mit Richtungstrennung*, Bern, 2017
[20] Le Département du Nord https://lenord.fr/jcms/prd2_369302/liaison-hazebrouck-renescure
[21] République française, Projet d'amenagement de l'A480 dans la traversee de l'agglomeration grenobloise, 2011
[22] Cre-capitale nationale, Nouveaux types de routes, Québec
[23] Ministarstvo kapitalnih investicija Crne Gore, mart 2022
[24] https://autonovosti.com/wp-content/uploads/2016/02/autoput-bar-boljare-autonovosti.me-1.jpg
[25] Службен весник на РМ, бр. 84 од 11.07.2008 година

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 6

TRANSPORT, INDUSTRIAL, TECHNOLOGICAL, AND ENERGY INFRASTRUCTURES IN BULGARIA

Постоечка состојба на транспортната, индустриската, технолошката и енергетската инфраструктура и мрежа во Република Бугарија

Nikolay Mihaylov[1], Ivan Katsarov[2]
[1] Prof., PhD (Econ), MEng., BFTI, Bulgaria, office@forumti.bg
[2] PhD, MEng, MEc , BFTI, Bulgaria, i.katsarov@yahoo.com

Abstract

Bulgaria, as part of the European Union and a country with an extremely important geographical location, has the need to plan and develop its transport corridors, in accordance with demand and the needs of global transport flows. In this regard, good planning of transport corridors is needed, but after a in-depth analysis of the existing situation and infrastructure of the entire Balkan Area. The analysis should be based on an overview of the transport arteries surrounding the country, bearing in mind that when referring to a transport corridor, this means not only a road itself, but also a railway and sea corridor, as well as an energy and information corridor.

Key words

Strategy, Transport, Transport corridors, BRI

Апстракт

Република Бугарија, како дел од Европската унија и земја со исклучително важна географска локација, има потреба да ги планира и развива своите транспортни коридори, во согласност со побарувачката и потребите на глобалните транспортни текови. Во таа насока, потребно е добро планирање на транспортните коридори, но по длабинска анализа на постоечката состојба и инфраструктура на целата Балканска област. Анализата треба да се заснова на преглед на транспортните артерии што ја опкружуваат земјата, имајќи предвид дека кога се зборува за транспортен коридор, тоа не значи само пат, туку и железнички и морски коридор, како и енергетски коридор и коридор за информации.

Клучни зборови

транспортни коридори, глобални транспортни текови, планирање, анализа

1. INTRODUCTION

Bulgaria, as part of the Balkan Peninsula, occupies a particularly important and strategic position in today's geopolitical map, not only Europe but also the world. It outlines the border between Turkey, the Middle East and the Far East, with the interior of the European Union and Ukraine, Moldova, Russia. This is the reason why over the years not a small part of the strategic transport corridors at the international level pass through our territory. Unfortunately, however, the transport arteries, which have to ensure the movement of people, goods and services in that direction, namely the South - North and North - South, are poorly secured. This reality, coupled with the need to rapidly realize North-South connectedness, sets the higher pace at which decisions shall be made in order ensure the future realization of the transport arteries across the region in the necessary directions with the rest of the Balkan countries.

2. RESEARCH ELABORATIONS

2.1 North

From the north, Romania, continues the construction of the highway Constanta - Bucharest - Pitesti - Sibiu - Timisoara - Arad - Hungarian border (continues to Budapest). The corridor is represented by two motorways: the A2 - Constanta - Bucharest motorway - 200 km - fully in operation. From the east there are connections across the Black Sea to Russia, the Caucasus and the East. From the west there is a connection with the developed highway network of Central and Western Europe. This, combined with the Rhine-Main-Danube waterway, takes not a small part of the transport traffic in the region. [1]

Port of Constanta - investment of more than 1.5 billion dollars in 25 years, increase in cargo volume 10 times. For 10 years, Bucharest Airport has increased its passenger traffic with more than 3 times and has already exceeded 10 million passengers per year. [1]

2.2 West

Serbia is currently building the A1 motorway with a total length of 588 km. It connects Western and Central Europe with North Macedonia and Greece. The highway is almost complete. The project aims to establish a link between Greece and Central Europe, which passes through Serbia. On North Macedonian territory, too, the construction of motorways along the Corridor 10 route is also under way.

2.3 South

From the south - Greece has the fully-built Egnatia - Odos. The motorway, which connects the Adriatic with the Black Sea. It is 670 km long with 76 tunnels with a total length of 99 km (the longest tunnel 4 700 m) and 1650 bridges (13 toll stations and a total investment of nearly EUR 7 billion). Port of Piraeus is currently taken on concession by a Chinese operator (COSCO). Also, the port of Thessaloniki is concessioned to a German-French-Chinese consortium against 1.1 billion euros. [1]

In recent years, Turkey, in spite of its political changes, has invested more than $ 50 billion in rail infrastructure. The whole railway network, aiming to reach Western European markets, has one possible way to access them by land - through Bulgaria and Greece.

Near Istanbul, but relatively close to Bulgaria, is located the largest airport in the world. It is planned to take 150 million passengers a year. This completely changes the world map of important transfer airports. Certainly, the existence of such an object influences the development of infrastructure in a very large territorial scope. In this case, the air traffic over the Bulgarian territory is expected to increase by 50%.

3. RESULTS OR FINDING

Since ancient times, it has been proven that good infrastructure leads to more investments, better trading conditions and more traffic. The result is improvement of the quality of life for the local population that takes advantage of these assets.

The current situation in our country and the European Union – a situation of financial deficits, problems with economic development and insufficient resources, it is extremely important to make the right decisions for the development of the following corridors. [2].

3.1 Corridor №4

This corridor (road, rail, energy and internet) is the shortest distance between the Danube transport corridor and the Mediterranean Sea. Until now parts of it are under construction and / or reconstruction. The construction of the part between Sofia and Vidin will cost about 500 mln Euro. This part of the corridor is divided into 4 main sections: Vidin-Dimovo, Dimovo-Rujintsi, Rujintsi-Montana and Montana-Vratsa. During the years they have different progress. In the direction of Botevgrad - Sofia – Greek border, the Hemus and Struma highways are in operation, except a small, but most complex part of Struma highway. It is considered as the most complex and expensive part and there are still issues with different non-government organizations, which try to sabotage the realization of the project.

3.2 Corridor №9

The second corridor that provides the North-South direction is Corridor 9 - Bucharest - Rousse - Veliko Tarnovo - Stara Zagora - Turkey. It is no less complicated to build from Corridor 4, but due to the transport policy and the European financing, concentrated mainly in the direction of Sofia - Kulata, and the complexity of the transition to the Stara Planina, it remains less developed. This, combined with the growing tourist movement, including goods coming from the north, Romania and Ukraine, as well as the flow from Turkey and the closest connection with Central and Western Europe, determines the need for its prioritization.

3.3 New East-Balkan transport corridor

This corridor provides the most direct access possible between Turkey, the East, through Bulgaria with the interior of the European Union and Ukraine, Moldova and Russia. Existing and emerging port infrastructure (Constanta, Burgas, Varna, Alexandroupolis, etc.), including airports (in Istanbul, Burgas, Varna, Constanta), would generate a huge transport flow. The passage of this transport stream across our territory to the north where the main countries to which it is headed would be done in the shortest and easiest way - along the Black Sea. [2]

Such a development of the circumstances leads to the need to build additional opportunities for the Danube basin to pass, which in the Bulgarian territory in this part of our country takes place only through Rousse and at a particularly low rate. This transport development, ease of movement and greater movement would subsequently stimulate the construction of a second, overlapping bridge. The importance of this South-North link is also underlined by the previously signed Memorandum for the construction of a Black Sea Motor Ring, which implements the above-mentioned South-North strategic link. The document is part of the Black Sea Rings Corridor, a multimodal transport network, and includes maintenance, reconstruction, development, upgrading and rebuilding of main and auxiliary road infrastructure.

The route is part of the road infrastructure of the Trans-European Transport Network and connects the Black Sea region with the Adriatic and Romania, Ukraine and Moldova, with the potential for combined transport. The corridor passing through Bulgaria, part of a future motorway ring around the Black Sea, will help not only to expand cross-border and regional

cooperation in the Black Sea area, but also to further realize its economic potential while also facilitating transit coastal freight traffic and will reduce the adverse impact on the environment. The length of the Black Sea Highway Ring is approximately 5000 km.

3.4 Corridor №8

The route includes all details of intermodal transport, motorways, railways, airports and even an energy connection. The corridor will provide one of the fastest direct links from southern Europe and the Mediterranean, through the Balkans to the Caucasus, the Central Asia region and the East. For this purpose, rail and road links should be built to ensure easy and seamless cargo and passengers. Corridor 8 is much more than a transport artery - it is also an energy and an information link. It connects three other pan-European transport corridors. – 4, 9 and 10. In addition it is also intersected with the New Eastern Balkan Transport Corridor and the Adriatic-Ionian Highway, which connects the countries of the Adriatic-Ionian Sea Basin. [1],[3]

The total length of Corridor 8 is about 1300 km, depending on the specific features of its road and rail routes. On the Bulgarian territory the length of the road section of the corridor is 640 km and the constructed railway part - 747 km. This means that about 52% of the road infrastructure and over 55% of the railway infrastructure in the corridor are on Bulgarian territory.

3.5 The New Silk Road

The New Silk Road is an initiative of China, presented by Xi Jinping, for the 21st century Silk Road. The Belt and Road Initiative is a sea and land routes forming a common economic and transport belt. The plan to finance infrastructure projects along the economic interest of China in the amount of over 8 trillion US dollars. This is the axis of supply and commodity exchanges between Europe, the East, and Africa. Trade volume between China and countries along the Belt and Road Initiative totaled $ 1.3 trillion in 2018.

The land route in official publications from China goes through Bulgaria, repeating the route of the New Eastern Balkan Transport Corridor. [4]

In addition to the whole picture, we can mention Corridor 8. Making such a transport link would shorten the time for shipping goods from China to the heart of Europe with 2 weeks.

3.6 Branch of Corridor №10

The modernization of the road between the border with the Republic of Serbia and Sofia will improve the country's connectivity with the western countries. This will reduce travel time and increase road safety along the route. Only this section of the trans-European corridor from London to Istanbul is not designed as a highway. It is divided into two main sections - Border - Dragoman, the project also will provide a link to a new Intermodal Terminal. And Dragoman - Slivnitsa. The contracting procedures are close to the end and the construction of both sections will begin at the beginning of the summer season of 2019.

3.7 Energy corridors

This month has been chosen the contractor for the construction of Balkan Gas Hub. The concept of building a gas distribution center (hub) on the territory of Bulgaria is to bring significant quantities of natural gas to the area of Varna for further transport. The idea for the construction of the gas center is supported by the projects for interconnections with Romania, Turkey, Greece and Serbia.

The interconnector between Greece and Bulgaria also has a key role in the Balkan gas hub. This is a key project not only for the two countries but also for the whole of the European Union. It is no coincidence that it is included in the EU's top 7 priorities in the energy sector.

4. CONCLUSION

The current geopolitical situation, along with the accelerated transport development of the neighbours around us, puts us in the position of a country that must make its decisions quickly. This is the reason why there is a huge risk that Bulgaria will fall in a very unfavourable situation in the coming years, due to late actions and missed opportunities. The current situation of open borders to the north and a large flow of tourists from this direction, combined with the large flow of goods from the southeast is an occasion to rethink our priorities in terms of transport in this part of Bulgaria and not to miss opportunities to implement a trans-European corridor with Asian significance by being surrounded again.

REFERENCES

[1] Mihaylov. N, XIIth Transport infrastructure conference with international participation, Proceedings

[2] Dikov P., Strategic transport corridors in Bulgaria, Bulgarian Forum for Transport Infrastructure, Report

[3] Ishev Y., Roads of Bulgaria, BCC, 2018

[4] Belt and Road Initiative (BRI), https://www.beltroad-initiative.com/belt-and-road/

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 7

ОЦЕНА НА КАПАЦИТЕТОТ НА НОСИВОСТ НА КОЛОВОЗОТ СО ФВД – ПРИМЕР ОД ПРАКСАТА
EVALUATION OF PAVEMENT BEARING CAPACITY BY FWD - EXAMPLE FROM PRACTICE

Tatjana Rukavina[1]
1 Prof. Dr. sc. Tatjana Rukavina, Faculty of Civil Engineering - Zagreb, Croatia, tatjana.rukavina@grad.unizg.hr

Апстракт
Неодамна, недеструктивното тестирање стана неизбежно кога се проценува (оценува) состојбата и се избира стратегија за одржување на коловозот. Со користење на FWD и GPR при проценка на носивоста на патната конструкција, можно е да се добијат вредни информации за структурниот капацитет на коловозот, како и карактеристиките на изведбата. Двата уреди се многу корисни алатки за целите на приоритизирање на проектите и за проценка на потребната мрежа и одржување на проектот.Мерењето на дефлектометар за паѓање на тежината (FWD) е еден од широко прифатените недеструктивни начини за одредување на структурниот капацитет на коловозот, како и за проценка на потребната дебелина на слојот и оттука е прецизна алатка за планирање или проценка на тековните и идните барања за буџетот на изградба. GPR е, од друга страна, единствената алатка која агенцијата за автопати може да ја користи за да создаде целосна база на податоци за дебелината на слојот на најефикасен можен начин. Со проценка на дебелината на слојот на структурата на коловозот и нивните карактеристики на крутост, можно е да се предвидат посигурни стратегии за одржување и на тој начин да се дефинираат потребите, што повторно резултира со исплатливо користење на расположливите средства. Трудот го прикажува хрватското искуство во евалуација на коловозите со FWD и GPR на автопатот А4, Загреб - Горичан. Извршени се мерења со цел утврдување на структурниот капацитет на коловозната конструкција како и проценка на потребните мерки за двата правци на возење, за лента за возење, престигнување и за застанување. Во трудот, за делницата Поповец – Брезнички Хум, беа презентирани резултатите од мерењата и направените анализи кои беа основа за изработка на проектот за рехабилитација.Од презентираното, може да се заклучи дека тестирањето на ниво на проект со користење на FWD и GPR е исплатлива технички издржана програма која ќе обезбеди основна линија на структурните капацитети во сервисниот коловоз. И двете, податоците за FWD и GPR се препорачуваат да бидат дел од системот за управување со коловозите, заедно со податоци од визуелна инспекција, како и автоматизирани собрани податоци за меѓународниот индекс на грубост (IRI), длабочина на колотраг и отпорноста на лизгање.
Клучни зборови
Коловоз, капацитет на носивост, мерења, дефлектометар, евалуација

Abstract
Recently, non-destructive testing has become unavoidable when assessing (evaluating) the condition and selecting pavement maintenance strategy. By using FWD and GPR in assessing the bearing capacity of the road construction, it is possible to obtain valuable information about pavement structural capacity as well as performance characteristics. Both devices are very useful tools for project prioritization purposes and estimating the required network and project maintenance resources.Falling Weight Deflectometer (FWD) deflection measurement is one of the widely accepted non-destructive ways of determining pavement structural capacity as well as estimating the required overlay thickness and hence is a precision tool for planning or assessing the current and future construction budgets requirements. GPR is, on the other hand, the only tool that a motorway agency can use to create a complete layer thickness database in the most efficient manner possible. By estimating the pavement structure layer thickness and their stiffness characteristics, it is possible to predict more reliable maintenance strategies and thus define the needs, which again results in the cost-effective use of available funds.The paper presents the Croatian experience in pavement evaluation with the FWD and the GPR at the A4 motorway, Zagreb - Goričan. Measurements with the aim of determining the structural capacity of the pavement construction as well as an assessment of the necessary measures, were carried out for both driving directions, for driving, overtaking and stopping lane. In the paper, for the Popovec – Breznički Hum section, the results of the measurements and conducted analyzes, that were the basis for the design of the rehabilitation project was presented.From the presented, it can be concluded that project level testing employing the FWD and GPR is worthwhile technically sound program that will provide a baseline of structural capacities of in service pavement. Both, FWD and GPR data is recommended to be a part of the pavement management system, together with data from visual inspection as well as automated collected data of international roughness index (IRI), rut depth and skid resistance.

Key words
Pavement, Bearing capacity, measurements, Deflectometer, evaluation

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

PP – 8

In-situ determination of acoustic properties of noise barriers: RUCONBAR case study

Теренски определување на акустичните својства на звучните бариери: студија на случај на RUCONBAR

Ivo Haladin[1], Stjepan Lakušić[2], Krešimir Burnać[3], Mate Ivančev[4]

[1] Asst. Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia, ihaladin@grad.hr

[2] Asst. Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia,

[3] Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia, stjepan.lakusic@grad.unizg.hr

Abstract:

Noise pollution is one of environmental priorities that is evident from regulation and standardisation efforts on European level as well as updated noise guidelines by the World Health Organization. One of the main noise control methods is building the noise barriers. Besides mechanical and durability properties, the acoustic performance of the noise barrier is their most important characteristic. In-situ properties have recently been imposed by EU regulations and present a new way of evaluating and comparing acoustic properties of barriers on road and rail infrastructure. RUCONBAR is a highly absorptive environmentally friendly concrete noise barrier. Innovation is evident in absorbing layer made of recycled waste tires and concrete. This paper presents in-situ measurements of insertion loss and sound reflection of RUCONBAR barriers. The measurement is conducted by using an artificial sound source. Acoustic performance and possible optimisation of the barrier is discussed.

Keywords:

environment protection, acoustic properties, noise barriers, in-situ measurements, optimisation

Апстракт

Загадувањето со бучава е еден од приоритетите на животната средина што е евидентно од напорите за регулација и стандардизација на европско ниво, како и од ажурираните упатства за бучава од Светската здравствена организација. Еден од главните методи за контрола на бучавата е изградбата на бариери за бучава. Покрај механичките и издржливите својства, нивната најважна карактеристика е акустичната изведба на бариерата за бучава. Својствата на лице место неодамна беа наметнати со регулативите на ЕУ и претставуваат нов начин на проценка и споредување на акустичните својства на бариерите на патната и железничката инфраструктура. RUCONBAR е високо впивачка еколошка бетонска бучава бариера. Иновацијата е очигледна во апсорбирачкиот слој направен од рециклиран отпад од гуми и бетон. Овој труд ги прикажува in-situ мерењата на загубата на вметнување и рефлексијата на звукот на RUCONBAR бариери. Мерењето се врши со користење на вештачки извор на звук. Се дискутира за акустични перформанси и можна оптимизација на бариерата.

Клучни зборови

заштита на животната средина, акустични својства, бариери за бучава, мерења на самото место, оптимизација

Тема / Topic 1

ПЛАНИРАЊЕ И ПРОЕКТИРАЊЕ

PLANNING AND DISIGNING

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T1 – 1

ПЛАН ЗА ОДРЖЛИВА УРБАНА МОБИЛНОСТ ЗА ПРИЛЕП

SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN FOR PRILEP

Boban Atanasoski[1], Peter Lipar [2],
[1] Bsc. Civil Engineer, student at Faculty of Civil Engineering and Geodesy Ljubljana, Slovenia,
E-mail: bobanatanasoskii@gmail.com
[2] PhD Professor, Faculty of Civil Engineering and Geodesy Ljubljana, Slovenia
E-mail: peter.lipar@fgg.uni-lj.si

Апстракт

Во Прилеп, како и во другите македонски општини, нема практика или искуство со стратешко планирање на транспортот. Стратегиите за спроведување на сообраќајната политика треба да им помогнат на општините да ги надминат ваквите проблеми. Тоа значи донесување одлуки во соработка со засегнатите страни и жителите, подобрување на јавниот имиџ на општината, создавање повисок квалитет на живот, подобрување на мобилноста и достапноста, како и донесување позитивни ефекти врз животната средина и здравјето на населението. Тоа значи и користење на начини на транспорт кои се еколошки, начини кои ќе ја подобрат и подобрат услугата на јавниот транспорт, ќе го подобрат сообраќајот на велосипеди, ќе го затворат центарот на градот, ќе спроведуваат пешачки прошетки, електрични возила и транспортен терминал за поставување. Следниве мерки ќе помогнат да се решат сообраќајните проблеми во Прилеп и да се подобри квалитетот на животот на жителите на Прилеп.

Клучни зборови

сообраќајна политика, Прилеп, одржлив урбан развој, план за одржлива урбана мобилност

Abstract

In Prilep, as well as in the other Macedonian municipalities, there is no practice or experience with strategic transport planning. Traffic policy implementation strategies are meant to help municipalities overcome such problems. It means making decisions in collaboration with stakeholders and residents, improving the public image of the municipality, creating a higher quality of life, improving mobility and availability as well as bringing positive effects on the environment and population health. It also means using modes of transport that are eco-friendly, modes that will improve and enhance the public transport service, improve bicycle traffic, close the city center, implement pedestrian walks, electric vehicles and of placement transport terminal. The following measures will help to solve the traffic problems in Prilep and improve the quality of life of the inhabitants of Prilep.

Key words

traffic policy, Prilep, sustainable urban developement, sustainable urban mobility plan

1. INTRODUCTION

Prilep is the fourth-largest city in North Macedonia. It is known as "the city under Marko's Towers" because of its proximity to the towers of Prince Marko.
The current territory of the municipality of Prilep is composed of the former (until 2004) municipalities of Prilep, Topolčani and Vitolishte. The municipality covers part of Prilepsko Pole (Pelagonia plain) and the Prilep part of Mariovo.
The municipality is bordered by the Municipality of Čaška and Dolneni to the north, Kavadarci to the east, Krivogaštani, Mogila and Novaci to the west and Greece to the south.

Prilep is located on the Pan - European corridor X Branch D Veles – Prilep - Bitola - Florina - Igumenitsa , which connects Salzburg in Austria with Thessaloniki in Greece and is the connection of South Eastern European countries with the rest of Europe. Most busy road section, next to the motorway A1 witch is connection to the Europian route E75 and A3 , is the main road R1312 as road R1303 and R1306 that runs through the city centre. The consequence of heavy traffic load (especially freight traffic) is a decrease in road safety and quality of life due to noise, vibrations and emissions.

On January 2016, the Public transport company is constituted. The public transport is realized by Public transport enterprise. The public transport is the most popular transport mode. Supported by the City of Prilep subsidies, there is free transport available for persons over 62/64 age, as well as for children that are up to six years. The inner city is Zone 1, with ticket price 20 macedonian denars(35cents) in public transport buses (PT) . The tickets can be one way, weekly or monthly. [1]

City	Car	Public transport	Bike	Walk
Vienna	31%	36%	5%	28%
Berlin	32%	26%	13%	29%
Amsterdam	27%	29%	40%	4%
Milan	36%	41%	6%	17%
Zagreb	37%	37%	1%	25%
Ljubljana	58%	13%	10%	19%
Belgrade	22%	53%	0.50%	24.5 %
Prilep	47%	21%	2%	30%

Table 1: Modal split comparison for different European cities

1.2 Sustainable urban development

When trying to imagine the perfect city to live in, how does it look like? In order to capture that picture, we would have to answer more than one question. Will that be a city where children can play safely? Is that a city where the air is clean, and you can go for a walk and bike without any obstacles? With a lot of green space and parks? And all of this in urban and business prospering city.

Planning this is a very complex task because of contradictory demands like maintaining a high quality of life while also creating an attractive environment for businesses.

So, a strategic plan designed to satisfy the mobility needs of people and businesses in cities, called a **sustainable urban mobility plan**, makes it easier for a better quality of life. What turns a plan into a **sustainable** mobility plan? A sustainable urban mobility plan aims to create an urban transport system by:

- Ensuring all citizens are offered with transport options that enable access to key destinations and services;
- Improve the safety and security;
- Reduce the air and noise pollution, greenhouse gas emissions and energy consumption;
- Improve the efficiency and cost-effectiveness of the transportation of persons and goods;
- Contribute to enhancing the attractiveness and quality of the urban environment and urban design for benefits of citizens, the economy, and society as a whole.

The plan covers all modes and forms of transport in the entire urban agglomeration-public and private transport, passengers and freight, motorized and non-motorised, moving and parking.

The benefits of Sustainable urban mobility planning are:

1. **Better quality of living**. Improving the quality of a wide-life range of benefits such as more attractive public spaces, improved road safety, better health-less air and noise pollution.
2. **Positive effects on the environment and health**. Contributing to better health, air quality and reduction of noise. Walking and cycling at a higher rate are good for citizens' health. It pays off for a city to invest in less noise and better air quality, all while reducing emission gasses in the transport sector.
3. **Improved image of the municipality.** Saving costs create economic benefits. Also, well-organized and sustainable city is a more attractive city for investors.
4. **Making more effective** use of limited resources at a time when financial resources are limited. It's more important to ensure that the solutions make the most cost-effective use of the funds available.
5. **Winning public support** - A city government that shows its care about its citizens is in a much better position to obtain a high level of public legitimacy.
6. **Fulfilling legal obligations effectively** - the legal obligations for air quality improvement and noise abatement are only two examples of a range of national and European regulations. The sustainable urban mobility plan offers an effective way to respond through one comprehensive strategy.
7. **Moving towards a new mobility culture** - the outcome of this mobility planning in many cities show a new mobility culture, a vision that is agreed by the major political groups and shared by the institutions and citizens of an urban society.
8. **Improve access to funds.** An integrated transport strategy can provide access to resources, which are available for innovative solutions, and increase competitiveness municipalities to apply for calls for national and international funding. [1] [2]

2. CHARACTERISTICS OF PRILEP'S PROBLEMS

The territory of Prilep covers 1,675 km2 and is located in the northern Pelagonia plain, in the southern part of North Macedonia. Prilep is the seat of the Prilep municipality and access is gained via the A3. It is 74 km (as the crow flies) from the capital Skopje, 44 km from Bitola, and 32 km from Kruševo.The city is situated in the east-west oriented Prilep Valley and is surrounded mostly by hills. According to the last population census in 2022, Prilep has 69.2 inhabitants per km2 population density or 69.025 inhabitants.
Prilep is the fourth-largest city in North Macedonia.. This demographic brought the most of the city's traffic problems.

1. Public transport - Leaning only on bus transport and "freezing" the level of quality of some services causes descending of citizen's interest in using the public transport system The public transport sector has one public companie. The buses that are used on daily bases are new but

pollute the air in large quantities. Studies show that 60% of total air pollution in Prilep comes from moto vehicle

2. Cycling traffic – Prilep has conditions, but not results regarding cycling. 70% of Prilep's territory is flat, and has 30% hills, plus it has a solid climate and an average temperature od 17,5 degrees Celsius. Nevertheless, it has not grown into a functional bicycle city. Prilep cyclists seek strategic solutions and equal treatment as the motorized transport. Widened streets are no good if cyclists are marginalized, without an organized road network that is repaired from campaign to campaign. Prilep has 2 km of cycling paths by the sides of the Bulevard Goce Delcev, but most of this is not suitable for use. And there are many obstacles on these paths, such as traffic signs, containers, billboards, no parking spots for bicycles, etc.
3. Pedestrian zones problems - Not having enough pedestrian zones; narrow footpaths; poor signage and barriers to pedestrian movement; an unwelcoming environment for the elderly and physically disabled; safety problems in relation to traffic and in areas that are poorly lit or badly maintained; noise and air pollution from traffic; unattractive streets and pedestrian links which lack character, identity and comfort (shade, seating, plants etc).

4. Increased traffic accidents in the last few years - According to the latest analysis by the National Council for Safety and Traffic on the roads, the number of pedestrians killed in Prilep has increased. Most of the people killed in traffic accidents were pedestrians. On average, in Macedonia, 160-170 people are killed a year on the roads, out of which more than 40% of traffic accidents happen in the capital, Skopje.

2.1 Challenges and opportunities from traffic policy implementation in Prilep

Traffic policy implementation strategies are meant to help municipalities overcome such problems and bad practices. It means making decisions in collaboration with stakeholders and residents, improve the public image of the municipality, create a higher quality of life, improve mobility and availability and bring positive effects on the environment and population health.

2.1.2 Five challenges of the municipality

Non experienced planning - In Prilep, as well as in the other Macedonian municipalities, there is no practice or experience with strategic transport planning. Without strategic frameworks, we also do not have mechanisms for prioritizing and assessing the contribution of a transport action towards achieving the objectives we have set for ourselves. Transport planning is still too focused on increasing capacity and fluidity of road infrastructure. The result is a lower quality of life and big spending of public money for the construction of road infrastructure, which does not significantly improve the situation. People travel more, spend more money for mobility, and as a result of their mobility, there is a frequent use of a personal car. In addition, Prilep should have a comprehensive transport strategy - such as strategy cycling, parking policy, mobility management and so on. Among them, managed mobility also has a great potential because it affects travel behavior by using "soft" measures, such as the information and communications that do not require large cash contributions and often have a very positive relationship between the effects and costs.
Unhealthy travel (mobility) habits - The data shows that the inhabitants of Prilep follow the trend of the travel (mobility) habits of the country - growing proportion of journeys are carried out by car, resulting in less walk, cycle or use of public transport. Personal car is being used in cases where the traveling distance is short and could easily be done by foot or by bike. Such travel behavior has an impact on the health of the population, as further reducing their physical activity – which is already low due to the prevailing sedentary lifestyle. Particularly worrying are the trends among young people, who increasingly suffer due to over-nutrition and obesity.
The decline of the public passenger transport - Since the bus services' offers in the municipality are constantly declining, there is consequently a decline in the number of passengers. During weekdays, the number of connections with a number of centers in the region is cut in half. The bus connections on Saturdays, Sundays and holidays, in large part, are abolished. Also, with the aging of the population, the public transport is becoming worse since is being overused by the older population,

growing into a social problem. Due to the overcrowded buses, youngsters often decide to use a personal car over public transport.

Poor conditions for walking and cycling – Prilep is a flat city, which allows the population to take their journey on foot or by bike. This potential is not sufficiently exploited - the deployment of some new activities (mainly trade) extended the routes and encouraged residents to make greater use of cars. Similarly, the restrictions on residents created by the bad conditions for walking and cycling - a bad network of sidewalks or bike paths that are discontinuous, overcrowded sidewalks by cars etc. add up. Although recent road projects include sidewalks and bicycle lanes, their implementation is lagging behind.

Lowering the quality of life due to motorized transport - People significantly contribute to these problems through the usage of their cars even when there is no real reason to do so. Problems are concentrated in the municipal district and are reflected in the deterioration of traffic, safety, and environmental conditions. As a result, the quality of life of the residents nearby is affected by the noise and poor air quality. [1] [3]

3. FIVE OPPORTUNITIES FROM TRAFFIC POLICY IMPLEMENTATION IN PRILEP

1. The potential for walking and cycling - Prilep's geographical features allow a much larger proportion of car-free paths. The city in greater part is very suitable for walking and cycling. Distances are particularly conducive to cycling, which is the fastest transport mode. The list of presumed or proven advantages to be gained from cycling and walking has never been established exhaustively. They are of various kinds, including economic benefits (such as a drop in the household budget devoted to cars, reduction of working hours lost in traffic jams, reduction of health costs thanks to the effects of regular exercise); political advantages (such as reduction in dependence on energy, saving non-renewable resources); ecological impacts (with a distinction between local, short-term effects notion of environment and not localized long-term effects notion of ecological balance).

2. New parking arrangements - For the inhabitants of Prilep, parking spaces is the main problem. Due to the actuality of this problem, a few years ago there was an introduction of a blue zone and parking payment. The first attempt to charge for parking was not effective, so as of June 2011, a new decree defined the area of short-term parking and reserved parking area. Actively dealing with this issue in the past, this step provided a good basis for active parking policy, which will be an important part of the transport strategy.

3. The reform of the public transport supply - Social problems due to declining supply of public services and an aging population require special attention to the transport strategy. Reforms must take advantage of the offer or connect an existing range of public and school transport, as well as the taxi services, all in order to rationally utilize the substantial funds granted by the state and municipality. The solution should also offer public transport on demand.

4. Bigger availability and faster arrival to the desired location - Prilep is already a city of above 65000 residents, which means there should be implemented a faster and better-capacitated form of public transport. An excellent solution would be a electrical buses on demand, especially at the basic transport corridors where the densest passenger flow occurs. Together with the electrical buses on demand the bus lines timetables need to be rearranged, so that the public transport can function as a coordinated and integrated system.

5. Reducing air pollution and improving the quality of life -. According to the dispersion modeling calculations, traffic and the industry in Prilep is the biggest contributor to the NO2 concentrations with the highest concentrations occurring along the major roads and crossroads. Prilep is on the edge between fair and poor with 40-50 AQI . Therefore, it is more than crucial to reduce the air pollution by a promotion of healthy life habits and reduction of car use. Walking is the most natural, democratic, healthy and socially equitable way of moving. It doesn't cause emissions or other impacts on the environment, compared to other transport modes. These are the key motives why it should be a priority to ensure good conditions for walking. Citizens should be able to live a quality life without the car's presence. If the traffic culture is changed, people will feel safe, no matter if they live in the center or in other areas. There will be fewer accidents and injuries, and streets and markets will once again gain more space, encouraging more encounters and socializing. The quality of life in the municipality will be improved. The modern way of thinking and planning will bring a healthy environment and a well-developed transport supply. And as a result of the low energy consumption, Prilep will have clean air and minimal noise. [1] [3]

3.1 Five aims

As previously mentioned, sustainable mobility is, in fact, a policy where the transport of people and products, along with traffic and parking, is organized in such a manner that provide a sustainable balance between mobility and accessibility demands on the one hand, and preservation of the environment on the other. In order to achieve this (minimization of environmental impact, equal accessibility, increased traffic safety, economic growth without traffic growth), there should be a plan for sustainable urban mobility. In accordance with the EU policy on the development of sustainable urban transport systems, and the experience of other EU and world cities in its process of implementation, the following aims have been defined:

1.COORDINATED LAND USE AND TRANSPORTATION PLANNING	**5.PARKING MENAGEMENT**
2.PROMOTION OF PUBLIC TRANSPORTATION	**6.CONCEPT OF SUSTAINABLE TRANSPORT**
3.MEASURES TO PACIFY TRAFFIC	**7.FREIGHT TRAFFIC MANAGEMENT**
4.PROMOTION OF CYCLING AND PEDESTRIAN TRAFFIC MODE	**8.MEASURES DIRECTED TOWARDS PEOPLE'S CONDUCT AND MENTALITY AND THEIR DECISIONS ON A PREFERED METHOD FOR THEIR TRIP**

- Using modes of transport that are more eco-friendly (improvement and enhancement of the public transport service, improvement of bicycle traffic);
- Achieving sustainable levels of energy consumption during transport and low emission of greenhouse gases (increased resorting to energy-efficient transport modes, rationalization of the urban freight logistics);
- Reduction in emission of transport polluters to levels that will minimize the effects on human health;
- Reduction of traffic noise both at the source and via measures for reduction of influences outside the source, in order to provide levels of noise subjection that will have minimal impact on human health (lowering the intensity of individual traffic, coordinated land use and transportation planning);

Table 2: Plan with 8 proposes measures for the constroctions of the sustainable transport system in Prilep

4 STRATEGY AND CURRENT SITUATION

4.1 Improving the servis quality of the public transport in Prilep

Public transport in world cities today undergoes true revolutionary changes. Modern achievements in information technology, contemporary designs of public transport system elements, as well as highly-expert planning and managements solutions through the creation of new, innovative types of services have completely transformed public transportation, marking it an integral part of the modern quality way of life in those cities.
What are necessary changes – directions of action that need to be followed in the public transport of Prilep in
order to alleviate the conceived problems? Which novelties in the approach to planning and what new technologies would be of interest to the Prilep public transport?

4.1.1 Bus line network of Prilep JGP (Urban Public Transport)

One of the essential things for a better service in the public transport is the design of an optimal bus line network. The routes of the individual lines within this network should be carefully planned to satisfy some of the preconditions:

• Bus line network needs to match with the travel frame of the public transport users. This means that the lines need to fit with the source and destination of the trip i.e. majority of the trips must be direct, without a need to transfer to one or more lines;
• The density of the network needs to cover all of the urban and closest suburban areas through usage of the JGP service;
• The network needs to correspond to the currently used modes of public passengers transport (bus and in the future tram);
It is of crucial importance that while designing an optimal JSP bus line network a corresponding public transport network is chosen.The JGP lines should be divided in several categories, according to the degree of separation from the rest of the traffic.

B route category is lengthwise separated route from the rest of the traffic with fence curbs or other similar material. The intersections are on the same level but these crossroads are usually managed with traffic lights that regulate the right of way.
C route category is a route where vehicles of the JGP move on the same road as the rest of the traffic which means there is no separation from the rest of the traffic. Bus lanes also belong to this route category as with them there is no physical separation from the rest of the traffic. Here the separation is limited by the road marking.

4.1.2 Effective promotion campaign of public transport in Prilep

Parallel with the rise of the living standard in Prilep, the number of passengers-car traffic increases as well. This results with insufficient capacity of the road network, relating it to environmental issues occurring in the city. To improve this situation, few steps can be made and one of them is to increase the number of public transport users. To provide a sustainable development in the city, it's essential to show and present the benefits of public transport effectively and promote its services to influence the modal split in favor of public transportation.

The proper functioning of the public transport, with appropriately promotion and improvement of it, is of huge interest for all state institutions. Public Transport promotion has aims that include strengthening its image, supporting the good image of PT and attracting passengers. The necessary precondition for effective promotion campaign is cooperation of the city institutions with the public transport operator.

Public transport promotions include several basic aims:
• Attracting new passengers and keeping the existing ones;
• Bring out the advantages of Public Transport in comparison to individual motor transport;
• Improvement of provision of information about transport services;
• Improving the approach of the services, by enabling information to passengers;
• Supplying favorable services, such as time coupons and SMS tickets;
• Increasing the awareness in the city about the Public Transport.

For more attractive Public Transport in Prilep, basic improvements can be also made by information brochures and other sources of comprehensive data about the services of PT, free Wi-Fi connection in vehicles for users of PT, etc. [5]

4.2 Recommendations for improving the bicycle traffic in Prilep

If there is a well-designed and well-constructed bicycle infrastructure, with the implementation of campaigns for the advantages of using a bicycle as a means of urban transport, the bicycle traffic can play a very significant role in the construction of a sustainable urban transport system. Prilep, as a flatland city with favorable climate conditions, could and should exploit the immense advantages of the bicycle as a means of transport. By giving more attention to the bicycle traffic in Prilep and greater construction in the bicycle infrastructure, significant results can be noticed. Recommendations of this kind apply to the future superstructure of the bicycle infrastructure with specific measures that will help and inspire the increased bicycle utilization. These measures need to be applied continuously.

4.2.1 Few recommendations for improvement of the bicycle traffic:

1. Recommendations for institutional and legal support:
• Amendment of the legal regulation with defining the minimum number of parking spots for bicycles depending on the type of the object, with the goal of the compulsory planning of parking spots for bicycles.

• Strengthening the institutional framework for bicycle traffic through the creation of a team for bicycle traffic within the traffic department.

2. Recommendations for superstructure of the bicycle infrastructure (lines, pathways, parking spots, signalization)
• Planning of bicycle traffic separated from the rest of the traffic.
• Planning of bicycle lanes along the streets of the primary and secondary traffic networks in the urban plans.
• Securing a good access to all urban areas by bicycle-superstructure on the bicycle lane/pathway network.
• Increasing the number of bicycle parking spots.
• The introduction of Bike Stop & Go points.

3. Recommendations for integrating the bicycle traffic with the other types of traffic:
• Implementation of a bicycle station within the transport center equipped with a system for renting bicycles and urban equipment for parking bicycles.
• Setting up urban equipment for parking bicycles on terminals and standpoints of the public passenger transport.
• Protection of bicycle lines.

4. Extension of the system for renting bicycles
• Implementation of a system for intelligent collection and for automatic bicycle rent.
• Increasing the number of bicycles rent points.
• Increasing the number of bicycles for rent.

5. Protection and maintenance of bicycle surfaces
• Protection of bicycle surfaces from their usurpation by motorized vehicles.
• Reconstruction and regular maintenance of bicycle surfaces.
• Marking the bicycle surfaces with horizontal and vertical signalization.
• Substituting the pedestrian lanterns with combined (pedestrian-bicycle) lanterns on places of both pedestrian and bicycle passages.

6. Public campaigns for promoting the bicycle traffic
• Preparing campaigns for using bicycles as a means of transport.
• Organizing events (workshops, festivals etc.) for bicycle traffic.
• The introduction of a tourist sightseeing route in Skopje tourist points.
• Preparation of a tourist map with bicycle lanes and information of tourist points.
• Setting up of information panels with maps of bicycle lanes and information for the tourist points. [1] [6]

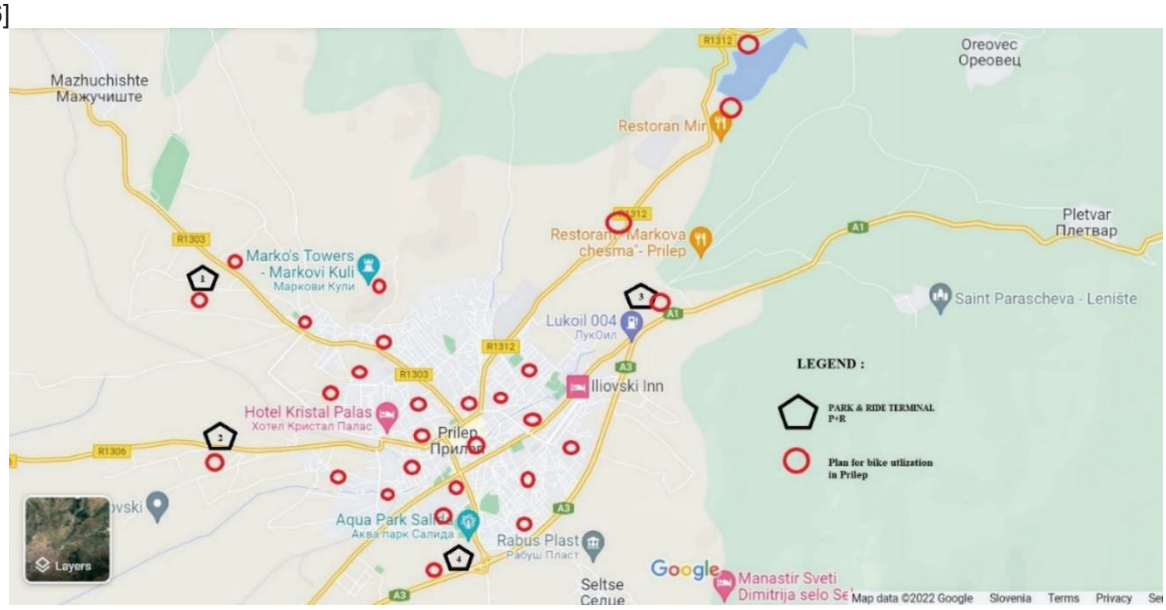


Figure 1: Plan for bicycle utilization in Prilep

Figure 2: Pedestrian and bicycling zone with electrical on-demand train and van in the centre of Ljubljana
Figure 3: Bicycle zone allowed only for on - demand vans and Local Transport Ljubljana
Figure 4: Rental city bike station in Ljubljana

4.3 To develop an economical, eco-sensitive and efficient way of distribution in Skopje, we must turn to e-ways of transport

The traffic and transport, besides bringing many benefits, bring certain disadvantages as well. The negative side effects are the casualties in traffic and noise nuisance, as well as the emission of harmful substances. The latter leads to deterioration of air quality which affects public health. Nitrogen oxides (NOx) and particulate matter – or fine dust – have the greatest effect on air quality and the quality of life.
Prilep is found on the edge between fair and poor polluted city in Macedonia. Prilep with an index of air pollution of 39.66.

Main goals of the urban logistics strategy that would be implemented in the city of Prilep should be the following:
- Improvement of the efficiency of freight (cargo) transport (economic perspective)
- Improvement of the access to freight vehicles (social perspective)
- Improvement of the sustainability of freight transport (ecological perspective)

Or
Minimizing pollution, noise, and vibrations from heavy freight vehicles, reducing the number of traffic accidents, raising public awareness about the needs of freight transport improvement of the use of the existing road infrastructure. [1] [7]

One of the ideas for dealing with pollution in Prilep would be an implementation of electrical buses for a public transport. Electrical buses are buses powered by electricity. Today, the electric car usage is getting a bigger and bigger part of the everyday's life. Prilep could follow Ljubljana's example, a city which in June 2016 became the first Europian city that implemented electric car – sharing model. This project was part of the Ljubljana city's efforts to clean up Ljubljana's air. Fifty electric vehicles were available for rent since the beginning of the project. The rental cost depends on the distance traveled and the time during which the vehicle is used. Booking and payment could be made entirely through a mobile application. One of the advantages Ljubljana's municipality sees in the car-sharing model is that the costs of registration, insurance, fuel, maintenance and motorway car stickers are all included in the rental cost.

Figure 5: Electrical bus in Koper, Slovenia

Five years ago, the European Commission recognized Ljubljana as the first and only city that is implementing the most changes in the right direction, one of them being the new car-sharing model. It was also recognized for the way it deals with the air pollution, becoming Europian Green Capital.

4.4 City ring

Prilep, like many cities around the globe, should close the city center for all motor vehicles except pedestrians and bicycles. That can make the passage for pedestrians easier. Space for the pedestrian on the streets instead of cars could make Prilep more accessible. There could be installed flower pots and benches on the streets so to make the area more beautiful. That would make the city more attractive for tourists and will allow them to easily reach all cultural monuments and buildings in Skopje.

In the city ring of Prilep, there could be electric-powered cars, just like in Ljubljana, that would be a free-city-center public transport option. Mainly they are intended for the transport of the elderly, mobility-impaired people and visitors that run around the city center of Prilep. Telephone ordering could also be an option.

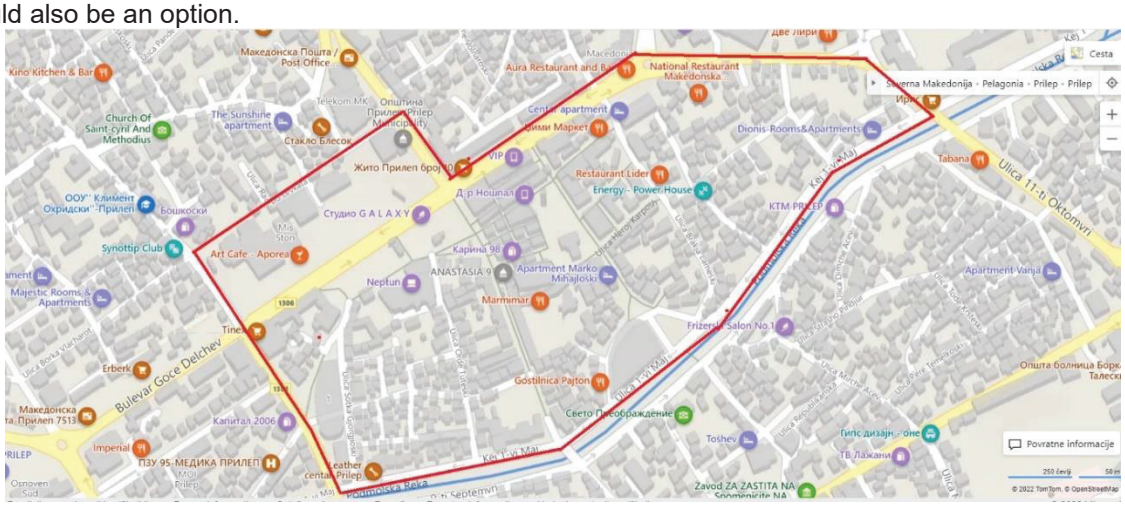


Figure 6: City ring in Prilep

Figure 6: Bicycle zone allowed only for on - demand vans and Local Transport Ljubljana
Figure 7: Electric Street washer vehicle in Koper
Figure 8: Centre ring in Ljubljana (pedestrian walk allowed only for bikes and electric on-demand vans)

4 . 1 Park and ride

Park and Ride stations are facilities that provide adequate parking mainly at urban transport terminals. They are located in the area of low density, far from the urban regions. Choosing the location for terminals is a complicated case. In general, the design of all Park and Ride facilities should follow these aspects: safe and easy access for pedestrians and cyclists, secure circulation on vehicles of public transport serving the terminal as well as private vehicles using it. It is important that the terminal provides good signalization and information to passengers and all users of the terminal, as well as to provide complementary facilities offering some services like fast food, restaurant, mobile stores, etc. The terminal could be built at these four locations:

1. On the eastern side of the city entrence in the area of the St.Alexander of Macedon oposite of Luk Oil Gas station. This location could service all vehicles coming from the direction of mountine pass Pletvar trough A1 witch is connection to the Europian route E75 and A3 and at the same time servicing all suburban lines from the east and northeast of the coutry.
2. In the southern side of Prilep, the terminal could be located in the entrence into the city close to the Aquapark and Bural mounds of undefeated where a bus depot is predicted, and will be servicing all suburban lines coming from the west and south of Prilep as Bitola - Florina – Igumenitsa.
3. One in the western Prilep which will service all lines coming from the neighborhoods west of Prilep like municipality of Krivogastani, Krusevo
4. In the northern part of Prilep, the Varos neighborhood, where is also predicted a bus terminal, can service all passengers coming from Macedonski Brod, Dolneni or any suburban lines leading to the north of Prilep.
   [1] [6]

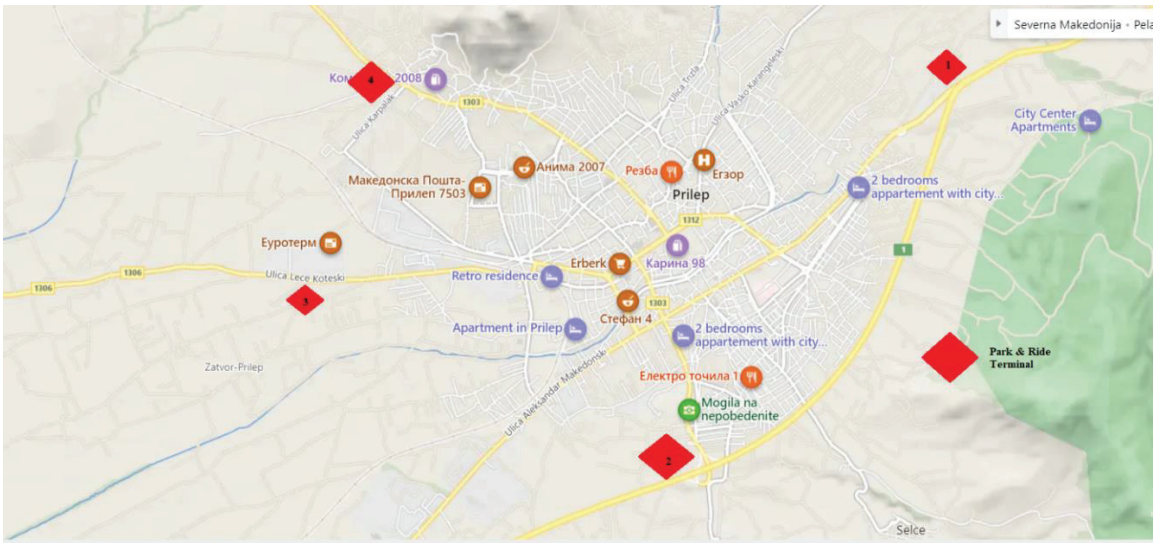


Figure 9: Ideas for a terminal transport points in Prilep

Figure 10: Park and Ride Terminal near to the New Graves

Figure 11: Park and Ride Terminal near to Lukoil Petrol station

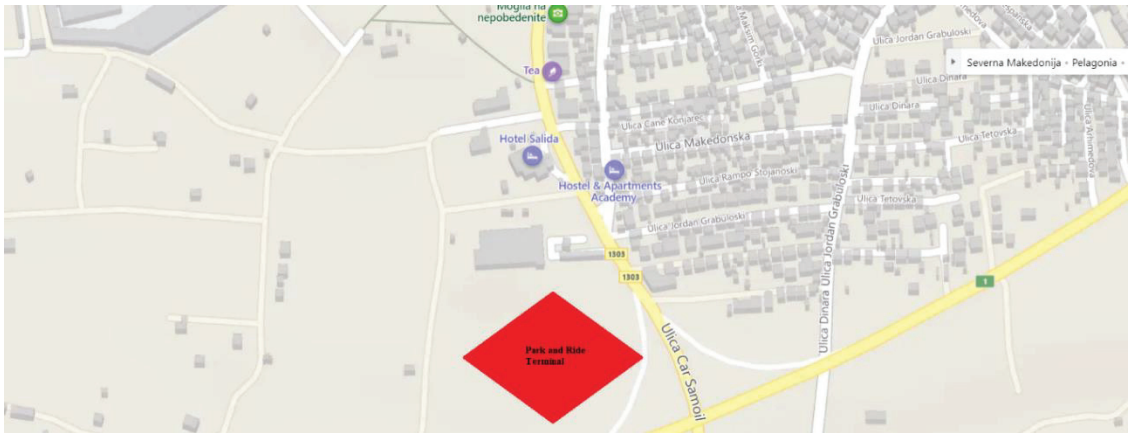


Figure 12: Park and Ride Terminal near to the Mound of unbeatn

Figure 13: Park and Ride Terminal near to the Marble Combinat Sivec

Figure 14: Park and Ride Terminal Dolgi most- Ljubljana West
Figure 15: Park and Ride Terminal Barje

Urban consolidation centre

Although freight transport is crucial to the economic life of a city, it is also a source of congestion and emissions. Urban consolidation centre is a logistics facility that is situated relatively close to the area that it serves from which consolidated deliveries are carried. Distribution centre should be situated in a location that offers optimal connection to the rail and road network, so it allows for intermodal goods distribution. An urban consolidation centre offers freight transport companies the opportunity to deliver goods to a specialist centre rather than having to make the delivery to the final customer in a busy part of the city. Given the limitations of private vehicles in these areas, there is the need use vehicles that are smaller and sustainable. Additional option for highly congested residential areas is nearby delivery areas. The system proposes the installation of an urban transshipment platforms - area of street space that has been dedicated to goods vehicles for the loading and unloading of goods destined for the nearby shops. Goods are unloaded from incoming vehicles and are loaded onto smaller more sustainable vehicles for the final distribution leg. Platforms should operate according to existing time regulations for freight transport.

5. CONCLUSION

What happened to Prilep?
The Municipality of Prilep will introduce a friendly traffic policy for its inhabitants, as well as for the environment. New integrated and innovative approaches will encourage the establishment of the highest level of road and environmental safety. All this will provide higher quality of life, development of tourism and economic benefits in the municipality.
"The City of Prilep will implement people-centric and environmentally friendly transport policy. Integrated and innovative approaches will encourage the establishment highest level of road safety and an environment for high quality of life and benefits local economy and tourism. „
Municipality of Prilep has set strategic goals that will serve to achieve the vision and willrepresent the basis for proposed measure packages. Strategic objectives proposed in this document strive for liveable urban environment and safe and accessible transport network based on sustainable planning principles.
Prilep is a centre for high-quality tobacco and cigarettes and the metal
processing, electronics, timber, textiles, and food industries. The city also produces a large quantity of Macedonian Bianco Sivec (pure white marble).
Tobacco is one of Prilep's traditional cash crops and prospers in the Macedonian climate. Many of the world's largest cigarette makers, such as Marlboro, West and Camel use Prilep's tobacco in their cigarettes after it is processed in local factories such as Tutunski kombinat Prilep. **A *Tobacco Institute*** is established in the city in order to produce new types of tobacco and it was the first example of applying genetics to agriculture in the Balkans.
The traffic policy in Macedonia, especially in Skopje, is not upgraded since the time of Yugoslavia (before 1991). The policy that was prepared in those times now is invalid and unfortunately, there is no other new policy created. The vision of the government of Macedonia for traffic developing is always misunderstanding with the public investment program they prepare every year. The priority in that program is investments in projects from different sectors like traffic, culture, health energy. However, we can clearly see that the projects identified as priorities are still not started, nor that after the elapsed time there are chances of finding financing for their implementation.
This paper has covered the planning of a new traffic policy of Prilep. In general, it gives some comments which show that using electrical vehicle could be a new approach in the transport in Prilep and gives a chance for new businesses, it decreases the air pollution, and shows how using ecological vehicles is good for the wellbeing of the environment. Nevertheless, electrical vehicles are more expensive than classic one.
This is a big investment but with the development of that market, I believe there will be a decrease in the ticket prices and will be more reachable for people residents or non-residents of Prilep. The public transportation is mostly used by Prilep residents.
The transition in the case of Prilep is not yet finished, and the city is still struggling to outshine it. Prilep needs to rise again like it did few times throughout history. And it will.

REFERENCES

[1] Atanasoski, B. 2017. Traffic policy in Skopje
BSc Thesis, First cycle academic study programme Civil Engineering, Ljubljana, UL FGG

[2] Wefering, F., Rupprecht, S., Bührmann, S., Böhler-Baedeker, S. 2014. Guidlines; Developing and implementing a sustainable urban mobility plan. Brussels, European Union.
[3] Plevnik, A., Mladenovič, L., Balant, M., Ružič, L. 2012. Prijazna mobilnost za zadovoljno prihodnost. Prometna strategija Obcine Ljutomer. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor.
[4] Predić, B., Rančić, D., Stojanović, D., Milosavljević, A., 2007. Automatic Vehicle Location in Public Bus Transportation System. Niš, University of Niš, Serbia.
http://www.wseas.us/e-library/conferences/2007cscc/papers/561-517.pdf (Accessed.25.05.2017)
[5] Carroll, S. Leonard, C. Spezzano, G., Freiburg .Campaigns promoting the use of public transport and cycling. Freiburg, Germany. ICLEI – Local Governments for Sustainability. Accessed.25.05.2017.
http://civitas.eu (Accessed.25.05.2017)
[6] Krstanoski, N., Bombol, K., Dukoski I., Atanasova V., 04.2013.City of Skopje Sustainable Urban Mobility Plan. Bitola. Faculty of Technical Sciences St. Clement of Ohrid University of Bitola, Macedonia.
[7] Toceva, M., Koteli, N., Mitreski, K. 2013. Air quality impact of traffic and point sources in Skopje assessed with dispersion models. Skopje, Macedonia. The 10th Conference for Informatics and Information Technology (CIIT 2013).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т1 – 2

СТАБИЛИЗАЦИЈА НА КОСИНИ СО АНКЕРИ КАЈ ОБЈЕКТИ ОД ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА

STABILIZATION OF SLOPES WITH ANCHORS IN ROAD INFRASTRUCTURE OBJECTS

Бојан Сусинов[1], Сеад Абази[2], Бојан Стрезовски[3], Спасен Ѓорѓевски[4]
[1] доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, susinov@gf.ukim.edu.mk
[2] доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk
[3] д.и.геотех., Веинг, Париска Комуна бр.21-2/7, 1000 Скопје, Р. Северна Македонија, strezovski.bojan@yahoo.com
[4] проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, gjorgjevski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Овој труд обработува една од постапките за подобрување на механичките карактеристики на карпестите и почвените маси со т.н. анкери, преку презентација на практичен пример од изградбата на експресен пат А4, делница Штип – Радовиш. За потребите на проектирањето се направени детални истражувања од каде се произлезени меродавните параметри на карпестата маса, како и карактеристичниот инженерско-геолошки профил. Направена е анализа на локална стабилност (рамнински и клиновиден лом), анализа на траектории на испаѓање на блокови, глобална стабилност и анализа на напонско-деформабилна состојба. Од спроведените анализи, може да се заклучи дека предложеното решение за заштита и санација на косини ги задоволува поставените критериуми во однос на потребниот фактор на сигурност за трајни косини.

Клучни зборови

Анкери, фактор на сигурност, косини, санација, стабилност.

Abstract

This paper deals with one of the methods for improving the mechanical characteristics of rocks and soils with the so-called anchors, through the presentation of a case-study from the construction of the A4 expressway, section Shtip - Radovish. For the needs of the design, detailed geotechnical investigations have been done, from which the relevant parameters of the rock mass, as well as the characteristic engineering-geological profile, were derived. An analysis of local stability (planar and wedge-shaped failure), analysis of block fallout paterns, global stability and stress-deformation state analysis was made. From the conducted analyses, it can be concluded that the proposed solution for protection and rehabilitation of slopes meets the set criteria in terms of the required safety factor for permanent slopes.

Key words

Anchors, rehabilitation, safety factor, slopes, stability.

1. ВОВЕД

Една од постапките за подобрување на механичките карактеристики на карпестите и почвените маси се анкерите преку кои се врши воведување на внатрешни сили со даден правец и интензитет кој се менува во зависност од напонската слика во одредена зона.

Во принцип, подобрувањето на карпестата маса се остварува преку вградување на челични елементи во вид на прачки или јажиња од различен карактер, кои се нарекуваат сидра или анкери. Како техничка мерка и ефикасност на анкерувањето, тие речиси секогаш се применуваат во комбинација со прскан бетон, арматурна мрежа, композитни материјали и др.

Во генерална смисла, под поимот анкер се подразбира полна челична прачка, обликуван челик во форма на цевка или кабел од челични жици, кои се инсталираат во теренот како претходно напрегнати или ненапрегнати. Инсталирање на анкерите во почвената или карпестата средина се врши преку дупнатини, при што еден дел од анкерот се фиксира во подлабоките делови од теренот, додека другиот дел излегува на отворената површина на теренот или објектот.

Масовноста на примена на анкерите е голема при заштита на ископи на површина и во подземјето, во тунелоградбата, при санација на свлечишта и друго. Примена наоѓаат кај бетонските брани, се употребуваат за зголемување на стабилноста на браната од превртување под дејство на хидростатичкиот притисок и друго.

Во зависност од геолошко-геотехничките услови на карпестите маси во практиката се користат различни видови анкери, примена среќаваат кај карпите и почвите. Во принцип, иако анкерите за почви и карпи се засноваат на ист концепт, секогаш има некоја разлика во дизајнот или во начинот на вградување.

Главна цел на овој труд е, врз основа на теренски истражувања и лабораториски испитувања, да се дефинираат условите на теренот како природна средина, како и да се предвидат санациони мерки со цел да се спречи било какво испаѓање на поситни парчиња и блокови од карпестите маси за реален пример при изградба на експресен пат А4, делница Штип – Радовиш, на усек на km 23+200 до km 23+400. Имено, за заштита на косината се применети самобушечки анкери.

2. ГЕОТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ И УСВОЕНИ ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ

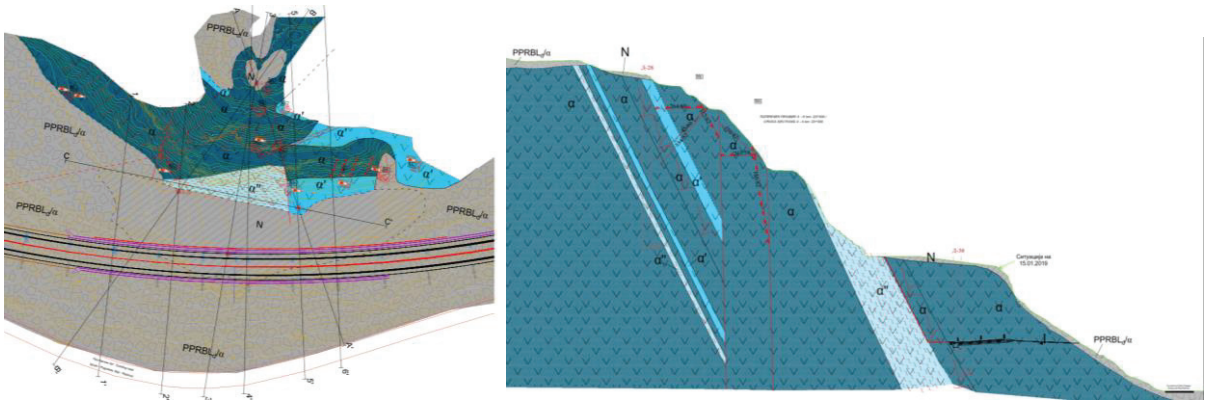
2.1 Геотехнички карактеристики на теренот

Врз основа на извршените теренски истражувања со детално картирање на материјалите како и лабораториските испитувања, извршено е разграничување на литолошките формации. Од инженерскогеолошки аспект, материјалите присутни на предметната локација можат да се класифицираат, односно да се апроксимираат во неколку карактеристични квази-хомогени зони според нивните јакосно деформабилни карактеристики, добиени од теренските и лабораториските испитувања на репрезентативните примероци.

Согласно изведените истражни работи на локацијата на усекот, косините кои треба да се заштитат се составени од следните материјали:

- Каменит андезит, цврст и блоковски испукан (α)
- Полукаменит андезит, хидротермално изменет и слабо до средно испукан (α’)
- Полукаменит андезит, грусифициран и многу испукан до здробен (α’’)

На сликата што следа прикажана е ИГ карта и карактеристичен ИГ попречен профил 4-4’.



Сл. 1: Инжинерско геолошка карта на усекот и Карактеристичен ИГ попречен профил 4 – 4'

2.2 Усвоени геомеханички параметри

За извршување на соодветните анализи и пресметки, издвоени се три основни квазихомогени зони во андезитите, како и дополнителни 4 квазихомогени зони со кои се симулира состојбата на карпестата маса во приповршинскиот дел од теренот. За вршење на анализи на глобалната стабилност се усвоени следните вредности на физичко-механичките параметри на материјалите (Табела 1), додека при анализа на локалната стабилност се применети нешто пониски параметри со цел да се окарактеризираат хидротермално изменетите зони кои наместа се присутни во рамки на масивот.

Табела 1. Физичко механички параметри на материјалите

Вид на материјали	Волуменска тежина γ [kN/m^3]	Кохезија c [kPa]	Агол на внатрешно триење φ [°]
Материјал 1 (андезит - α)	25,0	500	56,6
Материјал 2 (андезит - α')	24,0	82	34,7
Материјал 3 (андезит - α'')	23,5	92	25,0
Зона 1 (зона во расед 3)	25,0	60	35,0
Зона 2 (површинска зона 2)	25,0	55	35,0
Зона 3 (зона во расед 2)	23,5	60	25,0
Зона 4 (зона во расед 1)	23,5	55	25,0

3. ОСВРТ КОН РЕЗУЛТАТИТЕ ОД АНАЛИЗИТЕ НА СТАБИЛНОСТ

Анализите се применувани на репрезентативни (најчесто критични) профили. Најзначајните анализирани случаеви, со соодветни резултати и осврт на истите се дадени во продолжение.

3.1 Локална стабилност (рамнински лом)

Анализата е извршена со метод на гранична рамнотежа со програмот Rocplane. Анализиран е еден критичен профил со висина од околу 20 m. Усвоените параметри на карпестата маса (евентуална локална рамнина на лизгање во однос на кохезијата и аголот на триење се нешто пониски во однос на подоцна усвоените за глобалната стабилност, со цел да се симулираат целосно грусифицираните зони на локално ниво).

За критичниот анализиран профил е добиен фактор на сигурност од Fs = 0.96, во случај на земјотрес со k=0.1 и заполнетост на пукнатини со вода од 20% (екстремен настан на врнежи за ова подрачје). Во случај без овие дополнителни товар е добиен фактор на сигурност од Fs=1.12. Оттука, очигледна е потребата од примена на заштитни мерки за осигурување на локалната стабилност од појава на рамнински лом.

3.2 Локална стабилност (клиновиден лом)

За клиновиден лом исто така е направена анализа со метод на гранична рамнотежа, со програмот Swedge. Анализираниот профил е 23+320 и направени се анализи за мерно место М3 на Косина 1, М4 на косина 2 и М8 на косина 3.

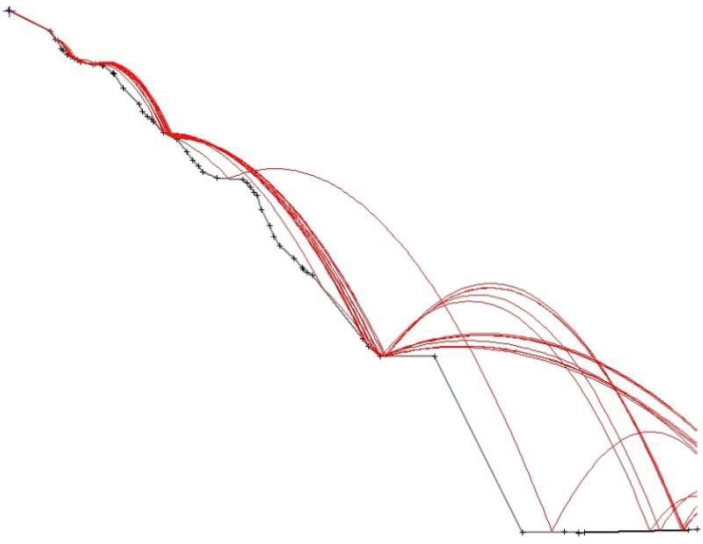
Со анализата за мерно место М3 се добиени слаби вредности за факторот на сигурност (Fs=0.58) како однос на пукнатинските системи со ЕП1=155/48 и ЕП2=40/38 со азимутот на пад на косината со ЕП=170/76. Овие вредности за факторот на сигурност (Fs) се однесуваат за сува состојба (без сеизмика и без вода), додека останатите добиени резултати за Fs под разни услови како: со содржина на вода од 30% (Fs=0.53), содржина на вода од 50% (Fs=0.36), сеизмичко дејство (Fs=0.48), сеизмичко дејство и вода од 30% (Fs=0.43) и сеизмичко дејство и вода од 50% (Fs=0.28).

Со анализата за мерно место М4 се добиени слаби вредности за факторот на сигурност (Fs=0.97) како однос на пукнатинските системи со ЕП1=136/64 и ЕП2=267/85 со азимутот на пад на косината со ЕП=170/76. Овие вредности за факторот на сигурност (Fs) се однесуваат за сува состојба (без сеизмика и без вода), додека останатите добиени резултати за Fs под разни услови како: со содржина на вода од 30% (Fs=0.94), содржина на вода од 50% (Fs=0.87), сеизмичко дејство (Fs=0.61), сеизмичко дејство и вода од 30% (Fs=0.59) и сеизмичко дејство и вода од 50% (Fs=0.52).

Со анализата за мерно место М8 се добиени слаби вредности за факторот на сигурност (Fs=0.28) како однос на пукнатинските системи со ЕП1=240/90 и ЕП2=160/68 со азимутот на пад на косината со ЕП=170/76. Овие вредности за факторот на сигурност (Fs) се однесуваат за сува состојба (без сеизмика и без вода), додека останатите добиени резултати за Fs под разни услови како: со содржина на вода од 30% (Fs=0.25), содржина на вода од 50% (Fs=0.13), сеизмичко дејство (Fs=0.13), сеизмичко дејство и вода од 30% (Fs=0.10) и сеизмичко дејство и вода од 50% (Fs=0.08).

3.3 Анализа на траектории при испаѓање на блокови

Со цел да се потврди потребата од примена на заштита во највисоките делови од косината, извршена е проценка на можните патеки на одронети блокови со помош на програмот Rocfall. Од излезот на анализата (Слика 2), очигледно е дека е потребна заштита и во овој дел од косината бидејќи дел од симулираните блокови (усвоена димензија од 0.5 m3) стигаат до зоната на коловозот (проектирана состојба) на експресниот пат. Затоа и на Косина 1 потребно е да се предвиди заштита со мрежен композит и анкери, и покрај малата висина на косината.



Сл. 2: Анализа во програм Rockfall

3.4 Глобална стабилност и анализа на напонско-деформабилна состојба

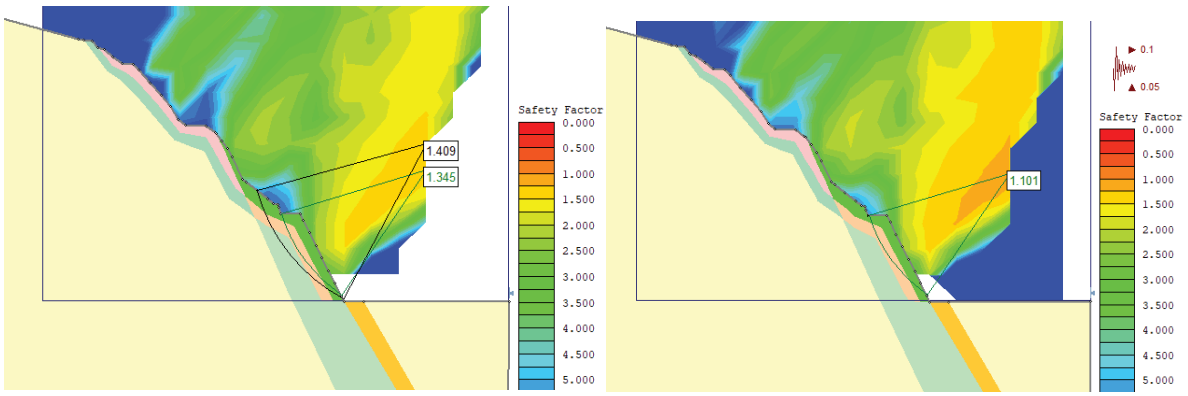
Анализата на стабилноста е изведена по методите на гранична рамнотежна на еден карактеристични профил 23+320 во програмскиот пакет Slide на компанијата Rocscience, додека влезните физичко-механички параметри се прикажани во табела 2.

Направена е анализа во статички услови и сеизмички услови имајќи во предвид дека се работи за трајна косина. Минималниот коефициент на сигурност за вакви косини треба да биде Fs > 1.5. При избор на зоните за анализа, се укажува, дека поради ефект од минирањето, приповршинската зона до одредена длабина е земена како дополнително оштетена и со таа претпоставка е влезено во натамошните аналитички и нумерички пресметки (т.н. материјал 4 на следните слики). Во следната табела се дадени факторите на сигурност во статички и сеизмички услови без и со заштита на косините.

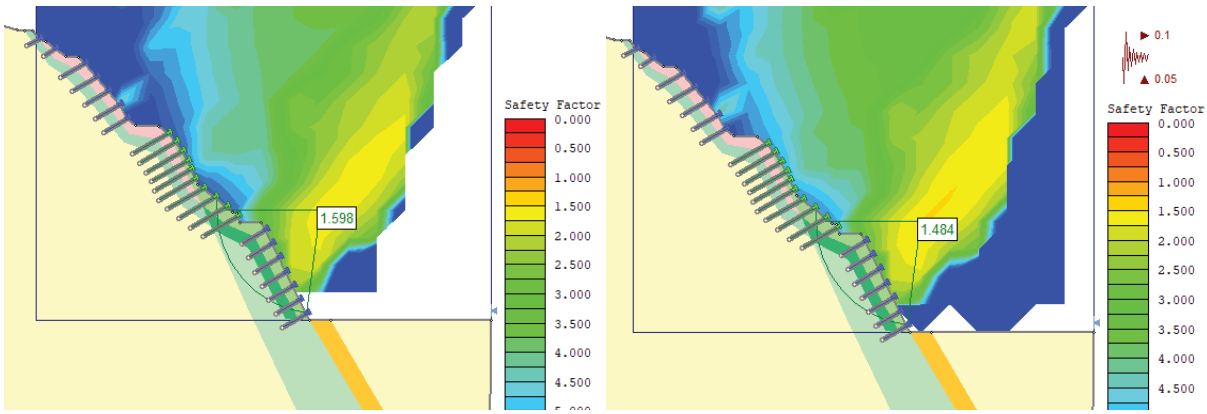
Табела 2. Фактор на сигурност на анализиран профил

Профил	Услови (состојба)	Фактор на сигруност
km 23+320,00	Статички услови без заштита (постојна состојба)	1,345
	Сеизмички услови без заштита (постојна состојба)	1,105
	Статички услови без заштита (новопроектирана состојба)	1,595
	Сеизмички услови без заштита (новопроектирана состојба)	1,484

Во продолжение се прикажани пресметковните модели на анализираните пресеци, од каде се гледаат и критичните рамнини на лизгање со минимален фактор на сигурност.



Сл. 3: Пресметковен модел со Fs на постојната сотојба во статички и сеизмички услови



Сл. 4: Пресметковен модел со Fs на новопроектирана с-ба во статички и сеизмички услови

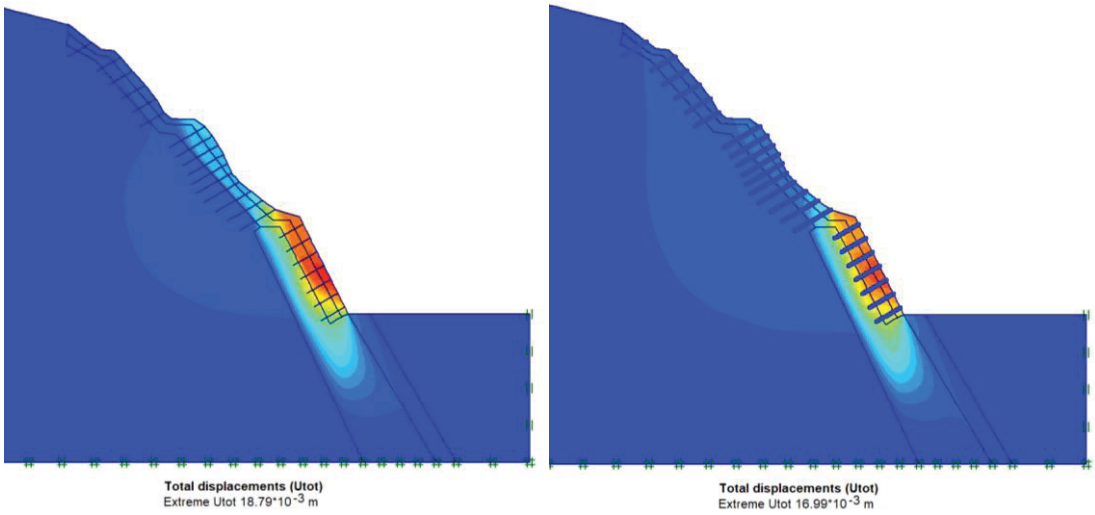
Од прикажаните анализи, може да се заклучи дека предложеното решение за заштита и санација на косини ги задоволува поставените критеруми во однос на потребниот фактор на сигурност, како за трајни косини.

Во продолжение се приложени и анализите на напонско-деформабилната состојба на конструкцијата, како и на полупростор околу конструкцијата. Анализите се изработени во софтверскиот пакет Plaxis 2D, според методот на конечни елементи (МКЕ). Целта на извршените анализи е утврдување на однесувањето на потпорната конструкција од Soil Niling, определување на внатрешните статички големини, како и увид на напонско-деформабилната состојба на околниот терен.

Како влезни параметри во оваа анализа се карактеристиките на почвените слоеви кои се усвоени во зависност од издвоените карактеристични зони на инжинерско-геолошкиот попречен профил на km 23+320. Усвоените физичко-механички параметри за секоја зона поединечно се прикажани во табела 1.

Во оваа анализа литолошките единици се моделирани со еластопластичен почвен модел, поточно со Мор-Кулоновиот почвен модел, додека анкерите се моделирани како еластичен модел. Останатите заштитни елементи како: композит од шетсоаголна жичена мрежа, 3D полимерна мрежа и челична мрежа кои се прицврстени локално со несистемско сидрење и се изоставени во оваа анализа, додека истите се статички определени во посебни софтвер кои не се предмет на оваа семинарска работа, меѓутоа се дава еден осврт на усвоените технички материјали.

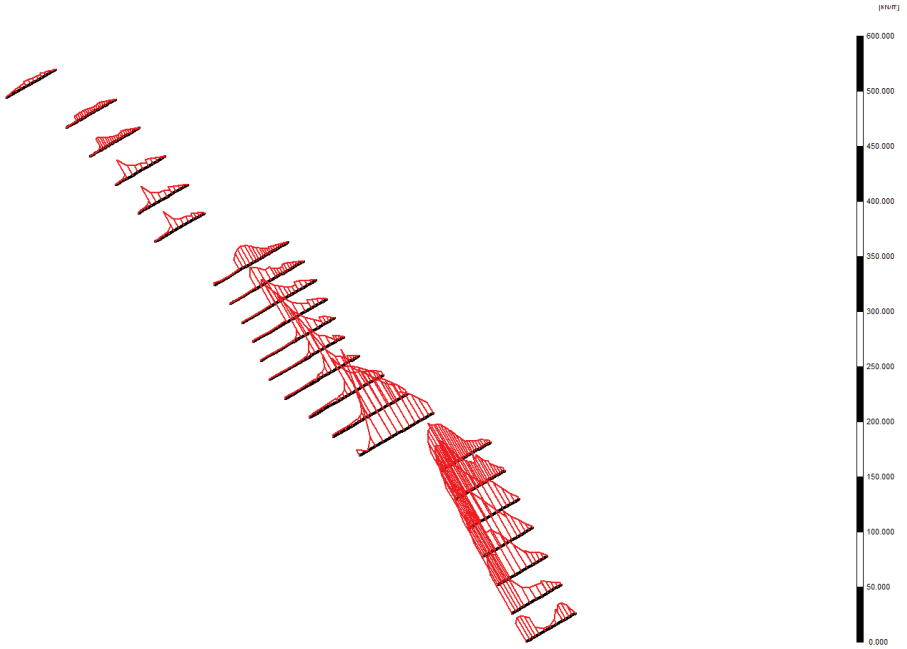
На следната слика е прикажана геометријата на профилот за состојба на косините без анкери, каде со анализите се добива состојба која укажува дека е потребна примена на заштитни мерки. Основните резултати се прикажани на сликите што следата.



Сл. 5: Состојба на целосен ископ на постојна и новопроектирана сотојба (km 23+320,00)

Со оглед на тоа што станува збор за усек кој е веќе изведен до т.н. косина 3, каде останува уште да се продолжи со ископ се до последната т.н. косина 4, извршена е анализа за модел каде е анализирана само фаза на експлоатација или фаза на целосен ископ. Според ова, од добиените резултати може да се согледа дека: за состојба на целосен ископ со примена на анкери во статички услови состојбата е стабилна (помали деформации 17 mm), кои ќе се реализираат после извршениот ископ.

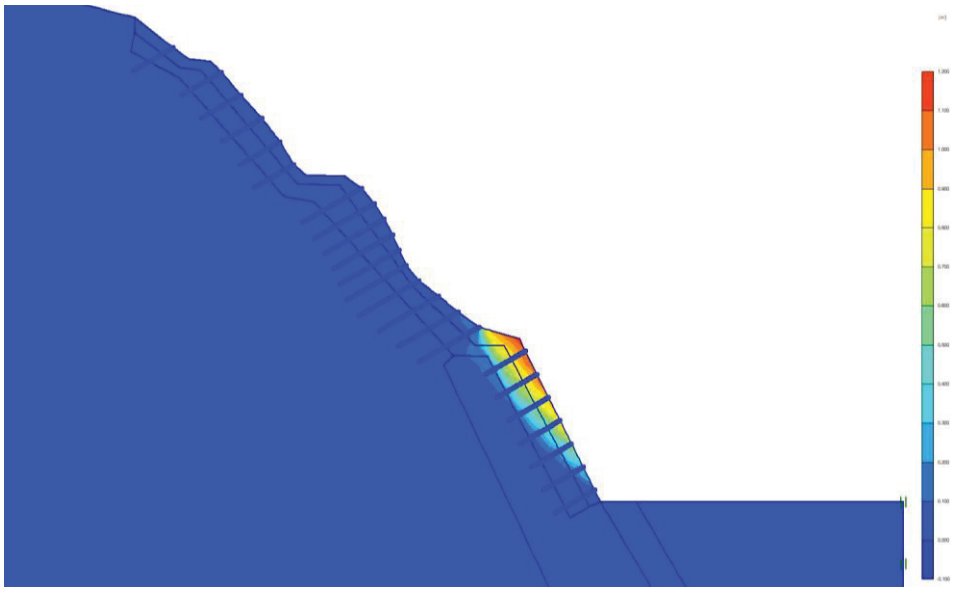
На следната слика е прикажан дијаграми на статички големини кои се јавуваат во анкерите. Тие се анализирани на 3 m подолжно, со должина од 3 m, па се до 9 m, каде според извршените анализи се добива максимална сили во анкер од 274.92 kN. Според ова, во фаза на изведба усвоен е анкер со карактеристична носивост на челична шипка од Ft,k > 300 kN.



Сл. 6: Дијаграм на статички колемини на анкерите (max.сила во анкер 274,92kN)

Стабилна состојба на целосен ископ исто така е забележана и при извршените анализи со примена на анкери во сеизмички услови и тоа со помали деформации 15,76 mm, кои ќе се реализираат по извршениот ископ.

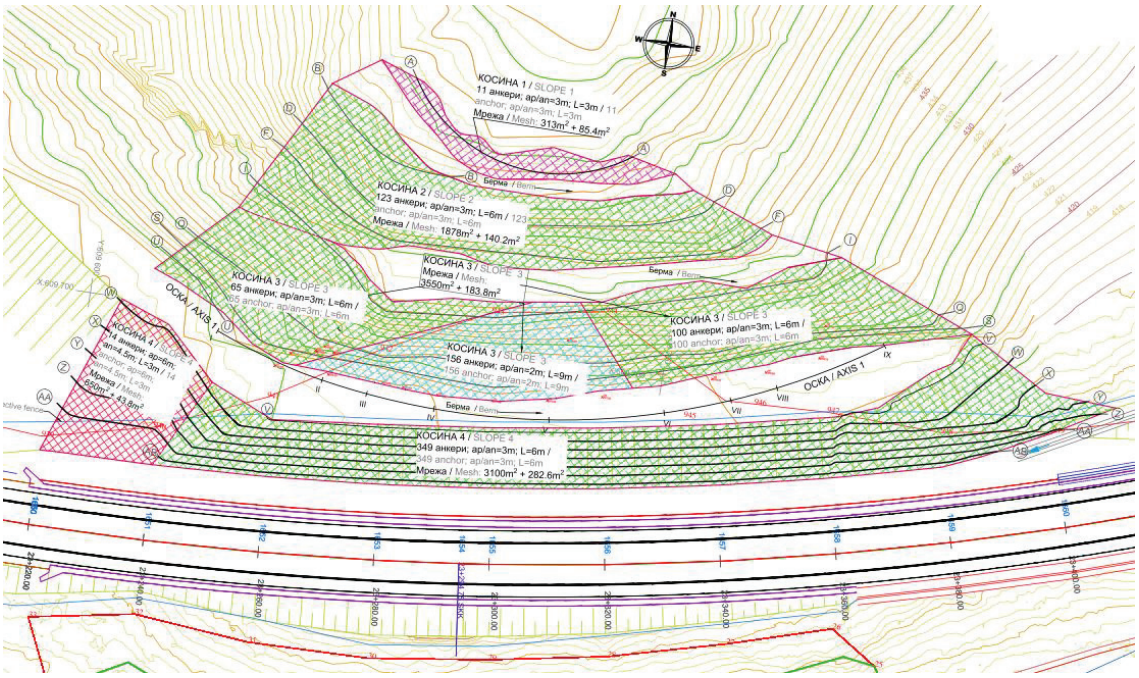
На крај извршена е анализа на стабилност на усекот во програмот Plaxis 2D, каде за критична рамнина на лизгање се добива фактор на сигурност Fs=1,533 (Слика 7).



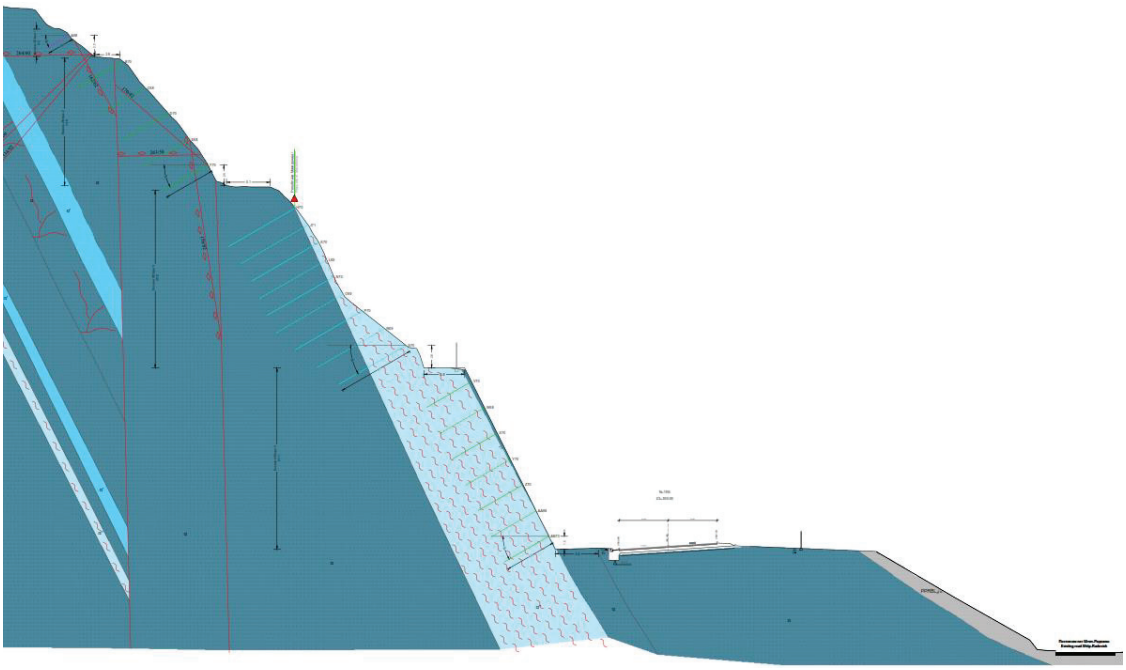
Сл. 7: Критична рамнина на лизгање

4. ИЗДВОЈУВАЊЕ НА ЗОНИ И ЗАШТИТА НА КОСИНИТЕ

Врз основа на издвоените зони извршени се анализи со геолошките и геомеханичките карактеристики на средината, структурно-текстурните карактеристики на карпите, пукнатинските системи и падот на слоевите, според кои може да се каже дека можните мерки за стабилизирање и заштита на косините би се состоеле од примена на повеќе методи кои би се изведувале самостојно или комбинирано на повеќе начини.



Сл. 8: Ситуација со издвоени зони



Сл. 9: Карактеристичен попречен профил на проектирана состојба km 23+320,00

Предвиденото решение за заштита на косините се состои од: ископ со поблаг наклон (2:1) на Косина 4, кавање на ископаните косини, вградување на самобушечки анкери и мрежен композит на сите косини.

Според ова предвидени се следните типови за стабилизирање на косините и тоа:

- ТИП 1: Локално кавање на нестабилни блокови, систематска заштита на косините со самобушечки анкери со должина L=3m, на меѓусебно растојание an=3m, поставување на композит од шестоаголна жичена мрежа, 3D полимерна мрежа и челична мрежа прицврстена со локално несистемтско сидрење.

- ТИП 2: Локално кавање на нестабилни блокови, систематска заштита на косините со самобушечки анкери со должина L=6m, на растојание ap/an=3m, поставување на композит од шестоаголна жичена мрежа, 3D полимерна мрежа и челична мрежа прицврстена со локално несистемтско сидрење.
- ТИП 3: Локално кавање на нестабилни блокови, систематска заштита на косините со самобушечки анкери со должина L=9m, на растојание ap/an=2m, поставување на композит од шестоаголна жичена мрежа, 3D полимерна мрежа и челична мрежа прицврстена со локално несистемтско сидрење.
- ТИП 4: Локално кавање на нестабилни блокови, систематска заштита на косините со самобушечки анкери со должина L=3m, на растојание ap=6m, an=4.5m, поставување на шестоаголна жичена мрежа локално прицврстена со несистемтско сидрење.

5. КАРАКТЕРИСТИКИ НА УСВОЕНИТЕ МАТЕРИЈАЛИ

При самобушиво анкерисување, шупливата шипка со навој по целата должина служи за дупчење и за инјектирање, затоа вградувањето се изведува со единствена операција. Круната за дупчење која останува на местото после дупчењето е навртена на крајот на челичната шипка. Исто треба да се води сметка да се користи круна за дупчење на цврсти испукани карпести формации.

Цементна инјекциона смеса мора да биде од вообичаен портланд цемент или брзоврзувачки портланд цемент. Поради присуство на пукнатини и раседни зони, може да се очекува и примање на поголемо количество инјекциона смеса во дупнатините. Во зависност од локалните услови при ископ на т.н. косина 4, на лице место, по потреба може да дојде и до зголемување на должината на анкерите.

Технички карактеристики на анкер:

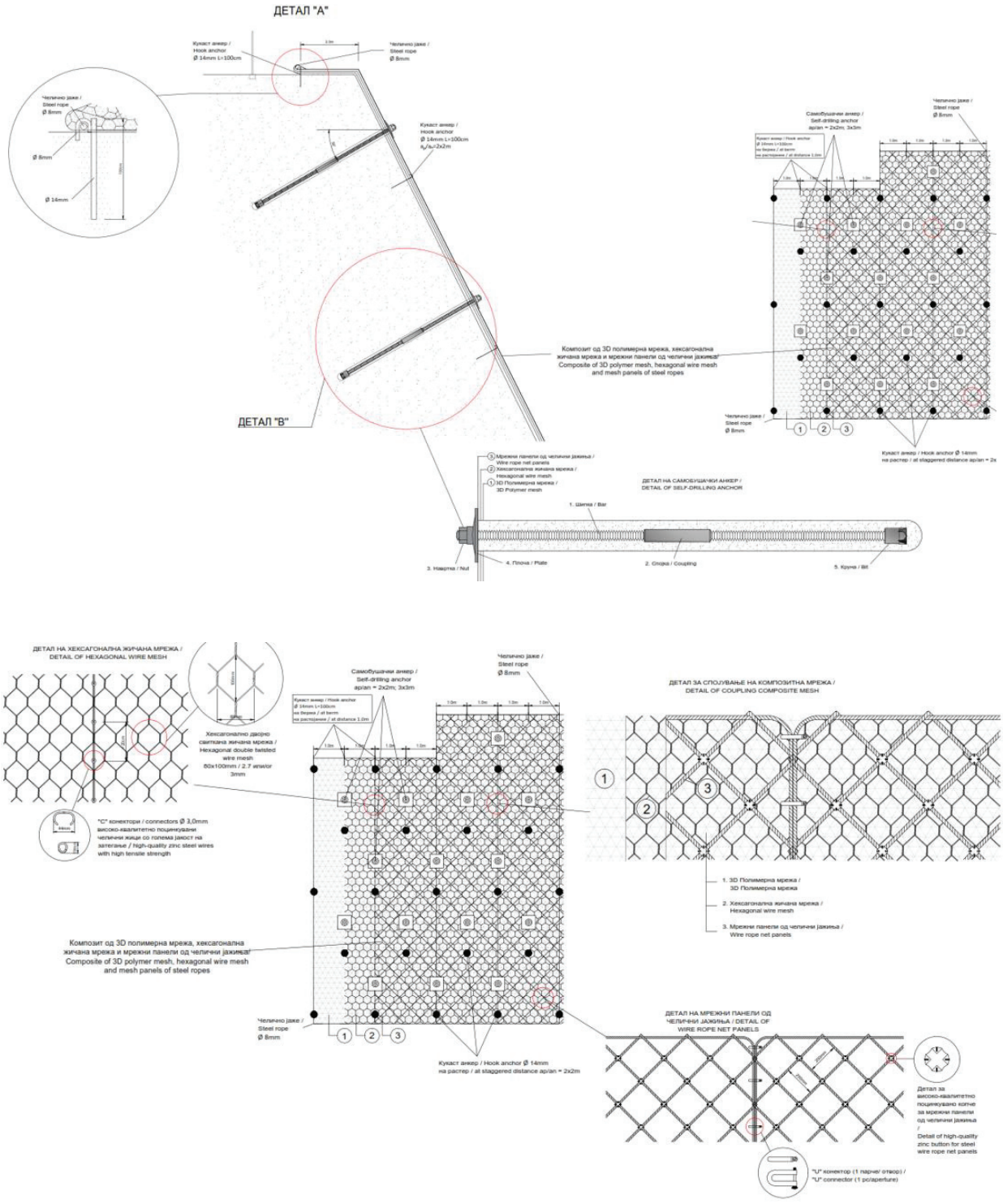
- Тип на анкер: самобушив
- Должина на анкер: L=3 m, 6 m и 9 m;
- Инјектирана должина: Lb = Должина на анкер;
- Растојание меѓу анкери: 2 m (H) x 2 m (V) и 3 m (H) x 3 m (V);
- Карактеристична носивост на челична шипка: Ft,k > 300 kN;
- Димензии на анкерна плочка: 200x200x10mm.

Композитот е направен од челична жица со низок степен на јаглерод обложена со антикорозивна заштита со топло поцинкување, а во согласност со EN 10244-2 класа A и EN 10223-3 и полимерни влакна од полипропилен во согласност со EN ISO 9864; EN 9863-1 и EN 10319.

Спојувањето може да се прави со посебни C-споеви, а нивниот изглед и потребниот прибор се прикажани на слика 10.

Челичната мрежа 200 x 200/8 mm е производ направен од челични јажиња во согласност со EN 12385-2 и EN 12385-4, заштитена од корозија со топло поцинкувана обвивка и се во согласност со EN 10264-2 класа B.

Типични детали за поставување на мрежниот композит и анкерите се прикажани на следната слика.



Сл. 10: Детал за поставување на анкери и композит

6. ЗАКЛУЧОК

Анкерувањето претставува една од постапките за механичко подобрување на карпестите и почвени маси. Тие се применуваат да се зајакне карпестата (почвена) маса и конструкција, како во фазата на изведба на работите, така и во фаза на експлоатација. Анкерите претставуваат една од најприменуваните и најефективни мерки за подобрување на носивоста и на стабилноста на теренот.

Во овој труд беше направена анализа на стабилност и на косина на која беше применет овој метод на стабилизација со анкери. За потребите на проектирањето се направени детални истражувања од каде се произлезени меродавните параметри на карпестата маса, како и карактеристичниот инженерско-геолошки профил.

Спроведените анализи на локална стабилност (рамнински и клиновиден лом), анализа на траектории на испаѓање на блокови, глобална стабилност и анализа на напонско-деформабилна состојба потврдија дека предложеното решение за заштита и санација на косината ги задоволува поставените критеруми во однос на потребниот фактор на сигурност за трајни косини.

Затоа, се препорачува почеста примена на геотехнички анкери за слични геотехнички проблеми во нашата практика, бидејќи и во светски рамки истата е потврдена како една од најприменуваните постапки со фактот дека годишната потрошувачка на анкери постојано се зголемува.

7. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Carlos A. Lazarte, Helen Robinson, Jesús E. Gómez, Andrew Baxter, Allen Cadden, Ryan Berg.: „Geotechnical engineering circular no. 7 Soil Nail Walls - reference manual”, Report No.:FHWA-NHI-14-007,

[2] Christopher Mosser: „Numerical Study on the Behaviour od Soil Nails”, Graz University od Technology, 2016 г.

[3] Ј. Јосифовски, Б. Сусинов.: „Прирачник со решени задачи за пресметување на темелни и анкерни конструкции според Еврокод”, Универзитет „Св.Кирил и Методиј”, Градежен факултет – Скопје, 2020 г.

[4] М. Јовановски, И. Пешевски, Н. Гапковски: „Механика на карпи”,Универзитет „Св.Кирил и Методиј”, Градежен факултет – Скопје. 2020 г.

[5] М. Јовановски: „Скрипта со авторизирани предавања по предмет подобрување на карпи”, Универзитет „Св.Кирил и Методиј”, Градежен факултет – Скопје, 2008 г.

[6] ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ ДООЕЛ Скопје: „Дополна кон основен проект за заштита на лева косина од усек на експресен пат А4, делница Штип – Радовиш, Усек km 23+200 – 23+400”, технички број: 0103-13, февруари 2020 г.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т 1 – 3

Реконструкција со проширување на регионалниот пат Р1109, делница ”Понов мост – обиколка на Богданци”
Димензионирање на коловозна конструкција

Reconstruction with expansion of the regional road R1109, section "Ponov Most - Tour of Bogdanci"
Dimensioning of road construction

Драган Димитриевски[1], Дарко Илиевски[2], Катерина Велеска[3], Душанка Кажлевска[4]
[1]д-р, дипл. град. инж., ГЕИНГ ДОО; Р.С.Македонија; dragan@geing.com.mk
[2] м-р, дипл. град. инж., ГЕИНГ ДОО; Р.С.Македонија; darko@geing.com.mk
[3, 4]дипл. град. инж., ГЕИНГ ДОО; Р.С.Македонија; veleska.k@geing.com.mk; kazlevska.d@geing.com.mk

Апстракт

Државниот пат Р1109 претставува врска меѓу автопатот А1 делница: ГП Табановце – ГП Богородица и регионалниот пат Р1105 делница: Валандово – Дојран.
На предметната делница од потегот Понов мост до почетокот на Обиколка Богданци со должина околу 4.8km, предвидено е проширување на патот со реконструкција.
На основ добиените податоци за сообраќај направено е димензионирање и контрола на коловозната конструкција. Направени се пресметки за димензионирање по стандардите МКС У.Ц 4.010 и МКС У.Ц 4. 012 како и пресметка по Смерници од БиХ.
На основ извршените анализи пресметките покажуваат дека и по двата стандарди се добиваат приближно исти дебелини на слоевите од коловозната конструкција, а како финална коловозна конструкција е усвоена конструкција со следните слоеви и димензии со примена на полимер-модифицирани битумени: тампон – дробен камен агрегат со d=30 cm, БНС 32сА - ПмБ 25-55/55 d=8 cm, и АБ 16с - ПмБ 45-80/65 d=6 cm.
Применети се и меѓународни стандарди за дефинирање на карактеристиките на асфалтните мешавини.

Клучни зборови

Димензионирање, Државен пат, Интернационални стандарди, Коловозна конструкција, МКС стандарди, Реконструкција, Смерници од БиХ.

Abstract

State road R1109 is a connection between highway A1 section: BC Tabanovce - BC Bogorodica and regional road R1105 section: Valandovo - Dojran.
On the section from the Ponov most to the beginning of the Ring road Bogdanci with a length of about 4.8 km, widening of the road with reconstruction is planned.
Dimensioning and control of the road construction was done on the basis of the obtained traffic data. Dimensioning calculations were made according to MKS U.C 4.010 and MKS U.C 4.012 standards, as well as calculation according to BiH Guidelines.
Based on the analyzes, the calculations show that according to both standards, approximately the same thicknesses of the layers of the pavement structure are obtained and the following layers and dimensions using polymer-modified bitumen were adopted: base course with d =30 cm, BNS 32sA - PmB 25-55/55 d=8 cm and AC 16s - PmB 45-80/65 d=6cm.
International standards have been applied to define the characteristics of asphalt mixtures.

Key words

BiH Guidelines, Dimensioning, International standards, MKS standards, Pavement structure, Reconstruction, State road.

1 ВОВЕД

Во овој труд се прикажани анализа и димензионирање на коловозната конструкција на регионалниот пат Р1109 делница Понов мост – влез во Богданци, во должина 4833,33m, врз основ на релевантни параметри: сообраќајно оптоварување, климатски, топографски и геотехнички карактеристики/услови на теренот, расположливи ресурси (природни и вештачки материјали), како и соодветна технологија на изведување на работите и сл.

Основна намена на една коловозна конструкција е да ги прими сите сообраќајни оптоварувања - товари од возилата, да ги пренесе на долниот строј на трупот на патот без да се појават штетни влијанија по истиот, да биде отпорна на атмосферски и други неповолни влијанија.

Димензионирањето на коловозната конструкција е извршено во согласност со стандардот МКС У.Ц4. 012 како базичен стандард. Методата за димензионирање предвидена со овој стандард се базира на емпириска основа, а користени се упатствата за димензионирање на флексибилни коловозни конструкции.

Како меродавни параметри за димензионирање се користени:

- Проектен период
- Возна способност на површината на коловозниот застор на крајот на проектниот период
- Сообраќајно оптоварување
- Климатско - хидролошки услови
- Носивост на материјалите во постелката
- Квалитет на применетите материјали во коловозната конструкција

Димензионирањето на коловозната конструкција е направено за плански проектен период од 20 години и прираст на сообраќајот за 3% за соодветен ПГДС за новата сообраќајна конструкција.

Слика број 1 – Постојна состојба на трасата
Извор: Основен проект реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци / Реконструкција на траса – Делница: Понов мост – влез во Богданци 0+000,00 – 4+833,33

Табела број 1. Проектни елементи на попречниот профил

Елементи на попречниот профил	Р 1109
Проектна брзина	70 (60) km/h
Ширина на возна лента	2 × 3,00 = 6,00 m
Ширина на рабна лента	2 × 0,30 = 0,60 m
Ширина на асфалтен коловоз	**6,60 m**
Ширина на банкина	2 × 1,30 = 2,60 m
Ширина на ригола	0,50 m
Ширина на берма	0,50 m
Вкупна ширина на планум на патот	**9,20 m**

Извор: Основен проект реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци / Реконструкција на траса – Делница: Понов мост – влез во Богданци 0+000,00 – 4+833,33

2 ИЗВОДИ ОД ГЕОТЕХНИЧКИОТ ЕЛАБОРАТ

- **Квалитет на применетите материјали во коловозната конструкција**

При изборот на материјалите за изработка на коловозната конструкција мора да се води сметка како за функцијата на поедините слоеви и економичност при градењето, така и за пропишаните квалитети на основните материјали и нивните мешавини во согласност со следните прописи: МКС У.Е9. 020, МКС У.Е9. 021, МКС У.Е9. 024, МКС У.Е9. 028 и МКС У.Е4. 014.

- **Основни геолошки карактеристики на поширокиот регион**

Од геолошки аспект, поширокиот регион воопшто, е изграден од прекамбриумски карпи претставени со ситнозрни и порфиробластични гнајсеви, старопалезојски метаморфни карпи претставени од аргилошисти, филити, песочници и мермери, тријаски карпи претставени од дијабази, кварцкератофири и ортофири како и квартерни наслаги од типот на пролувијални, делувијални, терасни и алувијални седименти со променлива моќност, Геолошка карта на поширокота област (ОГК - 1:100 000, Лист Гевгелија К34-106). Теренот е слабо откриен, гореспоменатите геолошки единици во помала или поголема мера се покриени со растресити хумунизирани материјали со променлива дебелина.

3 ПРОЕКТЕН ПЕРИОД

Проектниот период претставува временски период за кој се димензионира коловозната конструкција. Бидејќи станува збор за реконструкција на трасата, на која ќе се прават и проширувања односно нови делови со коловозна конструкција, но и поради сите податоци добиени од анализите кои укажуваат на многу оштетена коловозна конструкција, предвидено е проектниот период да изнесува Р = 20 години (од 2021 како базна година до 2041 година).

4 ВОЗНА СПОСОБНОСТ НА ПОВРШИНАТА НА КОЛОВОЗНИОТ ЗАСТОР НА КРАЈОТ НА ПРОЕКТНИОТ ПЕРИОД

Возната способност на површината на коловозниот застор се оценува преку индексот на возната способност Р кој се движи во границите од 5 за нови и идеално рамни коловози, до Р = 0 за потполно уништени коловози по кои неможе да се вози. По стандардот МКС У.Ц4. 012 е усвоена да најмалата вредност на индексот на возната способност на крајот од проектниот период да изнесува Pk = 2.5.

5 СООБРАЌАЈНО ОПТОВАРУВАЊЕ

При постапката на димензионирањето користено е вкупното еквивалентно сообраќајно оптоварување за проектниот период за возната лента за која се врши димензионирањето, изразено преку стандардот МКС У.Ц4. 010.

Табела 2. – Средна вредност на процентуалната застапеност на поединечните групи за базната 2021 година

Период	ПА	ЛТ	БУС	ТТ2	ТТ3	АВ
2021 - 2041	84,16%	7,98%	0,40%	1,11%	1,11%	5,23%

Извор: ПГДС податоци добиени од страна на ЈПДП од податоците од броење на сообраќај од бројачкото место 3421 (автоматско броење - Гевгелија – Богданци) со направени предикции до 2041 година

6 КЛИМАТСКО - ХИДРОЛОШКИ УСЛОВИ

Влијанието на климатско-хидролошките услови за носивост на коловозната конструкција се земаат во предвид применувајќи го регионалниот фактор на предметната област R кој се движи од 0 до 5, при што повисоките вредности се понеповолни. Во стандардот МКС У.Ц4. 012 големината на регионалниот фактор е земена да изнесува R = 2.0.

7 ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ – ОПРЕДЕЛУВАЊЕ ДИМЕНЗИИ НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА Р1109 ДЕЛНИЦА: ПОНОВ МОСТ – ВЛЕЗ ВО БОГДАНЦИ

- **Проектен период P=20 години**

Од МКС У.Ц 4.010 за проектен период P = 20 год. и вредноста за прираст r=3% за трасата Р1109 делница Понов мост - Богданци, земајќи го во предвид и сообраќајот од ПГДС за проектен период од 20 год., добиени се следните вредности:

Твк $_{2041}$ = $\sum$ (Тг $_{2021}$ × q_i) = **4.169.760,00 ⇒ 4,17 × 10^6 стандардни оски**

Твк (50%) $_{2041}$ = $\sum$ (Тг $_{2021}$ × q_i) =**2.084.880,00 ⇒ 2,08 × 10^6 стандардни оски.**

Врз база на сообраќајното оптоварување и оптоварување за една возна лента **Твк(50%) $_{2041}$ = 2,08 × 10^6** и носивоста на постелката **CBR ≥ 8 %** од стандардот МКС У.Ц 4. 012 се отчитани потребните димензии за асфалтните слоеви и тампонот (носивиот неврзан каменит материјал), при што се добива дека се потребни 14 cm за асфалтни слоеви:

Has = 13,10 cm за асфалтните слоеви со a_z = 0,38;

Hzm = 36,00 cm за тампонот со a_z = 0,11;

• ***Асфалтни слоеви***	• ***Тампонски слој***
$Has \cdot 0{,}38 \le d_1 \cdot 0{,}42 + d_2 \cdot 0{,}35$ $d_2 \ge (13.1*0.38 - 6*0.42)/0.35 \ge 7.02$ усвоено d_2=8.00 cm контрола на усвоените димензии: $Has \cdot 0{,}38 \le d_1 \cdot 0{,}42 + d_2 \cdot 0{,}35$ 13.1*0.38 ≤ 6*0.42 + 8*0.35 5.058 ≤ 5.320	$Hzm \cdot 0{,}11 \le d_3 \cdot 0{,}14$ $d_3 \ge (36.00 *0.11) /0.14 \ge 28.29$ усвоено d_3 = 30.00 cm контрола на усвоените димензии: $Hzm \cdot 0{,}11 \le d_3 \cdot 0{,}14$ 36.00 * 0.11 ≤ 30.00 * 0.14 3.96 ≤ 4.20

На основ добиените физичко-механички карактеристики за предметната подлога/подтло на трасата од извршените геомеханички работи и дефинираната нивелета на трасата, барањата во Проектната програма, сообраќајното оптоварување, како и согласно

”*Технички услови за изградба на државни патишта (автопатишта, експресни, магистрални и регионални патни правци во Р. Македонија)*” – издадена од страна на ЈП за Државни патишта, усвоени се следниве димензии за коловозна конструкција:

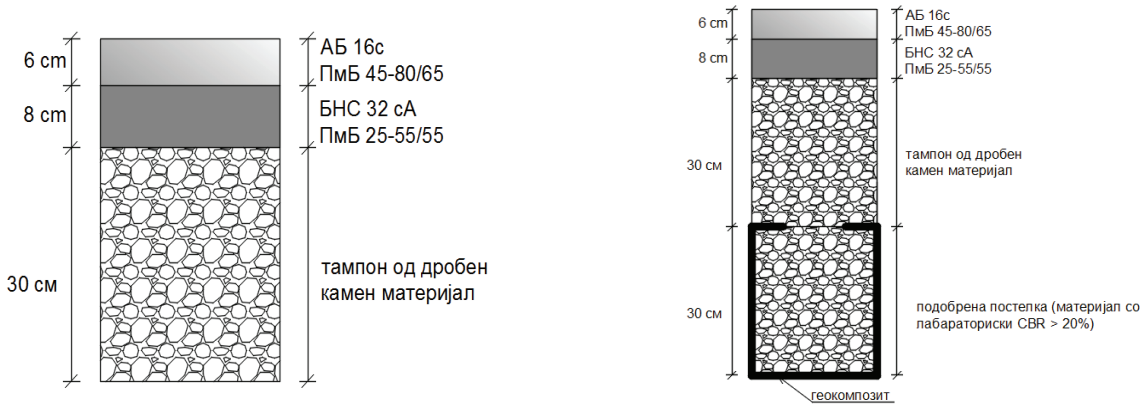
- Асфалт бетон со полимер битумен – АБ 16с - ПмБ 45-80/65.....d = 6,0 cm

- Битуменизиран носив слој – БНС 32сА - ПмБ 25-55/55.....d = 8,0 cm

- Тампонски слој од дробен камен материјал.....d = 30,0 cm

- Подобрена постелка (материјал со лабараториски CBR≥ 20%).....d = 30,0 cm

- Геокомпозит со кој се обвиткува подобрената постелка



Слика број 2. Карактеристични пресеци на коловозната конструкција за предметната делница за проектен период од 20 години
Извор: Основен проект реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци / Димензионирање на коловозна конструкција – Делница: Понов мост – влез во Богданци 0+000,00 – 4+833,33

На деловите каде ќе се прави проширување со цел да се добие изедначување на носивоста, предвидено е соодветно подобрување на матичното тло со неврзан чакалест материјал – подобрена постелка со дебелина од d=30cm и обвиткана во геокомпозит, имајќи во предвид дека основното тло е слабо носиво, како и во зоните каде насипот е со незадоволителни вредности за носивост со што се добива униформна средина со носивост под тампонот, бидејќи со класично подобрување ќе биде потребно поголеми количини на ископ и вградување на содветен материјал (Слика 3).

Покрај извршените пресметки за димензионирање по стандардите МКС У.Ц 4. 010 И МКС У.Ц 4. 012 направена е пресметка која е издадена од страна на Дирекцијата за патишта на БИХ во 2005 - СМЕРНИЦИ.

- **Одредување на просечните фактори на еквивалентност**

Проценката на факторот на еквивалентност FEv на просечно репрезентативно моторно возило се врши со помош на следниов израз:

FEv = S Fenom

– каде FEnom претставува фактор на еквивалентно влијание на стварното оскино оптоварување во однос на номиналното.
При одредување на сообраќајното оптоварување (тешки товарни возила) на крајот од проектниот период, користени се насоките за проектирање и градење на патишта издадени од Дирекцијата за патишта на БиХ во 2005 година кои се темелат на:

- ЈУС У.Ц4.010/81 (идентичен со МКС У.Ц4.010/81)
- AASHTO Interim Guide for design of pavement structures AASHTO/1974
- Road Note 29/197
- RstO 86/1989

- SNV 640 320/1971
- SNV 640 324/1971

Применетиот начин за одредување на сообраќајното оптоварување, во основа се базира на важечкиот стандард МКС У.Ц4.10/81, со извесни дополнувања со кои пореално се одредува вкупното сообраќајно оптоварување, како што се:

- мало зголемено оскино оптоварување на празно и целосно натоварено возило (10 – 30 kN), што е пореално ако се земе во предвид разликата на возилата произведувани до 1981 година и возилата денес, и начинот на искористување на делот од корисниот товар при целосно натоварено возило;
- распределба на празно, полунатоварено и целосно натоварено возило;
- користењето на дополнителни фактори на влијание зависни од широчината на коловозните ленти (Фшл) и од максималниот надолжен наклон на нивелетата (Фнн), што е пореална проценка на различното влијание на сообраќајното оптеретување за различни широчини на сообраќајните ленти и различни максимални наклони на нивелетата.

- **Табела 3 - Одредување на сообраќајното оптоварување**

Вид на возило	Број на возила	Фактор на еквивалентност	Број на премини
лесни товарни - К2	406	0,01	4,06
автобуси - К3	21	1,2	25,2
тешки товарни возила со приколка - К4	57	2	114
тешки товарни возила со три оски - К5	57	1,1	62,7
тешки товарни возила со повеќе од три оски - К6	265	0,4	106
		Td	311,96

- **Табела 4 - Фактори на влијание**

Фактор на распределба на сообраќајното оптоварување на сообраќајни ленти (Фсл)	0,5
Фактор на влијание од широчината на сообраќајните ленти (Фшл)	1,4
Фактор на влијание од подолжниот наклон на нивелетата (Фнн)	1.0
Фактор на зголемување на сообраќајно оптоварување (Фсо)	28

Во проектниот период на проширување (новоградба) коловозот ќе биде оптоварен со:

Тп = 365 х Тд х Фсл х Фшл х Фнн х Фсп = 365 х 311,96 х 0.50 х 1,4 х 1.0 х 28

Тп = 2.23 Е х 06 (премини на номинално оскино оптоварување, што претставува тешко еквивалентно сообраќајно оптоварување)

- **Потребната дебелина на основните слоеви за предвиденото сообраќајно оптоварување во проектниот период**

Согласно дијаграмот на страна 8 од МКС У.Ц4.012 за предвиденото собраќајно оптоварување Тп = 2,23Е х 06 и носивост на постелката од CBRmin.= 8% потребна е следната коловозна конструкција:

асфалтни слоеви со дебелина	см Da =	13,2
минимална дебелина на неврзан носив слој	см Dt =	30

Индексот D (см) за оваа коловозна конструкција изнесува:

13,2 х 0.38 + 30,0 х 0,11 = 8,32 потребно

- **Препораки за реконструкција**

Согласно подлогите за димензионирање и добиените потребни дебелини на слоевите, за реконструкција на предметната делница Р1109 потребно е следното:

- целосно отстранување на асфалтниот слој
- отстранување (ископ) на постоечкиот материјал до потребните коти
- изведба на подобрување на основото тло (подобрена постелка обвиткана во геокомпозит во зона на проширувањата), па изработка на насип, додека завршниот слој од насипот се изработува од подобрена постелка обвиткана во геомопозит
- изведба на нов тампонски слој од дробен камен материјал со дебелина од 30cm
- изведба на битуменизиран носив слој БНС 32сА - ПмБ 25-55/55 со d =8 cm
- изведба на абечки слој АБ 16с - ПмБ 45-80/65 со d = 6 cm

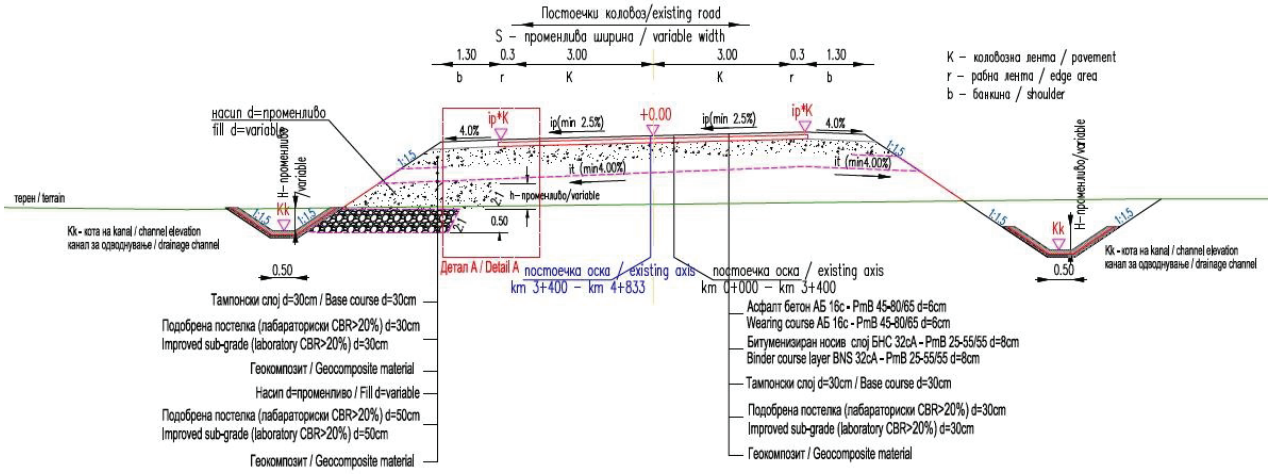
КОНТРОЛА

6x0.42+8x0.35+30x0.14=9.52> потребно 8.32

За превземање на предвиденото сообраќајно оптеретување коловозната конструкција ќе се состои од:

- **Абечки слој АБ 16с - ПмБ 45-80/65 со дебелина на слојот од 6 cm**
- **Битуменизиран носив слој БНС 32сА - ПмБ 25-55/55 со дебелина 8 cm**
- **Тампон од дробен каменит материјал со дебелина од 30 cm**
- **Подобрена постелка (материјал со лабараториски CBR≥ 20%) ..... d = 30,0 cm**
- **Геокомпозит со кој се обвиткува подобрената постелка**

Бидејќи пресметките покажуваат дека и по двата стандарди се добиваат исти дебелини на асфалтните слоеви, како финална коловозна конструкција за регионалниот пат е усвоено: тампон – дробен камен агрегат со d=30 cm, БНС 32сА - ПмБ 25-55/55 d=8cm, а на крајот асфалт бетон АБ 16с - ПмБ 45-80/65 d=6cm.



Слика број 3 – Типски попречен профил
Извор: Основен проект реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци / Реконструкција на траса – Делница: Понов мост – влез во Богданци 0+000,00 – 4+833,33

8 ПРОВЕРКА НА КОЛОВОЗНАТА КОНСТРУКЦИЈА НА МРЗНЕЊЕ

Длабочината на мрзнење за реонот каде е предвидено да се гради коловозната конструкција е Гевгелискиот регион и изнесува Hs = 50-70 cm, според дадената карта на реони за длабочина на мрзнење од ”Правилникот за димензионирање на горен строј на патишта од август 1975 година”.

Ds = Hs × 0.70 = (50 - 70) × 0.70 = (35.0 - 49.0) cm

Dкк = асфалт + тампон + подобрена постелка = 6+8+30+30 = 74 cm

Направена е контрола на коловозната конструкција од мрзнење и истата задоволува, односно по извршените пресметки може да се констатира дека усвоената дебелина на коловозната конструкција е отпорна на дејство на мраз при просечна зима да не дојде до пробивање на мраз низ коловозната кострукција, со препорака да материјалите кои се вградуваат во постелката и тампонот да се некохерентни и отпорни на мрзнење (согласно наведеното во постојните стандарди за овие материјали кои се употребуваат во Техничките услови како и МКС У.Б9.012, МКС У.Е1.012, МКС У.Е8.010 за постелката), притоа согласно USCS класификација да се употребуваат материјали со дијаметар поголем од 0,02 mm.

9 ЗАКЛУЧОК

- Вреднувањето и оптимизирањето на варијантите за типовите коловозни конструкции, е земено методолошки по редоследот на анализите и расположивите податоци, односно димензионирање на коловозната конструкција е согласно стандардите МКС УЦ.4 010 и МКС УЦ.4 012, како и пресметка по Смерници од БиХ, при што се третирани податоците за ПГДС со пресметано сообраќајно оптоварување, проектен период од 20 години, геомеханичките карактеристики на подлогата и застапените материјали, земајќи ги предвид и климатско - хидролошки услови (вклучувајќи и контрола на дејството на мразот врз коловозната конструкција);
- Бидејќи пресметките покажуваат дека и по двата стандарди се добиваат исти дебелини на асфалтните слоеви, како финална коловозна конструкција за регионалниот пат е усвоена конструкција со следните слоеви и димензии: тампон – дробен камен агрегат со d=30 cm, БНС 32сА - ПмБ 25-55/55 d=8cm, а на крајот асфалт бетон АБ 16с - ПмБ 45-80/65 d=6cm. На основ податоците за геомеханичките услови на застапените материјали, предвидено е подобрување со подобрена постелка обвиткана во геокомпозит во зона на проширувањата за постабилна и потрајна коловозна конструкција;
- При димензионирањето на коловозната конструкција, освен горенаведените МКС стандарди за димензионирање, применети се и меѓународни стандарди МКС ЕН 14023, EN 12591, МКС У.М3.020, МКС У.М3.022, МКС ЕН 13808, воедно согласно Техничките услови потребно е да се направи пробна делница со која се потврдува квалитетот на вградените материјали со методологија и технологија на изведување на работите;
- Во функција на постабилна и подолготрајна коловозна конструкција, применети се современи материјали како што се полимер битумени кај асфалтните слоеви, согласно барањата во стандардите во Техничките услови издадени од страна на ЈП за државни патишта како и меѓународно применливи;

10 ЛИТЕРАТУРА

[1] Основен проект реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци / Димензионирање на коловозна конструкција – Делница: Понов мост – влез во Богданци 0+000,00 – 4+833,33 (ГЕИНГ ДОО Скопје)

[2] Елаборат од геотехнички истражувања и лабораториски испитувања на ниво на Основен проект за реконструкција со проширување на регионален пат Р1109, делница Понов мост – Богданци

[3] "Податоци од броење на сообраќајот на магистралните и регионалните патишта во Република Македонија".

[4] "Технички услови за изградба на државни патишта (автопатишта, експресни, магистрални и регионални патни правци во Р.С. Македонија)", ЈПДП

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 4

КАРАКТЕРИСТИКИ НА КОНСТРУКЦИЈАТА НА ТРОТАРОТ СО ДОДАВАЊЕ НА СИНТЕТИЧКИ ВЛАКНА ВО АСФАЛТНИТЕ МЕШИНИ

CHARACTERISTICS OF PAVEMENT CONSTRUCTION WITH THE ADDITION OF SYNTHETIC FIBERS IN ASPHALT MIXTURES

Тошковиќ Ђорђе[1], Стефановиќ Сузана[2], Стојниќ Драган[3], Хаџи-Антиќ Синиша[4]
[1] Институт за путеве АД, Београд, Serbia, dj.toskovic@highway.rs
[2] Институт за путеве АД, Београд, suzana.stefanovic@@highway.rs
[3] Институт за путеве АД, Београд, d.stojnic@highway.rs
[4] Институт за путеве АД, Београд, s.hadzi-antic@ highway.rs

Апстракт

Мешавината од влакна што се користи во овој труд е направена од влакна базирани на арамид и полиолефин, познати по својата цврстина, издржливост и сврзувачки својства. Влакната се користат за подобрување на перформансите на различни асфалтни мешавини во однос на отпорност на трајни деформации, рефлектирачки пукнатини и пукнатини поради замор на конструкцијата на коловозот. По лабораториски испитувања, во октомври 2018 година е завршена пробна делница на делот од државниот пат И-А бр. 3, Државна граница со Хрватска - Белград, лента за возење. Во февруари 2022 година беа извршени мерења на носивоста на коловозната конструкција, евидентирање на пукнатини и длабочина на пробивање на пробната делница, со цел да се утврди ефектот од додавање влакна на асфалтот по период на експлоатација. Во трудот е прикажана специфична постапка на рационален проектен метод за флексибилна дебелина на коловозот зајакната со синтетички влакна за асфалтни слоеви во споредба со флексибилна конструкција на тротоар без арматура.

Клучни зборови

Синтетички влакна, деформација, пробен дел, хоризонтално истегнување напрегање, дизајн со дебелина на коловозот, асфалтна арматура

Abstract

The mixture of fiber used in this paper is made of fiber based on aramid and polyolefin, known for its strength, durability, and bonding properties. Fibers are used to improve the performance of different asphalt mixtures in terms of resistance to permanent deformation, reflecting cracks and cracks due to the fatigue of the pavement construction. After laboratory tests, in October 2018 a trial section was completed on the part of the state road I-A no. 3, State border with Croatia - Belgrade, driving lane. In February 2022, measurements of the bearing capacity of the pavement structure, recording of cracks, and rutting depth of the test section were carried out, in order to determine the effect of adding fibers to the asphalt after a period of exploitation. The paper shows a specific procedure of rational design method for flexible pavement thickness reinforced with synthetic fibers for asphalt layers in comparison to flexible pavement construction without reinforcement.

Key words

Synthetic fibers, deformation, trial section, horizontal tensile strain, pavement thickness design asphalt reinforcement

1. УВОД

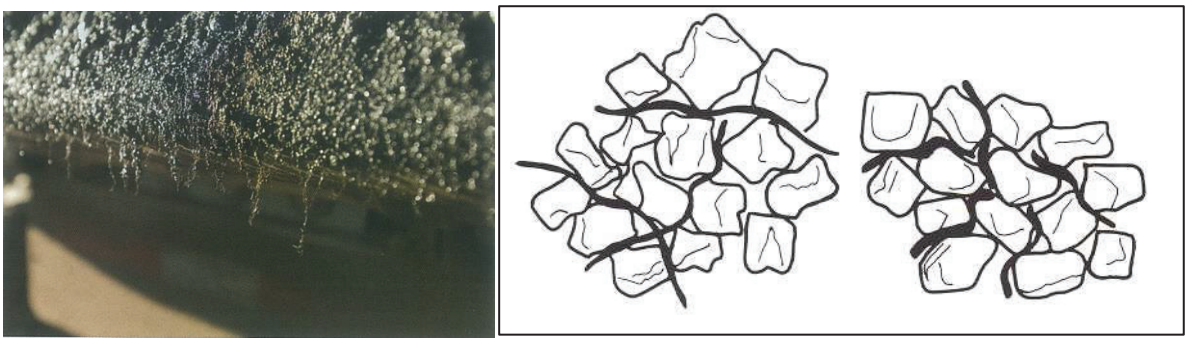
На основу климатолошких података доступних на сајту Републичког Хидрометерелошког Завода (http://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_godisnjaci) за период од 1949. до 2020. године, уочен је тренд пораста средњих месечних температура ваздуха у последњих 10 (20) година, што за резултат има повишену вредност меродавне температуре асфалтних слојева, па самим тим и смањење вискозитета асфалтних материјала у везном и хабајућем слоју. Услед све већег пораста саобраћајног оптерећења на саобраћајницама у Републици Србији, као и све неповољнијих климатских услова потреба за модификовањем постојећих материјала у коловозној конструкцији је све већа. Саобраћајним оптерећењем и климатским условима најизложенији су асфалтни слојеви, па самим тим и потреба за мерама модификовања је већа. Један од начина модификовања је примена влакана, чија је улога стварање тродимензионалне мреже унутар асфалтног слоја [2.] .

За потребе рада извршена је анализа постојећих резултата и искустава примене влакана у асфалтним мешавинама. Спроведено је испитивње узорака пробне деонице. Сви резултати из претходних испитивања асфалтних мешавина као и пробних деоница обрађени су у раду. На основу лабораторијских испитивања и доступне литературе извршено је димензионисање коловозне конструкције са применом влакана.

2. ОПШТИ ДЕО

Први документовани докази о ојачавању асфалта влакнима појавили су се раних 1950-их као један од начина за спречавање рефлектованих пукотина у асфалтним конструкцијама. Ако се правилно користе, укупни додатни трошкови за изградњу коловозне конструкције са додатком влакна своде се на цену самих влакана. Како се количина влакана од 0,5 kg/t асфалта додаје, може се закључити да додатни трошкови нису велики. Влакна која су примењена у овом раду су комбинација арамида и полиолефина. Арамид је жуте боје, а полиолефин сиве боје. При мешању са врелим асфалтом полиолефин се раствара у битумену, а влакна од арамида диспергују у минералној мешавини и формирају тродимензионалну структуру у асфалту. Количина влакана која се додаје у асфалтну мешавину износи 0,05%(m/m). При производњи асфалта са додатком влакана сем дужег времена мешања на асфалтној бази од 2-5 секунди, није потребна било каква промена производног процеса и уградње асфалта [5.].

Оштећења коловоза су најчешће резултат више фактора, укључујући ниво саобраћајног оптерећења, врсте оптерећења, климатских услова, карактерисктика компоненталних материјала и њихова интеракција. Најчешћа оштећења су појава трајне деформације - колотрага, пукотине услед замора коловоза и термичке пукотине. Један од начина смањења обима оштећења је примена модификоване асфалтне мешавине са влакнима. Улога влакана је стварање тродимензионалне арматуре у асфалту (слика 1) чија је улога побољшање повезаности зрна агрегата а самим тим и карактеристика асфалтне мешавине [4.]. Ова међусобна повезаност омогућава материјалу да издржи додатно напрезања пре него што дође до појаве пукотина или лома (слика 1).



Слика 1: Тродимензионална структура влакна у асфалту

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ АСФАЛТНИХ МЕШАВИНА СА ДОДАТКОМ ВЛАКАНА

3.1 Претходна испитивања асфалтних мешавина са додатком влакана

Сви резултати претходног испитвања асфалтних мешавина са додатком влакана обављена су од стране Лабораторије за асфалт, угљоводонична везива и хидроизолације, Института за путеве АД, Београд. Испитан је утицај додатка влакана на карактеристике асфалтних мешавине у односу на стандардне асфалтне мешавине са путним битуменом BIT 60 (B 50/70) или полимер-модификованим битуменом PmB 45/80-65. На овај начин стиче се увид на утицај влакана на асфалтне мешавине.

Сви компонентални материјали асфалтне мешавине (камено брашно, дробљени песак, агрегат, везиво), испитани су у складу са важећим стандардима и захтевима стандарда SRPS U.E4.014:90, за врло тешко саобраћајно оптерећење. У свим асфлатним мешавинама са додатком влакана додавано је 0,05% влакана на асфалтну мешавину, што је препорука произвођача влакана. Испитивање асфалтних мешавина обављено је на Маршаловим узорцима, справљаним у складу са SRPS EN 12697-35 и упутствима произвођача влакана [16.], и асфалтним плочама, справљаним уз помоћ компактора са ваљком, у складу са стандардом SRPS EN 12697-33. Температура при којој су сабијани узорци асфалтне мешавине са везивом B 50/70 и са влакнима је 150 ± 3°C док су се узорци са везивом PmB 45/80-65 сабијани на температури од 160 ± 3°C.

Како би се показао утицај влакана на карактеристике асфалтних мешавина вршено је упоредно испитивање узорака са и без додавање влакана. Гранулометријски састав и резултати испитивања асфалтних мешавина AB 11s са и без влакана дати су у табелама 1. и 2.

Табела 1. Гранулометријски састав асфалтне мепавине AB 11s

AB 11s	**0,09 mm**	**0,25 mm**	**0,71 mm**	**2,0 mm**	**4,0 mm**	**8,0 mm**	**11,2 mm**	**16,0 mm**
Пројектовано	**9,0**	**13,3**	**20,9**	**40,5**	**56,9**	**80,5**	**98,6**	**100**
SRPS U.E4.014:90	3 - 11	8 - 18	16 - 30	31 - 48	49 - 65	75 - 87	97 - 100	100

Табела 2. Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине АВ 11s са и без влакана

Карактеристике	Методе	Резултати испитивања		Критеријуми SRPS U.E4.014:90
		АВ 11s	АВ 11s + влакна	
Стабилност на 60°C, (kN)	SRPS EN 12697-34:13	10,3	10,8	**мин. 8,0**
Течење на 60 °C, (mm)		4,7	4,7	**-**
Однос стабилности и течења на 60°C, (kN/mm)		2,2	2,3	**мин. 2,2**
Шупљине у асфалтном узорку, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 t.13.5.3	5,0	5,0	**4,5 – 5,5**
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 t.13.5.5	72,7	73,0	**66 – 78**
Шупљине у мин. мешавини, % (v/v)	SRPS U.M8.093:67	18,4	18,5	**-**
Запреминска маса асфалтног узорка, (kg/m^3)	SRPS U.M8.081:67	2439	2454	**-**
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине, (kg/m^3)	SRPS U.M8.082:67	2568	2584	**-**
Оптималан садржај везива, (%)	SRPS U.E4.014:90	5,6	5,6	**-**
Пропорционална дубина колотрага, Rdair, (%)	SRPS EN 12697-22:12	5,16	3,80	**< 7,0**
Нагиб криве WTSair, mm/10^3 циклуса		0,055	0,032	**-**
Аксијална трајна дилатација (% mm/mm)	SRPS EN 12697-25: 12	0,2656	0,1938	**-**
Индиректна затезна чврстоћа у сувом стању на 25 ºC, (kPa)	SRPS EN 12697-23:12	1228,3	1349,4	**-**
Осетљивост на воду, најмањи однос индиректне затезне чврстоће ITSR (%)	SRPS EN 12697-12:18	18,9	17,6	**-**
Модул крутости асфалтних узорака (MPa)	SRPS EN 12697-26:12 aneks C	5840	6777	**-**
Број циклуса оптерећења до замора (N x 10^6) при хор. микродилатацији од 50x10^{-6} mm/mm	SRPS EN 12697-24:13 aneks E	1,868	18,710	**-**

На основу резултата лабораторијских испитивања асфалтних мешавина АВ 11s са и без додавања влакана може се констатовати да се додатком 0,05% влакана у асфалтну мешавину, остварују следећа побољшања:

- Повећање стабилности и односа стабилности и течења по Маршалу за приближно исте запреминске карактеристике асфалтне мешавине,
- повећање динамичког модула крутости асфалтне мешавине за 16 %,
- повећање отпорности асфалтне мешавине на трајну деформацију, отпорност на колотраге за 26 % и опит циклични притисак са спреченом бочном деформацијом за 27 %.
- повећање отпорности на замор асфалтне мешавине за 10 пута,
- повећање затезне чврстоће асфалтне мешавине за 10 %,
- већа индиректна затезна чврстоћа и мањи мањи пад индиректне затезне чврстоће асфалтне мешавине после дејства воде.

Гранулометријски састав и резулати испитивања асфалтних мешавина SMA 11 са B 50/70 + влакна и SMA 11 са PmB 45/80-65 дати су у табелама 3. и 4.

Табела 3. Гранулометријски састав асфалтне мепавине SMA 11

SMA 11	**0,063 mm**	**0,25 mm**	**0,71 mm**	**2,0 mm**	**4,0 mm**	**8,0 mm**	**11,2 mm**	**16,0 mm**
Пројектовано	**10,4**	**15,6**	**19,1**	**25,3**	**28,5**	**56,4**	**97,9**	**100**
Тех. услови 2009.	10 – 12	13 – 17	16 – 22	23 – 27	23 – 32	50 – 64	95 – 100	100

Табела 4. Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине SMA 11

Карактеристике	**Методе**		**Резултати испитивања**		**Критеријуми QCP CPL 2017***
			SMA 11 PmB	**SMA 11 B 50/70 + Влакна**	
Шупљине у асфалтном узорку, % (v/v)	SRPS EN 12697-8:19		4,1	4,5	**3,0 – 6,0**
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом, % (v/v)			77,0	75,1	**70 – 85**
Шупљине у мин. мешавини, % (v/v)			17,7	18,1	**-**
Запреминска маса асфалтног узорка, (Mg/m^3)	SRPS EN 12697-6:20		2421	2418	**-**
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине, (Mg/m^3)	SRPS EN 12697-5:19		2,524	2,532	**-**
Оптималан садржај везива, (%)	SRPS EN 12697-34:20		5,8	5,8	**-**
Дренирање везива (Scellenberg тест) (%)	SRPS EN 12697-18:17		0,08	0,06	**мах. 0,2**
Пропорционална дубина колотрага, PRDair, (%)	SRPS EN 12697-22:20		3,09	4,15	**мах. 5,0**
Нагиб криве WTS_{AIR}, мм/10^3 циклуса оптерећења			0,029	0,040	**-**
Модул крутости асфалтних узорака (MPa)	SRPS EN 12697-26:2018 aneks C	20°C	8375	6838	**-**
		30°C	3724	2846	

* Road rehabilitation and safety project (RRSP), Technical specificatin – QCP CPL 2017

На основу резултата лабораторијских испитивања асфалтних мешавина SMA 11, поредећи асфалтну мешавину са полимер-модификованим битуменом PmB 45/80-65 и мешавине са путним битуменом B 50/70 и додатком влакана, може се констатовати да се додатком 0,05% влакана у асфалтну мешавину, остварују следећи резултати:

- смањење динамичког модула крутости асфалтне мешавине између 18 и 24 %,
- смањење отпорности асфалтне мешавине на трајну деформацију посматрано према PRDair (Пропорционална дубина колотрага) са 4,15 % на 3,09 %, нагиб криве WTS је већи са мешавином са додатком влакана и износи 0,040 у односу на мешавину са полимер-модификованим битуменом где је нагиб 0,029 mm/103 циклуса оптерећења
- влакна повољно утичу на дренирање везива, вредност “Scellenberg” тест је применом влакна смањена са 0,08 на 0,06.

3.2 Пробна деоница асфалтне мешавине АВ 16s са додатком влакана

Након обављених лабораторијских испитивања утицаја влакана на карктеристике асфалтних мешавина потребно је верификовати добијене резултате са онима из пробне деонице. Израда пробне деонице обаљена је 25.10.2018., при повољним временским условима, на деоници државног пута I-А реда бр. 3 државна граница са Хрватском гранични прелаз Батровци - Београд, десна саобраћајна трака, возна трака, од стационаже км 73+100. Примењена је асфалтна мешавина типа АВ 16s за врло тешко саобраћајно оптерећење дебљине слоја 5 cm. Гранулометријски састав и карактеристике асфлатних мешавина АВ 16s са и без додавања влакана дате су у табелама 5. и 6.

Табела 5. Гранулометријски састав асфалтне мепавине АВ 16s

АВ 11s	**0,09 mm**	**0,25 mm**	**0,71 mm**	**2,0 mm**	**4,0 mm**	**8,0 mm**	**11,2 mm**	**16,0 mm**	**22,4 mm**
Мешавина	**8,5**	**11,7**	**17,7**	**30,8**	**43,7**	**66,0**	**77,6**	**100**	**100**
SRPS U.E4.014:90	3 - 10	8 - 17	15 - 28	27 - 43	40 - 56	60 - 75	74 - 86	97 - 100	100

Табела 6. Физичко-механичке карактеристике асфалтне мешавине АВ 16s

Карактеристике	**Методе**	**Резултати испитивања**		**Критеријуми SRPS U.E4.014:90**
		АВ 16s	**АВ 16s + влакна**	
Стабилност на 60°C, (kN)	SRPS EN 12697-34:13	10,5	11,0	**мин. 7,0**
Течење на 60 °C, (mm)		4,5	4,6	**-**
Однос стабилности и течења на 60°C, (kN/mm)		2,3	2,4	**мин. 2,0**
Шупљине у асфалтном узорку, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 t.13.5.3	5,6	5,7	**3,5 – 6,5**
Шупљине у минералној мешавини испуњене везивом, % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 t.13.5.5	66,9	66,4	**64 – 80**
Шупљине у мин. мешавини, % (v/v)	SRPS U.M8.093:67	17,0	17,1	**-**
Запреминска маса асфалтног узорка, (kg/m^3)	SRPS U.M8.081:67	2435	2430	**-**
Привидна запреминска маса асфалтне мешавине, (kg/m^3)	SRPS U.M8.082:67	2580	2578	**-**
Запреминска маса узорка из коловоза, (kg/m^3)	SRPS U.M8.092:66	2451	2431	
Шупљине у уграђеном слоју % (v/v)	SRPS U.E4.014:90 t.13.5.5	5,0	5,7	**3,0 – 8,0**
Уваљаност уграђеног слоја (%)	SRPS U.E4.014:90; t.13.5.6	100,7	100,0	**мин. 97**
Садржај везива у асф. мешавини (%)	SRPS EN 12697-1:13	4,8	4,8	-
Пропорционална дубина колотрага, Rdair, (%)	SRPS EN 12697-22:12	3,48	2,37	**< 7,0***
Нагиб криве WTSair, $mm/10^3$ циклуса оптерећења		0,038	0,072	**-**
Индиректна затезна чврстоћа у сувом стању на 25 ºC, (kPa)	SRPS EN 12697-23:12	965,1	1061,9	**-**
Осетљивост на воду, најмањи однос индиректне затезне чврстоће ITSR (%)	SRPS EN 12697-12:18	12,8	9,3	**-**
Модул крутости асфалтних узорака (MPa)	SRPS EN 12697-26:12 aneks C	4056	4801	**-**
Број циклуса оптерећења до замора (N x 10^6) при хор. микродилатацији од 50x10^{-6} mm/mm	SRPS EN 12697-24:13 aneks E	0,494	3,126	**-**

На основу резултата лабораторијских испитивања на асфалтним узорцима из коловоза, асфалтних мешавина AB 16s, поредећи асфалтну мешавину са стандардним путним битуменом BIT 60 (B 50/70) и мешавине са додатком влакана, може се констатовати да се додатком 0,05% влакана у асфалтну мешавину, остварују следећа побољшања:

- повећање динамичког модула крутости асфалтне мешавине за 18 %,
- повећање отпорности асфалтне мешавине на трајну деформацију (отпорност на колотраге) за 33 %,
- повећање отпорности на замор асфалтне мешавине за 6 пута,
- повећање затезне чврстоће асфалтне мешавине за 10 %,
- већа индиректна затезна чврстоћа и мањи пад индиректне затезне чврстоће асфалтне мешавине после дејства воде.

4. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПРИМЕНОМ АРАМИДНО-ПОЛИОЛЕФИНСКИХ ВЛАКАНА ЗА АРМИРАЊЕ АСФАЛТА

Доказани учинак применом влакана у асфалтним слојевима, односи се на повећење вредности дозвољене хоризонталне дилатације затезања асфалтног слоја након 10^6 циклуса оптерећења Epsilon 6 (на 10°C и фреквенцији од 25 Hz), за 20 - 40%, што у коначном за резултат има дужи животни век коловозног застора. Код испитивања динамичког модула, мешавина са оптималним садржајем влакана показала је веће вредности модула еластичности-крутости за 20 - 30% од референтних вредности класичних асфалтних мешавина.

4.1 Поступак димензионисања

Поступак рационалног димензионисања коловозних конструкцијаима применом и влакана за армирање асфалта који ће овде бити презентован, не упуштајући се у суштину и објашњење појаве замора материјала и појаве платичних деформација, има за циљ да ближе појасни структурну анализу коловозне конструкције применом савременог аналитичког поступка према методологији LCPC-Setra [1. и 5.]. Провера конструкције на замор, врши се поређењем стварних деформација од оптерећења које се понавља, са допуштеним. Допуштене деформације срачунате су из криве замора за задати (пројектовани) број понављања оптерећења. Основни критеријум за димензионисање је хоризонтална дилатација затезање у доњем влакну битуменом везаних слојева. Прекорачење допуштене хоризонталне дилатације изазива пукотине у битуменом везаном слоју. Не улазећи подробно у објашњавање овог начина прорачуна, наводе се само неопходне основне претпоставке на којима се програм заснива, ради правилног тумачења резултата које компјутерски програм даје. Полазне претпоставке су:

- Коловозна конструкција се третира као вишеслојни еластични систем
- Коловозна конструкција се састоји од више хоризоналних слојева, сваки сталне дебљине изузев постељице која је полубесконачна
- У хоризонталном правцу сви слојеви су неограничени
- Сви слојеви су од хомогеног и изотропног материјала са својим сталним механичким карактеристикама
- Важе линеарне везе између напона и деформација
- Сви материјали су еластични

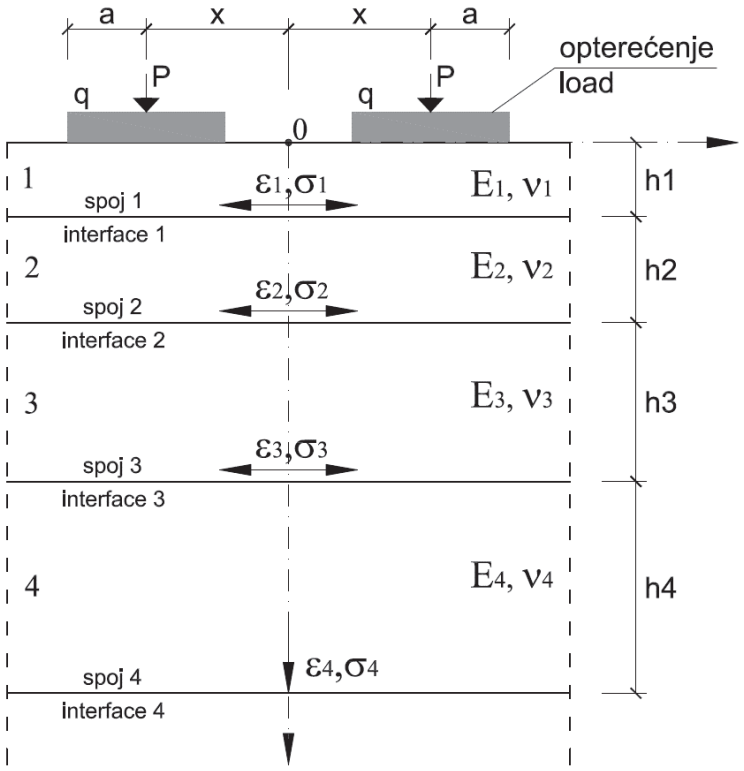
Као улазни подаци потребни за прорачун задају се:

- Број слојева, њихове дебљине и карактеристике материјала (E и ν) за сваки слој
- Карактер контакта (трења) између слојева (добар, осредњи, лош)
- Карактеристике оптерећења (P,q), радијус кружне површине преко које се оптерећење преноси на конструкцију (a), растојање кружних површина (код дуплог точка - x)
- Кординате нападних тачака резултанти од оптерећења

Резултат прорачуна помоћу компјутерског програма "LCPC-Alize" који се даље користе у провери конструкције, је:

- Напони и деформације у задатој тачки било ког слоја

Схематски приказ проверених напона и дилатација (Ɛ и σ) приказан је на наредној слици.



Слика 2: Схематски приказ проверених напона и дилатација у коловозној конструкцији

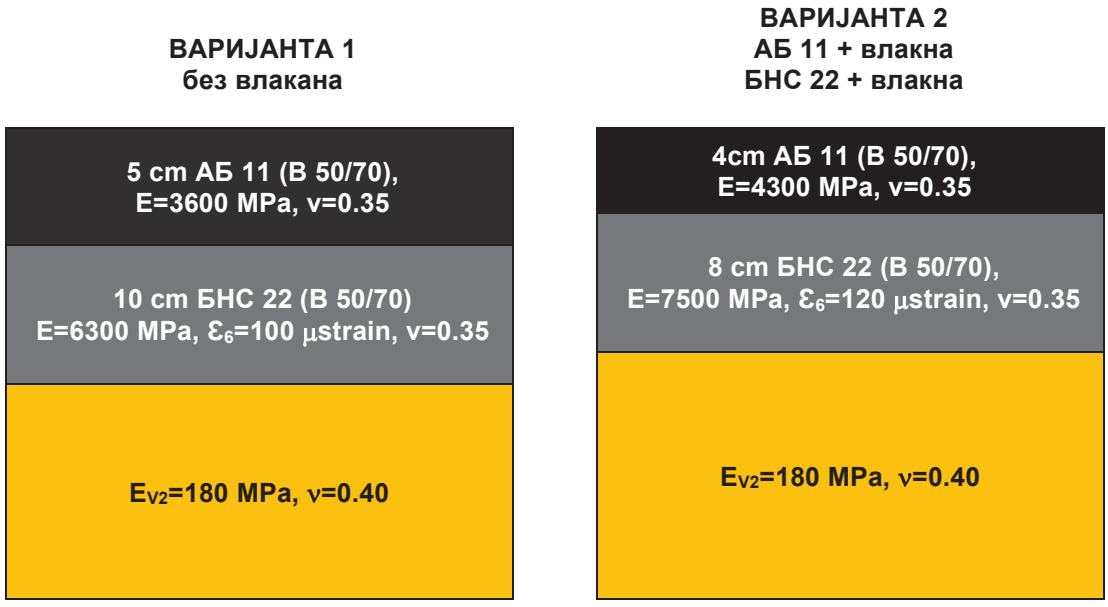
4.2 Пример димензионисања

У наредном примеру на конкретном случају нове коловозне конструкције биће објашњен поступак рационалног димензионисања применом влакана за армирање асфалта. Карактеристике материјала (E и ν) из слојева коловозне конструкције (тампон, асфалтни застор) усвојени су узимајући у обзир досадашњу инжењерску праксу, физичко-механичке карактеристике (лабораторијска и/или in situ испитивања) и реално очекиваних параметара за предметне материјале. Полазне претпоставке су:

- Пројектована носивости невезане подлоге од каменог агрегата постељице исказана модулом деформације износи E_{V2}=180MPa
- Вредност меродавне температуре асфалтних мешавина износи Teff=20°C
- Вредности модула елатичности-крутости асфалтног слоја употребом влакана увећане су за 15 % и 20%, при температури асфалтне мешавине од 10°C и 20°C, респективно у односу на референтну вредност
- У односу на симулациони механички модел претпостављен је добар контакт између слојева коловозне конструкције

Математички модел предвиђа анализу флексибилне коловозне конструкције са невезаним слојема од дробљеног каменог агрегата и асфалтним застором у два слоја (ВАРИЈАНТА 1) и анализу решења уз примену влакана за армирање у оба асфалтна слоја (ВАРИЈАНТА 2). Тачност улазних података за прорачун и полазне претпоставке на којима се компјутерски програм "LCPC-Alize" заснива резултат су идеализације.

Другачије полазне претпоставке (носивост невезане подлоге, температура асфалта, карактеритике меродавних слојева) дале би другачије вредности рачунске трајности коловозне конструкције. Параметри вишеслојног еластичног система (дебљина слојева, E, ε_6, ν) су следећи:



Слика 3: Математички модел коловозне конструкције - Варијанта 1 и Варијанта 2

Прорачун напона и дилатација је извршен за оптерећење од стандардне осовине од 80 kN које се преноси у 4 тачке, у складу са карактеристикама оптерећења стандардне осовине (два точка са оптерећењем од 20 kN сваки). Резултат прорачуна приказан је наредним сликама и у табели.

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation
- data Structure : direct input, no name
- title of the study VARIJANTA 1

- load data :
  - special dual-wheel (not the French standard one), weight 039.998 kN
  - vertical pressure : 0.5774 MPa
  - contact radius : 0.1050 m
  - dual-wheel spacing: 0.3150 m

units: m, MN and MPa; strains in µstrain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
			surface (z=0.000)		
th= 0.050 m Yg= 3600.0 MPa	0.000m	55.2	0.433	-19.4	0.574
nu= 0.350	0.050m	23.1	0.273	51.0	0.492
			bonded (z=0.050m)		
th= 0.100 m Yg= 6300.0 MPa	0.050m	23.1	0.467	14.5	0.492
nu= 0.350	0.150m	-127.1	-1.069	120.0	0.078
			bonded (z=0.150m)		
th. infinite Yg= 180.0 MPa nu= 0.400	0.150m	-127.1	0.018	340.9	0.078

Maximal deflection =23.8 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =424.2 m (dual-wheel center)

Слика 4: Прорачун напона и дилатација - Варијанта 1

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation
- data Structure : direct input, no name
- title of the study VARIJANTA 2

- load data :
  - special dual-wheel (not the French standard one), weight 039.998 kN
  - vertical pressure : 0.5774 MPa
  - contact radius : 0.1050 m
  - dual-wheel spacing: 0.3150 m

units: m, MN and MPa; strains in µstrain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
			surface (z=0.000)		
th= 0.040 m Yg= 4300.0 MPa	0.000m	53.2	0.539	-55.9	0.574
nu= 0.350	0.040m	33.2	0.305	23.5	0.490
			bonded (z=0.040m)		
th= 0.080 m Yg= 7500.0 MPa	0.040m	33.2	0.526	-6.8	0.490
nu= 0.350	0.120m	-144.6	-1.466	136.8	0.097
			bonded (z=0.120m)		
th. infinite Yg= 180.0 MPa nu= 0.400	0.120m	-144.6	0.026	411.1	0.097

Maximal deflection =26.8 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =325.4 m (dual-wheel center)

Слика 5: Прорачун напона и дилатација - Варијанта 2

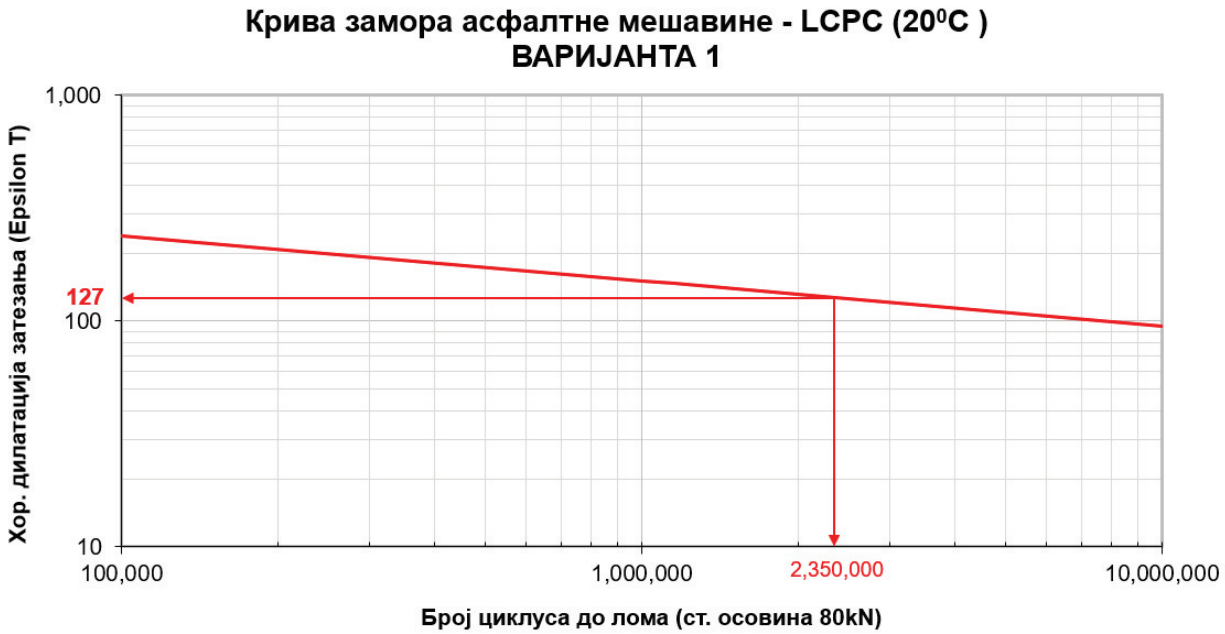
Табела 7. Хоризонтална дилатација затезања у доњем влакну битуменом везаних слојева

Параметар	Јед.	Варијанта 1	Варијанта 2
Хоризонтална дилатација затезања (EpsilonT)	μstrain	127.1	144.6

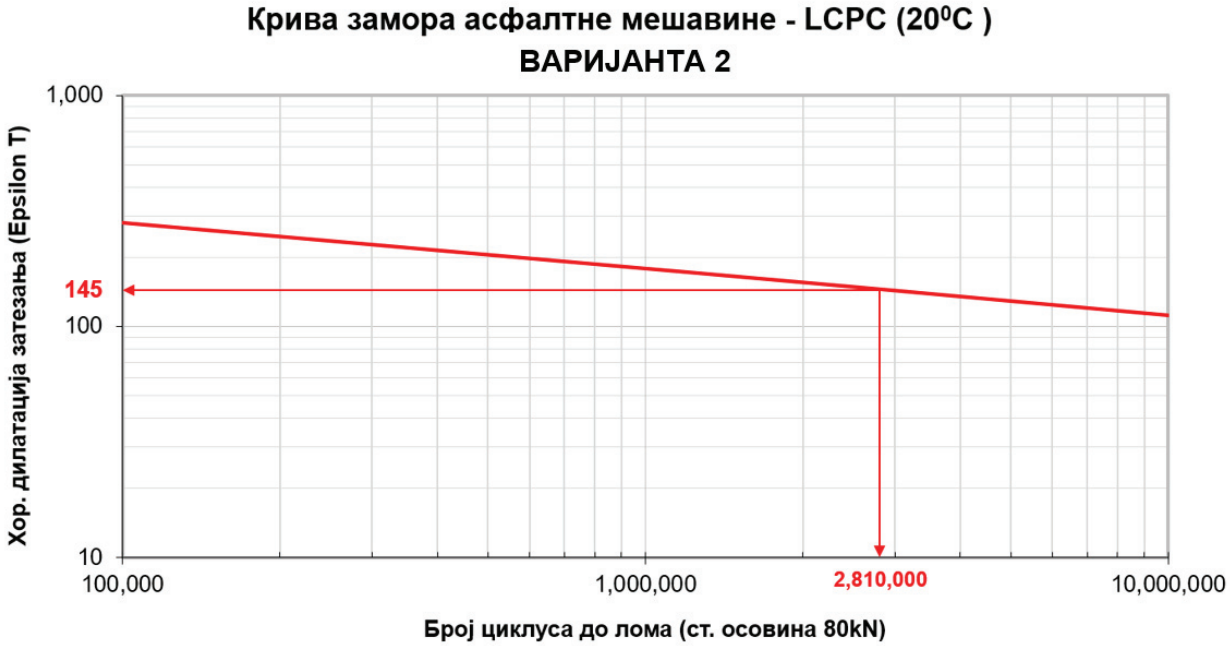
Основни критеријум за прорачун трајности предметних коловозних конструкција је хоризонтална дилатација затезања у доњем влакну битуменом везаних слојева (EpsilonT), и базиран је на концепту LCPC-Setra лабораторије. Улазни параметри за прорачун дозвољене дилатације затезања су:

- Деформација затезања након милион циклуса понављања оптерећења у складу са условима дефинисаним у лабораторији за битуменизирани носећи слој БНС 22 (на 10°C и фреквенцији од 25 Hz), ε_6 =100 μstrain
- Усвојена вредност дилатације затезања (Epsilon 6) асфалтног слоја (БНС-а) уз употребу арамидно-полиолефинских влакана увећана је за 20 % у односу на референтну вредност (ε_6 =120 μstrain)
- Нагиб криве замора битуменом везаних материјала β = -1/b = 5
- Коефицијент за транспоновање резултата испитивања замора битуменом везаних материјала у складу са условима дефинисаним у лабораторији (на 10°C и фреквенцији од 25Hz), K_θ=1.40 (Teff=20°C)
- Коефицијент корекције дозвољене деформације затезања битуменом везаних материјала у складу са носивошћу постељице, Ks=1/1.0 (за носивост невезане подлоге E_{V2}=180MPa)
- Коефицијент корекције у односу на дисперзију резултата тестова замора и промену дебљине носећег слоја од битуменом везаних материјала, Kr=0.830 (d≤10cm, ст.девијација SN=0.3 (замор) и Sh=1.0 (дебљина), ризик=10% за случај тешког саобраћајног оптерећења), односно Kr=0.885 (d≤10cm, ст.девијација SN=0.3 (замор) и Sh=1.0 (дебљина)
- Коефицијент корекције за битуменизирани носећи слој типа BNS, Kc=1.3

Приказ криве замора асфалтне мешавине (билогаритамска опадајућа функција) према концепту LCPC-Setra лабораторије коришњене за прорачуна трајности у поступку рационалног димензионисања динамички оптерећене коловозне конструкције (неармиране и армиране влакнима) дат је на наредним дијаграмима.



Слика 6: Крива замора асфалтне мешавине - Варијанта 1



Слика 7: Крива замора асфалтне мешавине - Варијанта 2

За потребе упоредне анализе **Варијанти 1 и 2,** усвојено меродавно саобраћајно оптерећење (у 10-то годишњем експлоатационом прериоду) једнако је рачунској трајности (животном веку) од **2.0 x 10^6 прелаза стандардних осовина од 80 kN (категорија тешког саобраћајног оптерећења према JUS U.C4.010).**

Резултат прорачуна хоризонталне дилатације затезања и прорачун трајности пројектованих коловозних конструкција (изражен бројем прелаза стандардних осовина од 80kN) са и без примене влакана (у АВ-у и BNS-у) приказан је у наредној табели.

Табела 8. Рачунска трајност коловозне конструкције - Варијанта 1 и 2

Параметар	Јед.	Варијанта 1 (неармирана)	Варијанта 2 (армирана)
Дебљина АВ 11	cm	5	-
Дебљина АВ 11 + Влакна		-	4
Дебљина BNS 22		10	-
Дебљина BNS 22 + Влакна		-	8
Укупна дебљина асфалтних слојева		15	12
Хоризонтална дилатација затезања	μstrain	127.1	144.6
Епсилон 6	μstrain	100	120
Животни век преко броја прелаза ст. осовине	80 kN	$2.35x10^6$	$2.81x10^6$
Усвојени 10-то годишњи животни век преко броја прелаза ст. осовине		2.0×10^6	
Рачунска трајност (животни век) у годинама експлоатације	**год.**	**11**	**13**

На основу срачунатог животног века варијантних решења, закључујемо да армирањем асфалтног слоја влакнима можемо продужити животни век асфалтног застора уз смањење дебљине истог.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу свих наведених резултата лабораторијских испитивања асфалтних мешавина АВ 11s, SMA 11 и асфалтне мешавине АВ 16s из пробне деонице, закључује се да применом влакана добија се асфалт унапређених карактеристика. Волуметријске карактеристике су непромењене са применом влакана што показује да влакна не утичу на оптимални садржај везива. Са становишта физичко-механичких и динамичких карактеристика асфалт са додатком влакана у односу на мешавину са путним битуменом В 50/70 има веће модуле крутости, бољу отпорност на појаву колотрага и отпорност на замор. Осетљивост на воду, пад индиректне затезне чврстоће, не показује значајан утицај влакана. „Scellenberg“ - овим тестом показано је да додавање влакана повољно утиче на дренирање везива у SMA 11 мешавини.

На основу приказаног можемо закључити да правилном (оптималном) применом арамидно-полиолефинских влакана за армирање асфалта можемо продужити животни век асфалтног застора (коловозне конструкције) уз смањење дебљине истог. Не треба заборавити напоменути да је ефикаснија примена влакна за армирање у оба асфалтна слоја јер тиме се остварује већи допринос (учинак) асфалтног застора приликом расподеле оптерећења.

Све наведено не искључује да, пре било какве одлуке о употреби влакана, се спроведе испитивање и анализа свих утицајних фактора, на темељу којих ће се дефинисати оптимално пројектно решење уз употребу влакана за армирање асфалта. Треба напоменути да је за даља испитивања ефеката употребом влакана за армирање

асфалта неоходно успоставити систем континуираног праћења понашања асфалтног застора (армираног влканима) након уградње (ОЦЕНА СТАЊА - оцена ефеката), као и подстаћи примену поступка рационалног димензионисања коловозних конструкција уз употребу влакана за армирање асфалта.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] User manual, ALIZE-LCPC Software, version 1.3. (2011), LCPC/SETRA

[2] P. Mondschein (2011) „Laboratory performance assessment of fiber reinforced asphalt mixes“ 5th INTERNATIONAL CONFERENCE BITUMINOUS MIXTURES AND PAVEMENTS Thessaloniki, Greece, 1-3 June 2011

[3] French design manual for pavement structures-Guide technique (1997), LCPC/SETRA, Paris

[4] „Effect of FORTA-FI three-dimensional reinforcement on the properties of compacted asphalt mixtures“ Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague, Department of Road Construction, Thákurova 7, 166 29, Prague 6 - (2010)

[5] [Waleed Zeiada, Ph.D. (2014) „RESULTS SUMMARY OF FORTA PROJECTS“ School of Sustainable Engineering and the Built Environment Department of Civil, Environmental, and Sustainable Engineering Arizona State University, Tempe, AZ 85287-5306

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
Т5 – 5

ВЛИЈАНИЕ НА ЕГЗОГЕНИТЕ ПРОЦЕСИ НА СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИТЕ, АВТОПАТ МИЛАДИНОВЦИ-ШТИП

INFLUENCE OF EXOGENE PROCESSES ON THE STABILITY OF SLOPES, MILADINOVCI-SHTIP HIGHWAY

Ванчо Ангелов[1], Ласте Ивановски[2], Орце Петковски[3], Елена Ангелова[4]
[1]дипл.инж.геолог, ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ Скопје, Р. С.Макединија, vane.geohidro@gmail.com
[2]дипл.инж.геолог, ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ Скопје, Р. С.Макединија, laste.geohidro@gmail.com
[3]дипл.инж.геолог, ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ Скопје, Р. С.Макединија, orce.geohidro@gmail.com
[4]дипл.инж.геотех, ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ Скопје, Р. С.Макединија, elena.geohidro@gmail.com

Апстракт

Познато е дека најголеми проблеми кај косините по изградба на патиштата се јавуваат токму како последица на егзогените процеси. Нивното влијание на изработените косини најчесто изразено преку дејство на површинската вода, промена на температурата (мрзнење, одмрзнување), дејство на сонцето, ветерот и сл. може да доведе до појава на ерозија, јаружење, осипување, одрони, свлечишта и други слични појави. Затоа е неопходно егзогените процеси секогаш, да се земат во предвид при планирање и проектирање на капитални градежни објекти, а особено од сообраќајната инфраструктура. Овој труд претставува детален осврт на егзогените процеси кои се доста изразени и имаат големо влијание на чести појавувања на нестабилности на завршените косини на усеците на автопатот Миладиновци - Штип кој е во неколкугодишна експлоатација. Поради оскудната вегетација на површината на теренот егзогените процеси биле изразени и пред изградба на патот. По изградбата на патот тие уште повеќе се изразени на формираните косини на усеците бидејќи истите се пострмни од претходните морфолошки, рељефни форми. Треба да се нагласи дека теренот главно е изграден од еоценски, миоценски и плиоценски седименти во чиј склоп постојат материјали кои се несврзани или слабо сврзани и лесно подложни на површинско распаѓање и испирање на косините.

Клучни зборови

Егзогени процеси, јаружење, косина, одронување

Abstract

It is known that most of the problems of slopes after road construction appear as a result of the exogeneous processes. Their influence on the constructed slopes mostly represented by the action of precipitation, temperature oscillations (freezing, thawing), sun, wind action etc. can result in appearance of erosion, rilling, talus creation, rockfalls, landslides and other similar phenomena. Therefore, it is necessary that the exogenous processes are always considered while planning and designing of major civil engineering structures, especially for the road infrastructure. This paper presents a detailed overview of the exogeneous processes which are significantly pronounced and have a major impact on frequent appearance of instabilities of the completed cut slopes on the highway Miladinovci – Shtip which is in exploitation for several years. Due to rare vegetation on the ground surface the exogeneous processes were pronounced also before the road construction. After the road construction they are even more pronounced on the formed cut slopes because they are steeper than the previous morphologic, relief shapes. It should be pointed out that the the terrain is mostly composed of Eocene, Miocene and Pliocene sediments in which setting there are materials which are unbound or low bound and easily susceptible to surficial weathering and slope washing.

Key words

Exogeneous processes, rilling, slope, rockfall

ВОВЕД

На современото проучување на егзогените процеси и појави се посветува големо внимание, што има големо научно и практично значење. Ова овозможува подобра проценка на условите за изградба на сите градежни и инфраструктурни објекти. Кога се изразени егзогените процеси, на косините на усеците на патот особено, оние кои не се заштитени од површинска ерозија, може лесно и брзо да се појават одредени испирања на материјалот, одронувања или пак свлекувања на поголеми или помали количини на материјал кон трупот на патот. Значителен дел од автопатот Миладиновци-Штип, а особено делницата Миладиновци-Свети Николе е изграден во ридчест терен, каде поради одредени поволни фактори падинските егзодинамички процеси се доста изразени. Овие процеси се јавуваат пред сè поради оголеност на теренот, геоморфолошките, геолошките, структурно-тектонските, хидрогеолошките и инженерско-геолошките карактеристики на теренот. Во поново време егзогените процеси имаат поголем интензитет како резултат на антропогените процеси (дејноста на човекот) односно, изградба на автопатот (засеци, усеци, мостови и сл.).

Врз основа на напред изнесеното, во склоп на истражувањата потребно е да се земат во преден план и егзогените процеси на косините и подетално да се проучуваат. Може да се даде една општа констатација дека при градење на инфраструктурни објекти, а особено во падински релјефни форми често се јавуваат нестабилности на изведените косини токму поради недоволно познавање и занемарено внимание на природата на поединиите процеси, игнорирање на препораките и сугестиите по истражувањата или пак погрешно предвидување на аголот на косината формирана по градежната активност.

1 ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ДЕЛНИЦАТА МИЛАДИНОВЦИ - СВЕТИ НИКОЛЕ

Во периодот на 2011 година за патниот правец Миладиновци - Штип (делница Миладиновци - Свети Николе: km 0+000.00 - km 26+537.85) на ниво на Основен проект, изработен е Елаборат од изведените геотехнички истражувања и испитувања.

Истражуваната делница почнува од с. Миладиновци во правец кон р. Пчиња – меѓу Средно и Горно Коњаре, јужно од с. Сушица, продолжувајќи кон Свети Николе, каде истата и завршува. Теренот во геоморфолошки смисол најмногу се одликува со рамничарско-ридски (падински) релјеф, со варијабилен природен наклон на падините. Трасата скоро по целата своја должина минува низ ридски (падински) релјеф, со исклучок на зоната на река Пчиња каде е долински, а во реонот на Свети Николе рамничарски. Теренот е испресечен со суводолици и јаруги, што се должи на геоморфолошките, геолошките и структурно-тектонските карактеристики на теренот.

Факторите кои влијаат на формирањето и состојбата на падините по својата природа се од различен карактер кои се многу динамички, а пред сè зависат од општите геолошки услови. Падините кои претставуваат природни косини на теренот, се морфолошки елемент на релјефот односно, тоа се издигнати делови на теренот од вододелниците до локалниот гравитационен базис со различна должина, стрмнина и градба. Распаѓањето на карпестите маси под дејство на егзогените процеси и падинските процеси секогаш се во тесна врска и временски се регулираат едни со други.

Генерално, може да се констатира дека материјалот од кој е изграден овој терен е подложен на интензивна ерозија, како линиска така и површинска. Ерозивноста на овие седименти е поизразена и поради нивната хетерогеност и во одредени партии послаба дијагенизираност. Морфологијата на теренот во голема мера ги предусловува и решенијата за изведба на вијадукти, мостови, усеци, насипи и останати објекти за избраната траса на автопатот.

По должина на трасата на автопатот се забележуваат повеќе литогенетски единици, кои не само што имаат различна геолошка старост, туку и различни својства и значење за изведба на објектите на трасата. Како карактеристични за изведба на усеци се издвојуваат еоценските, миоценските и плиоценските седименти.

Основата на теренот каде минува трасата на автопатот ја сочинуваат *еоценските флишни седименти*. Изградени се од песочници и конгломерати кои се сменуваат меѓусебно, а се појавуваат во вид на слоеви и банци. Еоценските флишни седименти имаат разноличен состав: од стационажа на km 5+223 - km 5+306 констатирани се конгломерати, песочници и глинци, од стационажа km 5+306 - km 10+223 главно се изградени од песочници и глинци, а поретко конгломерати и лапорци кои се сменуваат меѓусебно. На површината на теренот, а и по самите косини одредени места се зафатени со рецентни процеси на испирање и атмосферски влијанија. Со изведените истражни дупнатини, а особено со изведба на усеците, во длабина се потврдени песочниците и глинците, при што може да се констатира дека одделните членови од еоценскиот флишен комплекс често се сменуваат во просторот. На површината на теренот флишните седименти како и останатите литолошки членови биле подложни на физичко-механичко распаѓање под влијание на егзогените влијанија (атмосферски врнежи, мрзнење - одмрзнување и други фактори), како резултат на што се создадени делувијални и пролувијални творби.

Миоценски седименти претставуваат теригено езерска фација чии седименти се главно слабо сврзани или несврзани. Изградени се од црвеникави глини, сиво зелени лапорци, сиви песоци и песочници, со прослојци од слабо сврзани конгломерати. Констатирани се на потегот со стационажа km 10+223 - km 18+152. Поединиите членови од миоценскиот комплекс често се сменуваат како во хоризонтален така и во вертикален правец. На површината на теренот, миоценските флишни седименти главно се изградени од слабо врзани конгломерати кои се подложни на процесите на физичко-механичко распаѓање, површинско испирање и јаружање, како резултат на што се создадени делувијалните и пролувијалните творби, помали јаруги и долови.

Плиоценски седименти се констатирани од почетокот на трасата, па сè до стационажа km 4+172 и истите се изградени од глини, песоци и чакали, како и нивни мешавини. Овој комплекс обично се карактеризира со добра збиеност. Во плиоценските седименти карактеристична е честата промена на составот, како во хоризонтален, така и во вертикален правец, односно има честа промена на глиновити, песокливи и чакалести слоеви.

2 НАЧИН НА ИЗВЕДБА И НАКЛОНИ НА КОСИНИТЕ

Оваа делница е изградена во поновата историја на нашата држава, согласно предвидени наклони на косини со Основен Проект, во плиоценски седименти со наклон 1v:1h, во миоценски и еоценски седименти и наклон 2v:1h, а со цел за помала експропријација на просторот. Во наредната табела се дадени проектираните наклони на косини, висина и ширина на берма, технологија на ископ и заштитата на косините на усеците.

Табела 1. Геотехнички услови за изведба на усеци

Литологија и стационажа [km]	Наклон на косина		Висина на берма [m]	Ширина на берма [m]	Категорија на ископ GN 200	Технологија на ископ и заштита на косини
	Лева	Десна				
Плиоценски седименти 0+350 – 2+950	1:1	1:1	6.0 – 8.0	4.0	III → IV	Машински ископ со слабо риперување, заштита со вегетација или геосинтетици

Еоценски флиш 2+950 – 10+200	2:1	2:1	8.0 – 10.0	3.0	V	Машински ископ со тешко риперување во комбинација со минирање, по потреба заштита со патарска мрежа и локално кавање на блокови
Миоценски седименти 10+200 – 18+150	2:1	2:1	8.0	3.0	IV	Машински ископ со риперување и минимално минирање, по потреба заштита со патарска мрежа, кавање и антиерозивни мерки
Миоценски седименти 15+630 – 16+010	1:1	1:1	6.0	4.0	III → IV	Машински ископ со слабо риперување, заштита со вегетација или геосинтетици
Еоценски флиш 18+150 – 20+030	2:1	2:1	8.0 – 10.0	3.0	V	Машински ископ со тешко риперување во комбинација со минирање, по потреба заштита со патарска мрежа и локално кавање на блокови
Еоценски флиш 20+320 – 20+650 21+120 – 21+380	2:1	1:1	8.0 – 10.0 (лева) 6.0 – 8.0 (десна)	3.0	V	Машински ископ со тешко риперување и минирање, по потреба заштита со патарска мрежа и локално кавање
Плиоценски седименти 25+570 – 25+680 26+180 – 26+540	1:1	1:1	6.0	4.0	III → IV	Машински ископ со слабо риперување, заштита со вегетација или геосинтетици

(Преземено од Елаборат од изведените геотехнички истражувања и испитувања на теренот вдолж трасата на автопатот Миладиновци - Штип, делница: Миладиновци - Свети Николе)

При изградба на патишта, автопатишта, пруги и слични објекти, стабилноста на косини на усеците пред сé зависи од геолошкиот состав, структурно-тектонски склоп, хидрогеолошки, инженерскогеолошки и геотехнички карактеристики на карпестите маси и ориентацијата на проектираната косина. При тоа можат да се случат многу несакани појави од локален размер, но и од загрозувачки карактер, каде материјалот доаѓа до самата коловозна лента. За истакнување е тесната поврзаност на геологијата со геотехниката при анализата на стабилноста на косините на усеците и изборот на соодветен наклон на косините.

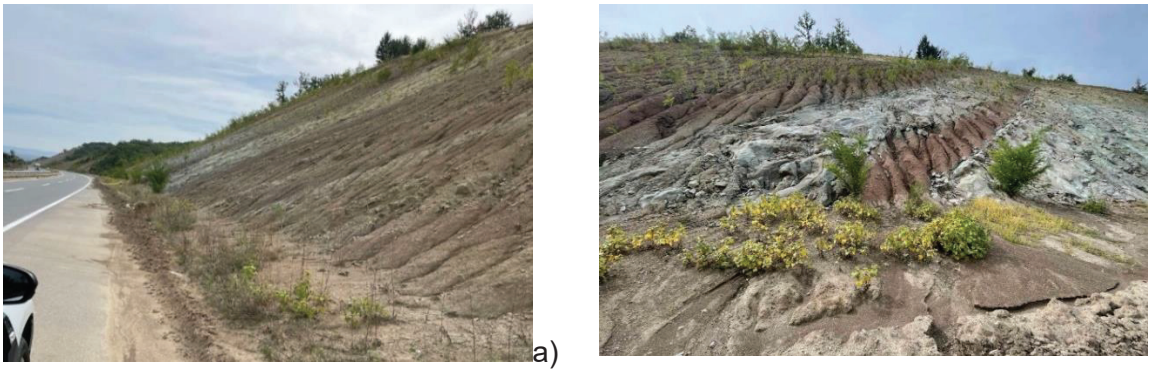
Геолошкиот состав на средината во голема мера придонесува да се развијат некои геолошки процеси и појави, а исто така и инженерските активности имаат влијание да се создадат. Притоа на изведените косини на автопатска делница Миладиновци - Св. Николе се забележуваат процеси и појави на површинско испирање, ерозија и јаружење на материјалот по изведените косини и одронување на дел од материјалот по косината. Овие процеси и појави се карактеристични за изведените косини на усеците и се насочени кон осовината на трасата на патот. Површинското испирање на несврзаните и слабо сврзаните карпи се одвива главно под дејство на атмосферските врнежи и притоа на повеќе потези е формирана површинска линиска ерозија. Под дејство на оваа ерозија и испирање по косините на нивните најмали висини (берми) може да дојде до натрупување на поголема количина на материјал, што треба тековно да се отстранува. После обилни врнежи од дожд е забележана поголема количина на материјал и на самата коловозна лента, со што доаѓа до нарушување на безбедноста на сообраќајот. Ова е посебно изразено кај плиоценските седименти, но застапено е и кај миоценските и еоценските седименти. Кај овие карпи наизменично се сменуваат слабо сврзани карпи и цврсто сврзани полукаменити карпи кои исто така се подложни на ерозија, но и потенцијални за одронување на поголема количина материјал.

Како фактори кои доведуваат до овие несакани појави покрај стрмните наклони за карпи кои се подложни на распаѓање, како мошне значајни се наведува и ненавремената соодветна заштита на површините. Со ископот на косините етапно е потребно и поставување на заштита, која има функција да ги штити површините на косините од атмосферските (надворешни) влијанија. Иведените косини од овој автопат се оставени незаштитени и атмосферските влијанија го достигнаа својот максимум. Притоа на повеќе потези се изразени несакани појави од типот на: испирање на материјал по косината до првата коловозна лента, одронување на материјал или свлекување по косината. Тоа е непријатна слика за сите кои транзитираат по делницата и негативни конотации и наметнува да се бараат причините или услови кои доведуваат до тоа.

Мора да се има во предвид дека оваа автопатска делница која е пуштена во употреба е прва од поновата историја во нашата татковина и ако се исклучат различните средини на потегот од коридор 10 и можеби единствена од многу аспекти. Овде пред сè се издвојуваат еоценските и миоценските седимени, како карпи со неповолни услови за градба на ваков вид објекти. Овие седименти имаат карактеристики на наизменично сменување на карпи од типот на: песочници, глинци, конгломерати и лапорци, но наместа има и слабо сврзани ситни фракции помеѓу нив, кои дополнително влијаат за создавање на нестабилности. Под дејство на атмосферските влијанија и испирање на материјалот се создава можност за отпаѓање на покрупни блокови и цели маси од овие слоевити карпи. Услоеноста на овие седименти кај усеците имаат карактеристика да имаат поволен пад од едната страна, а неповолен од другата страна. Притоа во комбинација со други системски или поединечни пукнатини има можности за отпаѓање на покрупни парчиња на карпи до цели блокови и маси. На споменатата делница ова е случај за неколку потези со помал карактер и тоа главно од левата страна на автопатската делница Миладиновци - Свети Николе, а на еден потег со поголем интензитет со затворање на сообраќајот во првата сообраќајна лента. Овде е одронета поголема маса на карпи по неповолна комбинација на пукнатини и слоевитоста, во комбинација со наклонот и ориентацијата на косината кон осовината.

3 СОСТОЈБА НА КОСИНИТЕ НА ИЗВЕДЕНИТЕ УСЕЦИ

За време од само неколку години (3-4 години) од пуштање во употреба на автопатот Миладиновци-Штип на најголем број од косините од двете страни на патот се гледа активна површинска ерозоја, како резултат на дејство на егзогени процеси. Најчесто после секој дожд со нешто поголем интензитет се јавуваат одредени појави пред се испирање на материјал или пак одредено откинување на карпести маси и одронување или пак лизгање кон ножиците на косините. Ова бара зачестени интервенции и зголемени финансиски трошоци за одржување на патот и безбедно одвивање на сообраќајот по овој автопат. Поради недостаток или на места несоодветно изведени одводни канали по етажите на косините и покрај трупот на патот, еродираниот материјал се акумулира покрај или пак на самиот пат. Како резултат на ова се јавува одреден ризик при одвивање на сообраќајот, а често на одредени места има и прекини на движење на возила по една коловозна лента. На слика 1а е дадена илустрирана појава на ерозија и јаружење создадени под дејство на денудационите процеси, каде ножицата на косината е исполнета со материјал и истиот се јавува и на споредната коловозна лента, а во иднина со продолжување на акумулирање на еродиран материјал истиот ќе ја загрозува и сообраќајната коловозна лента за движење на возилата. На слика 1б јасно се гледа процесот на површинско јаружање изразен само кај глиновито-песокливите седименти, додека лапоровитите песочници (сивобели) се поотпорни на овој процес.



а) б)

Слика 1. Ерозија на косини: а) Косина изложена на денудација потенцирана со изведба на усекот; б) Интензивно јаружење изразено кај глиновито песокливите седименти (фото: Ванчо Ангелов)

На слика 2а може да се види недостаток при изведба на усек, делница Миладиновци-Свети Николе односно, отсуство на канал во ножица на косината кој би имал функција за одвод на површинските истечни води и акумулирање на еродираниот материјал, а со тоа и спречување на негово движење кон коловозната лента. На слика 2б е прикажана функцијата на одводен канал на експресниот пат Штип-Кочани (на делницата во изградба Крупиште-Кочани).

а) б)

Слика 2. а) Испран материјал акумулиран на помошната коловозна лента; б) Испран материјал од косината акумулиран во одводниот канал (фото: Елена Ангелова)

Со површинското испирање на теренот во подолг временски период и дејство врз комплексен тип на карпи (цврсто сврзани полукаменити карпи со прослојувања на мешавини од ситни фракции) на косините се овозможува и друг тип на појави како што се одроните и свлекувања на материјал. Еоценските флишни седименти имаат хетероген состав, а изградени се од слоеви на: глинци, песочници, лапоровити песочници, глини и песоци кои често се менуваат. Ситните фракции на седиментни карпи полесно се испираат, а тоа допринесува и до поткопување и ослободување на помали или поголеми блокови и маси од цврсто сврзани полукаменити карпи (глинци, глиновити песочници, песочници, лапоровити песочници). Тие претставуваат потенцијал за откинување на помали или поголеми маси и гравитациско одронување кон најниските делови на косината (ножицата на косината). Оваа појава е прикажана на слика 3а каде е даден изглед на одрон, а на слика 3б локално свлекување на материјал по косината изградена од прослојувања на цврсто сврзани плукаменити карпи во основа од глиновито-песокливи материјали.

а)

б)

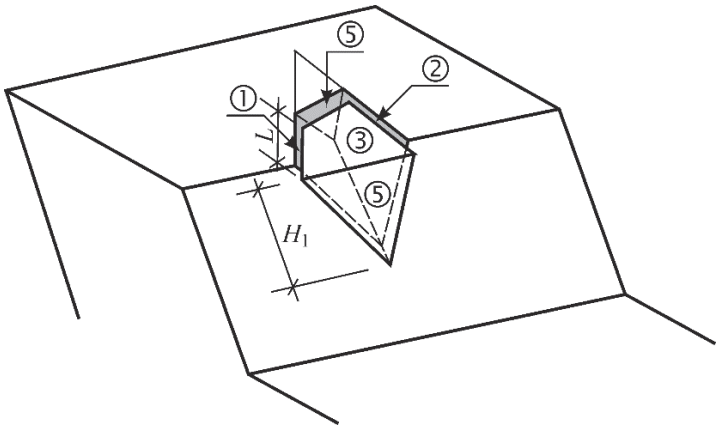
Слика 3. Појава на одрон по косината на автопатот Миладиновци-Свети Николе (фото: Ванчо Ангелов)

4 ИЗВЕДБА НА ПРОЕКТИРАНИ НАКЛОНИ НА КОСИНИ

По изведбата на секој градежен објект како и кај инфраструктурните објекти веднаш најпоставувано и најактуелно е прашањето, дали има и кои се недостатоците на градежниот објект. Една од главните причини за овие егзодинамички појави е што при самата изведба која се одвивала неколку години, веројатно не е посветено доволно внимание на овие процеси. Недостасуваат мониторинг посети на косините за моменталните услови и технички документи со фотографии од каде може да се види дејството на овие атмосферски влијанија. Корисно е по извршен ископ на усеците повторно да се направат одредени истражувања, испитувања и анализи. Ова е поради покриеност на поголем дел од теренот со хумус, делувијални и пролувијални наслаги каде тешко е прецизно да се дефинираат геолошките граници и структурно - тектонскиот склоп, а особено во длабина. Со ископ на усекот се добива јасна слика за меѓусебниот сооднос и тектонска растроеност на литолошките членови во склоп на еоценските, миоценските, плоценските и квартерните седименти. Според ова се претпоставува дека во текот на изведба со помош на соодветни стручни лица ќе се направат попрецизни анализи на стабилноста на косините со земање во предвид на порелевантни параметри и може да се очекува да дојде до минимизирање на сите овие несакани појави.

Кај овие карпи при анализите на стабилност за усеците каде се видливи изданоци на површината се применат методи кои според својата суштина припаѓаат на методи на анализа на дисконтинуална средина и методите на гранична рамнотежа. Притоа во зависност од специфичностите на литолошката градба на теренот и ориентацијата на трасата, применет е методот на анализа за дисконтинуална карпеста маса, изделена со пукнатини (системи на пукнатини), како предиспонирани правци за појава на нестабилност во вид на клиновидни тела и рамински лом (локална стабилност).

Можните комбинации на лом во вид на клиновидни тела се анализирани со софтверот SWEDGE, користејќи ги решенијата на J.W. Bray, со основни геометриски податоци дадени во најопшти црти на слика 4. Извршени се соодветни анализи и за рамнински лом со програмот ROCPLANE.



Слика 4. Поедноставена шема за случај на клиновиден лом комбиниран со тензиона пукнатина според J.W. Bray
(Механика на карпи, Градежен Факултет – Скопје)

За примена на анализите за појава на нестабилност во вид на клиновидни и планарни тела со програмите SWEDGE и ROCPLANE е потребна изведба на мерења со помош на геолошки компас. При спроведените детални истражувања на некои позиции на усеци истражувачите не се во можност за изведба на мерења, најчесто поради покриеност со современи творби. Со овие анализи се опфатени позициите на мерните места и попречните профили од усекот каде што се изведени овие структурни мерења на карпите. Мошне значајни за овие пресметки покрај азимутот на протегање на пукнатините и падниот агол се и азимутот на протегање на косината на попречниот профил на трасата и аголот на косината (наклонот на косината).

Податоците добиени од инженерскогеолошкото картирање на косините каде што постои можност за појава на нестабилност во вид на планарни рамнини се искористени и за анализа со програмот RocPlane. На левата страна ориентацијата на слоевитоста во однос на осовината на трасата има неповолен паден агол, а поповолен од десната страна. Од таа причина на повеќето усеци од левата страна на автопатот постои можност за формирање на клиновидни и планарни ломови со комбинација на пукнатините по слоевитоста и други неповолни пукнатини. Овие дисконтинуитети во текот на истражувањето не биле видливи (карпите не изданувааат на површината) и кај овие усеци немало можност за примена на софтверските пакети за утврдување на факторите на сигурност за проектираните и сега изведени наклони. Овде се наметнува прашањето дали може и во некои понови услови да се направи истото на веќе изведените наклони на косините. Се поставува уште едно значајно прашање за потребата од постојано или повремено присуство на проектантски надзор за време на изведба, со цел навремена измена на проектот во зависност од реалните изведбени услови. Стабилност на усекот треба да се потврди и со анализи во статички и сеизмички услови и доколку се јави потреба за дополнителни измени и санации, тие треба тековно да се прават во координација инвеститор, изведувач, проектант и надзор.

Се напоменува дека овде и на слични линиски објекти сите анализи се направени врз основа на изведените инженерско-геолошки истражувања и испитувања, кои во текот на изведбата на косините треба да се дополнат од повеќе причини. Доколку во фаза на изведба се наиде на значителни отстапувања во однос на инженерско-геолошките и геотехничките одлики на локацијата, благовремено да се контактират соодветни стручни лица од овие области и сите прашања да се разрешуваат во координација на тимови од инвеститор, изведувач, проектант, надзор и по потреба надворешен консултант.

Општа констатација е дека се работи за терен каде во целост се застапени седиментни карпи од различни старости со слоеви со хетероген состав и сложен структурно-тектонски склоп и со различни инженерскогеолошки и хидрогеолошки карактеристики.

Поради тие причини неопходно било да се посвети поголемо внимание и анализа на косините при самата изведба, и да се прилагоди наклонот на косините, соодветна заштита од површинските води а со тоа и заштита на косините од површинската ерозија.

5 СООДВЕТЕН ПРИСТАП ПРИ ИЗВЕДБА НА КОСИНИТЕ

Врз основа на прикажаните случувања на косините од автопатската делница Миладиновци - Свети Николе, може да се констатира дека е неопходно следење на состојбата и благовремено реагирање со преземање на активности кон прилагодување на реалните услови и примена на соодветни мерки на заштита. Од прикажаните примери за усеците може да се заклучи дека покрај постоечкиот Основен проект во овие услови на комплексен геолошки склоп на теренот, вистинската градба на теренот може да се види само после ископ на косините од двете страни на усеците. Поради тоа во фазата на градба треба да се воведе задолжително присуство на инженер геолог-геотехничар проектант, кој ќе врши етапно следење на моменталната состојба, ќе прави анализи и предлага мерки врз основа на кои ќе се изведуват ископите. Исто така и предложените наклони, берми и мерки за заштита на косините тековно да се ревидираат со изведбата на ископот. Ова подразбира и изведба на дополнителни истражувања и испитувања од инженерскогеолошки и геотехнички аспект. Врз основа на прикажаните несакани појави, случувања и искуства за изведба на косините се применува соодветен пристап при изведбата на патишта, автопатишта и експресни патишта. Така при изведбата на усеците од експресниот пат А4, делница Штип - Радовиш се преземаа проектантски активности во текот на изведбата на косините. Притоа во зависност од условите на теренот голем број усеци претрпеа измени од типот на: начин на ископ, количини, наклони, висини и ширина на берми, мерки на заштита, продолжување на просторот за експропријација и сл. Со преземаните активности од страна на вработените стручни лица од областа на геологијата, геомеханиката и геотехниката од компанијата ГЕОХИДРОКОНСАЛТИНГ, паралелно со изведбата изработена е техничка документација за сите усеци од типот на: Фактички извештаи од изведените геомеханички истражувања и испитувања и Дополна кон Основен Проект за санација на косините на усеците. Резултатот од преземаните активности и изгледот на дел од косините на усеците од Експресниот пат А4, делница: Штип - Радовиш може да се види на следните слики.

Слика 5. Изглед на косини на усеци од Експресен пат А4, делница: Штип - Радовиш (фото: Тамара Јовановска)

6 ЗАКЛУЧОЦИ

При проектирање на капитални градежни објекти, а особено објекти од сообраќајната инфраструктура неопходно е да се посвети големо внимание и кон влијанието на егзогените процеси. Овие процеси доведуваат до ерозија, јаружење, испирање, осипување, одронување и лизгање на материјалот по косините и негово акумулирање на ножицата на косината, па дури и на коловозната лента, што е честа појава на делницата Миладиновци – Свети Николе. Теренот вдолж трасата на оваа делница во геоморфолошки смисол во најголем дел се одликува со рамничарско-ридски (падински) релјеф, со варијабилен природен наклон на падините, во геолошка смисла изграден од еоценски, миоценски и плиоценски седименти со хетероген состав и различни инженерско-геолошки, хидрогеолошки и геомеханички својства.

При ископот кај овој автопат косините не се соодветно заштитени и атмосферските влијанија пред се егзогените процеси го достигнаа својот максимум и придонесоа за нестабилност на поголемиот број косини.

По изведбата на секој градежен објект, неговите недостатоци се најактуелни за дискусија. Една од главните причини за овие егзодинамички појави е што при самата изведба која се одвиваше неколку години, веројатно не е посветено доволно внимание на овие процеси.

Санирањето на случени појави од типот на одрони и свлечишта на пат кој се експлоатира е скап и комплексен процес, а за да се избегне истиот потребно е сите прилагодувања на објектите да се направат уште во фаза на изведба.

7 ЛИТЕРАТУРА

[1] Вујаниќ В., Рокиќ Љ. (2012). Утицај падинских процеса на путно инжењерство, (ЗБОРНИК РАДОВА, XIV симпозијум из инжењерске геологије и геотехнике, 155-167стр., Друштво геолошких инжењера и техничара Србије – Комитет за инжењерску геологију и геотехнику, Београд)

[2] Јовановски М., Гапковски Н., Пешевски И., Аболмасов Б. (2012). Инженерска Геологија (Градежен Факултет - Скопје, 219-337стр.)

[3] Јовановски М., Гапковски Н., Пешевски И. (2020). Механика на карпи (Градежен Факултет - Скопје, 330-350стр.)

[4] Фолич Р. (2017). Анализа стабилности косина у блоковски изделеној стенској маси, (ЗБОРНИК РАДОВА, ГЕОТЕХНИЧКИ АСТЕКТИ ГРАЏЕВИНАРСТВА седмог научно-стручног међународног саветовања, 289-317стр., Шабац)

[5] Петковски О. (2018). Геолошки и инженерскогеолошки истражувања за изведба на усеци, (Здружение на рударски и геолошки инженери на Р. Македонија, ПОДЕКС – ПОВЕКС XI^{то} стручно советување, Струга)

[6] Велевски А., Петковски О. (2011). Елаборат од изведените геотехнички истражувања и испитувања на теренот вдолж трасата на автопатот, делница: Миладиновци - Свети Николе (km 0+000.00 - km 26+537.85) (Геохидроинженеринг - Скопје)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 6

STANDARD VEHICLE IN REAL TRAFFIC CONDITIONS IN MONTENEGRO

СТАНДАРДНО ВОЗИЛО ВО РЕАЛНО УСЛОВИ СО СООБРАЌАЈ ВО ЦРНА ГОРА

Biljana Ivanović[1], Katarina Mirković[2], Dinka Šćepanović[3], Goran Mijoski[4]
1 Dr sc Biljana Ivanović, assistant professor, Civil Engineering Faculty, Univercity of Montenegro, Montenegro, biljanai@ucg.ac.me
2 Dr sc Katarina Mirković, teaching associate, Civil Engineering Faculty, Univercity of Montenegro, Montenegro, katarinam@ucg.ac.me
3 Dinka Šćepanović, spec. građ., Civil Engineering Faculty, Univercity of Montenegro, Montenegro, dinka@ucg.ac.me
4 Dr sc Goran Mijoski, full professor, Faculty of Civil engineering, Univercity „S's Cyril andMethodus“, RN Macedonia, mijoski@ukim.edu.mk

Abstract

In the driver-vehicle-environment system, through the driver's reaction, the vehicle "responds" according to its powers. Driving and dynamic capabilities of the vehicle, i.e. the ratio of power and mass of the vehicle, as well as its dimensions, influence the calculation of the elements of the road, i.e. the environment. In the absence of newer regulations in Montenegro, it is necessary to examine the relevant vehicle in real traffic conditions. The database based on which the types and dimensions of the relevant vehicle were determined represents all motor vehicles that were registered on the territory of Montenegro in 2012. The age structure and the "speed characteristic of the engine power" of the vehicle, which would be taken into account when determining the hypothetical reference vehicle, were studied. Special attention was paid to the analysis of the physical parameters of the relevant vehicle, after which it was concluded that the relevant vehicle can be taken as a vehicle whose dimensions are equal to or greater than the dimensions of 85% of cases belonging to a certain type (category) of vehicles.

Key words:

speed characteristics of vehicle engine power, vehicle dimensions, standard vehicle, driving and dynamic capabilities of the vehicle

Апстракт

Во системот возач – возило – околина, со посредство на реакцијата на возачот, возилото „одговара“ согласно своите технички карактеристики – можности. Возно-динамичките способности на возилата, односно односот на сила и маса на возилата, како и неговите димензии влијаат на пресметката на елементите на патот односно околината. Во недостаток на нови прописи во Црна Гора, потребно е да се испита меродавното возило во реални услови на овивање на сообраќајот. Базата на податоци врз основа на која е извршено утврдување на типовите и димензиите на меродавното возило, ги претставува сите моторни возила кои во текот на 2012 год. беа регистрирани во Црна Гора. Проучувани се старосната структура и „брзинската карактеристика на силата на моторот“ на возилата, која би се зела во предвид при определување на хипотетичкото меродавно возило. Посебно внимание е посветено на анализата на физичките параметри на меродавното возило, по што се дојде до заклучок дека за меродавно возило може да се земе возило чии димензии се еднакви или поголеми од димензиите на 85% случаи на возила, кои припаѓаат на определен тип (категорија) на возило.

Клучни зборови

Брзинска карактеристика на силата на моторот, димензии на возилата, меродавно возило, возно динамички способности на возилото

1. INTRODUCTION

The aim of this research is to define the standard vehicle for all relevant categories of vehicles, for the purpose of calculating the length of the overtaking and overtaking sight distance.

The term **"standard vehicle"** means a motor vehicle whose **physical** and **technical-operational characteristics** are relevant for determining the design elements of traffic areas.

Since the regulations from the Yugoslav era are in force in Montenegro, it is necessary to examine the relevant vehicle in real traffic conditions.

Given that a **real** traffic flow is inhomogeneous, i.e. composed of several vehicles with different technical-operational characteristics, it is necessary to classify them into certain categories, where each category represents types of vehicles with similar (same) physical and technical-operational characteristics.

2. CHARACTERISTICS OF VEHICLES IN MONTENEGRO

For the purposes of this research, data on registered vehicles on the territory of Montenegro from 2012 (a total of 186,338 vehicles) were used, according to the following distribution:

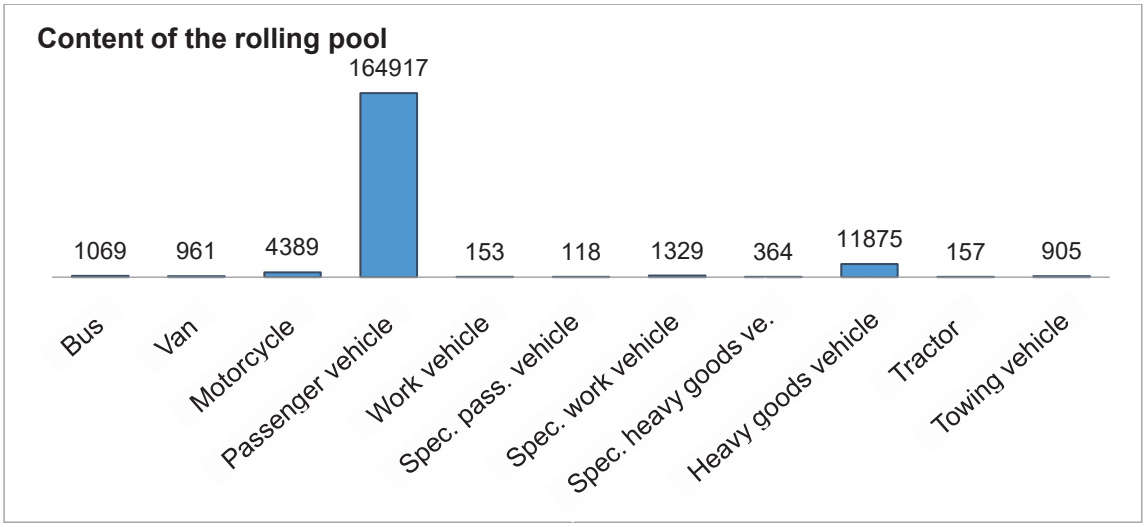


Figure 1. Distribution of the rolling pool by vehicle category

The aforementioned categorization is in accordance with the Law on Road Traffic Safety, and is adapted to the needs of the subject research.

2.1 Analysis of the rolling pool from the aspect of age structure

One of the key factors that affect the driving and dynamic capabilities of a vehicle is its age, so special attention is paid to this factor.

The age of a country's rolling pool depends primarily on its economic condition and the purchasing power of the population. The age of all vehicles can be expressed through the average age of vehicles that are registered in the territory of a country.

For the purposes of this research, data on the average age of the vehicle fleet of Montenegro from 2012 were used, and then a comparison was made of the obtained results with the average age of the vehicle fleets in the countries of the European Union.

The following figure shows the average age of vehicle fleets in some European countries and the European Union in 2011.

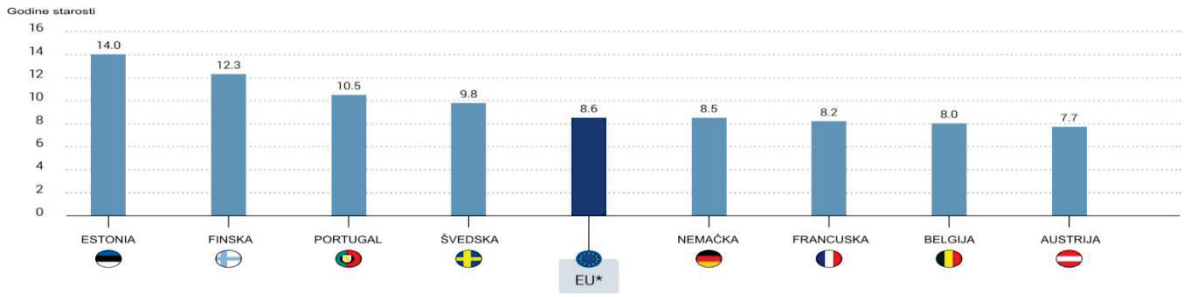


Figure 2. Average age of the rolling pool in European countries and European Union [1]

Official statistical data for the year 2012 for Montenegro indicate that the average age of the vehicle fleet on the territory of the country for that year was 14.4 years.

The following graph shows the distribution of all vehicles registered in the fleet of Montenegro in 2012.

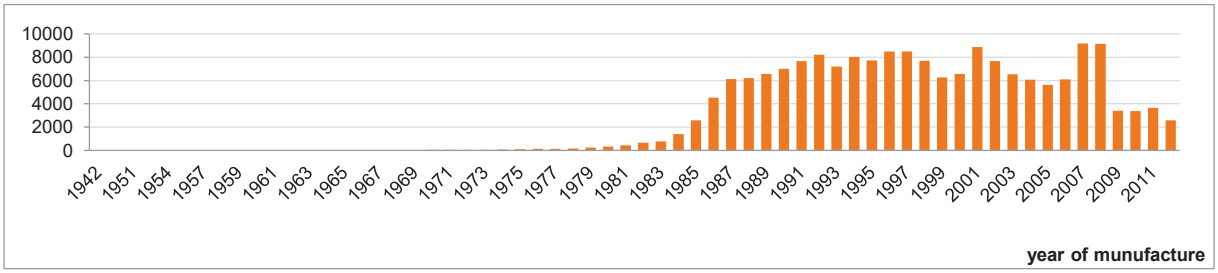
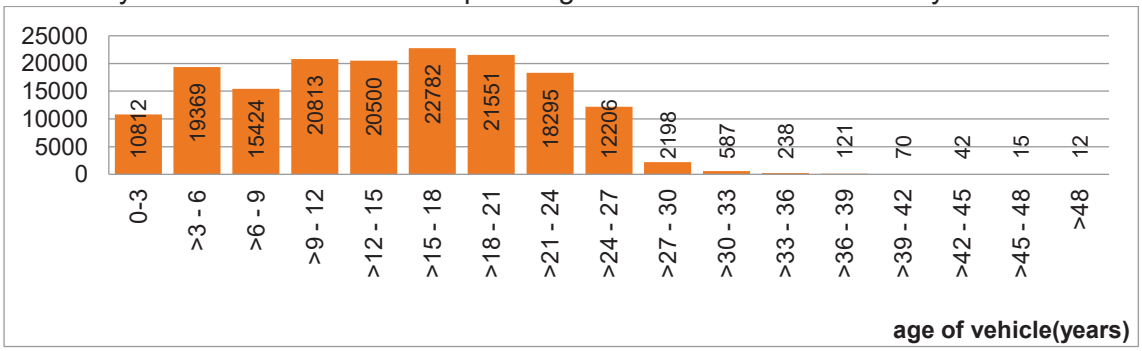


Figure 3. Distribution of all vehicles in Montenegro, according to year of manufacture

From here it can be seen that the largest number of vehicles are 10-20 years old, but the presence of vehicles older than 50 years is also evident.
From the aspect of studying the relevant vehicle, three characteristic vehicle categories were singled out, and for each of them, a graphic representation of the age structure was made.

The average age of **passenger vehicles** (including special passenger vehicles) is 14.6 years. The analysis found that 60% of the passenger car fleet is older than 12 years.



[1] *European Automobile Manufacturers Association, The automobile industry pocket guide 2014-2015, ACEA Communications department, September 2014*

Figure 4. Age structure of passenger and special passenger vehicles

The average age of the **buses** is 14.0 years. In all categories, efforts should be made to reduce the average age of vehicles, whereby emphasis should be placed on buses, given that these vehicles are used for mass passenger transportation.

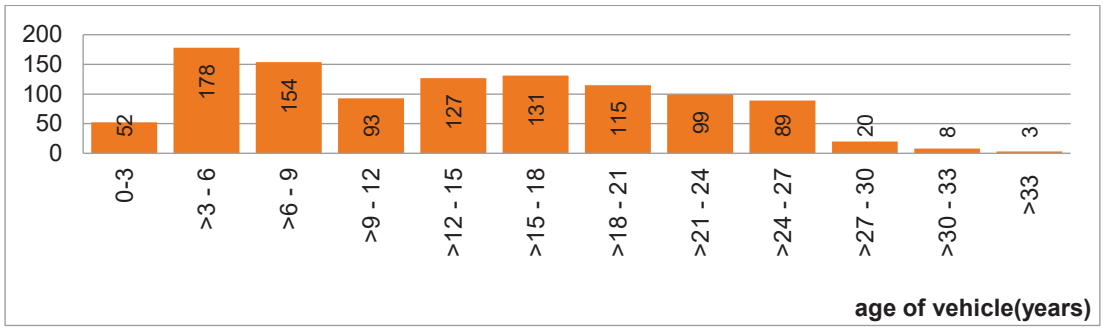


Figure 5. Age structure of buses

In the presentation of the age structure of **heavy goods vehicles**, **special heavy goods vehicles** are also processed, because their characteristics are approximately the same. The average age of this category of vehicles is 14.3 years, while the average age of special cargo vehicles is less and is 13.3 years.

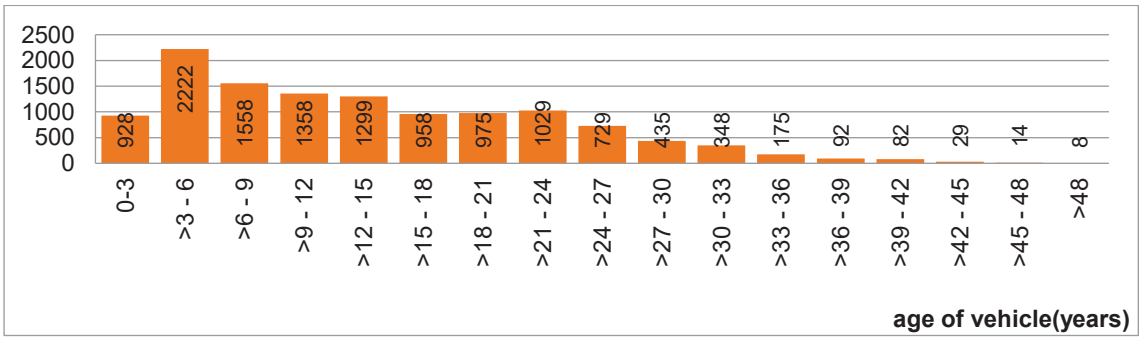


Figure 6. Age structure of goods vehicles and special heavy goods vehicles

2.2 Analysis of the fleet from the aspect of power of the driving engine

Power (Force) is the driving force behind everything, including cars. We call it **driving force** because it acts on the vehicle, on the contact of the driving tires with the ground.

The power that the motor gives off is a direct measure of the speed at which it is possible to overcome current resistances. That's why power is a relevant parameter when determining the maximum speed at which a vehicle can move in certain observed conditions.

Engineer Mauro Forgieri, who spent his working life creating racing vehicles for teams such as Ferrari and Lamborghini, made the famous statement: "Power comes from speed, torque without speed is nothing" or in translation: "Power comes from speed, torque without speed" is nothing".

Simply put, torque and power are cause-and-effect phenomena. When torque is mentioned, speed is also taken into account on a completely equal basis, because these two values are sublimated into one and form power, i.e. **driving force**.

As the speed of the vehicle plays a big role during the execution of the overtaking maneuver, based on the available data, an analysis of the representation of the vehicles according to the

engine power they possess was performed for several, from the perspective of the relevant vehicle, the most significant categories defined in the original database.

Engine power in **passenger vehicles** ranges from 4 kW to 343 kW. The largest number of vehicles in this group (62.5%) have engines with power between 40 and 80 kW.

The largest number of **buses** have engines whose power is between 80 and 120 kW.

Trucks are the most versatile in terms of engine power. The power of trucks ranges from 10-20 kW for light trucks to over 400 kW for heavy trucks. The largest number of cargo vehicles have a power of up to 100 kW, and these are mainly light delivery vehicles and smaller cargo vehicles.

3. DETERMINATION OF STANDARD VEHICLE

The characteristics of established hypothetical reference vehicles are used for the dimensioning of areas intended for traffic.

In addition to the physical characteristics, the engine power characteristics were also taken into account in the analysis of the determination of the hypothetical reference vehicle. Within, the dimensioning of project elements is entered.

Based on the available database of registered vehicles, all vehicles were divided into the following seven types of relevant vehicles, and for each of them the characteristic physical and technical-operational characteristics, relevant for the dimensioning of project elements, were determined:

- Passenger car
- Bus
- Minibus
- Light truck
- Medium-duty vehicle
- Heavy goods vehicle
- Towing vehicle - tractor

By individual analysis of each group, a sample of about 85% of the vehicles was selected, which was further used for the calculation. In the remaining 15%, some vehicles appeared in small numbers (2-3 models), and as such were assessed as irrelevant for the analysis.

The following image shows software-processed data on the characteristics of all registered and analyzed vehicles for each category individually:

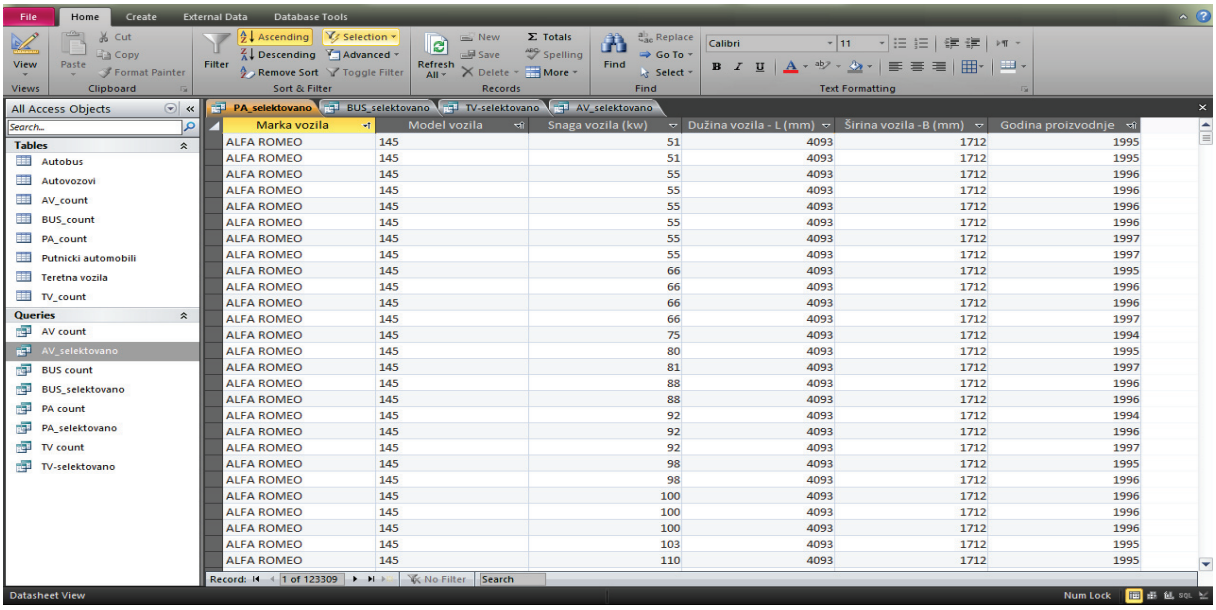


Figure 7. Display of database software processing

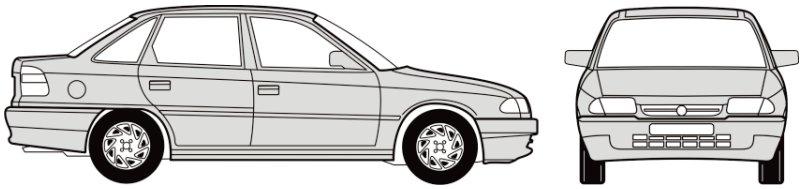
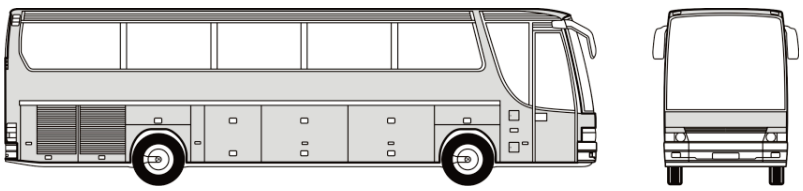
As a **standard dimension**, the one that is equal to the 85th percentile of all given corresponding dimensions is adopted. The 85th percentile value represents the value that is greater than 85% of the values found in the observed group. In this way, a hypothetical reference vehicle is determined, which represents the appropriate type of vehicle with its dimensions.

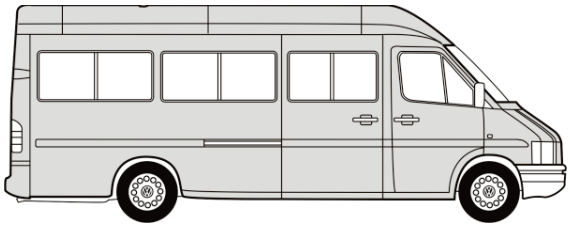
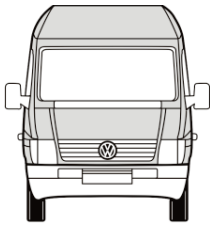
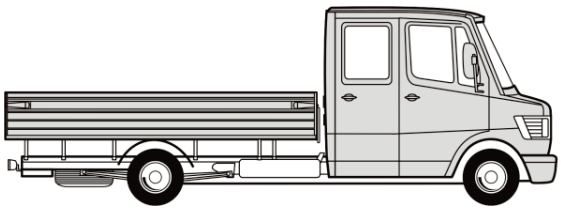
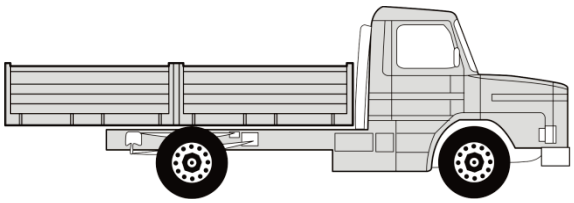
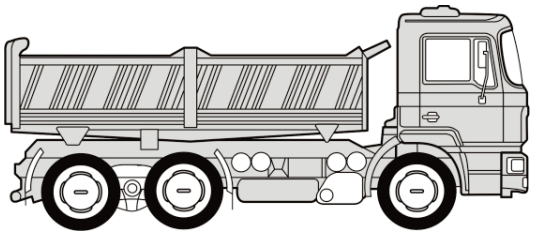
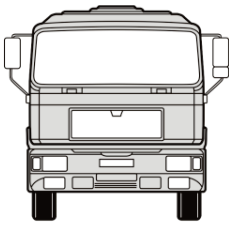
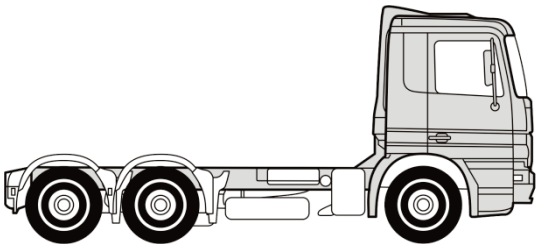
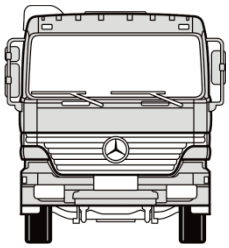
The relevant engine power is calculated as the 15th percentile, which means that 85% of the vehicles in the fleet have a power higher than the power of the reference vehicle, which is relevant when observing the vehicle's speed characteristics.

By calculating the 85th percentile for each parameter separately, the values of the reference vehicles used in the research were obtained. As part of this work, research is carried out related to the overtaking maneuver and the elements of the length of the overtaking path, and the characteristics of the relevant vehicle that may be relevant for determining this length were analyzed.

The following table shows the adopted types of relevant vehicles with their characteristics.

Table 1. Types of hypothetical standard vehicles with characteristics

Type: Passenger car	
	Characteristics: Lenght: 4580 mm Width: 1760 mm Engine power: 15.precentile: 40 kW Engine power: average: 63 kW
Type: Bus	
	Characteristics: Lenght: 12200 mm Width: 2500 mm Engine power: 15.precentile: 157 kW

	Engine power: average: 230 kW
Type: Minibus	
 	Characteristics: Lenght: 7346 mm Width: 2320 mm Engine power: 15.precentile: 84 kW Engine power: average: 97 kW
Type: Light truck	
	Characteristics: Lenght: 5926 mm Width: 2050 mm Engine power: 15.precentile: 47 kW Engine power: average: 66 kW
Type: Medium truck	
	Characteristics: Lenght: 8000 mm Width: 2500 mm Engine power: 15.precentile: 59 kW Engine power: average: 97 kW
Type: Heavy goods vehicle	
 	Characteristics: Lenght: 9000 mm Width: 2550 mm Engine power: 15.precentile: 100 kW Engine power: average: 203 kW
Type: Truck tractor	
 	Characteristics: Lenght: 7450 mm Širina: 2500 mm Engine power: 15.precentile: 294 kW Engine power: average: 314 kW

The characteristics of established hypothetical standard vehicles are used for the dimensioning of areas intended for traffic. If the characteristics of the relevant vehicle were to be compared with a commercial vehicle, the Skoda Octavia II 1.4 2004-2008 car would be the most suitable for the passenger car category.

4. CONCLUSION

Depending on the element of the road that is being designed, that is, on the analysis that is being carried out, the selection of the appropriate relevant vehicle is also carried out. For example, for the design of intersection elements, a bus or a freight vehicle with typical characteristics is taken as the authority, while for the crossing of two roads where freight traffic prevails, a tractor with a trailer is taken as the authority.

The established database of software-processed data on the characteristics of all registered vehicles on the territory of the state, based on which the value of the characteristic 85% and 15% percentiles was obtained, contributed to an easier process of dimensioning road elements, as well as determining the required length of overtaking, in a way that is already used in advance defined characteristics of established hypothetical reference vehicles.

The research on the characteristics of the vehicle fleet was conducted on a complete sample of 186,338 vehicles registered in Montenegro. By analyzing the basic sample, based on the 85th percentile and average values, dimensions and power were defined for 7 basic categories of relevant vehicles, i.e. for:

- Passenger car,
- The bus,
- Minibus,
- Light truck,
- Medium cargo vehicle,
- Heavy goods vehicle,
- Towing vehicle - tractor.

Standars vehicles defined based on the conducted research can be representative for designing in Montenegro and the region. Of course, the time that has passed since the moment of the research should also be taken into account, with the hope that this approach will help colleagues to innovate bases in their countries.

5. LITERATURE

[1] European Automobile Manufacturers Association, *The automobile industry pocket guide 2014-2015*, ACEA Communications department, September 2014, https://www.acea.auto/files/POCKET_GUIDE_2014-1.pdf

[2] Boris Stojić, Teorija kretanja drumskih vozila – skripta, Fakultet tehničkih nauka – Departman za mehanizaciju i konstrukciono mašinstvo, Novi Sad, 2012

[3] The South African National Road Agency, *Geometric Design Guidelines, 2001*

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 7

Проценка на ефективноста на ровови за зафаќање на одрони со различни геометрии

Assessment of the effectiveness of trenches for capturing landslides with different geometries

Симона Ивановски[1], Игор Пешевски[2], Милорад Јовановски[2], Сеад Абази[2], Даниел Велинов[2]
[1]дилп. инж.геотех., Геохидроконсалтинг, Македонија, simona.geohidro@gmail.com
[2]д-р, „Градежен факултет Скопје“, Македонија, pesevski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Патната инфраструктура е изложена на различни геохазарди. Со цел да се надминат различните проблеми кои може да бидат предизвикани од највообичаените од нив - одроните, истражувачите развиле различни методи за процена и проектирање на ефективна заштита и мерки за подготвеност. Една од мерките е проектирање е ров за зафаќање одрони кој се проектира во ножиците на косините покрај патот. Ефективноста на овие ровови била истражувана преку експериментални тестови и методи со компјутерска симулација од страна на многу автори. Во овој труд, применет е еден од моментално најнапредните пристапи на компјутерска симулација, кој вклучува и веројатносен пристап. Со цел да се согледаат што е можно повеќе ситуации во праксата, варирани се геометријата на ровот, формата на карпестите блокови кои се очекува да се одронат, како висината и наклонот на косината која се анализира. Резултатите од симулацијата го покажуваат различниот степен на ефективност на ровот во однос на геометријата и формата на карпестите блокови. Применетиот метод се предлага како можен пристап за рационализација во процесот на проектирање.

Клучни зборови

геохазарди, одрони, ров, геометрија, симулација

Abstract

Road traffic can be largely affected by different geohazards. Among them, rockfalls are the most usual ones. In order to overcome the various issues that the rockfalls can cause, researchers have developed many different methodologies for assesment and design of effective protection and preparedness measures. One of them is the design of rockfall catch ditches along side the road cuts. The effectivenes of these ditches has been investigated by experimental field tests and computer simulations by many authors. The paper presents application of a most recent computer simulation approach, used to test the effectiveness of rock fall catch ditches with different geometries. Beside variation of the ditch geometry, also are varied the form of falling rocks, height and slope angle of the road cut. Results from simulation show the different degree of ditch effectivenes in relation to geometry and block form. The proposed method is suggested for rationalization in the design process.

Key words

geohazards, rockfalls, catch ditch, geometry, simulation

1 ВОВЕД

Одроните претставуваат највообичаениот вид на геохазард кој може да го загрози одвивањето на сообраќајот и да предизвика материјални штети по патната инфраструктура. Од овој аспект, покрај другите бројни научни истражувања, особено е важно да се спомене работата на Ritchie (1963), која се смета за пионерска во поглед на истражувањата поврзани со одрони кај стрмни косини и падини. Ritchie бил прв кој истражувал и развил критериум за проектирање косини и ефктивност на ровови, и кој предложил модел на ров. Ritchie истакнал дека има потреба од утврдување на начин за предвидување на стабилноста на материјалот на површината после обработување на косината. Спроведувајќи стотици тестови со пуштање карпи од одредена висина го проучувал движењето и траекторијата на „одроните“ и се обидел да развие аналитичко решение за паѓањето на карпите врз основа на законите на движење.

Прва компјутерска програма за симулација и анализа на одрони кај косини била развиена од Piteau и Clayton (1976). Други компјутерски програми кои биле развиени се CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program) развиена од Timothy J. Pfeiffer; Timothy D. Bowen (1989); GeoRock 2D и GeoRock 3D производ на компанијата GeoStru кои го користат Lumped Mass и GRSP моделот; Rockyfor3D (Dorren L.K.A. 2016). Сите програми за симулација ги користат равенките за движење на круто тело и својствата и наклонот на косината за да ги пресметаат карактеристиките на брзината и отскокнувањето на блокот додека се движи надолу по падината. Peila and Guardini (2008) посочува дека одроните исто така се активираат и при врнежи земјотреси, процес на замрзнување-одмрзнување, топење на снегот, ерозија кои воедно ги предизвикуваат најкатастрофалните типови на лизгање на земјиштето, лизгање на почвата и лизгање на карпи.

Во овој труд е разработена една студија на случај со примена на компјутерска симулација на одрони која овозможува дводимензионално моделирање на геометријата на падините/косините, симулација на траекторијата на движење на потенцијални одронети блокови и бројни анализи на параметрите на самото одронување. Идејата е, преку корелациите на различни геометрии на косини, различни форми на ровови и блокови, да се дефинираат поголем број зависностии и да се согледа како се менува ефикасноста на рововите за зафаќање одрони. Со цел да се опфатат што е можно поголем број на можни ситуации и резултантни состојби на одронувањето, применети се методите на веројатност и статистика.

2 МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Современите компјутерски техники во областа на геотехниката се покажуваат како економична и веродостојна алатка за анализа на одрони од косините. Сите програми за симулација ја користат равенката на движење на крутото тело и својствата на косината и карпите, за да ги пресметаат карактеристиките на брзината и отскокнувањето на карпата додека се движи надолу по косината. Со цел да се намали бројот на параметри во симулацијата на падот на карпестите блокови, се прават следните општи претпоставки:

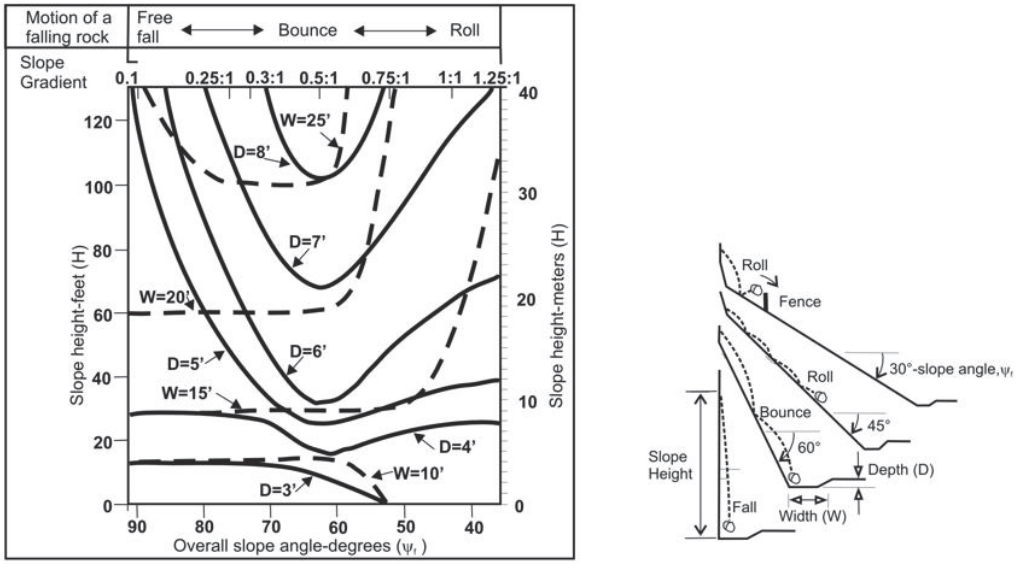
- Ефектот на воздушното триење при движењето на блокот е занемарлив;
- Движењето на одроните се разгледува во рамнина нормална на косината;
- Нема распаѓање на блоковите при процесот на одронување на карпите.

Иако алгоритмите за симулација на различни компјутерски програми се разликуваат едни од други, општиот алгоритам е ист, тој вклучува одредување на моделот на блокот (отскокнување, лизгање или тркалање), пресметување на брзината на движење на крајот на секој удар и откривање каде застанува блокот.

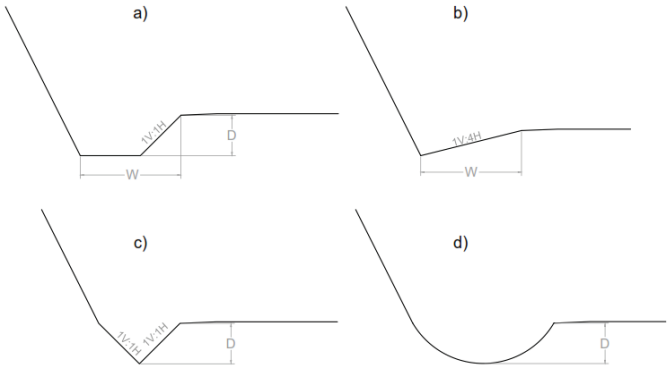
Општо земено, главните влезни параметри за овие модели вклучуваат:

- Висина и агол на наклон на косина/падина
- Димензии и форма на карпест блок кој се одронува
- Коефициенти на реституција (нормални и тангенцијални).

Во трудот, со примена на програмот RocFall-Rocscience за сите симулирани косини се варирани: димензии и форма на блок, волуменска тежина, коефициенти на реституција на подлога (усвоени врз основа на резултати од истражувањата на објект Експресен пат А2, делница Длабочица – Чатал). Согласно препораките од литературата и наши согледувања, применети се висини на косина од 10m, 20m и 30m. Усвоените наклони се: 1V:1H (45º); 2V:1H (63º); 3V:1H (72º), 4V:1H (76º), 6V:1H (81º). Димензиите на ров (ширина и длабочина) се отчитани од дијаграмот на Ritchie (1963), согласно висината и аголот на наклон на косината (сл. 1).Симулирани се четири различни форми на ров: кружна, трапезна, триаголна и V форма (сл 2), и за три различни форми на блок коцкаста, петоаголна и елипсеста (сл 3). Направени се вкупно 180 симулации.

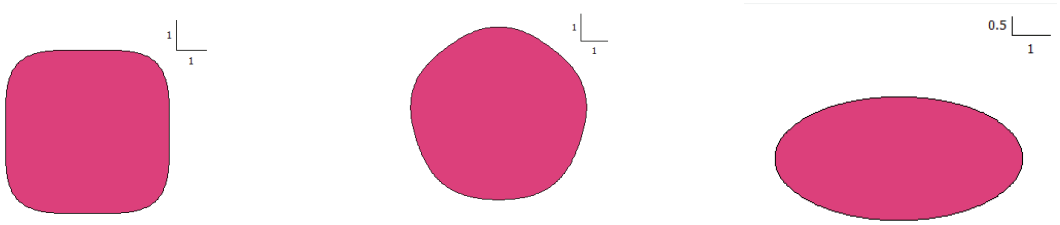


Слика 1. Дијаграм на Ritchie за одредување на димензии на ров
Извор: Pierson L. A., Gullixson C.F., Chassie R. G., (2016): ,,Rockfall catchment area design guide"



Слика 2.Форми на ров за одрони применети во анализата

(a-трапезна, b-триаголна, c-V форма, d-кружна)
Извор: Магистерски труд – Работна верзија



Слика 3. Форми на блокови користени при симулациите
Извор:RocFall програма

Дополнителни претпоставки при изведување на анализите се:

- бројот на карпите што се одронуваат е 100
- користениот статистички пристап при симулацијата е со методот Monte Carlo
- карпите се одронуваат од врвот на косината
- почетната брзина на паѓањето на карпите е нула
- материјалот на падините е деградирана шкрилава карпеста основа (во Табела 1 се прикажани усвоените параметри за карпестата маса).

Табела 1. Параметри на карпест блок и коефициенти на реституција на косината

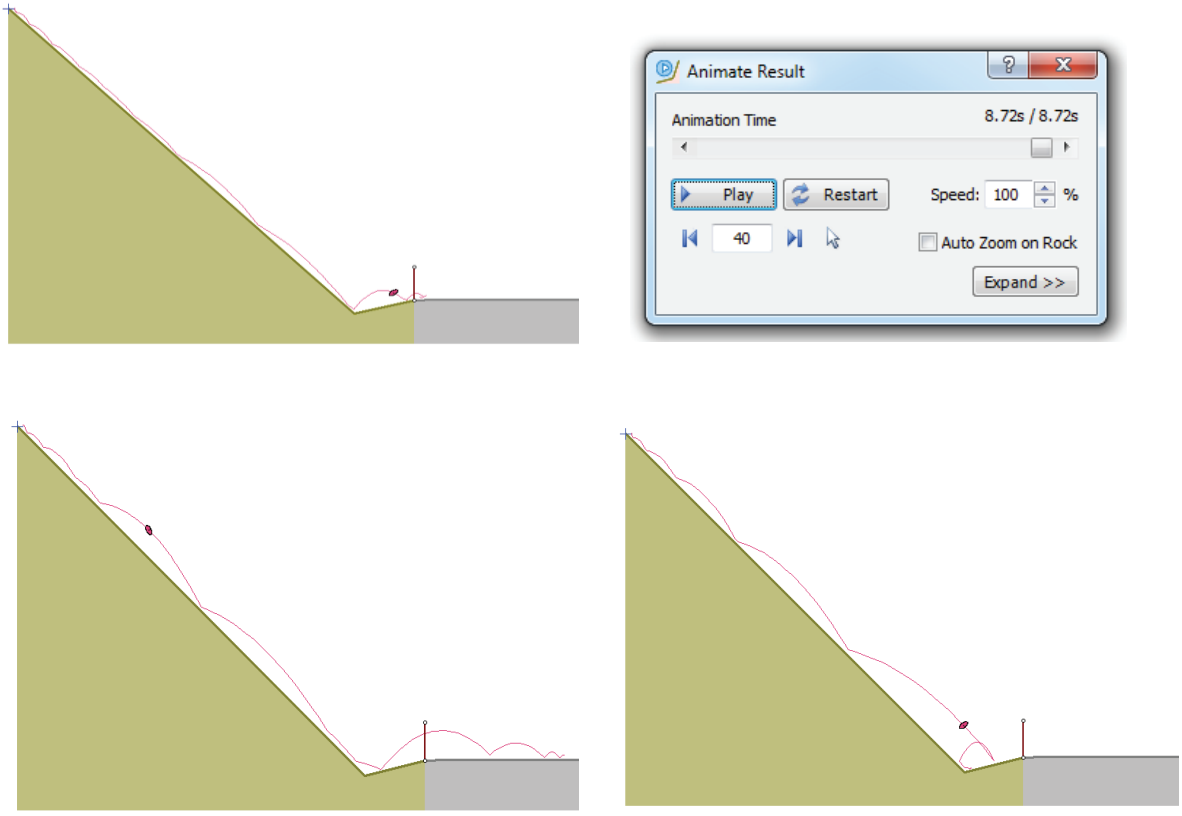
Параметри на блок		Параметри на материјали на косина	
Волуменска тежина (kg/m^3)	Просечна димензија на блок (m)	Нормален коефициент на реституција (Rn)	Тенгенцијален коефициент на реституција (Rt)
2732	0.5	0.35	0.85

Ефективноста на ровот се мери со неговата способност да го спречи одронот да стигне до коловозот, со можност да се анализираат бројни динамички показатели на процесот на одронување.

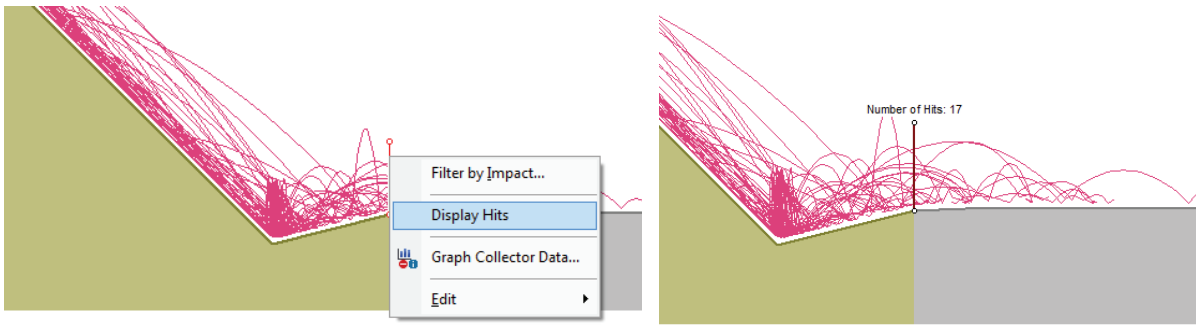
3 РЕЗУЛТАТИ

Програмата RocFall го симулира однесувањето на одроните со примена на равенките на параболичните траектории на телата при слободен пад и принципот на зачувување на вкупната енергија. Димензиите на блоковите се користат како дополнителни параметри за моделирање на одронот. Се претпоставува дека аголот формиран помеѓу насоката на движењето на блокот и профилот на падината може да се менува во согласност со параметрите за конкретниот случај на анализа. Така моделот разгледува комбинации на движење при слободен пад, отскокнување, тркалање и лизгање,кои може да варираат во однос на големината на карпестите блокови (сл 4).

Со помош на опцијата Data Collector („Собирачот на податоци“), се врши прецизно одредување на локација (точка) на косината и регистрирање податоци за блоковите што минуваат низ сегментот додека се движат надолу по падината. Собирачот на податоци може да се постави каде било на косината и не влијае на карпите што минуваат низ него. Покрај другите опции, собирачот првенствено го евидентира бројот на карпести блокови кои поминуваат низ него, со можност визуелно да се презентираат динамичките параметри на процесот на одронување, висина на отскок на блок, максимална дистанца на траекторијата на движење, анимација на секоја поединечна карпа која се симулира, итн. За целта на истражувањето собирачот на податоци е поставен на позицијата каде завршува ровот и започнува работ на коловозот, кој го сметаме како гранична точка од која понатаму не треба да преминат блокови. Приказ на собирачот на податоци во софтверското опкружување е даден на слика 5.

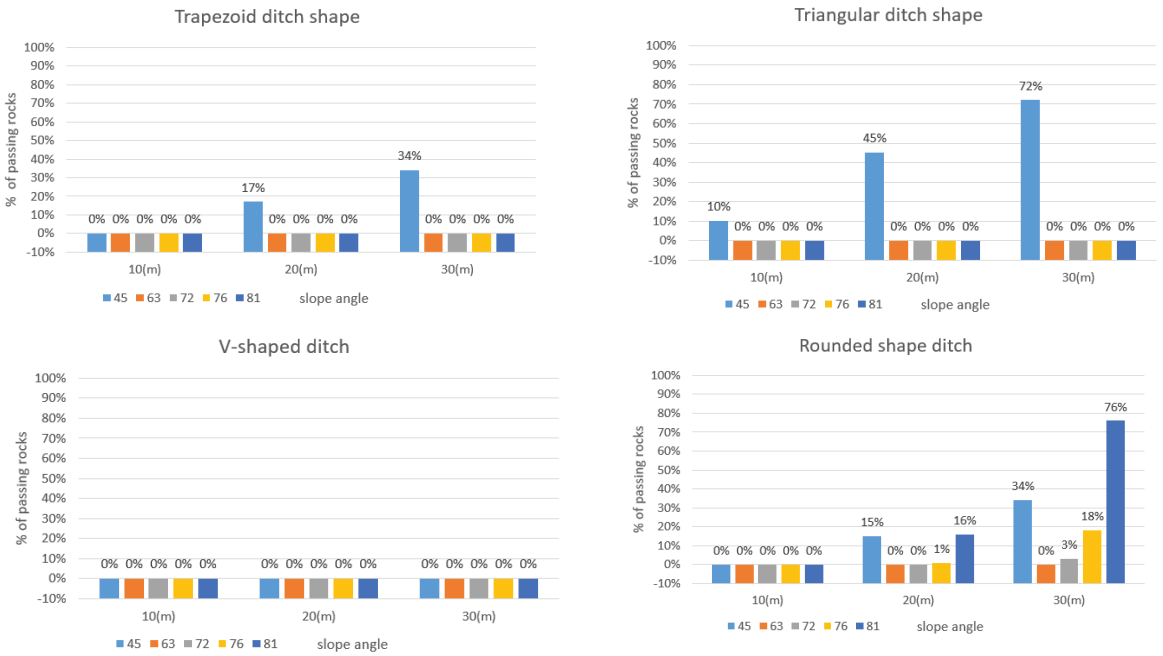


Слика 4. Патека на движење на блок на неколку различни локации по косината
Извор: RocFall програма

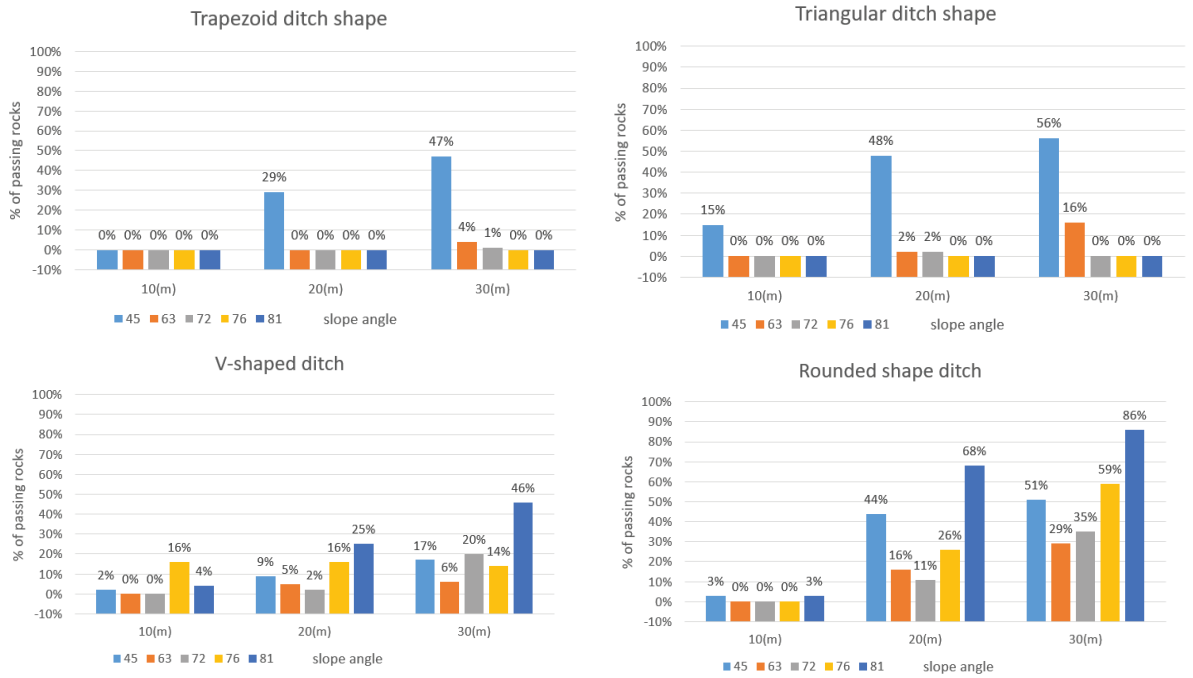


Слика 5. Изглед на патеки на движење и позиционирање на „собирач на податоци“
Извор: RoFallпрограм

На графиконите на слика 6 се прикажани резултати од различни форми за ров и петоаголна форма на одронет блок. Може да се констатира дека за косина со висина од 10m ровот во сите случаи ги прифаќа одроните, освен кај триаголона форма на ров и наклон на косина од 45º, каде поминуваат 10% од блоковите. Кај косина со висина од 20m и наклон на косина од 45º одронетите блокови го поминуваат работ во износ од 15-45%, освен кај V форма на ров каде се добива максимална ефективност (0%). Кружната форма на ров се покажува како нејнефективна за висини на косини од 20 и 30m. Без навлегување по понатамошна анализа на графиконите, може да се констатира дека за оваа петоаголна форма на блок кој се одронува, најефикасен ров е со т.н. V форма. Иста анализа е прикажана и на слика 7, која се однесува за квадратна форма на блокот кој се одронува.

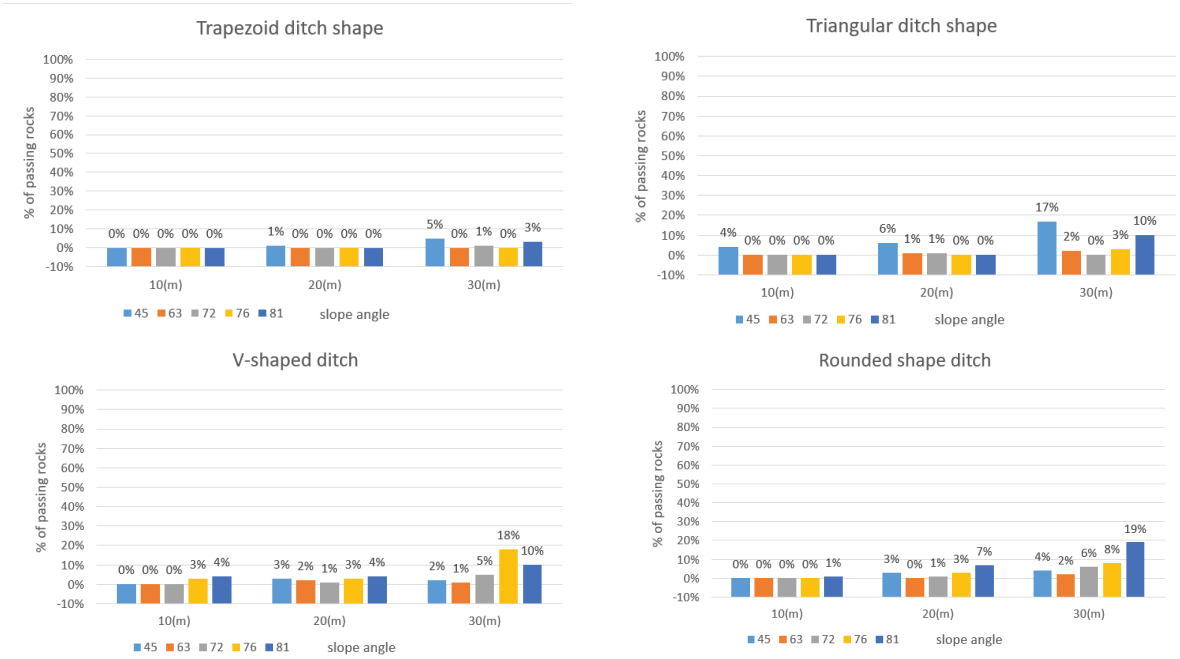


Слика 6. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот со петоаголна форма на блок
Извор: Магистерска работа

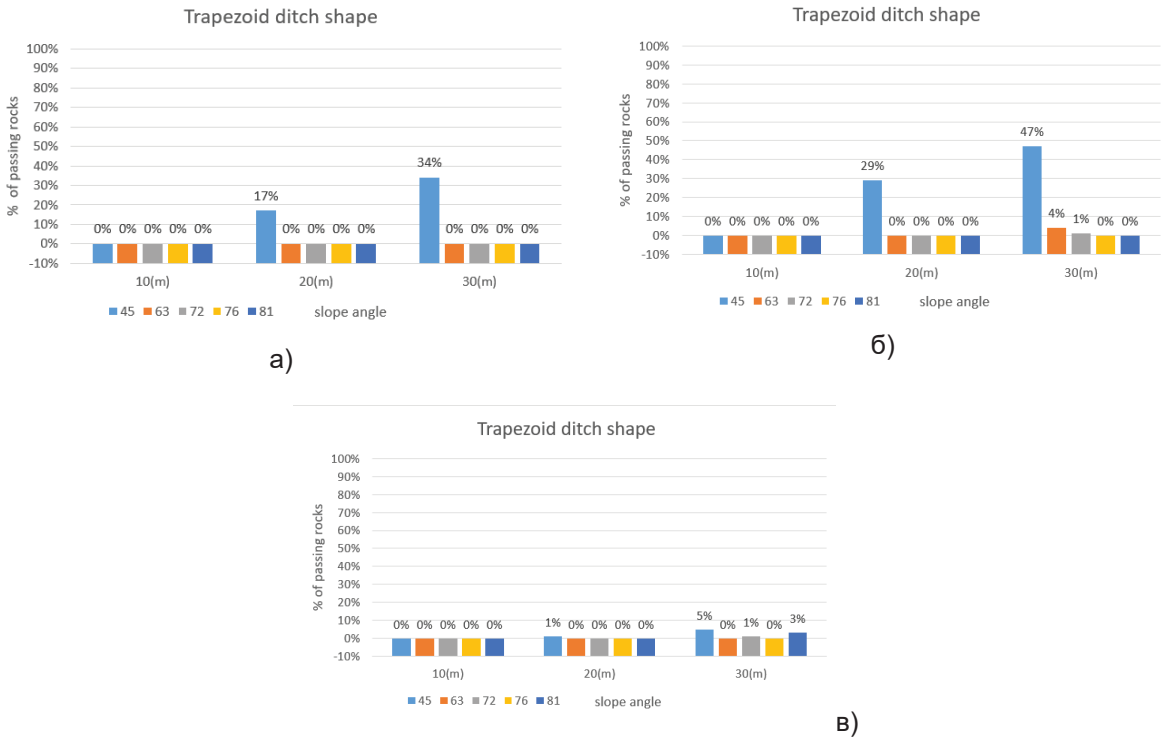


Слика 7. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот со квадратна форма на блок
Извор: Магистерска работа

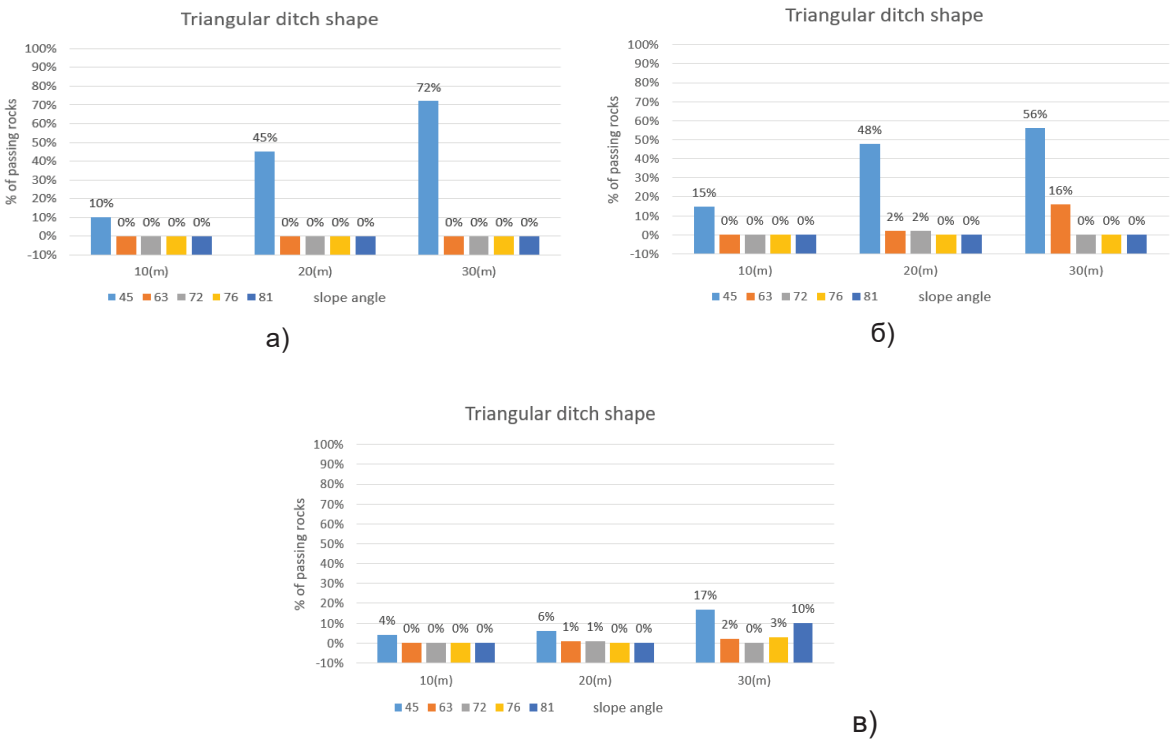
На графиконите на сликата 8 се прикажани резултатите за елипсовидна форма на блок и при различни форми на ров. Трапезната форма според анализите во повеќето случаи дава најдобри резултати, освен кај косини од 20 и 30m при агол од 45º каде поминуваат 1-5% од одронетите блокови. При триаголна форма на ров аголот од 45º се покажува како најнеповолен наклон при различните висини на косини, како и аголот од 63º за косини од 20m и 30m, и аголот од 72º за косини од 20m. V формата и кружната форма на ровпри ваква форма на блок се согледувадека се понеповолни, освен за некој ретки случаи на комбинации наклон/висина.



Слика 8. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот со елипсовидна форма на блок
Извор: Магистерска работа



Слика 9. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот (трапез) при иста форма на ров и различна форма на блок а) петоаголник, б) квадрат, в) елипса
Извор: Магистерска работа



Слика 10. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот (триаголен) при иста форма на ров и различна форма на блок а) петоаголник, б) квадрат, в) елипса

Извор: Магистерска работа

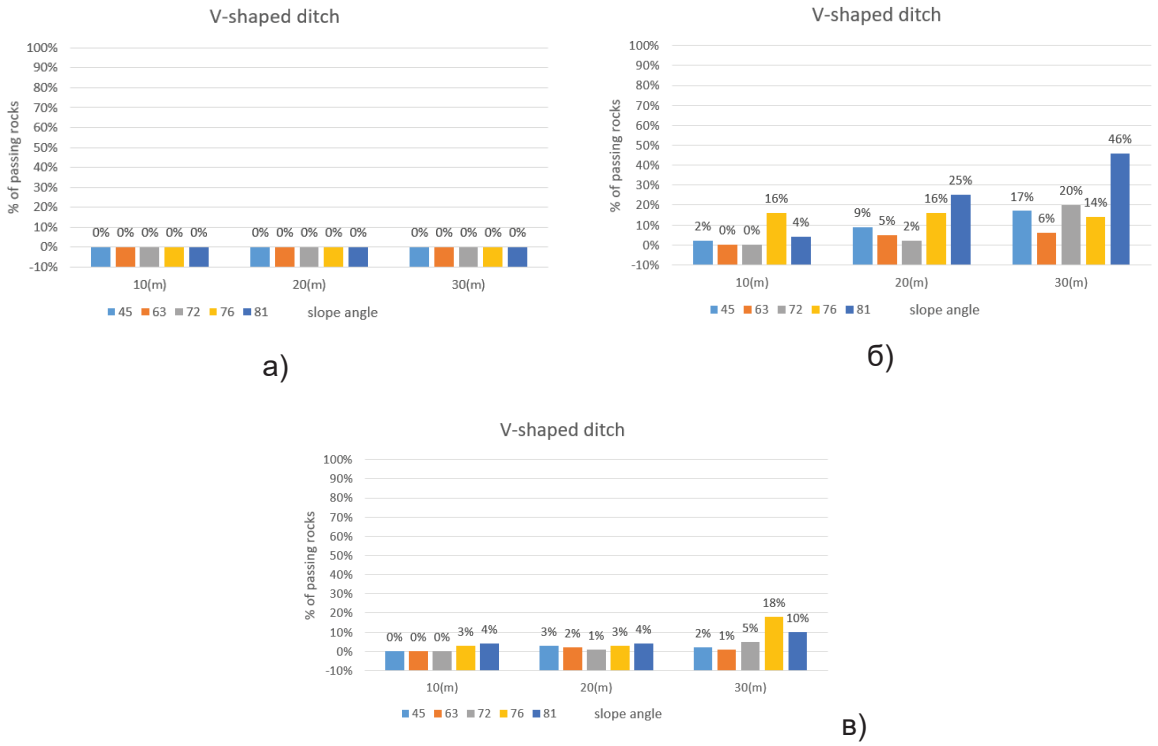
На графиконите на сликите 9, 10, 11 и 12 може да воочиме какви резултати добиваме при различна форма на блокот, при иста форма на ров. Се забележува дека во поголем број на претпоставените случаи ефекасноста е значителна, но воедно може да се констатираат и најнеповолните комбинации.

На графиконите на слика 9 при трапезна форма на ров за косини од 10m ровот има висока ефективност при сите форми на блок. При висина од 20m и 30m на косина се јавува поголемо отстапување само при агол од 45º, додека при другите геометрии на косини има помало отстапување од 2-16%.

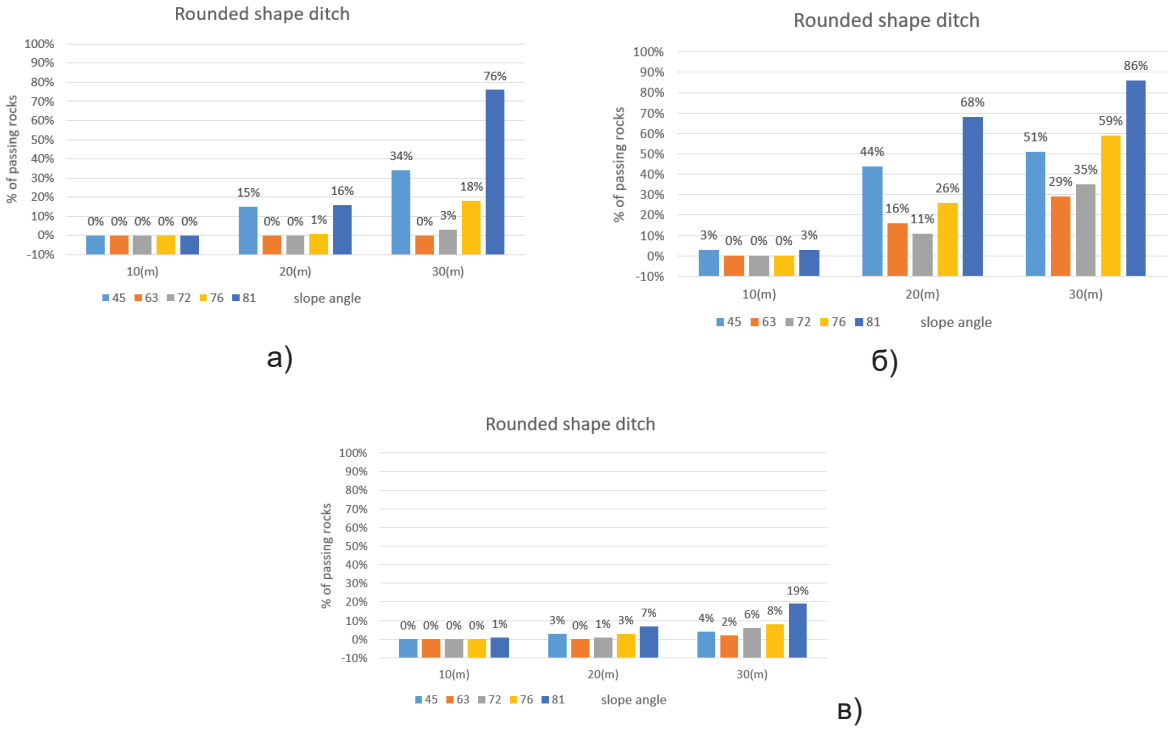
На слика 10 за триаголна форма на ров кај косини од 10m се добиваат добри резултати освен при агол од 45º каде се воочува отстпаување (4-15%). За косини од 20m и 30m исто се гледаат поголеми отстапувања при агол од 45º, а како најнеповолна комбинација е висина на косина од 30m, агол 45º и петоаголна форма на блок, каде 72% од блоковите го поминуваат работ на ровот. Во другите комбинации на наклон се појавуваат помали отстапувања 1-16%.

На слика 11 кај V-форма ров и петоаголна форма на блок се согледува голема ефективност на ровот. Ако блоковите се со квадратна форма, ровот со оваа форма при различни комбинации на агли и висини на косини е со пониска ефикасност (и до 46% во една од комбинациите). Доколку пак блоковите се со елипсовидна форма, процентот на блокови кои го поминуваат работ на ровот се движи од 1-18%.

На слика 12 за кружна форма на ров, најнеповолна комбинација е со квадратна форма на блок каде голем број на блокови го поминуваат работ на коловозот. Најнеповолен е случајот со агол на косина од 81º и висина од 30m (86%). За елипсовидна форма на блок се добива најголема ефективност, каде процентот на незадржани блокови се движи помеѓу 1-19%.



Слика 11. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот (V форма) при иста форма на ров и различна форма на блок а) петоаголник, б) квадрат, в) елипса
Извор: Магистерска работа



Слика 12. Графикони за процент на блокови кои го поминуваат работ на ровот (кружен) при иста форма на ров и различна форма на блок а) петоаголник, б) квадрат, в) елипса
Извор: Магистерска работа

4 ЗАКЛУЧОК

Во трудот се презентирани анализи за траектории на одрони кај карпести косини/падини кои може да послужат при рационализација при проектирање на ровови за зафаќање на одрони. Со статистичка обработка на резултатите може да се констатира дека при косини со висина од 10m препорачливо е проектирање на трапезна форма на ров кој при сите комбинации ја задоволува ефективноста, т.е. го задржува одронетиот материјал во најголема мера. Кај V форма на ров, за сите анализирани висини на косини (10m, 20m, 30m) со различни наклони и при петоаголна форма на блок се постигнува висока ефективност на ровот како, што важи и за косини од 10m со кружна форма на ров. За трапезна и триаголна форма на ров, кај висини на косини од 20m и 30m најнеповолен случај е со наклон на косина од 45º и се препорачува да не се применуваат овие комбинации висина/наклон/форма на ров, додека за другите комбинации на наклони и висини, блоковите го поминуваат работ на ровот но со помал процент 1-17%. При V и кружна форма на ров и блокови со петоаголна форма, во повеќето случаи кај косини од 10m би се добиле доста задоволителни резултати, но во предвид треба да се имаат и поголемите отстапувања кај косини со поголеми висини. Сите форми на ровови покажуваат најниска ефикасност во случајот на квадратни одронети блокови.

Применетиот пристап овозможува да се согледа степенот на ефиканост на роововите во различни комбинации на геометријата косините и роововите, поради што може да се препорача за практични цели при проектирањето. Пред да се извршат овие симулациони анализи, од основно значење е да се прибират инженерскогеолошките податоци за косините и да се одреди која геометриска форма ќе ја имаат очекуваните одронети блокови. Секако во предвид треба да се земаат и сеизмичките услови на средината, вегетацијата и други параметри на опкружувањето.

5 БЛАГОДАРНОСТ

Би сакала да изразам посебна благодарност до Градежниот факултет во Скопје и компанијата Rocscience кои овозможија користење на софтверот RocFall (Product Key: 8a8c8ac3-ccfa-45f8-8340-b900f166339a).

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1]. A.M. Ritchie, (1963): ,,*Evaluation of Rockfall and its Control*", Washington state Highway Commission. Paper sponsored by Committee on Landslide investigations.

[2]. Dorren L.K.A. (2016): ,,*Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model*" EcorisQ, International association for natural hazards risk management

[3]. Piela D., Guardini C., (2008) ,,*Use of the event three to assess the risk reduction obtained from rockfall protection devices*" Natural hazards and Earth System Sciences, 8(6), 1441-1450

[4]. Pierson L. A., Gullixson C.F., Chassie R. G., (2016): ,,*Rockfall catchment area design guide*" Final Report SPR-3(032) (Metric edition). Oregon Department of Transportation Research Group and Federal Highway Administration. Report no. FHWA-OR-RD-02-04M.

[5]. Piteau D. R., Clayton R. (1976): ,,*Description of the slope model computer rockfall program for determining rockfall distribution*'' D.R. Piteau Assoc., November.

[6]. Timothy J. Pfeiffer; Timothy D. Bowen (1989): ,,*Computer Simulation of Rockfalls*" Environmental & Engineering Geoscience (1989) XXVI (1): 135–146.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T1 – 8

Landslides on road cut slopes in water-saturated Pliocene sediments: a concept for remediation

Одроните на патиштата ги пресекуваат падини во плиоценски седименти заситени со вода: концепт за санација

Tamara Jovanovska[1], Blagica Danova[2], Matej Berisha[3]
1 MSc Geotechnical Engineer, Strabag AG, Macedonia, tamara.jovanovska@strabag.com
2 MSc Civil Engineer, Strabag AG, Macedonia, blagica.danova@strabag.com
3 Road Construction Manager, Strabag AG, Macedonia, matej.berisa@strabag.com

Апстракт

Овој труд претставува пристап применет при проектирање и изведба на едно од пресеците од експресниот пат А1, делница „Дреново-Градско“, дел од македонската патна мрежа во градежништвото. Во повеќето зони на трасата се присутни плиоценски седименти, со често појава на подземни води, што доведе до појава на нестабилности, т.е. свлечишта. За слабеење на основата на коловозот придонесе и значителната количина на подземни води. Со оглед на сите овие аспекти, беше одлучено да се прилагоди првичниот дизајн на овој крој. Во процесот на одлучување беа вклучени следните чекори: анализа на постоечки документи, детално инженерско геолошко картирање, лабораториски тест, мерења на количеството на водата на лице место, анализи на релевантни геотехнички и хидротехнички параметри, дефинирање на факторот на Безбедност (FS), дефиниција за заштита од ерозија. Комбинацијата на Набљудувачкиот метод со другите методи е од големо значење. Максималниот измерен принос на водата од изворите беше 0,02 l/s, кој во периодот на набљудување од еден месец значително се намали. Факторот на безбедност за почетниот проект со наклон на косините од 1,5:1 се движеше од 0,99-1,15 за статички оптоварувања и од 0,88-1,01 за сеизмички оптоварувања, што потврди дека треба да се измени наклонот на наклонот. За новото идејно решение се движеше од 1,57 до 2,05 за статичко оптоварување и од 1,21 до 1,58 за сеизмички оптоварувања, што е прифатливо според потребниот минимален фактор од 1,5 за статичко и 1,1 за сеизмичко оптоварување. Со хидролошко-хидрауличните пресметки за два различни системи за одводнување е констатирано дека и двата раствора со одводни цевки и отворен канал можат да прифатат максимална количина на вода. Донесена е варијантата со отворен канал како оптимална за полесна градба и одржување. Според овие резултати, во рамките на трудот е претставено решението засновано на спуштање на наклонот на косините, изградба на габионски ѕид за стабилност на косините и соодветно одведување на водата со отворени канали. На крајот, претставена е употребата на методот на „интензивирано хидросеење“ како заштита од површинска ерозија, кој за прв пат беше применет во Република Македонија при изградбата на овој експресен пат. Решението на вакви сложени задачи бара соодветно знаење и искуство од различни области, вклучувајќи патен инженеринг, геотехничко и хидротехничко инженерство. Примерот покажува дека понекогаш е речиси невозможно целосно да се предвидат сите аспекти во почетните фази на истражување и дизајн, а добрата соработка помеѓу сите засегнати страни во фазата на изградба е клучна.

Клучни зборови

Габионски ѕид, засилено хидросеење, свлечиште, плиоценски седименти, подземни води

Abstract

This paper presents an approach applied in the design and construction of one of the cuts from expressway A1, section “Drenovo-Gradsko”, a part of the Macedonian road network in construction. In most zones of the route, Pliocene sediments are present, with an often appearance of underground water, which led to an occurrence of instabilities i.e., landslides. The significant amount of underground water also contributed to weakening the base of the roadbed. Considering all these aspects, it was decided to adjust the initial design of this cut. The following steps were included in the process of decision-making: analysis of existing documents, detailed engineering geological mapping, laboratory test, on-site measurements of the quantity of the water, analyses of relevant geotechnical and hydrotechnical parameters, definition of the Factor of Safety (FS), definition of the protection from erosion. The combination of the Observational Method with the other methods is of great importance. The maximum measured yield of the water from the springs was 0,02 l/s, which during the observation period of one month decreased significantly. The Factor of Safety for the initial design with an inclination of the slopes of 1,5:1 ranged from 0.99-1.15 for static loads and from 0.88-1.01 for seismic loads, which confirmed that the slope inclination should be modified. For the new design solution, it ranged from 1.57 to 2.05 for static load, and from 1.21 to 1.58 for seismic loads, which is acceptable according to the required minimum factor of 1,5 for static and 1,1 for a seismic load. With the hydrological-hydraulic calculations for two different drainage systems, it was concluded that both solutions with drainage pipes and an open channel can accept the maximum amount of water. The variant with an open channel as optimal for easier construction and maintenance was adopted. According to these results, in the frames of the paper, the solution based on lowering the slopes’ inclination, construction of a gabion wall for slope stability, and adequate drainage of the water with open channels is presented. Finally, the use of the method of “intensified hydroseeding” as protection from surface erosion, which was applied for the first time in the Republic of Macedonia during the construction of this expressway is presented. The solution to such complex tasks requires adequate knowledge and experience from different fields, including road engineering, geotechnical and hydrotechnical engineering. The example shows that sometimes it is almost impossible to fully predict all aspects in the initial stages of research and design, and a good collaboration between all the concerned parties in the construction phase is crucial.

Key words

Gabion wall, intensified hydroseeding, landslide, Pliocene sediments, underground water

INTRODUCTION

Geotechnical structures are an integral part of road construction. All slope instability and erosion problems directly affect road safety and usability. The design of these structures requires an approach where knowledge from all areas of civil engineering is used. This paper shows a typical example of a cut as part of the expressway A1 section "Drenovo-Gradsko", for the stabilization of which a complex approach was required. A concept for solving a stability problem when the cut is constructed in Pliocene sediments with groundwater occurrence is presented.

1. ANALYZED AREA

The cut that is the subject of analysis is located at km 11+397.6 – 12+157.6, at expressway Prilep – Gradsko, section Drenovo – Gradsko. According to the technical documentation, this cut is referred to as “Cut 2”, and like almost all parts of the route, it is constructed in Pliocene sediments. The initial design of the slopes was with an inclination of 1.5:1 and berms with 3.0m width at 8.0m height, without erosion protection. After the excavation and a period of about 2 years of exposure of these materials to atmospheric influences, numerous problems were registered.

Certain occurrences of groundwater have been registered, in terms of moistening, leaching, and seepage. (Fig.1)

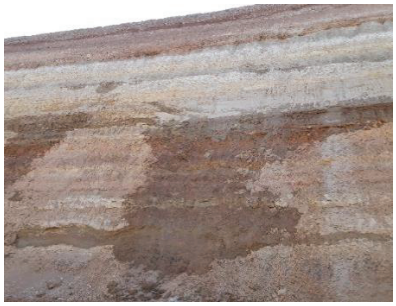
a)  b)

Figure 1. a) Moistening on the slope b) Wet zones at cut 2

The appearance of water in these formations can worsen their geomechanical characteristics, in addition, the type of lithological formation in the zone of contact in the bottom can adversely affect the stability of the slopes of the cut, in terms of initiating surface flushing, erosion, suffosion, landslides, etc. [1] This was confirmed with the presence of the contemporary engineering-geological processes that were registered during the field engineering-geological mapping (Fig. 2). An unstable zone on the left slope of the cut between km 11+820 - 12+040 was observed. In this section after the excavation of the cut, in 2019 movement of large quantities of material towards the road axis occurred. Another major problem at the remaining part of the subjected cut was the process of poor surficial flushing, directed towards the toe of the slopes.

a) b)

Figure 2. a) Appearance of an unstable zone b) Eroded material in the toe of the slope

Considering all these aspects, it was decided to adjust the design of the slopes.

2. METHODOLOGY

To find the optimal solution and to reduce the risks and maintenance costs to a minimum, the following steps were used in the analysis:

- Analysis of existing documents
- Detailed engineering geological mapping
- Laboratory test
- On-site measurements of the quantity of water from the springs
- Analyses of relevant hydrotechnical and geotechnical parameters
- Definition of Factor of Safety (FS) and protection from erosion

2.1 On-site measurements of the quantity of water from the springs

On the left slope of the cut, three springs were detected. With simple eye observation, it was noticed that the water coming out of every spring was of different intensity, so the goal of on-site measurements was to determine the yield of every spring and the eventual fluctuation of the quantity of water produced by them.

In smaller springs with Q < 10 l/s, the yield can be measured by capturing all the spring water in a vessel of known volume [2]. To meet the measurement objectives, a measuring instrument with a known volume and a stopwatch were used. The calculations were made with the following formula:

$$Q = V/t \quad (1)$$

Where is: Q – yield (l/s);

V – volume of the measuring instrument (l);

t – time of filling the measuring instrument with water (s).

Three measurements were carried out, the first one on 20.07.2022, the second on 03.08.2022, and the third on 18.08.2022. The measured values are presented in Table 1. It is important to notice that between the first and second measurement it was raining, so it affected the usurpation of the cut. Between the second and the third measurements, it also rained, so the terrain was completely changed. The change of the terrain around the springs greatly influenced the quantity of water coming out of the springs and the water that sinks underground.

Table 1. Quantity of water produced by every spring, average valued and spring category

Date	Spring No.	Time (s)	Quantity (l)	Yield (s)	Average yield (l/s)	Category of the spring [2]
20.7.2022	1	23,21	0,30	0,013	0,013	VII
		23,52	0,30	0,013		
		23,51	0,30	0,013		
		23,50	0,32	0,014		
		23,41	0,31	0,013		
	2	18,21	0,20	0,011	0,011	VII
		18,49	0,20	0,011		
		18,56	0,21	0,011		
		17,58	0,21	0,012		
		18,51	0,21	0,011		
	3	25,15	0,41	0,016	0,016	VII
		25,30	0,41	0,016		
		25,29	0,40	0,016		
		25,39	0,42	0,017		
		25,48	0,42	0,016		

Date	Spring No.	Time (s)	Quantity (l)	Yield (s)	Average yield (l/s)	Category of the spring [2]
03.8.2022	1	23,20	0,21	0,009	0,009	VIII
		22,99	0,20	0,009		
		22,58	0,22	0,010		
	2	18,41	0,09	0,005	0,005	VIII
		18,49	0,10	0,005		
		18,44	0,10	0,005		
	3	25,27	0,39	0,015	0,015	VII
		25,28	0,39	0,015		
		25,35	0,38	0,015		
18.8.2022	1	19,47	0,19	0,010	0,009	VIII
		23,00	0,20	0,009		
		23,28	0,21	0,009		
	2	18,12	0,02	0,001	0,001	VIII
		18,53	0,02	0,001		
		18,36	0,02	0,001		
	3	25,28	0,21	0,008	0,009	VIII
		25,39	0,21	0,008		
		25,40	0,23	0,009		

2.2 Hydrologic and hydraulic calculations

For draining the water two different variants were considered. The first includes the construction of a system with drainage and sewer pipes and the other one includes an open channel placed at the bottom of the subgrade.

The hydrologic calculations are made in order to define the quantity of surface water which should be drained. According to the global practice for designing drainage systems of carriageways, the hydrologic calculations are done for rain with a duration of 10 min. and with repeatability of 10 years [3]. The quantity of water that should be accepted by the drainage system with sewer pipes is determined by the rational equation:

$$Q = q \cdot F \cdot \varphi \cdot \psi \quad (2)$$

Where is: Q – quantity of water (m^3/s);

q_r – module of leakage calculated by $q = 166,7 \cdot i$ ($m^3/s/km^2$);

i – 1,27 (mm/min).

According to the calculations for these rains, the module of leakage is q = 211 (l/s/ha), coefficient of retardation – f = 0,9 and coefficient of leakage – y (for asphalt areas y = 0,85; for areas under greenery y = 0,25).

The calculations for dimensioning open channels are in dependence of the maximum capacity of trapezoidal channels for different slopes of the vertical alignment. The following equations were used [4]:

Area of the profile (m^2) $$A = (b + m \cdot y) \cdot y \quad (3)$$

Wet perimeter (m) $$O = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad (4)$$

Hydraulic radius $$R = \frac{A}{O} = \frac{(b + m \cdot y) \cdot y}{b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1+m^2}} \quad (5)$$

Chezy - coefficient $$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (6)$$

Speed (m/s) $$V = C \cdot \sqrt{R \cdot J} \quad (7)$$

The adopted coefficient of roughness is n = 0,013, the width of the channel at the bottom is 0,5 m and the slope ratio of the channel walls is 1:1 [5].

2.3 Analyses of relevant geotechnical parameters

From a geotechnical point of view the following types of materials were separated: sandy clay (CL), sandy silt (SL), silty sands (SFs), sandy gravels (GFs), and sandstones (PS). Their geotechnical parameters are presented in Table 2.

Table 2. Geotechnical parameters of the materials at cut 2

Type of material	Unit weight (kN/m^3)	φ°	c (kPa)
Sandy clays	18,3	21	18,0
Sandy silts	18,0	20	20,0
Silty sands	18,7	27	8,5
Silty sandy gravels	21,0	30	5,0

Type of material	Unit weight (kN/m^3)	$Js_{(50)}$ MPa	σ_p MPa	GSI	mi	D
Sandstones	20,5	0,13	2,86	40	17	0,7

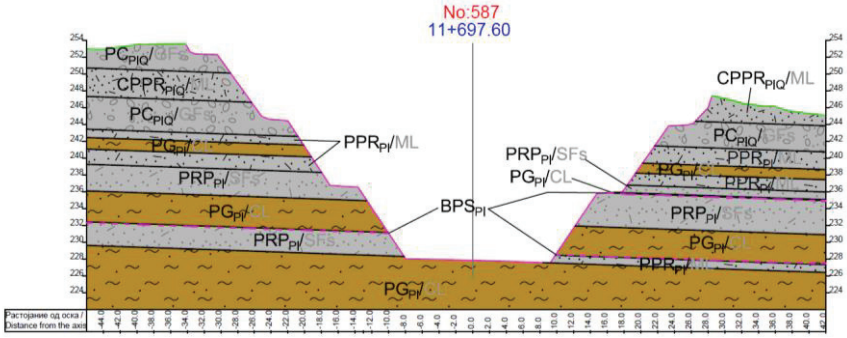


Figure 3. Characteristic engineering-geological cross-section [1]

These parameters were used in the slope-stability analyses for both the initial design solution (1,5:1) and the variants for the new proposed design solution (1:2).

3. RESULTS

3.1 Quantity of water from the springs

Table 3 shows the average quantity of water that the spring gives per unit of time and the fluctuations between the three measurements, given in percent.

The following can be concluded:

- The quantity of water produced by the springs is variable over time. From Table 3 it can be seen that the biggest change is registered with the second spring, i.e. the liters per second of the second spring is reduced from 0,011 to 0,001.
- The percent of change of the quantity of water per second is the most prominent at the second spring, between the I and III measurement.

Table 3. Results of the on-site measurements

Measurement No.	Date	Spring No.	Average Yield (l/s)	Change between I and II measurement (%)	Change between II and III measurements (%)	Change between I and III measurements (%)
I	20.7.2022	1	0,013	-29,83	-0,07	-29,88
II	03.8.2002		0,009			
II	18.8.2022		0,009			
I	20.7.2022	2	0,011	-53,55	-79,18	-90,33
II	03.8.2002		0,005			
II	18.8.2022		0,001			
I	20.7.2022	3	0,016	-6,06	-44,09	-47,48
II	03.8.2002		0,015			
II	18.8.2022		0,009			

3.2 Hydrologic and hydraulic output results

The hydrologic calculation for water quantity that should be accepted by the drainage system includes the areas for surface water, both asphalt, and slope areas. These calculations are made in order as placed in terrain:

- Left curves - water collected with the left gutter,
- Left carriageway - the water collected with the left drainage system,
- Right carriageway - the water collected with the right drainage system,
- Right curve - the water collected with the right gutter.

The hydraulic calculation includes the water amounts from the areas of the cut's slopes and gutters - (Q_1), amounts from the asphalt areas - (Q_2), and total water amounts - (Q_1+Q_2). Table 4 shows only the results of the largest amounts of water that should be accepted by the drainage system at cut 2.

Table 4. Hydrologic calculation of water quantities for cut 2

No. of profile	572		573		574	
Distance		20		20		20
Chainage	11+397,60		11+417,60		11+437,60	
K_l		328,10		235,90		163,80
Q_{1l}		1,81		1,37		1,02
A_l		270,00		270,00		270,00
Q_{2l}		4,37		4,37		4,37
Q_{1l}+Q_{2l}		6,18		5,74		5,40
Flow direction	←		←		←	
Quantities of water		**155,26**		**149,08**		**143,34**
		268,73		**267,18**		**264,51**
Flow direction	←		←		←	
Q_{1r}+Q_{2r}		1,55		2,67		3,18
Q_{2r}		0,00		0,00		0,00
A_r		0,00		0,00		0,00
Q_{1r}		1,55		2,67		3,18
K_r		273,70		510,20		616,30

where:

K – slope area between two profiles (l – left, r – right)

A – asphalt surface between two profiles (l – left, r – right)

The calculation and graphical representation for the maximum amount of water depending on the inclination of the open channels is presented in Table 5 and Figure 4.

Table 5. Hydraulic calculation of maximum amount of water accepted by the open channels

i	b	A	O	R	C	V	Q_{max}	Q_{max}
%	m	m^2	m	m	m^1/2/s	m/s	m^3/s	l/s
1	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	3,143	1,572	1571,616
5	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	7,028	3,514	3514,240
10	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	9,940	4,970	4969,886
15	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	12,174	6,087	6086,842
20	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	14,057	7,028	7028,480
25	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	15,716	7,858	7858,079
30	0,50	0,50	1,91	0,261	61,502	17,216	8,608	8608,094

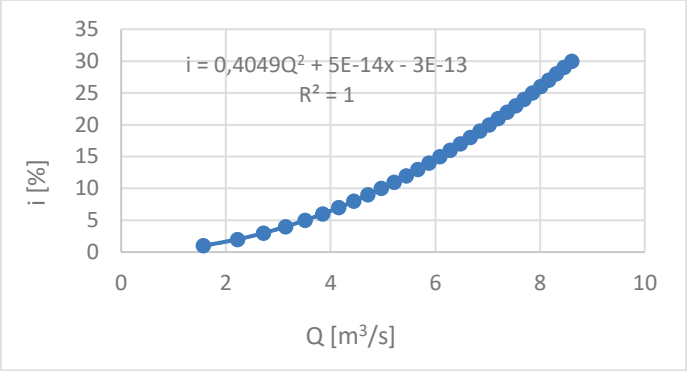


Figure 4. Graphical representation of the maximum amount of water depending on the inclination

It was decided to choose the variant with the construction of open channels because of the possibility for faster construction and easier maintenance in the future.

3.3 Definition of the Factor of Safety

Stability analyses were done for different possible load cases: geostatic analyses and pseudo-static analyses (seismic load). The package GEO5, Slope stability module, according to Bishop's method was used. The values of accelerations used in the seismic design situation were chosen according to the map of seismic zonation of R. Macedonia for a recurrence period of 475 years [6].

The Factor of Safety for the initial design (1,5:1) ranged from 0.99-1.15 for static loads and from 0.88-1.01 for seismic loads, which confirms that the slope inclination should be modified.

A few alternative variants which included construction of a reinforced-concrete retaining wall with piles, a gabion retaining wall, and lowering the slope inclination were considered. After the techno-economic analysis the solution of lowering the slope inclination, change of the material with crushed stone and constructing a gabion retaining wall on the move where the old landscape occurred, was adopted. In addition, a separate drainage system is predicted behind the gabion wall, to accept the bigger quantity of water coming out of the springs.

For this design solution (1:2), the Factor of Safety ranged from 1.57 to 2.05 for static load, and from 1.21 to 1.58 for seismic loads, which is acceptable according to the required minimum factor of 1,5 for static and 1,1 for the seismic load.

A typical cross-section of the new design is presented in Figure 5.

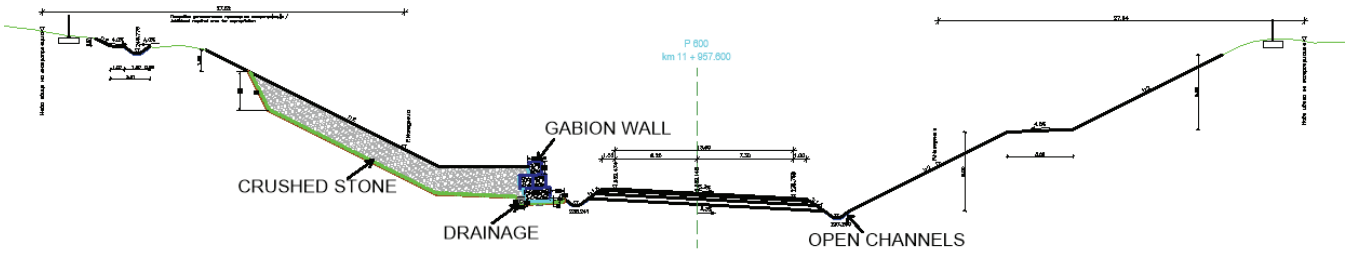


Figure 5. Typical cross-section of the new design solution

3.4 Protection of the slopes from erosion

The materials of which cut 2 is constructed are prone to erosion when exposed to atmospheric influence for a long time. Neglecting this phenomenon can lead to clogging the drainage systems and leaking of material directly into the road construction. Considering this, the protection of the slopes from erosion has a major role in providing safe construction in the operation phase and reducing maintenance costs. The protection from erosion consists of reducing the drag forces, reducing the velocity of the run-off, and increasing the resistance by protecting the surface with appropriate vegetative coverage. All this contributes to increasing its internal strength [7].

In this case, the protection is provided by the so-called method of intensified hydroseeding. Intensified hydroseeding includes the installation of a certain type of biodegradable mesh of natural fibers (coconut fibers), and machine greening (grazing) of the slopes (Fig. 6).

In this way, for a relatively short time, the slopes are protected from erosion, by regulating the moisture content of the soil, while achieving aesthetic effects that have an influence on better integration of the structure into the natural environment.

Figure 6. Example of slope protection from erosion with intensified hydroseeding from the alignment Drenovo-Gradsko

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

All areas of civil engineering are closely related, thus neglecting any aspect during construction can lead to various problems. This paper clearly shows that geotechnical and hydrotechnical engineering are important in road construction for several reasons. The occurrence of modern engineering-geological processes, such as landslides, can completely or partially threaten the safety of the roads and make their use impossible. The appearance of erosion can lead to a leaching of a significant amount of material on the road, which will contribute to the appearance of slippery parts and reduced safety. The appearance of underground water, which is not properly drained, has a negative effect by weakening the road base and thus the appearance

of cracks in the asphalt over time. Improper drainage of surface water also leads to the appearance of slippery places, as well as the formation of smaller "lakes" in certain places. For these reasons, such a multidisciplinary approach needs to be used in the design and construction of all types of objects. Before the design phase, it is important to make detailed investigations, but it is not always possible to foresee all the aspects. Therefore, during the construction, it is necessary to observe the process critically, and if some conditions on-site that does not correspond to the project are noticed, to react promptly and adjust the solution.

5. REFERENCES

[1] Nedelkovska N., Petkovski O. (2021). Supplement to Detailed Design Cut [km 11+397.6 – km 12+157.6], Expressway Gradsko-Prilep, Section Drenovo-Gradsko (Skopje, Republic of Macedonia, 245 p.)

[2] Jovanovski M, Peshevski I, Gapkovski N, Abolmasov B. (2012), Engineering Geology, University book, (Faculty of Civil Engineering-Skopje, University Ss.Cyril and Methodius, ISBN, 978-608-4510-13-0, Skopje)

[3] Skoklevski Z., Todorovski B., (1993) Intensive rainfalls in the Republic of Macedonia, (Faculty of Civil Engineering, Skopje, University Ss.Cyril and Methodius)

[4] Popovska C.,(2016), Fluid Mechanics, University book, (Faculty of Civil Engineering-Skopje, University Ss.Cyril and Methodius)

[5] Teodosijevski C., (2013), Main Design, Route A1 “Prilep - Gradsko” Section: From bridge of R. Raec across interchange Drenovo to interchange Gradsko, Connection with A1, Book 3 (Kumanovo Republic of Macedonia, 145 p)

[6] Milotinuvik Z., Salik R., (2012), Map of seismic zonation of North Macedonia for recurrence period of 475 years, prepared by UKIM –IZIIS, Skopje according to the requirements of the standard MKC EN 1998-1:2012 – Eurocode 8

[7] Paz Erickson F., Flor-Paz P., Almanzor N., Marcos M C., (2018), Performance evaluation of soil erosion control geotextile materials on road cut slope (The 2018 World Congress on Advances in Civil, Environmental, & Materials Research (ACEM18) Songdo Convensia, Incheon, Korea)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 9

CONSTRUCTION PHASES AT “PONIKVE” AIRPORT
ГРАДЕЖНИ ФАЗИ НА АЕРОДРОМ „ПОНИКВЕ“.

Mladen Kapetanović, M.Sc.C.E.[1] , Danijela Pandžić, M.Sc.C.E.[2]
[1] The Highway Institute JSC, Belgrade, Serbia, m.kapetanovic@highway.rs
[2] The Highway Institute JSC, Belgrade, Serbia, d.vukadinovic@highway.rs

Апстракт

Проектот за аеродромски капацитети може да се планира како серија фази. Критериумите за поделба на фази може да се поврзат со градежната технологија и планот за извршување на работите, финансискиот план на Инвеститорот, техничките решенија или други фактори кои влијаат и ја подобруваат употребливоста на техничката документација со фази. На овој начин, предметот на иста техничка документација може да се подели на различни нивоа на активност (рехабилитација, реконструкција или нова градба). Целта на овој труд е да го прикаже влијанието на различни фактори врз начинот на поделба на фази, користејќи го примерот на аеродромот „Поникве“ лоциран во Ужице, Србија. Исто така, објаснето е и графичкото толкување на коловозната конструкција и одводното решение во сите три проекции. Врз основа на техно-економската оценка, претставени се принципите на избор на најоптимални решенија

Клучни зборови

аеродромски објекти, фази на изградба, нова градба, санација, техничка документација, техноекономска проценка

Abstract

The airport facilities project, can be planned as a series of phases. The criteria for division into phases can be related to the construction technology and work execution plan, the Investor's financial plan, technical solutions or other factors that influences and improve the usability of the technical documentation by phasing. In this way, the subject of same technical documentation can be divided into different levels of activity (rehabilitation, reconstruction or new construction). The aim of this paper is to show the influence of various factors on the way of division into phases, using the example of the “Ponikve” airport located in Uzice, Serbia. Also, the graphic interpretation of the pavement construction and drainage solution in all three projections is explained. Based on the techno-economic assessment, the principles of selecting the most optimal solutions are presented.

Key words

airport facilities, construction phases, new construction, rehabilitation, technical documentation, techno-economic assessment

1. INTRODUCTION

According to all applicable laws and regulations of the Republic of Serbia, construction process can be carried out in phases. The implementation of construction phases can significantly improve the technical and economic conditions for the facility as well.

The possibilities of influencing the quality and price of the facility are highest in the initial stages of planning and design. Therefore, a decision on the justification of the construction phases application should be made in those initial steps.

The life cycle algorithm of an airport facility, similarly to other transport infrastructure facilities, can be divided into:

- Planning
- Design
- Construction
- Management and maintenance

The division into phases is the result of an analysis of all factors that can be recognized and their impact to next stages of the construction process. The aim of this paper is to show the key factors that can be crucial for division. The parameters are classified and evaluated from the designer's perspective. With additional analysis from the point of view of other participants in the construction process (investor, contractor, supervision, etc.), this topic becomes even more significant and broader.

2. OVERVIEW OF EXISTING REGULATIONS RELATING TO CONSTRUCTION PHASES OF FACILITIES

The Law on Planning and Construction [1] is the highest legal act in the Republic of Serbia that governs conditions and modalities of zoning, development and use of building land and building of facilities, beside others. This law stipulates that the location conditions can be divided into phases. In that case, the location conditions are valid until construction permit of the last phase expiration, issued in accordance with those conditions. Technical inspection can be carried out for linear infrastructure facilities that are divided into phases, and accordingly, a usage permit can be issued even when individual phases do not represent a technically and technologically independent part. In the case of issuing a usage permit for a certain phase only, it is very important to take into account the interaction between that part with the rest of the facility, in order to achieve the highest level of traffic safety.

The application for the issuance of location conditions includes the submission of the conceptual design of the facility, made in accordance with the rulebook that regulates more closely the content of technical documentation. It is the regulation on the content, method and procedure of preparation and control of technical documentation according to the class and purpose of the facilities ("Official Gazette of RS", No. 73/2019) [2].

The implementation of construction phases on the airport facility implies compliance with the laws and by-laws related to the field of construction, but also at the same time the fulfillment of the technical requirements prescribed in the Rulebook on amendments to the regulation on conditions and procedures for issuing airport certificates ("Official Gazette of the RS", No. 16/2019) [3]. This regulation should be used together with other valid international regulations that prescribe the airport design and construction rules.

Although legal regulations for the field of construction may differ from country to country, the principles of application of the construction phases shown in the example in this paper are universal. Depending on the type of object, the types of factors that affect the division into phases will differ. It is necessary to recognize the factors, classify them according to importance and apply those that improve the construction process.

3. RESEARCH METHODOLOGY

Considering that it is not possible to predict all the factors that affect the construction of different types of facilities, the methodology of presenting information in this work is given through a real example of technical documentation. “Ponikve” Airport was chosen for a case study because there are various types of factors that influence decision making on how to divide into phases.

“Ponikve” Airport is located 18 km northwest of the city of Užice in Serbia. From 1983 to 2010, the airport was used as military air base. The airport was heavily damaged during the NATO bombing in 1999. Later, in order to determine the condition of pavement constructions of the maneuvering areas and their functional and structural capacity in relation to the traffic forecast, a detailed examination of the pavement constructions was carried out, and based on that, pavement reconstruction solutions were given.

The reconstruction works of the runway was not carried out on the entire length of the runway, but only on a part of the runway, so that its use was ensured on a shortened length of 2,200m. On the unrepaired part of the runway, only the crushed stone filling of the explosion craters was carried out.

Since 2013, the airport has been used for private air traffic, with the ICAO Aerodrome Reference Code 2B. ICAO location indicator: LYUZ. Aerodrome reference point: 435403.07N019419.73E.

The altitude of the aerodrome reference point is ELEV=3012ft =918m. The apron A and taxiway (taxiway width: 23m) with asphalt surfaces are parts of existing state of airport facility. “Ponikve” Airport has, in its current configuration, one runway (runway orientation: 10-28), with declared distances as shown in table 1:

Table 1. Declared distances of existing runway

Maximum values	TORA(m)	ASDA(m)	TODA(m)	LDA(m)
RWY 10	1830	1830	1830	1830
RWY 28	1830	1830	1830	1600

Source: [10]

The existing width of RWY10 and RWY28 is 30m.

4. A CLASSIFICATION OF FACTORS THAT INFLUENCE THE DIVISION INTO PHASES

The original Terms of Reference was divided into three phases, actually represented Airport development plan.

During conceptual design for planning purposes, an analysis of the factors that were available at that time was undertaken. Through their classification and evaluation, it was concluded that the most rational division is into five phases.

The factors that influence the division into phases on the “Ponikve” Airport project are classified as:

- Maximum traffic safety after every completed phase
- Legal regulations and requirements for airport certification
- Airport development plan

- Type of construction works (new construction or reconstruction)
- Investment plan
- Terms of Reference
- Existing terrain configuration and existing surfaces condition
- Horizontal and vertical geometry, pavement construction, drainage and other airport facilities design solutions
- Techno-economic analysis of solutions in relation to state 0 – not to build
- Construction technology

Each of these factors depending on the phase is evaluated by importance, and branching is carried out accordingly. The traffic safety is top priority.
At the end of each of the phases, it is necessary to distinctly define all the possibilities and limitations of the safety use of the facility until next phase.

5. PHASES DESCTRIPTION

All phases are designed for Aerodrome Reference Code 4C. Critical aircraft for stages 1 and 2: Airbus A320neo, whereas for stages 3,4 and 5 critical plane is: Boeing 757.

Next, basic information about each of the phases will be presented. At the beginning of the description of each of them, the key factor will be mentioned, which, in addition to safety factor, was decisive for the adopted way of dividing the technical documentation into phases.

5.1 PHASES 1 AND 2

Key factor: pavement construction solutions based on existing airport facilities condition. Existing condition of runway, directly indicates division into phases 1 and 2 (due to the crater caused by the bombing at part of km 2+200 – km 3+087). Figure no.1 shows existing condition of the runway.

Fig. 1: Existing conditions of the runway phase 1 area – left and phase 2 area - right
Source: [10]

Figure no.2 shows the newly designed layout plan of phase 1 and phase 2.

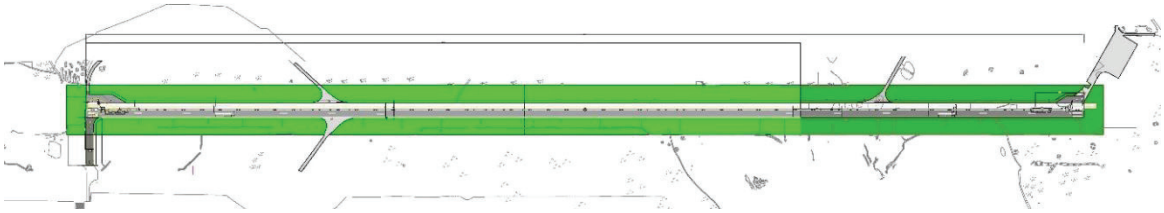


Fig. 2: Layout plan of the airport's maneuvering surfaces division into phase 1 and phase 2
Source: [10]

PHASE 1:

- Reconstruction of the runway, a part that is not currently in operational use, from km 2+200 to km 3+087
- Reconstruction of the turn pad on the threshold RWY28 in accordance with the geometric characteristics required to 180 degree turn maneuver of Airbus A320neo airplane
- Reconstruction of the runway strip with a total width of 150m and 60m in front of the threshold RWY 28
- Reconstruction of the drainage system (from km 2+200 to km 3+087)
- Horizontal and vertical traffic signalization (from km 2+200 to km 3+087)

After the reconstruction of the section from km 2+200 to km 3+087, the declared distances of the runway will be as shown in table 2:
Threshold RWY 10 km 0+000
Threshold RWY 28 km 2+990

Table 2. Declared distances of runway after phase 1

Maximum values	TORA(m)	ASDA(m)	TODA(m)	LDA(m)
RWY 10	3.087 m	3.087 m	3.087 m	3.087 m
RWY 28	3.087 m	3.087 m	3.087 m	2.990 m

Source: [*10*]

The vertical profile is designed in such a way that the amount of work and the consumption of material for the rehabilitation of the runway are minimal, but also taking into account the second phase of the work (from the beginning of the runway to km 2+200). The designed levels fit into the existing terrain levels at the station km 2+200 (station km 0+000 at threshold RWY10) with an altitude of 892.94. In this way, the Investor is given the opportunity to comply with other safety requirements, first perform work on phase 1 area, without correcting the geometry on phase 2 area, and then, when it is possible according to the Investment Plan, to complete the work on the rest of the runway. Figure No. 3 shows a longitudinal profile to illustrate the fitting zone.

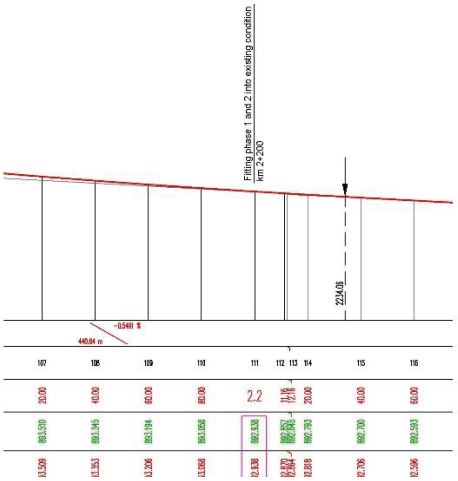


Fig. 3: Phase 1 and 2 fitting zone (km 2+200) on the longitudinal profile
Source: [10]

From km 2+200 to km 3+087.45, the runway is being reconstructed at a width of 45m (22.5m from the axis to both sides), according to the pavement reconstruction solutions zones, given in figure no. 4, whereas from km 0+000 to km 2+200 crack sealing is carried out.

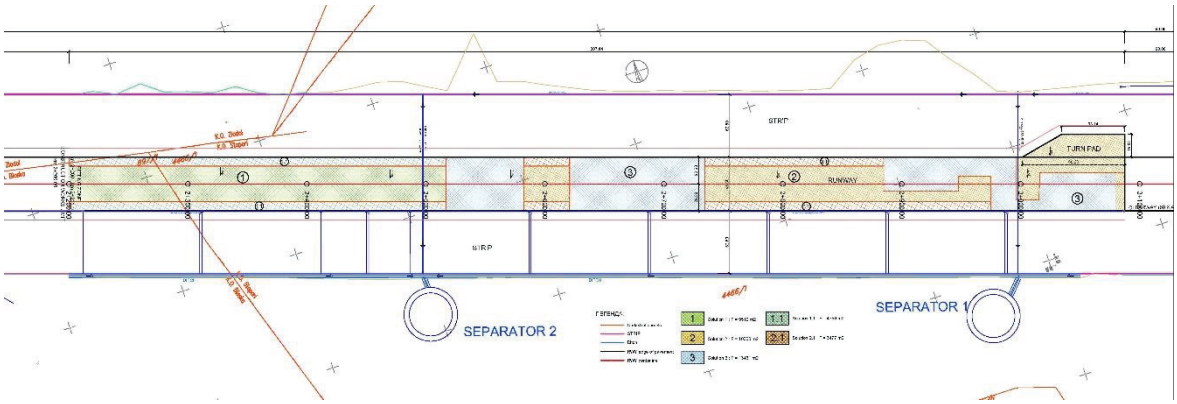


Fig. 4: Overview map of pavement reconstruction solutions zones in phase 1
Source: [10]

Conditions that are inherited from phase 1 to phase 2:

Some of the factors in phase 1 should be inherited into next phase, because they are both parts of the same functional facility of the "Ponikve" Airport, in order to maintain the continuity of the technical and technological characteristics for the following facilities:
The transverse slope of the runway is 1.1% to one side, as the closest to the existing condition, which avoids a significant increase in construction costs. In the extension of the runway, a clearway is designed with dimensions of 60x45m.
The runway strip is designed on both sides of horizontal alignment in a width of 2x75=150m along the length of the runway and clearway. First 7.5m of the runway strip is formed on both sides with 2.5% transverse slope (geometric characteristics required for the shoulder), and in the next 45m (up to 75m from the axis) with 1 to 2.5% variable slope, thus earthworks are maximally reduced.
One-sided transverse slope of the runway implies, drainage at the lower edge with application of a slot channel. The slot channel is periodically emptied to the peripheral channel, and then directed to the separators and after treatment further into ravines. Atmospheric water from the opposite side is collected by precast concrete channels and directed through pipe culverts to the separators.

Phase 2:

- Rehabilitation of the runway, a part that is currently in operational use, from km 0+000 to km 2+200
- Rehabilitation of the runway strip in total width 150m and 60m before and after threshold RWY10
- Rehabilitation of the taxiway A in zone of threshold RWY10 with taxiway strip
- Rehabilitation of the drainage system (from km 0+000 to km 2+200)
- Horizontal and vertical traffic signalization (from km 0+000 to km 2+200)

The vertical profile is designed taking into account the designed level of the runway part from km 2+200 to km 3+087.
On the entire surface of the runway belonging to phase 2, it is planned resurfacing, by milling of maximum thickness 5 cm and overlaying a new layer of asphalt mixture with a technological thickness of 5-6 cm.

5.2 Phase 3

Key factor: a critical airplane defined by Terms of Reference.
Reconstruction of the turn pad in phase 1 technical documentation is in accordance with the geometric characteristics of the Airbus A320neo airplane. The main purpose of phase 3 design

is to define necessary widening of the turn pad on threshold RWY 28 for safety 180 degree turn maneuver of Boeing 757 airplane. Pavement construction solution is the same as for phase 1. During the construction, newly designed pavement layers should be stepped cut into previously built in phase 1. Figure no. 5 shows layout plan of phase 3.

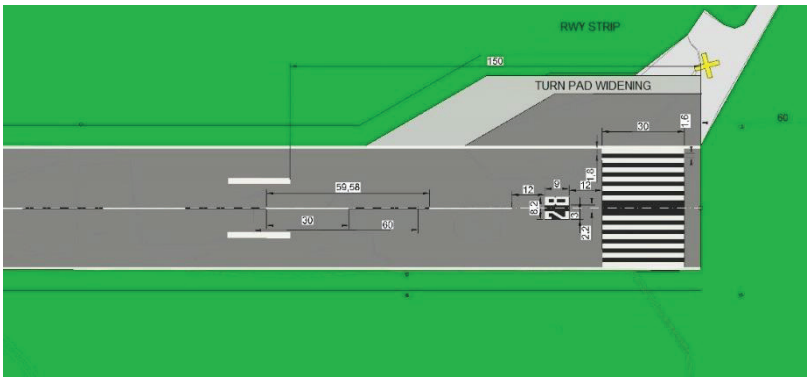


Fig. 5: Turn pad widening on threshold RWY 28 in phase 3
Source: [10]

5.3 Phase 4

Key factor: type of construction works (new construction or reconstruction)

The fourth phase represents the new construction of the following airport facilities:

- Taxiway - 23m wide - (with taxiway strip), which is parallel to the runway, to connect taxiway A with the new apron
- Apron
- Drainage system
- Horizontal and vertical traffic signalization

Taxiway

In order to provide a maneuvering surface that enables access to the apron, a taxiway is designed from the existing apron along the threshold RWY10. The newly designed taxiway width is 23m (11.5m from the axis on both sides). The transverse slope of the taxiway is 1.5% to the left in the direction of the growth of the stations. The width of the shoulder next to the taxiway is 1 m on both sides and is designed with asphalt pavement construction. The transverse slope of the shoulder is identical to the transverse slope of the taxiway. The width of the taxiway strip is 52m (26m on both sides of the axis). A lateral drainage ditch was formed in the cutting zone.

Apron
The apron is a defined area within the airport with the purpose of enabling safe and efficient maneuvering and accommodation of aircraft for loading and unloading of passengers, goods and mail, supply of aviation fuel, detention and maintenance of aircraft. The project envisages an apron with dimensions 80m x 157.50m and containing part of taxiway A.
The geometric characteristics and traffic-technological solution of the apron is designed for the maneuvering of aircraft on the apron with safety distances, based on the forecasted number and structure of the aircraft fleet, which must be served at the same time and conditions of maximum flexibility of use in relation to the type of aircraft. The transverse slope of the apron is 1%.
Along the edge of the apron, the construction of a 10m wide service road is planned, which should provide access to mobile equipment for servicing aircraft on the apron. In figure no. 6 layout plan of phase 4 is shown.

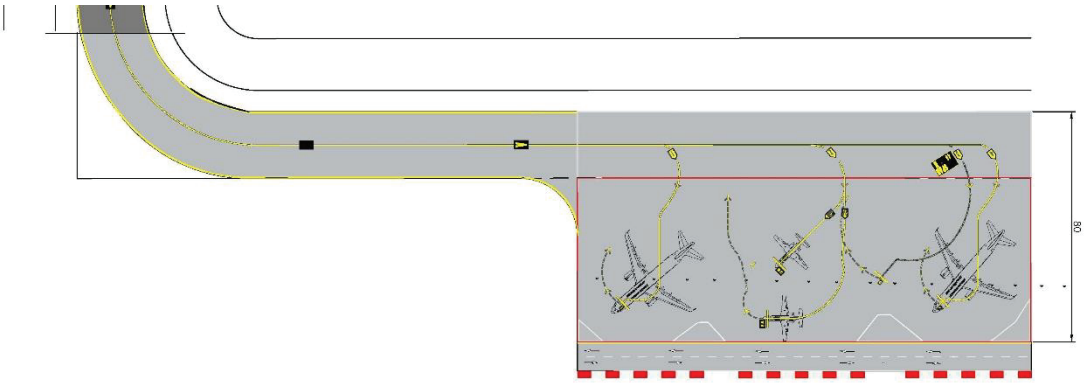


Fig. 6: Apron and taxiway - Phase 4
Source: [10]

5.5 Phase 5

Key factor: Law regulations and requirements for airport certification
Regulation [3] stipulates that runway end safety area must exist at each end of the runway strip for code number 4.
Therefore, in order to reduce the risk for the aircraft and its passengers when the aircraft lands in front of or threshold or behind the runway, a runway end safety area (RESA) is designed for both thresholds with a total length and width of 90m. This phase can be applied immediately after the second phase, because this area is independent from areas in next phases.
The longitudinal slopes of both runway end safety areas are approximately 1.5%, whereas other resulting slopes must not exceed a value of 5%, and what's more, slope changes must be made gradually. It is also necessary to ensure the bearing capacity in accordance with the regulations. Figure 7 shows the layout plan of phase 5.

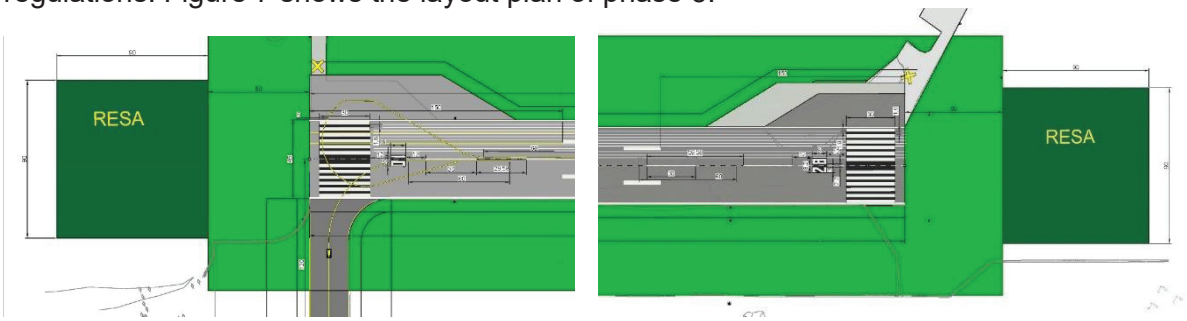


Fig. 7: RESA on threshold RWY 10 – left and threshold RWY 28 - right
Source: [10]

6. RESULTS

The result of this case study is final division into phases at the "Ponikve" Airport facility. All five phases were adopted based on clearly defined factors and their importance for construction. At the beginning of each of the phases, a key factor was specified, which, beside from the traffic safety one, was decisive for the way of division.

In addition, as a result, one of the Investor's originally requested phase is abandoned. Namely, the Investor asked to consider the case of an instrument approach runway (sixth phase in a row). For the purposes of the instrument approach, it is necessary to provide the runway strip that extends laterally to a distance of at least: 140 m from the axis to both sides if the code number is 4. At very beginning of justification of the solutions within the techno economic analysis, it was determined that for runway strip widening to the required distance from the

horizontal axis, enormous amount of earthworks should be done (approximately 1,000,000 m^3 of excavation and 400,000 m^3 of embankment), which would require correspondingly higher investments. Therefore, a decision is made to abandon phase 6, so that after the construction of the designed five phases, the airport will have a 2x75m wide runway strip for a non-instrumental approach.

The works within one phase should be done in such way to enable the best conditions for the continuation of the next phases.

Figure no. 8 shows the division into five phases as a result of the analysis of the factors influencing the division.

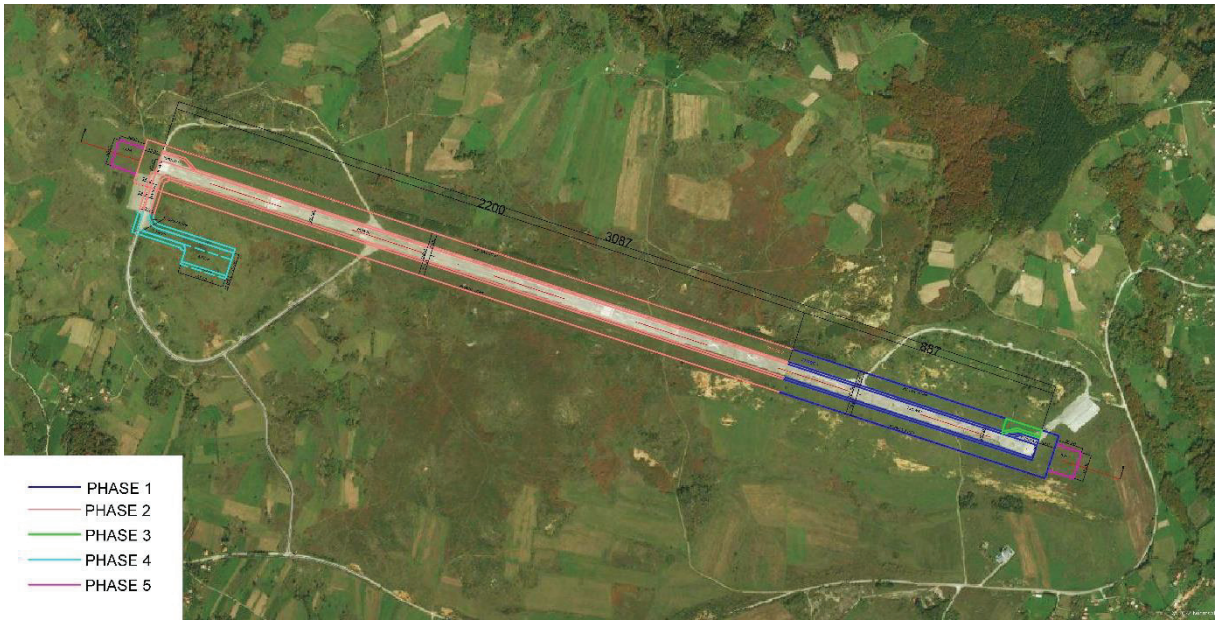


Fig. 8: Overview plan of all five phases of technical documentation "Ponikve" Airport
Source: [10]

7. CONCLUSION

In the initial steps of planning and design, it is necessary to analyze the pros and cons of construction phases implementation at specific object. In order to make the right decision at the right time, it is necessary to recognize all the available factors that influence the division into phases. In this way, the adopted division solution affects the entire further process of planning, design of technical documentation and construction.
The implementation of construction phases in the case of "Ponikve" airport, enabled the division of project documentation into clearly organized units that enable the Investor to implement the planned investment activities and also at the same time ensure the implementation of all safety and technical requirements for the facility.
The advantages of construction phases should be analyzed together with all the limitations for each type of facility, and depending on the case, implement construction phases if process that are influenced could be improved.

8. REFERENCES

[1] Law on Planning and Construction ("Official Gazette of RS", No. 72/2009, 81/2009 - pr., 64/2010 - Decision US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - DECISION US, 50/2013 - DECISION US, 98/2013 - Decision US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - Dr. Law, 9/2020 and 52/2021)

[2] Regulation on the content, method and procedure of drafting and method of controlling technical documentation according to the class and purpose of the constructions ("Official Gazette of RS", No. 73/2019)

[3] Regulation on conditions and procedures for issuing airport certificates ("Official Gazette of RS", No. 16/2019)

[4] Maletin, M. (2019). Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima, III izdanje, Orion- Art, Beograd.

[5] Gavran D. (1996). Razvoj metodologije i tehnoloških postupaka za prostorno projektovanje aerodroma, Doktorska disertacija, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

[6] ICAO Airport Planning Manual – Part 1. (1987). Montreal

[7] ICAO Aerodrome Design Manual – Part 1. – Runways, (2020). Montreal

[8] ICAO Aerodrome Design Manual – Part 2. – Taxiways, Aprons and Holding Bays, (2020). Montreal

[9] EASA Certification Specifications and Guidance Material for Aerodrome Design (CS-ADR-DSN), (2022). Cologne

[10] Tehnical documentation of the Highway Institute JSC Belgrade

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 10

NEW 3D BIM MODELLING METHODS FOR ROAD AND RAIL INFRASTRUCTURE
НОВИ МЕТОДИ ЗА МОДЕЛИРАЊЕ 3D BIM ЗА ПАТНА И ЖЕЛЕЗНИЧКА ИНФРАСТРУКТУРА

Matjaž Šajn[1], Petar Dragić[2], Leon Leban[3], Klemen Ozimek[4], Petra Tihole[5]
[1] M. Sc. Civil Eng., CEO, CGS Labs d.o.o., Slovenia, matjaz.sajn@cgs-labs.com
[2] M. Sc. Civil Eng, CGS Labs doo, Serbia, petar.dragic@cgs-labs.com
[3] Product Manager, CGS Labs d.o.o., Slovenia, leon.leban@cgs-labs.com
[4] Bs. Civil. Environ., CGS Labs d.o.o., Slovenia, klemen.ozimek@cgs-labs.com
[5] M. Sc. Civil Eng., CGS Labs d.o.o., Slovenia, petra.tihole@cgs-labs.com

Апстракт

Новиот закон за градба носи обврска за спроведување на БИМ планирање во сите проекти од јавен интерес кои се финансираат од јавни средства. Ова претставува голем предизвик особено за дизајнерите на цивилна инфраструктура, бидејќи планирањето на БИМ бара специјализирано знаење и соодветен софтвер. Во CGS Labs развиваме нови методи и пристапи за 3D BIM моделирање на патни и железнички коридори, што ќе резултира со софтвер кој ќе ја олесни долготрајната и сложена работа на дизајнерите. Трудот ги опишува теоретските основи и практичниот пристап кон моделирањето на БИМ за различни карактеристични типови на проекти. Развојот на овие методи е поддржан од знаењето и искуството што авторите на статијата ги стекнале во нивната долгогодишна работа на полето на дигитализација на изградената средина.

Клучни зборови

БИМ, проектирање, дигитализација, железници, патишта

Abstract

The new construction law brings an obligation to implement BIM planning in all projects of public importance that are financed from public funds. This poses a great challenge especially to civil infrastructure designers, as BIM planning requires specialist knowledge and appropriate software. At CGS Labs, we are developing new methods and approaches for 3D BIM modelling of road and railway corridors, which will result in software that will facilitate the time-consuming and complex work of designers. The paper describes the theoretical foundations and practical approach to BIM modelling for various characteristic types of projects. The development of these methods is supported by the knowledge and experience that the authors of the article have gained in their many years of work in the field of digitization of the built environment.

Key words

BIM, designing, digitization, railways, roads

1. INTRODUCTION

In this paper, we discuss and compare four different practical approaches to BIM modelling of transport infrastructure. The basis for this was a single typical cross-section or expected final 3D/BIM model of the road section, which included a two-lane road with a bus stop.

The aim of the comparison was to quantitatively assess:

- The time component of each planning method,
- Comparison of calculated quantities for planning and construction, and last but not least,
- Comparison of the accuracy of the 3D/BIM model of the road.

The methods used to create the 3D road model project included:

- Standard method with defined sample lines and typical cross-sections,
- An advanced method of using defined typical cross-section profiles,
- The method used to produce surfaces,
- A hybrid method.

The standard method involves the traditional approach of building a 3D model of the road body between defined road cross-sections at defined (uniform or non-uniform) intervals between the sample lines along the road alignment. By using modern computer-aided design technologies in a CAD environment, this method provides a very fast and efficient way of processing and producing a 3D/BIM model of the road including the calculation of all material and element quantities required for construction or maintenance works and the corresponding attributed properties for further processing of the BIM models in other software solutions and for data exchange purposes.

Advanced 3D road modelling method basically follows the principle of traditional characteristic cross-section definition, but the 3D road modelling process is much more accurate, as it follows the 3D path of the road edges.

The direct surfacing method based on 3D road edges excludes the use of cross-sections. It relies on 3D road edge data obtained from the design centreline, level and cross-slope. Surfaces include both the top layers of the road body and the surfaces of individual layers (e.g. asphalt layers, roadbed, etc.).

The hybrid method combines the standard method in the area of the characteristic elements of the road body between the top layer and the bedding and the use of the surface method to define the area of the trench and embankment.

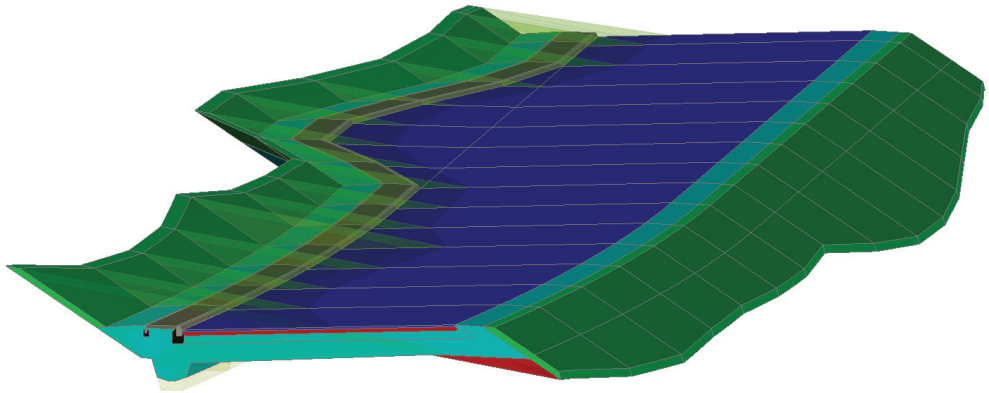


Fig. 1: 3D/BIM model produced using the standard method including the necessary property data attached.
Source: CGS Labs d.o.o.

2. STANDARD METHOD FOR CREATING A 3D ROAD MODEL

The standard method of creating a road model comprises the design of the axle and the level, the calculation of the transverse gradients, the determination of the reference transverse axes along the axes, and finally the determination of the elements of the characteristic transverse profile, which is parametrically adjusted along the 3D designed road using modern technologies. A relatively accurate 3D model of the road body is then produced, including all individual layers and objects along the road alignment. By identifying the areas on each cross-section that belong to a particular road material or object, the required quantities of materials for embedment, excavation or embankment can be quickly calculated using a standard volume calculation method.

The standard 3D road model method can produce significantly more accurate results at user-identified locations for additional cross-sections or densification in areas of major roundoffs, or in areas of significantly more rugged terrain or transitions between areas of cuttings and embankments.

The standard method for calculating volumes:

$$V = \frac{(A_1+A_2)}{2} * d \qquad (1)$$

where:

- V - calculated volume/area [m2 /m3];
- A1 - the value of the planimetric quantity in a profile [m1 /m2];
- A2 - the value of the same planimetric quantity in the next profile [m1 /m2];
- d – the distance between two adjacent profiles [m].

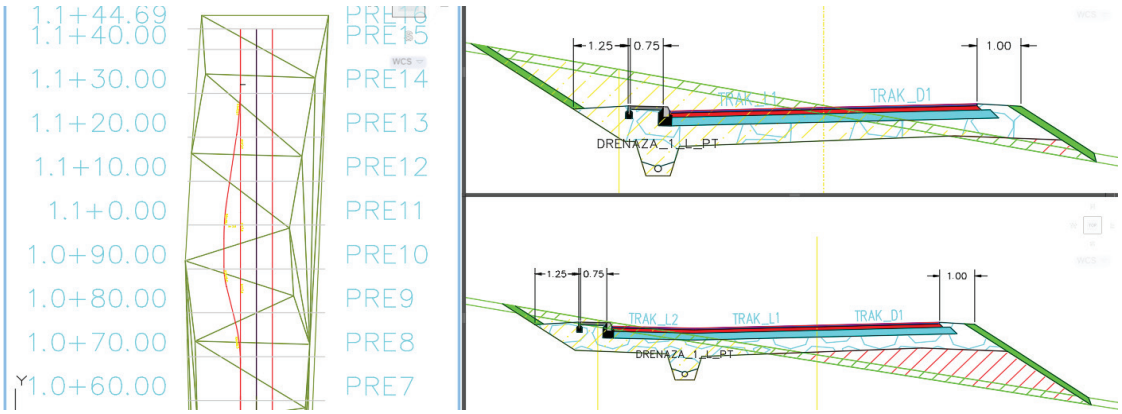


Fig. 2: Standard design of the planned road using characteristic cross-sections along the road axis. Source: CGS Labs d.o.o.

Table 1: Calculated volumes in m3 using the modelling method by road profile.

Cross sections interval	Fill	Cut	Pavement	AC11	AC22	AC33	TD	Hummus	Hummus removal
1 m	496,69	957,68	8,57	56,73	113,72	237,06	869,80	103,43	427,30
10 m	497,67	956,56	8,57	56,75	113,76	237,15	870,02	103,27	427,20
20 m	513,54	985,77	8,57	57,37	115,00	239,63	875,16	105,15	431,84

2.1 ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE STANDARD METHOD

Advantages:

- The standard method allows the fast and accurate design of a 3D road body on the "open" part of the road route, where there are no large variations in the defined geometry of the characteristic cross-section along the axes. It also allows very satisfactory design of additional elements of the 3D road body, such as the area of a bus stop, where the outer edges of the bus stop do not follow the curvature of the road axis.
- It allows a very precise calculation of the quantities of materials and elements needed for the planned road section. By individually densifying the cross-sections at the necessary locations, the accuracy of the calculations can be increased considerably, while still keeping the number of cross-sections and the processing of the characteristic cross-sections sufficiently small.
- The standard method allows the user to quickly and easily check the results, thanks to the established design process and the 2D/3D visual support at any point along the route of the designed road body.

Disadvantages:

- The standard method has significant drawbacks in the area of major geometry changes at the outer edges of the road, whether road offsets or junctions, where the volume calculations and element geometry are based on the curvature of the design axis rather than the outer edge of the road.
- The calculations of trench and embankment volumes are less accurate, as the standard method does not consider the change in terrain between the cross-sections themselves.
- There are also shortcomings in the production of an accurate 3D (solid) model of the road body in the areas of change of ditches and embankments along the road alignment, where significant densification of the transverse axes is required for more accurate drawings and calculations of the 3D road models.

3. ROAD EDGE MODELLING METHOD

The process of working with the road edge modelling method is initially very similar to the standard method. First, the terrain is inserted and processed, the centreline and the longitudinal profile are drawn and the lateral gradients are calculated. Based on this information, 3D edges are drawn, which are used as a starting point for the 3D model using the road edge modelling method, where the 3D axis along which the extension runs is defined as a new axis. As the 3D model building process follows the 3D road edge path, the final result is more accurate than the standard method.

Once the longitudinal profile has been created on the new axis, we proceed to define the section lines in the situation, which are then inserted into the cross-sections. All remaining 3D edges and the road axis are defined as section lines. It is important to give them meaningful names so that later on we know exactly which 3D polyline is represented by each point in the cross-section.

Next, cross-sections are taken to create a 3D model. First, insert the terrain and the cross-section points. These are interconnected to give the top edge of the pavement structure. This is used to draw the upper and lower structure and the planum of the road. Other elements of the characteristic cross-section, such as kerbs, pedestrian crossings, cycle lanes, banks, banks, etc., are also drawn on each side.

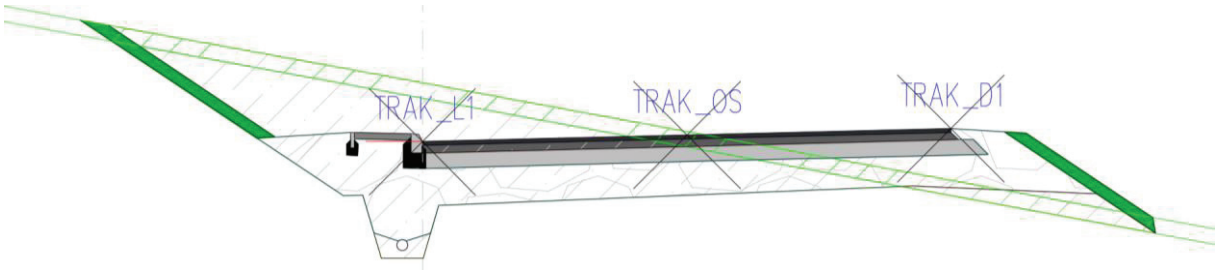


Fig. 3: Designed cross-section for the road edge modelling method. Source: CGS Labs d.o.o.

In addition to the correct cross-sections, the correct choice of the method for calculating the volumes is also crucial for a correct final result. It is the engineer's task to critically assess the appropriateness of each calculation. Due to edge modelling, the centre of gravity of the planimetric volumes is no longer in the axis, so the Elling calculation method is chosen to calculate the volumes, where the volume is calculated using an approximation formula where the path of the centre of gravity is considered for the curved axis. (Massenberechnung aus Querprofilen (Elling), 1979) Due to the consideration of the position of the transverse axes in space, the calculation is more accurate than the standard method. The values of the calculated quantities are shown in Table 2.

Elling calculating volumes method:

$$V = \frac{A_1 + A_2\sqrt{A_1 * A_2}}{3} * d \qquad (2)$$

where:

- V - calculated volume/area [m2 /m3];
- A1 - the value of the planimetric quantity in a profile [m1 /m2];
- A2 - the value of the same planimetric quantity in the next profile [m1 /m2];
- d – the distance between the centres of gravity of the planimetric surfaces in two adjacent profiles [m].

Table 2: Calculated volumes in m3 using the road edge modelling method.

Cross sections interval	Fill	Cut	Pavement	AC11	AC22	AC33	TD	Hummus	Hummus removal
1 m	496,79	986,20	8,58	56,79	113,84	237,30	898,39	106,17	428,42
5 m	496,54	986,36	8,58	56,79	113,86	237,33	898,41	106,09	428,44
10 m	497,37	984,00	8,58	56,81	113,90	237,45	898,70	105,95	428,41

Due to the complexity of infrastructure projects, a combination of the standard method and the edge method is often used in practice. In this case, the edge method is used only in the area where there is an extension (an additional axis is created along the edge), while elsewhere the model is drawn based on the main axis. In this case, the cross-sections on the main axis are created as in the classical design, but when defining the TCS elements on the edges, additional cross-section points are reinserted to give the top edge of the carriageway structure (as in the edge-by-edge method). In addition to modelling the ex-tensions, the method is also used to create a 3D model of bus stops, service areas and classical and roundabout junctions.

3.1 ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF MODELLING ON ROAD EDGES

Advantages:

- Rapid and detailed production of a 3D model of the infrastructure along the entire route. The result is equally accurate whether the horizontal element is a bridge, a passageway or a circular arch.
- Simple, as it is similar to the standard method. The designer designs according to established procedures.
- More accurate production of 3D models in curves than the standard method. The standard method results in geometric changes in some elements in curves, e.g. curb width decreases/increases, while the perpendicular layout of the transversal axes does not result in deviations when model-ling along the edges of the roads.

Disadvantages:

- The method requires a little more work than the standard method, as a new axis and section lines have to be defined and then entered into the cross-sections.
- Greater attention should be paid to the correct choice of method for calculating volumes. If the Elling method is not chosen, there may be differences in the calculated volumes.

4. SUFRACE CREATION METHOD

With the surface modelling method, 3D modelling is performed in the layout or in the 3D space of the CAD platform. This method is intended to allow more accurate and detailed modelling than modelling in a classical way (with sample lines and cross-sections). In this way, it is also possible to define the changes on the route between the cross-sections themselves and to show them in the 3D model. It is also possible to better adjust the linear elements that are linked to the digital terrain model, as this information is other-wise not captured between the cross-sections.

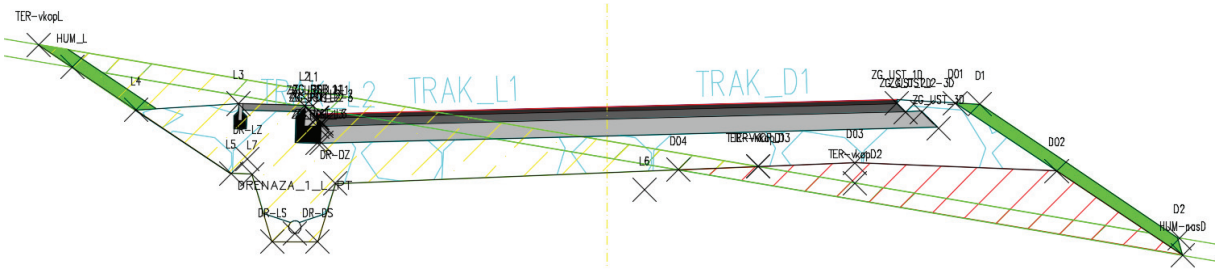


Fig. 4: Cross-section with defined limit points.
Source: CGS Labs d.o.o.

The source data in this case are 3D polylines, which were created on the basis of a given road level and cross-slope. The 3D polylines of the road edges were, in this case, condensed to 10 cm to increase the accuracy of the model.

The software tool was used to define the lengths/heights/tilts/projections of the new lines according to the selected characteristic cross-section. This resulted in lines that are always perpendicular to the lines in the situation (unlike the classical approach where they are defined according to the position of the cross-sections), thus preserving the actual lengths of the individual elements between the profiles. All the boundary points of the layers and kerbs, as well as those of the embedment and embankments, have been defined in this way. The newly created 3D lines were used to produce the individual surfaces of the different layers of the pavement structure. The boundaries of the surfaces themselves must also be defined using this method. The surfaces were then used to calculate the necessary volumes for the entire route.

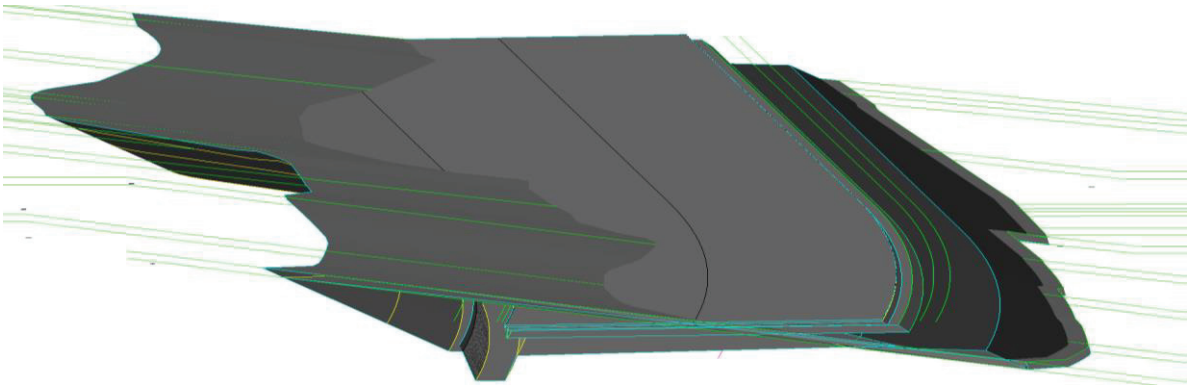


Fig. 5: Rendered surface areas of each layer by the surface area method.
Source: CGS Labs d.o.o.

Errors can occur due to a lack of precision of the source data. The densification of the 3D section lines and road edges also significantly changed the volumetric quantities in the case study. The number of nodes on the 3D line itself controls the number of triangles in the triangular grid of the digital terrain model, and the volumes for excavations, embankments and other things can change. Other errors that can affect the ac-curacy of our quantities include poorly defined surface boundaries, lack of decimal precision in the construction of bank lines, etc.

Table 3: Volumetric quantities in m3 by surface area method.

Method	Cut	Fill	Pavement	AC11	AC22	AC33	TD	Hummus	Hummus removal
Surface	496,2	956,1	x	56,7	110,5	242,2	X	105,0	434,1

4.1 ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE SURFACE MODEL

Advantages:

- A more accurate 3D model, as we can capture all the changes on the route, not just in the cross-section area.
- The ability to model in detail in a way that other 3D objects can be used.
- Possibility to include point objects in the model itself. Point objects can be excluded from the surface and not considered in the calculation of the different quantities.
- The lines that are tied to the terrain are more detailed, as they consider all spatial changes.

Disadvantages:

- For more complex cases, a large number of lines need to be produced, which is time-consuming.
- Additional work is involved in the production of individual surfaces and boundaries, which is not necessary with the standard method.
- The quantities are very dependent on the triangular mesh created, so we need to pay attention to the density of the 3D lines we use. Engineering judgement of the results is required.
- The creation of a classical 3D solid/solid model between surfaces is more difficult and requires additional tools, designers' skills and the additional provision of appropriate element property data.

5. HYBRID METHOD

The hybrid model combines a standard modelling procedure with the use of banks and surfaces. The cross-sections are used to obtain the volumes of the carriageway structure, while the banks are used to obtain the volumes of excavations, embankments and humus. In the present case, the standard method with 10 m cross-sections and the surface method was used.

The aim of this approach is to design the carriageway structure itself more quickly and, on the other hand, to increase the accuracy of the excavation and trenching volumes, as well as the accuracy of the 3D model of the embankments.

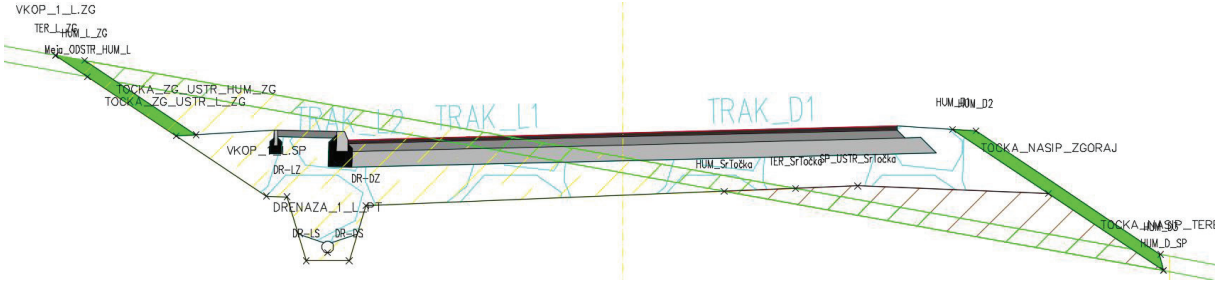


Fig. 6: Cross-section with defined intersection and boundary points.
Source: CGS Labs d.o.o.

The hybrid model process starts in a classical way with the drawing of the axes and the determination of the transversal axes, the drawing of the longitudinal section, the determination of the level and the determination of the transversal gradients. The cross-sections are then used to define the intersection points at the boundaries of the pavement structure. These points can be used to create 3D cross-section lines in the situation to which the new lines or banks are tied.

The volumes for the carriageway structure are derived from the planimetric quantities of the cross-sections and the distances between them and the calculation method used. For the embankments, the upper and lower surfaces of the trenches, embankments and hummocks shall be produced. The boundary for each surface shall be drawn and the volume between each surface in the situation shall then be calculated.

The errors are similar to the surface method. Care must be taken to ensure that both the edges of the road and the rest of the 3D section lines used to create the surfaces are compact. However, an error in the pavement layers may occur due to a combination of geometric changes and too few cross-sections.

Table 4: Calculated volumes in m3 using the road edge modelling method.

Method	Cut	Fill	Pavement	AC11	AC22	AC33	TD	Hummus	Hummus removal
HYBRID 10 m + Surfaces	489,0	958,8	8,6	56,7	113,8	237,1	870,0	105,3	427,9

5.1 ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE HYBRID METHOD

Advantages:

- More accurate 3D model and excavation/backfill quantities than the standard method, as changes in terrain between profiles are also considered.
- Faster pavement construction than the surface method, as fewer lines and surfaces are required.

Disadvantages:

- The knowledge needed to apply the different methods and evaluate the results.
- Accuracy depends on several factors, as two different methods are used.

6. CONCLUSION

This paper presents and compares four different 3D BIM modelling methods for road and rail infrastructure. The starting point was provided by an identically defined characteristic cross-section along a dual carriageway road with a bus stop. Based on the same input data, it was then possible to compare the 3D models and the calculated volumes according to the method used. The resulting values are shown in Tables 5 and 6.

Table 5: Calculated volumes in m3 according to the modelling method used.

Method	Cut	Fill	Paveme nt	AC11	AC22	AC33	TD	Hummus	Hummus removal
STANDARD Interval 10 m	497,7	956,6	8,6	56,7	113,8	237,1	870,0	103,3	427,2
ROAD EDGES Interval 10 m	497,4	984,0	8,6	56,8	113,9	237,5	898,7	106,0	428,4
SURFACE	496,2	956,1	x	56,7	110,5	242,2	X	105,0	434,1
HYBRID 10 m + Surfaces	489,0	958,8	8,6	56,7	113,8	237,1	870,0	105,3	427,9

Table 6: The difference in volumes according to the modelling method used.

	Cut	Fill	Pavem ent	AC11	AC22	AC33	TD	Humus	Hummus removal
Max. [m3]	497,7	984,0	8,6	56,8	113,9	242,2	898,7	106,0	434,1
Min. [m3]	489,0	956,1	8,6	56,7	110,5	237,1	870,0	103,3	427,2
The difference [m3]	8,7	27,9	0,0	0,1	3,4	5,1	28,7	2,7	6,9
The difference [%]	1,75	2,84	0,16	0,21	2,97	2,09	3,19	2,53	1,58

We found that the 3D models and their quantity values are not significantly different from each other, as initially expected. Even when increasing or decreasing the distance between the transversal axes, we obtained very similar results. Therefore, we cannot directly assess which of the methods gives better results in the production of 3D/BIM models or in the calculation of quantities. However, based on the advantages and disadvantages, the designer can critically decide in which cases to choose one of the described methods.

We have also found that the standard method is the fastest, as the designer models according to established procedures and has no extra work to do. The biggest difference was in the 3D excavation model itself, where the difference in excavation volume between the most accurate and the standard method was still less than 3%. It took much more time to build the model using the surface method. This is quite demanding for the user as it does not have specially adapted tools.

In future studies, we aim to produce more models from real construction projects, where the values obtained from the 3D models can also be compared with the contractor's invoiced quantities. In this way, we could better assess which of the 3D/BIM modelling methods gives the best results. In addition, the differences in quantities between the different types and complexities of terrain are defined in the road design guidelines.

7. SOURCE AND LITERATURE

[1]. REB-Verfahrensbeschreibung, 21.003. Massenberechnung aus Querprofilen (Elling), Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.

[2]. Monteiro, A., Martins, J.P., 2013. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design.

[3]. Bradley, A.; Li, H.; Lark, R. & Dunn, S. (2016): BIM for infrastructure: an overall review and constructor perspective, Automation in Construction.

[4]. Morin, G. (2018): Geotechnical BIM: Applying BIM principles to the subsurface, Autodesk University

[5]. Marc, K., Medved, S. P., Štravs, B., Tibaut, A., Žibert, M., Brus, G., Lah, M., 2018. Priročnik za pripravo projektne naloge za implementacijo BIM-pristopa za gradnje. https://www.dri.si/uploads/pdf/bim_pristop_za_gradnje.pdf

[6]. Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS, št.91/2005

[7]. Plateia, CAD program za 3D načrtovanje cest s podporo BIM. https://cgs-labs.si/plateia

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 11

ДРЖАВЕН ПАТ А3 ОБИКОЛНИЦА НА РЕСЕН
STATE ROAD A3 RINGROAD TO RESEN

Ристе Ристов[1], Васко Гацевски[2], Ивона Недевска[3], Слободан Огњеновиќ[4], Златко Зафировски[5], Ангел Мицковски[6]

[1] м-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, ristov@gf.ukim.edu.mk
[2] м-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, gacevski@gf.ukim.edu.mk
[3] м-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, nedevska@gf.ukim.edu.mk
[4] д-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, ognjenovic@gf.ukim.edu.mk
[5] д-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, zafirovski@gf.ukim.edu.mk
[6] дги, ДИВИ МАКЕДОНИЈА ДОО - Скопје, РСМ, am@diwi.mk

Апстракт

Експресните патишта претставуваат посебен предизвик за проектирање и градење бидејќи истите подлежат на највисоките стаданрди за реализација како и автопатиштата. Со моменталната експанзија на патната инфраструктура во Република Северна Македонија е дефинирана потреба за проектирање на нова патна секција на локација каде претходно имало голем сообраќаен застој поради навлегување во урбана средина. Секцијата која е опфатена претставува дел од магистралниот пат А3 кој започнува од крстосница Требениште (спој со А2) и завршува до граничен премин Делчево. Оваа обиколница ќе понуди побрзо, побезбедно и поудобно транзитирање. Со самото тоа, се подига безбедноста и удобноста при патувањето, како и растоварување на локалното население од транзитниот сообраќај, внатре во општината. Во овој труд се претставени карактеристики при проектирање на обиколницата Ресен, која се води како експресен пат и прва фаза од идното автопатско решение во овој југозападен дел од нашата држава.

Клучни зборови

Автопатишта, експресен пат, инфраструктура, обиколница, сообраќај

Abstract

Expressways represent a special challenge for design and construction because they are subject to the highest standards for implementation, just like highways. With the current expansion of the road infrastructure in the Republic of North Macedonia, a need has been defined for the design of a new road section at a location where there was previously a large traffic jam due to encroachment into an urban environment. The section that is covered is a part of the A3 highway that starts from the Trebenishte crossroad (connection with A2) and ends at the Delchevo border crossing. This ring road will offer faster, safer and more comfortable transit. By doing so, the safety and comfort of the trip is increased, as well as the relief of the local population from the transit traffic, inside the municipality. This paper presents the characteristics of the design of the Resen ring road, which is on level as an expressway and the first phase of the future motorway solution in this southwestern part of our country.

Key words

Expressway, infrastructure, motorway, ring road, traffic

1 ВОВЕД

Магистралниот пат А3 претставува дел од главната државна мрежа на патишта во Република Северна Македонија и истиот покрај тоа што овозможува поврзување на поголеми региони и градови сочинува директна транзитна врска запад-исток кон соседните држави.

Патната делница на државниот пат А3, започнува од (крстосница Требениште (врска со А2)– крстосница Подмоље – Охрид се протега кон Косел – Ресен – Битола – Прилеп – Велес – Штип – Кочани – Делчево и завршува до границата со Р. Бугарија, (граничен премин Рамна Нива)).

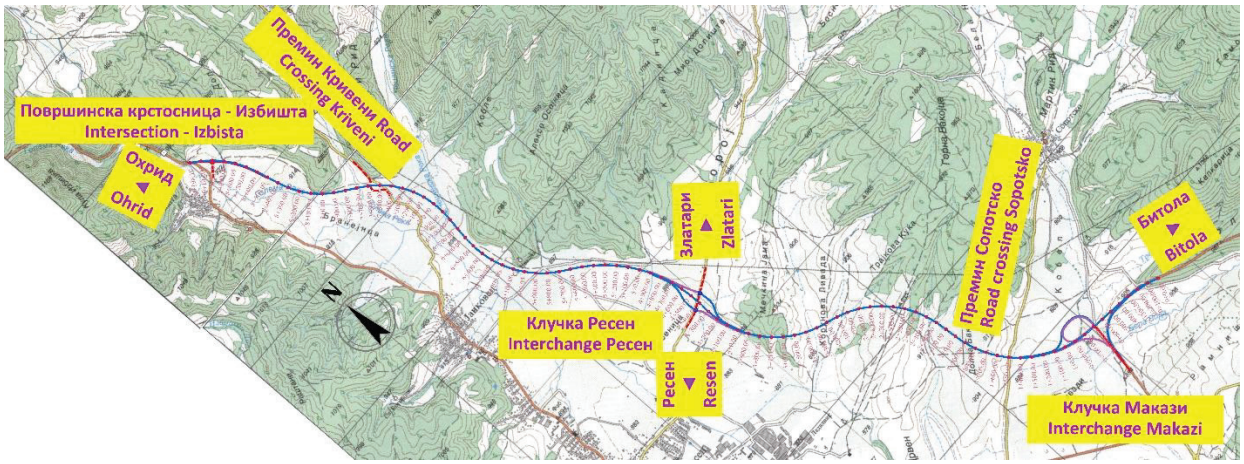
Делницата која се разработува со овој труд е новопроектирана траса за патниот правец А3, обиколница на Ресен. Нивото на изработка е Основен проект за најповолна усвоена варијанта од претходно предложени три во Идеен проект. Со техничкото решение, се зголемува безбедноста и удобноста при патувањето, а се намалува транзитниот сообраќај, внатре во општината.

2 ПОСТОЈНА СИТУАЦИЈА

Во постојната ситуација воопшто не фигурира никакво, па дури ни приближно патно решение кое што би било искористено како помошен начелен сообраќаен правец. Постојната сообраќајна ситуација е таква што целокупниот транзитен и тежок и лесен сообраќај на релација Битола – Охрид и обратно практично минува низ централното градско подрачје по локални улици. Мешањето на транзитниот и локалниот сообраќај како постојна сообраќајна ситуација претставува голема пречка за нормалното сообраќајно функционирање на градот Ресен.

3 ОПИС НА ТРАСАТА НА НОВИОТ ЕКСПРЕСЕН ПАТ

Трасата на експресниот пат започнува од магистралниот пат А3, на околу 500м североисточно од постојната површинска крстосница, каде е поставен првиот патен јазол Макази. Во продолжение трасата на км 1+500 го пресекува локалниот пат за село Сопотстко со подпатник и се води паралелно со постојниот 110KW далековод на растојание на околу 100 до 150м западно од истиот.
Пресекот со локалниот пат кој ги поврзува Ресен со селото Златари е дефиниран преку патниот јазол Ресен позициониран на км 4+400.
Во продолжение експресниот пат се води кон север каде од источна страна е подножјето на планинскиот масив додека од западна страна граничи со обработливо земјиште.
Пресекот со постојниот пат Јанковец – Кривени е изменет со девијација која преминува под прав агол со натпатник на км 7+500.
Крајот на трасата и повторното спојување со постојниот магистрален пат е направено кај површинската крстосница именувана по селото Избишта.



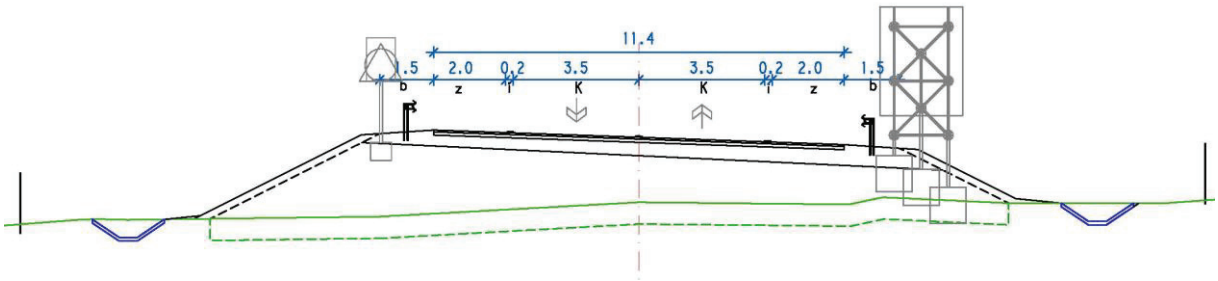
Слика 1. Прегледна карта
Извор:Основен проект за експресен пат А3, Обиколница Ресен

4 НОРМАЛНИ НАПРЕЧНИ ПРОФИЛИ

4.1 Нормален напречен профил за отворена траса

Согласно Проектната програма и Правилникот за технички елементите за отворената траса од експресниот пат планирани се следниве ширини [1][2]:

•	Сообраќајна лента	2 x 3.50	= 7.00 м'
•	Рабни ленти	2 x 0.20	= 0.40 м'
•	Лента за принудно запирање	2 x 2.00	= 4.00 м'
	Вкупна ширина на коловоз:		= 11.40 м'
•	Банкина	2 x 1.50	= 3.00 м'
	Планум во насип:		= 14.40 м'
•	Ригола	2 x 0.75	= 1.50 м’
•	Берма	2 x 1.00	= 2.00 м'
	Планум во усек:		= 14.90 м'

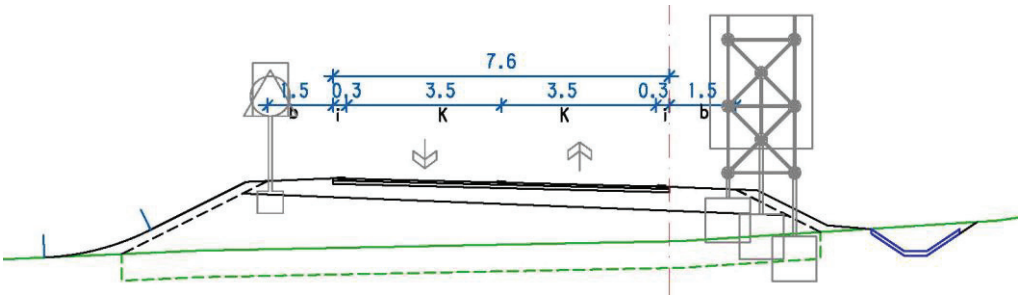


Слика 2. Нормален напречен профил на експресен пат
Извор:Основен сообраќаен проект за експресен пат А3, Обиколница Ресен

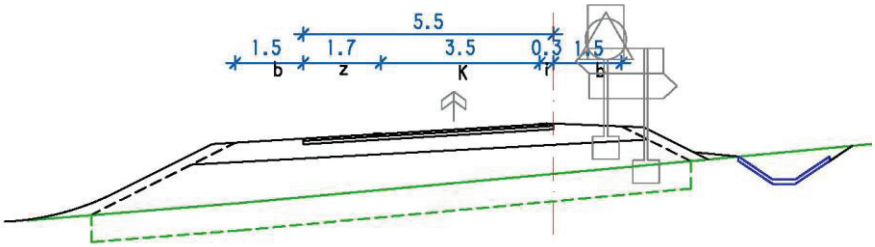
4.2 Нормални напречни профили за рампи на клучка

За патните јазли се предвидени два типа на ширина на коловоз [1][2]:

- 5.50м коловоз за еднонасочните рампи со банкини од 1.50м, и
- 7.60м коловоз на двонасочните рампи (2x3.50 возни плус 2x0.30 рабни ле нти) и банкини од по 1.50м од двете страни.



Слика 3. Нормален напречен профил на двонасочна рампа
Извор:Основен сообраќаен проект за експресен пат А3, Обиколница Ресен



Слика 4. Нормален напречен профил за еднонасочна рампа
Извор:Основен сообраќаен проект за експресен пат А3, Обиколница Ресен

5 ХОРИЗОНТАЛНО И ВЕРТИКАЛНО РЕШЕНИЕ

5.1 Хоризонтално решение

Согласно предложената претходна брзина од 130км/ч и утврдените големини на граничните проектни елементи во идејниот и инфраструктурниот проект дефинирано е хоризонталното и вертикалното решение на трасата за оваа фаза на проектната документација. Патот е со должина од 9.2 километри, со решение кое е во континуитет со елементи на хоризонтални заоблувања и со радиуси поголеми од минималните за проектна брзина од 130км/ч.
Хоризонталното решение се карактеризира со примена на радиуси поголеми од 850м и преодни кривини со должини поголеми од 110м. Редоследот на радиуси го следи дијаграмот за последователни закривувања за највисока категоризација на пат при што е запазен еден континуиран ток без изненадувачки остри завртувања [3]. Применетите елементи овозможуваат да во најголема можна мера се следи основниот правец на протегање на трасата а тоа е југ-север, кој што воглавно се отклонува заради вкрстување со природни и вештачки ограничувања и препреки.

5.2 Вертикално решение

При проектирањето на вертикалното решение на трасата водено е сметка за минималните геометриски карактеристики на нивелетата на патот, подолжните и попречните наклони за предвидената брзина од 130 (110) км/ч, и тоа:

- Минимален конвексен радиус 23 500 (13 000) м
- Минимален конкавен радиус 7 600 (5 100) м
- Максимален подолжен наклон i = 4 %
- Минимален подолжен наклон i = 0.3 %
- Максимален напречен наклон q = 7 %
- Минимален напречен наклон q = 2.5 %

Вертикалното решение за главната траса е работено по оска на главна траса. При вертикалното решение водено е сметка за сите ограничувања пропишани со законската регулатива, како и ограничувањата кои ги диктираа геометријата на новопроектираниот пат, мостовите, објектите, постоечката и предвидената надземна и подземна инфраструктура.

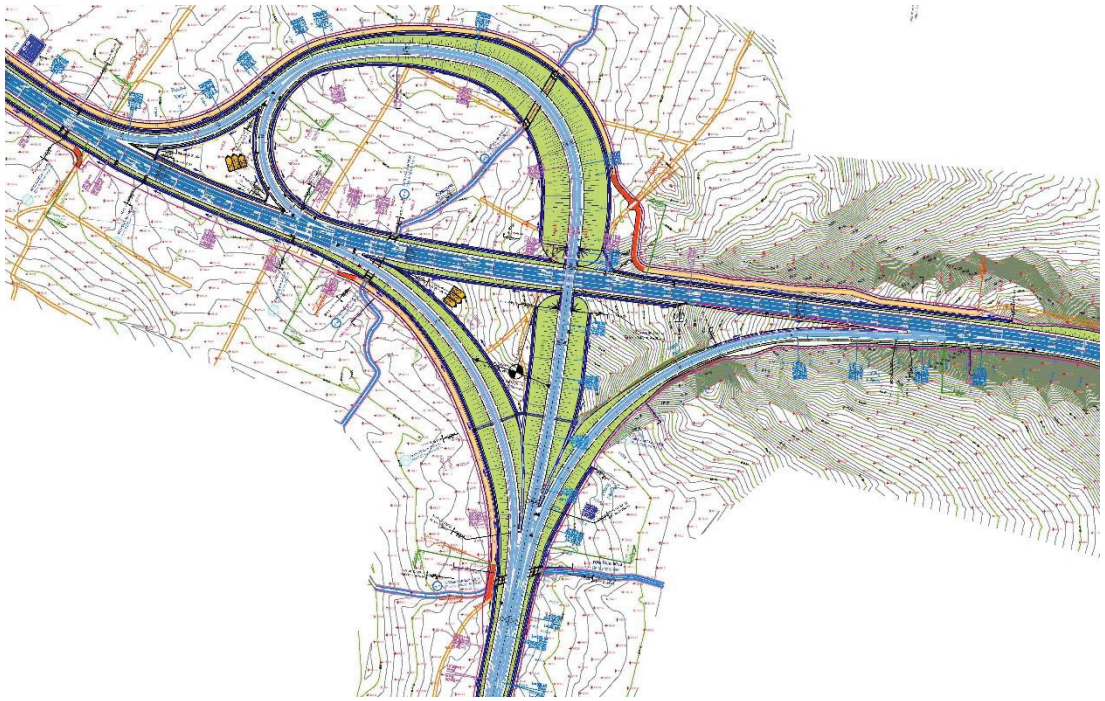
6 ПАТНИ ЈАЗЛИ

На оваа делница предвидени се два денивелирани патни јазли и една површинска крстосница и тоа:

- Патен јазол "Макази",
- Патен јазол "Ресен" и
- Крстосница "Избишта"

Предвидените решенија за патните јазли се стандардни (типски), со минимални отстапувања поради теренски и нивелетски ограничувања [4].

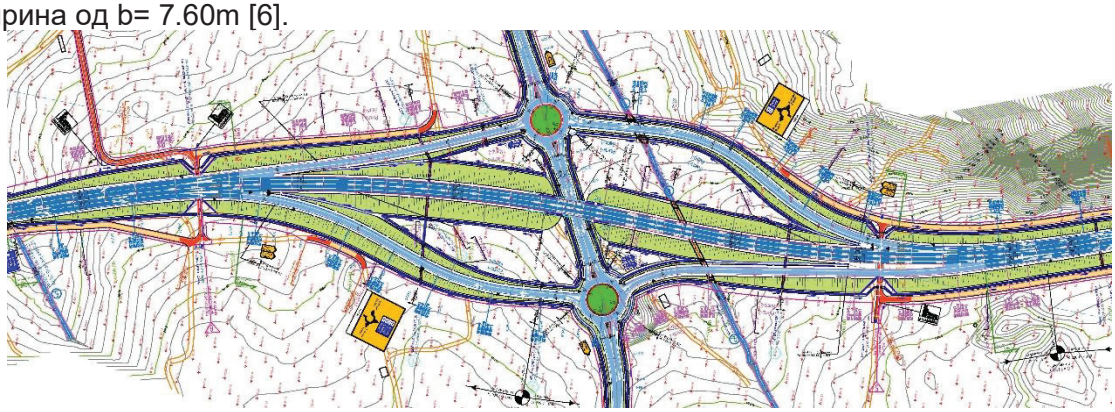
Првиот патен јазол, практично претставува денивелирано вкрстосување со постојниот магистрален пат Битола - Охрид, а истиот воедно е искористен да изврши и современо сообраќајно поврзување со локалната патна мрежа од општина Ресен. Усвоено типско решение за патен јазол Макази е "Труба". Хоризонталната геометрија на рампите дозволува брзини на проток од 50(40) km/h. Сите едносмерни рампи се проектирани со една широка коловозна лента b= 5.50m, додека двосмерниот коловоз е предвиден да биде со две ленти и вкупна ширина од b= 7.60m.
Минималниот хоризонрален радиус е на рампа 3, правец Битола-Ресен (Претор) Rmin=70m, додека останатата геометрија на јазолот во хоризонтален смисол дозволува и поголеми брзини [5].



Слика 5. Патен јазол Макази

Извор:Основен градежен проект за патен јазол Макази, експресен пат А3, Обиколница Ресен

Вториот денивелиран патен јазол претстаува вкрстосување на експресниот пат со постојниот локален пат Ресен – Златари на км 4+430. Усвоено решение за патниот јазол Макази е “Ромб” со две кружни крстосници на споевите на рампите со локалниот пат. Хоризонталната геометрија на рампите дозволува брзини на проток од 50 km/h. Сите едносмерни рампи се проектирани со една широка коловозна лента b= 5.50m, додека двосмерниот коловоз од споредниот правец е предвиден да биде со две ленти и вкупна ширина од b= 7.60m [6].



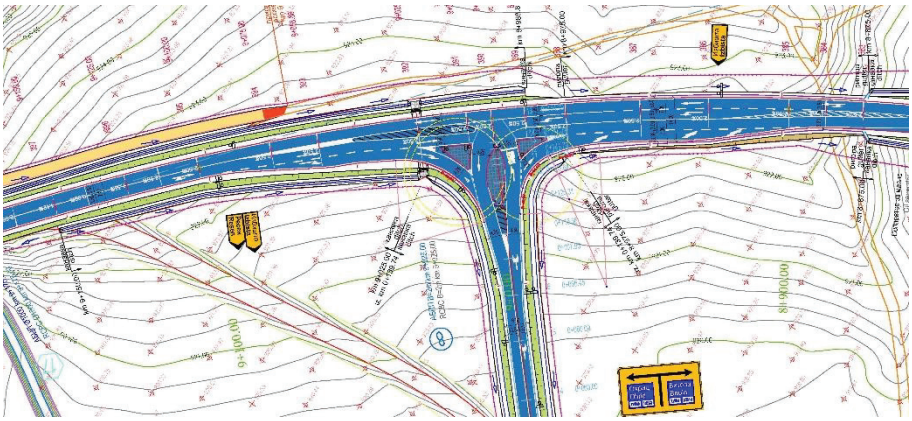
Слика 6. Патен јазол Ресен

Извор:Основен градежен проект за патен јазол Ресен, експресен пат А3, Обиколница Ресен

Поврзувањето на експресниот пат со постојниот магистрален пат А3 е направено со трокрака површинска крстоница со највисоко ниво на канализирање. Приклучувањето на споредниот правец е под прав агол со стандардно раздвојување на појасот за оформување на капковиден остров и дефинирање на нови рабови/осовини за проектирање на хоризонталните кривини за влез и излез.

Хоризонталните карактеристики на сите елементи од површинската крстосница се проектирани за брзина од 30 км/ч и крива на трагови од најголемо товарно возило.

Во однос на главниот правец запазени се истите возни ширини на сообраќајните ленти во зона на крстосница и дополнително е отворена ниша за лево вртење за сметковна брзина во зона на крстосница од 50 км/ч [7].



Слика 7. Површинска крстосница Избишта
Извор:Основен градежен проект за крстосница Избишта, експресен пат А3, Обиколница Ресен

7 КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

Димензионирањето на асфалтната коловозна конструкција е извршено во согласност со стандардот МКС У.Ц4. 012, односно, врз основа на критериумот за носивост, според кој се одредуваат составот и дебелината на коловозната конструкција согласно меродавни пресметковни показатели [8].

– Главна траса

- Абечки слој АБ 16s, со полимер битумен	d=6 cm
- Битуменизиран носив слој БНС 32s А	d=9 cm
- Тампонски слој од дробен камен агрегат	d=30 cm
- Подобрена постелка од камен дробеник	dmin=30 cm

– Објекти на главна траса

- Абечки слој АБ 16s, со полимер битумен	d=6 cm
- Битуменизиран носив слој БНС 32s А	d=7 cm
- Хидроизолација од битуменски ленти	d=2 cm

– Рампи кај денивелирани патни јазли

- Абечки слој АБ 16s, со полимер битумен	d=6 cm
- Битуменизиран носив слој БНС 32s А	d=8 cm
- Тампонски слој од дробен камен агрегат	d=30 cm
- Подобрена постелка од камен дробеник	dmin=30 cm

– Патни премини

- Абечки слој АБ 16	d=5 cm
- Битуменизиран носив слој БНС 22	d=8 cm
- Тампонски слој од дробен камен агрегат	d=30 cm

8 ОДВОДНУВАЊЕ

За одводнувањето, а со тоа и заштитата на трупот на патот се предвидени и запазени потребните критериуми и стандарди.
Сите странични води се зафатени од теренот и спроведени до најблиските пропусти. Применети се бетонски обложени канавки со длабочина од 0.50m долж трасата, со трапезен облик и асфалтни риголи 0.75м со берми од минимум 1.00м. Применети се обложени бетонски кинети по косините кај високите насипи на приближно растојание од 40м, како и кај усеците каде косината на теренот паѓа кон трупот на патот.
За сите сливни подрачја прибрани се потребните хидролошки и хидраулички подлоги и извршени се контроли на предвидените отвори на објектите.
По должина на трасата евидентирана е потреба од 20 цевасти пропусти со дијаметар Ø 1000 и 5 плочести пропусти со распон до 5м [9].

9 СООБРАЌАЈНО РЕШЕНИЕ

Сообраќајното решение е изработено према последната МКС регулатива надополнета со EN стандардите кои моментално се актуелни. Вертикалната сигнализација е применета како за автопат со најголем тип на знаци и најголема ретро-рефлексија. На јазлите се применети сите четири нивоа на известување со пресметана големина на текст према брзината на возење при читање, бројот на информативни единици што ги содржат и местоположбата во попречен профил. Применетите решенија на хоризонталната сигнализација се вообичаени и усогласени со стандардите ЕН 1436 и ЕН 1790. За реализација на проектираното сообраќајно решение на коловозите по должина на експресниот пат треба да се обележат со бела боја хоризонтални ознаки како што се надолжните линии, граничниците, стрелките и други ознаки.
Во проектот е третирана и примарната безбедност на патот во однос на која се применети два типа на ограда; жичана ограда која спречува навлегување на диви и домашни животни во профил на движење на возилата и се поставува на 2.0м од последен проектиран елемент и заштитна челична ограда која спречува излетување или директен удар на возилата во пречка, поставена согласно МКС EN 1317 [10].

10 ЗАКЛУЧОК

Несомнено е дека со реализација на овој патен правец се отвораат можности за подобро поврзување на регионите, овозможување на побрз транспорт на луѓе и стока, што секако е основа за поинтензивен економски развој.
Новата делница на експресниот пат претставува продолжување на магистралниот пат А3 кон поисправена траса со поголеми брзини и непрекинат сообраќај. Осовината на новиот пат е водена западно од градот Ресен во ножицата на планинскиот масив при што во најголем дел е направено заобиколување на земјоделските површини кои се во овој регион а со тоа е избегната експропријација на приватни земјишта.
Со новото решение би се растеретил внатрешниот транзитен сообраќај што претходно се одвивал преку Ресен а со тоа во голема мера би се направило подобрување на безбедноста на главниот транзитен и на локалниот сообраќај по целиот коридор.
Преку овој проект може да се истакне влијанието на овој патен правец во концептот на оформувањето на конечната патната мрежа во Македонија и афирмирање на среднорочните - долгорочните планови на надлежните за оформување на коридорот Исток – Запад со континуирани токови.

11 ЛИТЕРАТУРА

[1] МТВ-МВР (2009). *Правилник за технички елементи за изградба и реконструкција на јавните патишта и на објекти на патот* (стр. 35-47)

[2] Мицковски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 7.1 – Главна траса, стр. 11)

[3] МТВ-МВР (2009). *Правилник за технички елементи за изградба и реконструкција на јавните патишта и на објекти на патот* (стр. 84-110)

[4] Дончева Р. (2004). *Патни јазли* (стр. 31-50 и 137-144)

[5] Мицковски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 7.4 ПЈ Макази, стр. 8-10)

[6] Мицковски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 7.5 ПЈ Ресен, стр. 8-10)

[7] Мицковски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 7.7 ПЈ Избишта, стр. 8-10)

[8] Матевски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 6 Димензионирање на коловозна конструкција, стр. 25-29)

[9] Мицковски А. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 7.1 – Главна траса, стр. 11)

[10] Марковски Ж. (2022). *Технички извештај за основен сообраќаен: делница А3, Обиколница на Ресен* (Книга, бр. 6 Хоризонтална и вертикална сигнализација и опрема на патот, стр. 1-7)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 12

Подобрување на механичките карактеристики на почвата при изградба и санација на патни инфраструктурни објекти со примена на почвените анкери

Improvement of the mechanical characteristics of the soil during the construction and rehabilitation of road infrastructure facilities using soil anchors

Сеад Абази[1], Павле Петровски[2], Булент Сулооца[3], Спасен Ѓорѓевски[4]

1 доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk

2 м-р, геотех. инж., ГеоДизајн Инженеринг ДООЕЛ Скопје, Скопје, Р. Северна Македонија, pavle.geodizajn@gmail.com

[3] м-р, геотех. инж., Сектор за Урбанизам - Општина Ресен, Ресен, Р. Северна Македонија, bsulooca@hotmail.com

4 проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, gjorgjevski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Големиот економски и научно-истражувачки развој во речиси сите домени и земји во светот на почетокот на овој век, го условуваше развојот на процедурите за подобрување на механичките карактеристики на почвата, во областа на градежништвото. Во таквите постапки, спаѓаат и анкерирањето од разни видови и со различни геотехнички објекти и конструкции. Во овој труд се презентирани општи карактеристики на анкерирањето, видови и примена на почвените анкери .Анкерите примарно примаат сили на извлекување заради интеракцијата помеѓу анкерот и подлогата меѓутоа се оптоварени и со сили кои предизвикуваат смолкување и совивање предизвикани од деформациите на почвената маса во текот на експлоатација. Функцијата на почвените анкери е да се стабилизираат и зајакнат свлечишта, косини, ископи, а се користат и за изградба на разни патни инфраструктурни објекти. Процесот на оваа техника започнува од горе па надолу. Челичните анкери се вградуваат преку постапката за бушење и инјектирање. Анкерот, во основа се состои од три главни делови и тоа: котви (сидра), слободни должини на анкерите и глави на анкери. Додека класификацијата на геотехничките анкери може да се изврши според неколку различни елементи: според типот на средината; според типот на анкерниот дел; според карактерот на анкерот; според природата на дејството; според издржливост и начин на употреба итн. Денес, сепак, најважни почвени анкери се преднапрегнатите анкери со линеарна трансмисија на силите во анкерскиот дел во земјата, а дополнително имаат и јасно дефиниран слободен пресек, слободна делница. Преднапрегањето се врши со цел за да може анкерот, по потреба, моментално да се активира во процесот на самозатегнување поради состојбата на деформации во системот објект-анкер-почва; за да се спречат можните несакани движења на анкерираниот објект; за да се врши контрола на перформансите на анкерот; за да се зголеми интегритетот на испуканите карпести масиви итн.

Клучни зборови

Анкери, геотехнички објекти, карпести маси, патна инфраструкура, свлечишта.

Abstract

The great economic and scientific-research development in almost all domains and countries in the world at the beginning of this century conditioned the development of procedures for improving the mechanical characteristics of the soil, in the field of construction. Such procedures include anchoring of various types and with various geotechnical objects and structures. This paper presents general characteristics of anchoring, types and application of soil anchors.Anchors primarily receive pullout forces due to the interaction between the anchor and the substrate, however, they are also loaded with shearing and bending forces caused by deformations of the soil mass during operation. The function of soil anchors is to stabilize and strengthen landslides, slopes, excavations, at the same time being used for construction of various road infrastructure facilities. The process of this technique starts from top to bottom. Steel anchors are installed through the drilling and injection process.The anchor basically consists of three main parts: anchors, free lengths of the anchors and anchor heads. The classification of geotechnical anchors can be done according to several different elements: according to the type of environment; according to the type of anchoring part; according to the character of the anchor; according to the nature of the action; according to durability and method of use, etc.Today, however, the most important soil anchors are the prestressed anchors with linear transmission of forces in the anchor part in the ground, and in addition, they also have a clearly defined free section. The prestressing is done in order for the anchor, if necessary, to become instantly activated in the self-tensioning process due to the state of deformations in the object-anchor-soil system; to prevent possible unwanted movements of the anchored object; to control the performance of the anchor; to increase the integrity of fractured rock masses, etc.

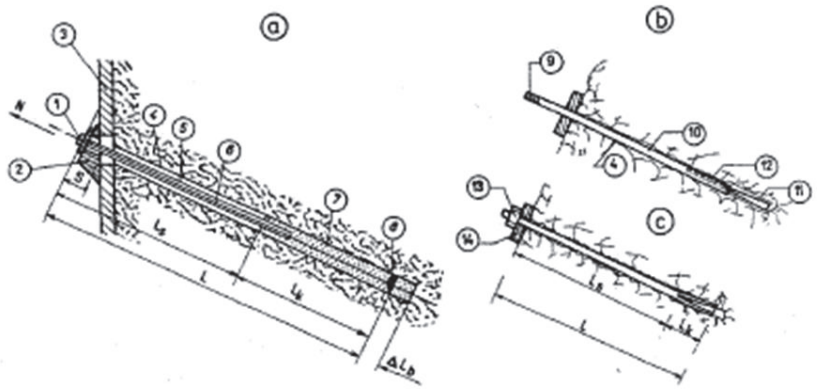
Key words Anchor, geotechnical facilities, landslide, road infrastructure, rockmass

1. ВОВЕД

Големиот економски и научно-истражувачки развој во речиси сите домени и земји во светот на почетокот на овој век, го условуваше развојот на процедурите за подобрување на механичките карактеристики на почвата, во областа на рударството и градежништвото. Во таквите постапки, спаѓаат и анкерирањето од разни видови и со различни геотехнички објекти и конструкции. Анкерирање претставува постапка со која се подобруваат механичките карактеристики на карпеста маса на тој начин што со затегнување на карпестата маса вештачки се внесуваат внатрешните сили, чиј правец и интензитет се избира со промена на напрегнатата сила во еден дел од масивот. За таа цел, во овој труд ќе се презентираат подобрувањата на механичките карактеристики на почвата при изградба и санација на патни инфраструктурни објекти со примена на почвените анкери.

2. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ И ВИДОВИ НА АНКЕРИ

Анкерот, во основа се состои од три главни делови (Слика 1) и тоа: котви (сидра), слободни должини на анкерите и глави на анкери. Делот од анкерот кој се наоѓа на дното на бушотината, преку кој се врши интимна врска со околината и се пренесува силата од анкерот на почвата, се нарекува котва или сидро, а должината на која се прави оваа врска е наречена должина на котвење или должина на сидро (L_k). Делот од анкерот што не се прицврстува на ѕидовите на бушотината се нарекува слободна должина на анкерот (L_s). Улогата на слободната должина, особено кај преднапрегнатите анкери, е многу важна, со цел да се навлезе во стабилните формации на карпестата маса, односно почвата и да се намали рефлексот на оптоварувањето назад од зоната на анкерираниот објект, односно конструкција.



Слика 1. Почвени анкери: преднапрегнат анкер (а), анкери со клин и расцеп, со закотвување на едно место пред активирањето (б) и по активирањето (в)

Класификацијата на геотехничките анкери може да се изврши според неколку различни елементи:

* типот на средината на: анкери во почвата и анкери во карпестиот масив;
* типот на анкерниот дел: прачкеста - механичка и адхезиона; кабелска или анкери изработени од висококвалитетни жици;
* карактерот на анкерот (закотвувањето): точкест; во линија; површински; и волуменски анкери;
* природата на дејството: пасивен; активен (преднапрегнат) анкер;
* издржливост и начин на употреба: привремени; постојани анкери; испитни; и конструкциски;

За тоа кој тип на анкерирање ќе се користи зависи од видот на средината (опкружувањето), големината на силата што ја пренесува закотвувањето, специфичните потреби во формирањето на зоната со дополнителна напрегната состојба, трошоците за закотвување, можноста за нејзино формирање итн.

За да се постигне анкерирањето, потребно е претходно да се извршат неколку теренски операции, како што се:

- да се издупчи бушотина со потребниот дијаметар и длабочина и да се вметне анкерот;
- да се формира главата на анкерот;
- да се формира котвата (сидрото) со кое се пренесува дополнителното оптоварување на околната почва, односно карпестата маса;
- да се вбризга (инјектира) котвениот дел на бушотината или целата бушотина кај адхезионите анкери;
- да се постави анкерната плоча и да се формира главата на преднапрегнатиот анкер;
- да се преднапрегне анкерот со преса и да се фиксираат жиците на анкерот и да се изврши заштита од корозија со вбризгување.

Во случај кај пренапрегнати почвени анкери има и интермедијарни операции, кои треба да се извршат на бушотината (испитување на водопропустливост, бетонирање на главата на анкерот, и сл.).

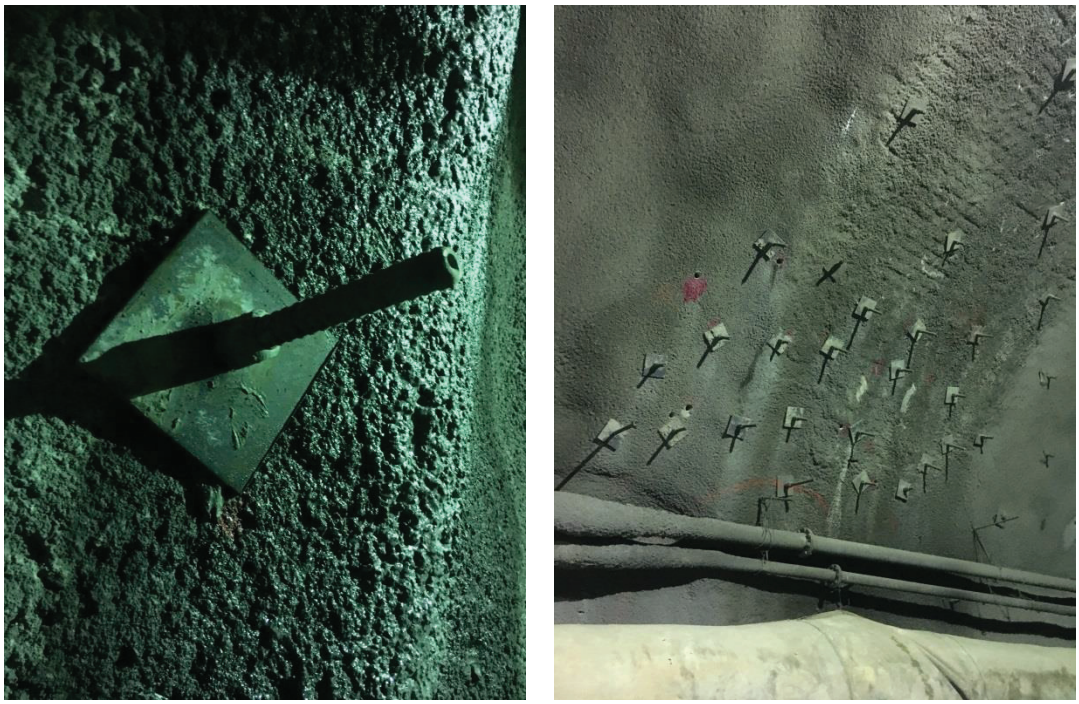
3. ПОДОБРУВАЊЕ НА МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЧВАТА ПРИ ИЗГРАДБА И САНАЦИЈА НА ПАТНИ ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ СО ПРИМЕНА НА ПОЧВЕНИТЕ АНКЕРИ

Иако анкерирањето е релативно млада техничка дисциплина, таа најде широка примена и тоа во: изградба на тунели и други големи подземни градби, патишта, обезбедување на ископувања и падини, итн., во карпести масиви или почва односно може да се групираат во: анкерирање во подземни патни инфраструктурни објекти и анкерирање на површината на терен.

Анкерирањето во подземните објекти, главно се користи:

- заштита на необложен подземен простор и поради паѓање на делови од карпестата маса, или воопшто, за да се спречи паѓање на нестабилна почва за време на ископувањето, со цел за да се заштити ископот од паѓање, за анкерирање, најчесто се користат кратки крути (шипкести) анкери со клин или експанзиона чаура, перфорирани анкери, како и други адхезиозни анкери со закотвување по целата должина;

- ископ на потпора наместо конвенционална поддршка до нанесување на завршниот слој, со цел за потопри се врши како привремена мерка при ископ или како постојана конструкција во експлоатацијата, доколку не е потребна посебна техничка доработка. Потпорите на анкерите е економски оправдана за прицврстување на подземни мали, средни и големи профили, во различни видови на почва и
- трајна заштита на внатрешните подземни работи



Слика 2. Анкерирање во подземни објекти во комбинација со прскан бетон и арматурна мрежа, тунел Пресека, Р. Северна Македонија
извор: Булент Сулоока

Во основа, анкерирањето на површината на теренот може да се подели на:

- директно анкерирање во почвата (или испукана карпеста маса), со што се подобруваат нивните својства и се обезбедува зацврстување, без посебна конструкција и

- анкерирање во почвата (или испукана карпеста маса) со интимно поврзување на конструкцијата со подлогата и околната средина. Индиректното анкерирање на косините се врши преку армирано-бетонски блокови, обложен ѕид или потпорен ѕид, армирано-бетонски столбови долж наклонот или долж целата армирано-бетонска решетка. Стабилноста на наклонот, односно на косината е исто така обезбедена со систем на преднапрегнати анкери кои се со поголем капацитет над потпорната конструкција.

Ваквото анкерирање најчесто се користи при изведба на патна инфраструктура или санација од одрони или свлечишта. Во сите случаеви скоро да не се користат само анкерите туку секогаш се комбинира со друг вид на заштита.

Слика 3. Анкерирање во комбинација со друг вид на заштита при изградба или санација на патна инфраструктура
извор: Булент Сулоока

При анкерирањето, потребно е да се знаат не само елементите на анкерирањето и неговото статичко и динамичко дејство, туку и физичко-механичкото однесување на почвата или на карпестата маса и нивните геотехнички својства. Пресметката обично се врши во две фази:

1. Одредување на степенот на нестабилност на зоната, која треба да се зајакне со анкерирањето и пронаоѓање на големината и насоката на силите, кои треба да се преземат со анкерирањето и

2. Одредување на елементите за анкерирање, како што се димензиите на анкерите, нивниот број и распоред, со кои се обезбедува пресметаната сила да биде преземена од првата фаза на пресметката. Треба да се искористат напрегањата во потпорната глава на анкерот, телото на анкерот и должината на анкерот, преку кои силата се пренесува на околната почва, односно масивот.

Според многу стандарди, големината на анкерите се сведува на одредување на:

- доказ за внатрешна и надворешна безбедност на носечкиот анкер, $S = \frac{V_u}{V_G}$

што ја претставува врската помеѓу носивоста на анкерот (Vu) и пресметаната употреблива корисна сила ($V_G = F_c * \sigma_G$);

- доказ за употребна способност;
- закотвена должина на анкерот *(l_k)*;
- слободна должина на анкерот *(l_s)*;
- сила за преднапрегање (V);
- останати параметри на анкерот

Табела 1. Носивост и должина на анкерирањето во почвата (а) и карпест масив (b)

Вид на почва / карпеста маса	Носивост		Должина на закотвување l_k (m)
	Слава	Добра	
а) Почва поврзани песочни почви	до 600	до 1000	4,0-7,0
а) Почва неповрзани песочни почви	до 400	до 600	4,0-7,0
б) Карпеста маса	Испукан (kN)	Малку испукан (kN)	4,0-7,0
Гранит, гнакс, базалт, трвд варовник и доломит	до 2000	до 4000	
мек варовник и доломит, и тврди песочници	до 1200	до 2000	4,0-7,0

Степенот на несигурност служи за класификација на анкерите, т.е. потребен коефициент на сигурност во зависност од можните последици од уривање на анкерите (Табела 2). Безбедноста на анкенираниот антилизгачки објект (F) за потпора на sидовите во почвата, во зависност од времетраењето на употребата и степенот на несигурност, се дадени, според SIA 191, во Табела 2.

Во меѓународните стандарди на некои земји се дадени одредени односи помеѓу: сила во анкерите при тестирање (V_p) и пресметана употреблива (корисна) сила (V_G), пресметана применета сила и оптоварување на анкери (V_u), сила на преднапрегање (V, V_0) и оптоварување на анкери, итн.

Пресметката на анкерирањето се анализира одделно за подземни работи, каде што вкупната должина на анкерите е поголема од површината зафатена со ослободување на напрегањето и анкерирање на површината на теренот, каде што анкерите се поголеми од предвидената растеретена зона.

Табела 2. Фактор на сигурност (S) и фактор на сигурност против лизгање (F_s) во зависност од времетраењето на употребата и степенот на несигурност

Степен на несигурност	Привремени анкери			Трајни анкери		
	Класа на анкер	S	F_s	Класа на анкер	S	F_s

Анкери кои со рушењето би предизвикале помали последици и не би ја попречувале јавната безбедност и ред	1	1,3	1,2	4	1,6	1,4
Анкери кои со рушењето би предизвикале средни последици, но не би го попречиле јавниот ред и безбедност	2	1,5	1,3	5	1,8	1,4
Анкери кои со рушењето би предизвикале големи последици, така што е можно и нарушување на јавната безбедност и ред	3	1,8	1,4	6	2,0	1,5

При анкерирањето, носивоста на анкерот во голема мера зависи од квалитетот на воведувањето на силата на преднапрегање во почвата, односно во земјата. Ова е еден од најголемите проблеми (освен заштитата на квалитетот на анкерите) што се појавува кај овој тип на конструктивни елементи. Материјалот на носечката основа во која се анкерира почвениот анкер може да биде почвена (земјена) или карпеста маса. [

Големите сили кои се појавуваат во анкерираниот дел на анкерот се пренесуваат на карпестата маса со помош на инјектираниот бетонски анкер.

Прво мора да се испита водонепропустливоста на дупнатината. Ако бушотината не е водонепропустлив, бушотината се консолидира со инјектирање. После тоа се врши ново дупчење и вградување на анкери со што се постигнува доволна безбедност во преносот на силите. Во зависност од различните показатели, постојат различни можности за пренос на сила на основната карпеста маса. Ако има разлики во својствата и грубоста на карпестата маса, преносот на сила може да се одреди само со тест анкери кои ги одредуваат вистинските можни оптоварувања што може да ги преземе карпестата маса.

Следниот фактор што влијае на носивоста на анкерите во земјените масиви е дијаметарот на бушотината, на отворот. Како што се зголемува дијаметарот на бушотината, силата на триење се зголемува, исто така. Сепак, ова зголемување има свои граници, бидејќи мора да се врши по целата должина на бушотината, што резултира со зголемени трошоци за дупчење.

На носивоста на анкерот во земјениот масив влијае и правилно издупчената бушотина по целата должина. Еден од најдобрите показатели за носивоста на овие анкери е мерењето на зголемувањето на притисокот на инјектирање. Во чести случаи, дури и во кохерентни материјали, само едноставното инјектирање е задоволувачко. Во такви случаи, потребно е инјектирање, односно повторно инјектирање на делот за поврзување на анкерот по одредено време. Кај кохерентните материјали, обично само пукнатините во бушотината или помалите шуплини се пополнуваат при првото инјектирање.

Таквото инјектирање пренесува релативно мали сили. Повторното инјектирање на поврзувачкиот дел од анкерот под висок притисок ги зголемува радијалните напрегања на спојот на масата за инјектирање со масата на земјата. Ова ја зголемува силата на триење на обвивката и формира неправилна форма и површина на анкерот, што обезбедува подобро поврзување на анкерот со околината. Повеќекратните инјектирања дополнително го подобруваат опишаниот ефект.

Една од најдобрите подобрувања на механичките карактеристики на почвата при изградба или санација на патни инфраструктурни објекти се примена анкерираните ѕидови. Тие претставуваат носечки конструкции составени од бетонски елементи и геотехнички анкери. Анкерите ја преземаат целата или дел од силата за да обезбедат сигурност и стабилност во сите фази на изградба како и во фазата на употреба. Бетонскиот дел служи за пренесување на силата од анкерот во почвата, и локално ја заштитува косината од обрушување.

Анкерираните ѕидови може да се поделат на:

- анкерирани блокови кој главната цел на нивната употреба е да се обезбеди глобална стабилност на косината;
- анкерирани вертикални греди; тип кој обезбедува глобална стабилност и безбедност;
- анкерирани вертикални греди со полнење каде анкерираните греди овозможуваат носивост, глобална стабилност и безбедност, а висината на анкерираните вертикални греди е до 10 m;
- анкерирани хоризонтални греди кој се применуваат за преку нив силата на анкерирање да се пренесе во почвата, и тоа кај косини во многу испукани карпи каде што заштитните мрежи не можат да обезбедат сигурност;
- анкерирана решетка кој се користи кај косини во испукани карпи каде што заштитините мрежите не можат да овозможат сигурност;
- анкерирани решетка со полнење се користи за заштита од ерозија и обезбедува локална стабилност и одводнување;
- анкерирани ѕидови, се користат кај некохерентни и кохерентни почви;
- анкерирани ѕидови градени од горе надолу, се користат во случај кога е неопходно да се обезбеди стабилност на косина во некохерентна и кохерентна почва;
- анкерирани ѕидови од дупчени колови се користат за заштита на косини, длабоки градежни јами и во одредени случаи кога поради потенцијална нестабилност на теренот прво треба да се постави потпорна конструкција, а потоа да се изврши ископот.

4. ЗАКЛУЧОЦИ

Анкерирањето е релативно млада техничка дисциплина, и најде широка примена во: изградба на тунели и други големи подземни градби, патишта, обезбедување на ископувања и падини, итн., во карпести масиви или почва односно може да се групираат во: анкерирање во подземни патни инфраструктурни објекти и анкерирање на површината на терен.

Анкерирањето во почвата (или испукана карпеста маса) со интимно поврзување на конструкцијата со подлогата и околната средина претставува најчесто користена метода за заштита при изведба на патна инфраструктура или санација од одрони или свлечишта и скоро во сите случаеви да не се користат само анкерите туку секогаш се комбинира со друг вид на заштита.

При анкерирањето, потребно е да се знаат не само елементите на анкерирањето и неговото статичко и динамичко дејство, туку и физичко-механичкото однесување на почвата или на карпестата маса и нивните геотехнички својства, а пресметката обично се врши во две фази и тоа: одредување на степенот на нестабилност на зоната, која треба да се зајакне со анкерирањето и пронаоѓање на големината и насоката на силите, кои треба да се преземат со анкерирањето и одредување на елементите за анкерирање, како што се димензиите на анкерите, нивниот број и распоред, со кои се обезбедува пресметаната сила да биде преземена од првата фаза на пресметката.

При анкерирањето, носивоста на анкерот во голема мера зависи од квалитетот на воведувањето на силата на преднапрегање во почвата, односно во земјата. Ова е еден од најголемите проблеми (освен заштитата на квалитетот на анкерите) што се појавува кај овој тип на конструктивни елементи.

Една од најдобрите подобрувања на механичките карактеристики на почвата при изградба или санација на патни инфраструктурни објекти се примена анкерираните ѕидови. Тие претставуваат носечки конструкции составени од бетонски елементи и геотехнички анкери. Анкерите ја преземаат целата или дел од силата за да обезбедат сигурност и стабилност во сите фази на изградба како и во фазата на употреба. Бетонскиот дел служи за пренесување на силата од анкерот во почвата, и локално ја заштитува косината од обрушување.

5. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Chandler, R.J. and Forster, A. Engineering in Mercia Mudstone. CIRIA Report C570, Construction Industry Research and Information Association, London. 2001.

[2] Lord, J.A., Clayton, C.R.I. and Mortimore, R.N. Engineering in chalk. CIRIA Report C574, Construction Industry Research and Information Association, London. 2002.

[3] Pedley, M.J. Examples of the use of temporary works soil nailing in the UK and Ireland, in Proceedings of the 25th Annual Meeting & 8th International Conference of the Deep Foundations Institute, 5-7 October, New York, USA, pp. 529-538. 2000.

[4] Јевремовић, Д., Костић, С., (2017), Инжењерска геологија, Грађевинско-архитектонски факултет, Универзитет у Нишу, Ниш.

[5] Geotechnical Engineering Office Civil Engineering and Development Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2005.

[6] Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) (1984). Design of Retaining Walls Embedded in Stiff Clays." Report 104, London, U.K.

[7] Jewell, R., & Pedley, M. (1990). Soil nailing design: the role of bending stiffness. Ground Eng.

[8] Draft European Standard (1994). "Execution of Special Geotechnical Work: Ground Anchors." European Committee for Standardization, Central Secretariat: Rue de Stassart 36, B-1050 Brussels, Belgium.

[9] [5] Сулооџа Б. (2019). „Технологија и Практична Примена на Прскан Бетон", издавачка куќа Јени Балкан, Скопје - Р. Северна Македонија.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 13

Мерки за санација на геотехнички хазарди кај патна инфраструктура, студија на случај свлечиште Маркова Нога

Measures for remediation of geotechnical hazards in road infrastructure, Markova Noga landslide case study

Сеад Абази1, Бојан Сусинов2 Ардон Шабани3, Булент Сулооца4

1 доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Р. Северна Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk

2 доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Р. Северна Македонија, susinov@gf.ukim.edu.mk

3 дипл. град. инж., ardon.98@hotmail.com

4 м-р, геотех. инж., Сектор за Урбанизам - Општина Ресен, Ресен, Р. Северна Македонија, bsulooca@hotmail.com

Апстракт

Свлечиштата се почесто се јавуваат како хазард при изградбата на објекти од патна инфраструктура и тоа не само поради човечки фактор при изградбата, туку и поради надворешните влијанија во фаза на експлоатација. Потребата за изградба на потпорна конструкција на регионален пат P1308 Ресен - Г.П. Маркова Нога произлегува поради фактот што еден дел од наведениот пат се појави индикации за деформирање на коловозот на патниот правец P1308, делница Макази - Маркова Нога, кај местото викано „Долги Рид“ - општина Ресен. Деформациите се манифестираат како локално издигање на коловозот, но и дел од теренот до коловозот гледано во правец кон езерото, што е типично за ножичен дел на свлечиште.Во овој труд ќе се направи споредба на направената анализа на уредена свлечена маса без превземени санациони мерки, и анализата на уредена свлечена маса со превземени санациони мерки од конструкција со колови и потпорниот ѕид. Анализата е направена со помош на софтверскиот пакет PLAXIS 2D. При анализирање на потпорната конструкција е извршена и анализа на напонско-деформациона состојба по извршена санација на свлечиштето. Резултатите покажуваат дека сите услови се задоволени за стабилност и сигурност на потпорната конструкција.Мерките вклучуваат растоварување и изведба на потпорна конструкција од АБ колови поврзани меѓусебно со надколова плоча и соодветен потпорен ѕид кои ќе ги прифаќа земјаните притисоци од телото на свлечиштето. За прифаќање на подземните и површинските води, околу границите на свлечиштето проектирани се дренажен и површински ободен канал.

Клучни зборови

Свлечиште, санација, потпорна конструкција, нумеричка анализа.

Abstract

Landslides occur more and more frequently as a hazard during the construction of road infrastructure, not only due to the human factor during construction, but also due to external influences during the exploitation phase.The necessity for construction of a retaining structure on the regional road R1308 Resen - G.P. Markova Noga arises due to the fact that one part of the mentioned road showed signs of deformation of the roadway on the road direction P1308, section Makazi - Markova Noga, near the place called "Dolgi Rid" - municipality of Resen. The deformations are manifested as a local elevation of the roadway, but also a part of the terrain next to the roadway seen in the direction of the lake, which is typical of a scissor section of a landslide.In this paper, we will compare the analysis of an arranged landslide mass without remedial measures, and the analysis of an arranged landslide mass with remedial measures taken from the construction with piles and the retaining wall using the PLAXIS 2D software. When analyzing the supporting structure, an analysis of the stress-strain state was also performed during the rehabilitation of the landslide. Through the results, it can be seen that all conditions are satisfied insuring stability and reliability of the supporting structure.The remediation measures include unloading of the slide mass and construction of pile foundation retaining wall consisted of piles connected in between by a pile cap and a suitable retaining wall that will take on the earth pressures from the body of the landslide. A drainage channel as well as a surface perimeter channel are designed around the borders of the landslide, for transmitting underground and surface water.

Key words: Landslide, remediation, retaining structure, numerical analysis.

1. ВОВЕД

Во март 2018 година, на 18-от km на регионалниот пат P1308 Макази – Г.П. Маркова Нога, во близина на с. Штрбово, ресенско, се појави инженерско-геолошка хазард (свлечиште и одрон) со што се оштети коловозот и овој патен правец беше нефункционална целина. Како причина за појава на свлечиштето се набројува ред фактори: природни, физички и антропогенски, како и постоење на геоморфолошки услови за појавата. Но, свлечиште од ваков ранг речиси никогаш не се активира како резултат на една причина, туку се работи за комбинација на повеќе фактори. Свлечиштето, на место викано Долги Рид, во основа зафаќа на површина од 1,3 ha и волумен V = 120.000 - 150.000 m^3, и според обемот на големината ова геолошка појава може да се класифицира во групата на големи свлечишта.

Слика 1. Свлечиште регионалниот пат R1308 делница Макази – Г.П. Маркова Нога, во близина на с. Штрбово, извор: Булент Сулоола

Челната пукнатина е со карактеристичен школкаст облик, со длабина од 3,0-4,0 m и со која челото на свлечиштето од природниот терен е денивелирано за околу 0,5-1,5 m. Под челната пукнатина постојат дополнителни тензиони пукнатини, а контурата на телото е јасно изразена. Во долниот дел на свлечиштето се постои заезерена површина која што е карактеристична заради избивање на филтрациони води во оваа зона. Подземните води се доста високи, на длабочина од околу 4,0 метри, која во голема мера има свој удел во активирањето на земјената маса. Исто така, заради интенцијата на подземните води да истекуваат од повисок кон понизок потенцијал, се развива големи хидраулички градиенти кои долгорочно може да манифестираат хидрауличен лом или да влијае врз јакосните параметри на материјалите. Границата на свлечиштето во ножицата е јасно изразена преку една зона на трансверзално секундарно издигање во вид на мев.

2. МЕРКИ ЗА САНАЦИЈА

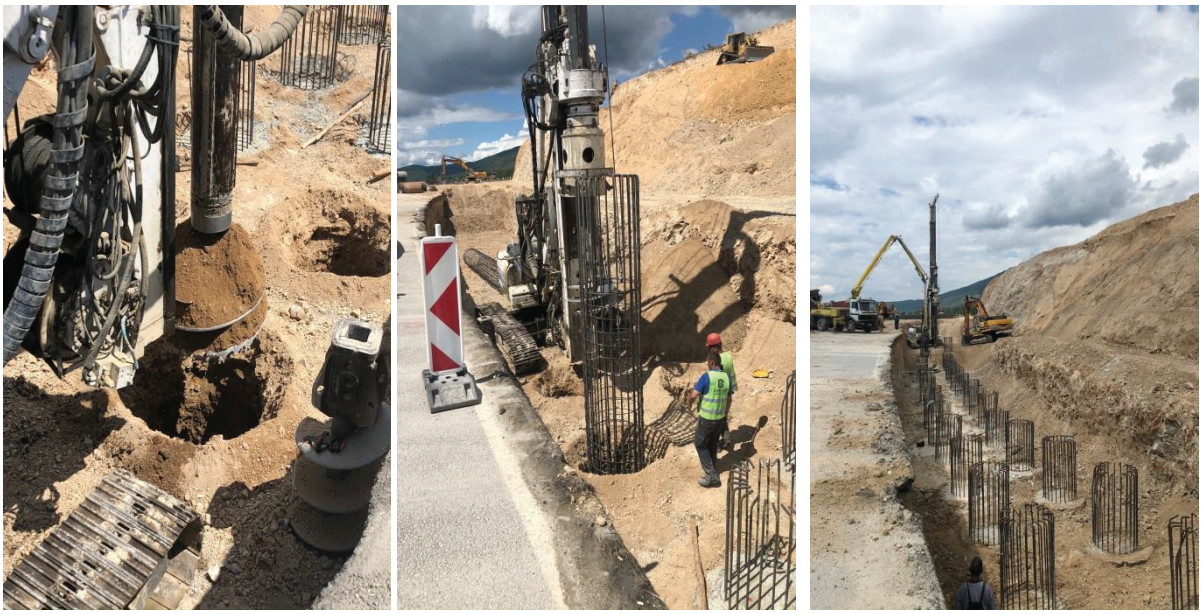
По претходно направените согледувања на ниво на идејни решенија, како и резултатите и препораките за санација на појавеното свлечиште кои се дадени во геотехничкиот елаборат техничко решение е со изведба на ободен канал во зоната на челото на свлечиштето кој ќе ги собери површинсикте води од теренот над истото, растоварување на природната падина, изведба на потпорна конструкција од АБ колови поврзани меѓусебно со надколова плоча и соодветен потпорен ѕид кои ќе ги прифаќа земјаните притисоци од телото на свлечиштето. Бермите кои ќе се формираат при растоварувањето на падината потребно е да се пошумат, односно да се засади нискорастечка шума кој ќе го стабилизира свлечиштето.

Санацијата на свлечиштето се одвива во 3 фази. Во првата фаза се извршени припремните активности; геодетските обележувања; контролните геотехнички истражувања; дренажните системи, како и растоварувањето на свлечиштето. Втората фаза содржи активности претежно поврзани со потпорната конструкција:

- геодетско обележување на распоредот на колови;

- дупчење, армирање и бетонирање на колови;
- изведба на надколова плоча и потпорниот ѕид;
- изведба на насип и дренажен систем и
- реконструкција на постоечкиот регионален пат R1308.

И последната, растоварувањето на телото на свлечиштето започнува од горе кон долните коти при што со самото растоварување се изведуваат и проектираните берми. Бермите се со ширина од 20 m и наклон од 4%, а косините се во сооднос 1:1. Армирано-бетонската потпорна конструкција е составена од колови, надколова врзна греда и потпорен ѕид со висина која се движи од 1,45 до 6,78 метри. Вкупен број на коловите се 162 со дијаметар Ø120, но со различна должина



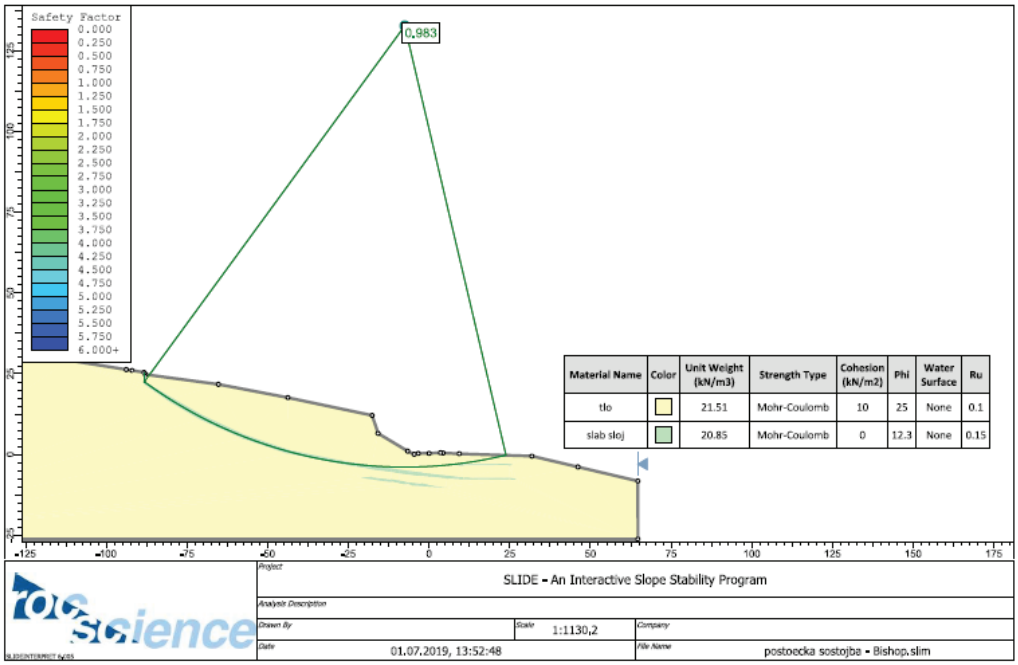
Слика 2. Изведба на АБ колови, извор: Булент Сулоѡа

Откако заврши изведбата на коловите, нивните глави се подготвени за врзување со горната конструкција - АБ надколова врзна плоча со константна ширина и висина по целата должина, B x L = 6.30 x 1.50 m. Потпорниот ѕид е со висина која се движи од 1,45 до 6,78 метри. Горниот дел од е со димензија d = 40 cm, а како оди надолу ширината се зголемува и дебелината d се движи од 0,7 до 1,07 m. После изведбата на потпорниот ѕид се изработува дренажен систем за одводнување на подземните води. Врз надколовата плоча, од внатрешната страна на потпорниот ѕид, се поставува перфорирана ПВЦ цевка Ø300 mm.

3. АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ

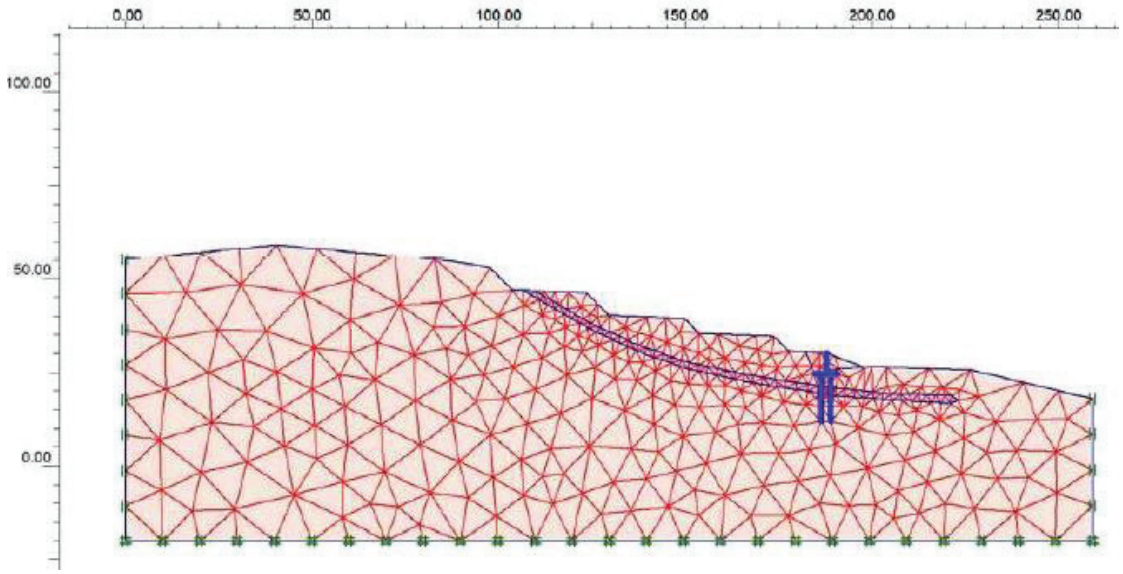
Во овој труд се презентирани дел од резултатите од спроведената анализа на стабилнос за постоечка состојба со помош на методот на гранична рамнотежа користејќи го програмскиот пакет SLIDE, како и анализа на напонско - деформациона состојба за извршена санација на свлечиштето користејќи PLAXIS 2D кој работи на методот на конечни елементи.

При анализа на постоечката состојба на свлечиштето, факторот на сигурност F_s е под дозволената вредност односно изнесува 0.983, а тоа при причина за појава на лом (Слика 3).



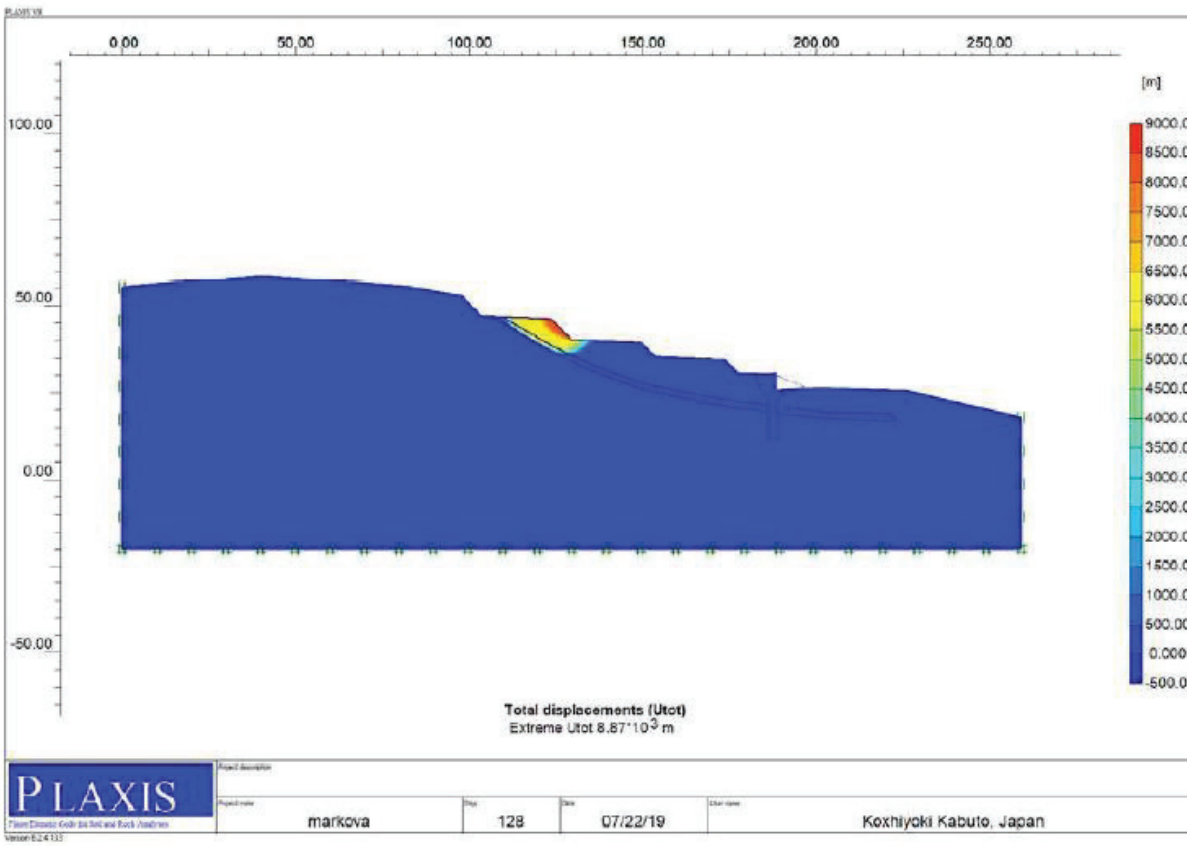
Слика 3. Анализа на стабилноста на косина за постоечка состојба

При анализа на новата состојба се користи Plaxis 2D кој е наменет за анализа на рамнинска состојба на напрегања и деформации.



Слика 4. Анализа на стабилноста на косина за нова состојба

Според превземените мерки за санација на свлечиштето и направените анализи, критичната косина е со коефициент на сигурност Fs = 1.3 што значи дека глобалната стабилност на свлечиштето во делот каде што е конструкцијата од колови и потпорниот ѕид е над дозволеното односно е стабилна (Слика 5).



Слика 5. Глобалната стабилност на свлечиштето

4. ЗАКЛУЧОЦИ

Од спроведената анализа на стабилност при санација на свлечиштето на регионалниот пат Р1308, делница Макази - Маркова Нога, може да заклучиме дека правилното проектирање на сигурни конструкции е сложен и мултидисциплинарен процес кој бара познавање на голем број инженерски параметри и вештини.

Според препораките од прописите и правилниците за проектирање на потпорни конструкции, начинот на проектирање на една конструкција треба да биде прецизен, јасен и сигурен. Така, софтверот Plaxis 2D состојбата на слечиштето односно факторот на сигурност покажува дека со изведување на потпорната конструкција која ја сече клизната рамнина во длабина со армирано бетонски колови е едно од најрационалните за вакви проблеми.

Мерките за санација вклучуваат потпорна колова конструкција со должина од 250 метри која е составена од колови, армирано бетонска надколова плоча и потпорен ѕид со висина која се движи од 1,45 до 6,78 метри, како и останати мерки на растоварување и одводнување.

Според превземените мерки за санација на свлечиштето и направените анализи, критичната косина е со коефициент на фактор на сигурност F_s = 1.3 и се наоѓа во челото на свлечиштето, што значи дека глобалната стабилност на свлечиштето во делот каде што е конструкцијата од колови и потпорниот ѕид е задоволена.

5. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Roje-Bonacci, T. (2005), “Potporne Gradevine I Gradevine Jame”, Gradevinsko – Arhitektonski Fakultet, “SVEUĆILIŠTA U SPLITU” - Split, R. Hrvatska;

[2] Димитровски Љ, Папиќ J., „Механика на почвите 1“, Градежен факултет, Универзитет „С. Кирил и Методиј“ – Скопје, С. Македонија;

[3] Димитровски Љ, Папиќ J., „Механика на почвите 2“, Градежен факултет, Универзитет „С. Кирил и Методиј“ – Скопје, С. Македонија;

[4] Papikj J. (2013), Doktorska disertacija “Razvoj I Unapreduvanje Metoda za Proracun Geotehnickih Konstrukcija I primenu Evrokoda 7”, Gradevinsko-Arhitektonski Fakultet, „Univerzitet u Nisu“ – Nis, R. Srbija;

[5] Наков Д., „Армиран Бетон и Конструкции“, Градежен Факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, С. Македонија;

[6] Mitrovic P. (2014), “Sanacija Klizista I Nedovoljno Nosivog Tla”, AGM Knjiga, Beograd, Srbija;

[7] Murthy V.N.S., “Geotehnical Engineering – Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering”, Marcell Dekker Inc., 270 Madison Avenue, New York, New York 10016;

[8] Brinch Hansen J. (1970), “A Revised and Extended Formula for Rearing Capacity”

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T1 – 14

Возно-динамички анализи при реконструкција на патниот правец Кичево – Македонски брод од државниот пат P1303

Train-dynamic analyzes during the reconstruction of the Kicevo-Macedonian boat route from the state road R1303

Тодорче Мишевски[1], Слободан Огњеновиќ[2]
[1]м-р, СТРАБАГ АГ - Скопје, Република Северна Македонија, tmisevski16@gmail.com
[2] Вонр. проф. д-р., Градежен Факултет Скопје, Република Северна Македонија, ognjenovic@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Методологијата за пронаоѓање и отстранување на опасните места на патиштата е изработена според експериментални истражувања од регионот и со изработка на посебен дел од динамичко испитување на патиштата преку компјутерски програм со зададени параметри. Овој дел за возно – динамичките анализи и динамичкото испитување на патиштата е препорачливо да влезе во правилникот за изработка на техничка документација за патишта бидејќи ризикот за несреќи настанати од неусогласени елементи од геометријата на патот е сведена на минимум, а безбедноста и други корисни елементи кои се важни за возачот се доведени на максимално ниво. Возно динамичките анализи се спроведуваат за поединечни возила првенствено од безбедносна гледна точка и удобноста на возење, односно утврдување на времето на патување и потрошувачката на погонско гориво за поединечно возило, а исто така и за сообраќаен ток во случаи кога е потребно да се проценат релативно или апсолутно ефектите од експлоатација по параметрите на економичност, капацитет и еколошки последици.

Клучни зборови:

возно-динамички анализи; геометриски елементи; реконструкција; црна точка.

Abstract

The methodology of locating and eliminating the dangerous places on roads is made according to the experimental research in the region by a specific part of the dynamic road research performed by a computer program with specific settings. This part of the driving dynamic analyses and the dynamic road research is considered to be a part of the rulebook of technical documentation for road construction, because the risk of accidents provoked by elements that are inconsistent with the geometric road design is minimal, whereas the road safety and other helpful elements crucial for the driver are maximal. The driving dynamic analyses are performed in different vehicles mainly because of the road safety and ride comfort, i.e. determining the time of travelling and fuel consumption, as well as for the traffic flow when the exploitation effects should be relatively or absolutely estimated according to the following parameters: economy, capacity and environmental impacts.

Keywords:

driving dynamic analyses; geometric elements; reconstruction; blind spot.

1. ВОВЕД

Програмата за динамичко испитување на патиштата - DIP е направена во согласност со бараните операции во постапката за возно-динамична анализа при изработка на генерален и идеен проект на патот според методологијата за проектирање на патишта. За резултантниот дијаграм на брзини во слободен ток, користени се резултатите од експерименталните испитувања на влијанието на елементите на патот врз брзината во слободен ток.

За усогласување и хомогенизација на елементите на патот користени се резултатите од анализата на усогласувањето на елементите на патот според експериментално утврдениот дијаграм на брзини во слободен ток.

За уврдување на времето на патување и потрошувачката на ресурси (гориво, масло, гуми, резервни делови и работно време на механичарот за одржување на возилото), од кои се формира цената на превозот, користени се податоци од сертификатите на типските возила (PA, TV и AV).

Предмет на динамичко испитување на пат е делницата Кичево – Македонски Брод од Регионалниот пат P1303. Регионалниот пат P1303 започнува од Кичево на спојот со кружнот тек на магистралниот пат M4 Кичево – Охрид на излезот од Кичево низ Македонски Брод па се до Прилеп каде се спојува со регионален пат P1101 и магистрален пат A1. Делница која е земена за испитување е од кружниот тек на магистралниот пат на излезот од Кичево до Македонски Брод пред постоечкиот мост. Должината на делницата е 25.7 km, постоечката ширина на патот е 6.0 m.

За изработка на проектната документација се користени сите расположливи информации и подлоги, неопходни за процесот за проектирање, како и соодветна важечка техничка и законска регулатива, исто така е снимена и геодетска подлога која е изработена врз база на снимање, а снимени се детални точки како положајни така и висински.

2. ПРОГРАМА „DIP“

Самата програма се состои од три целини и тоа:

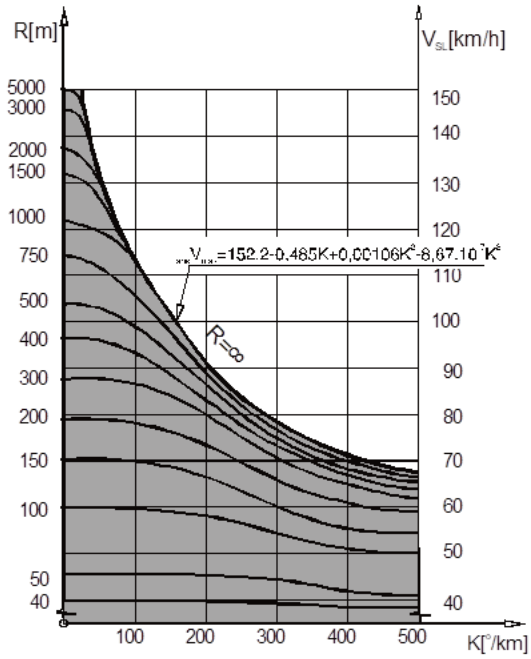
1. **Внесување на податоци за трасата на патот**, кое може да биде рачно, со внесување на податоците во посебен формат каде се внесуваат податоци за надолжни наклони, вертикални кривини, прегледност на патот, хоризонтални кривини и доколку се третираат крстосници се внесуваат и стационажите на крстосниците.

2. **Извршно тело на програмата**, откако ќе се внесат сите податоци во посебен формат и txt фајл се обработуваат податоците во програмата DIP каде се добива дијаграмот на брзини.

3. **Приказ на извршените анализи**, откако се добијат податоците за дијаграмот на брзини истиот може да биде прикажан на екран преку програмот DIP, но исто така може да се направи како dxf фајл кој може да биде конвертиран во dwg фајл.

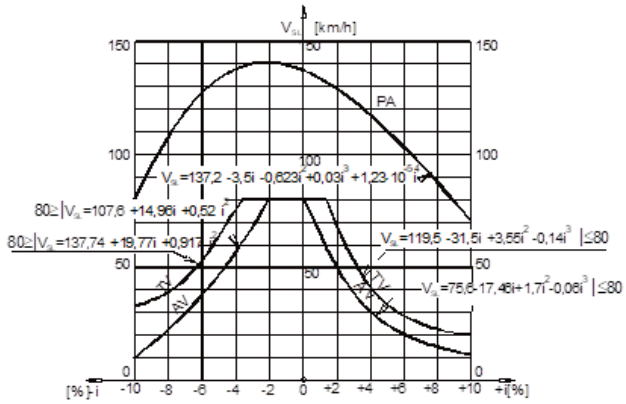
3. ОГРАНИЧУВАЊА ЗА КОНСТРУКЦИЈА НА ДИЈАГРАМОТ НА БРЗИНИ ВО СЛОБОДЕН ТОК ВО ПРОГРАМАТА „DIP“

1. Влијание на радиусот на хоризонталната кривина при одредена кривинска карактеристика (слика 1)



Слика 1: Влијание на кривинската карактеристика (K) и на радиусот на хоризонталната кривина (R) на брзината во слободен ток (VSL)
Извор: Дамњановиќ, Д., Дончева, Р., Милиќевиќ, А. (2002).

2. Влијание на надолжниот наклон на нивелетата на патот (слика 2)



Слика 2: Влијание на надолжниот наклон на нивелетата (i) на брзината (V_{SL})
Извор: Дамњановиќ, Д., Дончева, Р., Милиќевиќ, А. (2002).

3. Слободно забрзување на патничко возило
4. Слободно успорување на патничко возило по равенка:
5. Употреба на ножна сопирачка во процесот на забрзување
6. Реагирање на возачот
7. Прегледност на патот
8. Применет радиус на вертикална конвексна кривина
9. Влијание на ширината на патот врз брзината на тешкото возило
10. Можност за забрзување на тешкото возило
11. Во зона на крстосница може да се зададе ограничување на брзината или застанување, чекање и повторно стартување на возилото

4. ПОТРОШУВАЧКА НА РЕСУРСИ ПРИ БРЗИНА ВО СЛОБОДЕН ТОК ВО ДВЕТЕ НАСОКИ НА ВОЗЕЊЕ

Во ресурси спаѓаат: погонско гориво, моторно масло, пневматици, резервни делови на возилата и работни часови на механичарот за одржување на возилото.

4.1 Потрошувачка на погонско гориво (G)

За пресметување на потрошувачката на погонско гориво за сите три меродавни возила како влезни податоци се јавуваат:

- бруто тежина на возилата .....G_{br}
- челна површина на возилата .....F
- коефициент на отпор од воздух .....w_v
- преноси во менувачот и диференцијалот.....m_{kb} и m_d
- динамички радиус на тркалото ..... r_d
- коефициент на искористеност на силата на моторот ..... η
- дијаграм на силата на моторот..... $N = f_1(n)$
- дијаграм на специфична потрошувачка на бензин..... $g_e = f_2(n)$
- брзина од дијаграмот на брзини во слободен ток на тоа меродавно возило на местото "j" ..... V_{SLj}
- надолжен наклон на патот на местото „j"..... i_j

Потрошувачката на погонско гориво се пресметува врз основа на специфичната потрошувачка на погонско гориво (g_e) при делумно оптоварување на моторот, кое резултира од можната брзина, условена од геометријата на патот, од дијаграмот на брзини и од надолжниот наклон на нивелетата (i)

4.2 ПОТРОШУВАЧКА НА ОСТАНАТИТЕ РЕСУРСИ

За потрошувачка на останатите ресурси се користи моделот во кој за секое типско возило (PA, TV, AV) се дава основната потрошувачка за основната брзина и пат во хоризонтала, во правец и на одличен коловозен застор. Овие показатели на основната потрошувачка треба да се корегираат за реални услови на патот и остварена брзина во слободен ток за секое типско возило.

Корекцијата на показателите на основната потрошувачка на ресурси на реални услови на патот и остварена брзина во слободен ток е:

а) Влијание на наклонот на нивелетата „i" [%]

б) Влијание на закривеноста на патот „R" [m]

в) Влијание на брзината на возење V [km/h]

Во потрошувачка на останати ресурси спаѓаат и:

- Потрошувачка на масло (U)
- Потрошувачка на пневматици (P_N)
- Потрошувачка на резервни делови на возилата (O_R)
- Потрошувачка на механичарски работни часови за одржување на возилото (O_M)

При пресметка на трошоците на експлоатација при експлоатациона брзина, овие показатели на потрошувачката на ресурси се корегираат за разликата меѓу брзината во слободен ток (V_{SL}) и експлоатационата брзина (V_E). Покрај тоа се врши и корекција за влијанието на рамноста на коловозот (IRI) на зголемување на потрошувачката на сите ресурси во текот на планскиот период.

5. ПОКАЗАТЕЛИ НА ДИЈАГРАМОТ НА БРЗИНИ ВО СЛОБОДЕН ТОК

1. Средната вредност на брзината за возење од двете насоки за „PA“ , „TA“ и „AV“ е ($\overline{V}$)

$$[km/h]\overline{V} = \left[\frac{1}{L_D}\sum_{j=1}^{j=L_D} V_j + \frac{1}{L_D}\sum_{j=L_D}^{j=1} V_j\right]\frac{1}{2} \tag{1}$$

2. Средната вредност на времето на возење од двете насоки за „PA“ , „TA“ и „AV“ е ($\overline{T}$)

$$(\min)\,\overline{T} = \left[\frac{1}{L_D}\sum_{j=1}^{j=L_D}\frac{1}{V_j} + \frac{1}{L_D}\sum_{j=L_D}^{j=1}\frac{1}{V_j}\right]\frac{60}{1000}\frac{1}{2} \tag{2}$$

3. Динамичката хомогеност (D_h) е показател на варијациите на средната вредност на брзината од двете насоки на возење:

$$[\%]Dh = \frac{\sigma_V}{\overline{V}}\cdot 100 \tag{3}$$

4. Кривинска карактеристика на делницата (K)

$$[°/km]K = \frac{1}{L_D}\sum_{j=1}^{j=m}\alpha_j \tag{4}$$

5. L_D – вкупна должина на делницата на патот
6. Геометриска хомогеност (G_h)

$$[\%]Gh = \frac{\sigma_K}{K}\cdot 100 \tag{5}$$

7. Потрошувачка на ресурси

- потрошувачка на бензин (G)
- потрошувачка на моторно масло (U)
- потрошувачка на пневматици (P_N)
- потрошувачка на резервни делови (O_R)5
- потрошувачка на механичарски работни часови за одржување на возилото(O_M)

6. МЕТОД ЗА УСОГЛАСУВАЊЕ НА КОНСТРУКТИВНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА ПАТОТ СПОРЕД БРЗИНАТА ВО СЛОБОДЕН ТОК (V_{SL})

Методот се заснова на решенијата според димензионирањето на геометриските елементи и според делот за усогласување на карактеристиките на коловозната површина според брзината во слободен ток. Наменета е пред сè за патишта со две сообраќајни ленти, како за новите патни правци, така и за реконструкција на постоечките патишта. Условно може да се примени и за автопатиштата. Се применува при изработка на генерален и идеен проект за возно-динамички анализи во согласност со методологијата на проектирање на патишта.

6.1 Постапка за усогласување на конструктивните елементи

Чекор 1: За иницијалната траса на целиот патен правец, се работи дијаграм на брзини во слободен ток на патничко возило во двете насоки на движење.

Чекор 2: Се врши преглед на дијаграмот на брзини поради идентификација на евентуално неусогласените сукцесивни елементи на патот, т.е. изнаоѓање на местото на кое што на дијаграмот на брзини е маркирана употреба на ножната кочница. Доколку се откријат такви места, тогаш таму се врши анализа на елементите на трасата заради откривање на причината и во согласност со таа причина се врши корекција на иницијалната траса. Потоа повторно се работи дијаграмот на брзини како потврда за успешната корекција

Чекор 3: Ако патниот правец е подолг и поминува низ многу различни теренски услови, треба да се подели на делници со приближно хомогени кривински карактеристики и за секоја таква делница треба да се изработи наредниот чекор 4.

Чекор 4: Ако на надолжниот профил на делницата на иницијалната траса прекршувањата на нивелетата не биле заоблени, тогаш на тие места ќе се појават броеви кои претставуваат потребни големини на радиусите на вертикалните кривини според критериумите за вертикални кривини (слика 45). Во тој случај на надолжниот профил треба да се применат вертикални кривини и повторно да се изработи конечниот дијаграм на брзини во слободен ток за сите три типа на возила (PA, TV и AV) со следните податоци кои се бараат.

- Просечна брзина од двете насоки на движење $\overline{V}$ [km/h]
- Динамичка хомогеност (варијација) на просечната брзина D_h [%]
- Просечно време на возење од двете насоки $\overline{T}$ [min]
- Вкупна потрошувачка на бензин G [lit]
- Вкупна потрошувачка на масло U [lit]
- Вкупна потрошувачка на пневматици P [комплети]
- Вкупна потрошувачка на резервни делови O_D [возила]
- Вкупна работа на механичарот на одржување на возилото O_M [часови]

Чекор 5: Пресметката на потребните елементи на патот е посебен исцртан прилог кој се изработува со помош на програмата "ДИП" на следниот начин:

- Треба да се воочи најмалиот применет радиус на испитуваната делница на патот и да се прогласи за "R_{min}", без оглед на сметковната (претходната) брзина според која се одредени граничните елементи на патот, а потоа да се пресмета соодветната брзина за тој радиус "R_{min}" како и минималната брзина на таа делница.
- Најголемата брзина на патничкото возило "V_{max}" покрај тоа што зависи од кривинската карактеристика на делницата, зависи и од големините на применетите радиуси на хоризонталните кривини и нивната усогласеност, како и од применетиот наклон на нивелетата на патот, а се идентификува на дијаграмот на брзини.
- Во понатамошната постапка според "V_{RS}", "R_{min}" и тековната вредност "V_{SL}" се одредуваат потребните елементи на патот и тоа:
  - Параметар на преодната кривина .....A
  - Напречните наклони на патот во кривините .....i_{pk}
  - Прегледност на патот за престигнување .....P_p
  - Прегледност на патот за хомогено возење ....P_h
  - Прегледност за принудно застанување .....P_z
  - Потребна фатливост на патната покривка .....SRT
  - Додатни ленти за бавни возила

7. АНАЛИЗА НА КРИТИЧНИ МЕСТА СПОРЕД ДИЈАГРАМОТ НА БРЗИНИ ЗА ДЕЛНИЦАТА КИЧЕВО – МАКЕДОНСКИ БРОД

Од изработениот дијаграм на брзини во програмот DIP за динамичко испитување на патишта со податоци за хоризонталните кривини надолжните наклони и вертикалните кривини може да се прегледаат сите критични места каде што има разлика помеѓу брзината од 20 [km/h], односно каде што треба да се употреби ножна сопирачка за да се

совлада хоризонталната кривина. Местото каде што се употребува ножна сопирачка може да биде поради лошо усогласени елементи од геометријата на патот или т.н. „црна точка“. Такви критични места со разлика во дијаграмот на брзини поголеми од 20 [km/h] се забележани на следните стационажи:

км. 4+300 до км. 5+000; км. 5+200 до км. 6+000; км. 7+200 до км. 8+000; км. 9+800 до км. 11+000; км. 12+300 до км. 13+000; км. 14+100 до км. 15+800; км. 17+400 до км. 18+200 км. 18+500 до км. 19+400; км. 19+700 до км. 21+000; км. 23+800 до км. 25+200

8. ЗАКЛУЧОК

Во овој труд е работено по методологија на динамичко испитување на патишта со програмот DIP со што се прикажани возно – динамичките услови на конкретна делница Кичево – Македонски Брод од регионален пат Р1303. За усогласување и хомогенизација на елементите на патот користени се резултатите од анализата на усогласувањето на елементите на патот според експериментално утврдениот дијаграм на брзини во слободен ток.

Според дијаграмот на брзини добиен од програмот DIP се откриваат места каде што геометријата на патот не е усогласена како хоризонталната така и вертикалната геометрија кои даваат разлики во брзината на движење поголема од 20 km/h со што тие места претставуваат опасни места или „**црни точки**“.

Со постапката на изработување на дијаграмот на брзини кај ново проектираните патишта исто така може да се користи и кај постоечките патишта за откривање на опасните места со што би се откриле и неусогласените елементи на патот. Со ова се добива прегледност во проектите за реконструција или рехабилитација кои делови од трасата при проектирањето за реконструкција или рехабилитација треба да се сменат во ситуацијата (хоризонтални кривини, преодни кривини и правци) како и во надолжниот профил (вертикални кривини, надолжни наклони и попречни наклони).

9. ЛИТЕРАТУРА

КНИГИ и МОНОГРАФИИ:

[1] Дончева Р. (2004): „*Проектирање Патишта – Книга 2*“ – Градежен Факултет –Скопје, Р. Македонија – 475 стр.

[2] Katanić J, Andjus V. i Maletin M. (1983): *„Projektovanje Puteva“* – IRO GRAĐEVINSKA KNJIGA – Građevinski Fakultet – Univerzitet Beograd – 428 стр

[3] Дамњановић Д., Дончева Р., Милићевић А. (2002) – *„Усогласување на конструктивните елементи на патот според очекуваната брзина во слободен ток“* – монографија – Скопје, Р.Македонија - 216 стр.

ПРАВИЛНИЦИ, СТАНДАРДИ и НОРМАТИВИ:

[4] *„Правилник за техничките елементи за изградба и реконструкција на јавните патишта и на објектите на патот“* – издаден од Министерство за транспорт и врски врз основа на член 25 став 2 од Законот за јавните патишта во Службен весник на Република Македонија, бр. 110 од 03.09.2009 год.

[5] AASHTO (1993) – “*Design of Pavement Structures”* – Washington DC – USA

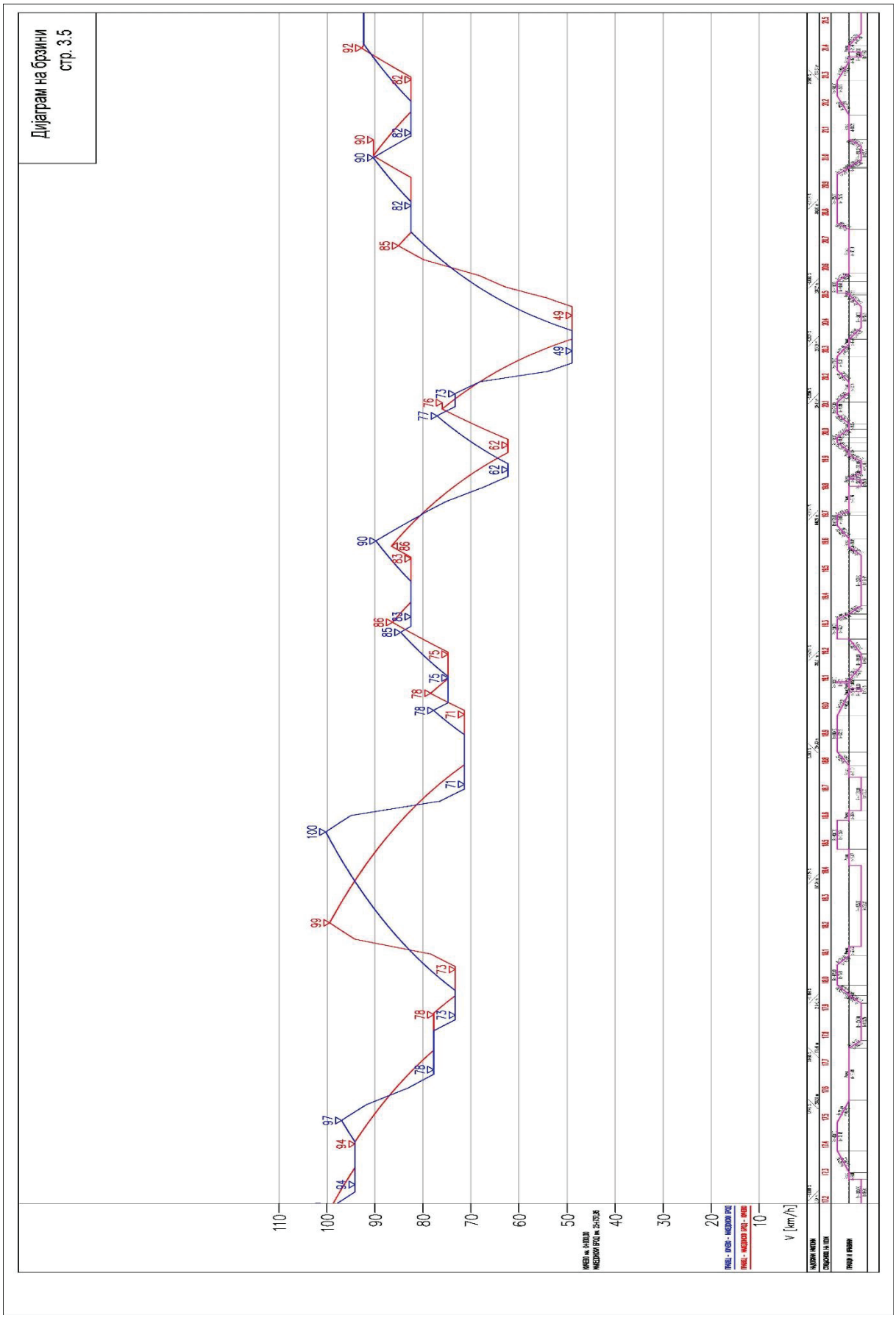
[6] AASHTO (2001) – “*Policy on Geometric Design of Highways and Streets*” – Washington DC – USA

[7] AASHTO (2008) – “*Mechanistic – Empirical Pavement Design Guide”* – Washington DC – USA

[8] AASHTO (2014) – “*Highway Safety Manual, 1st Edition, with 2014 Supplement”*

[9] AASHTO (2018) – “*Policy on Geometric Design of Highways and Streets*” – Washington DC – USA

10. ПРИЛОЗИ



ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T1 – 15

MOVEMENT SCHEMES ANALYSIS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE MOBILITY PLAN IN HISTORICAL AREAS

АНАЛИЗА НА ШЕМИ НА ДВИЖЕЊЕ ЗА СПРОВЕДУВАЊЕ НА ПЛАНОТ ЗА МОБИЛНОСТ ВО ИСТОРИСКИТЕ ОБЛАСТИ

Mentor Balili Ph.D.[1] , Xhevahir Aliu Ph.D.[2], Megi Xhafaj MsC.[3]
[1]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, mbalilaj2002@yahoo.it
[2]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, xhevahir_aliu@yahoo.it
[3]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, xhafajmegi@gmail.com

Abstract

As is known in all historical cities, mobility becomes more and more difficult the higher the number of visitors that frequent them. Strong and essential interventions for the expansion or improvement of road axes, squares, alleys, etc., are difficult to implement as a result of the limitations derived from the status of these cities. To overcome these challenges, carrying out the evaluation of the mobility schemes for the development of a mobility plan is the right instrument to identify the allowed priority interventions with cost-effectiveness.Through the development of the mobility plan, the efficiency of identifying and prioritizing a cohesive investment program increases, the impact of which will be immediate and lasting over time. The mobility plan also contributes to the urban renewal of the city with a focus on revitalizing urban infrastructure and public open spaces, improving the visitor experience and the quality of life of residents.The scope of this study relates to the movement schemes analysis to eliminate the flow of vehicles, to add the possibility of creating pedestrian areas in the historical center, as well as to identify the interventions in infrastructure and facilities to improve access and mobility.

Key words

Movement scheme, Mobility plan, historical center, investment plan.

Апстракт

Како што е познато во сите историски градови, мобилноста станува сè потешка колку што е поголем бројот на посетители кои ги посетуваат. Силни и важни операции за проширување или подобрување на патните оски, плоштади, улички итн. се тешки за спроведување поради ограничувањата кои произлегуваат од статусот на овие градови. Со цел да се надминат овие предизвици, спроведувањето на евалуација на шемите за мобилност за да се развие план за мобилност е вистинскиот инструмент за идентификување на дозволените приоритетни интервенции со исплатливост.Развивањето на план за мобилност ја зголемува ефикасноста на идентификување и приоретизирање на кохезивна инвестициска програма, чие влијание ќе биде моментално и долгорочно. Планот за мобилност придонесува и за урбана обнова на градот со фокус на ревитализација на урбаната инфраструктура и јавните отворени простори, подобрување на искуството на посетителите и квалитетот на животот на жителите.Опсегот на оваа студија се однесува на анализа на моделите на движење со цел да се елиминира протокот на возила, да се додаде можноста за создавање пешачки зони во историското јадро, како и да се идентификуваат интервенции во инфраструктурата и објектите за подобрување на пристапот и мобилноста.

Клучни зборови: Шема на движење, План за мобилност, историски центар, инвестициски план.

INTRODUCTION

As result of the impossibility to implement essential intervention for the expansion of the existing infrastructure as a consequence of the status of historical cities, the only possibility to overcome the challenges of mobility is the evaluation of mobility schemes based on the geometry of the existing infrastructure. The paper is focused on the Historic Centre and Protected area of Gjirokastra, part of the World Heritage Property.

The city of Gjirokastra was declared “Museum City” by the decision of the Council of Ministers in 1961, and in 2005 was declared World Heritage property. Image below shows the areas designated as Core (Historic Centre in brown) and Buffer area (Protected Area in yellow) of the World Heritage Property [1].

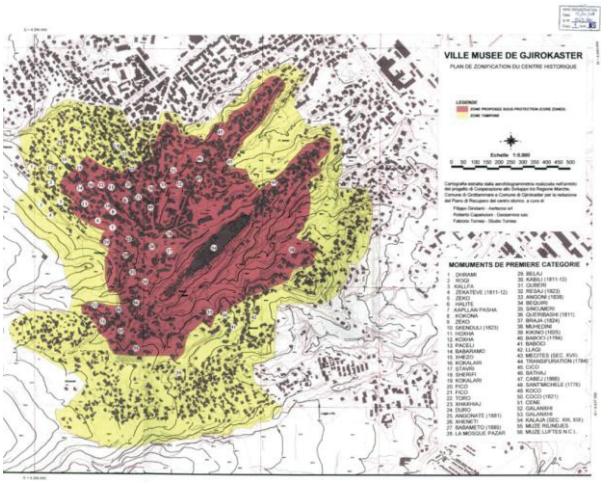


Fig. 1: Zonification of the Historic Centre of Gjirokaster [1]

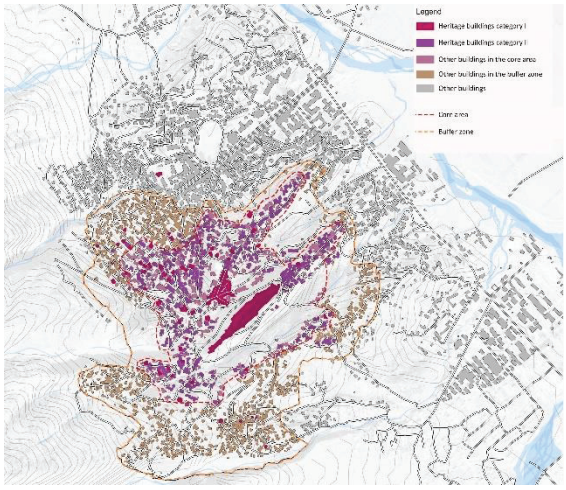


Fig. 2: Monument category I and II

In 2005 the Historic Centre of Gjirokastra was inscribed in the World Heritage List. The total area of the property as per the nomination file adds up to 162,5 hectares while the buffer zone measures 67,8 ha [1].

1. PROJECT OBJECTIVES AND SCOPE

Objectives to be achieved through this paper are:

- To identify possible and allowed interventions in infrastructure to improve the connectivity and accessibility to the historic centre.
- To contribute to the urban upgrading of the city of Gjirokastra, in order to improve visitor’s experience and resident’s quality of life and mobility.
- To find options to pedestrianize the bazaar area, making it more attractive and accessible for tourists but also taking into consideration residents’ needs.

Scopes of this paper are:

- Develop a customize mobility plan including practical and cost-effective measures to overcome the urban transport challenges.
- Develop a shared Integrated Urban Upgrading Development Vision for development of Gjirokastra in the long term.
- Develop a Integrated Urban Upgrading design concept that builds a cohesive investment program for mobility strategy. The investment program will include the interventions identified in the mobility plan.

2. SURVEYS AND DETAILED ASSESSMENT OF PROJECT AREA

Open Road Map data has been used to derive information on the transport network and transport facilities [3]. Currently, access to the Bazaar and the Castle is granted by:

- A public carpark near the town hall for access by car and taxi.
- A bus stop located next to the town hall for access by bus.
- Other bus stops on “Rruga 18 Shtatori”and “Tepelene-Gjirokaster” for access by bus.

Fig. 3: Old town transport facilities [3]

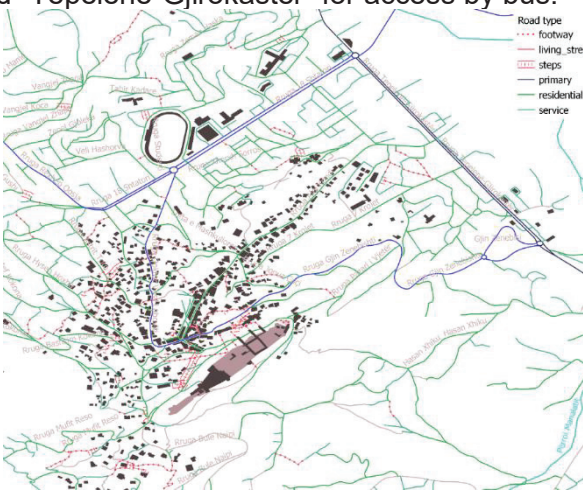


Fig. 4: Road hierarchy [3]

A new multilevel carpark with 298 car spaces is planned in Çercizi square to replace the existing carpark, which will free the public space in front of the Town Hall.

According to Open Road Map, the use of one-way systems in the Historic Centre is limited, while it is enforced on Rruga 18 Shtatori and “Tepelene-Kakavije” where carriages are separated by a median strip. A system of road closures is enforced to protect several residential roads. This way, access to the Historic Centre is limited on the main roads.

The recent Bazaar pedestrianisation has freed the Bazaar from vehicular traffic, though increasing congestion and risk for pedestrians in other areas.

From the inventorietation the Historic Centre and the main roads of the Protected area has a total length of 28,890 meters. Main roads have been assessed from their start even though this was outside the Historic City. 75% of the roads surveyed are transited by vehicles and pedestrians and 25% are only for pedestrian. Those that are mainly for pedestrian comprise the roads within the Bazaar (closed to vehicular) as well as those lanes that either are too narrow or that have stairs.

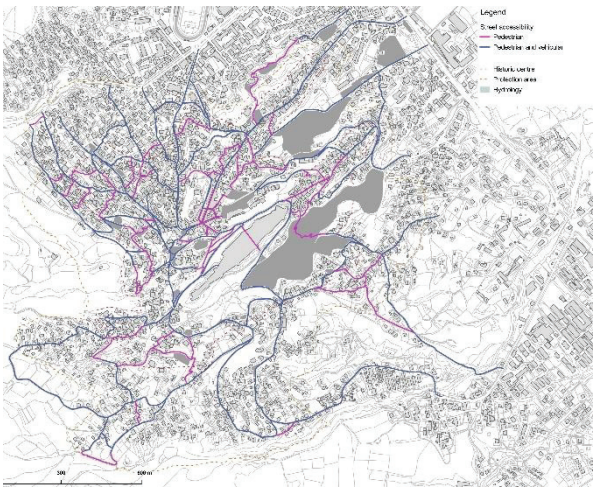


Fig. 5: Road classification by mobility means

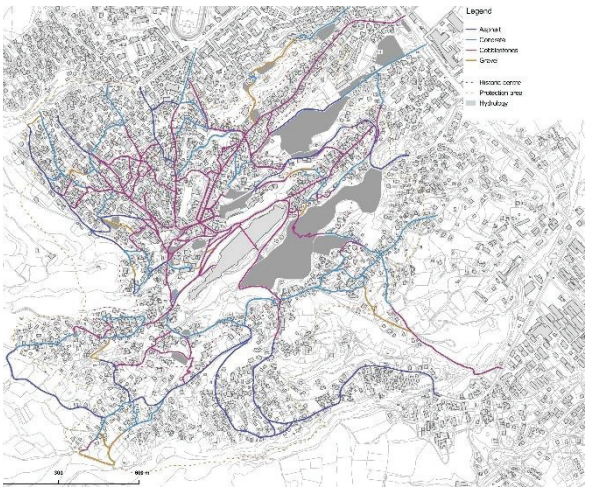


Fig. 6: Road classification by finishing material

Slightly over half of the inventoried roads are finishes with cobblestones alternating black, grey and white colour. These roads are concentrated in the Bazaar and within the perimeter of the Historic Centre. Roads with concrete finishes are concentrated in the local roads and back lanes of the Protected Area as well as along the main roads of Cfake and Dunavat. Gravel finishes is reserved for a limited number of pedestrian paths and trails. Asphalt is the finishing material of two of the main access roads to the Old City, Rruga Hysen Koci in Manalat and Rruga Gjin Zenebishi. In addition, asphalt is also the finishing material of the Rruga Bashkim Kokona up to the Resort Kerculla and Rruga Koco Kokollari.

The survey results indicate that nearly half of the roads assessed are in an average condition, while the other half are distributed between good and bad with 28% and 22% respectively. The neighborhoods with the roads with the best condition are that of Castle with nearly 67% classified as good and only 2% as bad. While the neighborhood with the highest percentage in bad condition is Partizani with nearly 54,5%, and also Duvalat with only 5,1% of the roads classified as good.

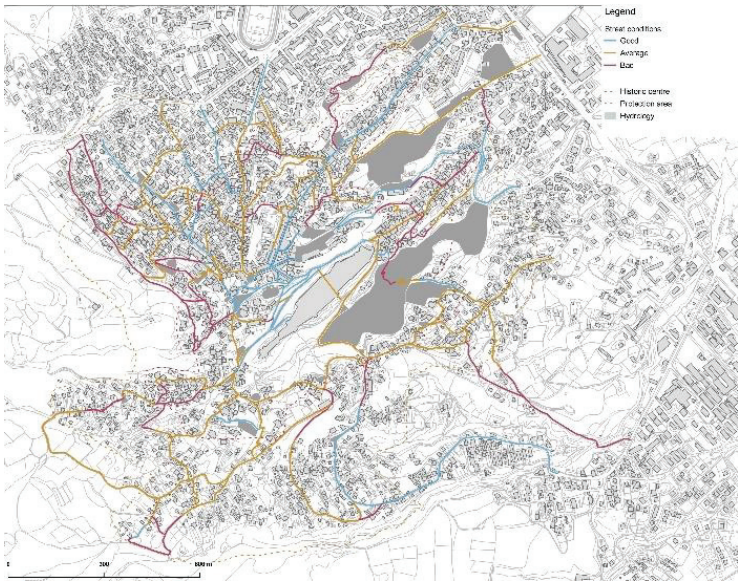


Fig. 7: Road classification by condition

3. ALTERNATIVE AND FINAL MOBILITY SCENARIOS

Based on the outputs from the assessment and preliminary outputs from the survey, three alternative mobility scenarios are analysed.

3.1 Scenario 0 – Do Minimum

The “Do Minimum” Scenario considers a minimum impact on vehicular circulation. Several interventions would be included in the plan with the objective of solving current issues. The size of the pedestrian area would remain unchanged. A one-way system would be enforced on some key routes, Kadare & Laboviti in the Old Town, Dunavat and Cfaka. In terms of parking, Cercizi Square would remain the main parking for the Old Town. Additional parking capacity would be created at selected locations to mitigate/eliminate the existing on-road parking issues. Roads surfaces conditions would be improved where necessary. Roads would be rearranged to improve connectivity with the Old Town. Also, the bus fleet would be upgraded with investment on new buses. In this scenario pedestrian routes would be upgraded or resurfaced where required. In addition, the wayfinding system would be improved and extended.

Additional services included are:

- E-charge stations at interchanges powered by solar panels
- An innovative disabled-accessible and electric micro-vehicle sharing system

- An innovative Electric Mountain Bike (E MTB) sharing system
- A dedicated on demand bus for disabled

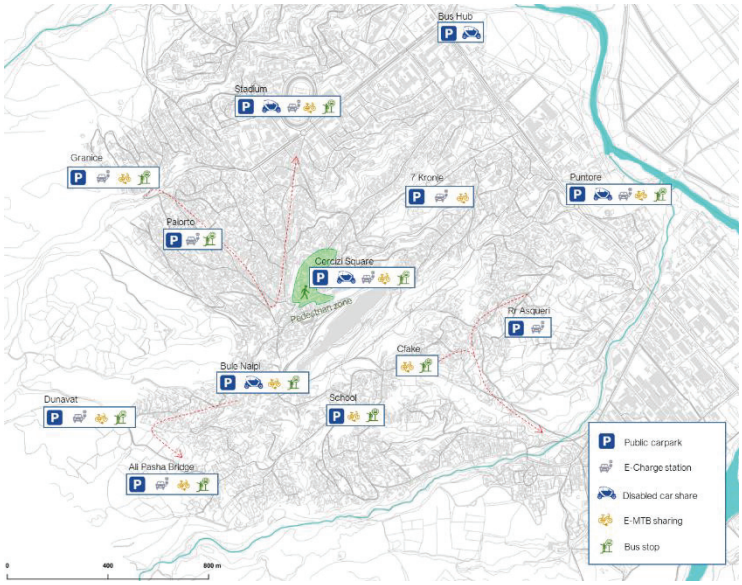


Fig. 8: Do Minimum Scenario, planned one way systems and carparks

3.2 Scenario 1 – Moderate Impact

The “Moderate Impact” Scenario includes all the interventions already considered in the “Do Minimum” Scenario, with the addition of a Traffic Restricted Zone (TRZ). The aim of the TRZ would be to restrict mobility to only the vehicles allowed. Permits would be issued by the Municipality to residents and business owners in the TRZ as well as disabled, thus considerably limiting the through traffic. The creation of the zone is expected to further protect the Old Town from vehicular traffic with a reduction in noise, air pollution, vibrations, as well as an increase in the safety for pedestrians.

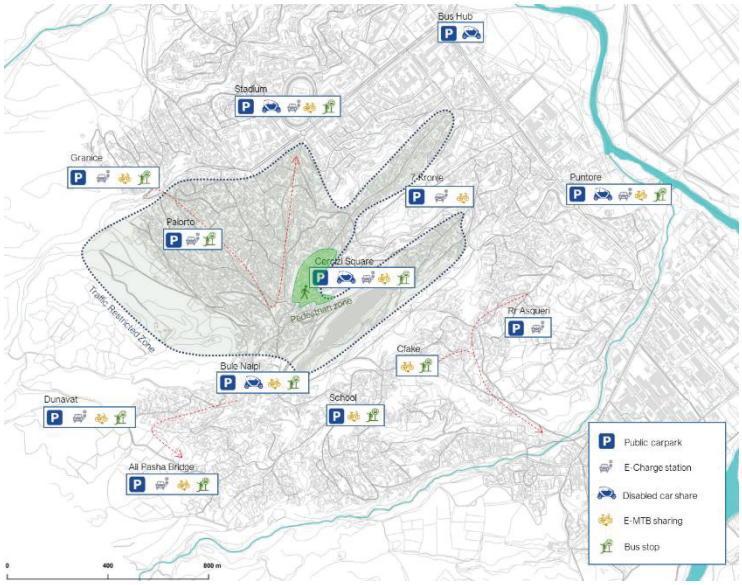


Fig. 9: Moderate Impact Scenario Traffic Restricted Zone (TRZ)

3.3 Scenario 2 – Strong Impact

The “Strong Impact” Scenario considers the measures of Scenario 1, with a further extension of the pedestrianized area. Within the pedestrianized area, traffic would be further restricted, as already happens in the Bazaar area. The Castle would also benefit from the pedestrianisation, thus removing the risk caused by vibrations generated by vehicular traffic.

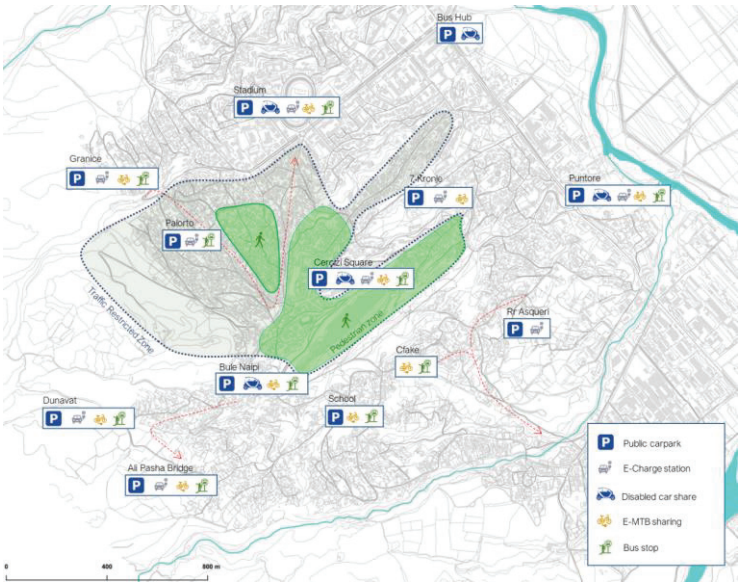


Fig. 10: Strong *Impact Scenario, pedestrian zone is extended.*

3.4 Comparative analysis

The following aspects are considered for the comparison between the three scenarios.

While Scenario 0 will be the easiest to implement, Scenario 1 and 2 are the ones that are expected to generate the greatest benefits and tackle existing and potential issues.

Table 1. Comparative analysis

Criteria	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2
Timeline feasibility	✓ Immediate feasibility for most measures. One-way systems in Dunavat and Cfake need to wait until Bypass is open	! Immediate feasibility for some measures. Requires works on Cercizi Square and Bypass to be both completed	! Immediate feasibility for some measures. Requires works on Cercizi Square and Bypass to be both completed
Reduction in road accidents within historic town	✗ Minor reduction expected	! Some reduction expected due to reduced traffic	✓ Considerable reduction expected.
Reduction in traffic congestion, pollution and noise	! Some reduction expected due to one-way systems	✓ Considerable reduction expected	✓ Considerable reduction expected
Positive impact to local businesses	✗ Minor improvement expected.	! Moderate improvement due to traffic restrictions	✓ Strong impact due to expansion of pedestrian area
Improved connectivity between Historic Centre and New Town	! Moderate improvement	✓ Strong impact due increased traffic restrictions	✓ Strong impact due increased traffic restrictions
Reduction in accessibility for visitors	✓ No disruption expected	! Potential disruption must be mitigated including improvement of public transport	! Potential disruption must be mitigated including improvement of public transport

Disabled accessibility	✓ Strong improvement due to new dedicated services	✓ Strong improvement due to new dedicated services	✓ Strong improvement due to new dedicated services

While some of the proposed improvement are immediately actionable, others are expected to require gradual enforcement to avoid excessive disruptions to normal activities.

Of the three scenarios considered, the one that is recommended to best protect and regenerate the Historic Centre in the medium and long term is Scenario 2 (Strong Impact). However, it is also recognized that the enforcement of such scenario would require significant infrastructure improvements for all modes of transport to avoid exacerbation of current issues related to accessibility and disruption to businesses and residents.

It should be noted that although scenarios are alternative to each other, different scenarios could be applied during different seasons and times of the day. Starting from Scenario 0, the Municipality will be able to work towards Scenario 1 and 2 in the next years, also based on the demand that will materialize in the future.

4. MOBILITY PLAN

The mobility plan considers the implementation of a range of measures to improve both the capacity and quality of the mobility. All transport modes are considered including private vehicles, public transport, active mobility, and sharing services. The mobility offer is planned to be highly integrated in order to allow for a high degree of flexibility and potential for interchange between different modes. In addition, green and inclusive mobility are promoted through a comprehensive and multifaceted strategy that aims at meeting the long term ambition of Gjirokastra and its inhabitants to preserve and promote their historical centre.

4.1 Private vehicles

Private vehicles are a main concern for the preservation of the Old Town. The most critical issue encountered during the surveys was the lack of width of many roads, which is exacerbated by the presence of on-road parking. To remove or at least mitigate such issues multiple interventions are considered.

4.1.1 One way system

The implementation of one-way systems on key routes is recommended to avoid two-way flows that create congestion at pinch-points. The one way system in Varosh will be key to free Doktor Laboviti road from the current issues and protect pedestrians. Here, the one-way system will be an opportunity to free up space and create an adequate pedestrian footway.

4.1.2 Cercizi Square as the main gate for the Old Town

The new carpark in Cercizi Square will be a key asset for the Old Town mobility strategy as it will provide a substantial increase in parking capacity. Alongside the new underground carpark, proximity car parks will also be constructed to relieve pressure especially during busier tourist periods.

4.1.3 Proximity carparks

The creation of a network of proximity carparks that are primarily designed to replace informal on road parking is recommended especially on key tourist walks, where it constitutes a detriment to the visitors' experience. Such carparks are planned to complement the existing and planned carparks, including Cercizi Sq underground carpark.

An analysis planned one-way systems of the car park accessibility in terms of driving distance to the carpark was carried out. Results show that carparks can be easily reached from most of the city. Accessibility to carparks on foot was also analysed assuming the Niasmith-Lugmuir

speed-slope relationship. The analysis shows that most carparks can be accessed within 5 to 10 minutes' walk.

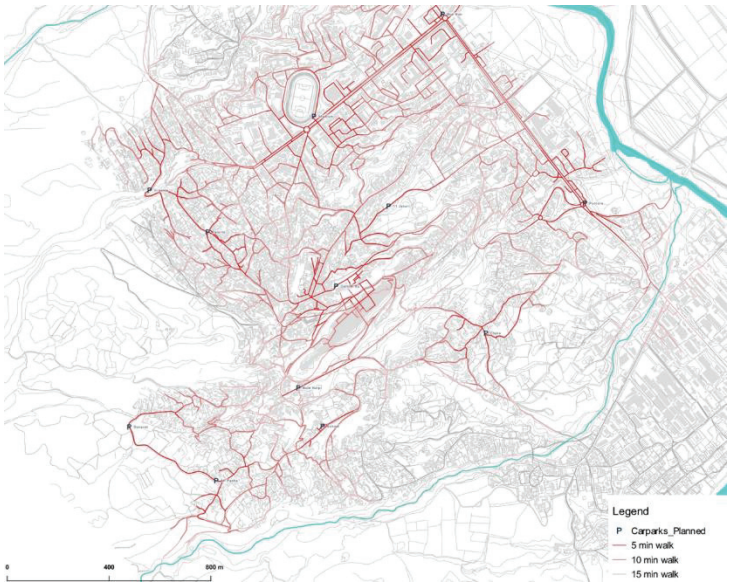


Fig. 11: Planned carparks and walking times (5 min, 10 min, 15 min)

4.1.4 Traffic limitations

The following are proposed:

- Implementation of a Traffic Restricted Zone (TRZ) aime minimizing flows in the Old Town
- The expansion of the pedestrianized area around the Bazaar to include the Castle

However, it is recommended that these are enforced once other measures have been implemented and the ongoing projects are terminated.

It is recommended that a staged approach is followed:

1. First, the implementation of the TRZ could be tested only during summer months and weekends
2. Then, it the enforcement could be extended to the weekdays
3. As the TRZ restrictions become more permanent, the enlargement of the pedestrian zone could become effective.

4.2 Public transport

The existing public transport fails to provide sufficient frequency. In addition, both the infrastructure and the fleet inadequate and in poor conditions. Following the analysis undertaken in the baseline assessment, a network of bus stops is included in the mobility plan to complement the existing network. The proposed network aims at serving a significant proportion of the population with a maximum 5 min walk to the stop with the assumed walk speed – steepness relationship. Thus, bus stops have been densified where roads are steeper to account for the lower walk speed and the higher effort.

The 5 min catchment area analysis has showing that approximately 8,800 residents would be within 5 min walk from a bus stop, compared to the current 7,800, which means 12% increase. The population served within 5 minutes would be around 44%, which is considered adequate for the city.

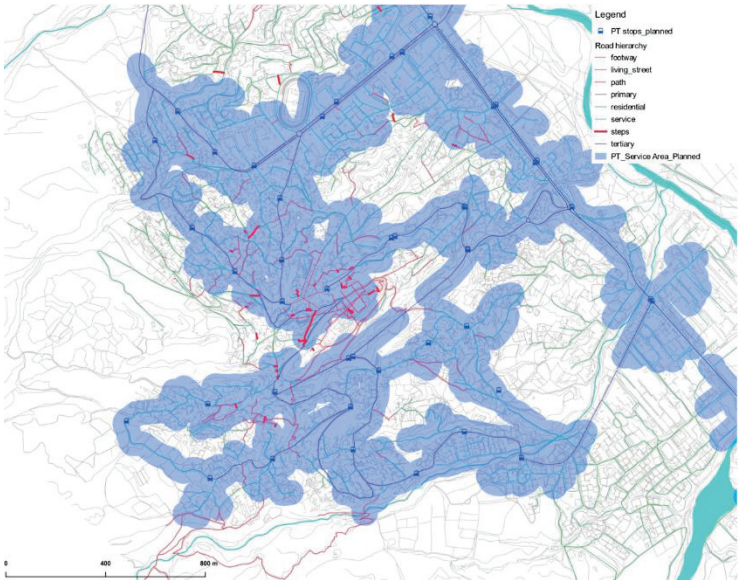


Fig. 12: Planned bus stops and 5 minutes walking time

5. COMPREHENSIVE INVESTMENT PROGRAM AND PRIORITIZATION

5.1 Comprehensive list of projects

The comprehensive investment program includes a variety of projects should be implemented and maintained by public, private and / or the non-governmental sector in the short, medium and long term. The table and figure below summarise the main project categories and subcategories to be implemented.

Table 2. Summary of project categories and subcategories

Category	Subcategory
1. Capital investment projects	A. Road upgrading
	B. Open space upgrading
	C. Roadscape improvement and harmonization of constrating facades
	D. Development of touristic attractions, and new or upgraded facilities
	E. Mobility interventions
2. Complementary projects	CP1. Valorization of monuments
	CP2. Increasing economic activity
	CP3. Public transport and NMT
	CP4. Management of vehicular transit
	CP5. Pedestrianization of additional areas
3. Valorization of monuments	VM1. Monument's 1st category
	VM2. Monument's 2nd category

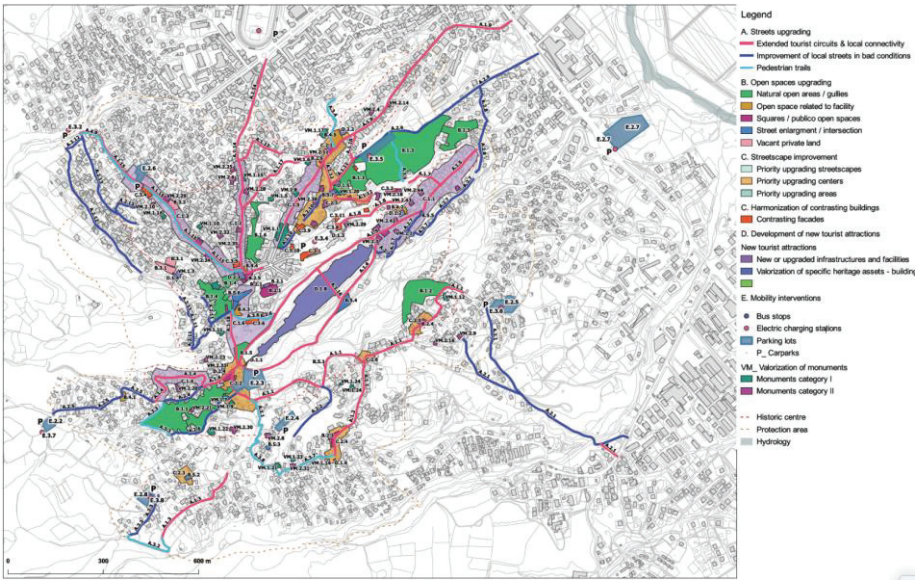


Fig. 13: Comprehensive list of projects

5.2 Investment packages prioritization

Project within categories A and B have been grouped to ensure the implementation of a comprehensive group of complementary works. Projects are grouped either by geographical scope or by thematic. Investment packages include a combination of Capital investment projects and supporting complementary projects. Valorisation of monuments, and Complementary Project group 1, have not been included within the investment packages because each of this project shall be subjected to an individual specific assessment and project and in any case fall beyond the scope of the present assignment.

Twenty-four investment packages have been identified. The investment packages are the following:

* IP.1 Pedestrianization around Gjirokastra Castle
* IP.2 Upgrading and valorisation of Pazari i Vjeter
* IP.3 Upgrade of 7 Kronje open space and creation of green boulevard.
* IP.4 Pedestrianization of a section of Rruga Alqi Qondi and new tourism centre
* IP.5 valorisation of Hamman of Mecite and connection links with Pazari i Vjeter Bazaar and Cerciz Topolli square.
* IP.6 Improvement of roadscape of main accesses to the Historic Centre
* IP.7 Long stay carpark and multimodal centre to access Cerciz Topolli Square
* IP.8 Harmonization of buildings in the access and surroundings of the upgraded Cerciz Topolli square.
* IP.9 Green pedestrian corridor to link Bazaar with Dunavat Centre
* IP.10 Mexhit Kokolari House touristic attraction
* IP.11 Upgrading of local roads in Palorto and Partizani
* IP.12 Upgrading of Dunavat Local Centre
* IP.13 Valorization and increased accessibility to Dunavat I
* IP.14 Upgrading the access to Ali Pacha Bridge and Dunavat II
* IP.15 Tourist circuit connecting Dunavat with Cfaka
* IP.16 Improving the tourism offer and access to Manalat
* IP.17 Improving accessibility to Cfaka.
* IP.18 Extension of Cold War Tunnel touristic attraction
* IP.19 Valorization of Gjirokastra Castle
* IP.20 Improving public transport service and accessibility
* IP.21 Supporting traffic restrictions and pedestrianization
* IP.22 Reducing traffic congestion and conflicts with pedestrians

* IP.23 Increasing economic activity and services
* IP.24 Improving disabled accessibility

The investment packages have been prioritized based on a set of prioritization criteria which includes strategic, technical, financial and safeguards considerations, as well as the input of the local stakeholders. The specific criteria applied to the prioritization exercises is summarized herebelow. Each criterion has been applied a weight factor indicated below.

Table 3. Weights factors per criteria

Criteria	Proposed weight
a. Alignment with vision and objectives	20%
b. Complementarity	15%
c. Local beneficiaries	10%
d. Environmental impact	5%
e. Resettlement impacts	5%
f. Cultural heritage impacts	10%
g. Feasibility of implementation	15%
h. Stakeholder's support	20%

Table below includes the results of the prioritization, Investment Packages are organized from highest to lowest scoring. Each criterion has been applied a weight factor indicated below.

Table 4. Prioritization of Investment Packages

N	Name	Alignment with vision and objectives	weight	Complementarity	weight	Local beneficiaries	weight	Environmental impact	weight	Resettlement impact	weight	Cultural heritage impact	weight	Implementation complexity	weight	Stakeholder's support	weight	TOTAL
IP.22	Organizing vehicular mobility	9	0.2	8	0.15	9	0.1	8	0.05	10	0.05	5	0.1	9	0.15	9	0.2	**7.25**
IP.3	Upgrade of 7 kronje open space and creation of green boulevard	8	0.2	8	0.15	9	0.1	8	0.05	10	0.05	9	0.1	9	0.15	7	0.2	**7.05**
IP.24	Improving disabled accessibilty	8	0.2	8	0.15	9	0.1	8	0.05	10	0.05	5	0.1	9	0.15	9	0.2	**7.05**
IP.20	Improving public transport service and accessibility	8	0.2	8	0.15	9	0.1	8	0.05	10	0.05	5	0.1	8	0.15	9	0.2	**6.9**
IP.21	Supporting pedestrianization	9	0.2	8	0.15	9	0.1	8	0.05	10	0.05	5	0.1	8	0.15	6	0.2	**6.5**
IP.13	Valorization and increased accessibility to Dunavat I	7	0.2	6	0.15	7	0.1	6	0.05	10	0.05	9	0.1	6	0.15	9	0.2	**6.5**
IP.23	Increasing economic activity and services	6	0.2	7	0.15	8	0.1	5	0.05	10	0.05	5	0.1	9	0.15	9	0.2	**6.4**
IP.9	Green pedestrian corridor to link Bazaar with Dunavat Centre	7	0.2	8	0.15	9	0.1	7	0.05	10	0.05	6	0.1	9	0.15	6	0.2	**6.3**
IP.5	Valorization of Hammam on Mecite and new connection links with Pazari i Vjeter and Cerciz Topolli Square	8	0.2	9	0.15	6	0.1	6	0.05	10	0.05	9	0.1	4	0.15	9	0.2	**6.3**
IP.7	Parking and multimodal center to access Cercizi Topolli Square	7	0.2	8	0.15	7	0.1	7	0.05	10	0.05	5	0.1	8	0.15	7	0.2	**6.05**
IP.6	Improvement of streetscape of main accesses to Historic Centre	9	0.2	9	0.15	6	0.1	5	0.05	10	0.05	9	0.1	5	0.15	6	0.2	**6**
IP.4	Pedestrianization of a section of Rruga Alqi Kondi and new tourist centre	8	0.2	7	0.15	6	0.1	5	0.05	10	0.05	9	0.1	5	0.15	7	0.2	**6**
IP. 15	Tourist circuit connecting Dunavat with Cfaka	7	0.2	7	0.15	5	0.1	5	0.05	10	0.05	6	0.1	6	0.15	8	0.2	**5.75**
IP. 19	Valorization of Gjirokastra Castle	6	0.2	6	0.15	7	0.1	5	0.05	10	0.05	9	0.1	6	0.15	6	0.2	**5.65**
IP.1	Pedestrianization around Gjirokastra Castle	6	0.2	7	0.15	7	0.1	7	0.05	10	0.05	7	0.1	5	0.15	7	0.2	**5.6**
IP. 17	Improving accessibility to Cfaka	6	0.2	4	0.15	7	0.1	4	0.05	10	0.05	5	0.1	7	0.15	7	0.2	**5.55**
IP.2	Upgrading and valorization of Pazari i Vjeter	6	0.2	6	0.15	6	0.1	5	0.05	10	0.05	9	0.1	3	0.15	8	0.2	**5.5**
IP.12	Upgrade of Dunavat Local Centre	7	0.2	8	0.15	6	0.1	5	0.05	10	0.05	6	0.1	4	0.15	7	0.2	**5.35**
IP. 16	Improving the tourism offer and access to Manalat	6	0.2	6	0.15	5	0.1	5	0.05	10	0.05	7	0.1	5	0.15	6	0.2	**5.1**
IP.10	Mexit Kokolari house touristic attraction	5	0.2	7	0.15	5	0.1	6	0.05	10	0.05	7	0.1	6	0.15	5	0.2	**4.9**
IP.14	Upgrading the access to Ali Pacha Bridge and Dunavat II	6	0.2	5	0.15	3	0.1	5	0.05	10	0.05	7	0.1	6	0.15	5	0.2	**4.85**
IP. 18	Extension Cold War Tunnel tourist attraction	4	0.2	4	0.15	4	0.1	5	0.05	10	0.05	6	0.1	8	0.15	4	0.2	**4.55**
IP.11	Upgrade of local streets in Palorto and Partizani	4	0.2	6	0.15	4	0.1	4	0.05	10	0.05	4	0.1	9	0.15	3	0.2	**4.25**
IP.8	Harmonization of buildings in the access and surrounding of the upgraded Cercizi Topolli Square	5	0.2	6	0.15	3	0.1	4	0.05	10	0.05	5	0.1	4	0.15	4	0.2	**3.9**

6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

6.1 Overview

The mobility plan has been developed through a thorough analysis of the present situation. Such process was made possible by the support given by the local stakeholders who provided crucial information about the existing conditions and their concerned views on the present and future of the Historic Centre.

The plan aims at creating a safe, green, and inclusive environment for the regeneration and preservation of the Historic Centre. However, the mobility plan should be seen as a transformational process. While some interventions are considered immediate priority, others will be required in the following years to create a comprehensive and integrated strategy capable of providing high quality services to Gjirokastra's residents as well as meeting the growing tourist demand.

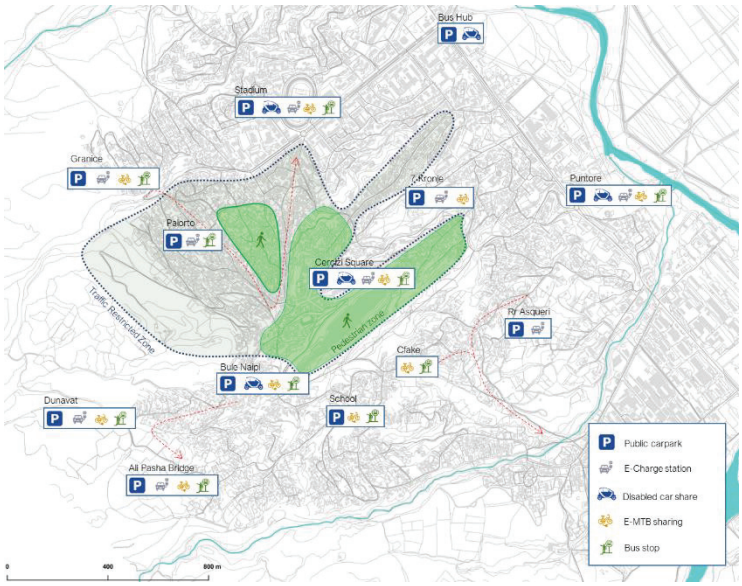


Fig. 14: Overview of mobility plan with main transport node, one way routes and traffic enforcement zones

6.2 Vehicular traffic

In order to protect the Historic Centre and its visitors from the growing pressure of vehicular traffic, it is recommended that traffic restrictions are extended with the adoption of a Traffic Restricted Zone and the expansion of the existing pedestrian area around the Bazaar. The Castle will also be included in the pedestrian area. Other measures aimed at reducing the impact of vehicular circulation include the enforcement of one-way systems where two-way circulation is difficult and the creation of carparks aimed at the removal of informal on road parking. Such limitation to the presence of cars in the Old Town will also be possible thanks to the new underground carpark at Cercizi Square, which will provide substantial capacity for residents, businesses and tourists. Finally, it is proposed that the electric mobility is promoted with the inclusion of electric recharge stations, powered by solar panels.

6.3 Public transport

It is recommended that the existing bus stops are upgraded. New stops and a rearrangement of the network are proposed to increase service frequency and accessibility. The plan aims at reducing to 5 min the maximum walking distance to bus stops and 5 min the maximum wait time at stops. Finally, as the existing fleet is considered old and inadequate it is recommended that the fleet is gradually replaced by smaller electric buses that are also expected to be disabled accessible.

6.4 Intermodality

The plan is developed to promote and encourage integration and intermodality by creating multimodal transport nodes at both neighbourhood and city level. Interchange will also be promoted by the increase in public transport frequency, which is expected to reduce to just 2.5 minutes at the main transport nodes.

6.5 Disabled accessibility

Mobility for disabled is also a key part of the plan. Together with improvements in the infrastructure, it is proposed that a system of disabled accessible and electric is tested with the purchase of 10 vehicles. In addition, the implementation of a dial a ride service is recommended to meet the demand of people with special needs.

6.6 Sharing services

With regards to vehicle sharing, it is recommended that a sharing service of electric mountain bikes is tested to complement the mobility offer for both tourists and residents.

6.7 Active mobility

Finally, the plan recognises the importance of preserving the high share of pedestrian movements in Gjirokastra which, according to data collected in 2016, amount to 52% of total trips. The benefits of active mobility are many, both social and economical, thus it is recommended that the pedestrian experience is enhanced both in terms of safety and quality. While measures aimed at reducing the impact vehicular circulation are expected to considerably improve pedestrian safety, the quality of the visit could be increased with improvements to the wayfinding strategy, which is currently deemed as poor. Therefore, the adoption of international best practices is recommended to aid space legibility and encourage tourists to visit the most hidden attractions and neighbourhoods. In addition, it is suggested that active mobility is promoted by the municipality with the implementation of different types of awareness campaigns.

6.8 Road infrastructure

The implementation of the plan will require an upgrade of the existing infrastructure. For this reason, a list of key road infrastructural upgrades has been developed in synergy with the proposed urban upgrades projects. Together the interventions aim at completing the recent investments in the infrastructure of the Historic Centre, such as the System of Museums, the Bypass and the new underground carpark in Cercizi Square.

REFERENCES

[1] https://whc.unesco.org/en/list/569/multiple=1&unique_number=1590
[2] Gravalos V, Aliu Xh, Balilaj M. at al, “Mobility Plan and Detailed Design of project investments for integrated urban upgrading of Gjirokastra”, Tiranë, 2021 – 2022.
[3] https://www.openroadmap.org/
[4] Report on Traffic and Transport Survey in Gjirokastra and Saranda. Urban and Economic Integrated Development Project for Municipality of Saranda and Gjirokastra (2016) by ADF, Illyrian Consulting Engineers.
[5] Kotollaki, M, Cultural Tourism in Gjirokastra, in European Scientific Journal May 2015 edition vol 11 no 14, 2015
[6] Law no. 27/2018 dated 17.05.2018 On Cultural heritage and museums.
[7] DCM no. 619 dated 07.07.2015 The announcement of the historic centre of one zone in the city of Gjirokastra and the approval of the regulation “for the protection, integrated conservation and the administration of the historic centre and buffer zone of Gjirokastra”
[8] Albanian second five years review of the Albanian National Transport Plan (ANTP3), Typsa (2018)
[9] General National Plan 2015-2030
[10] General Local Plan for Gjirokastra, GAIA Studio (2016)
[11] Population Gjirokastra and Albania January 2020, INSTAT
[12] Market Research and Value Chain Assessment, Final Report, Horwath HTL (2018)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T1 – 16

Варијантни решенија за проширување и стабилизација на пат во сложени геотехнички услови
Design solutions for road widening and stabilization in complex geotechnical conditions

Сусинов Бојан[1], Абази Сеад[2], Ѓорѓевски Спасен[3], Јовановски Милорад[4]
[1] Доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, susinov@gf.ukim.edu.mk
[2] Доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk
[3] Проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, gjorgjevski@gf.ukim.edu.mk
[4] Проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, jovanovski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Овој труд презентира две варијантни решенија за реконструкција-проширување и стабилизација државен пат Р1202 делница: „Крак до Бигорски манастир Св. Јован Крстител" општина Маврово и Ростуше. Главна цел при проширувањето е да се обезбеди сигурна конструкција бидејќи истата се наоѓа во засек на многу стрмна косина, без можност за засекување во теренот кој е изграден главно од падински материјал. Затоа, предложени се две решенија за обезбедување стабилност на проширениот пат, првото со плитко фундирана потпорна конструкција стабилизирана со анкери во основата, затезни греди во трупот на патот кои завршуваат во бунари и второто со систем составен од столбови фундирани на колови, затезни греди во трупот на патот кои завршуваат со бунари и бетонска плоча врз која се изведува горниот строј. Од спроведената анализа на двете решенија произлегува дека второто решение е пооптимално од економски и изведбен аспект и е препорачано за изведба.

Клучни зборови

Колови, косина, потпотна конструкција, проширување на пат, стабилизација. .

Abstract

This paper presents two solutions for the reconstruction-widening and stabilization of the state road R1202, section to Bigorski Monastery St. Jovan Krstitel, municipality of Mavrovo and Rostushe. The main goal of the widening is to ensure a safe construction because it is located in a cut on a very steep slope, without the possibility of cutting in the terrain, which is talus slope made from deposited material. Therefore, two solutions have been proposed to ensure the stability of the widened road, the first with a shallow foundation retaining wall stabilized by anchors in the base, tension beams in the road body ending in wells and the second with a system consisting of columns founded on piles, tension beams in the body on the road that end with wells and a concrete slab on which the upper structure is constructed. From the conducted analysis of the two solutions, it follows that the second solution is more optimal from an economic and construction point of view and is recommended for execution.

Key words

Piles, retaining wall, road widening, slope, stabilization.

1 ВОВЕД

Многу често инженерите при проектирањето на нови и реконструирање на постоечки патишта се соочуваат со проблеми поврзани со сложени геотехнички услови. Имено, предмет на овој труд е проширувањето на Државен пат Р1202 делница: „Крак до Бигорски манастир Св. Јован Крстител", општина Маврово и Ростуше кој е изграден во засек на многу стрмна косина, без можност за засекување во теренот кој е изграден од природно депониран материјал парчиња од карпа. Главна цел при проширувањето е не само да се обезбеди сигурна и стабилна конструкција, туку и да се осигура стабилноста на теренот околу и заедно со конструкцијата.

Бигорскиот манастир Св. Јован Крстител се наоѓа на западната падина на планиата Бистра, од левата страна на реката Радика во непосредна близина на регионалниот пат Р1201 Маврово – Дебар. Поради зголемениот број на посетители на манастирот, а со тоа и зголемен број на возила и сообраќај се јавува потребата за проширување на постоечкиот локален пат, а со тоа и да се подобрат вознодинамичките карактеристики на локалниот пат (брзина, удобност, безбедност). По локалниот пат претежно ќе биде застапен со моторен сообраќај со лесни патнички возила и лесни товарни возила.

Како најголем инженерски предизвик при усвојување на решение и негова изведба се јавува конфигурацијата на теренот и местоположбата на постоечкта траса. Теренот низ кој поминува трасата на локалниот пат е планински со висинска разлика од 25m. Делницата започнива на кота 736.57m.н.в а завршува пред паркингот пред манастирот на кота од 761.57m.н.в.

Реконструкцијата на локалниот пат опфаќа негово проширување на 6.0m во должина од 253.0m. Трасата се води според постоечката. Постојниот коловоз е со ширина од 3.7m – 4.8m и од двете страни на одредени места според условите на теренот има банкини со променлива ширина од 0.3m – 0.5m и ригола од 0.5m, како и потпорни ѕидови.

Слика 1. Локација и карактеристики на патот
Извор: www.google.mk/maps

2 ГЕОЛОШКО – ГЕОТЕХНИЧКИ ОДЛИКИ НА ЛОКАЦИЈАТА

Анализирајќи ги регионалните прилики и сознанијата од актуелните истражувања може да се даде доста валидна и веродостојна геотехничка оценка за состојбата на локацијата.

Основата на локацијата е изградена од офиолитска карпеста маса, конкретно серпентинит, до наполно серпентинисан дијабаз, со уклопци (анклави) од мермерисан, варовник, на места кварцни маси. Карпестата маса е многу испукана до здробена, на места и трошна, извиткана и набрана во микро набори ("dm") во кои се вклопени и варовничките анклави. Пукнатинските површини во масата на серпентринитот се мазни "опализирани", со трагови на стрии што јасно укажува на придвижувања (зона на навлекување). Бојата им е зеленикава до бледа-зеленикава, со сивкаста, до темно-сива во мермеризираните варовници.

Опишаните геолошки и инженерско-геолошки карактеристики на овие материјали (кај серпертинитот тоа е и познато) укажуваат на геотехничка средина со релативно неповолни својства. Физичко-механичките параметри важни за потребните анализи, се движат во границите: γ=25 kN/m^3, φ=32° и c=80 kPa.

Над оваа основна карпеста маса се протега зона на потполно физичко-хемиски распаднати трошки до глинизирани офиолити (потполно серпентинисани дијабази), бледо – зеленикави со уклопци (анклави) од сиви до темно-сиви мермеризирани варовници.

На места се застапени темно-кафеави, хумунизирани прослојси и леќи со "dm" големини, што може да се протолкува со близина на падинскиот покривач (сипариште) или со процеси на придвижување, испирање и сл. во геолошкото минато. Дебелината на оваа зона е околу 3.0 – 4.0m' со γ=18kN/m^3, φ=20°и c=35kPa. Всушност, оваа зона претставува зона на распаѓање на основната карпеста маса, која во горните делови се меша со падинскиот сипаришен материјал.

Офиолитската формација е препокриена со падински материјал претставен со сипариште, односно дробина незаоблена, Ø најчесто 5-10см, и ретки блокови со Ø до 0.30 m, на места и до 1.0 m, од варовници, карбонатни шкрилци и офиолити поретко. Дебелнианта на овој падински материјал е варијабилна. Физичко-механичките параметри на овие зони прогнозно се движат: γ=21kN/m^3, φ=35° и c=8-14kPa.

На места е застапен и бигор кој е многу порозен до кавернозен, со бледо-жолтеникава боја. Се јавува во вид на плоча над варовниците со дебелина од неколку до околу 10, мах 15m. Спаѓа во доста млади-современи геолошки творби, кој настанал со исталожување од ладни изворски води збогатени со калциум-хидрокарбонат [1].

За потребите на анализата, усвоени се меродавни параметри на застапените материјали дадени во следната табела:

Табела 1. Усвоени геомеханички параметри за анализа

Параметар	γ (kN/m^3)	φ (°)	c (kPa)
Основна карпа	21	35	40
Падински материјал	18	30	0

На актуелниот терен постојат јавни чешми кои претставуваат зафати на изворски води. Според кажувањата, под манастирскиот комплекс, на длабина 1-3m, секаде егзистира подземна вода, што е логично при постоење на бигровити творби. Потеклото на оваа подземна вода може да е сврзано за раседната зона – зоната на навлекување богата со карбонатна компонента (при што изворите би биле од излезен тип), или за наслагите на варовниците кои преовладуваат во градбата на регионот (при што изворите би биле од гравитационен-слезен тип) и се одликуваат со значителна карстификација (каверни, канали, пештери) во која може да содржат акумулирана подземна вода. Со тек на време, во зоната на и околу изворишната е таложен (и се таложи) бигорот. Констатираното ниво на подземна вода (НПВ) е во релативно сушен период, така да во влажен период тоа може да биде повисоко, односно да режимот на подземните води во овој смисол е променлив и зависен од врнежите.

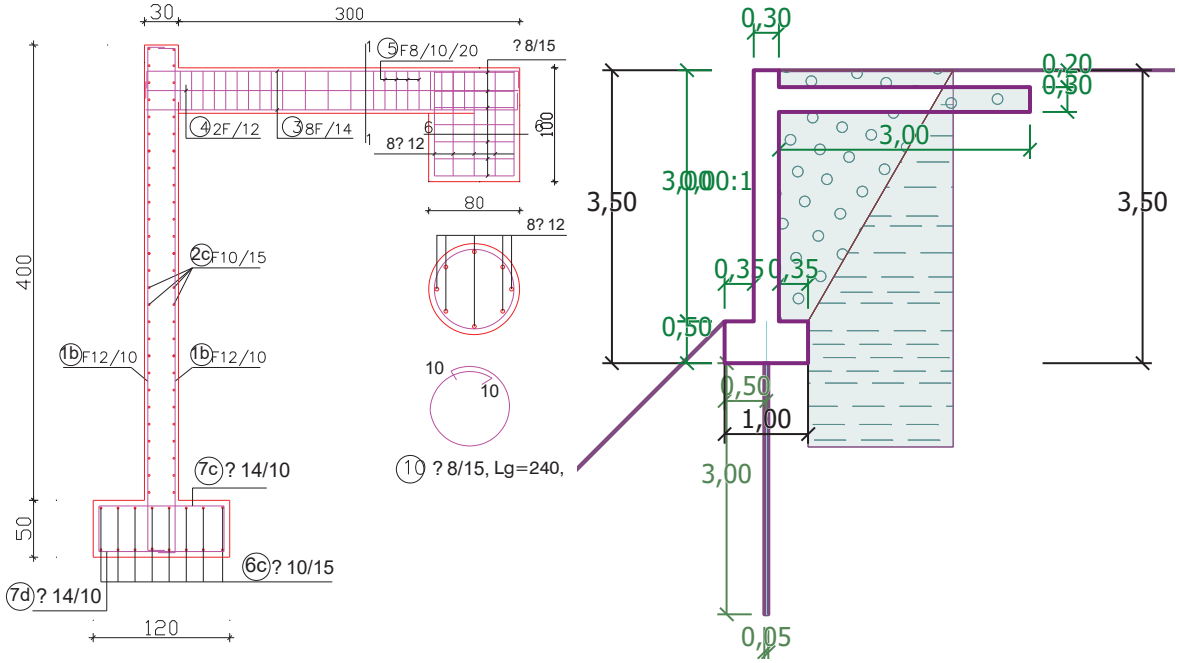
3 ВАРИЈАНТНИ РЕШЕНИЈА ЗА ПРОШИРУВАЊЕ И СТАБИЛИЗАЦИЈА

Решението за проширување на пристапниот пат е направено врз основа на анализи на постоечката состојба на патот како и новите проектни барања. Засекување во теренот не е можно, па е неопходно негово проширување кон косината. Оттука, предложени се две решенија за обезбедување стабилност на проширениот пат, првото со потпорна конструкција дополнително стабилизирана со анкери во основата и затезни греди во трупот на патот и второто со систем составен од столбови фундирани на колови, затезни греди во трупот на патот кои завршуваат со бунари и бетонска плоча врз која се изведува горниот строј.

3.1 ПОТПОРЕН SИД СТАБИЛИЗИРАН СО АНКЕРИ, ГРЕДИ И БУНАРИ

Првото варијантно решение за стабилизација на косината и проширениот пат предвидува изведба на потпорна конструкција фундирана на плиток темел, а поради присуството на падински сипаришен материјал, усвоена е дополнителна стабилизациона мерка со самодупчечки анкери [2] (слика 2).

Формата во попречен пресек на потпорниот sид е нестандардна. Се работи за армирано бетонски конзолен потпорен sид, поврзан преку затезни греди со бунари на активната страна. Анализирани се попречни пресеци со различни висини на платното од 3.0m - 4.0m. Платното има ширина од 30 cm, димензиите на темелот се (100-120)/50cm. Затезните греди имаат должина од 3.0m и завршуваат во вертикален бунар со дијаметар од 80cm. Димензиите на затезните греди во попречен пресек се b/h=30/40cm.



Слика 2. Карактеристичен попречен пресек на техничко решение (арматурни детали и нумерички модел)

Затезните греди се поставени на растојание од 5.0m во подолжен правец, а врската со АБ sид ја формираат со скриени столбови, т.е. во самото платно постојат и АБ столбови на истото осовинско растојание. Гредите на другата страна навлегуваат во бунари Ø800 mm и длабина 1.0m.

Заради зголемување на стабилноста против лизгање, усвоени се анкери за фундирање на sидот. Истите се поставуваат во средината на темелот (во еден ред), на секои 2.5 m

во должина. Нивната длабина изнесува 3.0 m. Се изведуваат како самодупчечки анкери R38 8.2 изработени од стандарден челик, номинален дијаметар од 38.0 mm и дебелина од 8.2 mm. Анкерите се изработуваат во дупнатини 76 mm која што е диктирана од дијаметарот на круната. Се изведуваат со ротирачко дупчење и инјектирање на смеса на база на цемент сè до конечно исполнување на дупнатината. При изведбата, дел од анкерот се поврзува со арматурата од темелот т.е. навлегува во темелот со што се овозможува заедничка работа на целата конструкција.

Просторот помеѓу гредите и ископаниот материјал се исполнува со тампонски материјал над кој доаѓаат асфалтните слоеви БНС22 d=5.0 cm и АБ11 d=5.0 cm [3].

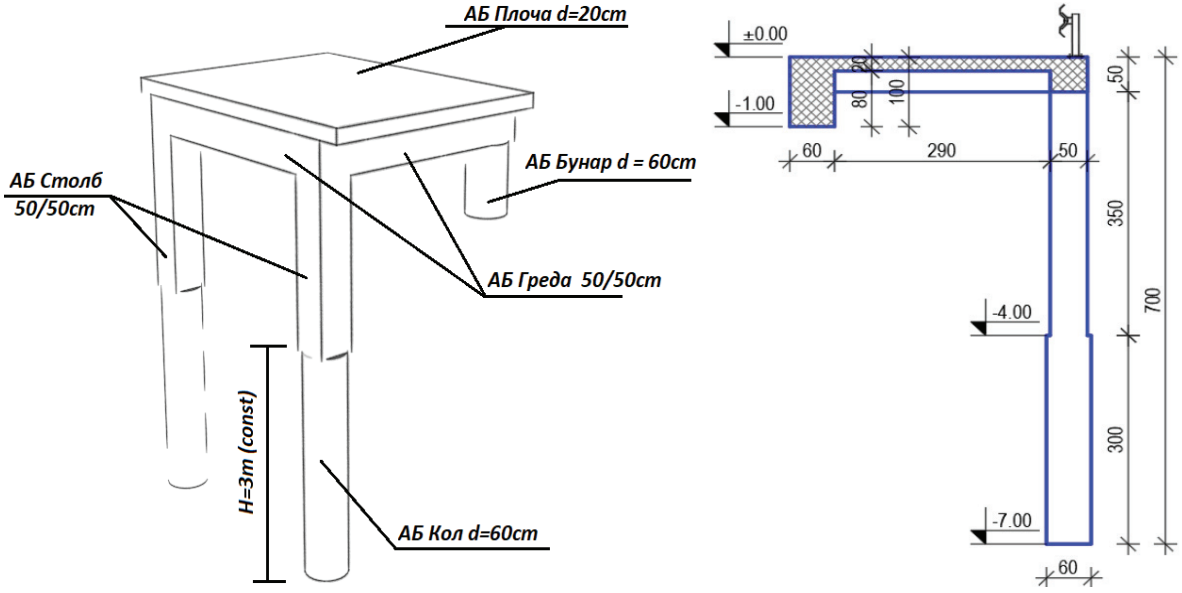
Анализата на стабилноста на потпорниот ѕид во статички и сеизмички услови е направена во програмскиот пакет GEO5, модул Cantilever Wall, со која е определена геометријата на потпорната конструкција која ги задоволува проектните барања. Димензионирањето на елементите е извршено според Еврокод 2.

Табела 2. Резултати од спроведената анализа

Верификација	Критериум	Фактор на сигурност
Лизгање	>1.50	1.87
Превртување	>1.50	2.48
Ексцентрицитет	<0.333	0.049
Контактно напрегање	<300kPa	116.80

3.2 СИСТЕМ ОД КОЛОВИ, СТОЛБОВИ, ПЛОЧА И БУНАРИ

Второто варијантно решение за стабилизација на косината и проширениот пат предвидува изведба на систем составен од армиранобетонски столбови фундирани на армирано бетонски колови, греди во подолжен правец за поврзување на столбовите, греди во попречен правец кои завршуваат во АБ бунари, а врз оваа конструкција се изведува и АБ коловозна плоча (слика 3).

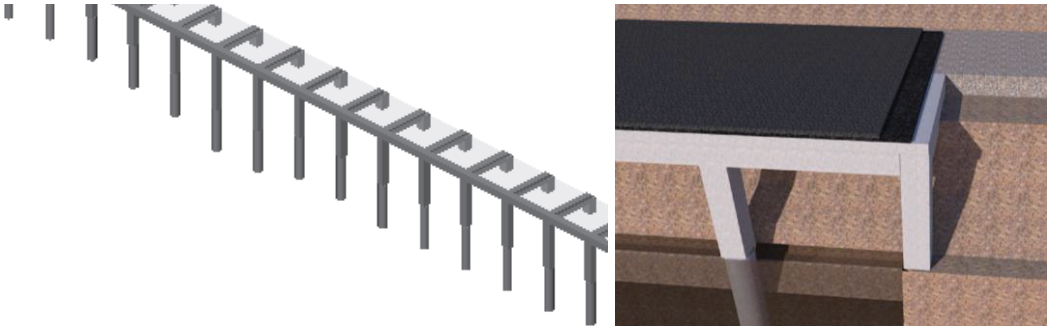


Слика 3. 3Д приказ и попречен пресек на техничко решение

Најпрво се изведуваат коловите со кружна форма и дијаметар од 60cm и должина од 3.0m. Каде конфигурацијата на теренот дозволува, коловите меѓусебно се поврзани со надколова греда. Столбовите имаат квадратна форма во попречен пресек и димензии 50/50cm. Нивната должина зависи од конфигурацијата на теренот, но не е помала од

3.5m. Во подолжен правец се поставени на 3.0m. На армиранобетонскиот столб се поврзуваат армиранобетонски греди во попречен и подожеб правец со димензии b/h=50/50cm. Со подолжната греда се поврзуваат столбовите додека попречната АБ греда завршува со бунар кој се наоѓа на средина од од постоечкиот пат. Бунарите се со дијаметар од 60cm и должина од 1.0m. Над оваа конструкција се ослонува АБ плоча со дебелина од 20cm.

Бидејќи станува збор за конструкција со промени во двата правци, анализата и димензионирањето се извршени во софтверот TOWER 6 за различни товарни комбинации, вклучувајќи и меродавно товарно возило V600 (слика 4).



Слика 4. 3Д приказ на нумерички модел

Коловозната конструкција е составена од асфалт АБ 11 со d=4cm и носив слој асфалт БНС 22 со d=7cm поставен врз сепариран дробен камен со d=30cm на делот каде не е предвиденат плоча. Банкините се изработени од дробен камен, а риголите од асфалт АБ 11 со d=6cm и бетонски рабници 18/24cm поставени на бетонска подлога.

4 ИЗБОР НА РЕШЕНИЕ И ИЗВЕДБА

Согласно направените анализи на двете варијантни решенија, вклучително и техничко – економска анализа, произлегуваат препораки за избор на поповолно варијантно решение. Во првиот случај посебно негативно влијание има конфигурацијата на теренот поради отежнатиот пристап и користењето на специфична механицијa. Постои и голем ризик од свлекување на косината доколку се изврши ископ за темелење на потпорниот ѕид. За второто варијантно решение се врши локален ископ само за коловите, а оплатирање на тој дел се врши само за столбовите. Вкупната количина на ископ е помала, а ризикот од свлекување е сведен на минимум. Од финансиски аспект проценетата проектна вредност во двата случаја е приближна. Оттука, второто варијантно решение е препорачано за изведба. На следните неколку фотографии се прикажани неколку фази од изведбата.

Слика 5. Фотографии од изведба

Слика 6. Фотографии од изведена состојба (октомври, 2022 год.)

5 ЗАКЛУЧОЦИ

Многу често инженерите при проектирањето на нови и реконструирање на постоечки патишта се соочуваат со проблеми поврзани со сложени геотехнички услови. Овој труд презентира варијантни решенија за реконструкција-проширување и стабилизација на дел од локален пат до манастир Св. Јован Бигорски општина Маврово и Ростуше кој е изграден во засек на многу стрмна косина, без можност за засекување во теренот кој е изграден од природно депониран материјал парчиња од карпа. Главна цел при проширувањето беше не само да се обезбеди сигурна и стабилна конструкција, туку и да се осигура стабилноста на теренот околу и заедно со конструкцијата.

За таа цел изработени се две варијантни решенија: првото со плитко фундирана потпорна конструкција стабилизирана со анкери во основата, затезни греди во трупот на патот кои завршуваат во бунари и второто со систем составен од столбови фундирани на колови, затезни греди во трупот на патот кои завршуваат со бунари и бетонска плоча врз која се изведува горниот строј.

Во првиот случај посебно негативно влијание има конфигурациајта на теренот поради отежнатиот пристап и користењето на специфична механицијa. Постои и голем ризик од свлекување на косината доколку се изврши ископ за темелење на потпорниот ѕид. За второто варијантно решение се врши локален ископ само за коловите, а оплатирање на тој дел се врши само за столбовите. Вкупната количина на ископ е помала, а ризикот од свлекување е сведен на минимум. Од финансиски аспект проценетата проектна вредност во двата случаја е приближна.

Од спроведената анализа на двете варијантни решенија заклучено е дека второто решение е пооптимално од економски и изведбен аспект и е препорачано за изведба.

6 ЛИТЕРАТУРА

[1] Градежен факултет - Скопје. (2017). Стручно мислење за геотехнички услови на теренот на локацијата за проширување на манастирскиот комплекс (Градежен факултет - Скопје)

[2] Ѓорѓевски С., Сусинов Б., Абази С. (2018). *Техничко решение за стабилизација на државен пат Р1202 делница: „Крак до Бигорски манастир Св. Јован Крстител”* (Геодизајн Инженеринг ДОО – Скопје)

[3] Лошкоски И., Велјаноски Ј. (2018). *Основен проект за реконструкција на дел од локален пат до манастир Св. Јован Бигорски, општина Маврово Ростуша”* (Проект Биро ДООЕЛ – Охрид)

Тема / Topic 2

УПРАВУВАЊЕ, ИЗГРАДБА, И ОДРЖУВАЊЕ

MANAGEMENT, CONSTRUCTION, AND MAINTENANCE

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 1

INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX AND RUTTING AT ROAD SECTION IN RN MACEDONIA

МЕЃУНАРОДЕН ИНДЕКС НА РАМНОСТ И БРАЗДЕЊЕ НА ПАТНА ДЕЛНИЦА ВО РС МАКЕДОНИЈА

Goran Mijoski[1], Daniel Velinov[2], Zoran Misajleski[3], Nedzat Bajrami[4]
[1] Prof. Dr. Sc., Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, RN Macedonia, mijoski@gf.ukim.edu.mk
[2] Assoc. Prof., Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, RN Macedonia, velinovd@gf.ukim.edu.mk
[3] Assoc. Prof., Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, RN Macedonia, misajleski@gf.ukim.edu.mk
[4] grad.civ.eng., PE for State Roads, RN Macedonia, n.bajrami@roads.org.mk

Апстракт

Брзиот раст на технологијата овозможува континуирано следење на патните мрежи, па нивното одржување во денешно време е многу важно, прилично лесно и финансиски оправдано. Квалитетот на коловозот може да се оцени според четири карактеристики: рамност на коловозот, оштетувања на коловозот, дефлексии - носивост и отпорност на лизгање. Во овој труд ќе ја разгледаме рамноста на коловозот на автопатот А1 делница: „Неготино - Демир Капија“, лев коловоз - возна лента и лента за престигнување, делница од 121.800 km до 115.220 km во С. Македонија. Ќе го користиме методот IRI за мерење на рамноста на патот. Исто така, измерена е и длабочината на бразда - колотраг на истата патна делница. Се врши статистичка анализа на добиеното мерење и се изведуваат одредени заклучоци.

Клучни зборови

Нерамност на коловозот, Меѓународен индекс на рамност (IRI), бразди, коловозна конструкција.

Abstract

The rapid growth of technology enables continuous monitoring of road networks, so their maintenance nowadays is very important, quite easy and financially justified. The quality of the road pavement can be evaluated by four characteristics: pavement roughness, pavement distress, pavement deflection and skid resistance. In this paper, we are going to consider the pavement roughness of motorway A1 section „Negotino - Demir Kapija“, Left Carriageway – Driving Lane and Fast Lane, section form 121.800 km to 115.220km in N. Macedonia. We are going to use IRI method to measure the road roughness. Also, the Rutting at the same road section is measured. Statistical analysis on the obtained measurement is performed and certain conclusions are derived.

Key words

Pavement unevenness, International Roughness Index (IRI), Rutting, Pavement construction.

1. INTRODUCTION

The main focus of the most of national road agencies in every country, including counties that in development is moving from construction to new roads to maintenance, rehabilitation and improvement of the existing infrastructure. The built infrastructure has influences from the traffic and local environment, contributing into decaying the quality of the originally built road networks.

The accurate information about the current conditions of the whole infrastructure and its remaining service life are crucial for their efficient maintenance. By evaluation of the road network, we can assess the functional and structural conditions of certain road sections. In that way, we can perform routine monitoring or perform specific corrective activities on these sections.

Concerning the functional conditions, they usually refer to quality of driving or safety aspects of road sections (longitudinal and transverse roughness, surface texture and skid resistance, spraying etc). By structural conditions, is usually meant the structural capacity of the roadway, measured by deflection, thickness of the layers and material's properties. Additionally, the visual inspections on the conditions and giving assessments of the roadway's condition can be made. These inspections, unlike others, are qualitative indicators for the observed roadways.

In this paper, we are going to investigate pavement roughness on motorway A1 section Negotino - Demir Kapija, Left Carriageway - Driving Lane and Fast Lane, section from 121+800 km to 115.220 km.

The pavement quality can be evaluated by these four characteristics of pavement condition [1]:

- Pavement roughness (ride ability)
- Pavement distress (surface condition)
- Pavement deflection (structural failure)
- Skid resistance (safety).

By pavement roughness we mean the irregularities in the pavement surface affecting on the smoothness of a ride. This is quite important characteristic, since the World Bank found road roughness to be a primary factor involving the road quality and user cost [2]. It is obvious that the pavement unevenness can cause significant road vehicle dynamic interactions and increases the damage of vehicle and roads and additionally decreases the ride quality [3]. Several techniques can be used to measure the roughness. In our paper we will use the IRI method.

This method was proposed by the World Bank, in Brazil, as a standard statistic correlating and calibrating roughness measurements. The IRI method is used to define a characteristic of the longitudinal profile of a traveled wheel track and establish a standardized roughness measurement. Recommended units for IRI are meters per kilometer (m/km) or millimeters per meter (mm/m). The IRI is determined based on the average rectified slope, i.e. ratio between standard vehicle's accumulated suspension motion (in mm, m) and the distance traveled by the vehicle during the measurement (m, km). The IRI scale versus the ride quality is given in the following table.

Table 1. Pavement roughness versus ride quality

Condition term	**IRI**	**Ride quality**
Very good	< 0,95 m/km	Acceptable 0 – 2,68 m/km
Good	0,95 - 1,49 m/km	
Fair	1,50 - 1,88 m/km	
Poor	1,89 - 2,68 m/km	
Very poor	> 2,68 m/km	Unacceptable

Source: [6]

The longitudinal profilometer is used to measure the pavement longitudinal profile. It uses an accelerometer and an angular-variable differential transformer. This device is a high speed monitoring device and has no impact on the results when moving at speeds from 30 to 120 km/h, so it does not affect traffic speed on any of the road networks [4].

The main components of the longitudinal profilometer are: an accelerometer, an angular-variable differential transformer, an odometer and a laptop computer inside the vehicle.

The working principle of the device is shown in Figure 1

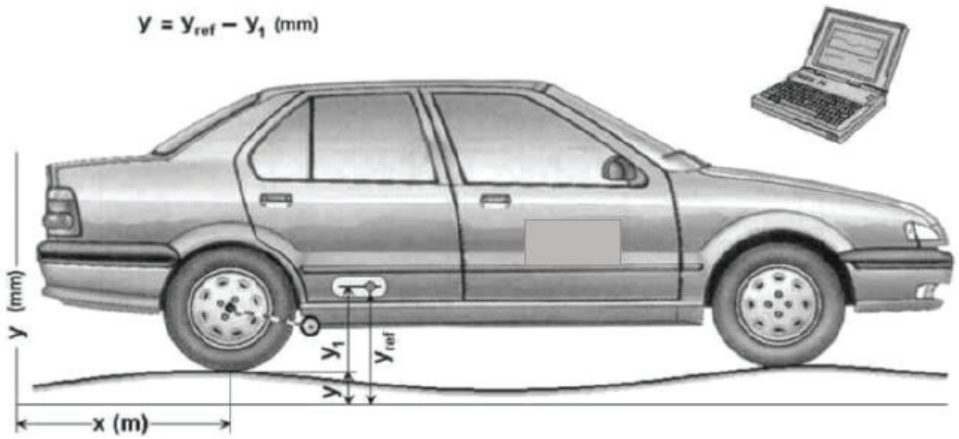


Fig. 1: Working principle of ZAG-VP longitudinal profilemeter
Source: [4]

The accelerometer is fixed in the vertical direction to the sprung mass of the car. The referential electric signal, defines the absolute displacement of the sprung mass as a function of the horizontal distance travelled, is obtained by double integration and filtering of the measured accelerations (a simple GMR inertial reference). An angular-variable differential transformer is fixed on the rear axle of the vehicle (see Figure 2) and is used to measure the angle of the oscillating arm of the rear wheel. The data from this transformer are used to define the vertical distance from the road pavement [5].

While the operator is performing measurements, the longitudinal profile can be monitored. Data processing is performed later in the office and depends on the monitoring purpose: for pavement management purposes, the IRI (International Roughness Index) values are calculated for 20 m and 100 m sample sections in our study.

Fig. 2: Position of the angular-variable differential transformer
Source: [4]

1.1. Factors Affecting Pavement Roughness

In 1986, the Long-Term Pavement Performance (LTPP) project was established as a part of the Strategic Transportation Research Study, which on the other side was initiated in 1980s by Transportation Research Board of the national Research Council, under the support of the Federal Highway Administration, in cooperation of the American Association of State Highway and Transportation Officials. This study was conducted on a large database on pavement characteristics, identifying how pavement performs, behaves and to better understand the factors affecting the pavement performance such as traffic, local environment, construction quality and materials and road maintenance practices.

Factors affecting the pavement roughness are: service life, pavement thickness, traffic levels, subgrade type and maintenance practices. We are going to give a brief description of these factors in the sequel [6]:

- Service Life (SL): Service life if the difference between the last date given at the data and the first date the pavement started working.

- Pavement Thickness (TH): In the LTPP database, the characteristics and thickness for each pavement layer are given. The pavement thickness is calculated using the Asphalt Institute conversion factors. The Asphalt Institute conversion factors determine the equivalent asphalt concrete thickness corresponding to each layer at the pavement structure. These thicknesses can serve as an indication to the strength of the pavement structure. These conversion factors are given in the following table

Table 2. Asphalt Institute Conversion Factors

Description of Layer Material	Conversion Factor
• Native subgrade	0.0
• Granular subbase or base- CBR not less than 20	
• Cement modified subbases and bases constructed from low Plasticity Index (PI) soils	0.1-0.3
• Cement or lime-fly bases with pattern cracking	0.3-0.5
• Asphalt concrete surface and base that exhibit extensive cracking and serious deformation in the wheel paths	0.5-0.7
• Asphalt concrete surfaces and bases that exhibit some fine cracking and slight deformation in the wheel paths but remain stable	0.7-0.9
• Asphalt concrete, including asphalt concrete base, generally uncracked, and with little deformation in the wheel paths.	0.9-1.0

Source: [7]

- Subgrade Characteristics (SC): Concerning this characteristics, many test in the framework of this study are conducted on the subgrade and they were recorded in the LTPP database. The subgrade type is determined according to AASHTO classification system, based on the percentage passing sieve number 200 available in LTPP database. The classification is as following: fine subgrade if more than 35% of the samples by weight passes sieve number 200 and coarse subgrade if 35% or less passes sieve number 200.
- Construction Number (CN): This number identifies the changes in the pavement structure generated by rehabilitation treatments or application of maintenance treatments. After the construction of the section, it is assigned a CN of 1. Then, for each maintenance, regardless of its impact on the pavement structure, the construction number is increasing by 1. For example, crack sealing causes a new construction event to be generated, even though significant changes are not caused.
- Traffic Level (TL): The Equivalent Single Axle Load (ESAL) for each state is given in the LTPP database. Here, traffic level is divides into two main categories: low traffic, which is less than 1500 ESAL per lane for a year, and high traffic, which has more than 1500 ESAL per lane for a year.

We note that all of these factors are included into mathematical modeling related to IRI of the pavement. Technique that is used in this mathematical modeling is regression analysis. A single model cannot be applied for all road sections, or generally in all roads from one road network. Regularly, these models are applied on certain road sections classified according to: perception (dry or wet), temperature (low, medium or high), traffic level (low or high) and subgrade type (coarse or fine).

A common problem in roads is Rutting. Rutting is creation of depression or a groove and typically shown as wheel path engraved on the road structure. Its precise definition in civil engineering is permanent deformation or consolidation that accumulates in asphalt pavements overtime.

Fig. 3: Rutting in a motorway in Sweden

The rutting failure in flexible pavement is not because of the vehicle on the road, but it occurs as a structural incompetence.

There three main causes of rutting in asphalt:

- Problems in asphalt concrete layer
- Problem in structural layer
- Weak subgrade foundation.

Rutting is more possible on road sections that lack compaction, have insufficient thickness of layers and has weak asphalt mixtures. Also the quality of execution of work (asphalt rolling, thickness of the base, amount of aggregate in the hot-mix asphalt (HMA)), seasonal changes (during summer, the flexible asphalt road starts losing binder content result, asphaltic binder starts to stick on tires resulting to aggregate and binder in asphalt to move sideways), improper compactification (it should be used Field Density Tests (FDT)), improper thickness of base (the road is more prone to rutting if the subbase thickness is not sufficient), improper mix design (poor mix results in rutting), excessive amounts of asphalt and use of stiff asphalt binder (the binder should be picked in correlation with temperature requirements in order to access the performance in the particular temperature).

Depending on the cause of rutting, the rutting can be classified in three categories [8]:

- Mix design rutting: occurs when the subgrade is intact yet the pavement shows grooves and wheel path. The depressions and the rutting is a result of improper mix design. The symptoms of mix rutting include raised elevation on the edges of the wheel path
- Subgrade rutting: Subgrade not only give a sturdy support to the flexible pavement but also prevents distresses like rutting. If not proper compactification is not applied on the subgrade, it can settle under repeated loading resulting into ruts. Subgrade rutting shows a distinctive cracked asphalt surface. The cracks allow the pavement to flex into the subgrade rut.
- Densification: This rutting results in improper compaction of the top asphaltic base or wearing course. As there was a room for compactification, the asphalt continues to compact under traffic loading. Densification usually happens on brand new paved surfaces.

The rutting on roads results with the following:

- The entire structure of the roads is compromised by rutting. As a result of depressions and grooves, water can find a way to stay in those depressions resulting in hydroplaning
- Rutting can cause drivers to stumble along the road shoulder and increase the chances for traffic accidents
- Replacing roads that possess ruts is serious financial setback. Sometimes it is required replacement of the subbase along with the sections of the road having ruts. If only top wearing surface is replaced, the subbase will again damage the newly paved road.
- Problems like rutting, potholes or cracking when combined can result in substantial maintenance costs

2. METHODOLOGY AND STATISTICS BACKGROUND

Preparation of datasets of the point load test values according different criteria was supported by means of GIS tools and spreadsheet program. The data was classified according rock type, geotectonic unit, anisotropy, depth of samples, unit weight, etc. In the present paper, the attention is purely on the point load test results.

In this section we will present some of the notations and methods in Statistics, which are going to be used later. The mean of the sample is defined as:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{1}$$

where $x_1, x_2, ..., x_n$ are observed values in the sample.

The formal version of the midpoint is the median. The median *M* is the midpoint of a distribution, described as a number satisfying that the half of observations is smaller and the other half are larger than *M*.

As a remark we can say that the mean and the median of a roughly symmetric distribution are close together. If the distribution is exactly symmetric, the mean and the median are exactly the same. In a skewed distribution, the mean is usually farther out in the long tail than is the median.

Skewness is a measure of symmetry, or precisely, the lack of symmetry. A distribution, or data set, is symmetric if it looks the same to the left and right of the center point.

If the skewness is between -0.5 and 0.5, the data are fairly symmetrical. If the skewness is between -1 and – 0.5 or between 0.5 and 1, the data are moderately skewed. If the skewness is less than -1 or greater than 1, the data are highly skewed.

Kurtosis is a measure of whether the data are heavy-tailed or light-tailed to a normal distribution.

For kurtosis, the general guideline is that if the number is greater than +1, the distribution is too peaked. Likewise, a kurtosis of less than –1 indicates a distribution that is too flat.

Concerning the seeking for a correlation among two variables we stress the following notations and relations. If we think that a variable *x* may explain or even cause changes in another variable *y*, we call *x* an explanatory variable and *y* a response variable.
Let we have data of an explanatory variable *x* and a response variable *y* for *n.*
The least-squares regression line is given with the equation $y = a + bx$, with a slope

$$b = r\frac{s_y}{s_x} \tag{2}$$

where s_x, s_y are standard deviations of the variable *x*, *y*, respectively and *r* is their correlation. The interception a is calculated by

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{3}$$

where $\bar{x}, \bar{y}$ are means of the variables *x*, *y*, respectively.

With this regression line we obtain the predicted response *y* for any *x*.

There is a close connection between correlation and the slope of the least-squares regression line. The slope and the correlation always have the same sign.

The correlation *r* describes the strength of a straight-line relationship. This description takes a specific form: the square of the correlation, r^2, is the fraction of the variation in the values of *y* that is explained by the least-squares regression of *y* on *x*. The last one can be briefly written as:

$$r^2 = \frac{\text{variation in } y \text{ as } x \text{ pulls it along the line}}{\text{total variation in observed values of } y}. \tag{4}$$

From the last one, it is clear that we can always find a regression line for any relationship between two quantitative variables, but the usefulness of the line for prediction depends on the strength of the linear relationship. Hence, r^2 is almost as important as the equation of the regression line.

The 95% confidence interval is a range of values that you can be 95% confident contains the true mean of the population. As the sample size increases, the range of interval values will narrow, meaning that you know that mean with much more accuracy compared with a smaller sample. Here, the 95 % confidence intervals can be formed (read from the tables below) by (mean-confidence level (95.0%), mean+confidence level (95.0%)).

3. ANALYSIS

Here we are going to analyze the obtained data using the statistical tools presented in the previous section. We are going to present the results about pavement roughness (IRI) and rutting on motorway A1 section „Negotino - Demir Kapija“, Left Carriageway - Driving Lane and Fast Lane, section from 121+800 km to 115+220km. The length of the section is 6,576 km. The measurements are made on every 20 meters and 100 meters, therefore obtained results for IRI and Rutting at every 20 meters are denoted by IRI 20 and Rutting 20, and obtained results for IRI and Rutting at every 100 meters are denoted by IRI 100 and Rutting 100.

First we present the obtained results on Driving Lane (DL), IRI 100 (m/km) IRI 20 (m/km) and Rutting 20 (mm), Rutting 100 (mm). The obtained measurements are placed in the following tables: Carriageway

Table 3. IRI 100 (m/km) Driving Lane (DL)

IRI (100)	Minimum	Average	Maximum	St.Dev	80%	95%	num of data	sample length (km)
	0.54	1.10	5.54	0.76	1.23	1.29	66	6.576

Table 4. IRI 20 (m/km) Driving Lane (DL)

IRI (20)	Minimum	Average	Maximum	St.Dev	80%	95%	num of data	sample length (km)
	0.41	1.10	10.50	0.94	1.17	1.21	329	6.576

Next, we give basic statistic characteristics for the obtained measurements about the IRI and Rutting on the investigated road section:

Table 5. Statistic characteristics for IRI 20 and IRI 100 (m/km) for Driving Lane (DL)

IRI 20 DL(m/km)	
Mean	1.103524
Standard Error	0.051901
Median	0.89
Mode	#N/A
Standard Deviation	0.941402
Sample Variance	0.886238
Kurtosis	40.81337
Skewness	5.485382
Range	10.0865
Minimum	0.41475
Maximum	10.50125
Sum	363.0595
Count	329
Confidence Level(95.0%)	0.102101

IRI 100 DL(m/km)	
Mean	1.103029
Standard Error	0.094374
Median	0.91525
Mode	#N/A
Standard Deviation	0.766697
Sample Variance	0.587824
Kurtosis	19.05241
Skewness	4.018861
Range	4.99585
Minimum	0.5439
Maximum	5.53975
Sum	72.7999
Count	66
Confidence Level(95.0%)	0.188478

Table 6. Statistic characteristics for Rutting 20 and Rutting 100 (mm) for Driving Lane (DL)

Rutting 20 DL(mm)	
Mean	0.679486783
Standard Error	0.014651726
Median	0.64625
Mode	0.6825
Standard Deviation	0.265758239
Sample Variance	0.070627441
Kurtosis	11.98320552
Skewness	2.639824074
Range	2.2325
Minimum	0.14
Maximum	2.3725
Sum	223.5511515
Count	329
Confidence Level(95.0%)	0.02882321

Rutting 100 DL(mm)	
Mean	0.679763742
Standard Error	0.029000086
Median	0.64675
Mode	#N/A
Standard Deviation	0.235597813
Sample Variance	0.05550633
Kurtosis	14.40210097
Skewness	3.086872135
Range	1.686502513
Minimum	0.299497487
Maximum	1.986
Sum	44.86440699
Count	66
Confidence Level(95.0%)	0.057917171

On the next two graphs, a comparison between IRI 100 and IRI 20, and Rutting 20 and Rutting 100 is given. The results are expected, i.e. we can notice bigger oscillations in the case where measurements are made on 20 meters, either in case of IRI or Rutting, corresponding to more precise measuring in IRI 20.

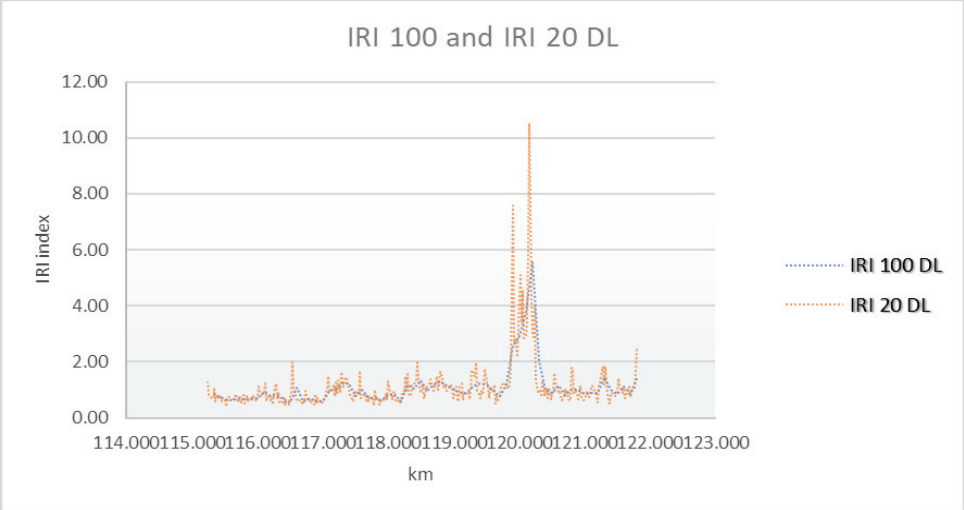


Fig. 4: Comparison between IRI 100 and IRI 20 in DL

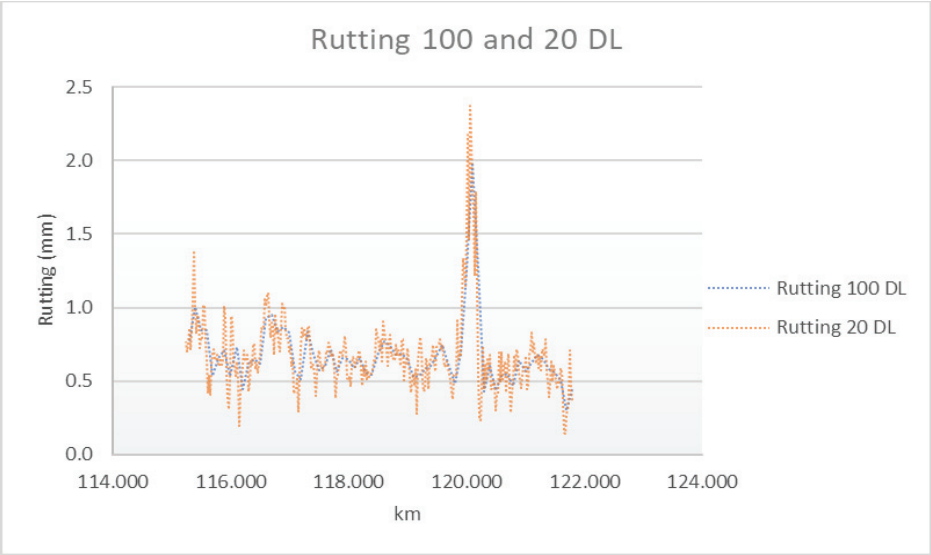


Fig. 5: Comparison between Rutting 100 and Rutting 20 in DL

From the performed regression analysis, we can say that there is no correlation between IRI 100 and Rutting 100. Also there is no correlation between IRI 20 and Rutting 20 in the Driving Lane Lane.

In the sequel, we present the results from the measurements at the Fast Lane at the investigated road section. The basic statistics are given as follows:

Table 7. IRI 100 (m/km) Fast Lane (FL)

IRI (100)	Minimum	Average	Maximum	St.Dev	80%	95%	num of data	sample length (km)
	0.59	1.25	7.76	1.07	1.42	1.51	66	6.576

Table 8. IRI 20 (m/km) Fast Lane (FL)

IRI (20)	Minimum	Average	Maximum	St.Dev	80%	95%	num of data	sample length (km)
	0.43	1.25	12.32	1.24	1.34	1.38	329	6.576

Next, we give basic statistic characteristics for the obtained measurements about the IRI and Rutting on the investigated road section:

Table 9. Statistic characteristics for IRI 20 and IRI 100 (m/km) for Fast Lane (FL)

IRI 20 FL(m/km)	
Mean	1.249098
Standard Error	0.068214
Median	0.956
Mode	#N/A
Standard Deviation	1.237287
Sample Variance	1.530879
Kurtosis	31.37435
Skewness	5.061617
Range	11.89425
Minimum	0.43
Maximum	12.32425
Sum	410.9531
Count	329
Confidence Level(95.0%)	0.134192

IRI 100 FL(m/km)	
Mean	1.248126
Standard Error	0.132722
Median	0.9853
Mode	#N/A
Standard Deviation	1.078239
Sample Variance	1.1626
Kurtosis	23.44315
Skewness	4.567521
Range	7.17765
Minimum	0.58595
Maximum	7.7636
Sum	82.37635
Count	66
Confidence Level(95.0%)	0.265064

Table 10. Statistic characteristics for Rutting 20 and Rutting 100 (mm) for Fast Lane (FL)

Rutting 20 FL(mm)	
Mean	0.61551893
Standard Error	0.034702351
Median	0.46625
Mode	#N/A
Standard Deviation	0.629443629
Sample Variance	0.396199283
Kurtosis	15.808852
Skewness	3.552482166
Range	5.20375
Minimum	0.005
Maximum	5.20875
Sum	202.505728
Count	329
Confidence Level(95.0%)	0.068267256

Rutting 100 FL(mm)	
Mean	0.614856
Standard Error	0.070822
Median	0.490602
Mode	#N/A
Standard Deviation	0.575364
Sample Variance	0.331044
Kurtosis	11.31598
Skewness	3.252415
Range	3.039
Minimum	0.09625
Maximum	3.13525
Sum	40.58047
Count	66
Confidence Level(95.0%)	0.141442

Similar like in the case of DL, a comparison between IRI 100 and IRI 20, and Rutting 20 and Rutting 100 is given. The results are the same, i.e. in both cases, we can register bigger oscillations in the case where measurements are made on 20 meters.

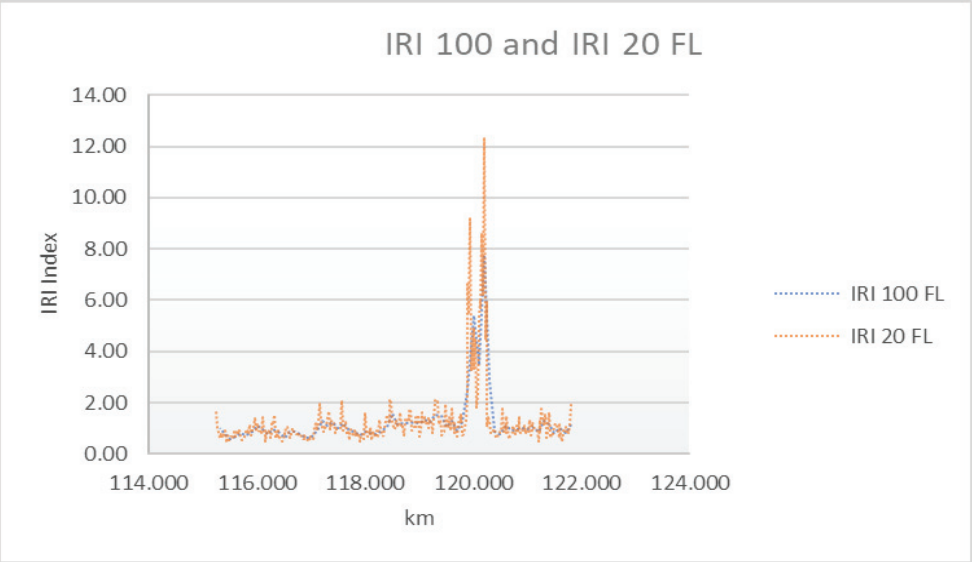


Fig. 6: Comparison between IRI 100 and IRI 20 in FL

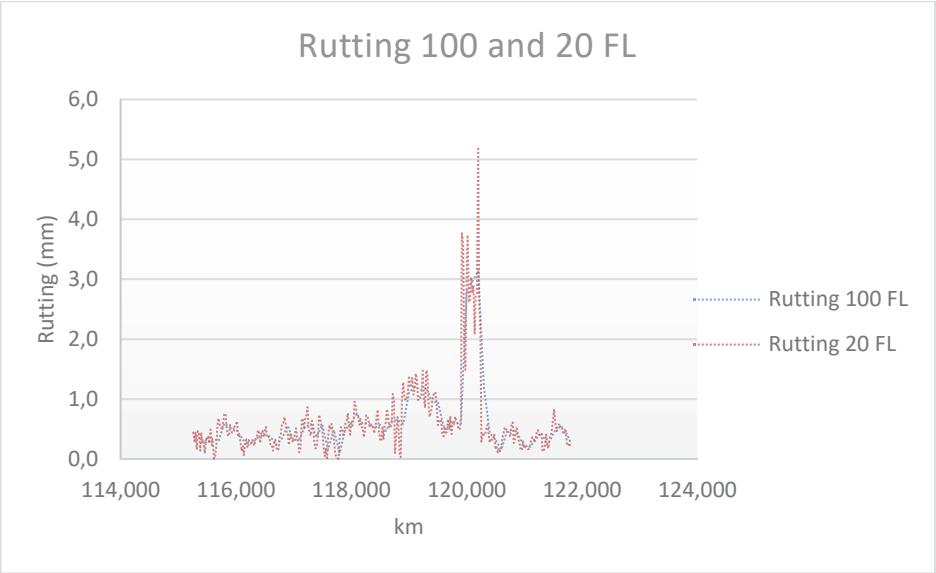


Fig. 7: Comparison between Rutting 100 and Rutting 20 in FL

From the performed regression analysis, we can say that there is correlation (lower threshold) between IRI and Rutting. This correlation is stronger where measurements are made in each 100 meters. As a result, in point view of mathematics this is an expected result. The correlations are given in the following two figures:

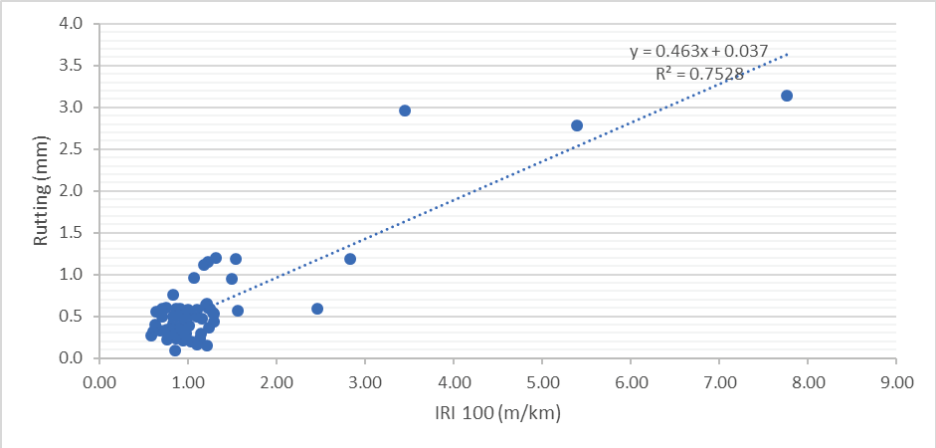


Fig. 8: Correlation between IRI 100 and Rutting 100 at Fast Lane (FL)

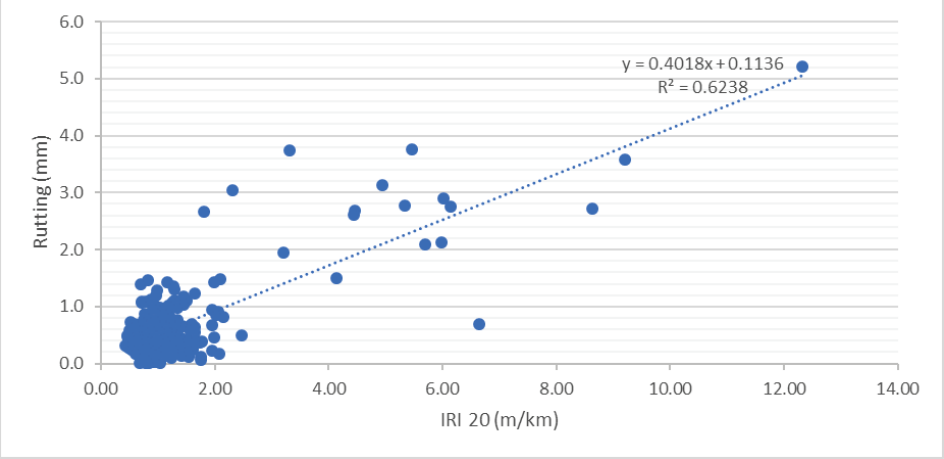


Fig. 9: Correlation between IRI 20 and Rutting 20 at Fast Lane (FL)

4. CONCLUSIONS

The Roughness of pavement has been universally accepted as a measure of functional condition of a pavement. It constitutes the smoothness and frictional properties of the pavement surface and in turn is related to the safety, and the ease of the driving path. It is determined using the international roughness index (IRI), which is a measure for texture of the pavement surface, and also depends on the amount of other functional distresses present on the road surface.

There so many causes of pavement unevenness and rutting. They can be prevented with good construction practices and avoiding settlement. Even though we have got innovative compaction technology at hand, rutting is still a challenge for transportation engineers. Therefore, it is a dire need to improve industry standards and ensure quality control.

Longitudinal profilometer should be more frequently used and for all three reasons: quality control, management and research. Descriptive statistics can give quantitative measures of the current condition of the pavement, and based on that and given standards, it can be planned activities, such as maintenance of observed road sections. As a conclusion, the measuring is more reliable if the measuring points are on smaller distance. There is a good correlation between IRI and Rutting in the Fast Lane, in comparison with Driving Lane. This correlation is especially good correlation, when measuring is on each 20 meters. Based on this research, we can say that as far we decrease the distance between measuring points, we can expect better correlation between IRI and Rutting. More important, this correlation occurs, only when the values of IRI pass certain upper threshold.

5. REFERENCES

[1] Effect of Pavement Overlay Characteristics on Pavement's Long-Term Performance. Kandil, Khaled. (2001). Canadian Strategic Highway Research Program.
[2] Department of Transportation, Washington State. Wsdot pavement guide. (2011).(online) available at: http://training.ce.washington.edu/wsdot/.
[3] Guiseppe G., Guiseppe L. (2010). Road Roughness and Whole Body Vibration, ASCE, 1-19.
[4] Kokot D., Leben B. (2008). The ZAG-VP Longitudinal Profilometer, ZAG, 1-11.
[5] Descornet G. (1998) Inventory of High-Speed Longitudinal and Transverse Road Evenness Measuring Equipment in Use in Europe (FEHRL Technical Note 1999/01, Brussels, Belgium).
[6] Elbheiry M. R., Kandil K. A., Kotb A. S., Investigation of Factors Affecting Pavement Roughness, (online) available at:
https://aast.edu/pheed/staffadminview/pdf_retreive.php?url=27105_350_1_Investigation%20of%20Factors%20Affecting%20Pavement%20Roughness.pdf&stafftype=staffpdf
[7] FHWA, U.S. Department of Transportation, Analysis of PMS Data for Engineering, s.1 (National Highway Institute, 2002).
[8] Rutting in Roads-Definition-Repair-Meaning-Causes, (online) availabble at: https://definecivil.com/rutting-in-civil-engineering/

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т2 – 2

АНАЛИЗА НА РАЗЛИЧНИ ТИПОВИ НА САНАЦИЈА НА ПУКНАТИНИ ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF CRACKS REPAIR DURING THE REHABILITATION OF PAVEMENT CONSTRUCTION

Мартин Цеков[1], Горан Мијоски[2], Дарко Пешевски[3]

[1] м-р, Раководител на одд. за инвестиции и градба на патишта со средства од РС Македонија, Јавно претпријатие за државни патишта, m.cekov@roads.org.mk
[2] Проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет „Св.Кирил и Методиј“ – Скопје, mijoski@gf.ukim.edu.mk
[3] Советник во одд. за инвестиции и градба на патишта со средства од РС Македонија, Јавно претпријатие за државни патишта, d.pesevski@roads.org.mk

Апстракт

При изградбата на автопатот А4, делница „Миладиновци – Свети Николе – Штип“, со техничкото решение беше предвидено едниот коловоз – десниот да биде новоградба, а другиот коловоз – левиот, беше добиен со рехабилитација и проширување на постојниот магистрален пат. На левиот коловоз на коловозната конструкција која беше во експлоатација, констатирани беа оштетувања од типот на пукнатини и потребно беше нивно санирање. По извршената санација направено е контролно мерење во 2017 год., а потоа после 4 години од експлоатација на автопатот во 2021 год. се изврши визуелна проспекција и контролно мерење на дефлексиите на истите стационажи.

Клучни зборови

автопат, коловозна конструкција, пукнатини и санации.

Abstract

During the construction of the A4 motorway, section "Miladinovci - Sveti Nikole - Shtip", the technical solution provided that one roadway - the right would be a new construction, and the other roadway - the left, was obtained by rehabilitating and widening the existing national road. On the left roadway of the pavement construction that was in operation, damage such as cracks was found and it was necessary to repair them. After the rehabilitation, a control measurement was made in 2017, and then after 4 years of exploatation of the motorway in 2021 a visual inspection and control measurement of the deflections at the same chainages was performed.

Key words

motorway, pavement construction, cracks and repairs.

1. ВОВЕД

На автопатот А4, делница „Миладиновци – Свети Николе – Штип“, едниот коловоз – десниот, е новоградба, а другиот коловоз – левиот, е добиен со рехабилитација и проширување на постојниот магистрален пат [1].

Во овој труд се евалуираат и анализаат различните типови на санација на коловозната конструкција кои се применети за санирање на пукнатините на автопатската делница А4 „Свети Николе – Штип” на делот од постојниот пат кој се рехабилитира и проширува до ниво на автопатско решение во должина 4,80 km (од km 30+075 до 34+350).

2. САНАЦИЈА ПРИ РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА КОЛОВОЗНАТА КОНСТРУКЦИЈА

За потребите за санација на појавените оштетувања, од типот на пукнатини на коловозната конструкција, преземен е сет на мерки, со цел да се дијагностицираат причините за појавените оштетувања, и тоа:

- извршена е визуелна проспекција на состојбата на коловозната конструкција
- извадени се пробни тела – јадра од постојната коловозна конструкција
- ископани се истражни бунари и
- извршено е т.н. „нулто“ мерење на дефлексии.

Спроведените истражувања и евалуацијата на добиените резултати послужија за дефинирање на мерките за санација на постојната состојба на коловозот, со цел санираната коловозна конструкција да може да ги прими и издржи новите и зголемени оптоварувања во предвидениот експлоатационен период од 20 год.

Со цел да се санираат пукнатините и спречи нивното брзо појавување (рефлектирање) на надградената коловозна конструкција, се предлага техничко решение со 3 (три) типа на санација, во зависност од големината – нивото на пукнатината (односно нејзината широчина), дадено во следната табела [1]:

Табела 1. Типови на санација во зависност од широчината – нивото на пукнатината

Реден број	Ниво на пукнатините (mm)	Тип на санација
1	Мало (<6)	Заливање на пукнатини
2	Средно (6-19)	Полимерна мрежа (100 kN)
3	Големо (>19)	„Радикална“

3. МЕРЕЊЕ НА ДЕФЛЕКСИИ НА ЛЕВИОТ КОЛОВОЗ НА ДЕЛНИЦАТА „СВЕТИ НИКОЛЕ – ШТИП“ ОД КМ 30+475 ДО КМ 30+575

За потребите на овој труд, извршени се мерења на дефлексии на левиот коловоз на идниот автопат:

- почетно – „нулто“ мерење во 2017 год. по извршената санација и
- контролно мерење во 2021 год.

Извршени се мерења на 5 стационажи (дадени во пресметките) и потоа извршени се пресметки за 2 типа на сообраќајно оптоварување:

- почетно – „нулто“ и
- предикционо сообраќајно оптоварување – многу тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски.

Слика 1. Мерења со дефлектометар

По извршеното мерење на температурата на воздухот и ширината на пукнатините, пристапено е кон теренско мерење. Потоа, направена е пресметка на дефлексиите. Најпрво, со нормализирање на дефлексиите, земени се предвид дебелината и структурата на коловозната конструкција, пресметано е температурното влијание, дефиниран е дефлексиониот базен, повратниот модул на постелка, и финално, определени се структурните броеви за SNxeff, SNpotr и ΔSN, каде:

- SNxeff ..... е ефективна носивост на КК;
- SNpotr ..... е потребна носивост; и
- ΔSN = SNxeff – SNpotr, којшто го дефинира резидуалниот носив капацитет на коловозната конструкција и евентуално, потребата од нејзино зајакнување.

3.1 „Нулто“ мерење во 2017 година на стационажа од km 30+475 до km 30+575

Излезните податоци од извршеното „нулто“ мерење во 2017 год. на дефлексиите на секцијата, по реконструкција на левиот коловоз од автопатот А4, се дадени подолу.

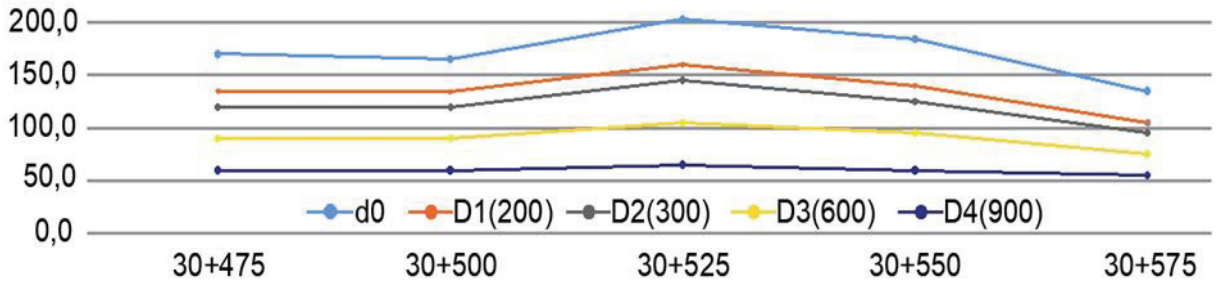
НОРМАЛИЗИРАНИ ДЕФЛЕКСИИ со 50 kN												ПРЕСМЕТКОВЕН ДЕФЛЕКСИОНЕН БАЗЕН				
	0	200	300	600	900											
50/F	D0	D1	D2	D3	D4	t на КК	t5ср	Σ t:	Деб. на асфалт	Деб.на тампон	Деб.на КК	D0 x Fc	D1 200	D2 300	D3 600	D4 900
kN	μm	μm	μm	μm	μm	°C	°C	°C	mm	mm	mm	Корег. Max. дефлексија	μm	μm	μm	μm
0.952	143	135	121	89	64	8	7.2	15.2	190	350	540	169.3	135.2	121.0	88.6	63.8
0.949	138	130	117	89	65	8	7.2	15.2	190	350	540	163.0	130.0	116.7	89.2	65.5
0.952	171	162	144	105	74	8	7.2	15.2	190	350	540	203.1	161.9	143.8	104.8	74.3
0.951	155	139	124	95	69	8	7.2	15.2	190	350	540	183.6	138.8	123.6	95.1	69.4
0.951	112	106	96	75	59	8	7.2	15.2	190	350	540	132.9	105.5	96.0	75.1	58.9

SCI 300	Mrmin	MRc	D0 x Fc
μm	Mpa	Mpa	Корег. Max. деф.
48.3	243.1	80.2	0.1693
46.3	236.9	78.2	0.1630
59.3	208.8	68.9	0.2031
60.0	223.5	73.8	0.1836
36.9	263.2	86.8	0.1329

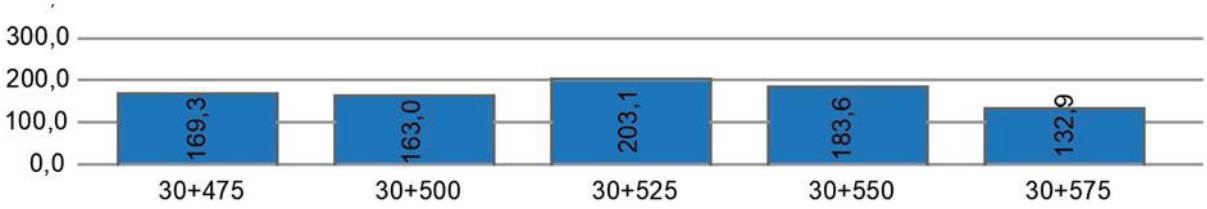
AVERAGE d0
0.1704

Distance	Chainage	Snxeff	Snpotr	ΔSN
m	*km*	cm	cm	cm
0	30+475.00	14.94	-0.30	-15.24
25	30+500.00	15.32	-0.28	-15.60
50	30+525.00	13.98	-0.21	-14.19
75	30+550.00	14.55	-0.25	-14.80
101	30+575.00	16.73	-0.34	-17.07

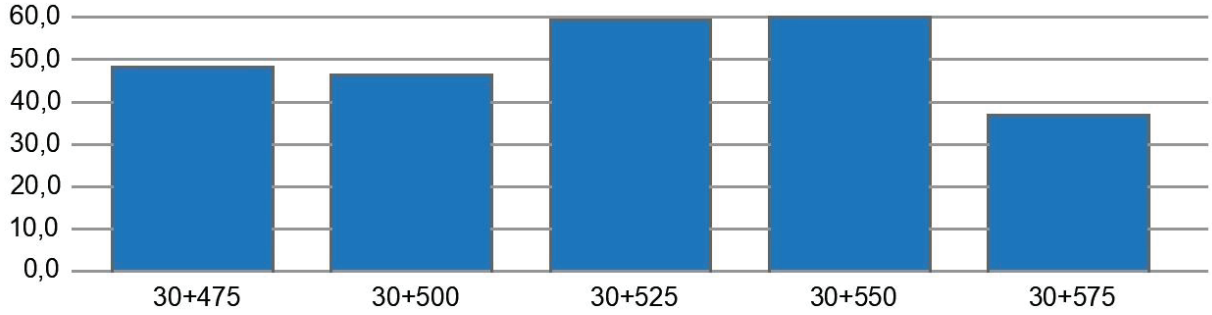
Дефлексионен базен



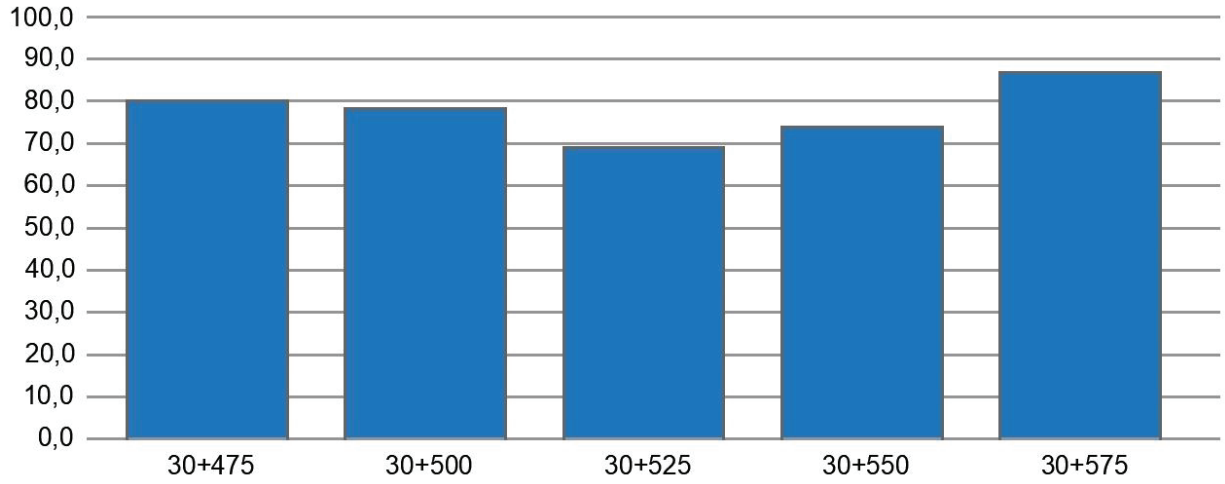
Коригирана max дефлексија
d_0 [mm]



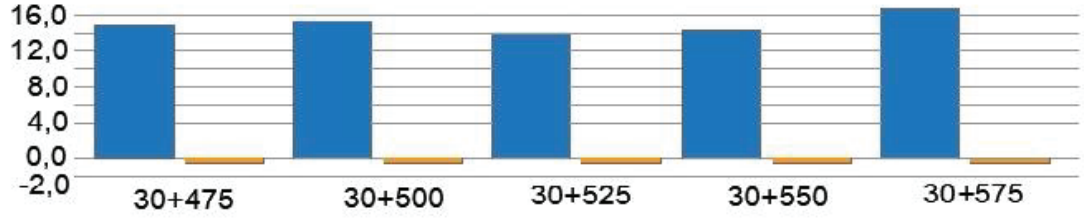
SCI 300 [μm]
Површински модул



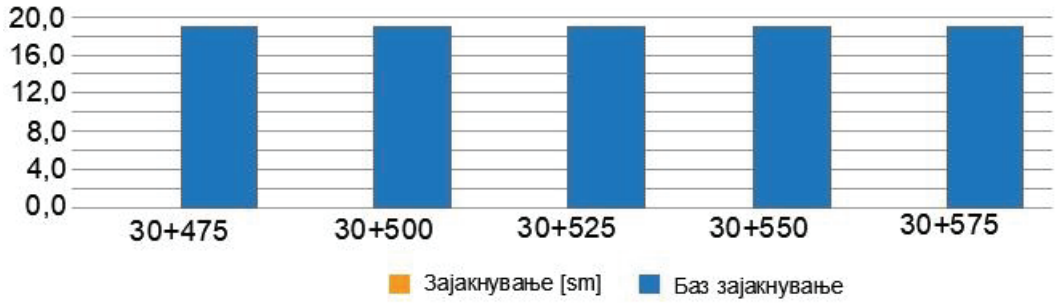
Mr [Mpa]
Повратен модул на постелка



SN xeff и SN pot
Ефективна и потребна носивост на коловозната конструкција



Дијаграм на зајакнување на коловозната конструкција по стационажи



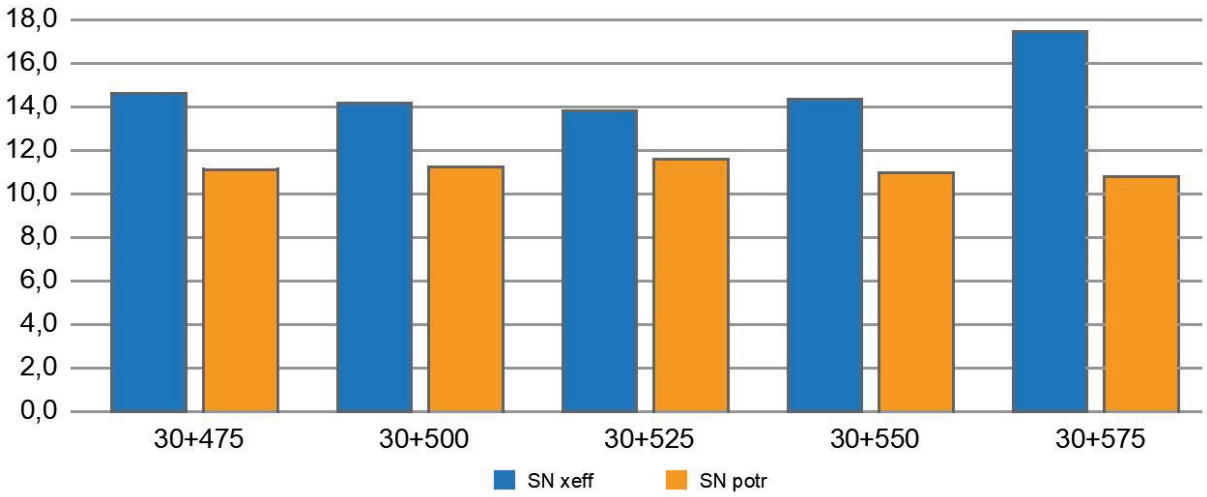
3.2 Предикционо сообраќајно оптоварување – многу тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски на стационажа од km 30+475 до km 30+575

Извршена е пресметка со предикционо многу тешко сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски и врз основа на тие пресметки констатирано е дека во периодот на експлоатација (20 год.), нема да има потреба од зајакнување на коловозната конструкција.

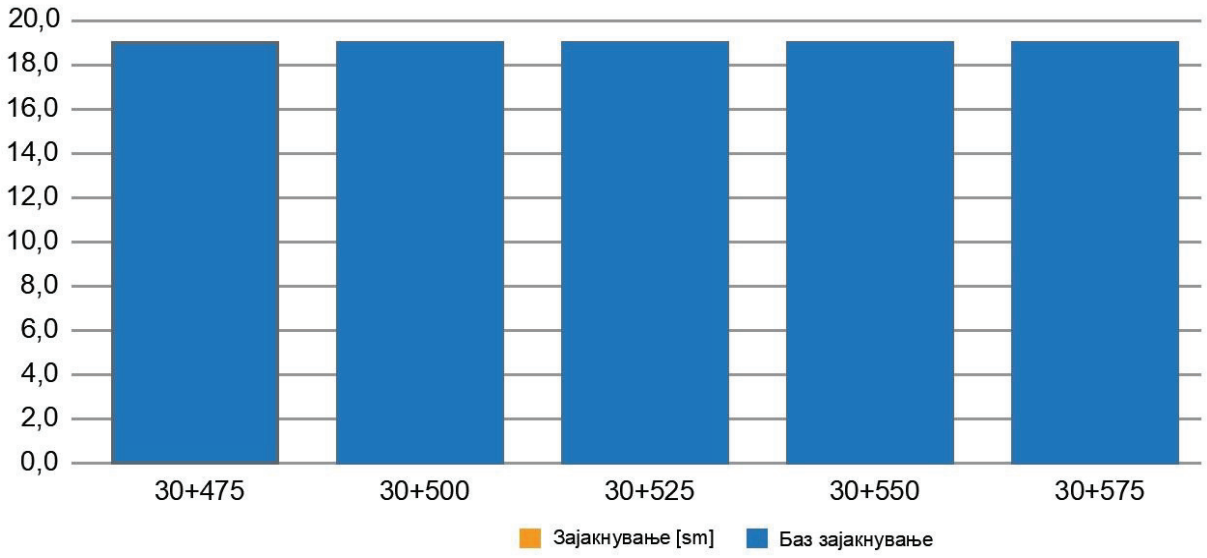
ESO	**10,500,000.00**	st.osov.	
R	*95.00*	*%*	1.6449
So	0.40		1.6449
po	4.20		
pt	2.50		

Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	ΔSN
m	*km*	cm	cm	cm
0	30+475	14.94	11.22	-3.72
25	30+500	15.32	11.33	-4.00
50	30+525	13.98	11.83	-2.14
75	30+550	14.55	11.56	-2.99
101	30+575.00	16.73	10.91	-5.82

SN xeff и SN pot
Ефективна и потребна носивост на коловозната конструкција



Дијаграм на зајакнување на коловозната конструкција по стационажи



3.3 Контролно мерење во 2021 год на стационажа од km 30+475 до km 30+575

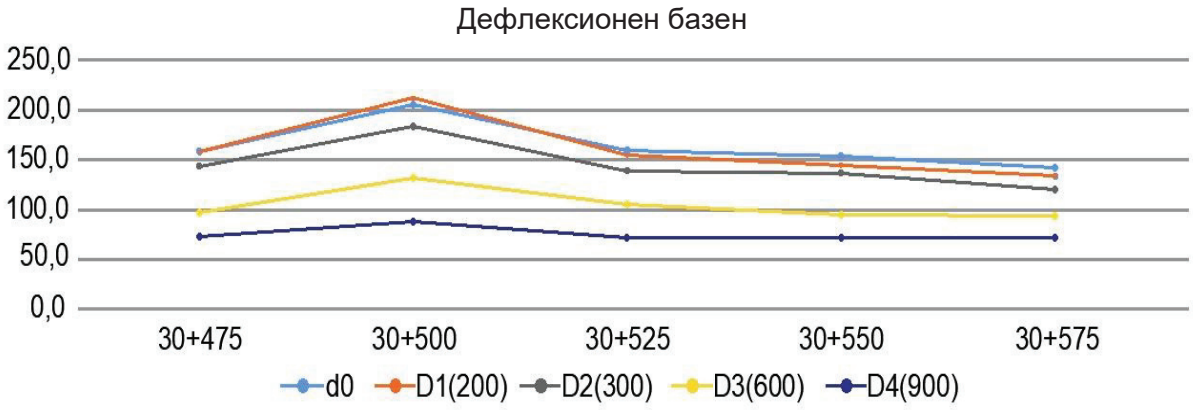
Излезните податоци од извршеното контролно мерење во 2021 год. на дефлексии на секцијата, по реконструкција на левиот коловоз од автопатот А4, се дадени подолу.

НОРМАЛИЗИРАНИ ДЕФЛЕКСИИ со 50 kN												ПРЕСМЕТКОВЕН ДЕФЛЕКСИОНЕН БАЗЕН				
	0	200	300	600	900											
50/F	D0	D1	D2	D3	D4	t на КК	t5cp	Σ t:	Деб. на асфалт	Деб.на тампон	Деб.на КК	D0 x Fc	D1 200	D2 300	D3 600	D4 900
kN	μm	μm	μm	μm	μm	°C	°C	°C	mm	mm	mm	Корег. max. деф.	μm	μm	μm	μm
0.907	175	162	142	99	69	25	19.2	44.2	190	350	540	162.0	161.5	141.6	98.9	69.0
0.911	223	209	182	128	87	25	19.2	44.2	190	350	540	206.4	209.5	182.1	128.4	86.5
0.907	167	152	134	101	73	25	19.2	44.2	190	350	540	154.4	152.5	134.3	100.7	72.6
0.909	155	140	127	96	72	24	19.2	44.2	190	350	540	149.1	140.0	127.3	96.4	71.8
0.909	145	132	118	93	70	24	19.2	44.2	190	350	540	140.4	131.8	118.2	92.7	70.0

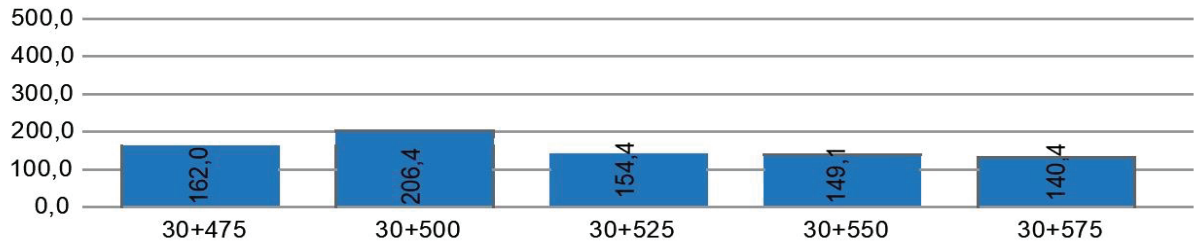
SCI 300	MRmin	MRc	D0 x Fc
μm	MPa	MPa	Корег. max. дефлексија
20.4	224.9	74.2	0.1620
24.2	179.3	59.2	0.2064
20.1	213.6	70.5	0.1544
21.9	216.0	71.3	0.1491
22.2	221.6	73.1	0.1404

AVERAGE d0
0.1625

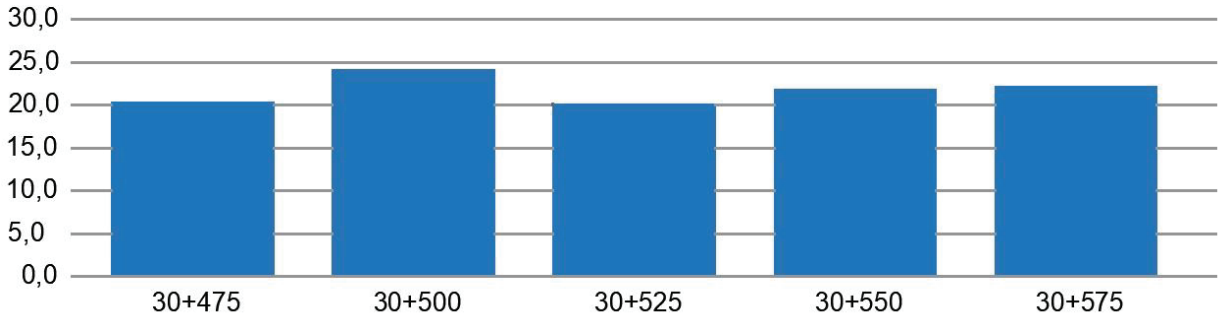
Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	ΔSN
m	*km*	cm	cm	cm
0	30+475.00	15.54	10.45	-5.09
25	30+500.00	14.29	11.33	-2.96
50	30+525.00	16.19	10.64	-5.55
75	30+550.00	16.48	10.60	-5.88
101	30+575.00	16.96	10.51	-6.45



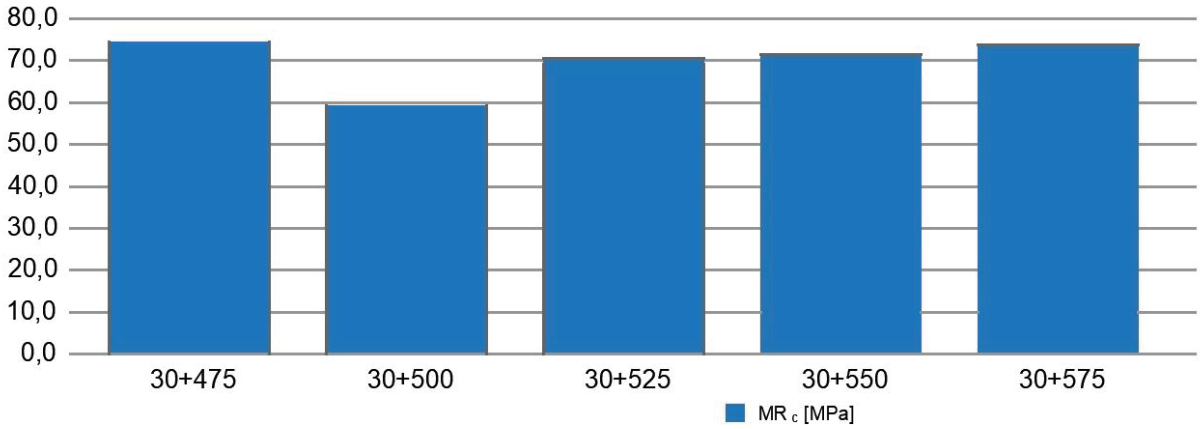
Коригирана max дефлексија
d0 [mm]



SCI 300 [µm]
Површински модул



Mr [MPa]
Повратен модул на постелка



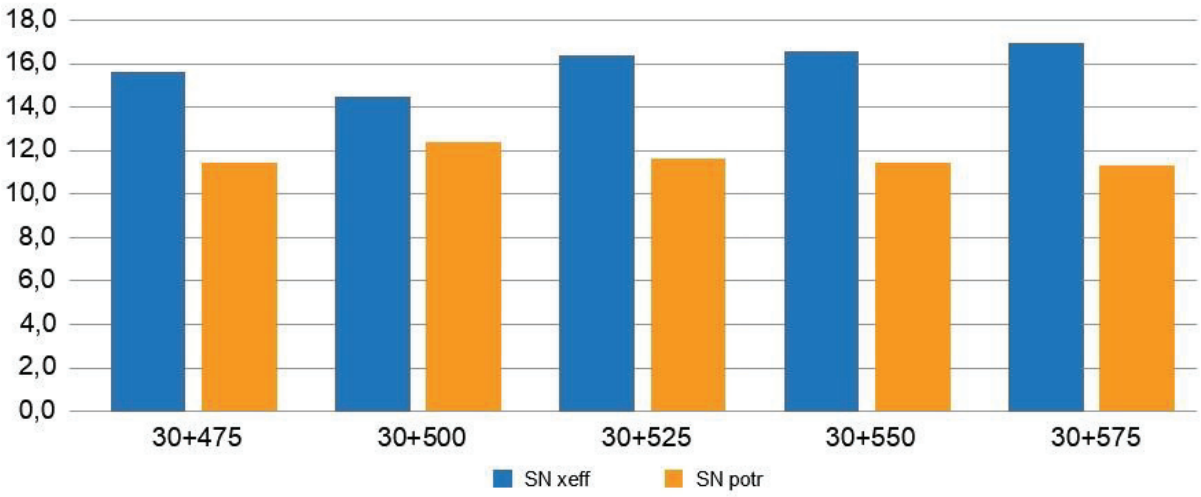
3.4 Предикционо сообраќајно оптоварување – тешко, со 10,5 милиони еквивалентни оски на стационажа од km 30+475 до km 30+575

И во 2021 год. извршена е пресметка со предикционо многу тешко сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски и врз основа на тие пресметки констатирано е дека во периодот на експлоатација, нема да има потреба од зајакнување на коловозната конструкција.

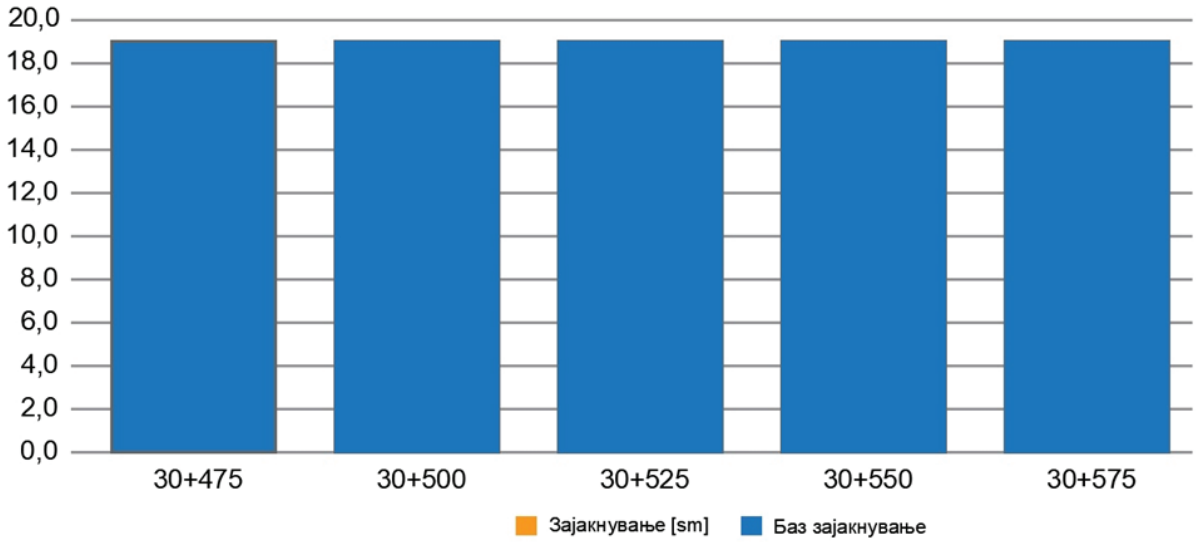
ESO	**10,500,000.00**	st.osov.	
R	*95.00*	*%*	1.645
So	0.40		1.645
po	4.20		
pt	2.50		

Distance	Chainage	SNxeff	SNpotr	ΔSN
m	*km*	cm	cm	cm
0	30+475.00	15.54	11.53	-4.00
25	30+500.00	14.29	12.46	-1.83
50	30+525.00	16.19	11.74	-4.45
75	30+550.00	16.48	11.70	-4.78
101	30+575.00	16.96	11.59	-5.37

SN xeff и SN pot
Ефективна и потребна носивост на коловозната конструкција



Дијаграм на зајакнување на коловозната конструкција по стационажи



4. ЗАКЛУЧОЦИ

Врз основа на спроведените истражувања и евалуација на добиените резултати, генерално може да се заклучат следниве работи:

- Пресметките на измерените дефлексии после преземените санации и изградба на новата коловозна конструкција покажуваат дека димензионираната коловозна конструкција (19 cm асфалтни слоеви кај новата коловозна конструкција и 12 cm кај рехабилитираната, плус постојните асфалтни слоеви) е добро димензионирана и способна да го прими предвиденото сообраќајно оптоварување во предвидениот период од 20 год. на експлоатација на двете секции;
- Пресметките за ΔSN за различна големина на сообраќајното оптоварување покажуваат дека големината на сообраќајното оптоварување има големо влијание врз носивоста на коловозната конструкција, како и можноста за појавата на оштетувања од типот на пукнатини. Со зголемување на сообраќајното оптоварување на 10,5 милиони еквивалентни оски, се намалуваат сите вредности на резидуалната носивост;
- Мерењата и пресметките извршени во 2021 год. покажуваат дека иако коловозната конструкција примила определено сообраќајно оптоварување во изминатите 4 години на експлоатација, сепак таа може да го прими и издржи предикционото сообраќајно оптоварување од 10,5 милиони еквивалентни оски од 82 KN за период од 20 год. експлоатација;
- На сите мерни места – стационажи, врз основа на измерените дефлексии и пресметаната носивост, констатиран е поголем капацитет на носивост на коловозната конструкција, што финално ќе резултира со намалена можност или појава на пукнатини во подоцнежната фаза од експлоатацијата на коловозната конструкција;
- Врз основа на научните сознанија за комбинираното влијание на појавата на пукнатини (сообраќајно оптоварување, околина и слегнувања), на појавата на пукнатини, секако дека влијание ќе има и околината (температурата), но со оглед на тоа што на рехабилитираниот и проширен коловоз на автопатот, термичките пукнатини беа веќе појавени и соодветно санирани (со 3 типа на санација), за очекување е дека и влијанието на тој фактор ќе биде намалено. Како критичен фактор кој ќе има влијание на појавата на пукнатини останува можноста од слегнување на проширениот дел од автопатот, но со оглед на техниката на изведба (степенесто засекување), поставувањето на мрежа по должина на спојот на новата и старата коловозна конструкција, влијанието и на овој фактор ќе биде ставено под контрола. Како пресуден фактор за појавата на пукнатини останува квалитетот на употребените материјали и квалитетот на изградба.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Балкан Консалтинг (2017). „Основен проект за рехабилитација на магистралниот пат А4 и нивелетско усогласување на постојниот асфалтен коловоз со новата автопатска делница од: Свети Николе (км 26+840,00) до Клучка Три Чешми (км 47+149,10)“ Книга 1 - Геотехнички истражувања и коловозна конструкција и Книга 2 – Патен дел ;

[2] „Стручно мислење во однос на техничко решение“, од 4.10.2017 година од Градежен факултет, Скопје.

[3] ЈПДП (2017 и 2021). Мерења на дефлексии на автопатот А4.

[4] A. Vanelstraete, L. Francken (2005). Prevention of reflective cracking in pavements (Rilem report 18, Taylor & Fransic).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 3

Важноста на информациите за временската прогноза за зимското одржување
The importance of weather information for winter road maintenance

Alenka Šajn Slak[1], Petar Dragić[2], Borut Sila[3], Samo Čarman[4]
[1]PhD, CGS Labs d.o.o., Slovenia, alenka.sajn@cgs-labs.com
[2]MSc Eng, CGS Labs doo, Serbia, petar.dragic@cgs-labs.com
[3]MSc Eng, CGS Labs d.o.o., Slovenia, borut.sila@cgs-labs.com
[4]MSc Eng, CGS Labs d.o.o., Slovenia, samo.carman@cgs-labs.com

Апстракт

Поради климатските промени, одржувањето на патиштата станува сè понапорно. Сериозни временски појави се случуваат во текот на целата година: силен ветер, локални обилни врнежи, високи температури во лето, лапавица и црн мраз во зима. Со адекватни временски информации обезбедени од системот за информации за времето на патиштата (RWIS), можеме да ја зголемиме безбедноста на патиштата, да користиме помалку сол во зима и да го намалиме загадувањето на животната средина. Предвидувањето на температурата на површината на патот и состојбата на патот (суво, влажно, снежно, замрзнато.итн..) е од клучно значење за спроведување на превентивниот третман. Превентивниот третман користи помалку сол и затоа е поисплатлив и поеколошки. Претставени се искуства од Словенија, како и проценка на животниот циклус за користење на RWIS. LCA покажа дека во избраното сценарио со RWIS има до 40% заштеда на сол. Подобрувањето на еколошкиот отпечаток за сите параметри е поголемо од 20%.

Клучни зборови

Информативен систем за патни временски услови (RWIS), патна метеоролошка станица (RWS), систем за поддршка за одлучување за зимско одржување (MDSS), проценка на животниот циклус на LCA, превентивно брусење, потрошувачка на сол, еколошки отпечаток

Abstract

Due to climate change, road maintenance is becoming more and more demanding. Severe weather events occur throughout the whole year: strong winds, local heavy precipitation, high temperatures in summer, sleet and black ice in winter. With adequate weather information provided by Road Weather Information System (RWIS), we can increase road safety, use less salt in winter and reduce environmental pollution. Forecasting the road surface temperature and road condition (dry, wet, snowy, icy…) is crucial for carrying out preventive treatment. Preventive treatment uses less salt and is therefore more cost-effective and environmentally friendly. Experiences from Slovenia are introduced as well as Life Cycle Assessment on the use of RWIS. LCA showed that in chosen scenario with RWIS there are up to 40% savings on salt. The improvement in the environmental footprint for all parameters is greater than 20%.

Key words:

Road Weather Information System (RWIS), Road Weather Station (RWS), Winter Maintenance Decision Support System (MDSS), LCA Life Cycle Assessment, preventive gritting, salt consumtion, environmental footprint

1. INTRODUCTION

Road Weather Information System (RWIS) technology provides vital information on pavement and weather conditions needed for roadway maintenance operations. RWIS technology is typically used for monitoring snow and ice, but it can also be used for high winds, flooding, or visibility. It consists of Road Weather Stations (RWS) and web-based application. RWIS enables maintenance and operations personnel to monitor changing weather conditions in real time and make informed and timely decisions.

The most important sensor of a road weather station (RWS) is the so-called road sensor that monitors the temperature of road surface, the thickness of water film, the salt concentration and indicates the freezing point temperature. Road sensors are embedded in road surface or mounted on a pole, performing non-contact measurement. Road weather stations are equipped also with meteorological sensors for measuring the temperature, relative air humidity and precipitation, with sensors for solar radiation, wind speed and direction, and with digital cameras. The measurements are stored in the station's logger.

From the RWS logger, the measurements are transferred by different telecommunications technologies to the central database of the road weather information system (RWIS), which is a web-based application offering various displays of current measurements at RWS locations, displays of the archived data and the metadata on stations and sensors. The application can also trigger alarms. CGS RWIS is 'opened' system and supports RWSs of different producers and is custom-designed.

For the purpose to support the anti-icing operations, weather forecasts of high spatial and temporal resolution are essential. Precise forecasting of the time and duration of precipitation, precipitation type and amount, pavement surface condition as well as road surface temperature (RST) are critical. Cost benefit researches [1] show that the significance of weather forecasts decreases with the scale of time from nowcasts to short-term, medium-term, and long-term forecasts and that the improvement of weather information accuracy is critical to achieving more savings in winter maintenance.

More detailed weather information, such as road surface temperature (RST) and road condition, is needed to support anti-icing and other winter maintenance operations. The most common approach to forecasting road conditions is the energy-balance model. Together with the input of atmospheric forecasts and observations from a Road Weather Station (RWS), physical models produce local road forecast (roadcast): the RST, which is the most important parameter for determining the road surface condition (i.e. dry, wet, ice, snow).

Road weather forecast is the critical point and the heart of the decision support system, which provides recommendations on road maintenance routes and actions. Therefore, some important improvements of physical models were developed at CGS company by upgrading the calculation with anthropogenic flux input and sun-shadow algorithm as well as with statistical approaches [2].
Forecasting road and driving conditions a few hours in advance leads to reliable expectations of glaze ice and thus effective preventive spreading, which is important from environmental as well as economic points of view. The short-term weather forecast (nowcasting) is therefore key to increasing the efficiency of the RWIS and the winter service.

A Maintenance Decision Support System (MDSS) is a tool that utilizes weather forecasts and observations to assist managers in making appropriate decisions to best utilize resources when planning for and treating snow and ice. One of the most important functionalities is generation of treatment recommendations for road sections.

Weather information is an important input data for traffic management systems and traffic infrastructure management systems:

- Providing safer roads. The influence of weather on the road safety is not directly derivable from statistics; however, there is no doubt that weather conditions determine road conditions and influence the driver's behavior. Weather acts through visibility impairments, precipitation, high winds, and temperature extremes to affect driver capabilities, vehicle performance (i.e., traction, stability and maneuverability), pavement friction, roadway infrastructure, crash risk, traffic flow, and agency productivity.

- Reducing winter road maintenance costs (i.e. salt consumption, work hours). Efficient ice control and snow removal is based on anti-icing strategy which involves the application of chemicals to the road before the forecasted event (preventive spreading). Studies have shown that it should take place not more than 1–2 hours before snowfall. Smaller amount of salt is usually applied compared to the de-icing technique. There are many reports or quotations of substantial savings on winter road maintenance costs, i.e. [3-4].

- Reducing the environmental damage from over-salting [5].
Salt adversely affects soil, water ecosystems, plants and animals, and causes corrosion of cars and transport infrastructure.

2. METHODS

In order to evaluate the impacts of the RWIS weather system, CGS Labs d.o.o., the developer of the RWIS system for the Slovenian Infrastructure Agency (DRSI) and for the Motorway Company in the Republic of Slovenia (DARS d.d.), commissioned the contractor Zavod za gradbeništvo Slovenije to carry out a so-called Life Cycle Assessment (hereafter referred to as LCA, after the method's English name "Life Cycle Assessment").

LCA is a standardised and internationally recognised method (SIST EN ISO 14040:2006, Environmental Management - Life Cycle Assessment) used to identify the potential environmental impacts of the products or processes under study. LCA for Winter Maintenance Operations has already been used in some other studies [6-7].

The LCA analysis relates to winter road maintenance service activities due to a snow event. We have assumed that approximately 25 cm of snow falls in 10 hours. The functional unit included the transportability of the 10.400 m stretch of road between Dobrovnik and Dolga vas in Slovenia. The average width of the road is 6 m and the total area of the road section is about 62.400 m2. In addition to the operation of the gritting truck of the winter road maintenance service and simultaneous ploughing (the latter in case the snow is already clinging to the road surface) and the use of gritting material (salt), the scenario also includes the traffic, its flow, during a snowfall weather event. Traffic flow has a direct impact on emissions to the environment.

In the LCA comparative analysis, we considered two scenarios for the operation of the winter road maintenance service, which is responsible for road transportability and safety in snowy conditions:

(i) The RWIS system forecasts snowfall for a specific road section, so the winter road maintenance service can act as a preventive measure and start gritting the road before the snow starts.

(ii) Without the RWIS system, the winter road maintenance service does not have a reliable indication of the start of snowfall on a given road section. Therefore, they start gritting and ploughing only after the snow starts.

The winter road maintenance services receive reliable information from RWIS that snow will start to fall on the road section between Dobrovnik and Dolga vas. They can therefore take precautionary action and start gritting before the snow starts (up to 3 hours before). A snow event lasts for 10 hours, so the road needs to be gritted twice more during the event itself. The truck carries out a precautionary gritting operation on the dry road and a further two gritting operations on the wet road during the snowfall. The first preventive gritting and the subsequent two gritting operations do not result in snow clinging to the road surface, but rather in a continuous melting. This allows the winter road maintenance service truck to drive at normal speed (30 km/h), consuming around 40 litres of fuel per 100 km. Other vehicles travelling on the road section during the weather event can drive at normal speeds adapted to the wet road surface. Fuel consumption is accordingly.

If the winter road maintenance service does not have a proper RWIS system, it will only start operating when the snow on the road section between Dobrovnik and Dolga vas starts to stick to the road surface. Since a snow event lasts for 10 hours, a winter road maintenance service vehicle has to cover this section four times in that time. The vehicle is gritting and ploughing the road at the same time. In doing so, it consumes around 50 litres of fuel per 100 km. The fuel consumption is higher than in the above scenario, due to the use of the plough and driving in more difficult conditions (when the snow is already clinging to the road surface). Other vehicles travelling on the road section during the weather event should adapt their driving to the snow conditions on the road. Therefore, they drive slower than in the scenario where the winter road maintenance service, using RWIS, starts gritting before the snow starts. As a result, the fuel consumption of vehicles on the road is higher.

The winter road maintenance service performance data was provided by the winter road maintenance service concessionaire Pomgrad – Cestno podjetje d.d., which uses DRSI RWIS developed by CGS Labs. The traffic data was obtained from the DRSI traffic count database.

3. RESULTS

Salt consumption:
If the gritter starts ploughing and sprinkling salt when the snow is already clinging to the road surface, he has to make 4 grits in a 10-hour event, using 2.5 t of salt each time, a total of 10 t of salt. In the case where the winter road maintenance service provider has relevant weather information and starts the first gritting immediately before the start of the snow event, it will use 1 t of salt for the preventive gritting and will grit twice more, using 2.5 t of salt each time, for the effective control of a 10-hour snow event on the route between Dobrovnik and Dolga vas, using a total of 6 t of salt. Using relevant weather information, which is mainly information on the predicted condition of the road surface (dry, wet, snowy, icy, etc.), the winter road maintenance service can act preventively and, in our case, use up to 40% less salt.

Environmental footprint
When comparing the scenario for roads where the winter road maintenance service uses or does not use RWIS, we observe a significant improvement in the environmental parameters for the scenario using RWIS. As can be seen from the table above, the improvement in the environmental footprint for all parameters is greater than 20% in the case where the winter road maintenance service uses RWIS. The highest savings are achieved for the photochemical ozone creation potential (POCP) parameter with 53%, followed by the dust particles (PM 2.5) parameter with 41% improvement, and the ionising radiation (IR) and acidification (AP)

parameters with 34% improvement. The overall global warming potential is thus reduced by 1190 kg CO2 eq. if the winter road maintenance service uses the application (21%). The average improvement for all parameters combined is 27%.

Table 1. Environmental footprint savings using RWIS

Indicators	Unit	Use of RWIS	Without use of RWIS	Absolute environmental footprint savings using RWIS	Relative environmental footprint savings using RWIS
GWP	kg CO_2 equ.	5,53E+03	4,35E+03	1,19E+03	21%
GWP_excl. biog. C	kg CO_2 equ.	5,53E+03	4,34E+03	1,19E+03	22%
PM 2.5	PM 2.5 equ.	3,02E+00	1,79E+00	1,23E+00	41%
ADP_f	kg oil equ.	1,74E+03	1,36E+03	3,76E+02	22%
FWC	m^3	8,10E+00	6,29E+00	1,81E+00	22%
FWAETP	kg 1,4-DB equ.	9,96E-01	7,84E-01	2,12E-01	21%
FWEP	kg P equ.	1,98E-02	1,56E-02	4,13E-03	21%
HTP_cancer	kg 1,4-DB equ.	1,45E+00	1,14E+00	3,11E-01	21%
HTP_non_cancer	kg 1,4-DB equ.	4,75E+02	3,73E+02	1,02E+02	21%
IR	KBq Co-60 equ. into the air	1,02E+01	6,75E+00	3,41E+00	34%
LU	Annual crop eq.·y	2,68E+02	2,10E+02	5,73E+01	21%
MWAETP	kg 1,4-DB equ.	2,86E+00	2,25E+00	6,07E-01	21%
MWEP	kg N equ.	1,19E-01	9,42E-02	2,45E-02	21%
MD	kg Cu equ.	7,10E+00	5,56E+00	1,54E+00	22%
POCP_ecosystem	kg NOx equ.	1,82E+01	8,61E+00	9,59E+00	53%
POCP_human_health	kg NOx equ.	1,81E+01	8,49E+00	9,57E+00	53%
ODP	kg CFC-11 equ.	1,63E-03	1,30E-03	3,33E-04	20%
AP	kg SO_2 equ.	9,00E+00	5,91E+00	3,09E+00	34%
TETP	kg 1,4-DB equ.	5,32E+02	4,19E+02	1,13E+02	21%

4. DISCUSSION

The results of the comparative LCA analysis on the use or non-use of RWIS for road maintenance in snow conditions clearly showed that the use of the system has a significant impact on the reduction of the environmental footprint, mainly due to the increased traffic flow on the road in the event of a snow event. The lower consumption of road gritting salt in the RWIS scenario also leads to a few percent reduction in the environmental footprint compared to the non-RWIS scenario. We have not evaluated the toxicological impacts due to the leaching of salt by rainwater into the environment in the LCA because the models to calculate these impacts are not yet included in the LCA. Impacts on ecotoxicity potential (marine water, freshwater, terrestrial systems) are therefore underestimated in this study. However, some of the generally known facts concerning salt pollution are given below.

Impact on soil

Gritting materials can affect soils both chemically (e.g. by affecting the availability of ions in the soil) and physically (by affecting the soil structure). The latter is of particular concern as, for example, the accumulation of sodium can lead to the breakdown of the soil structure, resulting

in a reduction in the permeability of the soil to air and water and an increased potential for erosion.

Impact on water
Small water bodies are more sensitive to pollutants from road washing than larger ones, where there is more dilution. The grit entering water bodies changes the structure of the substrate and increases the turbidity of the water, which affects many biochemical processes in the water. Organic and nutrient matter causes eutrophication of the waters, increasing the biomass of such water bodies, changing the species composition of organisms and depleting the oxygen content of the water. Water bodies with low concentrations of nutrients and where dilution is weak (e.g. stagnant waters) are more vulnerable.

Impact on plants
Salting roads puts stress on the plants along them. Under conditions of elevated salinity, we speak of ion-induced drought for plants. Salinity affects the osmotic regulation of plants and is toxic. The ionic balance in plants is disturbed, enzymes and cell membranes are disrupted, photosynthesis, nutrient assimilation and protein synthesis are disturbed, hormonal balance is disturbed, plant growth is impaired, and germination problems occur. Plants growing under conditions of increased salinity, to which they are not particularly adapted, may suffer from chlorosis (leaf paleness caused by iron deficiency) and necrosis (tissue death) of the leaves.

Impact on air
The use of a mixture of grit and salt can result in a reduction in air quality due to an increase in fine particulate matter floating in the air. This can also affect human health.

Impact on animals
According to some data, toxicosis due to salt ingestion is a particular concern for smaller animals such as birds, although most terrestrial animals are highly tolerant to salts, especially where sufficient quantities of drinking water are available.

Impact on human health
Gritting materials can affect human health in the following three ways: ingestion, inhalation and dermal exposure. The degree of potentially harmful effects is further influenced by factors such as concentration (dose), duration of exposure, frequency of exposure and individual variability.

A strong global trend in winter road maintenance is the so-called sustainable winter road maintenance service. Ensuring sustainability in winter road maintenance service means creating a balance between environmental, economic and social needs [8].

Sustainable winter road maintenance service and its criteria are most developed in the USA. There are a number of procedures for assessing the sustainability of winter road maintenance service operations, as well as a number of best practice guidelines. At Washington State University, best practices for ensuring sustainable winter road maintenance service performance have been divided into 7 groups, including:

- passive snow control measures (e.g. windbreaks and no salt),
- operational strategies (e.g. preventive gritting),
- improving weather forecasts (and consequently more prudent salting),
- installing automatic gritting systems,
- advanced ploughing technologies,
- new road materials,
- MDSS maintenance decision support systems [9].

All of these measures replace or reduce the use of salt in winter road maintenance, which means that they reduce the salt load on the environment.
The use of weather information therefore allows the winter road maintenance service to operate in a much more sustainable way [8].

5. CONCLUSIONS

Salting roads in winter is essential to ensure road safety. However, road maintenance must also take into account the environmental aspect, as salt acts as a pollutant on the environment, affecting air quality, surface and groundwater, soil, vegetation and animals, and causing corrosion of vehicles. Research has already shown similar effects in Slovenia, so rational use of gritting materials is necessary.

Meteorological weather forecasts are not sufficient to take effective measures in winter road maintenance. It is crucial to know exactly when the road surface temperature will drop so low that the road will start to freeze. The difference between air temperature and road surface temperature can be significant. In order to predict the road surface temperature at a specific location, we need to combine current measurements from road weather stations with current weather forecasts and integrate them into a specific road model. The end result is a highly reliable and accurate prediction of the temperature and condition of the road surface (dry, wet, wet, snow, ice, etc.). Accurate forecasting of the road surface conditions for the coming hours can contribute significantly to the optimisation of the winter road maintenance service, to a more rational organisation of human resources and to a reduction in the consumption of gritting materials due to preventive gritting, which is important from both a financial and an environmental point of view, as demonstrated by the LCA analysis carried out in Slovenia.

References

[1] Ye, Z.; Strong, C.; Fay, L.; Shi, X. 2009. Cost Benefits of Weather Information for Winter Road Maintenance. Final report. Iowa Department of Transportation, April 2009. Available from: http://www.westerntransportationinstitute.org/documents/reports/4w1576_final_report.pdf

[2] Kršmanc R, Šajn Slak A, Demšar J. 2013. Statistical approach for forecasting road surface temperature. Meteorological Applications 20(4): 439 – 446.

[3] McClellan, T.; Boone, P.; Coleman, M.A. 2009. Maintenance decision support system (MDSS). Final report. Indiana Department of Transportation: Indiana, USA.

[4] Chapman, L.; Thornes, J.E.; Bradley, A.V. 2001. Modelling of road surface temperature from a geographical parameter database. Part 2: Numerical. *Meteorological Applications* **8**: 421–436.

[5] Ramakrishna, D.M.; Viraraghavan, T. 2005. Environmental impact of chemical deicers – a review. Water, Air, and Soil Pollution **166**: 49–63.

[6] Cui, N., Xie, N., Shi, X., 2018: A Framework for Life Cycle Sustainability Assessment of Road Salt Used in Winter Maintenance Operations. In: Sustainable Winter Road Operations (editors Shie, X. and Fu, L.). John Wiley & Sons Ltd

[7] Vignisdottir, H.R., Ebrahimi, B., Booto, G.K. et al., 2020: Life cycle assessment of winter road maintenance. Int J Life Cycle Assess 25, 646–661.

[8] DeVries, R. M., Brodge, P. & Adams, R. 2018. Implementing and Using Weather Data in a City or County Environment. *Proceedings. XVth International Winter Road Congress. Gdansk, Poland,* PIARC.

[9] Shi, X. 2018. Seven best practices in sustainable winter highway maintenance operations. https://cesticc.uaf.edu/media/101214/7BestPractices_XianmingShi.pdf (acquired 26.9.2022).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 4

ПРИМЕНА НА ГНСС ТЕХНОЛОГИЈАТА ПРИ ПРОЕКТИРАЊЕ НА ЛИНИСКА ИНФРАСТРУКТУРА

APPLICATION OF GNSS TECHNOLOGY IN DESIGNING LINE INFRASTRUCTURE

Златко Богдановски[1], Златко Србиноски[2]
[1] Вонр. проф. д-р, Градежен факултет - Скопје, РС Македонија, bogdanovski@gf.ukim.edu.mk
[2] Проф. д-р, Градежен факултет - Скопје, РС Македонија, srbinoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Постојаните тенденции за унапредување и развој на геодетските активности кои се неопходни при проектирање и изведба на транспортната инфраструктура, условуваат постојана примена на современи мерни технологии и техники. Појавата на Глобалните Навигациски Сателитски систе-ми (ГНСС) овозможија дел од геодетски активности да бидат извршувани со зголемен учинок без намалување на квалитетот во излезниот резултат претставен преку положбените координати. Воспоставувањето на МАКедонскиот ПОзициски Систем (МАКПОС), исто така, придонесе ГНСС технологијата да завземе значаен дел од геодетските активности применувани при проекти-рањето и изведбата на транспортната инфраструктура во РС Македонија.

Во трудот се претставени почетоците на примената на ГНСС технологијата при проектирање и изведба на транспортната инфраструктура во РС Македонија, потоа овозможените предуслови за нејзина примена, како и нејзините можности од аспект на точност за координатите од точките на геодетските оперативни полигони.

Клучни зборови

Геодетски оперативни полигони, ГНСС, МАКПОС.

Abstract

The constant tendencies for promotion and development of the surveying activities which are necessary in the process of designing and execution works of the transport infrastructure, are conditioned by constant application of modern technologies and technics. The advent of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) enables part of the surveying activities to be performed with increased efficiency without reduce of the quality of output result presented through 2D coordinates. The establishment of the Macedonian Positioning System (MAKPOS) also contributed GNSS technology to occupy a significant part of the surveying activities applied in the designing and execution works of the transport infrastructure in the R of Macedonia.

The paper presents the beginnings of application of GNSS technology in the designing and execution works of the transport infrastructure, then the prerequisites of its implementation, as well as its possibilities in terms of accuracy for coordinates of points from surveying operational polygons.

Key words

GNSS, MAKPOS, Surveying operational polygons.

1. ВОВЕД

Геодетските оперативни полигони ја сочинуваат основната геодетска мрежа при проектирањето и изведбата на патната инфраструктура. Како основни функции на овие мрежи се издвојуваат обележување на профили на трасата и нивно положбено и висин-ско дефинирање, снимање на топографија за потребите на проектите за рехабилитација и реконструкција на коловозот кај постоечка траса, како и снимање на топографија за проектирање на нова траса. Исто така, точките од геодетските оперативни полигони често се вклучуваат во наменските мрежи за објектите од трасата [4].

Квалитетно проектиран и изведен оперативен полигон овозможува задоволување на барањата од проектантот во поглед на точноста на аквизицијата кои се неопходни при изработка на Проект за рехабилитација и реконструкција на коловоз, како и Основен проект за новопроектирана траса.

Од тие причини особено важен е правилниот избор на соодветна методологија и геодетска опрема со која ќе се обезбеди точноста на точките од оперативните полигони. Имено, користејќи ги искуствата во рамки на научно-истражувачката работа, како и апликативната работа, авторите на овој труд во 2011 г. за прв пат во нашата држава ја применуваат ГНСС технологијата во комбинација со мрежа од активни референтни ста-ници за определување на положбени координати на точки од геодетскиот оперативен полигон. Оперативнот полигон е развиен за потребите на Проектот за реконструкција и рехабилитација на регионалниот пат од с. Липково до с. Арачиново, а е изработен во со-работка со компанијата ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др [2].

Применетата ГНСС метода со релативно статичко (брзо статичко) позиционирање со дополнителна обработка - *post processing* и притоа користејќи ги двете најблиски активни референтни станици од МАКПОС системот (Куманово и Скопје), се покажа како најдобра опција при избор на методологија која продуцираше одлични резултати за положбената точност на точките од оперативниот полигон.

2. ОСНОВЕН КОНЦЕПТ ЗА ПРИМЕНА НА ГНСС ТЕХНОЛОГИЈАТА КАЈ ГЕОДЕТСКИТЕ ОПЕРАТИВНИ ПОЛИГОНИ

Основниот концепт за примена на ГНСС технологијата кај геодетските оперативни полигони, се темели на добивање координати за точките кои ќе ги задоволат високите стандарди за изведба и геометриска контрола на патната инфраструктура. Од тука, особено важно е да се запазат одредени стандардизирани процедури при ГНСС мере-њата, како и специфични постапки при обработка на самите мерења. Исто така, значајно е да се подвлече дека природата на ГНСС позиционирањето се потпира на стабилен прием на сигналите од ГНСС сателитите, кој пак наложува процесот за рекогносцирање на местата за поставување на геодетските точки да се врши во согласност со таа карак-теристика [1].

2.1 ГНСС метода и инструменти за позиционирање

Како што беше претходно истакнато, предложената, а воедно и најадекватна ГНСС метода за позиционирање во процесот за определување на точките од оперативните полигони е релативната статичката (брза статичка) метода со дополнителна обработка.

Пред обработка на мерењата потребно е да се обезбедат ГНСС мерења во *RINEX* (*Receiver INdependent EXchanging*) формат од минимум две блиски референтни станици од МАКПОС кои се активни во периодот на спроведувањето на ГНСС мерењата врз точките од оперативниот полигон.

Не помалку важна е употребата на соодветна ГНСС мерна технологија која може да одговори на поставениот предизвик за точноста во определувањето на положбените координати на точките од оперативните полигони [4]. Во таа насока, се препорачуваат ГНСС приемници кои вршат мерења на минимум две фреквенции, односно таканаре-чени двофреквентни приемници. Покрај оваа карактеристика, ГНСС приемниците треба да се во границите на хоризонтална точност при статичка, односно брза статичка метода од ±3 mm+0.5 PPM до ±5 mm+0.5 PPM [8].

При изведувањето на ГНСС мерењата периодот на опсервација треба да биде во согласност на податоците во табела 1 [7].

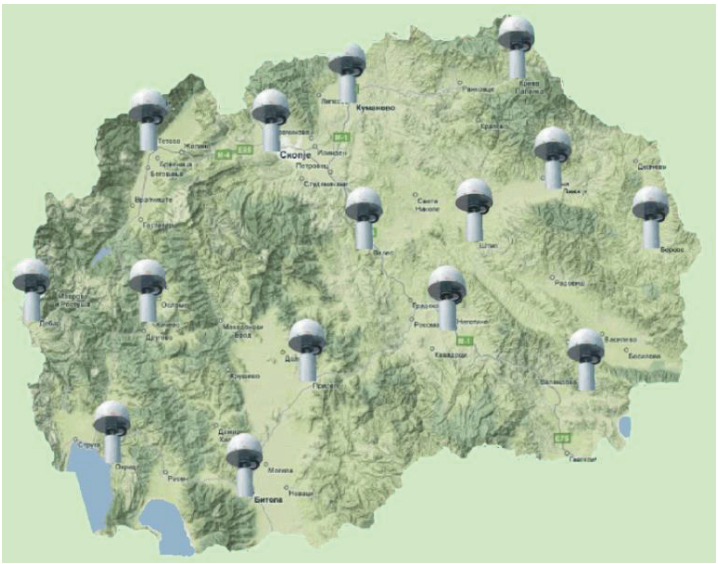
Табела 1. Период на ГНСС мерењата во зависност од должината на базните вектори

Должина на базен вектор	Метода	Период на мерење
до 5 km	Брза статичка	5 – 10 мин
5 – 10 km	Брза статичка	10 – 20 мин
10 – 15 km	Брза статичка	20 – 30 мин
15 -30 km	Статичка	1 – 2 часа
> 30 km	Статичка	2 – 3 часа

Извор: [7]

2.2 МАКПОС како важен предуслов за примена на ГНСС технологијата кај геодетските оперативни полигони

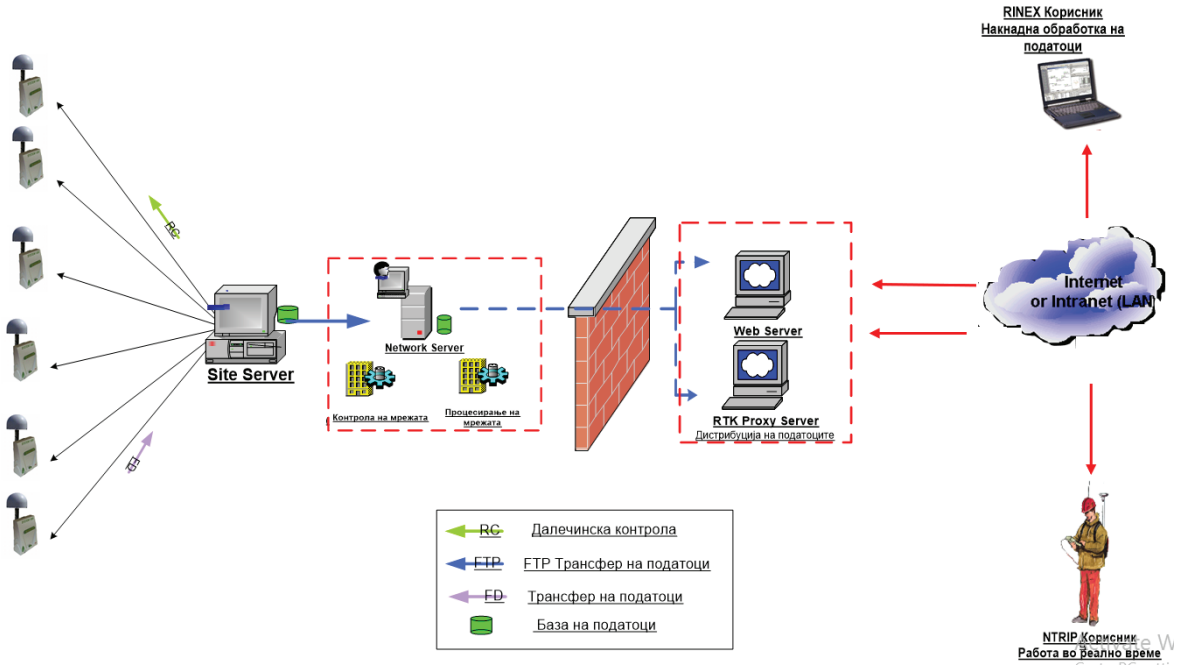
МАКПОС претставува систем на национална мрежа од ГНСС референтни станици за територијата на РС Македонија [5]. Системот овозможува постојан сервис на геопози-ционирање, односно одредување на координати во просторот во реално време со точ-ност од 2 cm во хоризонтална смисла и 4 cm во вертикална смисла со покриеност на целата територија. Системот се состои од 15 пермаментни ГНСС станици кои што ја покриваат целата територија на државата со просечно меѓусебно растојание на две со-седни станици од 50 до 70 km. Истите се поставени во поголемите градски средини на објектите од Одделенијата на Агенцијата за катастар на недвижности (АКН) [3].



Слика 1: Распоред на точките од МАКПОС системот
Извор: http://makpos.katastar.gov.mk/SpiderWeb/frmIndex.aspx

Покрај важноста од покриеност на територијата од нашата држава, важно е да се истакне дека МАКПОС претставува активна геодетска мрежа која постигнува хомогена точност на позиционирање, всушност тоа е една од најважните карактеристики на оваа мрежа, посебно во доменот на развивање на геодетски мрежи како што се геодетските оперативни полигони.

Системот е раководен од Контролен компјутерскиот центар сместен во АКН, при што истиот се грижи за контрола на квалитетот на мрежата, менаџмент со корисници кои ги користат услугите на системот, како и дистрибуција на различни видови сервиси. На слика 2 е претставена архитектурата на МАКПОС системот.



Слика 2: Архитектура на МАКПОС системот
Извор: [3]

Системот врши дистрибуција на неколку сервиси, истите се прикажани во табела 2.

Табела 2. Сервиси кои ги нуди МАКПОС системот

Сервис	Точност	Формат на податоци	Начин на трансфер до корисници
MAKPOS DGNSS	0.30 – 0.50 m	*RTCM 2.x*	(*GPRS*) *NTRIP* протокол
MAKPOS RTK	0.02 – 0.04 m	*RTCM 2.x, RTCM 3.x*	(*GPRS*) *NTRIP* протокол
MAKPOS PP	< 0.01 m	*RINEX*	(*FTP, e-mail*)

Извор: http://makpos.katastar.gov.mk/SpiderWeb/frmIndex.aspx

Согласно горната табела единствен сервис кој може да најде адекватна примена во определување на координатите од точките на оперативните полигони е *MAKPOS PP (MAKPOS post-processing)*. Станува збор за *RINEX* податоци кои се превземаат од офи-цијалната *WEB* страна на МАКПОС системот од страна на регистриран корисник, и се користат во дополнителната обработка на ГНСС мерењата.[5]

2.3 Обработка на ГНСС мерењата кај геодетските оперативни полигони

Самата обработка на специфичните ГНСС мерења се врши во специјализирани софтверски платформи кои најчесто се од комерцијална природа и се нудат од страна на производителите на ГНСС мерната технологија. Познати софтверки платформи кои најчесто се користат се *Leica Geo Office, Leica Infinity, Trimble Business center, Topcon MAGNET* и др.

Покрај примената на специјализирани софтверски платформи за обработка на ГНСС мерењата, потребно е да се изврши соодветна трансформација на излезните ГНСС координати во државниот координатен систем. Тоа е случај бидејќи ГНСС мерењата се вршат во координатниот систем *WGS 84 - World Geodetic System 84,* а додека самата проектна документација, како и изведба на градежните активности се изведуваат во државниот координатен систем. Решавањето на овој проблем се изведува со соод-ветни трансфомациски параметри, кои се добиваат врз основа на познати координати за точки во двата системи (*WGS 84* и државен координатен систем), а редоследот на трансформациите е во согласност со следниот израз. [7]

$$(\varphi, \lambda, H)_{WGS84} \rightarrow (X, Y, Z)_{WGS84} \rightarrow (X, Y, Z)_{лок} \rightarrow (\varphi, \lambda, H)_{лок} \rightarrow (Y, X, H)_{лок} \qquad (1)$$

Со оглед на тоа дека геодетските оперативни полигони се развиваат во непосредна близина на идна или постоечка траса, истите ја пратат трасата по целата нејзина должи-на. Овој факт изискува да се обезбедат доволен број на познати точки од државните геодетски мрежи чија поставеност ќе формира полигон на трансформација во кој ќе биде целосно опфатена предметната траса. Со тоа се задоволуваат одредени критериуми за квалитетот на трансформациските параметри и се елиминира нарушувањето на точ-носта на точките од оперативните полигони преку екстраполација. За познатите точки во државниот систем се вршат ГНСС мерења со кои се определуваат координатите во *WGS 84* координатниот систем.

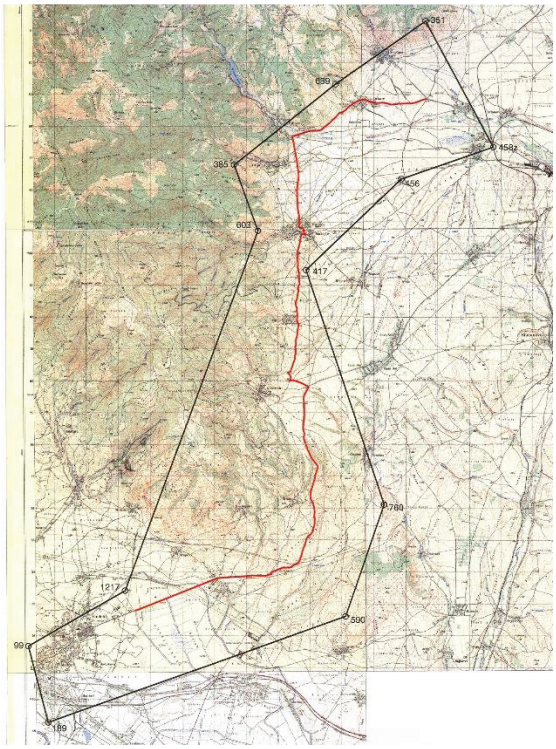
3. ПРИМЕНА НА ГНСС МЕРЕЊА НА ОПЕРАТИВНИОТ ПОЛИГОН ОД РЕГИОНАЛНИОТ ПАТ ЛИПКОВО - АРАЧИНОВО

Со дефинирањето на геодетските активности во рамки на Проектната програма за Проектот за реконструкција и рехабилитација на регионалниот пат од с. Липково до с. Арачиново, овозможени се услови за примена на ГНСС технологијата за определување положбени координати на точките од оперативниот полигон. Со оглед на можностите на ГНСС технологијата, висинската координата од точките задолжително требаше да се определи врз основа на класични нивелмански мерења и истата не е предмет на овој труд [2].

За задоволување на барањата предвидени во Проектната програма беа изведени обемни теренски геодетски работи кои опфатија:

- Стабилизација на 115 полигонски точки, рамномерно распределени долж целата траса (25 km). Точките се стабилизирани со прописни геодетски белеги.
- По стабилизацијата на точките се извршени соодветни геодетски мерења за определување на нивната положба и висина. Притоа, треба да се нагласи дека положбата е определена со ГНСС мерења, а додека дефинирањето на висината е извршено преку класични нивелмански мерења. Во рамки на ГНСС мерењата беа искористени два ГНСС приемника од компанијата *Trimble*. Станува збор за приемници од типот *Trimble R6* со декларирана хоризонтална точност при статич-ки мерења, односно брза статичка метода од ±3 mm+0.5 PPM. [8]

Со оглед на фактот дека за определување на позициите на точките од геодетскиот оперативен полигон е користена ГНСС технологија, за дефинирање на потребните трансформациски параметри најпрво се извршени ГНСС мерења на познати точки од државната тригонометриска мрежа. Тие мерења се извршени во склоп на проектот за определување на параметри за грид трансформација од државниот геодетски датум во Светскиот геодетски систем - *WGS 84*. За дефинирањето на полигонот за трансформација искористени се 11 точки од две тригонометриски секции (5 од скопска и 6 од кумановска). Со таквиот распоред е овозможено целосно опфаќање на трасата од полигонот за трансформација (Слика 3).



Слика 3: Опфат на полигонот за трансформација
Source: [3]

Проблемот на трансформацијата на координати од светскиот геодетски систем во државниот геодетски датум е решен со користење на единствени трансформациски параметри за целата должина на трасата. На тој начин е постигната хомогеност во про-сторните податоци, без скокови кои се карактеристични за користење на повеќе транс-формациски сетови за една траса. За потребите на трансформацијата е користен мо-делот *Molodensky-Badekash*, а добиените трансформациски параметри се дадени во табела 3. [6]

Табела 3. Трансформациски параметри за целата траса

Елипсоид А	*WGS 1984*	
Елипсоид В	*Bessel 1841*	
Висински модел	*Ellipsoidal*	
Трансформациски модел	*Molodensky - Badekas*	
Транслации	*dx*	-701.2914 m
	dy	203.3287 m
	dz	-486.5600 m
Ротации	*Rx*	6.28259 "

	Ry	7.39295 "
	Rz	-17.53942 "
Размер	*m*	14.0852 ppm
Координати на центарот	X_o	4408560.6583 m
	Y_o	1743806.0269 m
	Z_o	4253097.8305 m

Извор: [3]

Врз основа на податоците од референтната мрежа, определени се координатите на точките од оперативниот полигон во *WGS 84* системот. Просторните елипсоидни коорди-нати (φ, λ, h) за дел од точките на оперативниот полигон во системот *WGS 84* се при-кажани во табела 4. Потребно е да се истакне дека точките се дефинирани со просторна точност која се движи во границите од ± **1 mm** до ± **6 mm**, што секако претставува задово-лителна точност во однос на намената на оперативниот полигон.

Табела 4. Координати во WGS 84 за дел од точките од оперативниот полигон

Бр. т	Координати			m_P [m]
	φ	λ	h [m]	
1	*42° 01′ 09.53372″*	*21° 32′ 14.39032″*	*275.334*	*0.001*
2	*42° 01′ 12.77331″*	*21° 32′ 25.40599″*	*274.721*	*0.002*
8	*42° 01′ 33.62920″*	*21° 33′ 35.98608″*	*307.926*	*0.002*
12	*42° 01′ 38.26388″*	*21° 34′ 08.78179″*	*344.171*	*0.003*
13	*42° 01′ 38.52752″*	*21° 34′ 19.25959″*	*350.447*	*0.002*
14	*42° 01′ 39.39377″*	*21° 34′ 30.19144″*	*362.192*	*0.004*
18	*42° 01′ 47.96847″*	*21° 35′ 20.43678″*	*377.913*	*0.005*

Извор: [3]

Со наведените трансформациски параметри е извршена трансформација на коор-динатите на точките од оперативниот полигон, од светскиот геодетски систем во држав-ниот геодетски датум. Координатите во државниот систем за истите точки од табела 4 се прикажани во табела 5. Притоа треба да се нагласи дека прикажаните висини за точките се добиени по пат на геометриски нивелман, согласно претходно изнесените препораки и констатации.

Табела 5. Координати во Државен координатен систем за точките од Табела 4

Бр. т	Координати		
	Y [m]	*X [m]*	*H [m]*
1	*544941.950*	*4652949.652*	*231.083*
2	*545194.736*	*4653051.200*	*230.450*
8	*546814.214*	*4653705.117*	*263.574*
12	*547567.661*	*4653853.102*	*299.764*
13	*547808.622*	*4653862.849*	*306.036*
14	*548059.903*	*4653891.266*	*317.814*
18	*549213.842*	*4654163.700*	*333.480*

Извор: [3]

4. ЗАКЛУЧОК

Во рамки на трудот се претставени искуствата и препораки за примената на ГНСС технологијата кај геодетските оперативни полигони кои се развиваат покрај транспортната инфраструктура. Исто така, трудот ги содржи основните карактеристики на применетата ГНСС технологија и методи за ГНСС позиционирање.

Самите ГНСС мерења се економски поопрaвдани во однос на времетрање на нивно спорведување наспроти класичните терестрички мерења, а воедно во целост ги задово-луваат пропишаните стандарди. Точноста може да се постигне со користење на соод-ветна метода на ГНСС мерење и соодветна обработка на мерењата. Околу самата метода на мерење дефинитивно потврдена е методата на релативната статичката (брза статичка) метода со дополнителна обработка на податоците.

Важноста на МАКПОС мрежата е несомнено значајна во поглед за формирање на хомогена точност за точките од геодетските оперативни полигони, а во исто време претставува дефиниран стандард за примена на ГНСС технологијата.

Генерално, ГНСС технологијата ги задоволува критериумите на геодетски мере-ња и положбеното дефинирање на координатите на точките од геодетските опера-тивни полигони за потребите на рехабилитација, реконструкција или изградба на нова линиска инфраструктура.

5. РЕФЕРЕНЦИ

[1] Божиќ Б. (2002). Глобални систем позиционирања, учебник (Виша грађевинско-геодет-ска школа у Београду, Белград, Р. Србија);

[2] Богдановски З. (2011). Проект за инфраструктура, Книга 1.1, Геодетски елаборат за оперативен полигон за реконструкција и рехабилитација на регионален пат Р1104 и Р2133, делница од с. Липково до с. Арачиново (ГЕИНГ Кребс унд Кифер, Скопје, Р. Македонија);

[3] Бојчовски Б. (2022). Анализа на регионални геодинамички случувања определени со систем на активни референтни станици, магистерски труд, (Градежен факултет – Скопје, Скопје, РС Македонија);

[4] Вучков С. (2004). Инженерска геодезија, учебник (Градежен факултет – Скопје, Скопје, Р. Македонија);

[5] Вучков С., Ѓорѓиев Ѓ. (2008). Студија за развој на референтна ГНСС основа во Р. Македонија, (Градежен факултет – Скопје, Агенција за катастар на недвижности, Скопје, Р. Македонија);

[6] Leica Geosystems. (2008). LGO 8.0 Online Help Manual. (on-line) available at https://www.gefos-leica.cz/ftp/PC_Software/Leica_Geo_Office/LGO_80_Help_en.pdf;

[7] Србиноски З. (2009). Глобални позициски системи, авторизирани предавања (Градежен факултет – Скопје, Скопје, Р. Македонија);

[8] Trimble (2009). User guide Trimble R8 GNSS receivers, Trimble R6 and R4 GPS receiver. (on-line) available at http://www.orient-mediterranee.com/IMG/pdf/R8-R6-R4-5800M3_UserGuide.pdf;

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 5

Издржливост на флексибниот коловоз зајакнат со асфалтна термостабилна стаклена мрежа

Durability of flexible pavement reinforced with asphalt thermostable glass grid

Stojnić Dragan[1]
[1]Highway Institute Belgrade - Department for Pavement Structures, Belgrade
d.stojnic@highway.rs

Апстракт

Асфалтните (флексибилни) коловози, се изложени на деструктивното влијание на стресот предизвикан од товарот на тешкото возило (динамично оптоварување) и исто така изложени на негативното влијание на температурниот стрес (висока температурна осцилација). Тековните истражувања со примена на соодветна термостабилна мрежа за зајакнување на асфалтот укажуваат на позитивни искуства во лабораторијата и на терен. Со користење на соодветната мрежа направена од стаклени влакна, можеме да го продолжиме животниот век на асфалтниот коловоз и да ги намалиме трошоците за одржување, што на крајот резултира со намалување на емисијата на јаглерод диоксид и други штетни стакленички гасови. Пред неколку децении, беа развиени математички модели и компјутерски програми за да помогнат во анализата на однесувањето на деформација на напрегањето на асфалтните слоеви на структурата на коловозот. Трудот на конкретен пример ја прикажува процедурата за дизајнирање на рационална дебелина на флексибилен коловоз зајакнат со асфалтна термостабилна стаклена мрежа и ефектот на нанесување.

Клучни зборови

Прект за дебелина на флексибилен коловоз, животен век, истегнување, термостабилна мрежа

Abstract

Asphalt (flexible) pavement, are exposed to the destructive impact of stress caussed by heavy vehicle load (dynamic load) and also exposed to the negative impact of temperature stress (high temperature osciallation). Current research using appropriate thermostable grid for asphalt reinforcement indicates positive experiences in the laboratory and in the field. By using the apropriate grid made of glass fiber, we can extend the lifespan of pavement asphalt course and reduce maintenance costs, which ultimately results in a reduction of carbon dioxide and other harmful greenhouse gases emission. Decades ago, mathematical models and computer programs were developed to help analizing stress/strain deformation behavior of the asphalt layers of the pavement structure. The paper shows on a specific example the rational thickness design procedure of flexible pavement reinforced with asphalt thermostable glass grid and the aplication effect.

Key words

Flexible pavement thickness design, lifespan, tensile strain, thermostable grid

1. INTRODUCTION

Asphalt (flexible) pavement, are exposed to the destructive impact of stresses caussed by heavy vehicle load (dynamic load) and also exposed to the negative impact of temperature stresses (high temperature osciallation), which in combination affect the behaviour of materials and in different exploitative conditions cause permanent deformations in the form of cracks and ruts. By using the appropriate reinforcement grid, we can extend the lifespan of the asphalt course of pavement and reduce maintenance costs. The thermostable grid for asphalt reinforcement shows an increase usage in rehabilitation/reconstruction of pavement construction on roads with medium and heavy traffic load and on airport maneuvering areas, bearing in mind that the grid is a layer of pavement designed to prevent undesirable effects of the deteriorated pavement base layer (cracks) in the new asphalt layer.

SolDUGri is the first French national project with aim examine asphalt pavement reinforced with thermostable grid. Invastigation also included the damage of grid after installation. The results show that significant damage may occur during the grid installation, resulting in limited loss of module of elasticity (from 20% to 25%), but also loss of tensile strength (from 60% to 80%). Laboratory research proves that reinforcing of asphalt layer with glass fiber grid shows excellent results, due to the high rigidity of glass fibers.

The proven effect of thermostable grid in asphalt layers refers to the reduction of permanent deformations of aspalt wearing course. Using a reinforcement grid simultaneously saves natural resources especially the stone aggregate (reduced thickness of the asphalt layer), resulting in reduction of emissions of carbon dioxide and other harmful greenhouse gases.

2. FATIGUE

Idealized elastic characteristic of the material is manifested as the ability to fully recover after the end of the loading (stress state). True materials, as it is known, are not ideally elastic, i.e. a certain portion of deformation remains when the loading stops. Nevertheless, those materials in the domain where the residual plastic deformation is negligibly small, we can consider ideally elastic. Outside of this domain, i.e. overstepping the limit creates significant plastic deformations (cracks). In the case of short-term frequent stress repetitions, as is the case with pavements exposed to dynamic loading, the material elastic limit is reduced as the number of loading repetitions increases. This characteristic is manifested by more or less all elastic materials, which is known as "fatigue" of materials.

3. HORIZONTAL TENSILE STRENGTH

The basic criterion for flexible (asphalt) pavement durability is horizontal tensile strain in the lower fiber bitumen layers. The horizontal tensile strain (ε) is calculated by dividing the total deformation of the original length (ΔL) by the original length (L) and are expressed in micro-strain units ($\varepsilon = \Delta L/L$, strain x 10^6).

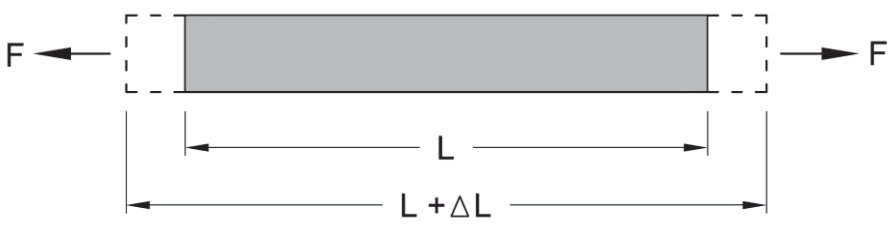


Figure 1: *Schematic display of tensile strain*

4. BEHAVIOUR MECHANISMS OF THE GRID REINFORCEMENT

Reinforcement grid is made of high strength impregnable glass filament yarns. The filament yarn, knitted into a grid is made of continuous glass fiber (with a Young's modulus of 70 GPa) and coated with a thermal stable elastomeric polymer (with melting point higher than 230°C) to protect and improve adhesion with asphalt layers. Cracks in the asphalt layers appear due to external influences, such as traffic loads and temperature changes. The temperature affects the mechanical and rheological properties of asphalt layers, resulting in reduced resistance to deformation appearance. Due to the impact of the traffic load, cracks appear, which progress up to the surface of the asphalt layer (a bottom-up crack). Due to the stress concentration at the top of the cracks, caused by traffic load and temperature variations, the cracks quickly propagate up to the surface of the rehabilitated asphalt layer. The behavior mechanisms of these grid is in the formation of the optimal interconnection between asphalt layer and grid (via interlocking), therefore the grid is able to receive maximum horizontal tensile strain that are created at the locations of cracks and dissipate them to a larger surface.

Many developed countries have done research related to reinforcement of asphalt layers. In most cases, the results are positive and highlight the benefits of reinforcing asphalt layers if the reinforced grid is properly selected and if it is properly installed. In addition, the efficiency of the glass fiber grid during and after installation is of essential importance (the reduction of tensile strength is no greater than 20% compared to the initial one). Proven benefit by using of thermostable glass fiber grid in asphalt layers, refers with an increase value of allowed horizontal tensile strain of asphalt layer after 10^6 loading cycles Epsilon 6 (at 10°C and frequency of 25 Hz), by 7-30%[1], which ultimately results in longer lifespan of wearing course (lifespan of reinforced specimens increases by 79-144% when conventional approach is used, i.e. by 58-292% when the (Energy Ratio -ER) approach is used to determine their fatigue resistance).

Improvement percentage (increase) the value of horizontal tensile strain of asphalt layer (Epsilon 6), by using different types of glass fiber grid reinforcement (ADFORDS GlasGrid type GG (self-adhesive) and CGL (with nonwoven PP geotextile), with tensile strength 50 and 100 kN/m) are presented below in the following table.

Table 1: *Application performance of thermostable glass fiber grid*

	Epsilon 6		Improvement [%]
Grid type	**No reinforcement**	**With reinforcement**	
GG 50	97.7	104.3	+ 6.8
CG 50L	97.7	112.0	+ 14.6
GG 100	97.7	115.5	+ 18.2
CG 100L	97.7	127.2	+ 30.2

[1] *Laboratory testing of the performance properties of asphalt mixture sample (without and with ADFORDS GlasGrid GG/CGL 50/100), Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade (G. Mladenović, 2018. i 2020.)*

5. PAVEMENT THICKNESS DESIGN

Last few decades, models have been evolving to help analyze the stress-strain deformation behavior of pavement layers as best as possible. The rational thickness design procedure of flexible pavement reinforced with asphalt thermostable glass grid that will be presented here, without explaining the mechanism of fatigue crack initiation and plastic deformation, aims to clarify the structural analysis of the pavement construction by applying modern analytical procedures according to LCPC-SETRA[2] methodology (ε_6, b, $K\theta$, Ks, Kr, Kc). The construction fatigue check is done by comparing real deformations from repeated traffic loading, with the allowed values. Allowed deformations are calculated from the fatigue curve for the given (designed) number of load repetitions. The basic criterion for pavement durability is horizontal tensile strain in the lower fiber of the asphalt layers. Overstepping allowable dilation causes cracks in bitumen bound layers.

6. STRESS-STRAIN CALCULATION FROM THE GIVEN SPECIFIED LOAD - COMPUTER PROGRAM "LCPC-ALIZE"

The required value of the horizontal tensile strain in the lower fiber of the bitumen bound layers from the given specified repeated load can be determined by using computer program "LCPC-Alize". The application of electronic computers in the calculation of pavement construction enables to get results with high mathematical accuracy. The accuracy of input data for calculations and assumptions on which the computer program is based are idealization. In reality, there are certain absentees that result in mismatched with computer and practical results. Therefore, some tolerance in this regard must exist, and it is "covered" by safety coefficients. Without detail clarification of this calculation methodology, only the necessary basic assumptions on which the program is based are listed for the correct interpretation of the results that this software provides. The initial assumptions are:

- Pavement is treated as a multi-layer elastic system
- Pavement is a structure consisting multiple horizontal layers, each with permanent thickness except the subgrade which is semi-infinite
- Each layer is infinite in horizontal direction
- Each layer of material is homogenous and isotrophic with constant mechanical characteristics
- Linear stress-strain relationship is applied
- All materials are elastic

Required input data for calculation are:

- Number of layers, their thickness and material characteristics (E and ν) for each layer
- Bonding condition (friction) between layers (bonded, semi bonded, unbonded)
- Loading characteristics, circular radius through which the load is transferred to the structure, distance of circular surfaces (dual wheel)
- Impact point coordinates of loading resultant

Calculation result using the LCPC-Alize software, which is used for further pavement analysis is as follows:

- Stress and strain at any point of each layer

[2] *French design manual for pavement structures-Guide technique, May 1997, LCPC and SETRA*

A schematic view of stress and strain checking (Ɛ i σ) is shown in the following figure.

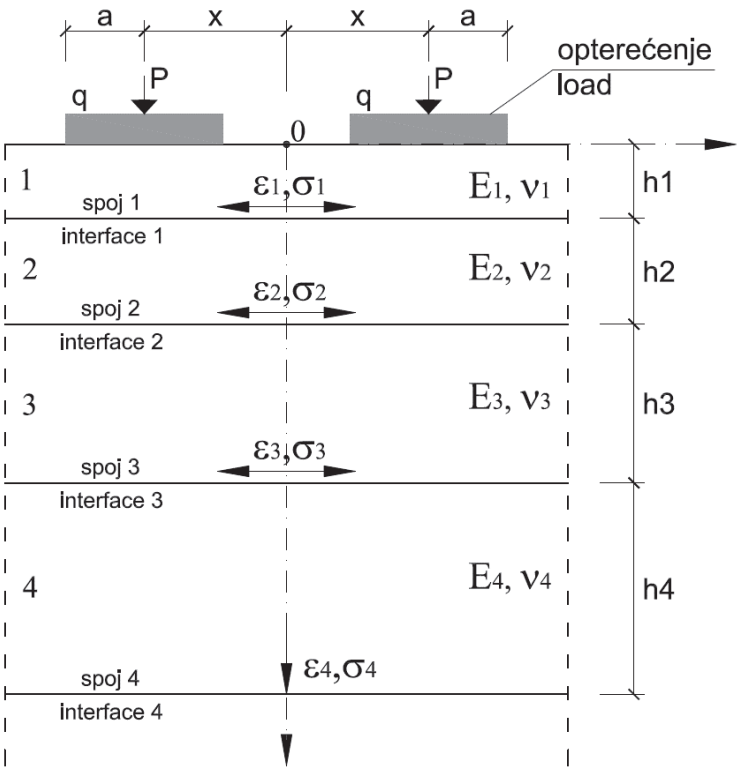


Figure 2: *Schematic view of stress/strain checking of the pavement*

7. PAVEMENT MATHEMATICAL MODEL - EXISTING PAVEMENT

In the following example on the specific case of rehabilitation of the existing pavement construction, the rational thickness design procedure will be explained by using a thermostable glass fiber grid for asphalt reinforcement. The initial assumptions are:

- Designed bearing capacity of subgrade expressed by deformation module is E_{V2}= 50MPa
- Designed temperature of asphalt layers is Teff=22°C
- Elasticity modules for new asphalt layers are defined according to LCPC-SETRA laboratory methodology
- The rehabilitation solution envisages removal (by milling of the existing asphalt layer (10cm) and construction of new asphalt wearing course (in two layers)
- Pavement layers are assumed to be fully bonded at the interface
- The tensile strength of the glass fiber grid (with woven geotext) is 100 kN/m

Mathematical models (multi-layer elastic system) of existing pavement (with preparation works) and variant rehabilitation design solutions (construction a two new asphalt course with/without grid reinforecement) are shown in the following figure.

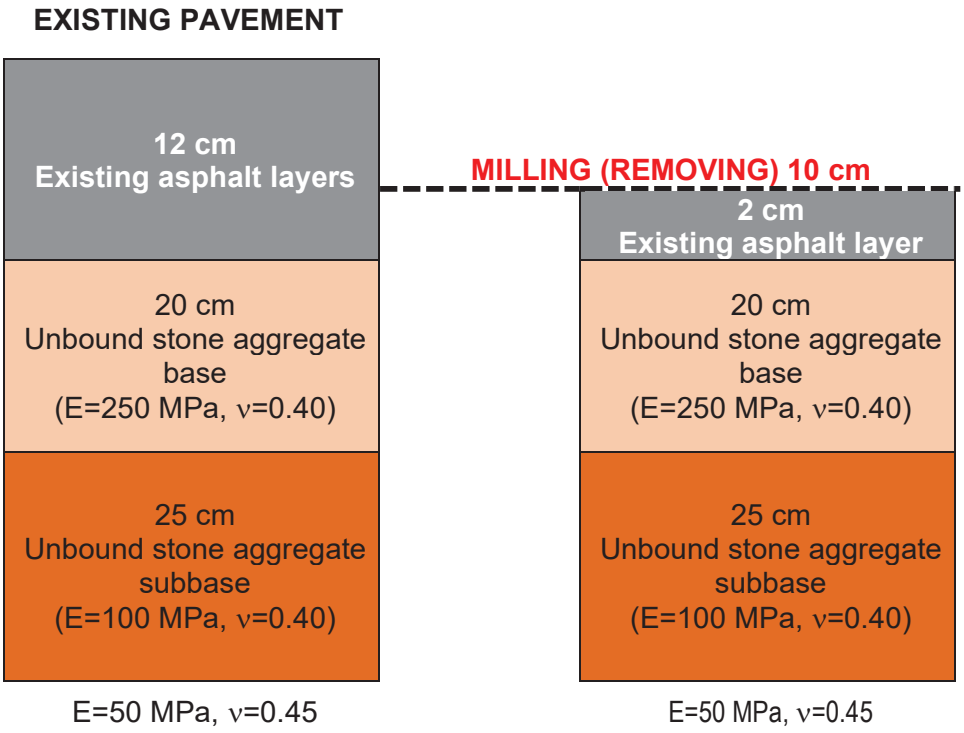


Figure 3: *Mathematical model of pavement with preparation works*

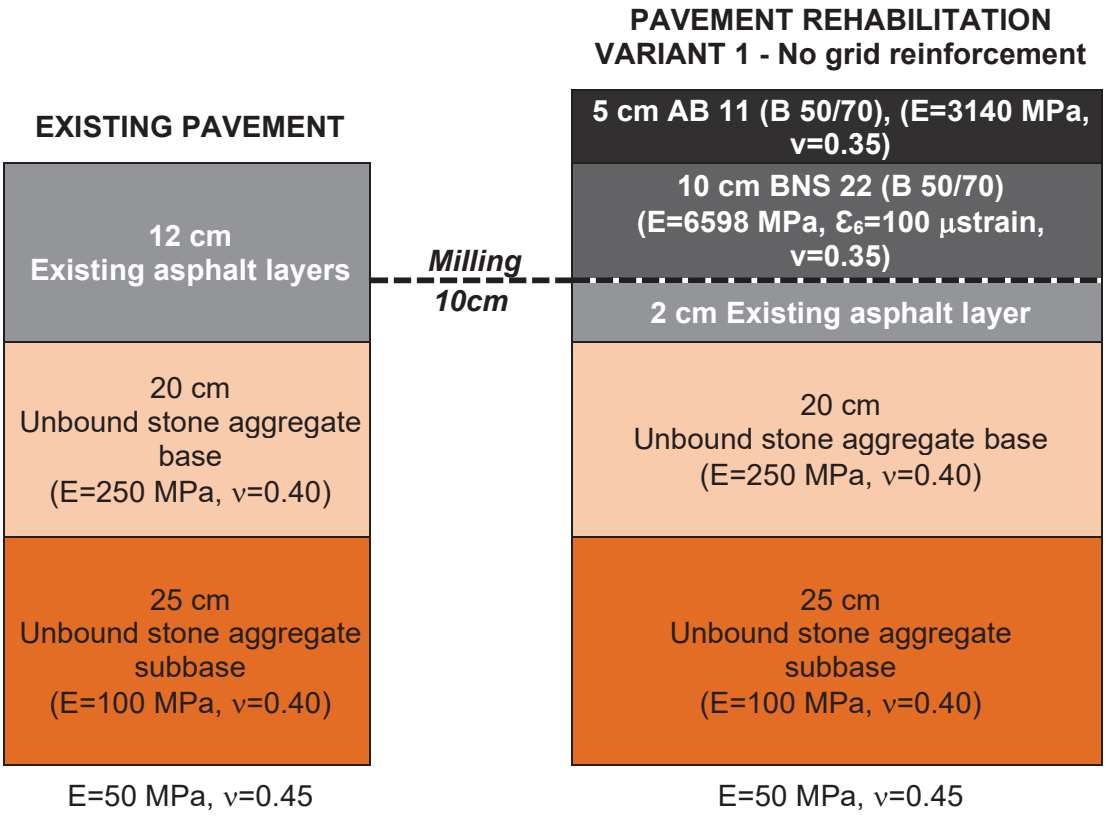


Figure 4: *Mathematical model of pavement - Variant 1*

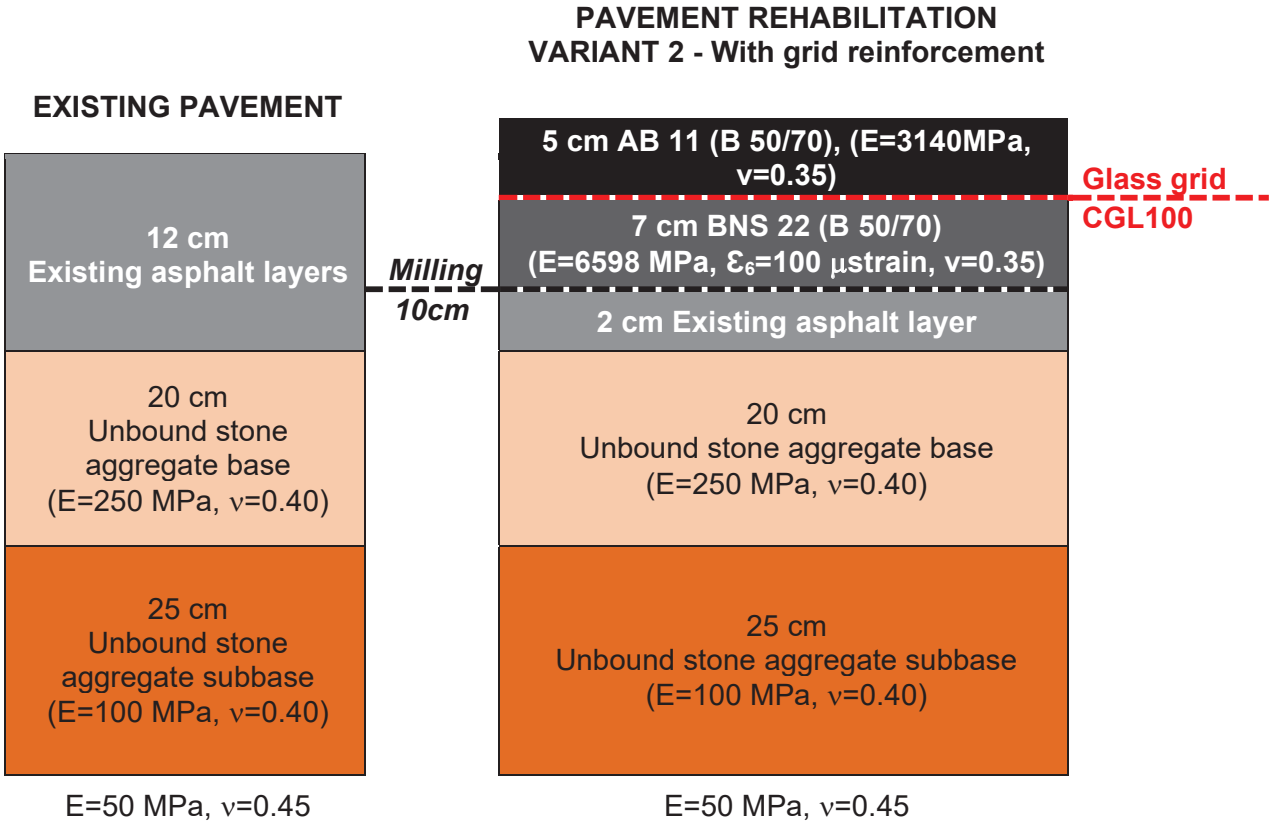


Figure 5: *Mathematical model of pavement - Variant 2*

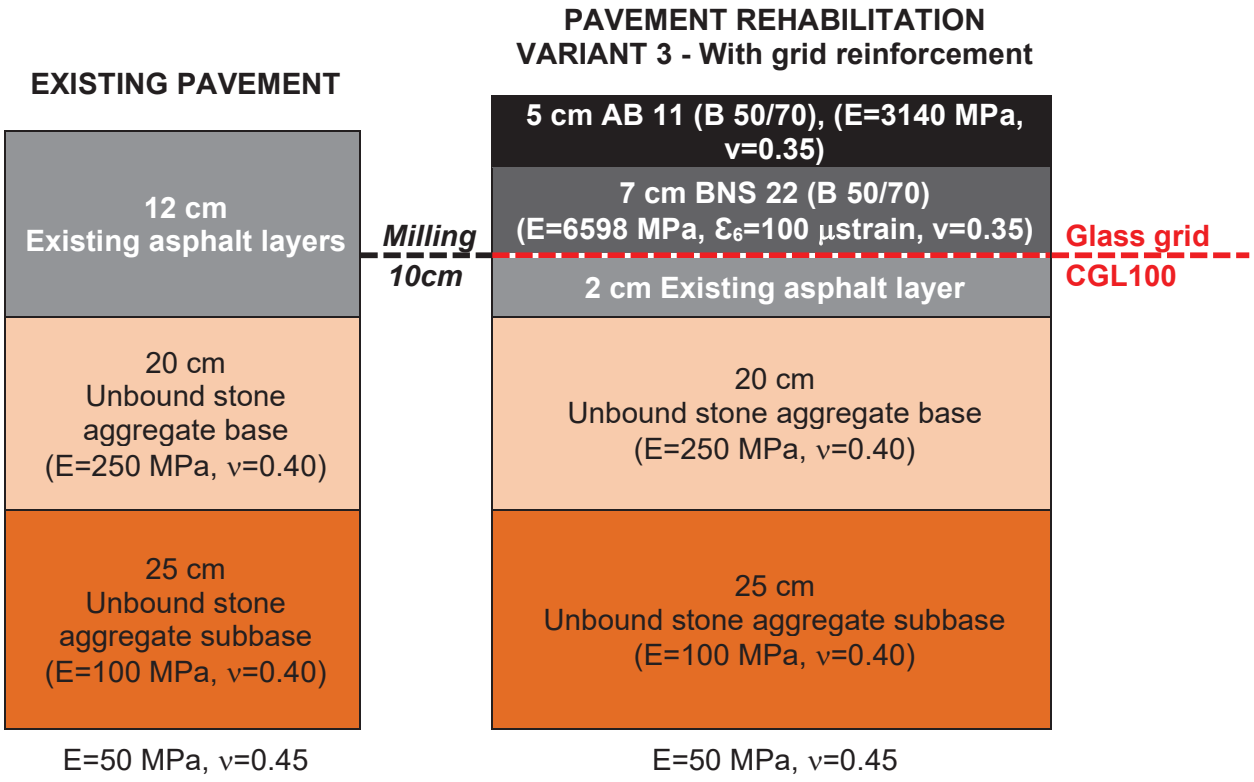


Figure 6: *Mathematical model of pavement - Variant 3*

It should not be notetd that different initial assumptions (subgrade bearing capacity, asphalt designed temperature, characteristics of layers) would give different values of pavement durability.

8. PAVEMENT THICKNESS DESIGN PROCEDURE - EXAMPLE

To have a clear overview of pavement calculation durability, a step-by-step procedure is given, which will explain the thickness design of flexible pavement reinforced with/without asphalt thermostable glass grid

STEP 1 - Determination of stress and strain (with software "LCPC-Alize"). The stress and strain calculation (for variant 1, 2 and 3) was performed for the load of the standard 80 kN axle, which is transferred to 4 points, in accordance with the characteristics of the standard axle load (two wheels with a load of 20 kN each). For calculation purposes, the low residual value of existing asphalt layer is assumed (< 25% from the initial), and regarding that this layer is not used when idealistic model for the durability calculation of the pavement construction is created. The calculation results are shown in the following figures.

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation
- data Structure : direct input, no name
- title of the study Varijanta 1_Bez ojacanja

- load data :
  - special dual-wheel (not the French standard one), weight 039.998 kN
  - vertical pressure : 0.5774 MPa
  - contact radius : 0.1050 m
  - dual-wheel spacing: 0.3150 m

units: m, MN and MPa; strains in µstrain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
			surface (z=0.000)		
th= 0.050 m Yg= 3140.0 MPa	0.000m	84.2	0.522	-28.4	0.575
nu= 0.350	0.050m	37.7	0.305	47.6	0.498
			bonded (z=0.050m)		
th= 0.100 m Yg= 6598.0 MPa	0.050m	37.7	0.626	-4.2	0.498
nu= 0.350	0.150m	-132.3	-1.179	126.0	0.077
			bonded (z=0.150m)		
th= 0.200 m Yg= 250.0 MPa	0.150m	-132.3	0.001	290.3	0.077
nu= 0.400	0.350m	-164.2	-0.044	256.7	0.032
			bonded (z=0.350m)		
th= 0.250 m Yg= 100.0 MPa	0.350m	-164.2	-0.005	345.0	0.032
nu= 0.400	0.600m	-141.8	-0.012	255.9	0.016
			bonded (z=0.600m)		
th. infinite Yg= 50.0 MPa	0.600m	-141.8	0.001	306.8	0.016
nu= 0.450					

Maximal deflection =47.6 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =398.3 m (dual-wheel center)

Figure 7: *Stress and strain - Variant 1 - standard axle load 80kN*

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation
- data Structure : direct input, no name
- title of the study Varijanta 2 i 3_Sa ojacanjem

- load data :
  - special dual-wheel (not the French standard one), weight 039.998 kN
  - vertical pressure : 0.5774 MPa
  - contact radius : 0.1050 m
  - dual-wheel spacing: 0.3150 m

units: m, MN and MPa; strains in µstrain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
			surface (z=0.000)		
th= 0.050 m Yg= 3140.0 MPa	0.000m	84.2	0.567	-72.2	0.575
nu= 0.350	0.050m	38.8	0.265	38.2	0.458
			bonded (z=0.050m)		
th= 0.070 m Yg= 6598.0 MPa	0.050m	38.8	0.540	-9.5	0.458
nu= 0.350	0.120m	-164.3	-1.467	158.5	0.111
			bonded (z=0.120m)		
th= 0.200 m Yg= 250.0 MPa	0.120m	-164.3	0.011	389.7	0.111
nu= 0.400	0.320m	-217.1	-0.057	332.5	0.042
			bonded (z=0.320m)		
th= 0.250 m Yg= 100.0 MPa	0.320m	-217.1	-0.006	449.1	0.042
nu= 0.400	0.570m	-178.2	-0.016	316.9	0.020
			bonded (z=0.570m)		
th. infinite Yg= 50.0 MPa	0.570m	-178.2	0.000	380.0	0.020
nu= 0.450					

Maximal deflection =54.3 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =267.5 m (dual-wheel center)

Figure 8: *Stress and strain - Variant 2 and 3 - standard axle load 80kN*

Table 2: *Horizontal tensile strain in the lower fiber of bitumen bound layers*

Parameter	Unit	Variant 1 non reinforced	Variant 2 non einforced	Variant 2 reinforced (CGL100)	Variant 3 reinforced (CGL100)
Horizontal tensile strain EpsilonT	µstrain	132.3	164.3	164.3	164.3

STEP 2 - Calculation of pavement durability. The basic criterion for calculation of pavement durability is horizontal tensile strain in the lower fiber of bitumen bound layers (EpsilonT) and is based on the concept of the LCPC-SETRA laboratory. Horizontal tensile strain (EpsilonT) is calculated by applying the following fatigue equations for asphalt mixtures:

$$\mathbf{EpsilonT = (NE/10^6)^b \cdot Ks \cdot Kr \cdot Kc \cdot Kt \cdot \varepsilon_6}$$

The input parameters for calculation of horizontal tensile strain are:

- Pavement lifespan (calculated durability) expressed by the number of passing of standard axle of 80 kN, **NE =?**
- Tensile deformation after a million loading cycles in accordance with the conditions defined in laboratory for bituminous base layer with type GB4 (at 10°C and frequency of 25 Hz), ε_6 =100μstrain
- Slope of the fatigue test curve for the bituminous material β = -1/b = 5
- Coefficient used to transpose the results of fatigue tests on bituminous materials to the behavior at the laboratory condition (at 10°C and frequency of 25 Hz), Kθ=1.48 (T_{eff}=22°C)
- Coefficient or reduction factor of the permissible deformation of the bituminous materials, according to the rigidity of the underlying unbonded layer, Ks=1/1.1 (for subgrade bearing capacity E_{V2}=50MPa)
- Coefficient that takes account the dispersion of the fatigue tests and the variation in the thickness of the base course made of bituminous materials, Kr=0.830 (d≤10cm, st. deviation SN=0.3 (fatigue) i Sh=1 (thickness), risk=10%)
- Coefficient of calibration for the bituminous materials type GB4, Kc=1.3
- Coefficient for increase tensile strain after million loading cycles (Epsilon 6), in case when glass grid is used (with nonwoven geotextile and tensile strength 100kN/m) is K_{CGL100}= 1.25[3] (adopted reduction of tensile strength is 20%).

The display of fatigue curve for asphalt mixture (bilogarithmically decreasing function) according to the concept of LCPC-SETRA laboratory, used to calculate durability in the procedure of rational computing of pavement structures exposed to dynamic loading (no reinforced and reinforced) is given in the following diagram.

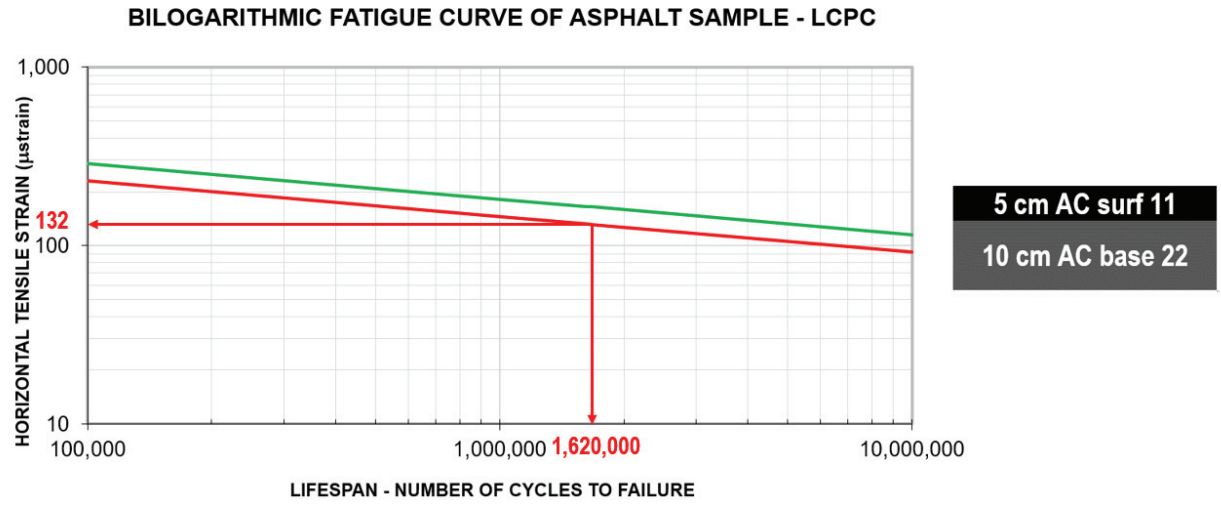


Figure 9: *Asphalt mixture fatigue curve - Variant 1 – nonreinforced*

[3] *Laboratory testing of two sets of asphalt samples (non-reinforced and reinforced with ADFORDS GlasGrid GG/CGL 50/100 grid) Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade (G. Mladenović, 2018 and 2020)*

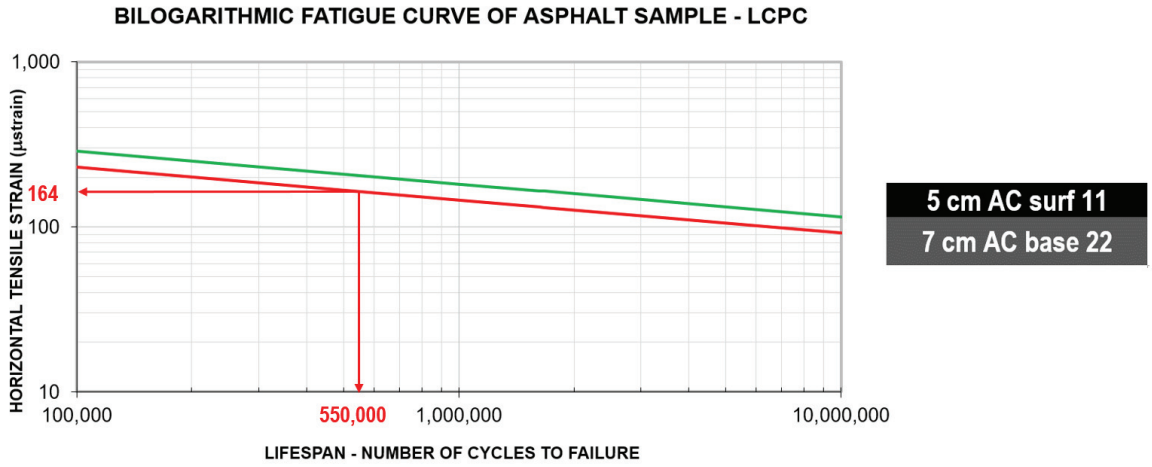


Figure 10: *Asphalt mixture fatigue curve - Variant 2 - nonreinforced*

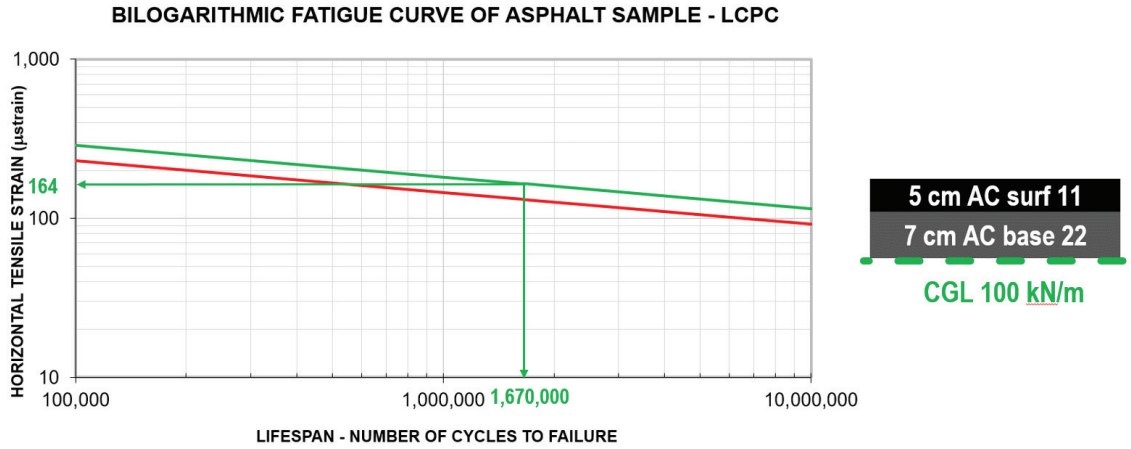


Figure 11: *Asphalt mixture fatigue curve - Variant 3 - reinforced*

Reduction in the depth of the installation of the thermostable glass grid leads to a proportional reduction (shortening) of durability of the designed pavement structure (linearly dependent of lifespan and thickness of asphalt reinforcement above the grid). Calculation of lifespan of the designed solution for reinforced pavement structure (Variant 2 designed solution) is given in the following diagram.

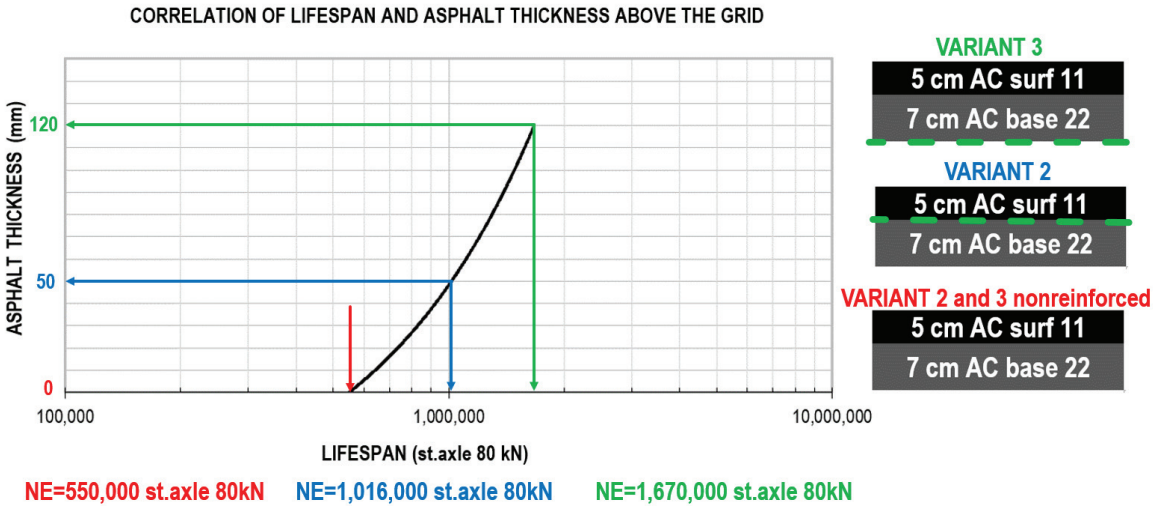


Figure 12*: Linear dependence of lifespan and thickness of asphalt reinforcement above the grid*

For comparative analysis, the adopted traffic load (10-year exploitation period) is equal to the calculated durability (lifespan) of Variant 1. The calculation results of the horizontal tensile strain and durability of designed pavement constructions (expressed by the number of passing of standard axles of 80kN) with and without using the thermostable glass fiber grid reinforcement (at different depths from the pavement surface), are shown in the following table.

Table 3: *Pavement durability (lifespan) - with/without reinforcement - LCPC-SETRA methodology*

Parameter	Unit	Variant 1 non reinforced	Variant 2 non reinforced	Variant 2 reinforced (CGL100)	Variant 3 reinforced (CGL100)
Asphalt thickness above the grid	cm	-	-	5	**12**
Total asphalt thickness	cm	15	12	12	**12**
Horizontal tensile strain	μstrain	132.3	164.3	164.3	**164.3**
Epsilon 6	μstrain	100	100	125	**125**
Lifespan in number of passing of standard axle	80 kN	1.620.000	550.000	1.016.000	**1.670.000**
Lifespan in exploitation years	year	10	4	7	**10**

Based on the calculated lifespan of variant solutions, we conclude that it is more efficient to install a thermostable grid as low as possible from the surface of the asphalt wearing course (at greater depth), since in this way, a significantly higher performance of all asphalt layers above the grid during loads distribution is achieved.

9. CONCLUSION

Current research on using the thermostable grid for asphalt reinforcement indicates positive experiences in the laboratory and in the field. By using the apropriate reinforcement grid made of glass fiber, we can extend the lifespan of asphalt course of pavement and reduce maintenance costs, which ultimately results in a reduction of carbon dioxide and other harmful greenhouse gases emission.

All of the above does not exclude that, prior to any decision on the general use of the reinforcement grid, the testing and analysis of all influential factors is conducted, on which the optimum design solution will be defined using the reinforcement grid. It should be noted that for further research on the effects of using glass fibers grid for asphalt reinforcement, it is necessary to establish a system of continuous monitoring of grid behavior after installation (EFFECT ASSESSMENT - effect evaluation), as well as to encourage application of the procedure of rational computing of pavements using thermostable grid for asphalt reinforcement.

Literature

[1] French design manual for pavement structures-Guide technique (1997), LCPC/SETRA, Paris

[2] Mihalinac, S., Rukavina, T., Šimun, M., (2019), Application of grid reinforcement in asphalt pavement layers, Symposium on Doctoral Studies of Civil Engineering Construction, Zagreb

[3] Mladenovic,G. and Oreskovic, M., (2018/2020), Laboratory testing on two sets of asphalt samples (no reinforced and reinforced with ADFORDS GlasGrid GG/CGL 50/100 grid), Faculty of Civil Engineering, Belgrade University

[4] Orešković, M., Trifunović, S., Mladenovic, G. i Bohuš, Š. (2018), Determining fatigue resistance of asphalt samples with grid reinforcement by using the method of bending beams in four points, Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade

[5] Stojanović, B., (1982), Rational pavement thickness design procedure at the Highway Institute, Conference on Pavement Constructions, VIA-VITA, Road Society of Serbia and Highway Institute Belgrade, 136-163

[6] User manual, ALIZE-LCPC Software, version 1.3. (2011), LCPC/SETRA

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T2 – 6

Развој и имплементација на систем за управување со мости во Северна Македонија
Development and implementation of a bridge management system in North Macedonia

Aleš Žnidarič[1], Maja Kreslin[2], Dušan Fajfar[3], Tomaž Zajc[4], Rade Hajdin[5], Nikola Tanasić[6], Goran Markovski[7], Aleksandar Bogoevski[8], Dragan Mihajlović[9], Andrej Anžlin[10]

1 PhD., Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, ales.znidaric@zag.si

2 PhD., Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, maja.kreslin@zag.si

3 Msc., IGEA d.o.o., Slovenia, dusan.fajfar@igea.si 4 Bsc., IGEA d.o.o., Slovenia, tomaz.zajc@igea.si

5 PhD., Infrastructure Management Consultants GmbH, Switzerland, Rade.Hajdin@imc-ch.com

6 PhD., Infrastructure Management Consultants GmbH, Switzerland, Nikola.Tanasic@imc-de.com

7 PhD., University "Ss. Cyril and Methodius" Faculty of Civil Engineering Skopje, Republic of N. Macedonia, markovski@gf.ukim.edu.mk

8 Msc., Construction Company MVV Studio LTD, Republic of N. Macedonia, aleksandarbogoevski@gmail.com

9 PhD., Republic of N. Macedonia, d.mihajlovic@irdeng.com

10 PhD., Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, andrej.anzlin@zag.si

Апстракт

Трудот го претставува развојот и имплементацијата на системот за управување со мостови (БМС) во Јавното претпријатие за државни патишта на Северна Македонија (ЈПДП), финансирано од Светска банка. Конзорциумот од консултанти од Словенија, Швајцарија и Северна Македонија прво ги анализираше постоечките локални практики и достапните податоци за мостовите и ресурсите што ги користи ЈПДП за управување со патната инфраструктура. По овие анализи, се дефинираат барањата за имплементација на нов BMS систем за надградба на постоечкиот систем за управување со патишта (RAMS). Следејќи ги глобалните трендови во управувањето со мостовите и регионалните карактеристики на патните мрежи, BMS е дизајниран и приспособен со разгледување на локалните ресурси и практиката на ЈПДП. Подготвени се техничките услови и тендерската документација за избор на изведувач на мерење на состојбата на мостот (BCS). За да се олесни систематската инспекција на мостовите, беше разработена методологија за инспекции и презентирана во обуката и сертификацијата на пет тимови инспектори на изведувачот на БЦС. За да им се помогне на идните инспектори на мостови, беше составен сеопфатен каталог на штети со описи и фотографии на штети од различни степени на сите критични елементи на мостот. Донесена е методологија за изработка на инвестициски план за мостови, за да се овозможи оптимално одлучување за одржување, а подготвена е и соодветната тендерска документација со техничките барања за аналитичкиот модул во рамките на BMS.

Клучни зборови

систем за управување со мостови, истражување на состојбата на мостот, инвестициски план за мостови, методологија за инспекции на мостови, каталог на штети

Abstract

The paper presents the development and implementation of a bridge management system (BMS) in the Public Company for State Roads of North Macedonia (PESR), financed by the World Bank. The consortium of consultants from Slovenia, Switzerland and North Macedonia first analysed existing local practices and available data on bridges and resources used by PESR for road infrastructure management. Following these analyses, the requirements for the implementation of a new BMS system are defined to upgrade the existing road management system (RAMS). Following global trends in bridge management and regional characteristics of road networks, a BMS is designed and tailored with consideration of local resources and the practice of PESR. The technical requirements and tender documentation for selecting a bridge condition survey (BCS) contractor was prepared. To facilitate the systematic inspection of bridges, a methodology for inspections was elaborated and presented in the training and certification of five teams of inspectors of the BCS contractor. To help future bridge inspectors, a comprehensive catalogue of damages was compiled with descriptions and photographs of damages of various degrees on all critical elements of a bridge. A methodology for the preparation of a bridge investment plan was adopted to enable optimal decision-making on maintenance, and the related tender documentation with technical requirements for the bridge analytical module within BMS were prepared.

Key words

bridge management system, bridge condition survey, bridge investment plan, methodology for bridge inspections, catalogue of damages

1. INTRODUCTION

Bridges represent critical links of transportation infrastructure both on the network and local levels. With timely and proactive management, owners/operators aim to ensure that they are safe for all road users and that maintenance and renovation resources are optimally utilised. The prudent management of bridges relies on periodic inspections, which comprise data collection on the current condition and recording of changes compared to the previous inspection, to alert the operator if significant damages are detected so that timely action is taken. These actions can be either maintenance, rehabilitation or reconstruction and may include traffic restrictions if necessary.

The first conditions for successfully launching a bridge management system (BMS) are a reliable inventory of bridges and up-to-date information on their condition or damage [1]. Some European countries, including North Macedonia, do not yet have such bridge management systems or are just introducing them. In 2017, the Public Enterprise for State Roads (PESR) established the Road Asset Management System (RAMS) with the help of the World Bank. In 2019, PESR prepared an international tender to supplement the RAMS with a BMS module and strengthen the RAMS unit with BMS experts. A consortium of consultants from Slovenia, Switzerland and North Macedonia acquired the job.

2. ASSESSING THE STATE OF BRIDGES IN EUROPE

Many methodologies exist to inspect bridges, from simple ones, based on the damage assessment of structural elements or assemblies, to more complex ones at the level of individual damage assessment. The main goal of all of them is to determine the actual condition of the structures. The HEROAD project [2], funded by the European Road and Infrastructure Agencies (CEDR), analysed how engineering structures are inspected and assessed in different European countries. The report investigated procedures for inspection, measurement and control of highway structures from 15 countries and structural safety assessment practices from 8 countries.

The analysis showed that all analysed countries used some bridge management system. They had common roots and accounted for similar factors but were interpreted differently. Regarding inspections, measurement and control practices for road facilities, it concluded that:

1. All countries collected most information on bridges and less detailed information on tunnels. Culverts and retaining walls were a big unknown throughout Europe.
2. All countries used some bridge management systems. Still, the measures chosen were primarily based on the structure's condition and not on other important factors such as structural safety, remaining life and lifetime costs. In some countries, these factors have become increasingly important.
3. Although similar, the types of inspections differed regarding the required staff training and the time between inspections.
4. Quality control of collected information was not part of most data acquisition systems.

The structural safety was calculated from the structure's capacity, considering the results of inspections and traffic loads [3]. Depending on the applied calculation methods, it was expressed by rating factor, reliability index, or probability of failure. Concerning structural safety, the HEROAD report noted:

1. Only some countries had structural safety calculation regulations or recommendations that included information about actual/measured load capacity and performance under measured traffic loads.
2. European countries with many road bridges, like France, Germany, Italy, Poland and Spain, did not have specific procedures for assessing the safety of existing bridges. They generally applied modified bridge design rules. France and Spain allowed lower safety factors for materials or dead loads. Germany did not allow a safety level

reduction compared to the design of new bridges. Such a conservative approach resulted in higher rehabilitation financial inputs than necessary.

3. Actual traffic loads varied by more than 30% from country to country. As a result, bridges designed according to the same Eurocode [4] were safer in some countries than in others. An extreme example with less safe bridges was the Netherlands, with a liberal policy regarding special heavy transports. Although most countries collected the actual axle loads data of the vehicles with weigh-in-motion (WIM) systems, only Austria and Slovenia [5] used WIM data to optimise the bridge safety calculation.
4. Only Finland and Lithuania certified bridge inspectors. Elsewhere the selection of qualified inspectors was optional. The quality control of the collected information was similarly poor. Only the Czech Republic and Finland systematically checked data for inconsistencies, like copying data from previous inspections, improving the condition without any action on the bridge, etc. Road agencies had identified the lack of data quality control as a significant issue that needed attention in the future.

3. MANAGEMENT OF BRIDGES IN NORTH MACEDONIA

The current road network in North Macedonia (Figure 1, left) covers 14,182 km, of which 4,924 km are national roads (242 km highways, 911 km main roads and 3,771 km regional roads), and the remaining 9,258 km are local (municipal) roads [6]. State roads are under the jurisdiction of PESR.

There were no up-to-date records of state road bridges in North Macedonia. Therefore, we prepared a list of 1,268 existing bridges with general data and geolocation; available sources, mainly the list of bridges and AutoCAD drawings from 2004, were used. Bridges built or transferred to PESR jurisdiction after 2004 were identified from Dynatest measurements from 2020 and partly from a review of digital orthophotos and the latest satellite recordings. Figure 1, right, shows the location of bridges on the national road map of North Macedonia.

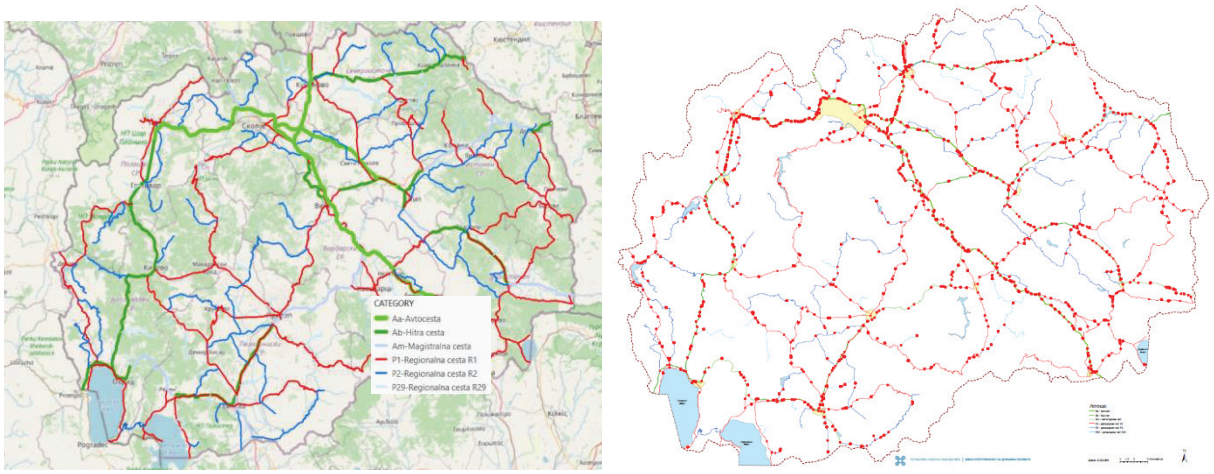


***Fig. 1**: Categories of roads (left) and bridges on regional and national roads in North Macedonia within the competence of PESR (Source: [6])*

According to available data, 75% of structures are built from reinforced concrete. No material information could be found for 266 (21%). The remaining 4% are steel, composite or masonry. Almost two-thirds are bridges, 17% overpasses, 11% underpasses, and 6% viaducts. Only 10% of bridges are longer than 50 m, 29% and 33% are in the 10-20 and 20-50 m ranges, respectively. The numbers are approximate values that need to be verified in the field.

The analysis of the existing bridge management documentation in North Macedonia showed that the inventory was deficient. Before starting the work, we also analysed the local practices, procedures, and tools PESR used to manage the road infrastructure. We combined the European trends of BMS systems with regional characteristics and created a strategic proposal

for the development and implementation of a suitable BMS system that has realistic chances to come to life in the local environment and practice. To implement the BMS system, we have, with the help of PESR, prepared and launched several projects: inspection of all bridges on national roads, development of an application for collecting bridge data, development of software for BMS analytics, upgrading of RAMS for BMS needs and supply of additional hardware and software for BMS implementation tools.

4. DEVELOPMENT OF THE BMS CONCEPT IN NORTH MACEDONIA

Bridge management is a strategic approach that allocates resources for optimal bridge infrastructure maintenance. The BMS also provides information on the minimum necessary maintenance funds so that the infrastructure does not deteriorate too quickly due to insufficient investments. The BMS implementation project in North Macedonia started in September 2020 and included the following tasks:

- establishing and strengthening the BMS function,
- revitalising the PESR for BMS support with a clear division of tasks between its units and contractors,
- preparing procedures for managing data collection and planning activities (maintenance, repair, rehabilitation/reconstruction, closure),
- preparing terms of reference for selecting a contractor for bridge inspections on the national roads,
- preparing terms of reference and support for tenders for the development of BMS software modules and procurement of hardware for expanding the existing IT infrastructure, and
- preparing an investment plan for bridge management.

4.1 Functionalities and components of the BMS system

The main functionality of the BMS is the medium- and long-term planning process and the definition of preventive, corrective and operational measures. These are not specified in detail; their costs are rough estimates supported by experience or inventories of investment costs. The goal is to have a reliable assessment of financial and other needs in advance to avoid unpleasant surprises. In addition, early planning allows one to choose the optimal time for implementation and, as a result, reduces long-term costs.

A BMS system containing all the critical functions presented in Figure 2 must include at least the following five key components:

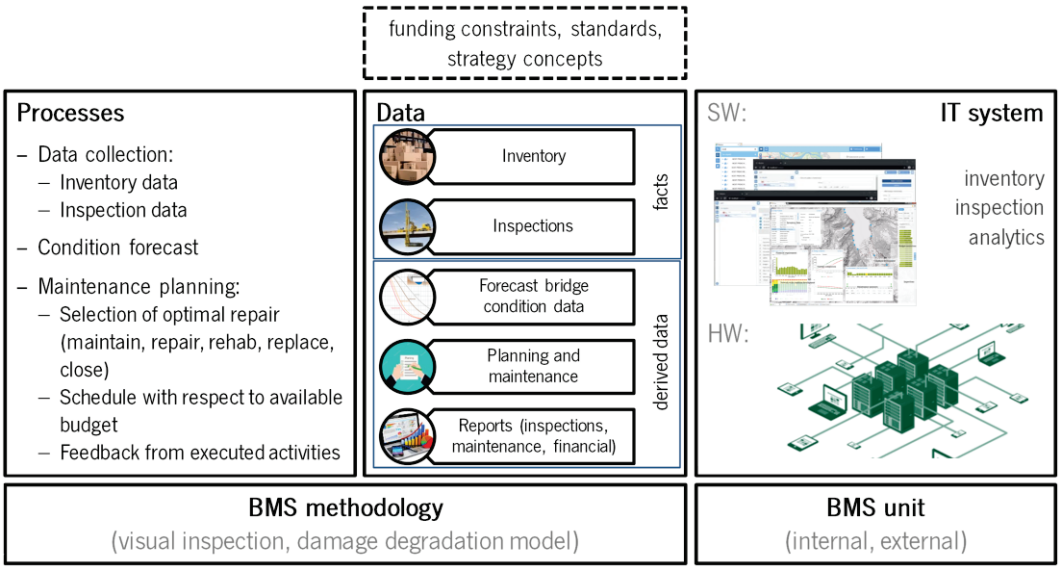


***Fig. 2**: Interactions between BMS components and functionalities (Source: [7])*

- BMS methodology,
- data,
- processes,
- BMS Unit (human resources),
- IT system.

4.2 Inspection methodology

The bridge condition monitoring system in North Macedonia was designed for ease of use but also when used correctly, to give a good insight into the condition of all bridges under PESR management.

The methodology implements periodic inspections, where qualified inspectors assess the bridge condition by selecting damage classes at the level of bridge elements and the entire structure and propose remedial measures. Seventeen element types are defined and arranged in four sets (support structure, superstructure, carriageway and equipment). The number of bridge elements depends on its type and structural design. For each element, the inspector selects the damage class, with values from 1 (“no damage”) to 5 (“critical damage”). A catalogue with text and photographs illustrating damages of various degrees on all critical parts of the structure (Figure 3) assists the inspector in selecting the adequate damage class. The methodology also specifies how to collect general data about the structure, such as bridge ID, location, type, and material. Unlike condition data which changes after each inspection, the general data is only updated after major reconstructions or bridge replacement.

The inspection methodology comprises three main phases:

1) It begins with a preparatory phase, which includes a review of existing documentation and field preparation in a technical sense (provision of roadblocks, necessary equipment, security, etc.).
2) During the on-site phase, the missing general data is verified and supplemented. The bridge damage data is collected at the level of elements and the entire structure following the methodology. Data is collected using paper forms. A dedicated application is under development.
3) The information from phase 2) is used to implement financial plans for the maintenance of bridges, including assessing short- and medium-term costs for renovations and reconstructions.

Periodic inspections are carried out by trained inspectors every five years. They evaluate all bridge parts that are safely accessible without special devices (e.g. hoist or ladder). Difficult-to-access elements are inspected with cameras, binoculars or drones. Detection of critical damage requires an additional inspection with special devices or by applying a rope climbing technique.

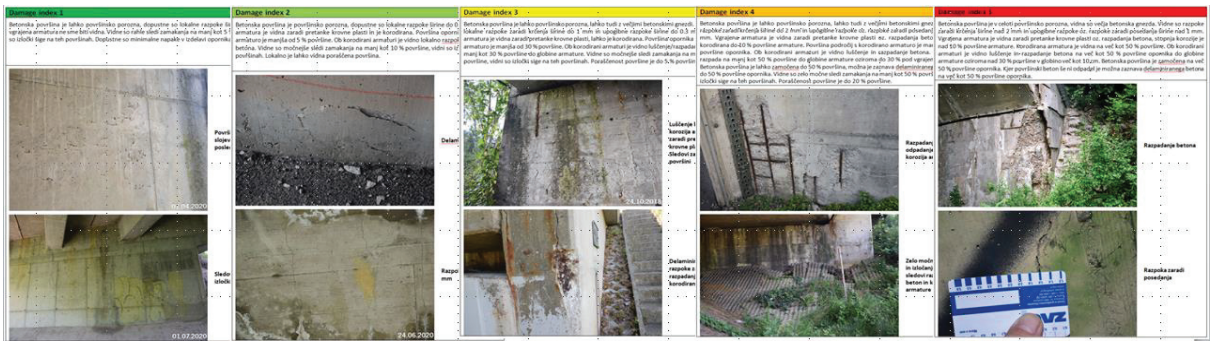


Fig. 3: An example of the description of the damage severity from the damage catalogue (Source: [8])

Based on the above-described BCS methodology, inspections started in August 2022. Five inspection teams have already inspected approximately 300 bridges and collected bridge

inventory and condition data. Figure 4 shows some typical photos from one of the inspected bridges.

Fig. 4: Selected photos of the inspected bridge in North Macedonia (Source: BCS project)

4.3 Methodology for preparation of a bridge investment plan

The crude financial needs for a bridge investment plan (BIP) can be estimated from experience or in a “top-down approach,” e.g. by accounting only for the condition state of the bridge deck area in the analysed network. However, this is only an initial estimate, which should be further refined in a “bottom-up approach”. The idea is to start from elements of bridges and their condition state obtained during inspections. The deterioration of bridge elements over time can be predicted using (stochastic) deterioration mathematical models. The next is to define the corrective measures for various condition states and relate damages to bridge elements. The costs of a specific measure depend on element type/material and treated extent or area. Each maintenance measure needs to have its effectiveness defined, i.e. the influence of its application on the condition state of a bridge element. This predefined set of measures for bridge elements in the analysed network, with defined schedules and related costs, is referred to as a maintenance project.

To estimate an optimal maintenance strategy, discounted long-term costs are optimised for the adopted project (see Figure. 5). Here, the related owner includes the costs of applied maintenance measures in a specified time. The user costs result from bridge closures due to maintenance and can be evaluated considering the additional travel time users spend driving the detours. Without other sources, the unit user costs (EUR/h) can be estimated based on the gross domestic product. Net present value analysis is used to compare costs occurring at different times in a bridge lifetime. Cash flows in the future are discounted to the present value and compared as single numbers. Discounting considers that the same amount of cash received today is more valuable than the one received in the future. There is no standard value for the discount rate in Northern Macedonia. A reasonable rate consistent with agency policy (e.g., between 1-2%) should be selected, reflecting more or less the productivity increase in

the civil engineering industry. In any case, it should be consistently used across all asset types managed by PESR. By setting the (annual) budgetary constraints in the optimisation process, the working program and related financial needs, i.e., a refined BIP is obtained.

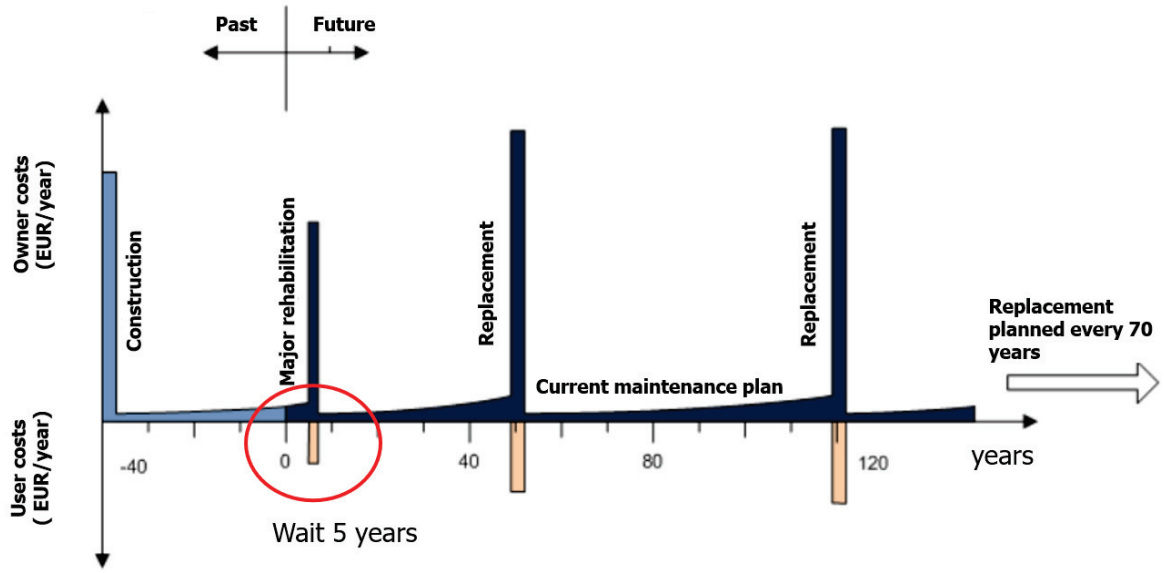


Fig. 5 *Long-term cash flow for a selected maintenance project (Source: [7])*

It is envisioned that the bridge analytical module in the future BMS IT system will incorporate the above-explained methodology and facilitate elaboration of the BIP.

4.4 Bridge Management Unit

Human resources play a key role in the successful implementation of a BMS. For this reason, PESR's existing RAMS unit will be expanded to meet the needs of bridge management. Its main tasks are:

- management of bridge inspection tenders, maintenance and development of information systems,
- control and quality control procedures,
- preparation and management of data on bridges,
- technical non-informational support,
- investment planning.

Due to the critical shortage of personnel at PESR, the operation of the BMS system will require external contractors, which will have to cover activities such as:

- field inspections,
- support for bridge condition forecasts,
- definition of maintenance scenarios, which are the basis for future budget planning,
- support for BMS software and hardware, depending on the scope of the established system.

4.5 Information System

Figure 6 shows the concept of the proposed BMS IT system with basic components:

- (Geo) BMS database, including bridge inventory and condition data, as well as bridge condition forecast data, maintenance plan data and action-taken data,
- a bridge data management application with a separate field data collection module
- analytics module (bridge condition prediction, maintenance and budget planning),
- GIS visualisation of all listed data.

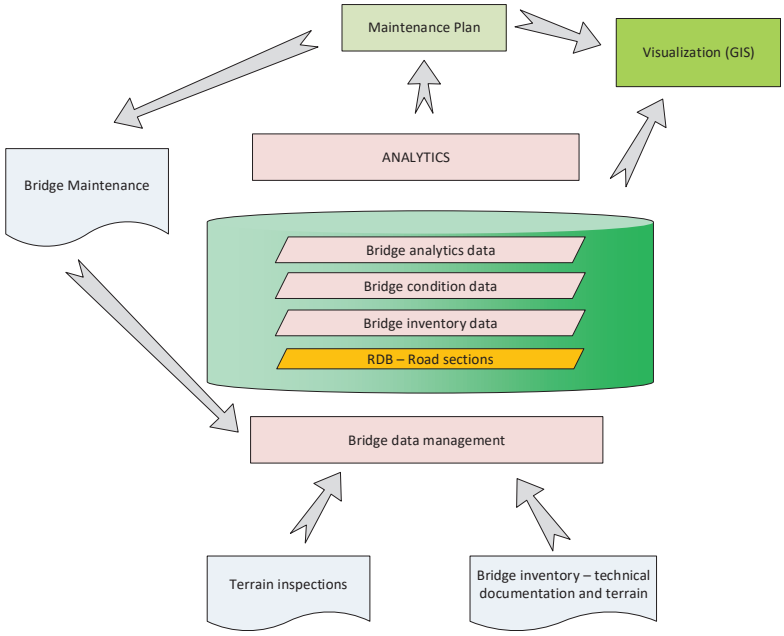


***Fig. 6**: Concept of the BMS information system (Source: [7])*

Since the functionalities required for BMS implementation can be covered with minimal upgrades to the existing RAMS system, it was proposed to:

- upgrade the existing RAMS (RDB module for bridge data management and GIS for display on maps),
- add the Bridge Analytical Module - BAM for forecasting the condition of the bridges and preparing an investment plan,
- develop a module for collecting data on bridges in the field – bridge condition survey software (BCS SW).

As part of the project, we prepared the BMS data model, which is the basis of all modules. For the development of each of them, we have prepared a technical specification for the tender documentation.

Implementing BMS IT systems required expanding the existing IT infrastructure with two additional servers for the virtual environment, a disk array and some workstations and laptops for the BMS team.

5. CONCLUSION

The BMS bridge management system in the Public Enterprise for Roads of the Republic of Macedonia (PESR), which started in 2020, is expected to be implemented in the middle of 2023. With this, for the first time, PESR will obtain a comprehensive record of bridges on national roads and up-to-date data on bridges and their condition. The upgraded state road management system RAMS will store this data in the road data bank and provide visualisation in GIS. An analytical module adapted to the selected bridge inspection methodology will create a bridge maintenance plan based on actual condition data and available financial resources. The initial investment plan will be prepared based on the collected bridge inventory data and the implemented analytical module before the end of the project in 2023. An essential goal of the project is establishing a BMS unit at PESR and transferring knowledge to them. The established system will only be useful if the bridge condition data is regularly updated based on periodic inspections. It is envisaged that future bridge inspections will be carried out by the BMS unit itself or with the help of external contractors, based on the defined bridge inspection methodology, damage catalogue and bridge condition survey software. The analysis and preparation of the maintenance program will be carried out by the BMS unit itself.

6. SOURCES AND LITERATURE

[1] COST 345, Procedures for Assessing Highway Structures, Final report, R. Jordan and A. Žnidarič, Eds., Crowthorne/Ljubljana, cost345.zag.si: TRL/ZAG, 2007.

[2] A. Žnidarič and M. Kreslin, “Structures performance assessment, HeROAD report 2.1,” ERANET Road II, www.fehrl.org/library?id=7052, Ljubljana, 2012.

[3] SAMARIS D30, Guidance for the optimal assessment of highway structures, www.fehrl.org/library?id=5718 ed., A. Žnidarič, Ed., Ljubljana: ZAG, 2006.

[4] EN 1991-2, “Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges,” CEN, Brussels, 2006.

[5] A. Žnidarič, L. Herga, B. Pirman, T. Willenpart, P. Hevka, C. Močnik and D. Ružič, “Management of bridges in Slovenia, National Report,” PIARC - World Road Congress, Seoul, 2015.

[6] PESR, “Road Network,” 24 08 2022. [Online]. Available: http://www.roads.org.mk/255/road-network.

[7] Report of project "Consultancy services for assistance to the Public Enterprise for state roads in carrying out preparatory activities for introduction of bridge management system": Strategic Proposal for the Bridge Management System Functions in North Macedonia, 2020

[8] M. Kreslin, A. Anžlin, L. Bevc, F. Capuder, A. Žnidarič, P. Triller, R. Švraka, D. Fajfar and G. Markovski, “Bridge Inspection Manual,” PESR, Skopje, 2022.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T2 – 7

Дигитализација на инспекција на мостовите

Digitalisation of bridge inspection

Maja Kreslin[1], Petra Triller[2], Aleš Žnidarič[3], Vid Eržen[4], Dušan Fajfar[5], Andraž Krivic[6], Andrej Mesner[7], Andrej Anžlin[8]

[1] PhD, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, maja.kreslin@zag.si
[2] PhD, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, petra.triller@zag.si
[3] PhD, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, ales.znidaric@zag.si
[4] Mr., Igea d.o.o., Slovenia, vid.erzen@igea.si
[5] Msc., Igea d.o.o., Slovenia, dusan.fajfar@igea.si
[6] Bsc., Igea d.o.o., Slovenia, andraz.krivic@igea.si
[7] Bsc., Igea d.o.o., Slovenia, andrej.mesner@igea.si
[8] PhD, Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Slovenia, andrej.anzlin@zag.si

Апстракт

Во последните неколку години, беа изведени неколку развојни проекти поддржани од менаџерите на патната инфраструктура во Словенија за модернизирање на традиционалните техники за инспекција на мостовите со нови технологии. Традиционалните инспекции често бараат специјални возила и бараат долга и скапа работа. Дополнително, потребно е затворање на патиштата, што доведува до застој во сообраќајот и незаменливи индиректни трошоци. Во трудот се претставени главните резултати од развојниот проект во кој беспилотни летала со различни сензори биле користени за собирање на информации за состојбата на мостот. Процесот продолжува со создавање на 3D модел на мостови и мапирање на штети. Резултатите покажуваат дека дигиталните инспекции веќе денес можат силно да ги поддржат традиционалните инспекции на критичните и тешко достапни структурни делови. Помага уште повеќе при деталните прегледи на мостовите, бидејќи делумно го заменува обемното снимање и мапирање на оштетувањата.

Клучни зборови

инспекција на мост, традиционално, дигитално, беспилотно летало, детекција на штета

Abstract

In the last few years, several development projects supported by road infrastructure managers in Slovenia have been performed to modernise traditional bridge inspection techniques with new technologies. The traditional inspections often require special vehicles and require time-consuming and expensive work. Additionally, road closures are needed, leading to traffic congestion and indispensable indirect costs. The paper presents the main results of the development project in which unmanned aerial vehicles with various sensors were used to collect the bridge condition information. The process continues with the creation of the 3D model of bridges and mapping damages. The results show that digital inspections can already today strongly support traditional inspections of critical and hard-to-reach structural parts. It helps even more in detailed inspections of bridges, as it partially replaces extensive recording and mapping of damage.

Key words

bridge inspection, traditional, digital, unmanned aerial vehicle, damage detection

1. INTRODUCTION

The usefulness of digitalised bridge inspections is becoming more and more pronounced, as we can, just by optimising the time of the inspections, directly increase the safety of inspectors and other infrastructure users, since they less exposed to risk situations. Road infrastructure managers in Slovenia have also recognised this. In 2018, we carried out a pilot project on new inspection techniques ([1], [2]), followed by two larger development projects in 2021 and 2022. The purpose of these was to upgrade the traditional bridge inspections. In Slovenia, a methodology based on classic visual inspection methods and non-destructive investigations has been used for 30 years. For major inspections, we use special vehicles or lifting platforms to access all critical elements of the structure. Such an inspection method requires for structures with larger spans that bridge a river or valley more resources, is time-consuming, and poses a significant safety risk. Since it is necessary to ensure at least a partial road closure during the inspection, inspection causes traffic jams and enormous indirect costs in the case of busy roads. Furthermore, structural safety analyses or decisions related to the renovations and/or reconstructions of the bridge need to be supported by a detailed inspection. These are more extensive, as they include detailed damage mapping and various destructive and non-destructive investigations.

The paper presents the main results of the completed development project, “Digitalization of monitoring the condition of bridges on highways in the Republic of Slovenia”. The client, the Slovenian Motorway Agency (DARS), wanted to verify the potential of using modern technologies to monitor the condition of bridges. In the project, we focused on evaluating the quality of digital inspection with an emphasis on mapping delaminations, concrete cracking and reinforcement corrosion.

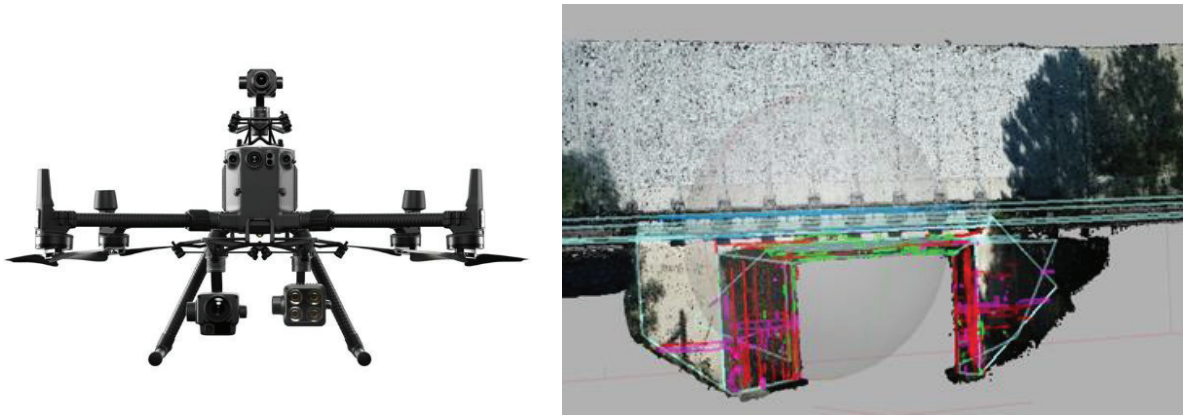


Fig. 1: Unmanned aerial vehicle with sensors (left) and digital model with mapped damages (right).

The following chapter presents the traditional damage mapping process and mapping with digitally captured data (Figure 1). We validated the data for three bridges, an overpass, an underpass and a viaduct. Chapter 4 compares the results for each bridge.

The bridges were in poor or satisfactory condition, with significant damage observed in various components of the structure. Different technical solutions for carrying out inspections were required, including the partial or complete closure of roads, for which we had to address different stakeholders (municipality, infrastructure agency, motorway company). An inspection required renting a bridge inspection platform or using climbers with a rope. Chapter 5 presents the results and validation of the cost-benefit analysis, using diverse scenarios for the technical execution of bridge inspection.

2. MAPPING DAMAGES IN THE TRADITIONAL WAY

The traditional way of inspecting bridges, currently used in Slovenia, is based on visual methods and non-destructive investigations [4]. Generally, the inspection process takes place in several stages, from preparing the plan for carrying out the inspection, implementing the field inspection and preparing the inspection results.

2.1 Preparation of the inspection plan

This phase greatly facilitates the fieldwork and/or the subsequent reporting of the results in the office. As part of the inspection planning, it is necessary to visualise the inspection of the specific bridge in a known location. The plan depends mainly on the type of inspection, the structure's design and location. A plan for bridge inspection with damage mapping requires the following steps:

- acquisition and review of existing documentation related to its design, possible past inspections, and geodetic measurements;
- preview of the bridge to gather information to select the inspection method in terms of access, number of spans, height, necessary equipment, the need for the use of special vehicles, the need to remove vegetation or obstacles, etc.;
- preparation of damage mapping documents, which include geometric information of the structural elements and, during the inspection, allows recording of the location and type of damages;
- the inspection protocol, which defines the bridge inspection procedure, ensures safe access to the bridge and determines the number of inspectors;
- preparation of personal protective and technical equipment that ensures high-quality and safe inspection of the selected bridge.

2.2 Conducting an on-site inspection

The fieldwork starts with ensuring the safety of inspectors and, in case of traffic, its users. The latter case typically requires using a roadblock and signalling. A detailed inspection with damage mapping usually considers the entire bridge, from support- and superstructure, carriageway, corridors and curbs. The inspectors search for delaminated areas by hammering the concrete surface, corroded reinforcement, width and length of cracks in the concrete, steel and asphalt surface, etc. They determine each damage's type, location and size and record it in the prepared mapping templates. After the fieldwork, they edit the photos and notes for in-depth documentation of the inspection results.

2.3 Inspection report

The inspection findings are compiled into a detailed report containing general information about the inspection, a summary of the elements' condition, and referenced photos and plans with mapped damages. Based on the field mapping data, the individual element or part-of-the-structure damage is digitised on ready-made 2D templates using information from the inspection forms or/and systematically captured photos of damages on the structure. The detailed damage mapping documentation must start with a bridge sketch with damage-mapped structural elements. Any drawing with plotted damages must include a legend.

3. MAPPING DAMAGES IN DIGITALISED WAY

The digital way of inspecting bridges can be divided into four main phases:

1. data recording preparation,
2. data recording by unmanned aerial vehicles (UAV) or drones,
3. processing of acquired data and
4. mapping damages on 3D digital targeted models [3].

3.1 Data recording preparation

Data recording preparation involves a thorough analysis of the structure's documentation, in which we examine the available documentation, reports on regular and main inspections and surveying measurements. Based on the findings, the inspector (and UAV pilot) checks the site for the visibility and accessibility of the individual structural elements for personnel and equipment. The field view findings and documentation analysis are prerequisites for flight plan preparation, a document that defines all necessary activities before data capture. It includes basic information about the structure, including its drawing, location and geometric and structural characteristics. The document also sets the legal conditions for the data capture, with the highest emphasis on civil aviation agency authorisations under the European Regulation, which sets out the conditions and rules for UAV management. Furthermore, it considers legal conditions for requiring and setting the roadblocks. The procedural plan for data acquisition collects findings of field view, i.e. the terrain topography, the take-off and landing zone of the drone, and an assessment of in-flight obstacles and associated risks. It also includes a data capture plan that defines the equipment and simulates the data acquisition process.

3.2 On-site data recording

Field data recording shall be carried out once the procedural plan has been approved. Before the flight, the pilot checks weather conditions, checks-in the flight, confirms the equipment and secures the flight area. He/she begins the flight after successfully connecting the control unit and the drone. The drone flies vertically from the take-off point to the intended safe altitude, then directs to the intended structural elements, where it applies sensors to capture the data. The accompanying staff constantly checks that there are no risks on the way, monitors the flight and records the time. After the capture is complete, the drone lands at the runway/landing area, where the sensor unit is replaced if necessary. Optical and laser sensors acquiring bridge data, the element corrosion and cracks, as well as the sensors, which record potential concrete delamination based on temperature differences, are used.

3.3 Processing of acquired data

All acquired data is transferred to a graphics station, which processes it with predefined parameters into a usable 3D format. The result is a point cloud and a 3D surface model. The point cloud is a structurally unrelated set of 3D points processed from data captured by sensors on the drone. The point cloud is prepared in the digital LAS format (ASPRS LASer format), a standard format for results of spatial processing. Based on the point cloud, the graphics station generates a 3D surface digital model, representing an upgrade of the point cloud. The three-dimensional structure of the model is added to the visualised data of optical or thermal sensors with geo-referenced photos. We end with a combination of a point cloud and photo parts that fill triangulated space between the points. This creates the most realistic visualised state comparable to human sight in the field.

3.4 Damage mapping on digital models

Damage mapping on the structure's digital models represents the next phase of digital inspection. It defines the damage data model according to the requirements of the bridge condition methodology. This way, critical damage, segmented by different elements and the scope of the damage, is defined. The symbology of the display is also defined. On a 3D structural model, thermal and optical imagery is determined and mapped by damaged locations according to the data model. The mapped damage shapes are attached directly to the 3D model and are fully geo-referenced.

4. COMPARISONS OF THE RESULTS

Traditionally and digitally identified damages on three representative bridges have been compared [5], focusing on the critical types of damage for reinforced concrete bridges: delamination, concrete cracks and corrosion of reinforcement. The comparison has been made at the element level of the individual structural components, emphasising the support- and superstructure. Figure 2 shows an example of digitally and traditionally identified damages (cracks, delamination, corrosion) for the selected abutment of the underpass, one of the representative bridges in the project.

For each inspected element and considered damage, the matching estimates of the extension and locations of the damage were given according to the selected criteria. The overall assessment of damage compliance between digital and traditional inspection methods was given by engineering judgement and included both - damage extension and location matching. A summary of the results for the three representative bridges, depending on the damage type, is collected in table 1.

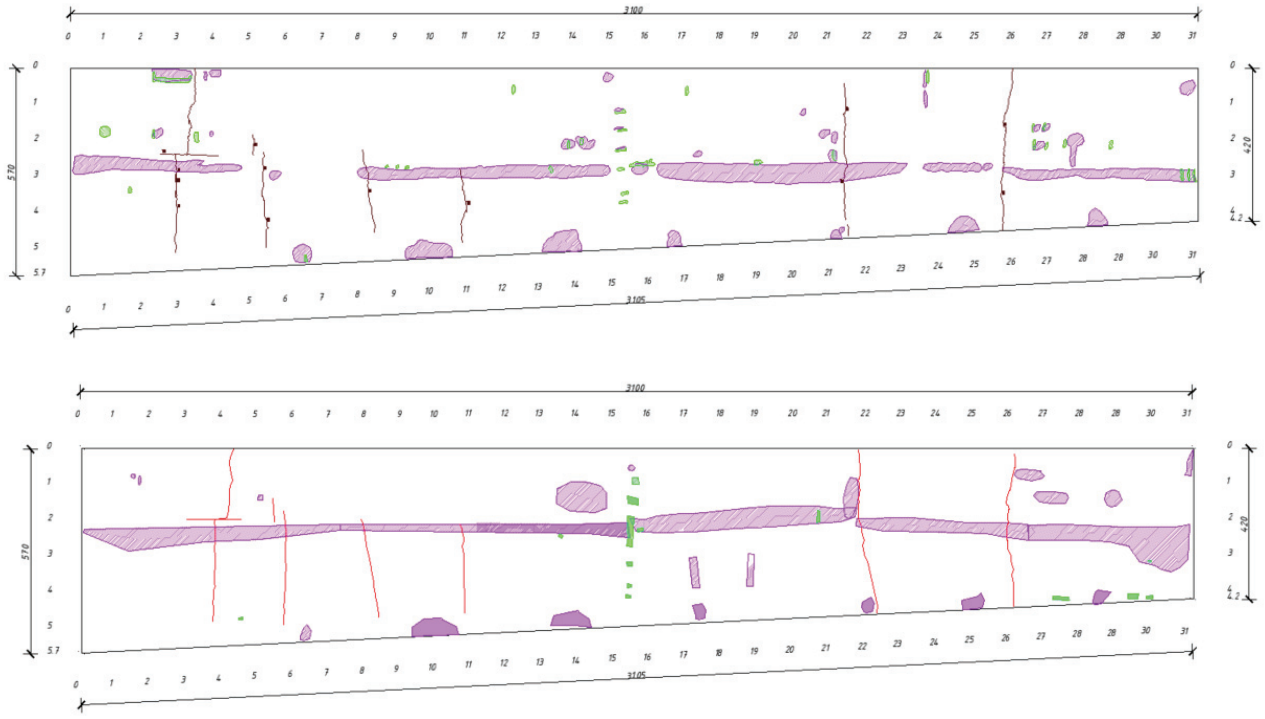


Fig. 2: Damage detection results taken in the traditional way (above) and as acquired from the digital model (below). Legend: delamination – purple hatch, corrosion – green, cracks (> 0,6 mm) – red.

Table 1. The validation of damages extension and locations, digital versus traditional inspections

Type of bridge	Structural components	Type of damages		
		Delamination	Corrosion	Cracks (> 0,6 mm)
Underpass (small)	Superstructure – slab	3	3	3*
	Support structure	2 do 3	2 do 3	3
Overpass (medium)	Superstructure – slab with beams	2	2	3*
	Support structure	3	2 do 3	2 do 3
Viaduct (large)	Superstructure – slab with T beams	1	3*	3*
	Support structure	2	3*	3*

1 – unsatisfactory matching (deviation > 50,00 %)
2 – satisfactory matching (deviation 25,01-50,00 %)
3 – good matching (deviation ≤ 25,00 %)
* - no damage was detected with traditional and digital inspection

Comparisons of the traditional and digital damage mapping show that for the two most important structural components, better results were obtained on the support- than on the superstructure for all types of damages (Table 1). The digital damage detection efficiency depends on the type and location of the superstructure subelements. For slabs, the digital methods can already largely replace the traditional method, while for beam-and-slab bridges, the digital method needs support from the traditional method, especially for more demanding structures, where limited accessibility reduces the manipulation of drones.

The results show that the digital method is, to a certain extent, suitable for detecting all types of considered damages - concrete delamination, reinforcement corrosion and concrete cracks wider than 0.6 mm. Thinner cracks were also identified but could not be measured. Digital detections of corrosion have been evaluated as satisfactory or good. Digital detection of delaminated parts based on thermal images was less effective. It covered all matching ranges - from unsatisfactory detection on the superstructure to a good match with traditional inspections on the support structure. A conclusion was that successful detection of concrete delamination with thermal imaging requires adequate experience to choose the optimal ambient and structure temperature conditions during recording.

5. COST-BENEFIT ANALYSIS

A cost-benefit analysis has been made for three scenarios of detailed inspection with mapping damages:

- *traditional* inspection,
- *current* digital inspection, according to the current results,
- *potential* digital inspection, according to the potential of developed technology

Traditional inspection presents detailed bridge inspection with mapping damages without performing non-destructive and destructive tests. The bridge inspector expert carries out this type of inspection following the procedure described in chapter 2.

Current digital inspection is based on today's possibility of introducing remote sensing methods in the inspection process. We assumed that the final result of the digital inspection should be comparable with the results obtained in a traditional way. Digital inspection should be carried out by a traditional bridge inspection expert and a digital technology expert who performs data

acquisition and creates a digital model. *Potential digital inspection* represents a realistic possibility of digital inspection in the near future.

Based on the development project results, we made a cost-benefit analysis for all three ways of carrying out detailed inspections with damage mapping [6]. The results show the following:

- Reduction of fieldwork is an essential advantage of digital inspection, as it increases the safety of inspectors and other infrastructure users. Additionally, it reduces the indirect costs caused by congestion related to road closures.
- Currently, the direct costs of digital inspection for smaller and medium bridges are comparable to those of traditional inspection, whereas, for larger bridges, they are already lower. In the case of a *potential* digital inspection - the work could be performed entirely in the "office" using targeted digital models – only inspection of the critical parts of the bridge would be done in a field. Analyses show that the costs of the potential digital inspection would be lower for all three representative bridges.
- In digital inspection, the cost of fieldwork, road closures and bridge inspection vehicle rentals are reduced, whereas the cost of preparing the plan, documenting the results and other costs, such as equipment depreciation, increase.
- When performing a digital inspection, in addition to bridge condition data, we obtain additional information that can be used for many other purposes.
- Despite many challenges, the digital method represents excellent potential for inspecting bridges.

Figure 3 shows the relative cost of current and potential digital inspection versus the cost of a traditional inspection. Results are shown for three representative bridges.

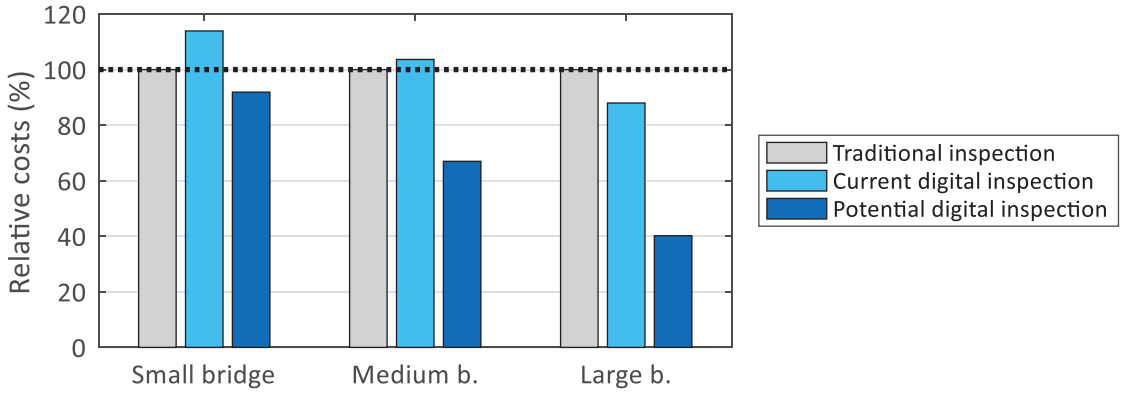


Fig. 3: Relative costs of inspections

6. CONCLUSION

Digitalised monitoring of bridges is no longer a matter of the future, as it can already optimise the existing classical scanning methods. This is confirmed by the results of the development project "Digitalization of monitoring bridge facilities on motorways and express roads in the Republic of Slovenia". We can use digital scanning today to support bridge inspections, especially the detailed ones, which include extensive damage mapping. By producing the targeted digital models, we can also optimise management and investment steps, such as the design of conceptual solutions for reconstruction, rehabilitation, design, control and ultimately maintenance.

Digital scanning requires the participation of various experts at all implementation stages, as it involves advanced knowledge about bridges, informatics and geodesy. In addition to

construction and bridge design experts, it includes drone operators and geoinformatics experts who process the data, produce digital models and records the damage.

The indirect effects of digital scanning have not been evaluated in detail. However, digital screening undoubtedly reduces traffic congestion or increases traffic fluidity, a significant factor in urban centres. It improves the safety of inspectors, who often work at height. Last but not least, it puts the bridge inspector profession in a modern context and makes it attractive to the young generation.

At the same time, we must not ignore the long-term multiplier effect of digital monitoring, including the integration of digital twins with building information modelling (BIM) solutions. They complement the elements of the digital model with information on embedded materials, conditions, maintenance plans, potential investments, etc. Development opportunities also allow for the inclusion of digital models in designing remediation and integrating information into existing digital models. More advanced solutions will enable the advancement of information science in terms of digital content storage and upgrades and optimisation of applied solutions. We expect that machine learning and the development of artificial intelligence will soon play a significant role in the automation of damage mapping and damage recognition processes, which should speed up the implementation of digital inspection of bridges.

7. REFERENCES

[1]. Kreslin M., Anžlin A., Žnidarič A. and Kalin J. (2018). Report ZAG No. 576/18-620-1. Determination of the condition of bridges based on modern methods of remote sensing (in Slovene). ZAG, Ljubljana.

[2]. Žnidarič, A., Kreslin, M., Anžlin, A., Krivic, A. (2020). Detection of delaminated and cracked concrete with unmanned aerial vehicles. Routes. 2020, no. 386, str. 29-32.

[3]. Eržen V., Krivic A., Fajfar D., Anžlin A., Kreslin M., Triller P. (2021). P1.2 – Report on the digitalisation of bridges. Report of the development project “Digitalization of monitoring the condition of bridge structures on highways and expressways in the Republic of Slovenia”” (in Slovene)

[4]. Kreslin M., Triller P., Anžlin A. (2021). P2.1-1 – Report on procedure for traditional detail inspection with mapping damages. Report of the development project “Digitalization of monitoring the condition of bridge structures on highways and expressways in the Republic of Slovenia”” (in Slovene)

[5]. Kreslin M., Eržen V., Triller P., Krivic A., Anžlin A., Fajfar D. (2021). P2.2 – Report on comparison of results obtained by traditional and digital inspection. Report of the development project “Digitalization of monitoring the condition of bridge structures on highways and expressways in the Republic of Slovenia”” (in Slovene)

[6]. Kreslin M., Triller P., Eržen V., Anžlin A., Krivic A., Fajfar D. (2022). P3.1 – Report on the cost-benefit analysis of implementing digital monitoring of the condition of bridges. Report of the development project “Digitalization of monitoring the condition of bridge structures on highways and expressways in the Republic of Slovenia”” (in Slovene)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 8

Дигитализација и сензор технологија … клуч за успехот?

Digitalization and sensor technology…the key to success?

Ersun Görener[1]
[1] Dipl.-Ing., infraTest Digital Solutions GmbH, Germany, goerener@infratestdigital.de

Апстракт

Од суштинско значење е следењето на вредностите во асфалтниот коловоз ПО асфалтирањето. Всушност, не знаеме што се случува во коловозот по асфалтирањето. Вложивме многу напор во димензионирање на мешавини каде што користиме емпириски температурни распределби. Претежно се заснова на температурата на воздухот и користење на модели за вертикалниот ефект од него.

Ова резултира со теоретска претпоставка за вертикалната дистрибуција на температурата. Работењето на овој начин не ги зема предвид регионалните и локалните особености. Сенките на површината на патот, различните агрегатни бои на површината кои имаат или може да имаат влијание врз вертикалната распределба на температурата.

Користејќи нови сензори и технологии за пренос, можно е да се измерат овие типови вредности и да се пренесуваат безжично. Ова дава комплетен нов изглед за проектирање на патиштата и помага да се разбере што се случува внатре.

Клучни зборови

Asphalt 4.0, Cloud системи, дигитална мрежа, технологија на сензори, следење на температурата

Abstract

The monitoring of values in the asphalt pavement AFTER the paving is essential. Actually we do not know what is happening in the pavement after the paving. We put a lot of effort in mix design where we use empiric temperature distributions. Mostly based on air temperature and using models for the vertical effect of it.

This results in theoretical assumption on the vertical temperature distribution. Working this way doesn't take into account the regional and local peculiarities. Shadows on the road surface, different aggregate colours on the surface have or may have impacts on the vertical temperature distribution.

Using new sensors and transmission technologies it is possible to measure these type of values and transmit them wireless. This gives a complete new outlook for the design of roads and help to understand what is happening inside.

Key words

Asphalt 4.0, Cloud Systems, Digital Network, Sensor Technology, Temperature Monitoring

1. INTRODUCTION

The monitoring of values in the asphalt pavement AFTER the paving is essential. Actually we do not know what is happening in the pavement after the paving. We put a lot of effort in mix design where we use empiric temperature distributions. Mostly based on air temperature and using models for the vertical effect of it.

This results in theoretical assumption on the vertical temperature distribution. Working this way doesn't take into account the regional and local peculiarities. Shadows on the road surface, different aggregate colours on the surface have or may have impacts on the vertical temperature distribution.

Using new sensors and transmission technologies it is possible to measure these type of values and transmit them wireless. This gives a complete new outlook for the design of roads and help to understand what is happening inside.

2. THE COMPLEXITY OF THE ASPHALT BUSINESS

2.1 Road Construction

Asphalt road construction is a highly complex system consisting of various work steps and institutions. In this case to be mentioned:

- Bitumen Production
- Aggregate Production
- Asphalt Production
- Asphalt Paving

In addition, all four units are supplemented by their own or third-party laboratories to guarantee the quality of the individual products and to set up the recipe for the final product.

The resulting quality of the asphalt and its durability further depends on many external factors such as:

- Traffic load
- Traffic type
- Bitumen Type
- Aggregate composition (sometimes based on availability)
- Asphalt type (mix design)
- Temperature outside and inside the asphalt

From all these parameters is the temperature the one which is the most difficult to handle. The influence of temperature is immense. You have to take care about the production temperature, about the paving temperature and of the traffic release temperature. These are values which you have to consider during the first steps of the process. Later on the temperature and the temperature swift between cold and warm will affect the asphalt pavement.

3. THE IMPORTANCE OF DATA & ASSET MANAGEMENT

Our transport network, whether private or public represents a high, important asset. Thus, it is common practice to invest a lot of resources in the strategic maintenance of the road network. In particular, pavement management concepts are used to enable strategic maintenance.

This all sounds very good. However, the essentials are still missing. Often the essential historical information is missing. Which asphalt is it, who produced the asphalt, which binder was used, which formulation was used, what are the results of the control test, when was the asphalt last laid, when was it possibly renewed, etc., etc.?

All these data usually exist or were at least generated in the past. They are also generated day by day in the present. Accordingly, it is necessary to collect all this data (**Fig. 1**) and to make it available via interfaces if required. This requires an intelligent system that can only succeed through the cooperation of all those involved.

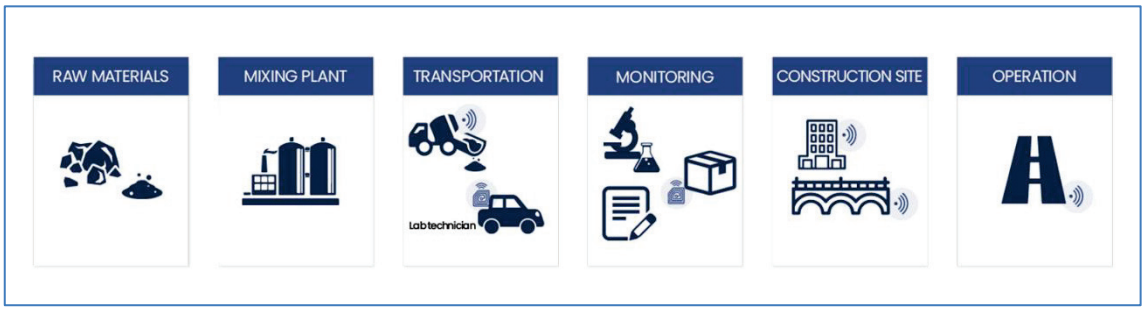


Fig. 1: Data Collection Points

Collecting and using these type of data will lead in a better understanding of the road network.

4. EXTENDED MONITORING

4.1 Traffic release / when it's the right time (temperature)

The release for traffic depends directly on the temperature of the compacted asphalt layer. To avoid problems which can occur when the asphalt layer is too hot, it is common to define minimum time limits after that the pavement is released for traffic. For example in Germany it is required to wait minimum 24, up to 36 hours after the paving and compaction.

However, the industry is changing.

- New type of bitumen and asphalt results in lower asphalt temperatures
- Rush hour in municipalities makes it impossible to meet long cooling times
- Changed climate conditions result in changed cooling behaviour

At this point it becomes necessary to determine the temperature in the asphalt core. This can be done by temperature sensors placed in the layer during paving (**Fig. 2**). These type of sensors have different transmitting technologies. Bluetooth is the most suitable technology for this application.

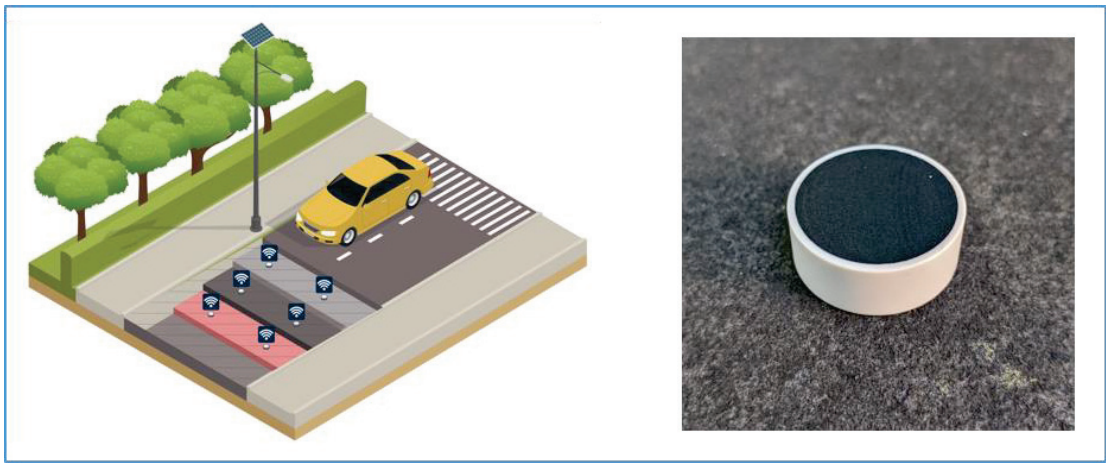


Fig. 2: Bluetooth based Temperature Sensors in the Asphalt layer

4.2 Temperature Monitoring at exactly one point

Same type of sensors but based on RFID technology can be used for a long term temperature monitoring in the asphalt in a special depth. Different than the “Bluetooth” type these sensors are equipped with a data storage system. The data (Time / Temperature) can be read out with a special Reader and be displayed as in **Figure 3**. This has to be done at place. An online monitoring is not possible.

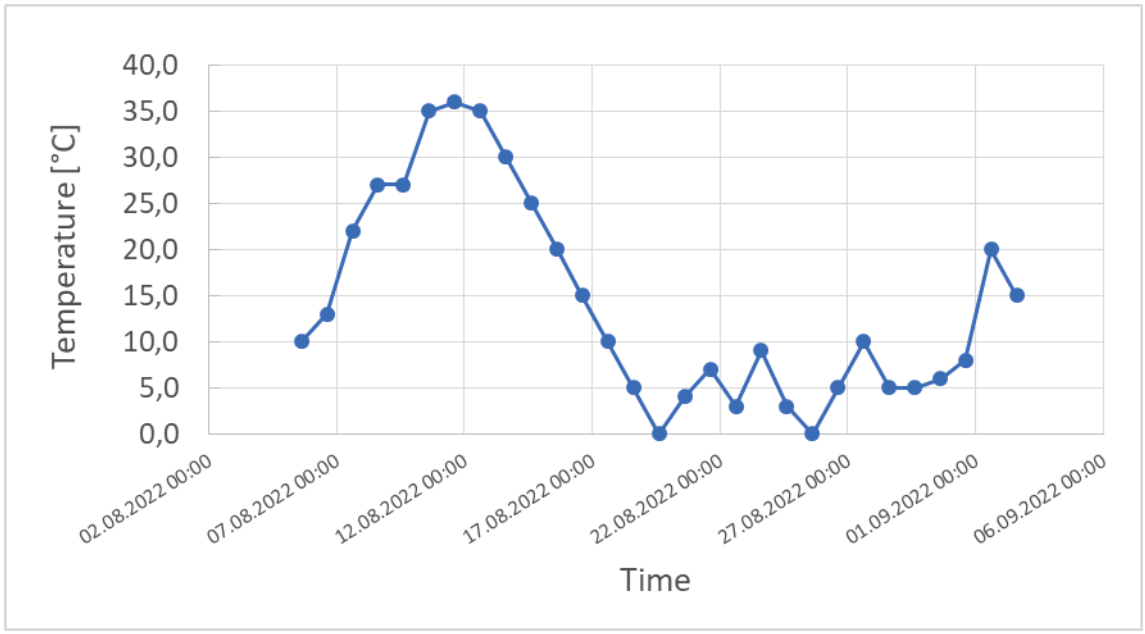


Fig. 3: Measured temperature at exactly one point in the asphalt layer

4.3 Wireless vertical temperature monitoring

Knowing how the ambient temperature affects the temperature in the asphalt layers is very important. The entire layer thickness dimensioning of the road structure, especially the performance-based dimensioning, is based on this knowledge.

Time-unlimited recording of the vertical temperature distribution in the asphalt is meanwhile state of the art. Using this technology it is possible to see the layer temperature in different depths, measured and monitored 24/7 online in real time.

The vertical temperature distribution is measured with an intelligent drill core, shown in **Figure 4** in the depths -1 cm / -5 cm / -10 cm / -15 cm / -20 cm / -25 cm.

Fig. 4: Intelligent drill core

The measured data is transmitted wireless using the LoRaWAN technology. The transmission range of this sensor is:

- up to 15 km in open area
- up to 2 km in cities

The sensors connect to a LoRa-Gateway which is connected to a Dashboard where the results are saved and also be displayed in real-time online, as shown in **Figure 5**.

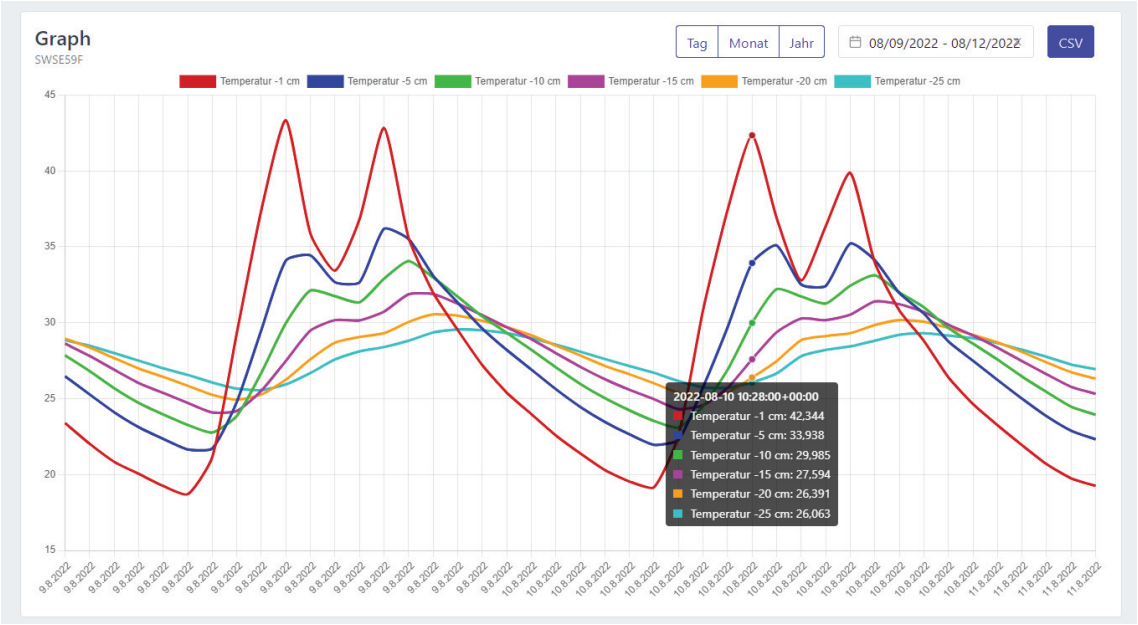


Fig. 5: Vertical Temperature distribution during two days in different depths

The areas of application for these type of technology is nearly unlimited. In this extreme phase where we are facing immense temperature changes worldwide it is more than important to monitor the temperature and to react immediately once facing temperature heat up in the Pavement.

Also it is interesting to see the effect of shadows. Looking back again to **figure 5** it is noticeable that the surface temperature (-1 cm) cools down by 10 °C. The reason for this is a tree, which casts its shadow at noon. This can have an immense effect on the thickness design in municipalities with a lot of shadow structures because of high buildings.

5. CONCLUSIONS

The use of new technologies will give us a better understanding of road construction in the future. New technologies will enable and, above all, facilitate communication between the different sectors of the industry. New types of sensors and digital IOT solutions form a new basis, especially for quality control. The Road Construction industry is straight at the beginning of digitalization processes. To reach ASPHALT 4.0 it will be mandatory to focus on this workfield.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 9

Интелигентно управување со средства – PEHKO проект

Intelligent asset management – PEHKO project

Timo Saarenketo[1], Annele Matintupa[2], Jan Filipovsky[3]
[1] Asc. Prof., Roadscanners Oy, Finland, timo.saarenketo@roadscanners.com
[2] MsC., Roadscanners Oy, Finland, annele.matintupa@roadscanners.com
[3] MsC., PhD., Roadscanners Central Europe, Czech Republic, jan.filipovsky@roadscanners.com

Апстракт

Предизвиците со асфалтираните јавни патишта поради падот на буџетите предизвикаа зголемување на стапките на влошување на коловозот и заостанати буџети. Проектот PEHKO беше воспоставен за да го реши овој проблем користејќи иновативни концепти за управување со средствата за патишта. Основната идеја и цел на проектот PEHKO е да се подобрат практиките и политиките во одржувањето и управувањето со асфалтираните патишта и со тоа да се подобри состојбата на асфалтираната патна мрежа или барем да се задржи на сегашното ниво со користење на помалку ресурси. Проектот PEHKO, исто така, дава вредни информации за трошоците за животниот циклус на асфалтираните патишта и за факторите кои имаат најголемо влијание врз нив. Целта е да се откријат „најслабите алки“ кои влијаат на годишните трошоци за асфалтирање на патната мрежа и да се изнајдат нови решенија за да се решат овие проблеми – да се зголеми продуктивноста на практиките за одржување на асфалтираните патишта. Резултатите и решенијата од проектот PEHKO ја добија наградата за глобално достигнување на патиштата 2018 од Меѓународната федерација за патишта.

Клучни зборови

FWD, GPR, ласерски скенер, PEHKO, RDSV, проактивен, асфалтирање, одржување

Abstract

Challenges with paved public roads due to declines in budgets has caused an increase in pavement deterioration rates and budget backlog. PEHKO project was established to solve this problem using innovative road asset management concepts. The basic idea and goal for the PEHKO project is to improve practices and policies in paved road maintenance and management and thereby improve the condition of the paved road network, or at least keep it at the current level using less resources. PEHKO project also produce valuable information about the life cycle costs of paved roads and about the factors that have the greatest impact on them. The goal is to detect the “weakest links” that affect the annual paving costs of the road network and to find new solutions to fix these problems – and increase the productivity of paved road maintenance practices. PEHKO project results and solutions wins the Global Road Achievement Award 2018 by the International Road Federation’s.

Key words

FWD, GPR, Laser Scanner, PEHKO, RDSV, proactive, paving, maintenance

1. GENERAL

In 2015 the Roadscanners company started PEHKO project with cooperation with Finnish Road Administration. Since 2015 Roadscanners has been testing a new road asset management concept in Finland in three roads districts: Lapland and Central-Finland from 2015 and Uusimaa from 2018 (Figure 1). The PEHKO-project's aim is to enhance the productivity of funding investments and improve the condition of the paved road network, and, in the good road sections, at least keep at the current level with less resources. This goal will be achieved by focusing on three targets:

1) Improving the daily maintenance, especially drainage standards for paved roads. This will lead to increased pavement lifetimes and lower annual paving costs.

2) Applying new non-destructive testing technologies, such as GPR, TSD, Lidar and 3D accelerometers, in the diagnostics of paved roads. These techniques allow engineers to focus their rehabilitation and maintenance measures exactly on the problem sections and address the roots of the problem areas rather than just treating the symptoms– and waiting for the problem to reappear in the same place. Over the recent 10 years deflection measurement techniques from a moving vehicle have been developing fast.

3) Changing maintenance policies from reactive to proactive maintenance. This will mean that maintenance crews fix the potential problem sections before serious pavement damages appear.

Fig. 1: Pilot areas of PEHKO-project.

The critical sections, spread all over the network, covered only 10-20% of the length, but their impact on the annual paving costs was up to 50%. Deficiencies were found in both in pavement structures and daily maintenance operations. Structural problems could be related to too thin pavements or to the effects of new heavy trucks on road sections with soft subgrade soils. Maintenance deficiencies were mainly associated with poor drainage and inadequate winter maintenance.

2. DATA COLLECTION AND ANALYSIS PRINCIPLES

Collecting the functional and structural data from the whole PEHKO road network is made by using GPR, Laser Scanner, 3D accelerometer technology, digital videos and Traffic Speed Deflectometer (TSD) technology. Data collection is performed with Road Doctor Survey Van (RDSV) at one drive (Figure 2), except TSD data, which is collected with specific test truck. Traffic Speed Deflectometer technique (Figure 3) uses laser doppler velocimeters to measure pavement response of a 10 ton trailer axle at a traffic speed of 5 – 80 km/h. From the deflection

velocity the deflection under the wheel can be calculated. Deflections are output at wanted intervals and in this project 10m interval was used. The latest TSD versions enable deflection measurements also behind the wheel, which allows evaluation if the pavement response is elastic or visco-elastic. The benefits of TSD, compared to FWD systems, is that it collects data in traffic speed without any disruption to traffic flow and it simulates the impact of a real truck tire. The dense point interval allows also precise diagnostics. TSD has proven to be very good in network level evaluations.

Ground Penetrating Radar (GPR) is a non-destructive survey method that can be used in researching roads, railways, bridges, airports, environmental objects, etc. Its main advantage is the continuous profile over the road structures and subgrade soils. It is fast and cost-effective, and it is becoming increasingly important survey tool especially on the structural evaluation of low volume roads. A further advantage in road surveys is that it is not intrusive to other traffic using the road.

Laser scanning is a surface mapping technique where the distance of a point is calculated from the travel time of a laser beam from the laser scanner to the target and back. When the laser beam angle is known, and beams are sent out in different directions from a moving vehicle with a known position, it is possible to make a 3d surface image, or “point cloud”, from the road and its surroundings. In the point cloud with millions of points, every point has an x, y and z coordinate and a number of reflections, or remission characteristics.

Accelerometer is a device that measures acceleration forces. When a car drives over a road with roughness, this produces accelerations to the car tire and these accelerations are recorded by the accelerometer assembled to the rear axle of the survey vehicle. Bigger amplitude and shorter wavelength of the roughness produces larger acceleration. In other words, severe road damage produces large accelerations. Together with the GPS-positioning system the measured accelerations can be positioned on the road.

Annually, PEHKO-project collects high accuracy rutting information with lidar and calculates rut growth rates. When this data is combined with GPR data and bearing capacity analysis, it is possible to determine root causes of rut growth and design rehabilitation operations in the most cost-effective manner. Additionally, through the combination of TSD deflection data and GPR pavement thickness, road sections with critical pavement strain can be found and repaired before they fail, and lifetime of the road increases significantly at a lesser cost.

Fig. 2: Roadscanners Road Doctor Survey Van. In the front GPR antennas, lidar system and the cameras on the roof.

Fig. 3: Traffic speed deflectometer truck, IBDIM Poland.

3. ANALYSIS PRINCIPLES

Reacting on weakest links of road condition means for example effect on pavement maintenance. In pavement design or programming the key factor is return on capital with pavement investments over a long term. General goal is towards thicker pavements, because of new heavier trucks, super single tires and higher tire pressures. Measures will be made in much shorter sections than before – the goal is to get more homogenous pavements against pavement fatigue and towards longer lifetimes. The root of the problem will always be fixed instead of fixing the symptoms.

Effect on daily maintenance consist of improvement of problematic drainage sections and ensuring that they stay in good condition. This can be analysed from laser scanner data. Improving drainage around problematic private access road junctions and improving their maintenance standards. New winter maintenance standards require stricter rules for the removal of snow on road shoulders early enough (rather too early than too late).

The basic analysis of GPR and TSD data consist of calculating following parameters: BCI (Base Curvature Index), SCI (Surface Curvature Index), horizontal strain of pavement, subgrade moduli values and total thickness of pavement. Surface Curvature Index (SCI) and Base Curvature Index (BCI) can be very useful in determining what kind of rutting there is. The SCI is calculated by subtracting the D200 deflection value (or in some countries the D300 mm) from the D0 deflection value. This parameter gives an indication of the stiffness of the pavement and the top part of the unbound base course and through this it gives estimations for Mode 1 rutting. The BCI is calculated by subtracting the D1200 deflection value from the D900 value and is an excellent indicator of how a road structures can spread a wheel load over a weak subgrade in order to reduce the vertical stress at the road structure / subgrade soil interface. If the BCI is high this indicates either Mode 2 rutting or pumping problems. Strain or asphalt moduli can be calculated from FWD or TSD data together with GPR data. On good road sections strains will stay fairly constant at a level of 200 or less, but in sections with Mode 1 deformation problems these strains can increase very quickly, up to a level to 300 – 400 microstrain, as the road approaches the end of its working life.

In PEHKO road network Mode 2 rutting on weak subgrades is a much bigger problem than expected, reason for that are new heavy trucks (Figure 4). In the follow up of these weak subgrade sections, it has been noticed that steel grids in base course (250 mm depth) perform very well against mode 2 rutting. Effect on daily maintenance consist of improvement of problematic drainage sections and ensuring that they stay in good condition. This can be analysed from laser scanner data together with visual evaluation. Improving drainage around problematic private access road junctions and improving their maintenance standards and in winter maintenance stricter requirement for the removal of snow on road are also resulting in better performance on these road sections.

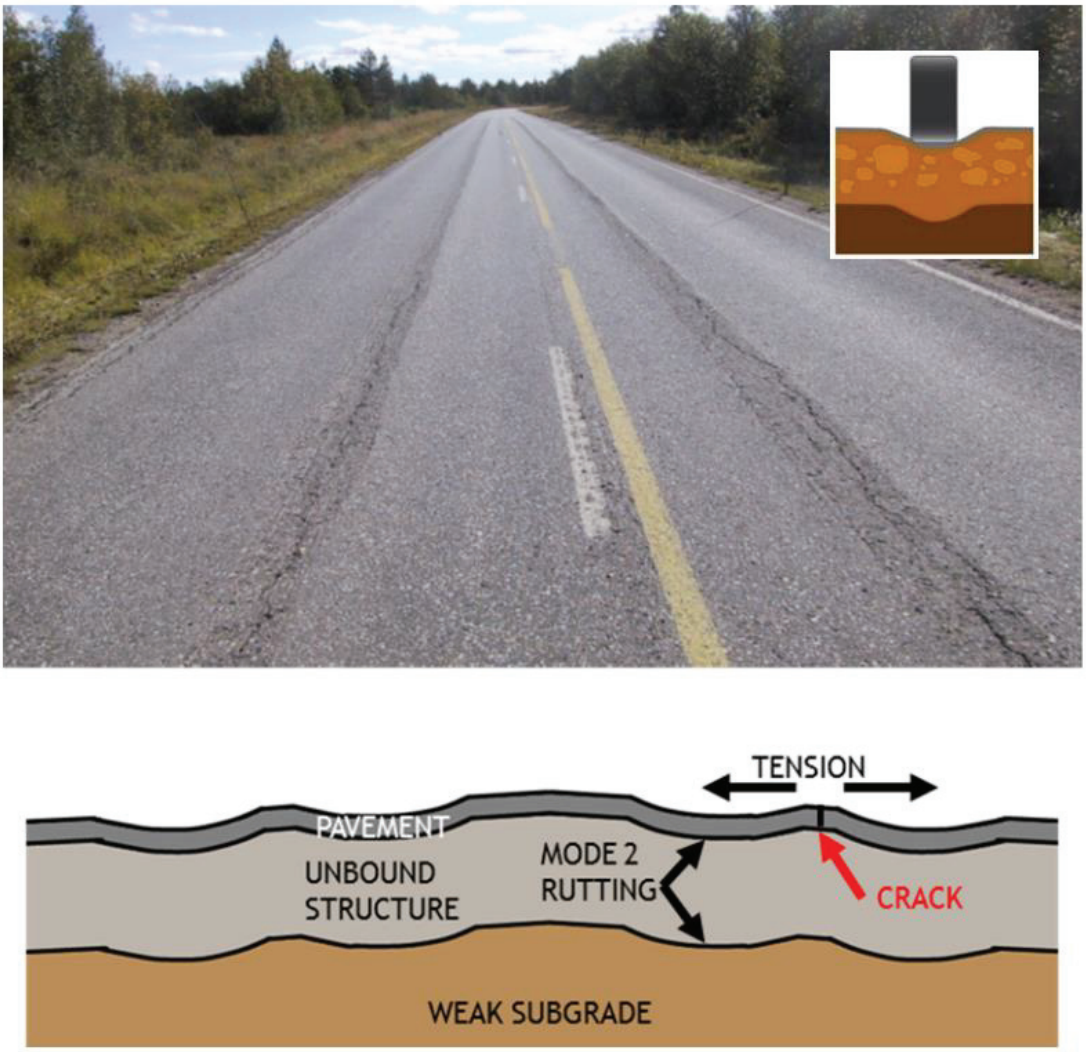


Fig. 4: Heavy trucks and Mode 2 rutting and longitudinal cracking on road sections with weak subgrade.

4. BEARING CAPACITY RESEARCH RESULTS

The data collection from the paved road network in PEHKO project is performed annually. The analysis and selection of road sections that are still in good condition, but close to the end of their lifetime, is done based on the collected data. These sections need adding a new asphalt overlay on them. Analyzing road sections that are suffering from inadequate daily maintenance, improved maintenance standards are required. Locating and analyzing root causes of fast deterioration of the road pavements makes possible to design an optimal repair solution for each section. Continuing annual monitoring of the performance of the road network is the base for proactive maintenance: react immediately if any indication of pavement damage risk appears. Monitor the performance of different kinds of repairs and maintenance solutions.

Permanent deformations in the road structure can be seen from the top of the road structure in the form of rutting. These deformations are also apparent to road users and create risk for traffic safety. Permanent deformations include rutting and vertical imbalance of the road structure. Rutting can be a result of plastic deformation in bound layers, compaction from traffic loads, wearing of the pavement and permanent deformations from the base, sub-base and subgrade and most of the times, a combination of these (Berntsen et al. 2005). Detailed surveys and problem diagnostics based on analytical design makes it possible to make a

lifecycle cost analysis. Key issues in this analysis process are to focus on problematic sections and their repair. Based on the experiences from earlier, the steel grids on soft subgrade problem sections are good solution, which prevents rutting (Figure 5).

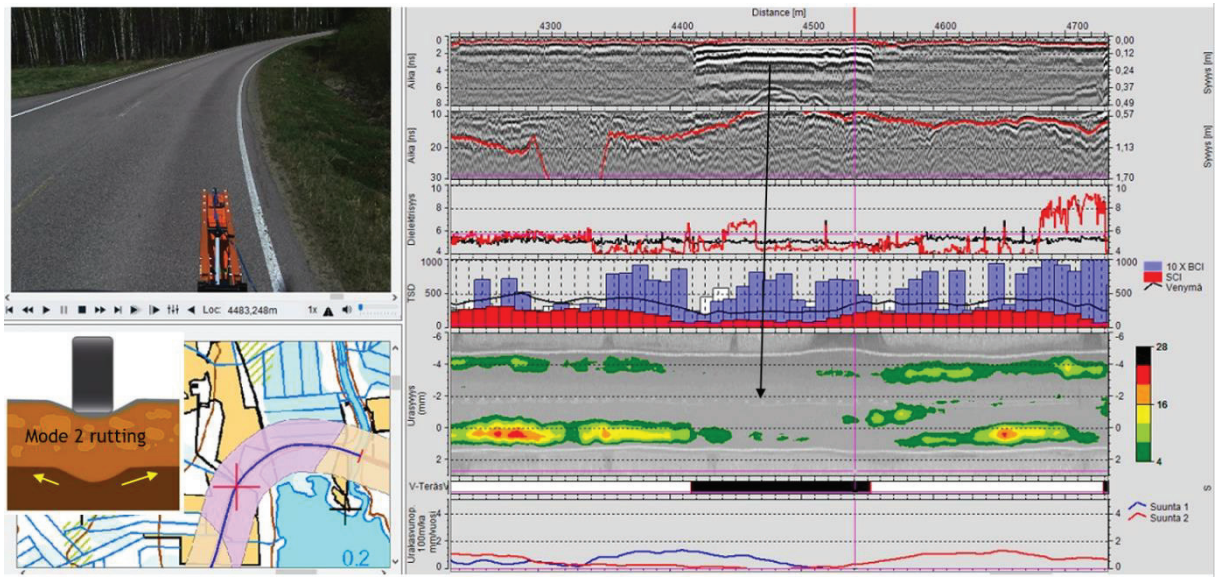


Fig. 5: An example of Mode 2 rutting section, which has been rehabilitated with steelnet. The GPR data (the first two windows) shows the section where steelnet has been installed. BCI values are high during it (violet bars in the middle). Rut map (the fifth window) shows that rutting is minor on this section that elsewhere.

Other key issues in road condition management is drainage condition management. It has been demonstrated through theoretical models and field observations, that if an inadequate drainage is the reason for low bearing capacity and a short lifetime, then it is possible to increase the lifetime at least by a factor of 1.5 – 2 by improving the drainage (Aho et al. 2006). For detailed analysis in the office, it is recommended that the video or still photo data is analysed along with any rutting and roughness history data, if available. Information from the local maintenance crews can also be used to help to identify and classify the problem sections (Aho et al. 2006). A typical “drainage” system consists of following elements: side ditches, outlet ditches, culverts, inner / outer slopes, road structures and underdrains. The general score of road drainage system is dependent on its weakest link. This means that if any of its elements is out of order, the system will not operate as planned and the road is possibly damaged. On the other hand, a well built and maintained road drainage system is very sustainable investment policy. The main advantages of a good drainage system will have lot of positive consequences. Effective removal of rainwater out of the road surface will increase traffic safety and prevent water from infiltrating into the road structure. When the ditches, culverts and outlets work as they should, road structures that stay dry, preventing lowered bearing capacity and in northern conditions, prevent also frost problems (Matintupa et al. 2020).

5. SUMMARY AND CONCLUSIONS

In general, it has been common procedure, that certain road section will be repaved as a whole when some sections are reaching the end of their lifetime. These sections usually include both good and weak performing sections. In reality, the longer sections many times contain only minor parts, that are performing weakly and would require repaving. With the help of the latest NDT-techniques and diagnostics the problematic sections and reasons behind the problems can be identified and the correct rehabilitation operations can be chosen. During PEHKO-

project a lot of different kind of research has been made and new innovations related to paving have been tested. In long lasting project it is easy to follow how the solutions and innovations are performing and also information of pavement lifetime costs will be calculated and verified in real life. If the maintenance costs seem to increase it is easy to recognize the parameters affecting to this. After recognizing the rehabilitation and maintenance guidelines, productivity of paved roads will increase.

The project has been going on now four years and already at this stage significant savings in Lapland and Central-Finland areas has been reached. The annual calculated paving costs have been decreased 20-36% already. The final goal is to halve annual paving costs until year 2025. Based on the results at this point it seems possible to reach this goal. In general. it would mean more than 50 million euros savings in paving costs in Finland. This amount could be directed for example to improve the condition of low volume roads.

6. REFERENCES

[1] Aho, S. and Saarenketo T., 2006. Managing Drainage on Low Volume Roads. Executive summary, Roadex III Project.

[2] Berntsen, G. and Saarenketo T., 2005. Drainage on Low Traffic Volume Roads. Problem description, improvement techniques and life cycle costs, Roadex II Project.

[3] Matintupa A., Pyhähuhta M. and Saarenketo T., 2020. Drainage of Low Volume Roads. eLearning package, ROADEX Network.

[4] Saarenketo T., Pyhähuhta M. and Munro R., 2020. Permanent Deformation. eLearning package, ROADEX Network.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 10

Асфалтни (подолжни и попречни) и бетонски споеви со полимер – модифицирана битуменска лента

Asphalt (longitudinal and transverse) and concrete joints with polymer – modified bitumen tape

Стојанче Стојанов [1], Љубомир Трајчев [2]
[1] дипл. инж. тех., БИМ а.д. Свети Николе, Р.С.Македонија, director@bim.com.mk
[2] м-р. инж. арх., БИМ а.д. Свети Николе, Р.С.Македонија, ljubomir@bim.com.mk

Апстракт

Асфалтните споеви, подолжни или попречни, се неизбежни при процесот на асфалтирање, особено кај поголемите проекти.
Подолжните асфалтни споеви се појавуваат најчесто на средина на коловозната лента, понекогаш и на две места, а се формираат при асфалтирање на нова коловозна лента во допир со постоечката асфалтирана лента. Попречните асфалтни споеви настануваат при прекин на процесот на асфалтирање најчесто на почетокот и крајот.
Бетонски споеви, спој на бетон со асфалт, се најчеста појава на мостовските конструкции, каде што асфалтот допира до бетонски површини.
Овие типови на споеви се слаби точки на патната конструкција и доколку не се третираат правилно при изведбата, се чести причинители за деформитети кои влијаат и од безбедносен и од финансиски аспект на целиот проект.
Во овој труд е даден осврт на материјал и негов начин на вградување, полимер - модифицирана битуменска лента Бикутекс, која служи за спречување на ваквите деформитети и оштетувања.

Клучни зборови

Асфалтни, полимер-модифицирана, споеви, лента.

Abstract

Asphalt joints, whether longitudinal or transverse, are inevitable during the paving process, especially in larger projects.
Longitudinal asphalt joints appear most often in the middle of the roadway, sometimes in two places, and are formed during paving of a new paving lane in contact with the existing paved lane. Transverse asphalt joints occur when the paving process is interrupted, usually at the beginning and end.
Concrete joints, the junction of concrete with asphalt, are the most common occurrence in bridge constructions, where asphalt touches concrete surfaces.
These types of joints are weak points of the road construction and if they are not treated correctly during the construction itself, they are frequent causes of deformities that affect both the safety and financial aspects of the entire project.
In this paper, a material and method of its application is reviewed, polymer-modified bitumen tape Bikuteks, which serves to prevent deformations and damages to these types of joints.

Key words

Asphalt, joints, polymer-modified, tape.

1 ВОВЕД

Проектирањето и квалитетната изведба на патиштата се основа за нивна максимална искористеност со минимум финансиски и еколошки трошоци. Постојат голем број чинители за квалитетно проектирање и изведба на патиштата, некои кои можат однапред да се предвидат или некои дополнително појавени, за да крајниот производ на овој сложен процес ги задоволи сите модерни и современи стандарди на сообраќајниот транспорт.

Покрај проектирањето, кое секако е невозможно без детално проучување на теренот на кој што се проектира, квалитетната изведба е од клучно значење. Како што веќе напоменавме постојат многу фактори за квалитетна изведба кои изведувачот според тековните закони и прописи треба да ги исполни, но во дадени моменти и преку своето искуство, знаење, согласно со условите на терен. Квалитетно извршените работи директно влијаат на безбедносниот и финансискиот епилог на една патна конструкција.

Покрај огромниот број на работи во делот на изведбата, едни од тие работи кои спаѓаат во завршниот процес се и асфалтните и бетонските споеви на завршните слоеви на патната конструкција, на кои ќе се даде осврт во овој труд.

Асфалтните и бетонските споеви се неизбежни при процесот на асфалтирање, особено кај поголемите проекти.

Асфалтните споеви, дали се попречни или подолжни, се појавуваат најчесто заради регулација и непречено движење на сообраќајот, големиот распон на профилот на патната конструкција, прекин на асфалтирање од најразлични причини и сл. Бетонските споеви (се мисли на спој на бетон со асфалт) се најчеста појава на мостовските конструкции или некои други места на патната конструкција каде што асфалтот доаѓа во допир со бетон или бетонски елементи.

И едните и другите, најчесто заради слаба густина на асфалтната мешавина на тие места, се подлежни на рани оштетувања како навлегување на вода и воздух кои подоцна создаваат деформитети, и овие споеви се едни од најслабите точки на патната конструкција на кои истата релативно брзо пропаѓа.

Затоа уште при самото проектирање, а секако и директната изведба, овие споеви – места на патната конструкција треба да се третираат соодветно, за максимален ефект и услуга на истата.

2 ТИПОВИ НА АСФАЛТНИ И БЕТОНСКИ СПОЕВИ, НАЧИНИ НА ИЗРАБОТКА И ТРЕТИРАЊЕ

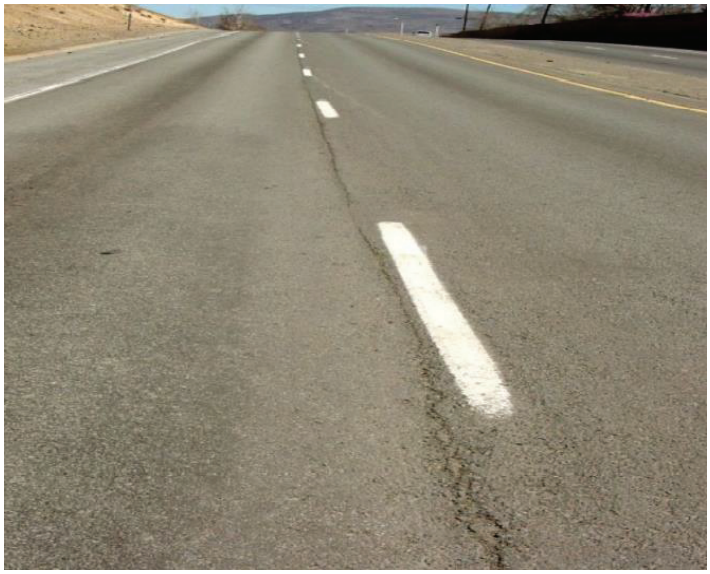
2.1 Типови на асфалтни споеви

Асфалтните споеви во зависност во кој правец се појавуваат во однос на патната конструкција можат да бидат подолжни и попречни.

- **Подолжни асфалтни слоеви**

Подолжните асфалтни споеви се појавуваат најчесто на средина на коловозната лента, а понекогаш и на две места, особено кај поголемите проекти. Причини за тоа најчесто се големината на профилот на патната конструкција или пак потребата од непречено сообраќајно движење на теренот на кој што се врши процесот на асфалтирање. Подолжните асфалтни споеви се формираат при асфалтирање на нова коловозна лента во допир со постоечката асфалтирана лента, независно дали се работи за реконструкција или нов проект. Најчесто се појавуваат и третираат во завршниот слој на профилот на коловозната конструкција.

Асфалтната мешавина од носечкиот слој кај спојот е потешка за обработка и набивање, и како резултат на тоа таа е поретка и со поголеми воздушни празнини, за разлика од повнатрешниот дел на лентата која се асфалтира. Овие воздушни празнини овозможуваат пристап на поголемо количество на вода и воздух кои со различниот температурен опсег постепено ги разградуваат. Во зимниот период доаѓа до замрзнување на навлезената вода, а во летните периоди можноста за поголем парен притисок се главните причинители формирање на испакнатини, а подоцна и за разградување и пропаѓање на асфалтот кај спојот за релативно брз период. Овие деформитети освен на главнот носечки слој, подеднакво наштетуваат и на другите основни слоеви на патот. [1]



Слика 1. Лошо изведен подолжен асфалтен спој
Извор: https://theconstructor.org

Слика 2. Пропаднат и деформиран подолжен асфалтен спој
Извор: http://asphaltmagazine.com

- **Попречни асфалтни споеви**

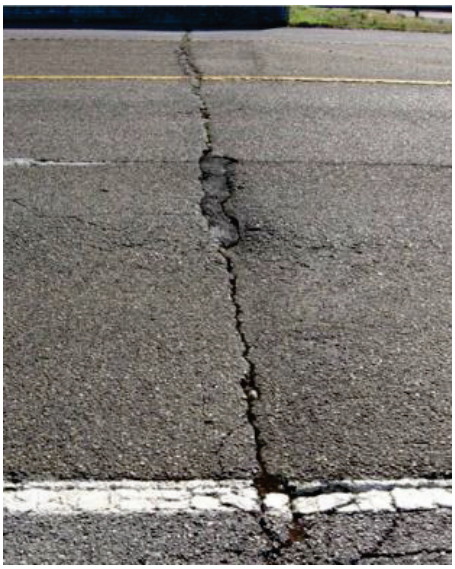
Попречните асфалтни слоеви се појавуваат или на почетокот или на крајот на процесот на асфалтирање, и се во насока нормални на правецот на коловозната конструкција. Нивното појавување е неизбежно при изведувањето на асфалтните работи, но со добра динамика и планирање нивниот број може да се намали на минимум, а со тоа и критичните и слаби точки на патот.

Попречните асфалтни слоеви во зависност од тоа која е причината за нивното појавување се карактеризираат како терминални, односно тоа се оние кои се појавуваат на почетокот и на крајот на процесот на асфалтирање, и градежни кои се појавуваат во текот на изведбата, а се предизвикани од различни причини како од кои најчесто: прекин на работното време, лоши временски услови, проблем во технологија, одложено доставување на асфалт и сл.

Понатаму можат да се поделат на два типа според видот како се изведени. Правилни, под прав агол засечени, а тие се најчесто на терен каде што е запрен сообраќајот и нови проекти или реконструкција на дел од патот, како и засечени под агол каде што сообраќајот е дозволен за движење, кои пред завршување на асфалтирањето се сечат. [2]

Идентично како и подолжните асфалтни слоеви и попречните доколку не се третираат соодветно при изведбата, се сериозни причинители за деформитети и оштетувања на патната конструкција од ист карактер како гореспоменатите, како и намалување на нејзиниот работен век.

Слика 3. Лошо изведен попречен асфалтен спој
Извор: https://roadresource.org



Слика 4. Пропаднат и деформиран попречен асфалтен спој
Извор: https://www.researchgate.net

2.2 Бетонски споеви (асфалт со бетон)

Бетонските споеви, односно спојот на асфалт со бетонски површини од патната конструкција се исто така слаба точка која е можеби уште покомплексна за обработка и постигање на соодветна густина на асфалтната мешавина. Со тоа и можноста за навлегување на вода и опасноста од мрзнење и оштетување на тие делови од коловозната конструкција е уште поголема.

Бетонските споеви, вообичаено се најчести на мостовските конструкции. Најчесто спојот од асфалтот со: бетонските мостовски тротоари, пешачки патеки, како и готови бетонски елементи и сл. Истото се однесува и на други места на коловозот како на пример на спојот кај рабници и сл.

2.3 Начини на изработка и третирање на асфалтните и бетонските споеви

Во поновата историја, особено во САД, се применуваат некои поиновативни пристапи кон подобрување на изработката на овие споеви.

Повеќето се со начини на третирање на постоечката асфалтирана лента на која треба да се надоврзе новоасфалтираната лента, но и третирање со вградување на материјал кој што служи да се подобри густината на асфалтната мешавина кај истите.

Некои од нив се:

- Засекување на работ од постоечката асфалтирана лента, под косина, за да на тој начин се добие поголема површина за набивање на асфалтната мешавина;
- Загревање на работ од постоечката лента, провоцирање на битуменот да излезе на површина и на тој начин се добие поголема лепливост;
- Правење на понизок подолжен спој непосредно до главниот подолжен спој со материјал кој има поголема густина, и на тој начин завршната асфалтна мешавина би била покомпактна;
- Отсекување на поголема површина од крајот на асфалтираната лента која има мала густина, за да се дојде до делот кој што има поголема густина, и асфалтирање на новата со преклопување на старата за поголема сигурност.

- Вградување на материјал, компатибилен со асфалтната мешавина кој ќе послужи да се зголеми нејзината густина на споевите и на тој начин да се спречат несаканите ефекти од нејзино пропаѓање. [1]

Додека кај асфалтните споеви постојат пристапи на обработка и без дополнителен материјал, кај бетонските споеви е препорачливо вградување на материјал од причина што обработката со ваљак на асфалтната мешавина близу бетонските елементи или површини е комплицирана и тешка. Неадекватната густина на асфалтот на тие места и тоа како е потенцијална точка за деформитети и пропаѓање.

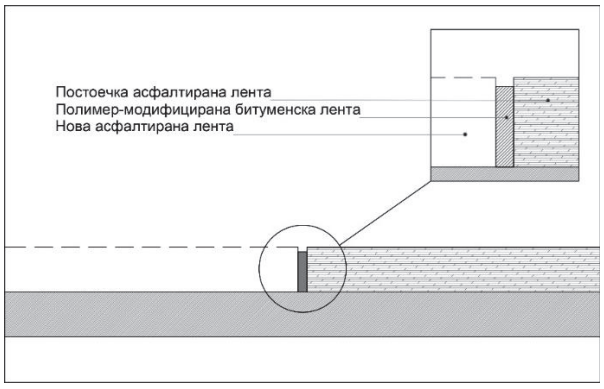
Еден од тие типови на материјали е и полимер – модифицирана битуменска лента која се почесто се користи во големи проекти низ Европа и САД.

3 ПОЛИМЕР – МОДИФИЦИРАНА БИТУМЕНСКА ЛЕНТА (ОПИС, ВИДОВИ И НАЧИН НА ВГРАДУВАЊЕ)

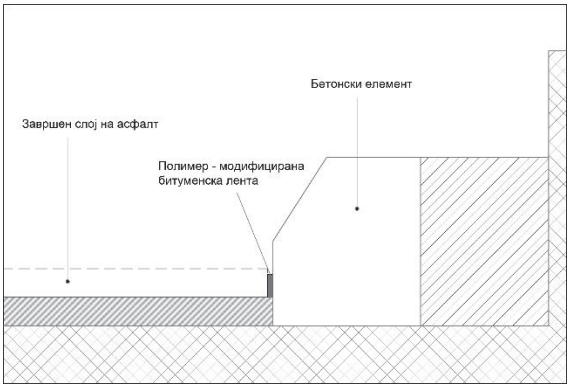
Полимер-модифицирана битуменска лента како материјал во САД и Европа се почесто се користи за исполнување на асфалтните споеви. Пособено наоѓа примена во поголеми проекти каде што има повисоки барања и стандарди, како што се аеродромски писти, автопатишта и градски собраќајници со голема сообраќајна фрекфенција и сл.

Овој материјал е полимер – модифицирана битуменска маса која е излиена во ленти со одредена димензија. Димензиите се варијабилни зависно од дебелината на завршниот слој од коловозната конструкција и производството на лентите може да се прилагоди согласно потребите на проектот. Најчесто се среќаваат во две варијанти: како лента која се вградува по топла постапка, односно со заварување со специјални пламеници /бренери, или пак како самолеплива лента која се вградува по ладна постапка само со натиснување на површината.

Се поставуваат странично на претходно исечен под прав агол завршен асфалтен спој, од првоасфалтираната лента, каде што треба да допре новата лента која се асфалтира. Главната цел на овој материјал е со асфалтирањето на новата лента, температурата на асфалтната мешавина од неа да ја растопи битуменската лента и делот на асфалтниот слој каде што асфалтот има најмала густина да се исполни со битуменската маса. На тој начин се исполнуваат празнините на асфалтната мешавина кај споевите и можноста за навлегување на воздух и вода кои предизвикуваат деформитети е значително намалена.



Слика 5. Детал на поставување на битуменска лента на асфалтен спој
Извор: Автор



Слика 6. Детал на поставување на битуменска лента на бетонски спој – на мост
Извор: Автор

Во Македонија ваков тип на лента се произведува во Фабриката за битуменски изолациони материјали БИМ а.д. Свети Николе под име БИКУТЕКС, во две варијанти, како лента за заварување и како самолеплива лента.

Во овој труд подетално се претставува генералниот опис, типови и начини на вградување на овие битуменски ленти кои што важат како за Европскиот и Светскиот пазар така и за во Македонија за битуменската лента БИКУТЕКС.

Слика 7. Полимер – модифицирана битуменска лента БИКУТЕКС
Извор: ул. Варшавска, Скопје, Македонија

Слика 8. Полимер – модифицирана битуменска лента БИКУТЕКС
Извор: Рехабилитација на пат Фариш - Прилеп

3.1 Опис на полимер – модифицирана лента - Бикутекс

Овие типови на материјал, ленти, се битуменски маси кои во својот состав содржат додатоци на полимер за подобрување на својствата.
Како и повеќето вакви типови на ленти чии опис е генерално ист или сличен, таква е и лентата Бикутекс.
Таа претставува висококвалитетна битуменска лента направена од патен битумен подобрен со полимер со исклучителни својства на растегнување и адхезија.
Лентата се произведува со различни димензии согласно потребите на нарачателот, односно дебелината на завршниот слој на патната конструкција.
Квалитетната полимерна маса на оваа лента има исклучителни својства, како одлична лепливост, отпорност на стареење, голем температурен опсег на издржливост на ниски и високи температури, еластичност и сл.

Табела 1. Лабораториски испитувања на Бикутекс во лабораторија на БИМ а.д

EN норма	Опис на EN метода	Испитувањето се извршува во:	Декларирани резултати	Добиени резултати
EN 1427	ПК на наносна маса: Одредување на точка на омекнување-Метод со прстен и топче	Лабораторија БИМ а.д	≥ 95°C	100°C
EN 13880 - 1	Густина на 25°C	Лабораторија БИМ а.д	≥ 1,1 mg/m^3	1,13 mg/m^3
EN 13880 - 2	Конусна пенетрација на 25°C	Лабораторија БИМ а.д	40 – 130 0,1mm	56

EN 13880 - 3	Пенетрација и повратна еластичност	Лабораторија БИМ а.д	≤ 60 %	52

Извор: Лабораторија БИМ а.д. Свети Николе

3.2 Видови

Како што веќе напоменавме дека најчести два вида од овој материјал кои може да се сретнат се, со заварување и самолеплив, така и Бикутекс лентата може да се појави во две варијанти:

- **Бикутекс** – полимерна маса во лента обложена со лесносогорлива ПЕ фолија, која се вградува со заварување по топла постапка со специјални пламеници;
- **Бикутекс С** - полимерна маса во лента обложена со силиконизирана фолија, која лесно се отстранува при вградување на материјалот, по ладна постапка;

3.3 Начини на вградување

Пред да се отпочне вградувањето на лентата за споеви, од големо значење е припремата на површината каде што се вградува.

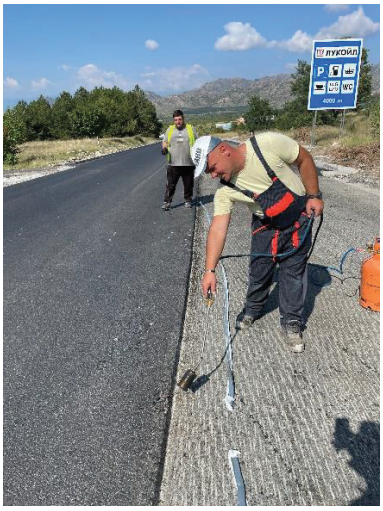
Откако ќе се исече делот од асфалтот од асфалтираната лента кај што треба да се појави асфалтниот спој, површината треба добро да се исчисти од прашина со метење и со дување со компресор, бидејќи прашината предизвикува слаба лепливост на материјалот со асфалтот.

Слика 9. Сечење на асфалт кај спој
Извор: ул. Варшавска, Скопје, Македонија

Слика 10. Чистење на површина со
Извор: ул. Варшавска, Скопје, Македонија

Следен чекор кој се препорачува е загревање на исчистениот спој со пламеници, со цел провоцирање и избивање на површина на битуменот од асфалтната мешавина за поголема лепливост со лентата.

Слика 11. Загревање на исеченият спој
Извор: ул. Варшавска, Скопје, Македонија



Слика 12. Загревање на исеченият спој
Извор: Рехабилитација на пат Фариш - Прилеп

Зависно од видот на битуменската лента за споеви и начинот на вградување е различен, односно генерално се вградуваат по топла или ладна постапка.

- По топла постапка значи дека самата лента, конкретно Бикутекс лентата, се загрева со специјални пламеници/бренери и се лепи на исеченият спој.

  Откако соодветно ќе се припреми подлогата на исеченият дел од асфалтната лента каде што се појавува спојот, засекот кај спојот треба да се загрее со истите бренери со кои се лепи лентата за да избие битуменот од асфалтираната лента за да се постигне подобра лепливост. Битуменската лента која е спакувана во ролни се одмотува и се започнува со лепење странично на засекот. Лепењето е со посебни бренери кои дуваат пропан бутан гас под висока температура и ја топат заштитната ПЕ фолија на лентата и делумно битуменската маса. Паралелно со дување на бренерот треба да се поминува – натиснува лентата на вертикалниот засек со помош на помошен алат – заоблени шипки кои се отпорни на високи температури. При вградувањето се растопува и надворешната ПЕ фолија и со тоа при асфалтирање на нова лента, температурата од асфалтот полесно го растопува Бикутексот.

- По ладна постапка се вградуваат самолепливи битуменски ленти за оваа намена, конкретно во случајот Бикутекс С лентата.

  Подготовката на подлогата во однос на чистење и засекување е иста. Самолепливата лента Бикутекс С е обложена со силиконизирана фолија која при вградувањето лесно се отстранува. Откако ќе се отпочне со лепење на лентата силиконската фолија паралелно се извлекува и лентата се натиснува на засекот. Препорачливо е откако ќе се залепи лентата Бикутекс С повторно да се помине со заоблена шипка како би се осигурала залепеноста на лентата. При пониски температури, најчесто поради итноста на проектите доколку се вградува самолеплива лента Бикутекс С, препорака е пред да се вгради, минимално да се помине со бренер, откако ќе се отстрани силиконската фолија.

За разлика од асфалтните споеви кај бетонските споеви (спојот на асфалт со бетон), пред вградување на лентата на чистата и обеспрашена бетонска површина се премачкува битуменски прајмер, кој откако ќе се исуши се вградува лентата, по топла или по ладна постапка.

Слика 13. Бикутекс – со загревање по топла постапка
Извор: ул. Варшавска, Скопје, Македонија

Слика 14. Бикутекс С– со натиснување по ладна постапка
Извор: Рехабилитација на пат Фариш - Прилеп

Постојат неколку карактеристични препораки и услови за вградување на овие битуменски ленти во однос на временските услови и подлогата.

Полимер – модифицираната битуменска лента, во овој случај Бикутекс лентата, не треба да се вградува во временски услови:

- На дожд, роса или влажност при магла;
- Ако релативната влажност на воздухот е над 85 % ;

Битуменските ленти Бикутекс кои се вградуваат со загревање, најниска работна температура на подлогата треба да е + 10 °C и на воздухот + 10 °C :

Самолепливите битуменски ленти Бикутекс С кои се вградуваат по ладна постапка, најниска работна температура на подлогата треба да е + 20 °C и на воздухот + 20 °C.

Во однос на подлогата:

- Површината на асфалтните споеви треба да е исечена колку е можно поправилно, без поголеми одронувања на фракцијата од асфалтната мешавина;
- Подлогата да е чиста и обеспрашена, без дамки од масла и нафта кои истекуваат од градежните машини во текот на градежните активности;
- Препорака е загревање на асфалтната подлога за подобра лепливост.

4 ЗАКЛУЧОК

Правилната изведба и предвидување на соодветни материјали уште во фаза на проектирање се клучни за квалитетна изработка на асфалтните и бетонските споеви на една патна конструкција.

Овие делови од патот се слаби точки кои подлежат на брзи деформитети и пропаѓања не само на завршниот асфалтен слој, туку и на другите подолни слоеви од патот. Нивната ранливост е во тоа што асфалтната мешавина во тие делови имала помала густина, а со тоа и можноста за навлегување на вода и воздух е многу поголема. На различни температури со тек на време, релативно брз временски период, доаѓа до пропаѓање на споевите а со тоа и самиот пат, и од безбедносна и економска гледна точка.

Полимер – модифицираната битуменска лента е материјал кој докажано ги подобрува асфалтните и бетонските споеви, исполнувајќи ги порите на асфалтната мешавина кај нив, и со тоа влијанијата на надворешните фактори е значително намалена и векот на траење на една патна конструкција е продолжен.

ЛИТЕРАТУРА

[1] http://asphaltmagazine.com/longitudinal-joint-construction-methods/

[2] https://theconstructor.org/transportation/pavement-design/transverse-joints-in-asphalt-pavement/561361/

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 11

БРЗАТА ЛЕНТА ТЕЛ АВИВ – УПРАВУВАЊЕ НА НОТ ЛЕНТА ВО ИЗРАЕЛ –

THE TEL AVIV FAST LANE – HOT LANE MANAGEMENT IN ISRAEL –

Thomas Sachse[1], Harel Hanin[2], Ezra Levy[3], Milan Radivojević[4]

[1]Yunex traffic, Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München, thomas.sachse@yunextraffic.com
[2]Shapir Civil & Marine Engineering Ltd, 12 Bareket st., Petach-Tikva 49170, harelh@shapir.co.il
[3]R.S. Industries (Israel), 4 Hamashbir st., Holon 58855, ezra.levy@rs-traffic.com
[4]Yunex traffic, Omladinskih brigade 90v, 11070 Beograd, milan.radivojevic@yunextraffic.com

Апстракт

Овој труд го опишува концептот на Брзата лента Тел Авив и некои резултати од тригодишното работење. Брзата лента е изградена за да ја подобри состојбата во сообраќајот со тоа што служи како лента за високи патарини (HOT). Додека цените на HOT лентите се засноваат на однапред дефинирани табели или функции во зависност од мерењата, системот опишан овде користи динамички приспособени надоместоци. Алгоритам кој го пресметува надоместокот според моменталната ситуација во сообраќајот, така што квалитетот на сообраќајот на лентата е во својот оптимален опсег во секое време. Новиот и иновативен концепт за контрола на Fast Lane доведе до нови наоди во областа на донесување одлуки и подготвеност за плаќање

Клучни зборови

управување со побарувачката, HOT лента, патарина, динамична патарина

Abstract

This paper describes the concept of the Fast Lane Tel Aviv and some results of three years of operation. The Fast Lane has been built to improve the traffic situation by serving as a High Occupancy Toll (HOT) lane. Whereas pricing of the most HOT lanes is based on predefined tables or functions depending on measurements, the system described in here is using dynamically adapted fees. An algorithm calculates the fee according to the current traffic situation so that the traffic quality of the lane is in its optimum range at any time. The new and innovative control concept of the Fast Lane led to new findings in the areas of decision making and willingness to pay.

Keywords

demand management, HOT lane, toll lane, dynamic toll

1. INTRODUCTION

To fight congestion on Highway No. 1 between Jerusalem and Tel Aviv, one of the most congested highways in Israel, the State of Israel decided in 2004 to initiate a BOT (Build-Operate-Transfer) project for the operation of a single lane HOT lane. Users of that lane shall have a travel time benefit as the traffic quality shall be in an optimum range even at peak periods. Besides the 11 km long HOT lane with ANPR-cameras for enforcement, the project includes a parking area of 2000 parking spaces and the operation of shuttle busses between parking area and the Tel Aviv metropolis. Busses and HOVs will have a free use of the lane. Single drivers, using the fast lane, will have two choices. They either can park their car at the parking area, which has a capacity of 2000 vehicles and use one of the shuttle busses - both services are free of charge - or they can use the Fast Lane for the price which is indicated at the entrances.

In 2006 Shapir Civil & Marine Engineering Ltd won the contract to build and to operate the system for the next 30 years.

2. DESCRIPTION OF THE SYSTEM

Prior to opening of the Fast Lane the Highway #1 leading to Tel Aviv showed recurrent congestion mainly during morning peak hour. Congestion spread over a stretch of nearly 10 km in between Ben Gurion Airport and the intersection with Ayalon Highway. The Fast Lane project has added one lane and where possible a shoulder lane on the right side of the regular highway. On the left side of the road the same width was dedicated to the Fast Lane (= HOT lane).

The HOT lane is divided into two sections of 5 and 6 km length, in between the two sections there is a merging area to enter and exit the P+R-area. The HOT lane system described here comprises a main route (general purpose lane), on which no toll is charged, and a HOT lane which is separated by a barrier from the main highway. To record the traffic situation, detectors are installed upstream of the HOT lane, in the decision-making and merge area (entrance) at the start of the HOT lane and downstream at the lane exit. In addition, measuring points are installed on the HOT lane and on the main route. In the traffic control center, the fee is calculated each minute to dynamically react on the traffic situation. A display panel (VMS) displays the current toll for the HOT lane and the traffic quality on the main route. High occupancy vehicles, busses and vehicles of the operator are allowed to freely enter the HOT lane whereas the required occupancy is adjusted according to the current demand.

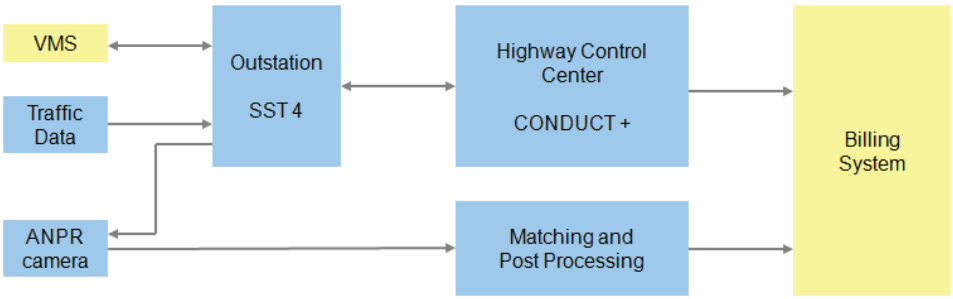


Figure 1: Major Components of the Fast Lane System

Vehicles using the Fast Lane are identified using ANPR-cameras. The current fee and the license plate number are transferred to the billing system for enforcement.

Besides paying vehicles, the Fast Lane is highly frequented by shuttle busses. Drivers who park their car at the parking area can continue their trip to Tel Aviv with shuttle busses. This option is highly accepted by drivers (1) so that the Government is planning to extent the P+R-area by another level (2).

3. THE DYNAMIC TOLL ALGORITHM

Based on the objective that the traffic quality of the Fast Lane shall always be in an optimum range, a new algorithm (3) has been developed. The control algorithm aims to set the toll at such a level that the desired number of vehicles opt for the HOT lane. The desired traffic volume in the HOT lane should lie between the minimum desired traffic volume and the capacity, less all the vehicles that utilize the HOT lane anyway, as they have the necessary occupancy (HOV).

The algorithm has three major components:

- Predictive component (feed forward): With a given overall demand, measured as upstream traffic volume the predictive component sets the toll fee based on the assumed VoT distribution such that the desired number of vehicles travel in the HOT lane as a proportion of the overall demand for the lane.
- Error correction (feedback): The aim of the control system is to automatically maintain dynamic status of a system at a target value (reference variable). The underlying principle is to measure the status of the system and take corrective action based on rules depending on the extent to which the status differs from the reference variable.
- Setting the target volume (outer feedback loop): The target volume on the HOT lane should ensure a certain desired speed level. As speed and volume are fundamentally related, the target volume can be adjusted dynamically depending on the difference of the monitored speed on the HOT lane and a desired reference value, where low speeds lead to lower target volumes and vice versa.

The fee shall be on the one hand as low as possible to fully utilize the lane. On the other hand, it shall be as high as required to guarantee an optimum traffic quality even at peak periods.

4. RESULTS OF THREE YEARS OF OPERATION

The period of three years of operation has shown that the HOT lane is highly accepted by drivers. Since the opening in January 2011 each month more vehicles enter the Fast Lane.

Setting of Required Occupancy

Generally, at the beginning of a HOT lane the required number of car passengers to count as an HOV is indicated. This number is a matter of discussion at other HOT lanes as Guin et al. 2008 (4) are describing. A required occupancy which is too high would increase the demand for the general-purpose lanes. A too low demand would lead to increasing demand for the HOT lane which would result in stop-and-go-traffic and congestion.

To react on the daily situation, to force the building of carpools and to reduce the number of vehicles during peak hours, the required occupancy is dynamically adjusted to the current demand. During low demand periods occupancy of 3+ is indicated at the entrances. During high demand, the sign is changed and will show a required occupancy of 4+. The real occupancy of a vehicle is verified manually at a booth, the HOV must pass at the P+R area.

Accepted Fee

Various studies have been carried out to ascertain the value of time (VoT), e.g., based on stated preference surveys (for example Brownstone and Steimetz 2004 (5) and Burris and Xu 2006 (6)) and analyzing archived HOT lane utilization data (see for example Goodall and Smith 2010 (19) and Liu et al. 2011 (20)).

The assumption of a false VoT distribution quite clearly leads to a different route selection than previously assumed and in turn to too low a level of demand (if the actual VoT is lower than assumed) or too high a level of demand (if the actual VoT is higher than assumed) for the HOT lane. HOT lanes

in the USA charge fees either per use or on a distance base. The fee can vary in between 0.5 US $ and 10 US $ per use (see Chung and Recker 2011(9)).

The minimum fee of the Fast Lane currently is set to 7 NIS (2 US $) for a travelling distance of 11 km. This fee is valid for more than 20 hours of the day. During the morning peak hour, the fee starts rising at about 7 am due to the increasing demand on the highway upstream the entrance. The second reason for an increase of the fee is the decreasing speed and traffic quality on the Fast Lane due to the higher traffic load.

At about 8:45 am the fee has reached its maximum at a level of 85 NIS (25 US $). This fee level is reached on most of the working days. The right graphics of Figure 9 shows a typical time series of the fee on a normal working day.

During the period of the fee being at its maximum height, time travel time savings range from 20 to 40 min for less than 12 km. This would raise the question, whether a VoT of 50 $/hour would be the appropriate estimation of the VoT for the Israeli driver on the Highway #1 during the morning peak hour. To further investigate on the VoT, the frequency of usage has been analyzed by Transver 2012 (10). Transver comes to the result that more than 50 % of the drivers use the Fast Lane only once a month. As most of drivers are paying this high amount once a month these values do not represent a classical value of time, as the driver is only accepting the fee on single days, he is in a hurry due to a planned meeting or an appointment. On all other days he will be using the regular highway and accepting congestion. Thus, means that the driver pays for the reliability of the traffic quality and the reliability of the travel time of the Fast Lane. This reliability is guaranteed by the dynamic adaptation of the fee, which helps the traffic quality of the Fast Lane to be always in its optimal range.

Traffic Situation

To assess the daily traffic situation and to decide on the capacity of the system first contour plots have been drawn. These plots are showing the average speed of vehicles at the different measurement cross sections during the most critical period, the morning peak hour from 6 am to 11 am. For the interpretation of the diagrams, one should know that the maximum allowed speed on Highway #1 is set to 110 km/h, whereas on the Fast Lane it is set to 100 km/h. There are four plots per day which have been compared against each other's. Two plots for the two sections of the HOT lane (Fast Lane Section 1 and Section 2) and two plots for the two sections of the neighboring general-purpose lanes (Highway Section 1 and Section 2). Figure 2 and Figure 3 show the traffic situation of the morning peak hour of a typical working day. The coloring of the graphs is based on the average speed of 1-minute intervals measured at detector cross sections along the road. A green color is related to intervals with a speed of more than 100 km/h, a yellow color represents a speed in between 70 and 100 km/h and a red color indicates a speed below 70 km/h.

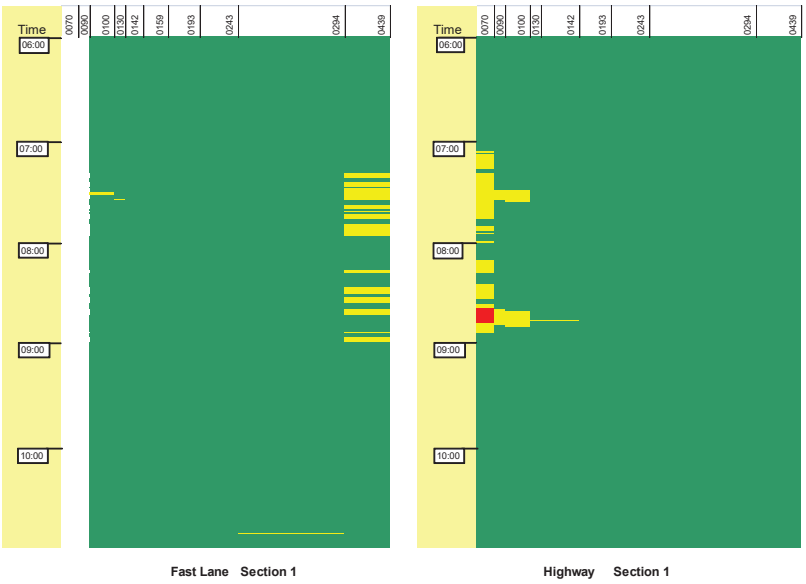


Figure 2: Contour Plots of Fast Lane and regular Highway in Section 1

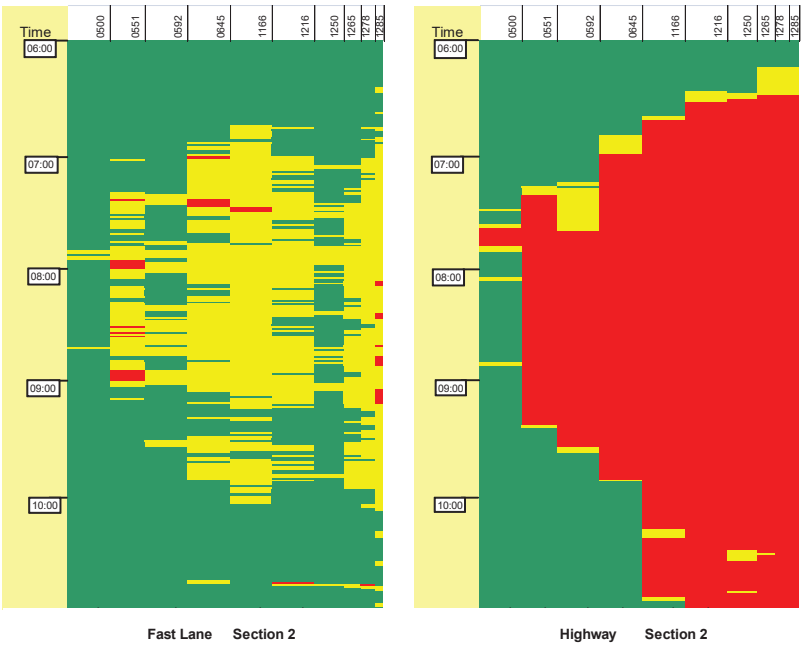


Figure 3: Contour Plots of Fast Lane and regular Highway in Section 2

Section 1 of the Fast Lane (see Figure 2 left) shows perfect conditions with high speeds. Only at the end prior to the merging area of the P+R there is a minimal slowdown of vehicles. Section 1 of the Highway #1 (see Figure 2 right) also shows perfect conditions. Only in the area upstream the entrance of the Fast Lane disturbances can be identified which are caused by lane changing maneuvers. Generally, this first section is performing well during three years of operation.

Section 2 shows a completely different traffic situation and traffic quality than section 1. On Highway #1 (see Figure 3 right) stop and go traffic and congestion starts to occur at 6:30 am, spreading all over the entire section. The maximum length of congestion is reached at 7:45 am. After 9:15 am congestion decreases, due to a decrease of demand. At 11 am half of the second section is still congested. The second section of the Fast Lane (see Figure 3 left) shows minimal disturbances which are similarly shaped as Highway #1 as regards space and time.

The contour plots indicate that there might be a possible relation between the traffic situation on the general purpose lanes and the traffic situation on the HOT lane. This type of traffic behavior can be observed on nearly each working day since the opening of the Fast Lane. Due to the dynamic adaptation of the fee, the traffic quality of the Fast Lane is always in its optimal range and serious congestion as occurring on the general-purpose lanes is avoided.

Capacity

Various research has been investigating the capacity of HOT lanes mainly in the USA. In the majority those lanes are single lanes, separated by lane markings or physical barriers. Most research deals with the situation, that the traffic situation on the HOT lane is influenced by the adjacent general-purpose lanes. For example, recent research of Jang et al. 2012 (11) found that there are two different types of sites which have a decisive influence on the traffic situation on the HOT lane. In facilities with contiguous lanes the traffic situation of the HOT lane is influenced by the congestion situation on the general-purpose lanes whereas buffer separated facilities show no correlation between the two different lane types. Guin et al. 2008 (4) found that the speed of the HOV lane is influenced by the traffic situation and the congestion level on the general-purpose lanes.

To identify different traffic states, fundamental diagrams (volume-speed-relations) have been generated for several cross sections. The fundamental diagram shown in Figure 4 reflects the results from the contour plot analysis of Fast Lane section 1. Even that the Fast Lane is a single lane with an adjacent shoulder lane, high traffic volumes of up to 1600 veh/h with high speeds of 110 km/h can be observed. All traffic volumes stated in this paper are extrapolated hourly volumes based on one-minute measurements. There is a high variation of speeds at low volumes with high speeds up to 140 km/h, which reflects the fact that drivers during free traffic states can individually select their desired speed, even in the fact that there is a speed limit of 100 km/h.

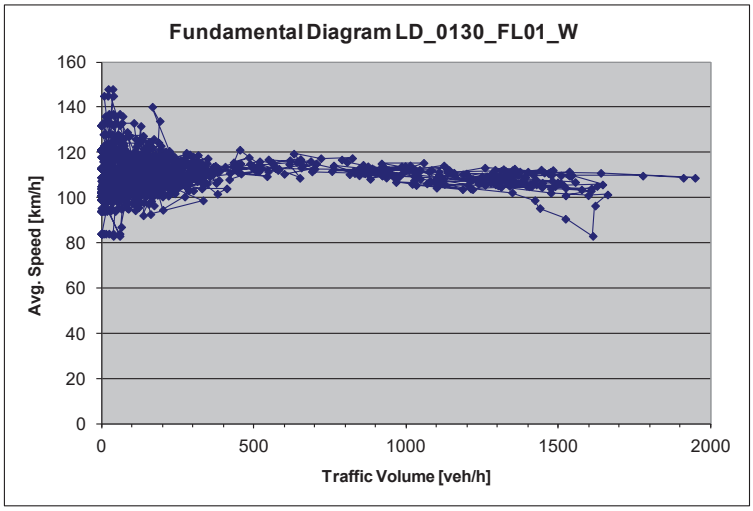


Figure 4: Fundamental diagram of a typical cross section of Fast Lane Section 1

The general-purpose lanes of Highway Section 1 (see Figure 5) which are adjacent to the HOT lane also show perfect traffic quality over all measured traffic volumes. There is minimum variation of speeds and only a slight decrease of the speed at higher volumes.

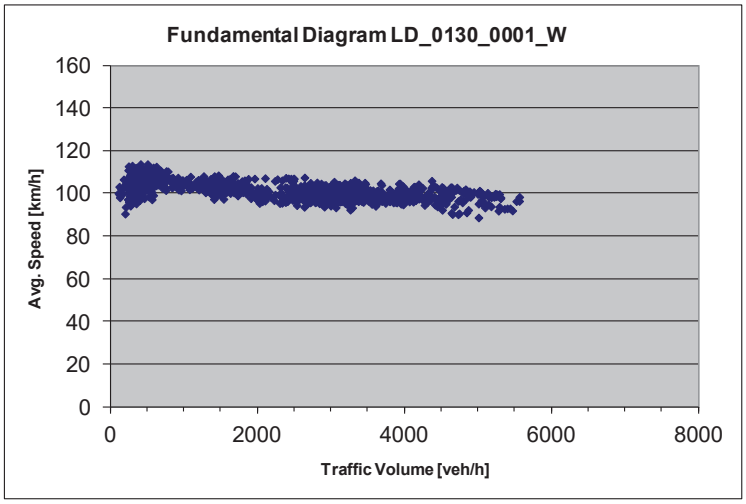


Figure 5: Fundamental diagram of a typical cross section of Highway #1 Section 1

The contour plot of the Fast Lane in section 2 (see Figure 3) has indicated that there are areas where speed can decrease slightly during a short time. This can be also observed in the fundamental diagram of Figure 6. At traffic volumes of 1000 to 1400 veh/h the traffic flow tends to become instable, which is a completely different behavior compared to section 1. This difference is not a result of changed road characteristics, which are the same as in section 1 and therefore can be used for a comparison of both sections of the Fast Lane. The speed nevertheless does not fall below a level of 50 km/h.

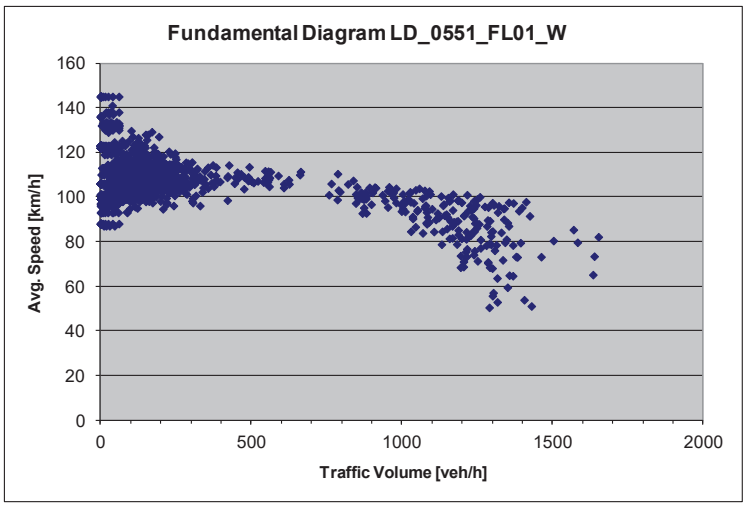


Figure 6: Fundamental diagram of a critical cross section of Fast Lane Section 2

During morning peak hour section 2 of the Highway #1 shows extended congestion which is covering almost the whole section, and which is mainly caused by a tailback due to the merging of two highways at the end of Section 2.

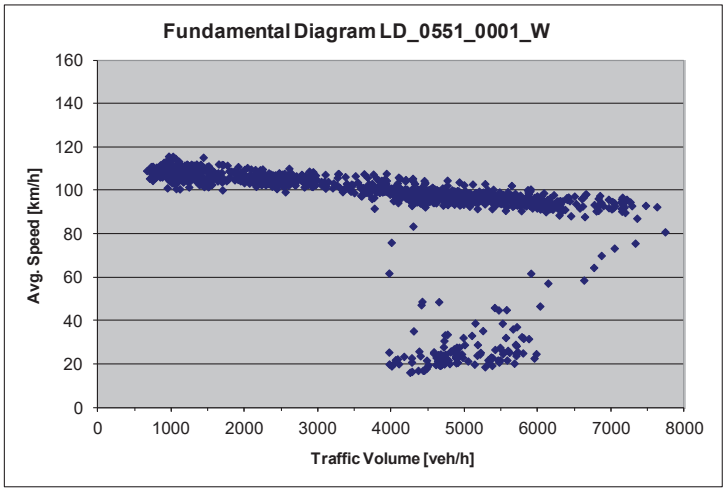


Figure 7: Fundamental diagram of a typical cross section of Highway #1 Section 2

The fundamental diagram of the Highway in section 2 (see Figure 7) – which is derived at the adjacent lanes of Figure 6 – reflects this situation. The diagrams indicate that there is an influence that there is an influence of the traffic situation on the general-purpose lanes onto the HOT lane. To prove this influence, the average speed occurring at the same time interval is analyzed (see Figure 8). The left graphics shows the free flow situation of section 1. At the same time speed on the Fast Lane is equal or higher to the speed of the Highway #1. The right graphics is comparing the average speeds at a cross section in the first third of section 2. Two regimes can be identified, one regime with high speeds and one regime with low speeds. The high-speed regime is identical to section 1. The low-speed regime shows, that if there is congestion on the regular lanes of the Highway #1, there is an influence onto the speed on the Fast Lane.

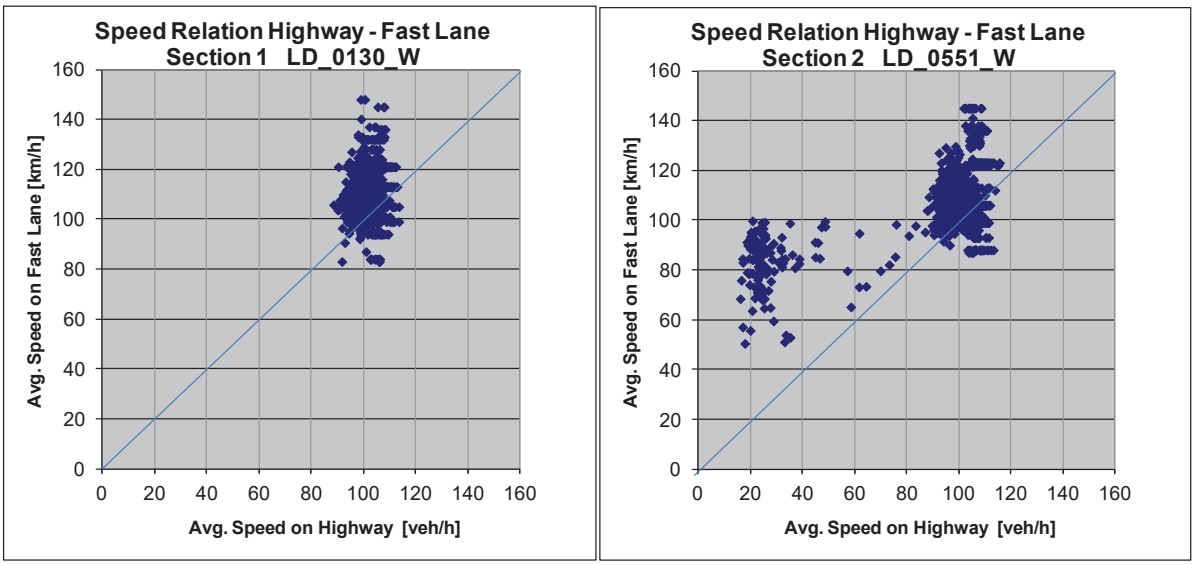


Figure 8: Comparison of adjacent Speeds on Fast Lane and Highway #1

Acceptance and Turning Rate

The Fast Lane to Tel Aviv was opened in January 2011. During the first months the system has been manually operated to learn about the behavior of the Israeli drivers and about the behavior of the dynamic fee algorithm under real traffic conditions. During that time the system parameters have been

adjusted and the algorithm has been optimized according to the observed traffic situations. In the first period of automatic operation the minimum fee was set at 6 NIS and the maximum fee was set at 75 NIS. In the meantime, the minimum fee is set to 7 NIS and the maximum fee has been increased to 85 NIS to margin the number of vehicles during the peak period.

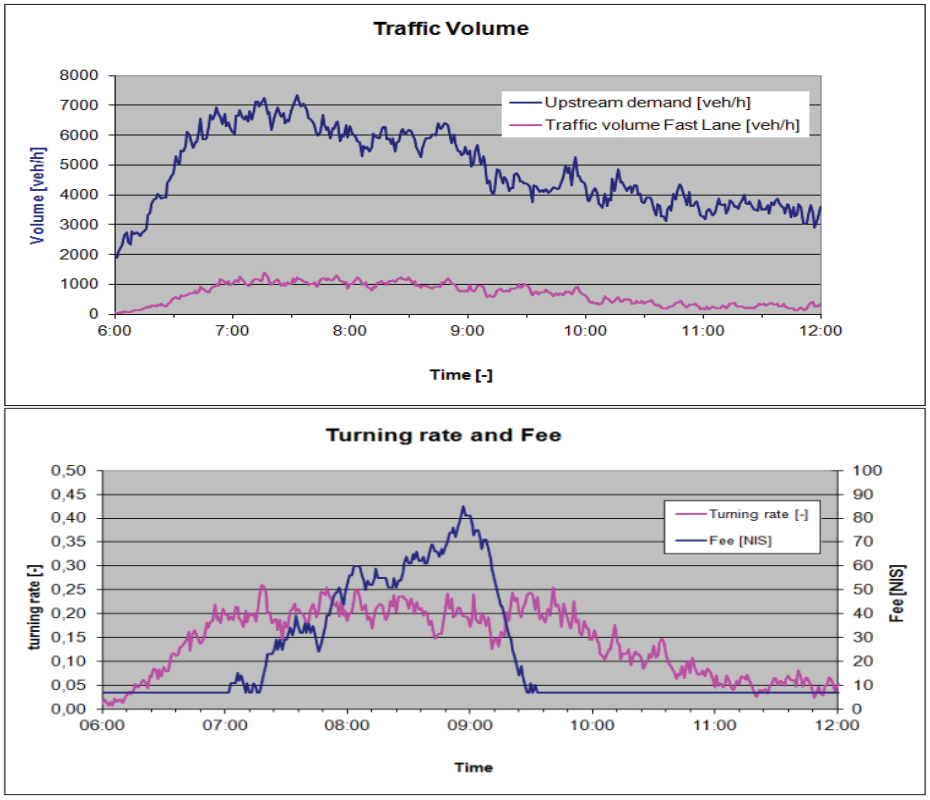


Figure 9: Traffic Volumes (left), Turning Rate and Fee of the Fast Lane System (right)

The left graphics of Figure 9 shows the traffic volume upstream the Fast Lane entrance and the traffic volume on the Fast Lane, which are considered as the general demand of the downstream road sections. During the morning peak period a traffic volume of up to 7200 veh/h has been measured at the three lane upstream cross section. One part of those drivers will decide to enter the Fast Lane and the other part will stay on the regular highway. The right graphics shows the portion of drivers going to the Fast Lane and the related fee at that time. During morning peak hour both the turning rate is increasing during the increase of the demand. The curve is nearly constant with some fluctuations during morning peak hour.

At approximately 7 am the volume of the Fast Lane has reached a value at which a limitation of demand has to be started. To handle this situation and to prevent from congestion on the Fast Lane, the fee has to be increased. In the meantime, the regular highway is congested so that the drivers using the Fast Lane will have a travel time benefit of 30 to 40 minutes. After 9 am the volume of the Fast Lane rapidly decreases due to the reduction of demand whereas congestion on the general-purpose lanes still exists. This indicates that drivers now are accepting the time loss.

This leads to the assumption that there are two different types of users or trip purposes which can be identified. During morning peak hour with congestion on the general-purpose lanes, business commuters are using the Fast Lane to save travel time. Short after 9 am congestion on the general-purpose lanes is still at its maximum, nevertheless the demand for the Fast Lane is decreasing due to the change in the trip purpose as drivers with lower value of time are using the general purpose lanes.

5. SUMMARY

The three years of operation of a HOT lane with dynamic adaptation of the required occupancy and the dynamic adaptation of the toll based on the traffic quality has proven the principle of the concept. Especially the dynamic toll helps to fully utilize the lane and at the same time to prevent from congestion. Two different types of drivers with different trip purposes can be identified from the data. The business commuter during morning peak hour, who is in a hurry due to a meeting, will pay for the reliability of the HOT lane and the saved travel time. The normal driver will choose congestion even in those cases where the fee is at its minimum rate.

The two sections of the Fast Lane which have the same lane characteristics (e.g. lane width), show different capacity, whereas the capacity is mainly influenced by the traffic situation on the adjacent general purpose lanes.

6. REFERENCES

(1) Rimon Rafiah, “Managed Lanes on Park-and-Ride Shuttle into Tel Aviv, Israel: New Developments in Managed Lanes Area”, Poster Session 806, *93rd Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C., January 2014

(2) Amiram Barkat: Tel Aviv to get 2nd fast lane http://www.globes.co.il/serveen/globes/docview.asp?did=1000811441&fid=1725 January 2013

(3) Axel Leonhardt, Thomas Sachse, Fritz Busch, “Dynamic control of toll fees for optimal High Occupancy Toll (HOT) lane operation”, Proceedings of the *91st Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C., January 2012

(4) Angshuman Guin, Michael Hunter, Randall Guensler, “Analysis of Reduction in Effective Capacities of High-Occupancy Vehicle Lanes Related to Traffic Behavior”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2065, Transportation of the National Academies, Washington, D.C., 2008, pp. 47-53.

(5) D. Brownstone, S. Steimetz, “Estimating Commuters’ “Value of Time” with Noisy Data: a Multiple Imputation Approach”, *Transportation Research Part B*, Volume 39 (2005), Issue 10 (December), p. 865-889.

(6) M. Burris, L. Xu, “Potential Single-Occupancy Vehicle Demand for High-Occupancy Vehicle Lanes - Results from Stated-Preference Survey of Travelers in High-Occupancy Toll Corridors”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1960, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2006, pp. 108–118.

(7) N. Goodall, B. L. Smith, “What Drives Decisions of Single-Occupant Travelers in High-Occupancy Vehicle Lanes? Investigation Using Archived Traffic and Tolling Data from MnPASS Express Lanes”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2178, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2010, p. 156–161.

(8) X. Liu, G. Zhang, Y. Lao, Y. Wang, “Quantifying the attractiveness of high occupancy toll (HOT) lane under various traffic conditions using traffic sensor data”, Presented at the *90th Transportation Research Board Annual Meeting*, Washington, D.C., January 2011

(9) Chinh-Lin Chung, Will Recker,” Stat-of-the-art Assessment of Toll Rates or High-Occupancy and Tolle Lanes, Proceedings of the 90th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., January 2011

(10) Transver: Analysis of the Fast Lane in Tel Aviv, Internal Research Report not published, Munich, 2012

(11) Kitae Jang, Sanghyouk Oum, Ching-Yao Chan, “Traffic Characteristics of High-Occupancy Lanes: Comparison of contiguous and buffer-separated High-Occupancy (HOV) Lanes, Proceedings of the 91st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C., January 2012

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 12

Недостатоци во примената на фидик жолта книга за услови на договор (проект – систем изградба)

Примери за изградба на патишта во Република Србија

Shortcomings in the application of the fidic yellow book of contract terms (design-build system)

Examples of road construction in the Republic of Serbia

Milovan Ćeranić[1],
[1] B.C.E., Koridori Srbije d.o.o., ceranicmilovan@gmail.com

Апстракт

Кога инвеститорот има завршен проект за изведба на градба, се потпишува договор за градба со изведувачот (Црвена книга на FIDIC услови на договор). Поради старост на проектите, грешки во самите проекти, дополнителни услови на носителите на јавно овластување при изведување на градбата, изведувачот доставува голем број варијации до Инвеститорот и со тоа ја зголемува вредноста на проектот. Бидејќи овој начин на склучување договори за градежни проекти за Инвеститорот се претставува како проблем во финансиското планирање, во последните неколку години, Инвеститорот склучува договори за градежни проекти според Жолтата книга на договорните услови на FIDIC (систем Проект-изградба). Овој начин на склучување договори, сепак, создава нови проблеми, како што се: доцнење во изработката на проектите, недовршен откуп на земјиште, доцнење со добивање градежна дозвола, воведување на изведувачот во имотот, планирање на динамиката на изведување на градбата. и други.

Клучни зборови

FIDIC услови на договор, проект, инвеститор, налози за варијации, динамика на извршување на градба, градежна дозвола, стекнување на земјиште

Abstract

When the Investor has a finished project for the execution of construction, a construction contract is signed with the contractor (Red Book of FIDIC contract conditions). Due to the age of the projects, errors in the projects themselves, additional conditions of the holders of public authorization during the execution of the construction, the contractor submits a large number of variation warrants to the Investor and thus increases the value of the project. Since this way of contracting construction projects for the Investor presents itself as a problem in financial planning, for the last few years, the Investor has been contracting construction projects according to the Yellow Book of FIDIC contracting conditions (Design-Build system). This method of contracting, however, creates new problems, such as: delays in the development of projects, unfinished acquisition of land, delays in obtaining a construction permit, introduction of the contractor to the property, planning of the dynamics of the execution of construction and others.

Key words

FIDIC contract terms, project, Investor, variation warrants, dynamics of construction execution, construction permit, acquisition of land.

1. INTRODUCTION

All misunderstandings that occur during the construction can be resolved using standard contract forms—*FIDIC*. Depending on who takes responsibility, there are:

- **The "Red" Book** or "Construction Contract", which apply in the case of a traditional construction system, where the responsibility for the design documentation rests with the Investor.[1] The investor chooses the Engineer as his official representative.
- **The "Yellow" book** or the "Contract for design, equipment and construction", which applies to the construction of industrial facilities, the delivery of electro-mechanical equipment and to the design and construction of high-rise and civil engineering facilities. The essence lies in the contractor's obligation to study the Investor's requirements, design the construction and build (and possibly equip) the facility.[2]

Considering that, in the last couple of years, the Investor has had problems with missing documentation, unresolved acquisition of land, etc., contracting for design and construction is being applied more and more often.

The Investor is not even aware that this way of contracting brings new problems to him, and even bigger ones to the supervising authority which he appointed.

As an example, we will look at the "Commercial Contract on the design and construction work of the New Belgrade - Surčin road section as part of the Highway E-763" which was signed by the Investor on August 19, 2019.

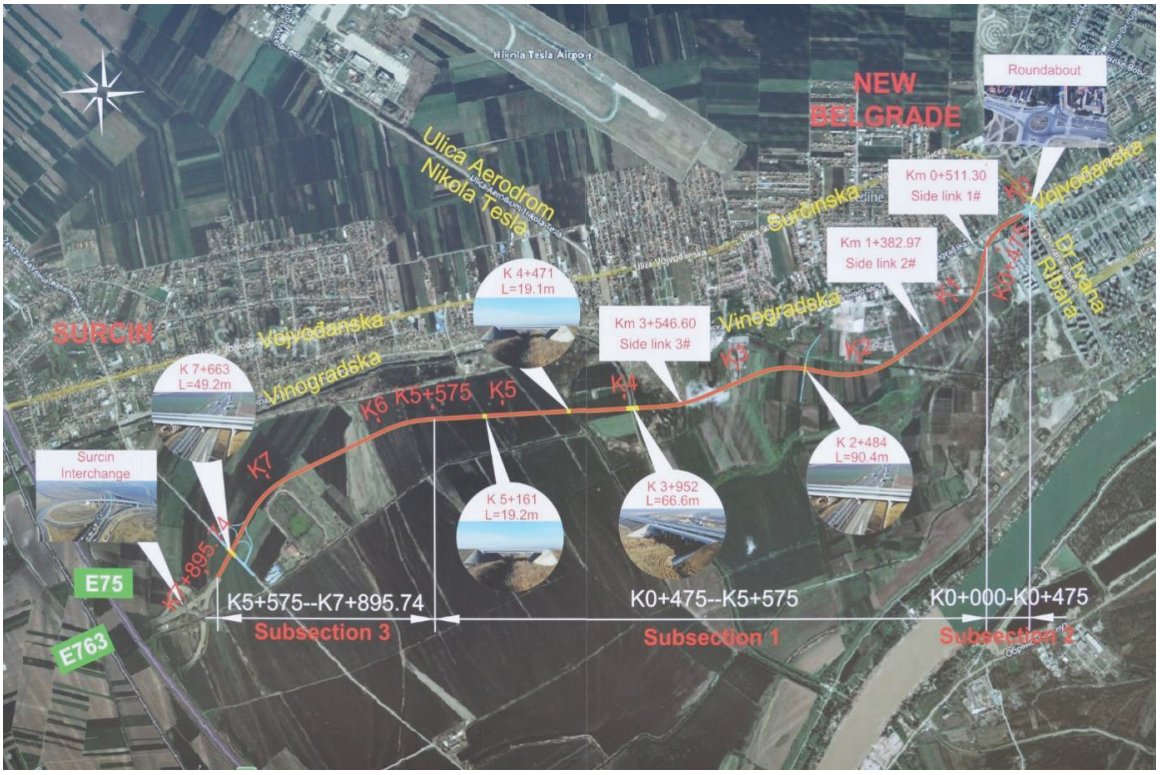


Figure 1. Overview map

Source:https://www.putevi-srbije.rs//images/foto-galerija/2021-03-31-Surcin-Novi-Beograd_vest/Surcin-Novi-Beograd_vest_09.jpg[3]

[1] Branislav Ivković, Željko Popović - "Project management in construction", p. 442
[2] Branislav Ivković, Željko Popović - "Project management in construction", p. 442
[3] https://www.putevi-srbije.rs//images/foto-galerija/2021-03-31-Surcin-Novi-Beograd_vest/Surcin-Novi-Beograd_vest_09.jpg

2. PROBLEMS WITH CONTRACTING DESIGN AND EXECUTION OF CONSTRUCTION WORK (YELLOW BOOK)

2.1. PREPARATION OF PROJECT DOCUMENTATION

Due to the lack of financial resources, investors are often unable to implement projects and the project documentation can wait even for several decades before implementation. The Investor would then use that project documentation as a conceptual solution on the basis of which I, along with the new project task, would present a tender for the submission of offers from potential contractors. After the selection of the bidder and the signing of the Contract, the contractor, according to the new project assignment, obtained new conditions for designing. Obtaining the conditions for designing is a process that can take up several months. Only after obtaining the complete design requirements does the contractor begin to create the Preliminary Design.

The contractor had a 9 month deadline for the preparation of project documentation (Revised Preliminary Design, Design for Construction Permit and Design for Execution of the Construction Work) (not including the time for revision and approval) counting from the date of signing the Contract, according to the terms and conditions of the Agreement the Contract on the design and construction work of the New Belgrade - Surčin road section as part of the Highway E-763. Since the contractor does not have the ability to influence the speed of the issuing of design requirements by the installation owner, the Investor could not charge the contractor penalties for the delay in submitting project documentation.

If it is taken into account that the Investor's obligation is to submit the Project Terms of Reference for the preparation of the Preliminary Design and provide technical control for the Preliminary Design, the Expert Control, and the Design for Construction Permit, Technical Control, according to the Law on Planning and Construction, Article 118 and 129, responsibility for any possible delays in the preparation of project documentation for the issuing of a building permit shall remain with the Investor.

2.2. UNFINISHED ACQUISITION OF LAND

In the case of the traditional way of building an object—the "Red Book"—the Investor submits to the contractor, along with the Project documentation, a certificate of completed acquisition of land, before the start of construction. As acquisition of land can take up to several years, from the submission of an offer for a plot, acceptance of the offer, preparation of the decision, until the payment of the accepted value of the plot, the Investor—as in this case, the Republic of Serbia—which takes out loans for the implementation of infrastructure projects, does not have time to wait for the end of the acquisition of land.

The investor then issues a certificate that confirms that, by the end of the deadline for the completion of the works, he will purchase all plots; obtains a building permit and hands over to the contractor a building permit with the right of entry to the acquisition of plots. During the works, he continues to purchase plots and introduce contractors to the property.

However, very often, plot owners are dissatisfied with the offered prices of their plots, they do not allow entry to the plots and hire lawyers for legal proceedings. Owners of the plots sometimes pass away during the purchase, and time needs to pass for the probate hearings to end or for the deceased to be confirmed to have no heirs. The contractor will be allowed to obtain the property after the end of the court case or probate hearing. Such cases are most often a condition for the Investor's delay in determining the Date of starting construction work. The deadline for the contractor to complete all work starts from this date.

On the Novi Beograd - Surčin road section as a part of the E-763 highway, the Investor obtained a temporary construction permit for preparatory works on the section from the

chainage km 3+075 to the chainage km 5+575, on subsection 1, because he has completed the acquisition of land on that part. Later, at the beginning of this year, he obtained a construction permit only for subdivision 1, from chainage km 0+475 to chainage km 5+575.

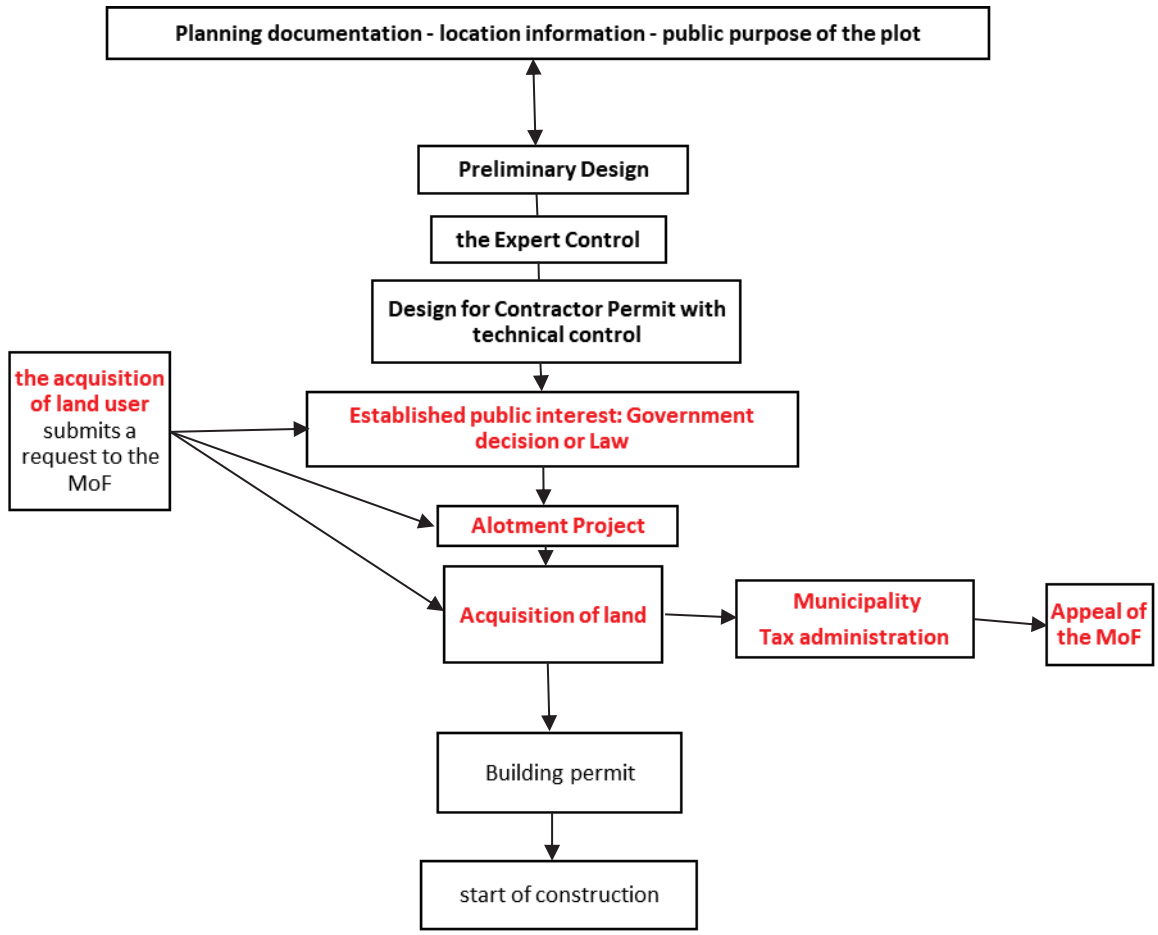


Figure 2. Acquisition of land - preparatory actions.

Source: Material from lectures held as part of continuous professional development training for members of the Serbian Chamber of Engineers, Steps in the process of acquisition of land when designing infrastructural facilities - examples from practice, Marina Antić, B.Sc. [4]

2.3. DEMOLITION OF BUILDINGS IN THE ACQUISITION ZONE

The contractor's obligation is to demolish all buildings located in the acquisition zone as part of the Preparatory Work. The Contractor can start demolition only when the Investor buys the building. Most often, these are residential buildings, as well as auxiliary facilities, for which the Investor must submit an offer to the owner before demolition.

Most often, such cases end up in court. The owner of the building, dissatisfied with the price offered for the it, "buys" himself time to find an adequate building for housing after eviction or a new plot to build a new building for himself through a court case. In both cases, the owners wait for the Investor to pay the amount for the facility, which was determined by the Court, and only then move out of the facility.

[4] Marina Antić, Bachelor of Laws - Steps in the process of expropriation when designing infrastructure facilities - examples from practice, Material from lectures held as part of continuous professional development training for members of the Chamber of Engineers of Serbia,

Sometimes, the Investor cannot make the payment because there is not enough money in the Budget of the Republic of Serbia due to a large number of projects, and he cannot carry out the demolition of the building, despite having a court approval to obtain property and an accepted price of the building.

The Contract for the design and execution of construction work of the Novi Beograd - Surčin road section as part of the E-763 highway has several buildings scheduled for demolition, which are located on the route of the road. The problem with the building at the station km 1+400 was that there were six owners of the building and land, and an additional problem for the Investor was that one of the owners was outside the borders of the Republic of Serbia, in Germany.

2.4. ISSUING THE BUILDING PERMIT

A project for a building permit, with technical control, is a condition for issuing a building permit. The prepared documentation is uploaded electronically to the portal from which it is downloaded at the Ministry of Construction, Transport and Infrastructure, Republic of Serbia.

Due to the large number of infrastructure projects, which are currently being carried out in the Republic of Serbia, as well as the health situation, it often takes up to a month to obtain a building permit.

Plots that have not been acquisition of land present a problem when reviewing the submitted documentation, which leads to the returns of project documentation for correction, which further leads to delays in obtaining a building permit.

2.5. RIGHT OF ACCESS TO THE CONSTRUCTION SITE

"The Employer shallgive the Contractor right of access to and possession of, all parts of the Site within the time (or times) stated in the Appendix to Tender. The right and possession may not be the exclusive right of the Contractor.

If no such time is stated in the Appendix to Tender, the Employer shall give the Contractor right of access to, and possession of, the Site within such times as may be required to enable the Contractor to proceed in accordance with the programme submitted under Sub-Clause 8.3 (Programme)"[5]

Unfinished acquisition of land and pending court disputes represent major problems for the Investor regarding the right of access to the construction site. With this, the contractor acquires the right to submit compensation claims to the Investor for the delays in the submitted Programme, and even to claim compensation for the halt of machinery on that part of the route.

The Engineer, according to the FIDIC contract conditions, must decide whether there is a justified reason for compensation for damage caused by the contractor's work halt, as well as for extending the deadline.

[5] Conditions of Contract for Plant and Design - Build for electrical and mechanical works and for building and engineering works designed by the contractor, FIDIC, (First edition 1999, ISBN 2-88432-023-7) , p. 36

3. CONCLUSION

The "Yellow" book or "Contract for Plant and Design - Build" can be applied in the construction of industrial facilities because these facilities are usually located on several plots. Designing buildings is simple and obtaining a building permit does not require a lot of time.

When building infrastructural facilities, everything is more complicated. The building is located on several hundreds, even thousands, of plots, and it is normal to expect problems with the purchase. Likewise, the design of such facilities is far more complicated because there are landslides, existing waterworks, intersections with installations of different owners, intersections with existing roads and railways. The time required for the construction of these projects is much longer than for industrial facilities. Also, the preparation of documentation for obtaining a building permit is much more serious and mistakes are possible.

From all of the above, bearing in mind that the Republic of Serbia receives funds for the construction of infrastructure facilities from bank loans or some countries, the application of **the "Yellow" book** or the " Contract for Plant and Design - Build " is unacceptable, since acquisition of land is an obligation of the Investor. The investor's role is also to speed up the obtaining of location conditions for the preparation of project documentation, as well as to obtain a building permit.

Although greater responsibility is that of the Investor when applying the "Red" book, the contractor bears greater responsibility with the application of the "Yellow" book of FIDIC contract conditions; we see, from the above, that due to the failure of the Investor during the acquisition of land, there may be claims for compensation from the contractor costs, as well as for extending the deadline for the completion of works. With the application of the "Red" Book, this cannot happen because the Investor submits both the project documentation and the certificate of the resolved acquisition of land before the start of the works.

4. LITERATURE

BOOKS and MONOGRAPHS

[1],[2] Branislav Ivković, Željko Popović - "Management of projects in construction", p. 441-442

[5] Conditions of Contract for Plant and Design - Build for electrical and mechanical works and for building and engineering works designed by the contractor, FIDIC, (First edition 1999, ISBN 2-88432-023-7) , p. 36

JOURNAL:

[4] Marina Antić, Bachelor of Laws - Steps in the process of acquisition of land when designing infrastructural facilities - examples from practice (Material from lectures held as part of continuous professional development training for members of the Engineering Chamber of Serbia),

INTERNET:

[3] https://www.putevi-srbije.rs//images/foto-galerija/2021-03-31-Surcin-Novi-Beograd_vest/Surcin-Novi-Beograd_vest_09.jpg

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 13

Влијание на високите температури врз асфалтните слоеви од коловозните конструкции на автопатска делница

Influence from high temperatures on the asphalt layers at the pavement constructions on a highway section

Моника Т.Маџовски[1], Горан Мијоски[2]
[1] м-р, „Чакар и Партнерс“, Македонија, monika_tas8@hotmail.com
[2] Проф. д-р, Градежен факултет – Скопје, Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Коловозните конструкции на патиштата како дел од патната мрежа, претставуваат најскап и најекспониран дел од патот од кој зависи комфорот и безбедоста при возење, како и времето потрошено во патување, но исто така индиректно зависи и големината на вкупните трошоци предвидени за транспорт. Во РС Македонија има појава на голем температурен распон во текот на една година, за кој слободно може да се каже дека се достига и повеќе од 60˚С. Затоа од големо значење е изборот на соодветен тип на асфалтна мешавина, односно тип на битумен кој ќе даде адекватен одговор на овие температурни разлики со што би се продолжил периодот до наредна рехабилитација и би се оптимизирале вложените финансиски средства во патната инфраструктура.Според извршените мерења и анализираните податоци, за регионот на град Скопје, е дефинирана само максималната температура на примена на битуменот, бидејќи се разгледувани само максималните температури.

Клучни зборови

асфалтна мешавина, битумен, коловозна конструкција, максимални температури.

Abstract

The pavement structures of roads, as part of the road network, represent the most expensive and most exposed part of the road from which depends the comfort and safety of driving, time spent on travel, but also the size of the total costs for transport that is also indirectly dependent. In the Republic of North Macedonia there is a large temperature range over the year, which can be said that reaches more than 60˚C. Therefore, it is of great importance to choose the appropriate type of asphalt mix, ie the type of bitumen that will give an adequate response to these temperature differences, that would extend the period to subsequent rehabilitation and optimize the financial resources invested in road infrastructure. According to the performed measurements and analyzed data, for the region of Skopje, only the maximum bitumen application temperature is defined, because only the maximum temperatures are considered.

Key words

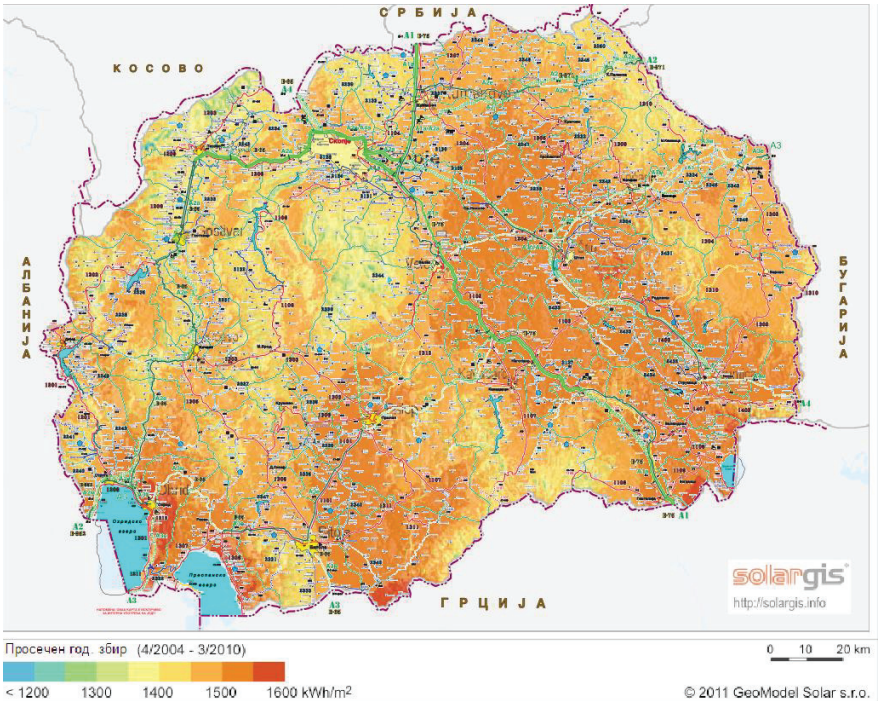
Asphalt mixture, bitumen, road construction, maximal temperatures.

1. ВОВЕД

Развиената патна мрежа овозможува мобилност на населението и социјално – економски развој на општеството, а со тоа и развој на целата држава. Тргнувајќи од оваа гледна точка и знаејќи го фактот дека коловозните конструкции на патиштата претставуваат најскап и најекспониран дел од патот, од исклучителна важност е квалитетот и состојбата на коловозните конструкции на една патна мрежа бидат на највисоко можно ниво, бидејќи директно влијаат врз удобноста и безбедноста на возењето, на брзината и времето поминато во патување, но и индиректно влијаат на големината на вкупните транспортни трошоци.

Во Македонија, речиси 90% од сообраќајниот транспорт се одвива по патиштата, каде што доминира примената на флексибилни коловозни конструкции на кои според добиените резултати од мерењето на индикаторите на состојбата на коловозните конструкции, утврдена е појава на колотрази. Оваа појава се јавува како резултат на пластични деформации во асфалтните слоеви, а особено во завршниот абечки слој. Појавата на колотразите (пластичните деформации) е во корелација со големината на сообраќајното оптоварување, геометриските елементи на патот, а особено негативно влијание имаат климатските услови на микролокацијата на трасата на патот.

РС Македонија се протега во централниот дел на Балканскиот Полуостров и на нејзината територија се застапени повеќе климатски типови, како што се изменето – средоземноморска, умерено – континентална и планинска клима. Температурите во овој предел летно време се доста високи, дури над 40˚C, додека пак во зимскиот период поради пробивање на студени воздушни маси од север тие се спуштаат и повеќе од 20˚C под нулата. Од тука може да се констатира дека распонот на температурите во РС Македонија се движи од 60 - 80˚C.



Слика 1.1 Преклоп на патна карта и топлинска карта на Македонија **[1]**

Оваа голема температурна разлика која се јавува во период од една година упатува на сериозен научен и студиозен пристап при изборот на соодветна асфалтна мешавина која ќе даде адекватен одговор на овие температурни влијанија како за

ниските, така и за високите температури, без притоа да се појават оштетувања кои ќе ја нарушат безбедноста и удобноста при возење.

При изборот на соодветна мешавина најмногу варијации може да се направат со врзното средство битумен. Ниските температури бараат примена на помеки битумени, додека пак високите температури имаат спротивни барања т.е. бараат примена на потврди битумени. Поради специфичните климатски услови во нашата држава, се јавува потреба од решавање на оваа комплексна задача со која ќе се даде одговор на овие два крајно екстремни случаи, а решението упатува на примена на одреден модификатор на битуменот со кој ќе се променат и подобрат карактеристиките на конвенционалниот битумен и ќе се прошири неговиот температурен распон на примена.

2. ВЛИЈАНИЕ ОД ВИСОКИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ

Осцилациите на температурата како во текот на еден ден, така и во текот на една година предизвикуваат променливи влијанија врз коловозната конструкција. Кога станува збор за влијанија на високите температури, како посебен проблем се јавува одредувањето на топлотниот режим внатре во коловозната конструкција, кој се појавува како последица од дејствување на внатрешни и надворешни фактори. Внатрешните фактори се сметаат за константни, додека пак надворешните фактори зависат од климатските услови на географската положба каде е изградена коловозната конструкција.

При промена на температурата, кај асфалтните мешавини значително се менуваат физичко – механичките својства, бидејќи врзното средство битумен од круто еластична состојба на ниски температури, преку високо – еластично состојба доаѓа до вискозна состојба при високи температури. За да може да се одреди осетливоста на асфалтната мешавина на влијанијата од температурата, покрај познавањето на физичко – механичките својства на материјалите, познатите микроклиматските услови на средината каде минува предметната делница и сообраќајното оптоварување, потребно е да се познава и процесот на трансфер и задржување на температурите во самите слоеви.

Коловозната конструкција, во просторот, претставува физичко тело кое прима и оддава топлина. Откако црната површината на коловозниот застор ќе ја прими топлината, истата понатаму пенетрира надолу во слоевите и се задржува одредено време. За да го опишеме овој процес на количество на примена и емитирана топлина, се користи Фуриевиот закон.

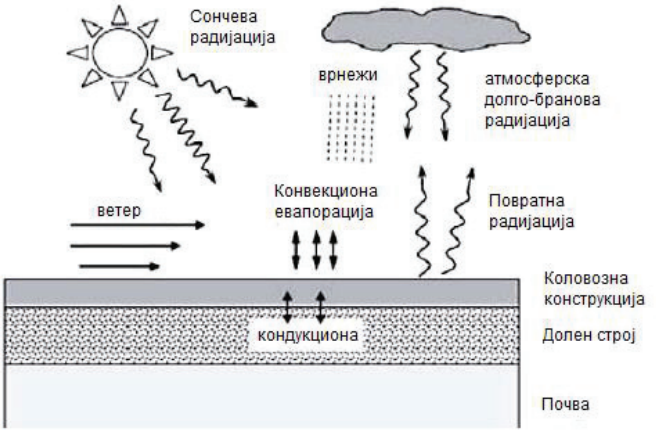
Врз трансферот на температурата низ слоевите на коловозната конструкција, битно влијание имаат и следниве карактеристики на материјалите:

- Специфичен топлински капацитет по единица волумен;
- Термичка спроводливост за различни слоеви;
- Коефициент на сончева рефлексија од површината на засторот;
- Почетна температура на засторот и постелката и
- Температура на дно од врзаните слоеви. [2]

Температурниот профил на асфалтниот коловоз е под директно влијание на термичките услови на околината. Освен карактеристиките на материјалите, врз промената на температурата во коловозната конструкција влијаат и други фактори како што се:

- Амбиентална температура;
- Сончева радијација;

- Рефлективност на површината;
- Брзина на ветер и
- Релативна влажност во конструкцијата. [3]



Слика 2.2. Фактори кои влијаат на промена на температурата во КК

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

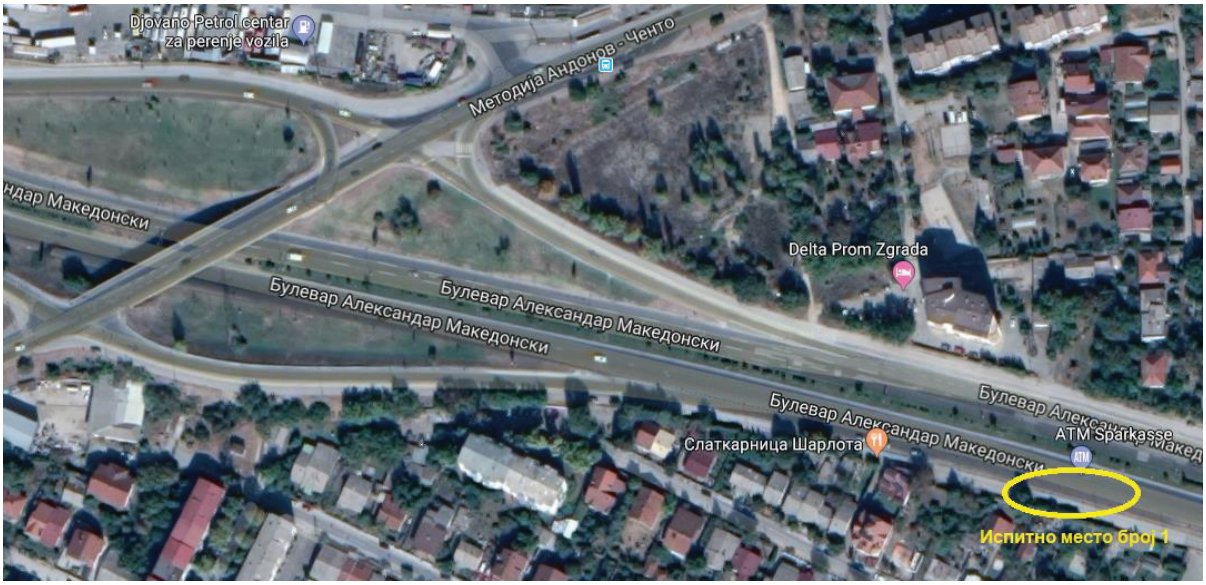
3.1. ИСТРАЖУВАЊА СПРОВЕДЕНИ ВО СВЕТОТ

Влијанието на топлината низ слоевите на коловозната конструкција, го истражувале голем број на истражувачи: Барбер (Barber) бил прв кој ја покренал оваа проблематика за пресметување на високите температури на коловозот врз основа на временските извештаи, Руми и Хименес (Rumny and Jimenez) создале номограф за предвидување на температурата на коловозот, Демпси (Dempsy) развил симулационен модел базиран на теоријата на топлинска спроводливост и енергетска рамнотежа на површината на коловозот, Програмата Strategic Highway Research Program (SHRP) чиј краен резултат на SMA истражувањето, е создавањето на SUPERPAVE методата за проектирање на асфалтните слоеви која се базира на очекувани минимални температури на воздухот и максимална седумдневна просечна температура на коловозот, Моузени, Сајмон, Луканен и Бошер (Mohseny, Symons, Lukanen, Bosscher) ја анализирале точноста на моделите кои биле создадени дотогаш , Парк и Маршал (Park and Marshal) создаваат емпириски базиран модел кој овозможува пресметување на температурниот профил внатре во коловозната конструкција за кој било период од денот, Лиао (Liao) создал модел за предвидување на температурите за автопатиштата во Тајван, Матиќ (Matic) формулирал нов модел за предвидување на максималните температури на површината на коловозните конструкции во Србија, употребувајќи регресиона равенка условена од амбиенталната температура и др. [4-11]

3.2. ИСТРАЖУВАЊЕ СПРОВЕДЕНО ВО РС МАКЕДОНИЈА

За потребите за изработка на овој труд, извршени се мерења на температурите на репрезентативна делница во вонградска средина, односно на автопатот „Пријателство“ на источниот излез од град Скопје. Според билтенот за сообраќајно оптоварување и параметарот ПГДС, оваа сообраќајница претставува најоптоварена делница на територијата на РС Македонија, со многу тешко сообраќајно оптоварување. Микролокацијата на испитното место е на проширувањето кое се наоѓа веднаш после

рампата за приклучување на автопатот од денивелираната крстосница со улицата што води кон населбата Методија Андонов – Ченто, прикажано на *Слика 3.1*.



Слика 3.1. Приказ на точна локација на втората експериментална делница

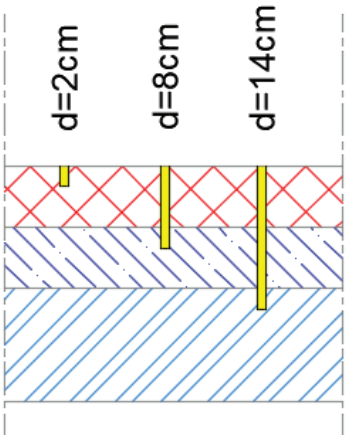
Мерењата на температурата се вршени во најтоплиот период од денот, односно од 6 ч. до 19 часот. Во тој период извршени се по пет отчитувања на температурата, односно на секои 3 часа, само еден ден е исклучок кога отчитувањата се вршени на еден час, односно направни се осум отчитувања. Температурата е отчитувана со инструментот, *ТИП „testo 922“,* со кој уште е мерена е и температурата на површината на асфалтот, додека пак со инструментот *ТИП „HANNA HI-9565“* е одредувана амбиентална температура и влажноста на воздухот.

Слика 3.2. *Отчитување на податоци, според Superpave методата*

За да се добијат дебелините на асфлатните слоеви на коловозната конструкција, а воедно и длабочините на кои треба да се прават бушотините, извадени

се асфалтни проби од испитната делница. По одредување на дебелините на слоевите и согласно со Superpave методата, на терен се направени по три бушотини на 2 cm под површината на секој асфалтен слој, како што е прикажано на *Слика 3.3*.

Бушотините се направени ден пред да се започне со мерење, со бургија Ø8 mm, отвор низ кој е доволен да помине сондата, а сепак влијанието од надворешна страна биде сведено на минимум. За да се постигне ова и да се спречи заполнување на бушотините, истите се затворани со дебел сунѓер, кој при мерење се вади, а потоа се враќа на место после секое отчитување. Отчитаните податоци се запишани во табела соодветно за секој час и ден на мерење и истата потоа комјутерски е обработена.



Слика 3.3. Попречен пресек на длабочини на мерење

Паралелно со извршените директни мерења на лице место, за да се направи анализа на температура на коловозот, потребни се други повеќедневни метеоролошки податоци, кои се прикажани во следната табла.

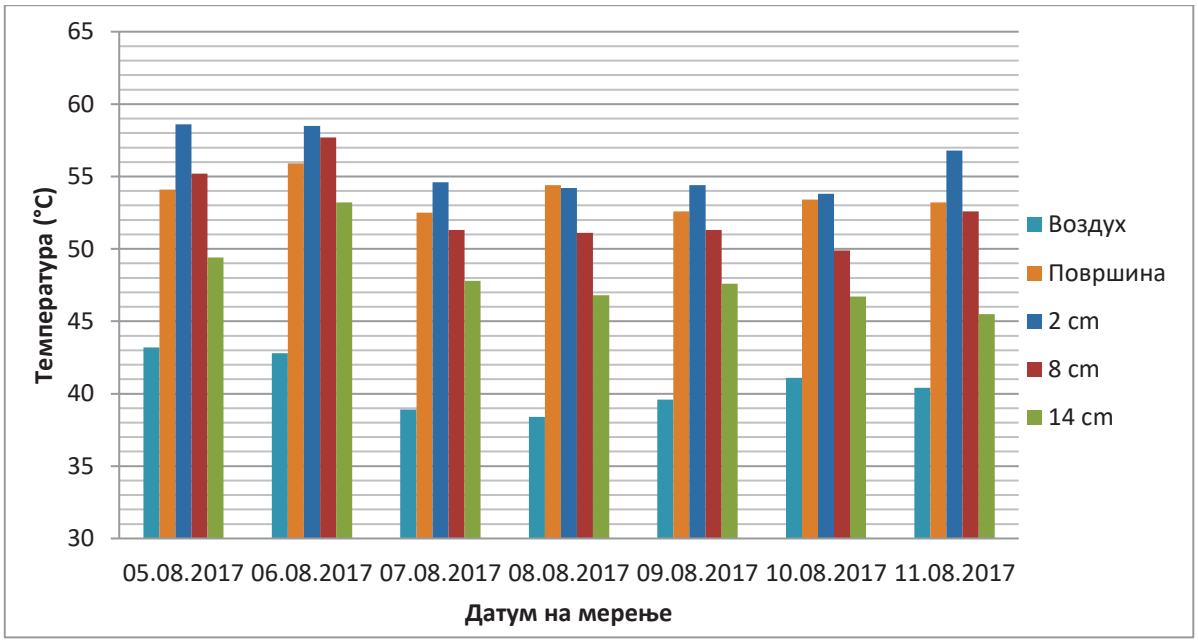
Табела 3.1. Просечни годишни температури за последните пет години **[12]**

Година		2013	2014	2015	2016	2017
температура (°C)	максимална	26	25.6	26.6	27.5	28
	просечна	12	13	13	12	12.5
	минимална	0	0.8	-0.8	-0.5	-2.3

Мерењата се извршени во текот на 7 дена, во периодот од 5.8.2017 г. до 11.8.2017 г. со по пет мерења, освен 6 ден кога се извршени осум мерења во текот на денот. Добиените податоци се прикажани табеларно и графички, соодветно по ден на мерење, со даден приказ само на максималните температури од сите 7 дена на мерење.

Табела 3.2 Измерени максимални температури

Датум	Воздух	Површина	2 cm	8 cm	14 cm
05.08.2017	43.20	54.10	58.60	55.20	49.40
06.08.2017	42.80	55.90	58.50	57.70	53.20
07.08.2017	38.90	52.50	54.60	51.30	47.80
08.08.2017	38.40	54.40	54.20	51.10	46.80
09.08.2017	39.60	52.60	54.40	51.30	47.60
10.08.2017	41.10	53.40	53.80	49.90	46.70
11.08.2017	40.40	53.20	56.80	52.60	45.50



Слика 3.4 Графички приказ на измерените максимални температури

3.3. МОДЕЛИ ЗА ПРЕДИКЦИЈА НА ТЕМПЕРАТУРИТЕ ВО КОЛОВОЗНАТА КОНСТРУКЦИЈА

Одредувањето на температурата на коловозот може да биде извршено, едноставно, со директно мерење или да биде пресметано со помош на модели кои ги земаат предвид температурата на воздухот и другите влијателни фактори од околината. Потрагата по најсоодветен модел кој ќе одговори на барањата е повеќегодишна проблематика на која работат многу инженери од оваа област.

Пресметувањето на температурата на површината на коловозот, со помош на Superpave методата, врз основа на температурата на воздухот е преку пресметување на 7-дневна максимална температура на површината на коловозот во температурата на површината на коловозот, пресметување на 7-дневна максимална температура на одредена длабочина, пресметување на минимална температура на воздухот во минималната температура на површината на коловозот и пресметка на минималната температура на коловозот на одредена длабочина. Просечната 7-дневна максимална температура на коловозот претставува просек од највисоките температури на коловозот за 7 најтопли последователни дена во годината. Најмалата годишна температура на коловозот е најладната температура во годината.

Проектираната длабочина за пресметување на максималната температура на коловозот која се користи според Superpave методата е 20 mm под површината на асфалтниот слој кој се анализира.

Хубер (Huber) создал поедноставен модел за пресметување на максималната температура на површината на коловозот, кој гласи: [13]

$$T_{s(max)} = T_{a(max)} - 0.00618 * \Phi^2 + 0.2289 * \Phi + 24.38 \quad (3.1)$$

Каде што:

$T_{s(max)}$ = максимална дневна температура на површината на коловозот (℃);

$T_{a(max)}$ = максимална дневна температура на воздухот (℃) и

Φ = географска ширина на посакуваната локација (степени).

Наредната равенка ја пресметува максималната температура кога е позната анализираната длабочина и гласи:

$$T_{pav(max)} = T_{s(max)} * (1 - 0.063 * d^2 - 0.007 * d^3) \quad (3.2)$$

Каде што:

$T_{pav(max)}$ = максимална температура на коловозот на длабочина d (°F);

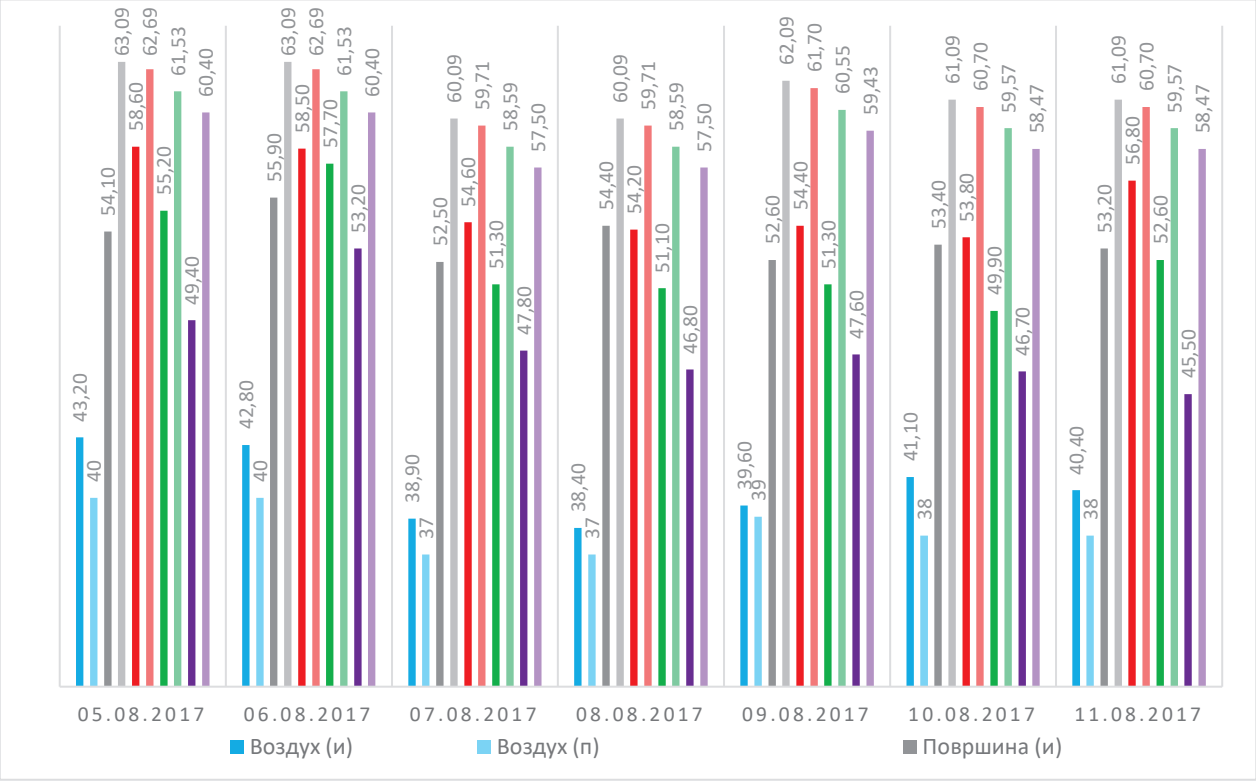
$T_{s(max)}$ = максимална температура на површината на коловозот (°F) и

d = длабочина под површината (cm).

3.4. КОМПАРАЦИЈА ПОМЕЃУ ПРЕДИКЦИОНИТЕ И ИЗМЕРЕНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ ВО КОЛОВОЗНАТА КОНСТРУКЦИЈА

Врз основа на претходно проучената литература и заклучоците од претходните истражувања, како најпогоден модел за предвидување на температурата, се земени горе наведените равенки и според нив се пресметани температурите на сите места, односно длабочините на кои веќе има извршено мерења. Вредностите за максимална температура на воздухот се превземени од метеоролошките податоци и се применети за замена на амбиенталната температура.

Откако се добиени вредностите за пресметаните температури, извршена е споредба на пресметаните и измерени температури за иста длабочина на мерење. Резултатите се прикажани графички на следната *Слика 4.5.*, каде што со потемната нијанса на бојата се прикажани измерените податоци, додека со посветлата нијанса се прикажани предикционите вредности.



Слика 3.5. Компарација на предикциони и измерени максимални температури на автопатска делница

4. ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

Од сето досега изнесено во овој труд, може да се заклучи дека врзното средство битумен кај флексибилните коловозни конструкции, има големо значење за квалитетот на изведените коловозни конструкции, како и нивната долготрајна експлоатација. Изборот на соодветен тип на врзно средство е во голема зависност од различните климатски региони и мора да има соодветен третман, бидејќи влијанието на високите и ниските температури има пресудно значење за долготрајноста и квалитетот на коловозната конструкција.

Оттука може да се констатираат следните заклучоци:

1. Како резултат од овие влијанија и земјаќи предвид дека топлината лесно се впива во црната површина на асфалтот, исклучително е важно да се потенцира дека **температурата на површината на коловозната конструкција е поголема од температурата на воздухот**.
2. Од измерените податоци in situ, може да се заклучи дека највисоките, односно максималните температури се јавуваат во абечкиот слој и тоа на 2 cm под површината на коловозната конструкција. Истото може да се констатира и од предикционите податоци.
3. Понатамошната пенетрација на топлината во наредните слоеви од коловозната конструкција се случува со извесно временско задоцнување во однос на достигнување на максималната температура на абечкиот слој. Ова значи дека, со зголемување на длабочината во коловозната конструкција, доаѓа до намалување на температурата.
4. Според извршените мерења и анализираните податоци согласно со SuperPave методата, за регионот на град Скопје во кој преовладува субмедитеранска клима, се препорачува примена на врзно средство ПмБ со ознака PG 58-у. Бидејќи, во овој труд се анализирани само максималните температури може да се дефинира само првата вредност од ознаката, додека за одредување на другата вредност - минималните температури, може да биде цел на друго истражување. За останите климатски региони во Македонија се предлага да се извршат слични испитувања, со цел да се дефинира максималната температура и соодветниот избор на врзното средство.

Од изнесените генерални заклучоци, може да произлезат следниве препораки, кои ќе придонесат за подобрување на управувањето со коловозите на патната мрежа во Македонија и Градот Скопје и тоа:

- уште во фазата на проектирање, да се предвидат локации каде ќе се постават мини метеоролошки станици за мерење на температурата и влагата на воздухот, брзината на ветрот, количината на врнежи и др.
- исто така, при проектирањето, да се дефинираат микролокации каде ќе се постават најсовремени типови на сонди во слоевите од коловозната конструкција, со цел за континуирано следење на температурата во текот на целата година.

Реализацијата на овие предлог-мерки, ќе придонесе за формирање на база на податоци во рамките на Системот за управување со патиштата и ќе даде еден студиозен и современ научен пристап, кој ќе овозможи промена на досегашниот интуитивен пристап при димензионирање на нови и рехабилитација на постојните коловозни конструкции, како и соодветен избор на материјали за нивниот состав.

5. РЕФЕРЕНТНА ЛИСТА

[1] http://solargis.info/doc/index.php?select=71, објавена 21.06.2011;

[2] Цветанович А., Банич Б., 2007, КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ, БЕОГРАД, стр.153-167;

[3] Extraction of Pavement and Soil Thermal Diffusivity from Measured Temperature Times Series, Herb, William R.; Marasteanu, Mihai; Stefan, Heinz G, 2006;

[4] Barber, E. S., 1957, Calculation of Maximum Pavement Temperatures from Weather Reports, Bulletin 168, Highway Research Board, National Research Council, 1-8;

[5] Rumney T. N. and R. A. Jimenez, 1969, Pavement Temperatures in the Southwest, Highway Research Record No.361, National Research Council, 1-13p;

[6] Dempsey B. J., 1970, A Heat Transfer Model for Evaluating Frost Action and Temperature Related Effects in Multilayered Pavement System, Highway Research Board No.342, National Research Council, 39-56;

[7] Strategic Highway Research Program, National Research Council, Binder characterization and evaluation, Testmethods, SHRP-A-370, vol. 4, Washington, DC, 1994;

[8] Mohseni A and M.Symons, 1998a, Improved AC Pavement Temperature Models from LTPP Seasonal Data, Presented at Transportation Research Board 77th Annual Meeting, Washington, DC, Jan;

[9] Park D., N. Buch, K. Chatti, 2001, Development of Effective Layer Temperature Prediction Model and Temperature Correction Using FWD Deflections, Presented at Transportation Research Board 80th Annual Meeting, Washington, DC;

[10] Liao, C. C., 2011, Department of Civil Engineering, National Central University, Jungli, Taiwan;

[11] Matic, B., Awadat H., Radovic N., 2012, Model for pavement temperature prediction in Serbia, Building materials and structures No 54, Society for materials and structures testing of Serbia, Belgrade, ISSN:0543-0798, UDK:006.77:624.04.001.23:699.841(497.11+1)=861,pp.50-61;

[12] https://www.wunderground.com/weather/mk/skopje;

[13] Huber, G.A.,(1994)„Weather Database for the Superpave Mix Design System“, SHRP-A-648A.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 14

Осетливост и отпорност на мостовите на климатски промени и катастрофи - моментална состојба во Србија

Vulnerability and resilience of bridges to climate change and disasters - current situation in Serbia

Milica Pavić[1], Igor Jokanović[2], Draženko Glavić[3]
[1] Ph.D. student, University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering, Subotica, Republic of Serbia, e-mail: pavic953@gmail.com
[2] Professor, University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering, Subotica, Republic of Serbia, e-mail: jokanovici@gf.uns.ac.rs
[3] Professor, University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade, Republic of Serbia, e-mail: drazen@sf.bg.ac.rs

Апстракт

Навремениот одговор на влијанието на климатските промени е голем предизвик за целиот свет, особено за земјите во развој. Како составен дел од транспортниот систем на една земја, мостовите бараат добро одржување и управување за да овозможат ефикасна и добро поврзана патна мрежа. Влијанијата од климатските промени може да предизвикаат големи оштетувања на структурите на мостовите, загрозувајќи ја безбедноста на сообраќајот, што потенцијално ќе резултира со целосен прекин на сообраќајот. Трудот ја прикажува актуелната српска практика во однос на анализата на ранливоста на мостовите и имплементацијата на мерки за подобрување на отпорноста.

Клучни зборови

климатски промени, мостови, проценка на ранливост, подобрување на отпорноста

Abstract

Timely response to the impact of climate change is a big challenge for the whole world, especially for developing countries. As an integral part of the transport system of a country, bridges require good maintenance and management to enable efficient and well-connected road network. Climate change impacts can cause major damage to bridge structures, endangering traffic safety, potentially resulting in complete interruption of traffic. The paper presents the current Serbian practice regarding the analysis of the vulnerability of bridges and the implementation of measures to improve resilience.

Key words

climate change, bridges, vulnerability assessment, resilience improvement

1. INTRODUCTION

Climate change involves great uncertainties. In the future, the frequency and intensity of extreme weather events, such as droughts, heat waves, storms, fires, floods, and landslides, are expected to increase with climate change. It is necessary to study the potential impacts of climate change to ensure the uninterrupted functionality of the countries. Additionally, responding to the impacts of climate change is a challenge for the entire world, especially for developing countries.

Bridges are civil engineering structures that carry the traffic infrastructure over some obstacle, while also satisfying certain human needs. They are planned, designed, built, and maintained to ensure the functionality of the traffic infrastructure, of which they are a structural element, and to ensure social and economic benefits. A well-designed and built bridge is basically based on a valid knowledge of structural theory and materials, but both the past and the future show us that it is necessary to consider the impact of climate change. A complete or temporary interruption of traffic, caused by damage or demolition of a bridge, can cause disruptions in the normal functioning of economic and other flows, which causes major economic consequences. Bridges need to be maintained in acceptable conditions to ensure an appropriate level of service and safety for users.

Changes in environmental conditions, caused by climate change, can lead to harmful effects on bridge structures and the materials from which they are built. Such impacts can be short-term and intense if they are caused by extreme weather conditions, and long-term and slow when they are caused by a change in average climate conditions. The impacts of climate change can cause many potential risks. Only a moderate number of research and studies have dealt with the risks that climate change causes for bridges only, including their possible adaptations [1-5]. The traffic infrastructure is mainly considered in its entirety without distinguishing the individual elements of the structure.

Serbia is one of the countries in the Southeastern Europe where climate changes are evident, and their manifestations are becoming more frequent and intense. As a consequence of climate change, floods are more frequent and intense, landslides and erosion are more active, and dry periods are more frequent and longer. In 2022 alone, there were a dozen heavy rains that caused local impacts in the form of flooding, damage to slopes and bridge supports, etc. The effects will be different depending on the observed area because of differences due to the composition and characteristics of the road network, the type of changes, topographic and hydrological conditions, but also the level of development achieved, and financial and institutional capacities.

The aim of the paper is to present the performance so far in Serbia regarding the assessment of the condition of bridges, their vulnerability and improvement to protect them from the negative effects of climate change and natural disasters. The methodological framework used by the member states of the European Union (EU), which can be applied by all, is also presented, both for the road network as a whole and for all structures on the road network.

2. CLIMATE CHANGE IMPACT TO BRIDGES

Transport infrastructure is affected by different types of climate change that can threaten life, level of service, maintenance budget, etc. Potential risks can have direct and indirect effects of climate change on bridges. Indirect influence, in addition to the climate and the bridge system, includes other external factors. Also, major damages can occur due to factors that appear at the same time.

In their studies of the effects of climate change on bridges, Nasr et al. [5] and Meyer and Weigel [6] indicate that bridges are particularly susceptible to the effects of climate change. They are subject to extreme rainfall, temperature, and storm surges, which can damage the bridge structure and carriageway. The gradual intensification of extreme precipitation and damaging

storms increase the risk of flooding, causing bridge closures, as well as the need for repairs, reconstructions, and in extreme cases, the construction of completely new bridges. The increase in temperature affects the thermal expansion and movement of the joints, which increases the loads on the bridge structure. A large difference between the minimum and maximum temperature can lead to more frequent occurrence of freeze/thaw cycles and thus affect the damage of expansion joints on bridges.

Based on a review of research articles, a list of potential risks from climate change to which bridges are exposed was formed. Risks were identified based on the literature [1-3, 7, 8], by reviewing documented cases of damage or failure on bridges, as well as by research on the possible links between damage and climate change. Some of the risks are identified in relation to climate parameters that are predicted to change and the possibility that these changes will lead to events that can affect the structure of bridges.

Table 1. Potential risks from climate change [5]

risk group		description
D	D1	accelerated degradation of superstructure
	D2	accelerated degradation of substructure
S	S1	heat-induces damage to pavements and railways
	S2	risk of increased long-term deformations
G	G1	higher scour rates
	G2, G3	higher risk of bridge side-slope failure and higher risk of landslides
	G4	higher risk of foundation settlement
	G5	higher risks of rockfalls, debris flows and snow avalanches
	G6	higher risk of soil liquefaction
	G7	additional loads on piles that may overstress them
	G8	damage due to clay shrinkage and swelling
I	I1	higher wave impact on piers and abutments
	I2	higher risk of wind-induced loads
	I3	additional snow loads on covered bridges
	I4	higher risk of thermally induced stresses
	I5	additional demand on drainage capacity
	I6	higher hydrostatic pressure behind bridge abutments
	I7	increased load on bridges with control sluice gates
	I8	increased stresses due to the faster loss of prestressing force
	I9	higher ice-induced loads
A	A1	higher chance of water vessel collisions
	A2, A3, A4	higher chance of vehicle-pier collisions, vehicle accidents and train-pier collisions
E	E1	increase in intensity and/or frequency of floods
	E2	increase in intensity and/or frequency of storms
	E3	increase in intensity and/or frequency of wildfires
O	O1	additional operational costs for snow removal
	O2	more frequent temporary bridge restrictions
	O3	increased risk of power shortage

A total of 31 potential risks from the impact of climate change were presented, which Nasr et al. [5] described in detail. The greatest number of risks in the future can be caused by increased temperatures and precipitation. However, it cannot be concluded which risk of the impact of climate change is more critical, further research is needed that would give final determinations about the seriousness of the results obtained so far. Potential risks to bridges (Table 1), which are a consequence of climate change, can be divided into seven major categories [5]:

- durability (risk group D),
- serviceability (risk group S),
- geotechnical (risk group G),
- increased demand (risk group I),
- accidental loads (risk group A),

- extreme natural events (risk group E),
- operational risks (risk group O).

The level of climate change impacts is uncertain, especially over the long time periods for which bridges are designed. The frequency of climate change and the intensity of natural hazards are increasing, and the vulnerability of bridges is getting bigger. Therefore, consequences such as accelerated deterioration of materials (Fig. 1), damage from floods (Fig. 2) and fire (Fig. 3), increased temperature stresses (Fig. 4) appear. Ignoring sudden and potentially catastrophic damage can cause increased economic costs or lead to the need to rebuild permanent facilities.

Fig. 1: Accelerated degradation of material [9]

Fig. 2: Flood damage [10]

Fig. 3: Wildfire impact [11]

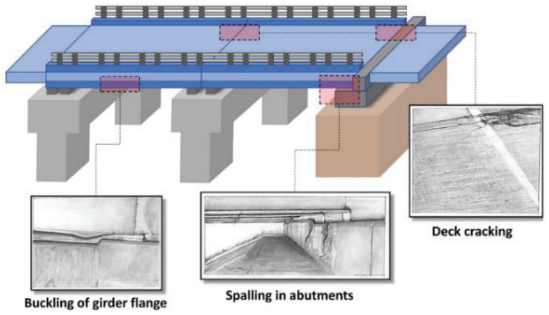


Fig. 4: Combination of a clogged joint condition and unforeseen thermal stresses [12]

Given the large number of potential impacts of climate change, the effect of adaptation to one risk on vulnerability relative to other risks should be carefully considered. Potential climate impacts on infrastructure require timely and unwavering measures in terms of adapting existing infrastructure and increasing its resistance to such impacts.

3. WORLDWIDE METHODOLOGICAL APPROACHES

Responding to impacts arising or increasing with climate change requires an appropriate selection of adaptation strategies. At the same time, strategies are proposed and chosen based on a previous assessment carried out according to a specific (official) methodology. Such a methodology must allow the inclusion of consideration of climate change impacts when designing new bridge structures or within the assessment of existing ones.

The framework defined by the United States Agency for International Development (USAID) can facilitate climate change risk management using a five-step methodology (Fig. 5) [13]:

1. Defining the service that the infrastructure will provide when facing the future climate change. It is necessary to collect research and information to understand the baseline and planned traffic conditions, travel patterns and distribution by means of transport (car, truck, bus, bicycle, pedestrian). Also, it is necessary to identify the impact of climate change and the expected changes in the patterns of natural hazards

2. Consideration of the level to which a particular infrastructure (or facility) may be exposed to hazards and identifying hazards that require detailed investigation in step 3;
3. Consideration of risk when the vulnerability of the bridge is determined. Only those bridge elements identified as vulnerable in step 2 should be analyzed for risk. Conducting a risk assessment includes defining the probability of the occurrence of specific climate impacts, understanding the consequences of climate impacts, conducting risk analyzes and preparing a risk level matrix, determining the possibility of accepting the appropriate level of risk, defining the need for adaptation;
4. Once the degree of vulnerability is determined and the most significant risks are identified, a decision can be made to respond to the risks;
5. The last step is the implementation of activities, through which it is necessary to: ensure constant monitoring and development to consider the change of risk status, identify and develop examples of best practice for application in future design processes, conduct consultations and transparent communication with all involved, interested parties to promote acceptance and better understanding of the local context.

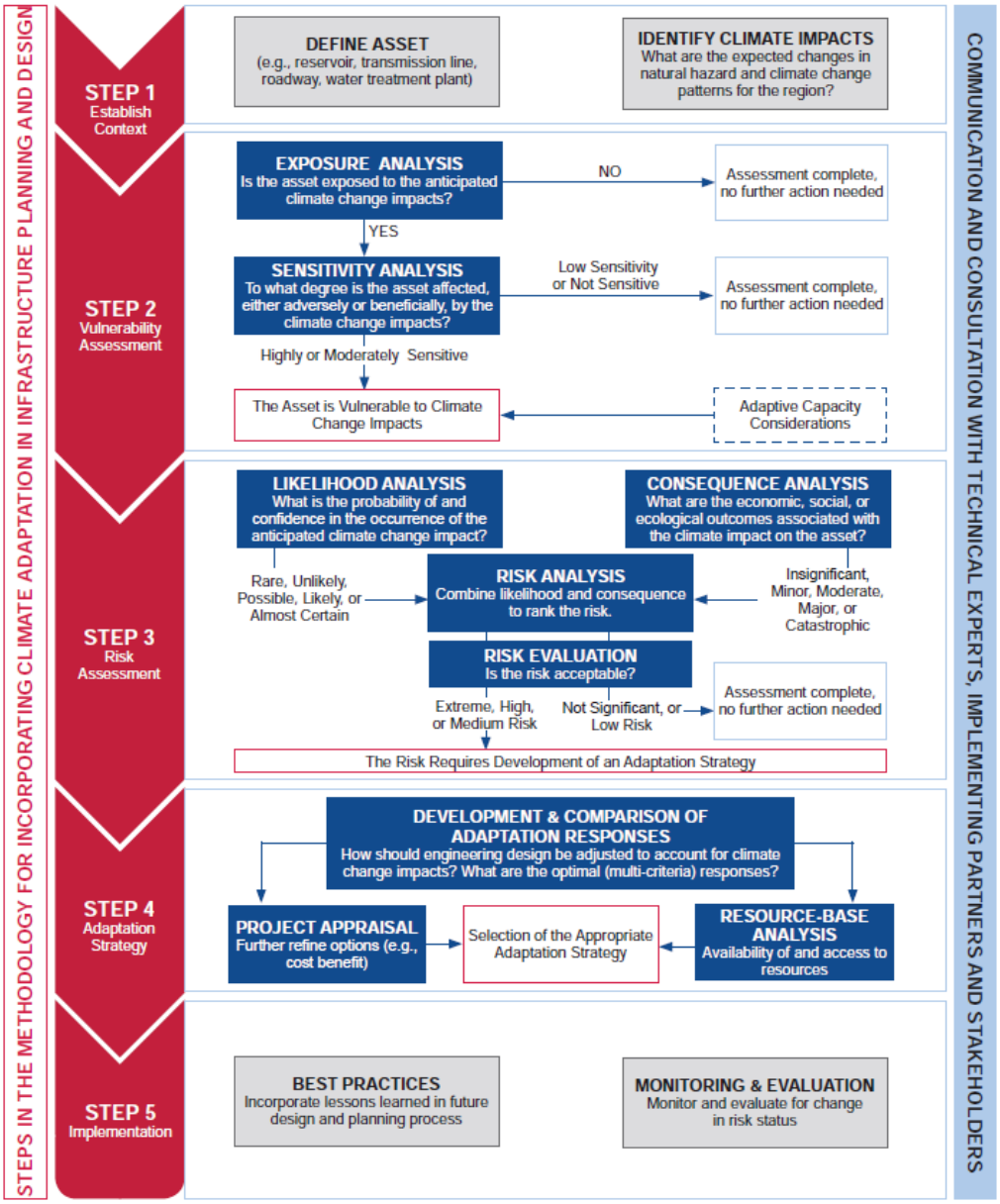


Fig. 5: USAID framework for the development of climate-resilient infrastructure [13]

The EU applies a specific methodological framework for modeling dynamic interactions between climate, long-term behavior of road structures, maintenance interventions, rehabilitation, and life-cycle costs. The RIMAROCC (Risk Management for Roads in a Changing Climate) framework presents the steps (Fig. 6) needed to assess climate change risks for roads in a changing climate. It consists of seven basic steps [14], through which one goes from the effects of climate change to vulnerability and socio-economic assessments:

1. Context analysis - the authority responsible for climate change risk management defines external and internal parameters that should be taken into account during risk management, sets the scope and risk criteria for the remaining process;
2. Risk identification - identification of risk sources, identification of possible consequences;
3. Risk analysis - establishment of risk chronology and scenarios, determination of risk impact, occurrence assessment, risk review;
4. Risk assessment - prioritization of risks, comparison of climate risks with other types of risks, evaluation of risk acceptability;
5. Risk mitigation - identification of options, assessment of options, negotiation with financial agencies, presentation of action plans;
6. Implementation of action plans - development of action plans for each level of responsibility, implementation of adaptation plans;
7. Monitoring, re-planning and capitalization of knowledge and experience - regular monitoring and review, re-planning in case of new data or delays in execution, capitalization based on accumulated experience of climate events and implementation progress.

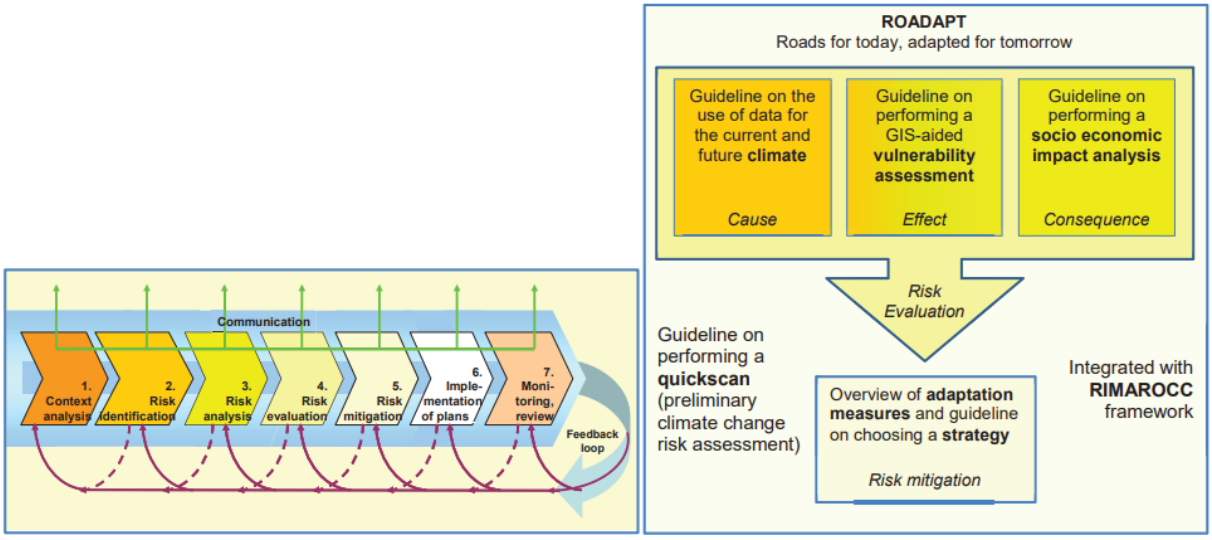


Fig. 6: RIMAROCC framework (left) and ROADAPT risk assessment guidelines (right) [14]

The number of steps within the RIMAROCC methodology can be considered complicated and difficult to perform, and for this reason, in 2015, within the ROADAPT project [14], another procedure was introduced (Fig. 6) which determines all the basic aspects that should be considered during climate change risk assessments. The ROADAPT guidelines consist of five parts:

1. Guidelines on using climate data for the current and future climate;
2. Guidelines for quick assessment (QuickScan) of climate change risks for roads;
3. Guidelines for detailed vulnerability assessment;
4. Guidelines for assessing socio-economic impacts;
5. Guidelines for the selection of an adjustment strategy.

Each part can be used individually and independently, but at the same time provides input/output for other steps within the RIMAROCC methodology [14].

The impacts of climate change can cause various risks that can be controlled in two ways: working to mitigate climate change and adaptation to modify systems and societies to withstand the impacts of climate change. Adaptation requires updating rules and standards to adapt to a changing climate, planning land use through increasing insurance rates in risk zones, developing more climate-resistant materials and technologies [15].

The use of materials that are resistant to the effects of climate change is one type of adaptation to climate change. Less than 40% of countries in the world [16] apply modern materials, such as Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP), Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) and Ultra High-Performance Fiber-reinforced Concrete (UHPFC), for the protection of bridge structures.

Table 2. Examples of possible adaptation in relation to the potential impact of climate change [15]

potential impact	adaptation
accelerated degradation of material	cathodic protection; increase in concrete cover thickness, improve quality of concrete (strength grade), protective surface coatings and barriers, use of stainless steel, galvanized reinforcement, corrosion inhibitors, electrochemical chloride extraction; protection by design, preservative treatment and the use of modified wood for timber bridges; more frequent inspection and maintenance
increased long-term deformations	improved monitoring and inspection of bridges
floods	relocation or flood-proofing; flood control seawalls, dikes, and levees; elevation of bridges, strengthening and heightening of existing levees, increase in real-time monitoring of flood levels, restriction of most vulnerable coastal areas from further development, increase insurance rates to help restrict development; channel alteration and stabilization, diversion and storage of floodwaters; regulate the flow of water through dams
higher risk of thermally-induced stresses	increased ongoing maintenance; design for higher maximum temperatures in replacement or new construction; greater use of expansion joints; paint the bridge white to introduce an albedo effect and reduce overheating
liquefaction	stone columns, gravel and rubber drainage columns; chemical grouting, passive site remediation techniques; ground improvement methods (grouting), vibro-systems, buttresses and surcharge fills, containment and reinforcement, drains, underpinning with mini-piles, deep dynamic compaction and deep blasting
debris flows	terrain alteration, soil bioengineering, debris flow breakers, debris flow deflectors, etc.

4. ACTIVITIES IN SERBIA

Knowledge of the inventory of the road network and associated facilities is necessary for the correct management of the network. This includes not only basic data, but also regular monitoring. In accordance with that, the record of the condition of the bridges enables the implementation of activities that will ensure the achievement of the designed life period, the permanent flow of traffic and the reduction of the risk of major damage and/or collapse.

The bridge management system (BMS) provides a rational and systematic approach to all activities related to bridge management both at the individual and network level. In many countries of the world, for the needs of high-quality bridge management, databases about bridges have been created, which can provide all the necessary information about the requested bridge. In a smaller number of countries, as an upgrade, BMS have been developed, which make it possible to forecast the condition of bridges, determine priorities for various interventions, and work programs.

As part of the national road network of Serbia, there are about 3,000 bridge structures, the value of which is about 114 billion US dollars [17]. Although in the last century there were activities on defining the database on bridges and collecting data, active work on the

introduction of BMS has been done only since 2001 in Serbia. It is interesting to emphasize that, as the manager of the state road network, the Public Company Roads of Serbia prepared a database of bridges, which defines all the elements of the bridge under examination, an assessment of the condition, load capacity of the bridge and a list of existing damages [18]. However, a unique BMS has not yet been established [19]. Achievements at the local level are far less, where many local managers do not even have basic information about the inventory they manage, not to mention monitoring its condition or planning activities. In such conditions, most of the actions take place in the domain of reactive activities, which are usually reduced to absolutely necessary interventions to keep the bridge functional or to repairs/reconstructions of an unusable (destroyed) structure. Problems increase with the size of the network, the growth of traffic load, the change of means of transport, the different sensitivity of structures and the environment, as well as due to the historical legacy that is reflected in the outdated methods of design and construction, rehabilitation, reconstruction, and maintenance [20].

Climate changes are evident in Serbia, and their manifestations are becoming more frequent and intense. As a result of climate change, more frequent and intense floods, more active landslides and erosion, stronger wind gusts, more frequent and longer dry periods have occurred in recent years [21]. Heavy rains lead to floods and landslides along the major flows and smaller rivers, especially torrential ones in hilly and mountainous areas. Through the interdependence and connection between different types of infrastructure, it is clear that damage to one type of infrastructure will also affect the others through more or less difficult provision of services or complete interruption of functioning. This is especially important for bridges that are often used as supporting structures for electrical lines, water supply, sewerage, gas pipelines and other technical infrastructure.

During the last 15 years, Serbia was repeatedly affected by medium and large floods and landslides. Bridges over torrential rivers are most at risk, which was confirmed during the May 2014 floods on most of Serbia's road network. Damage to bridges and roads threatened access to markets and made access to agricultural land difficult. A total of 304 bridges were damaged then. Damages included erosion of support elements and access embankments, undermining of foundations, and the collapse of bridges. Also, about 2,000 landslides were recorded, of which 135 endangered the road network (blocking numerous roads and demolishing parts of the road structure) [22].

Fig. 7: Rehabilitation of bridges after floods, EU donation [10]

However, natural disasters and catastrophes in Serbia are often talked about at the time of occurrence and later when work is done on long-term remediation of the consequences of natural disasters (Figure 7), instead of implementing measures to reduce the risk of the impact of potential disasters. Although there is awareness that climate change can affect the road network and traffic infrastructure in general, a critical mass has not yet been reached that would result in a significant volume of activities that would affect the identification and implementation of strategies to solve the problem. Actions to repair the damage are still dominating, while the need to strengthen the capacity of the existing infrastructure in relation to climate change and natural disasters is only shyly emerging as a preventive possibility when a disaster occurs. Such an opportunity is quickly lost between requests for repairs of damages or in general for reconstructions/rehabilitation of bridges in poor condition.

It is important to emphasize that there is no comprehensive or partial assessment of network vulnerability and general identification of measures to improve the resilience of the road network and its components (e.g. bridges). This is also the immediate priority of activities - assessment of the network and assessment of vulnerability to climate change, to create conditions for adapting the road network to climate change.

5. CONCLUSION

In general, the hazard decreases as society's ability and preparedness to face disasters increases. Therefore, everyone must be prepared to adequately face natural disasters caused by climate change - from high state institutions, through infrastructure managers, to individuals.

When it comes to management, the impacts and risks of climate change and natural disasters are becoming increasingly complex. Regular monitoring of the condition of bridge elements enables timely interventions, which ensures greater resistance and durability of the structure. As climate change represents the biggest threat to today's economy, it is necessary to use the available funds in an efficient way, since the available budget is generally limited.

Efficiency can only be ensured by knowing the capital that is being managed (which also includes bridge structures), determining the risk, i.e. the vulnerability of structures to the effects of climate change, and considering the relevance and cost-effectiveness of adaptation activities to climate change. In this sense, the BMS must also contain an appropriate component that will enable the evaluation of the bridge in the domain of climate change risk, as well as the consequences that may arise in case of bridge collapse or damages occur that would lead to the restriction or interruption of traffic. Timely response to the potential impacts of climate change, improvement of the methodology, adaptation to climate change and removal of the resulting damage leads to significant savings, enables the structure to withstand the foreseen operational life, but also ensures the safety of road users.

REFERENCES

[1] Meyer, M. (2008). Design standards for U.S. transportation infrastructure: The implications of climate change (Special Report 290). Washington, DC: Transportation Research Board. (on-line) available at: https:/onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290meyer.pdf (August 13, 2022).

[2] Schwartz, H. G., (2010). Adaptation to the impacts change on transportation. (*The Bridge, 40(3)*, pp. 5-13)

[3] Kumar, P., Imam, B., (2013). Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. (*Science of the Total Environment, 444*, pp. 85-101, doi: https://doi.org/ 10.1016/j.scitotenv.2012.11.056)

[4] Mondoro, A., Frangopol, D., M., Liu, L., (2018). Bridge adaptation and management under climate change uncertainties: A revies. (*Natural Hazards Review, 19(1): 01017023c*, doi: 10.1061/ (ASCE)NH.1527-6996.0000270)

[5] Nasr, A., Bjornsson, I., Honfi, D., Larsson Ivanov, O., Johansson, J., Kjellstrom, E., (2021). A review of the potential impacts of climate change on the safety and performance of bridges, (*Sustainable and Resilient Infrastructure*, vol. 6, no. 3-4, pp. 192-212, doi: https://doi.org/10.1080/ 23789689.2019.1593003)

[6] Meyer, D. M., Weigel, B., (2011). Climate Change and Transportation Engineering: Preparing for a Sustainable Future, (*Journal of Transportation Engineering, 137(6),* pp. 393-403, doi: https://doi.org./10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000108)

[7] Hulten, C., Andersson-Skold, Y., Ottosson, E., Edstam, T., Johansson, A., (2007). Case studies of landslide risk due to climate change in Sweden. (*Landslides and Climate Change: Challenges and Solutions, Proceedings*, doi: https://doi.org/10.1201/NOE0415443180.CH19)

[8] Stewart, M. G., Wang, X., Nguyen, M. N. (2011). Climate change impact and risks of concrete infrastructure deterioration. (*Journal of Engineering Structures, 33*, pp. 1326-1337, doi: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.01.010)

[9] Climate Adaptation Platform. (on-line) available at: https://climateadaptationplatform.com/wp-content/uploads/2020/03/climate-change-adaptation-bridges-infrastructure.jpg (August 21, 2022).

[10] Euronews. Srbija (on-line) available at: http://euronews.rs (August 21, 2022).

[11] Los Angeles Times. (on-line) available at: https://www.latimes.com/california/story/2019-10-27/major-fire-breaks-out-at-carquinez-bridge-in-vallejo-interstate-80-closed (August 31, 2022).

[12] Palu, S., Mahmoud, H., (2019). Impact of climate change on the integrity of the superstructure of deteriorated U.S. bridges, (*PLoS ONE, 14(10): e0223307*, doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223307)

[13] United States Agency for International Development (USAID). (2015). Global Climate Change, Adaptation, and Infrastructure Issues Knowledge Management Support (USAID, USA, 14 p.)

[14] Bles, T., Bessembinder, J., Chevreuil, M., Danielsson, P., Falemo, S., Venmans, A. (2015). ROADAPT - Roads for today, adapted for tomorrow. Conference of European Directors of Roads. (on-line), available at: https://www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/climate_change/roadapt/ ROADAPT_integrating_main_guidelines.pdf (August 10, 2022)

[15] European Commission, European Environment Agency. Climate Adapt. (on-line) available at: https://climateadaptationplatform.com/climate-impacts-on-bridges-and-potential-climate-adaptation-strategies/ (September 9, 2022)

[16] World Road Association (2022). Road Bridge - New Rehabilitation materials and technologies.

[17] Matić, B., (2009). Sistem upravljanja mostovima u Srbiji, (*Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu*, pp. 105-108.)

[18] Folić, R., Partov, D., (2020). Comparative analysis of some Bridge Management Systems, (*Building Materials and Structures, 63 (2020) 3*, pp. 21-35), doi: https://doi.org/10.5937/GRMK2003021F)

[19] Nasr, A., Kjellstrom, E., Bjornsson, I., Honfi, D., Larsson Ivanov, O., Johansson, J., (2020). Bridges in a changing climate: a study of the potential impacts of climate change on bridges and their possible adaptations, (*Sustainable and Resilient Infrastructure, vol. 16, no. 4*, pp. 739-749, doi: https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1670215)

[20] Gligorijević, M., (2017). Condition Assessment and maintenance Perspectives of Bridge Structures in the city od Nis, (*Building Materials and Structures, 60 (2017) 3*, pp. 31-46), doi: https://doi.org/10.5937/grmk1703031G)

[21] Javno Preduzeće Putevi Srbije, (on-line) available at: https://www.putevi-srbije.rs/ (August 30, 2022).

[22] Brašanac-Bosanac, LJ., (2014). The Climate Change - Strategies and Legislation in Serbia, (*Institute of Forestry, Belgrade, collection 69-70*, pp. 7-15, UDK 581.583+502.14(497.11)=111)

[23] European Union, United Nations, World Bank Group, (2014). Poplave u Srbiji 2014. (on-line) available at: http://www.obnova.gov.rs/uploads/useruploads/Documents/Izvestaj-o-proceni-potreba-za-oporavak-i-obnovu-posledica-poplava.pdf (September 20, 2022)

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 15

Следење на состојбата на патиштата во реално време
Real Time Road Condition Monitoring

Timo Saarenpää, Markus Simonen [2], Jan Filipovsky[3]
1 Roadscanners Oy, Finland, timo.sarenpaa@roadscanners.com
2 MsC., 2) Central-Finland Centre for Economic Development, Transport and Environment, Finland,
3 msC., PhD., Roadscanners Central Europe, Czech Republic, jan.filipovsky@roadscanners.com

Апстракт
Традиционално, управувањето со одржувањето на асфалтираните патишта во Финска и во други земји се заснова на низа множества на податоци од истражувањето на NDT за функционалната и структурната состојба на патната мрежа, складирани во базите на податоци на системот за управување со коловозите. Податоците се собираат нормално, од автопатиштата годишно и од други патишта во интервали од 1-3 години. Проблемот со овој систем е што не ги зема предвид сезонските промени. На патиштата со чакал, прашината беше проблем, а управувањето со одржувањето обично се заснова само на субјективна визуелна проценка во однос на состојбата на површината на патот врз основа на однапред дефинирани критериуми. Исто така, во зимскиот период, евалуацијата на состојбата на површината на патот се базира главно на визуелна инспекција или мерења на самото место.За да може да управува со секојдневното одржување и одржувањето на коловозот врз основа на пообјективни информации, Централно-финскиот Центар за економски развој, транспорт и животна средина, заедно со скенери на патишта, започна пилот проект каде што е инсталиран специјален систем за контрола за одржување на патиштата, во возило што се користи за секојдневно следење на договорите за одржување. Сензорот за 3D акцелерометар во возилото ги мери параметрите на рапавост на патот, како што се нерамнини, вдлабнатини и брзи промени во вкрстувањето на асфалтираните и чакалските патишта и во лето и во зима. Системот има и дигитална камера и сите податоци се испраќаат до услугата облак „во реално време“ со задоцнување од 2 секунди. Резултатите од анкетата може да се погледнат и анализираат од веб сервисот.Оваа презентација ќе ги претстави технологијата и искуствата на пилотот RDMC од првата година 2021-2022 година во Централна Финска и други области за тестирање во Финска.

Клучни зборови
3D акцелерометар, рапавост на патот, асфалтиран пат, патишта со чакал, управување со одржување

Abstract
Traditionally the maintenance management of paved roads in Finland and other countries has been based on a range of NDT survey data sets of the functional and structural condition of the road network, stored in Pavement Management System data bases. The data is collected normally from highways annually and from other roads at 1-3 year intervals. The problem with this system is that it does not take into account seasonal changes. On gravel roads dusting has been a problem, and the maintenance management is normally based only on subjective visual evaluation regarding the road surface condition based on predefined criteria. Also in the winter time road surface condition evaluation has been based mainly on visual inspection or spot measurements. In order to be able to manage daily maintenance and pavement maintenance based on more objective information the Central-Finland Centre for Economic Development, Transport and Environment, together with Roadscanners, has started a pilot project where a special Road Doctor Maintenance Controller system has been installed in a vehicle used for daily monitoring of the maintenance contracts. The 3D accelerometer sensor in the vehicle measures road roughness parameters from the road such as washboarding, bumps, depressions and quick changes in crossfall on paved and gravel roads in both summer and wintertime. The system has also a digital camera and all data is sent to a cloud service “real time” with a 2 second delay. The survey results can be viewed and analysed from the web service.This presentation will present the technology and experiences of the RDMC pilot from the first year 2021-2022 in Central Finland and other test areas in Finland.

Key words
3D accelerometer, road roughness, paved road, gravel roads, maintenance management.

1. INTRODUCTION

One of the biggest trends in the management of road assets is the shift enabled by digitalization and new technology from reactive maintenance, that is mainly focusing on repairing visual road damage, towards preventive or proactive maintenance. In practice, this means that the root causes of problems are always identified and a remedy chosen that focuses on eliminating or at least improving the causes of the problems, rather than just treating the symptoms. The key themes for proactive maintenance are 1) avoiding repairs if nothing is wrong (for safety's sake), 2) never accepting damage as "normal," and 3) monitoring the approaching damage condition and responding to it in a timely manner. This shift however requires engineers to have a real time situation picture of the road network for it to be used in the decision making process.

In earlier days pavement condition data was collected once / year by profilometer vehicles and the measured data was averaged into 100 m long sections with the analysed results obtained several months after the survey was made. Winter road condition monitoring was not carried out, except for localized friction measurements. A further issue for gravel road networks, comprising 1/3 of the public road network in Finland, is that their road condition monitoring was based only on visual subjective evaluations. Now, thanks to modern sensor technology and big data, new technology allows automated road condition data collection from a moving vehicle. This data can be processed and stored in real time to the cloud and results can be viewed from there. Now maintenance managers and contractors can monitor and get immediate warnings of emerging road condition problems, such as bumps or potholes and can send a crew to fix the problem.

Finland has been testing the RDMC (Road Doctor Maintenance Controller) system, developed by Roadscanners, in a pilot trial in Central Finland from the year 2021-2022 on both paved and gravel roads in two maintenance contract areas. This paper reports experiences of this Central Finland pilot as well as tests made by Roadscanners in the area of Finnish Lapland.

2. ROAD DOCTOR MAINTENANCE CONTROL (RDMC) CONCEPT

The basic concept of RDMC is that it uses relatively cheap but robust components that are not so accurate than profilometer sensors, but increased volumes of data are collected and averaging compensates their slightly lower accuracy level. The other feature is that the data collection is fully automated, and the data is processed and sent to cloud normally within two seconds. In the future, when ITS technology will be further developed, all vehicles driving on roads will most likely produce most of this data through their own sensors. RDMC technology has been tested in Finland since 2018 across different types of projects related to road condition management and daily maintenance management projects. The biggest benefits of the system is that engineers can easily detect the sections that are causing problems at particular times of the year, such as wintertime, spring thaw weakening or during rainy seasons. It can also show trends in road condition development.

RDMC is composed of a 3D accelerometer and other sensors, a digital camera and GPS that are controlled with a small industrial data collection unit (figure 1). This unit carries out a preliminary processing of the collected data, for instance once per second, and sends it to cloud server through mobile network. The system turns on automatically when the vehicle is started, or it can alternatively be turned on through cell phone or tablet connection.

Fig. 1. Components of the basic RDMC system. 3D accelerometer is installed under the driver's seat and camera in front window. Data collection unit working with 12V DC can be in the trunk as well as GPS and 4G/LTE antenna. The system can be set to measure when the vehicle is running, or it can be started by cell phone.

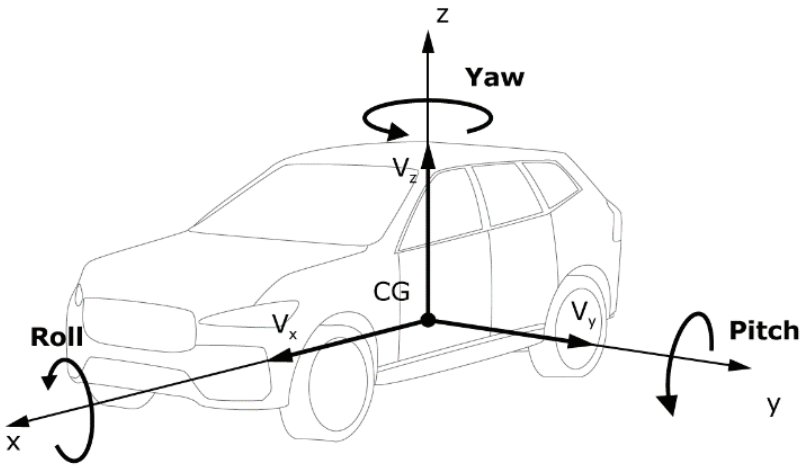


Fig. 2. 3D accelerometer parameters and the road condition parameters they can indicate.

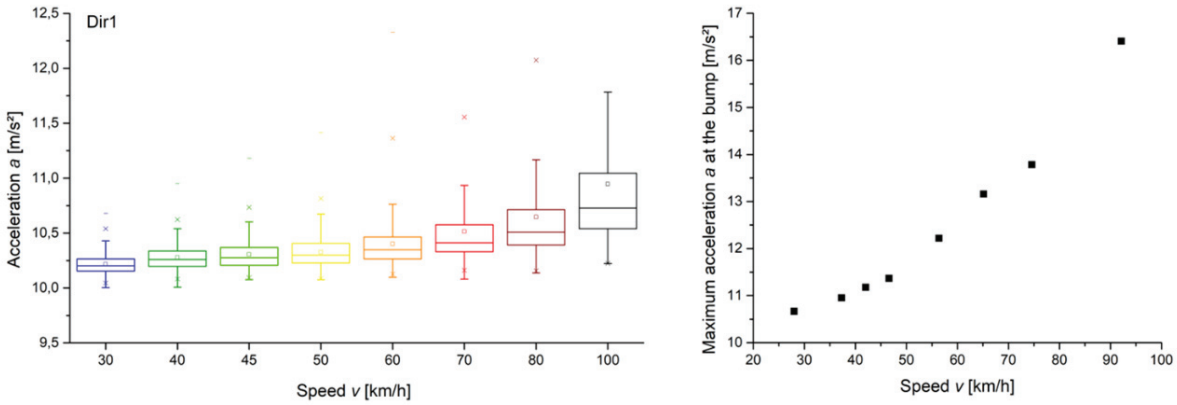


Fig. 3. Speed calibration from a special road section (left) and from a special bump (right).

Once the data has been collected the results can be viewed in the web service through a range of map options that provide an overview of the monthly or last situation of the maintenance area with statistics (figure 4). In addition, special points of interest, for instance points with high acceleration, can be examined from a photo of the section to give a view how the section and its environment looks in the field (figure 5).

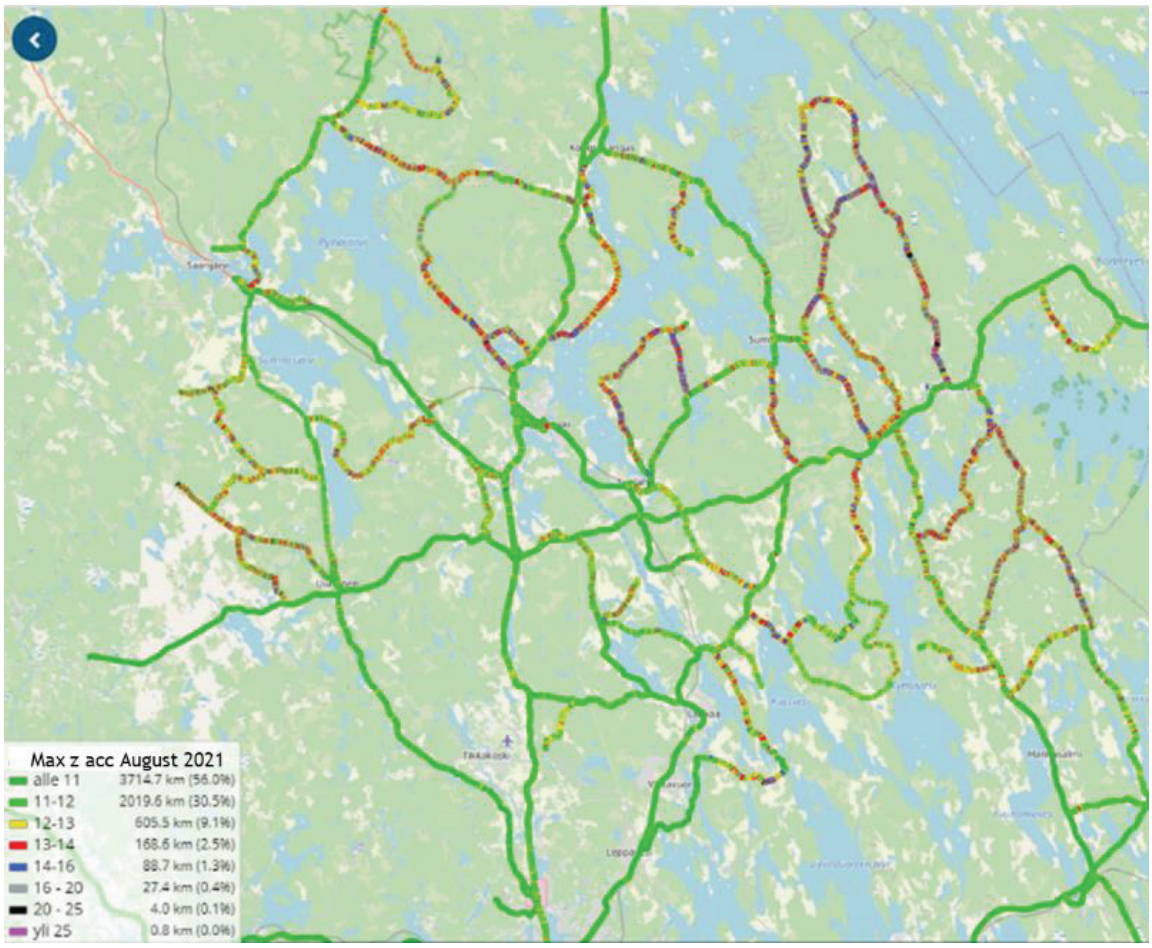


Fig. 4. The condition of the gravel and paved roads in Äänekoski maintenance area in August 2021 in Finland. Road condition is presented as a function of maximum vertical acceleration.

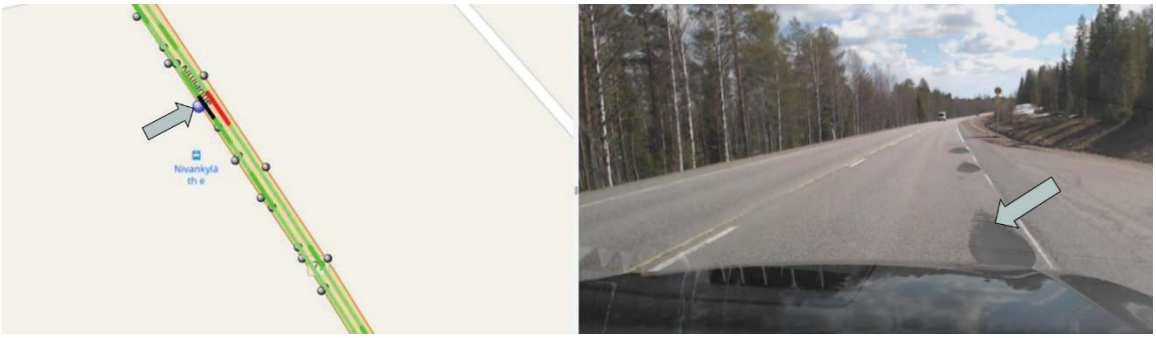


Fig. 5. In the web service, measured uneven spots can be viewed in detail by opening a digital photo taken at the particular road section. In this case high vertical acceleration can be related to problems with the drainage in the rest area.

RDMC also uses laser scanners, or lidar. For this, the lidar can be fitted to the car roof or rack fitted on the vehicle tow hook (figure 6). Several road condition parameters can surveyed with this system including rut depths, rut depths in compacted snow, potholes and their dimensions, verges on the road side and ditch depths.

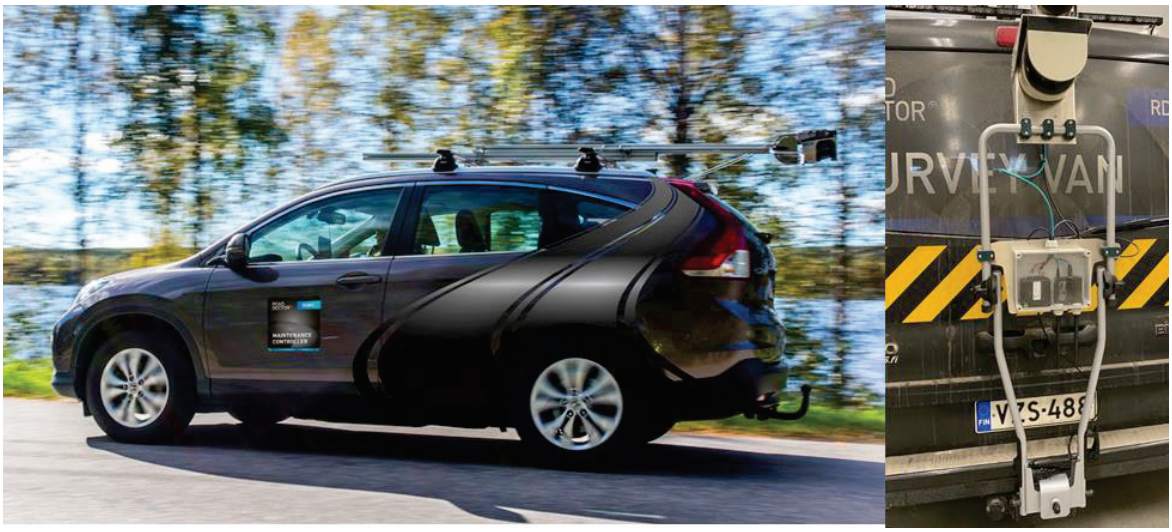


Fig. 6. RDMC laser scanner system can be quickly installed either to the roof or to the tow hook using a suitable rack.

3. RDMC TESTS IN CENTRAL FINLAND AND FINNISH LAPLAND

In early spring 2021 the RDMC system was installed in a survey vehicle used mainly for the daily/weekly monitoring of the daily maintenance contracts of Karstula and Äänekoski in Central-Finland. Both contract areas had both paved and gravel roads and were subject to routine monitoring 1-3 times / month. The RDMC system collected accelerometer data which was then stored to cloud where it could be analysed and presented in GIS maps and statistics. Road roughness classifications were made for both paved and gravel roads based on driver panel evaluations. Table 1 presents a summary of the average condition classes of these roads during summer 2021. This shows that average condition of the paved roads was slightly better in Äänekoski area, but the condition of gravel roads was better in Karstula area.

Table 1. Average condition of paved and gravel roads in Äänekoski and Karstula maintenance areas in Central-Finland in summer 2021.

Quality	Äänekoski paved roads (%)	Karstula paved roads (%)	Äänekoski gravel roads (%)	Karstula gravel roads (%)
Smooth	95.7	87.2	79.3	87.2
Uneven	2.2	4.8	10.3	6.8
Rough	1.5	4.4	7.3	4.4
Uncomfortable	0.5	1.4	3.0	1.4
Alarming	0.1	0	0	0

The survey was carried out using the same vehicle used by the pavement engineer responsible for pavement management and paving contracts in the Central-Finland area. The idea was to get a good picture of the condition of the paved roads in the area, and use the information gathered in the paving programming and in the selection of different paving options.

At the same time in the Rovaniemi area in Finnish Lapland Roadscanners was testing the RDMC system on selected paved roads and gravel roads. These surveys were made on the same paved roads as the PEHKO project (Saarenketo et al. 2019) with the special goal of monitoring the effect of seasonal changes on the service level of the road network.

3.1 Gravel Road Monitoring Experiences

There are generally three different kinds of roughness problems on gravel roads: a) bumps that are mainly related to differential frost heave, b) potholes that are mainly related to moisture problems due poor drainage and spring thaw and c) washboarding problems that appear during the dry summer months and can be mainly related to grain size distribution problems of the gravel road wearing course (Figure 7). Because the root cause of each case is different their corrective and/or preventative maintenance measures are also different. Additionally, their acceleration response, wavelength, amplitude and repeatability is different, which makes it possible to use automated classification to identify the problems. This work is currently ongoing.

Another way to analyse these problems is to analyse their appearance in different seasons. Figure 8 presents vertical acceleration maps from each month in spring, summer and fall in 2021. Maintenance operations have taken place between these measures, such as heavy grading or light road blading, and these maps provide useful information on what types of maintenance techniques are useful for each type of problems. For instance, if potholes are deep then light blading will not be effective and the problems recure in worst cases within a few days.

Fig. 7. Typical roughness problems of the gravel roads in Finland: bumps (left), potholes (middle) and washboarding (right).

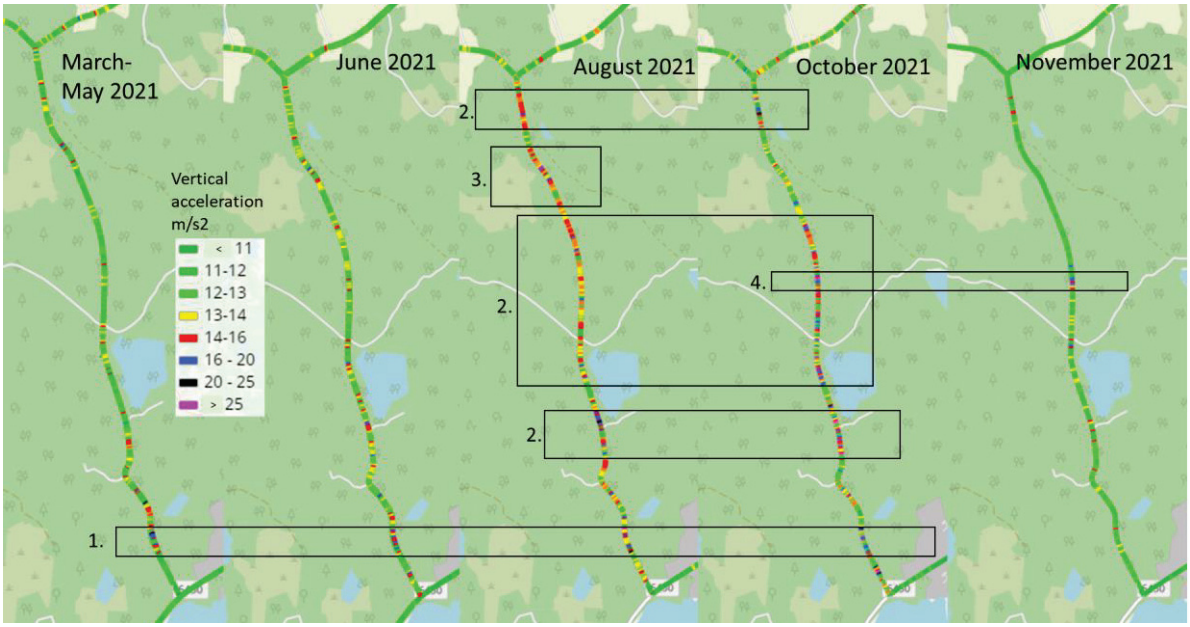


Fig. 8. Maximum vertical acceleration in gravel road 16807 and classification of their recurrence in different months in Central-Finland in 2021

3.2 Paved Road Monitoring Experiences

One benefit of the RDMC technique is the shorter survey sections it offers compared to the 100 m long sections that profilometer data is stored. Figure 9 presents comparisons of IRI and RDMC classifications on the same road. In this case the RDMC map shows if the 100 m average IRI class is caused by longer medium roughness or by a bad localised bump or pothole. This together with a photo from the location helps again to identify the problem and the corrective measure(s).

Another benefit of RDMC is that it provides useful information of the seasonal changes in road roughness, especially roughness during the winter time and during the spring period when differential frost heave can cause hazardous bumps on the roads. Figures 10 and 11 present an example of such a problem in Lapland. The road during the summer 2021 was very smooth with vertical acceleration less than 10.5 m/s2, while in early May 2022 the measured acceleration was higher than 16 m/s2 and the site required traffic warning signs.

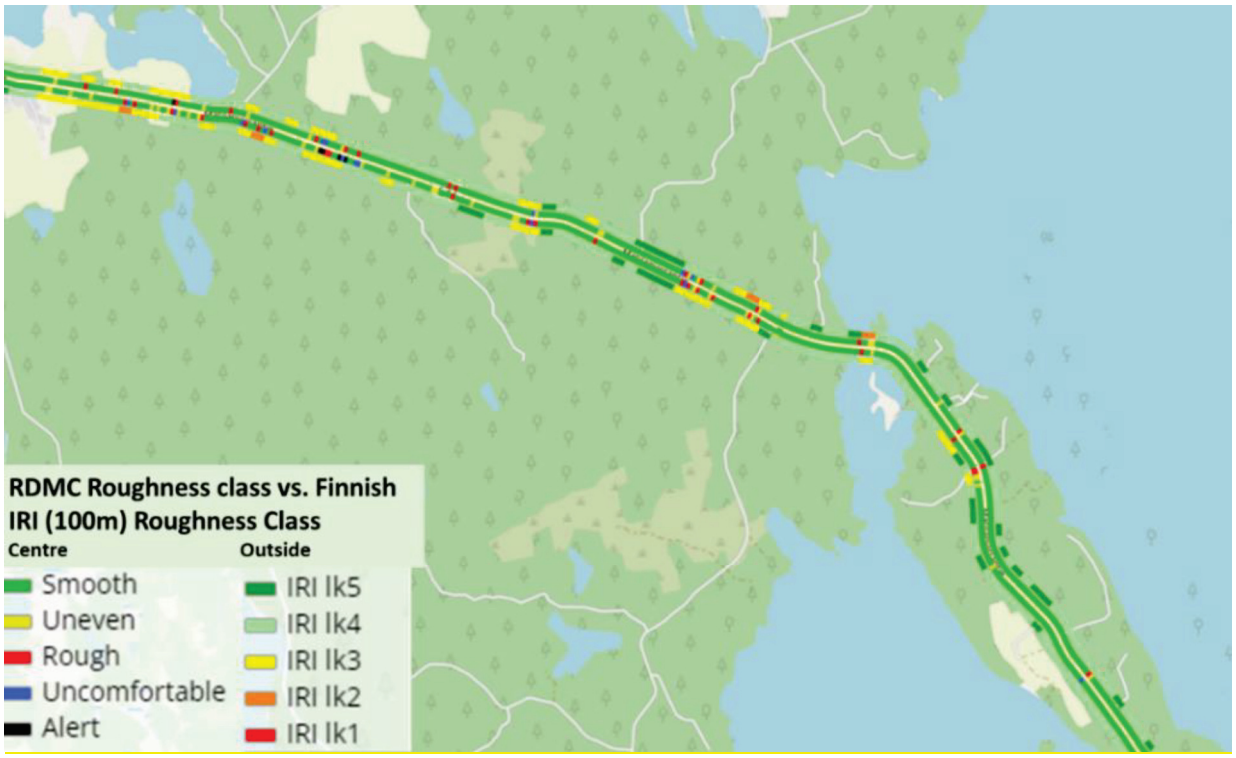


Fig. 9. Comparisons of RDMC roughness class and FTIA PMS 100 m roughness class in Road 637 in Äänekoski maintenance area.

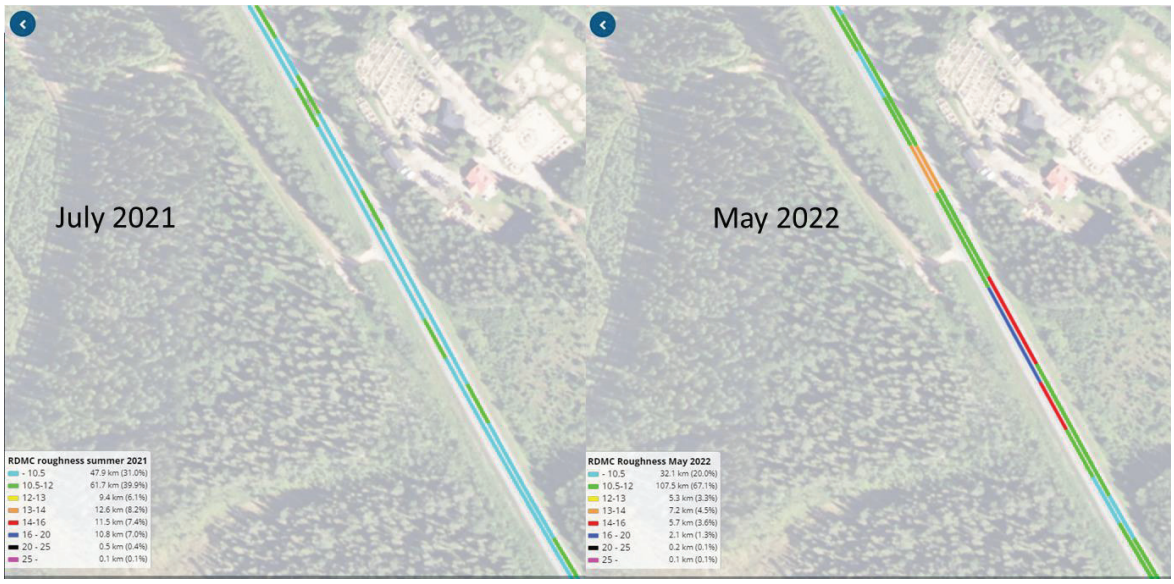


Fig. 10. Maximum vertical acceleration on Road 79 in Finnish Lapland measured in July 2021 when there was no frost and in early May 2022 during the frost thawing phase.

Fig. 11. Differential frost heave bump on Road 79 in Finnish Lapland in early May 2022

4. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The RDMC system has now been tested for a few years on special projects such as winter maintenance monitoring in Lapland and for one year in monitoring the daily maintenance contracts in Central-Finland area. In addition, the system has been tested in monitoring the condition of paved roads in the area.

Real time automated road condition monitoring systems have several advantages. They can be used in routine follow-up maintenance vehicles whilst road owners or maintenance contractors are visually checking the condition of the road network. Benefits include:

- All data is automatically stored in cloud with coordinates, which is difficult to be done manually while driving the vehicle.
- Objective results of the road condition across different areas enable comparisons of the performance of the daily maintenance contractor, especially on gravel roads but also on paved roads and also during winter conditions.
- New and very valuable information can be gathered about the changes in the road condition over different seasons as Figure 12 shows.
- The system can measure even small changes after a rehabilitation or repaving exercise and can highlight potential problems during the guarantee time. This can be a learning experience for everyone on the functionality of different types of measures and actions to fix road problems. This will be a key issue when moving towards proactive maintenance.
- Feedback can be given to the daily maintenance contractors based on objective survey data.
- Feedback from road users will be easier to answer, and react to, when the latest results and photos of specific road sections will be able to be seen via computer or cell phone screen from the web.

The greatest benefit of the system however is the price. The annual hardware and software costs equal roughly 1000 km of profilometer surveys. With the automated system the monthly data collection lengths have varied between 1500 – 2500 km, which means total data collection costs of less than 1€/km.

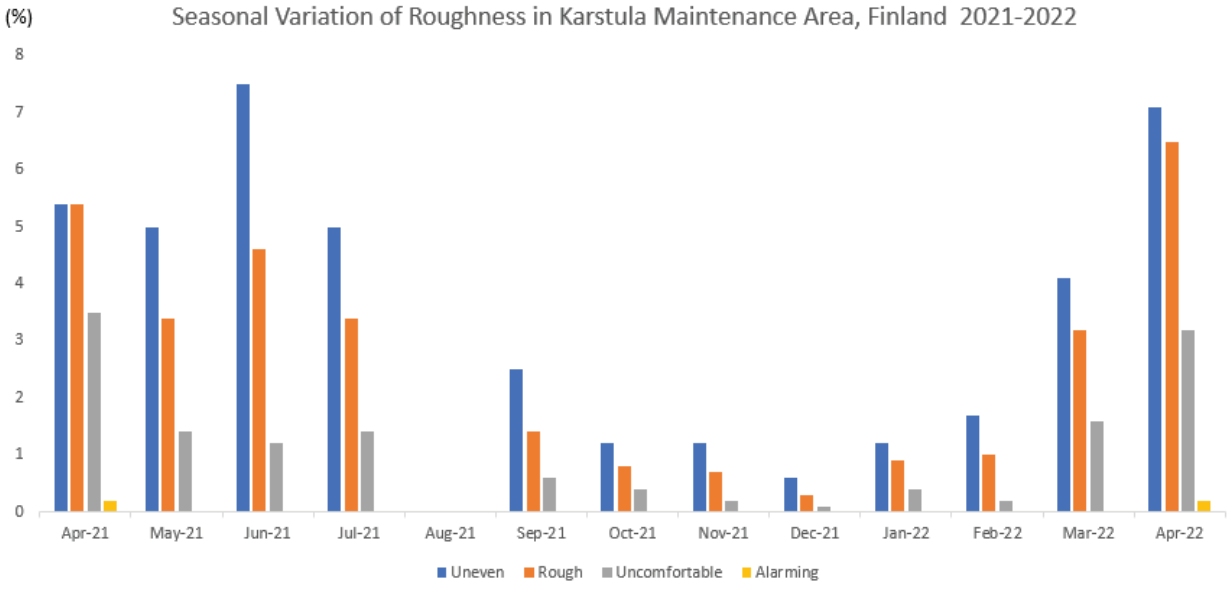


Fig. 11. Relative share of uneven paved and gravel road sections in Karstula maintenance area from April 2021 to April 2022.

5. REFERENCES

[1] Saarenketo, T. (2017). What New Technologies Can Provide to Intelligent Road Asset Management. Proceedings of International Baltic Road Conference, BRC2017, August 27-30, Tallinn, Estonia.

[2] Saarenketo, T., Munro, R., and Matintupa, A. (2019) PEHKO Project, Implementing Recommendations for Rural Road Asset Management in Finland. Proceedings of the International Symposium on Cold Regions, ISCORD 2019. Oulu, Finland June 17-19.

[3] Saarenketo, T. and Männistö, V. (2021). From Reactive to Proactive Maintenance in Road Asset Management. Advances in Road Infrastructure and Mobility. Proceedings of the 18th IRF World Meeting & Exhibition, Dubai 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79801-7.

[4] Tapio, R., Lehtinen, J., Ylinampa, J. and Saarenketo, T. (2016). PEHKO project 2015-2025, Increasing the Productivity of Paved Road Management in Finland. Proceeding of the EAPA Conference, Prague. DOI: dx.doi.org/10.14311/EE.2016.144.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T2 – 16

Компарација и оцена на коефициентот на триење на коловозни површини со различен камен агрегат

Comparison and evaluation of the coefficient of friction of road surfaces with different stone aggregate

Тони Јовановски[1], Горан Мијоски[2]

[1] м-р, Тони Јовановски, Општина Битола, РС Македонија, tljovanovski@gmail.com
[2] проф. д-р, Градежен факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, РС Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Во овој труд се прави компарација на МКС прописите и EN стандардите за мерење на индексот на триење SRI и оцена на коефициентот на триење на коловозни површини со различен камен агрегат, односно се прави споредба помеѓу нашите и европските стандарди, како и споредба на коефициентот на триење на коловозни површини кои се со различен камен агрегат во нивниот состав.

Клучни зборови

Технички прописи, коловозна конструкција, асфалтни мешавини, камен агрегат

Abstract

This paper entitled "Comparison of MKS Regulations and EN Standards for Measurement of SRI Friction Index and Assessment of Friction Coefficient of Various Stone Aggregates" deals with the comparison, ie the comparison between our and European standards, as well as a comparison the coefficient of friction of pavement surfaces that are of different stone aggregate in their composition.

Key words

Technical regulations, pavement construction, asphalt mixture, stone aggregate

1. ВОВЕД

За влез на нашата држава во Европската унија неопходно е усогласување на нашето законодавство со нивното како и усогласување на македонските стандарди со европските стандарди што е нужна и неопходна постапка која треба да се направи час поскоро. Функционирањето генерално на градежништвото во иднина би зависело од прифаќањето на европските стандарди или усогласување на нашите МКС стандарди со европските (EN) стандарди, со цел процедурите и постапките при имплементација да бидат унифицирани и детално разработени.

При неусогласеност на нашите со европските стандарди се соочуваме со проблеми при изведбата на објектите (инфраструктурни, објекти од високоградбата, хидротехнички објекти и др.) поготово каде објектите се финансирани од институции на ЕУ. Во вакви случаи каде нашата држава потпишува договори за заем или грант, додека водењето на постапките (проектирање, изведба и надзор) треба да бидат согласно FIDIC (International Federation of Consulting Engineers) каде треба нашето законодавство да биде усогласено со европските законски прописи.

Првиот чекор кој треба да се преземе од наша страна како држава е усогласувањето на македонските со европските стандарди и адекватна едукација на стручниот кадар. Тоа значително би влијаело на изведбата на градежните работи во земјава од аспект на квалитет, брзина на изведување на истите, јасно прецизирани постапки, точно дефинирани чекори при решавање на одреден вид на проблем при изведба, јасна слика на техничка опременост за изведување на одреден вид на работа, точно предвидени човечки ресурси за одреден вид на работа и др.

Усогласувањето на нашите со европските стандарди е навидум лесна но во суштина е доста сложена и далекусежна работа која буквално ги опфаќа сите сегменти на градежништвото, па и пошироко доколку знаеме дека еден од показателите на степенот на развиеност на една земја зависи во голема мерка и од степенот на развиеност на градежништвото.

2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

Извршени се мерења на отпорот на триење на коловозни конструкции на абечкиот слој, на две делници во кои е вграден различен агрегат во изработката на асфалтната мешавина.

Мерењата за испитување на отпорот на триење на вградена асфалтна мешавина АБ 16 се реализирани на:

- државен пат Р1311 делница „Битола – Новаци“, со вграден агрегат од еруптивно потекло (изведен јуни/јули 2018 година) и

- државен пат Р1101 делница „Битола – Крклино“, со вграден агрегат од варовничко потекло.

Мерењата на отпорот на триење извршени се со мерен апарат СРТ нишало (Skid Resistance Tester).

Слика 1. Мерење со СРТ нишало
Извор: сопствено фото

2.1. Мерење на отпорот на триење на коловозната површина, изработена со битуменска мешавина од минерален агрегат од еруптивно потекло

Спецификите и параметрите на изведената рехабилитација на државниот пат Р1311 делница: „Битола - Новаци“ се следниве:

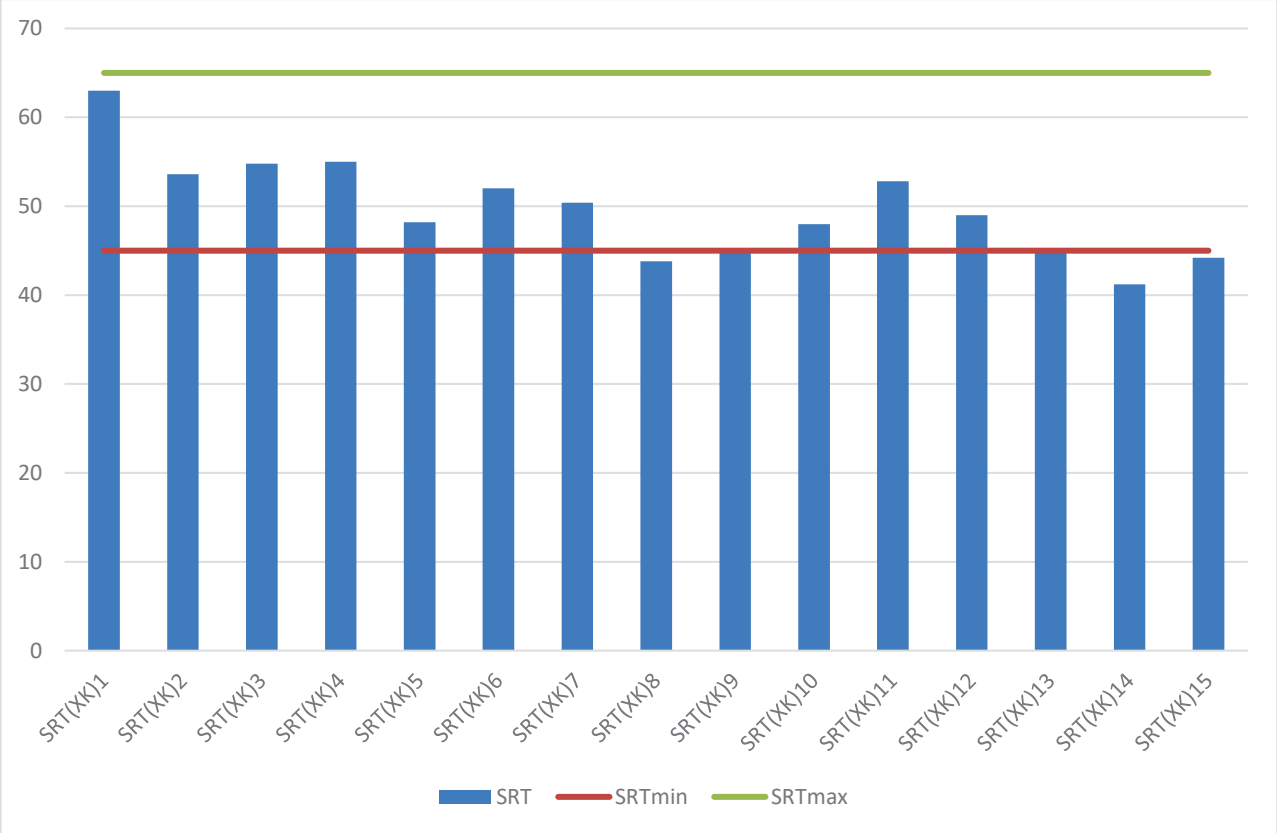
- На постојниот патен правец Р 1311 вградена е асфалтна мешавина АБ 16с врз постоечки асфалтен коловоз (рехабилитација) со асфалтен спрег во една ширина на патот, со должина од L=4564 m′, ширина од 6,1 m′ и проектирана дебелина на асфалтен слој d = 5 cm;
-
- Асфалтна мешавина АБ 16с (која е вградена) произведена е во асфалтна база „ТБА -250К“ со капацитет од 160 t\h лоцирана во с. Три Чешми - Штип во сопственост на ДГГУ „Ескаватори – МК“ Дооел Скопје;
- Потеклото на камениот агрегат со фракција (0-4) е од Рудник „Камен Дол“ – Росоман, фракциите (4-8),(8-11),(11-16) се од Каменолом „Јаворица“ – Демир Капија, а филерот е од рудник „Бањани‘‘ с. Бањани – Скопје;
- Употребено е врзно средство (БИТ 50/70) со потекло од „НИС“ д.о.о. Нови Сад - Р. Србија;
- Предходниот работен состав (рецептура) е изработена од „Фертест“- Урошевац од 15.3.2018

Мерењата на отпорот на триење се извршени на коловозната лента со правец на движење од Битола кон Новаци, на најоптовареният дел од сообраќајната лента, односно на околу 0,80 m од работ на коловозот и тоа на секои 100,00 m. Добиените резултати табеларно се претставени (табела бр.1) и тоа:

Табела 1. Резултати од мерења на отпорот на триење извршени на коловозната лента со правец на движење од Битола кон Новаци на стационажа 0+000 до 1+400

Стационажа	Измерени вредности					Средна вредност SRT	Корегирана вредност SRT (xk)
	SRT 1	SRT2	SRT 3	SRT 4	SRT 5		
0+000	57	56	58	62	67	60	**63**
0+100	45	50	52	53	53	50,6	**53.6**
0+200	50	51	52	53	53	51,8	**54.8**
0+300	53	50	52	51	54	52	**55**
0+400	45	45	45	46	45	45,2	**48.2**
0+500	49	49	49	49	49	49	**52**
0+600	46	47	48	48	48	47,4	**50.4**
0+700	43	40	40	41	40	40,8	**43.8**
0+800	42	41	41	472	43	41,8	**44.8**
0+900	43	45	45	46	46	45	**48**
1+000	50	50	49	50	50	49,8	**52.8**
1+100	46	46	47	46	45	46	**49**
1+200	43	41	43	40	43	42	**45**
1+300	38	39	37	39	38	38,2	**41.2**
1+400	41	42	40	41	42	41,2	**44.2**

Податоците од мерењата за SRT (xk) (корегирана вредност) (од табела 1) презентирани се графички на слика 2, каде е дадена и граничната вредност за SRT, $45 \leq SRT \geq 65$.



Слика 2. Графички приказ на вредностите добиени за SRT на патниот правец „Битола – Новаци“

2.2. Мерење на триење на коловозната површина изработена со битуменска мешавина од минерален агрегат од варовничко потекло

Спецификите и параметрите на изведената рехабилитација на државниот пат Р1101 делница: „Битола – Крклино“ се следниве:

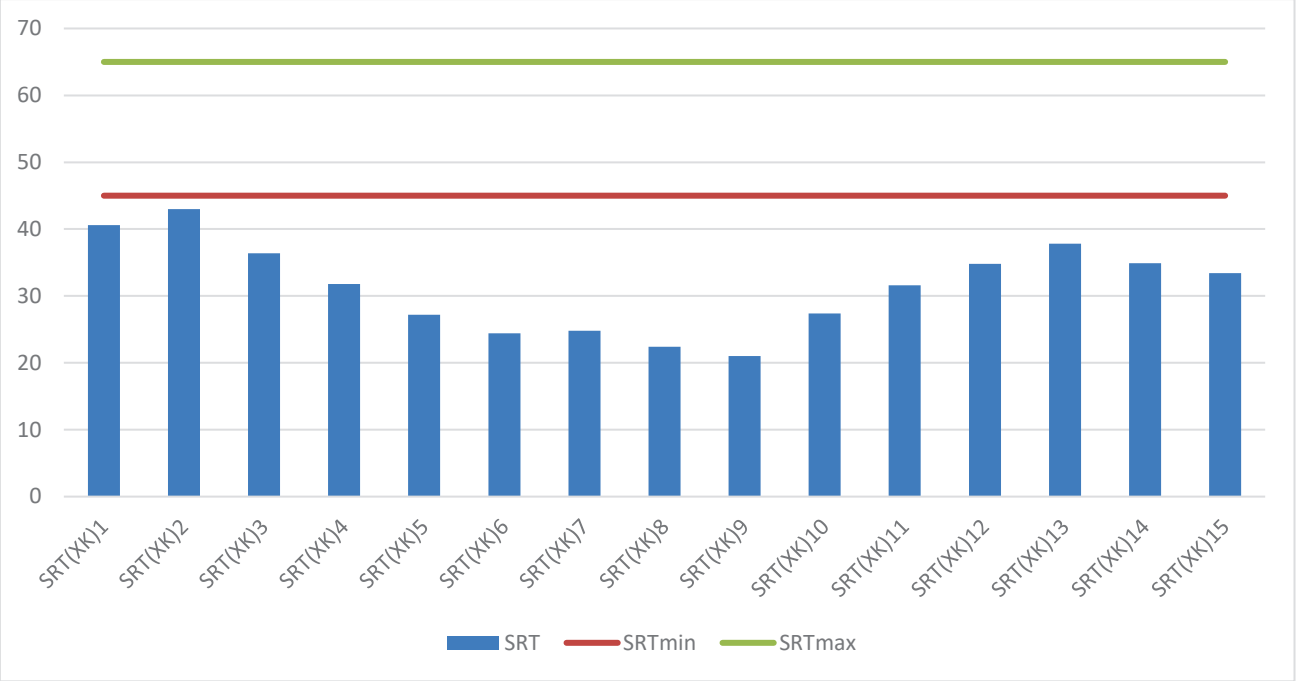
- На постојниот патен правец Р 1101 вградена е асфалтна мешавина АБ 16 врз постоечки асфалтен коловоз (надградба) со должина L=1240 m′, ширина (8-9) m′ и предвидена дебелина на асфалтен слој d = 6 cm;
- Асфалтна мешавина АБ 16 произведена е во асфалтна база во сопственост на ЈП „Македонијапат“ - Подружница „Битола“;
- Потеклото на камениот агрегат е од Каменолом „Слоешница“, а филерот е со потекло од Рудникот „Бањани“ – Скопје.
- Употребено е врзно средство (БИТ 50/70) со потекло од „НИС“ д.о.о. Нови Сад - Р. Србија;
- Претходен состав (рецептура) е изработена од Градежен институт „Македонија“ АД – Скопје со бр. 1103-1044/1 од 1.6.2018;

Мерењата на отпорот на триење се извршени на коловозната лента со правец на движење од Битола кон Крклино (почнувајќи од бензиската на Лукоил, на излезот од Битола, каде е земена почетна стационажа за мерење 0+000), на најоптовареniот дел од сообраќајната лента, односно на околу 0,80 m од работ на коловозот и тоа на секои 100,00 m. Добиените резултати табеларно се средени во табели (табела бр. 2) и тоа:

Табела 2. Резултати од мерења на отпорот на триење извршени на коловозната лента со правец на движење од Битола кон Крклино на стационажа 0+000 до 1+400

Стационажа	Измерени вредности					Средна вредност SRT	Корегирана вредност SRT (xk)
	SRT 1	SRT2	SRT 3	SRT 4	SRT 5		
0+000	40	39	35	39	35	37.6	**40.6**
0+100	45	40	39	38	38	40	**43**
0+200	35	33	32	33	34	33.4	**36.4**
0+300	35	30	27	26	26	28.8	**31.8**
0+400	29	25	23	22	22	24.2	**27.2**
0+500	26	20	21	20	20	21.4	**24.4**
0+600	26	22	20	20	21	21.8	**24.8**
0+700	24	19	18	18	18	19.4	**22.4**
0+800	20	16	16	18	20	18	**21**
0+920	22	24	25	26	25	24.4	**27.4**
1+000	29	29	27	29	29	28.6	**31.6**
1+100	37	32	30	30	30	31.8	**34.8**
1+200	37	34	34	34	35	34.8	**37.8**
1+300	32	33	32	31	32	32	**34.9**
1+400	30	30	32	31	30	30.6	**33.4**

Податоците од мерењата за SRT (xk) (корегирана вредност) (табела 2) презентирани се графички на слика 3 каде е дадена и граничната вредност за SRT, $45 \leq SRT \geq 65$.



Слика 3. Графички приказ на вредностите добиени за SRT на патниот правец „Битола – Крклино“

3. ЗАКЛУЧОЦИ

Заклучоци може да се донесат во два сегменти и тоа врз основа на теоретската компарација помеѓу стандардите и врз база на експерименталниот дел.

По однос на направената теоретска компарација на МКС и EN стандардите, генерално можат да се изведат следниве заклучоци:

- во EN стандардите многу подетално се објаснети постапките за мерењата во однос на МКС стандардите

- во EN стандардите се обрнува поголемо внимание на калибрацијата на мерниот инструмент и на споредбената точност на добиените податоци и одржувањето на опремата за мерење

- Согласно развојот на софистицирана опрема за следење на состојбата на еден од најважните параметри кај коловозите, отпорот против лизгање, со EN прописите се предвидува користење на софистицирана опрема, со која се врши мерење во реални услови (со движење на возило со определена брзина), при што се врши континуирано, а не точкасто мерење како со CPT нишалото.

По однос на извршените „in situ“ мерења на SRT на коловозната површина, може да се констатира следното:

- По извршените мерења на државен пат P1311 на делница правец Битола – Новаци (со вграден агрегат од еруптивно потекло) - може да се констатира дека добиените резултати воглавно (со минимална отстапка на три мерни места) се во границите на SRT min/max

- По извршените мерења на државен пат P1101 на делница Битола – Крклино (со вграден агрегат од варовничко потекло) – може да се заклучи дека добиените резултати за SRT, во целост отстапуваат од границите на SRT min/max.

Би требало да се напомене дека според добиените резултати за SRT, кои во целост отстапуваат од границите на SRT min/max за патниот правец „Битола – Крклино“, за очекување е дека по првичните пониски резултати, по изминување на определен период на експлоатација ќе дојде до зголемување на вредностите на SRT (по соголување на врзното средство битумен од врвовите на зрната во асфалтната мешавина), но потоа варовничките зрна побргу ќе се исполираат и повторно ќе има пад на вредноста на SRT.

4. ЛИТЕРАТУРА

(1) ISO 5725-2, Точност (вистинитост и прецизност) на методот и резултатот на мерење - Дел 2: Основен метод за одредување на повторливост и репродуктивност на методот на стандардни мерења.

(2) prCEN/TS 15901-11, Карактеристики на патната површина и на аеродромските писти – Процедура за детерминирање на отпорот на пролизгување на коловозната површина користејќи уред за лонгитудинално мерење (LFCSR): SRM.

(3) PrCEN/TS 15901-12, Карактеристики на патната површина и на аеродромските писти – Процедура за детерминирање на отпорот на пролизгување на коловозната површина користејќи уред за лонгитудинално контролирано лизгање: BV 11 и Saab Friction Tester (SFT).

(4) PrCEN/TS 15901-13, Карактеристики на патната површина и на аеродромските писти – Процедура за детерминирање на отпорот на пролизгување на коловозната површина со мерење на коефициент на сигурна сила (SFCO).

(5) ISO 13473-1, Карактеризација на текстурата на коловозот со користење на површински профили - Дел 1: Одредување на средната длабочина на профилот

(6) EN 13036-1, Карактеристики на патните и аеродромските површини -Методи за испитување- Дел 1: Мерење на површината на макротекстурата на коловозот со помош на волуметриска техника.

(7) CEN/TS 13036-2; 2010(E) Карактеристики на патни и аеродромски писти -Методи на испитување - Дел 2: Оценување на отпорноста на лизгање на патната коловозна површина со користење на системи за динамично мерење.

(8) EN 13036-3:2002) Површински карактеристики на пат и писта - Методи на испитување-Дел3: Мерење на хоризонтално површинско одводнување на коловозот.

(9) EN 13036-4; 2011 (E) Карактеристики на патни површини и аеродромски писти -Методи на испитување - Дел 4: Мерење на отпорност на лизгање на површината: Испитување со нишало.

(10) МКСУ.Ц.4.099, 1990 год. - Отпор при лизгање на абечкиот слој од коловозната конструкција.

(11) МКС У.Ц4.018, 1984 год. - Испитување на отпорот при лизгање на абечкиот слој од коловозната конструкција.

(12) SANDBERG, U, Споредба на параметрите во методите за тестирање на песочни лепенки, Шведски институт за истражување на патишта и транспорт, S-581 95 Linkoping, Шведска 1991.

(13) ASTM, Истражувачки извештај RR: E17-1001: Американското друштво за тестирање и материјали.

(14) YAGER, T.J и BUHLMANN,F. , Макротекстура и дренажни мерења на различни бетонски и асфалтни површини. ASTM STP 763, 1982. Американското друштво за тестирање и материјали.

(15) Американска асоцијација за асфалтирање со бетони, Упатства за текстурирање на тротоарите од Портланд за цементни бетонски плочи. Tachnical Bulletin број 19, март 1975.

(16) HEGMON, R.R. и MIZOGUCHI, M., Мерење на текстура на површината со методи за мерење со песок и метод на мерење со мерач на одлив.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T2 – 17

Методологија за управување со ризици од одрони кај постојна патна инфраструктура

Methodology for managing landslide risks on existing road infrastructure

Верче Трајчева[1], Игор Пешевски[2], Милорад Јовановски[2], Горан Мијоски[2]
[1]м-р, ЈП „Куманово План“, РСМ, tverce91@gmail.com
[2] д-р, „Градежен факултет Скопје“, РСМ, pesevski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Темата на овој труд се геотехничките ризици од одронување кај карпестите косини во зона на постојна патна инфраструктура. Главна проблематика на истражувањето е да се предложи методологија за управување со геотехничките ризици од одронување. За да се предвидат мерки за заштита кои се дел од севкупното управување со патната инфраструктура потребно е да се дефинираат хазардот и ризикот. Анализите кои се извршени во рамки на трудот се однесуваат на косини кои се веќе во експлоатација, но опфатени се и анализи на косини кај патиштата кои се во фаза на изградба. Анализите се извршени врз база на сите согледувања и споредби со актуелната практика на управување со ризици од одрони кај патиштата во поголем број на земји во светот, како и консултирање на најсовремени проекти и стратегии.Во трудот е даден преглед на актуелната проблематика на одржување на карпестите косини кај патната инфраструктура во Македонија, а предложена е методологија/пристап за приоритизација на косини за кои е потребно превземање на мерки за заштита.

Клучни зборови

Анализа, Косини, Мерки, Одрони, Приоритизација, Ризик.

Abstract

The theme of this paper is geotechnical risks of rockfalls at the rockcuts on the existing road infrastructure. The main issue of the research is to propose a methodology for management of geotechnical rockfall risks. To design protection measures which are part of the overall road infrastructure management, it is necessary to define the geotechnical hazard and risk. The analyzes performed within the paper refer to cuts in exploitation stage, but also include slope analysis of roads under construction. The analyzes are performed on basis of all observations and comparisons with the current practice of rockfall risk management in most countries and consulting on the latest projects and strategies. The paper provides an overview on the current issues of maintenance of rock slopes on the road infrastructure in Macedonia, and proposes a methodology for prioritization of slopes for which it is necessary to take protection measures.

Key words

Analysis, Cuts, Measures, Rockfall, Prioritization, Risk.

1 ВОВЕД

Одроните на карпите се класифицираат како вид на свлечиште што сочинува одвојување на карпест блок од карпеста маса, проследена со брзо движење, отскокнување, тркалање и лизгање [1] и истите претставуваат исклучително брзи процеси кои можат да достигнат до големи растојанија [2]. Одроните можат да бидат предизвикани од повеќе влијанија како земјотрес, циклуси на замрзнување – одмрзнување, промена на атмосферски влијанија, ерозија, подземни води, човечка активност. Се јавува основна потреба за развој на теории за проценка на хазарди и ризици кои можат да настанат како природен феномен но и како резултат на човечка активност при промена на системите на околината. Предмет на истражување на овој труд се геотехничките ризици кај карпестите косини во зона на постојна патна инфраструктура. Главна цел на истражувањето е да се предложи пристап за вршење на приоритизација на косини за кои е потребно превземање мерки за стабилизација, со цел успешно управување со геотехнички ризици кај карпести косини во зона на постојна патна инфраструктура.

2 ТЕОРЕТСКИ ОСВРТ

Геотехничките хазарди и ризици се сметаат за важен елемент кај патната инфраструктура. Според ISO стандардите дефиницијата за хазард гласи: „Хазарди се недоволно потврдени ризици, односно опасности кои не се адекватно проценети според веројатноста на појава и последиците кои можат да ги предизвикаат“. „Ризик претставува потврден хазард со дефинирана веројатност на појава и штетни последици“. Во зависност од геологијата и топографијата, се среќаваат нестабилни делови кај косините од патната инфраструктура, и имаат потенцијал да предизвикаат одреден степен на штета врз сообраќајот. Според анализи направени во Washington State Department of Highways, значителен број несреќи биле предизвикани поради одрони во последните 30 години [3], а 45% од сите проблеми биле поврзани со одронување [4]. Повеќе автори [5,6,7] покажале дека појавата на хазард од одрони зависи од три фактори и тоа веројатноста, брзина на пад и интезитет на одронот. Проценката на хазард може да биде со користење на квантитативни пристапи, каде се применуваат компјутерски алатки со два (2D) [8,9,10] и три (3D) димензионални симулации CRSP [8,11], STONE [12], RAMMS [13] и Trajec3D[14]. Истите овозможуваат предвидување на траекториите на одроните, одредување на растојание на пад и кинетичка енергија на блоковите. Во праксата, поради недостиг на геомеханички и историски податоци најчесто се користат квалитативните методи. Rockfall Hazard Rating System - RHRS е еден од најпознатите системи за процена на хазард од одрони разработен во Орегон, САД во 1984 година. RHRS е полуквантитативен метод [15], кој овозможува да се лоцираат зони кои претставуваат потенцијална опасност од одрони.

3 ПРИСТАП ЗА ПРИОРИТИЗАЦИЈА НА КОСИНИ ЗА КОИ СЕ ПОТРЕБНИ МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА

Во студијата на случај е анализирана траса на која се издвоени вкупно 20 потенцијално нестабилни косини. Анализирани се параметри како: висина на косина, должина на косина, просечен наклон на терен, тип на карпа. Просечниот наклон на косините е помеѓу 25° - 80°, додека висините се помеѓу 1,2 – 9,0 m. Должината е променлива, каде се среќаваат косини со должина од минимум 10.0 m па се до 456.0 m. Разгледувани се и постојните берми за зафаќање на одроните на дел од косините, онаму каде ги има, кои се непосредно до ножицата на косината, т.е. анализирана е нивната функционалност. Косините се разликуваат по нивниот генерален степен на ризик од одронување и може да се поделат на две секции:

- **Секција 1 – Косини со низок степен на ризик од одронување**

Косините кои се дел од оваа секција се релативно стабилни, со мала височина и не толку стрмни наклони, и истите имаат помал степен на ризик од одронување. Согласно испуканоста на карпите се регистрирани одронувања од помали делови на карпи вдолж косините. Кај овие косини не се забележани опасности од одронувања на поголеми блокови од карпестата маса. Најголема потенцијална опасност од одрони е во вид на одронувања на помали парчиња од карпата кои би можеле да стигнат на дел од коловозната конструкција. Се нагласува дека и покрај тоа што има изведено берми за зафаќање на одроните, истите не се одржувани и со намалена функционалност.

- **Секција 2 – Косини со висок степен на ризик од одронување**

Овие косини се карактеризираат со висок степен на ризик од одрони, претежно се високи, со стрмни наклони, а при теренската проспекција се забележани одрони на поголеми блокови и нестабилни блокови кои имаат тенденција да се одронат и да предизвикаат штета. Забележани се постоечки мерки за заштита на косините со заштитна мрежа, но дотраена. Кај една од косините, потврдена е штета на дел од постоен пат кој се наоѓа над самата косина каде при одронот од карпестата маса повлечен е дел од коловозната конструкција и заштитната ограда (слика 1). Исто така на дел од косините може да се види дека просторот за прифаќање на одрони е исполнет (слика 2). На делницата се движат голем број на возила и дел од косините се наоѓаат во кривина каде прегледноста е намалена, последиците од одронување на блокови можат да бидат големи и затоа е потребно да се применат мерки за заштита и санација на косините. На следните слики е прикажана состојбата на дел од косините.

Слика 1. Слика 2.
Појава на одрон со последица осипување на дел од коловозна конструкција
Извор: Теренски увид

Слика 3. Слика 4.
Одрони на поголеми блокови од карпестата маса
Извор: Теренски увид

За целите на приоритизација на косините за санација потребно е да се користи методологија со која ќе се направи елиминација на косини од понатамошно разгледување, односно прелиминарна проценка со која косините ќе бидат поделени во класи на приоритет за превземање на мерки за стабилизација.

Предложена е методологија за приоритизација на косините, со која врз основа на податоци од 14 клучни параметри се изврши проценка на релативниот ризик. Постапката се состои во тоа што најпрво за секоја категорија од системот за приоритизација се врши оценување според дадените критериуми во колоните. Некои категории содржат субјективна проценка, додека други можат директно да се измерат/пресметаат и да се бодуваат. Се врши бодување од 10, 30, 60 и 100 бода, каде распонот на бодовите го претставува континуитетот на бодови од 1 до 100. Соодветно на тоа резултатите над секоја колона се зголемуваат од лево кон десно. Во продолжение се образложени влезните параметри во методот.

- Висина на косина (m) – ја претставува вертикалната димензија на косината, мерењето е до највисоката точка од која се очекува паѓање на карпите. Колку е поголема висината толку поголема е потенцијалната енергија на карпите;
- Ефикасност на ров – се мери со неговата способност да спречи карпестиот блок да достигне до коловозот. Потребно е да се познати димензиите на ровот, да се предвидат големината и количината на карпестите блокови кои би паднале во истиот;
- Можност за стабилизација – пристап и видови на можна стабилизација;
- Наклон на косината (˚) - претставува тангенс од аголот кој го затвора рамнината на косината со хоризонталната рамнина, tgα = 1: n;
- Просечен ризик на возило (%) – го мери процентот на време кога возилото ќе биде присутно при појава на одрон;
- Должина на видно поле - границите на видното поле се дефинирани со неговата должина и широчина. Тие се променливи големини кои зависат од движењето на возилото, односно од брзината на возењето;
- Ранг на пат – дадените критериуми се според Законот за основите на безбедност во сообраќајот на патиштата;
- Сообраќајно оптоварување (ПГДС) – претставува број на возила кои во определен временски интервал поминуваат или се очекува да поминат низ патот во двете насоки;
- Ширина на патот (m) - претставува димензија која се мери од едниот раб до другиот раб на коловозот. Колку шрината на патот е поголема толку е поголем просторот да се избегне одронот;
- Големина на блокот или волумен на одрон (m)/(m^3) – податоци од историја на одрони или проценка на потенцијални одрони со нивно набљудување т.е. картирање;
- Состојба на пукнатини, отвор(mm) – структурно својство на карпестите маси;
- Присуство на вода на површината на косината и замрзнување – циклуси предизвикани од атмосферските влијанија;
- Класа на карпести маси (RMR_{89}) – I, II, III, IV и V класа;
- Историја на одрони (год.) - регистар за појава на одрони, истражувања.

Табела 1. Предложен метод за приоритизација на косини за кои се потребни мерки за стабилизација.

Категорија	**Критериуми и бодување**			
	10 бода	**30 бода**	**60 бода**	**100 бода**
Висина на косината	5 m	10m	15 m	>20 m
Наклон на косината	25˚-40˚	40˚-50˚	50˚-60˚	> 60˚
Ефикасност на ровот	Добро зафаќање на одронот	Умерено зафаќање на одронот	Ограничено зафаќање на одронот	Без зафаќање на одронот
Можност за стабилизација	Сите видови на можна стабилизација	Голем број видови на можна стабилизација	Неколку видови на можна стабилизација	Тежок пристап за стабилизација
Просечен ризик на возило	25% од времето	50% од времето	75% од времето	100% од времето
Должина на видно поле	Соодветна видливост, (100%)	Умерена видливост, (80%)	Ограничена видливост, (60%)	Многу ограничена видливост, (40%)
Ранг на пат	Локален	Локален	Магистрален	Регионален
Сообраќајно оптоварување ПГДС	< 1000	3000	7000	12000
Ширина на патот	25.40 m	14.00 m	9.50 m	5.50 m
Големина на блокот или волумен	0.30 m 2.00 m^3	0.60 m 4.00 m^3	0.90 m 6.00 m^3	1.20 m 8.00 m^3
Состојба на пукнатини	Без отвор - стиснати	Отвор < 1-2mm	Отвор 5-10mm	Отвор > 10mm
Присуство на вода на површината на косината и замрзнување при неповолни временски услови	Без периоди на мрзнење, без вода на косината	Куси периоди на мрзнење, или повремена појава на вода на косината	Долги периоди на мрзнење, или постојано присуство на вода на косината	Долги периоди на мрзнење, постојано присуство на вода со долги периоди на мрзнење
Класа на карпести маси	I	II	III	IV-V
Историја на одрони	1 одрон/ 10 години	3 одрони/ годишно	6 одрони/ годишно	10 одрони/ годишно

Табела 2. Примена на предложениот систем за приоритизација кај постојни косини на разгледуваната делница

Категорија	Ред. Број на косина									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Висина на косината	6 (13)	5 (10)	7,18 (17)	4,86 (10)	2,76 (4)	3,12 (5)	2,53 (4)	2,88 (5)	5,16 (10)	9,38 (27)
Наклон на косината	80 (100)	80 (100)	85 (100)	65 (100)	60 (100)	45 (43)	50 (59)	70 (100)	70 (100)	70 (100)
Ефикасност на ров	Умерено (30)	Умерено (30)	Умерено (30)	Умерено (30)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)
Можност за стабилизација	Голем број (30)	Голем број (30)	Голем број (30)	Голем број (30)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)
Просечен ризик на возило	14% (4)	5% (1)	25% (10)	16% (5)	11% (3)	11% (3)	26% (11)	1% (0)	15% (5)	44% (24)
Должина на видно поле	60% (60)	100% (10)	68% (47)	68% (47)	39% (100)	40% (100)	65% (52)	65% (52)	66% (50)	30% (100)
Ранг на пат	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)
Сообраќајно оптоварување	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)
Ширина на патот	10.60 (42)	12.50 (27)	9.60 (52)	9.60 (52)	9.50 (53)	9.50 (53)	9.30 (55)	9.30 (55)	9.30 (55)	9.30 (55)
Големина на блокот или волумен на одрон	0.50 (22)	0.50 (22)	0.30 (10)	0.30 (10)	0.30 (10)	0.30 (10)	0.60 (30)	0.60 (30)	0.60 (30)	1.00 (72)
Состојба на пукнатини	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)
Присуство на вода на површината на косината и замрзнување	постојано (60)	постојано (60)	постојано (60)	повремена (30)	постојано (60)	повремена (30)	постојано (60)	повремена (30)	повремена (30)	постојано (60)
Класа на карпести маси	II (30)	II (30)	II (30)	II (30)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)
Историја на одрони	4 одрон/год. (40)	4 одрон/год. (40)	6 одрон/год. (59)	6 одрон/год. (59)	3 одрон/год. (32)	6 одрон/год. (59)	6 одрон/год. (59)	6 одрон/год. (59)	6 одрон/год. (59)	4 одрон/год. (40)

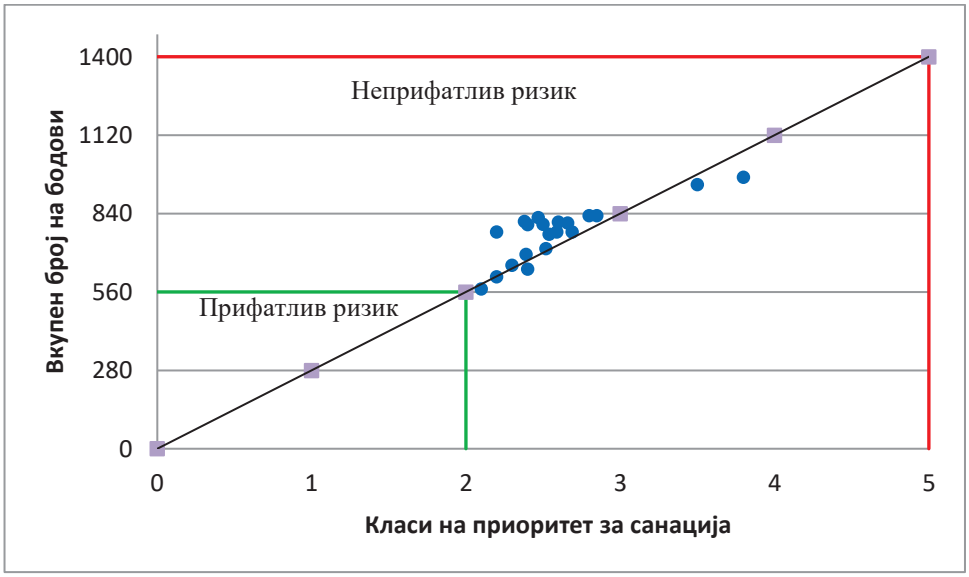
Табела 3. Примена на предложениот систем за приоритизација кај постојни косини на разгледуваната делница

Категорија	Ред. Број на косина									
	11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Висина на косината	5.19 (11)	6 (13)	4 (7)	5.22 (11)	6.3 (14)	3.37 (6)	5 (10)	3.73 (7)	3.91 (7)	3.5 (6)
Наклон на косината	60 (100)	70 (100)	60 (100)	65 (100)	75 (100)	65 (100)	60 (100)	60 (100)	65 (100)	40 (31)
Ефикасност на ров	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Умерено (30)	Умерено (30)	Умерено (30)	Без зафаќање (100)	Без зафаќање (100)	Умерено (30)	Без зафаќање (100)
Можност за стабилизација	Голем број (30)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Тежокприст. (100)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)	Неколку вид. (60)
Просечен ризик на возило	38% (19)	3% (1)	9% (2)	14% (4)	39% (20)	32% (15)	39% (20)	22% (8)	13% (4)	13% (4)
Должина на видно поле	30% (100)	54% (71)	54% (71)	30% (100)	30% (100)	30% (100)	100% (10)	100% (10)	100% (10)	100% (10)
Ранг на пат	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)	Регионален (100)
Сообраќајно оптоварување	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)	2632 (25)
Ширина на патот	9.30 (55)	9.30 (55)	9.30 (55)	13,20 (22)	9,40 (54)	9,20 (56)	9,20 (56)	9,20 (56)	9,20 (56)	9,20 (56)
Големина на блокот или волумен на одрон	0.60 (30)	0.50 (22)	0.30 (10)	0.60 (30)	0.30 (10)	0.30 (10)	1.20 (100)	0.60 (30)	0.60 (30)	0.60 (30)
Состојба на пукнатини	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (86)	Отвори 5-10mm (93)	Отвори 5-10mm (93)	Отвори 5-10mm (93)	Отвори 5-10mm (93)	Отвори < 10mm (100)	Отвори < 10mm (100)	Отвори 5-10mm (93)	Отвори 5-10mm (93)
Присуство на вода на површината на косината и замрзнување	повремена (30)	постојано (60)	повремена (30)	постојано (60)	постојано (60)	повремена (30)	постојано (60)	повремена (30)	постојано (60)	повремена (30)
Класа на карпести маси	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)	IV (100)
Историја на одрони	4 одрон/год. (40)	4 одрон/год. (40)	6 одрон/год. (59)	4 одрон/год. (40)	4 одрон/год. (40)	5 одрон/год. (49)	9 одрон/год. (89)	4 одрон/год. (40)	4 одрон/год. (40)	5 одрон/год. (49)

Табела 4. Вкупни резултати од рангирање на 20 косини од анализираната делница

Реден број на косина	Стационажа		Вкупно бодови	Класа на приоритет за санација
	Почеток	Крај		
1	15+699,42	15+788,05	642	III
2	16+306,29	16+354,83	571	III
3	18+915,03	19+175,59	656	III
4	18+954,95	19+115,51	614	III
5	20+669,15	20+782,30	833	III
6	20+669,15	20+782,30	774	III
7	22+111.34	22+376.00	801	III
8	22+111.34	22+121.64	802	III
9	22+222.93	22+376.00	810	III
10	26+084.86	26+541.14	944	IV
11	26+165,04	26+550,78	826	III
12	26+922,07	26+951,73	833	III
13	26+912.45	26+999.85	812	III
14	27+476.01	27+616.74	775	III
15	27+747.61	28+152.12	806	III
16	27+787.86	28.113.19	774	III
17	28+379,73	28.745.65	970	IV
18	28+498,45	28+726,02	766	III
19	28+972,35	29+110,75	715	III
20	28+972,35	29+110,75	694	III

На Слика 5. претставен е дијаграм за одредување класа на приоритет за превземање на мерки за косините, каде на x – оска од 1 до 5 се поставени класите а на y – оска се наоѓаат број на бодови од 0 до 1400 бода. Според вкупниот број на бодови добиени според предложениот метод, за одредена косина се добива класата на приоритизација. На дијаграмот со сини ознаки се претставени позициите на сите дваесет косини кои се разгледувани, и ја означуваат одредената класа.



Слика 5. Дијаграм за одредување класа на приоритет за разгледуваните косини во зависност од вкупен број бодови

Табела 5. Класи на приоритет за санација кај карпести косини

Класа на приоритет	Вкупно бодови	Приоритет на косина	Ниво на ризик	Временски период за санација
I	**< 280**	Незначителна важност	Прифатлив ризик	Мониторинг
II	**281 – 560**	Низок приоритет		Мониторинг
III	**561 - 840**	Среден приоритет	Неприфатлив ризик	6 месеци
IV	**841 - 1120**	Висок приоритет		3 месеци
V	**1121 - 1400**	Многу висок приоритет		45 дена

Од слика 5 и табела 5 може да се констатира дека две од вкупниот број на косини се класифицираат со висок приоритет, а останатите косини со среден приоритет за интервенција каде ризикот е неприфатлив и потребно е во одредено време истите да се санираат и да се пристапи кон нивна заштита.

4 ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

Редовното одржување на косините како и навремено отстранување на потенцијалните нестабилни карпести блокови може да ја намали опасноста од одронување врз коловозната конструкција, а со тоа да се намали ризикот по сообраќајот. Потребата за регистер на историски податоци за појава на одрони како и системски методи за идентификација на потенцијалните опасни места е од исклучително значење, а во Македонија во моментот не се применуваат систематски развиени методологии за таа намена. Со предлог методологијата се предвидуваат истражувања, собирање на информации, користење на нумерички методи и друго, кои би овозможиле соодветна анализа на ризикот со цел примена на соодветни и навремени мерки за заштита од одрони. Важно е да се напомене дека геотехничките истражувања се од големо значење и потребна е нивна целосна примена. Воедно, може да се заклучи дека во нашата практика на изведба на нови и одржување на постојни патишта се потребни повеќе инженерскогеолошки-геотехнички истражувања и тоа во што пораните фази на проектирање, како и примена на современи методи. Потребно е да се посвети повеќе внимание на косините кои се дел од една коловозна конструкција, посебно во текот на експлоатација, каде нивното одржување доста често е занемарено.

5 ЛИТЕРАТУРА

[1] Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes in: Landslides analysis and control. Bo T. R. (Ур.), *Transportation Research Board* (стр. 11-33). Washington: TRB Special Report 176.

[2] Cruden, M. D., & Varnes, J. D. (1996). Landslide types and processes. Bo S. R. 247. USA: Transportation Research Board.

[3] Badger, C. T., & Lowell, M. S. (1992). Rockfall Prediction and Control and Landslide Case Histories, Transportation Research Record. Bo *Rockfall Control Washington State* (стр. 14-19). Washington: National Research Counci.

[4] Hungr, O., & Evans, G. S. (1989). *Engineering aspects of rockfall hazard in Canada.* Canada: Geological Survey of Canada.

[5] Crosta, B. G., & Agliardi, F. (2003). A methodology for physically based rockfall hazard assessment. *NAT HAZARDS EARTH SYST SCI 3*, 407422.

[6] Jaboyedof, M., Dudt, J. P., & Labiouse, V. (2005). An attempt to refine rockfall hazard zoning based on the kinetic energy, frequency and fragmentation degree. *NAT HAZARDS EARTH SYST SCI 5*, 621-632.

[7] Volkwein, A., Schellenberg, K., Labiouse, V., Agliardi, F., Berger, F., Bourrier, F., . . . Jaboyedoff, M. (2011). Rockfall characterisation and structural protection—a review. *NAT HAZARDS EARTH SYS SCI 11*, 2617-2651.

[8] Pfeiffer, J. T. (1989). *Rockfall hazard analysis using computer simulation of rockfalls.* Colorado school of Mines, ER-3614: Engineering Report.

[9] Azzoni, A., Barbera, G. L., & Zaninetti, A. (1995). Analysis and Prediction of Rockfalls Using a Mathematical Model. *Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 32(7)*, 709-724.

[10] Stevens, W. D. (1998). RocFall: A tool for probabilistic analysis, design of remedial measures and prediction of rockfalls. Canada: M.A.Sc Thesis, Department of Civil Engineering, University of Toronto,.

[11] Andrew R et al. (2012). CRSP-3D User's Manual Colorado rockfall simulation program. Technical report, FHWA-CFL/TD-12-007.

[12] Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R., & Agliardi, F. (2002). STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rock-falls. Bo Computers & Geosciences (стр. 28: 1079-1093).

[13] Christen, M., Kowalski, J., & Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology, 63: 1-14.

[14] Basson, F. (2012). Rigid body dynamics for rock fall trajectory simulation. Bo The 46th US Rock Mechanics (стр. 12-267). Geomechanics Symposium.

[15] Wyllie, C. D. (1987). Rock slope inventory system. Proceedings of the Federal Highway Administration Rockfall Mitigation Seminar FHWA Region 10.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T2 – 18

GUARD – пристапете паметно со флексибилни системи за заштита од опасност од паѓање на карпи
GUARD – go smart with flexible protection systems against rockfall hazards

Vjekoslav Budimir[1], Helene Lanter[2], Sascha Schultes[3]
[1] MSc. Eng., Geobrugg AG Representative Office, Croatia, vjekoslav.budimir@geobrugg.com
[2] MSc. Eng., Geobrugg AG, Switzerland, helene.lanter@geobrugg.com
[3] MSc. Eng., Geobrugg AG, Switzerland, sascha.schultes@geobrugg.com

Апстракт
Флексибилните системи за заштита од челик од природни опасности се тешко достапни во планинските области и многу е тешко да се следат и одржуваат со текот на годините. Многу настани од мали размери, како што е паѓање на карпите под границата за сервисна енергија (SEL) дефинирана со EAD 340059-00-0106 или отпадоци течат под максималниот ударен притисок на мрежата, според. до EAD 340020-00-0106, остануваат незабележани, но повторувањето на неколку настани во системот за заштита сè уште има потреба од редовно одржување за да се гарантира целосна изведба во случај да се случи настанот во дизајнот. Понатаму, искуството покажа дека корозијата може силно да варира во мали локализирани области и да доведе до непријатни изненадувања. Затоа, треба да се подобри разбирањето на микроклимата поволна за процесот на корозија. Ново развиен IoT уред, наречен GUARD, беше развиен со цел да обезбеди следење на флексибилните системи за заштита од челик. Опремен е, меѓу другото, со сензор за сила на јажето и акцелерометар. Втората цел на уредот е да премине од поправка и превентивно одржување на концептот на предвидливо одржување преку проценка на локалната корозивност и поврзаниот век на траење на системот за заштита со специјално развиен сензор за корозија. Овие сензори беа распоредени во текот на изминатите години на 40 локации во 13 земји во Европа. Дури и многу флексибилни заштитни бариери се опремени со GUARD во Северна Америка, Хаваи, Австралија и Нов Зеланд. Овој придонес има за цел да го истакне мониторингот со гардата и инспекцискиот концепт што може да се развие од него, со нагласување на податоците собрани досега.

Клучни зборови
IoT уред, флексибилен систем за заштита, GUARD, предвидливо одржување

Abstract
Flexible steel protection systems against natural hazards are difficult to access in mountainous areas and it is very difficult to monitor and maintain over the years. Many small-scale events, such as rock-fall below the service energy limit (SEL) defined by the EAD 340059-00-0106 or debris flows under the maximum impact pressure of the net, acc. to EAD 340020-00-0106, go unnoticed, but the repetition of several events into a protection system still needs regular maintenance to guarantee full performance in case the design event occurs. Furthermore, experience has shown that the corrosion can vary strongly in small localised areas and lead to unpleasant surprises. Therefore, the understanding of microclimates favorable to the corrosion process needs to improve. A newly developed IoT device, called GUARD, was developed aiming to provide monitoring of flexible steel protection systems. It is equipped, amongst others, with a rope force sensor and an accelerometer. The second target of the device is to pass from repair and preventive maintenance to the concept of predictive maintenance by evaluating the local corrosivity and the associated lifetime of the protection system with a specially developed corrosion sensor. These sensors have been deployed over the past years on 40 sites in 13 countries in Europe. Even many flexible protection barriers are equipped with GUARD in North America, Hawaii, Australia and New Zealand. This contribution aims to highlight the monitoring with the GUARD and the inspection concept that can be developed from it, with a highlight on the data collected so far.

Key words
IoT device, flexible protection system, GUARD, predictive maintenance

1. INTRODUCTION

According to the definition of the Internet of Things (IoT), it should automatically link relevant information from our environment and make it available in the network, it is shown in Figure 2. The increased need for information comes from the fact that we increasingly want to know about the status of things, some of which were previously difficult to obtain, but which are essential. This condition information consists, for example, of data on the current use, aging or environmental conditions of the object and is intended to improve usability, such as early recognition of the need for maintenance, the replacement of elements or the improvement of the environment.

This paper aims to illustrate the purpose of IoT in the field of infrastructure protection against natural hazards by means of flexible protection solutions.

These protection solutions represent the object about which it is necessary to generate status information. Until now, the condition has been determined by periodic inspections, sometimes laborious or dangerous manual work. Often, certain protective measures were also forgotten over time, resulting in a renewed threat to the transport infrastructure if this protective solution is not maintained. The condition information that is of primary interest is, on the one hand, the "filling condition" of a protection solution. Can it still provide the necessary protection if it is two-thirds full? On the other hand, its aging process. Corrosion attacks the steel and the stability decreases over time.

By using IoT technology, when this condition information is collected, on the one hand, the planning of maintenance work can be planned efficiently and it is no longer necessary to move into a dangerous area on the off chance for the purpose of periodic examinations, and on the other hand, the aging process can be monitored and a possible replacement of a protection solution after several decades can be planned into the budget at an early stage.

The expansion of settlements, the melting of permafrost or frequent heavy rainfall events are a few examples that require protection against rockfall and debris flows in more and more places. In the last 30 years, rockfall barriers made of steel wire nets have become established world-wide as a protective solution. Parallel to the flexible rockfall barriers, flexible debris flow barriers have been developed and installed worldwide, as well as avalanche barriers made of mesh in the fracture area.

1.1 Problem definition

One aspect of the transport infrastructure is its condition monitoring in more or less real time in order to carry out or plan targeted maintenance. Protection against natural hazards is another aspect that significantly influences the operation and maintenance of the infrastructure. There are various protective solutions to stop natural hazards, for example, flexible protective fences made of steel mesh. These are installed at the edge of the infrastructure and should be maintained regularly.

Protective structures are mostly built in the mountains or on the sea coasts. The systems are usually located in rough terrain; they are difficult to reach and visual monitoring is often not possible. The control and maintenance of such systems have been neglected in many places in recent decades. Some of these solutions have also been forgotten, mostly hidden by growing vegetation. However, this poses a considerable danger if, for example, a rockfall fence slowly fills up and is not cleared. If the largest possible rockfall, for which the fence was designed, should then occur, the energy absorption capacity is not guaranteed in such a case.

Another scenario outside of impacts from falling rocks or a debris flow, for example, is the slow but safe degradation of corrosion protection exposed to the environment. Different corrosion classes are standardised and determine the expected service life. Depending on the location and local conditions (e.g. frequent scattering of salt on the road), the corrosion class can be over or underestimated, leading to over-dimensioning of the protection solution or, in turn, to

early maintenance measures or even replacement of a protection solution that was not yet included in the budget planning.

Maintenance is event and location-dependent. In practice, those responsible usually define intervals for the on-site inspection of the barriers. This can mean one to several times a year. But even with frequent checks, an event can remain undetected for a long time. If then an event, for example a major rockfall, reduces the protective capacity, or the corrosion of certain elements, there is subsequently an unnecessary safety risk.

In order to better document the inventory of flexible protection solutions, monitor them in real-time and plan maintenance work in advance, a multifunctional IoT sensor called GUARD has been developed, see Figure 1. After a detailed presentation of the device, additional application examples will be shown.

2. IOT DEVICE GEOBRUGG

A device was developed that measures the environmental conditions, i.e. humidity, temperature, corrosion process, as well as dynamic and quasi-static load by means of the acceleration sensor and force measurement in the rope.

2.1 Development of an IoT device according to the IoT definition

Depending on the application, it must be possible to retrieve the information on the physical device by means of RFID or QR code. This is the case with this device, in that RFID makes it possible to upload updates to the device, as well as a QR code, which makes it possible to directly record all relevant information via a web app during installation, or to display it in the data platform. On the other hand, it is also required that the information that is transmitted can be edited. In this case, the requirements are relatively high, the hardware must be reliable, have a low maintenance effort (since a high failure rate requires maintenance work on a large number of devices that are sometimes far apart or difficult to reach), and have a low energy consumption. Finally, the acquisition costs should be relatively low, since as many physical locations as possible need to be equipped. The developed GUARD fulfilling all these requirements. It has a low energy consumption, the measured data are sent at least weekly or immediately in case of extraordinary events, and the device is equipped with a battery that has a life span of about 7 to 10 years, depending on where it is exposed (warm/cold, good/bad network connection).

Fig. 1: GUARD Hardware development over the last few years
Source:Geobrugg AG

The data is transmitted via the mobile network (GSM/UMTS/LTE) and displayed in a login-protected data platform. There, the transmitted data can be evaluated and interpreted and the warning process can be defined.

2.2 Sensors in the Guard

The specially developed sensor technology measures the corrosion process taking place, is equipped with temperature and humidity sensors, is equipped with acceleration sensors that can report a dynamic process and also measures the force in the support cables of the protective solution in order to perceive slow, pseudo-static changes in the system. The data is transmitted directly to a cloud via the mobile network (GSM, UMTS or LTE). An online platform allows the viewing of the processes taking place in quasi real-time (see figure 2.). Responsible persons thus know the status of their barrier not only directly after an on-site inspection, but continuously.

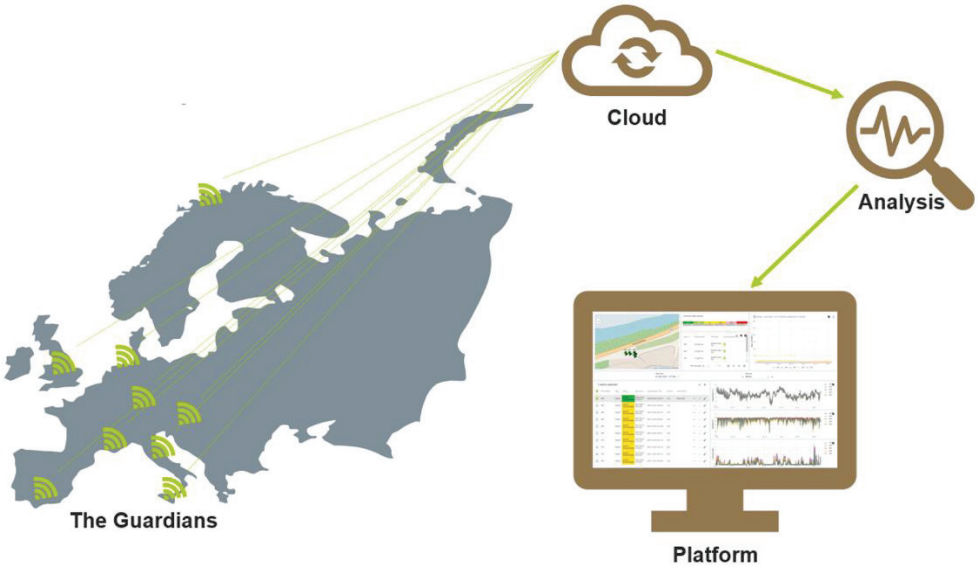


Fig. 2: Functional principle of the data transmission of the guards and the anecdotes of their data. Source:Geobrugg AG

Table 1. The sensor technology and technical specifications

Rope force measurement	up to 30,000 kg
Acceleration	0 g to 200 g
Orientation	XYZ axis
Corrosion	Current (µA)
Temperature	- 50°C to 80°C
Humidity	0% - 100%
Energy	Battery voltage (V); running time 7 to 10 years
Signal strength	RSSI

Source:Geobrugg AG

2.3 Dynamic load cases

The dynamic load cases, such as a rock fall, a debris flow or tree fall during a storm or forestry work, are detected and measured by means of two acceleration sensors. The two sensors measure two ranges between 0 and 15g and 0 and 200g. In the long term, the data collected should enable a statement to be made about the possible location of an impact, as a rockfall protection structure can be several 100m long, as well as an estimate of the size of the stone

or the volume of a mudflow. Here, the collection and interpretation of data at several locations is elementary. Algorithms can be developed from this database in the future.

2.4 Static load cases

Static load cases, such as slowly increasing snow cover, load of filled material after a debris flow, etc, are determined by means of a rope force measurement. Therefore, the GUARD is mounted on one of the supporting ropes or restraining ropes of the shoring, see Figure 3. Thanks to a minimal deflection of the rope under the GUARD, the force of the rope can be determined via strain gauges.

Fig. 3: Guiding the rope along the Guard and the wire rope clamp, allows measurement of the force in the rope.
Source:Geobrugg AG

2.5 Corrosion

Besides dynamic, gravitational natural events, corrosion is the most important factor for a reduced service life of plants [2].

Worldwide field experience has shown that the corrosion classes according to EN ISO 12944-2 [3] vary greatly in a small space and can lead to unpleasant surprises. Therefore, the understanding of microclimates favouring corrosion needs to be improved.

One aim of the GUARD is to enable the transition from repair and preventive maintenance to predictive maintenance by assessing local corrosivity. Among other things, this device is equipped with a specially developed corrosion sensor. The corrosion sensor constantly monitors the environmental conditions of the barrier and allows a statement to be made about the service life of an installed flexible protection system, leading to the concept of predictive maintenance.

Corrosion is problematic in the field of natural hazard protection because the functionality of protection systems depends on the full integrity of their components. An adequate description of the corrosiveness of the future site of a steel protection system is fundamental to ensure the correct corrosion protection on the steel components. Nowadays, the corrosiveness of the environment is defined according to EN ISO 12944-2 and described in 6 different corrosion classes from C1 to CX. This environmental definition leaves much room for interpretation. The lifetime prediction of wire zinc coatings according to ISO 9223:2012-05 [4], for example, is always inaccurate by at least a factor of two according to EN ISO 12944-2. Where, simply put, C1 is unproblematic for a Zn-Al coating, which, on the other hand, quickly disappears in a C5 environment. Unfortunately, these classes are very general and based only on regional climatic aspects. The corrosion process is more complex and depends on several factors that can vary greatly locally. Factors that create a microclimate that differs from the corrosivity classification

based on regional climate are, for example, an industrial plant that emits polluted air, the presence of local water rich in chloride or sulfur, areas that are always in the shade and therefore wetter, or, on the other hand, very dry areas with some salt input that is not regularly washed off. The de-icing of roads in winter also induces a microclimate along the first meter above the road, which leads to accelerated corrosion due to the salt input, although in an alpine environment one would think that the corrosivity class must be C2. The need to develop a special corrosion sensor seemed to be of utmost interest to define and monitor such microclimatic areas around protection systems.

The predicted lifespan of a protective structure, for example, can be between 30 and 90 years according to the defined climate and standard. Without ongoing measurements, the lowest value must be assumed, which can cause unnecessary costs and is also not convincing in terms of sustainability. With ongoing measurements, the infrastructure manager knows the real corrosion and can act accordingly.

The corrosion sensor was tested in a climate chamber and on various test sites.

The results in the climate chamber and the results on the test sites seem to indicate a proportionality between the measured current and the weight loss on the corrosion sensor. Over 200 sensors have been used so far and initial results seem to confirm the trend. Further conclusions can only be drawn if the devices are used outdoors for a longer period of time.

2.6 Remaining sensors and displaying the data

The remaining sensors, such as temperature and humidity, as well as the voltage of the battery and the signal strength of the mobile network, allow a plausibility check (do the temperatures correspond to the environment) and a status display of the respective device in order to be able to carry out any maintenance on the device itself at an early stage. The data is clearly displayed on the online platform and provides a variety of decisive information on the current condition of the protection solution. The calculated removal rates of the corrosion sensor are also displayed, as well as the converted deflection of the rope as a force in Newton.

3. APPLICATION EXAMPLE WITH DYNAMIC IMPACTS

First Guards were installed at several rockfall and debris flow barriers across Europe in summer 2019. The locations were selected based on known frequent impacts and highly corrosive areas. A rockfall protection net protecting a road was equipped with three guards (see Figure 4.).

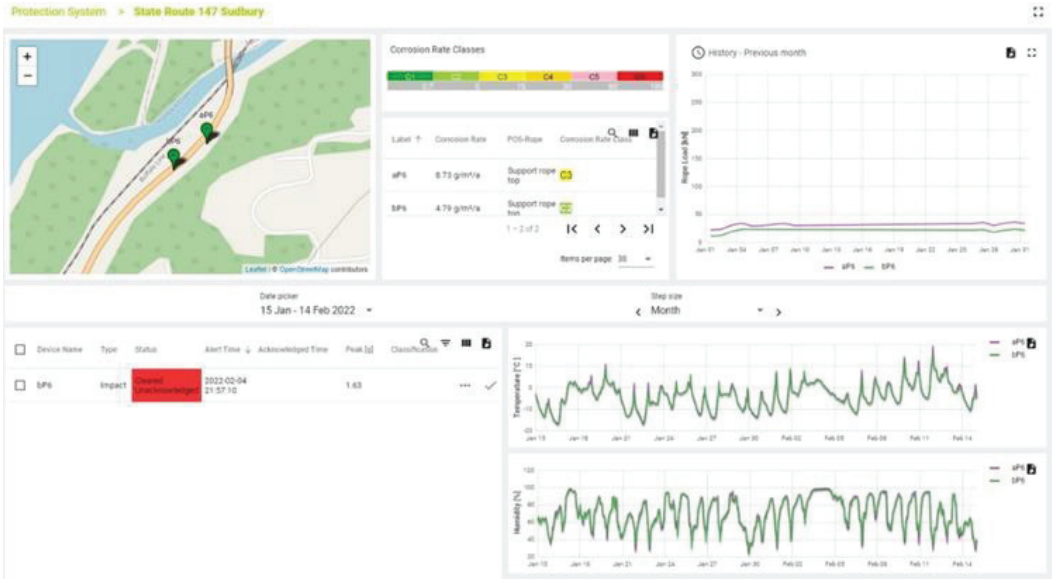


Fig. 4: Example: Overview of shoring on the platform
Source:Geobrugg AG

As can be seen in the pictures, this shoring is a typical example, which, despite its proximity to the protective infrastructure, is increasingly disappearing under the growing vegetation and is slowly being filled with small debris and foliage (see Figure 5. and 6.).

Fig. 5: Rockfall protection barrier disappearing into the vegetation
Source:Geobrugg AG

Fig. 6: Barrier filled in over time
Source:Geobrugg AG

On 16 June 2020, a small rockfall occurred. It was a boulder with edge lengths of about 100 cm x 100 cm x 40 cm and a mass of about 1,000 kg. A GUARD installed in the field adjacent to the impact recorded the rockfall event:
Acceleration 14 ,7 g, at 18:00:32
(see Figure and 7. and 8.).
The event immediately triggered an SMS and e-mail message about the impact via the platform. This enables those responsible for maintenance to take appropriate measures.

Fig. 7: Impact on 16 June 2020
Source:Geobrugg AG

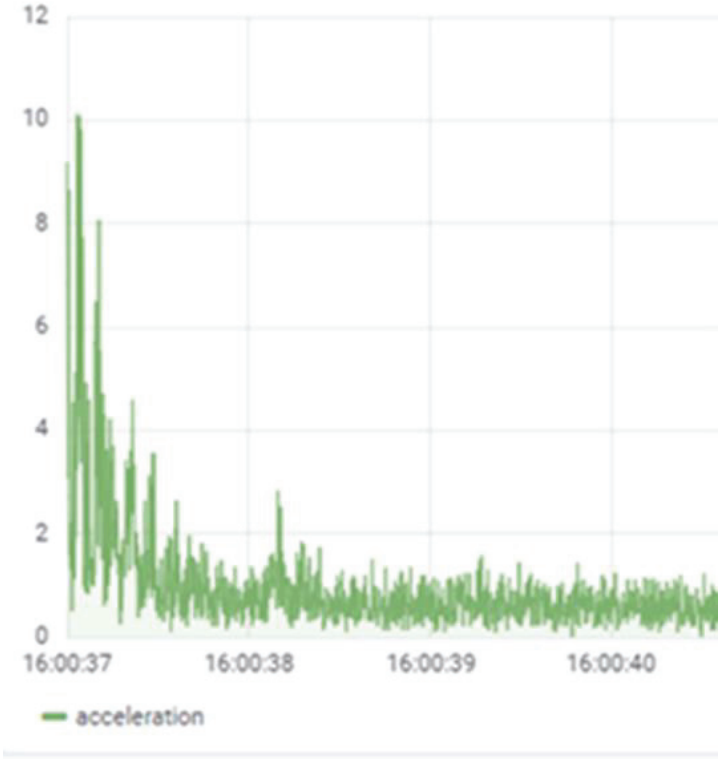


Fig. 8: Absolute acceleration of rockfall on 16.06.2020
Source:Geobrugg AG

On 4 March 2021, another dynamic impact triggered a report, this time it was a piece of a tree trunk during forestry work (see Figure 9. and 10.).

Fig. 9: Cutting of a tree trunk after clearing and grubbing of vegetation around the construction. Source:Geobrugg AG

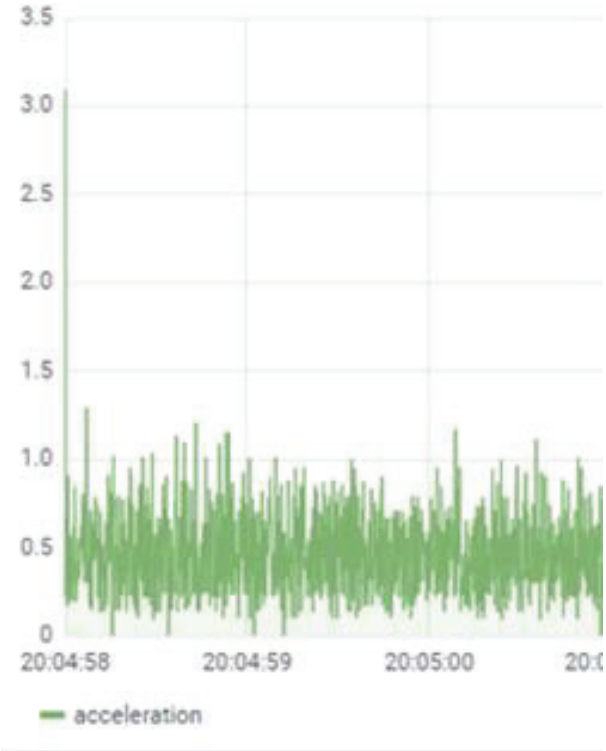


Fig. 10: Absolute acceleration on 04.03.2021 due to the tree trunk impact. Source:Geobrugg AG

4. COLLECTING DATA WORLDWIDE

These sensors have been deployed over the past years on 40 sites in 13 countries in Europe (see Figure 11.). Even many of flexible protection barriers are equipped with GUARD in North America, Hawaii, Australia and New Zealand. The aim is to use the information to improve the

evaluation by developing algorithms to automate data interpretation. The data will also provide the basis for planning more needs-based inspections and making lifetime estimations more accurate in the future.

Fig. 11: Platform print-screen with an overview of worldwide sensors
Source:Geobrugg AG

5. CONCLUSION

This article on the GUARD shows the development of an IoT device for monitoring shoring against natural hazards to protect infrastructure. The GUARD can be installed in a few minutes - on systems from a wide range of manufacturers. With its independent power supply, it works for up to ten years without on-site device maintenance. The GUARD provides the most important information to ensure that protective measures function reliably. It has been tested under a wide range of conditions at various locations in Europe.

This IoT solution should make it possible to carry out fewer inspections or inspections on demand and still ensure 24/7 monitoring. This reduces the inspection costs of the shoring and increases the safety level for the workers in the danger zone and the shoring itself. Preventive maintenance is also possible. Over time, events are logged and important conclusions can be drawn by combining data, e.g. wildlife (rockfall), weather data (debris flow) and air pollution (corrosion). This monitoring solution makes it possible to achieve smart infrastructures of existing and new buildings in the field of natural hazard prevention.

6. REFERENCES

INTERNET:

[1] "Internet of Things." Wikipedia, Wikimedia Foundation, 26 Apr. 2021, en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things.

PROCEEDINGS OF ABSTRACTS AND PAPERS:

[2] Hofmann, H., Hörtnagl, A., Sorg, M., von Wartburg, J., 2020. Development of a digital de-vice for monitoring and predictive maintenance of flexible steel protection systems against natural hazards. Proceedings of the 14th Congress Interpraevent 2020.

NORMS:

[3] ISO 9223:2012-05 Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation

[4] Corrosion protection of steel by coatings and coatings 4; DIN EN ISO 12944-1 to DIN EN ISO 12944-8; 1998 Beuth

Тема / Topic 3

БЕЗБЕДНОСТ НА СООБРАЌАЈОТ НА ПАТИШТАТА

ROAD TRAFFIC SEFETY

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т3 – 1

РЕВИЗИЈА И ИНСПЕКЦИЈА ЗА БЕЗБЕДНОСТ НА ПАТ – ПРЕДИЗВИЦИ И ВИЗИЈА ЗА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

ROAD SAFETY AUDIT AND INSPECTION – CHALLENGES AND VISION FOR NORTH MACEDONIA

Jasmina Bunevska-Talevska[1], Marija Malenkovska Todorova[2]
[1] Jasmina Bunevska - Talevska, Ph.D
Full professor, Faculty of Technical Sciences,
University St.Kliment Ohridski, Republic of North Macedonia, jasmina.bunevska@uklo.edu.mk
[2] Marija Malenkovska - Todorova, Ph.D
Full professor, Faculty of Technical Sciences,
University St.Kliment Ohridski, Republic of North Macedonia, marija.malenkovska@uklo.edu.mk

Апстракт

По речиси две децении искуство со Ревизијата за безбедност на патиштата (RSA) и инспекцијата за безбедност на патиштата (RSI) ширум светот, денес најефикасните инженерски алатки се овие процедури. Бидејќи главните цели на Европската повелба за безбедност на патиштата и одржлива мобилност се охрабрување и поддршка на локалните власти во преземањето активности за безбедност на патиштата и одржлива мобилност, како и споделување знаења за прашања поврзани со безбедноста на патиштата и одржлива мобилност за да се приклучат и да придонесат за намалување на бројот на повредени во сообраќајот - што ќе ги направи патиштата побезбедни, многу земји вршат таканаречени прегледи на безбедноста на патиштата. Во рамките на овој труд, нашата намера е да ја разјасниме дефиницијата и да ја утврдиме потребата од проактивни процедури за ревизија на безбедноста на патиштата (РСА) во фазата на дизајнирање на проектот, и процедурите за инспекции за безбедност на патиштата (РСИ) како систематски на- преглед на локацијата на постоечки пат за да се идентификуваат опасните услови, дефекти и недостатоци кои можат да доведат до сериозни несреќи и да се изготват заклучоци за двете постапки, како предизвици и визија за одржлива безбедност на патиштата во Северна Македонија според европските препораки.

Клучни зборови

Безбедност на патиштата, Ревизија за безбедност на патиштата, Инспекција за безбедност на патиштата, RSA, RSI, институционализација.

Abstract

After almost two decades of experience with the Road Safety Audit (RSA) and Road Safety Inspection (RSI) worldwide, today the most efficient engineering tools are these procedures. Since the main objectives of the European Charter for Road Safety and Sustainable Mobility are encouraging and supporting local authorities in undertaking activities for road safety and sustainable mobility, as well as sharing knowledge on issues related to road safety and sustainable mobility to join and contribute to reducing the number of injured in traffic - which will make the roads safer, many countries carry out so-called road safety reviews. Within this paper, our intention is to clarify the definition and to determine the need for the pro-active procedures of Road Safety Audits (RSA) at the project design stage, and the procedures of Road Safety inspections (RSI) as a systematic on-site review of an existing road to identify hazardous conditions, faults, and deficiencies that may lead to serious accidents and to develop conclusions for both procedures, as chalenges and vision for sustainable road safety in North Macedonia according to European recommendations.

Keywords

Road Safety, Road Safety Audit, Road Safety Inspection, RSA, RSI, Institutionalization.

1. INTRODUCTION

The mission of the European Charter for Road Safety and Sustainable Mobility is to further encourage, strengthen and expand this community, with the ultimate vision of reducing deaths and serious injuries by 50% by 2030 and without deaths and serious road injuries by 2050 [1].

In order to fully support the possibilities of implementing actions to improve road safety in general and in particular to accelerate the adoption of the Charter, national contacts provide guidance to members on how to do so and support them in establishing national promotional activities.

Earlier, in February 2020, the Stockholm Declaration laid the foundations for global political commitment to the goals of the UN General Assembly Resolution on Road Safety, which proclaims 2021-2030 as the second decade of road safety actions, [2]. In this regard, the EU has already taken the lead and set a new goal to reduce the number of deaths by 50% and for the first time the number of serious injuries by 2030.

Several techniques and processes have been developed in the last two decades for improving road safety infrastructure. One of them is Road Safety Audit (RSA) and another one is Road Safety Inspection (RSI). RSA/RSI is a highly efficient and cost-effective engineering tool for improving safety on roads. These procedures are now recognized as being among the most efficient engineering tools. RSA is among the most cost-effective investments an authority can undertake. Similarly with RSI, where the prevention of accidents on existing roads (roads in use) is a much better investment than financing the consequences of accidents.

It is a well-known fact that in almost all countries in the world road crashes are a serious social and economic problem. Different measures and programs have been developed to reduce the number of casualties on the roads. On an international level, the United Nations (UN), World Health Organization (WHO), and some international financial institutions as European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) for example, represent high-quality stakeholders for global road safety improvements. Despite this, crashes still occur on new roads, and there are several reasons for this, like the design standards which often contain only minimum requirements regarding road safety.

With its EU Directive No. 2008/96 on road infrastructure safety management, published in October 2008 [3], the European Union (EU) made a clear decision that the RSA/RSI will be mandatory for the Trans-European Road Network (TERN) in the future. RSA will have to be performed not only during the design process of new roads but also ahead of major rehabilitation or upgrading of existing roads to detect existing safety deficiencies. The undertaking of RSA and RSI is vital for road safety because a formal report should identify the existing and potential road safety deficiencies and, if appropriate, make recommendations aimed at eliminating or reducing these deficiencies. With the audit process, it is possible to reduce the number and severity of traffic crashes by improving road safety performance.

According to [4], in North Macedonia at a city or town level is important to organize clear institutional roles and responsibilities and coordination between all relevant stakeholders, from municipal institutions, road user representatives, police, and non-governmental organizations. Therefore, a road safety strategy and action plan with a dedicated budget and collaboration between different departments and stakeholders can help a lot to achieve high levels of road safety. Political leadership and great management are essential to coordinate different administrations and mobilizing the public budgets necessary for the implementation of the action plan. Providing safe mobility, in particular to vulnerable road users – children, pedestrians, cyclists, older and people with disabilities presents a major challenge - a challenge which has been taken up strongly by authorities in a number of cities and towns in the European Union countries and is on its early stage in southeast Europe countries.

2. ROAD SAFETY AUDIT (RSA)

RSA is a well-known internationally used term to describe an independent review of a project to identify road or traffic safety deficiencies. It is a formal examination of a road or a traffic project and can be regarded as part of a comprehensive quality management system. For new roads, RSA is a proactive approach with the primary aim to identify potential safety problems as early as possible in the process of planning and design, so that decisions can be made about eliminating or reducing the problems, preferably before a scheme is implemented, or a crash occurs. However, it may also be a reactive approach for detecting safety deficiencies along existing roads as a start for rehabilitation. The most common definition is: “Road Safety Audit is a formal road safety examination of the road or traffic project, or any other type of project which affects road users, carried out by an independent, qualified auditor or team of auditors who reports on the project accident potential and safety performance for all kinds of road users”, as stated in [5,6].

RSA can be undertaken on a wide range of projects varying in size, location, type, and classification. It is essential that the auditor has extensive experience in road safety issues. According to [7], the general expectation is that RSA Team Leader should have completed relevant university education preferably with a Master’s degree in a relevant topic such as Traffic Engineering, and have significant experience in road safety engineering (design) and/or road traffic crash investigation. In addition to this, RSA Team Leader should possess a certificate of competence in road safety audits. RSA Team Members should ideally hold at least a Bachelor’s degree and a minimum of three years of experience in road safety engineering (design) and road traffic crash investigation or else have had at least 10 years’ experience in working on safety engineering or related traffic safety fields. Auditors should possess driving licenses and have good knowledge of Road Design Standards, Traffic Safety Law, Law on Roads, as well as the key legislation related to road safety as follows: Law on the Organization and Operation of State Administration Bodies, Law on Road Traffic Safety, Law on Public Roads, Law on Construction, Law on Road Transport, Law on Vehicles, and Law on Spatial and Urban Planning.

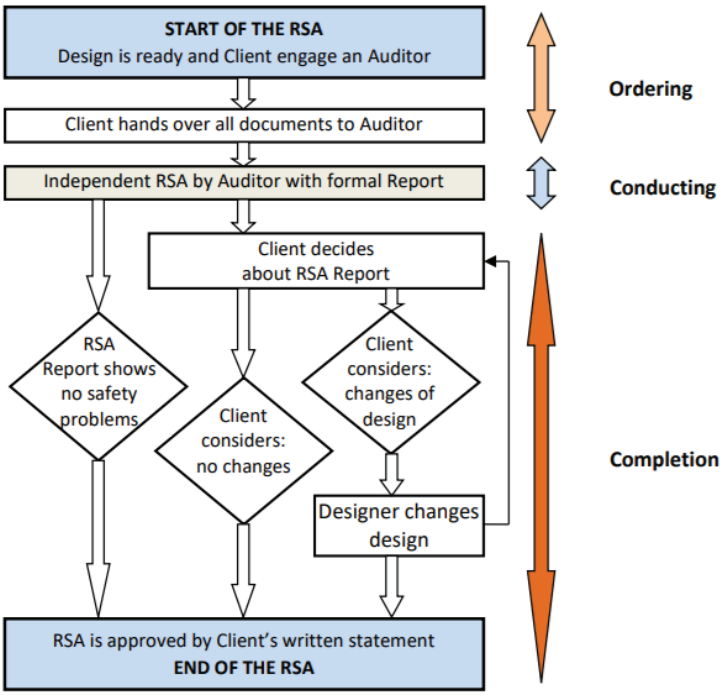


Fig. 1: Road Safety Audit proces
Source: [7]

3. ROAD SAFETY INSPECTION (RSI)

RSI is a safety management tool that can be implemented by road authorities as part of an overall safety process. RSI aims to identify potential problems so countermeasures can be applied to remove or minimize the chance of an accident occurring. This, in turn, will lead to reduced costs associated with accidents, for individuals, families, and society. Inspections can lead to reductions in the likelihood of accidents, in the severity of any accident that does occur, and, potentially, the need for costly remedial infrastructure work.

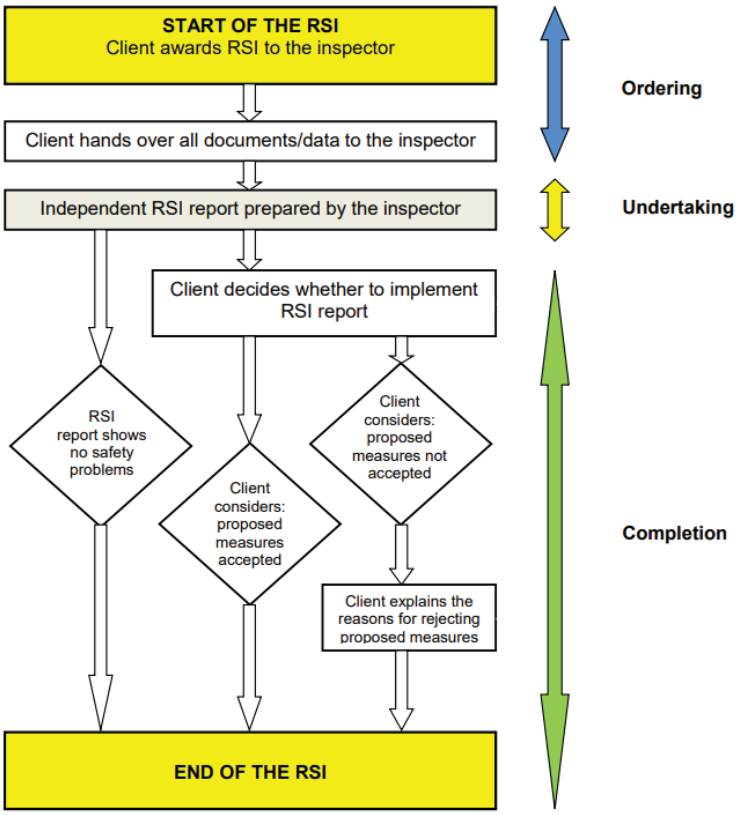


Fig. 2: Road Safety Inspection proces
Source:[7]

Some research shows significant accident reductions as a result of a road safety inspection and associated remedial works. The next tables present each differently proposed countermeasure (treatment) and its range of potential crash reduction effects as a percentage.

Table 1. Visibility – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Visibility	
Lane markings	14-19
Edge markings	8-35
Yellow bar markings	24-52
Raised reflective pavement marking	6-18
Delineator posts	2-47
Flashing beacons	5-75
Lighting installations	6-75
Sightline distance improvement	28
Channelization medians	22-50

Table 2. Road standard – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Road Standard	
Improve to higher standard	19-33
Increase number of lanes	22-32
Lane widening 0.3 – 0.6 m	5-12
Paved shoulder widening 0.3 - 1 m	4-12
Add median strip	40
Bridge widened or modified	25
Widen shoulder	10
Overtaking lane	20
Left turn lane	40
Right turn lane	15
Pedestrian overpass	10
Side slope flattening from 2:1	
to 4:1 ... 7:1 or flatter	6 ... 15
Side slope flattening from 4:1	
to 5:1 ... 7:1 or flatter	3 ... 11
Service roads	20-40
Traffic calming	12-60
Speed reduction from 70 km/h to 50 km/h	10-30
Speed reduction from 90 km/h to 60 km/h	17-40

Table 3. Horizontal, Vertical alignment and road structure – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Horizontal Alignment	
Improve geometry	20-80
Curvature: improving radius	33-50
Vertical Alignment	
Gradient / removing crest	12-56
Super elevation improvement/introduction	50
Passing lane	11-43
Climbing lane	10-40
Road Structure	
Lane widening	12-47
Skid resistance improvement	18-74
Shoulder widening	10-40
Shoulder sealed	22-50

Table 4. Traffic control – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Traffic Control	
Regulatory signs at junctions	22-48
Guidance/directional signs at junction	14-58
Overhead lane signs	15
Side road signs	19-24
Brighter signs and markings	24-92
Signs and delineation	29-37
Bend warning signs	20-57
Stop ahead sign	47
Speed advisory sign	23-36
Warning/advisory signs	20
Speed limit lowering - & sign	16-19
Yield/Give Way	59-80
Stop sign	33-90
Signals from uncontrolled	15-32
Signals - modified	13-85
Junction channelization	10-51
Remove parking from roadside	10-25

Table 5. Junction design – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Junction Design	
Staggered (from straight) crossroads	40-95
T-junctions (from Y-junctions)	15-50
Fully controlled right turn phase	45
Roundabouts (from uncontrolled)	25-81
Roundabouts (from traffic signals)	25-50
Mini roundabouts (from uncontrolled)	40-47
Turning lanes	10-60
Traffic islands	39
Sheltered turn lanes (urban)	30
Sheltered turn lanes (rural)	45
Additional lane at intersection	20
Skid-resistant overlay	20
Red light camera	10
Law enforcement by the Police	7-25

Table 6. Cycling facilities– potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Cycling Facilities	
Cycle schemes	33-56
Marked cycle crossing at signals	10-15
Cyclist advanced stop line at junctions	35

Table 7. Pedestrian Facilities – potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Pedestrian Facilities	
Pedestrian walkways	33-44
Pedestrian zebra crossings	13-34
Raised zebra crossings	5-50
Pelican crossings	21-83
Marking at zebra crossing	-5-14
Pedestrian refuges	56-87
Footbridges	39-90
Pedestrian fencing	10-35

Table 8. Traffic calming– potential crash reduction (%)

Treatment	Potential crash reduction [%] (different sources/research)
Traffic Calming	
30 km/h zones (Inc. humps, chicanes etc.)	10-80
Rumble Strips	27-50
Rumble Strips and Bumps	20-80

Source: [8]

Whereas Directive 2008/96 was quite clear and straightforward in its explanation of the RSA approach and methodology used, it was less precise with regard to RSI. The directive definition of RSI was followed by the additional explanation that member states shall ensure that safety inspections are undertaken in respect of roads in operation in order to identify road safety-related features and prevent accidents. Furthermore, safety inspections shall comprise periodic inspections of the road network and surveys on the possible impact of roadworks on traffic flow safety, and finally, member states shall ensure that periodic inspections are undertaken by a competent body. Such inspections shall be sufficiently frequent to safeguard adequate safety levels for the road infrastructure in question.
The Member States shall adopt guidelines on temporary safety measures applying to roadworks. They shall also implement an appropriate inspection scheme to ensure that these guidelines are properly applied. This additional explanation still does not utilize the full road safety potential of a systematic and in-depth analysis of road safety deficiencies which can be eliminated with quality RSI (RSI with a broader perspective than merely policing or maintaining).

4. OPERATIONAL CHALLENGES RELATED TO RSA/RSI IN NORTH MACEDONIAN

In North Macedonia, RSA/RSI training (TC) was implemented in accordance with the project funded by the European Union and implemented by the Planet [9]. Namely, 15 trainees have passed RSA TC and were rewarded with the CERTIFICATES OF COMPETENCE (CoC) for the undertaking of Road Safety Audit, and 18 trainees have passed RSI TC and were rewarded with the CERTIFICATES OF COMPETENCE (CoC) for the undertaking of Road Safety Inspection.

Certified representatives from North Macedonia, receive an overview of the main road safety issues and developments, knowledge of current conditions in the country (compared to the best-performing road safety countries), and basic information regarding road safety inspection. Furthermore, they receive information and knowledge regarding the human

factors in road operation and their effect on road safety, typical problems of road hierarchy, linear settlements, typical RSI deficiencies, etc., and are capable of the first individual RSI via a field visit and reporting the safety deficiencies identified in the road infrastructure examined. Also, will gain a good understanding and knowledge about RSA Reports, and since they will be mentored by experienced road safety auditors during the preparation of the RSA reports in the future, they will also get good practical experience in such work.
Road safety institutionalization should have very important role in the development and improvement of further national road safety databases. Aspects such as: developmental, professional and regulatory activities in the road safety domain are necessary for good and quality management of national road safety database. Activities should support local self-governments in establishing and promoting their road safety work in form of local strategies and annual plans of road safety specified in the National Road Safety Strategy and Action Plan.

5. CONCLUSIONS

Recently, The World Bank [10] findings were concluded in six recommendations that set out the strategic initiatives necessary to improve the country‘s road safety performance:

- National road safety institutionalization, which also is a UN recommendation for successful road safety management,
- Assess the problem, policies and institutional settings relating to road traffic injury.
- Prepare a national road safety strategy and plan of action.
- Allocate financial and human resources to address the problem.
- Implement specific actions to prevent road traffic crashes, minimize injuries and their consequences and evaluate the impact of these actions.
- Support the development of national capacity and international cooperation.

This recommendation stresses the importance of institutional leadership in decision-making, resources management, and coordination among participating sectors, that take responsibility. Based on overall analysis as a major challenge toward safety and mobility integration, we are convinced that good norms should be brought up at the national level, and all institutions should be integrated at the local level: Municipal authorities; Traffic police; Children's institutions and schools; Driving schools; Automotive companies; Centers for technical inspections of vehicles; Public enterprises; Citizens' associations.
Local security bodies have an excellent opportunity to design, implement and coordinate all local activities.
What we need is road safety institutionalization on a national and local level [11,12]:

- The Government to consistently implement, ie organize and monitor the measures and activities envisaged by the traffic safety strategy. To promote road safety strategy across government and society, high-level of monitoring and evaluation of road safety performance, as well as the direction of research, development, and knowledge transfer;
- To activate a body for coordination of traffic safety matters which will take a decisive role but also responsibility for the situation with road safety;
- The Government, the Parliament, the professionals, and the general public should be regularly informed about the road safety and urban mobility statement;
- Strengthening the staff of the municipal sectors with at least one employee whose main task will be road safety and urban mobility.
- Continuous professional development of the employees in the municipalities and in the sector for internal affairs (SIA) in coordination with other institutions and driving schools.

- All municipal safety councils to prepare, adopt, and implement local strategies and action plans for road safety that will be based on data, expert analysis, and opportunities and adequately funded;
- Exchange of experience between cities and regions;
- Implementation and adoption of strategic documents and linking road safety with sustainable development and urban mobility;
- Adoption and consistent implementation of annual programs in accordance with the strategic documents;
- Promotion of a modern concept of responsibilities for road safety and sustainable urban mobility;
- Monitoring indicators, monitoring the situation on the basis of data and constantly encouraging professionals to critically participate in all activities to improve traffic safety.

Finally, good RSI on local roads as well as good RSA on local project documentation and knowing the needs of the municipalities will enable progress in future procedures in the process of developing transport and other strategies, for example, the national strategy for traffic safety because the latest European traffic safety findings are that 70% of road accident victims are in urban areas and 39% of them are pedestrians, and 12% are cyclists, which means that we as a country must accept that mobility and safety go hand in hand, and that road safety should be a key component of sustainable urban mobility plans.

6. REFERENCES

[1] Improving global road safety, General Assembly decision A/74/L.86, August 2020.

[2] Stockholm Declaration Third Global Ministerial Conference on Road Safety: Achieving Global Goals 2030 Stockholm, February 2020.

[3] DIRECTIVE ON ROAD INFRASTRUCTURE SAFETY MANAGEMENT No 96/2008, European Parliament and of the Council, Brussels, 2008

[4] Bunevska, T.J, Malenkovska, T.M. (2019). Contribution toward sustainable urban mobility planning. (Book of proceedings, First Macedonian road congress, 2019 p.,143-146.

[5] Road Safety Audit Guideline, World Road Association (PIARC), Paris, 2007

[6] Road Safety Audit Guideline, World Road Association (PIARC), Paris, 2018

[7] The Road Safety Audit Manual of the World Road Association (PIARC), 2014

[8] Road Safety Inspection Manual, South East Europe Transport Observatory (SEETO), EC/SEETO, 2009 and revised version in 2016.

[9] Project Identification No. EuropeAid/138778/DH/SER/multi, Contract number 2019/412001, Technical Assistance for establishing an executive body for road safety in North Macedonia, Delegation of the EU to North Macedonia, Ministry of Transport and Communication, North Macedonia, Report on Implementing of Road Safety Audit & Inspection training courses Draft (Version 1.00, Date 09.11.2020)

[10] World Bank: Implementing the Recommendations of the World Report on Road Traffic Injury Prevention Country Guidelines for the Conduct of Road Safety Management Capacity Reviews and the Specification of Lead Agency Reforms, Investment Strategies and Safe System Projects, 2020.

[11] Stockholm Declaration Third Global Ministerial Conference on Road Safety: Achieving Global Goals 2030 Stockholm, February 2020.

[12] Bunevska T.J. (2022). Road safety – an essential component in sustainable urban mobility**:** the impact of COVID-19 on public space, XX. European Transport Congress XII. International Conference on Transport Sciences, Gyor, HUNGARY, plenary lecturer.

Acknowledgment: We would like to express our special gratitude to the colleagues from the Ministry of Transport and Communications, the Delegation of the EU to North Macedonia, and to the PLANET professionals, for the implementation of the project „Technical Assistance for establishing an executive body for road safety in North Macedonia“, especialy for the process of training and certification of first RSA and RSI specialist in North Macedonia.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т3 – 2

Вертикална сообраќајна сигнализација – барања и потребен квалитет на материјали, законска регулатива и технологии за изработка

Vertical traffic signals - requirements and required quality of materials, legislation and technologies in the production

Јорго Османли[1], Горан Мијоски[2]
[1] Дипл. градеж. Инж., ЈП „Македонијапат"–Скопје, Р.Македонија, jorgoosmanli@yahoo.com
[2] Проф. Д-р, Градежен факултет-Скопје, Универ. „Св. Кирил и Методиј", Р.Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Вертикална сигнализација, во стручната литература е дефинирана како множество на посебно шифрирани и логично препознатливи ознаки кои се наменети за учесниците во сообраќајот. Така однапред формирано множество на шифрирани и логично препознатливи ознаки, истите му се презентираат на учесниците во сообраќајот преку најразлични типови на сообраќајни знаци. Преку вака наведениот концепт, улогата на вертикалната сообраќајна сигнализација е управување, канализирање и контролира на движењето по сообраќајната мрежа. Истата се поставува во вертикалната равнина на патниот појас.
За да се постигне наведената цел, сообраќајните знаци треба да задоволат: барања во поглед на примена на квалитетна ретрорефлектирачка фолија, барања во поглед на примена и квалитет, на материјал за изработка на подлогата на сообраќаен знак и барања во поглед на брзина и економичност во технологиите за изработката на лицето на сообраќаен знак. За задоволување на наведеното битна е правилно балансирана Законската регулатива со која се овозможува наведеното.

Клучни зборови

Вертикална сигнализација, сообраќаен знак, ретрорефлектирачка фолија, подлога, Законска регулатива, технологии

Abstract

Vertical signaling, in the professional literature, is defined as a set of specially coded and logically recognizable signs that are intended for road users. Thus, a set of coded and logically recognizable signs are presented to the road users through different types of traffic signs. Through the above-mentioned concept, the role of vertical traffic signaling is to manage, channel and control movement along the traffic network. It is placed in the vertical plane of the road belt.
To achieve the stated objective, traffic signs should satisfy: Requirements regarding the application of quality retroreflective film, Requirements in terms of application and quality of material for the production of the road sign substrate and Requirements regarding speed and economy in technologies for the production of the face of a traffic sign. In order to satisfy the aforementioned, it is important to have a properly balanced legal regulation that enables the aforementioned.

Key words

Vertical signaling, traffic sign, retroreflective film, substrate, Legislation, technologies

1. ВОВЕД

Според истражувањата и студијата за патниот сообраќај “COST 331” [1] нарачана од генерален директорат за транспорт на Е.У. во 1999 год., годишно, во земјите на Европската Унија животот го губат 45.000 лица, односно 900 лица секоја недела, додека 1,6 милиони луѓе се повредени во сообраќајните несреќи годишно. Од овој трагичен биланс, на патниот сообраќај одпаѓа 95 %. Економските трошоци кои произлегуваат од медицински третмани, полиси, осигурања, оштетување на имот и ткн., проценети се, на околу 100 милијарди еур.годишно, додека вкупните социо-економски трошоци некаде околу 160 милијарди еур.годишно. Да не ја споменуваме физичката и психичка болка и човечкото страдање при овие трагедии. Причините за ваква поразителна бројка треба да се бара во неусогласеноста како и делумна инертност на патниот сообраќаен систем. Безбедноста на тој систем зависи главно од моментно донесените одлуки и активности на корисниците на патиштата, а кои одлуки зависност од карактеристиките на патната инфраструктура, карактеристиките на возилата, веродостојноста и квалитетот на понудените информации и “пораки” од системите на водење на сообраќајот.
Еден од системите за водење и контрола на сообраќајните текови и безбедност на движењето по патната инфраструктура, представува вертикална сообраќајна сигнализација.

2. ПОСТОЈАНА (ФИКСНА) ВЕРТИКАЛНА СООБРАЌАЈНА СИГНАЛИЗАЦИЈА

Вертикална сообраќајна сигнализација, според стручната литература се дефинира како множество на посебно шифрирани ознаки наменети за учесниците во сообраќајот, кои ознаки во однос на сообраќајната површина на патот, се поставуваат во вертикалната равнина. Така дефинирано множество на ознаки му се презентира на учесниците во сообраќајот во вид на различни сообраќајни знаци. Намената на истите е управување и контрола на движењето по мрежата. Ако истата се набљудува во однос на сообраќаен управувачки систем, сообраќајната сигнализација представува надворешен систем за управување, кој систем овозможува канализирање на сообраќајот и воспоставување на однапред дефиниран режим на движење. Со оглед на тоа дека истата треба навремено и континуирано да советува, предупредува и да ги насочува учесниците во сообраќајот, истата мора во секој момент НЕДВОСМИСЛЕНО да му укаже на корисниците на системот, по кој дел и како да се движат по мрежата, со цел да истите безбедно и најекономично стигнат до крајната дестинација. За таа цел потребно е да бидат задоволени следните принципи :

- Принцип на вреднување (тоа е процес на контакт на корисникот со сообраќајната сигнализација и изнесува неколку секунди. За тоа кратко време од страна на корисникот, потребно е да се изврши брзо и точно вредновање и читање на понудените информации).
- Принцип на концентрација (тоа е процес кога “пораките” треба да бидат функционално раздвоени, за да може да се издвои точно онаа “порака” која му е потребна на корисникот).
- Принцип на селекција (вертикална сообраќајна сигнализација треба да овозможи, брза селективност на понудените информации за лесно и правилно разбирање на “пораките”).

За реализација на наведените принципи, потребно е да бидат исполнети соодветни барања и тоа: барање за читливост, барање за разбирливост, барање за еднообразност, барање за униформност, барање за едноставност, континуитет, воочливост и константност.

2.1 СООБРАЌАЕН ЗНАК

Сообраќаен знак се состои од три елементи :

- Лице на знакот – ретрорефлективна фолија со соодветно одштампани генерични и пиктограмски симболи
- Подлога на знакот
- Стезен елемент на знакот

Воедно, треба да бидат точно наведено и дефинирани :

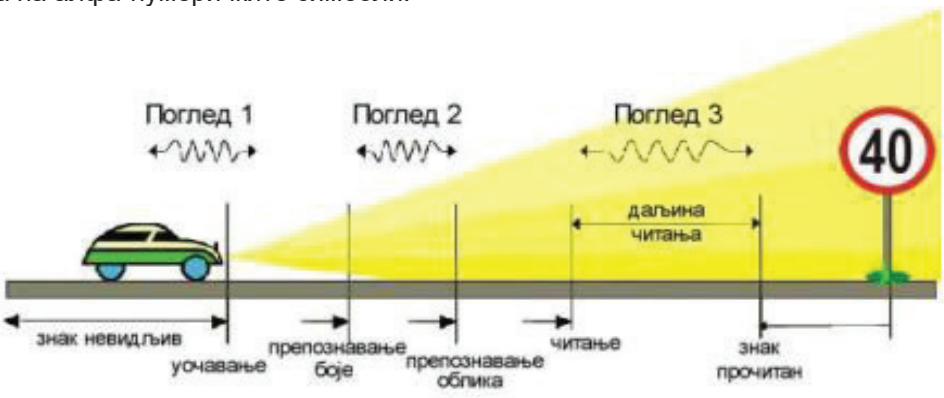
- ✓ Хроматски својства на лицето на саобраќајниот знак кои се одредени со пропишаните бои во “Хроматскиот координантен систем C.I.E.” како и трајноста на колоритетот во текот на предвидениот рок на знакот
- ✓ Коефициент на ретрорефлексија на лицето на знакот (одреден со минимални вредности на ретрорефлексијата на крајот од животниот век на сообраќајниот знак)
- ✓ Трајност на знакот (одреден со минимални вредности, после старење на знакот, како целина)
- ✓ Квалитет на подлогата на знакот (меѓусебна адхезија на подлогата со лицето на знакот, отпорност на механички оптеретувања на знакот и корозија на подлогата на знакот).

3. БАРАН И ПОТРЕБЕН КВАЛИТЕТ НА СООБРАЌАЈНИ ЗНАЦИ И МАТЕРИЈАЛИ ЗА ИЗРАБОТКА

Поголемиот дел од активноста на возачот од вкупното време на возење (90%) се користи за контрола и управување на движењето на возилото по саканата траекторија. Додека времето потребно за детекција на сообраќајната сигнализација (сообраќајни знаци) и за читање на истата, изнесува 10 % од вкупна активност на возачот. Заради тоа е многу битно остварување на правовремен и квалитетен “контакт” помеѓу возачот и “пораката” која треба да му се пренеси од сообраќајниот знак, во сите услови на видливост. Што значи правовремен и квалитетен контакт на возачот со вертикална сигнализација ?

Контактот помеѓу возачот и сообраќајната сигнализација во текот на возењето се реализира за време од неколку секунди (слика 1.) , а истражувањата покажаа дека истиот се одвива во три фази и тоа :

- **Воочување - детекција** (представува време на откривање-детектирање, на најмала правилна површина, која човечко око може да распознае)
- **Препознавање - идентификација** (представува време на распознавање на знакот по боја и облик, што овозможува да се препознае видот на “пораката” која ја дава знакот)
- **Читање** - **перцепција** (представува најзначен дел на целиот процес, бидејќи во тој краток период, знакот со своите алфа-нумерички симболи му ја пренесува на возачот “пораката”. Оваа фаза е незначително подолга, од предходните две, но и покомпликована. Во оваа фаза доаѓа до израз ретрорефлективноста на фолијата, како и големината, обликот и јасноста на алфа-нумеричките симболи.



Слика 1

Воедно, возачот треба да ја има можност за перцепција на знакот, како во дневни така и во услови на намалена видливост (слика 2.).
Моментот од воочување на знакот, до негово читање, изнесува од 10,5 до 14,5 секунди, или 350м. до 480м. при брзина од 120 км./час.

Слика 2.

За задоволување на горенаведениот услов за правовремен и квалитетен контакт се дефинираат барања во поглед на :

- Квалитет на класите и примена на класите на ретрорефлективна фолија во однос на ретрорефлексија и во однос на колориметрија на истата.
- Квалитет и примена на материјали за изработка на подлога на сообраќајните знаци.

3.1. КВАЛИТЕТ НА КЛАСИТЕ НА РЕТОРЕФЛЕКТИВНА ФОЛИЈА

Под квалитет на класи на ретрорефлективна фолија се подразбира моќноста на ретрорефлексија на фолијата и трајност на истата.

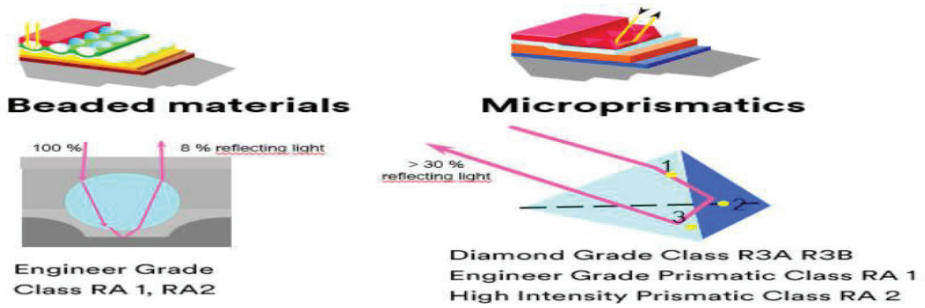
Ретрорефлективна фолија, како материјал за изработка на лицето на сообраќаен знак, се дели на :

- **Материјали од класа I** – со коефициент на ретрорефлексија на бела фолија која изнесува 70 cd / lx^{-1}/m^{-2} до 130 cd / lx^{-1}/m^{-2} што е регулирано со EN 12899 – 1. Кај него, ретрорефлексијата се овозможува преку примена на технологија на стаклени куглички (перли).
- **Материјали од класа II** – со коефициент на ретрорефлексија на бела фолија која изнесува 250 cd / lx^{-1}/m^{-2} до 330 cd / lx^{-1}/m^{-2} што е регулирано со EN 12899–1. Ретрорефлексијата кај оваа класа на материјали се овозможува воглавно со микропризматична технологија, поретко со технологија на стаклени перли во капсула.
- **Материјали од класа III** – со коефициент на ретрорефлексија на бела фолија која изнесува 500 cd/ lx^{-1}/m^{-2} до 1200 cd/ lx^{-1}/m^{-2} што е регулирано со EN 12899–1. Карактеристиките и примената се одредени со European Assessmant Document (EAD 12001-01-0106) и се однесува на перформанси на микропризматични ретрорефлективни фолии. Ретрорефлексијата се овозможува со примена на ткн.призматични рефлектори. Се произведуваат во две варијанти, како ретрорефлективна фолија за градски услови и ретрорефлективна фолија за отворени делници на патот.

Постојат две технологии на изработка на фолии со ретрорефлексија (слика 3.) и тоа :

а.) Ретрорефлективна фолија, каде што ретрорефлексијата е овозможена со стаклени перли,

б.) Ретрорефлективна фолија, каде што ретрорефлексијата е овозможена со микропризматици



Слика 3.

Треба да се напомене дека ретрорефлексијата се разликува кај фолија изработени со технологија на стаклени перли и фолија изработена со микропризматици, во поглед на интензитетот на ретрорефлектираната светлина вратена кон окото на посматрачот. Кај ретрорефлесијата со стаклени перли, имаме повраток на светлина кон окото на посматрачот од 8% - 10%, додека кај микропризматични материјали, повраток на светлината изнесува > 30 % (слика 3.)

3.1.1. ПРИМЕНА НА КЛАСИ НА РЕТРОРЕФЛЕКТИВНА ФОЛИЈА ПРИ ИЗРАБОТКА НА СООБРАЌАЈНИ ЗНАЦИ

Во табела 1. дадени се препораки од техничкото напатствие од Српскиот правилник (во Македонскиот правилник истото не е регулирано), при изборот на класите на материјал при изработка на сообраќајни знаци, за различни сообраќајни услови, во зависност од класата на патот и поедини елементи на сообраќајната сигнализација во склад со европски директиви и прописи. За сообраќајните знакови на делници на критични елементи на патот, како и сообраќајна сигнализација околу школи, потребна е изработка со материјал од класа III со флуоресцентни својства, со цел подобрување на видливоста во дневни и ноќни услови.

Врста пута		Категорије величина (мм)	Положај знака у попречном профилу	Класа
Аутопут	Међуправци – ако не постоји јавна расвета	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II
	Међуправци – ако постоји јавна расвета	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	III
	Објекти дуж аутопута (бензинска станица, паркинг, мотел ...)	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II
I фаза аутопута (1 коловоз – аутопут у изградњи)	Међуправци	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II
	Укрштање у нивоу	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II
	Објекти дуж пута (бензинска станица, паркинг, мотел ...)	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II
Пут I реда	Пут у насељу	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II
	Пут ван насеља	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II
Пут II реда	Пут у насељу	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II
	Пут ван насеља	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II
Зона радова на путу	Аутопут	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II (I)***
	I фаза аутопута (1 коловоз)	круг, квадрат 900 троугао 1200	десно и лево	II (I)***
	Двотрачни пут	круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II (I)***
Зона школа		круг, квадрат 600 троугао 900	десно и лево	II (III) **
Тунели		према рангу пута	десно, лево и изнад коловоза	II
Деонице пута са опасним местима	Кривине, мостови, пружни прелази, сужења пута	према рангу пута	десно и лево	II (III) *

* ознаке класе материјала у загради су алтернативне
* ознаке класе материјала у загради препоручују се због светлосног загађења околине
* знакови који се постављају поред коловоза израђују се од материјала класе I уколико се радови у зони радова заврше у току једног дана за време дневне видљивости

Табела 1. Избор на класи на материјали

Во смисол на подобрување на постојната состојба на сообраќајната сигнализација во Р.С.Македонија, како и подобрување во рамките на водење на системот на сообраќајот по Државни патишта на Р. С. Македонија , потребно е да се дефинираат квалитативни услови за примена на современи ретрорефлективни материјали, во зависност од рангот на патот и во зависност од сообраќајните услови. Со прецизно дефинирање на потребите кои треба да ги задоволи сообраќајната сигнализација, се губат дилемите во однос на примената на материјали со различити карактеристики и ретрорефлексија, а воедно се воведува минимален баран квалитет на сообраќајниот знак. Во нашата Законска регулатива постојат недефинирани “простори” кои создаваат одредени нејаснотии и дилеми, како при изработка на проект на сообраќајна сигнализација, така и при изработка на сигнализацијата и поставувањето. Тие нејаснотии, треба и мора да бидат решени во иднина. Истите ќе бидат наведени во наредната точка 4. “Законска Регулатива ”.

3.2. ПРИМЕНА И КВАЛИТЕТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ ЗА ИЗРАБОТКА НА ПОДЛОГАТА НА СООБРАЌАЈНИТЕ ЗНАЦИ

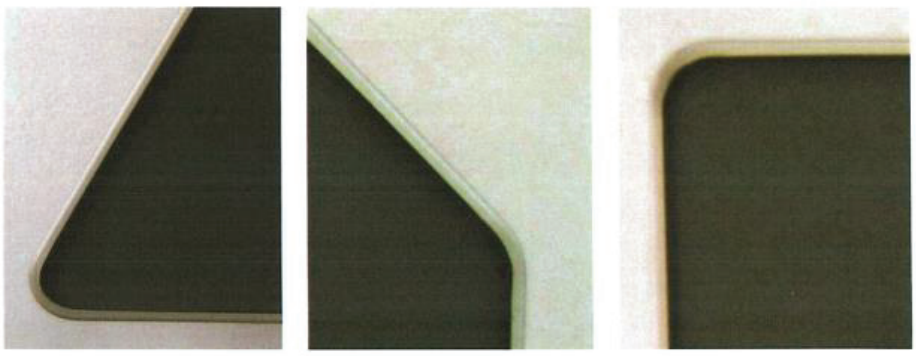
Освен дефинирање на квалитетот на употребените ретрорефлективни материјали за знакот, многу е битен квалитетот на подлогата на која се врши аплицирање на фолијата.

а. Во поглед на примена на материјали за изработка на подлога на сообраќајните знаци, знакот како целина, треба и мора да исполнува услови, за да биди функционален и траен во надворешна средина и тоа :

- Фактор за сигурност за оптеретување - класа (PAF 1)
- Притисок на ветер - класа (WL5)
- Динамичен притисок од снег - класа (DSL1)
- Најголема привремена дефлексија - класа (TDB4)

Наведените услови не се дефинирани во последниот Македонскиот правилник за сообраќајни знаци, опрема и сигнализација на пат, Сл.Весник бр.174 од 30.06.2020 год. Без дефинирање на овие услови, не можи од производителите да се бара, испитување на квалитетот на сообраќајните знаци и добивање на “CE” потврда.

б. На Државните патишта, подлогата на знакот треба да се изработува од алуминиумски лим со подвиткани рабови (слика 4.), алтернативно од екструдиран алуминиумски профил.



Слика 4.

в. За производство на сообраќајните знаци е дозволена употреба на алуминиумски материјали со затезна цврстина на лимот од 155 N / mm^2.

г. Алуминиумот кој се употребува за изработка на сообраќајна сигнализација треба да биди усогласен со DIN EN 573-1 и DIN EN 573-2, односно материјали со следни ознаки:

- EN AW 52 51 H 24/H 34
- EN AW 30 05 H 22/H 49
- EN AW 57 54 H 22/H 34/H 42

д. Кај сите сообраќајни знаци, позадината мора да биди обоена во сив тон во склад со RAL 7024 и минимална дебелина на слој од боја од 12 микрона. Бојата треба да има добра адхезија за подлога на знаците.

4. ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ВО ОБЛАСТА НА ВЕРТИКАЛНА СИГНАЛИЗАЦИЈА

Сообраќајна сигнализација (знаци), има статус на градежен производ и истата му припаѓа на директивата “E.U. Directive 89/106/EEC on Construction Products”. Со директивата, се уредуваат правни и процедурални прашања, додека останатите технички прашања и услови, треба детално да бидат дефинирани врз база на националните стандарди и другите национални прописи.

Треба да се потенцира дека во европските земји, не постои усвоен единствен документ за примена на ретрорефлективен материјал за изработка на сообраќајна сигнализација, бидејќи, тоа поле како што е погоре нагласено, е препуштено на национална регулатива. Односно потребно е класификација на материјал за изработка на сообраќајна сигнализација дефинирано преку национална регулатива, во согласност со ЕН 12899, со отворање на технички прашања преку стандарди и прописи (меѓународни и национални) преку “ETA” процедура / European Technical Assesment (Европска Техничка Проценка), за добивање на “CE” ознака како потврда на ускладеност.

“ETA” представува дефинирање на алтернативна процедура за одобрување на оние градежни производи кои не се опфатени со хармонизиран стандард. Процедурата е дефинирана со цел да се добие декларација за усогласеност на сообраќајниот знак со барањата од “III.3 став А” кога не постои европска норма и на истиот да се стави “CE” ознака (Европска сообразност).

Како се добива одобрение од “ETA” ? Истото се добива врз база на тест методи, по кои се врши испитување, за добивање на одобрението, но исклучиво во сертифицирани лаборатории од Е.У., кои се опфатени во ткн. “NANDO” база.

“EAD” - European Assesment Document “EAD 120001-00-0106” е збирка на тест методи по кои се врши испитување. Значи дека, одобрение од “ETA”, се добива на основа на соодветен “EAD”.

“CE”означување на микропризматични материјали врз основа на “ETA”процедура.

4.1. ПРАВНО РЕГУЛАТОРНА ПИРАМИДА ВО Р.С. МАКЕДОНИЈА

Подолу е наведена законската регулаторна пирамида во Р. С. Македонија редоследно:

1. Меѓународна конвенција за сообраќајна сигнализација – Виенска конвенција 1968, 1973, 1993
2. Закон за безбедност на сообраќајот
3. Правилник за сообраќајни знаци, опрема и сигнализација на патот (Сл.Весник бр.174/2020)
4. Стандард МКС ЕН 12899 со стандарди, МКС U.S4.201-204 и МКС Z.S2.300-330.
5. Техничко спецификирање на огласите за јавна набавка и изработка на сообраќајни проекти

Македонската правна регулатива, има одредени недореченост во однос на прецизна и јасна дефиниција за употребата на материјали за изработка на сообраќајни знаци во однос на квалитет, а во зависност од условите во сообраќајот. Државите членки на Е.У и претенденти за членство, самостојно треба да ја дефинираат употребата на класите на материјали со сопствена национална регулатива.

Во Македонскиот правилник за сообраќајни знаци, опрема и сигнализација на патот (Сл.Весник бр.174/2020) во “Член 3.” пишува :

Член 3.

“ Сообраќајните знаци се изработуваат така што нивното значење е постојано, променливо или делумно променливо.

Површината на сообраќајните знаци се изработува од материјал со ретрорефлектирачки својства, најмалку од класа I, а за автопатишта и патишта наменети исклучиво за сообраќај на моторни возила, најмалку од класа на ретрорефлексија II.

Бојата на позадината на сообраќајниот знак е со сива боја и без сјај , за да се спречи одвраќање на вниманието на возачот ”.

Во цитираниот член 3., постои недореченост и можност за двосмисленост од страна на избраниот Економски Оператор на отворен јавен тендер, бидејќи во наведениот Правилник не е прецизно и квантитативно регулирана бараната ретрорефлесијата на материјалите. Како што е кажано, Е.У. регулатива, тој дел за дефинирање на материјалите во однос на ретрорефлексија (ткн. таблица на позиционирање) го има препуштено на националното законодавство. Истото, во Македонскиот правилник, не е регулирано.

5. ТЕХНОЛОГИИ ЗА ИЗРАБОТКА НА ЛИЦЕТО НА СООБРАЌАЈНИ ЗНАЦИ

Во фазата на производство на сообраќајните знаци, се користат три технологии за изработка на лицето на знакот врз ретрорефлективните фолии и тоа :

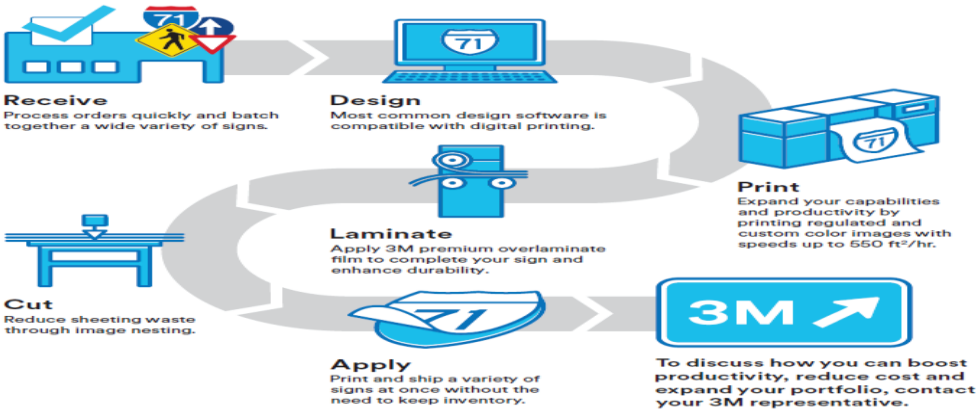
А. Сито-штампа. Технологија која е доста квалитетна, постојана и побрза во изработката. Работењето со оваа технологија бара потреба од “FIlat bed” машини за сито штампа со прием на рамки со големина 140x180см., за да се задоволат потребите за штампање на лица, на најголемите стандардни сообраќајни знаци. Потребни се рамки за сито штампа за секој различен генеричен симбол, со прецизирана нумерација, заради утиснување на потребен волумен на боја за да се добие колориметриска постојаност за трајност од 10 години. За штамање се користат транспарентни бои и разредувачи препорачани од производителите на ретрорефлективните фолии. Продуктивноста при производството е голема, со можност на штампа на 300 форми на лице од знак, за еден час. После сушењето на бојата, фолијата може веднаш да се лепи на подлогата од знакот. Оваа технологија се применува и кај нас кај одредени производители.

Б. Лепење фолија врз фолија. Ова е технологија во која се употребуваат лиени (cast) транспарентни “ЕС” филмови за генеричен симбол на лицето од знакот. Технологијата е поскапа и спора, но економски исплатлива доколку се користи за лице од знак со ретрорефлексија класа II или III и за лица на знак кои поретко се бараат на пазарот и нема економска исплатливост за сито штампа. Истата е квалитетна кога се користат филмови со адекватана постојаност како ретрорефлективните фолии и кои се строго наменети за сообраќајна сигнализација. Технологијата е поприсутна во земјата заради поевтиното вложување во опремата, меѓутоа се злоупотребува со користење на евтини мономерни фолии за внатрешна графичка апликација, со трајност во внатрешен амбиент од 3 години. Мономерните фолии немаат перформанси кои можат да ги следат деформациите од температурните промени на подлогата од знакот, доаѓа до големи ширења, а со тоа пукање на тие фолии кои изгледаат како пајажина на лицето од знакот.

В. Дигитална штампа. Ова штампа важи за најмлада и најмодерна техника на штампање и представува врв во историјата на штампање. Со појавувањето на

дигитална штампа и напредни софтвери се овозможува директна поврзаност на штампарска машина, компјутерски системи и апликатори, овозможувајќи брза и ефикасна штампа и во исто време одржувајќи квалитетен отпечаток.
Дигитална штампа овозможува штампање на сообраќајна сигнализација на ретрорефлективни фолии. Освен неспорниот квалитетот на штампање, дигитална штампа овозможува пред се квалитет, брза изработка, помало загадување со обоен отпад, заштеда на време во изработка на знаци, поголем профит и ткн.
Не навлегувајќи подетално во објаснување за дигитална штампа, прикажана е процесот и шемата на производство (слика 5.) и потребна опрема за дигитално штампање на сообраќајна сигнализација (слика 6.).

Процес на производство на изработка на сообраќајни знаци со технологија на дигитална штампа



Слика 5.

Потребна опрема за дигитална штампа

Штампач за сообраќајни знаци сублимација на UV мастило на реф.фолија Printer Efi H1625 RS (road signs)

Маслен календар за

Calandar Transmatic

Секач за сообраќајни знаци
Cutter for road signs

Апликатор со рамно лежиште
Flatbed Applicator

Слика 6.

Освен неспорниот квалитет на изработка на вертикална сообраќајна сигнализација, други предности на дигитална штампа се :

- Намалување на времето на производство од 35 до 40 %
- Зголемување на профитот, пропорционално со намалување на учеството на работна рака
- Штампање точно на време и веднаш на барање, со минимум натрупување на залихи
- Модуларен систем на штампање со брзина на штампање до 51 м2 / час
- Штампање без надзор, на ролни долги до 100 м.
- Користење на само бела фолија
- Намалување на обоениот одпад
- Максимална искористеност на реторефлектирачката фолија

Негативната страна на оваа технологија е задолжителна апликација на безбоен “ЕС” филм после штампањето на фолијата, за да се врати ретрорефлексијата. Цената на “ЕС” филм е 2/3 од цената на фолијата со ретрорефлексија класа II. Ова бара вложување во дополнителен топол ламинатор за таа намена.
Напоменувам дека ова се забелешки, само во однос на примената на ова технологија за изработка на сообраќајна сигнализација на домашниот пазар.
Годишните потреби од ваков вид на производ и потребните вложувања, без јасно дефиниран буџет и без јасно дефинирани технички услови, се генерално неисплативи.
Во секој случај потребно е да се изврши една добра Cost-Benefit анализа за исплатливоста на вложувањата, во случај на примена на оваа технологија.

6. ЗАКЛУЧОК

Како заклучок од наведеното, произлегува дека сегашниот Правилник за сообраќајна сигнализација бр. 174 / 2020, треба и мора да претрпи одредени измени и дополненија, со цел “празниот простор” во однос на регулативата за потребен квалитет на сообраќајна сигнализација, да биде прецизно дефинирана и да не се даде можност за било каква недореченост или двосмисленост при проектирањето, изработка и поставување на сообраќајната сигнализација. Потребно е:

1. Дефинирање на терминологијата која се користи во сообраќајната сигнализација.
2. Прецизно наведување на вредноста на ретрорефлексија на лицето на сообраќајниот знак и тип на ретрорефлективна фолија, во зависност од рангот на патот и сообраќајните услови на патот
3. Начинот на поставување на сообраќајните знаци, видови на носачи, статика на темелите и ткн.
4. Контрола на аголот на поставување на сообраќајните знаци од 93^0 во однос на сообраќајната лента (го имаме во правилникот, дали се контролира ?)
5. Дефинирање на механичка отпорност на сообраќајните знаци.
6. Дефинирање на големината на стандардните сообраќајни знаци, врз основа на проектираната брзина на патот.

7. Дефинирање на големината на писмото на нестандардните сообраќајни знаци, врз основа на проектираната брзина на патот.
8. Да се воспостави задолжителен “CE” цертификат на производителот на сообраќајни знаци, во смисол на проверка на документацијата, репроматеријалот за лицето и подлогата на знакот, контрола на пропишаната технологија за лепење на фолијата, а во врска со техничките барања кои би биле со задолжителна примена и ткн.
9. Воведување на задолжително означување на сообраќајната сигнализација со сигурносна налепница.
10. Воведување на контрола на колориметрија и ретрорефлексија на лице место (слика7.)

Слика 7.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] “COST 331” Requirements for Horizontal Road Marking / Europian Commision Directorate General Transport http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/COST331/$file/331-en.pdf
[2] “Правилник за сообраќајни знаци, опрема и сигнализација на патот” / Сл. Весник бр.174 од 30.06.2020 год.
[3] “Вертикална сигнализација” Бранимир Станиќ, Предраг Здравковиќ, Смиљан Вукановиќ, Слободан Милосављевиќ
[4] “Production Manuel for Manufacturing of Permanent Quality Signs”
[5] “The American Traic Safety Services Association (ATSSA)” Digitally Printed Traffic Sign Guide
[6] “Техничко упутство о захтеваном квалитету саобрачајних знакова са обавезном употребом”- Ј.П. Путеви Србије
[7] “Техничко упутство о примени материјала при изради саобрачајних знакова” Ј.П. Путеви Србије

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т3 – 3

ПОДОБРЕНА ПАСИВНА БЕЗБЕДНОСТ НА ПАТ
IMPROVED ROAD PASSIVE SAFETY

Demeter Prislan[1]
[1] Prislan, Demeter, B. Sc. Ec., ICC DEMETER PRISLAN S.P., Dobravica 44, 1292 Ig, Slovenia, demeter.prislan@siol.net

Апстракт

По сите напори да се намалат жртвите и тешките повредени жртви на патниот сообраќај, дојдовме до точка каде што треба да најдеме нови пристапи за да го задржиме трендот кон визијата нула. Статистиката не покажува задоволителни резултати. И покрај сите промотивни кампањи за свесност на учесниците во патниот сообраќај за правилно однесување и покрај сета полициска нагон, посебно насочена кон контролата на брзината и злоупотребата на алкохол и дрога во сообраќајот, резултатите не се толку добри како што се очекуваше. Можеби дојде време кога треба да посветиме повеќе придонес за состојбата на инфраструктурата. Трасата на патот, состојбата на тротоарот, квалитетот на површината за возење, а особено опремата за зголемена пасивна безбедност, како што се пасивните безбедни потпорни конструкции, крајните терминали, транзициите, перничињата за судири, па дури и бариери се премногу често занемарени елементи на пасивната безбедност на патиштата. Последните се дискутирани во оваа статија.

Клучни зборови

Простувачки патишта и крајпатни, Деформирачки столбови, Крајни терминали, Труд, Пенетрација

Abstract

After all the efforts to diminish the fatalities and heavy injured victims of the road traffic, we came to the point where we need to find new approaches to keep the trend towards the vision zero. Statistics are not showing satisfying results. Despite all promotional campaigns to make the participants in the road traffic aware of correct behaviour and despite all the police enforcement, specially focused on the speed control and alcohol and drug abuse in the traffic, results are not so good as expected. Perhaps time came when we need to dedicate more input to the state of the infrastructure. The route of the road, the condition of the pavement, the quality of the driving surface and especially the equipment for the increased passive safety like, passive safe support structures, end terminals, transitions, crash cushions and even barriers are too often neglected elements of the road passive safety. The latter are discussed in this article.

Key words

Forgiving roads and roadside, Deformable poles, End terminals, Curb, Penetration

1. INTRODUCTION

In the 2010, the European Union renewed its commitment to improve road safety by setting a target of reducing road deaths by 50% by 2020 compared to 2010 levels. Although the period from 2001 to 2010 was very promising, amazingly last years, considering the road safety, are very poor. The 2015 was the second consecutive poor year for road safety. 26.300 people lost their lives on EU roads compared to 25.970 in 2014, which means an increase of 1%! [1]

Again, in 2021 EU set a target to halve the number of road deaths by 2030, based on their level in 2019. The progress is tracked using, as the main indicators, the relative changes in the numbers of people killed on the road between 2011 and 2021 (Fig.1 and Fig.3) and between 2019 and 2021.

The EU27 collectively reduced the number of road deaths by 31% over the period 2011-2021 (Fig.1). There were 19,823 road deaths on EU roads in 2021, 57,095 fewer than there would have been if deaths had continued at the same level as in 2011 (Fig. 2). The overall progress in reducing road deaths on EU roads was positive from 2011 until 2014 with a 16% decrease. However, the good start was followed by five consecutive years of stagnation with only a 7% reduction over the 2015-2019 period. In 2020, there was an exceptional drop of 17% compared to 2019. The 2020 result was strongly related to travel restrictions across Europe due to the Covid-19 pandemic. 2021 also saw a consistent drop of 13% with respect to 2019, but the number of road deaths increased by 5% with respect to 2020, influenced by a gradual relaxation of travel restrictions across Europe. The progress in reducing serious road traffic injuries in the last decade in the EU2310 collectively was poor, especially in comparison with the reduction in road deaths. There was only a 18% reduction over the period 2011-2021 (Fig.1). [2]

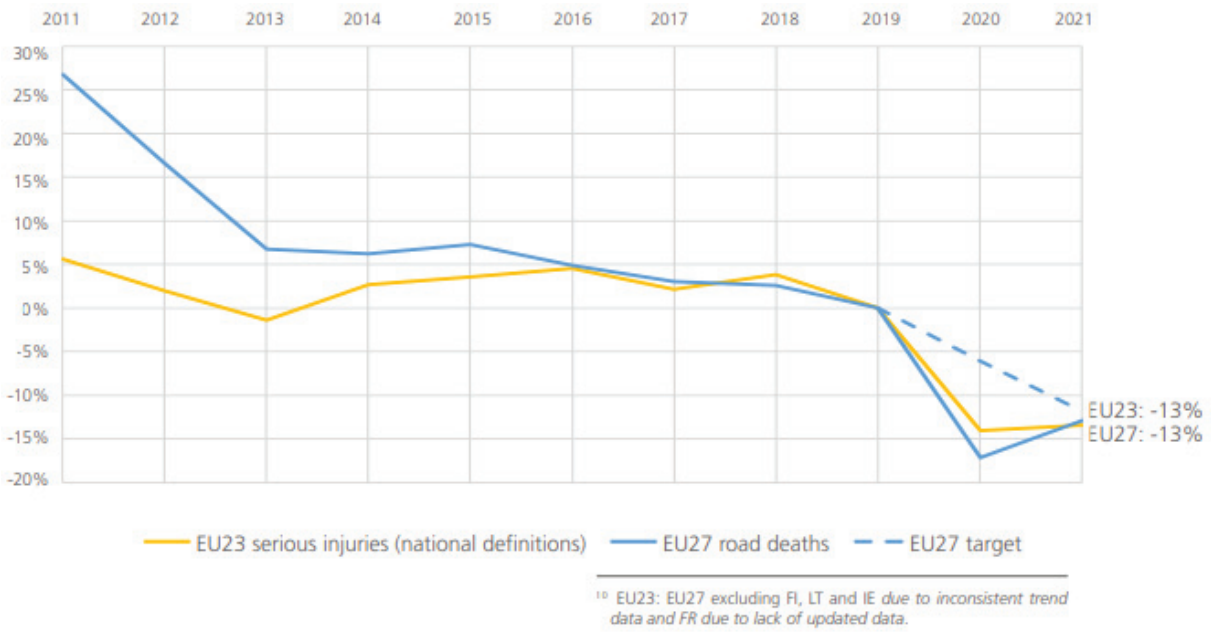


Figure 1. Change in the number of road deaths in the EU27 since 2011 compared with the EU target for 2030 and change in the number of serious road traffic injuries in the EU23 based on countries' national definitions. (EU23: EU27 excluding FI, LT and IE due to inconsistent trend data and FR due to lack of updated data. EU23 level of serious road traffic injuries in 2021 is an ETSC estimate as serious injury data for 2021 were not available for some countries at the time this report went to print.); source [2]

It seems that despite different campaigns to raise the awareness of participants in the road traffic for safer behaviour, results are not following the efforts. The never-ending story that there is no money available, governed by different financial institutions, repeats constantly. It

is hard to believe that they do not want to save money from increased road safety. The value to society of improving road safety should be taken into account in the policy and budgetary planning processes, expressing in monetary terms the moral imperative of reducing road risk. After many years of blaming driver for every accident and after many years of knocking on the door of awareness of road traffic participants a time has come when we need to invest into the infrastructure.

Beside the route of the road, condition of the pavement and the quality of the driving surface, the road equipment with which we can decrease the severity of the consequences of potential accidents, plays a significant role in increasing the road passive safety. Implementing different crash cushions, guardrails, end terminals, deformable poles (support structures) we can reach the level when we can speak about forgiving roads and roadside. Guardrails are more or less well-known road restrain system but items like crash cushions, transitions, end terminals and support structures are relatively new devices. While the European Norms for these devices exist, national guidelines and prescriptions are very rare. Not only that they differ from country to country, they are very often not following the updated level of their performances nor requesting the performances that can bring serious advantages for increased roads passive safety. [4]

2. EQUIPMENT FOR INCREASED ROAD PASSIVE SAFETY

Roads and roadsides must be equipped and organized in such way that they will enable the occupants in an errant vehicle to survive the accident without serious consequences. Dangerous objects along the roads are trees, poles for public lighting, poles for signalisation or for communication cables, different boxes for the electricity supply, concrete shafts, culverts, ditches, rocks, etc. Trees are usually removed but for the public lighting and signalization, passive safe poles are used. Other dangerous objects we need to protect with different restrain systems, like guardrails, safety barriers, crash cushions, end terminals, arrester beds and similar.

2.1 Passive Safe Poles

To increase the safety on the road we need illumination and signalization. All these devices (lamps and traffic lights) should be fixed on passively safe poles. These are classified according to the EN 12767 “Passive safe support structures for road equipment”. The norm distinguishes poles that are energy absorbing and those that are not. Test speed classes are 100, 70 and 50 km/h with mandatory test at 35 km/h (the speed that can already cause injuries to the occupants of an errant vehicle). Occupants safety classes are A, B, C, D, E and the values of ASI (acceleration severity index) and THIV (theoretical head impact velocity) are comparable with those of the norm EN 1317 (Road Restrain Systems). While the norm exists, so we can classify the performances of support structures and designers can prescribe the most appropriate one, there is still a whole emptiness in the regulatory documentation of the South East European countries. Until there will be a document that will impose the use of passive safe support structure, there will only be a sporadic use of this road element that brings savings to the state economy. Beside the savings on fatalities, which can be seen mostly on the state level economy, the road administration or community can have saving using passive safe poles by omitting installation of a guardrail if it should protect only against the hit into pole. For the small difference in the price of a pole (for example 300 EUR) they can save (depending on the road category) from 28 up to 72 m of a guardrail, which presents 1.700 up to 4.300 EUR per pole installed.

Passive safe poles should be used:

On all roads outside dense urban area where the speed limit is over 50 km/h and poles are not shielded safety barriers,

On all roundabouts where the allowed speed is more than 30 km/h,

In case if the pole is in the working width of a safety barrier, it must be a deformable non-detachable type of passive safe pole. (Such installation is incorrect but reality proves a number of such cases).

Energy absorption categories	Occupant safety class	Speeds			
		Low speed test 35 km/h		High speed test 50 km/h, 70 km/h, 100 km/h	
		Maximum values		Maximum values	
		ASI	THIV km/h	ASI	THIV km/h
HE / LE / NE	E	1	27	1,4	44
HE / LE / NE	D	1	27	1,2	33
HE / LE / NE	C	1	27	1	27
HE / LE / NE	B	0,6	11	0,6	11
NE	A	No test required	No test required	No ASI and THIV measurements	

Figure 2. Impact severity index according to EN 12767:2019; the previous labelling 100 HE 3 is now the 100 HE C and the previous 100 HE 1 is now 100 HE E; source [7]

Pity, that authorities are even underestimating the severity of a crash into the pole explaining in the Technical Specifications for Guardrails (Slovenia) that there is no need for the guardrail to protect against the possible crash into the pole, if the pole is situated behind the kerb with a height of 15 cm. Amazingly, in the same paragraph they define that protection of a pole with a guardrail is not needed if in the entrenchment the height difference between the road and obstacle type B (pole) is 2 or more meters or if between the pole and the edge of the road (driving surface) is a ditch of 0,80 m or an embankment of 0,75 m height and width of 0,50 m. [5]

Figure 3. The 15 cm high kerb protects against the hit into the dangerous obstacles, really? ; source [11]

2.2 End Terminals

First equipment for containment of the errant vehicles were safety barriers of different type. Being wooden, concrete or steel, they soon led to the finding that their ends could be deadly dangerous. Until these days, the classification of end terminals was defined in the Part 4 of the EN 1317, together with transitions. Now there is a Part 7 of the mentioned norm (still in revision) that is dedicated only to the end terminals. Through numerous accidents that happened on the beginnings of the guardrails and concrete barriers (called also New Jersey) safety experts found out that they need to dedicate a special attention to this problematical part of restrain system. Guardrails traditionally end with an element called fish tail. This element was acting like a knife and cut the bodywork, allowing the guardrail to penetrate and thus endangering the occupants, mostly causing heavy injuries or death. As well, crashes in the beginning of the concrete barriers were no less severe. The consequences were like when hitting the firm pole or column of a street lighting. A relatively slim element was penetrating the bodywork causing the displacement of a motor, which entered into the occupants' cage.

Figure 4. Guardrail and concrete barrier (New Jersey) penetrating passengers' compartment usually cause serious injuries or death; source [11] and [6]

Shortly different devices were invented to protect the deadly ending of a guardrail: bull nose, ET Plus, water and sand filled barriers buffers, rubber end caps, Quad guard crash cushion, Pennsylvania guardrail end terminal, traffic barrier energy attenuator, W-beam double buffer, just name them. They all are foreseen to protect against the intrusion of a guardrail but their functionality is (as seen in case of Trinity and many others) unpredictable and therefore unreliable.

Figure 5. The guardrail terminal is not guided (it is only supported) and when the kinetic energy equals to the energy of the guardrail resistance against deformation, the guardrail starts to move in un unpredictable way, forming a dangerous parts that can penetrate the bodywork (case of a Trinity ET Plus – modified); source [10]

The problem of most of them is that their deformation is not controlled nor guided. If we want to protect the vehicle against the intruding part of a guardrail, we must direct the vehicle away from danger and if the vehicle hits the terminal in its head, the terminal should absorb the kinetic energy and gradually bring the vehicle to a halt.

The ENV 1317-4 and prEN 1317-7 respectfully are very generous in sense of acceptable limits of certain test parameters. There are limit values for permanent lateral displacement that are far too tolerant for devices that should save lives and prevent other accidents.

Some other types of end terminals seem to work well but present again a problem to safety because their movement is not controlled. When the impact energy equals to the resistance of the guardrail the system starts to twist and move without control. The broken element of the guardrail becomes again the potential penetrating part.

Figure 6. The end terminal type that is banned in many states of the USA. Different accident cases had proven that the guardrail get stuck into the gliding head of a terminal that abruptly blocks the movement which makes the rest of the guardrail to twist, deform and brake; source [11]

Figure 8. Another type of terminal with crash absorbing elements but without guided movement of the deformation causing again the formation of a spearing ends of a guardrail; source [11]

Another example of a questionable quality is the end terminal that prevents the spearing of a vehicle but does not prevent the vehicle to enter the shielded zone.

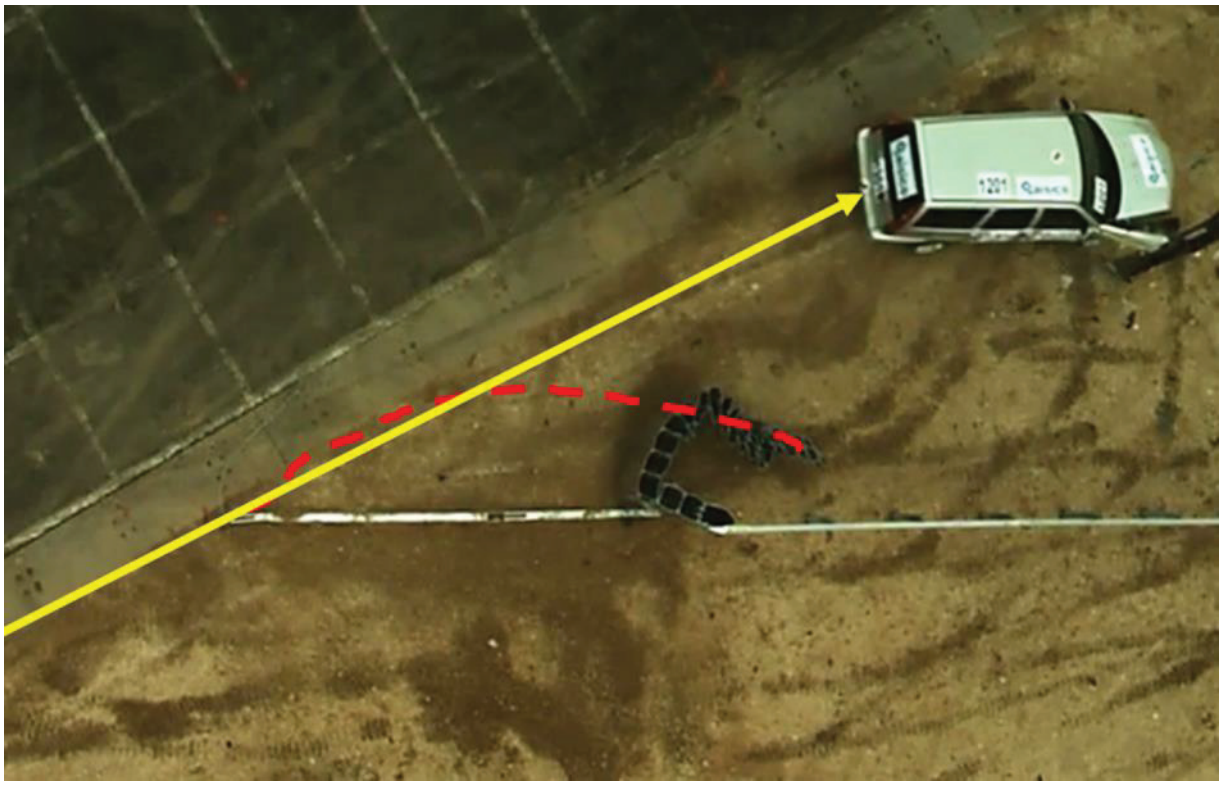


Figure 7. The end terminal gave no resistance (it simply flapped away – red interrupted line) and let the car freely enter (with almost full speed) the dangerous zone behind the guardrail (case of the Obex terminal MT P4); source [11]

Another problem are the terminals with down turned elements. They are not penetrating the bodywork but they function as a catapult, launching the vehicle in the air. There are a lot of such end-down terminal in the SEE countries as well as elsewhere. The risk for safety, consequences for the passengers are underestimated.

Figure 9. Vehicles thrown in the air: on the left side on the end element of concrete barrier (New Jersey), on the right side on the end-down terminal; source [8] and [9]

For the moment, the only end terminal that absorbs the impact energy in a controlled way and is at the same time re-directive, tested already to the updated norm for end terminals prEN 1317-7 uses all the innovative technology. It is also bi-directional, so from whatever side the car impacts, it works in a proper safe way, as planned. The hollow boxes are installed with

fixations to the rail, which is fixed with deep anchors into the ground. This terminal reaches the best results for exit box performances (Z1) as well as for permanent lateral displacement (S0,5 V0,5 U0 according to prEN 1317-7 and X1 Y1 according to ENV 1317-4 respectfully) for the impact category T110. It undergoes the NCHRP 350 as well.

Figure 10. The passive safe reliable end terminal before and after the impact of a vehicle (the red arrow shows direction of the impact). On the right side is clearly seen that only a part of absorbing boxes were destroyed, so only a partial repair is needed (Industry A.M.S. type SMA T4); source [6]

There is the possibility to start the guardrail without absorbing devices as well. The guardrail should start from the side of the roadside and then get closer to the desired line alongside the driving surface, so called flared end. Such installation is particularly suitable in the entrenchment where the guardrail starts out of the soil, so no dangerous endings are exposed to potential impact of an errant vehicle. However, this type of installation is not suitable on the flat roadside and for sure, it cannot be implemented when the road is done on embankments.

2.3 Crash Cushions

Crash cushion is another device which purpose is to protect occupants in the vehicle from serious injuries and death by preventing an errant vehicle to hit the obstacle. The required characteristics to define some device as an appropriate crash cushion are given in the norm EN 1317-3. Types of crash cushion are redirective (R) – these cushions contain and redirect vehicles and non-redirective (NR) – these cushions contain but do not redirect vehicles. Tests are done with vehicles of different mass (900, 1300, 1500 kg) and from different direction.

Since some people prefer to use non-redirective crash cushions it is reasonably to have a look at pros and contras. The impact into the non-redirective cushion can truly prevent the vehicle to have a crash with a dangerous obstacle. It can even bring the vehicle to a halt if hit directly. The situation is much more complex if this type of cushion is hit from the side (like direction approach 4) or front under the angle of 15° (like direction approach 3). In such situation, the vehicle is thrown around in un unpredictable way. Means, that we need a very wide free area where the vehicle will stop. We should take care also about the elements of such cushions as their parts are often tossed around in different directions. If we want to keep the adjacent lane or driving surface clear of debris and obstacles, the solution would be to choose the redirective type of cushion. Non-redirective type of cushions could be used well for arrester systems in the roads dead-ends where there is no possibility to endanger other road traffic objects. In all other cases, the riderictive type could perform much more harmless because the behaviour of the redirected vehicle is much more predictable and potentially does not endanger the surrounding of accident.

In some cases, non-redirective cushions are requested for protection of the tollgate boxes. The idea behind is that such cushion in the interaction with the vehicle should prevent the vehicle to enter the lane between the boxes and do further harm to the personnel in the toll boxes. The

question is what will happen with the neighbour lane and toll island. The permanent lateral displacement is unpredictable (there is no mandatory test for this parameter) and can be such that would block the free passage for a neighbour vehicle. On the other hand, toll boxes are already protected against the errant vehicles by strong concrete barriers, “islands”, so it is worth to think about the safety of the occupants in the errant vehicle.

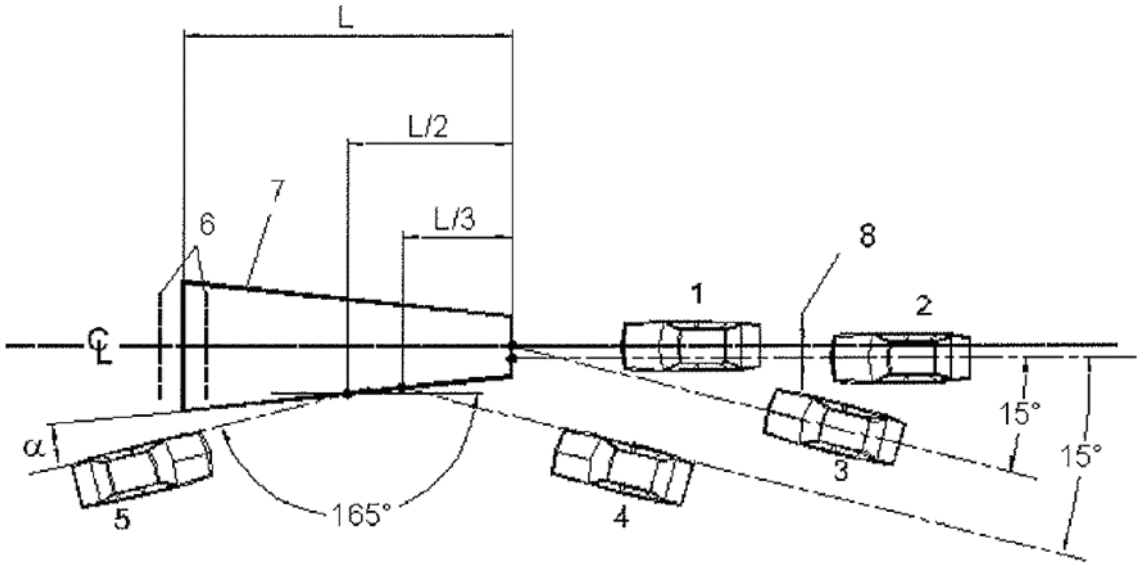


Figure 11. Schematical display of the vehicle approach paths for tests 1 to 5; source [3]

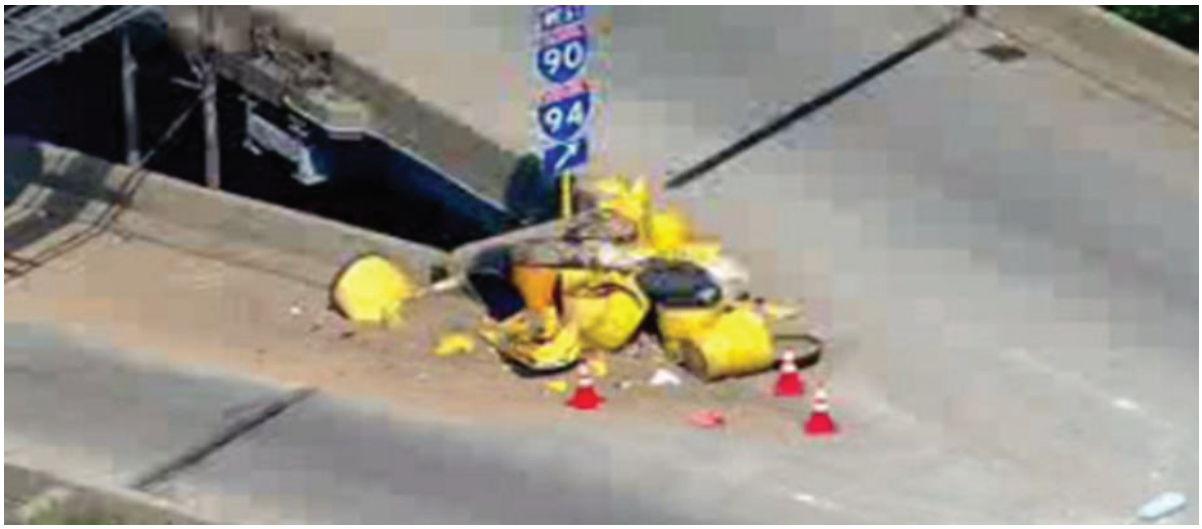


Figure 12. Example of non-redirective crash cushion – plastic barrels filled with sand – when hit, debris is tossed around and they cannot be reusable; source [11]

The choice of ridirective or non-ridirective type is not the only decision to be made. Important is most of all how the crash cushion performs for the safety of occupants and other participants in the road traffic. The ASI and THIV indexes should be as low as possible. The trajectory of the vehicle after the impact with attenuator should be the smallest possible regarding the exit box, means Z1. The permanent lateral displacement should be small as well, means D1.

Beside all this characteristics it is recommendable that the crash cushion is small also in its dimensions. The attenuator itself is also some sort of obstacle and the bigger it is the bigger the chance is to be hit. Exit ramps on highways are a critical point for many accidents, very often because drivers react with delay. It is very important that the crash cushion is short as

possible for the designed speed class. It means that possible impacts per year can be significantly reduced. This is a benefit for the safety as well as for the maintenance company.

Beside all this characteristics it is recommendable that the crash cushion is small also in its dimensions. The attenuator itself is also some sort of obstacle and the bigger it is the bigger the chance is to be hit. Exit ramps on highways are a critical point for many accidents, very often because drivers react with delay. It is very important that the crash cushion is short as possible for the designed speed class. It means that possible impacts per year can be significantly reduced. This is a benefit for the safety as well as for the maintenance company.

An attenuator should be also economical; means that the total costs in the period of exploitation is the lowest possible. If not hit, no maintenance is required. If hit, it should be easy and fast repairable. Because, damaged attenuator is a “dead” attenuator, it is just another obstacle. [4]

3. CONCLUSION

In spite of many campaigns for awareness of road traffic participants constantly going on, enforcement on speeding and drink driving, analysis of so-called black spots, monitoring of problematical sections and scans of roads with low ranking safety index, the road traffic fatalities and number of heavy injured are not decreasing in the desired dynamics. Conclusion that offers itself is that an upgrade should be done on the road itself with a special attention to the road safety equipment. Statistics proves that less than 10% of all fatalities happen on highways. This means that majority of the problem belongs to the urban and non-urban roads of different categories and different administration. Exactly the administration must realize all benefits from implementing equipment for increased passive safety of roads and give the push in designing and redesigning such roads. It is the administration that must fight for bigger share of the budget money to invest it into safer roads. This cannot be done by designers nor by road users.

4. REFERENCES

[1]. Adminaite, Dovile et al, (June 2016), ETSC 10th ROAD SAFETY PERFORMANCE INDEX REPORT

[2]. Carson, Jost et al, (June 2022), ETSC 16th ROAD SAFETY PERFORMANCE INDEX REPORT

[3]. BS EN 1317-3:2010, Road restraint systems, Part 3 – Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for crash cushions (August, 2010), BSI Standard Publication

[4]. Prislan, Demeter (2017), Roads with Increased Passive Safety Aspect, RSLC Tara 2017

[5]. TSC 02.210 : 2012 Varnostne ograje – pogoji in način postavitve (Ljubljana, 2012), Direkcija Republike Slovenije za ceste

[6]. www.smaroadsafety.com (January, 2022)

[7]. www.zippole.com (January, 2022)

[8]. https://www.youtube.com/watch?v=uj4MEGi-OyQ (June, 2010)

[9]. https://www.youtube.com/watch?v=C_YMXGfHo-A (Dec, 2014)

[10]. https://www.youtube.com/watch?v=Ope-388MbaQ (Jun, 2015)

[11]. Prislan, Demeter – private photo archive

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т3 - 4

ИНСПЕКЦИЈА ЗА БЕЗБЕДНОСТ НА ПАТ – Некомпатибилност помеѓу функцијата на патот и типичниот пресек – белградска северна артериска тангента

ROAD SAFETY INSPECTION – Incompatibility between the function of the road and the typical cross section – Belgrade's Northern Arterian Tangent

Sanja Fric[1], Filip Trpčevski[2], Dejan Gavran[3], Vladan Ilić[4], Stefan Vranjevac[5], Miloš Lukić[6]
[1] Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, sfric@grf.bg.ac.rs
[2] Associate researcher, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, ftrpcevski@grf.bg.ac.rs
[3]Associate professor, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, gavran@eunet.rs
[4]Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, vilic@grf.bg.ac.rs
[5] Associate researcher, Faculty of Civil Enginnering, Belgrade, svranjevac@grf.bg.ac.rs
[6]Teaching assistant, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, mlukic@grf.bg.ac.rs

Апстракт

Инспекцијата за безбедност на патиштата е постапка призната низ целиот свет за идентификување на недостатоците на постоечката патна мрежа. Постапката е да се наведат точни мерки за отстранување на сите прашања кои ја засегаат безбедноста на сообраќајот. Во трудот се претставени безбедносните прашања кои произлегуваат од некомпатибилноста помеѓу типичниот пресек и основната функција на патот. Загрижувачкиот пат е белградската северна артериска тангента. При теренската посета се земени сите материјали поврзани со несоодветните елементи на патот. Исто така, трудот предлага точно преуредување на пресекот со цел да се прилагодат сообраќајните услови на моменталната и планираната улога на патот во поширокатa мрежа.

Клучни зборови

Инспекција за безбедност на патиштата, функција на патот, типичен пресек, сообраќајни незгоди, мерки за подобрување

Abstract

The Road Safety Inspection is a procedure recognized all over the world for identifying the deficiencies on an existing road network. The procedure is to purpose exact measures for eliminating all the issues affecting the traffic safety. The paper presents the safety issues emanating from the incompatibility between the typical cross section and the basic function of the road. The road in concern is Belgrade's Northern Arterial Tangent. All the materials related to the inadequate elements of the road are taken during the field visit. Also, the paper proposes exact rearrangement of the cross section in order to adjust traffic conditions to the current and planned role of the road within the broader network.

Key words

Road safety inspection, road function, typical cross section, traffic accidents, improving measures

1. INTRODUCTION

In the Terms of reference, presented by the Investor or governmental body to the Designer, among the first items stated is the function of the particular road. Consequently, one of the first steps in the design process is the adoption of the appropriate typical cross section, which must be compatible with the primary function of the road. In some cases, inadequate relationship between the typical cross section and the road function may jeopardize traffic safety.

The paper presents example of very important arterial highway, with the elements of typical cross section incompatible with its primary function. What is more, there is even inconsistency between the current and the future function of the road, further complicating selection of typical cross section elements. Also, measures to mitigate both current and future problems are proposed.

2. DESCRIPTION OF THE CASE – STUDY ROAD SECTION

The subject of this paper is the section of the road, 2200m long, situated on the left bank of the Danube river, opposite to the downtown Belgrade. The name of the road is Northern Arterial Tangent (Severna magistralna tangenta).

The section starts with the Pupin's bridge over the Danube river in the Belgrade's county of Zemun and then proceeds all the way to the east, with one more bridge planned to bring the road back to the Belgrade side in the eastern outskirts of the city. On its way, the road crosses "Veliki kanal" (Grand Channel) and roads leading to local pannonian centres of Zrenjanin and Pancevo.

The primary function of the road is to serve the long-haul traffic, diverting heavy vehicles away from the central Belgrade. For the time being, the corridor is uninhabited and land use is predominantly agricultural.

Figure 1. Location map of the road section Zemun - Borča

The paper will present the key safety issues and proposed the measures to eliminate or reduce them.

3. SPECIFIC ROAD TRAFFIC SAFETY ISSUES

3.1 Road function

For the time being, the road serves long-haul traffic and, in its nature, it is rural road. But, according to the development plans and relevant planning documentation, the road is supposed to be urban arterial, within the municipalities of Zemun and Palilula. In accordance with its planned function, the speed limit on the road is set to 50km/h. And, in accordance to such a relatively low speed, all the elements of typical cross section are selected.

However, the actual speeds on the road are much higher, with the lowest speed starting with 52km/h and reaching 126km/h. The average speed observed is around 90 km/h. Thus, all the vehicles are travelling at speeds exceeding the actual speed limit, around 88% of vehicles exceeding the limit by more than 20km/h.

The speeds registered in the field confirm the incompatibility between the planned function of the road and the parameters of the existing traffic flow.

Figure 2. Speed limit sign and typical cross section

Cosequently, increased number of traffic accidents is observed on this road in years 2018,2019 and 2020 (table 1). There were 39 traffic accidents in total, two of them with the fatalities.

Year	TA with property damage only	TA with injuries	TA with fatalities
2018	8	3	1
2019	9	5	0
2020	8	4	1

Table 1. Traffic accidents structure

The types of accidents not only expected, but acctually occuring on this section of the road, are illustrated in Figure 3:

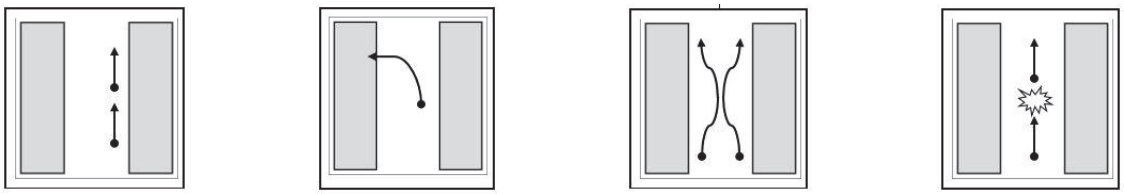


Figure 3. Expecting/occuring possible traffic accidents

Obviously, the road needs to be accommodated to serve the speeds that are much higher than the actual speed limit. There are some reserves within the typical cross section, so the elements of cross section could be rearranged to provide for higher speeds. Also, horizontal alignment of the road consists of straight sections and large radii, already enabling higher speeds (it is worth mentioning that the grades of longitudinal profile are in the order of 0.3%, thus not impeding operating speeds of any kind of vehicle).

Though there are some preconditions for reaching the speeds of 130km/h, the recommendation is to set the new speed limit of 80km/h which is compatible with the high-speed motorway in an urban environment. Intersection's interval is also compatible with the increased speed limit.

3.2 Road alignment

It is already stated that alignment of the centreline allows the speeds of 130km/h, both in plan and in longitudinal profile.

But, when it comes to details in plan projection, concerning intersections, there are some problematic spots.

At the very end of the section, at-grade intersection ("T" type) is proposed in the distant future. This future connection is to be located near the settlement of Borca. For the time being, no elements of the intersection are constructed, except the median of a variable width. Approaching the location of future intersection, the median gains width, to accommodate left turn manoeuvering lane.

Geometry of the median deviation is constructed with the parameters compatible with the operating speed of 50km/h. Practically, there is a sharp deviation of all traffic lanes within the future intersection's zone. This is the location where high-rate of traffic accidents is observed, even the accidents with the fatalities. Despite the clear horizontal marking, vehicles are crossing into the adjacent lanes, resulting in side collisions. Even the tyre marks are spotted all over the location (Figure 4).

Figure 4. Road deviation at the location of future at-grade intersection area

At this location, not only upgraded signage, but also thorough reconstruction of the roadway is recommended.

Elongating the deviation of the left turn is of utmost importance. As a result, the right edge of the pavement should be displace outwards. Fortunately, there is a space to slightly widen the pavement and to displace adjacent fill slope.

With the reconstruction of the pavement geometry considered an active measure, that actively increases the safety of the road, some passive measures are to be undertaken as well. These measures assume upgraded vertical signage and improved traffic lane marking (vibro stripes).

3.3 Typical cross section

The arterial in concern is part of un is urban road network. The cross-section is compatible with a typical urban arterial, 36m wide. It consists of 3 traffic lanes per direction, each 3.5m

wide, median 2m wide, side green belt of 1.5m, 2m wide walkway, bicycle path 1m wide, and a shoulder of 1.5m.

All along the way, the road is on an embankment with the slopes of 1:1.5. There are curbs along the edges of the pavement with inlets spaced at 20m intervals.

Midterm measure, aimed to reduce the speeds down to 80km/h and thus increasing traffic safety, is to reduce the width of traffic lanes to 3.25m. The width of the traffic lane of 3.25 m corresponds to the speed of 80 km/h. According to the regulations, the speed of 80 km/h, requires edge lane 0.35m wide.

As there is enough space for the edge lane of 0.5m, it is on the safe side to adopt that increased width. Since the current traffic flow does not justify 3 traffic lanes per direction, it is proposed to substituted outer traffic lanes with 2.5m wide stop lanes.

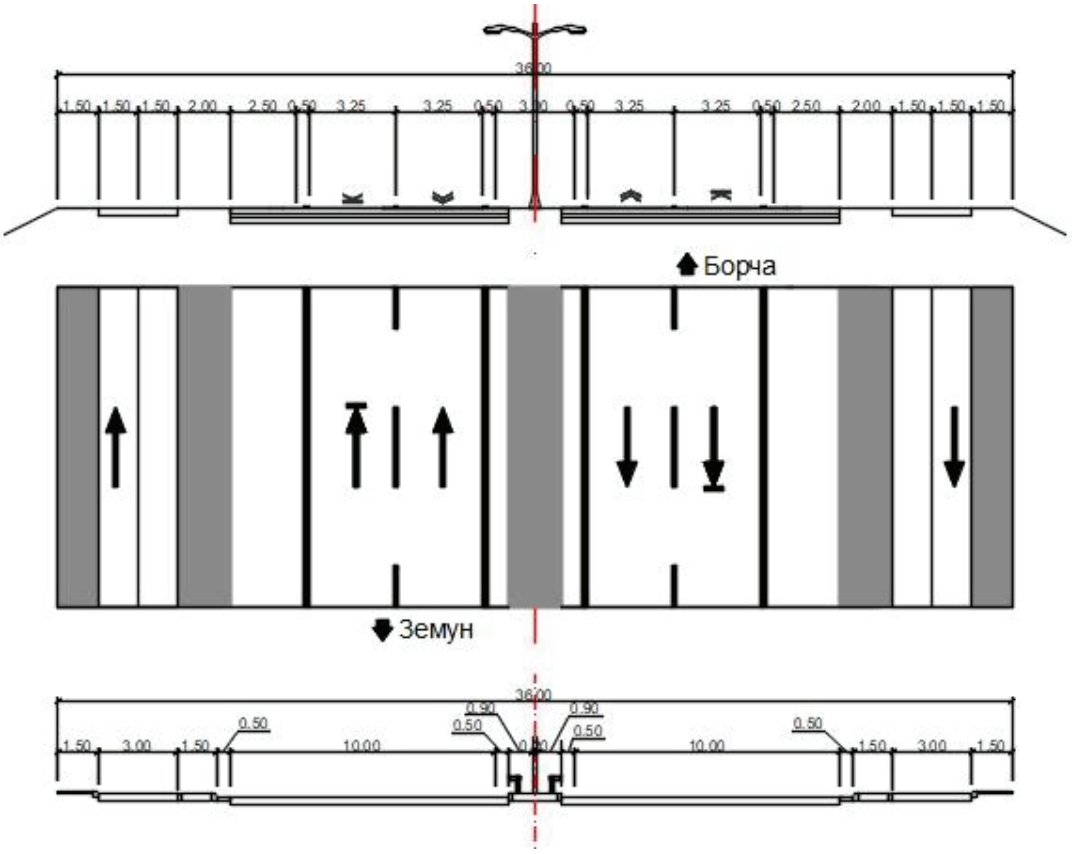


Figure 5. Typical cross section for V=80km/h

The total width of a typical cross section permits even the elements compatible with the speed of 100km/h, as a long-term measure. In this case, 3.5m traffic lanes with 2.5m wide stopping lanes, would be introduced.

The most critical element of a cross section is absolutely inadequate median width of 2m only. Even the light poles are installed in the median, with the H2W3 safety barriers on both sides. This type of safety barriers is not adequate for a speed of 100 km/h, especially taking into account crush deflection in the light pole zone.

Figure 6. Inadequate median width

The solution to this problem calles for relocating the light poles to the sides, probably in the green belts between the road pavements and walkways. According to the current design practises, this will require curbs that are lower in height (7cm) and safety barriers between the curb and the light poles.

It also apperas that the bycicle path of 1m is not enough and it has been noticed that many cyclists drive into the walkways.

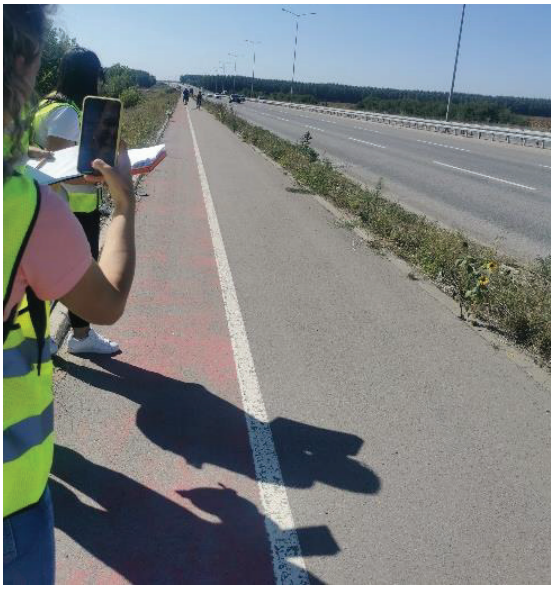


Figure 7. Inadequate bicycle path width

Therefore, it is recommended to rearrange bycicle lanes and adjacent walkways to increase the width of a bycicle lane from 1 to 1.5m. This the minimum for a one-way bicycle path.

On both sides of the pavement (between the pavement and the walkways) relatively narrow green belts (1.5m wide) are constructed. These green belts are poorly maintained, so the growth even impacts the visibility. What is more important, the debrice acumulated in the green belt blocks the water coming from the walkways to the inlets located along the outer edges of the pavement. Poor maintenance in these zone also causes cloging of inlets and the drainage system in general.

Figure 9. Poorly maintained green belt and drainage system

Perhaps, as a long-term measure, complete reconstruction of combined walkways and bycicle lanes that will redirect the waterflow outwards, is proposed. The quantity and the quality of water coming from these surfaces would not hidraulicaly and environmentaly affect enbankments and agricultural lands within the corridor. This measure calls for thorough reconstruction of walkways and bycicle lanes, but reduces the load on inlets. What is more, all the material that could clog the inlet, would be redirected to the sides.

4. CONCLUSIONS

The paper presents the methods of cross section rearrengement helping the road meet its'role within the network. This particular case-study is concentrated on the particular sub-urban arterial, which is supposed to exist within the urban environment, but the corridor is still uninhabited and the actual speeds are excessive. In the foreseeable future, the environment will not change and the speeds are expected to remain high, causing frequent and severe traffic accidents.

Bearing in mind that the road alignment could sustain higher speeds, the measures proposed are directed towards the rearrangment of the elements of a typical cross section.

The elements in concern are traffic lanes, stop lanes, edge lanes, walkways and bycicle lanes, as well as repositioning of light poles, safety barriers and curbs.

Literature:

Note: All the material is based on the field tour done by the authors. All the pictures were taken by authors as well.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
Т3 – 5

Road Safety Assessment Practices and their implementation in Bulgaria

Практики за проценка на безбедноста на патиштата и нивно имплементација во Бугарија

Katsarova[1], Tabakov[2]
1 Vanina Katsarova, MSc.PhD, University of Architecture, Civil engineering and Geodesy, Bulgaria, popova.vanina@gmail.com
2 Ivan Tabakov, MSc.PhD, Bulgaria, ivan.tabakov@tabakovi.com

Abstract
Transport and transport infrastructure are the main engine and a prerequisite for development in every aspect of our modern society - economy, communication, social activities, education, healthcare, etc. An efficiently functioning transport system is a key factor for a better distribution of population, industry, services, and income. For many years now road transport has been the leading mode of transport in Europe, both for passenger and freight transport. In this sense, along with ensuring sufficient capacity, comfort, a well-developed network and accessibility, it is essential to ensure safe movement for all users.The topic of road safety is not only at the forefront of European and global national policies in the transport sector, but is seen as a socio-economic phenomenon affecting mobility, the economy, the environment, health and the well-being of the society.The European Union applies various policies, strategies and tools in the fight against traffic accidents and most of its member states are implementing them in their national legislation and practices. One of the newly introduced procedures in this sense is the Network wide road safety assessment (NWRSA). It is laid down in the amended road safety directive (Directive 2008/96/EC on road infrastructure safety management, amended by Directive (EU) 2019/1936) as well as in the Bulgarian Roads Act (2021). The report focuses on safety assessment methods and systematic risk mapping, which means proactive assessments, following the principles of the Safe system approach, in addition to more traditional response-related analyses and gives a brief overview of commonly known NWRSA methods. The report presents results from a Pilot project for elaborating a Safer Roads Investment Plan (SRIP), which was carried out in Bulgaria within the framework of the RADAR project - Risk Assessment on the Danube Area Roads. The main goal of SRIPs is to improve the overall road safety quality by implementing different types of specific measures, like for example installing roadside barriers and shoulder treatment for reducing run-off accidents.

Key words
Network wide road safety assessment, Proactive methods, Road safety, Safe System, Safer roads investment plans.

Апстракт
Транспортната и транспортната инфраструктура се главниот мотор и предуслов за развој во секој аспект на нашето модерно општество - економија, комуникација, социјални активности, образование, здравство итн. Ефикасно функционалниот транспортен систем е клучен фактор за подобра дистрибуција на населението. индустријата, услугите и приходите. Веќе долги години патниот транспорт е водечки начин на транспорт во Европа, и за патнички и за товарен транспорт. Во оваа смисла, заедно со обезбедувањето доволен капацитет, удобност, добро развиена мрежа и пристапност, од суштинско значење е да се обезбеди безбедно движење за сите корисници.Темата за безбедност на патиштата не е само во првите редови на европските и глобалните национални политики во транспортниот сектор, туку се гледа како социо-економски феномен кој влијае на мобилноста, економијата, животната средина, здравјето и благосостојбата на општеството.Европската унија применува различни политики, стратегии и алатки во борбата против сообраќајните несреќи и повеќето нејзини земји-членки ги спроведуваат во нивното национално законодавство и практики. Една од новововедените процедури во оваа смисла е проценката на безбедноста на патиштата низ мрежата (NWRSA). Тоа е утврдено во изменетата директива за безбедност на патиштата (Директива 2008/96/ЕЗ за управување со безбедноста на патната инфраструктура, изменета со Директивата (ЕУ) 2019/1936) како и во бугарскиот Закон за патишта (2021).Извештајот се фокусира на методите за проценка на безбедноста и систематското мапирање на ризик, што значи проактивни проценки, следејќи ги принципите на пристапот на безбеден систем, покрај потрадиционалните анализи поврзани со одговорот и дава краток преглед на општо познатите методи на NWRSA. Извештајот ги презентира резултатите од пилот-проектот за изработка на Инвестициски план за побезбедни патишта (SRIP), кој беше спроведен во Бугарија во рамките на проектот РАДАР - Проценка на ризик на патиштата во областа Дунав. Главната цел на SRIP е да се подобри севкупниот квалитет на безбедноста на патиштата со имплементирање на различни видови специфични мерки, како на пример поставување бариери покрај патот и третман на рамената за намалување на несреќите при истекување.

Клучни зборови
Проценка на безбедноста на патиштата низ мрежата, Проактивни методи, Безбедност на патиштата, Безбеден систем, Инвестициски планови за побезбедни патишта.

1. INTRODUCTION

Transport and transport infrastructure are the main engine and a prerequisite for development in every aspect of our modern society - economy, communication, social activities, education, healthcare, etc. An efficiently functioning transport system is a key factor for a better distribution of population, industry, services and income. Moreover, transport sector provides employment to about 5% of the population in the EU and contributes annually about 5 till 7% to the GDP of Europe. For many years now, road transport has been the leading mode of transportation in Europe, both for passenger and freight transport (fig. 1).

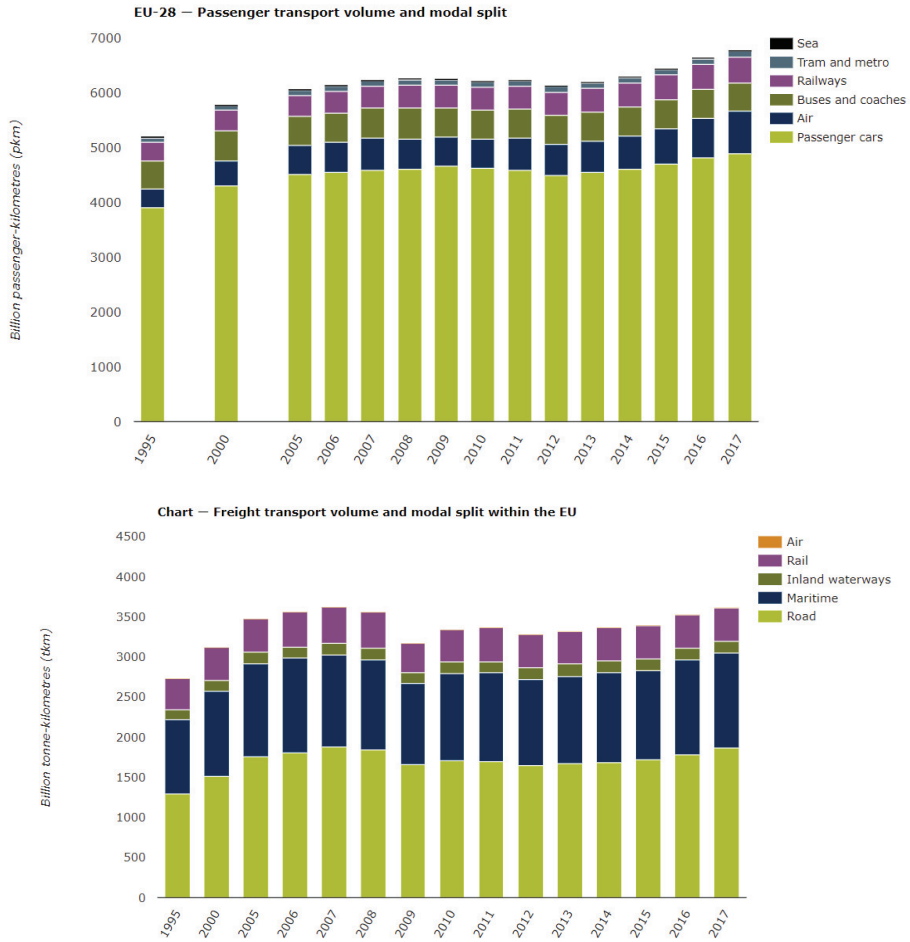


Fig. 1 Passenger and freight transport volume and modal split (https://www.eea.europa.eu)

What is rarely mentioned, that alongside road transport also induces external costs, that could overall reach up to 8 % of the GDP of Europe. The external costs of transport are those that affect society, but are not directly born by the transport user who has caused them and are due to climate change, air pollution, noise, but most of all due to road accidents (fig. 2), where also Passenger transport is estimated to be responsible for 65 % of total external costs. (1)

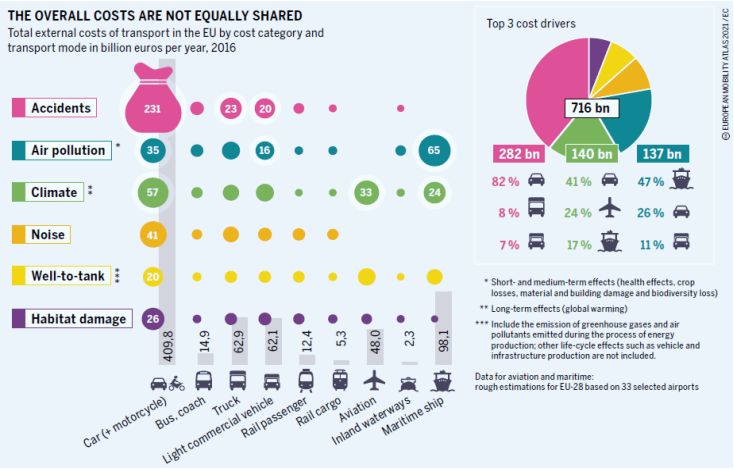


Fig. 2 Passenger and freight transport volume and modal split (2)

In this context, along with providing sufficient capacity, comfort, well developed network, and road accessibility, it is essential to ensure safe mobility for all users. Road Safety is a leading topic not only in European and worldwide national policies in the transport sector, but it is regarded as a socio-economic phenomenon, also affecting mobility, transport costs, environment, social affairs, healthcare and well-being as a whole. Therefore, road infrastructure needs to be designed, built, and maintained with a high level of service and safety.

The European Union applies various policies, strategies and tools in the fight against traffic accidents and most of its member states are implementing them in their national legislation and practices. Unfortunately, current results and statistics aren't satisfactory enough for the goals set. This is the reason why each member country is required to improve the condition of the road infrastructure through additional procedures that include detailed analysis and assessments. It is not possible to have effective road management without making informed and motivated decisions.

Getting more into detail in the statistics, many of the countries of the Danube region are characterized by a number of road accidents per year above the average for the EU, and Bulgaria has for consecutive years been among the countries with highest number of people killed in road accidents within the EU.

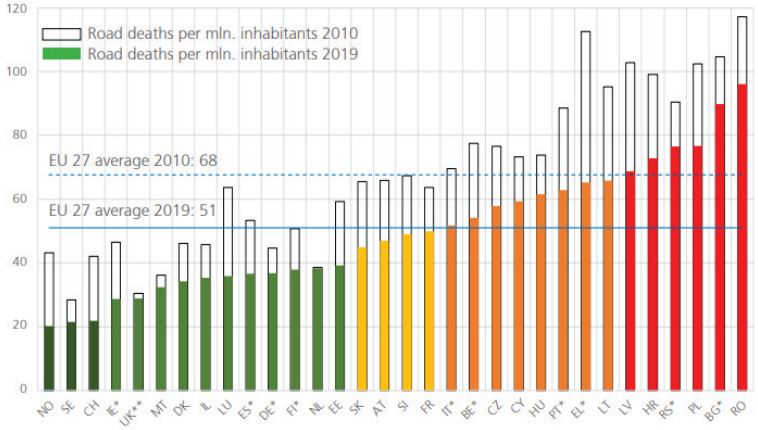


Fig. 3 : Mortality rate (killed/mln.inhab.) in EU countries (EU, UK, Norway, Switzerland, Israel, Serbia)
Source: ETSC, 2020

In order to achieve a stable trend to reduce the number of road accidents, it is necessary to implement a long-term and sustainable policy regarding road infrastructure and its safety,

based on consistent and justified actions specifically aimed at road safety, provided with predictable and targeted funding.
"Vision Zero", Sustainable Road Safety, "Safe System" approach are a number of concepts that are used in connection with the united efforts of European countries to drastically reduce the number of victims and seriously injured in road traffic accidents, with the ultimate goal being to reduce them to zero by 2050. An intermediate goal is 2030, by which time accidents should be reduced by 50% compared to 2020.
The big challenge, that the Republic of Bulgaria is facing now, is the real integration of the "Safe System" approach in the work of the relevant stakeholders. Although it was adopted in 2019 by a decision of the Council of Ministers as a national policy to achieve a higher level of road safety in Bulgaria, there is still a lot to be done to move from the traditional to the “system” approach. The general differences between them both are given in the table below:

Table 1. Traditional VS System Approach

Features	Traditional approach	System approach
Responsibility	Road user	Shared responsibility
Reason	Human mistake	Gaps in the system
Approach	Reactive	Proactive
Interventions	Isolated	Integrated
Target	Prevention of road accidents and reduction of fatal and serious injuries	Eliminate fatalities and serious injuries

2. EUROPEAN POLICIES FOR ROAD SAFETY MANAGEMENT AND THEIR IMPLEMENTATION IN BULGARIA

2.1 Road Infrastructure Safety Management Directive

On November 19, 2008, the European Parliament and the Council of the European Union adopted Directive 2008/96 on the Safety management of road infrastructures (the Directive). The Republic of Bulgaria, as a member of the European Union, was obliged to transpose the requirements of the Directive into its national legislation. This became a fact in 2011 with an amendment to the Law on Roads, as well as to Ordinance No. 5 of 2003 for establishing and securing areas with a concentration of traffic accidents and for categorizing road safety. In the same year, a completely new by-law was issued, namely Ordinance No. RD-02-20-14 of September 29, 2011 on the scope and content of the assessment of the impact on road safety and of the road safety audit, the conditions and procedure for carrying them out and for the acquisition and recognition of the "road safety auditor" professional qualification.
In 2019, the European Commission issued Directive 2019/1936, amending and supplementing Directive 2008/96. The main reason for this is that the rate of reduction of the dead diverges significantly from the indicative rate, which was determined on the basis of 2010.

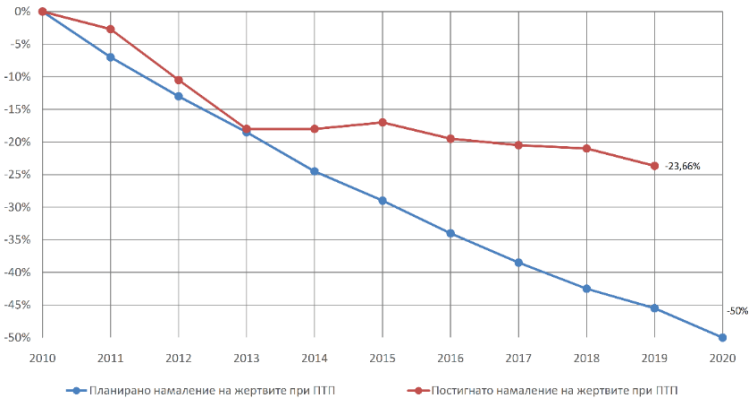


Fig. 4 :. Rate of decrease in road fatalities in the European Union

It is assumed that the changes have removed gaps of the previous directive and introduced key innovations to improve overall traffic safety in the Union. The traditionally used approach is changed by emphasizing proactive methods to improve road safety, i.e. taking action to prevent road accidents, looking for weak points in the “driver-infrastructure-vehicle-environment” system and removing them before accidents happen, ensuring a "safe system" based on the four main pillars - safe infrastructure, safe drivers, safe vehicles, safe assistance after an accident.
Directive 2019/1936 upgrades the procedures set out in Directive 2008/96, but also introduces two new procedures – Network Wide Road Safety Assessment and a targeted road safety inspection. The amended Directive also has an extended scope. It applies not only to roads, part of the TEN-T network, but also to all motorways, primary roads and those financed with European funds, whether in design stage, under construction or in operation. The total length of the road network in Bulgaria, to which the Directive applies, is about 13,000 km. The new changes and additions were transposed into the Roads Act, and a completely new ordinance was created that combined the above-mentioned two ordinances, adding texts regulating the new procedures – Ordinance for the procedures for road infrastructure safety management 21/06/2022.

2.2 Network wide road safety assessment

The procedure for “Network wide road safety assessment” is considered as key one for achieving long term road safety goals. “Network wide road safety assessment” as to be implemented in Bulgaria is planned to be an assessment of the risk of road traffic accidents and their consequences based on a visual inspection (on site or by electronic means) of the road in-built characteristics (design characteristics of the road), as well as an analysis of sections of the road network that have been in operation for more than three years and on which a certain number of traffic accidents relative to the traffic flow have occurred. The overall assessment reflects the state of the road infrastructure at a broader level. Based on this analysis, the safety of the road infrastructure is categorized into 5 levels. Proper planning and prioritization of activities should be done considering results of such assessment and the subsequent categorization of the roads.

In order to successfully monitor road safety levels on a given network and to prioritize sections for taking measures, an effective road assessment program should be implemented. Moreover, if the information is public, this could inform road users on safer routes, that they could probably choose. However, one of the main benefits, that could be derived from this is the possibility for more efficient allocation of resources for road infrastructure safety measures.

There is a number of methodologies that exist or are being developed for assessing the safety performance of roads. Some of them are based on accidents statistics, others on inspection of the physical characteristics of the road, or both combined:

- iRap/EuroRAP protocols
- CEDR’s PRACT Project models
- ETSC PIN ratings
- ESN – National German methodology
- World Bank Road assessment methodology
- US Highway Safety Manual predictive Method & IHSDM software
- Australian Road Safety Engineering Toolkit & ANRAM software

“Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (Recommendations for safety analysis of road networks) (ESN)“, for example, is a risk rating approach based on crash costs. It is developed in Germany and partially adopted in Austria. It can be used both in the planning of roads and during its operation. It does not yet include the kind of assessment of ‘in-built’ safety as required by Directive 2019/1936/EC.

On European level, one of the well-known methodologies is the European Road Assessment Program – EuroRAP – iRAP protocols. EuroRAP's Star Ratings, for example, are based on road inspection data and provide a simple and objective measure of the level of safety "built-in" to the roads for vehicle occupants, motorcyclists, pedestrians and bicyclists. (3) In order to show the varying level of risk across a road network, individual road sections are allocated into one of five colour-coded risk bandings. 5-star roads (green) are the safest and 1-star (black) are the least safe.

2.3 Road safety assessment in Bulgaria

At the beginning of 2019, the State Agency "Road Safety" (SARS) was established. As the coordinator of all institutions responsible for road safety, one of its functions is to carry out the network wide road safety assessment and the subsequent safety categorization. The methodology for conducting these activities should be elaborated by the European Commission. There are working groups established and SARS has its representative. Unfortunately, at this stage, there is still no official document delivered, and this is expected to happen at least in half a year. The deadline for carrying out the NWRSA laid down in the Directive, is the end of 2024. In view of what has been stated so far, SARS has taken steps to prepare a methodology that will regulate the way of observing, measuring, and evaluating the indicative elements, as well as the principles of categorizing the safety of the infrastructure.

Broadly speaking, the NWRSA will consist of two approaches – proactive, i.e. evaluation of the qualities and characteristics of the road infrastructure (built-in safety) and reactive - evaluation of roads based on the analysis of traffic accidents. The results of the two approaches are combined to obtain the final assessment and categorization of the road network.

The main indicative elements on the basis of which the overall assessment is carried out, are:

- Type of road in terms of the type and size of the regions/cities it connects; length;
- Intensity of traffic flow, including expressed by the type of vehicles that passed;
- Traffic accident data;
- Operational characteristics - introduced speed limits, $V_{85\%}$ speed;
- Geometric characteristics - transverse and longitudinal profiles, horizontal curves, visibility and sight distances;
- Obstacle-free zones, fixed roadside obstacles, road restraint systems;
- Intersections and junctions;
- Maintenance - road surface defects, friction coefficient, shoulders (including vegetation), road signs and road markings, road restraint systems.
- Facilities for vulnerable road users - pedestrian and cycle crossings, presence of sidewalks, cycle facilities and their appearance, quality of pedestrian crossings in relation to visibility and road signage.

Although there is still no methodology for road safety assessment in Bulgaria, that could be officially announced and presented, there have been some projects through the years, demonstrating such methodologies with the most recent one being the RADAR Project.

The RADAR (Risk Assessment on Danube Area Roads) project is a European project, in which the Bulgarian Branch Association for Road Safety (BBARS) was Project partner and the Road Infrastructure Agency (RIA) – Associated Strategic partner.

RADAR is a risk assessment project on the roads in the Danube region and some of the key European priorities in road infrastructure safety management. Its main objective is to increase capacity and strengthen transnational cooperation for all road users, including vulnerable road users on the main, secondary, and other road networks in the region. One of RADAR's main tasks is to identify risk on road networks and propose plans to systematically reduce this risk through infrastructure improvements. Over the course of three and a half years, the project's

participants have endeavored to collect and demonstrate some of the best road safety practices.

RADAR focuses its activities in 6 thematic areas:

- TA1: General suitability of road sections to improve safety and maintenance through Investment Plans for safer roads;
- TA2: Ensuring vulnerable road users (pedestrians and cyclists);
- TA3: ITS and other speed control techniques;
- TA4: Road safety near schools;
- TA5: Effects of the COVID-19 pandemic on the state of road safety;
- TA6: Road Infrastructure Safety Management Directive 2019/1396/EC (RISM) in the Danube region.

3. RISK ASSESSMENT ON DANUBE AREA ROADS. BULGARIAN PILOT PROJECT AND RESULTS

As Project Partner, BBARS performed a Pilot Project on Thematic Area 1 – Safer Roads Investment Plans (SRIP).

This enables a broad approach of targeting all road users, vehicle occupants, pedestrians, cyclists and motorcyclists simultaneously. The main aim of SRIPs is to improve overall road safety quality by implementing different types of specific measures, like installing roadside barriers and shoulder treatments for reducing run-off crashes. (3)

SRIP is the concept, used in iRAP methodology, which foresees the selection of infrastructural countermeasures with a cost-benefit analysis, considering losses generated by fatal or serious injuries, to produce implementation-ready investment plans of high return measures. (3)

"Safer Roads Investment Plans" (SRIP) are oriented towards optimizing the use of limited investment funds to improve road conditions and road safety, providing the most effective engineering solutions from the point of view of benefit-cost analyzes for the most the appropriate locations/road sections. Such economic evaluations are a valuable tool for comparison, prioritization and selection of road safety actions and can be a method of identifying measures that offer the highest economic and social returns over a selected period of time.

To prepare such an investment plan, the implementation of several separate analysis stages is necessary - from risk analysis and assessment, through safety categorization and preparation of an investment plan, and as a result - a ready-to-implement project based on the measures laid down in the investment plan.

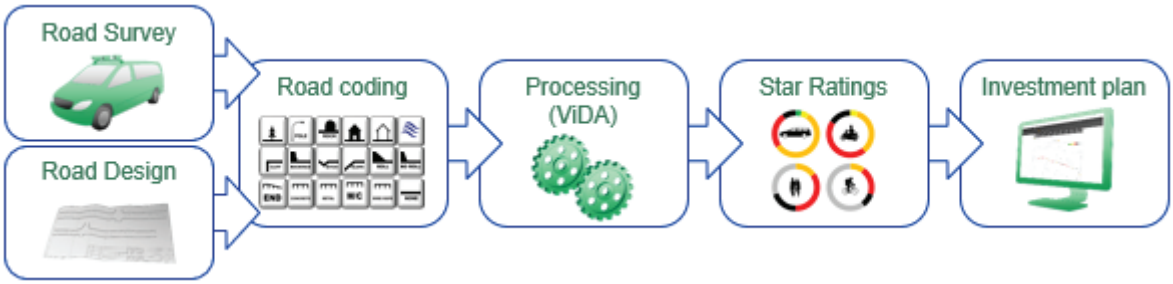


Fig. 5 :. Example of SRIP procedure steps (3)

The road sections from the Bulgarian road network, defined for further safety assessment and categorization, were selected on the basis of a detailed analysis of the accidents statistics and, have a total length of about 230 km:

- Road I-5 Ruse – Byala from km 6+700 to km 56+200, total = 49.5 km
- Road II-55 "Passage of the Republic" from km 0+000 to km 57+800, total = 57.8 km
- Road II -21 Ruse - Silistra, total ≈ 124 km

The sections were selected based on high intensity of traffic, including heavy vehicles, the presence of a significant number of road traffic accidents, including those with repetition, correspondingly high relative indicators of accident rate.

To carry out the survey, which actually evaluates the "built-in" safety of the road, a specially equipped vehicle is needed, so that the recorded video is used for virtual traversal of the network and automated identification of the infrastructure elements.

After surveying the road, specialized software – VIDA, calculates the number of stars (SRS - Star Rating Score). SRS is a unitless indicator that depicts the safety capacity of the infrastructure for each type of road user and is calculated for 100-meter sections. The so-called Star Rating system uses the typical international practice of rating the best performing category as 5-star and the worst as 1-star (5-star scale), so a 5-star road means that the likelihood of an accident that could result in death or serious injury is very low. The thresholds are different for each road user and have been determined after significant sensitivity testing to determine how the SRS varies with changes in road infrastructure elements. In this "Star rating", road sections are shown in different colors, depending on the number of "Stars" received (5-star - green and 1-star - black).

The results of the survey of the selected three road sections in Bulgaria are mostly colored black.

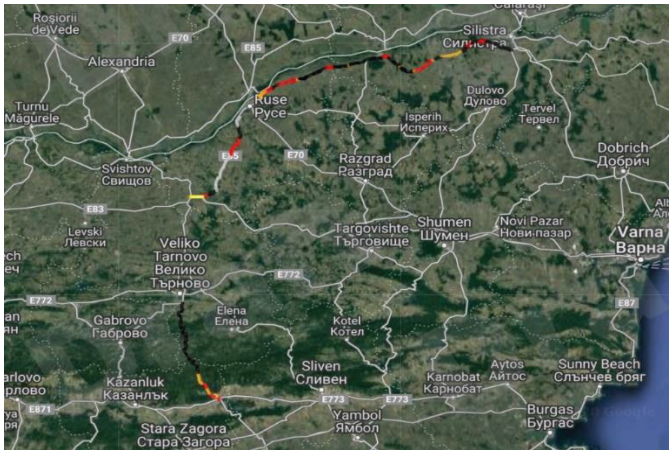


Fig. 6 Star rating results survey Bulgaria /Passenger/

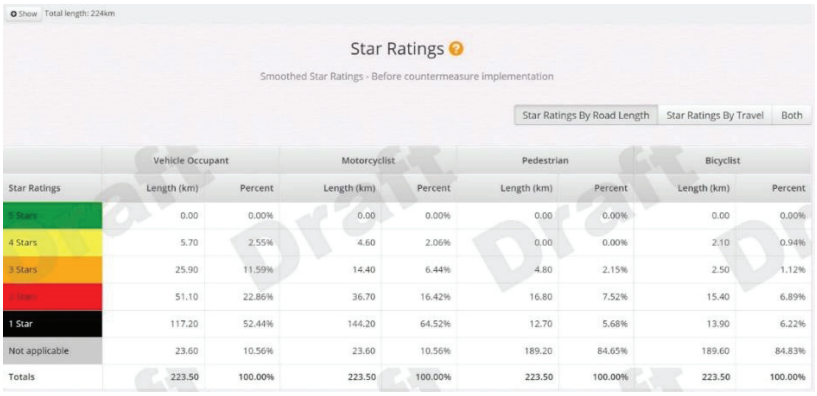


Fig. 7 Star rating results survey Bulgaria /Passenger/

After processing the data and preparing the investment plan for all surveyed sections, a total of 25,628 measures to improve traffic safety were prescribed, after the possible implementation of which, the following improvements, expressed with a star rating, would be expected.

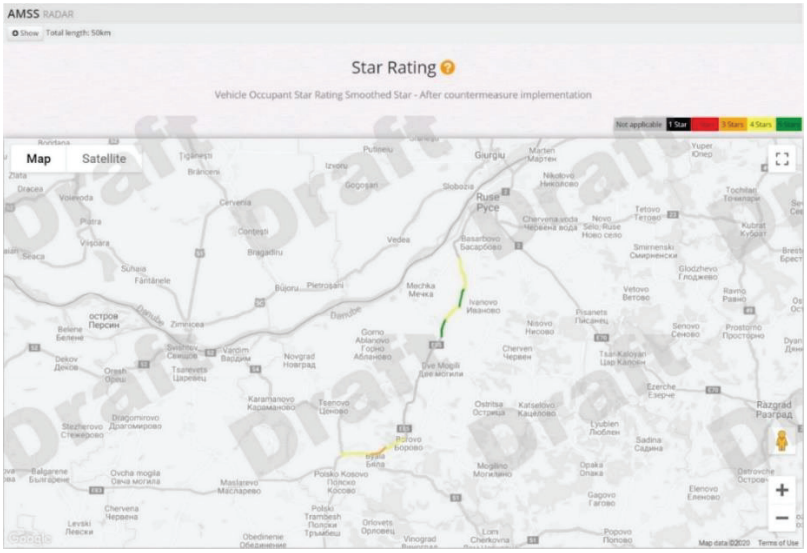


Fig. 8 Star rating results after implementation of suggested countermeasures road I-5

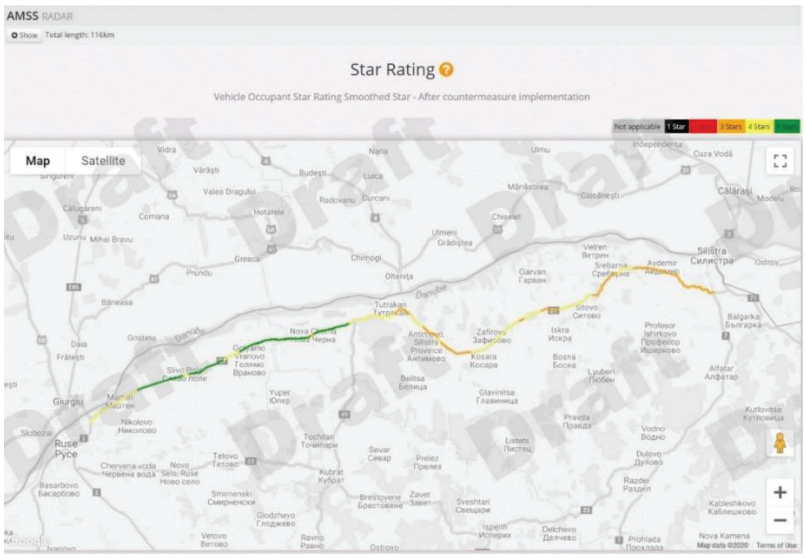


Fig. 9 Star rating results after implementation of suggested countermeasures road II-21

To obtain an economic evaluation of different countermeasure options, an estimate of the number of deaths and serious injuries under existing conditions per 100 m road section was made. For each 100-meter road section, a series of countermeasures that could be implemented were identified. This was achieved by considering the ability of each measure to reduce risk.

Each identified measure is then subjected to a BCR (Benefit-Cost ratio) analysis. The benefit of the measure is determined by calculating the net present value of deaths and serious injuries that would be avoided over twenty years if the measure were implemented. Although the proposed measures need further selection by a road engineer, the results of the analysis show that if all the proposed appropriate measures to improve the safety of the three surveyed road sections were implemented, a total of 4,214 deaths and serious injuries would be prevented on these sections for a period of 20 years at a benefit-cost ratio of 2.0.

Total FSIs Saved	Total PV of Safety Benefits	Estimated Cost	Cost per FSI saved	Program BCR
4.059	288.158.264	136.292.283	33.575	2

According to the investment plan, the total cost of the engineering measures is 136.292.283 BGN, while the present value of safety benefits amounts to 288.158.264 BGN. If the SRIP is implemented, the estimated number of FSI saved will be 4.214 in the next 20 years, i.e. 33.575 BGN per FSI saved.

The top five most efficient and cost-effective measures that could help save the greatest number of lives include the following identified solutions: Improved delineation, Roadside barriers – driver side, Roadside barriers – passenger side, Protected turn lanes, Footpath provision dricer/passenger side (adjc. to road).

4. CONCLUSION

Effective road infrastructure safety management is of key importance for improving road safety and reducing social and financial losses resulting from road traffic accidents. The network wide road safety assessment as part of it is necessary, because only in this way can the overall picture of the level of safety on the road network be obtained. The information from it supports the prioritization of actions and taking the necessary measures, as well as the more efficient distribution of the available budget in order to increase traffic safety. Its results can serve as an additional tool for the responsible institutions to secure the necessary funding. Last but not least, the wide availability of information about the road safety level of the road network can be beneficial to drivers in making decisions and increasing concentration when driving vehicles.

Effective road safety management needs real implementation of up-to-date and effective policies, reliable baseline information based on network wide road safety assessment, identification of specific countermeasures and planning of actions that offer the highest economic and social returns to the investment for a certain period of time.

5. REFERENCES

1. ***https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/external-costs-of-transport. [Online]***

2. European Mobility Atlas. s.l. : Heinrich Boell Stiftung, 2021.

3. Implementation of safer roads investment plans. s.l. : RADAR Project Deliverable, 2021.

4. [Online] https://transport.ec.europa.eu/news/green-safe-and-smart-transport-networks-additional-eu242-million-transport-infrastructure-studies-2021-07-15_en.

5. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/passenger-and-freight-transport-demand/assessment-1. [Online]

Тема / Topic 4

ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА И ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ

PROTECTING THE ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 1

Напредок на модифициран битумен и практични примени поврзани со новите регулативи на ЕУ

Modified bitumen advancements and practical applications associated with the new EU regulations

Borislav Nejkov[1], Rossen Koleliev[2], Petko Krastev[3]
[1] Dipl.-Ing, Patishta i Mostove, Bulgaria, b.neikov@pmostove.com
[2] Dipl-Ing., Patishta i Mostove, Bulgaria, office@pmostove.com
[3] Dr-Ing, Dow Europe GmbH, Bulgaria, petko.krastev@dow.com

Апстракт

Одржливите решенија за пластика и асфалт носат нови можности за градежната индустрија и се способни да одговараат на главните аспекти за постигнување на ЕУ Зелените цели. Во исто време новите регулативи за градежни производи (CPR's) околу мин. рециклирана содржина, повторна употреба и можност за рециклирање ја дефинираат основата за идните индустриски насоки. Развојот на нови материјали, технологии, процеси со помало севкупно влијание на јаглеродот и помала потрошувачка на енергија станува клучен. Полимерите кои се однесуваат на специфичните барања на модифицираните врзива, долгорочните перформанси и рециклирањето на асфалтот се од особен интерес. Од друга страна, денешната несигурност околу снабдувањето со суровини, постојано зголемување на цените, промените во својствата на битуменот и понекогаш нивната ограничена достапност бараат да се создадат специфични полимерно модифицирани врзива. Во овој труд прикажуваме потенцијален пат за постигнување високо модифициран битумен од најчестиот и релативно тврд со пенетрација 50/70. Проектот на употребените нови полимери треба да го реши проблемот со снабдувањето со суровини, но и да ги реши варијациите на составот на врзното средство, заедно со елиминирање на потребата од употреба на мешалка со вишок смолкнување (HSM). Аспектот за рециклирање на асфалтот е исто така дел од студијата

Клучни зборови

геохазарди, одрони, ров, геометрија, симулација

Abstract

Sustainable solutions in plastics and asphalts bring new opportunities to the construction industry and are able to match main aspects for achieving EU Green goals. At the same time new construction product regulations (CPR's) around min. recycled content, reuse and recyclability are defining the basis for future industry directions. Development of new materials, technologies, processes with lower overall carbon impact and lower energy consumption becomes a key. Polymers addressing specific requirements of modified binders, long-term performance and asphalts recycling are of a particular interest. On the other hand, today's uncertainty around raw materials supply, constantly increasing prices, changes in bitumen properties and sometimes their limited availability require specific polymer modified binders to be created. In this paper we are showing a potential route for achieving highly modified bitumen from the most common and relatively hard 50/70 penetration one. Design of the new polymers used is supposed to solve both raw materials supply problem, but also to address variations of binder composition, together with elimination the need of high shear mixer (HSM) usage. Asphalt recycling aspect is also part of the study.

Key words

Polymers, Modified bitumen, Sustainability, Recycling, Rejuvenators

1. INTRODUCTION

Construction industry development in EU, resp. the road network is one of the key elements for achieving sustainable economic growth. Beyond improving the regional connectivity, focus areas are creation of new workplaces and applying solutions which contribute to address climate, social and especially energy challenges across the continent today. Construction was one of the main industries which contributed to the fast recovery from Covid-19 crisis, but after Russian invasion in Ukraine, the problem with security of raw materials supply became a vital one. Having in mind both EU directions and current crisis, creation of new technologies and applying new classes of materials became a necessity. Currently, construction products generate 30% of the waste, 9.4% of overall carbon footprint; production of cement, steel, aluminium and plastics generate 15% of all emissions, whereas buildings consume 40% of the energy in the union. These factors were considered when the new Constructions Products Regulations (CPR's) were developed; published on 30.03.2022r.[1]. Main aspects of the new regulations are associated with better functioning of common market, focus on more sustainable products according to the priority dimensions of EU Green deal, while protecting people and environment. For new and existing products, this practically means that they should be designed and produced in a way having maximum durability, non-toxic components, recyclable and incorporated again into a circular solution together with acceptable price. Last but not least by 2030 all construction products and materials should have min 30% recycled content. In particular case of road construction, main focus is on asphalts and their ingredients. Asphalt concrete as a composite, of approx. 95% aggregates (stone fractions), 5% binder (bitumen) and small percentage of polymers basically matches all the criteria around recyclability and sustainability; with the remark that proper recovery of bitumen (polymer modified bitumen) properties is ensured. A good example is Netherlands, where despite the lack of stone fractions already achieved 100% recyclability of asphalt and today has one of the best road network qualities in Europe [2]. Unfortunately, countries in the Balkans are still behind, but this also creates an opportunity to the road society in several dimensions:

1. Increase of reclaimed asphalt pavement (RAP) use; raw materials and energy savings
2. Incorporation of new classes polymers with lower, neutral or even negative carbon footprint
3. Direct benefits from decrease of CO_2 emissions from poor road surface quality [3]

Use of recycled polymers was described in our previous paper [4]. Here we would like to communicate:

1. Results with new classes of polymers for achieving PMB class 45-80/65 when using conventional 50/70 neat bitumen
2. Experimental and practical data on bitumen rejuvenators for in-situ repairs on the roads

2. RESULTS AND DISCUSSION

It is well know that achieving PMB 45-80/65 properties is associated with relatively high polymer dosage (SBS 4-5%, ELVALOY™ ~2%), but before that determines neat bitumen 70/100 to be used for reaching penetration and Elastic recovery (ER). On the other hand, refineries availability of this bitumen type is limited due to certain technology, storage, demand, and logistics issues. Usually, local terminals and construction companies rely on imports either on 70/100 or on PMB 45-80/65. With the latter logistics issues become even bigger and, in many cases, asphalt works execution becomes obstructed. In this respect, a solution which will allow

production of PMB 45-80/65 from neat 50/70 bitumen will give clear benefits both for terminals and contractors. For addressing that problem, there we synthesized new types of polymers based on combination of plastomers and elastomers with proper functionality for better adhesion to aggregates.

A. Polymer Modified Bitumen

Currently, standard processes for PMB production are mainly two:

1. By using thermoplastic elastomers (TPE): Styrene-Butadiene-Styrene (SBS), or Styrene-Butadiene-Rubber (SBR), where polymer particles are cut and dispersed into the bitumen phase by using mechanical forces; high-shear mixer (HSM). During the following aging at temperature of mixing ~ 160-180^{o}C rubber particles absorb the maleic fraction of bitumen (swelling). As a result, Softening Point (SP) and ER increase significantly but penetration decreases

2. Chemical reaction between polymer and certain bitumen components; mainly asphaltene fraction with end carboxylic groups: so called reactive elastomeric terpolymers (RET), trademark ELVALOY™ (Dow). Formation of such polymer-asphaltene high molecular compounds almost doesn't absorb maltene fraction. In this case decrease in penetration is lower vs. SB- TPE polymers, but limited to the availability of reactive groups in bitumen

Of course, there are many other types of bitumen modifiers, such as polyphosphoric acid (PPA), plastomers, low molecular weight polymers (waxes), etc, but their impact is mainly on SP and penetration, without contributing to ER, a parameter which is crucial for roads with high traffic loads and especially with observed high temperature fluctuations during last years.

At the same time, no matter what type of modification is used (TPE or RET), reaching PMB 45-80/65 from neat bitumen with Penetration ~50-55mm^{-1} (most common case) is practically impossible. Firstly, Penetration will go below 45mm^{-1}, but also ER will not reach >80%, due to relatively high bitumen hardness. In most of the cases when measuring the ER, sample breaks reaching ~60-70%.

For overcoming that problem, a new type of polymers based on functionalized elastomer and polyolefins have been synthesized. The goal was a low modulus thermoplastic polymer based on natural/renewable sources with high elasticity, which will be able to react chemically with the bitumen, without significantly affecting penetration. This type of a polymer was used together with RET for possible production of PMB 45-80/65 from neat 50/70 bitumen. Experiments were handled as follows:

Materials:

1. Neat bitumen 50/70, production of Lukoil Neftochim
2. Reactive Elastomeric Terpolymer ELVALOY™, produced by Dow
3. Functionalized thermoplastic elastomer, developed by company Spherulite Ltd

Mixing of polymers with the bitumen was handled at 180^{o}C, for 4h at conventional mixer (no high shear) at 120 rpm

Results of the main control parameters are shown in Table 1.

Table 1

Parameter	Neat bitumen 50/70	Procedure	Requirements PMB 45-80/65	results
Penetration 25ºC, 0,1mm	52	BDS EN 1426	45-80	46
Softening Point, ºC	48.9	BDS EN 1427	>65oC	65.1
Elastic Recovery at 25ºC		BDS EN 13398	>80%	82%

Data indicates that Penetration decreases only with 6 units (at standard modification is usually ~20) vs. initial one, whereas ER goes above 80%. Such PMB behavior is a new one and we can claim that reaching PMB 45-80/65 from 50/70 neat bitumen is not only possible but opens new perspectives for PMB producers and contractors. Namely, flexibility different bitumen types to be used, easier PMB production, less storage capacity, better pricing predictability of raw materials. Beyond technology benefits, this type of modification is aligned to the requirement polymers to have min. 30% renewable source content in their composition.

For comparison conventional PMB 45-80/65 properties produced from neat 70/100 are shown on Table 2.

Table 2

PMB 45/80-65 (Neat 70/100)	
Penetration 25ºC, 0,1mm	54
Softening Point, ºC	67
Elastic Recovery at 25ºC	81%

B. Asphalt rejuvenators

On yearly basis during the rehabilitation and reconstruction of road networks thousands of metric tons reclaimed asphalt pavement (RAP) are generated across Europe [5]. Significant percentage of that volume goes either to landfill (for ex. In Czech Republic and Slovenia 25-28%,) or in base layers, practically as an aggregate. This practice creates both an environmental problem (Fig.1) but most importantly valuable resource such as bitumen cannot be used again. In the Balkans region data is limited, but according to the industry feedback most of RAP is not recycled, whereas in WE RAP utilization (hot mix recycling) goes above 80% in Germany, Denmark or even 100% in Finland and Ireland.

Figure 1

From technology standpoint RAP recycling could be divided into 2:

1. Bitumen rejuvenation; resp. binder properties recovery either in a hot or cold mix
   a. Hot mix recycling at asphalt plants. Most common practice, but usually limited to max. 20% with asphalt mix going to binder layer
   b. In-situ hot mix recycling
   c. Cold asphalt mixes; either produced in a plant or on site

2. RAP use as an aggregate
   a. Unbounded base layers
   b. Soil stabilization

Respective standards around RAP use are subject to local amendments. In particular case of Bulgaria main parameters are described in Technical specification for roads from 2014 [6]. At the same time only hot mix RAP was within the scope but complying with requirements of virgin hot mix. Cold one practically should match standard cold mixes parameters. This approach limits RAP recycling to asphalt plants to on-site mixers which is an issue especially for patch repairs. For overcoming that problem and keeping in mind EU green deal approach, together with University of Chemical Technology and Metallurgy in Sofia it was designed bitumen rejuvenator matching the following requirements:

1. Based on renewable non-toxic or cancerogenic substances
2. Allowing 100% RAP recycling
3. Rejuvenator activation to occur after modified RAP compaction
4. To match Road Agency/EU standards for asphalt mixes

There were also processing requirements:

1. Possibility for hot or cold RAP mixing
2. Manual or machine compaction
3. Fast curing after compaction, resp. min. time for traffic opening
4. Good adhesion to base and side surfaces of the patches
5. Open time up to 48h for mix transportation and compaction

6. Application and service temperature interval -10 +40°C

Synthesized rejuvenators have been mixed with RAP and evaluated according to the respective procedures. Results are summarized on Table 3:

Table 3

Parameter	Cold mix requirements/ API 2014	Asphalt mix				Hot mix requirements/API 2014
		AC 100% RAP	M[1] + 100% RAP	M[2] + 100% RAP	AC+ 10% RAP	
Bulk density (Mg/m^3)		2,225	2,334	2,344	2,311	
Bitumen content, %	min 3,5	3,3	5,1	5,7	5,4	min 5,0
Marshall Stability (kN)	min 3,3	15,9	14,2	8,8	12,4	min 8,0
Flow (mm)	2÷5	2,5	3,3	3,6	3,1	2÷4
Voids content (%)		10,1	3,2	3.0	4,5	3÷5
Processability after cooling to (-10 ºC)			good	good		

Legend:

M[1]- *In Situ* modifier for cold mixes and RAP

M[2]- modifier for cold mixes production with RAP and extended open time

AC– Hot mix asphalt

Data indicates that despite the fact RAP recycled in a standard cold process, parameters of the final product are matching virgin materials hot mix ones. This practically means that RAP used for road rehabilitation and repairs could be applied also at low temperatures, when conventional hot mix approach wont be feasible with similar performance to virgin asphalt. Moreover, this eliminates energy costs for heating both bitumen and aggregates and provides greater flexibility for contractors while bringing to zero fume emissions from the hot asphalt. For national road

agency the approach can potentially solve the problem with RAP storage/utilization and contribute to significant savings for repairs.

Practical example is shown on below pictures with following steps:

1. RAP loading and manual mixing with rejuvenator

2. Pothole cleaning, modified RAP loading and compaction. Traffic opening is just after compaction

3. CONCLUSIONS:

Compliance with the new EU directives associated with the Green deal and overall industry drive for decarbonization, recyclability and circular economy approach brings new perspectives into asphalts. By addressing these challenges demonstrated technologies in new polymers design allow targets on renewable sources content for virgin modifiers (resp. polymer modified bitumens) to be reached, while improving flexibility in processing. From recycling aspect synthesized RAP rejuvenators allow 100% recyclability with properties equal to hot mix asphalt. With broader temperature range of application, lower energy costs of production vs. hot mixes, contractors and national road agencies can save valuable resources and utilize RAP available for the society and environment benefit.

4. REFERENCES

[1] Proposal for REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL laying down harmonised conditions for the marketing of construction products, amending Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Regulation (EU) 305/2011., Brussels, 30.3.2022

[2] World Economic Forum, Executive Opinion Survey, 2017-2018, https://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF_GCI_2017_2018_Scorecard_EOSQ057.pdf

[3] EAPA 2020, A European Green Deal, The asphalt industry's contributions to climate neutrality and preservation of Europe's natural environment

[4] Koleliev R, Krastev P, Nejkov B. (2021), Opportunities for application of innovative solutions in Bulgaria related to circular economy and EU Green deal (Stroitel, №6, Feb. 2021, p. 19-20)

[5] Asphalt in Figures 2020, EAPA https://eapa.org/download/13774/

[6] Technical Specification, National Road Agency, Bulgaria, 2014

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 2

Пластомерни полимерни соединенија за модификација на асфалтен бетон: најсовремени и студии на случај

Plastomeric polymeric compounds for asphalt concrete modification: state-of-the-art and case studies

Shahin Eskandarsefat[1], Zoran Krušić [2], Loretta Venturini[3], Matteo Fumagalli[4]
[1] Senior Researcher, Iterchimica S.p.A, Italy, shahin.eskandarsefat@iterchimica.it
[2] Sales Manager, HSH Chemie, zoran.krusic@hsh-chemie.com
[3] Scientific Director, Iterchimica S.p.A, Italy, loretta.venturini@iterchimica.it
[4] Laboratory Technician, Iterchimica S.p.A, Italy, matteo.fumagalli@iterchimica.it

Апстракт

Климатските промени и деградацијата на животната средина се закана за целиот свет. За да се надминат овие предизвици, Европската унија ја постави целта да достигне нула нето емисии до 2050 година правно обврзувачка. Од инфраструктурен аспект, овие цели се остваруваат преку изградба на асфалтни коловози со повисоки перформанси и подолготрајни. Во денешно време, полимерните соединенија кои овозможуваат модификација со сув метод се една од најкористените технологии во производството на асфалтна мешавина. Ова е разноврсна метода со мал ефект, дури и кога се работи со рециклирана пластика. Овој труд се занимава со главните принципи на дизајнот на мешавината, некои од механичките својства на модифицираниот асфалт и преглед на некои студии на случај. Врз основа на резултатите од тестовите, додавањето на модификаторот овозможува повисоко ниво на издржливост, модул и отпорност на трајна деформација. Овие својства може да го направат адитивот еколошка алтернатива на битумените модифицирани со SBS полимер со помали влијанија врз животната средина и повисоки перформанси. Овој труд, исто така, покажува примери на заштеди на животната средина постигнати на голем пат со користење на полимерни соединенија за асфалтен бетон.

Клучни зборови

Модификација на асфалт бетон, сув метод, еколошки заштеди, механички својства, пластомерни полимерни соединенија.

Abstract

Climate changes and environmental degradation are a threat for the whole world. To overcome these challenges, the European Union has made the goal to reach zero net emissions by 2050 legally binding. From the point of view of infrastructure, these goals are pursued through the construction of higher-performance and longer-lasting asphalt pavements. Nowadays, polymeric compounds that allow the modification with Dry method are one of the most used technologies in the asphalt mix production. This is a versatile and low-impact method, even when dealing with recycled plastics. This paper deals with the main principles of the mix design, some of the mechanical properties of the modified asphalt, and a review of some case studies. Based on the tests' results, the addition of the modifier enabled a higher level of tenacity, modulus, and resistance to permanent deformation. These properties could make the additive an eco-friendly alternative to the SBS Polymer-modified Bitumens with less environmental impacts and higher performance. This paper also shows examples of environmental savings achieved on a major road by using polymeric compounds for asphalt concrete.

Key words

Asphalt Concrete Modification, Dry method, Environmental Savings, Mechanical Properties, Plastomeric polymeric compounds.

1. INTRODUCTION

1.1. Plastomers and Dry method asphalt modification

In order to give a sustainable answer to the current climate and environmental-related challenges, new infrastructure maintenance and development strategies shall be taken into account and practiced. Half of the total greenhouse gas emissions and more than 90% of biodiversity loss and water stress come from resource extraction and processing. However, in the context of the asphalt industry, re-using or recycling old asphalt pavements, using several waste materials as secondary raw material, and introducing asphalt concrete and binder modifier to increase the service life of the asphalt pavements, has been some of the solutions implemented to reduce the environmental impact of the industry. The latter allows fewer maintenance intervals and fewer materials and energy consumption. For this purpose, different types of polymers are often used as additives to make asphalt mixtures with better performance properties over a widened temperature range. Polymers can be engineered to obtain a broad range of physical properties to meet the required specifications of each case. In this context two major categories of polymers are used in the pavement industry: elastomers, including Styrene-butadiene rubber (SBR) and Styrene–Butadiene Styrene (SBS), which enhance the strength to some extent and provide elasticity at low temperature and Plastomers (plastic based) to address the permanent deformation with high stiffness modulus at high temperature but not elasticity. The latter are those of effective in reducing rutting, shoving, and tensile properties of asphalt mixtures, particularly at high temperatures and heavy-duty road paving.

These asphalt modifiers have been used either with asphalt binder known as Polymer-modified Bitumen (PmB) or directly added to the asphalt concrete using the methods (processes) so-called, wet and dry method, respectively. During the dry method, the polymer is added to the heated aggregates before the binder and filler are added to the whole mix. Technically, except for a few seconds longer mixing time, no change in the asphalt plant would be necessary. From the environmental point of view, however, there is a huge difference between the two methods. In fact, many research works and studies have shown that the dry method is an eco-friendlier technique for the final goal of asphalt concrete modification and enables to remove the drawbacks related to the wet method [1&2]. This is mainly due to the one step less hot bitumen transportation and the huge energy needed for the production of PmBs. Figure 1, compares the main steps of der method asphalt modification versus wet method.

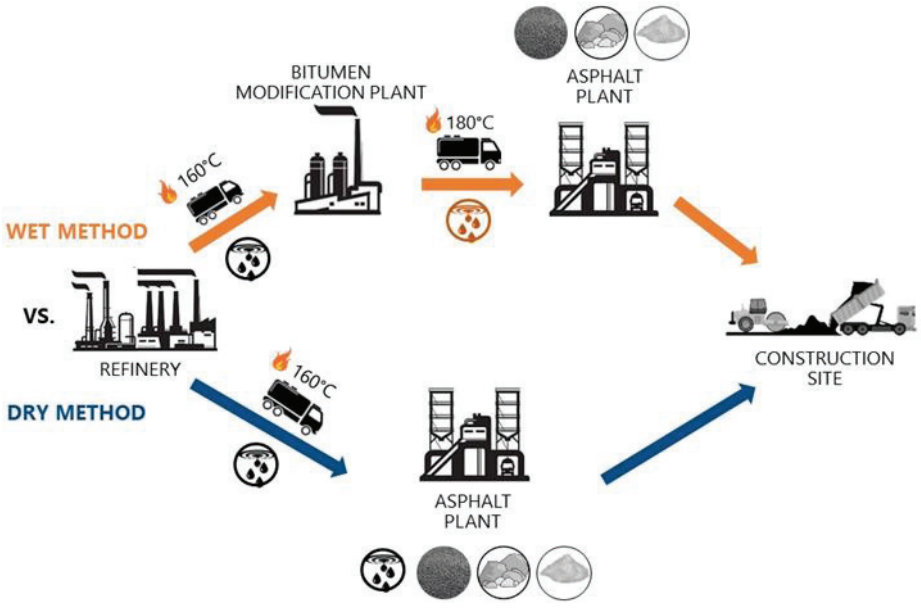


Fig. 1: Wet method versus dry method asphalt modification

Besides environmental impacts, the dry method enables other advantages i.e., logistical and design flexibility. From the Logistical-wise point of view, the additive can be introduced to the asphalt batch either by dry additive dosing system (Mostly available for fibre dosing or if not can be easy to install) or pre-weighted low-melting bags (for small jobs). Figure 2 shows examples of both mentioned possibilities. From, the pavement design point of view, the dry method enables the design of materials with specific characteristics to meet the technical requirements depending on design parameters. This can be done by adjusting the base asphalt binder and the right choice of the dosage of the additive [3&4].

Fig. 2: On the left external dosing dry bulk dosing system and on the right example of pre-weighted melting bags containing the plastomeric polymeric compound

From another point of view, it should be taken into account that the technically correct choice of PmBs may not always be available. From a material design perspective, it allows the designer to determine the level of modification and anticipate the mixtures' properties to be considered during the primary pavement design and analysis.

1.2. Objectives

Considering the current developments in longer-lasting high performance asphalt pavements and the existing sustainability gaps, this paper aimed at the following main points:

- Developing the idea of dry method asphalt concrete modification and its advantages technically, economically, and environmentally-wise
- Presenting a more sustainable alternative for SBS PmBs for asphalt concrete modification: the plastomeric polymeric compounds

For this target, besides technical discussions on the dry method, several latest projects where a plastomeric polymeric compound has been used are described, providing very practical knowledge.

2. MATERIALS

The plastomeric polymeric compound asphalt modifier introduced in this study was in the grey granular form shown in Figure 3. The softening point of the polymer was 170 ± 10°C and its density was 0.4 - 0.6 g/cm3. Depending on the type of the asphalt concrete and the job mix the recommended dosage generally varies from 4 to 8% on the weight of the asphalt binder.

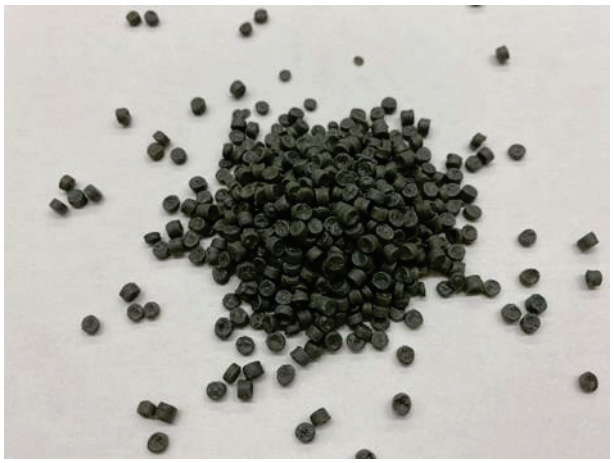


Fig. 3: Plastomeric polymeric compound

3. METHODS

Considering the available testing equipment, the local specifications, and the targets of the introduced case studies, the mixtures were studied by means of volumetric analysis, Marshall test, Indirect Tensile Strength (ITS), and Indirect Tensile Stiffness Modulus (ITSM). All of the tests were carried out in accordance with the local standard testing methods, which were basically similar to the European norms. In order to assess the mechanical and performance properties, the test results were compared with the requirements of the projects' specification.

4. PROJECTS

4.1 Case study I

4.1.1. Location and profile

This trial section shown in figure 4 located in Niskogradnja, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina is an urban street. The project consisted in the resurfacing of the 400 m of the outer lane with dense-graded asphalt concrete (AB 16) in accordance with the local technical specifications. For this purpose, the 50 mm aged surface course was milled and in order to avoid any reflective cracking a gride membrane was installed before laying the surface materials. For this job neither bulk dosing system nor low-melting bag were used for introducing the additive to the mix. The polymer was added manually by pre-weighted buckets.

Fig. 4: On the left: the test track after compaction. On the right, the final compacted surface of AC 16

4.1.2. Pre-qualification tests

As primary step of the pavement design control, the pre-optimized Job Mix Formula (JMF) was applied using 6% of plastomeric polymeric compounds on the weight of the Optimum Bitumen Content (OBC) of the JMF, which was a 5% paving grade 50/70 bitumen. For this purpose, in accordance with dry method asphalt mixture manufactured in the lab, firstly the aggregates were heated to 175±5°C and the polymer was added and mixed manually with the aggregates. The mix were kept in the oven for few minutes (for this case 30 minutes) in order to have the polymer softened before adding the bitumen and the filler at the end. Figure 5, summarizes the procedure followed in the lab. Having the mix ready, the 4 Marshall specimens were manufactured applying 50 blows per face of Marshall hammer. Before, the Marshall stability and flow test, in accordance with the standard, the compacted specimens were demoulded and investigated for the volumetric analysis.

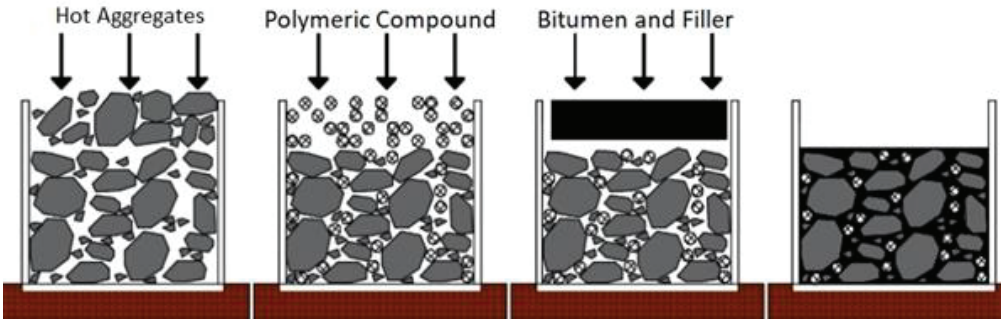


Fig. 5: From left to right the lab-scale asphalt mixture production using dry method modification

Based on the test's results shown in Table 1, it can be seen that all of the values comply with the technical specifications and requirements and are comparable with values of the reference mix containing SBS PmB 45/80-65. Looking at the air voids, the 50 blows Marshall compaction (intermediate compaction effort), has resulted in the air void content that assures the 4-5% air void content if applied 75 blows. From another point of view, the high Marshall stabilities and in range flow could represent the mechanical performance efficiency of the mixture. These results are in line with the literature, where many similar studies show that the addition of Plastomeric polymers in asphalt mixtures increases the stability and level of tenacity [5-7].

Table 1. Summary of the volumetric analysis and Marshall test

Specimen ID	Bulk Density	Maximum Theoretical Density	Air voids	Marshall Stability	Marshall Flow
	EN 12697-8			EN 12697-34	
	g/cm^3	g/cm^3	%	kN	mm
#1	2338	2488	6.0	16.48	3.11
#2	2334		6.2	12.80	3.39
#3	2359		5.2	17.93	3.14
#4	2338		6.0	17.05	3.37

Ave. Value	2342		5.9	16.07	3.25
Specification's requirement	-	-	3.0-6.5	Min 8.0	≤ 4
Reference 45/80-65 PmB	-	2550	3.8	15.8	4.00

4.1.3. Monitoring and current status

As a fundamental and routine pavement management and maintenance practice, the installed pavement has been being monitored by a minimum of two pavement experts to control the pavements' condition and any visible failure. Based on the last monitoring during July 2022, as shown in figure 6, no pavement distress or failure was observed. The monitoring and pavement condition inspections will continue for the next following years.

Fig. 6: The paved trial section in Bosnia and Herzegovina. Pavement expert inspection in July 2022

4.2 Case study II

4.2.1. Location and profile

The pavement executed in August 2021 consisted in resurfacing a single carriageway arterial roadway, Casilina (SS6), toward the metropolitan city of Rome. The new surface course shown in figure 7 was manufactured according to the Anas (Italy) technical specifications [7] and was 40 mm thick. For this job, 5.0% of the plastomeric polymeric compound (on the weight of the bitumen content) was introduced to the mix using a dry bulk dosing system (the same that is used for the fibres). The mixture was previously optimized following the Marshall mix design, where the Optimum Bitumen Content of 5.4% was determined. It is worth mentioning this value included the asphalt binder within the 20% Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) that was used in the job mix formula.

Fig. 7: The laid surface course and the final surface

4.2.2. Post-production quality controls

The post-production test plan of this job consisted in volumetric analysis, indirect tensile strength, and stiffness modulus. It is noteworthy that in accordance with the Italian technical specifications, in addition to the specimens compacted at N2 gyration number, the N3 compacted gyration numbers were also tested. These values were compared to the specification requirements, where applicable. Based on the results, summarized in table 2, I) the test results complied with the specification's requirement and II) the material could be characterized as high-modulus asphalt concrete. This makes the material a suitable choice for heavy-duty asphalt pavements and those located in hot climate regions.

Table 2. Summary of the volumetric analysis and mechanical tests

ID	Test		
	Density	Indirect Tensile Strength @ 25°C	Indirect Tensile Stiffness Modulus @ 20°C
	EN 12698-8	EN 12697-23	EN 12697-26
	g/cm3	MPa	MPa
N2 (140 Gyrations)	2.391	1.69	9575
N3 (230 Gyrations)	2.428	1.88	10016
Specification's requirement	-	0.9-2.2	-

4.3 Case study III

4.3.1. Location and profile

The San Giorgio bridge (E25), with its relative junctions shown in figure 8, constitutes the initial section of the A10 “Genova Ventimiglia” motorway. It is a strategic piece for the road connection between North-western Italy and the south of France. Considering the importance of the bridge in connecting several major roadways, several types of pavements were studied and analysed. Considering all the pre-qualification and mix design tests’ results and analysis, the final executed pavement consisted of a 40 mm SMA surface course modified with an additive containing recycled hard plastics and graphene nanomaterials and a 70 mm dense-graded binder course modified with the plastomeric polymeric compound introduced in this study. Both mixtures were produced via the dry method. The modified asphalt mix was produced using paving grade bitumen 50/70 and 5% of the plastomeric polymeric compound (on the weight of the bitumen).

Fig. 8: The binder course instalment, July 2020

4.3.2. Post-Production quality control

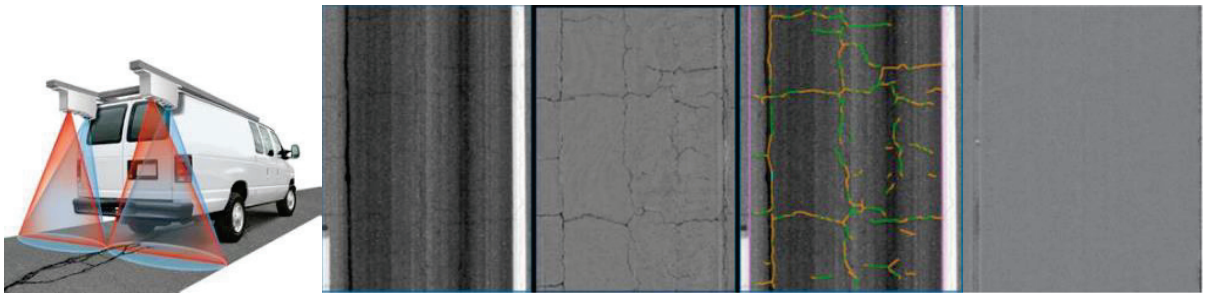
The post-production quality control testing plan of this project consisted in volumetric analysis, grading curve consistency, bitumen content, ITS, and ITSM. For this purpose, the asphalt mixture collected from the job site was reheated and compacted in the lab applying 120 (N2) gyrations of gyratory compactor. Table 3 summarizes the obtained results compared with the specifications of the project. It is worth mentioning that more details on this project including the mix design and prequalification is available in a dedicated chapter of Plastic Waste for Sustainable Asphalt Roads book [8]. Based on the results, it can be seen that they not only comply with the specification’s requirements but represent a high performant asphalt suitable for heavy duty loads. From another point of view, comparing these results with the pre-qualification values, slightly higher values have been obtained that could validate them. These higher values of the post-production tests could be attributed to I) the long hauling distance of the project and II) re-heating of the material during the laboratory specimen manufacturing.

Table 3. Summary of the volumetric analysis and mechanical tests

ID	Test		
	Bitumen content	Indirect Tensile Strength @ 25°C	Indirect Tensile Stiffness Modulus @20°C
	EN 12697-1	EN 12697-23	EN 12697-26
	%	MPa	MPa
Ave. Post production result	4.4	1.83	12999
Specification's Requirement	4.0 – 5.5	Min. 0.9	6200

4.3.3. Monitoring and current status

Considering the importance of the project, from the time the pavement was installed, it has been monitored under a certain monitoring plan. This plan included both smart pavement assessments and analysis using pavement scanning tools (figure 9) and pavement inspections by pavement expects. According to the last monitoring and inspections executed in summer 2022, as shown in figure 10, no distress or early depression was observed.



(A) (B) (C)

Fig. 9: A) Pavement scanner. B) an example of pavement scan image and crack positions, and C) one of the scanned images of San Giorgio bridge pavement with no distress

Fig. 10: pavement condition in summer 2022 at periodical pavement inspection by pavement experts

5. CONCLUSIONS

This paper describes some roadway paving projects, where a plastomeric polymeric compound has been used as the asphalt concrete modifier. In addition to these successful projects, the promising pavement condition of the thousands of kilometres paved using this additive shows the efficiency of the introduced additive. The additive not only provides higher mechanical and performance properties but, in a broader view, it also allows the production of sustainable asphalt pavements by applying the dry method.

From the technical point of view, as also shown in this paper the plastomeric polymer modified asphalt mixtures are characterized by a higher level of tenacity, a higher modulus value, and naturally higher resistance to permanent deformation, as shown by ITS, ITSM, and rutting tests, respectively. This makes this modifier a proper choice for heavy traffic roadways and/or those in high-temperature climates. Regarding the fatigue and cracking susceptibility, according to the many projects carried out, a correct mix design would guarantee its required resistance to repeated fatigue loadings.

6. REFERENCES

[1] Pasetto, M., Baliello, A., Pasquini, E., Poulikakos, L. (2022). Dry Addition of Recycled Waste Polyethylene in Asphalt Mixtures: A Laboratory Study. Materials, 15, 4739. https://doi.org/10.3390/ma15144739

[2] Cardone, F., Spadoni, S., Ferrotti, G. et al. (2022). Asphalt mixture modification with a plastomeric compound containing recycled plastic: laboratory and field investigation. Mater Struct 55, 109. https://doi.org/10.1617/s11527-022-01954-4

[3] Venturini, L., Eskandarsefat S. (2019). high performance PMA: From polymeric compounds to graphene-based super modifier, Proceedings of 26th World Road Congress, Abu Dhabi.

[4] Eskandarsefat, S., (2019). Innovative modified stone mastic asphalt concretes containing composite poly-functional fibres for eco-friendly paving application, Ph.D. thesis, University of Bologna.

[5] Willis, R., Yin, F., Moraes R., (2020). Recycled plastics in asphalt part A: state of the knowledge. National Asphalt Pavement Association, NAPA - IS-142.

[6] Venturini, L., Eskandarsefat, S., Sangalli, L., (2021). Perpetual Road pavements with a graphene-based supermodifier. The proceedings of the 7th E&E Congress.

[7] CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO, Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto Parte 2, IT.PRL.05.21 - Rev.3.0, Pavimentazioni stradali.

[8] Giustozzi F., Nizamuddin, S., (2021). Plastic waste for sustainable asphalt roads. Elsevier, ISBN: 9780323857895.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т4 – 3

Циркуларна економија, практики и употреба на индустриски отпад како секундарна суровина во изградба на патишта

Circular economy, practices and use of industrial waste as secondary raw material in road construction

З.Ѓорѓиевски[1], З.Илијовски[2], Ѓ.Гошев[3], Д.Рогожарева-Ставрева[4], Т.Димитрова – Филкоска[5]
1 ГИ"Македонија" АД-Скопје, Р.Македонија, e-mail: zoran.gorgievski@gim.mk
2 ГИ"Македонија" АД-Скопје, Р.Македонија, e-mail: geozlatko@gim.mk
3 ГИ"Македонија" АД-Скопје, Р.Македонија, e-mail: gorgi.gosev@gim.mk
4 ГИ"Македонија" АД-Скопје, Р.Македонија, e-mail: dobriela.rogozareva@gim.com.mk
5 ГИ"Македонија" АД-Скопје, Р.Македонија, e-mail: tanja.filkoska @gim.com.mk

Апстракт

Република Северна Македонија изобилува со потенцијални секундарни суровиниво форма на индустриски отпад, градежен отпад, отпад од рушење, комунален отпад. Како такви, тие претставуваат релативно неистражен потенцијал за пазарот на суровини и би можеле да бидат значаен извор на секундарни суровини што ќе се користат во градежната индустрија. Во рамките на проектот CINDERELA кој вклучува неколку големи демонстрации на градежни работи со производи на секундарни суровини во Словенија, Шпанија и Северна Македонија. Овие предизвици беа дел од пилот проектот кој опфаќа тестирање на црната троска која се добива како нус производ од Електричната лачна печка за топење на отпадно железо во фабриката Макстил во Скопје, Северна Македонија. , каде што покрај техничката изводливост беа тестирани и административни можности за нејзино искористување како секундарна суровина за производство на градежни производи во форма на агрегати . Продуктите беа тестирани во пилот Проект за изградба на пристапен пат и паркинг плато,. Црната троска прво беше механички обработена со сеење, деметализација, дробење и просејување во материјали за изградба на патишта како агрегат за тампон (фракција од 0-63 mm) и агрегат за асфалтни слоеви (4-8 mm, 8-11 mm, фракции од 11-16 mm и 16-22 mm). Ваквиот агрегат може да се користи и за ревитализација на деградирани области и други примени. Пилот проектот во Скопје во рамките на проектот CINDERELA ја демонстрира употребливоста на индустрискиот отпад како секундарна суровина за градежни материјали и воспоставува добра практика која ќе им помогне на градежните компании да изградат нови бизнис модели на циркуларна економија и ќе ја зголемат одржливоста на градежните работи во Северна Македонија, воопшто.

Клучни зборови

Индустриски отпад, секундарни суровини, реупотреба, циркуларна економија, ревитализација на деградирани подрачја.

Abstract

The Republic of North Macedonia abounds with potential secondary raw materials in the form of industrial waste, construction waste, demolition waste, municipal waste. As such, they represent relatively unexplored raw material market potential and could be a significant source of secondary raw materials to be used in the construction industry. Within the CINDERELA project which includes several large demonstrations of construction works with products of secondary raw materials in Slovenia, Spain and North Macedonia. These challenges were part of the pilot project that includes testing the black slag that is obtained as a by-product from the Electric Arc Furnace for melting scrap iron at the Maxtil factory in Skopje, North Macedonia. , where in addition to technical feasibility, administrative possibilities for its use as a secondary raw material for the production of construction products in the form of aggregates were also tested. The products were tested in a pilot project for the construction of an access road and a parking plateau. The black slag was first mechanically processed by siewing, demetallization, crushing and screening into road construction materials as aggregate for sub-base layer (0-63 mm fraction) and asphalt layer aggregate (4-8 mm, 8-11 mm, fractions of 11-16 mm and 16-22 mm). Such aggregate can also be used for the revitalization of degraded areas and other applications. The pilot project in Skopje within the framework of the CINDERELA project demonstrates the usability of industrial waste as a secondary raw material for construction materials and establishes a good practice that will help construction companies to build new circular economy business models and increase the sustainability of construction works in Northern Macedonia, in general.

Key words

Industrial waste, secondary raw materials reuse, circular economy, revitalization of degraded areas.

1 ГЛАВНИ ЦЕЛИ

Проектот „Нов бизнис модел на циркуларна економија за поодржлива урбана градба - CINDERELA е комплексен истражувачки и иновативен проект, финансиран од европската програма „Хоризонт 2020“, кој има за цел да развие и демонстрира нов бизнис модел на циркуларна економија за поодржлива урбана градба. Секундарните суровини направени од рециклиран отпад може да се користат за производство на различни градежни производи за поодржливи градежни работи (т.е. високоградба или инфраструктура), притоа поврзувајќи различни индустрии, градежни сектори, општински услуги и засегнати страни (на пр., носители на одлуки, инвеститори, градежна индустрија, менаџери за управување со отпад, општата јавност и сл.). Главната цел на проектот CINDERELA е да им помогне на компаниите да воспостават успешни деловни случаи на циркуларна економија врз основа на можностите на отпадот како ресурс или т.н. Концептот на нула отпад. Една од активностите во проектот CINDERELA беше инсталирање на пилот постројка за механичка преработка на црна згура добиена од печките за топење на отпадно железо во фабриката Макстил во Скопје, Северна Македонија. Заводот Лабораторија при Градежниот институт МАКЕДОНИЈА АД Скопје беше задолжена за тестирање на агрегат од црна згура, за различни намени (на пр. тампонски слој , асфалтен слој и сл), за проектирање на објектите каде би се имплементирале асфалтните мешавини, како и за лабораториските испитувања на финалните производи. На демо областа, произведениот агрегат за долен носив слој (тампон) и изработениот агрегат за асфалтни мешавини беа искористени за реконструкција на асфалтиран пристапен пат со раскрсница со површина од 1 680 m^2 и банкини со вкупна површина од 2 150 m^2 (сл. 1 и сл. 2). Пристапниот пат започнува од раскрсницата со постоечки асфалтен пат долг 167 m и широк 7,2 m. За пилот-патот беа искористени околу 2740 тони агрегат од црна згура. Главната цел на пилот изградбата на патот беше да се демонстрираат техничките, технолошките и административните можности за обработка и користење на различни нештетни материјали од производството на челик и преработка на старо железо, како и некои други видови секундарни суровини) за производство на поодржливи градежни производи.

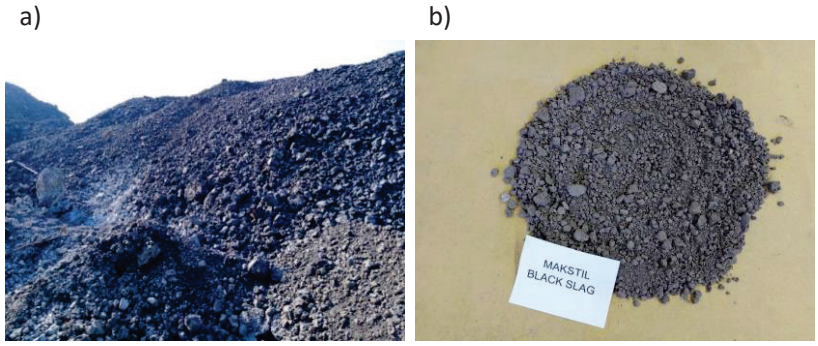
Слика 1. Локација на изградба на пристапен пат во кругот на фабриката Макстил во Скопје, Северна Македонија. Извор: ГИ ”Македонија” АД-Скопје

Слика 2. Позиција на пристапниот пат (лево) и птичја перспектива на просторот за демонстрација (десно) во кругот на фабриката Макстил во Скопје, Северна Македонија.
Извор: ГИ "Македонија" АД-Скопје

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

2.1 ПРЕТХОДНИ ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА И СПОРЕДБА НА РЕЗУЛТАТИ

Лабораториските тестови на произведениот агрегат од црна згура (сл. 3) беа спроведени за да се дефинира употребливоста на материјалот како агрегат за долниот носечки слој (тампон) (примерок CINDERELA SKO-P1) и како агрегат за асфалтни мешавини (CINDERELA SKO-P2).



Слика 3. Црна згура а) депонија Макстил и б) изглед на примерокот од материјалот земен од депонијата. Извор: ГИ "Македонија" АД-Скопје

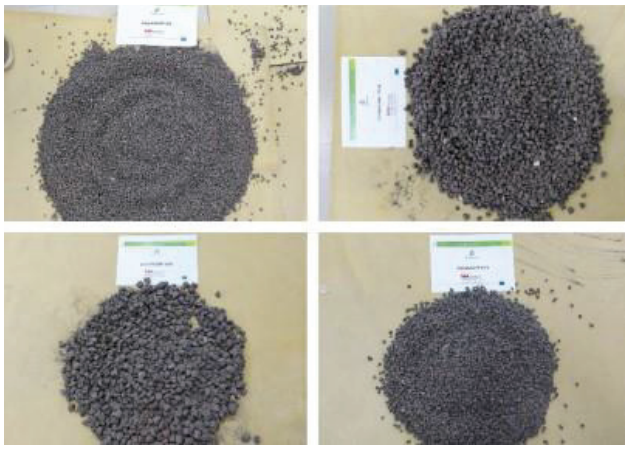
2.2 ТЕХНИЧКИ БАРАЊА ЗА ДОЛНИОТ НОСЕЧКИ СЛОЈ - ТАМПОН - ЗА ИЗГРАДБА НА ПАТИШТА

Сите тестови се извршени според важечките стандарди и технички услови на Република Северна Македонија за ваков тип на работа. Сите испитувања кои се направени и се потребни како релевантни се дадени во техничката спецификација издадена од Јавното претпријатие за државни патишта, како и согласно стандардот МКС EN 1744-3:2002 (Тестови за хемиски својства на агрегати – Дел 3: Подготовка на елуати со лужење на агрегати) каде што е дадена постапката како да се подготви елуат со одводнување на агрегатите, а во согласност со стандардот MKS EN 1744-1:2009 + A1:2012 (Тестови за хемиски својства на агрегати – Дел 1: Хемиска анализа), која ја пропишува постапката за испитување на волуменските експанзивни својства на агрегатот од црна згура. Врз основа на потеклото на агрегатот и двата теста се клучни за произведениот агрегат.

2.3 ТЕХНИЧКИ БАРАЊА ЗА ДОЛНИОТ НОСЕЧКИ СЛОЈ - ТАМПОН - ЗА ИЗГРАДБА НА ПАТИШТА

Слично на природниот агрегат, неопходно е произведениот агрегат претходно да го постигне бараниот гранулометриски состав. За таа цел, откако ќе се обработи црната троска со сеење, дробење и мешање, потребна е дополнително да се просее за да се добијат соодветни фракции кои ќе се користат во производството на асфалт.

За да се користи црна згура како агрегат за асфалтни слоеви, по сеењето и дробењето на материјалот и отстранувањето на металот, во мобилната сеалка се сее материјал во фракции 0/4 mm, 4/8 mm, 8/11,2 mm, 11,2/16 mm и 16/22 mm (сл. 4). Црната троска треба да се одлага и да одлежи најмалку 6 месеци за да се овозможи трансформација на CaO и MgO во постабилни форми и со тоа да се спречи волуменска експанзија на градежниот композит во кој е вградена троската.



Слика 4. Различни фракции од произведениот агрегат од црна згура за асфалтни слоеви. Извор: ГИ "Македонија" АД-Скопје

2.4 ЗЕМАЊЕ НА ПРИМЕРОЦИ И ТЕСТИРАЊЕ

По сеењето на агрегатот од црна згура, се земаа мостри и се извршија следните лабораториски испитувања за употребливост на материјалот како долен носечки слој и агрегат за асфалтни мешавини (табела 1 и табела 2).

Табела 1. Споредени лабораториски тестови за долниот носечки слој (SKO-P1)

Параметар	Добиени резултати за природен агрегат	Добиени резултати за агрегат од црна згура	Национални критериуми	Стандард
Зрна со неправилен облик (wt. %)	28.6 wt. %	4 wt. %	max. 40 %	МКС Б.Б8.047:1961
Кршливи зрна (wt. %)	/	1 wt. %	max. 4 %	МКС Б.Б8.037:1986
Отпорност на мраз (Na_2SO_4) (губиток на маса) -фракција < 8 mm (wt. %) -фракција > 8 mm (wt. %)	< 8 mm => 2.0 % > 8 mm => 1.2%	< 8 mm => 0.4 % > 8 mm => 0.5%	max. 10 % max. 12 %	МКС Б.Б8.044:1982
Оптимална влажност и максимална запремина (модифициран Прокторов тест)	Yd=2.22 t/m^3 Wopt = 5.2 %	Yd=2.64 t/m^3 Wopt = 3.1 %	Декларирана вредност	МКС У.Б1.038:1997
Гранулометриски состав	Се вклопува во граничен појаас	Се вклопува во граничен појаас	Граничен појас	МКS У.Б1.018:2005

Параметар	Добиени резултати за природен агрегат	Добиени резултати за агрегат од црна згура	Национални критериуми	Стандард
Коефициент на униформност (Cu)	Cu=80.7	Cu=19.3	min. 15 %	МКS U.Б1.018:2005
Отпорност на дробење (Лос Ангелес)	La=38.1 %	La=16 %	max. 40 %	МКС Б.Б8.045:1978
Калифорниски индекс на носивост (ЦБР)	CBR 2.54 = 88.5 (%) CBR 5.08 = 110.6 (%)	CBR 2.54 = 129.21 (%) CBR 5.08 = 150.80 (%)	min. 80 %	МКS У.Б1.042:1997

Од споредбата на резултатите за природен и произведен агрегат дадена во табела 1, произведениот агрегат од црна згура има подобри физичко – механички карактеристики, како и има поголема волуменска тежина од традиционалните материјали за тампонски слој. Од ова може да се заклучи дека произведениот агрегат од црна згура како материјал во целост ги исполнува пропишаните критериуми како тампонски материјал, но поради неговата голема тежина може да ги зголеми трошоците за транспорт и инсталација. Во фазата на производство, поради кртоста на материјалот, можно е да се појави помал процент на ситна фракција, што го отежнува вградувањето на материјалот. Затоа е неопходно редовно да се контролира производството, а доколку е така, може да се додаде мала количина природна ситнеж за да се подобри неговата вградливост.

Табела 2. Споредени лабораториски тестови на агрегат од црна згура (SKO-P1) и природен агрегат од варовник за асфалтни слоеви

Параметар	Добиени резултати за агрегат од црна згура				Добиени резултати за природен агрегат од варовник				Национални критериуми	Стандард
	4/8 mm	8/11.2 mm	11.2/16 mm	16/22.4 mm	4/8 mm	8/11.2 mm	11.2/16 mm	16/22.4 mm		
Водовпивање (wt. %)	0.9	0.8	0.7	0.7	1.0	0.6	0.5	0.3	Max. 1.2	МКS B.B8.031:1982
Отпорност на мраз Na_2SO_4 (wt. % губиток на маса)	0.9	0.8	0.6	0.5	1.1	0.7	0.8	0.6	Max. 3	МКS B.B8.044:1982
Отпорност на дробење (Лос Анггелес, градација Б)	/		16		/		23.2		Max. 25	МКS B.B8.045:1978
Облик на зрна (wt. %)	6	4	4	3	11.0	10.0	9.7	7.0	Max. 20	МКS B.B8.048:1984
Прионливост со битумен	100/90				100/90				Min. 100/90	МКS U.M8.096:1987

Од споредбата на резултатите во табела 2, произведениот агрегат од црна згура има подобри параметри за физичко-механичките карактеристики, како и има повисоки отпорностни карактеристики од традиционалниот материјал за асфалтен агрегат. Од ова може да се заклучи дека произведената црна згура како материјал целосно ги задоволува пропишаните критериуми за агрегат за асфалтни мешавини, но поради големата тежина може да ги зголеми трошоците за транспорт и монтажа.

3 ИЗГРАДБА НА ПИЛОТ ОБЈЕКТИ

Со цел да се демонстрира искористеноста на произведената црна згура во различни градежни работи, беа направени две демонстрации со употреба на црна згура и тоа: Демо 3А - Ревитализација на деградирана површина и Демо 3С - изградба на пат. За овој труд ќе се разгледа само Демо 3С.

3.1 ДЕМО 3С - ИЗГРАДБА НА ПАТ

Пристапниот пат се состои од МВ40 готови бетонски рабници во должина од 334 m, околу 25 тони основен бетон и 26 тони МВ20 готови бетонски рабници. Покрај бетонските работи, произведени се околу 218,4 m^3 (525 тони) асфалт за пристапниот пат и раскрсницата и се изведени околу 1169 m^2 долен носив слој (тампон).

Конструкцијата на патот се состои од абечки слој АВ-16 (5 cm), битуминизиран носив слој БНС 22 (8 cm) и долниот носив слој - тампон (35 cm). Пред почетокот на работите, беше потврден квалитетот на составните материјали и беа изработени рецептури за асфалтните мешавини (табела. 3).

Табела 3. Споредба на рецептуриза за асфалт со природен агрегат и со агрегат од црна згура

Асфалтна мешавина	АВ 16s со еруптивен агрегат	АВ 16 со агрегат од црна згура	BNS 22 А со варовник	BNS 22 со агрегат од црна згура
Содржина на битумен (%)	5.2	5.1	4.2	4.3
Стабилност (kN)	11.5	11.6	11.2	12.5
Деформација (mm)	3.7	4	3.5	3.3
S/d (kN/mm)	3.1	2.9	3.2	3.8
Запреминска тежина по Маршал AS (t/m³)	2.425	2.677	2.422	2.687
Специфична тежина за АМ (t/m³)	2.555	2.827	2.533	2.835
KS/AS (%(v/v))	5.1	5.3	4.4	5.2
Исполнети шуплини (%(v/v))	70.8	71.6	69.5	68.4

Завршените геотехнички истражувања се реализирани согласно Програмата за геотехнички истражувања и испитувања кои ги предвидуваат следните работи:

- Механички ископ на истражни јами со картирање на материјалите,
- Земање репрезентативни примероци од дефинираните слоеви за лабораториски испитувања.

По добиените резултати од лабораториските испитувања, димензионирањето на коловозната конструкција е извршено според стандардот MKS UC4.012/81, за усвоен CBR 8% и средно до тешко 2x106 еквивалентно сообраќајно оптоварување. Врз основа на димензионирањето, усвоена е следната конструкција:

- АС 16 – асфалт бетон со дебелина на слој од 5 cm;
- BNS 22cA – битуменски носечки слој со дебелина на слој од 8 cm;
- Тампон – дробена црна згура 0/63мм со дебелина на слој од 35 см.

4 ДИСКУСИЈА

4.1 ПРЕДНОСТИ НА АГРЕГАТОТ ЗАСНОВАН НА ЦРНА ЗГУРА ЗА ИЗГРАДБА НА ПАТИШТА

Врз основа на извршените лабораториски испитувања и пилот изградбата на патишта е констатирано:

- **Агрегат за тампон** - Од споредбата на резултатите, произведениот агрегат базиран на црна згура има подобри механичко-физички карактеристики, но и поголема волуменска тежина од традиционалниот материјал за изведба на тампонски слоеви. Од ова може да се заклучи дека агрегатот на база на црна згура како материјал целосно ги задоволува пропишаните критериуми за тампонски материјал.
- **Агрегат за асфалт** - Од споредбата на резултатите, произведениот агрегат врз основа на црна згура има подобри механичко-физички карактеристики, како и има поголема отпорност на абење од традиционалните материјали за асфалтен агрегат. Од ова може да се заклучи дека произведениот агрегат од црна згура, како материјал целосно ги исполнува пропишаните критериуми за агрегат за асфалт.
- **Асфалтни мешавини** - Споредено со класичните асфалтни мешавини кои се приготвуваат со варовник или базалтен камен во однос на подготвената асфалтна мешавина, во овој труд, т.е. тип БНС 22 со агрегат од варовник-камен 0/4 mm; троска произведен агрегат 4/8 mm; EAF згура произведен агрегат 8/11,2 mm; црна згура произведен агрегат 11,2/16 mm; Агрегат произведен од црна згура 16/22,4 mm (50%) и варовнички агрегат 16/22,4 mm (50%), нема значителни подобрувања во механичко-физичките карактеристики на асфалтот или процентот на врзивно средство (битумен) кое се користи. Слично, за асфалтна смеса тип АВ 16 со варовнички агрегат 0/4mm; произведен агрегат од црна згура 4/8 mm; еаф произведен агрегат од згура 8/11,2 mm и агрегат произведен од црна згура 11,2/16 mm, не се забележани значителни подобрувања во механичко-физичките карактеристики на асфалтот или процентот на употребено врзивно средство (битумен).

4.2 НЕДОСТАТОЦИ НА АГРЕГАТОТ ЗАСНОВАН НА ЦРНА ЗГУРА ЗА ИЗГРАДБА НА ПАТИШТА

- **Агрегат за тампон** – агрегат базиран на црна згураима поголема тежина од природниот агрегат и може да ги зголеми трошоците за транспорт и инсталација.
- **Агрегат за асфалт** - Поради начинот на ладење на згура има поголем процент на порозни зрна. Порозните зрна апсорбираат поголем процент на битумен, што ја зголемува цената на асфалтната смеса во споредба со асфалтни мешавини со природни агрегати. Многу е тешко да се изберат порозни од цврсти (компактни) камења на лежиштето на црна згура. Црната троска е исто така потешко да се дроби во погоните за преработка за да се добие потребниот гранулометриски состав. Поради хетерогеноста на зрната на агрегатот (порозна наспроти компактната црна згура), исто така е потешко за неискусни инженери да ги програмираат агрегатните проценти во асфалтните мешавини и да ги следат дизајнираните криви на гранулометрискиот состав поради разликите во густината. (порозните зрна од црната троска имаат густина помеѓу 2,45-2,50 t/m^3, додека цврстите зрна од троскаимаат густина помеѓу 3,50-3,60 t/m^3).
- **Асфалтни мешавини** - При изработката на асфалтите забележани се мали оштетувања при производството на асфалтот, како гризење на гумените транспортери во дозерите и мали трошења на сечилата во барабанот за сушење на агрегат (што во поголемо производство веројатно ќе биде поголема и ќе треба честа замена). Исто така, потребно е да се прилагоди ладењето на троската за

да се добие компактна форма (со поголеми зрна до 22 mm се јавува поголема порозност и затоа во оваа рецептура, фракцијата од црна згура е заменета со 50% природен агрегат) .

5 ЗАКЛУЧОЦИ

Според сите претходно наведени предности и недостатоци, се препорачува во иднина процесот на ладење на нуспроизводите (црна згура) добиени при процесот на топење на старо железо во фабриката Макстил, да се модифицира и прилагоди со цел да се зголеми кршливост на материјалот. На тој начин ќе се зголеми количината на ситната фракција и ќе се скрати времето на процесот за постигнување на потребниот гранулометриски состав.

Употребливоста на црна згура за примени во градежништвото е на почетно ниво во Република Северна Македонија. За да се добијат материјали кои ќе бидат поконкурентни на пазарот со помали трошоци за преработка, мора да се внимава на начинот и техниката на ладење на троска.

Користењето на секундарни суровини како градежен материјал е одличен пример како да се намали количината на депониран отпад, да се заштитат примарните ресурси, да се обезбеди одржлив економски раст и развој со истовремено намалување на емисиите во животната средина и во исто време да се обезбедат поевтини и побрзи решенија за ревитализација на деградираните области. На овој начин ќе им помогне на градежните компании да ја зголемат својата конкурентност нудејќи поодржливи услуги.

Тековните пилот проекти придонесуваат за развој на знаење и демонстрација на добри практики за искористување на секундарни суровини во градежната индустрија, кои се од суштинско значење за поттикнување на градежните компании да градат циркуларни бизнис модели кои би ја зголемиле нивната конкурентност нудејќи поодржливи услуги.

Иновативноста и уникатноста на проектот е што за прв пат во Северна Македонија се произведени и аплицирани производи засновани на секундарни суровини за ревитализација на деградирани подрачја и рехабилитација на патишта. Додадената вредност на истата е сертификацијата на градежниот производ базиран на секундарни суровини – црна згура, т.е. агрегат за долен носив слој-тампон, од страна на сертификациското тело ГИМ Сертификација. Производот е сертифициран во согласност со стандардот МКС EN 13242 + A1: 2009 година, а градежниот производ е подложен на систем за проценка и верификација на конзистентноста на својствата 2+.

Позитивното влијание врз животната средина ќе стане реалност преку понуда на докажани решенија за намалена употреба на примарните суровини и користење на отпад како секундарни суровини за производство на градежни материјали со додадена вредност. Суштината на одржливиот развој е рационално користење на примарните суровини, со еднаква свест за вредноста на сите материјали во производниот процес и нивното влијание врз животната средина.

6 ЛИТЕРАТУРА

[1] A. MLADENOVIČ, S. HAMLER, N. ZUPANČIČ, 2017: Environmental characterization of sewage sludge/paper ash-based composites in relation to their possible use in civil engineering. Environmental science and pollution research international, 24/1, 1030-1041.

[2] J. TURK, A. MAUKO PRANJIĆ, A. MLADENOVIČ, Z. COTIČ, P. JURJAVČIČ, 2016: Environmental comparison of two alternative road pavement rehabilitation techniques: cold-in-place-recycling versus traditional reconstruction. Journal of cleaner production, 121, 45-55.

[3] M. LONCAR, H.A. SLOOT, A. MLADENOVIČ, M. ZUPANČIČ, L. KOBAL, P. BUKOVEC, 2016: Study of the leaching behavior of ladle slags by means of leaching tests combined with geochemical modelling and mineralogical investigations. Journal of hazardous materials, 317, 147-157.

[4] E. ANNUNZIATA, F. TESTA, F. IRALDO, M. FREY: Environmental responsibility in building design, Journal of Cleaner Production 112 (2016), 639-348.

[5] F. IRALDO, B. NUCCI: Comparative life-cycle assessment of four insulating boards made with natural and recycled materials, Economics and Policy of Energy and the Environment 3(3/2015):71-88 · December 201.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т4 – 4

Анализа на интензивните врнежи и нивното влијание врз безбедноста на сообраќајот

Analysis of intense precipitation and impact on traffic safety

Виолета Ѓешовска[1]
[1]Вонреден професор д-р, Градежен Факултет, violetag@gf.ukim.edu.mk

Апстракт
Интензивните врнежи директно влијаат на појава на поплави кои може да предизвикаат сериозни последици на патниот сообраќај. Интензивните врнежи, а одтука и поплавите не можат да се спречат, но ефикасните мерки за ублажување базирани на проценка на нивната појава можат значително да ги намалат негативните ефекти врз безбедноста на сообраќајот. Сите модели за проценка на појава на поплави се базирани на анализа на врнежите, со посебен акцент на врнежите со кратко траење кои најчесто се причина за намалување на безбедноста на сообраќајот, а неретко и до целосен прекин на истиот. Познавањето на промените на врнежите на подолг временски период гарантираат подобра прогноза на појавата на поплави и благовремено превземање соодветни мерки за нивно ублажување или во одреден степен да се спречат. Влијанието на интензивните врнежи врз безбедноста на сообраќајот може да се анализира во сите фази, од планирање, проектирање, изведба и на крај во користење на патиштата. Познавањето на интензитетот на врнежите е главен предуслов за добро димензионирање на дренажниот систем на соодветните патишта, но истовремено и проектирање и изведба на заштитен систем за одводнување на површинските води кои може да предизвикаат оштетување на истиот и да предизвикаат прекини во сообраќајот. Од овде произлегува потребата од познавање на количините на интензивните врнежи. Предмет на овој труд се врнежите со кратко времетраење во Македонија за период од 1956 до 2020 година, нивна анализа и формирање на i-T-p (интензитет-траење- веројатноста на појава) кривите. Анализите вклучуваат компарација на постојните i-T-p криви (за периодот од 1956-1988) со новоформираните i-T-p криви (за период од 1956 до 2020) за вкупно осум мерни станици во Р. Македонија. Промената на врнежите е анализирана во функција на заштитата и безбедноста на патиштата и системот за одводнување на истите.

Клучни зборови
Интензивните врнежи, поплава, одводнување, безбедност, патишта

Abstract
Intense rainfall directly affects the occurrence of floods that can cause serious consequences for road traffic. Intense rainfall and hence flooding cannot be prevented, but effective mitigation measures based on an assessment of their occurrence can significantly reduce the negative effects on traffic safety. All models for estimating the occurrence of floods are based on the analysis of precipitation, with a special emphasis on short-duration precipitations, which are often the cause of a decrease in traffic safety, and often to a complete stoppage of it. Knowing the changes in precipitation over a longer period of time guarantees a better forecast of the occurrence of floods and the timely taking of appropriate measures to mitigate them or to prevent them to a certain extent.. The impact of intense rainfall on traffic safety can be analyzed in all phases, from planning, design, performance and finally in road use. Knowing the intensity of rainfall is the main prerequisite for good dimensioning of the drainage system of the respective roads, but at the same time, the design and performance of a protective system for the drainage of surface water that can cause damage to it and cause interruptions in traffic. From here comes the need to know the amounts of intense precipitation.The subject of this paper is the precipitation with a short duration in Macedonia for the period from 1956 to 2020, their analysis and formation of the i-T-p (intensity-duration-probability of occurrence) curves. The analyzes include a comparison of the existing i-T-p curves (for the period from 1956-1988) with the newly formed i-T-p curves (for the period from 1956 to 2020) for a total of eight measuring stations in R. Macedonia. The change in precipitation has been analyzed in function of the protection and safety of the roads and the road drainage system.

Key words
Heavy rainfall, flood, drainage, safety, roads

1. ВОВЕД

Поплавата како природна појава била, е и ќе биде најголем проблем за луѓето ширум светот. Интензивните врнежи со кратко времетраење се најчеста причина за појава на поплавите. Појавата на врнежите е исклучително стохастичка појава, врз која неможе да се влијае. Затоа е многу битна проценката на интензивните врнежи со кратко времетраење, прогноза на можните поплави и превземање на ефикасни мерки за намалување на негативните ефекти врз објектите и безбедноста на луѓето.

Во однос на влијанието на врнежите и појавата на поплавите врз патната интфраструктура и воопшто врз безбедноста на сообраќајот, од исклучително значење е познавањето на интензитетот на врнежите. Интензитетот на врнежите е главен параметар за димензионирање на системот за одводнување на патиштата со соодветен капацитет за прифаќање на можните количини на површинските води кои може да предизвикаат оштетување на истиот и да предизвикаат прекини во сообраќајот.

Во Р.С. Македонија за вакава цел, во практиката се користат податоците за интензивните врнежи добиени со обработка на регистрираните врнежи во период од 1956 до 1988 година, [1]. Во втората половина на осумдесеттите години на минатиот век се анализирани податоци за врнежите во период од 1956 година до 1988 година и се дефинирани кривите на интензитет, траење и повторување (i-T-p) на територијата на Р. С. Македонија (Ж. Шкоклевски и Б. Тодоровски, 1993). Во последните 30 години во Р. С. Македонија интензивните врнежи со кратко траење се релативно слабо анализирани. Периодот после 1988 година, анализата на измерените врнежи на територијата на нашата држава се сведува на истражувања кои во целост не ја опфаќаат оваа проблематика. Имајќи во предвид дека врнежите се исклучително стохастичка појава, променлива по време и простор, се наметнува потребата за обнова на истражувањето со продолжување на низите на податоци до сегашниот период. Значајно е да се напомене дека во последниве дваесетина години е констатирана промена на режимот на врнежите од аспект на нивниот интензитет и траење, како глобално така и регионално како резултат на климатските промени. Значајноста на потребата од повторна анализа на кривите на интензитет, времетраење и повторување на интензивните врнежи е потврдена и со Стратегијата за климатски промени за град Скопје (2017), со која во рамките на Акцискиот план е посочена потребата од изработка на Студија за иновирани криви на интензитет, времетраење и повторување на интензивните врнежи во Скопскиот Регион во услови на климатски промени [2].

Во рамки на Научноистражувачкиот проект (НИП): Анализа на интензивните врнежи во Република Северна Македонија изработен од Градежниот факултет-Скопје, [3], а во соработка со Управата за Хидрометеоролошки Работи (УХМР) во текот на 2021/22 се обработени податоците за измерените врнежите од осум мерни станици во Р. С. Македонија за периодот од 1989 до 2020 година. Врз основа на овие податоци се продолжени постојните низи (1956-1988) и формирани се низи од 65 податоци (1956-2020), што од хидролошки аспект претставува солидна база за анализи. Низите се тестирани на хомогеност, статистички обработени и дефинирана е распределба на екстремните вредности и веројатноста на појава за различни периоди на повторување. Ажурирни се податоците за интензивните врнежи со различен период на повторување и со кратко времетраење за целиот период на мерење на врнежите (1956-2020). Воспоставени се зависности помеѓу интензитетот на врнежите, времетраењето и веројатноста на појава (i-T-p) за сите мерни станици за врнежите со кратко траење (5, 10, 20, 40, 60, 150, 300, 720, 1440 минути).

На овој начин се обезбедени релевантни податоци за интензивните врнежи на територијата на нашата земја и се овозможи при димензионирање на хидротехничките

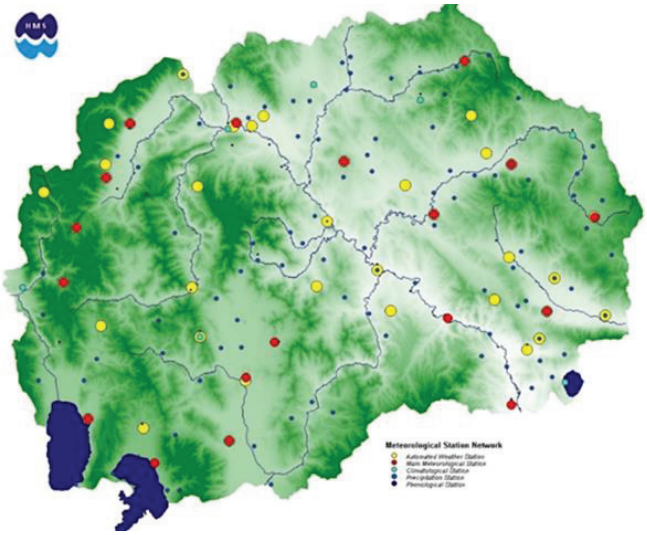
објекти во областа на патната инфраструктура да се дефинираат меродавните големи води кои ќе бидат реални.

Предмет на овој труд се врнежите со кратко времетраење во Македонија за период од 1956 до 2020 година, нивна анализа и формирање на i-T-p (интензитет-траење-веројатноста на појава) кривите. Анализите вклучуваат компарација на постојните i-T-p криви (за периодот од 1956-1988) со новоформираните i-T-p криви (за период од 1956 до 2020). Промената на врнежите е анализирана во функција на заштитата и безбедноста на патиштата и системот за одводнување на истите.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

2.1 Преглед на метеоролошките станици за мерење на врнежите

Метеоролошките набљудувања во Р.С. Македонија се изведуваат на 19 главни метеоролошки станици, 7 климатолошки, 24 фенолошки, 87 дождомерни станици и 55 автоматски метеоролошки станици (АМС), Слика 1.



Слика 1: Мрежа на метеоролошки станици во Р.С. Македонија (Извор: УХМР)

Во мрежата на метеоролошките станици, врнежите со кратко траење се мерат со плувиографи на поголем број мерни места. Во зависност од можностите, условите и потребата од информации, бројот на овие мерни станици во изминатиот период се намалува или зголемува. Перманентно следење на интензивните врнежи во Р. С. Македонија постојат во метеоролошките станици прикажани во Табела 1.

Табела 1: Преглед на анализирани метеоролошки станици

Метеоролошка станица	Надморска висина	Географски координати		Тип на плувиограф	Период на мерење	забелешка
		ширина	должина			
Скопје-стар аеродром	240	41o59’	20o28’	R FRUESS	1956-66	Престана да работи
Скопје-Петровец	239	41°57'42"	021°37'17"	R FRUESS	1967-75	
Скопје-Зајчев	302	42°00’59”	021°12’59”	R FRUESS	1978-1988	со прекини

рид					1989-2020	
Штип	336	41°45’13”	022°21’49”	П-2	1963-1988	со прекини
					1988-2020	
Прилеп	675	41°20’02”	021°13’14”	П-2	1959-1988	со прекини
					1989-2020	
Битола	590	41°02’30”	021°12’13”	П-2	1956-1988	со прекини
					1989-2019	со прекини
Охрид	757	41°06’53”	020°04’50”	Lambrecht	1956-1988	
					1989-2020	со прекини
Крива Паланка	693	42°12’13”	022°21’52”	П-2	1959-1988	
					1989-2020	
Демир Капија	112	41°24’34”	022°21’14”	Lambrecht	1957-1979	со прекини
					1987-2020	
Лазарополе	1340	41°32’15”	020°04’45”	Lambrecht	1964-1988	со прекини
					1988-2012	со прекини

Плувиографските регистрирани ленти од врнежи со кратко времетраење во мерните станици Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Крива Паланка, Демир Капија и Лазарополе се обработени и анализирани во рамки на овој труд.

Мерење на врнежите со кратко траење се врши главно со три типа на инструменти:(1) Пувиограф од фирмата Lambrecht-германски инструмент со еднодневни, седмични и месечни плувиографи. Површината на отворот на плувиографот е 200 cm^2; (2) Пувиограф од фирмата R FRUESS-германски инструмент со еднодневни плувиограф и (3) Пувиограф тип П-2-руски инструмент, еднодневен плувиограф и со принудно празнење. Површината на отворот на плувиографот е 500 cm^2. Со оглед на техничките можности за набљудувањата на врнежите со плувиогаф, мерењата се вршени само во топлиот период на годината (од април до ноември). Во зимскиот период се користени т.н плувиографи со греачи (за спречување на замрзнувањето при негативни температури), но тогаш не биле користени еднодневни плувиографски траки, туку претежно седмодневни. Ваквите записи за периодот од 1956 до 1988 година не се анализирани, додека во периодот од 1989 до 2020 година истите се обработени и анализирани.

2.2 Расположливи податоци

Во овој труд анализирани се врнежите за периодот од 1956 до 2020 година за мерните станици: Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Демир Капија и Лазарополе. Преглед на обработените плувиографски дијаграми за сите анализирани станици за периодот од 1956 година до 1988 година е прикажан во Табела 2, а за периодот од 1989 година до 1920 година во Табела 3. Плувиографските дијаграми за периодот од 1988 година до 2020 година кои беа на располагање (извор: УХМР) за метеоролошките станици се главно еднодневни, но има и седмични и месечни ленти. Врз основа на детален преглед на сите плувиографски записи за секоја година, најпрво се направи избор на

дијаграми на кои се регистрирани сите епизоди од врнежи и порои во текот на секој месец, а потоа и во тек на секоја година. Дијаграмите на кои се регистрирани нелогични вредности на врнежи (несигурни) не се земени во предвид во анализите.

Табела 2: Преглед на расположливи плувиографски дијаграми за период 1956 - 1988

Станица	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1988	1989
Скопје																																	
Штип																																	
Прилеп																																	
Битола																																	
Охрид																																	
Крива Паланка																																	
Демир Капија																																	
Лазарополе																																	

Табела 3: Преглед на расположливи плувиографски дијаграми за период 1989 -2020

Станица	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Скопје																																
Штип																																
Прилеп																																
Битола																																
Охрид																																
Крива Паланка																																
Демир Капија																																
Лазарополе																																

2.3 Читање на плувиографски дијаграми и формирање на табела со основни податоци за обработка

Постапката на обработка на плувиографските ленти со цел да се дефинира интензитетот на максималните врнежи со одредено времетраење може да биде со методот на карактеристични (превојни) точки или со методот на петминутен период на дискретизација (Δt=5min). Во овој труд е користен вториот метод, односно со методот на петминутен период на дискретизација (Δt=5min) за кој периодот на дискредитација е константен (Δt=5min) и за вкупното траење на врнежите се добива хронолошка низа на средни петминутни интензитети на врнежите. Максималните вредности за

интензитетот на врнежите се добива со екстракција-издвојување на најголемата вредност во низата од среднопетминутните врнежи, или осреднетата вредност за врнежите со одредено времетраење. За да се отчитаат вредностите од плувиографските дијаграми користена е онлајн алатката *graphreader*. За таа цел сите ленти најпрво се скенирани, дијаграмите се дигитализирани и определени се вредностите на најголемите висини на врнежи со траење од 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720 и 1440 минути.

2.4 Определување на годишни максимални врнежи со одредено времетраење

За анализираните метеоролошки станици обработени се сите плувиографски дијаграми каде се регистрирани врнежи за сите години од периодот од 1989 година до 2020 година. Врз основа на овие податоци се формираат хронолошки низи од годишни максимални врнежи со времетраење од 5 минути до 1440 минути. За секоја година е формирана и низа на максимални дневни врнежи измерени според обичен дождомер за секоја година (извор: УХМР).

При формирање на низите од годишни максимални врнежи се контролирани обработените податоци и при тоа се следени следните принципи: 1) висината на годишните максимални врнежи со одредено времетрење мора да бидат поголеми од годишните максимални врнежи со помало времетраење, 2) годишните максимални врнежи со времетраење од 1440 минути мора да бидат поголеми и/или евентуално еднакви на максимални дневни врнежи. Во случај да овој услов не е исполнет со обработка на плувиографските дијаграми, годишните максимални врнежи со времетраење од 1440 минути се изедначуваат со максимални дневни врнежи (за истите се располага со комплетна низа за анализираниот период), 3) при појава на два или повеќе издвоени пократки врнежи меѓу кои постои период без врнежи, максималните врнежи со определено времетраење се определува врз основа на врнежите за целиот период од почетокот на врнежите до престанок на истите.

Врз претходно објаснетата постапка, за анализираните метеоролошки станици (Скопје, Штип, Прилеп, Битола, Охрид, Крива Паланка, Демир Капија и Лазарополе), формирани се единствени низи од годишни максимални врнежи со траење од 5, 10, 20, 40 ,60, 90, 150, 300, 720 и 1440 минути за периодот од 1989 година до 2020 година.

2.5 Дополнување на некомплетните низи

Поради прекини на мерењата на врнежите на одредени мерни станици (Битола, Лазарополе и Охрид), а со цел да се пополнат низите од годишните максимални врнежи со одредено времетраење се наметна потребата од дополнување на низите. Пополнувањето на низите е направено со формирање на корелациони врски помеѓу низите на годишни максимални врнежи со определено траење и низата од максималните дневни врнежи кои за сите станици низите се комплетни.

При воспоставување на овие корелациони врски контролирана е јачината на врската согласно основниот критериум за корелативните врски, односно пресметан е и контролиран коефициентот на корелација (r), Табела 4.

За мерните станици Битола и Охрид, овој коефициент има помали вредности за врнежите со помало траење, а повисоки вредности за врнежите со подолго времетраење. За мерната станица Лазарополе бидејќи овие вредности беа релативно мали, што укажува на слаби врски, направена е и просторната корелативна врска со станиците: Прилеп, Демир Капија, Охрид и Битола.

Од компаративната анализа на добиените корелативни врски најголеми коефициенти се добија при воспоставување на корелативна врска на врнежите со одредено времетраење од м.с. Лазарополе со врнежите со исто времетраење од м.с. Охрид.

Табела 4: Коефициенти на корелација

r	5'	10'	20'	40'	60'	90'	150'	300'	720'	1440'
Битола										
24h	0.297	0.356	0.417	0.435	0.467	0.490	0.498	0.502	0.590	0.560
Охрид										
24h	0.165	0.206	0.157	0.130	0.128	0.142	0.295	0.418	0.638	0.933
Лазарополе										
24h	0.161	0.106	0.028	-0.003	-0.028	-0.045	-0.057	-0.037	0.029	0.087
Прилеп	0.213	0.076	0.052	-0.117	-0.157	-0.122	-0.173	0.049	0.295	0.396
Демир Капија	0.298	0.244	0.074	0.000	-0.043	-0.095	-0.098	-0.197	-0.037	-0.031
Охрид	0.666	0.585	0.788	0.623	0.435	0.414	0.443	0.379	0.064	0.162
Битола	0.324	0.429	0.510	0.343	0.222	0.172	0.126	0.025	0.013	0.003

2.6 Тестирање на хомогеност на формираните низи

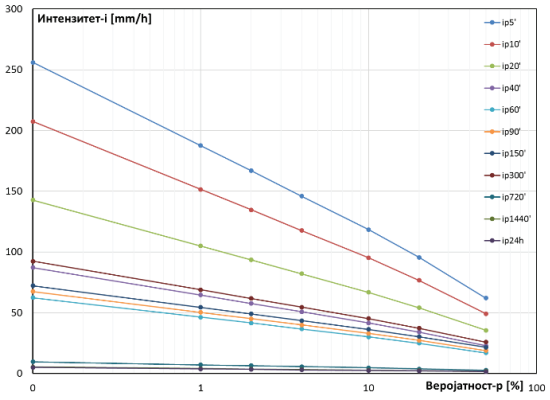
За испитување на хомогеноста на формираните низи од максимални годишни врнежи со одредено времетраење се користени параметарски тестови: нормализиран Z-тест на средна вредност, студентов t-тест и Фишеров тест. Согласно спроведените анализи може да се костатира дека податоците од низите припаѓаат на иста популација со веројатност од 95%.

2.7 Дефинирање на функции на веројатност на интензивните врнежи

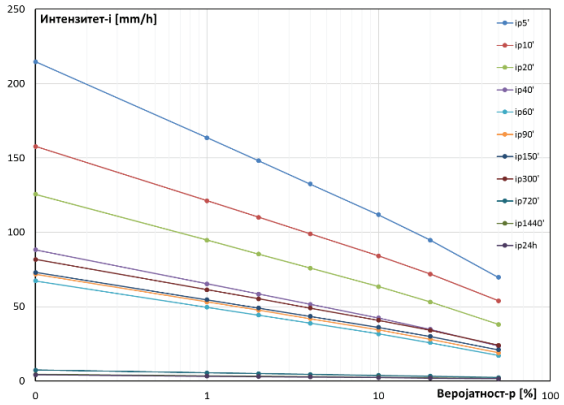
Статистичката обработка на формираните низи на годишни максимални врнежи со одредено времетраење за сите мерни станици се состои во определување на основните статистички параметри: средна аритметичка вредност, средно квадратно отстапување, коефициент на варијација, коефициент на асиметрија, [4].

Теоретската функција на густина на веројатнот, што е адекватна на емпириската фревенција и функцијата на дистрибуција на веројатнот се однесуваат на целата популација, односно постоечките низи од ограничен број на податоци (n=65) се третираат како низи со неограничен број податоци (n=∞) со што се опфаќаат сите можни појави во иднина.

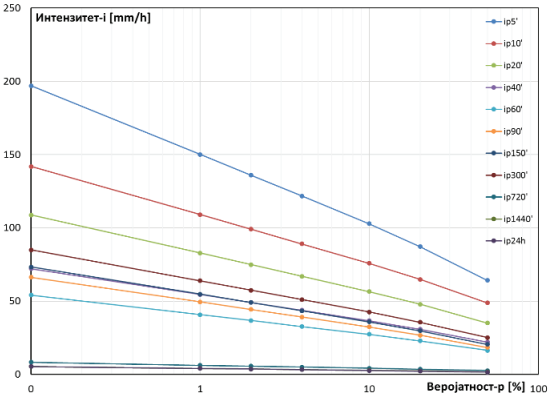
Анализирани се неколку функции на густина на веројатност: Гумбелова распределба, Пирсон III тип, Лог-номална двопараметарска и Лог-пирсонова. Со тестирање на прилагодливоста на овие ф-кции со емпириската фреквенција на случајната променлива со примена на χ2- тестот при значајност на тестот од α=5%, најдобро прилагодување покажува Гумбеловата функција. Дефинирањето на веројатноста на појава на максималните интензивни врнежи за сите дождомерни станици и траење на врнежите е направено со примена на Гумбеловата распределба. Воспоставените графички зависности помеѓу интензитетот на врнежите, времетраењето и веројатноста на појава (i-T-p) за сите мерни станици за врнежите со кратко траење (5, 10, 20, 40, 60, 150, 300, 720, 1440 минути) се прикажани графички, Слика 2



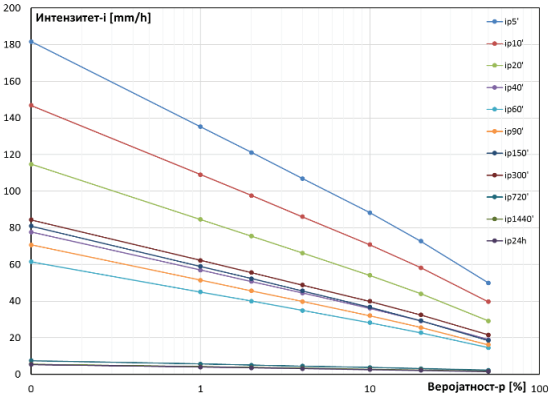
i-T-p за м.с. Скопје



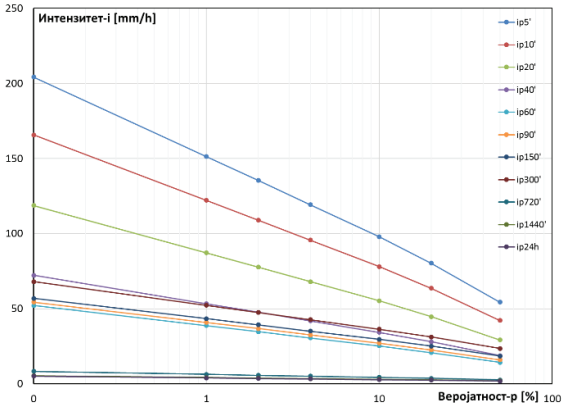
i-T-p за м.с. Штип



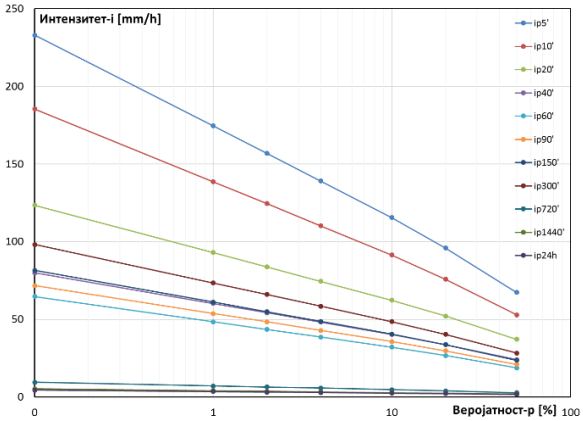
i-T-p за м.с. Прилеп



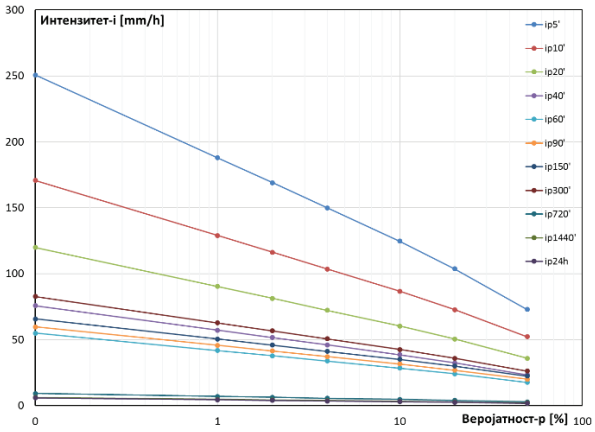
i-T-p за м.с. Битола



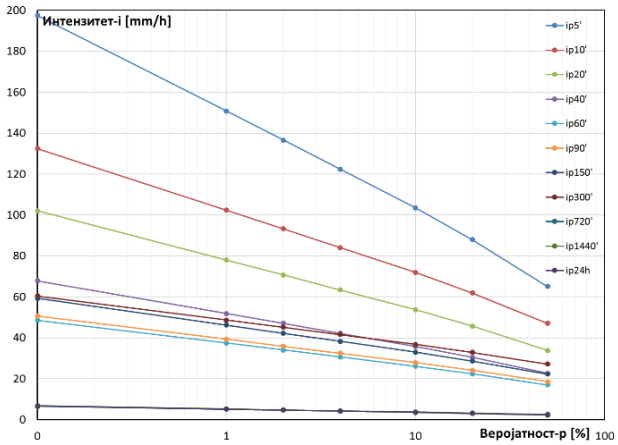
i-T-p за м.с. Охрид



i-T-p за м.с.Крива Паланка



i-T-p за м.с. Демир Капија



i-T-p за м.с. Лазарополе

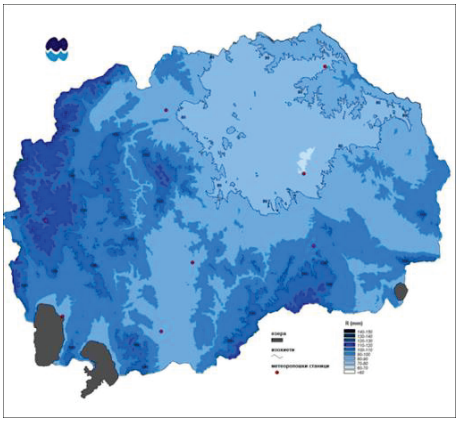
Слика 2: i-T-p

3. АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

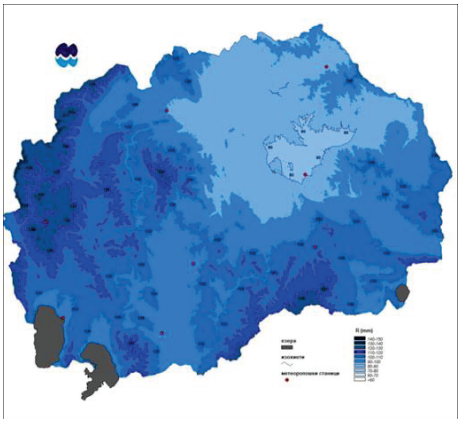
Промената на режимот на врнежите може да го анализираме со компарација на пресметаните вредности за максималните врнежите со кратко времетраење (5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440 минути) за повратен период од 100 години за периодот од 1956 до 2020 г. со истите податоци за периодот од 1956 до 1988 година, Слика 5. Може да се забележи дека во Скопје на врнежите со времетраење од 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150 минути бележат намалување, додека врнежите со подолго времетраење од 300, 720, 1440 минути и 24 часа се зголемени во последните 30 години. Во Штип зголемување на интензитетот е забележано кај врнежите со кратво времетраење освен кај врнежите кои траат 10 минути. За мерната станица во Прилеп е забележано зголемување на интензитетот на врнежите со времетраење од 5, 10, 20, 40, 60, 300 и 720 минути, додека намалување на интензитетот е забележано кај врнежите во траење од 90,150, 1440 мин и 24 часа. Во Битола и Охрид за сите периоди на времетраење на врнежите може да се забележи намалување на интензитетот во последните 30 години. Во Крива Паланка има зголемување на интензитетот на врнежите со времетраење од 5, 10, 40, 60, 90, 150 минути. Во Демир Капија има зголемување на врнежите со времетраење од 5 минути и врнежи со времетраење повеќе од 300 минути, додека во Лазарополе само за врнежи со времетраење од 720 минути и 24 часа се забележува зголемување на врнежите. Ако се разгледуваат средните вредности за промената на врнежите за целата територија, може да се констатира дека врнежите со времетраење од 5,10,20, и 40 минути, забележуваат намалување (од 0,53% до 6%), додека врнежите со времетраење од подолго од 60 минути имаат зголемување (0,66% до 9,09%). Максималните дбневни врнежи во период на повторување од 100 години во просек се зголемени за 6,29 %, Табела 5. Ако се направи споредба на просторната распределба на пресметаните екстремни вредности на годишни максимални дневни врнежи со повратен период од 50 и 100 години, Слика 3 и 4, соодветно, ситуацијата е следна: најмногу врнежи има во Лазарополе, а најмалку во Штип.

Табела 5: Промена на максималните врнежи во %

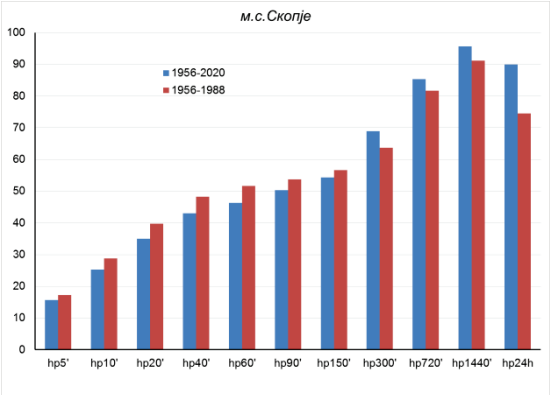
%	hp5'	hp10'	hp20'	hp40'	hp60'	hp90'	hp150'	hp300'	hp720'	hp1440'	hp24h
Скопје	-9.10	-12.38	-11.90	-10.78	-10.15	-6.35	-4.06	8.18	4.44	4.93	20.87
Штип	3.37	-3.41	9.76	33.51	47.97	60.02	60.32	71.73	44.10	23.40	17.99
Прилеп	9.68	0.12	1.35	5.94	7.78	-5.92	-4.94	1.39	11.76	-8.09	-9.75
Битола	-10.42	-14.44	-16.77	-17.65	-17.95	-17.03	-16.48	-14.20	-8.96	-15.84	-16.11
Охрид	-13.53	-14.76	-16.56	-16.05	-15.73	-14.37	-13.19	-7.01	-9.22	-9.18	-6.97
Крива Паланка	3.43	1.52	-1.28	12.56	4.08	13.13	6.08	-3.99	-9.83	-7.05	-17.66
Демир Капија	5.61	-1.20	-1.42	-1.85	-1.81	-2.26	-0.10	3.14	23.70	30.03	39.90
Лазарополе	-2.33	-3.71	-10.36	-9.95	-8.93	-7.46	-9.70	-4.29	16.77	-10.76	22.03
Ср. вредност	-1.66	-6.03	-5.90	-0.53	0.66	2.47	2.24	6.87	9.09	0.93	6.29

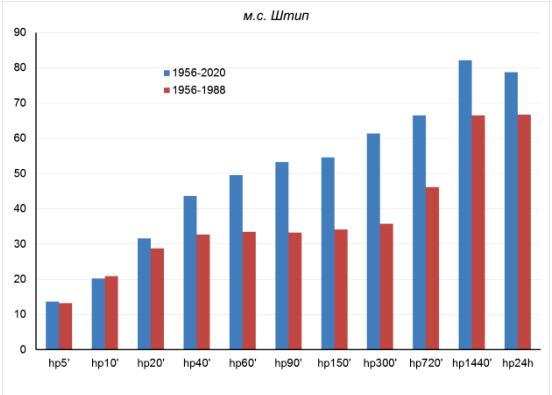


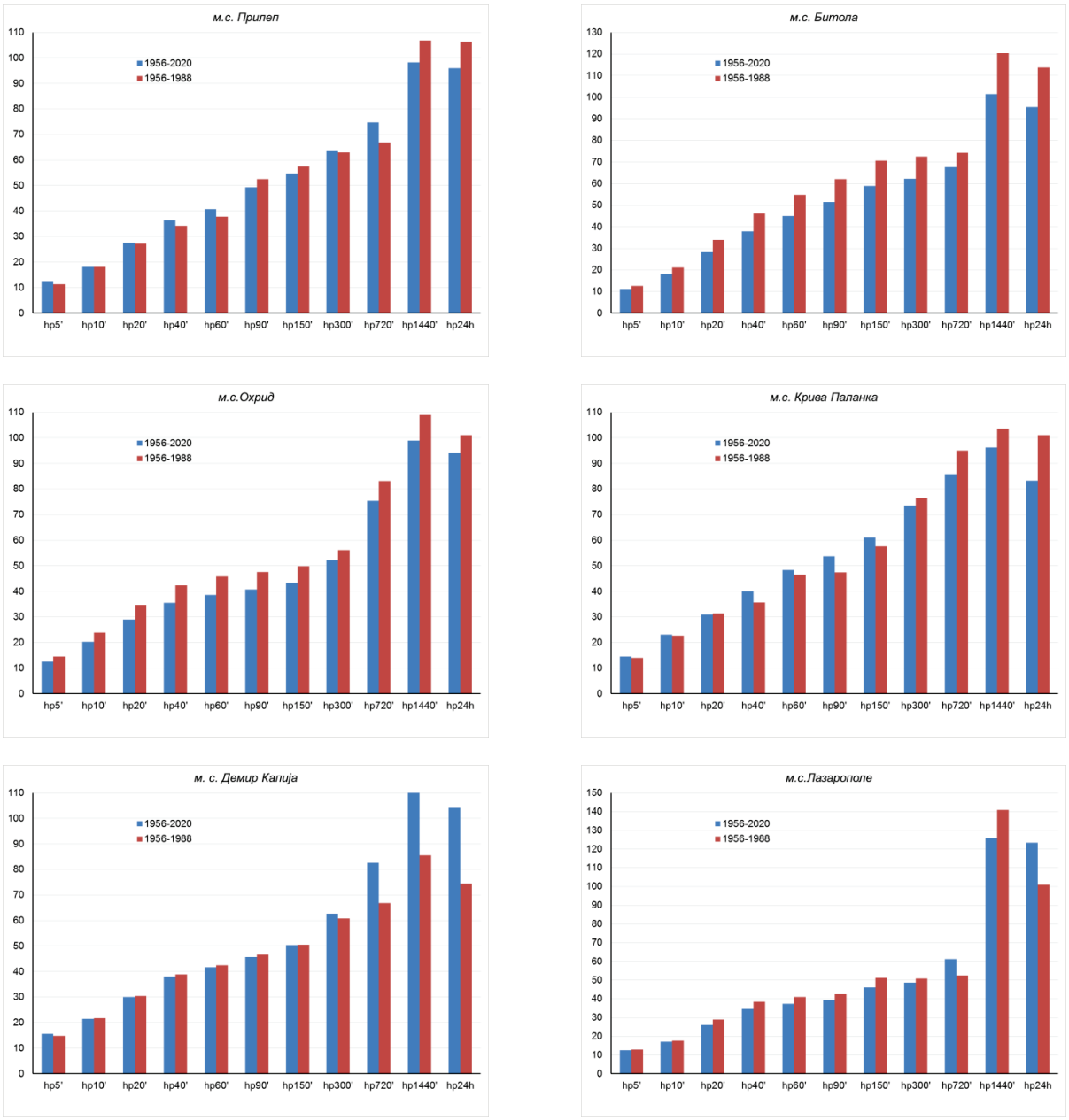
Слика 3: Просторната распределба на максимални дневни врнежи-Т= 50 години



Слика 4: Просторната распределба на максимални дневни врнежи-Т= 100 години







Слика 5: Максимални врнежи со кратко времетраење за повратен период од 100 години (период 1956 - 2020 година во споредба со периодот 1956 -1988 година)

Сложената орографска структура на Р.С. Македонија условува нерамномерна просторна распределба на врнежите и влијае на плувиометрискиот режим. Еден од најважните услови што има влијание врз количината на врнежите е географската локација на разгледуваната локација, т.е. географската широчина должина, како и надморска височина. Најмали количества на врнежи има во централните подрачја и тоа во Градско, Тиквешијата и Овче Поле, кои се најсушните области на територијата, со просечни количини на врнежи меѓу 400-500 mm годишно. Најголеми количини на врнежи се регистрирани на највисоките планински масиви во Западна Македонија и изнесуваат околу 1000 mm годишно. Во другите области во нашата Република се измерени просечни годишни врнежи од 600-1000 mm за периодот 1981-2010 година (УХМР).

4. ЗАКЛУЧОК

Врнежите како исклучително стохастичка појава, променлива по време и простор, се релевантни за анализа во областа на хидрологијата. Овие анализи се особено важни со оглед на тоа што климатските промени се евидентни и на глобално и на регионално ниво. Потребата од анализа на врнежите со кратко траење во Р.С. Македонија е повеќе од неопходна, со оглед на тоа што вакви документирани анализи се правени пред околу 30 години.

Во трудот е прикажана анализа на врнежите со кратко траење во Р.С. Македонија врз основа на податоци измерени на осум мерни станици во периодот од 1956 до 2020 година. Анализата на серијата измерени податоци за врнежите на сите осум мерни станици покажува логична варијабилност со тренд на зголемување на врнежите во последните 30 години. Низи од 65 податоци се статистички обработени и тестирани за хомогеност на низата. Дефинирани се екстремни вредности со различни периоди на враќање.Резултатите добиени од овие анализи се споредени со оние од анализите направени врз основа на податоци измерени на истите осум мерни станици во периодот од 1956 до 1988 година (објавени во 1993 година). Споредбената анализа покажува дека екстремните вредности на врнежите пресметани за различни повратни периоди, според распределбата на веројатноста на Гамбл, се со тренд на пораст.

Од аспект на обезбедување на релевантни параметри за хидролошките студии, секако и податоци релевантни за димензионирање на објектите за одводнување на патиштата, се препорачува овие анализи да се повторуваат во пократки временски периоди во иднина, барем во период од 10 до 15 години.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:

1) Ж. Шкоклевски, Б. Тодоровски, (1993). Интензивни врнежи во Република Македонија, Градежен Факултет, Институт за хидротехника, Скопје,
2) Стратегија на климатски промени, (2017). Град Скопје, Сектор за заштита на животната средина и природата на Град Скопје
3) В. Ѓешовска, Г. Тасески, П. Пеливаноски, К. Доневска и др. (2022). Анализа на интензивните врнежи во Република Северна Македонија, Научноистражувачкиот проект (НИП), Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје
4) Ц.Поповска, В.Ѓешовска, (2012). Хидрологија-теорија со решени задачи, Градежен факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, 2012
5) Metode merenja I obrade s raćunski primjerima, (1985). Jugoslovensko društvo za hidrologija,
6) C.L. Chen, (1983). Rainfall intensity-duration-frequancy formulas, J. Hyd. Div.ASCE109(12):1606-1621,
7) D.M. Hershfield, (1965). Estimating the probable maximum precipitation, J. Amer.Waterworks Assoc.57: 965-972,1965
8) S.J. Prohaska, V.I. Bartoš Divac sa saradnicima,(2014). Intenzitet jakih kiša u Srbiji, Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”, Beograd, 2014

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т4 – 5

СООБРАЌАЈНА БУЧАВА – ЕКОЛОШКИ ПРОБЛЕМ И ВО МАЛИТЕ УРБАНИ СРЕДИНИ

TRAFFIC NOISE – AN ENVIRONMENTAL PROBLEM ALSO IN SMALL URBAN ENVIRONMENTS

Марија Хаџи-Николова[1], Дејан Мираковски[2], Николинка Донева[3], Афродита Зенделска[4]

1 Associate Professor, Dr.Sc. Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip North Macedonia, marija.hadzi-nikolova@ugd.edu.mk

2 Full Professor, Dr.Sc. Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip North Macedonia, dejan.mirakovski@ugd.edu.mk

3 Full Professor, Dr.Sc. Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip North Macedonia, nikolinka.doneva@ugd.edu.mk

4 Associate Professor, Dr.Sc. Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip North Macedonia, afrodita.zendelska@ugd.edu.mk

Апстракт

Во последните неколку децении, сообраќајната бучава има сé поголемо влијание врз квалитетот на живеење. Како резултат на несоодветна, непланска урбанизација, интензивирање на сообраќајот, користење на застарени моторни возила, неквалитетни сообраќајници, се доживува како еден од значајните еколошки проблеми кој претставува реална закана за здравјето и квалитетот на живеење. За да се преземат ефективни мерки против сообраќајната бучава, императив е информацијата за нејзината дисперзија, односно моделирање на дисперзијата на бучава. Сегашните регулативи исто како и научните напори се фокусирани на големите метрополи - агломерации, иако двегодишниот монитонг спроведен во Штип (град со околу 50.000 жители) укажува на зголемени нивоа на бучава во поголемиот дел од градот. Насоченото следење и мапирање со помош на софтверот за моделирање на бучава SoundPLAN, укажуваат на сообраќајот како главен извор на бучава во урбаните средини. Целта на овој труд е да укаже на фактот дека и малите урбани средини, како што е Штип, исто така имаат проблем со високите нивоа на бучава. Од друга страна, тие немаат законска обврска да изработат стратешки карти за бучава и акциони планови за решавање на проблемите со бучавата. Трудот ги прикажува резултатите од мерењето на бучавата од патниот сообраќај и моделирањето на дисперзија на бучава во малиот, но динамичен град Штип, што укажува на зголемената загриженост за нивоата на бучава во слични средини низ цела Југоисточна Европа, обидувајќи се да одговори на прашањата: Дали малите урбани средени се безбедни од аспект на високите нивоа на бучава на кои е изложено населението и дали треба и тие да имаат акциони планови за намалување на бучавата?

Клучни зборови

Бучава, загадување, моделирање, сообраќај, урбани средини.

Abstract

In last few decades noise pollution has a growing impact on life quality, as a result of inadequate, unplanned urbanization, traffic intensification, usage of obsolete motor vehicles, etc. A number of surveys and monitoring studies in recent decades have shown that noise pollution, is often perceived as one of the significant environmental issue, presents a real threat to people's health and life quality. In order to implement effective measures against the traffic noise the information about its distribution – noise maps - is imperative. Current regulations as much as scientific efforts focuses large metropolitan agglomerations, although two-years research study in Stip (about 50.000 inhabitants) implicate excessive noise levels in the major part of city. Directed monitoring and mapping using SoundPLAN 7.1 noise and air pollution modelling software, point to traffic as the principal community noise source, directly linked with measured noise levels. The purpose of this paper is to point out the fact that small urban areas, such as Stip, have also a problem with high noise levels. On the other hand, they have no legal obligation to develop strategic noise maps and action plans for solving noise pollution problems, or to asses health effects related to high noise levels and apply noise reduction measures. The paper presents traffic noise measurement and mapping results in small, but dynamic city of Stip, pointing to growing concern about noise levels in similar environments all over South East Europe, try to answer the questions; are the small urban areas safe from noise pollution and should thy also develop noise reduction action plans?

Key words

Noise, pollution, modelling, traffic, urban area.

1. ВОВЕД

Бучавата е еден од главните еколошки проблеми во современиот свет кој потекнува од широк спектар на извори, вклучувајќи сообраќај (воздушен, патен, железнички), индустриски капацитети или социјални активности [1]. Голем број на истражувања и мониторинг студии во последните децении покажуваат дека сообраќајната бучава е вистинска закана за здравјето на луѓето и квалитетот на животот [2]. Во Европската унија околу 40% од населението е изложено на бучава од патниот сообраќај со ниво на бучава што надминува 55 dB(A) во текот на денот, а 20% се изложени на нивоа над 65 dB(A) [16]. Во текот на ноќта, повеќе од 30% од населението е изложено на нивоа на бучава кои надминуваат 55 dB(A), што предизвикува нарушување на мирниот сон [3].

Во земјите во развој, проблемот со зголеменото ниво на бучава главно се должи на несоодветна, непланска урбанизација, интензивирање на сообраќајот, користење на застарени моторни возила, неквалитетни сообраќајници. Овие земји се стремат да се вклучат во современите технолошки и индустриски развојни трендови и нивните влади се подготвени да ја „жртвуваат“ животната средина за сметка на интензивирање на развојот и индустријализацијата што ќе им овозможи на овие земји да бидат конкурентни на светскиот пазар, занемарувајќи го здравјето на населението изложено на високи нивоа на бучава.

Сообраќајната бучава денес се смета за еден од главните еколошки проблеми во градовите, цитиран од Светската здравствена организација [3] како втор меѓу низата еколошки стресори кој има негативно влијание врз здравјето на населението.

Во овој поглед, како што е наведено во Европската директива 2002/49/ЕС [4], стратешките карти за бучава се главна алатка за проценка на изложеноста на населението на бучава од околината.

Различни стратегии може да се земат предвид за моделирање на дисперзијата на бучава. Едната е изработка на карти на бучава со специјализиран софтвер за таа намена, врз основа на протокот на возила и просечната брзина на движење, додека втората опција се „in situ“ мерењата [5,6,7,8,9,10,11].

Во Република С.Македонија, според достапната литература и податоци, не се спроведени пошироки истражувања за нивото на бучава во животната средина и нејзиното штетно влијание. Не постои воспоставена државна мрежа за континуирано следење на нивото на бучава и според тоа не се изработени стратешки карти за бучава.

Имајќи го ова предвид, главна цел на овој труд е да се анализа нивото на бучава во малите урбани средини и да се разгледаат можни мерки за подобрување на состојбата. Како репрезентативна урбана средина е земен градот Штип, како помала урбана средина, која не спаѓа во групата на агломерации и како таква согласно Правилникот за агломерации, главни патишта, магистрални железници, главните аеродроми за кои треба да се изработат стратешки карти за бучава (Службен весник на Република Македонија, бр. 15/11) нема обврска да изработи стратешка карта на бучава и да изработи акционен план со мерки за намалување на нивото на бучава.

2. МЕТОДИ И МАТЕРИЈАЛИ

Изработката на стратешки карти на бучавата врз основа на мапирањето на бучавата претставува еден од трите клучни елементи на Европската директива 2002/49/ЕС во која е дефинирана нова стратегија во борбата против бучавата во 21 век со основна цел „ниту една личност да не биде изложена на ниво на бучава кое може да го загрози здравјето и квалитетот на животот“. Стратешките карти на бучава претставуваат почетен чекор во спроведувањето на активности за изработка на акционите планови за намалување на нивото на бучава и информирање на јавноста за состојбата со нивото на бучава.

За изработка на модел на дисперзија на сообраќајна бучава во градот Штип е користен софтверот SoundPLAN 7.1 Noise and Air Pollution Modeling Software, во рамки на кој

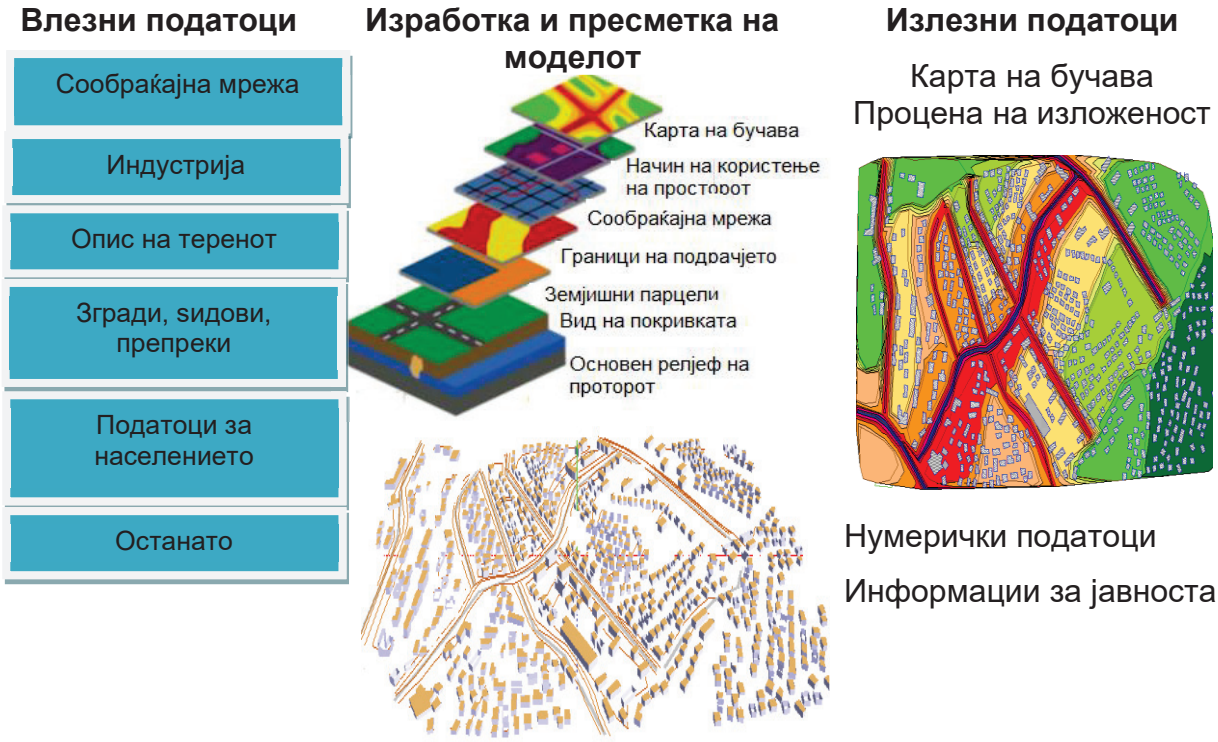
постојат апликации за анализирање и предвидување на ширењето на звукот во зададениот модел. SoundPLAN софтверот за моделирање и мапирање на бучавата претставува лидер на полето на мапирање на бучавата. Изработените карти на бучава доста веродостојно ја опишуваат постоечката состојба и се верификувани со резултатите од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава на повеќе мерни места во градот Штип. Во тек на изработка на картите на бучава моделот повеќекратно се контролира и споредува со вистинската состојба со цел да се постигне задоволителен квалитет. Моделирањето беше извршено врз основа на протокот на возила и просечната брзина на движење на возилата на поедини сообраќајници во градот. На слика 1 е прикажано главното мени на софтверот т.н. SoundPLAN Manager.

Слика 1: SoundPLAN Manager

Во SoundPLAN Manager се дефинираат стандардите за пресметување на индикаторите на бучавата предизвикана од патен сообраќај, согласно Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.107/08).

За бучава од патен сообраќај се применува Францускиот национален метод за пресметување ‘NMPB-Routes (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)’, од ‘Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6’ и францускиот стандард ‘XPS 31-133’. За влезните податоци за емисија, овие документи се повикуваат на ‘Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 980’.

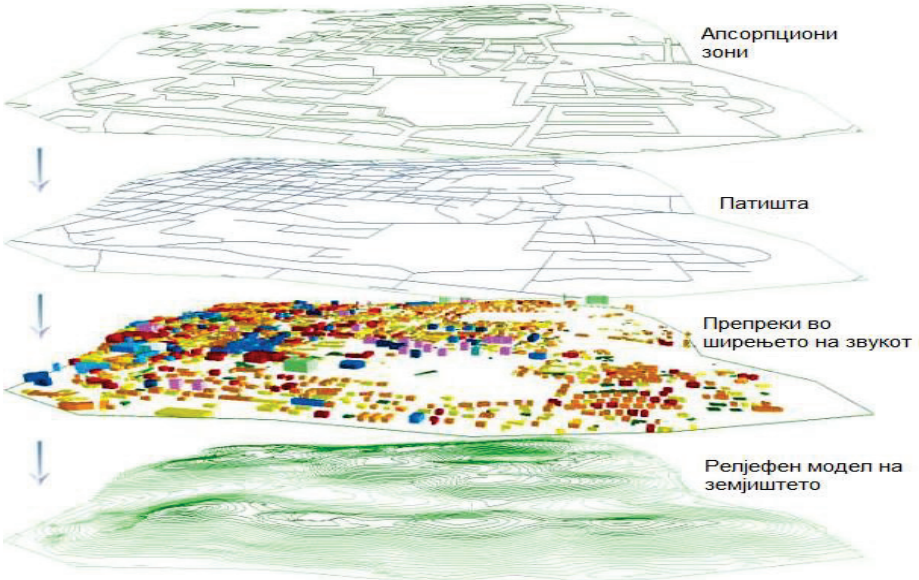
На слика 2 е даден општ приказ на изработка на моделот и содржината на картите на бучава.



Слика 2: Општ приказ на изработка на моделот и содржината на картите на бучава

Основниот модел за изработка на карти на бучава се состои од четири главни елементи (слика 3):

1. Изработка на релјефен модел на земјиштето, Digital Ground Model, (дигитализација на теренот, внесување на елевациони линии);
2. Препреки во ширењето на бучавата (згради);
3. Патишта;
4. Апсорпциони зони.



Слика 3. Моделирање на просторот

Патиштата во акустиката и моделирањето на дисперзија на бучава се разгледуваат како линиски извор. Во главната траса на патот се внесуваат координатите X и Y и надморската висина на теренот [12].

Моделирањето на сообраќајната бучава се врши врз основа на следните претпоставки [12]:

- Патниот сообраќај ги опфаќа сите видови возила како што се лесни возила, мали возила, тешки возила и лесни камиони;
- Бучавата се емитува од централната линија на сообраќајницата;
- Типот на површината на коловозот е ист во целата студија и се претпоставува дека е асфалтен бетон.
- Површината на патот на испитуваната област е рамна без бранување на површината на земјата.

За верификација на изработениот модел/карта на бучава беше спроведен двегодишен мониторинг на нивото на бучава на повеќе мерни места во градот.

Мерењата на нивото на бучава беа извршени во 1/3 октавен фреквентен опсег согласно ISO 1996 2:2010 Акустика - Опис, мерење и проценка на бучавата од околината - Дел 2: Определување на нивоата на бучава во околината, со користење на интегриран инструмент за мерење на звук тип CR: 171C, инструмент Класа 1 според IEC 61762.

Мерењата се извршени на висина од 1,5 m во близина на главните извори на бучава (сообраќајници, комерцијални згради) на најизложените фасади на растојание од 3,5 m од ѕидовите на зградите и другите рефлектирачки површини [13]. Анализата на фреквентниот состав на бучавата дава дополнителни информации за изворот на бучава, како и за застапеноста на одредени фреквенции, без разлика дали се во опсегот на слушното подрачје кај луѓето. Со мерења во 1/3 фреквентен октавен опсег директно се измерени следните индикатори:

- (Ld) (Индикатор за вознемирување од бучава во текот на денот) или дневно ниво на бучава кое е А-еквивалентно долгорочно просечно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;
- Le (Индикатор за вознемирување од бучава во текот на вечерните часови) или вечерно ниво на бучава кое е А-еквивалентно долгорочно просечно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;
- Ln (Индикатор за вознемирување од бучава во текот на ноќта) или ноќно ниво на бучава кое е А-еквивалентно долгорочно просечно ниво на звук дефинирано во ISO 1996-2:1987;
- Leq (Еквивалентно ниво на бучава) е индикатор за бучавата пресметан од измерените нивоа на бучава во одреден интервал.

Индикаторот за вознемирување од бучава во текот на денот (Ld) го опфаќа периодот од 12 часа, од 7 до 19 часот, индикаторот за вознемирување од бучава во текот на вечерта (Le) го опфаќа периодот од 4 часа, од 19 часот до 23 часот и индикаторот за вознемирување од бучава во текот на ноќта (Ln) го опфаќа периодот од 8 часа, од 23 часот до 7 часот наутро [14]. Овие временски интервали се дефинирани во SoundPLAN Manager (слика 1).

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултатите од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава покажаа дека еквивалентно ниво на бучава во Штип ги надминува границите на нивото на бучава за сите индикатори за бучава (Ld, Le, Ln). Највисоките нивоа на бучава беа измерени на главните сообраќајници во центарот на градот, поради интензивниот проток на возила и застоите кои се прават како резултат на зголемениот број на возила. Просечното еквивалентно дневно ниво на бучава на еден од главните градски булевари беше 61,4 dB(A) (дозволено ниво на бучава 55 dB(A)) [15], вечерното ниво (19 часот – 23 часот) беше 59,2 dB(A) (дозволено ниво на бучава 55 dB(A)) [15], а ноќното (23 часот – 7 часот) беше 58,8 dB(A) (дозволено ниво на бучава 45 dB(A)) [15].

Надминувањето на дозволеното ниво на бучава на индикаторите за дневно и вечерно ниво на бучава се движи од 5 до 7 dB (A) за сите мерни места. Значително повисоко ниво на бучава во споредба со граничните вредности е регистрирано за индикаторот за ноќна бучава, кој ги надминува граничните вредности кои се движат од 7 до 13 dB (A). Од друга страна, ноќното ниво на бучава над 55 dB доведува до ситуација која се смета за посебно опасна за здравјето на популацијата.

Резултатите од двегодишниот мониторинг на нивото на бучава во градот Штип се дадени во табела 1, заедно со резултатите од мерењето на ниво на бучава кое беше направено во Град Скопје и Тетово [16], како поголеми урбани средини/агломерации и какви такви имаат обврска да изработат стратешки карти на бучава и акциони планови со мерки за намалување на бучавата.

Табела 1. Резултати од мониторингот на нивото на бучава во градовите Штип, Скопје и Тетово [16]

Град	L_d (07.00-19.00)			L_e (19.00-23.00)			L_n(23.00-07.00)		
	Min dB(A)	Max dB(A)	$L_{eq,24h}$ dB(A)	Min dB(A)	Max dB(A)	$L_{eq,24h}$ dB(A)	Min dB(A)	Max dB(A)	$L_{eq,\ 24h}$ dB(A)
Скопје	50.1	69.4	65.4	56.5	69.8	62.8	54.3	69.1	62.2
Тетово	53.2	65.4	58.6	51.2	62.4	56.1	50.3	63.8	54.0
Штип	57.1	66.7	60.2	56.3	65.1	58.6	52.3	65.8	59.0

На слика 4 е прикажана изработениот модел на бучава во текот на денот за дел од централното подрачје на Штип.

Слика 4: Модел на досперзија на бучава во текот на денот

4. ЗАКЛУЧОК

Поголемиот дел од штипското урбано подрачје каде се одвиваат административни, комерцијални и културни активности е силно погодено од високи нивоа на сообраќајна бучава. Населението од станбените згради лоцирани во централното градско подрачје се директно изложени на прекумерна сообраќајна бучава.

Според податоците од двегодишниот мониторинг, 35% од штипското урбано подрачје спаѓа во зона на неудобност од бучава, главно подрачјето блиску до главните сообраќајници. Приближно 30% од градското население било изложено на над 57 dB(A), а околу 25% од нив живеат во централниот дел на Штип. Таквото ниво на бучава доведува до сериозно вознемирување и нарушување на спиењето [1] [17]. Многу студии ја илустрираат врската помеѓу изложеноста на бучава и негативните ефекти врз здравјето на популацијата. Бучавата може сериозно да го наруши квалитетот на животот (да го наруши сонот, да ја попречува разбирливоста на говорот) или евентуално да предизвика и социјални и психолошки проблеми [18]. Ваквите нарушувања, исто така, можат да создадат ризик од кардиоваскуларни заболувања [19].

Она што најмногу го загрижува од нашето истражување е фактот кој укажува на мало, но широко распространето зголемување на нивоата на бучава од година во година, што јасно укажува на постојан пораст на целокупното звучно загадување.

Имајќи ги предвид штетните здравствени ефекти од бучавата [2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27] општата цел на политиката за управување и контрола на бучавата во урбаните средини е сите активности во општеството да да се усогласат со желбата на населението за тивко општество. Широките оперативни цели вклучуваат барања за заштита, унапредување и подобрување на квалитетот на животот, односно потребата за еколошки одржлив развој, намалување на здравствените ризици и спречување на деградација на животната средина. Таквата политика се стреми да ја промовира еколошката благосостојба преку спречување и минимизирање на нивоата на бучава.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1]. Baubonytė, I., Gražulevičienė, R.: Road Traffic Flow and Environmental Noise in Kaunas City. (2007), Environmental Research, Engineering and Management, No.1(39), pp. 49-54, ISSN 1392-1649

[2]. Ising, H., Babisch, W., Guski, H., Kruppa, B., MaschkE, C: Exposure and Effect Indicators of Environmental Noise. Berliner Zentrum Public Health, 2004.

[3]. WHO (1999) Regional Office for Europe. Overview of the Environment and Health in Europe in the 1990s, Copenhagen, 231 p.

[4]. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (END). Official Journal L, 189. Brussels: The European Parliament and the Council of the European Union, 0012–0026; 2012

[5]. Bunn, F., Zannin, P.H.T Assessment of railway noise in an urban setting (2016). Appl Acoust (104):16–23.

[6]. Fiedler, P.E.K., Zannin, P.H.T. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs— Noise maps and measurements (2015). Environ Impact Assess Rev;2(51):1–9.

[7]. Sarantopoulos, G., Lykoudis, S., Kassomenos. P., Noise levels in primary schools of medium sized city in Greece (2014). Sci Total Environ;482–483:493–500.

[8]. Romeu, J., Genescà, M., PàmieS, T., Jiménez, S., Street categorization for the estimation of day levels using short-term measurements (2011). Appl Acoust ;72:569–77.

[9]. Hadzi-Nikolova, M., Mirakovski, D., Despodov, Z., Doneva, N. Traffic noise in small urban areas (2013). Transport & Logistics, 13 (27). ISSN 1451-107X.

[10]. Hadzi-Nikolova, M., Mirakovski, D., Delipetrov, T., Arsov, P.: Noise Dispersion Modelling in Small Urban Areas with Custic 3.2 Software. (2012) International Journal of Emerging Technology & Advanced Engineering, 2 (12). pp. 84-88. ISSN 2250-2459

[11]. Hadzi-Nikolova, M., Mirakovski, D., Ristova, E., Stefanovska Ceravolo, Lj.,: Modeling and Mapping of Urban Noise Pollution with SoundPLAN Software. (2012) International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM (Machines, Tecnologies, Materials), VI (5/2012). pp. 38-42. ISSN 1313-0226

[12]. SoundPLAN Manual 7.1, Braunstein + Berndt GmbH/SoundPLAN International LLC, January 2012W. BABISCH: Cardiovascular Effects of Noise. In: Encyclopedia of Environmental Health (J. O. Nriagu) Vol. 1. Elsevier, Burlington, 2011, 532-542.

[13]. Правилник за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија“ бр.120/08.

[14]. Правилник за примена на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.107/08).

[15]. Правилник за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр.147/08).

[16]. Мониторинг и мапирање на ниво на бучава во урбани средини (2016), Проект финансиран од МЖСПП.

[17]. Guski, R., Schuemer, R., Felscher-Suhr, U.: The concept of noise annoyance: how international experts see it. (1999) J. Sound Vibr. 223: 516-527B.H. DALTON, D.G.BEHM: Effects of noise and music on human and task performance: A systematic review, Occupational Ergonomics, 7, 143–152 (2007).

[17]. Evans, G.W., Bullinger, M., Hygge, S.: Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. (1998), Psychological Science 9: 75-77

[18]. Neus H. and Boikat U. (2000) Evaluation of traffic noise-related cardiovascular risk. Noise & Health 7: 65-77

[19]. Van Kamp, I., Babisch, W., Brown, A., L.,: Environmental Noise and Health. In: The Praeger Handbook of Environmental Health (2012). Vol. I. Foundations of the Field (R. H. Friis). Santa Barbara, 69-93.

[20]. Babisch, W.,: Cardiovascular Effects of Noise (2011). In: Encyclopedia of Environmental Health (J. O. Nriagu) Vol. 1. Elsevier, Burlington, 532-542.

[21]. Babisch, W.,: Cardiovascular Effects of Noise (2011). Noise & Health, 13, 201

[22]. M. HADZI-NIKOLOVA, D. MIRAKOVSKI, M. ZDRAVKOVSKA, B. ANGELOVSKA, N. DONEVA, Noise Exposure of School Teachers – Exposure Levels and Health Effects.In: Archives of Acoustics. Polish Academy of Sciences, Warszawa, pp. 259-264 (2013).

[24]. ACOEM NOISE AND HEARING CONSERVATIVE COMMITTEE: Noise-induced hearing loss. Journal of Occupational and Experimental Medicine 45, 579–581 (2003).

[25]. D.C. BUTTON, D.G. BEHM, M. HOLMES, S.N. MACKINNON: Noise and muscle contraction affecting vigilance task performance. Occupational Ergonomics 4, 751–756 (2004).

[26]. B.H. DALTON, D.G.BEHM: Effects of noise and music on human and task performance: A systematic review, Occupational Ergonomics, 7, 143–152 (2007).

[27]. R. MATHEWS: The Effect of Community Noise on Health and Well-being, Master dissertation, Auckland University of Technology, New Zealand (2009).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т4 – 6

Важноста на следењето на корозијата и залутаната струја во урбаните патеки

The importance of corrosion and stray current monitoring in urban tracks

Katarina Vranešić[1], Stjepan Lakušić[2]
[1]University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Croatia, katarina.vranesic@grad.unizg.hr
[2]University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Croatia, stjepan.lakusic@grad.unizg.hr

Абстракт

Корозијата и залутаните струи на шините во урбаните средини сè уште не добиваат доволно внимание. Многу оператори на патеката откриваат корозија со визуелна инспекција, што не е можно со затворени системи за колосеци. Бидејќи структурите на патеката се наоѓаат во различни корозивни средини, стапката на корозија може многу да варира. Во многу корозивно опкружување и во присуство на залутани струи, животниот век на структурата на патеката може да се намали на само неколку години. Урбаните шини се управуваат со директна струја што тече од трафостаницата преку надземната линија до возилата, обично користејќи ги шините како патека на повратната струја. Во дискретно прицврстени шини, шините обично не се целосно изолирани, па дел од повратната струја истекува од шината и поминува низ земјата во блиските метални предмети (во повеќето случаи, закопани метални цевководи). Корозијата на заскитаната струја се јавува кога струјата тече од шините и другите метални предмети во земјата. Денес, има многу малку насоки кои ги специфицираат мерките за намалување на залутаните струи. Дополнително, мониторингот и теренските мерења на заскитаните струи се вршат многу ретко. Овој труд го опишува проблемот со корозија и заскитани струи на пругата и дава преглед на најкористените методи од железничките оператори за заштита на пругата од процеси на корозија.

Key words

корозија, залутани струи, урбани патеки, детекција на корозија, мерење на залутана струја

Abstract

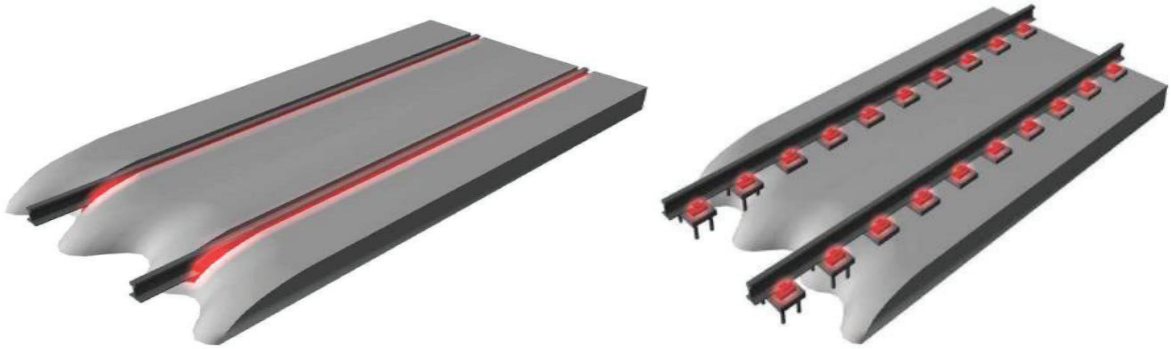
Corrosion and stray currents on tracks in urban areas still receive insufficient attention. Many track operators detect corrosion by visual inspection, which is not possible with closed track systems. Because track structures are located in different corrosive environments, the rate of corrosion can vary greatly. In a very corrosive environment and in the presence of stray currents, the life of track structure can be reduced to only a few years. Urban tracks are operated with direct current flowing from the substation through the overhead line to the vehicles, usually using the rails as a return current path. In discretely fastened tracks, the rails are usually not fully insulated, so some of the return current leaks out of the rail and passes through the ground into nearby metal objects (in most cases, buried metal pipelines). Stray current corrosion occurs where current flows from the rails and other metal objects into the ground. Today, there are very few guidelines that specify measures to reduce stray currents. In addition, monitoring and field measurements of stray currents are very rarely performed. This paper describes the problem of corrosion and stray currents on the track and gives an overview of the most used methods by rail operators to protect the track from corrosion processes.

Key words

corrosion, stray currents, urban tracks, corrosion detection, stray current measurement

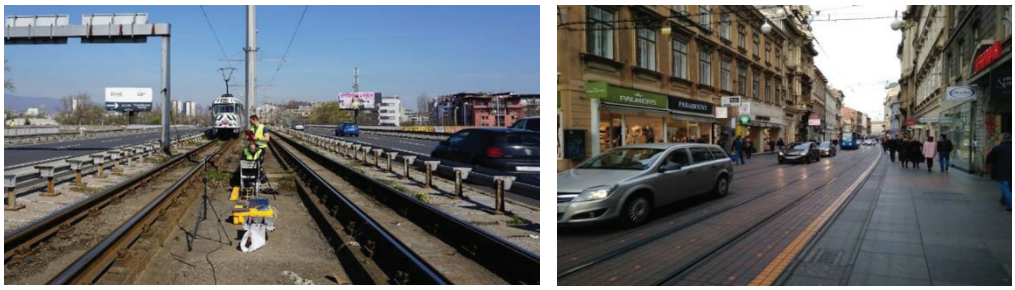
1. INTRODUCTION

Due to high transportation capacity, high speed, safety and comfort urban tracks are the main type of transportation in urban areas [1]. Nowadays, there are many types of track construction in the world, but they can be divided into two groups: continuously fastened tracks (Fig. 1a) and discretely fastened tracks (Fig. 1b). The primary role of the rail fastening system is positioning and fixing of the rails and transferring the vehicle load from the rails to the track substructure. In continuously fastened tracks, rails are placed on grooves in the concrete slab and the space between the rail and the concrete is filled with elastic material. In this way, rails are continuously fastened and fully insulated. In the case of discretely fastened tracks, rails are fastened using a different type of fastening system. The type and characteristics of fastening system are chosen depending on the required elasticity of the track, the planned load and the type of rail [2]. Discretely fastened tracks can be opened (Fig. 2a) or closed using difffent materials (Fig. 2b), which is necessary when the tracks are built as part of the road surface.



a) b)

Fig. 1: a) continuously fastened track, b) discretely fastened track [3]



a) b)

Fig. 2: Tracks located in a) road surface, b) separate belt

Today tramways and subways are operated on DC with a nominal voltage in the range of 500 to 1500 V, mostly in the lower range of this, namely 600 to 750 V [4]. Current is usually supplied from the electrical substation to the vehicle via the overhead wire and rails are used for the return current path. The shape and material properties of the rails are chosen according to the mechanical requirements and the electrical properties of the rails are still in the background [5]. Since longitudinal resistance of the rail is not zero and it is difficult to isolate the rails from the ground in discretely fastened tracks, the current flowing through the rail may leak out of the rail and flow back to the source through another path with less resistance [6]. This current is referred to as stray current. Stray current enters the metal object near the track construction, usually buried metal pipelines due to their low electrical resistance (Fig. 3). At the point where the current leaves the rail or other metal object and enters an electrolyte (concrete, water), the stray current causes pitting corrosion.

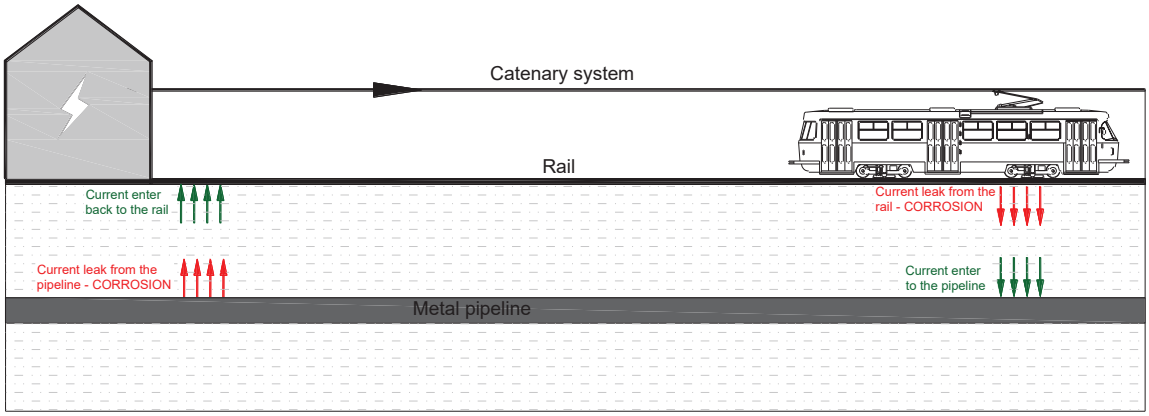


Fig. 3. Dynamic stray current flow

2. CORROSION AND STRAY CURRENT AT URBAN TRACKS

2.1 Corrosion at track infrastructure

Many researchers have studied rail wear, contact impacts, and fatigue of rail materials, but rail corrosion is not very common in the literature [7]. Corrosion is a result of contact of rails and fastening systems with the wet and humid environment and is particularly characteristic for discretely supported and fastened rails, especially in closed track systems. In closed track systems, it is very difficult to complitely insulate the rails and provide adequate drainage (Fig. 4), so corrosion can be very aggressive.

Fig. 4. Condition in closed track formation during the most part of the year, condition noticed after the track was opened

For discretely fastened tracks, the most common types of corrosion are general corrosion, pitting, and crevice corrosion. Crevice corrosion occurs due to the accumulation of corrosive media between the rail and the clip or between the rail and the elastic pad [8]. Corrosion leads to thinning of the rail foot and creating sharp egdes which can cause significant stress concentration under traffic load and can accelerate crack formation and cause fatigue failure. [9-11]. In studies [12], it was found that the mechanical properties of rail steel are affected by various corrosion media and that the yield and tensile strength of the rail decrease with increasing corrosion rate.

Fig. 5. Corrosion of the rail, noticed after the rail was removed from the closed track construction

2.2 Stray current in DC urban tracks

Stray current corrosion poses a major threat to track construction and other metallic infrastructure in the vicinity. It occurs at the point where the current leaves the rail and enters the electrolyte (soil, water, concrete). To determine the harmful effects of stray current on the rail and rail fastening system, a laboratory test was conducted at the Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, in which stray current was simulated using a laboratory rectifier. For this test, a real scale specimen was made in which the rail was fastened to the concrete base using a direct fastening system characteristic of the tram track infrastructure in the city of Zagreb. The rail foot was supported on the steel plate by neoprene pads and the steel plate was placed on elastic pad and levelling layer. The rails were fixed to the steel plate using SKL1 clips and anchor bolts (Fig. 6a). The specimen was immersed in water to half the height of the rail neck. Rail was connected to the positive pole of the rectifier and circuit was closed with two stainless steel reference electrodes, which were also immersed in water (Fig. 6b). The electrodes were connected to the negative busbar of the rectifier. The voltage was 26 V, and the current magnitude depended on the electrical resistance of the circuit. The tests lasted 191 days, and after the tests, stray current corrosion was detected at the rail foot (Fig. 7), at the clip (Fig. 8), and at the steel plate (Fig. 9).

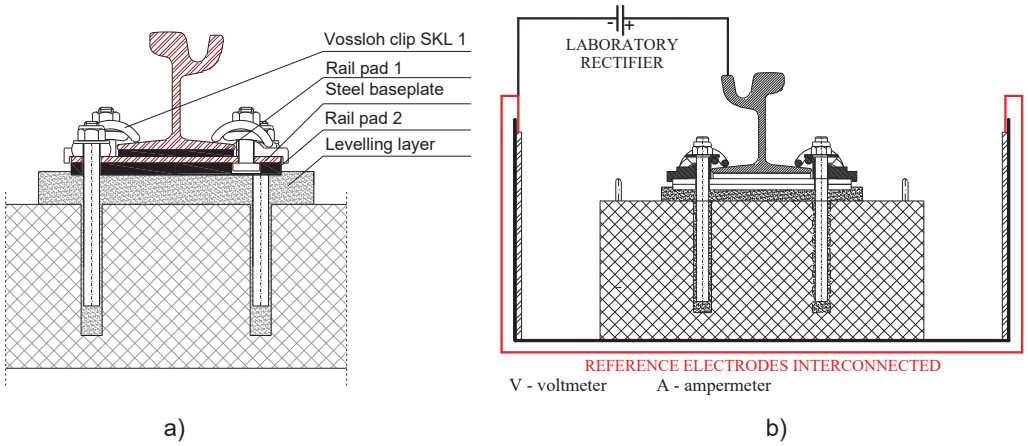


Figure 6. a) Cross section of testing specimen, b) specimen connected to the laboratory rectifier and treatened usind DC current

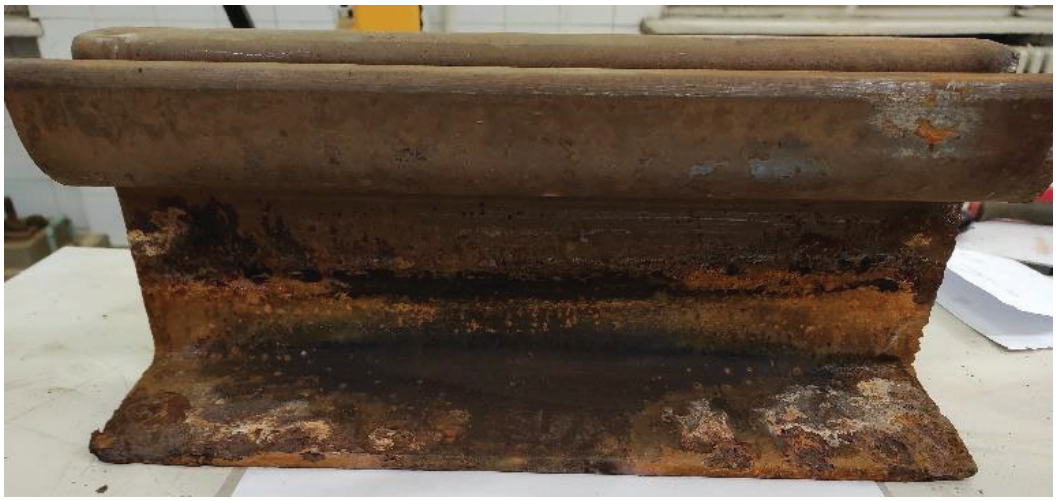


Fig 7. Stray current corrosion at rail foot

Fig. 8. Degradation of the clip caused by stray current

Fig. 9. Degradation of the steel place caused by stray current

The value of stray current depends on the electrical resistance between the rail and the ground and the longitudinal electrical resistance of the rail. Since the rails are used as a current conductor it is important that their electrical resistance is very low. According to the [13], the longitudinal resistance of rail is 40 mΩ/km and depends on the type of rail, temperature in the rail, condition and type of rail welds, and rail wear. Rail wear, which is a consequence of dynamic load and contact between the rail and the wheel, can increase the longitudinal rail resistance by up to 14%.

The resistance between the rail and the ground depends on the type of track. In the case of discretely fastened tracks, where the rails are not fully insulated, the type of fastening system and electrical resistance of the concrete base affect the resistance between the rail and the

ground. In this case, the fastening systems are the "discharge points" of the current. The current leaks from the rail through the fastening system into the concrete base and the ground. However, when the rails are in direct contact with the water that remains in the track, the current flows from the rail directly into the water causing corrosion degradation.

3. CORROSION AND STRAY CURRENT DETECTION METHODS APPLIED AT THE URBAN TRACKS IN THE WORLD

Since corrosion environment can change significantly throughout the year and from place to place, the rate of corrosion on tracks is very difficult to predict, especially in the presence of stray current. In a very corrosive environment, the rail lifespan can be shortened to only a few years. The most common deterioration observed in tracks due to corrosion and stray current is thinning of the cross-section of the rails, clips and steel plates. For this reason, it is very important to monitor corrosion and stray current in urban tracks to prevent their harmful influence.

Today, most track operators perform only visual inspections to detect corrosion on rails and fastening systems. However, by visual inspection it is not possible detection of corrosion on closed tracks, which are most susceptible to corrosion processes. Nowadays, corrosion on closed tracks is usually detected only during reconstruction after the tracks have been opened. Many non-destructive methods such as ultrasonic detection, infrared inspection, radiographic inspection, eddy current inspection, electromagnetic transducer, and ground penetrating radar are being developed to detect corrosion. These techniques have prospect of application in rail corrosion, but there are still difficulties in their implementation [9].

The standards and guidelines used by operators around the word mostly describe the value of electrical resistance between rail and ground that urban tracks must meet to reduce stray current. This value depends on the type of track. The guidelines [14] state that computer-based simulation should be used to determine the allowed amount of stray current and the required resistance between rail and ground. The guidelines [15] state that to reduce any potential impacts of stray current, appropriate mitigation techniques must be used and specified in the stray current mitigation plan. The stray current mitigation plan must include test points to verify that the rails are isolated from the ground and to identify any leakage of stray current during train operation. These points must be easily accessible to maintenance staff.

Nowadays, stray currents are usually determined by field measurements. Since dynamic stray currents cause the most damage to infrastructure near the tracks, stray currents are usually measured on nearby infrastructure, mostly buried pipelines. Stray currents can be measured directly or determined by measuring other parameters. To determine whether pipeline is jeopardized by the stray current, the potential between the pipe and the ground is usually measured.

Measurements that can be performed on track infrastructure in orded to detect stray currents are described in the standard EN 50122:2-2011 [16]. The measurement of the electrical potential between the rail and the ground is mostly performed measurement at the track. Using the equation defined in the standard, stray currents can be calculated. Since the potential between rail and ground is dynamic and changes during operation, measurements must be taken frequently. For this reason, some operators have set up a stray current monitoring system. These monitoring systems are based on potential measurements between the rails and the ground. In such monitoring, the potential is measured continuously at several points, and the change in potential indicates a change in electrical resistance between the rail and the ground.

Despite the many harmful effects caused by dynamic stray currents, many operators do not provide measures to prevent stray currents. It is also not clearly defined what value of electrical resistance between rail and ground is required to successfully reduce the values of stray currents. The value of electrical resistance depends primarily on the location of the tracks. For

example, if the tracks are located in a tunnel, they are difficult to dry, so according to some guidelines, the value of electrical resistance between rail and ground must be significantly higher in the tunnel than on the open track [17]. In addition, conditions for tracks near the sea are often very unfavorable because the soil contains chloride, which makes it difficult to ensure adequate resistance between rail and soil.

4. CONCLUSION

The degradation that corrosion and stray currents can cause to track depends primarily on the type and location of the track. Under very unfavorable conditions, corrosion processes on rails and fastening system components can progress very rapidly and cause great damage in a short time. In the case of tracks operated with direct current, the aggressive effect of stray currents on the metal elements of the track is further accelerated. Laboratory tests have shown that stray currents cause very large, localized damage to rail foot and fasteners when the rails and fasteners come into contact with water.

Today, corrosion on tracks is mostly detected visually, while some other non-destructive detection methods are not yet sufficiently developed and are used by only a few track operators. Stray currents are very rarely monitored on urban infrastructure. Due to the dynamic nature of stray current, it is not possible to determine the actual condition of stray current by periodical stray current measurements. For example, the value of stray current is affected by weather conditions throughout the year. On rainy days, the electrical resistance between the rail and the soil decreases due to water accumulation in the track, which reduces the electrical resistance of the concrete substructure and the electrical resistance of the soil. This increases the stray current.

To prevent corrosion and stray currents on the elements of the track structure, greater efforts must be made in the maintenance of the tracks and the implementation of monitoring systems that detect and prevent these harmful effects in time. Today, the greatest efforts are being made to prevent corrosion and stray currents on buried metal pipelines near track structure. However, to successfully prevent stray currents, it is necessary to focus on the source of the stray currents - the tracks - and to determine the effects of the stray currents on the track structures. Based on these results, appropriate and effective protective measures against stray currents can be defined, such as a suitable method of rail insulation and a suitable type of rail fastening system for discretely supported and fastened tracks.

REFERENCES

[1]. Xue H., Yang P., Zhang H., Jing E. (2018). Study on the Control Strategy of Urban Rail Transit Passenger Flow under the Condition of Large Passenger Flow, (Conference Proceedings, 6th Annual 2018 International Conference on Geo-Spatial Knowledge and Intelligence, December 2018, Hubei, China)

[2]. Haladin I., Lakušić S., Ahac M. (2017). Vibro-acoustic performance of newly designed tram track structures (Conference Proceedings, Building up Efficient and Sustainable Transport Infrastructure 2017 (BESTInfra2017), September 2017, Prague, Czech Republic)

[3]. Lakušić S., Vajdić M. (2011) Pregled suvremenih kolosiječnih konstrukcija na čvrstim podlogama (GRAĐEVINAR, 63 (2011) 2, pp. 125–134)

[4]. Steimel A. (2012). Power-electronic grid supply of AC railway systems (Conference Proceedings, 13th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), May 2012, Brasov, Romania, pp.16–25, doi: 10.1109/OPTIM.2012.6231844)

[5]. Mariscotti A. (2021). Impact of rail impedance intrinsic variability on railway system operation, EMC and safety, (INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING, 10 (2021) 1, doi: 10.11591/ijece.v11i1.pp. 17-26)

[6]. Chen Z.G., Qin C.K., Zhang Y.J., Yang X.C. (2010). Application of a stray current monitoring system base upon virtual instrument. (Conference Proceedings, IEEE International Conference on Automation and Logistics, August 2010, Hong Kong, China, doi: 10.1109/ICAL.2010.5585306)

[7]. Ovchinnikov D., Bondarenko A., Kou L., Sysyn M. (2021). Extending service life of rails in the case of a rail head defect, (GRAĐEVINAR 73 (2021) 2, pp. 119–125, doi: https://doi.org/10.14256/JCE.2860.2019)

[8]. Panda B., Balasubramaniam R., Dwivedi G. (2008). On the corrosion behaviour of novel high carbon rail steels in simulated cyclic wet-dry salt fog conditions, (CORROSION SCIENCE 50 (2008) 6, pp. 1684–1692, doi: 10.1016/j.corsci.2008.02.021)

[9]. Xu W., Zhang B., Deng Y., Wang Z., Jiang Q., Yang L., et al. (2021) Corrosion of rail tracks and their protection, (CORROSION REVIEWS, 39 (2021) 1, doi: 10.1515/corrrev-2020-0069)

[10]. Robles Hernández F.C., Plascencia G., Koch K. (2009). Rail base corrosion problem for North American transit systems, (ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, 16 (2009) 1, pp. 281–294, doi: 10.1016/j.engfailanal.2008.05.011)

[11]. Safa M., Sabet A., Ghahremani K., Haas C., Walbridge S. (2015). Rail corrosion forensics using 3D imaging and finite element analysis, (INTERNATIONAL JOURNAL OF RAIL TRANSPORTATION, 3 (2015) 3, doi: 10.1080/23248378.2015.1054622)

[12]. Samal S., Bhattaacharyya A., Mitra S.K. (2011). Study on Corrosion Behavior of Pearlitic Rail Steel (JOURNAL OF MINERALS & MATERIALS CHARACTERIZATION & ENGINEERING, 10 (2011) 7, pp. 573–581)

[13]. Charalambous C.A. (2017) Comprehensive Modeling to Allow Informed Calculation of DC Traction Systems' Stray Current Levels, (EEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, 66 (2017) 11, pp. 9667–9677, doi: 10.1109/TVT.2017.2748988)

[14]. Central Corridor Light Rail Transit: Report for Design Criteria, 2008, (on-line) available at: https://metrocouncil.org/Transportation/Publications-And-Resources/Transit/LIGHT-RAIL/Central-Corridor-Light-Rail-Transit-Design-Criteri.aspx (27.09.2022).

[15]. CITY OF EDMONTON: High Floor LRT Design Guidelines, (on-line) available at: https://www.edmonton.ca/public-files/assets/document?path=RoadsTraffic/2017LRTDesignGuidelines.pdf (27.09.2022).

[16]. EN 50122-2:2010. Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit - Part 2: Provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems

[17]. Planning DR, Guidelines D: Dubai Rail Planning & Design Guidelines, (on-line) available at: http://docplayer.net/88325830-Dubai-rail-planning-design-guidelines.html (27.09.2022).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 7

Идни концепти за одржлива изградба на патишта: производство на врзиво за асфалт од свинско ѓубриво

Sustainable road construction future concepts: asfalt binder production from swine manure

MARIJA ANDONOSKA[1], BLAGICA DAMEVA ANDONOSKA[2], MARKO ANDONOSKI[3]
[1] *M.Sc Environmental Engineering and Sustainable Energy-University Rovira I Virgili, Tarragona, Spain*
[2] *M.Sc Environmental Engineering and Resources - IRD Engineering, Rome, Italy*
[3] *Student of Civil Engineering Faculty – Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, North Macedonia*

Апстракт

Секторот за изградба на патишта игра клучна улога во воспоставувањето и одржувањето на посакуваниот животен стандард. Прилагодувањето на еколошката одржливост во текот на циклусот на проекти за изградба на патишта (системско планирање, проектно планирање и проектирање, изградба и работење и одржување), ќе го ограничи влијанието врз животната средина преку користење на одржливи производи и материјали за изградба на патишта. Асфалтното врзно средство познато како битумен е клучна состојка во индустријата за асфалтирање и е направен од сурова нафта, која е позната по своите хидроизолациски и врзувачки карактеристики. Производството на традиционални материјали за асфалтирање троши многу енергија и произведува многу испарливи загадувачи, кои имаат негативен ефект врз животната средина. Свинското ѓубриво како биомаса, беше откриено дека е можно био-врзување за делумна замена на врзно средство за асфалт поради неговата голема достапност и соодветни физичко-хемиски квалитети. Целта на овој труд е да го претстави потенцијалот на одржливо врзно средство за асфалт од свинско ѓубриво, изобилен земјоделски отпаден производ, преку разбирање на развојот на био-маслото од свинско ѓубриво, кое исто така може да послужи како рамка за сегашните практики и идните истражувачки концепти користејќи ја оваа технологија

Клучни зборови

Одржлива изградба на патишта, заштита на животната средина, врзивно средство за асфалт, свинско ѓубриво, био-масло

Abstract

The road construction sector plays a crucial role in establishing and sustaining a desirable standard of living. The adaptation of environmental sustainability throughout the road construction project cycle (system planning, project planning and design, construction, and operation and maintenance), will limit the impact on the environment through utilization of sustainable products and materials for road construction. Asphalt binder known as bitumen is a key ingredient in the paving industry, and it's made from crude oil, which is known for its waterproofing and binding characteristics. The manufacture of traditional paving materials consumes a lot of energy and produces a lot of volatile pollutants, which have a negative effect on the environment. Swine manure as biomass, was discovered to be a possible bio-binder for partial replacement of asphalt binder due to its large availability and adequate physicochemical qualities. The purpose of this paper is to present the potential of a sustainable asphalt binder from swine manure, an abundant agricultural waste product, through understanding the development of the bio-oil from swine manure, which may also serve as a framework for current practices and future research concepts using this technology.

Key words

Sustainable road construction, environmental protection, asphalt binder, swine manure, bio-oil

1. INTRODUCTION

One may wonder why we need sustainability. Like the rest of the sectors, the road construction sector needs to face the challenge of sustainability. It is the ability to meet our needs without compromising the ability of next generations to meet theirs.

This concept integrates the economic, societal and environmental aspects. The reasons are quite obvious:

- the overall population is increasing (by 2050, the UN predict that the world population will reach 9.7 billion) and
- the amount of natural resources like crude oil, aggregates or iron core is finite.

In this light, it seems like quite a challenge to reach sustainability in road construction since the latter, by the nature of its activity, generates lots of energy and consumes a lot of fossil resources.[int]

As the number of vehicles is increasing every year, asphalt road installations have to be designed, built and maintained in order to fulfill the highest standards of safety comfort and sustainability. The substantial increase in oil prices over the last years was reflected in production in refineries. Bitumen is the essential substance for the paving industry, and it's derived from crude oil that is recognized for its waterproofing and binding characteristics.[1]

Many researchers have been motivated to develop alternative binders from biomass, in order to minimize the traditional bituminous binders, as well discovering several possibilities to improve material performance while combating high material prices.

This has led to the substantial product development of alternative sources of using biological resources such as microalgae, animal manure, wood residues, urban waste and others. Most of these products were developed to replace fuel as an energy source, but some of them have been used as bitumen modifiers, partial replacers or substitutes. The manufacture of traditional paving materials consumes a lot of energy and produces a lot of gas and volatile pollutants, which have a negative effect on the environment; bio-binder would reduce the temperature of bitumen mixing and compaction, resulting in less hazardous pollution. As a result, adding bio-binders will minimize energy consumption while also improving pavement efficiency, which makes it renewable and environmental friendly.[2]

Swine manure as bio mass, was discovered to be a possible bio-binder for partial replacement of asphalt binder. Given the constraints of manure management and environmental regulations on the growth of pork farms and the growing need for asphalt binders for restructuring infrastructures, such sustainable development will lead to major environmental and economic improvements in both the agriculture and the construction industry. It's not often that swine manure is associated with bitumen, but resent research show that swine manure has several benefits in the production of bitumen and crack sealing material.[3]Swine manure is a rich biomass source that, through the use of biological and/or chemical processes, has the potential to transform into renewable energy. The use of a hydrothermal liquefaction (HTL) process on swine manure may perform the following functions: lowering waste content and providing renewable energy. This process utilizes heat and pressure to break apart carbohydrates and transform wastes into bio-oil.[4]

The goal of this study was to establish a sustainable and cost-effective asphalt binder over conversion of swine manure as an abundant and inexpensive feedstock, through hydrothermal liquefaction process, into bio-oil. The project will focus on optimizing the production of bio-oil through studying different temperature, as characterization of the biomass (swine manure) and product (bio-oil) as by-products (gas, bio-char and aqueous phase).

2. SUSTAINABLE FUTURE CONCEPT FOR ROAD CONSTRUCTION - SWINE MANURE AS ASFALT BINDER

Livestock production of organic waste

Livestock production is an important agriculture sector that generates a lot of organic waste (manure). The developments of new techniques brought substantial economic advantages, as well as serious ecological deterioration to producers and consumers.[5]

The livestock sector has grown to be one of the most significant present uses of national resources. Livestock production systems occupy around 30% of the planet's ice-free area, consume one-third of freshwater, and consume one-third of global cropland as feed. Increased livestock output leads to an increase in the generation of animal manures.[6]

The European Union (EU) is currently the second largest pig meat producer after China. The EU-27 has a substantial population of livestock: there were 143 million pigs, 77 million bovine animals and 74 million sheep and goats in 2019. Almost three quarters of the EU's pigs were found in Spain (21.8 %), Germany (18.2 %), France (9.4 %), Denmark (8.9 %), the Netherlands (8.3 %) and Poland (7.8 %).[7]

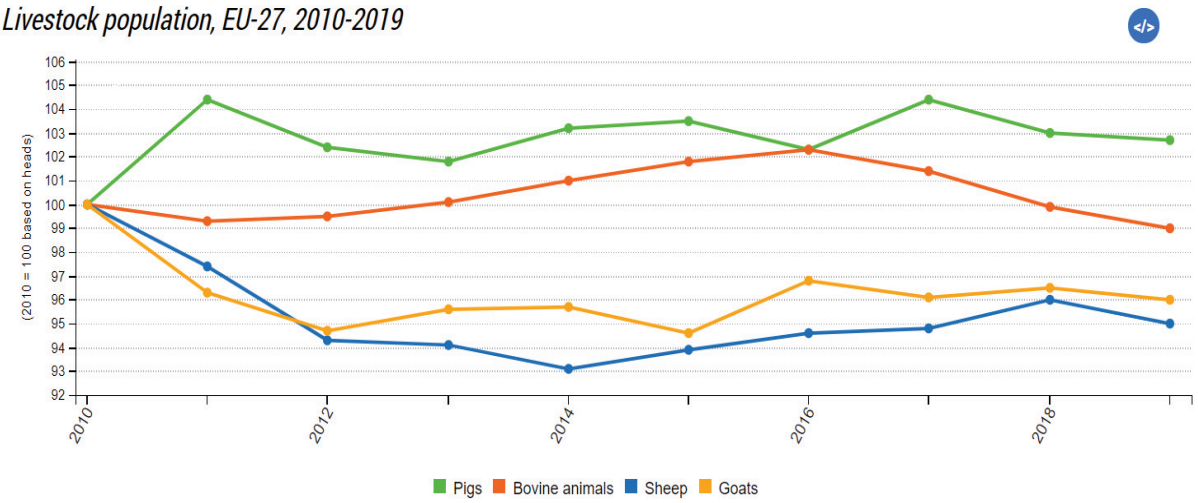


Figure 1. *- Livestock population in EU27*

There is no official reporting of the amount of manure produced across the EU, but a report estimates that the entire manure production in the EU27 is about 1.4 billion tons, of which pig slurry represent about 150 million tons.[8]

Pollution by swine manure

The significant increase of animal farming in the past decades has resulted in massive volumes of manure concentrated in very particular places, making it difficult to manage. As well, recent development of integrating smaller farms into bigger concentered feeding operations, has created a distinctive agricultural waste management issue. This imbalance in combination with a poor manure management system leads to environmental problems, such as water, air and soil pollution as well as bad odors.[9]

Swine manure contains leftover organic matter that is not degraded throughout the animal digestive process and therefore is not biologically stabilized. In the presence of accessible nutrients and water, the microorganisms in manure progressively decompose the organic matter. The major environmental issue focuses on several factors such as groundwater contamination, eutrophication of surface water, nutrient accumulation in soil, pathogen dispersion, hazardous compound accumulation (heavy metals), greenhouse gas emissions, odors, dust, and noise.[10]

- Air pollution

The major environmental impacts results from livestock production, specifically from emissions of ammonia and Greenhouse gases, as well as odors, dust, volatile organic compounds and microorganisms in the form of particles. Livestock manure management has an impact on air quality, primarily through emissions of CH4, N2O, and NH3. Both CH4 and N2O are Greenhouse gases, which make a considerable contribution to the rapid global warming and are now a cause of social concern. In the European Union, CH4 emissions are mostly related to animal enteric fermentation and manure management.[11/12]

- Water pollution

Many intensive pig farms contain swine waste in vats known as lagoons. These lagoons are widespread with pathogens such as salmonella, nitrogen and phosphorus. Spills are the most frequent source of pollution, but hazardous minerals such as nitrates and ammonia may seep into the water table just below the surface, contaminating the groundwater that local people drink. When manure reaches surface water, the nutrients released encourage the development of microorganisms, so fish and other aquatic creatures suffocate when there is insufficient dissolved oxygen in surface water.[13]

- Soil pollution

Soil contamination comes from unintended spills and areas where manure is stored in farms, as well overuse of manure in agricultural soils is assumed to be the primary cause of pollution.

One of the components that might be polluted by inappropriate manure application to the soil is nitrogen. The nitrogen from manure is made up of both inorganic (mostly ammonium) and organic components that must be mineralized before they can be used on plants. [14]

Other kinds of pollution produced by manure application to soil that must be monitored include heavy metal buildup, high salt concentration, and an increase in the population of pathogen microorganisms, which damage soil quality and jeopardize food and feed production.[15]

Mitigation strategies and measures should be implemented in all the stages of livestock production, from animal feed, to manure storage and soil treatment to soil application measures.Improved management is an important factor in minimizing the possibility of manure to the surface water significantly. Although it is not possible to regulate climatic and environmental conditions, farmers may better manage and control when and how manure is used.

In conclusion, it relies on a range of elements including storage conditions, additional manure processing as well as the use of appropriate agricultural practices whether the manure is a danger for the environmental or a beneficial supply of nutrients, that support plant productivity and the quality of soil.

3. MATERIALS AND METHODS

The goal of this paper is to establish a sustainable and cost-effective asphalt binder over conversion of swine manure as an abundant and inexpensive feedstock, through hydrothermal liquefaction process, into bio-oil. The products of the process can be divided into four main phases: organic liquid phase (bio-oil), water soluble products (aqueous phase), gaseous phase and a solid residue (bio-char). The research focuses on the optimization of the production of bio-oil and in order to reach the main goal, several objectives were defined: (i) characterization of the feedstock swine manure for organic and non-organic content, (ii) determining optimal operating parameters for biomass to bio-oil conversion, as process temperature, retention time and pressure, (iii) optimization of bio-oil product through hydrothermal liquefaction process, (iiii) characterization of the produced bio-oil, as well characterization of the by-products aqueous phase and bio-char.

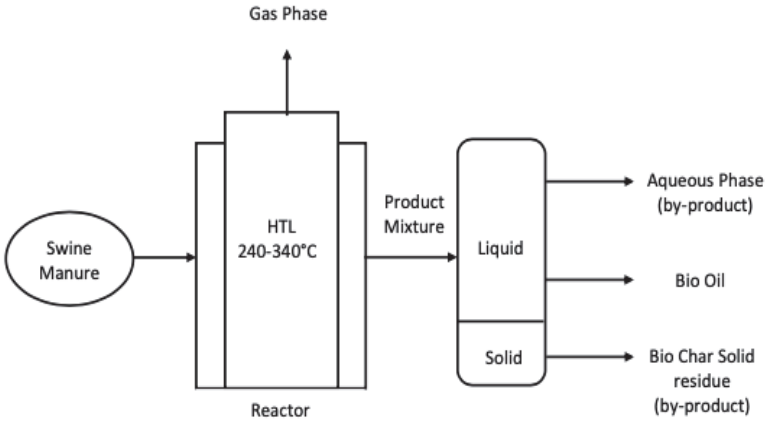


Figure 2*- Schematic representation of the hydrothermal liquefaction process of swine manure (HTL)*

- Reagents

During the experimental research several reagents were used for characterization and treatment of the swine manure and extraction of bio-oil . In order to extract all the partials of bio-oil from the mixture in the reactor, the reagent dichloromethane was used.

- Swine Collection and Managing

The swine manure used in the hydrothermal liquefaction process was collected as a solid consistent from a pig farm, and later transported and frozen. Swine Manure Characterization

A full characterization of manure was obtained in triplicate by using conventional methods used in previous studies, in order to identify the manure components as organic (lipids, proteins, carbohydrates, and volatile solids) and inorganic (ash).

Volatile solids (VS) and ash content were determined using the standard method 2540. [16]

The lipid content of swine manure was determined using the standard method 5530E[17]and using Soxhlet extraction method. Swine manure was placed in a cellulose thimble and covered by glass wool to prevent the spreading of the samples. Empty flasks were first weighted and then 200 ml of the solvents ethanol 95% and toluene was added . After the complete extraction of lipids, the solvent was evaporated through a rotary evaporator. The lipids were kept in a desiccator for one day in order to eliminate the remain traces of the solvent.

The protein content of swine manure was determined applying the Lowry method using Folin phenol reagent.[18] A calibration curve was prepared using Bovine serum albumin/L patron. From the diluted samples of swine manure were added with NaOH in order to dissolve the proteins.The proteins were calculated using a colorimetric method. From the diluted samples of swine manure a phenol reagent was added and then sulphuric acid was quickly added to the tubes. The absorbance of patron and the swine manure samples were measured by a colorimetric method using spectrophotometer

Hydrothermal Liquefaction of swine manure

The process was carried out in a 1L batch stainless steel (Autoclave Engineers EZE Seal) fitted with an electric heater, stirrer, and gas injection ports. The reactor mixture contained 5% total solids of swine manure and water with a ratio 5:95, respectively.

After closing the reactor the adequate nitrogen gas was introduced as process gas for few minutes to remove air, the temperature (240 °C, 270°C, 300°C, 320°C, 325°C) and the stirring (100 rpm) were adjusted. During the experiment the temperature was monitored on a digital device from the reactor, then the reaction time was for 30 minutes for every

experiment, as for the pressure generated it indicates the vapor pressure of water at each temperature.

After the process was finished and the reactor cooled down to room temperature, and we obtained liquid, solid and gas phase. From the liquid phase we obtained the products bio-oil and aqueous phase, and from the solid phase we achieve bio-char. The gaseous materials were vented through the gas outlet valve, and measured in a gas-meter (ritter), then the gas was stored in a Tedler bag. After venting, the reactor was opened and the liquid and the solid products were taken out, further analysis was not implemented on this product for this study.

The liquid part of the reactor was poured in a vessel and filtered. After the filtration of the liquid obtained from the reaction, the by-product aqueous phase was washed with dichloromethane to absorb the bio-oil and centrifuged for 5 minutes at 8000 rpm in order to obtain two separate phases: (i) upper phase (aqueous phase) containing water in addition to some impurities. (ii) lower phase containing dichloromethane and bio-oil.

The reactor was opened to collect the products, the manure mixture was filtrated with a filter paper in order to separate the liquid and the solid products The remaining solids in the reactor were washed with dichloromethane through the filtration process, which after was obtained the bio char.

Characterization of products

On the obtained aqueous phase form the separation of the liquid phase, further analysis was applied as chemical oxygen demand (COD) and total organic carbon (TOC).

The oil was extracted with the use of dichloromethane, which was later evaporated using a rotary evaporator at 60°C and reduced pressure. The remaining oil we obtained in the flask was placed in a desiccator and later on a measurement of the flask was done. The oil we obtained after the evaporation was the bio-oil.

The paper filter with solid residue (biochar) was dried in an oven until its mass became consistent, and then weighted.

4. RESULTS AND DISCUSSION

- Characterization of Swine Manure

Laboratory study of swine manure characterization allows for the identification of manure components as organic (lipids, proteins, carbohydrates, and volatile solids) and inorganic (ash). The solid content of the manure was approximately 30% TS, but the samples used in this study for determination specifically of proteins and carbohydrates was 5% TS with ratio of 5:95 manure to water. On a different notice, the percentage of lipids is remarkably low (2.3%). Multiple trials were carried out in order to acquire the most efficient final mass balance.

Table 1- Chemical characterization of swine manure

TS (%)	VS (%)	Ash (%, g/gTS)	Lipids (%,g/gTS)	Carbohydrates (%,g/gTS)	Proteins (%,g/gTS)	Total (%,g/gTS)
36.3 ±0.80	86.1±0.10	13.8 ±0.10	2.30 ± 0.50	44.2 ± 3.00	40.0 ± 2.70	100.4 ± 6.30

- Experiment Mass Balance

The mass balance was obtained by considering the gas, bio-char, bio-oil and aqueous phase. Several experiments were conducted in order to obtain the highest percentage of our products and by-products. From the results that we obtained, we can notice the percentage of bio oil which is our main products are considerably low with an average of approximately 0.70% with a highest value of 0.80%. On the other hand, the weight percent of the gas emitted increases with the increase of temperature and with a lowest percentage of 4.07% and it reaches its highest in experiment 4 at 6.66%. We have to mention that the percentage of gas in experiment 2 is low because of opening the vent too fast and the loss of the gas. As represented in the total column of the mass balance, most of the swine manure feeds complete the mass balance within 90%. Furthermore, we can see that in some experiments we obtained a mass balance lower than 90%, these mass losses are caused by char attaching to the interior of the reactor upon HTL. Mass left on the used spatula while scraping the reactor after reaction and losses while pouring the contents from the reactor into the filter for extraction.

Table 2- Mass Balance of the obtained products

N	Temperature (°C)	Gas (%)	Bio-char (%)	Bio oil (%)	AP (%)	Total (%)
1	240 °C	4.07	2.80	0.60	87.8	95.5 %
2	270 °C	0.85	2.10	0.80	87.3	91.1 %
3	300 °C	4.29	1.50	0.70	76.5	83.1 %
4	320 °C	6.66	1.40	0.70	89.5	98.4 %
5	325 °C	5.87	1.60	0.70	77.8	86.1 %

- Bio-Oil

The highest yield obtained was at 270°C with 55 bar pressure. Furthermore, lower yields were obtained but not with a significant difference from the highest yields. This clearly indicates that higher temperatures encourage the creation of bio-char, resulting in a lower bio-oil yield, which is due in part to temperatures approaching supercritical levels, which stimulate the development of gases.

Table 3- Bio-oil analysis

N	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Bio-oil yield (%,g/gVS)
1	240 °C	34.3	14.8 %
2	270 °C	55	20.8 %
3	300 °C	87	16.4 %
4	320 °C	90	17.0 %
5	325 °C	100	17.4 %

- Aqueous Phase

The pH was measured after each experiment and as we can notice that the acidity of the experiment decreases with the increase of temperature as the pH has increased from 4.9 at the lowest temperature (240°C) to a maximum of 5.33 at the highest temperature (325°C). This correlates that the aqueous phase of swine manure shows up acidic because we obtained a pH lower than 7. We can notice that the aqueous phase is rich in carbohydrates and proteins which means its rich in organic matter.

Table 4- Aqueous phase (AP) analysis

N	Temperature (°C)	Pressure (bar)	pH	Proteins (%,g/gTS)	Carbo Hydrates (%,g/gTS)	Aqueous Phase (%)
1	240 °C	34.3	4.90	42.8 ± 0.04	19.0 ± 0	91.9 %
2	270 °C	55	4.52	31.4 ± 0.5	59.1 ± 0.1	91.2 %
3	300 °C	87	4.78	29.3 ± 0.01	40.6 ± 0	80.6 %
4	320 °C	90	5.19	25.5 ± 0.01	23.7 ± 0	93.6 %
5	325 °C	100	5.33	33.5 ± 0.01	15.4 ± 0	81.3 %

- Bio-Char

The bio-char was analyzed in order to determine the effect of temperature and retention time on the quality of char generated. As shown in Table 5, there were significant variations in the solid residue, certifying the effects of different temperature procedures. Furthermore, as we increase the temperature the solid residue is decreasing because the used temperatures are above 250°C. Furthermore, ash can affirm this conclusion since it represents the inorganic matter and it's decreasing remarkably with the increase of temperature.

Table 5- Bio-char (solid residue) analysis

N	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Ash (%)	VS (%)	Bio-char yield (%,g/gVS)
1	240 °C	34.3	16.5 ± 1.00	83.5 ± 0.80	67.4 %
2	270 °C	55	22.9 ± 0.50	77.1 ± 0.50	48.5 %
3	300 °C	87	30.6 ± 0.20	69.4 ± 0.20	35.8 %
4	320 °C	90	32.8 ± 1.10	67.2 ± 1.10	34.9 %
5	325 °C	100	34.7 ± 0.80	65.3 ± 0.80	38.2%

5. CONCLUSION

The focus on this research was on hydrothermal liquefaction process on swine manure as biomass for producing bio-oil and further used as an organic binder for asphalt. The swine manure mixture with water for the reactor used in this experiment was 5%TS with a ratio of 5:95, respectively. The highest bio-oil yield was 20.8%g/gVS which was obtained at the temperature of 270 °C, 30 minutes reaction time with 55 bar pressure.

Furthermore, it has been demonstrated that hydrothermal liquefaction process using swine manure considerably stabilizes heavy metals, kills infections, eliminates odorous substances, and has potential applications for all by-products. As for the aqueous phase can be further applied as a solvent, reaction medium or as a culture nutrient resource to cultivate organisms.[19] As well, bio char can be used in heat and power generation and also as a fertilizer and carbon sequestration agent.[20] Lastly, the gas can be used for production of electricity, methanol and steam.[21]

The use of bio-oil in the asphalt mixture can reduce mixing and increase efficiency and productivity. This reduces fuel use and CO2 emissions from the production of plants and the installation of pavements. The use of this bio binder is also expected to reduce the pavement construction costs due to its relatively low cost ($0:13=l.)[22], and to reduce carbon emissions associated with land use and manure storage. For further analysis and in order to

generate a better yield of production of our bio-oil and the other by-products, and from the obtained results there is several areas to be improved; (i) using a higher concentration of swine manure to water (not more than 10%TS) which can result in better lipid amounts and therefore higher yield of bio-oil, (ii) applying this experiment using larger batch autoclave reactors, (iii) bigger analysis of the environmental impact of thermochemical conversion should be obtained as a manure management strategy.

Overall, the research shows that the hydrothermal liquefaction of swine manure on specific operating conditions, have a big potential for generating accurate bio-oils and other products. This study can serve as an initial step in utilization of swine manure as biomass for bio-oil production.

6. REFERENCES

[1] PARKER, GREG. "Encyclopedia of materials: science and technology." (2001): 3703-3707.

[2] Fini, E.H., Kalberer, E.W., Shahbazi, A., Basti, M., You, Z., Ozer, H. and Aurangzeb, Q., 2011. Chemical characterization of biobinder from swine manure: Sustainable modifier for asphalt binder. Journal of Materials in Civil Engineering, 23(11), pp.1506-1513.

[3] Fini, E.H., Al-Qadi, I.L., You, Z., Zada, B. and Mills-Beale, J., 2012. Partial replacement of asphalt binder with bio-binder: characterisation and modification. International Journal of Pavement Engineering, 13(6), pp.515-522.

[4] Xiu, S., Zhang, Y. and Shahbazi, A., 2009. Swine manure solids separation and thermochemical conversion to heavy oil. BioResources, 4(2), pp.458-470.

[5] Sánchez-Báscones, M., Antolín-Rodríguez, J.M., Bravo-Sánchez, C.T., Martín-Gil, J. and MartínRamos, P., 2019. Dried pig manure from a cogeneration plant as a fertilizer for nitrate vulnerable zones. Agronomy, 9(2), p.46.

[6] Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M.C., Thornton, P.K., Blümmel, M., Weiss, F., Grace, D. and Obersteiner, M., 2013. Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(52), pp.20888-20893.

[7] Augère-Granier, M.L., 2019. The EU Poultry Meat and Egg Sector: Main Features, Challenges and Prospects: In-depth Analysis. European Parliament..

[8] Thornton, P.K., 2010. Livestock production: recent trends, future prospec

[9] Martinez, J. and Burton, C., 2003. Manure management and treatment: an overview of the European situation. In Proceedings of the XI international congress in animal hygiene ISAH (pp. 119-133)..

10 Burton, C. and Martinez, J., 2008. Contrasting the management of livestock manures in Europe with the practice in Asia: What lessons can be learnt?. Outlook on Agriculture, 37(3), pp.195-201.

11 Chadwick, D., Sommer, S., Thorman, R., Fangueiro, D., Cardenas, L., Amon, B. and Misselbrook, T., 2011. Manure management: Implications for greenhouse gas emissions. Animal Feed Science and Technology, 166, pp.514-531.

12 Hou, Y., 2016. Towards improving the manure management chain (Doctoral dissertation, Wageningen University).

[13] Burkholder, J., Libra, B., Weyer, P., Heathcote, S., Kolpin, D., Thorne, P.S. and Wichman, M., 2007. Impacts of waste from concentrated animal feeding operations on water quality. Environmental health perspectives, 115(2), pp.308-312.

[14] Choudhary, M., Bailey, L.D. and Grant, C.A., 1996. Review of the use of swine manure in crop production: effects on yield and composition and on soil and water quality. Waste Management & Research, 14(6), pp.581-595

[15] Wang, M., Liu, R., Lu, X., Zhu, Z., Wang, H., Jiang, L., Liu, J. and Wu, Z., 2018. Heavy metal contamination and ecological risk assessment of swine manure irrigated vegetable soils in Jiangxi Province, China. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 100(5), pp.634-640.

[16] Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E. and Franson, M.A.H., 2005. Method 2540 G. Total, fixed and volatile solids in solid and semisolid samples. Standard methods for the examination of water and wastewater, pp.60-61..

[17] Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D.; Clesceri, L.S. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed.; APHA AWWA WEF:Washington, DC, USA, 2012

[18] Lowry, O.H.; Rosebrough, N.J.; Farr, A.L.; Randall, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent.J. Biol. Chem. 1951, 193, 265–275.

[19] Cornils, B. and Herrmann, W.A. eds., 2004. Aqueous-phase organometallic catalysis: concepts and applications. John Wiley & Sons.

[20] Amin, F.R., Huang, Y., He, Y., Zhang, R., Liu, G. and Chen, C., 2016. Biochar applications and modern techniques for characterization. Clean Technologies and Environmental Policy, 18(5), pp.1457- 1473.

[21] Angelidaki, I., Treu, L., Tsapekos, P., Luo, G., Campanaro, S., Wenzel, H. and Kougias, P.G., 2018. Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives. Biotechnology advances, 36(2), pp.452-466.

[22] Minarick, M., Zhang, Y., Schideman, L., Wang, Z., Yu, G., Funk, T. and Barker, D., 2011. Product and economic analysis of direct liquefaction of swine manure. BioEnergy Research, 4(4), pp.324-333.

INTERNET:

https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html

https://www.worldhighways.com/wh3/wh5/wh6/feature/sustainable-road-construction-current-practices-and-future-concepts

.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 8

Како да заштедите енергија, CO2 и трошоци со модерна транспортна технологија при изградa и примена на асфалти

How to save energy, CO_2 and costs with modern Transport Technology in Asphalt Construction and Installation

Martin Fliegl[1], Michaela Hess[2]
[1] Fliegl Bau- und Kommenualtechnik GmbH, Germany, martin.fliegl@fliegl.com
[2] Fliegl Bau- und Kommenualtechnik GmbH, Germany, michaela.hess@fliegl.com

Апстракт

Користење на модерна (транспортна) технологија за да се избегне предвремено оштетување на патот веќе за време на процесот на поставување на асфалт - Заштита на животната средина преку помали емисии на CO2 и заштеда на ресурси преку помала потрошувачка на енергија.

Овој труд е за проблемите поврзани со асфалтирањето и пристапот кој го подобрува квалитетот на асфалтирање, ја штити животната средина и ресурсите.

Вообичаено, при асфалтирањето се јавуваат три големи проблеми. Тие вклучуваат механичка, термичка и сегрегација на врзиво. Технологијата на туркање обезбедува решение за исполнување на барањата во асфалтирањето. Ако асфалтот се истурка, наместо да се фрли, доаѓа до континуирано мешање на структурата и температурата на зрната во текот на целиот процес на истовар. Асфалтот се растоварува „малку по малку“ во паверот поради механизмот за оттурнување. Така, и ладниот и топол асфалт и покрупните и пофини големини на зрната се рамномерно нанесени.

Клучни зборови

асфалтирање, помала потрошувачка на енергија, подобрување на квалитетот на асфалтирањето, термичка и механичка сегрегација, механизам за туркање како решение

Abstract

Using modern (transport) technology to avoid premature road damage already during the asphalt installation process - Protecting the environment through lower CO_2 emissions and saving the resources through lower power consumption.

This paper is about the problems associated with asphalt paving and an approach that enhances paving quality, protects the environment and resources.

Usually, three major problems occur in asphalt paving. These include mechanical, thermal and binder segregation. The push-off technology provides a solution to meet the requirements in asphalt paving. If the asphalt is pushed off, instead of dumped, there is a continuous mixing of the grain structure and temperature during the entire unloading process. The asphalt is unloaded “bit by bit” into the paver due to the push-off mechanism. Thus, both, cool and hot asphalt and coarser and finer grain sizes are evenly paved.

Key words

asphalt paving, lower power consumption, improvement in paving quality, thermal and mechanical segregation, uniform paving, push-off mechanism as a solution

1. INTRODUCTION

Using modern (transport) technology to avoid premature road damage already during the asphalt installation process - Protecting the environment through lower CO2 emissions.
This paper is about the problems associated with asphalt paving and an approach that enhances paving quality, protects the environment and provides additional work safety.
Some special requirements apply for asphalt paving. The mix in the paver should be uniform in terms of temperature and also in terms of grain structure. These are the basic requirements for durable asphalt pavements. Usually, three major problems occur in asphalt paving. These include mechanical, thermal and binder segregation. The problems with mechanical segregation are coarse grain nests. These are caused by the fact that the coarse grain in the transport vehicle rests on top and on the sides, while the finer grain remains at the bottom. When tipping out a load, a lot of coarse grain flows out at the beginning, thus a uniform distribution of the mix is not given. Grain breakage and frost damage are the result. A second problem is thermal segregation. Even with thermally insulated dump bodies, the mixture is not evenly tempered. The coldest layer can be found on top. When the asphalt is tipped, the upper, colder layer flows into the paver first. As a result, non-uniform temperature distribution during asphalt paving is possible. The push-off technology provides a solution to meet the requirements in asphalt paving. If the asphalt is pushed off, instead of dumped, there is a continuous mixing of the grain structure and temperature during the entire unloading process. The asphalt is unloaded “bit by bit” into the paver due to the push-off mechanism. Thus, both, cool and hot asphalt and coarser and finer grain sizes are evenly paved. This has been confirmed by several studies, including those carried out by the Technical University of Darmstadt and the Vienna University of Technology. In addition, obstacles such as overhead lines, avenues or underpasses represent no problems for transport vehicles with push-off technology because there is no need for tipping the loads.

2. PROBLEMS AND SOLUTIONS

2.1 Requirements and rules in theory

On the one hand, the basic requirement for long-lasting asphalt surfaces is a uniform temperature of the mix in the finisher and, on the other hand, a uniformly distributed grain structure of the mix. Depending on the bitumen, the temperature of the mix must not fall below 140° to 160° Celsius on delivery to the construction site and must not exceed 180° to 190° Celsius when leaving the asphalt mixing plant. In order to ensure sufficient thermal insulation of the transport body, the wall/floor structure of a thermally insulated transport body must have a heat transfer resistance (R-value) of at least > 1.65 m² k/W (at 20° Celsius) and the temperature resistance of the insulating material must be 200° Celsius. Contractors in Germany have had to implement this regulation since 2019. The use of vehicles with push-off technology is recommended by the Federal Ministry of Transport. Thus, numerous building authorities such as the German capital Berlin, for example, request thermally insulated truck bodies with push-off technologies in public tenders.

2.2 Problems in asphalt road construction in practice

There are some problems in asphalt road construction with conventional transport technology. These include mechanical segregation, thermal segregation and bitumen / binder segregation.

2.2.1 Mechanical or granular segregation

Consequences of mechanical segregation with conventional transport technology

Fig. 1: Coarse grains roll outward – coarse grains come out first → clusters of coarse grain usually occur at intervals.
Source: TU Darmstadt / FH Köln / Research project PAST (Prozesssicherer Automatisierter Straßenbau)

$$\text{Distance (m) between nests} = \frac{\text{Tonnage per truck load}}{\text{Installation width (m) x installation density (x) x 2,5 to/m}^3}$$

Consequential damage such as loss of material, grain break-outs, increased rutting, frost damage etc. are inevitable here.

2.2.2 Thermal segregation

Even when transporting the mix with conventional thermally insulated (dumper) vehicles, the upper layer will cool off.

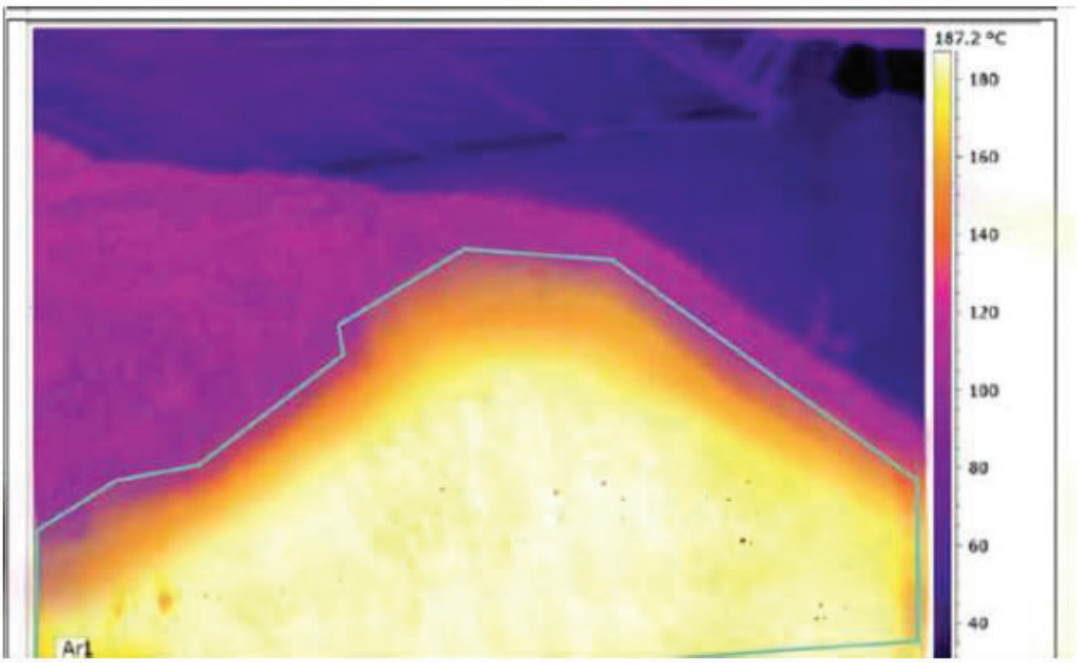


Fig. 2: Cold layer clearly visible on the top
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

Fig. 3: Warmer layer in the lower part
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

When dumping, first of all large quantities of the cooler mix slip into the finisher/feeder.

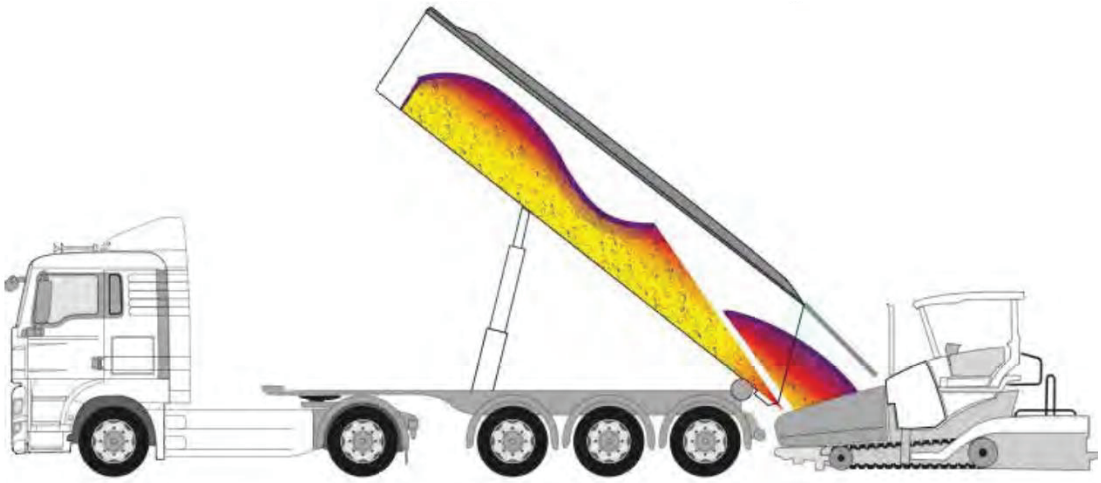


Fig. 4: Large quantities of the cooler mix slip into the finisher/feeder
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

With dump trucks, there are sometimes very large temperature differences behind the paving screed with every docking of a truck. The asphalt is here usually "stiffer", compaction unfriendly, rougher, has an increased void content, bumps, ... These are often "the potholes of tomorrow". Although the use of thermally insulated vehicles reduces the average temperature loss by around 3-5° Celsius compared to conventional, uninsulated vehicles, it does not solve the problem of segregation.

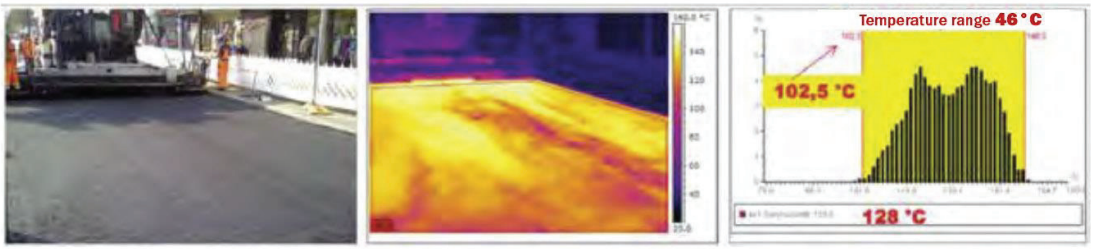


Fig. 5: The use of thermally insulated vehicles reduces the average loss of temperature, however does not solve the problem of segregation.
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

2.2.3 Binder segregation

Dr.-Ing. Daniel Gogolin discovered during investigations that binder segregation during asphalt installation may occur since the binder accumulates at the surface after installation, resulting in a poor grip of the asphalt.

2.3 Accident prevention – Safety on the construction site

Vehicles with push-off technology offer maximum safety. The danger zones during unloading are minimal – a big plus in work safety. Power lines, avenues, bridges, inclined positions etc. may be deadly dangers. Risks that can be avoided by using push-off technology.

Fig. 6: Increased work safety with a push-off trailer compared to a dump truck
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

2.4 Solutions in practice

In structural and civil engineering a lot of attention is paid to quality as well and therefore the certified concrete for civil engineering is delivered with concrete mixers not with dump trucks because quality has priority. The same should apply to asphalt paving with push-off vehicles. They provide a "bit-by-bit" mechanical and thermal mixing and have no problems with obstacles such as e.g. overhead lines, avenues, traffic lights, underpasses, etc. A continuous mixing of temperature as well as of bitumen and binder content is given during the entire unloading process. This results in an even grain size distribution in accordance with the grading curve and the body is emptied cleanly and completely, even without using a release agent such as diesel.

Fig: 7: Continuous mixing throughout the unloading process
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

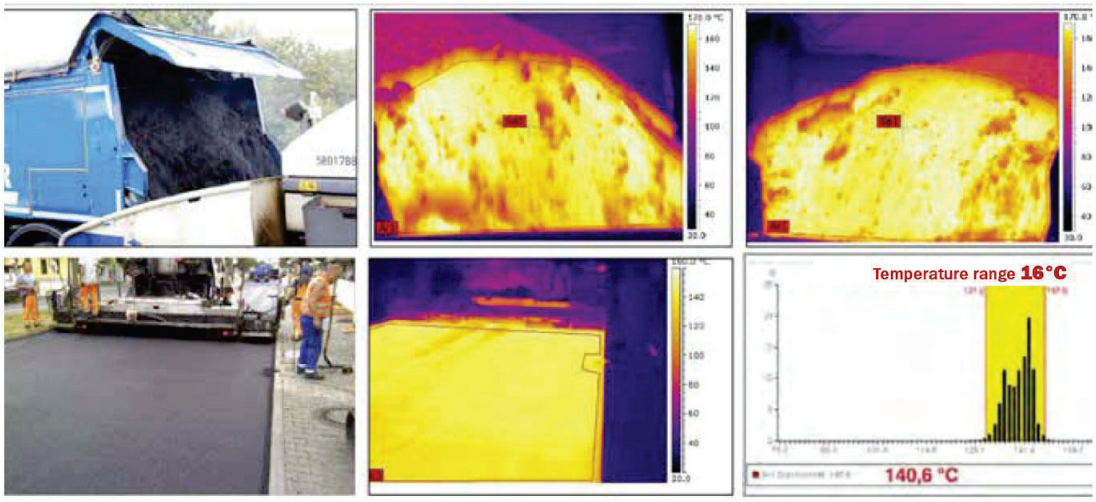


Fig. 8: Continuous mixing
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

2.5 Energy reduction

Due to the continuous mixing during the push-off process, the homogeneity of the asphalt can be kept at a constantly high level even at lower production temperatures. Lower temperatures have the positive effect of saving energy. Raw materials such as gas or oil are only available in limited quantities, which is why asphalt paving using push-off technology has an advantage in terms of sustainability. Furthermore, lower energy requirements help save costs.

2.6 Environmental protection / CO_2 reduction

The environment is protected by lower CO_2 emissions from asphalt production, as the production temperature at the mixing plant can be slightly reduced. Nevertheless, one achieves a high and homogeneous quality of installation through the ongoing mixing, bit by bit. Resources can be saved as there is less CO_2, less oil and coal dust. Due to the low production temperature, the bitumen hardening or embrittlement is lower and the aging of the bitumen is reduced. The high paving quality increases the durability of asphalt surfaces.

3. STUDIES IN ASPHALT BUILDING

The advantages of push-off technology in road building have been confirmed in numerous studies.

3.1 Vienna University of Technology: Asphalt temperature from mixing unit to installation

On behalf of the Municipal Council of the City of Vienna, the Vienna University of Technology evaluated the asphalt temperature from the mixing plant to installation. The Municipal Department 28 installed a new road surface along a section of 465 meters on Pausingergasse in 1140 Vienna in March and April 2015. The differences between two types of delivery were compared, on the one hand delivery with conventional dumpers (KK truck) and on the other hand with push-off trailers (TA trucks) and the influence of both on the installation temperature was quantified. Employees of the Institute of Transport Economics used a thermal imaging camera to display the asphalt surface in order to be able to assess the homogeneity of the installation temperature. There were significant differences between KK truck and TA truck in surface temperature of the three asphalt layers (base layer, binder layer and top layer).

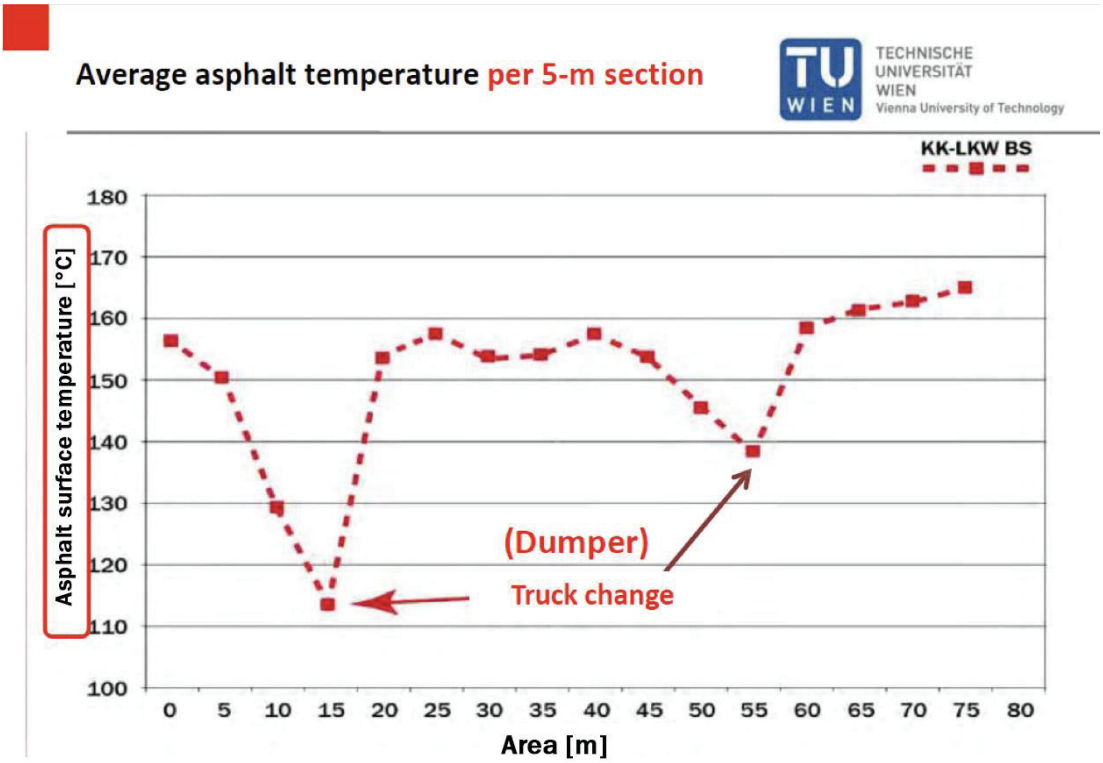


Fig. 9: Progression of the average asphalt temperature after installation with conventional dumpers for all layers (thermal image)
Source: Vienna University of Technology, Project number D230 0615 4003 / 15406

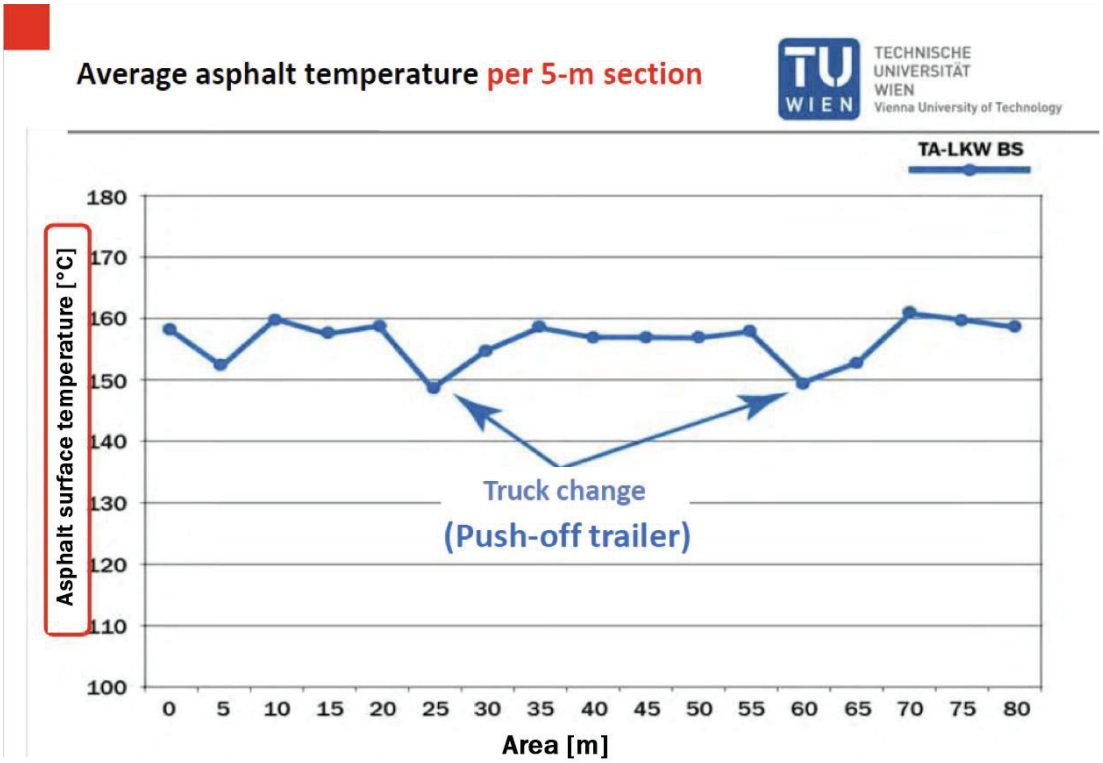


Fig. 10: Progression of the average asphalt temperature after installation with push-off trailer for all layers (thermal image)
Source: Vienna University of Technology, Project number D230 0615 4003 / 15406

It can be clearly seen that the temperature differences in the vehicle with push-off technology are much smaller than the ones in the KK truck. This is a result of the continuous mixing in the push-off trailer. The analysis showed that the use of push-off vehicles significantly reduces the risk of the occurrence of cold nests and that a more homogeneous temperature distribution results from the bit-by-bit transfer of the mix to the paver. Using transport vehicles with push-off technology in urban areas also reduces the risk of overhead cable damages during unloading. Unlike dump trucks, these vehicles can also be used in tunnels, under bridges or on avenues without any problems.

3.2 Building Authority of Berlin: Asphalt installation with thermal insulated dumper bodies and push-off vehicles

The Building Authority of Berlin analyzed the temperature progression during asphalt installation on B96 Residenzstraße. The binder layer was delivered in thermally insulated dumper bodies, the surface layer with thermally insulated push-off vehicles.

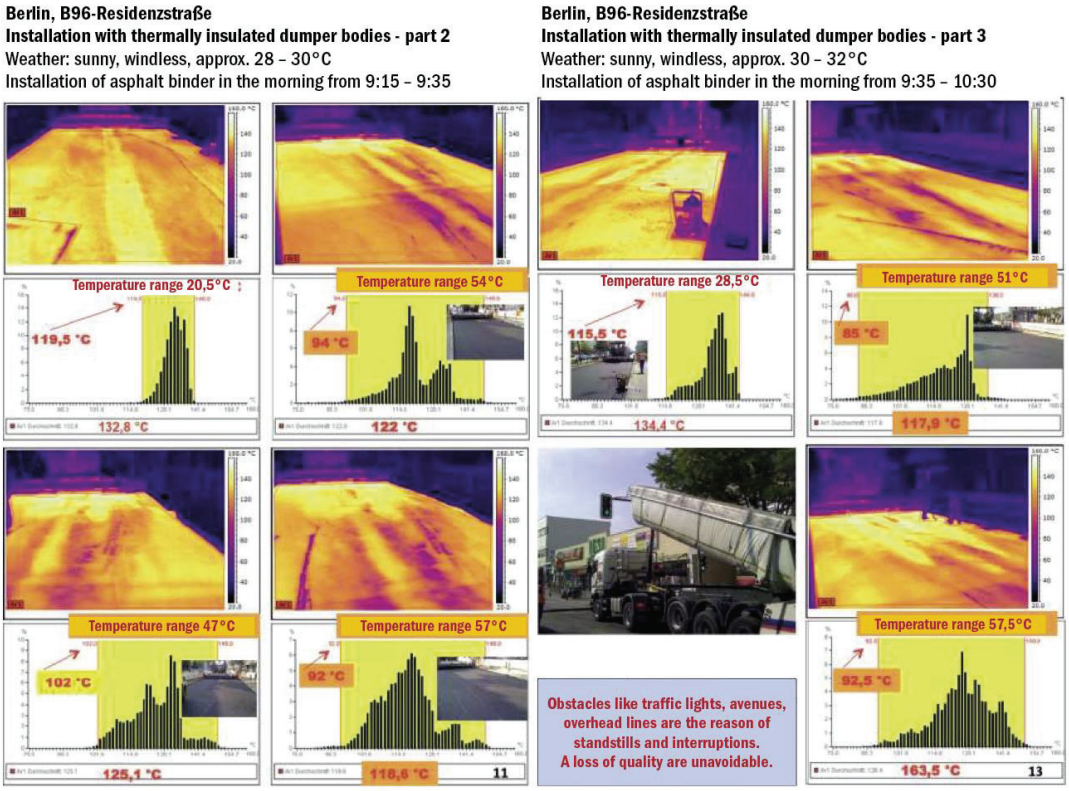


Fig. 11: Temperature progression with thermally insulated dumper bodies – dumpers
Source: Construction site-report / Berlin Reinickendorf Building Authority

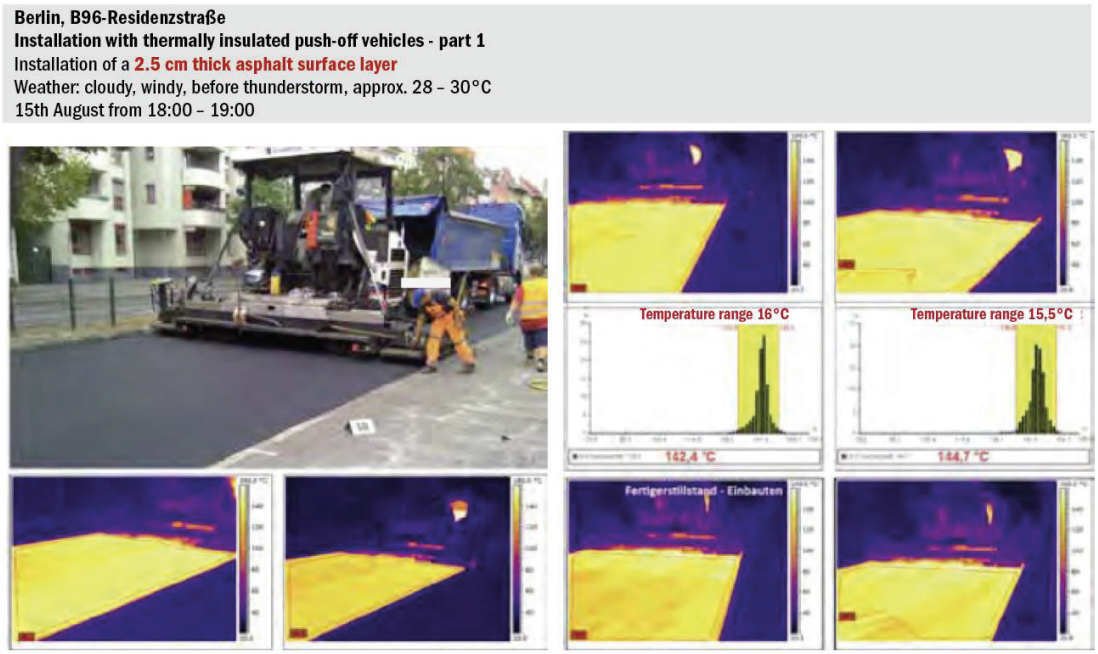


Fig. 12: Temperature progression with thermally insulated bodies – push-off vehicles
Source: Construction site-report / Berlin Reinickendorf Building Authority

It was clearly recognizable that compared to the push-off vehicle, the temperature range was much higher (at times over 50°C) with the dumper.

3.3 Documentation of the Technical University of Darmstadt: Temperature progression in the asphalt paving process

The TU Darmstadt also examined the temperature curve in the asphalt installation process and came to the same conclusion as other studies. In vehicles with push-off technology, there are fewer temperature differences of the asphalt mix due to the continuous mixing during the entire unloading. The choice of transport vehicle has a decisive impact on the quality and durability of the asphalt.

4. SUMMARY

Using push-off vehicles for asphalt installation offers important advantages. There is a lot less thermal and mechanical segregation which leads to a better asphalt quality and more durable asphalt pavements. Especially in times of too little budget for road maintenance and new construction, it is all the more important that the activities that can be tendered, will be as long-lasting as possible. Asphalt installation with push-off vehicles reduces the required rehabilitation cycles. In addition, with push-off technology, less CO_2 is produced and work safety is increased because, for example, tunnel or overhead lines pose no problem. Vehicles with push-off technology have become global standard and are often already anchored in regulations.

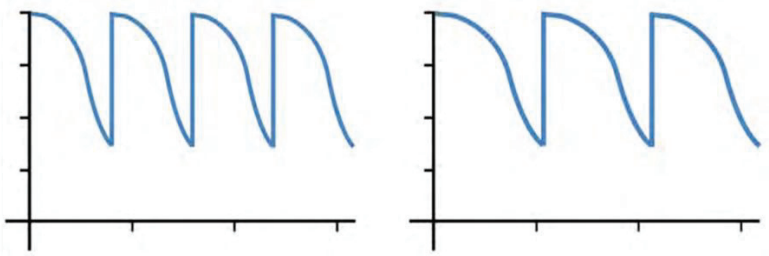


Fig. 13: The necessary rehabilitation cycles are reduced by using push-off technology
Source: Fliegl Martin, Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH

5. REFERENCES

PROCEEDINGS OF ABSTRACTS AND PAPERS:

[1]. BA Berlin.Temperatur im Asphalteinbau. Berlin, B96 Residenzstraße.

[2]. Fliegl, Martin. Studies in asphalt building, Fliegl Bau- und Kommunaltechnik GmbH, 87 pages.

[3]. TU Darmstadt. Temperaturverlauf im Asphalteinbauprozess. BAB 3: AS Niederhausen – ARS Medenbach, UB 2014-0128.

[4]. TU Wien. Asphalt temperature from mixing plant to paving, project number: D230 0615 4003 / 15406.

[5]. Dr.-Ing. Daniel Gogolin. “Einbau von Asphalt – Fehlerquellen im Vorfeld erkennen”, Asphaltseminar Heitkamp & Hülscher, Stadtlohn. 01/2015.

INTERNET

[6]. Binder segregation: Daniel.gogolin@ptm.net | www.ptm.net

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 9

Соларни панели како заштита од транспортна бучава

Solar panels as protection against transport noise

Моника Т. Маџовски[1], Горан Мијоски[2]
[1] м-р, „Чакар – Партнерс“, Македонија, monika_tas8@hotmail.com
[2] Проф. д-р, Градежен факултет - Скопје, Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Во РС Македонија има голем број на сончеви денови, кои во просек изнесуваат 280 и ја става земјата во позиција да има навистина голем бенефит од добро планираната и добро поставената соларна технологија, особено во период на зголемена потреба од производство на електрична енергија. Поради ограничените плодни земјишта во државава потребно е да се изврши рационално искористување на други змјени површини кои веќе не може да се обработубвааат, а такви се на пример патиштата. Цела на овој труд е претставување на можностите за поставување на соларни панели во патниот појас, кои покрај тоа што би произведувале електрична енергија која може да се користи за осветлување на самиот пат, воедно би служеле и како заштита од транспортната бучава кај патиштата кои поминуваат близу населени места.

Клучни зборови

Сончева енергија, соларни панели, бучава, звучни бариери, животна средина.

Abstract

In the Republic of Macedonia there are a large number of sunny days, which are 280 on average and puts the country in a position to have a really big benefit from well-planned and well-placed solar technology, especially in a period of increased need for electricity production. Due to the limited fertile lands in the country, it is necessary to make rational use of other uncultivated areas that can no longer be cultivated, such as roads and highways. The purpose of this scientific research is to present the possibilities of installing solar panels in the road belt, which, in addition to producing electricity that can be used for lighting the road itself, would also serve as protection against traffic noise on the roads that pass nearby populated places

Key words

Solar energy, solar panels, noise, sound barriers, environment

1. Вовед

Конвенционалните извори за добивање на енергија во иднина ќе стануваат се понедостапни и поскапи за експлоатација, а покрај тоа тие вршат и сериозен импакт врз животната средина, човекот, растителниот и животинскиот свет, бидејќи со нивно согорување доаѓа до емисија на јаглерод диоксид, јаглерод моноксид, слуфур диоксид и други стаклени гасови во воздухот кои го загрозуваат живиот свет и имаат негативно влијание врз климатските промени.

Во период на глобално затоплување предизвикано од брзиот технолошки и индустриски развој, енормно зголемување на популацијата на планетата земја и современиот начин на живот се јавува потреба од зголемена потреба за електрична енергија, која пак предизвика појава на енергетска криза. Токму затоа обезбедувањето на стабилни и сигурни изворина енергија станува еден од најголеите проблеми со кои ќе се соочува човештвото во иднина.

Еден од тие извори на обновлива енергија е сонцето. Според Националната Лабораторија за Обновлива Енергија (National Renewable Energy Laboratory) во САД, „За еден час од сонцето на земјата паѓа повеќе сончева енергија отколку што сите луѓе во светот искористуваат за една година“. [5] Оваа неверојатна статистика навистина го истакнува огромниот потенцијал на сончевата енергија и објаснува зошто овој сектор добива толку многу значење.

За среќа РС Македонија има голем сончев потенцијал, бидејќи има голем број на сончеви денови, кои во просек изнесуваат 280 [5] и ја става земјата во позиција да има навистина голем бенефит од добро планираната и добро поставената соларна технологија, особено сега во период на зголемена потреба од електрична енергија.

Но поради ограничените плодни земјишта во државава потребно е да се изврши рационално искористување на други змјени површини кои веќе не може да се обработубвааат, а такви се на пример патиштата. Цела на овој труд е претставување на можностите за поставување на соларни панели во патниот појас, кои покрај тоа што би произведувале електрична енергија која може да се користи за осветлување на самиот пат, воедно би служеле и како заштита од транспортната бучава кај патиштата кои поминуваат близу населени места.

2. Потенцијал на сончевата енергија

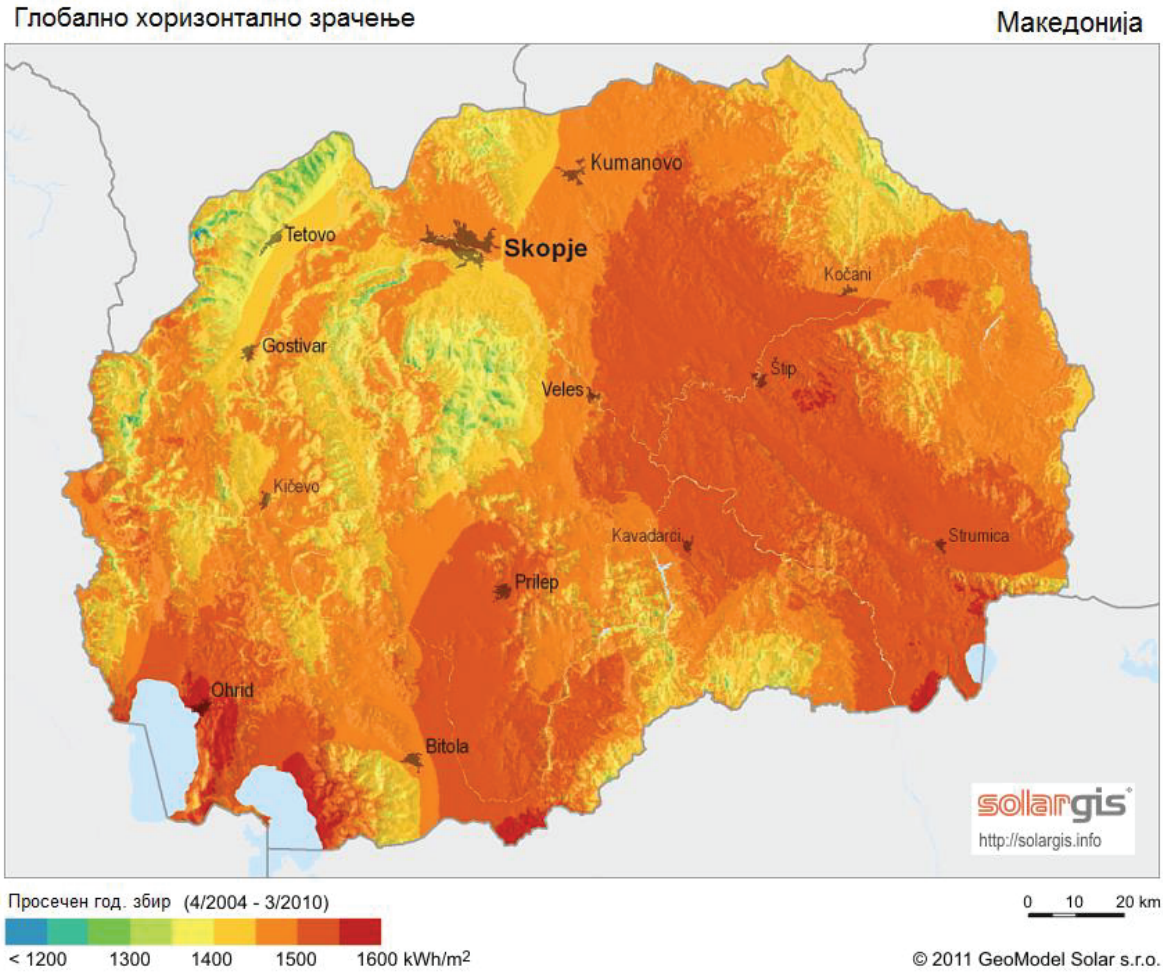
Сонцето претставува апсолутно црно тело кое емитира огромно количество на енергија, но поради оддалеченоста на Земјата од Сонцето (приближно 143 милиони километри) [10], дел од зрачењето се распространува во Вселената и само дел од таа енергија пристигнува на Земјата. Зрачењето што пристигнува до атмосферата на Земјата се пресметува со користење на зрачењето на површината на Сонцето, радиусот на Сонцето и оддалеченоста од Земјата до Сонцето. Со навлегување во воздушната маса на Земјата се случуваат некои дополнителни ефекти. Дел од зрачењето се рефлектира назад во Вселената, а дел се апсорбира од честичките на атмосферата. Колкав дел од зрачењето ќе се апсорбира зависи и од патот што тоа го поминува низ атмосферата.

Зрачењето што пристигнува на земјината површина се состои од две компоненти: директна и дифузна. Директната компонента е резултат на директните зраци кои паѓаат на површината и е доминантна на сончево ведро време. Дифузната компонента се јавува како резултат на расејување на зраците во атмосферата и е изразена во периоди кога е облачно. Дифузното сончево зрачење настанува во услови

на облачност, при што доаѓа до растурање на сончевата светлина која на земјата се манифестира како „бела“ светлина. Покрај овие две компоненти, постои и уште една рефлектирачка компонента која се добива со одбивање на зраците од околните објекти.

Затоа сончевата енергија претставува еден од поважните извори на обновлива или така наречена зелена, чиста енергија, која треба максимално да се користи во период на светска криза за електрична енергија. Исто така сончевата енергија игра голема улога и во борбата против климатските промени, односно глобалното затоплување на Земјата.

Република Северна Македонија со својата местоположба близу до екваторот има доста поволна географска клима, што ја вбројува државава во земјите со огромен потенцијал на сончева енергија. Во просек, бројот на сончеви денови изнесува 280, односно околу 2000 до 2400 сончеви часа во текот на целата година, што овозможува широк спектар на употреба и голем бенефит од овој вид на енергија. Вкупниот потенцијал на сончева енергија во Македонија варира од 1,250 kWh/m^2 - на север, до 1,530 kWh/m^2 на југ, што значи дека просечно годишно сончево зрачење изнесува 1,385 kWh/m^2. [11]



Слика 1. Глобално хоризонтално зрачење во Македонија [2]

3. Транспортна бучава

Звукот кој го произведува сообраќајот се карактеризира како „сообраќајна или транспортна бучава“. Таа претставувазбирод сите звуци кои се слушаат како резултат на движењето на возилата по патиштата – сообраќајниците, вклучително и комбинацијата од сите возможни извори на звук од возилата. Врз база на веќе спроведени испитувања, за видот на бучава која е резултат на различни извори, констатирано е дека најголемиот процент од дури 81% припаѓа на бучавата предизвикана од сообраќајот т.н. „сообраќајна - транспортна“ бучава, додека само 19% од бучавата е резултат на останатите извори на бучава (индустрија, градежништво и бучава од активности во слободно време). [15]

3.1. Видови

Постојат три вида на транспортна бучава, во зависност од видот на сообраќај и тоа: бучава од патен, бучава од железнички и бучава од воздушен сообраќај. Најголем дел од бучавата од дури 50% е од патниот сообраќај, со што овој вид бучава станува доминантен и најголем извор на бучава. Поради претходно изнесеното, транспортната бучава треба да се земе во предвид како сериозен проблем во сите етапи на транспортниот систем, започнувајќи од проектирање, изградба, одржување, па сè до реконструкција. Бучавата, која доаѓа од сообраќајот влијае на милиони луѓе и во многу случаи бара надлежните институции да обезбедат намалување на загадувањето од транспортната бучава, за да се подобри или целосно да се врати нивниот квалитет на живот. Влијанието на бучавата на квалитетот на животот се смета за многу значајно, особено при ширење на транспортните системи. Тоа е причината зошто се наметнува сè поголема потреба за контрола на бучавата.

„Транспортната бучава“,е резултат на меѓусебното делување помеѓу моторните возила и патиштата, односно нивната коловозна површина. Промените на тоа заемно дејство, доведуваат до промени на нивото на бучава. Тоа зависи од интензитетот, видот, структурата и брзината, а по однос на патот од видот, состојбата на коловозната површина и надолжниот наклон на трасата. Бучавата која ја предизвикуваат моторните возила при движење, може да ја поделиме на:

- бучава која ја создава моторот на возилото при работа (бучава од моторот);
- бучава која се создава при меѓусебното делување на пневматиците од возилото и возната површина, при минување на возилото низ медиумот - воздух (бучава од тркалање) и
- бучава која е резултат на турбуленцијата на воздухот која се јавува при движење на возилото (аеродинамична бучава). [15]

3.2. Мерки за заштита

Постојат повеќе начини за намалување на ефектот од транспортната бучава, од кои најчесто применуван тип е поставувањето на звучен ѕид или звучна бариера во облик на ѕид, конструирани за да ја намалат бучавост за 10 dB(A). Овие ѕидови се конструираат и изведуваат така што лежат надолжно на автопатот, при што визуелно ги блокираат патиштата од погледот на луѓето кои живеат покрај нив. Главната поделба на бариерите за заштита од бучава е на два типа:

- рефлектирачки бариери (овој тип на заштитни бариери ги одбиваат звучните бранови без намалување на нивниот интензитет) (Сл. 2а) и

- апсорбирачки (овој тип на заштитни бариери впиваат - апсорбираат дел од звучната енергија и емитираат звучен бран со намален интензитет) (Сл. 2б).

Слика 2. Заштитни батиери: а) рефлектирачки, б)апсорбирачки [15]

Во зависност од материјалот од кој се изработени, акустичните заштитни бариери можат да бидат од: пластика, камен, дрво, метал, стакло и др. Следната поделба на бариерите е во поглед на провидноста, што зависи првенствено од материјалот од кој се изработени. Кој тип на бариера ќе се примени на определен пат, или негова делница, зависи од микролокацијата каде се поставуваат. Постојат повеќе различни типови на конструкции на заштитни бариери за намалување на бучавоста, кои се направени во зависност од расположивиот простор, прифатеноста од населението и трајноста. Поставените бариери покрај патиштата за да бидат ефикасни, треба да задоволат неколку критериуми, од кои најзначајни се следниве: да имаат добра способност за апсорпција на звук, добра механичка отпорност и стабилност, отпорност на смрзнување, отпорност на дејството на солта од зимско одржување на патиштата, отпорност на пожари и да ги задоволат естетските критериуми за вклопување со околината.

Слика 3. Тунел како заштита од транспортна бучава [14]

Од аспект на намалување на бучавата, најдобра заштита претставуваат тунелите, но треба да се потенцира дека воедно тие се и најскап начин на заштита. Постојат два начина на изведба на тунелите: - надземни (се градат од транспарентни материјали и метал, при што секогаш се посветува внимание на заштита од одекот кој се јавува во тунелот) и - подземни (кога тоа е возможно тунелите се вкопуваат во земја, при што имаме рационално искористување на градското земјиште). Меѓутоа треба да се напомене дека кога тунелите се изведуваат како објекти за заштита од бучава, тие скоро секогаш се изведуваат како надземни објекти.

4. Дискусија и препораки

Обновливите извори на енергија полека, но сигурно го трасираат патот на енергетската транзиција на глобално ниво. Индустријата за обновливи извори на енергија во моментов опфаќа 11 милиони работни места ширум светот; од кои најголем дел се во соларната индустрија. [5] Тоа значи дека покрај тоа што обезбедува голем број на нови места за вработување таа има и други позитивни страни како што се: еколошки чиста енергија која не го загадува воздухот и не испушта стакленички гасови, секоја година станува се' поекономична, технолошките достигнувања во соларната индустрија ја прават технологијата се' поефикасна, а сонцето обезбедува неограничен извор на енергија. Она што можеме да заклучиме е дека ова би бил совршен извор на енергија; сепак, постојат неколку сериозни проблеми околу оваа навидум безопасна индустрија кои сепак треба да се решат.

Една од негативните страни на оваа индустрија е потребата од земјиште, чија големина ќе зависи од видот на примента технологија и самата топографија на теренот каде е најповолно да се постави инсталацијата. Друга негативна страна која се јавува е побарувачката на „еколошки чувствителни" материјали како што се бакарот, литиумот и кобалтот, кои се користат за изработка на батерии во кои ќе се складира поизведената електрична енергија, а ќе дојде до нивна зголемена побарувачка со зголемување на примена на оваа нова технологија за производство на електрична енергија. Како трета негативна страна е тоа што соларните панели имаат свој век на траење, кои после нивно искорисутвање ќе предизвикаат проблеми со нивно депонирање и рециклирање. Но сепак придобивките се многу поголеми па затоа вреди да се размислува за инвестирање во оваа нова технологија.

а) на звучните бариери

б) на косината од патот

Слика 4. Примери за поставување на фотоволтаици [6,7]

Низ светот веќе се изработени повеќе студии и пилот проекти за поставување на соларни панели на веќе искористено земјиште за изградба на патишта, кое служи само за една цел - транспорт. Со поставување на соларни панели покрај патиштата, веќе е отстранета првата пречка, а тоа е употреба на обработливо земјиште. Во зависност од начинот на кој ќе се постават истите, може да има и други придобивки, како на пример може да се постават вертикално и да служат како заштита од бучава, додека пак може да се постават така што ќе формираат патни тунели, односно сончеви покриви.

Слика 5. Сончеви покриви на автопатишатата [13]

Во студијата за проектот Манс Тем во февруари 2016, Оливие Даниело објавил на француската страница Techniques-Ingenieur дека „Со поставување сончеви покриви за заштитата од транспортната бучава, тие ќе служат и за спречување на ширење на емислијата на јаглерод диоксид кој го испуштаат возилата, ќе се подобри безбедноста на патиштата, ќе се намали потрошувачката на возилата за климатизација и сл. на француската страница Techniques-Ingenieur. [9]

Произведеното количевство на електрична енергија може да се примени за осветлување на самиот автопат, како и за функција на променливата вертикална симнализација. А исто така ќе понуди и многу други заштеди како резултат на намалување на потрошувачката на гориво во возилото преку намалување на влијанието на ветерот, дождот, град или снег.

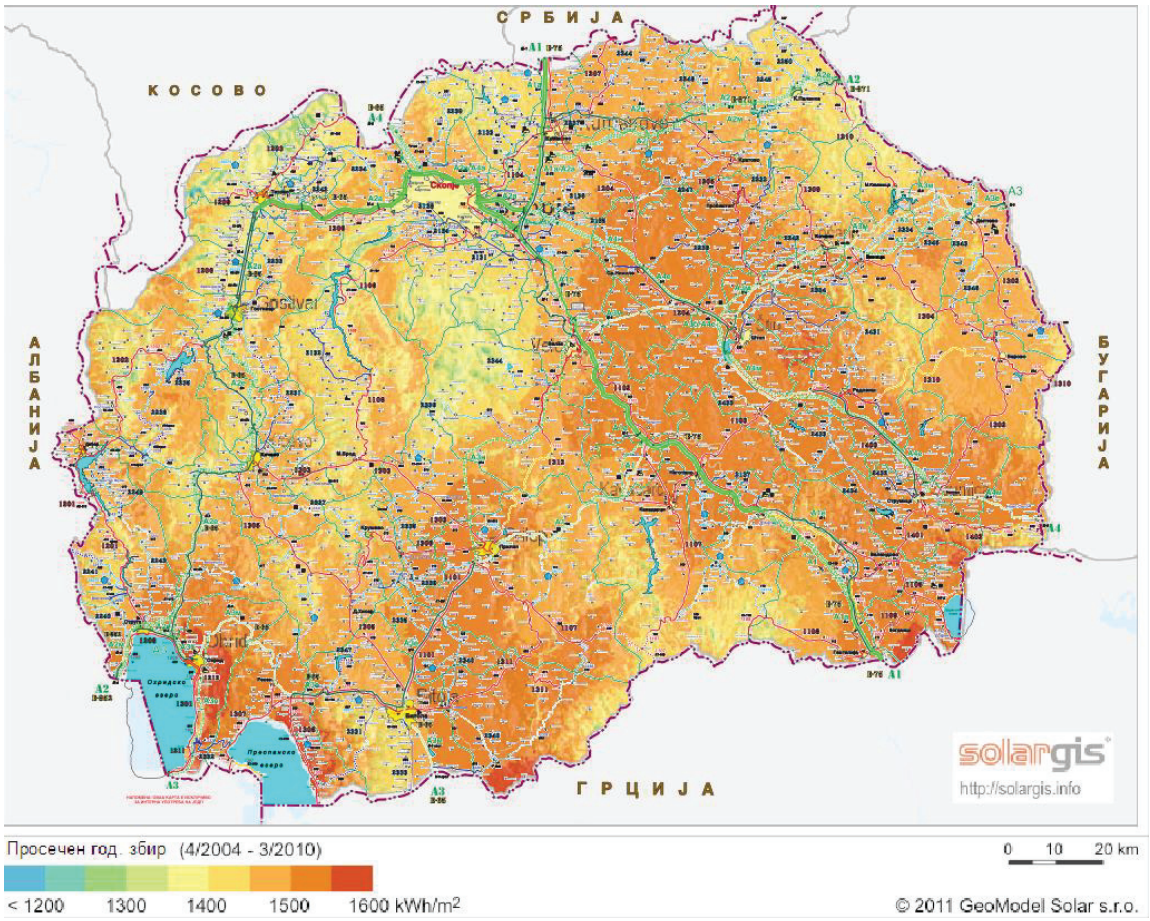
Друга држава која веќе има за почнато со примена на ваков систем за заштита од бучава е Швајцарија, чии бариери долж федералните патишта и железничките линии, можат да обезбедат 101 GW часови електрична енергија секоја година - според сегашните технички стандарди. Оваа студија е резултат на барањето од швајцарскиот федерален совет по предлог на Бруно Сторни. [9] Овој потенцијал е далеку под она што е технички изводливо, но сепак тоа е голем чекор кон климатската неутралност.

Со примена на оваа технологија наскоро започнуваат Австрија и Германија. Демонстраторот се состои од PV систем со кровна површина 10x17 m што треба да се инсталира на челична конструкција околу 5,5 m над патот. Изградбата на пилот-проектот се очекува да започне оваа есен и неговите операции потоа ќе се следат околу една година. Врз основа на стекнатото искуство, може да се спроведат понатамошни пилот апликации. [8]

Целта на проектот кој е заедничкото истражување за изградба на патишта спроведено од Германија, Австрија и Швајцарија е да се развие потенцијалот на автопатиштата за производство на обновливи енергии, што претставува посебен технички предизвик заради брзиот сообраќај под него, но сепак треба да се продолжи со визијата за користење на област што е веќе искористена - патиштата, за производство на енергија што е потребна за електричните возила. [13]

Знаејќи го сончевиот потенцијал на РС Македонија, потребно е да се спроведе студија во која ќе се испитаат можностите за поставување на ваков систем за создавање на електрична енергија, која за почеток би ги задоволувала потребите за осветлување на клучките на автопатиштата.

Во продолжение е прикажан преклоп на Топлинската и Патната карта карта на РС Македонија, од каде може да се одредат делниците кои минуваат низ најсончевите предели. Со собирање на сите релевантни податоци од соодветните институции, може да се искористи една делница за спроведување на пилот проект.



Слика 6. Преклоп на топлниска карта со патна карта на РС Македонија

5. Заклучок

Како заклучок од овој труд произлегува фактот дека сончевиот потенцијал на државата е минимално искористен, односно слободно може да се каже дека воопшто не е искоритен. Тоа претставува одлична прилика за добро планирање и вложување во искористување на овој потенцијал, со што ќе се даде и соодветен придонес во заштита на животната средина.

Планирањето и инвестирањето во обновлива енергија во синергија со домашната индустрија, може да биде клучен патоказ во националната стратегија за енергетски развој на Државата.

Додека пак јавното земјиште кое е веќе запечатено и не може да има друга намена, Владата и Општините може да го претворат во профитабилни центри за производство на енергија, со тоа што ќе ги сведат на минимум нивните трошоци за снабдување со електрична енергија и ќе создадат илјадници работни места за одржување на оваа втора намена на територијата што воедно ќе придонесе и за борба против климатските промени и нејзините последици.

6. Литература

[1] https://www.wunderground.com/weather/mk/skopje;

[2] http://solargis.info/doc/index.php?select=71, ОБЈАВЕНА 21.06.2011;

[3] S. Posaric, M, Zupan, A. Bogdan; Gradnjom suncanih elektrana Hrvatska moze iskoristiti velik solarni potencijal. Gradzevinar 4/2022; p.313.

[4] https://www.tno.nl/en/sustainable/renewable-electricity/solar-safety/solar-panels-road;

[5] https://klimatskipromeni.mk/article/342;

[6] http://trainee-mk.eu/images/trainee/publications/p_handbook_on_design_and_installation_of_st_systems.pdf;

[7] http://trainee-mk.eu/images/trainee/publications/p_handbook_on_design_and_installation_of_st_systems.pdf;

[8] З. Митрески, Фотоволтаичен покрив за автопат, www.efixelectrical.com.mk;

[9] https://www.renovablesverdes.com/mk/autopistas-con-cubiertas-solares/;

[10] https://mk.wikipedia.org/wiki/%d0%a1%d0%be%d0%bd%d1%87%d0%b5%d0%b2%d0%b0_%d0%b5%d0%bd%d0%b5%d1%80%d0%b3%d0%b8%d1%98%d0%b0;

[11] https://mk.wikipedia.org/wiki/%d0%9c%d0%b0%d0%ba%d0%b5%d0%b4%d0%be%d0%bd%d0%b8%d1%98%d0%b0;

[12] https://www.rechargenews.com/transition/solar-panel-covered-autobahn-could-speed-german-energy-transition/2-1-854215;

[13] https://avtoklub.mk/avstrija-i-germanija-planiraat-solarni-avto-patishta/;

[14] https://www.palram.com/solution/acoustic-barriers-construction-architecture/;

[15] Ристо М., „Бучава и заштита од транспортната бучава на вонградски патишта“, магистерски труд;

[16] Van Can Nguyen, Chi-Tai Wang,Ying-Jiun Hsieh, Electrification of highway transportation with solar and wind energy.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T4 – 10

Ерозија на почвени косини под дејство атмосферски дејства и стабилизација со природни полимерни раствори
Erosion of soil slopes under the influence of atmospheric actions and stabilization with natural polymer solutions

Александра Н. Атанасовска[1], Јосиф Јосифовски[2], Бојан Сусинов[3], Сеад Абази[4]
[1] М-р, С. Македонија, nikolovskaaleksandra189@gmail.com
[2] Проф. д-р, Градежен факултет Скопје, УКИМ,С. Македнија, jjosifovski@gf.ukim.edu.mk
[3] Доц. д-р, Градежен факултет Скопје, УКИМ, С. Македонија, susinov@gf.ukim.edu.mk
[4] Доц. д-р, Градежен факултет Скопје, УКИМ, С. Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk

Апстракт
Во денешно време, последиците од климатските промени стануваат се повидливи и истите не треба да се игнорираат. Меѓудругото климатските промени имаат големо влијание и врз стабилноста на почвените косини. Зголемените врнежи и/или сушни периоди како дополнително дејство врз косините значајно влијаат врз нивната стабилност и во одреден временски период предизвикуваат ерозија, развој на пукантини и плитки (локални) дури и глобални нестабилности и свлекувања. За да се спречи појавата на истите како превентивна мерка може да се примени стабилизација на инженерските косини. Во поново време употребата на природни микроорганизми за подобрување на почвата го привлекува вниманието на истражувачите. Во основа со ова истражување се испитува механизмот на стабилизација со природниот полимерен раствор кој формира вискозна гел-матрица и засилна врска помеѓу почвените зрна. Во суви услови третираната почва формира цврста површинска кора која ја спречува евапотранспирацијата, а при врнежи истата станува хидрофобна и овозможува слободен тек на атмосферските води без позначајна ерозија на почвата. Во овој труд се презентираат резултатите од истражувањето на природен полимерен раствор кој се користи за третман и подобрување на почви. Методологијата на истражување е организирана во две фази. Во прва фаза преку лабораториски испитувања преку која се дефинираат основните и јакостно-деформабилни својства на природната (нетретирана) и подобрена (третирана) почва со биополимерен раствор. Оттука, преку нивна споредба се утврдува ефектот односно степенот на подобрување. Во втора фаза, изведени се експериментални испитувања на природна и полимерно подобрена косина со наклон 1:1,5 врз која се симулирани врнежи од 10 литри на час во времетраење од 180 минути. Преку нив практично се демонстрира ефикасноста на биополимерните раствори во зголемување на отпорноста против ерозија. Сите резултати од спроведените испитувања ја потврдуваат ефикасноста и оправдуваат примената на природните полимерни раствори кај почвените косини.

Клучни зборови
Отпорност на ерозија, стабилизација на почва, полимерен вискозен раствор.

Abstract
Nowadays, the consequences of climate change are becoming more visible and they should not be ignored. Among other things, climate change has a great impact on the stability of soil slopes. Increased precipitation and/or dry periods as an additional effect on slopes significantly affect their stability and in time cause erosion, development of cracks, and shallow (local) and even global instabilities and landslides. To prevent their occurrence as a preventive measure, stabilization of the engineering slopes can be applied. More recently, the use of natural microorganisms for soil improvement has attracted the attention of researchers. This research examines the mechanism of stabilization with the natural polymer solution that forms a viscous gel matrix strengthening the bond between the soil particles. In dry conditions, the treated soil forms a solid surface crust that prevents evapotranspiration, and when it rains, it becomes hydrophobic and allows the free flow of stormwater without significant soil erosion. This paper presents the research results of a natural polymer solution used for the treatment and improvement of soils. The research methodology is organized into two phases. In the first phase laboratory tests through which the basic and strength-deformable properties of the natural (untreated) and improved (treated) soil with a biopolymer solution are defined. Hence, through their comparison, the effect, that is, the degree of improvement, is determined. In the second phase, experimental tests were performed on a natural and polymer-improved slope with a slope of 1:1.5, on which rainfall of 10 liters per hour was simulated for 180 minutes. Through them, the efficiency of biopolymer solutions in increasing the resistance against erosion is practically demonstrated. All the results of the conducted tests confirm the efficiency and justify the application of natural polymer solutions in soil slopes.

Keywords
Erosion resistance, soil stabilization, polymer viscous solution.

1 ВОВЕД

Преку атмосферски влијанија климатските промени имаат големо влијание врз стабилноста на косините, инфилтрацијата на вода и ерозијата често се придружени со свлекување на косинате. Вообичаено, ерозијата не се гледа како појава што може да ја загрози стабилноста, но нашите истражувања укажуваат дека со тек на времето таа ја редуцира јакоста на смолкнување на почвата и го зголемува порниот притисокот што крајно резултира со нестабилност на косините.

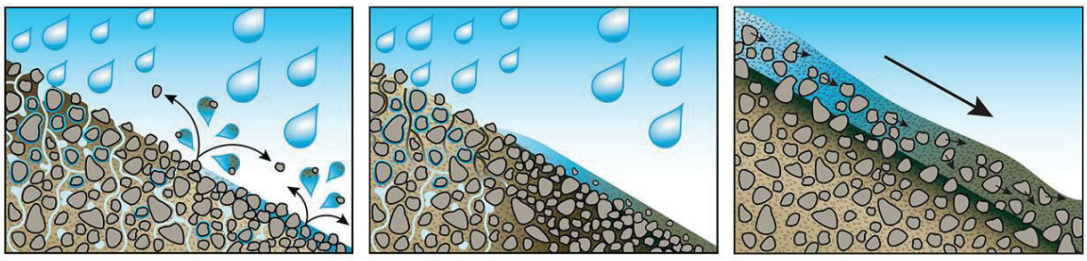
Површинската ерозија кај косините е често иницијатор кој доведува со површински нестабилности како што се свлекувањата. Овие манифестации односно нестабилности се присутни и кај патната инфраструктура во делот на инженерските косини – засеци, види слика 1.

свлекување

Слика 1: Инженерски косини со изразена ерозија, извор: Автопат Миладиновци – Штип

Со цел за да се надминат овие состојби и редуцира нивната појава во иднина потребно е да се посвети поголемо внимание во фазата на проектирање преку воведување на соодветни мерки за површинска стабилизација кои ќе ја зголемат отпорноста на ерозија и намалат инфилтрацијата на површинските води.

На слика 2 е прикажан процесот на ерозија како последница на интензивни врнежи [1]. На слика 2а, прикажани се врнежи кои својата кинетичка енергија ја пренесуваат на почвената површината и со тоа иницираат распаѓање на покрупните зрна. На слика 2б, фините честички од почвата ги заполнуваат порите на материјалот, а со тоа се намалува инфилтрацијата на атмосферската вода, како резултат овој процес започнува и почетното измивање на почвените честички заедно со површинските води кои се излеваат. На слика 2в, површинскиот истек од врнежите е формиран, и започнува измивање на почвените зрна надолу по косината. Почетниот контакт со површината, почетното течење и последователниот транспорт, доведуваат до промена на гранулометрискиот состав на површинскиот слој од косините процес кој се именува како површинска ерозија.



Слика 2: Процес на површинска ерозија а) врнежи на површина, б) заполнување на шуплини, в) површинско истекување со еродиран материјал

Денеска постојат голем број на средства кои се користат за подобрување на почвата кои ја зголемуваат отпорноста на ерозија преку подобрување на нивните механичките и хидролошките својства [2]. Светските препораки за заштита на животната средина

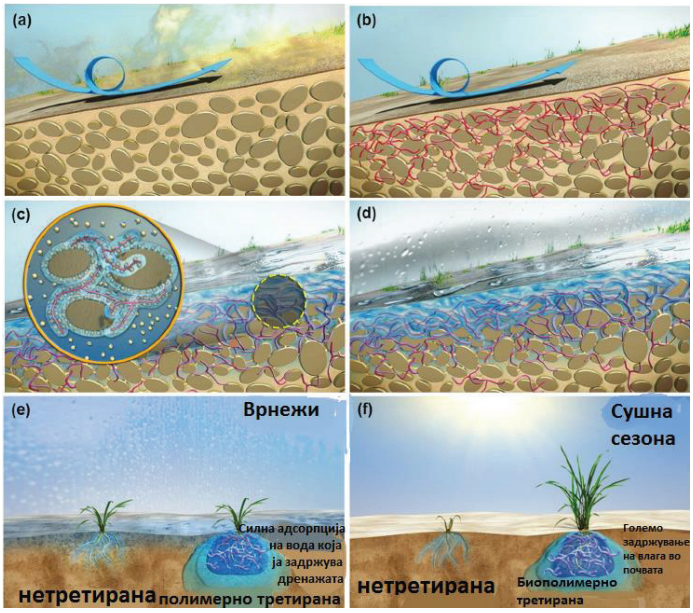
упатуваат на примена на природни соединенија кои не ја загрозуваат околината, а истовремено се ефикасни и економични.

Посебно внимание во стручната јавност привлекуваат примена на биополимери т.е. соединенија како стабилизатори на почвените материјали кои како дополнителна мерка се комбинираат семенски материјали од ниска и средна вегетација. Во првите месеци, полимерите формираат врска помеѓу почвените зрна што ја зголемува отпорноста на ерозија и ја намалува способноста за инфилтрирање и апсорпција на површинската вода. Паралелно, полимерот помага и го забрзува растот на вегетацијата за да се обезбеди долгорочна ерозија и стабилност на наклонот.

За елиминирање на погоре набројаните проблеми на почвените косини, авторите на трудот нудат иновативен полимерен раствор за стабилизација и подобрување на почва кој е предмет на испитување, а добиените резултати се презентирани во овој труд.

2 ПОЛИМЕРНИ МАТЕРИЈАЛИ

Природни полимери како бирумен, слама, леплив ориз се применувале уште во древните цивилизации како материјал за зголемување на почвената јакост и водопропусност. Со напредување на цивилизацијата се унапредуваат и сознанијата за позитивните ефекти на примената на на полименрите материјали во инженерството. Денес, поризводството на природни полимерини материјали од микроорганизми, алги, растенија итн., се смета за еколошки и одржлив материјал за подобрување на почвата кој наоѓа сè поширока примена.



Слика 3. Модел на полимерно подобрена почва отпорна на ерозивни сили (a) природно ерозивна почва; (b) подобрена почва третирана со биополимер; (c) врзана водна зона со хидрофилна адсорпција; (d) ефект на површинска прекривка; (e) голема водна адсорпција при врнежи, (f) влажност во почва во сушна сезона, извор: Chun. G. Chang. I., (2018)

Природните полимерни се водорастворливи и можат да се произведат со дефиниран вискозитет на раствор. Како гелеста структура тие ги заполнуваат порите и шуплините со што се намалува потенцијалот за инфилтрација, а зрната ги обложуваат, подобрувајќи ја нивната меѓусебна атхезија и врска со што ја зголемува јакоста на материјалот [3]. Почвите третирани со полимерни раствори формираат цврста површинска кора што спречува инфилтрација на вода и овозможува слободно површинско истекување без еродибилност на почвата [4]. Вака подобрените почви се отпорни на природните ерозивни сили, илустрирано преку слика 3. Полимерно третираните почви имаат дополнителен позитивен ефект врз растителниот свет, пред

сè поради апсорпцијата на влага и нејзино задржување во почвата со кое подолг период го подржува и стимулира растот на вегетација [5].

2.1 Природен полимерен раствор

Полимерен производ е воден раствор кој содржи сврзувачки агенс за стабилизација на почва, специјално дизајниран за неговата примена кај косини изградени од различни видови на почвени материјали кои се изложени на специфични климатски услови и атмосферски дејства. Производот е добиен со обработка на биоразградлива супстанца од природно порекло за што се користат биолошки отпадни материјал. Производот е еколошки, не содржи хемикалии кои имаат негативно влијание врз животната средина и луѓето.

Слика 4. Производство на полимерен раствор

3 ИСПИТУВАЊА И ИСТРАЖУВАЊА

Спроведените испитувања беа организиррани во две фази, прва во која се спроведени лабораториски испитувања и втора во која се извршија експериментални истражувања врз физички модели со помали димензии. Методологијата на испитување е организирана во лабораториски услови на три различни почви и тоа, песоклива прашина, заглинета песоклива прашина и фино зрнест песок.

3.1 Лабораториски испитувања

Во првата фаза направени се следните класификациони испитувања: природна волуменска тежина, специфична тежина, атергергови граници и оптимална влажност. Дополнително, определени се јакосно-деформабилните својства на природна и полимерно третирана почва, и тоа преку опит на еднокасијален притисок, опит на директно смолкнување и едометарски опит. За дефинирање на хидрауличките карактеристики определен е коефициентот на водопропусност.

3.1.1 Јакосно-деформабилни испитувања на песоклива прашина

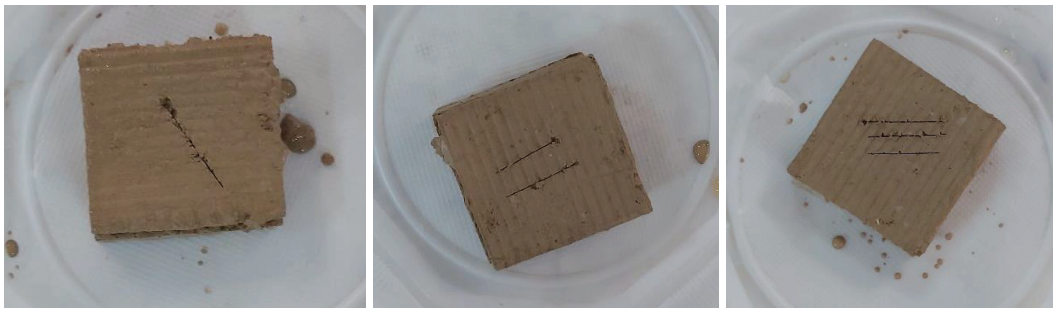
Јакоста на притисок е определена на примероци со димензии d=5 cm и h=10 cm товерени во вертикален правец со константна брзина на задавање на товарот v=0.5 mm/min. Направени се серии од по три исти примероци испитувани на 1, 7, 14 и 28 дена.

а) пред опит

б) после опит

Слика 5. Примероци од јакост на притисок на полимерно третирана почва, серија од 28 дена

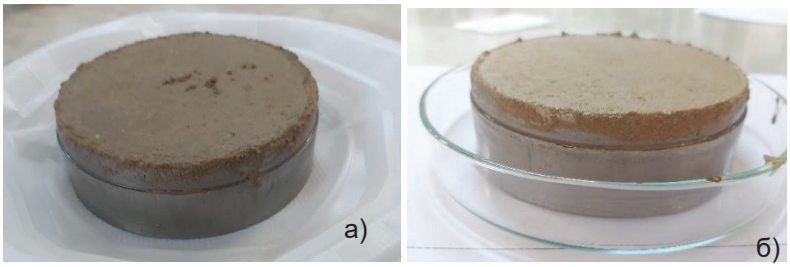
Параметрите на јакоста на смолкнување (φ и c) се определени преку опитот на директно смолкнување на примероци со димензии 60x60 mm и висина 20 mm со претходна консолидација. Направени се две серии од по три примероци со природна и полимерно третирана почва.



Слика 6. Примероци од опит на директно смолкнување на полимерно третирана почва

Слика 7. Примероци од опит на директно смолкнување на природна почва

Стисливите карактеристики на подобрена и природна почва се добиени од извршените едометарски опити на примероци со дијаметар 101.6mm и висина 32mm за различни оптоварувања.



Слика 8. Примероци од едометарски опит на а) третирана почва и б) природна почва

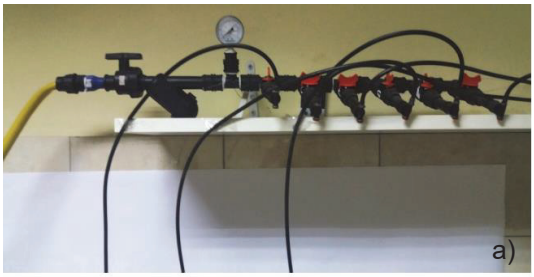
3.1.2 Водопропусност на песоклива прашина

Коефициентот на водопропусност е определен на примероци со димензии d= 100.4 mm и висина 120.0 mm за притсок од 0.5 bar. Примерок од природна и полимерно третирана

почва е водозаситуван од горе кон долу и за период од 24 часа се регистрира количеството на истечена вода од секој примеорк, соодветно.

3.2 Експериментални истражувања

Во втората фаза спроведени се повеќе експериментални истражувања на косини изградени од три различни видови на почва третирани со природен полимер со и без вегетација. Истражувањата се направени на физички модел, косина со димензии 50x50x10 cm и различен наклон. Косините се испитувани со симулација на врнежи преку систем од прскалки со различно количество и времетраење на врнежите. На косините е засадено семе од вегетација и вградени се сензори за мерење на сукција во почва и волуметриска влажност во почва со местоположба 25x25 cm. Овие косини се испитувани после 27 дена т.е. време потребно да израсне вегетацијата и формира длабински корен во лабораториски услови. Во табела 1 се прикажани карактеристичните параметри на косините.



Слика 9. Систем за симулација на врнежи а), сензор за марење волуметриска влажност б) и сензор за мерење сукција в)

Табела 1. Влезни параметри за експериментални испитувања

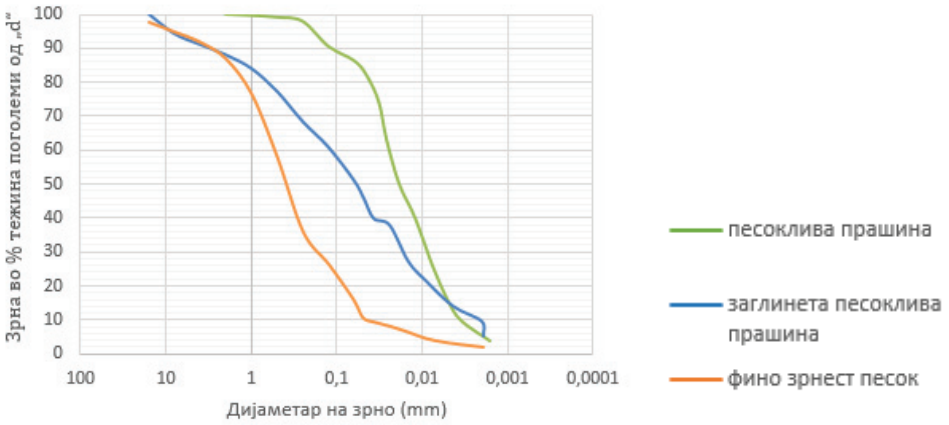
Почва	Тип на косина	Наклон	Количество врнежи (л/час)	Времетраење на врнежи (min)
Песоклива прашина	природна	1 : 1,5	10	180
	третирана			
Заглинета песоклива прашина	природна	1 : 2	12	210
	третирана			
	третирана+в.семе			120
Фино зрнест песок	природна	1 : 2	12	120
	третирана			
	третирана+в.семе			120

4. РЕЗУЛТАТИ

Во табела 2 се прикажани добиените резултати од класификационите испитувања, а преку слика 10 се прикажани кривите на гранулометриски состав на избраната почва.

Табела 2. Физичко-механички параметри на почва

Почва	Прир. влаж. ω (%)	Вол. теж. γ (kN/m^3)	Спец. теж.Gs (/)	Класификација	Оптимална влажност	
					ω_{opt} (%)	γ_d (%)
Песоклива прашина	23.62	18.82	2.67	MH	17.60	15.20
Заглинета песоклива прашина	/	20.11	2,71	CL/CI	/	/
Фино зрнест песок	/	18.44	2.68	SC-SF	/	/



Слика 10. Криви на гранулометриски состав на почва

Резултатите од јакост на притисок на природна почва и полимерно третирана почва се прикажани во табела 3 и 4, соодветно

Табела 3. Јакостни параметри на природна почва

Ден на испитување	Нормално напрегање σ (kN/m^3)	Деформација ε (%)
1	435.29	4.00

Табела 4. Јакостни параметри на полимерно третирана почва

Ден на испитување	Нормално напрегање σ (kPa)	Деформација ε (%)
1	257.09	3.52
7	1749.92	2.93
14	1132.43	2.59
28	2000.65	2.92

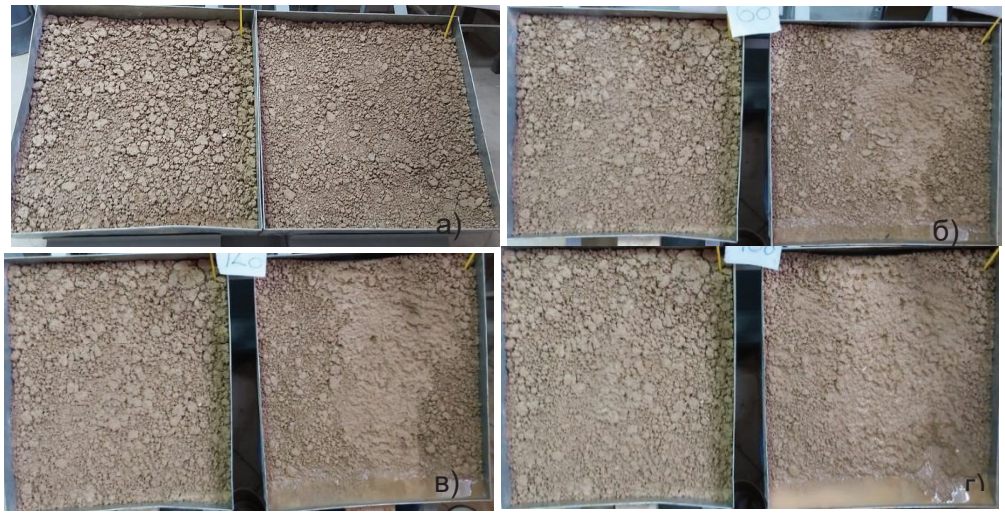
Параметрите за јакост на смолкнување, аголот на внатрешно триење и кохезијата на третираната почва имаа вредност φ=32.3° и c=28 kPa, додека овие параметри за природната почва имаат пониски вредности φ=29.2° и c=25.9 kPa. Ова претставува подобрување од 9.52 % за аголот на внатрешно триење и 7.5 % за кохезијата.

Со едометарски опит е определен модулот на ситисливост на природна и подобрена почва за 240 kPa. Модулот на подобрениот примерок има вредност од Mv=4648 kPa што претставува подобрување од 36.64% споредено со модулот на природниот примерок кој изнесува Mv=2945 kPa.

За 24 часа, количество на истечена вода од третираниот примерок е 6.71 cm^3 што е поголем дури за 6 пати од количеството на природниот примерок 1.06 cm^3. Третираната почва има однесување на хидрофобна почва која овозможува слободен истек, за разлика од природната почва кај која се задржува водата. Коефициентот на водопропусност на третираниот примерок е 2.20 x 10^{-6} m/sec, а за природниот примерок 3.47 x 10^{-7} m/sec.

Експерименталните истражување се извршени врз 6 косини од третитана и природна со полимерен раствор е нанесен со рамномерно распрскување по површината на косината. Вискозниот раствор ги врзува и обложува зрната со гел и ги исполнува порите и шуплините во почавата. Во суви услови третираната почва формира цврста површинска кора.

- Косини од песоклива прашина

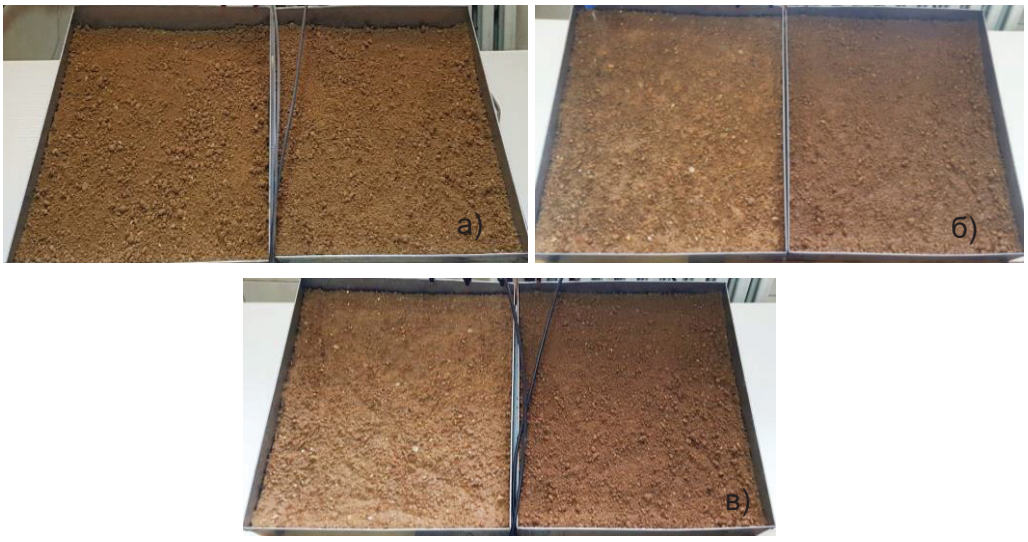


Слика 11. Ерозивни промени на третирана косина (лево) и природна косина (десно), Q=10 л/час, а) 0 мин., б) 60 мин., в) 120 мин., г) 180 мин.

Слика 12. Ерозивни промени на третирана косина (лево) и природна косина (десно)

За експерименталните испитувања на површините од третираните косини не се забележани ерозивни промени, што не е случај кај приорните косини. Во продолжение се дадени слики од тек на испитување.

- *Косини од фино зренест песок*



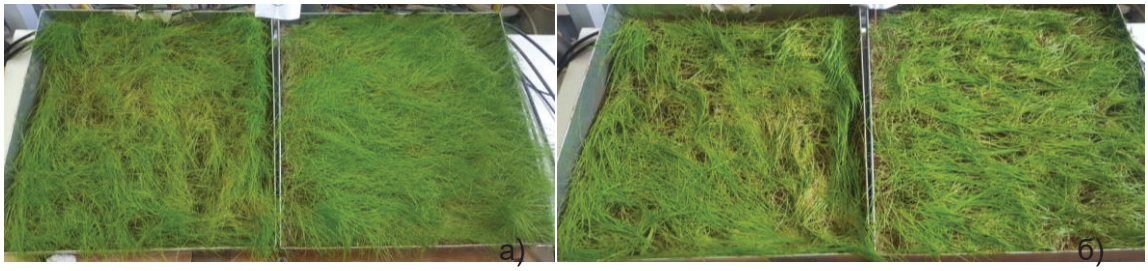
Слика 13. Ерозивни промени на третирана косина (десно) и природна косина (лево), Q=12 л/час, а) 0 мин., б) 60 мин., в) 120 мин.

- *Косини од заглинета песоклива прашина*

Слика 12. Ерозивни промени на третирана косина (десно) и природна косина (лево), Q=12 л/час, а) 0 мин., б) 60 мин., в) 120 мин., г) 180 мин., д) 210 мин.

- *Косини со вегтација*

Косини со вететација или косини во кои има вградено сензори за мерење волуметриска влажност и сукција (негативен порен притисок) во почвата се испитувани после 27 дена. За време на испитувањето на површините од косините не се забележани ерозивни промени.



Слика 13. Ерозивни промени на третирани косини од заглинета песоклива прашина (десно) и фино зрнест песок (лево), Q=12 л/час, а) 0 мин., б) 120 мин.

Слика 14. Резултати од волуметриска влажност во почвата – VWC

Слика 15. Резултати од сукција во почвата

4 ЗАКЛУЧОЦИ

Од спроведеното истражување може да се заклучи дека површинската кора формирана од полимерниот раствор и почвата овозможува зголемена отпорност од ерозија и површинска стабилност на косините. Дополнително, мерката за сеење на вегетација со нанесување на природниот полимер нуди долготрајна заштита на косините и отпорност на различни атмосферски дејства. Природното полимерно средство формира хидрофобна кора на површибната која овозможува слободно истекување на врнежите без појава на ерозија, ја намалува инфилтрација на вода во почвата и промовира раст на вегетација. Употребата на природен полимерен раствор исполнувајчи ги порите формира гелеста матрица помеѓу зрната во почвата зголемувајчи ги интергрануларните сили со што се подобруваат и њезините механички својства. Од лабораториските испитувања со третманот регистрирани се зголемување на јакоста помеѓу 10% и 35% зависно од видот на почвата.

Преку експерименталните испитување врз косини изградени од почвен материјал изложени на врнежи со различен интензитет се потврдуваат очекуваните резултати потврдувајќи дека практично ерозијата кај третираните косини е практично непостоечка во споредба природните (нетретирани) косини. Намалувањето на потенцијалот за

ерозија и свлекување е документиран и преку резултатите добиени од мерењаата на порниот притисок, влажноста и сукција.

Употребата на биополимерен раствор е природно решение за контрола на ерозијата, кое има голем потенцијал бидејќи претставува ефикасно, економично и еколошки одржливо инженерско решение.

5 ЛИТЕРАТУРА

[1] Song Y., Liu L., Yan P., Cao T. (2005). *A review of soil erodibility in water and wind erosion research.* Journal of Geographical sciences. 15(2):167-176, DOI: 10.1360/gs050205

[2] Ham S. M., Chang I., Noh D. H., Kwon T. H., Muhunthan B. (2018). *Improvement of surface erosion resistance of sand by microbial biopolymer solution*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 144(7):06018004, DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001900.

[3] Ivanov V., Chu J. (2008). *Applications of microorganisms to geotechnical engineering of bioclogging and biocementation of soil in situ.* Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 7(2):139-153, DOI: 10.1007/s11157-007-9126-3.

[4] Chang I., Jeon M., Cho. G-Ch. (2015). *Application of microbial biopolymers as an alternative construction binder of earth buildings in underdeveloped countries*. International Journal for Polymer Science, Vol. 20159(2),9 p. Article ID 326745, DOI: 10.1155/2015/326745.

[5] Chun G., Chang I. (2018). *Cementless soil stabilizer – biopolymer.* The 2018 World Congress on Advances in Civil, Environmental, & Materials Research (ACEM18), Incheon – Korea, 29 p.

[6] Николовска А. (2019). *Стабилизација на површинска ерозија кај косини со примена на полимерни средства и вегетација* (Магистерски труд, 148 стр.)

[7] Nikolovska, A., Josifovski, J., Susinov, B. *Improvement of surface erosion resistance of silty sand soil by biopolymer-based treatment*. Book of Proceedings (digital version) of 17th International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Gdansk, Poland, pp. 64-66, 13-15 September 2022

[8] Nikolovska, A., Josifovski, J. *Biopolymer soil stabilization as protection from slope erosion and shallow sliding.* Conference Paper, EGU22-4236, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria & Online, 23–27 May 2022 https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-4236.

[9] Nikolovska, A., Josifovski, J., Susinov, B. *Stabilization of surface erosion on slopes using polymers and vegetation*. Book of Proceedings (digital version) of WMHE 2019- 16th International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Skopje, pp. 488-499, 5-7 September 2019.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 11

Компаративна анализа на пресметана со измерена бучава на автопат Миладиновци – Свети Николе

Comparative analysis of calculated and measured traffic noise on Miladinovci – Sveti Nikole highway

Ристе Ристов[1], Милица Јованоска[2], Тодорка Самарџиоска[3], Горан Мијоски[4]

[1] м-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, ristov@gf.ukim.edu.mk
[2] м-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, m.jovanoska@gf.ukim.edu.mk
[3] д-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, samardzioska@gf.ukim.edu.mk
[4] д-р, Градежен факултет - Скопје, РСМ, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Изградбата на новиот автопат Миладиновци – Свети Николе – Штип индиректно има и штетни влијанија врз животната средина, и покрај големите придобивки за регионот. Најголемиот дел од овие штетни влијанија во коридорот на трасата се резултат на сообраќајната бучава. Пресметката на еквивалентното ниво на бучава врз секој објект во критичниот појас од автопатот и неговата заштита со звучна бариера е направена со помош на францускиот национален метод. На делницата од Миладиновци до Свети Николе се направени контролни мерења на неколку позиции блиску до пресеците од пресметката. Во овој труд е спроведена компаративна анализа на нивоата на пресметаната и измерената бучава, од што произлегуваат заклучоци во однос на функционалноста на звучните бариери.

Клучни зборови

Анализа, автопат, бучава, звучни бариери, сообраќај

Abstract

In addition to the great benefits to the region, the construction of the new motorway Miladinovci – Sveti Nikole – Shtip, indirectly has harmful effects on the environment. Most of these harmful effects in the corridor of the route are attributed to the traffic noise. The calculation of the equivalent noise level on each object in the critical zone of the motorway and its protection with a sound barrier is made using the French national method. Control measurements were performed on the section from Miladinovci to Sveti Nikole, at several positions close to the cross sections of the calculation. In this paper, a comparative analysis of the calculated and measured noise levels is carried out, from which conclusions regarding the functionality of the sound barriers are derived.

Key words

Analysis, motorway, noise, sound barriers, traffic

1 ВОВЕД

Во склоп на техничката документација за автопатско решение на делница Миладиновци – Свети Николе – Штип изработена е студија за оцена на влијанијата на патниот правец врз животната средина во која се разработени конфликтите со одделни медиуми, утврдени се сензитивните подрачја и делниците за кои ќе треба да се применат мерки за заштита. Со студијата е направен посебен осврт и на заштитата од сообраќајната бучава при што се третирани сите околни објекти и се дефинирани сите можни локации каде бучавата би била со изразен интензитет и предизвикувала штетно влијание врз резидентите. Исто така, со студијата се дадени препораки за намалување бучавата уште во проектната документација, како намалување на нивото преку геометриска поставеност на осовината на патот така и за типот на бариерата доколку има потреба од истата [1].

Преку анализа во основниот проект детално се разработени сите локации каде има влијание од бучава и при тоа се дефинирани позициите каде мора да се постават звучни бариери.

Во текот на месец септември 2022 година, откако автопатот е во полна функција веќе неколку години, извршени се нови мерења, со цел да се направи проверка на пресметаното ниво на бучава и анализирани се евентуалните отстапувања од пресметаните величини.

2 ПРОЕКТНО РЕШЕНИЕ

Основа за направените анализи со цел ублажување на влијанијата од сообраќајната бучава е меродавното сообраќајно оптоварување и структурата на меродавните сообраќајни текови. Врз основа на претходно дефинираните карактеристики на сообраќајните текови изведени се и сите останати појдовни претпоставки, неопходни за анализа на сообраќајната бучава.

Другиот дел од основата за предметната анализа на сообраќајната бучава произлегува од просторното решение на анализираната делница, односно од постоењето на зони за домување во непосредна близина на трасата, како и од карактеристиките на попречниот профил. Квантификацијата на параметрите на сообраќајна бучава за претходно дефинираните услови, е изработена за карактеристичните објекти во зоните за домување.

Со оглед на изменетите услови во поглед на простирање на звучните бранови, кои се последица на специфичниот попречен профил на трасата на автопатското решение и постоењето на објекти кои се изложени на негативни влијанија, за пресметка на меродавните влијанија е одбрана делница со најголема изложеност на бучава. За оваа делница објектите за домување се приближуваат до трасата на минимална оддалеченост од 50 -100 метри, каде пресметките се направени за сите објекти кои се лоцирани во зоната на пропагацијата на звукот.

Меродавни индикатори на сообраќајна бучава, а во склад со важечките прописи, дефинирани се како просечно еквивалентно ниво на бучава за период - ден и период - ноќ. Врз основа на овие индикатори дефинирани се сите елементи на пресметката за звук за конкретни просторни услови [2].

2.1 ПРЕСМЕТКА НА ЗВУЧНИ НИВОА

Комплетното согледување на ефектите од сообраќајната бучава во предметната зона е можно единствено ако нејзините карактеристики се истражуваат за објектите кои можат да бидат изложени на зголеменото ниво на сообраќајна бучава.

Добиените вредности од пресметката се третираат за подрачје од втор степен односно, објекти за постојан престој во станбен реон, објекти намени за воспитно-образовна дејност, објекти за социјална заштита, за сместување на деца и стари лица и др.

За меродавната пресметка на бучава при претпоставено ниво на патниот сообраќај со однапред дефинирани точки на попречниот пресек (точка на емисија) се користени методите за оценувањето на еквивалентното ниво на бучава предизвикана од патниот сообраќај со примена на индикаторите за бучава во животната средина, а кои се во согласност со Францускиот национален метод за пресметување NMPB-ROUTES, како и упатствата дадени од Министерството за сообраќај на Сојузна Република Германија "Richtlinien für den Larm-schutz an Srassen". Со овие пресметки е дефинирана потребната висина и должина (почеток и крај) на звучните бариери [3].

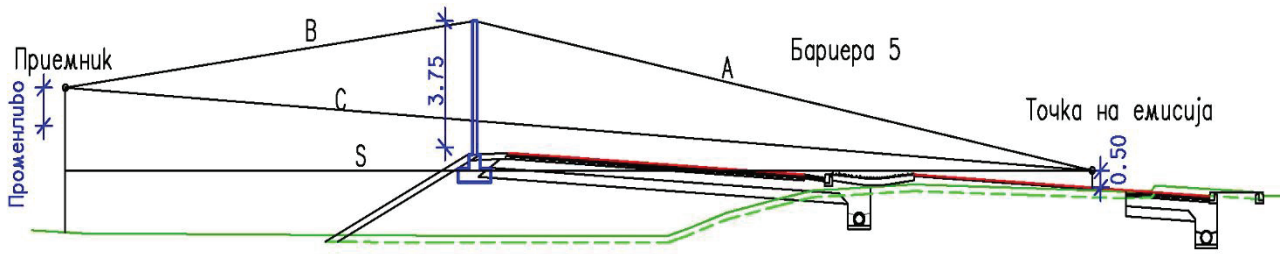
2.1.1 Апсорптивна бариера на км 27+600

На потегот од автопатот околу km 27+600 постојат 4 објекти за домување на нормално растојание од проектираниот коловоз од 39 до 90 m. За истите е направена пресметка на нивото на бучава за период ден и ноќ и се утврдени вредности поголеми од максималните ограничувачки за подрачје од втор степен.

Табела 1. *Пресметано ниво на бучава за делница км 27+600 (без бариера)*

Стационажа	**L_D**	**L_{dmax}**	**L_N**	**L_{Nmax}**
27+525	58.27	>55	50.99	>45
27+588	64.49	>55	57.21	>45
27+648	65.26	>55	57.98	>45
27+775	60.18	>55	52.89	>45

Извор: Основен проект за звучни бариери



Слика 1. Апсорптивна бариера на km 27+492,00 - 27+849,00 - лево L= 357,00 m H=3,75 m
Извор:Основен проект за звучни бариери

На предвидената локација во однос на објектите е пресметана висината и должината на звучната бариера према која се добиени вредности на ниво на бучава помали од максималните ограничувачки за втор степен.

Табела 2. Пресметано ниво на бучава за делница km 27+600 (со звучна бариера)

Стационажа	**L_DB**	**L_{dmax}**	**L_N B**	**L_{Nmax}**
27+525	53.48	<55	46.19	<45
27+588	52.70	<55	45.41	<45
27+648	52.22	<55	44.94	<45
27+775	54.14	<55	46.86	<45

Извор: Основен проект за звучни бариери

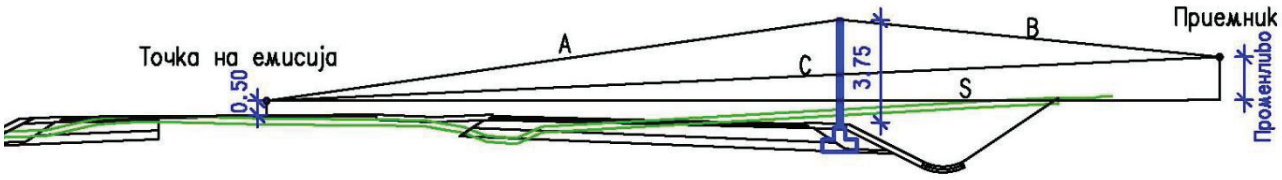
2.1.2 Рефлексивна бариера на км 28+150

На делницата од km 28+000 до km 39+150 се утврдени четири објекти во зона на можна зголемена бучава. За истите е направена пресметка на нивото на бучава за период ден и ноќ и се утврдени вредности поголеми од максималните ограничувачки за подрачје од втор степен. Компаративната анализа која се прави во ова истражување се однесува само на објектот на стационажа km 28+150, при што останатите пресметки за трите објекти ќе бидат прикажани само илустративно.

Табела 3. Пресметано ниво на бучава за објект на км 28+150 (без бариера)

Стационажа	L_D	L_{dmax}	L_N	L_{Nmax}
28+150.00	58.08	>55	50.80	>45
38+830.00	58.72	>55	51.44	>45
38+980.00	57.97	>55	50.69	>45
39+140.00	55.37	>55	48.08	>45

Извор: Основен проект за звучни бариери



Слика 2. Рефлексивна бариера на км 28+000,00 – 28+300,00 - лево L= 300,00m H=3,75m
Извор: Основен проект за звучни бариери

На предвидената локација во однос на објектот е пресметана висината и должината на звучната бариера, според која се добиени вредности на ниво на бучава помали од максималните ограничувачки за втор степен.

Табела 4. Пресметано ниво на бучава за објект на km 28+150 (со звучна бариера)

Stac.	L_DB	L_{dmax}	L_N B	L_{Nmax}
28+150.00	52.10	<55	44.82	<45
38+830.00	52.45	<55	45.17	<45
38+980.00	51.80	<55	44.51	<45
39+140.00	50.24	<55	42.96	<45

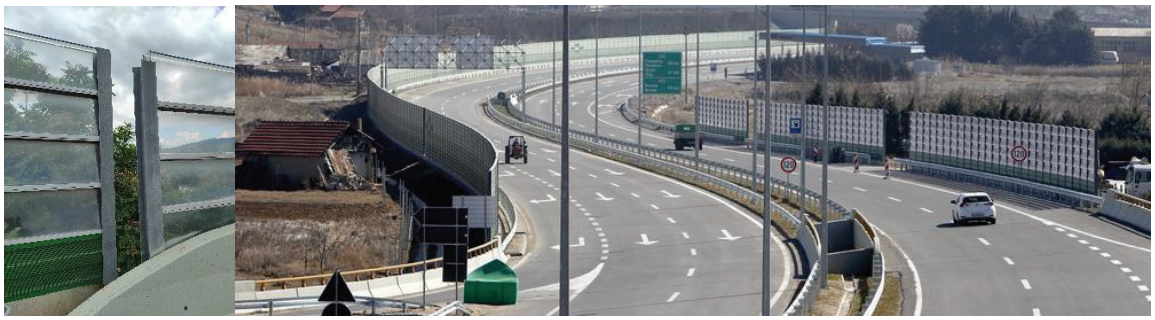
Извор: Основен проект за звучни бариери

3 ПОСТОЈНА СОСТОЈБА

Автопатот Миладиновци – Свети Николе – Штип е започнат со градба во 2014 година и официјално е завршен и пуштен во употреба од 2019 година. Првично, во склоп на целата делницата се изградени три звучни бариери согласно проектната документација (од 2011) а потоа према новоизградените околни објекти (до 2019) и барањето од локалните жители се доизградени дополнителни 11 со вкупна должина од околу 3000м.

Слика 3. Звучни бариери на км 27+560 и 28+190
Извор: Сопствен прилог

При теренскиот увид, утврдено е дека бариерите конструктивно се прописно изведени и применетите материјали се во добра состојба, но постојат и голем број недостатоци кои ја намалуваат нивната функционалност, како: отвори за влез во приватни парцели, несоодветно изведени ревизиони врати, хоризонтални и вертикални отвори кај објекти од траса, незавршени модули и сл.



Слика 4. Звучни бариери на км 5+200 и 27+500
Извор: Сопствен прилог

4 ИЗМЕРЕНА БУЧАВА

Инструментот со кој е направено мерењето на бучавата е фонометар тип Cirrus класа 1, модел CR 171B и калибратор за звукомер модел CR 515 на Cirrus Research plc. Cirrus звукомерот е способен за мерење, обработка и евидентирање на податоците во 1:1 и 1:3 октавен спектар. Звукомерот има мерно подрачје кое ги опфаќа октавите од 16Hz до 16kHz за октавен спектар, и терците од 6.3Hz до 16kHz за третинско-октавен спектар.

Cirrus 171 B, е опремен со:

- Микрофон (Класа 1)
- Предзасилувач на микрофон
- Екран со висока резолуција и сензор за амбиентално светло со осветлена тастатура
- Меморија (4 GB со можност за меморирање до 10 000 мерења)
- Ги поседува следните временски услови на работа:
- Температура на работа од -10°C до +50°C

- Влажност до 95% RH без кондензирање

Дополнително пред и по секое мерење се врши калибрација на звукомерот со калибраторот CR 515.

Слика 5. Звукомер и калибратор
Извор: Сопствен прилог

4.1 ЛОКАЦИИ ЗА СНИМАЊЕ НА ИЗМЕРЕНО НИВО НА БУЧАВА

Мерењето на бучавата е направено на 17 локации од кои 2 се на самиот коловоз (на лента за застанување), 5 се на места надвор од коловоз без звучна бариера и останатите 10 се точки позади звучните бариери. При мерењето е запазено да се дефинира бучава од три типа на возила: лесни коли (автомобили и мотоцикли), средно тешки возила (комби, мали камиони, автобуси и сл.) и тешки товарни возила (шлепери со една или две приколки).

Табела 5. Број на возила по позиција на мерење

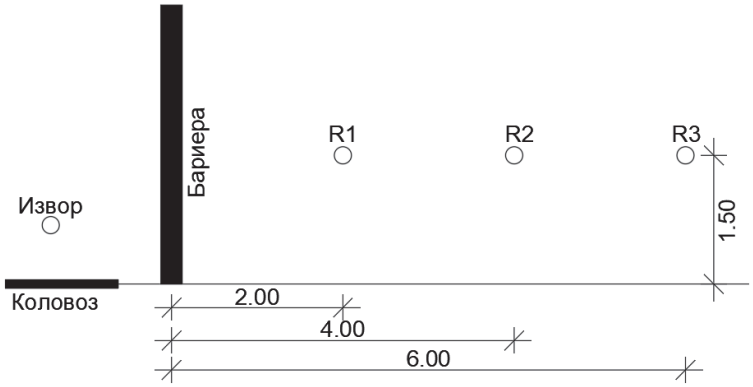
Р.Б.	Мер.	Стац.	Локација (описно)	Бариера	Позиција на мерење	ЛВ+М	СТВ+А	ТТВ+ПР
1	712	05+190	ПЈ Кочане - Мост	Апсорптивна	На лента за застанување	16	2	3
2	713	26+320	ПЈ Св.Николе Север	/	На лента за застанување	7	2	1
3	714	26+320	ПЈ Св.Николе Север	/	На 4 m растојание и 1.5 m од коловоз	7	1	1
4	715	26+320	ПЈ Св.Николе Север	/	На 8 m растојание и 1.5 m од коловоз	2	2	2
5	717	28+135	Овче Поле Хотел - трет модул	Рефлексивна	На 4 m од бариера и -1 m од коловоз	9	2	1
6	718	28+135	Овче Поле Хотел - трет модул	Рефлексивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	10	2	1
7	719	28+190	Овче Поле Хотел 17-ти модул	Рефлексивна	На 4 m од бариера и -1 m од коловоз	5	1	2
8	720	28+190	Овче Поле Хотел 17-ти модул	Рефлексивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	8	1	2
9	721	28+190	Овче Поле Хотел 17-ти модул	Рефлексивна	На 8 m од бариера и -1 m од коловоз	6	2	2
10	723	28+190	Овче Поле Хотел 17-ти модул	Рефлексивна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	8	1	1
11	724	29+820	ПЈ Св.Николе Југ	/	На 2 m од жичана и 1.5 m од коловоз	19	5	1
12	725	29+820	ПЈ Св.Николе Југ	/	На 8 m од жичана и -1 m од коловоз	11	1	2
13	726	27+560	ПЈ Св.Николе Север -	Апсорптивна	На 2 m од бариера и	10	1	2

			10-ти модул		1.5 m од коловоз			
14	728	27+560	ПЈ Св.Николе Север - 10-ти модул	Апсорптивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	8	2	2
15	729	27+560	ПЈ Св.Николе Север - 10-ти модул	Апсорптивна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	9	1	1
16	731	27+400	ПЈ Св.Николе Север - 17-ти модул	Апсорптивна	На 10 m од бариера и 1.5 m од коловоз	9	4	3
17	737	05+105	ПЈ Коњаре - Мост	Апсорптивна	На 30 m од бариера и - 15 m од коловоз	18	3	1

Извор: Сопствено истражување

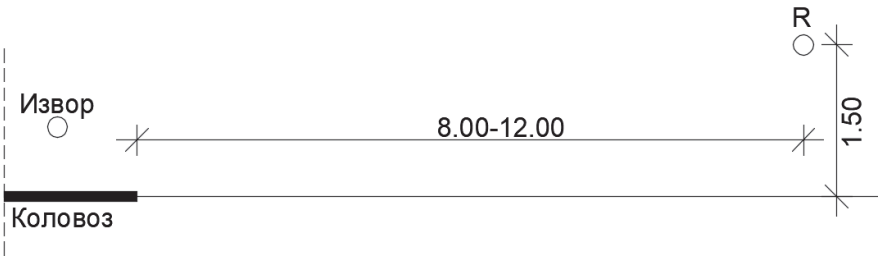
Мерењето на нивото на бучава е направено во период кој опфаќа премин низ одреден пресек на автопатот на сите три типа на карактеристични возила, не помал од една минута.

Позицијата на поставување на инструментот, за случај со звучна бариера, е дефинирана на три растојанија во однос на бариерата [5].



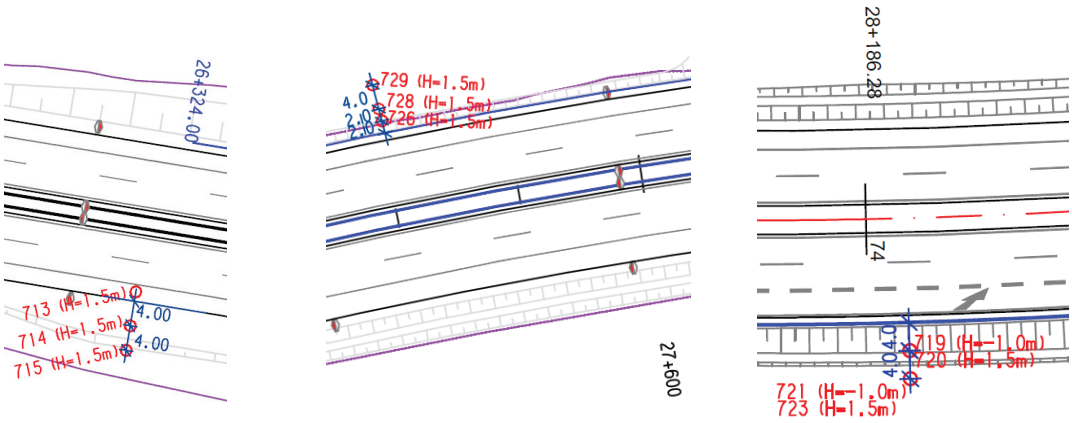
Слика 6. Поставеност на фонометарот во однос на звучната баириера
Извор: Сопствен прилог

Снимањето на нивото на бучава за отворен коловоз е направено на 8 до 12 m од работ на коловозот.



Слика 7. Поставеност на фонометарот во однос на коловозот
Извор: Сопствен прилог

На места каде не постои можност за поставување на инструментот на растојанијата кои се дадени погоре (поради физички пречки) се направени минимални отстапувања од 2 до 4 m по хоризонтала.



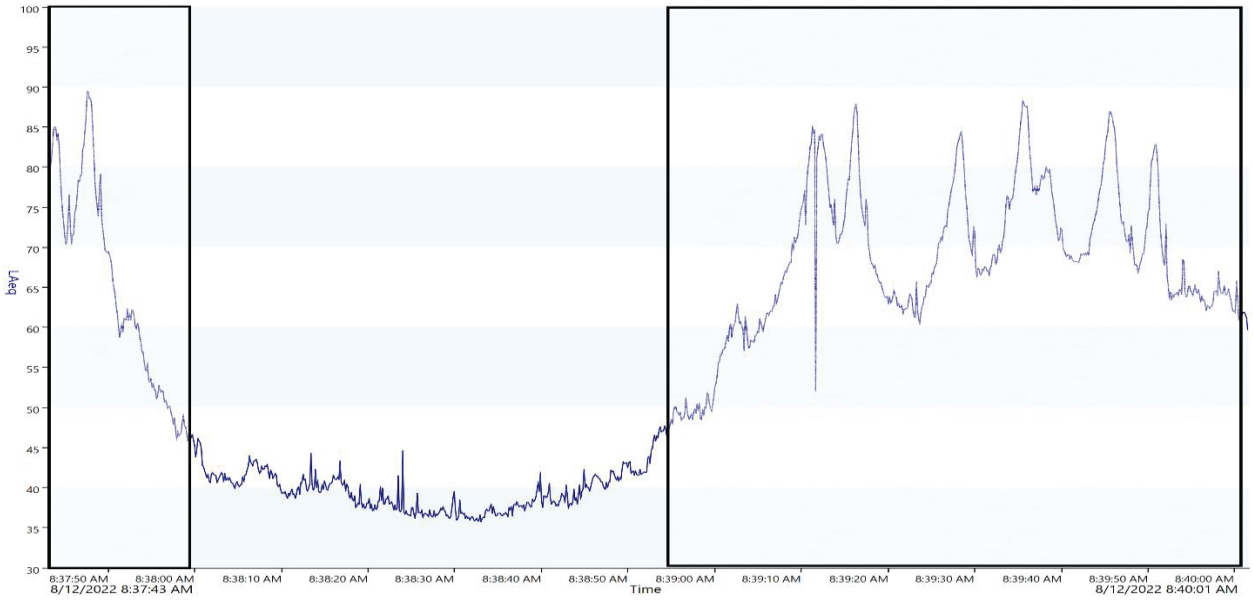
а. Отворен коловоз *б. Апсорптивна бариера* *в. Рефлексивна бариера*

Слика 8. Карактеристични локации на снимање

Извор: Основен проект за звучни бариери

4.2 ОБРАБОТКА НА ПОДАТОЦИ

При одредувањето на еквивалентното ниво на бучава, целиот дијаграм (LAeq/Time) е поделен по сегменти, и тоа, мирен дел (без возила) и серија на настани од премин на сите типови возила во анализираниот временски интервал.



Слика 9. Дијаграм на еквивалентна сообраќајна бучава поделен по сегменти

Извор: Сопствен прилог

Конечното ниво на еквивалентна сообраќајната бучава е добиено со средна логаритамска вредност само од серијата на настани [6]. Мирниот дел не е земен предвид при пресметката на конечното ниво на бучава.

Табела 6. Средна логаритамска еквивалентна сообраќајна бучава по позиции

Р.Б.	Стац.	Бариера	Позиција на мерење	Laeq (dB)
1	05+190	Апсорптивна	На лента за застанување	**77.36**
2	26+320	/	На лента за застанување	**70.62**
3	26+320	/	На 4 m растојание и 1.5 m од коловоз	**71.20**
4	26+320	/	На 8 m растојание и 1.5 m од коловоз	**63.93**
5	28+135	Рефлексивна	На 4 m од бариера и -1 m од коловоз	**59.40**
6	28+135	Рефлексивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**65.42**
7	28+190	Рефлексивна	На 4 m од бариера и -1 m од коловоз	**54.80**
8	28+190	Рефлексивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**55.70**
9	28+190	Рефлексивна	На 8 m од бариера и -1 m од коловоз	**55.29**
10	28+190	Рефлексивна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**55.70**
11	29+820	/	На 2 m од жичана и 1.5 m од коловоз	**72.50**
12	29+820	/	На 8 m од жичана и -1 m од коловоз	**60.51**
13	27+560	Апсорптивна	На 2 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**50.20**
14	27+560	Апсорптивна	На 4 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**53.85**
15	27+560	Апсорптивна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**54.80**
16	27+400	Апсорптивна	На 10 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**51.97**
17	05+105	Апсорптивна	На 30 m од бариера и -15 m од коловоз	**53.18**

Извор: Сопствено истражување

5 АНАЛИЗА НА ПОДАТОЦИ

Споредбата на податоците е направена за пресметано и измерено еквивалентно ниво на бучава добиено преку средна логаритамска вредност. Како карактеристични позиции за анализа се земени локациите каде има приближно иста стационажа на пресметка и мерење и приближно исто растојание од бариерата до приемникот.
Поради логаритамското зголемување на звучниот интензитет меѓу два споредувачки нивоа на моќност (десеткратен прираст на два соседни децибели), потребно е разликата на пресметаното и измереното ниво исто да се претстави логаритамски.

Табела 7. Измерена и пресметана бучава

Р.Б.	Стац.	Бариера	Позиција на мерење	M. Laeq (dB)	C. Laeq (dB)	Лог. Раз. (dB)	Лог. Раз. %
4	26+320	/	На 8 m растојание и 1.5 m од коловоз	**63.93**	**65.26**	**59.47**	**35.83**
10	28+190	Рефлективна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**55.70**	**52.10**	**53.21**	**56.35**
15	27+560	Апсорптивна	На 8 m од бариера и 1.5 m од коловоз	**54.80**	**52.70**	**50.64**	**38.34**

Извор: Сопствено истражување

Од табела 7 може да се увидат еквивалентните нивоа на сообраќајна бучава за измерена и пресметана бучава по стационажи. Анализата е направена само за еквивалентно дневно ниво на бучава за подрачје од втор степен. Според приложеното може да се увиди дека логаритамски пресметана разликата на измереното и пресметаното ниво на бучава изнесува дури и до 60 dB или процентуално од 35-56%.

6 ЗАКЛУЧОК

Согласно препораките од студијата за оцена на влијанијата врз животната средина, во коридорот на новиот автопат е направена пресметка за дејство од бучава на сите објекти кои се во близина под 100 m од трупот на патот. Во склоп на пресметката за нивото на еквивалентна бучава точно локациски и геометриски се дефинирани сите звучни бариери. Определувањето на индикаторите е направено преку францускиот национален метод во кој како главен влезен податок е процентуално пресметаниот сообраќај во 20 годишен период.

Последното мерење на нивото на сообраќајна бучава е направено со цел да се исконтролира реалната ситуација на терен и да се провери оправданоста на изведените бариери.

Избраните локации за снимање на бучавата се во близина на дефинираните позиции од пресметката со што би имале најмеродавни податоци за анализа.

Со направената анализа е утврдена голема разлика од пресметаната и реалната бучава, но сепак, измереното ниво на бучава е под граничните вредности за подрачје од втор степен.

За крај сепак може да се заклучи дека изведените звучни бариери ја вршат својата функција и го намалуваат нивото на бучава според претходно направената пресметка, и покрај пропустите кои се направени при изведбата.

7 ЛИТЕРАТУРА

[1] Петровска А. (2011). *Студија за оцена на влијанијата врз животната средина на коридорот на трасата на автопатското решение Миладиновци – Штип*

[2] Ристов Р. (2011). *Технички извештај за основен проект: делница Миладиновци – Свети Николе, Автопат Миладиновци - Штиш (Книга, бр. 17 Звучни бариери)*

[3] МЖСПП (2008). *Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина*

[4] МЖСПП (2007). *Закон за заштита од бучава во животната средина*

[5] Haibo Wang, Peng Luo, Ming Cai (2018): *Calculation of Noise Barrier Insertion Loss Based on Varied Vehicle Frequencies, Applied Sciences, MDPI.*

[6] Reiter, P., Wehr, R., Ziegelwanger, H. (2017). *Simulation and measurement of noise barrier sound-reflection properties. Applied Acoustics*

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 12

Односот помеѓу уличната мрежа, составот и уредувањето на улиците

The relationship between street network, composition and street landscaping

Vaska Sandeva[1], Katerina Despot[2]
[1] Professor, Goce Delcev University - Stip, Macedonia, vaska.sandeva@ugd.edu.mk
[2] Professor, Goce Delcev University - Stip, Macedonia, katerina.despot@ugd.edu.mk

Апстракт

Патиштата треба да се следат не само како погодни патишта, туку и за економична градба. Во споредба со ова важно функционално значење, постои естетски визуелен квалитет на патиштата.

Уличната мрежа како елемент на урбанистичкото планирање на населените места го формира скелетот на населбата и создава услови за ориентација во општиот урбан пејзаж.

Во теоријата на паркската уметност, поимот композиција значи - распоредување на поединечни растенија или комбинирано со мртви материјали за да се формира хармонична целина подредена на уметничката идеја. Главните теоретски дела во паркската уметност се тесно поврзани со принципите на општата теорија на композицијата.

Поврзувањето на плоштадите и улиците со околната природна и урбана средина може да се направи кога теренот, постоечката висока и ниска вегетација, водните површини и карпестите формации се правилно проектирани.

Клучни зборови

парк, проект, улица, принципи, уметност, зелен систем

Abstract

Roads should be traced not only as convenient roads but also for economical construction. In comparison to this important functional significance there is aesthetic visual quality of the roads.

The street network as an element of urban planning of settlements forms the skeleton of a settlement and creates conditions for orientation in the general urban landscape.

In the theory of park art, term composition means - arrangement of individual plants or combined with dead materials so as to form a harmonious whole subordinate to the artistic idea. The main theoretical works in park art are closely related to the principles of the general theory of composition.

The connection of squares and streets with the surrounding natural and urban environment can be done when the terrain, the existing high and low vegetation, water surfaces, and rock formations are properly designed.

Key words

park, design, street, principles, art, green system

1. Introduction

The green system is an important spatial structural and functional part of the settlement and the upland territories, which solve a number of tasks for improving the environment.

The terrain plays a particularly important role in tracing streets and street networks.

"Designing a street according to its likely use is a reasonable but unusual practice," says Plato in 1917. We strongly believe that streets, squares and public spaces are a vital element in every region and city. a component that contributes to the revival of the city.

The organization of places for extra-urban recreation is unthinkable without good transport links at these places in urban areas, i.e., branched rational network of roads.

Suburban roads should be tracked not only as convenient roads but also for economical construction. In comparison to this important functional significance there is aesthetic visual quality of the roads. In order to successfully solve these problems, it is necessary to introduce rational principles and methods of landscape design on the roads, which consists above all in linking the roads with the characteristics of the local landscape environment as well as in the rational use of the natural and artificial components of the landscape, such as existing vegetation or newly formed plantations.

Road vegetation has a major impact on the overall picture of the landscape. Therefore, considerable attention should be paid. Planning and designing it is an integral part of the profession of landscape architects.

In the series of methods for achieving ecological balance in the urban environment, the planning and construction of the green system occupies a certain place. This activity accompanies modern urban planning both as a science and as a practice, but a concrete approach is needed on a case-by-case basis.

2. Materials and Methods

The research is based on our own research, some foreign research, and literature sources.

In order to achieve the main goal and solve the set tasks, they require the application of a system of Mathematical and Statistical Methods - collection, processing, systematization and interpretation of the statistical data from: The National Statistics of the Republic of Macedonia; information about the park structure of the street network of a part of the street network in the Republic of Macedonia; literature sources with data on natural factors and their characteristics and conditions; urban plans and park development projects and methods of field survey - visual analysis of the street network.

3. Results and Discussion

The road from the earliest times to today is a factor that has a significant impact on economic, political and cultural development.

The best indicator of the strength of the state is its infrastructure. So it is said that if you want to find out what economy is in a given country, ask what kind of construction it is, this is your fastest and most reliable indicator.

In recent years, thanks to the continuous improvement of the road system, great attention has been paid to the negative impact of road construction on the natural environment. According to the requirements for sustainable development, road construction should try to reduce the environmental degradation.

Also, the preservation of the environment, landscaping, history, culture and other factors must be thoroughly reviewed to make the road a new bright landscape for the natural landscape.

The composition is one of the most important concepts in all arts originating from the Latin composition, which means the presence and connection of elements or parts of a work of art in a single system.

The main theoretical works in park art are closely related to the principles of the general theory of composition.

The combination of vegetation in landscape design is also subject to the principles of unity, expediency, proportion, balance, and so on.

Knowledge of the elements is of great importance for the formation of the road composition (line, offset and shape, valer, paint, direction, size) from which artistic principles are established (expedience, color, scale, proportionality, equilibrium, symmetry and asymmetry, contrast, shade, equality, diversity, repetition (rhythm), categorical contrast), and they are the regulators of any project work that defines the interrelation of the elements in it.

The construction of different types of roads of all categories should not cause landscape disturbance; their tracing has to coincide with the natural features such as the existing indigenous or alto tonic plantations - forest massifs, groups as well as individual specimens of decorative tree species.

The rhythmic path of the road must fit harmoniously into the surrounding landscape.

Disagreements about the organic connection between the roads and the natural landscape are in the cases where the track of the road corresponds to the nature of its main natural components - the relief of the surroundings, the outlines of the river, the water surfaces, as well as the edges of the forests and small forests.

The long stretches of roads in Macedonia are not inconsistent with the main components of the area - the shape of the relief, the rectangular fields, the network of agro-protection plants, the irrigation channels, etc. - unlike the others, they are biologically supplemented.

Fig. 1: The street network, composition and street landscaping in the World

But if these straight roads are too long, monotonous, they can be annoying and reduce the driver's attention. You have to intervene there with vegetation.

The green system is a spatially connected green area with a certain functional purpose (biological, recreational and aesthetic, etc.) and with a significant role in the macro-structure of the city.

The functional and territorial organization of the green system aims to link all green areas, categorize them according to various signs and normalize them by means of certain indicators. Such an organization is based on several principles:

- All existing and projected green areas should be bound in an overall spatially connected system;
- Territorial organization of the green system should be in tune with other local functions and systems - to separate the incompatible and to connect the compatible ones;
- The park building of the linear objects and the pedestrian zones should be established in directions and connect with the traditional routes and the service areas;
- The green areas for short-term recreation should be arranged near or in the directions of the pedestrian streams and around the public centers;
- Coastal parks and forestry parks should have the opportunity to organize a connection both with the settlement green system and with the natural environment;

The Territorial Organization aims to identify the most appropriate territorial structure of the green system, following the following principles:

- Uniformity in the location of large green fields;
- The territorial link between the existing and the planned green areas in an overall spatially connected system harmonizing with the settlement;
- Continuity of the green system in the settlement and suburban range with penetration into the central city areas;
- Complexity in solving the system of urban and suburban green areas, united in one unit;
- Territorial direction of the park-controlled pedestrian zones along traditional routes;
- Quantitative norms with the development of relevant indicators according to the complex requirements of the housing environment, the market economy and the land restitution.

The green system as an element of the living environment affects the individual local functional systems - labor, living, recreation, transport, public service and others.

The requirements for the transport-communication system are:

- Not to disturb the integrity of the green system of the settlement;
- keep territories with valuable landscapes and vegetation from major transport communications;
- Provide safe-hosted pedestrian access to kindergartens and schools;
- provide the necessary easement for different classes of streets;
- To divide the pedestrian from the traffic with plant towers (rows, planted vegetation and screens).

The green system as an element of the urban landscape includes the aesthetic-compositional requirements in the formation or, more precisely, the criteria for aesthetic assessment of the green areas in the settlement.

The green system as a structuring element in the settlements includes:

- The green system as structuring;
- The green system as a necessary environment for the development of other functional systems;
- The green system as a specific environment for the development of recreational subsystems.

In the formation of the planning structure of a city, a system of main streets, which are the backbone of the overall town-planning solution, are involved. In the process of population development under the influence of a complex of natural geographic conditions and socio-economic factors, the main street network develops and transforms.

The artistic principles and elements are a guide for designers in organizing elements for a visually satisfying landscape.

Knowledge of design elements and principles is essential for designing an open surface (landscape) and working in the road design process.

The elements of the compilation are the visual qualities that people see and react when they look at the space in our case this is the road. Visual effects can forbid many different emotions and feelings and the more positive these feelings are, the more likely people are to enjoy and use space.

Perhaps the most common element in the composition is the line. The line creates all shapes and patterns and can be used in different ways in building the landscape.

Landscape designers use lines to create patterns, create spaces, create forms, control movement, establish dominance, and create a cohesive theme in the landscape.

Line properties determine how people respond to the landscape, emotionally and physically.

The appearance is created by the contour of the enclosed space, and the shape is the three-dimensional mass of appearance. The shape of the structure, the plants and the garden elements also determine the general theme of the space. Formal geometric shapes include circles, squares and polygons.

Form is the most durable quality of plants. Ordinary plant forms are well established and standardized, and the shape is the most conventional and recognizable plant features.

The form can also be created by concentration of plants where the total mass forms a different shape. A strong form that contradicts the rest of the composition will have a greater emphasis on the composition. Strongly opposite forms should be used carefully - one or two works well and as a focal point, but if too much is used, chaos is created.

The texture refers to how rough or fines the surface of the plant feels and / or looks. The texture is used to provide variety, interest and contrast.

The greens, flowers, bark, and the whole structure of the branch have a texture. The shape and size of leaves often determine the perception of the structure of the plant. A plant can be described as rough, medium or fine texture.

Acute textures are dominant and tendencies dominate in color and shape, and the fine texture is finer for other textures and tends to unite the composition.

Coarse-textured plants attract attention and are prone to keep it, because the bright and dark shadow contrasts provide more. The slim texture exaggerates the distance and creates a

feeling for a larger, more open space. Strong texture minimizes the distance that plants look closer to and the space feels less, more radiant.

The bold colors increase the contrast and make the texture ugly, and the reduced colors can smooth the texture. Coarse-textured paper such as coarse rocks and large trees tends to make the plant material look medium-textured.

Paint is the most visible element in the landscape and is often the focal point of most of the Demure fans; however, it is also the most temporary of an element that often lasts only a few weeks a year in individual plants.

The use of colors is determined by the theory of colors (using a color wheel) to create color schemes.

The color theory explains the relationships of the colors to one another and how they should be used in the composition.

Color can also be used to attract attention and direct views. In bright colors a focal point can be created. For example, light yellow, which has the highest intensity, also has the greatest contrast with other colors (often described as "color pop") and should be used moderately. The small amount of intense color has as much visual weight as much weaker or weaker colors. The color scheme of the garden changes as the seasons change. Summer colors are usually different and brighter with more flowers, and winter colors tend to be monochrome and then more leaves. Color is also influenced by the quality of light, which changes from the time of the day and the time of the year. The brighter, more intense summer sun makes the colors more intense and intense, so the filtered winter light makes the colors stranger. When selecting a color scheme it should be different at which time of day the garden will be used. Since color is temporary, it should be used to emphasize more desirable elements such as texture and shape. Studying the color of the target plan is useful for choosing a color.

Physical and psychological comforts are two important principles that have been achieved through the use of these principles. People feel more psychic comfort in a landscape that has order and repetition.

The organized landscape with predictable design (signs of human care) is easier to read and tends to make people feel comfortable. Psychological comfort is also achieved through a sense of satisfaction that a spectator captures from a heterogeneous or harmonious landscape. Consumers feel psychic comfort, work better and feel safer in a landscape that is proportionally compatible with the human dimension.

Proportions. The relative share is the size of an object relative to another object. The absolute proportion is the scale or size of an object. An important absolute percentage is the human scale (the size of the body), since the size of the other objects is considered to be relative to man. Vegetable materials, garden items and ornaments should be related to human scale. Other important relative proportions include the size of the house, the yard and the area where it is to be planted.

Proportions the plants. Proportions can be found in plant material in relation to humans, surrounding plants and the house. When all the trees are proportional, the composition feels balanced and harmonious. Feeling of equilibrium can also be achieved through an even distribution of open space and planted space. The use of significantly different plant sizes can help achieve dominance (accent) by contacting a large plant. Using plants of similar size helps to achieve rhythm by repeating the size.

Balance is a concept of equal visual attraction and weight, usually around a real or represented center axis. The shape, color, size and texture also affect the balance. The balance can be symmetrical, asymmetrical and perspective. Order can also be achieved by massive elements or elements in different groups, located around a central point.

Symmetric balance. Systematic equilibrium is achieved when the same objects (mirror) are placed on both sides of the axis. This kind of balance is used in formal design and one of the oldest and most used concepts of spatial organization.

Asymmetric balance. Asymmetric balance with the same visual weight of uneven forms, colors and textures on both sides of the axis. This equilibrium is informal and is usually achieved by masses of plants that seem to have the same visual weight over the total mass. Mass can be achieved by combining plants, structures and garden ornaments. In order to create a balance, the features of large sizes, thick shapes, bright colors and coarse textures look heavy and should be used moderately, while small sizes, rare shapes, gray or protruding colors and fine textures look easier and need to be used in larger quantities.

Repeat. Repeat is done by reusing elements or features to create patterns or sequences in the landscape. The repetition of lines, shapes, colors and textures creates waves in the landscape. Repetition should be used with caution, too much repetition can create monotony and too little can create confusion. Simply repeating is the use of the same objects in a single line or grouping of geometric shapes such as a square in an organized branch.

Repetition can become more interesting by using a change that is a small change in the sequence of the ordinary, for example, the use of a square shape according to circular shapes of every fifth circle.

Grading, which is a gradual change in some functional features, is another way to make the repetition more interesting. An example may be a square shape that gradually becomes smaller or larger.

Unity. Unity is achieved by linking elements and features to create a limited character in the composition. Unity is sometimes called harmony, a concept of general fit. For comparison, scattered piles of plants and unrelated garden elements are opposed to unity. Unity is accomplished through domination, inner bonding, unity in three (described below), and the simplicity of outlining colors, textures and shapes. Although paper and plants can be delayed by merging similar features, some variety is important for interest creation. The easiest way to create unity is by using a design theme or design style. Design themes and styles have a well-defined set of features that have retained their popularity over time as many of them are visually satisfying.

Application of Design Principles and Elements. Although it is useful to know the elements and principles of design, it is sometimes difficult to understand how to apply them. Each country presents challenges and opportunities for individual projects and expressions and requires a unique implementation of elements and principles.

The research as elements and principles have been applied in an existing design that is attractive to you is a good place to start. The best way to create a good design is to get ideas from projects that are attractive to you and adapt to our specific conditions.

4. Conclusions

Knowledge of the elements is of great importance for the formation of the road composition (line, offset and shape, valer, paint, direction, size) from which artistic principles are established (expedience, colour, scale, proportionality, equilibrium, symmetry and asymmetry, contrast, shade, equality, diversity, repetition (rhythm), categorical contrast), and they are the regulators of any project work that defines the interrelation of the elements in it.

Road vegetation has a major impact on the overall picture of the landscape. Therefore, considerable attention should be paid. Planning and maintenance is an integral part of the profession of landscape architects.

The system of green areas and plantations is an important spatial-structural and functional part of urban and rural areas. With the help of the green system, a number of tasks are solved to

improve the environment, the aesthetics of the settlements, the recreation of the population, and the connection with the natural environment.

The street network as an element of town planning of settlements forms the skeleton of the settlement and creates conditions for orientation in the common urban landscape.

The main task of the communication transport system is to provide the best conditions for fast, convenient, safe and economical transport, while respecting environmental protection requirements.

The siting and shaping of the street network are of fundamental importance for the architectural, artistic and aesthetic layout of the settlement.

The construction of roads in our country is in a stage of development; the speed with which we build the infrastructure is also growing rapidly. At the same time, we must protect the environment as an important task and a powerful guarantee

The streets should be designed so that when designing them, a landscape architect will be involved who will articulate the elements and principles of a correct compositional solution.

Streets are one of the cornerstones of the urban landscape, and for the normal functioning of this landscape it is inconceivable that all of its components are in ecological unity.

5. References

[1] Despot, Katerina and Sandeva, Vaska (2018) Ecological and aesthetic parameters of park art as a factor for street landscaping in cities. Innovation and Entrepreneurship, 6 (3). pp. 154-166. ISSN 1314-9253

[2] Sandeva, Vaska and Despot, Katerina (2017) One line with respect to the industrial design and its psychological representation in green areas. Innovation and Entrepreneurship, 5 (2). ISSN 1314-9253

[3] Sandeva, Vaska and Despot, Katerina (2019) Art principles in park art as a factor for street landscaping in cites. IXth International scientific conference on architecture and civil engineering ArCivE . ISSN 2367-7252

[4] Арсовски Т., „Човекот и животната средина“, анализа и мерки за заштита на животната и работната средина во град Скопје. Скопје 1975

[5] Глухаров И., Проучване на екологическите фактори в малките селища за отдих, Техническа мисъл, 1979/ бр.5

[6] Димитријевик J., Животна средина, Скопје 1998

[7] Каракашев К., Кънчева М., Добрев П., Проблеми и тенденции в организацията на зелените системи при териториално и градоустройствено проектиране с цел създаване на оптимални градоустройствени условия. КНИНИТУГА, София 1988 32.

[8] Ковачев А., Градоустройство. Част 1. Основи на теорията и практиката на градоустройството. PENSOFT, София – Москва2003

[9] Ковачев А., Градоустройство. Част 2. Актуални аспекти на съвременното градоустройство. PENSOFT, София – Москва 2003

[10] Колева В., Зелените площи покрай градските магистрали и районите артерии. КНИПИТУГА 1986

[11] Колева П., Михов И., Вакарелов И., Павлов Д., Биологични основи на паркоустройството. Земиздат, София 1980

[12] Кулелиев Й., Парково устройство на уличната мрежа в населените места в Р. България. хабилитационен труд, София 1994

[13] Стойчев Л., Парково и ландшафтна архитектура. София 1985

[14] Щилянов Г., Строителство на автомобилни пътища. София 1980

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
Т4 – 13

Заштита на животната средина во инфраструктурна primena со пасивен in-situ третман

Environmental protection in infrastructure applications with passive in-situ treatment

Thomas Hasslacher[1], Stefan Niewerth[2]
1 Dipl. Ing., HUESKER Synthetic GmbH, Austria, hasslacher@huesker.com
2 Dr.-Ing., HUESKER Synthetic GmbH, Germany, niewerth@huesker.de

Абстракт

Нашата патна и железничка инфраструктура во значителна мера придонесува за запечатување на урбаните средини. Поради интензивната и сè уште растечка употреба на овие сообраќајни правци, загадувачите, како што се микропластиката, јаглеводородите, тешките метали и други се акумулираат на запечатените асфалтни или бетонски површини. Со секој дожд, овие загадувачи се испуштаат во канализациониот систем (сегашниот најдобар случај) или едноставно влегуваат во околната почва и во подземните води непречистени (сегашниот најлош случај). Иновативните, големи, пропустливи бариери за загадувачи направени од геотекстили го надминуваат концептот на цевководи за истекување на водата и централизиран третман во постројките за третман на отпадни води. Со третирање на водата директно на изворот на контаминација, запечатувањето на површината и на тој начин пречки во природните патеки на проток се значително намалени. Затоа, мерењето на заштитата на подземните води се нарекува „пасивен третман на лице место“ или „пасивна деконтаминација на лице место“. Геотекстилите механички ги стабилизираат сорбентите како активиран јаглерод или врзива за масло во сендвич ткаенина. Активните геокомпозити на HUESKER ги поставуваат сорбентите директно каде што загадувачите влегуваат во животната средина. Употребата на активни геокомпозити води до високо ефикасна заштита на земјата во која се гради само бариера против загадувачите, но не и за медиумот-носител - истекување или истекување на водата. Така, не е потребно дополнително запечатување. Презентацијата ќе објасни различни апликации за големи пропустливи бариери за загадувачи во инфраструктурата врз основа на три студии на случај:

- Теренски патеки со филтер ровови покрај патиштата во Германија.
- Изградба на филтрационен басен за истекување во Финска.
- Земјени конструкции со контаминирани почви – вреден градежен материјал наместо отпад.

Клучни зборови

бариера од загадувачи, геокомпозит, заштита на подземните води, иновативен материјал, инфраструктура

Abstract

Our road and railroad infrastructure contributes to a considerable extent to the sealing of urban areas. Due to the intensive and still growing use of these traffic routes, pollutants, such as microplastics, hydrocarbons, heavy metals, and others accumulate on sealed asphalt or concrete surfaces. With each rain event, these contaminants are flushed into the sewer system (present best case) or just enter the surrounding soil and the groundwater untreated (present worst case). Innovative, large-area, permeable contaminant barriers made of geotextiles overcome the concept of piping runoff water and centralized treatment in wastewater treatment plants. By treating the water directly at the source of the contamination, surface sealing and thus interference with natural flow paths are significantly reduced. The groundwater protection measurement is therefore called “passive in-situ treatment” or “passive in-situ decontamination”. Geotextiles mechanically stabilize sorbents such as activated carbon or oil binders in a sandwich fabric. HUESKERs active geocomposites place the sorbents directly where pollutants enter the environment. The use of active geocomposites lead to a highly effective ground protection in which only a barrier against pollutants is build, but not for the carrier medium –the runoff or seepage water. Thus, no further sealing is necessary. The presentation will explain different application for large-scale permeable contaminant barriers in infrastructure based on three case studies:

- Field trails with filter trenches along roads in Germany.
- Construction of a filtration basin for road runoff in Finland.
- Earth structures with contaminated soils – valuable construction material instead of waste.

Keywords

contaminant barrier, geocomposite, groundwater protection, innovative material, infrastructure

1. Introduction

More than ever before, environmental protection is being taken into account in the planning of transport routes, industrial, commercial, storage and handling areas. An important goal is to prevent the spread of pollutants generated using the areas into the underground. Nowadays, surfaces with potentially significant contamination are sealed with impermeable concrete or asphalt layers in order to collect the carrier medium of the substances of concern – the runoff. The collected water is discharged and treated centrally in wastewater treatment plants. This scenario describes the desirable case for subsoil protection according to today's standards. In many places, however, traffic routes and other sealed areas are not connected to the sewer infrastructure, and consequently pollutants enter the subsoil and ultimately also the groundwater untreated. Better protection of this finite resource should therefore be sought. New construction materials provide smart and cost-effective options for subsurface protection. In this paper innovative permeable contaminant barriers made of geotextiles will be introduced. Large-size, so-called active geocomposites made of two layers of geotextiles that sandwich a sorbent, enable effective, decentralised treatment in different applications. The use of a range of different sorbents, such as activated carbon, oil binder or heavy metal binder (Figure 1), enables manufacturing of customized systems for site-specific pollutant situations. As large-area, permeable filters, these products prevent the flow of pollutants, but not the flow of the carrier medium. The interference with the natural flow paths of the water is therefore significantly reduced and a connection to an existing sewer network is not required. Equipping or retrofitting our infrastructure with geotextile contaminant barriers can be realised in many places without great expense. There are many areas of application for this newly developed pollutant filters. With regard to infrastructure, this paper deals with groundwater protection at roads with the help of filter trenches or retention ponds. Moreover, the concept of building with contaminated soils as valuable construction material for earth structures, such as noise barriers or infrastructure dams, is introduced.

Figure 1. Different types of active geocomposites

Source: Huesker Synthetic GmbH

2. Active geocomposites for in-situ water purification

The designation “active geocomposite” refers to a group of products, shown in figure 1, that consists of at least two layers of geotextiles that sandwich a granular or powder amendment material. The latter has the ability to remove contaminants from water or gas.

1.1 Geotextiles (Carrier and cover layer)

Either woven or nonwoven geotextiles are used as carrier and cover layer of an active geocomposites. These two layers are joined by mechanical bonding techniques, such as needle-punching or sewing. Depending on the selection of different geotextiles and binder techniques, different properties result for the final product, e.g., tensile strength, elongation, water permeability, etc. In this way, optimal active geocomposites can be customized for different applications. Permeability is of utmost importance for the system and the overall

approach of decentralized water purification. In contrast to sealing systems, such as geomembranes or geosynthetic clay liners, active geocomposites have a high permeability. The coefficient of permeability is k ≥ 1,0E-5 m/s [1]. The high permeability ensures that the natural water flow path remains unaffected, while the exposure path of the contaminant is interrupted with the help of the sorbents.

Another important aspect is the high durability of the materials. Oxidation tests can be used to simulate the ageing of the geotextile components in order to make statements about their service life in situ. A life expectancy of 100 years can be considered normal for quality manufactured geotextiles which have been correctly installed and exposed to natural conditions with soil pH values of 4 ≤ pH ≤ 9 and soil temperatures of ≤ 25 °C.

1.2 Sorbents (Active layer)

To purify water, different kinds of sorbents are used in pump & treat systems or in wastewater treatment plants since a long period of time. Depending on the molecular structure of the pollutant, the most suitable sorbent must be selected. In general, a distinction is usually made between organic and inorganic pollutants. For infrastructure applications the group of petrochemicals must also be considered environmentally harmful.

Organic pollutants consist of hydrocarbon compounds which form chains or aromatics. Those frequently encountered in conjunction with infrastructure are for example polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and petroleum derived hydrocarbons (TPH). This group of contaminants can be sorbed by activated carbon. Because of their mesoporous structure, granular activated carbon has a very large surface area. For example, 10 g of this sorbent has a surface area like a football field. Basically, the larger the surface area is, the more pollutants can adhere.

Inorganic pollutants are for example, metals and metalloids, such as chromium, copper, and lead. Even at low concentrations, some of metals pose a risk to the environment and to human health. This group of pollutants are only slightly adsorbed by organic sorbents, such as activated carbon. For the removal of metals, for water streams cationic sorbents are more effective. A natural molecular sieve for heavy metals is, for example, the mineral zeolite.

It is generally assumed that one drop of oil can contaminate approximately 600 to 1000 litres of water. A barrier for oil is therefore crucial, especially on traffic areas. For oil, gasoline and diesel (petrochemicals), the use of oleophilic and at the same time hydrophobic nonwovens is suitable. This is not a granulate, but a textile that serves as a barrier to pollutants. Since it has poor properties in terms of tensile strength or UV resistance, it should also be sandwiched by other protective geotextiles.

In the following chapters different designs with active geocomposites in infrastructure applications will be shown.

3. Filter trenches along roads

Due to the intensive use of transport routes, pollutants such as microplastics, petroleum derived hydrocarbons and heavy metals accumulate on and next to the sealed asphalt surfaces. This occurs not only in the event of accidents, but also on a daily basis through normal tyre and brake wear as well as fluid losses from vehicles. Active geocomposites in the shoulder area of the road enable filtration of the substances on roads and areas without a sewage system. So-called filter trenches consisting of the active geocomposite under a 30-50 cm thick layer of topsoil significantly reduce the pollutant load. The pollutants and suspended solids are demonstrably retained, as can be seen in Figure 2. Since the active geocomposites remain permeable for a long time, the functionality and life expectancy of these filter trenches are comparable to that of the cover asphalt layer. Extensive field trails and pilot studies confirm the good properties of the geotextile pollutant filters for use in road construction.

Figure 2. Generic design of a filter trench (top), test fields (bottom left) and unfiltered vs. filtered runoff from test fields (bottom right)

Source: Huesker Synthetic GmbH and Münster University of Applied Science

In the field tests on a road in a German city, it was found that HUESKER's geocomposite with the absorbent nonwoven (product is shown on the left in Fig. 1) and a 20 cm topsoil removed the suspended soil from the runoff with an average efficiency of 95%. The specification for decentralised precipitation treatment on roads in Germany according to the German Institute for Structural Engineering (DIBt) is 92%. The system of a thin soil layer and an active geocomposite thus clearly complies with the requirements.

Metal retention is also a requirement for decentralized treatment systems in Germany. Due to the generally known fact that metals, such as copper, lead and chromium, adhere to these particles, a very high treatment of these metals also took place. The retention of metals is shown in Table 1. Despite the mix of different pollutants, however, the use of an active geocomposite is purposeful.

Average retention of metals in filter trench (interim result as trails still running)

Metals relevant on roads	Average retention with topsoil and HUESKER's active geocomposite with absorbent nonwoven
Lead (Pb)	**92 %**
Copper (Cu)	**88 %**
Zinc (Zn)	**84 %**

Source: Huesker Synthetic GmbH, currently unpublished

More values, such as retention of petroleum derived hydrocarbon, or clogging of the geocomposite was analysed but will not be addressed in this paper.

4. Filtration basin for road runoff

Trenches are not the only way to remove substances of concern from surface runoff. Stormwater retention basins consisting of a floor lined with the permeable contaminant filter also allow for water purification. In the City of Tampere in Finland there is a stormwater pond which collects water from the surrounding roads. During ground water monitoring increased values of petroleum derived hydrocarbons and PAH have been noticed. The aim was to stop the influx of these contaminations into the groundwater. The first idea was to filter out contaminants before entering the pond, but it was impossible to identify the main influx location. The decision was made to renew the pond and to equip the floor with two layers of active geocomposites, as shown in figure 3. First, the active geocomposite filled with activated carbon was installed. On top, the product with the oil-absorbent nonwoven was placed. In this way, a highly effective treatment train was built to remove the pollutants of concern and consequently protect the downstream drinking water reservoirs (i.e., the groundwater) of the city. The estimated minimum functionality for the pollutant filter system is 30 years. In order to protect the nonwoven filter layer from UV radiation a sand/gravel drainage layer was installed on top of the treatment system. In this project not only the most suitable sorbents were chosen but also the thickness of the absorbent nonwoven and the amount of activated carbon was adapted to the project's needs.

Figure 3. Basic functional principle (right) and construction of the ponds floor (left) [2]

Source: Huesker Synthetic GmbH

5. Earth structures with contaminated soils

Basically, active geocomposites can be used whenever contaminated water or gas seeps or diffuses through the fabric. With regard to infrastructure projects, another application besides the runoff purification is the construction of earthworks, e.g., as noise barriers or railroad embankments. Some countries allow the use of substitute construction materials, such as reclaimed concrete, slag, ash, or slightly contaminated soil, if the distance to the groundwater table is large enough. This restriction is made in order to avoid the accumulation of leached cations (metals) in the groundwater with the help of the natural retention of the soil. If, however, the substitute building material is classified as too highly contaminated, additional encapsulation with a waterproofing geomembrane is required. Active geocomposites offer the option of omitting the sealing of the earth structure. Instead of placing a geomembrane over the earthwork, the permeable contaminant filter can be placed underneath. Leaching is then not critical since the underlying subsoil is effectively and permanently protected. The products are designed in such a way that the capacity limit of the sorbents is not reached with a defined degree of certainty. Even a theoretical leaching of all contained pollutants from the soil matrix can thus be bound by the filter. There is then no danger to the subsoil and strict adherence to a defined distance from the groundwater table is not necessary.

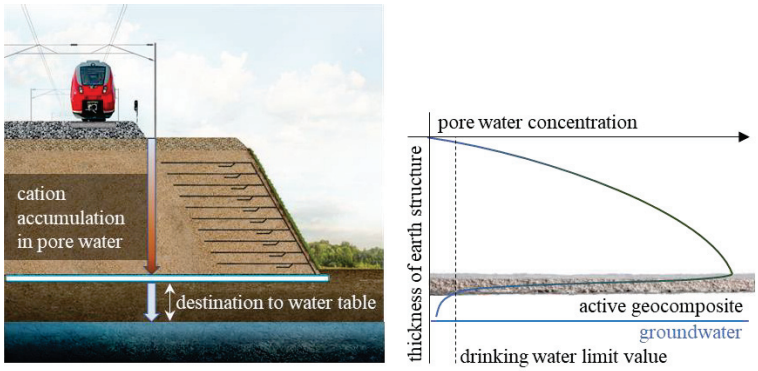


Figure 4. Schematic leaching of contaminants through earth structure (left) and pore water contaminant concentration over the thickness of the structure (right)

Source: Huesker Synthetic GmbH

6. Conclusion and Outlook

The use of large-area, permeable geotextile contaminant barriers offer new possibilities for soil and groundwater protection as well as for reuse of contaminated soil as valuable building material. Sealing of the underground and building of sewer networks, as it is necessary for centralised water treatment, is overcome by this innovative treatment approach. The geotextiles mechanically stabilize the sorbents and thus allow an incorporation of these purification agents in-situ over large areas in new and existing infrastructure. This allows for installation or retrofitting in a wide range of applications, such as roads, railroads, retention ponds, earthworks, and many more. New designs can be created technically and economically effective. Exposure pathways of contaminants can be interrupted without changing the natural flow path of the water. The latter is more important than ever before also in regard to climate change. Decision makers need to reduce land sealing to protect cities against flood events as a consequence of heavy rainfalls. The term of blue-green infrastructure refers to a more resilient fitting of our build environment to changing climate conditions. Active geocomposites can become one puzzle piece in this regard.

References

[1] Niewerth,S., Wilke, M.: Remediation of contaminated sediments in surface water using active geocomposites, GeoResources, 3 (2021), pp. 7-13.

[2] Niewerth, S.: Permeable Schadstoffbarrieren für Boden- und Gewässerschutz sowie Altlastsicherung [Permeable contaminant barrier for soil and groundwater protection as well as site remediation], Bauingenieur, 11 (2021), pp. 3-4.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T4 – 14

Споредбена анализа на резултати од мерења пред и по преземените мерки за заштита од сообраќајна бучава на државен пат

Comparative analysis of measurement results before and after protective measures taken for traffic noise on state road

Валентина Јакимовска [1], Горан Мијоски[2], Весна Брзачка[3], Тони Јакимовски[4]
[1] М-р, ЈПДП, С. Македонија, v.jakimovska@roads.org.mk
[2] Проф. д-р, Градежен Факултет - УКИМ, С. Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk
[3]Дипл.град.инж., ЈПДП, С. Македонија, v.brzacka@roads.org.mk
[4]Дипл.град.инж., Министерство за финансии, С. Македонија, toni.jakimovski@finance.gov.mk

Апстракт

Бучавата во денешно време преставува еден од главните загадувачи на животната средина веднаш по загадувањето на водата, воздухот и почвата. Сериозноста на проблемот на бучавата се отсликува во секојдневниот живот на секој поединец поодделно, значително го намалувајќи го квалитетот на живеење и здравјето на луѓето. Бучавата, подеднакво влијае на возачите и патниците во возилата, но и на жителите каде истата се појавува.

Македонија во своите стандарди го воведе задолжителното проектирање на заштитни мерки против бучава на ново проектираните автопатишта и експресни патишта, но исто така се прават напори на веќе постоечките патишта да се извршат мерења и онаму каде треба да се проектираат и изведат заштитни бариери против бучава.

Клучни зборови

Сообраќајна бучава, мерења на бучава, мерни инструменти, звучни бариери, загадување од бучава, мерки за заштита, возила, индикатори.

Abstract

Nowadays, noise represents one of the main pollutants of the environment, right after water, air and soil pollution. The importance of the noise problem is reflected in the daily life of each individual, significantly reducing the quality of life and health of people. Noise equally affects drivers and passengers in vehicles, as well as residents where it occurs.

Macedonia in its standards has established a mandatory design for protective measures against noise on newly designed highways and expressways, but efforts are also being made for performing measurements on existing roads and where necessary, to design and construct protective barriers against noise.

Key words

Traffic noise, noise measurements, measuring instruments, sound barriers, noise pollution, protective measures, vehicles, indicators.

1 ВОВЕД

Во минатото акустичното загадување - бучавата било занемарувано бидејќи се сметало за вознемирување на животната средина од локален карактер, а не како амбиентален проблем. Денес, загадувањето на животната средина од бучава се смета како една од причините за влошување на квалитетот на животот.

Студиите поврзани со проблематиката со загадувањето од бучавата се развиваат во поново време, а на европско ниво проблемот со загадувањето од бучава се смета како проблем на животната средина од ургентен карактер.

Европската Унија со Петтата програма за заштита на животната средина од 1993 година ја утврдува потребата за интервенција на одредени извори на бучава.[1]

Во редоследот на загадувања, бучавата се наоѓа во самиот врв, заедно со загадувањето на воздухот и на водата. Негативното влијание на бучавата врз загадувањето на животната средина е многу големо. Според значењето, таа претставува еден од најсериозните еколошки проблеми бидејќи придонесува за значително намалување на квалитетот на живеење на луѓето. Проучувањето на бучавата е физичко, како звук, и психофизиолошки, како елемент на живот, кој се прима преку човечкото сетило за слух, со сите последици за човечкиот организам.

Според дефиниција, звукот претставува вид енергија што се пренесува преку звучни бранови кои човечкото уво може да ги детектира. Бучавата, за разлика од звукот, според дефиниција е претставена како секој несакан звук што го регистрираме - слушаме.

Врз основа на спроведените истражувања во земјите од ЕУ, заклучено е дека бучавата од 80 dB има трауматско влијание (работен учинок, спиење), додека физиолошки промени се појавуваат и при бучава од 65 dB. Спроведените испитувања во земјите на ЕУ покажале дека околу 20 % или околу 80 милиони жители живеат и работат во зони во кои нивото на бучава е поголемо од 65 dB, а околу 170 милиони жители живеат и работат во т.н. сиви зони во кои нивото на бучава се движи помеѓу 55 и 65 dB. Европската Унија објавила Директива 2002/49/ЕС препознавајќи ја бучавата како проблем. [2]

Врз база на спроведени испитувања за видот на бучава која е резултат на различни извори, констатирано е дека најголемиот процент - дури 81 % - отпаѓа на бучава предизвикана од сообраќајот, т.н. сообраќајна бучава, додека само 19 % од бучавата е резултат на останатите извори на бучава (индустрија, градежништво и бучава од активности во слободно време).

Поради претходно изнесеното, транспортната бучава треба да се земе предвид како сериозен проблем во сите етапи од транспортниот систем, започнувајќи од проектирање, изградба, па сè до управување и одржување.

2 ПРИМЕНЕТ ТИП НА ЗАШТИТА ОД БУЧАВА

Целта на истражувањето е евалуација и анализа на применетиот тип на заштита од бучава „на местото на емисија“ со акустични заштитни бариери на државниот пат А3 (Е-65), делница: Обиколница на Битола од km 71+293,00 до km 72+359,00.

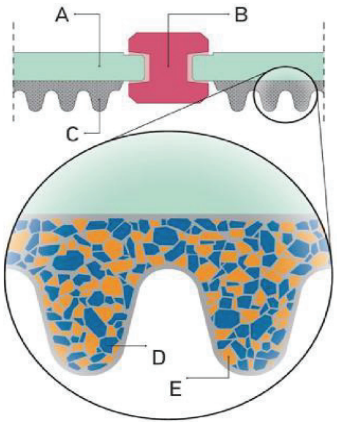
За да се утврди влијанието на акустичните бариери, направено е т.н. нулто/почетно мерење на големината и интензитетот на бучавата за потребите за изработка на проектна документација. [4]

Почетното т.н. нулто мерење е реализирано во 2018 година како дел од Основниот проект за изработка на заштитни акустични бариери на оваа патна делница. Применетото решение – апсорбирачка акустична бариера од типот „Руконбар“ (RUCONBAR) - за првпат е применето во земјите од Западен Балкан, претставува еколошка апсорбирачка бетонска звучна бариера произведена од бетонски носечки

слој и апсорбирачки слој од рециклирана гума. Апсорбирачки слој се произведува од рециклирана отпадна гума на бетонска основа. Концептот „Руконбар“ претставува економично, едноставно за имплементација, еколошки здраво решение за заштита од бучава. [5]

Слика 1 Состојба на патот пред да се изведат звучни бариери на локацијата [3]

3 СЛИКИ - СКИЦИ ОД РУКОНБАР БАРИЕРА



Составни делови на еден панел се прикажани на слика:
A - Носив слој
B - Бетонски столб (Челичен/Алуминиумски Столб)
C – Апсорбирачки слој со гумени гранули
D – Агрегат од дробен камен
E - Гумени гранули

Слика 2 Елементи на RUCONBAR [5]

Слика 3 Изведени звучни бариери од тип RUCONBAR [5]

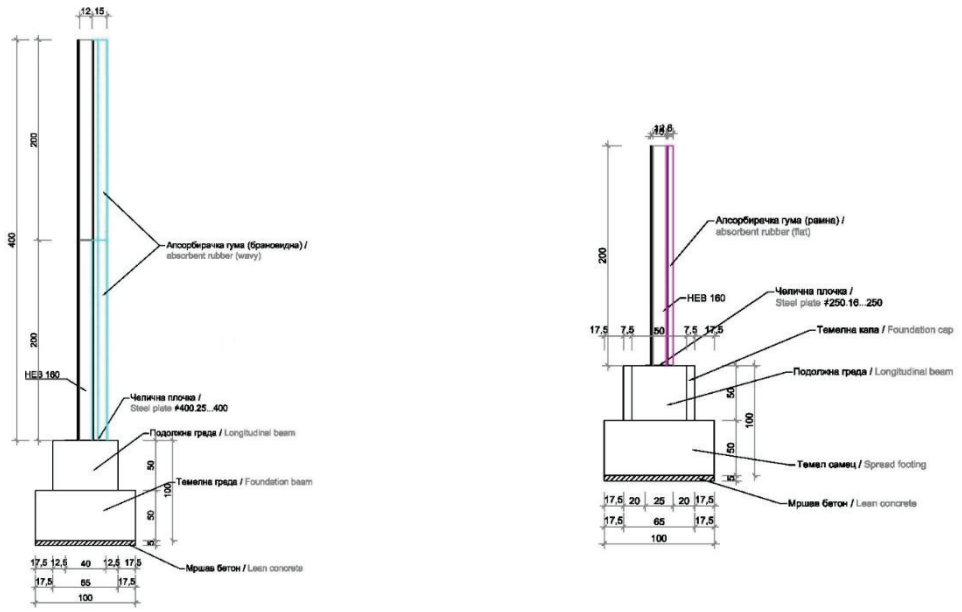
4 КОРИСТЕНИ МЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ ЗА МЕРЕЊЕ НА СООБРАЌАЈНА БУЧАВА

За мерење се користеше фонометар CR:171B, класа 1. Фонометар е пакет на инструменти од производителот Cirris Reasearch plc.(UK) од Обединетото Кралство. Сите инструменти за мерење бучава се осетливи на удар, вибрации од транспорт, атмосферски влијанија и др., затоа треба да бидат соодветно заштитени.

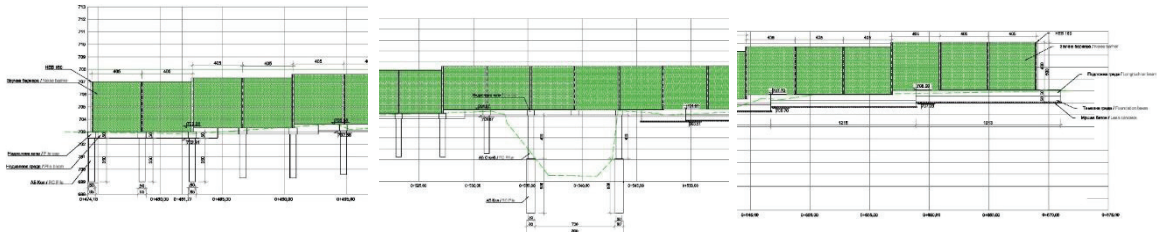
Слика 4 Сет на мерни инструменти со заштитен куфер [6]

Слика 5 Користење на мерни инструменти на терен [3]

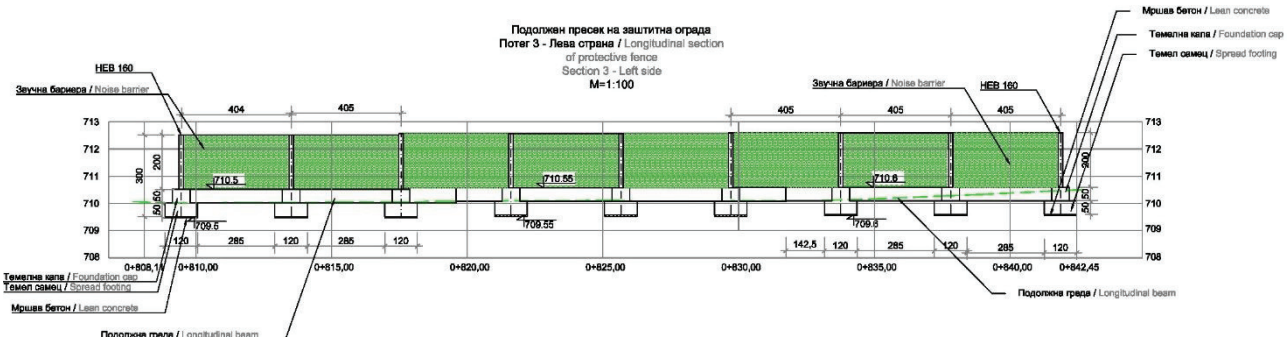
5 КАРАКТЕРИСТИЧНИ ПРЕСЕЦИ НА ИЗВЕДЕНИТЕ ЗВУЧНИ БАРИЕРИ НА ДРЖАВНИОТ ПАТ А3, ПАТНИОТ ПРАВЕЦ РЕСЕН - БИТОЛА



Слика 6 Напречен изглед на звучни бариери со темелење на Потег 2 и Потег 3 [4]



Слика 7 Надолжен изглед на звучни бариери со темелење на Потег 2 [4]



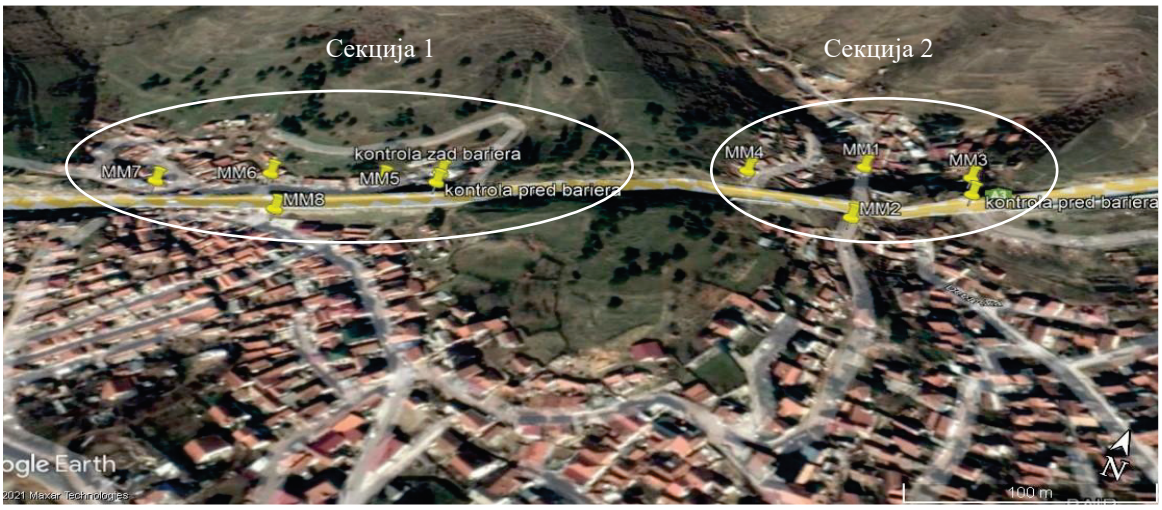
Слика 8 Надолжен изглед на звучни бариери со темелење на Потег 1 [4]

Во основа на сите потези звучните бариери се изработени од слични конструктивни елементи. На потег 2, помеѓу челичните профили се вградени заштитните звучни бариери со висина од 2 m, по две бариери со вкупна висина од 4 m, поставени на оскино растојание од 4 m, а меѓусебно поврзани со армиранобетонски греди. На потег 3 и 4, помеѓу челичните профили на оскино растојание од 4 m се вградени заштитните звучни бариери со висина од 2 m. На сите потези се поставени апсорбирачки бетонски бариери за заштита од бучава од тип „Руконбар“ со променлив апсорбирачки слој, кој се движи помеѓу 6 и 12 cm.

Слика 10 Изведени звучни бариери [3]

6 МЕРЕЊА НА СООБРАЌАЈНА БУЧАВА НА ДРЖАВЕН ПАТ А3, ДЕЛНИЦА РЕСЕН – БИТОЛА

Сите точки на кои се извршија мерења во декември 2021 година се означени на слика подолу. Истите се обележани во согласност со редоследот на извршени мерења во 2018 година. Особено треба да се спомне дека се извршија дополнително и две контролни мерења пред звучните бариери и едно зад звучните бариери. Мерните места пред бариерите се избрани да се совпаѓаат и во иста линија со мерните места зад бариерите. Одлуката за да се направат контролни мерења пред и зад бариерите е со цел да се има директно споредување на измерените податоци и корисниот ефект на изведените бариери.



Слика 11 Преглед на мерни места во2018 и 2021 [8]

Слика 12 Извршени мерења во 2021 [3]

7. АНАЛИЗА НА ИЗМЕРЕНИ И ПРЕСМЕТАНИ РЕЗУЛТАТИ

Пресметаните вредности според македонските стандарди и RLS 90 стандардот и измерени вредности (просечни и максимални)

Табела 3 Вредности на бучава на Секција 1 (Ден), добиени со пресметување и мерење,

Анализирани вредности на нивото на бучавата со пресметки и мерења	2018 год. dB(A)	2019 год. dB(A)	2020 год. dB(A)	2021 год. dB(A)
Пресметани-метода RLS 90	68,35	68,74	68,37	68,76
Пресметани по МКС и ФР	68,87	69,26	68,89	69,28
Просечни измерени вредности	62,45	/	/	62,15
Максимални измерени вредности	92,00	/	/	89,20

Табела 4 Вредности на бучава на Секција 2 (Ден), добиени со пресметување и мерење.

Анализирани вредности на нивото на бучавата со пресметки и мерења	2018 год. dB(A)	2019 год. dB(A)	2020 год. dB(A)	2021 год. dB(A)
Пресметани-метода RLS 90	68,35	68,74	68,37	68,76
Пресметани по МКС и ФР	66,22	66,60	66,23	66,62
Просечни измерени вредности	56,02	/	/	56,22
Максимални измерени вредности	82,10	/	/	83,70

7 ЗАКЛУЧОЦИ

Уште во 1910 год. германскиот научник Роберт Кох (Robert Koch) изјавил дека: „Еден ден човекот жестоко ќе се бори со бучавата, како со колерата и чумата“.

Поради тоа, еден од начините за заштита од бучава е преземањето мерки за заштита од бучава меѓу местото на извор и местото на прием, со поставување акустични бариери. Оваа мерка може да се преземе како при проектирање нови патни делници, така и при преземање заштитни мерки на веќе изградени патишта, кои се во експлоатација.

На меѓународниот пат А3 (Е-65) делница „Обиколница на Битола“, со стационажа од km 71+293,00 до km 72+359,00, изведени се апсорбирачки бетонски бариери за заштита од бучава од тип „Руконбар“ (RUCONBAR). Битно е да се напомене дека мерењето на бучава во 2018 год. е извршено кога сообраќајот на патот бил во прекин, додека во 2021 год. сообраќајот нормално се одвивал.

Од изнесеното, можеме да ги изведеме следниве заклучоци:

1. За време на теренската посета и извршената визуелна контрола, може да се констатира дека со изведбата на апсорбирачки бетонски бариери за заштита од бучава од тип Руконбар, сообраќајната бучава е драстично намалена. Поголема бучава се создаваше од локалното население и нивните секојдневни активности, користење на нивните возила, апарати, машини кои беа во употреба отколку од сообраќајот на делница од патот А3 (Е-65) „Обиколница на Битола“.
2. Од прикажаните резултати на секција 1 се појавува нелогичност бидејќи измереното максимално дневно ниво на бучава зад звучната бариера $L_{eq,max}$ е поголемо од измереното максимално дневно ниво на бучава пред звучната бариера $L_{eq,max}$. Оваа разлика се должи на позаднинската бучава од граѓаните што живеат во непосредна близина. Мерните места се лоцирани околу центарот на населеното место, каде што се сите колонијални продавници и целиот социјален живот се одвива во непосредна близина. Исто така, треба да се спомне дека имаше голема раздвиженост на граѓаните, гласна музика, движење на возила и мотори и друга позаднинска бучава.
3. На секција 2, измереното максимално дневно ниво на бучава зад звучната бариера $L_{eq,max}$ е помало од измереното максимално дневно ниво на бучава пред звучната бариера $L_{eq,max}$. Разликата изнесува 20,2 dB(A), а се должи позаднинска бучава од граѓаните што живеат во непосредна близина.
4. Анкетираните граѓани го искажаа нивното позитивно мислење за изведените звучни бариери за намалување на бучавата од сообраќај. Воедно со изведбата на звучните бариери се зголемило нивото на безбедност на граѓаните кои живеат во непосредна близина на обиколницата. Пред да се изведат заштитните звучни бариери имало неконтролирано поминување на патот од страна на сите граѓани, нивните деца и домашни миленици. Во минатото се случиле многу сообраќајни несреќи во кои биле полесно или потешко повредени многу граѓани, деца и домашни миленици. При овие сообраќајни несреќи имало повредени граѓани и огромна материјална штета, а со изградбата на бариерите повеќе нема сообраќајни несреќи.

5. На секција 1 се изврши контролно мерење пред звучните бариери со измерена вредност од 71,4 dB(A) и зад звучните бариери со измерена вредност од 63,1 dB(A), а разликата од измерените вредности е **8,3 dB(A)**. Со ова се покажува функционалноста и ефикасноста на изведените звучни бариери и намалување на сообраќајната бучава.
6. На секција 2 се изврши контролно мерење само пред звучната бариера, но резултатите се споредуваат со мерно место бр. 3 бидејќи двете мерни места се во иста линија. Измерена е вредност од 71,2 dB(A) пред звучната бариера и зад звучните бариери измерена е вредност од 55,7 dB(A), а разликата од измерените вредности е **15,5 dB(A).** Со ова се констатира функционалноста и ефикасноста на изведените звучни бариери и намалување на сообраќајната бучава.
7. Од заклучоците под број 5 и број 6 може да се констатира дека е направен одличен избор на акустични звучни бариери, од аспект на функционалноста. Извршените мерења на терен, особено пред и зад бариерите, покажуваат драстично намалување на бучавата, која зад звучните бариери на моменти е под дозволената граница од 60 dB(A). Исто така, треба да се спомне дека за време на извршените мерења позаднинската бучава на секција 2 беше мала и незначителна за разлика од секција 1.
8. Постојната патна инфраструктура во Република С. Македонија секојдневно се одржува, а одредени патни правци се реконструираат и надградуваат. Исто така, се проектираат и градат нови патни правци. Добиените резултати и искуство од извршените мерења и изградените апсорбирачки бетонски бариери за заштита од бучава ќе придонесат за понатамошен развој во делот на проектирање нови патишта и за конструкција на заштитни бариери на постојните патни правци за заштита на граѓаните од сообраќајна бучава.
9. Од тој аспект можеме да истакнеме дека одлуката за примена на овие бариери во Република С. Македонија претставува значаен и иновативен чекор на надлежните. Во контекст на ова се и неколкуте спроведени истражувања на бариери од сите типови на познати материјали (бетон, метал, дрво, стакло, акрил, плексиглас) каде што, според мултикритериумска анализа на неакустичните и акустичните својства, констатирана е најголема применливост на бетонските бариери, посебно за вонградски сообраќајници. Особено е важно да се потенцира нивниот најдолг период на експлоатација од 40 до 50 години, што е од посебен интерес за инвеститорите. [7]

Литература

[1] EU (1993) The Fifth Environmental Action Programme of the EU. Official Journal of the European Communities, No. C 138.

[2] Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the assesment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, L 189/12,2002.

[3] Сопствена архива

[4] Основен проект за заштитна ограда на обиколница на Битола од км 71+293,00 до км 72+359,00

[5] Absorptive concrete noise protection barriers RUCONBAR (www.ruconbar.com)

[6] Cirris Reasearch plc https://www.cirrusresearch.co.uk/

[7] Gradjevinar 74/2022

[8] Преглед на мерни места google maps

Тема / Topic 5

ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ

INFRASTRUCTURE FACILITIES

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T5 - 1

КОРИСТЕЊЕ НА SWMM ЗА ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА СИСТЕМОТ ЗА ОДВОДНУВАЊЕ НА ПАТИШТАТА

USING SWMM FOR DIMENSIONING OF ROAD DRAINAGE SYSTEMS

Гоце Тасески[1], Петко Пеливаноски[2], Никола Крстовски[3]
[1] Вон. Проф. д-р., Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Република С.Македонија, taseski@gf.ukim.edu.mk
[2] Проф. Д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Република С.Македонија, pelivanoski@gf.ukim.edu.mk
[3] м-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Република С.Македонија, nikolatudence@gmail.com

Апстракт

Еден од клучните компоненти за безбедно одвивање на сообраќајот кај сите видови на патишта е системот за прифаќање и одведување на атмосферските води, кој најчесто се состои од: риголи, сливници, шахти, цевки, преливници, испусти и др. Под оптималното димензионирање на системот за одведување на патиштата се подразбира определување на димензиите на сите составни елементи на системот под одреден предвиден интензитет на дожд кој пак зависи од времетраењето на дождот и повратниот период. Целта на овој труд е со примена на Storm Water Management Model (SWMM) и примена на рационалната метода да се определат оптималните димензии на системот за прифаќање на атмосферските води и нивно безбедно евакуирање од патиштата, при тоа посебно детално ќе се анализира големината на растојанието помеѓу сливниците во зависно од промената на времетраењето и повратниот период на врнежите - интензитетот на дождот, при што според добиените резултати ќе се дадат препораки за оптимално димензионирање на системот за одводнување со оптимален избор на интензитет на дожд.

Клучни зборови

SWMM, Рационална метода, Атмосферски води, одводнување риголи, сливници,

Abstract

One of the key components for the safe flow of traffic on all types of roads is the system for receiving and draining stormwater, which usually consists of: gutters, downspouts, manholes, pipes, overflows, outlets, etc. Optimal dimensioning of the road drainage system means determining the dimensions of all component elements of the system under a certain predicted intensity of rain, which in turn depends on the duration of the rain and the return period.The purpose of this paper is to use the Storm Water Management Model (SWMM) and the rational method to determine the optimal dimensions of the system for receiving stormwater and its safe evacuation from the roads, while analyzing in detail the size of the distance between the drains depending on the change in the duration and return period of the precipitation - the intensity of the rain, and according to the results, recommendations will be given for the optimal dimensioning of the drainage system with the optimal choice of the intensity of the rain.

Key words

SWMM, Rational method, Atmospheric waters, draining gutters, downspouts,

1. ВОВЕД

Животниот век како и безбедното одвивање на сообраќајот на сите видови патишта во голема мерка зависи од навременото прифаќање и одведување на атмосферските води од коловозната конструкција, па затоа значајно е применетите објекти за прифаќање на атмосферските води во фазата на проектирање да се оптимално димензионирани и во фазата на експлоатација да се едноставни за одржување [2].

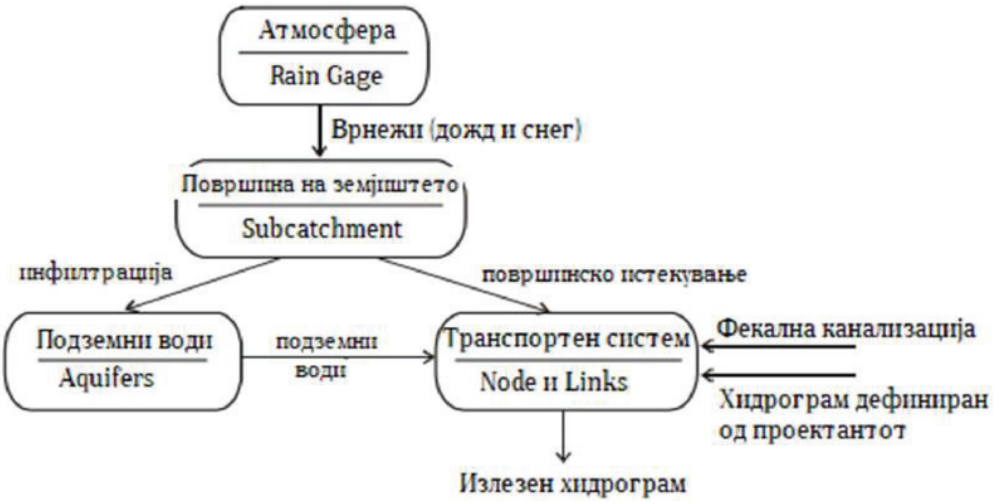
Под оптималното димензионирање на системите за одводнување на коловозната конструкција кај патиштата се подразбира креирање на систем од објекти (риголи, сливници, колектори, испусти и сл.) кои ќе ја прифатат атмосферската вода и без поголемо задржување ќе ја спроведат во колекторскиот систем. Сите овие објекти за да може да функционираат во една целина односно да може да ги прифатат меродавните количини на атмосферски води, во современиот пристап на оптимално димензионирање се подразбира креирање на еден заеднички хидраулички модел во кој ќе се моделирани сите објекти од системот за одведување на патиштата.

Па така, целта на овој труд е со примена на софтверскиот пакет EPA SWMM да се направи хидрауличка анализа преку која ќе се определат димензиите на еден систем за прифаќање на атмосферските води од коловозната конструкција и тоа за различни интензитети на дождот, при тоа за оваа анализа е користен дел од систем за одводнување на една градска сообраќајница.

2. КОРИСТЕН СОФТВЕР

Како што беше претходно наведено еден од современите пристапи за димензионирање на систем за одводнување на патиштата е користење на софтверскиот пакет EPA SWMM кој е динамичко-физички базиран модел со кој што се симулира процесот на трансформација на врнежите во истекување. Може да се користи за еден настан или за подолготрајна симулација на количината и квалитетот на истечената вода, најчесто од урбаните површини [1].

Овој софтвер е развиен од американската агенција за заштита на животната средина во 1971г. И многу често се користи во фазите на планирање, анализа и проектирање на канализационите системи за прифаќање на атмосферските и фекалните води, пропусти под пат, отворени канали и сл. SWMM овозможува внес на податоци во виртуелна средина и потоа врз база на тој влез од податоци да се направи хидролошки, хидраулички симулации и симулации на квалитетот на водата, како и преглед на добиените резултати во различни формати [1].

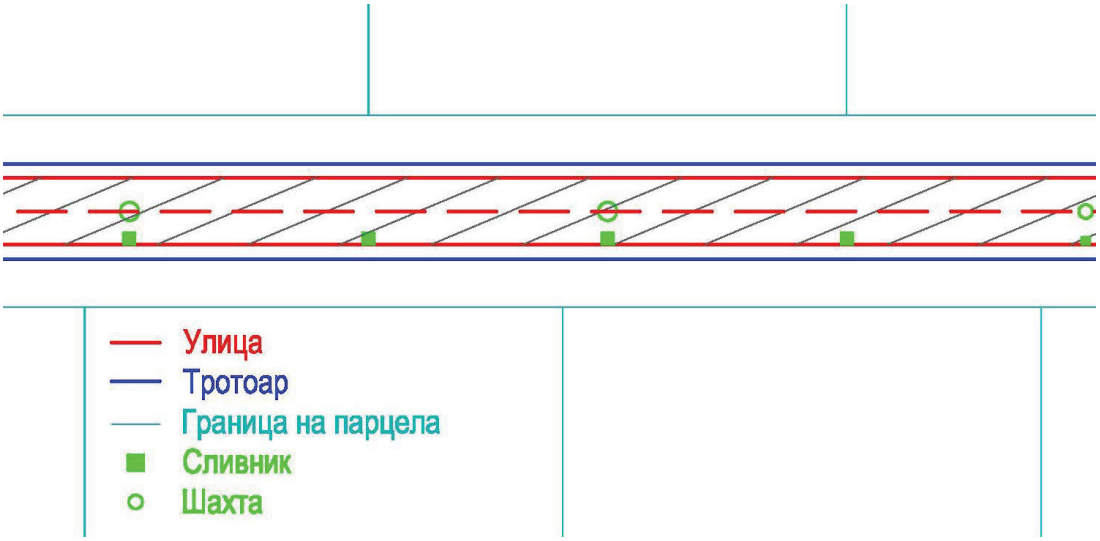


Слика 1: Шематски приказ на работата на SWMM
Извор: SWMM упатство

Концептот на работа на SWMM се базира на интеракција на неколкуте главни компоненти од животната средина, кои се моделираат како објекти. Тие компоненти и објекти се дадени на претходната слика 1.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

За хидрауличка анализа најпрво е креирана геометријата на една градска сообраќајница при тоа усвоено е да во припадна површина за определување на атмосферските води влегува само делот од улицата без околните површини кои не се предмет на анализа. Ваквата претпоставка е оправдана бидејќи со овој труд целта е да се направи хидраулички модел за димензионирање на сливниците. Сообраќајницата има подолжен наклон од 0.3%, попречен наклон од 2.5% и е со ширина од 10m и за истата е земен коефициентот на отекување на изнесува 0.95.



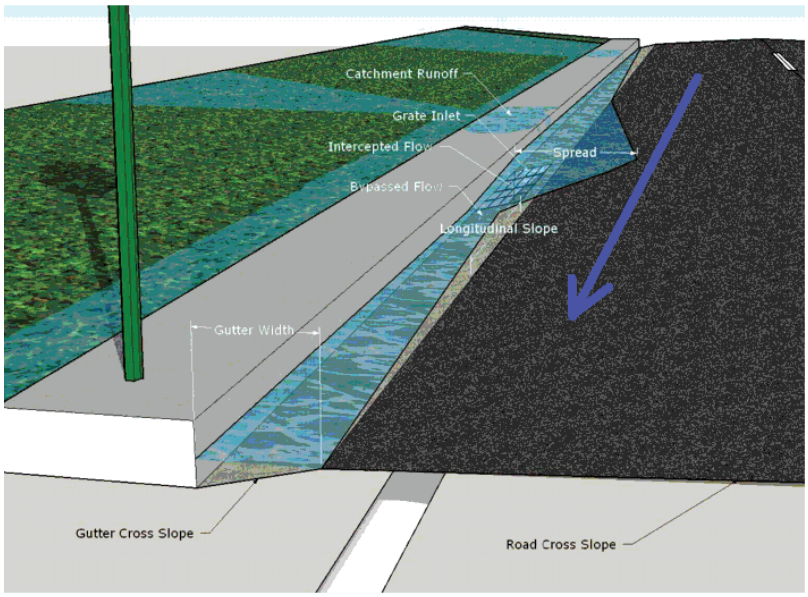
Слика 2: Шематски приказ на системот за одводнување – градска сообраќајница

Следно во хидрауличкиот модел се креирани сите потребни елементи од системот за одводнување како што се: сливници, риголи, ревизиони шахти, коелктори и испуст.

За оваа анализа се предвидени сливници со отвор – решетка со димензии 50/50 cm и големина на отвори од 5cm. Растојанието помеѓу сливниците во првичната анализа е предвидено да изнесува 25 m односно вкупната сливна површина која гравитира кон еден сливник изнесува 250m^2. Ваквото растојание е усвоено од фактот дека според одредени препораки кај нас, 25m растојание се смета дека е оптимално. Понатака сите сливници се поврзани со класична ригола со ширина од 50 cm додека попречниот наклон на риголата во една варијанта е еднаков со попречниот наклон на коловозот а во другата варијанта е 25% - типска ригола.

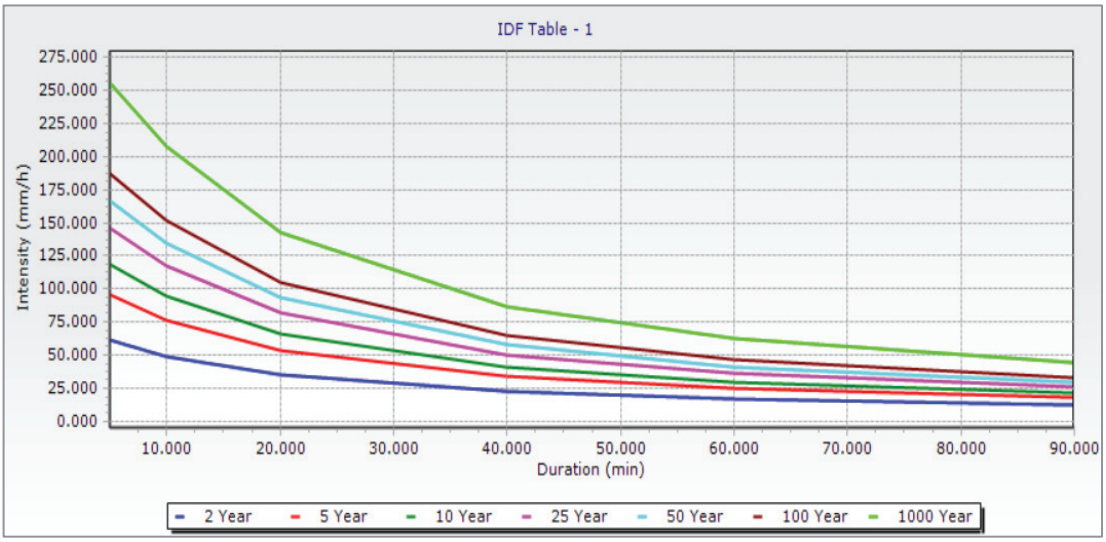
Во хидрауличкиот модел исто така се моделирани и останатите објекти како што се колекторските цевки и испустите иако ове елементи не се предмет на ова анализа.

Тука важно е да се напомене дека при појавата на интензивни врнежи поради носење на листови, гранки и сл. најчесто доаѓа до делумно запушување на отворите на решетката од сливниците па затоа во хидрауличката анализа се претпоставува дека сливниците ќе функционираат со 50% запушеност и на така дефинирана функција на сливниците за цело време е контролирана ширината на плавење на коловозот (Spread) кој претставува главен индикатор за фунционирањето на системот за одводнување на патот.



Слика 3: Сливник со отвори – решетка кој е користен при анализата
Извор. Basic Storm Sewer Design & Modeling, 2017 Bentley Systems Incorporated

Како влезни параметри за определување на меродавниот дожд за кој се прави хидрауличката анализа се земени кривите на интензитет, траење и повторување за дождомерна станица Скопје и истите се дадени на следнава слика 4. При што направени се повеќе анализи за повратен период од 2, 5, 10, 50 и 100 години со времетраење на дождот од 10 минути.



Слика 4: I-t-p криви за дождомерна станица Скопје

Со вака дефинираните влезни параметри и користење на софтверскиот пакет EPA SWMM е избрана Рационален методаза анализа.

Рационаланат метода е најприфатлива метода за определување на максималните количини на вода при димензионирање на системите за одводнување на патиштата и истата е дефинирана со следнава равенка [3]:

$$Q = KCiA \tag{1}$$

Каде,

Q – макизмален проток (пик), во m3/s,

K – коефициент за трансформација на дождот K=0.00275,

C – коефициент на отекување,

i – интензитет на дождот, во mm/h,

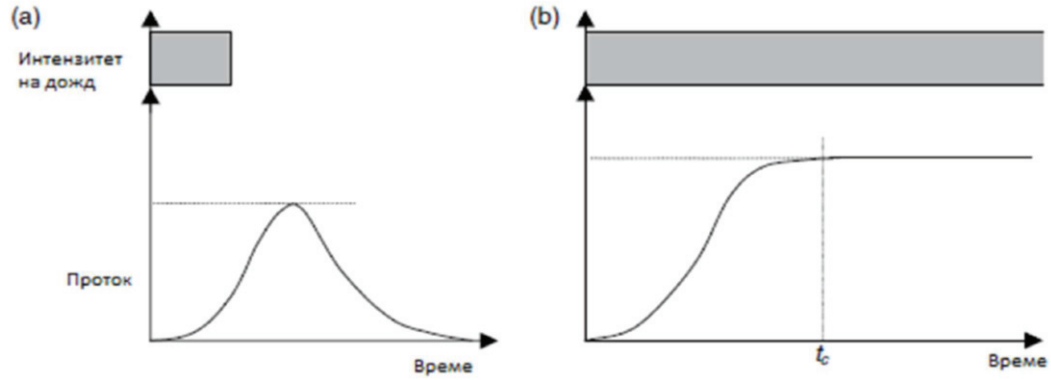
A – припадна – сливна површина, во ha.

Кај оваа метода значајно е да се определи коефициентот C кој претставува производ од коефициентот на закаснување и отекување и истиот зависи од типот на површината, влагата, инфилтрацијата, наклонот на површината, испарувањето, обликот на површината и друго. За овој коефициент се препорачува по методот на тежинска застапеност да се определи осреднет коефициент, со помош на следнава равенка.

$$C_W = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \quad C_nA_n}{A_t} \tag{2}$$

Два клучни параметри од кои што зависи максималниот проток се времето на концентрација tc и времето на траење на дождот td.

Време на концентрација (tc) се дефинира како времето потребно за капките од хидраулички најоддалеченото место од сливот стигнат до разгледуваниот профил. Ако времето на траење на дождот td<tc, тогаш максималниот проток ќе биде помал, бидејќи целата сливна површина не учествува во формирањето на протокот (слика 5 a). Ако td>tc тогаш до времето на концентрација ќе имаме зголемување на протокот до некој максимален, а потоа истекувањето ќе биде со тој максимален проток (слика 5 b). Максимален проток ќе се добие ако td=tc бидејќи целата сливна површина ќе учествува во формирањето на протокот, а времетраењето на дождот ќе биде помало споредено со претходниот случај. Дождовите кои што имаат помало времетраење имаат поголем интензитет, а со тоа и поголемо максимално истекување.

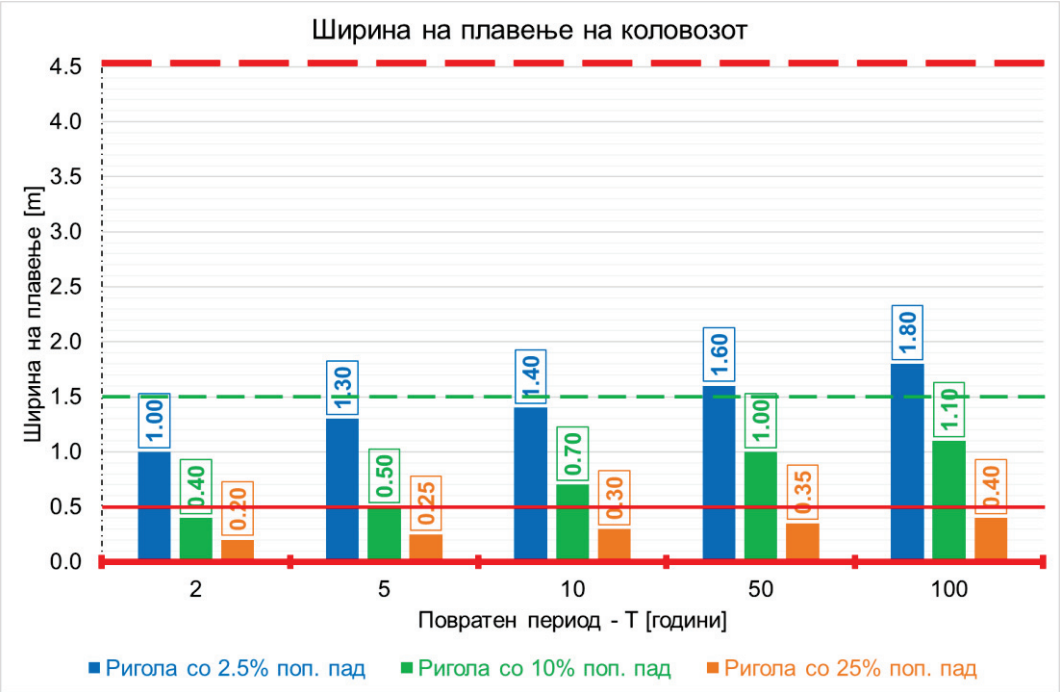


Слика 5. Хидрограм на истекување (a - td<tc; b – td>tc)

Додека за определување на интензитетот на дождот се користат i-t-p кривите од каде се определува интензитетот на дождот во зависност од неговото времетраење и повратниот период.

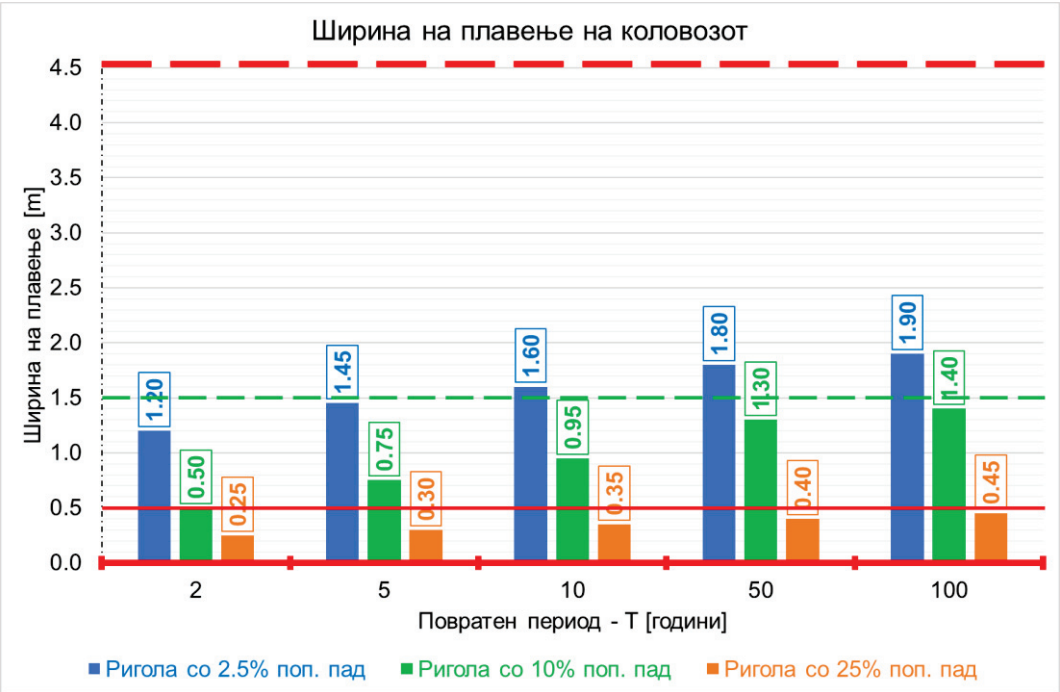
4. РЕЗУЛТАТИ ОД ХИДРАУЛИЧКАТА АНАЛИЗА

Првиот сет на хидрауличка анализа се состои од хидраулички модел на сливници на меѓусебно растојание од 25 m – сливна припадна површина од 250 m^2 и наклон на риголата еднаков на попречниот наклон на коловозот, попречен наклон од 10% и попречен наклон на ригола од 25%, со меродавен дожд со повратен период од 2, 5, 10, 50 и 100 години и времетраење на дождот од 10 минути. На следната слика се прикажани резултатите од анализата за ширината на плавење на коловозот.

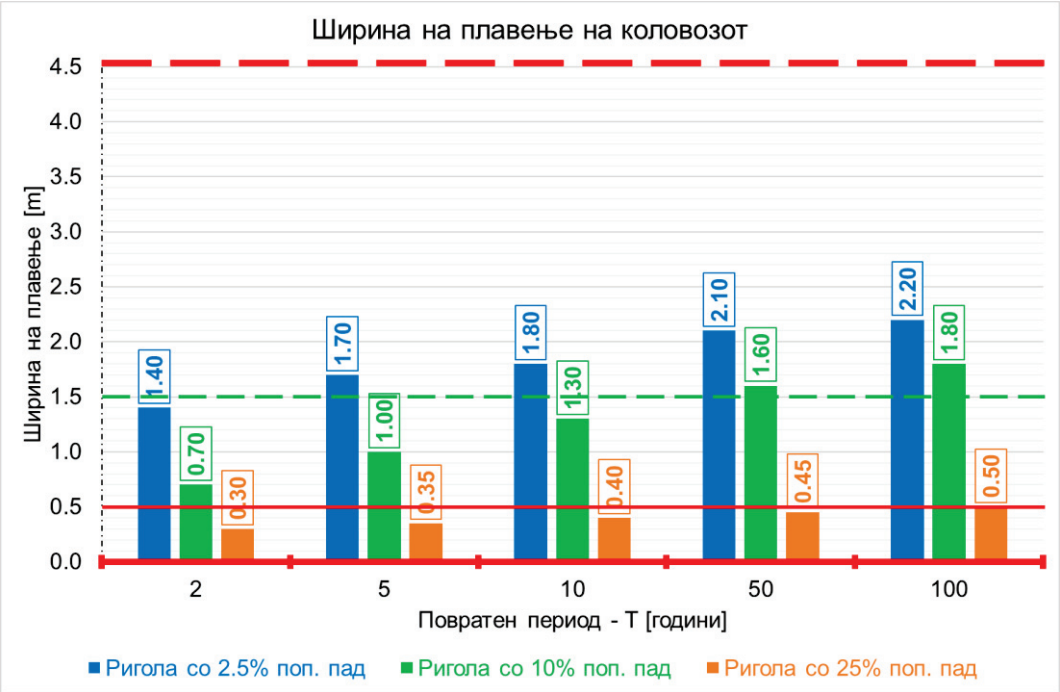


Слика 6: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливниците од 25 m.

Ако се знае дека препорачлива максимална ширина на плавење изнесува 1/3 од ширината на коловозната лента (зелена испрекината линија на слика 6) може да се констатира дека предвиденото растојание помеѓу сливниците од 25 m и во сите анализирани варијанти за различни попречни наклони на риголата може да ги прифати атмосферските води со повратен период од максимум 10 години. Со оглед на вака добиените резултати направена е дополнителна анализа сите варијанти со зголемување на растојанието на сливниците на 35m и 50m, резултатите се дадени на слика 6.



Слика 7: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливниците од 35 m.



Слика 8: Графикон на излезни резултати од хидрауличката анализа при растојание на сливниците од 50m.

5. ЗАКЛУЧОЦИ

Со направениот хидраулички модел користејќи го софтверскиот пакет EPA SWMM за оптимално димензионирање на системот за прифаќање и одведување на атмосферски води од коловозот, може да се заклучи дека SWMM претставува современа алатка која лесно се прилагодува на секакви можни концепции на вакви системи а истовремено дава практични резултати во однос на максималните капацитети на системот во целина или на одредени негови елементи вклучувајќи ги резултатите за плавења како на коловозот така и на останатите површини кои се предмет на разгледување.

Излезните резултати од анализираните варијанти се меродавни само за приложената геометрија на улицата која има подолжен наклон од 0.3%, попречен наклон од 2.5% и е со ширина од 10m, па според може да се констатира следново:

- Доколку условот за димензионирање е меродавни врнежи со повратен период од 2 години растојанието на сливниците може да биде до 50m без дополнителен попречен наклон на риголата.
- Сливниците на растојание од 35m може да се постават и за максимални меродавни врнежи со повратен период и од 10 години без дополнителен попречен наклон на риголата.
- Од сите анализи може да се заклучи дека доколку би сакале да ја намалиме ширината плавењето на коловозот и меѓусебното растојание помеѓу сливниците потребно е да се зголеми попречениот наклон на риголата.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0

[2] Akan, A.O. and R.J. Houghtalen. 2002. Urban Hydrology, Hydraulics, and Water Quality. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Forthcoming.

[2] Colorado State University (CSU). 2009. Hydraulic Efficiency of Grate and Curb Inlets for Urban Storm Drainage. Denver, CO: Urban Drainage and Flood Control District.

[3] Federal Highway Administration (FHWA). 2009. Urban Drainage Design Manual. Hydraulic Engineering Circular 22. Washington, DC: Federal Highway Administration.

[4] Guo, J.C.Y. 1999. Storm Water System Design. CE 5803, University of Colorado at Denver

[5] Guo, J.C.Y. 2000b. Street Storm Water Conveyance Capacity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 136(2)119-124.

[6] Violeta Gjeshovska, Goce Taseski, Bojan Ilioski, Heavy rainfall in the R.N. Macedonia Scientific Journal of Civil Engineering, Volume 10, Issue 2, December 2021

[7] V. Gjesovska, G. Tasevski, P. Pelivanoski, K. Donevska and all. (2022), Analysis of intense rainfall in the Republic of North Macedonia, Scientific research project, Faculty of Civil Engineering-Skopje, University Ss. Cyril and Methodius, Skopje

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
T5 – 2

Оценка на состојбата на мостовите на автопатот “Демир Капија-Смоквица“ со пробно товарење
Assessment of the condition of the bridges on the "Demir Kapija-Smokvitsa" highway with test loading

Горан Марковски[1], Тони Аранѓеловски[2], Дарко Наков[3], Симона Богоевска[4], Марија Доцевска[5]
Дејан Јанев[6]
[1] Проф. д-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, markovski@gf.ukim.edu.mk
[2] Проф. д-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, arangelovskitoni@gf.ukim.edu.mk
[3] Вонр. проф. д-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, nakov@gf.ukim.edu.mk
[4] Доц. д-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, simona.bogoevska@gf.ukim.edu.mk
[5] Ас. м-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, docevska@gf.ukim.edu.mk
[6] Ас. м-р, УКИМ, ГФ-Скопје, Р.С.Македонија, janev@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Во овој труд презентирани се резултатите добиени со статичко и динамичко пробно товарење на 12 нови мостовски конструкции по должина на автопатската делница “Демир Капија-Смоквица” на Пан-Европскиот Коридор 10. Четири (2x2) од нив се со монтажни претходно напрегнати носачи, додека пак останатите осум (4x2) се конзолно градени мостови. Целта на пробното товарење беше проценка на квалитетот на новоизградените мостови преку споредба на реалното однесување на конструкцијата со теоретските претпоставки во проектот. Пред испитувањето, направена е анализа на мостовите со методот на конечни елементи. Анализата на резултатите покажа добро совпаѓање помеѓу измереното однесување и нумерички пресметаните вредности.

Клучни зборови

оценка на состојба, статичко и динамичко испитување, претходно напрегнати мостови

Abstract

This paper presents the results obtained by the loading test performed on 12 new bridges along the “Demir Kapija-Smokvica” motorway section on Pan-European Corridor X. Four (2x2) of them are simply supported post tensioned beams bridges and the other eight (4x2) are balanced cantilever. The purpose of the loading test was to assess the quality of the newly built bridges by comparing the real behavior of the structures with the theoretical assumptions in the structural design. Prior the testing, structural finite element analysis of the bridges was performed. Analysis of the results shows good agreement between measured performance and numerically calculated values.

Key words

assessment, static and dynamic loading test, prestressed bridges

1 ВОВЕД

Пробното товарење на мостовите служи да го потврди носивиот капацитет на конструкцијата за поголеми товари, да ја демонстрира можноста за евентуално зголемување на товарот по осовина на возило или да го процени моменталниот капацитет на конструкцијата за спротивставување на товарите во експлоатација (Chahud et al., 2018). Ширум светот, овој метод на испитување на мостови не е унифициран. Во некои земји, како Швајцарија (Moses et al., 1994) и Италија (Veneziano et al., 1984), ваквите испитувања се задолжителни пред пуштање на мостот во употреба (Lantsoght et al., 2017). Меѓутоа, во некои земји овие испитувања не се задолжителни, но има многу разлики помеѓу кодовите и препораките дадени во оваа област во секоја земја. На пример, во Германија постои водич, "Manual for Bridge Rating through Load Testing", додека во САД, "ACI 437.2M-13".

Пробното товарење на нови мостови е честа пракса во нашата земја. Според стандардот MKS U.M1.046 (што во меѓувреме е заменет со MKS 1019:2018) патните мостови со распон поголем од 15m мора да подлежат на испитување со пробно товарење. Пробното товарење е задолжително не само за ново изградени туку и за санирани и зајакнати мостови.

Во овој труд акцент е ставен на пробното товарење на 2 репрезентативни нови мостови, еден од групата на четирите монтажни мостови со претходно напрегнати носачи, систем проста греда и еден од останатите осум конзолно градени мостови, изградени по должина на автопатската делница "Демир Капија-Смоквица" на Пан-Европскиот Коридор 10. Статичкото и динамичкото испитување со пробно товарење беа направени со цел да се процени квалитетот на новоизградените мостови преку споредување на реалното однесување на конструкцијата со теоретските претпоставки во проектот. Пред испитувањето направена е конструктивна анализа на мостот со методот на конечни елементи, притоа користејќи ги оригиналните шеми на товарење, реалната геометрија и материјални карактеристики. Оваа анализа го дефинира интензитетот на бруто тежината на возилата со цел да се добијат внатрешните големини и деформации во граници од 50 до 100% од пресметковните вредности.

Пробното товарење беше организирано и спроведено од Универзитетот "Св. Кирил и Методиј", Градежен факултет – Скопје, Катедра за бетонски и дрвени конструкции. Главниот проект, како и конструктивната анализа потребна за проценка на мостовите беше направена од "TTA S.A. Athens", Грција со помош на софтверот SOFiSTiK. Испитувањата се направени за потребите на "AKTOR ADT GREECE-Subsidiary Skopje", како изведувач на мостовите.

2 АНАЛИЗИРАНИ МОСТОВИ

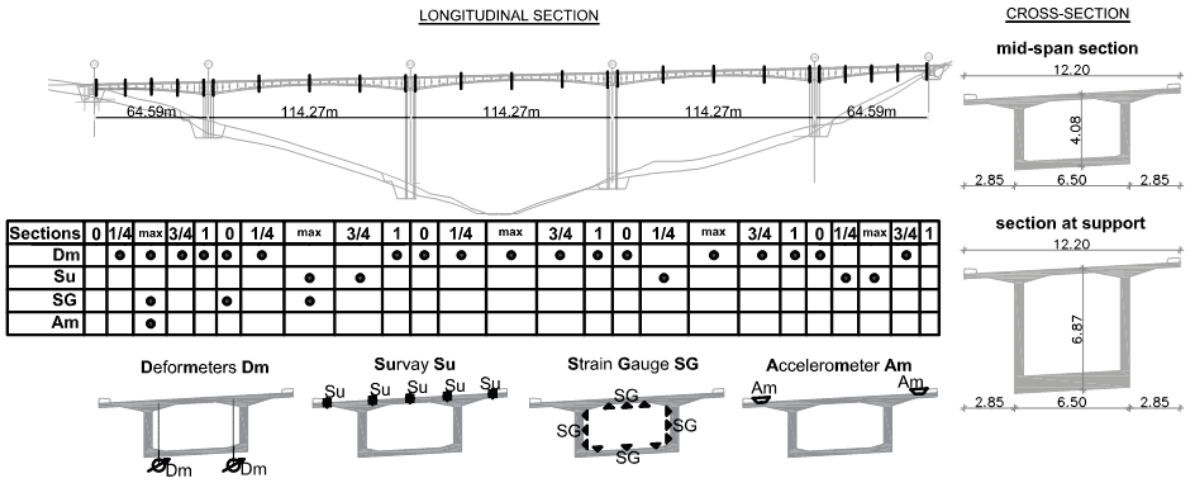
За статичкото пробно товарење на двата избрани моста, користени се четири "MAN" камиони како пробно подвижно оптоварување, секој од нив со единечна бруто тежина од 300.4kN. Испитувањето е направено за четири позиции на пробниот товар (фази на товарење): пола и цел несиметричен товар и пола и цел симетричен товар. Во текот на испитувањето, камионите се поставени во најкритичните симетрични и несиметрични позиции од секој распон (Сл. 2 и Сл.8).

Мерењата на отклоните се направени на 1/4, L_{crit} (или 1/2) и 3/4 од секој распон, како и на почетокот (L_0) и крајот (L_1) од распонот со угибометри од типот "STOPANI" (точност од 1/100mm). За деловите каде мерењето со угибометри не беше возможно, геодетски мерења со "Trimble Dini 03" (точност од 1/100mm) беа направени од компанијата "Топометрија дооел-Скопје".

Користени се мерни ленти од типот “Kyowa” со должина од 120mm и точност од 1/1000mm за двата моста.

Динамичкото пробно товарење е направено со еден камион движејќи се по најмалиот распон од мостовите со 4 различни брзини: V=10 / 20 / 30 / 40 [km/h]. За ова испитување користени се акцелерометри од типот “Digitexx D110-T” со преносен компатибилен даталогер.

Диспозицијата на мерните точки за отклони и дилатации се прикажани во напречен и надолжен пресек на Сл. 1 и Сл.7.



Слика 1. Надолжен и карактеристични напречни пресеци и диспозиција на мерни места

2.1 МОСТ В3 (ДЕСНА ГРАНКА) - КОНЗОЛНО ГРАДЕН МОСТ

2.1.1 Генерален опис

Мостот В3 на км.5+278.668 – км.5+753.668 (десна гранка) е проектиран како конзолно граден мост, систем полуинтегрална рамка на пет полиња (64.59+3x114.27+64.59=471.99m). Вкупната ширина на мостот е B=12.22m.

Горниот строј на мостот се состои од сандачест претходно напрегнат носач со променлива геометрија по неговата должина. Висината на сандачестиот носач е 3.20m во средина на распонот и се зголемува до 7.20m кај потпорите. Дебелината на горната плоча од сандачестиот носач е 0.65m кај потпорите (средни столбови) и 0.30m во средина од распонот. Долната плоча има дебелина од 1m кај потпорите до вредност од 0.30m во средина на распонот. Ребрата од сандачестиот пресек се со дебелина од 0.80m кај потпорите и 0.50m во средина на распонот. Карактеристичниот напречен и надолжен пресек на мостот се прикажани на Сл. 1.

Долниот строј на мостот се состои од два крајни и четири средни столбови.

Крајните столбови се проектирани како засипани со паралелни крилни ѕидови. Тие се фундирани на плитки темели. Средните столбови се проектирани како армирано бетонски со правоаголен кутијаст напречен пресек. Фундирани се на кесони.

Согласно Основниот проект, за конструктивните елементи користени се следните класи бетон:

- горен строј – C35/45
- средни столбови – C30/37
- крајни столобови – C20/25

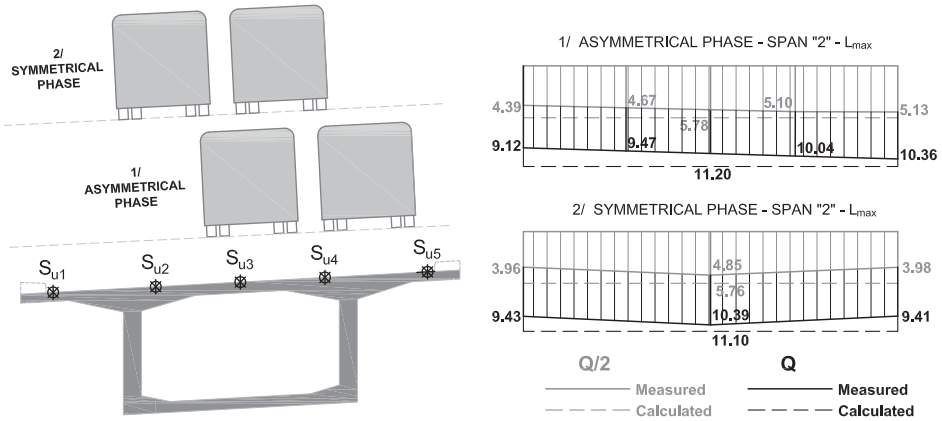
- кесонска глава – C30/37
- кесонско стебло – C20/25.

За преднапрегање на главните сандачести носачи користен е челик со квалитет σ_{02}/σ_m=1670/1860 MPa и мека арматура B500 вградена во сандачестите носачи, крајните столбови, крилните ѕидови и фундаментите.

2.1.2 Пробно товарење и селектирани резултати

Мерењето на дилатациите на овој мост е извршено со 36 мерни ленти, 12 од нив во критичниот пресек од првиот распон, 12 кај потпората и 12 во средината на вториот распон.

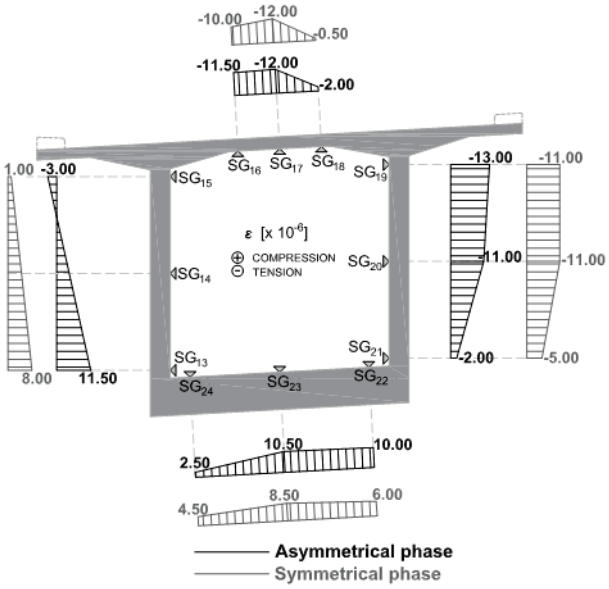
Во овој труд презентирани се само одбрани резултати за некои напречни пресеци. За статичкото пробно товарење, отклоните се прикажани за критичниот пресек во вториот распон, каде истите се добиени со геодетски мерења. Отклоните во погоре споменатиот напречен пресек се прикажани на Сл. 2, додека надолжно се дадени на Сл. 3.



Слика 2. Измерени наспроти пресметани отклони во критичниот пресек на вториот распон

Максималниот измерен отклон изнесува 10.39mm за симетрична фаза на товарот во средина од сандачестиот носач.

Распределбата на дилатациите за напречниот пресек над потпората (над првиот среден столб) се дадени на Сл. 3.

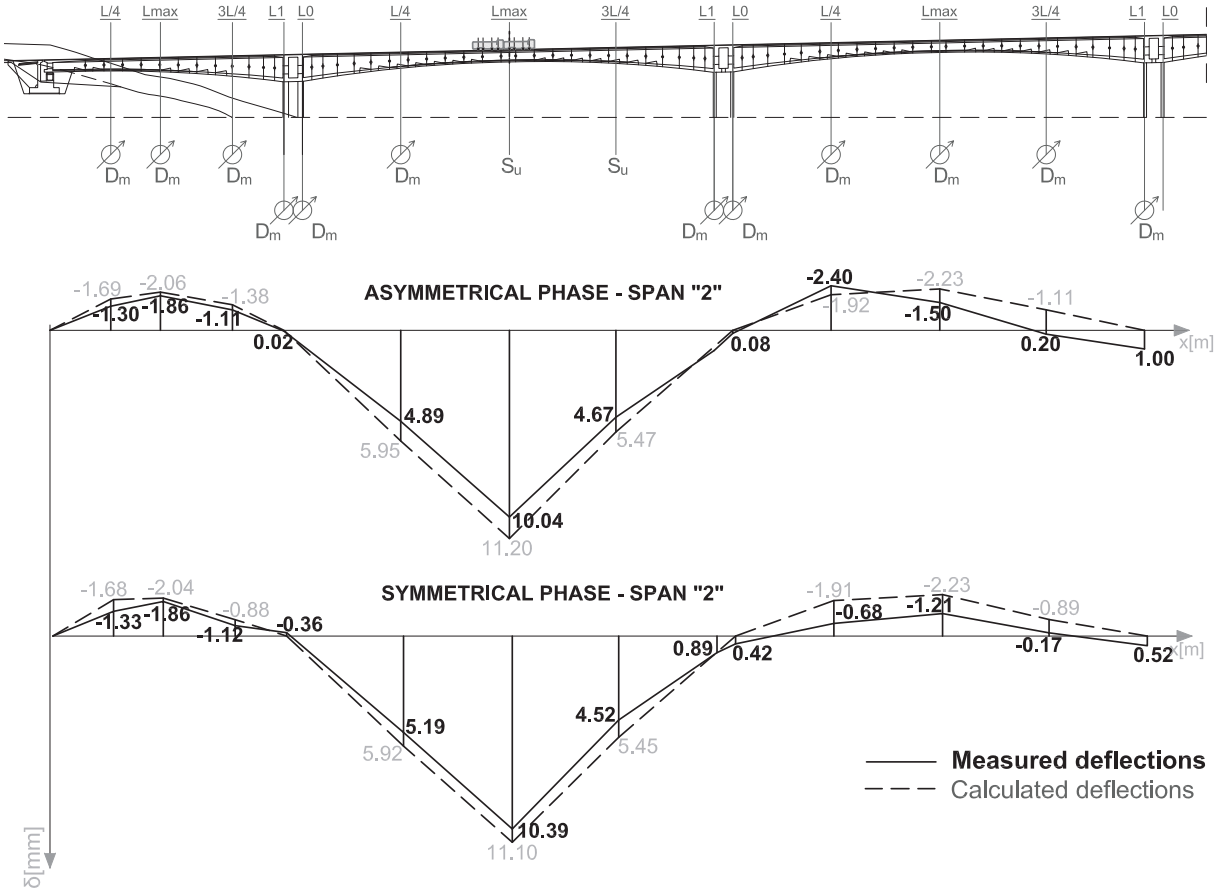


Слика 3. Измерени дилатации во критичниот пресек

Во Табела 1 е прикажана споредба помеѓу измерените и пресметаните напрегања во средината на горната и долната плоча, како и во ребрата на сандачестиот носач.

Табела 1. Измерени наспроти пресметани напрегања

Пресек над потпора				
Мерно место	Фаза	Дилатации	Напрегања	
		ε [μs]	σ_c [MPa]	
		Измерено	Измерено	Пресметано
SG17	Несим.	-12.00	-0.408	-0.415
	Сим.	-12.00	-0.408	-0.415
SG23	Несим.	10.50	0.357	0.448
	Сим.	8.50	0.289	0.448
SG20	Несим.	-11.00	-0.374	/
	Сим.	-11.00	-0.374	/

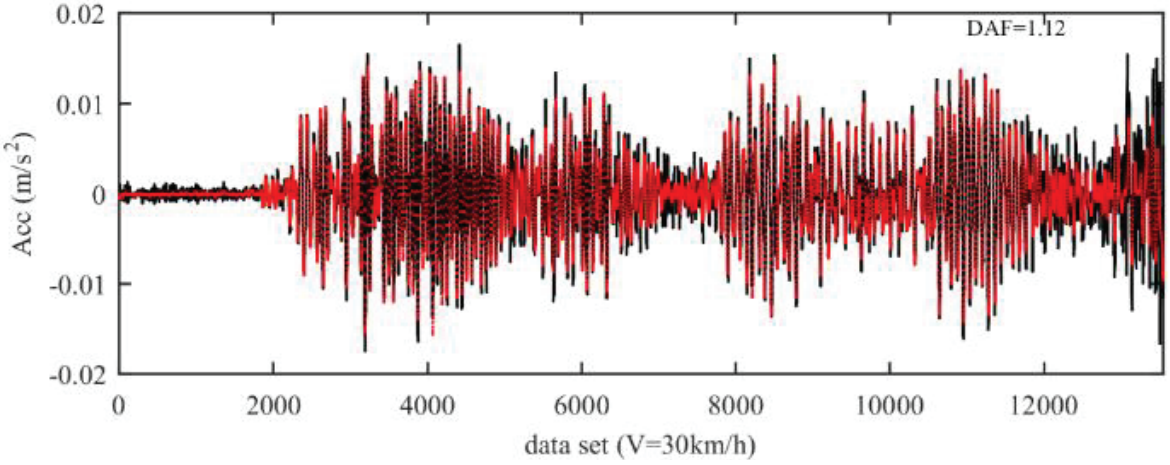


Слика 4. Измерени наспроти пресметани отклони (пробниот товар е во вториот распон)

Одговорот на забрзувањата на мостовската конструкција е регистриран за ненатоварен и товарен случај со триаксијални сензори (акцелерометри) поставени на две мерни места (Am) на мостот (Сл.1).

Динамичкиот коефициент (DAF: Dynamic Amplification Factor) е определен како однос помеѓу максималниот динамички и максималниот квази-статички одговор добиен со филтрирање на динамичкиот одговор (Сл.5). За таа цел, регистрираните вертикални

забрзувања во временски домен, што одговараат на четирите товарни случаи (од 10 km/h до 40 km/h), се филтрирани со нископропусен (low-pass) дигитален филтер.



Слика 5. Динамички (црн) и статички (црвен) одговор за определување на DAF

Параметрите на филтерот се избрани така што ќе ги отстранат динамичките компоненти на сигналот, па оттука опсегот на филтерот е избран во однос на идентификуваниот опсег на првата природна фреквенција.

Максималниот DAF за овој мост е со вредност од 1.12 и истиот е определен за брзина од 30 km/h. Дел од применетата мерна опрема е прикажана на Сл. 6.

Слика 6. Пробен товар (лево) и дел од мерната опрема (десно)

2.2 МОСТ В1 (ЛЕВА ГРАНКА) - ПРЕТХОДНО НАПРГЕНАТ МОСТ, СИСТЕМ ПРОСТА ГРЕДА

2.2.1 Генерален опис

Мостот В1 на стационажа km.0+927.465 – km.1+058.339 (Лева гранка) е проектиран и изведен како полумонтажна претходно напрегната конструкција со четири распони (32.20+2x33.25+32.20=130.90m), статички систем проста греда. Вкупната ширина на мостот изнесува B=12.20m.

Горниот строј на мостот се состои од 5 полумонтажни, претходно напрегнати гредни носачи со „Т“ напречен пресек (1.78m висина), поставени на меѓусебно растојание од 2.36m. Над гредите изведена е монолитна плоча со дебелина од 0.25m. Надолжниот и карактеристичните напречни пресеци на мостот се прикажани на Сл. 7.

Долниот строј на конструкцијата се состои од два крајни и три средни столбови. Крајните столбови се проектирани како засипани со паралелни крилни ѕидови фундирани на

темели самци. Средните столбови се проектирани како армирано бетонски засебни столбови со кружен напречен пресек. Фундирањето на средните столбови е на колови.

Според Основниот проект, за конструктивните елементи употребени се следните класи бетон:

- главни ПНБ носачи – C35/45
- коловозна плоча – C30/37
- средни столбови и належна греда – C30/37
- крајни столбови – C25/30

За претходно напрегање на главните носачи, користен е високојакосен челик со квалитет σ_{02}/σ_m=1670/1860 MPa и арматура B500. За напречните греди, коловозната плоча, належните греди, столбовите, крилните ѕидови и темелите исто така е користена арматура B500.

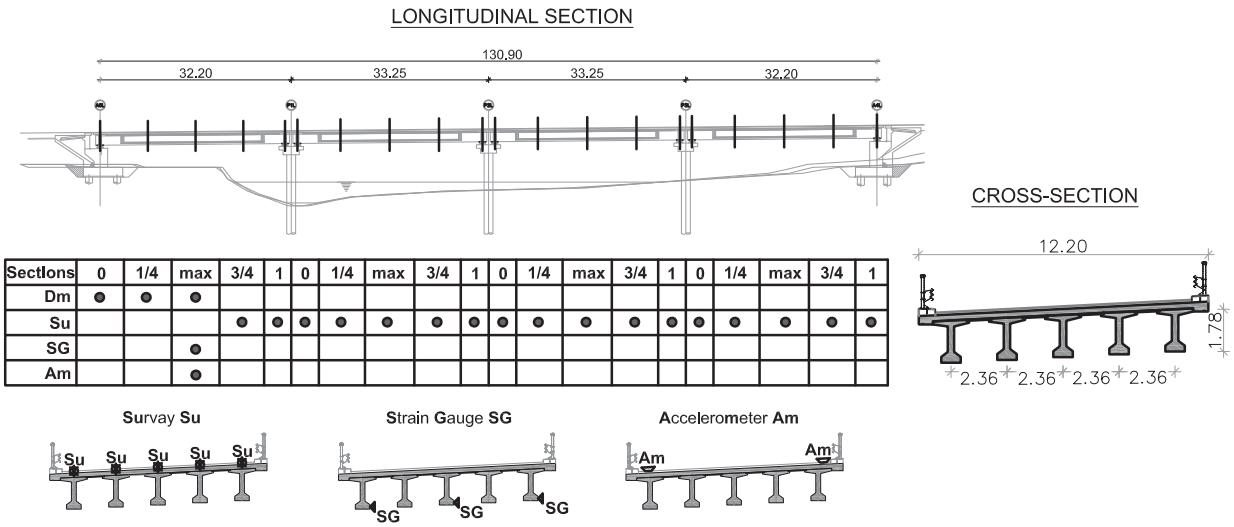
2.2.2 Пробно товарење и селектирани резултати

За статичкото пробно товарање користени се 4 возила, “MAN” камиони како пробен товар, со поединечна бруто-тежина од 300.4kN, додека динамичкото пробно товарање е изведено на начин којшто е објаснет за конзолно градениот мост во претходниот дел. Испитувањето е извршено за четири фази на товарење, со поставување на пробниот товар во најкритичните симетрични и несиметрични положби: половина и целосен интензитет на пробниот товар за несиметрично и симетрично оптоварување. Карактеристичните положби на камионите во напречен правец се прикажани на Сл.8.

Мерењата на вертикалните отклони е направено во 1/4, 1/2 и 3/4 од должината на секој распон. Евидентирано е и поместувањето на лежиштата на почетокот (L_0) и крајот (L_1) на распонот.

Мерењето на дилатациите во бетонот е извршено со примена на 3 електроотпорни мерни ленти поставени на најлевиот, средниот и најдесниот носач во првиот распон. За овој мост, користена е истата мерна опрема за регистрирање на отклоните и напрегањата како и за конзолно градениот мост.

Диспозицијата на мерната опрема во надолжен и напречен правец е прикажана на Сл.7.

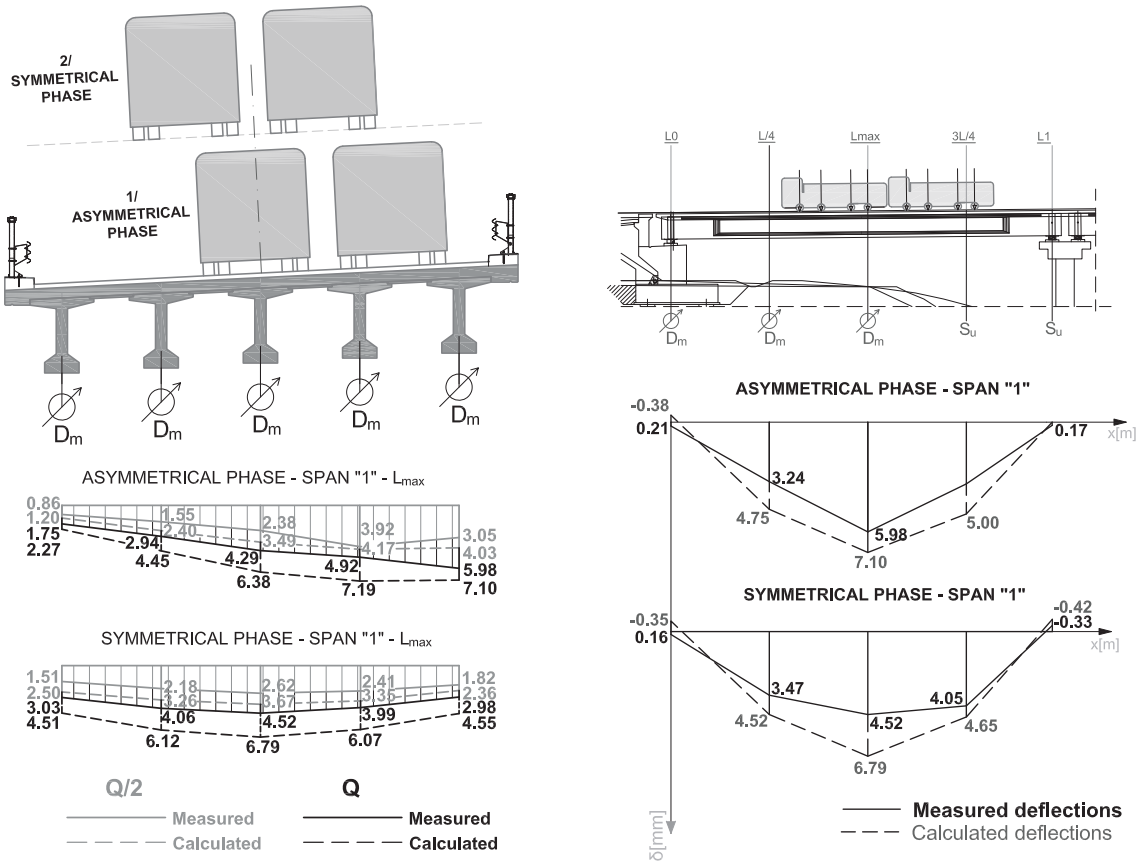


Слика 7. Надолжен, напречен пресек и диспозиција на мерна опрема

За статичкото пробно товарење, вертикалните отклони се претставени само за критичниот пресек од првиот распон, каде што истите се измерени со примена на угибометри поради пристапноста на теренот. Измерените отклони во горенаведените

пресеци за сите четири фази на товарење се прикажани на Сл.8 заедно со пресметаните резултати. На истата слика прикажана е и споредбата на измерените и пресметаните отклони за секоја четвртина од разгледуваните распони за несиметрична и симетрична фаза со полн интензитет на пробниот товар. Максималниот отклон од 5.98 mm е измерен од несиметричен товар за најдесниот носач.

Во секое мерно место кај сите пресеци, пресметаните отклони се поголеми од измерените.



Слика 8. Измерени наспроти пресметани отклони

Во Табела 2 е прикажана споредбата помеѓу измерените и пресметаните напрегања во најлевиот (SG1), средниот (SG2) и најдесениот носач (SG3) во првиот распон на мостот.

Максималното напрегање од 2.86MPa во бетонот е измерено кај најдесниот надворешен носач за несиметрична положба на пробниот товар. Сите измерени напрегања се помали од пресметаните.

Заостанатите пластични отклони и напрегања, за секој распон и секоја фаза на товарење, се помали од 20% од максимално измерените што е во согласност со пропишаната горна граница во актуелниот стандард за испитување со пробен товар на претходно напрегнати мостови.

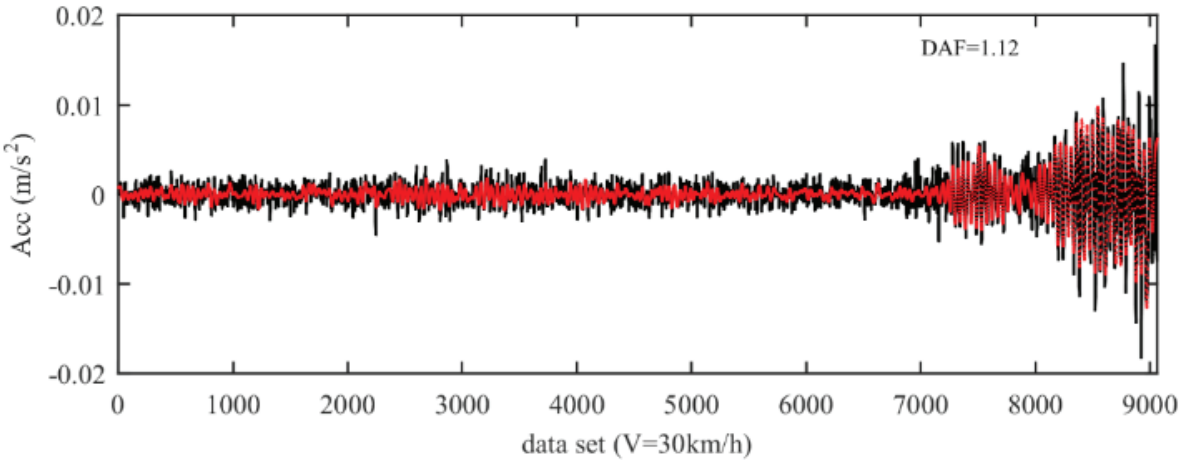
Одговорот на забрзувањата на мостовската конструкција е регистриран со триаксијални сензори за забрзување поставени на две мерни локации (Am) како што е прикажано на Сл.7.

Вертикални забрзувања во временски домен се снимени за четирите товарни случаи (од 10km/h до 40km/h).

Записите од динамичкиот (црн) и статичкиот (црвен) одговор, искористени за определување на DAF се прикажани на Сл.9.

Табела 2. Измерени наспроти пресметани напрегања

Пресек во средина од распонот				
Мерно место	Фаза	Дилатации	Напрегања	
		ε [μs]	σ_c [MPa]	
		Измерено	Измерено	Пресметано
SG1	Несим.	12	0.41	0.89
	Сим.	24	0.82	1.91
SG2	Несим.	74	2.52	2.91
	Сим.	60	2.04	3.17
SG3	Несим.	84	2.86	3.07
	Сим.	22.5	0.77	1.88



Слика 9. Динамички (црн) и статички (црвен) одговор за определување на DAF

Максималниот динамички коефициент за овој мост е со вредност од 1.12 и истиот е определен за брзина од 30 km/h. Определените DAF од извршените мерења за секоја брзина на возилото добро се совпаѓаат со пресметаниот динамички коефициент DAF_{calc} што е користен во Основниот проект.

Возилата коишто се користени како подвижен пробен товар за испитувањето на мостот B1 се прикажани на Сл.6.

3 ЗАКЛУЧОЦИ

Во трудот презентирано е испитување со пробно товарење на две групи мостови - конзолно градени и полумонтажни пртеходно напрегнати, со различна топологија долж автопатот Демир Капија – Смоквица. Од многу големата колекција на добиени податоци од статичкото и динамичкото пробно товарење, во овој труд презентирани се само селектирани резултати. За двата презентирани моста, може да се посочи следното:

- Измерените отклони, како и напрегањата во бетонот во критичните пресеци од секој распон за сите четири фази на товарење се помали од пресметаните.
- Заостанатите отклони и напрегања после растоварувањето се помали од 20% од максимално измерените, вредност која што е пропишана како горна граница во актуелниот стандард за испитување со пробен товар на претходно напрегнати мостови.

- Определените динамички коефициенти од динамичкото испитување за сите четири брзини добро се совпаѓаат со пресметаниот динамички коефициент (DAF_{calc}) што е користен во Основниот проект.

Анализата на резултатите прикажува добро совпаѓање помеѓу измерените и нумерички пресметаните вредности. Одредената разлика помеѓу овие вредности се должи на неколку причини од кои поважни се следните:

- Несовршеноста на методите со кои се дефинира распределбата на товарите во напречен правец,
- Несовршеноста на пресметковните методи за внатрешни статички големини и отклони, базирано на апроксимации во математичкиот модел,
- Промена на механичките карактеристики на вградените материјали во тек на време.

Врз основа на резултатите од извршеното испитување со пробно товарење и теоретските резултати од нумеричката анализа на 12-те моста на Пан-Европскиот Коридор X, автопат Демир Капија – Смоквица, може да се заклучи дека мостовите се изградени со добар квалитет со што се задоволува безбедноста и критериумот за носивост.

РЕФЕРЕНТНА ЛИСТА

[1] Chahud E., Aquino V.B.M, de Almeida D.H., Christoforo A.L., Lahr F.A.R. (2018). Proof Load Test on Bridges and Viaducts: A Bibliography Analysis. International Journal of Materials Engineering 2018, 8(5): 120-127

[2] Lantsoght EOL, van der Veen C, de Boer A, Hordijk Dick A. (2017). State-of-the-art on load testing of concrete bridges. Engineering Structures 150: pp.231-241-80

[3] Moses F, Lebet JP, Bez R.(1994). Application of field testing to bridge evolution. J Struct Eng ASCE 120:1745-62

[4] Veneziano D, Galeota D, Giammatteo MM. (1984): Analysis of bridge proof load data I: model and statistical procedures. Struct Saf:91-104

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T5 – 3

Нумеричка анализа на конструкција со примена на почвени анкери
Numerical analysis of a structure using soil anchors

Павле Петровски[1], Сеад Абази[2], Булент Сулооца[3], Бојан Сусинов[4]

1 м-р, геотех. инж., ГеоДизајн Инженеринг ДООЕЛ Скопје, Скопје, Р. Северна Македонија, pavle.geodizajn@gmail.com

2 доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, sead@gf.ukim.edu.mk

3 м-р, геотех. инж., Сектор за Урбанизам - Општина Ресен, Ресен, Р. Северна Македонија, bsulooca@hotmail.com

4 доц. д-р, Градежен факултет, Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Р. Северна Македонија, susinov@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Иако анкерирањето е релативно нова метода, таа наоѓа широка примена во анкерирање кај подземни работи и косини. При вградување на анкерите потребно е да се знаат не само елементите на анкерирањето и неговото статичко и динамичко дејство, туку и физичко-механичкото однесување на почвата или на карпестата маса и нивните геотехнички својства.Во овој труд ќе се претставува нумеричката анализа на конструкција со примена на почвени анкери. Анализата е извршена со користење на софтверскиот пакет Plaxis 2D и 3D кој е опремен со специјални модули за да се справи со разновидните аспекти од комплексните геотехнички конструкции. Од споредбата на моделите во 2D и 3D кога анкерите се моделирани со опцијата „Embedded beam row", може да се заклучи дека се добиени приближни резултати од двете анализи. Генерално, анализата во 2D дава поголеми резултати за силите во анкерите. Бидејќи разликите се релативно мали, може да се даде препорака дека за проектирање на стабилизација на косини со анкери е доволно да се изврши 2D анализа која е поедноставна и побрза, а резултатите се поконзервативни и на страна на сигурност. Од таа причина во следната фаза е направена споредба на модели во Plaxis 2D кои имаат за цел да го истражат моделирањето на анкерите и со други расположиви опции како што се опцијата „Anchors" и опцијата „Geogrid". Резултатите покажуваат дека силите во анкерите кога истите се моделирани како „Geogrid" и „Anchors" се доста слични за првиот и вториот ред, додека одредено отстапување се јавува кога истите се моделирани како embedded beam row. За третиот ред на анкери се добиени многу слични резултати.Од дијаграмите може да се заклучи дека најголеми деформации се јавуваат во третиот ред анкери, додека најмали деформации во анкерите се јавуваат во првиот ред на анкери што е и за очекување имајќи ја предвид висината на ископот. Резултатите покажуваат дека максималните деформации во околната средина се слични за сите модели, иако треба да се земе во предвид врската помеѓу силата во анкерите и деформацијата. Деформациите се очекувани и се во дозволени граници.

Клучни зборови

Анкери, аксијални сили, деформација, ископ, нумеричка анализа

Abstract

Although anchoring is a relatively new method, it has found wide application in anchoring of underground structures and slopes. When installing the anchors, it is necessary to know not only the elements of the anchoring with its static and dynamic action, but also the physical-mechanical behavior of the soil or the rock mass and their geotechnical properties.This paper presents the numerical analysis of a construction using soil anchors. The analysis was performed using the Plaxis 2D and 3D software package which is equipped with special modules to deal with various aspects of complex geotechnical structures. From the comparison of the models in 2D and 3D when the anchors were modeled with the "Embedded beam row" option, it can be concluded that approximate results were obtained from both analyses. In general, the analysis in 2D gives better results for the forces in the anchors. Since the differences are relatively small, it can be recommended that for the design of slope stabilization with anchors it is sufficient to perform a 2D analysis, which is simpler and faster, and the results are more conservative and reliable. For that reason, in the next phase, a comparison of models in Plaxis 2D, which aim to explore the modeling of anchors, is made with other available options such as the "Anchors" option and the "Geogrid" option. The results show that the forces in the anchors when they are modeled as "Geogrid" and "Anchors" are quite similar for the first and second rows, while a certain deviation occurs when they are modeled as an embedded beam row. Very similar results were obtained for the third row of anchors.From the diagrams it can be concluded that the largest deformations occur in the third row of anchors, while the smallest deformations in the anchors occur in the first row of anchors, which is to be expected considering the height of the excavation. The results show that the maximum deformations in the surrounding environment are similar for all models, although the relationship between the force in the anchors and the deformation should be taken into account. Deformations are expected and within permissible limits.

Keys words

Anchors, Axial forces, deformation, excavation, numerical analysis

1. ВОВЕД

Анкерите се сметаат за „пасивни“ создавајќи затегнувачки капацитет во случај на деформации. Анкерите примарно примаат сили на извлекување заради интеракцијата помеѓу анкерот и подлогата. Меѓутоа анкерите се оптоварени и со сили кои предизвикуваат смолкување и совивање предизвикани од деформациите на почвената маса во текот на експлоатација.

Функцијата на почвените анкери е да се стабилизираат и зајакнат свлечишта, косини или ископи со поставување на челични анкери, наречени анкери. Анкерите може да бидат мрежно распоредени и да бидат поставени под исти наклон. Монолитното тело се формира како резултат на групната интеркција на анкерите. Потпората од почвените анкери е градежна техника за нестабилната природна косина, стабилизирана со помш на почвени анкери и цврста облога. Процесот на оваа техника започнува од горе па надолу. Челичните анкери се вградуваат преку постапката за бушење и инјектирање. Цврстата облога (често се нанесува со прскан бетон обложен со жични мрежи) или се користат плочки на главата на почвени анкери за стабилизирање на косината.

2. ПОЧВЕНИ АНКЕРИ
2.1 ОПШТО

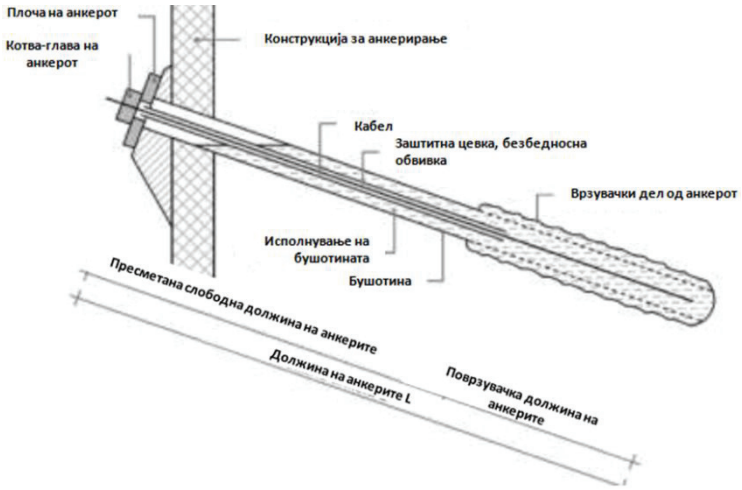
Геотехничкиот анкер во составот на геотехничките конструкции е носечки елемент преку кој се пренесува силата на затегнување од конструкцијата на анкерираната почва. На тој начин суштински се зголемува стабилноста на објектот, што е основна задача на анкерите.

Денес се смета дека најважни почвени анкери се оние преднапрегнати анкери кои линеарно пренесуваат сила со јасно изразена слободна должина на анкерите. Таквиот почвен анкер е елемент кој е составен дел на целиот објект и состојбите на напрегање и деформација се речиси секогаш сложени. Ова главно се однесува на напрегањата и деформациите во контактот на анкерираниот цилиндар и анкерираната околина во непосредна близина.

Почвените анкери може да се класифицираат на неколку начини:

- во однос на компонентите, анкерите можат да бидат во форма на само една шипка – анкери на шипка (шипкасти анкери) или во форма на неколку жици, како сноп, или почвени кабелски анкери;
- во однос на материјалот во кој се анкерираат, се делат на почвени анкери кои се анкерираат во карпа и почвени анкери кои се анкерираат во почва;
- по начинот и карактерот на анкерирање се делат на линиски, површински и волуменски;
- во однос на начинот на делување, се делат на пасивни и активни почвени (преднапрегнати) анкери.
- во однос на употребата се делат на трајни, привремени и пробни почвени анкери.

Постојани или трајни анкери се оние анкери за кои работниот век мора да биде еднаков на работниот век на конструкцијата што треба да се анкерира. Анкерите со животен век до две години се сметаат за привремени. Тест анкерите се анкери кои се специјално дизајнирани и инсталирани.



Слика 1. Преднапрегнат почвен анкер со типични елементи и ознаки

2.2 ПОСТАПКА ЗА ВГРАДУВАЊЕ НА ПОЧВЕН АНКЕР

Изрботката на почвениот анкер, се состои од четири главни операции:

1. дупчење, бушење;
2. монтажа (составување) и инсталирање (вградување) на анкери;
3. инјектирање, вбризгување и
4. затегнување

Начинот на дупчење на дупнатината мора да одговара на материјалот во кој се врши дупчењето, користејќи го соодветниот дијаметар на бушотината. При дупчење, мора да се чува и дневник за дупчење. По завршувањето на дупчењето, бушотините мора да бидат заштитени за да се спречи навлегувањето на несакан материјал.

Во случај на земјени материјали со мешавина од глина и во случај на материјали кои се предмет на брзо распаѓање, анкерот треба да се постави и да се инјектира што е можно побрзо. Неопходно е да се испита водонепропустливоста на бушотините во карпестите/камените масиви. Доколку квалитетот на бушотината не е задоволителен, потребно е да се консолидира со инјектирање или да се примени некоја друга соодветна процедура.

Во случај на чакалско-песочни материјали кај кои може да дојде до засипување, дупчењето се врши со заштитна колона која овозможува поставување на анкери. Овие колони се отстрануваат од дупнатината истовремено со инјектирањето. При дупчењето треба да се контролира положбата, наклонот и должината на дупнатината.

Транспортот, складирањето, испораката до местото на инсталација и самата инсталација мора да бидат организирани на начин што гарантира дека нема да има негативни ефекти врз функционалноста и ефективноста на заштитата од корозија. Инсталирањето на анкерот може да се направи рачно, со користење на разни кранови или со користење на специјални уреди што се користат за инсталирање на анкери.

3. НУМЕРИЧКА АНАЛИЗА НА КОНСТРУКЦИЈА СО ПРИМЕНА НА ПОЧВЕНИ АНКЕРИ

Нумеричката анализа ќе се изврши со програмскиот пакет Plaxis 2D и 3D. Овој програм работи според методот на конечни елементи и е наменет за анализа на рамнинска состојба на напрегања и деформации вклучувајќи осносиметрични проблеми. Plaxis е опремен со специјални модули за да се справи со разновидните аспекти од комплексните геотехнички конструкции.

Симулациите на геотехничките проблеми со методот на конечни елементи имплицитно вклучува неизбежни нумерички и моделирачки грешки. Точноста со која реалните услови се апроксимирани многу зависи од стручноста на корисникот во смисла на моделирање на проблемот, разбирањето н апочвените модели и нивните ограничувања, изборот на параметрите, и можноста за проценка на ослонување на пресметаните резултати.

За успешна симулација на однесувањето на почвата, Plaxis 2D нуди неколку материјални модели. Најчесто се користат:

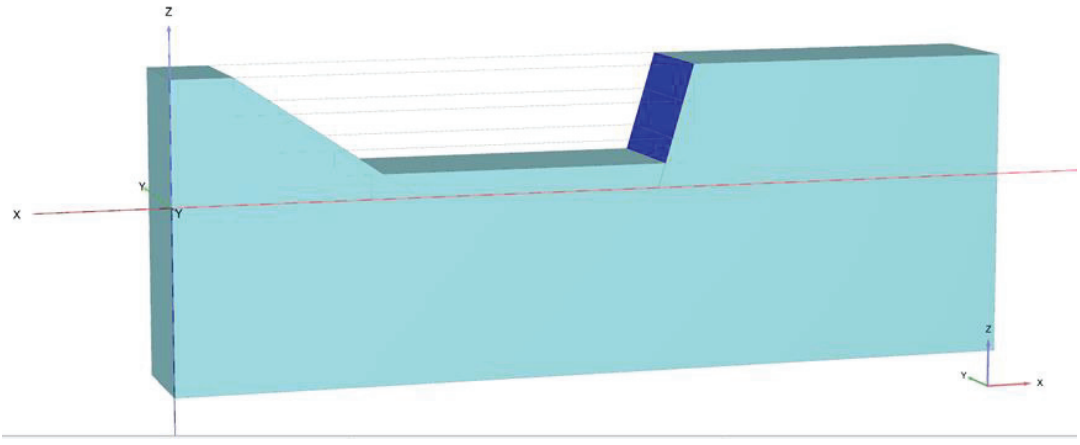
- Линеарно еластичен модел;
- Mohr-Coulomb-овиот модел (MC model);
- Hardening Soil Model (HS model) и
- Soft Soil Creep Model(SSC model)

За да може да се спроведе реална нумеричка анализа која ќе даде резултати кои треба да ги споредиме со резултатите од експерименталните истражувања потребно е нумеричката анализа да се спроведе со иста геометрија и исти гранични услови како експерименталните истражувања. Исто така при егзекуција треба да се запазена е динамиката на товарење, (преку соодветни фази на товарење) кои се фази се еквивалентни со оние од експерименталното истражување.

3.1. ТРОДИМЕНЗИОНАЛНА АНАЛИЗА PLAXIS 3D

За изведба на овој тип на ѕидови потребно е постапката да се изведе фазно односно се врши ископ од 2 до 3 метри, потоа се поставуваат анкери и истата постапка се повторува.За да се симулира истиот ефект како во проектирање така и во изведба во овој труд опфатени се вкупно 4 фази и тоа :

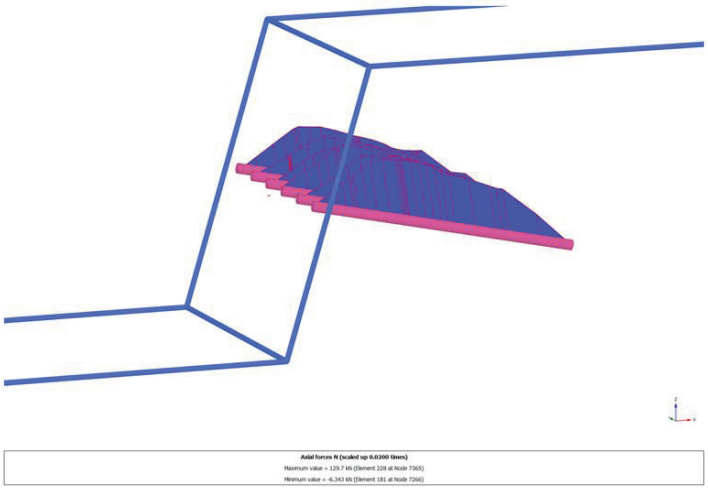
- Фаза 1: Ископ на материјалот до -3.0 метри
- Фаза 1.1: Поставување на прв ред на анкери
- Фаза 2: Ископ на материлот до -6.0 метри
- Фаза 2.1: Поставување на анкери во втор ред
- Фаза 3: Ископ на материлот до -9.0 метри
- Фаза 3.1: Поставување на анкери во трет ред
- Фаза 4: Ископ на материлот до -10.0 метри и поставување на прскан бетон



Карактеристика	Мерна ед.	Почва	Embedded beam
Материјален модел	[/]	Mohr-Coulomb	Elastic
Вол. тежина во природна состојба γ_{unsat}	[kN/m^3]	21.0	25.0
Вол. тежина во заситена состојба γ_{sat}	[kN/m^3]	21.5	/
Модул на еластичност E	[kN/m^2]	50 000	31.500.000
Поасонов коефициент v	[/]	0.3	0.2
Кохезија c'	[kN/m^2]	10.0	/
Агол на внатрешно триење ϕ'	[˚]	35.0	/
Агол на дилатанција ψ	[˚]	/	/
T skin,start $_{max}$	[kN/m]	/	47.1
T skin,start $_{max}$	[kN/m]	/	47.1
F $_{max}$	[kN]		200

Слика 2. Геометрија на нумеричкиот модел и карактеристики на материјалот

Во фаза еден се поставуваат анкери со должина од 9.0 метри на меѓусебно растојание од 1.5 метри. Во оваа фаза максималната сила во анкерите е незначителна и изнесува 0.5 kN. Деформациите кој се јавуваат исто така се незначителни и изнесуваат 2.08 cm. Во втора фаза се поставуваат анкери со должина од 9.5 метри на меѓусебно растојание од 1.5 метри, поставени на -4.0 m од кота на терен. Во оваа фаза максималната сила во анкерите за прв ред изнесуа 36.45 kN а кај вториот ред силта е 83.93 kN. Деформациите кој се јавуваат во оваа фаза се поголеми од претходната и истите изнесуваат 3.66 cm. Во трет фаза се поставуваат анкери со должина од 10.0 метри на меѓусебно растојание од 1.5 метри, поставени на -6.0 метри од кота на терен. Во оваа фаза максималната сила во анкерите за прв ред изнесуа 65.25 kN, а кај вториот ред силата е 106.1kN, додека во трет ред анкери максималната сила изнесува 97.25kN. Деформациите кој се јавуваат во третата фаза се поголеми од претходите и истите изнесуваат 4.44 cm.



Слика 3. Фаза 3 Аксијална сила во трет ред анкери изнесува 129.70 kN

Во четвртата или последна фаза се врши ископ до -10.0 метри, и потавување н прскан бетон по целата површина со дебелин од 10 cm, исто така е анлизирана целосната анкерната конструкција во ова фаза. Во оваа фаза максималната сила во анкерите за прв ред изнесуа 83.30 kN а кај вториот ред силта е 119.1 kN, а во трет ред анкери изнесува 129.70 kN. Деформациите кој се јавуваат во последната (четврта) фаза се поголеми од претходите и истите изнесуваат 5.13 cm, што укажува линеарен прираст на деформаците. Во оваа фаза е извршена анализа на стабилност преку глоблниот фактор на сигурост (Safety), или така наречена анализа на F,C редукција, каде истиот фактор изнесува 1.83.

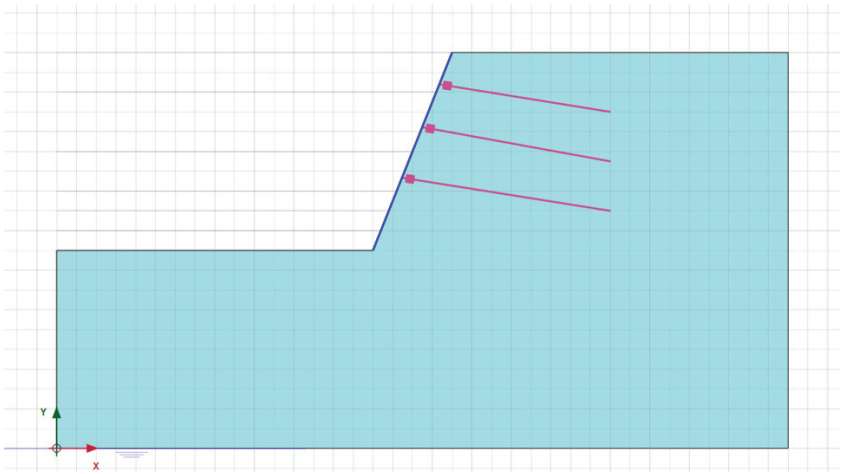
Во продолжение табеларно и дијаграмски се прикажани добиените резултати од деформации и силите во анкерите добиени со фазно моделирање во Plaxis 3D:

Табела 1. Приказ на резултати од 3D

Фази	Сила на анкери			Забелешка
	I ред анкери (kN)	II ред анкери (kN)	III ред анкери (kN)	
Фаза 1	0.514	/	/	Ископ до -3.0m
Фаза 2	36.45	83.93	/	Ископ до -6.0m
Фаза 3	65.25	106.1	97.25	Ископ до -9.0m
Фаза 4	83.3	119.1	129.7	Ископ до -10.0m

3.2 ДВОДИМЕНЗИОНАЛНА АНАЛИЗА PLAXIS 2D

Иако анкерните зидови реално се 3D елементи, сепак сеуште постои потреба за нивно моделирање во 2D анализи. Причините може да бидат: генерално испитување на однесувањето на конструкциите или да се определат прелиминарни резултати за деформациите или внатрешните статички големини во коловите, како и едноставноста и брзината на разработка на 2D моделите и скапите 3D софтверски пакети.



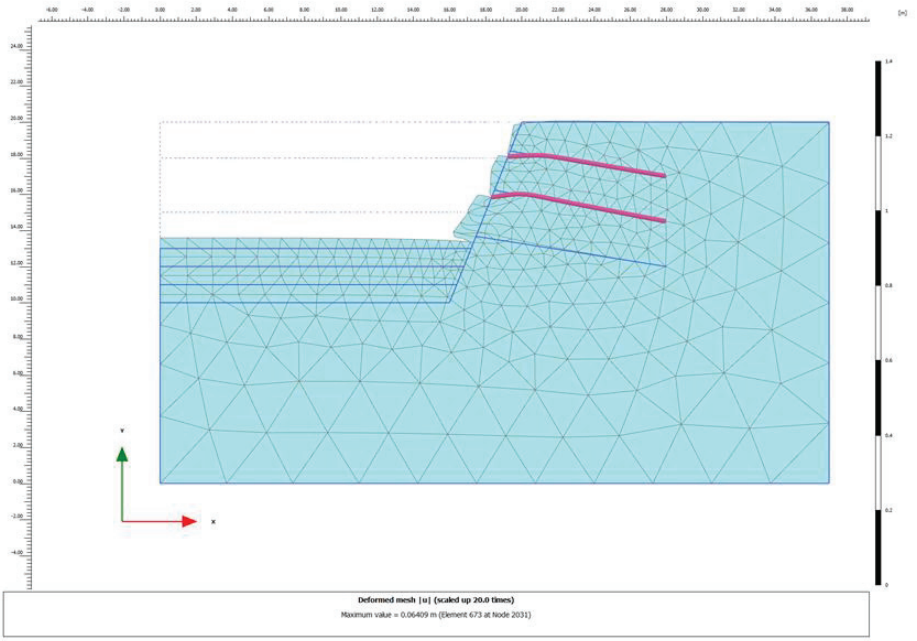
Слика 4. Геометрија на модел во 2D

Моментално, кога се моделираат анкерите во редица во Plaxis 2D, може да се искористат неколку типа на предефинирани конструктивни елементи за нивно моделирање, сите имаат свои можности и ограничувања:

- Плочест елемент (Plate element)
- може да се внесе аксијалната крутост;
- интеракцијата со почвата се врши преку интерфејси, но почвата неможе да поминува низ плочите (дисконтинуирана мрежа на конечни елементи);
- може да се внесе крутоста на свиткување и да се добијат внатрешните статички големини во коловите;
- кога се користат интерфејси може да се внесат нереални рамнини на смолкнување.
- Анкер јазол до јазол (Node to node anchor)
- може да се внесе аксијалната крутост;
- нема интеракција со почвата, односно почвата може да поминува низ анкерот (континуирана мрежа на конечни елементи);
- нема можност да се внесе крутоста на свиткување и да се добијат внатрешните статички големини во коловите;

- Вкопана редица (Embeded bram row); претставува нов конструктивен елемент кој ги комбинира најдобрите особини на претходните два:
- може да се внесе аксијалната крутост;
- интеракција со почвата поради интерфејсите линија до линија и почвата
- може да поминува низ вкопаната редица на колови (континуирана мрежана конечни елементи);
- може да се внесе крутоста на свиткување и да се добијат внатрешните статички големини во коловите;
- не се внесуваат нереални рамнини на смолкнување.

Исто така при треба да се запазени и фазите на ископ и поставување на анкери, (преку соодветни фази).Во продолжение ќе бидеат прикажани излезите и резултатите добиени преку софтверскиот пакет Plaxis 2D со примена на Embedded beam.



Слика 5. Фаза 3 Ископ до -9.0 метри

Во продолжение табеларно и диаграмски ке бидат прикажани добиените резултати од деформации и силите во анкерите добиени со фазно моделирање во Plaxis 2D Embedded beam.

Табела 2. Приказ на резултати од 2D Embedded beam

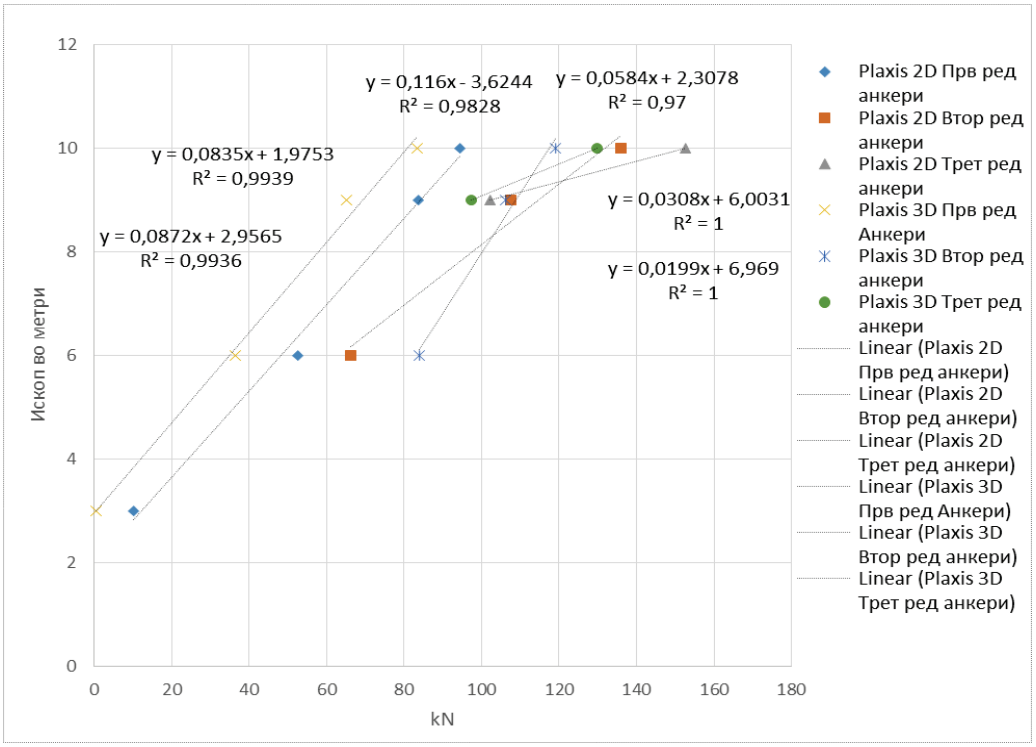
Фази	Сила на анкери			Забелешка
	Прв ред анкери (kN)	Втор ред анкери (kN)	Трет ред анкери (kN)	
Фаза 1	10.1835	/	/	Ископ до -3.0m
Фаза 2	52.47	66.135	/	Ископ до -6.0m
Фаза 3	83.66	107.55	102.22	Ископ до -9.0m
Фаза 4	94.26	135.98	152.55	Ископ до -10.0m

3.3 СПОРЕДБА НА РЕЗУЛТАТИ ОД ДВОДИМЕНЗИОНАЛНА И ТРОДИМЕНЗИЛНАЛНА АНАЛИЗА НА ПОЧВЕНИ АНКЕРИ

Во оваа глава ќе биде спроведена компаративна анализа на резултатите од истражувањата во оваа магистерската работа. Споредбата се однесува на три модели изработени во компјутерскиот програм Plaxis 2D и еден модел изработен во Plaxis 3D. Во оваа компаративна анализа ќе се споредуваат статичките големини т.е. аксијалните сили во анкерите, како и

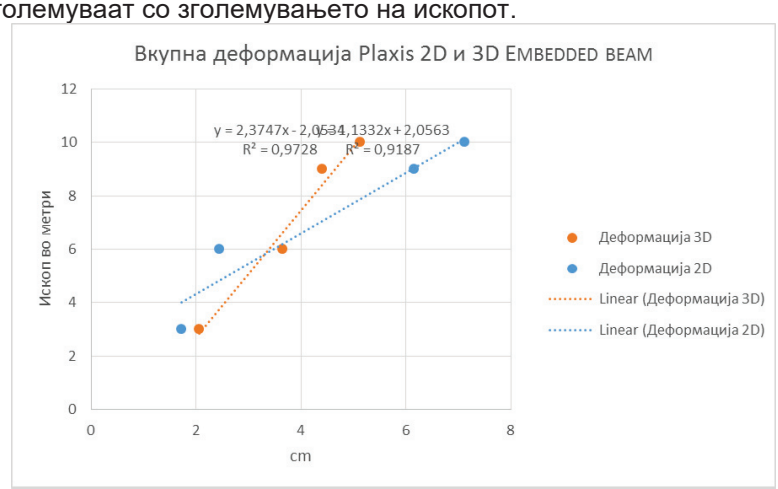
деформациите во сите 4 фази од изградбата. Моделот изработен во Plaxis 3D ги моделира анкерите со опцијата „Embedded beam row", додека моделите во Plaxis 2D имаат за цел да го истражат моделирањето на анкерите и со други расположиви опции како што се опцијата „Anchors" и опцијата „Geogrid". Овие постапки се разликуваат во задавањето на влезните параметри, но сепак се очекува да дадат слични резултати.

На следниот дијаграм (Слика 6) е направена споредба помеѓу резултатите добиени со нумеричката анализа од 2D и 3D. Споредбата на резултатите укажува дека се добиени блиски резултати од двете анализи. Генерално, анализата во 2D дава поголеми резултати за силата во анкерите.



Слика 6. Приказ на сили во анкери од Plaxis 2D и 3D „Embedded beam row"

На Слика 7 се прикажани деформациите помеѓу резултатите добиени од 2D и 3D анализите. Споредбата на резултатите укажува дека се добиени блиски резултати од двете анализи. Генерално, анализата во 2D дава поголеми резултати за деформациите на анкерите. Стабилноста на косината е поврзана со деформациите на во околната средина. На следниот дијаграм се прикажани максималните деформации кои се јавуваат на косината во зависност од фазите на ископ од анализата во 2D. Во зависност од големината на ископот, деформациите на на косината се зголемуваат со зголемувањето на ископот.



Слика 7. Дијаграмски приказ на деформации од Plaxis 2D и 3D Embedded beam

4. ЗАКЛУЧОЦИ

Анкерираните ѕидови се геотехнички конструкции кои овозможуваат планирање и изградба на разни патни инфраструктурни објекти во тешки геотехнички услови и урбанизирани населби. Употребата на анкерираните ѕидови при изградба на патишта е релативно ефикасна и честа, особено поради сигурноста и безбедноста, како и можноста за избор на алтернативни решенија во зависност од потребното ниво на безбедност.

Направена е компаративна анализа на резултатите за аксијалните сили во анкерите изработени во компјутерскиот програм Plaxis 2D и еден модел изработен во Plaxis 3D. Од споредбата на моделите во 2D и 3D кога анкерите се моделирани со опцијата „Embedded beam row", може да се заклучи дека се добиени приближни резултати од двете анализи. Генерално, анализата во 2D дава поголеми резултати за силите во анкерите.

Ако се направи споредба во последната фаза на ископ (целосно изведена косина), анализата во 2D дава за 13.1% поголеми сили во анкерите од првиот ред во однос на 3D. За вториот ред таа разлика е 14.1%, додека за анкетите од третиот ред 17.6% што покажува линеарен прираст на силите. Бидејќи разликите се релативно мали, може да се даде препорака дека за проектирање на стабилизација на косини со анкери е доволно да се изврши 2D анализа која е поедноставна и побрза, а резултатите се поконзервативни и на страна на сигурност.

Резултатите покажуваат дека силите во анкерите кога истите се моделирани како „Geogrid" и „Anchors" се доста слични за првиот и вториот ред, додека одредено отстапување се јавува кога истите се моделирани како embedded beam row. За третиот ред на анкери се добиени многи слични резултати. Најмала сила е активирана кога анкерите се моделирани како „Geogrid", додека за 17.7% поголема сила кога се моделирани со „Anchors" и 21% кога се моделирани со „Embedded beam row".

Од дијаграмите може да се заклучи дека најголеми деформации се јавуваат во третиот ред анкери, додека најмали деформации во анкерите се јавуваат во првиот ред на анкери што е и за очекување имајќи ја предвид висината на ископот. Резултатите покажуваат дека максималните деформации во околната средина се слични за сите модели, иако треба да се земе во предвид врската помеѓу силата во анкерите и деформацијата. Деформациите се очекувани и се во дозволени граници.

Резултатите покажуваат дека силите во анкерите кога истите се моделирани како Geogrid и Anchors се доста слични за првиот и вториот ред, додека одредено отстапување се јавува кога истите се моделирани како embedded beam row. За третиот ред на анкери се добиени многи слични резултати.

5. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Brinkgreve, R., & et al. (2015). PLAXIS 2D 2015 - User Manual. Deltf, The Netherlands: Plaxis bv;
[2] Brinkgreve, R., & et al. (2015). PLAXIS 3D - Reference Manual. Delft, The Netherlands: Plaxis bv;
[3] Cheng, Y., Lansivaara, T., & Wei, W. (2006). Two-dimensional slope stability analysis by limit equilibrium and strength reduction methods. Hong Kong: Computers and Geotechnics 34 (2007) 137–150;
[4] Draft European Standard (1994). "Execution of Special Geotechnical Work: Ground Anchors." European Committee for Standardization, Central Secretariat: Rue de Stassart 36, B-1050 Brussels, Belgium;
[5] Fellenius, B.H. (1991). "Chapter 13 – Pile Foundations." In Foundation Engineering Handbook, Second Edition, H.S. Fang, Editor, Chapman and Hall, New York;
[6] FIP Commission on Practical Construction (1986). Corrosion and Corrosion Protection of Prestressed Ground Anchorages. Thomas Telford Ltd., Telford House, London, England;

Тема / Topic 6

ТРАНСПОРТНА ПОЛИТИКА И ФИНАНСИРАЊЕ

TRANSPORT POLICY AND FINANCING

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T6 – 1

Компаративна анализа на планирани и реални рокови и буџети на проекти од патната инфраструктура

Comparative analysis of planned and actual deadlines and budgets of road infrastructure projects

Милена Јосифоска-Милошеска[1], Валентина Жилеска Панчовска[2], Горан Мијоски[3]
[1] М-р, Гери СФ Бау, ГмбХ Фреибург, Германија, milenajmilo@yahoo.com
[2] Проф. д-р, Градежен факултет, УКИМ, РС Македонија, valentinazp@gf.ukim.edu.mk
[3] Проф. д-р, Градежен факултет, УКИМ, РС Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Запазувањето на планираните рокови и буџети на проектите од патната инфраструктура е реткост, не само во РС Македонија, туку насекаде во светот. Од таквата ситуација не се засегнати само учесниците на проектите, туку и заедницата, бидејќи таквите проекти се најчесто финансирани со јавни средства. Преку теренско истражување собрани се, а потоа се анализирани податоци за 24 проекти од патната инфраструктура во РС Македонија. Како главни причинители за пролонгирање на роковите и измените на предвидените буџети се детектирани: климатските услови, појавата на непредвидени работи и вишоци, грешки во проектната документација, несоодветно планирање на реализацијата на проектот, законската регулатива, комуникацијата помеѓу учесниците и други влијанија. Се препорачува при изградба на патната инфраструктура да се внимава на: стартно и континуираното планирање со акцент на климатските услови, квалитетот на проектната документација, синхронизирање, спроведување и контролирање на активностите од страна на искусни кадри; навремено следење и примена на измените во законската регулатива и др.

Клучни зборови

Буџет, градба, доцнење, рок на изведба.

Abstract

Effective compliance with the planned completion dates as well as staying within budgetary constraints within the road infrastructure are rarity, not only in Macedonia, but across the world. The undesirable effects have baring not only for the immediate stakeholders, but the entire community, because such projects are supported by public finance. The field research collected and then analyzed data on road infrastructure projects in the Republic of Macedonia. The main causes for the deadlines extension and changes to foreseen budgets have been identified: climatic conditions, unforeseen works and surplus, project documentation errors, unproper planning of project implementation, legislation, communication between the participants and other impacts. It is recommended to pay attention to: initial and continuous planning with an emphasis on climatic conditions, project documentation quality, synchronization, implementation and control of activities by experienced personnel; timely monitoring and application of amendments to the legislation, etc, during the road infrastructure projects.

Key words

Budget, delays, project management, construction time.

1 ВОВЕД

Реализацијата на проектите од патната инфраструктура е сложен процес кој е составен од повеќе подпроцеси. За нивната реализација се потребни одредени буџети и време. Исто така, треба и посветеност на учесниците во проектот, бидејќи исходот од реализацијата на проектот има влијанија по работењето на сите учесници и на заедницата.[1-4]

Рокот и буџетот за реализација на проектот се составен дел на сите договори за градењето објекти, па нивното пробивање вообичаено води кон зголемена тензија и недоверба помеѓу инволвираните страни во процесот на градење, судски постапки, проблеми со финансискиот проток за проектот и сл. [3-8]

За да се утврди какви сè негативни последици може да настанат, кои фактори имаат влијание врз истите во нашата градежна пракса и што сè може да се преземе за нивно поуспешно менаџирање, потребно е да се изврши сеопфатна анализа на досегашните практики. Особено што во последнава декада градежната пракса во државава се карактеризира со градежни активности за различни типови на градби.Имајќи ја предвид потребата од значајни буџети за нивната реализација, јасна е потребата да се изврши анализа на планираните и стварните рокови и планираните и стварни буџети за нивната изведба.

Заради важноста на проблематиката, таа во светот пробудува голем интерес кај истражувачите [3-10], но за жал не е иста ситуацијата и во земјава. Допринос во таа насока е истражувањето презентирано во трудов, бидејќи тоа се однесува на роковите и буџетите за реализација на градежните проекти кај нас. Целта е да се согледа реалната состојба со планираните рокови и буџети за изградба на градбите во земјава и да се дадат препораки кои ќе поттикнат подобрување на состојбата во однос на изградбата на градежни објекти со потребниот квалитет, во предвиденото време и со предвидениот буџет.

2 ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

Во расположливата литература која се однесува на квалитетно управување со градежни проекти, речиси во секоја од нив, една од главните задачи е градежниот проект да биде изведен со потребен квалитет во предвидено време и со предвидени средства. Затоа истражувањата поврзани со темата рокови и буџети е актуелна во целиот свет. Тоа може да се увиди од многубројните светски објавените трудови на темата рокови, буџети и нивни пробивања [3-10]. Истражувањата се спроведувани, не само во земји кои се економски лидери, но и во оние кои се помалку развиени [3,8,9]. Одредени истражувања се вршени и за градењето објекти во наши услови, при што се анализани фактори кои имаат влијание врз динамичките планови, буџети и трошоци и се посочуваат влијанаијата врз роковите, буџетите и нивните пробивања [1]. Исто така, дадени се и препораки за квалитетна изработка на проектната документација, а со тоа да се создадат услови за ефикасна и економична изградба на инфраструктурните и други објекти во планирани рокови и со планирани финансиски средства [2].

Истражување за пречекорување на договорените цени во функција на договореното време за разни видови конкретни објекти е извршено и во БиХ [3]. Констатирано е дека запазување на планираното време и трошоци е остварено кај минимален број од анализираните проекти.

Според [4], проценката за трошоци за изградба е заснована главно врз проценките на експертите и нивното претходно искуство, кое често е субјективно. Во истиот труд формирана е база на трошковни податоци за изградба на објекти за Р. Србија. Овие податоци треба да овозможат да во иднина има системско вршење на проценките врз научна основа, а кои податоци лесно би можеле да се дополнат со историски податоци. [4]

Истражување е спроведено и во САД, при што се идентификувани главните причини за доцнење на изградбата преку идентификување на перцепциите на различните страни вклучени во реализацијата на проектите. Како главни причини за доцнењата предизвикани од клиентот, идентификувани се доцните поднесувања на цртежи и спецификации, честите нарачки за промена и неточни / несоодветни информации за локацијата. Одложувањата предизвикани од изведувачите генерално се припишуваат на лошите менаџерски способности, недостаток на планирање и лошо разбирање на сметководствените и финансиските принципи. Посесивен механизам за одлучување, високо бирократска организација, недоволно собирање податоци и истражување пред дизајнирање, топографијата на локацијата се менува по дизајнирањето, некоординација во фазата на дизајнирање, финансиски тешкотии, неискусен персонал, недоволен број вработени, недостаток во координација на проектот се дел од генерално идентификуваните причини. [5]

Во трудот [6] е оформена листа на фактори кои влијаат врз зголемувањето на трошоците, а истражувањето е спроведено во Пакистан. Според сериозноста на влијанието, со оценка од 1 до 10, било извршено рангирање од перспектива на испитаниците, на 42 фактори. Влијанието на секој фактор е пресметано со едноставна пресметка, *Влијание* = Σ (fi*i)/n, каде: i е тежината резултат од 1 до 10, fi е фреквенцијата на факторот добивање резултат i n = број на одговори. [6]

Со друго истражување се идентификувани најзначајните фактори кои предизвикуваат пречекорувања при градењето во Малезија [7], а тоа се: флуктуација на цените на материјалот, готовинскиот тек и финансиските тешкотии со кои се соочуваат изведувачите; лошотото управување со локацијата и надзорот [7].

Истражувајќи ги почетните и променетите трошоци при изградбата, како и факторите на ризик кои придонесуваат за зголемување на трошоците при изградба на 16 мостови во Јапонија со најголем ризик идентификувани се: големата варијација на дизајнот, дополнителни работи, договор со прелиминарни калкулации, нов дизајн јавни побарувања, и др., во [8] се дадени случаеви во кои дошло до зголемени трошоци и стандардно отстапување од 20%. Кај 5 од 16 проекти имало зголемени трошоци околу 30% до 40%.

Главните причини за одложувања во градежништвото во Јордан, со процена на нивната релативната важност на големи проекти се дадени во [9]. Се заклучило дека најважните фактори за одложувањата биле: продуктивноста на трудот, несоодветното искуство на изведувачот, несоодветното планирање, мешањето и бавно одлучување на сопственикот и финансирањето на работата. [9]

Слично истражување и идентификување на главните причини кои предизвикале одложување на градежните проекти во Египет се дадени во [10].

3 ВЛИЈАНИЕ НА ЗАКОНСКАТА РЕГУЛАТИВА ВРЗ РОКОТ И БУЏЕТИТЕ

Законската регулатива во земјава, исто така ја тангира материјата поврзана со рокови и буџети при изградба на градби. Тоа се главно законите за: градење [11]; спречување на корупцијата и судирот на интереси [12]; јавни набавки [13] и облигациони односи [14]. Всушност, големо е влијанието на законската регулатива врз планирањето и реализацијата на динамиката за изградбата и буџетите.

Законот за градење во периодот на изминатата декада е изменуван и дополнуван со повеќе од 25 *Закони за изменување и дополнување на Законот за градење*; *Законот за јавните набавки* во истиот период е изменуван и дополнуван сповеќе од петнаесет *Закони за изменување и дополнување на Законот за јавните набавки* [13]. Прилагодувањето кон ново-важечките закони, бара време за нивно проучување, толкување и имплементирање, што во некои случаи е причина за пролонгирање на рокот за градење и зголемување на буџетот за проектот.

Со *Законите за изменување и дополнување на Законот за јавните набавки* во повеќе наврати се направени обиди за дефинирање на појавените изменети количини и видови работи во тек на изградбата во однос на основниот договор. Но, во разни изданија, на различен начин се дефинирани појавените изменети количини и видови работи во тек на изградбата. На различен начин се дефинирани и неопходните постапки за нивното регулирање што се разбира влијае на вкупните трошоци за изградбата на објектот. Но, и покрај повеќекратните измени, сè уште нема јасни и функционални системски решенија за нивно брзо и поедноставно дефинирање, а потоа и за нивно регулирање.

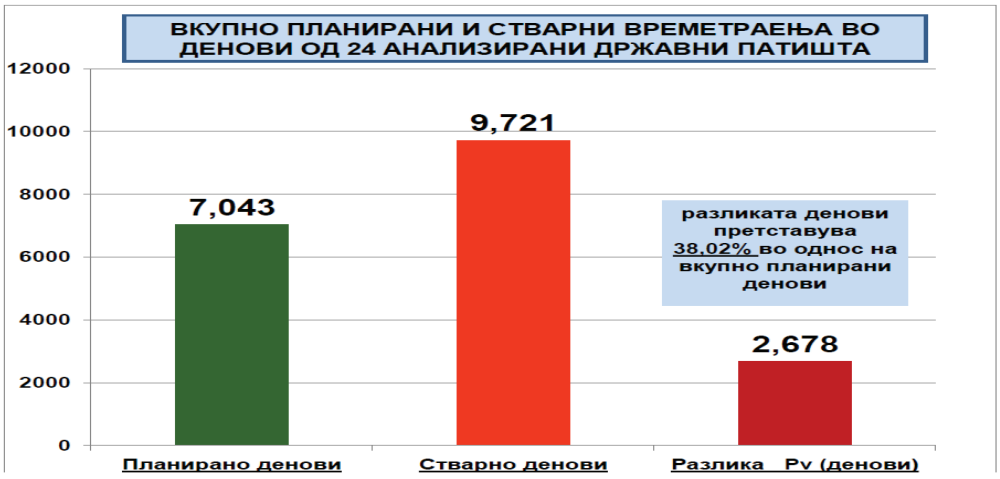
Недоволно поврзани се и законите кои се однесуваат на јавните набавки, облигационите односи и спречувањето на корупцијата и судирот на интереси. Овие закони, во одредени случаи може да делуваат спротивставено во однос на појавата на непредвидени работи, нивната изведба и начинот на исплата за истите.

Кај дел од проектите за патната инфраструктура се применуваат ФИДИК договорите кои се подготвени од Меѓународната федерација на инженери – консултанти [15]. Овие договори обезбедуваат фер однос помеѓу договорачите, бидејќи содржат механизам за нивелирање на ризиците и намалени загуби на средства и време. Со ФИДИК договорите јасно се дефинирани односите помеѓу инвеститорот, изведувачот и надзорот со одговорности и рокови за секоја страна. И покрај интернационална примена на овие договори, сè уште во домашната пракса тие главно се применуваат на проекти финансирани од ЕБОР и Светска банка.

4 РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО И ДИСКУСИЈА

Собрани се реални/реализирани податоци за планирани и стварни рокови и буџети за 24 (дваесет и четири) проекти од патната инфраструктура изградени на територија на Р. Македонија. Со анализата опфатени се дел од изградба на нова патна инфраструктура, реконструкции и рехабилитации на 19 државни патишта: регионални, магистрални и автопатишта и 5 општински патишта. Податоците се добиени со спроведени интервјуа со директни учесници во изградбата, односно со оние кои биле клучен и одговорен персонал, назначен за управување со проектите во фазатата на изградба на конкретниот објект, но биле вклучени и во веќе реализирани и други тековни градежни проекти.

На дијаграм 1 се прикажани вкупно планираните и стварни времетраења во денови за 24 проекти од патната инфраструктура. Со анализата е добиена вкупна разлика од речиси 3,000 денови (поконкретно: 2,678 денови) повеќе или 38,02% повеќе од планираното.

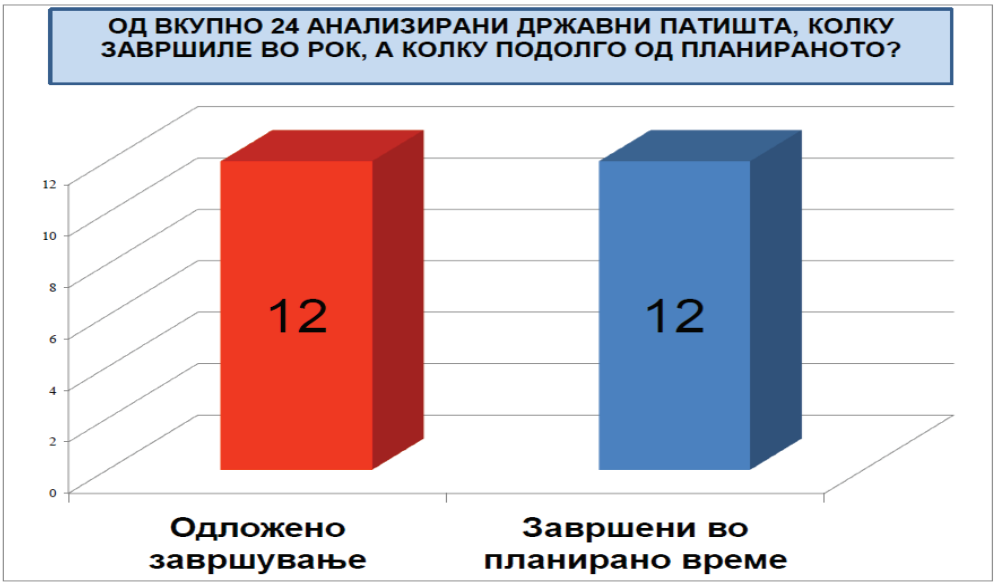


Дијаграм 1 Вкупно планирани и стварни времетраења во денови за 24 проекти од патната инфраструктура во Р.Македонија

На дијаграм 2, е прикажано дека за 24 проекти од патната инфраструктура, бил потребен буџет во износ од околу 2,5 милијарди денари без ДДВ. Од дијаграм 1 се гледа дека нивната изградба доцнела за околу $2,7*10^3$ денови, па доколку се засмета просечна дневна договорна казна од 0,1% за секој задоцнет ден, ќе се забележи дека тој износ би бил доста повисок од максималните. Пр.: 15% договорна казна за задоцнувањето, што јасно укажува на неопходната потребата од преземање мерки и активности за поквалитетно управување со сите процеси кои влијаат на роковите и буџетите.

Дијаграм 2 Вкупно планирани и стварни износи изразени во денари за 24 проекти од патната инфраструктура во Р.Македонија

На дијаграм 3 е прикажана анализа на податоците во однос на завршувањето во планираниот рок. За жал, половината од 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, т.е. 12 градби завршиле подолго од планираното.



Дијаграм 3 Од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, колку завршиле во рок а колку подолго од планираното?

Од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, со планиран буџет завршиле само 11 градби (дијаграм 4).

Дијаграм 4 Од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, колку завршиле во планиран, а колку со зголемен буџет?

На дијаграм 5 се прикажани причините кои предизвикале пролонгирање на рокот кај 12-те градби кои завршиле после планираниот рок и се дел од вкупно 24-те анализирани проекти од патната инфраструктура. Податоците укажуваат на големото влијание врз пролонгирањето на рокот кај патиштата од: климатските услови, непредвидените работи и грешки во проектната документација. Вкупниот бројот на причини е поголем од 24 колку што се вкупно анализирани патишта, бидејќи на еден објект во некои случаи делуваат комбинации од повеќе причини.

Дијаграм 5 Преглед на причини за пролонгирање на рокот за изведба на 24 анализирани проекти од патната инфраструктура

На дијаграм 6 прикажан е број и процент на изградби за кои бил изготвен динамички план од вкупно 24-те анализирани проекти од патната инфраструктура. Анализите покажаа дека за 3 изведби или 12,5% од градбите не бил изработен динамички план, додека за 21 изведба или 87,5% бил изготвен таков план.

Дијаграм 6 За колку изведби од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, бил изготвен динамички план?

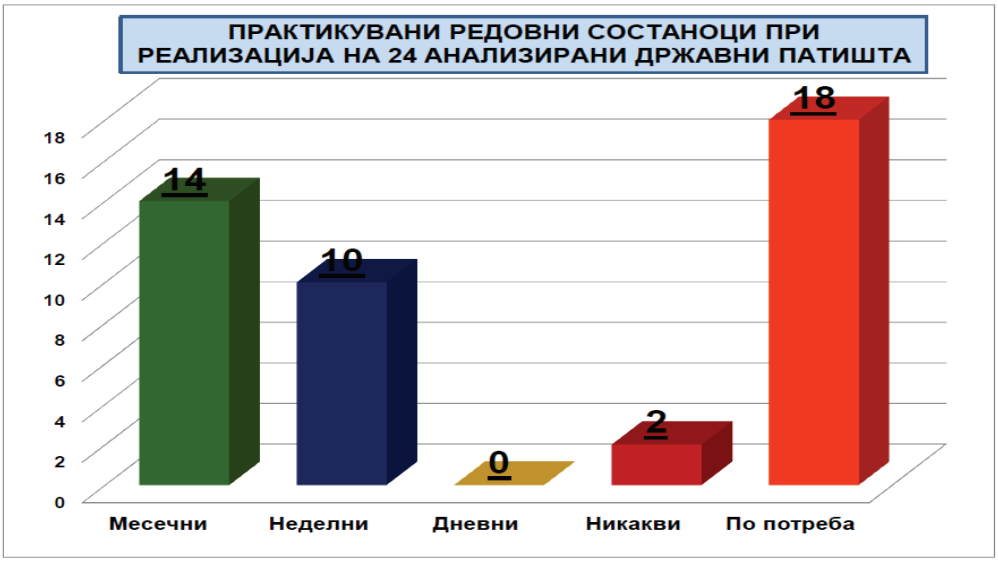
Податоците од дијаграм 7 покажуваат дека од вкупно анализираните 24-те проекти од патната инфраструктура само за 7 изведби бил изготвен генерален динамички план со приказ на времетраење, број на работници и со која механизација по позиции, додека за 14 изведби бил изготвен динамички план со приказ само на времетраењата по позиции. Од анализата е увидено дека не се практикувало изработка на подпланови во функција на генаралниот динамички план. Анализата покажа дека плановите најчесто се површно контролирани или воопшто неконтролирани. Во случаевите каде е вршена контрола на динамичките планови и каде биле евидентирани отстапувања, истите биле ревидирани просечно до 3 пати или во многу ретки случаеви од 7 до 9 пати.

Дијаграм 7 Од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура, за 21 изведба бил изготвен динамички план

Дијаграмите 6 и 7 се доказ дека може и треба многу подобро да се планира и контролира управувањето со изградбата. Анализата покажа дека многу често правните лица не ангажираат планери со соодветно искуство и компетенции, поради тоа за жал како последица доаѓа до големи отстапувања/зголемувања на планираните рокови и буџети,

што од друга страна води до континуиран губиток на значајни финансиски средства кои, ако не биле изгубени ќе биле реинвестирани.

На дијаграм 8 е прикажано какви состаноци се практикувале на сите 24 анализирани проекти од патната инфраструктура. Може да се забележи дека само на 14 објекти се одржувале редовни месечни, а на 10 објекти редовни неделни, додека најчесто се одржувале нередовни/по потреба состаноци.



Дијаграм 8 Практикувани редовни состаноци при реализација на 24 анализирани проекти од патната инфраструктура

На дијаграм 9 се прикажани видовите на користени договори на 24-те анализирани проекти од патната инфраструктура. Може да се забележи дека дури во 16 случаи договори биле склучени модифициран ФИДИК, а само во 9 случаеви се користело оригинално интернационално издание и 4 случаи адвокатски нетипизирани договори.

Дијаграм 9 Какви договори биле склучени на 24 анализирани проекти од патната инфраструктура

На дијаграм 10 е прикажан процентот и број на изведувачи кои биле казнети поради неоправдано задоцнето завршување со градбата од вкупно 24-те анализирани проекти од патната инфраструктура и кој изнесува 4,17%, односно еден изведувач.

Дијаграм 10 Однос на казнети изведувачи за неоправдано задоцнето завршување со градбата од вкупно 24 анализирани проекти од патната инфраструктура спрема оние кои завршиле во рок или во рок од договорени продолжувања

5 ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

За да се придонесе за зголемување на бројот на градежни проекти кои ќе бидат изградени со потребен квалитет во предвиденото време и со предвидениот буџет, како генерални заклучоци и препораки се посочуваат:

- управувањето со градежните проекти бара континуирано да се планираат синхронизираат, спроведуваат и контролираат активностите од страна на искусни експерти, соодветно спрема категорија и сложеност на објект;
- да се врши континуирано следење и контрола на реалната динамика во однос на планираната, за да се изврши навремена перцепција на можните отстапувања;
- добро познавање, навремено следење на измени на законската регулатива и нивна примена;
- постапката за регулирање на измените во тек на изградбата е габаритна и бара голем ангажман и време, па потребно е да се усвои поедноставено и функционално решение за брзо и ефикасно постапување во таквите случаеви;
- секој од инволвираните страни во градењето, во рамките на своите ингеренции треба да има разработен план за справување со измените на законите;
- изградбата на градежни објекти бара големи инвестиции, а од друга страна градбата треба да ги исполни сите барања согласно законската регулатива, договорната документација, техничките правила, стандарди и норми. Од тука, станува јасна големата одговорност која учесниците ја имаат, поради што треба да им се овозможат соодветни услови за работа кои вклучуваат и независност на делување;
- квалитетот на изведените работи треба да ги исполни најмалку критериумите пропишани со важечките стандарди за таа работа, правилници, технички услови, закони, проекти, но и да ги исполни превземените обврски со договорната документација. Всушност квалитетот мора да се постигне на градбата во целина и на сите поединечно изведени работи;
- за успешно управување со постапките за регулирање на измените во тек на градењето неопходно е навремено да бидат ангажирани и номинирани искусни и компетентни кадри од страна на инвеститор, изведувач, надзор, а по потреба и проектант и други учесници кои ќе ги имаат неопходните услови за работа;

- заедничко за сите учесници во изградбата е големата одговорност која ја имаат за своите постапки околу постигнатата безбедност, техничка исполнетост, оправданост, економичност, транспарентност, легитимитет и законитост. Но, одговорноста на учесниците не завршува со завршувањето на изградбата. Сите претходно наведени одговорности имаат континуиран и траен статус. Специфично е тоа што на разни учесници во изградбата и во зависност од нивната улога во изградбата, разни делови од законската регулатива им претставуваат приоритет.

6 ЛИТЕРАТУРА

[1] В. Жилеска – Панчовска: *Проектен менаџмент при изградбата на инвестициони објекти - теоретски аспекти*. Градежен факултет,Универзитет "Св. Кирил и Методиј", Скопје, (2006).

[2] В. Жилеска – *Панчовска , Препораки за изработка на квалитетна проектна документација за инфраструктурни објекти, Симпозиум ДГКМ, 2003*

[3] V. Žujo, D. Car-Pušić, A. Brkan-Vejzović: *Prekoračenje ugovorene cijene kao funkcija prekoračenja ugovorenog vremena građenja*, Bosnia and Herzegovina, (2010).

[4] M. M. Kovačević: *Model za prognozu i procenu troškova izgradnje armiranobetonskih drumskih mostova*, univerzitet u beogradu, građevinski fakultet, Doktorska disertacija Beograd, (2018).

[5] M. Ashworth (2002): *Construction Delays in Florida: An Empirical Study, State of Florida,* (on-line) available at: http://www.floridabuilding.org/fbc/committees/education/educaton_tac/bldg_research_files/1_bldg_research.htm

[6] N. Azhar, R. U. Farooqui, S. M. Ahmed (2008): *Cost Overrun Factors In Construction Industry of Pakistan,* (on-line) available at: https://www.academia.edu/29783031/Cost_Overrun_Factors_In_Construction_Industry_of_Pakistan

[7] I. A. Rahman, A. H. Memon and A. T. A. Karim (2013): *Significant Factors Causing Cost Overruns in Large Construction Projects in Malaysia*, (on-line) available at: https://pdfs.semanticscholar.org/6ed9/e221d21a626aeb3e6b737bb09cf7938c7eb5.pdf

[8] N. Dawood, T.Yasuhara, Y.Usuda, C.Matsuda, and A.Sawada (2001): *Analysis of cost escalation and risk assessment of infrastructure projects: an application in japanese* civil engineering projects, (on-line) available at: http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2001-835-844_Dawood_et_al.pdf

[9] A. M. Odeh, H. T. Battaineh (2002), *Causes of construction delay: traditional contracts, од во Јордан*, (on-line) available at: https://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2017/09/7621-English-TarjomeFa.pdf

[10] M. E. A. El-Razek; H. A. Bassioni and A. M. Mobarak (2008): *Causes of Delay in Building Construction Projects in Egypt,* (on-line) available at: https://www.academia.edu/4317702/Causes_of_Delay_in_Building_Construction_Projects_in_Egypt

[11] Закон за градење, Службен весник на РМ, бр. 130/2009 со измени и дополни.

[12] Законот за спречување на корупцијата и судирот на интереси, Службен весник на РМ, бр. 28/2002, 161/2008 и 12/2019.

[13] Закон за јавни набавки, Службен весник на РМ, бр.136/2007 со измени и дополни.

[14] Закон за облигационите односи, Службен весник на РМ, бр. 18/2001, 78/2001, 04/2002, 59/2002, 05/2003, 84/2008, 81/2009 и 161/2013.

[15] FIDIC, Conditions of Contract for Construction, for building and engineering works designed by the employer, first edition 1999, red book FIDIC.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т6 – 2

ЗАГУБИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИЈА НА ПРОЕКТИТЕ ЗА ПАТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА ВО Р.С. МАКЕДОНИЈА
EXPERIENCES ON LOSSES DURING IMPLEMENTATION OF ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS IN R.N. MACEDONIAN

Томислав Ковачовски[1], Валентина Жилеска Панчовска [2], Горан Мијоски [3]
[1] м-р, Егис Интернационал Подружница во Скопје, РС Македонија, tkovacovski@yahoo.com
[2] Проф. д-р, Градежен факултет - УКИМ, РС Македонија, valentinazp@gf.ukim.edu.mk
[3.] Проф. д-р, Градежен факултет - УКИМ, РС Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

При реализација на проектите од патната инфраструктура настануваат загуби, т.н. „отпад“ кој се однесува, не само на материјалите и останатите ресурси, туку и на времето и другите елементи на проектот. Загубите резултираат со намалување на економичноста, ефикасноста и продуктивноста на трудот, а понекогаш имаат влијанија и врз квалитетот на проектниот производ-објектот. Резултат на тоа е проект со генерирани загуби, изразени како зголемени трошоци и поголема крајна цена на производот, што на крај ќе треба да се плати од страна на изведувачот и клиентот / инвеститорот. Согледано е дека најголем дел од проектите од патната инфраструктура кои се реализираат во нашата држава не завршуваат во предвидениот и договорен рок и дека кај многу проекти продолжувањето е еднаш а некогаш и повеќе од двапати.

Искуствата можат да послужат за намалување на трошоците и запазување на предвидениот буџет, намалување на оштетни побарувања заради доцнење и попрецизно дефнирање на потребниот период за завршување на проектите, односно, запазување на договорениот краен рок за завршување како значаен фактор кој влијае на зголемување на крајната цена за изведба. Во денешни услови кога има непредвидлив и огромен пораст на материјалите и услугите, многу е тешко тој пораст да се предвиди во краток временски период (во месеци), а уште помалку во подолг период (во години), тогаш проблемот со продолжување на рокот за изведба е многу поголем и поизразен.

Клучни зборови:

градежни проекти, загуби, доцнење, краен рок

Abstract

During the implementation of the road infrastructure projects, losses occur, the so-called "waste" that refers not only to materials and other resources, but also to time and other elements of the project. Losses result in a reduction in the economy, efficiency and labor productivity, and sometimes have impacts on the quality of the project product-object. The result is a project with generated losses, expressed as increased costs and a higher final product price, which will ultimately have to be paid by the contractor and the client / employer.
It has been observed that most of the road infrastructure projects that are implemented in our country are not completed within the stipulated and agreed time for completion and that on many projects the extension of time is once and sometimes more than twice.
Experiences can serve to reduce costs and preserve the anticipated budget, reduce claims due to delays and more precisely define the necessary period for completion of the projects, i.e. respecting the agreed time for completion as a significant factor affecting the increase of the final price for building. In today's conditions, when there is an unpredictable and huge increase of the materials and services, and it is very difficult to predict that increase in a short period of time (in months) and even less in a period (in years), the problem of extending the time for completion is much greater and more pronounced

Keywords:

construction projects, losses, delay, deadline

1. ВОВЕД

Истражувањата во светот покажуваат дека загубите во градежната индустрија, споредени со другите индустрии се по изразени и поголеми што резултира со заостанување во продуктивноста зад другите индустрии [1, 2]. Сепак, мал е бројот на нови трудови и студии кои анализираат одредени загуби во градежништвото, посебно кога станува збор за загуби поврзани со случувањата во светот последните години (пандемијата, недостатокот на квалификувана работна сила, пораст на цените на материјалите и енергенсите, недостаток на енергенси и др.). Од друга страна, зголемувањето на продуктивноста бара помали загуби од различна природа, па имајќи предвид дека поголемиот дел од градежните компании во Р. С. Македонија се мали, само со намалувањето на загубите може да се зголеми продуктивноста на градежните компании, а со тоа и нивната конкурентност на домашниот и на странскиот пазар [3].

Последната деценија во земјава е евидентно интензивното градење на инфраструктурни проекти за патишта. Во реализацијата на овие проекти се вклучени домашни и странски компании, а управувањето со реализацијата на проектот, од почетната до крајната фаза на животниот циклус е преку планирање, организирање, следење и контрола на процесот, со примена на понови алатки за моделирање и планирање (на пример, користење или воведување на: БИМ - Building Information Modeling, "OurPlan", "vPlanner", "Project Pro" и др.) [4]. Но, и покрај тоа повеќето проекти завршуваат со задоцнување и незапазување на првично предвидената динамика за градење што како директна последица има:

- зголемување на загубите (од различен вид и потекло),
- намалување или поскапување на вредноста на производот – објектот,
- остварување на помал профит на сите учесници во градбата,
- намалување на планираните бенефити на инвеститорите,
- неисполнување и незапазување на планирани стратегии на инвеститорот и др.

Имајќи го предвид горе-наведеното, целта на овој труд е да дадат согледувања за загуби поврзани со доцнење при изведбата на проекти од патната инфраструктура во Р. С. Македонија, базирани на реални искуства на авторите. Искуствата се поврзани со: проектната документација, времетраењето за изведба, периодот за изведување на работите за објектите, отстапувања од планираната динамика, пробивање на роковите на завршување, надминување на договорените финансиски средства и други аномалии кои се повторуваат кај градежни проекти во земјава.

2. ЗАГУБИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИЈА НА ГРАДЕЖНИТЕ ПРОЕКТИ

Според Аларкон *„Сè е загуба, освен апсолутната минимална количина на материјал, опрема и работна сила, потребни за да се додаде вредност на производот“* [5]. Во принцип, сите загуби направени од активности што генерираат директни или индиректни трошоци, но не додаваат вредност на производот од гледна точка на клиентот - инвеститорот, можат да се наречат „отпад“ .

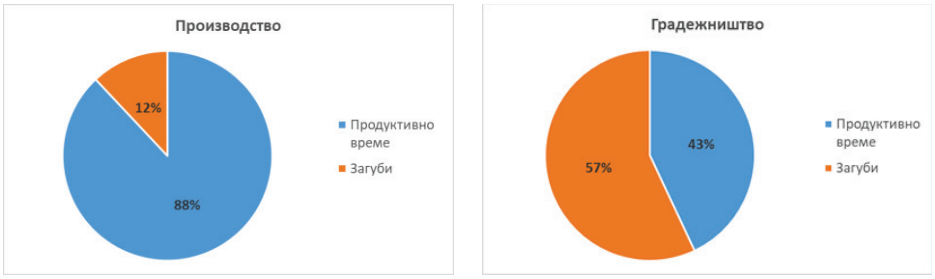
2.1 Загуби во градежништвото

Загубите во градежништвото најчесто се поистоветуваат со отпадот кој се јавува при изградбата на објектот, па зато често во литературата се среќава и користи терминот „градежен отпад“ [6]. Се наведува дека многу луѓе во индустријата веруваат дека загубите се директно поврзани со отпад, што се отстранува од локацијата и се депонира во депониите. Главната причина за овој релативно тесен поглед на отпадот како загуба, може да биде фактот дека истиот релативно лесно може да се види и измери. Главниот фокус на овие конвенционални студии за отпадот од градежен материјал се смета дека е ограничен на физичкиот отпад или материјален отпад при градењето и на специфичните влијанија од самиот физички отпад. [7-9]

Во принцип, се претпоставува дека во градежништвото има многу високо ниво на активност без додадена вредност и затоа, често пати, многу е тешко да се измерат сите загуби во градежниот сектор [2, 3].

Според анализи за временските загуби во производството и градежната индустрија (слика 1), се заклучува дека процентите на тие загуби, драстично се разликуваат во зависност на тоа за која област од индустријата се однесуваат. Институтот за градежна индустрија (Construction Industry Institute) во Извештајот за 2004 година, дал споредба на потрошеното време, наспроти продуктивното време во производството и градежната индустрија. Се покажало дека 88% од времето во производството е продуктивно (додадена вредност), наспроти само 43% од времето

поминато во градежништвото. Овој извештај покажува дека повеќе од 50% од времето поминато на градилиштата е отпад (без додадена вредност). Ова води до заклучок дека траба да се посвети големо внимание на нивното намалување. [10]



Слика 1: Процентите на загуби во производството и во градежништвото, (Construction Industry Institute, 2004)

Врз основа на анализите на градилишта, основната класификација на загубите е поделена во девет групи: преголемо производство / производство на количини поголеми од потребното или направено производство порано од потребното, замена како финансиска (парична) загуба, време на чекање, транспорт, обработка, инвентар, движење, производство на неисправни производи и друго. Причините за појава на загуби во градежништвото се од различна природа, како кај нас, така и во светот, тоа се: шкартови во производство, претерано производсво на производи што никој не ги сака, складирање на стока што треба да се обработи, непотребна обработка, непотребни движења на луѓето, непотребен транспорт на стоки, чекање на вработените заради застој во производството, производство на добра и услуги што не ги исполнуваат потребите на клиентите и друго загуби (загуби од која било природа освен претходните, како што се кражби, вандализам, невреме, поплави, несреќи и слично) [11-13]

2.2 Влијание на загубите врз трошоците за градежните проекти

Градежниот менаџмент страда од многу проблеми а повеќето од нив се од практична природа. Како резултат на тоа, градежната индустрија е преплавена со одложувања или доцнења и поради тоа честопати трпи загуби. Студии направени 2009 година во Велика Британија, покажале дека, загубите во градежната индустрија претставуваат релативно голем процент на трошоци за производство и дека само 50% од проектите во градежната индустрија имаат шанси да бидат завршени навреме, или во договорен буџет [14-16].

Претходниот извештај исто така покажал дека до 30 % од работата во градежништвото треба да се преработи, само 40-60 % е потенцијална работна ефикасност, несреќите обично сочинуваат 3-6 % од вкупните трошоци, и најмалку 10 % од материјалот е изгубен [17].

Генерално, во градежништвото загубите се мерат во однос на трошоците, бидејќи другите видови загуби се однесуваат на ефикасноста на процесите, опремата или персоналот и се потешки за мерење. А, пак активностите според нивното влијание врз трошоците се дефинираат како активности што додаваат вредност и активности што не додаваат вредност [18, 19].

3. ЗАГУБИ ВО ГРАДЕЖНИШТВОТО ПРЕДИЗВИКАНИ ОД ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА ВРЕМЕНСКИОТ РОК ЗА ЗАВРШУВАЊЕ НА ПРОЕКТОТ

Крајната вредност на инфраструктурните проекти од патната инфраструктура е во зависност од крајниот рок за завршување на проектот [20]. Така, во земјава мал број на проекти од патната инфраструктура се завршени на време, независно од тоа кој се јавува како изведувач, инвеститор, надзор, начинот на финансирање, структурата на теренот, комплексноста на проектот, политичките прилики и слично. Последици од тоа се: не запазување на договорениот рок за завршување на проектот и надминување на предвидените (договорени) финансиски средства. Клучни причини за тоа се: не следење на планираната динамика или нејзино повеќекратно репланирање; доцнење со испорака на материјали, опрема, машини и сл.; немање на потребен персонал или механизација според планираниот или реалниот обем на работа; неводење доволно сметка за градежните

периоди во годината за извршување на работите; немање на доволен број на стручен кадар за поголемите објекти; немање на обуки, семинари, работилници и друго, што ќе помогне во усовршувањето и обуката на персоналот, вклучувајќи го и раководниот кадар; минимална или недоволна стручна литература, ИТ опрема на објектот и друго.

За продолжување на времето за завршување на проектот влијаат многу фактори. Во продолжението на трудов тие се групирани во неколку групи, а се однесуваат на: проектната документација, дефинирање на времетраењето на изведбата, запазување на роковите за изградба, период на започнување со проектите и др. Паралелно со нивното разработување се дадени и препораки за намалување на истите.

3.1 Проектна документација

Во земјава, на големите инфраструктурни проекти секогаш како инвеститор се јавува државата. Според регулативата и Проектната програма изработена од инвеститорот, се избира проектант (лиценцирана проектанска компанија), која во принцип (скоро секогаш) е компанијата со најниска вредносна понуда за проектирање и рок на изработка. Вообичаено изборот се врши според Законот за јавни набавки, освен во други случаи кои се регулирани со посебни закони.

Проектната документација се изработува согласно релевантната регулатива, но во неа изостануваат прецизно дефинирани посебни услови и барања што треба да бидат содржани и опфатени во проектната документација во форма на: насоки, појаснувања и детали (лит....законот за градење). Во текот на изградбата проблемите се нотираат како грешки или некомплетна документација, и тие се најчеста причина за измени и корекции – варијации односно зголемени трошоци и рокови.

Дополнителен проблем е постоењето на стандарди и прописи за проектирање и изведување на градбата, кои за одредени сегменти од градењето не се доволно јасно дефинирани, како и често посочување на стандарди и норми во проектот за кои во замјава нема официјален превод. Заради значителната слобода што ја имаат проектантите, одредени типови на објекти можат да бидат испроектирани комплетно различно, посебно кога се проектираат од две проектански куќи, па дури и од проектанти кои работат во иста фирма. Како пример ќе се наведат само неколку случаи од пракса[1]:

- за надпатници преку автопат на иста делница и на локации со многу слични услови (геотехнички, хидролошки, топографски и др.) се очекува надпатниците да бидат со слични, речиси исти конструктивни елементи, но испроектирани се различно, од аспект на: фундирање, средни столбови, належни греди, одводнување, ограда, изолација, конуси на крајни столбови, коловозна конструкција и многу други елементи, иако се на исти автопат и на скоро идентичен терен од аспект на топографија и геологија. За такви случаи, за секој надпатник треба посебна изработка на проектна документација (со друга технологија на изградба, опрема, машини, материјали и други ресурси). А, од друга страна нема унифицирање и можност за искористување на иста опрема и технологија (скела, оплата, метални калапи и сл.),
- проектирањето на елементите на патот и коловозната конструкција е слично како и за конструкцијата, па често во иста проектна документација изработена (заверена) од една фирма има различни проектни решенија во однос на косините на ископите и насипите (за ист материјал), одводнувањето и дренажите, горниот строј со асфалтната конструкција, жичана и одбојна ограда, заштита од влијанието на патот врз околината и луѓето (маслофаќачи, звучни бариери, позајмишта на материјали, одлагалишта и сл.),
- малку се посветува внимание при изработката на проектната документација, а особено во Елаборатот за заштита на животната средина за инфраструктурни проекти за влијанието на истите на локалните, полските, шумските и другите патишта кои ги пресекува како и влијанието на проектот кон потребите на локалното население. При изведбата на нови патишта, речиси секогаш како проблем се јавува обезбедување на пристап за локалното население до своите куќи, имоти и обработливи површини, поврзување со локалните

[1] Сопствени искуства на првиот автор на трудот, Т. Ковачовски

патишта кои се пресекуваат со новиот пат, дополнителни пропусти за премин од една на друга страна за луѓе, стока, животни и земјоделска механизација, како и канали за одводнување на водите од патот до крајниот реципиент. Сé ова бара дополнителна: експропријација, проектирање, време и средства, со што во голема мера се влијае на крајниот рок и буџетот за градењето на објектот.

3.2 Времетраење на изведбата

Во нашата држава времето за изведба на објектите од патната инфраструктура најчесто се одредува од страна на инвеститорот, односно неговиот одговорен тим (затоа што тие најчесто се финансирани преку кредити, грантови или софинансирање што е директно поврзано со странскиот банкарски или финансиски сектор и однапред одредени рокови). Инвеститорот покрај тоа што има однапред дефинирана временска рамка во која може да ги користи средствата од банкарскиот систем, често го дефинира и временскиот рок за изведба, односно неговото почнување и завршување.

Однапред дефинираниот временски рок е значаен за изведувачот заради:

- изготвување на динамички план за изведба на работите;
- изготвување на финансиски план;
- планови за вклучување на потребната работна сила по број, стручност и фази;
- планови за ангажирање на потребна опрема и механизација според динамика;
- планови за набавката на материјали и опрема, транспорт, складирање, користење;
- добивање на потребни дозволи;
- тестирања, атести, одобрувања;
- сé друго според условите на Договорот за да се избегне доцнење или други отстапувања од планираната динамика.

Ако на самиот почеток не се дефинираат, а подоцна не се запазуваат и спроведуваат планираните активности по позиции, фази и рокови, подоцна се честа причина за доцнење со проектот и пробивање на рокот. Тоа најчесто води кон зголемување на трошоците и намалување на предвидениот профит на компаниите, согласно законските и договорните услови за казнени финансиски плаќања, на кои има право инвеститоро, поради незапазување на договорениот краен рок (пенали).

Друга причина за незапазување на договорениот рок за изведба е недоволното внимание од страна на учесниците на проектот за следење на планираната динамика за градењето и на роковите. Последица од тоа е, изведувачот да има непланирани трошоци кои произлегуваат од доцнењето на изградбата, а се изразени преку продолжено време за градење и со зголемени трошоци за: плати, ангажирање на персонал, опрема и механизација, продолжени гаранции и сл. Ваквата усталена пракса во државава е поради неколку причини:

- недоволно давање на важност на времето и крајниот рок како фактор при договарањето на работите;
- грешки во проектната документација, за чија изработка е задолжен инвеститорот;
- потреба од дополнителни работи заради: недостатоци во проектната документација или други барања за потребите од проектот од страна на инвеститорот, локалната управа, населението, барања од страна на учесниците во проектот и сл;
- непредвидени работи (климатски фактор, фактор време, стандарди, законски одредби и измени во регулативата, барања од страна на учесниците во проектот и сл.);
- дополнителна експропријација (најчесто поради недостатоци во проектна документација);
- промени во проектна документација, потреба од препроектирање, допроектирање и друго.

Праксата покажува дека планираните и утврдените временски рокови потребни за завршување на проектите, многу често се прават без детална анализа, за да се согледаат сите фактори кои имаат или можат да имаат влијание, за секој проект поединечно, па затоа најчесто има несовпаѓања меѓу предвидените и стварните рокови за изведба. Се препорачува роковите за градење да се утврдуваат согласно: барањата и потребите за конкретниот градежен проект / пат, поектната

документација со предмер – пресметката, експропријацијата и работите поврзани со имотно - правни работи, претходните искуства за слични такви објекти како и потребата за завршување и користење на конкретниот проект / пат во зависност од: условеност од други проекти, планиран буџет и финансирање, социјално – економски, политички и други прилики.

3.3 Примери (Анализи) за доцнење со реализација на проекти

На сликите 2, 3 и 4 се дадени графички прикази за резултати од градењето на тринаесет инфраструктурни објекти во последните 14 години (2009 – 2022 год.) во нашата земја и надвор од неа[2]. Со исклучок на еден (кој се однесува на изградба на реконструкција на улици со систем за отпадни води), сите анализирани проекти се однесуваат на изградба на патишта. Буџетот на овие посочени проекти беше во границите од 1,5 до 226 М Евра.

Од слика 3 се гледа дека рокот за изведба кај анализираните проекти се продолжил за еднаш кај 5 проекти, двапати кај 3 проекти, кај проекти рокот е продолжен за повеќе од двапата, 2 проекти беа завршени во предвидениот рок и само 1 проект беше завршен пред предвидениот рок.

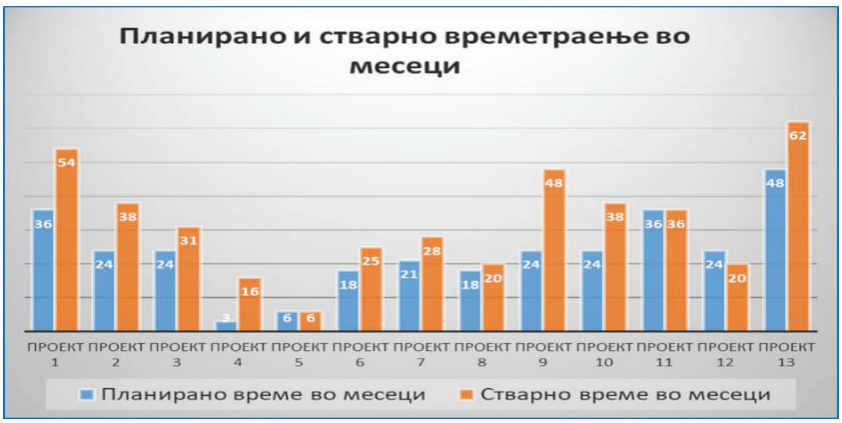
Слика 2: Запазени и продолжени рокови за изведба

Во однос на предвидените и стварни рокови за изградба на објектите анализирани по месеци (слика 3 и 4) исто може да се види дека:

- на два проекти е испочитуван крајниот рок и тоа едниот е магистрален пат а вториот проект (кој е најкраток по време на изведба и со најмал буџет по вредност) исто е проект од нискоградба односно систем за одведување на отпадни води и реконструквија на улици;
- најголемото задоцнување кое е за 530 % се однесува на инфраструктурен проект, односно магистрален пат каде поради проблеми беше променет главниот изведувач (месеците се проучувани како број на месеци за да се заврши секој објект одделно. Бројот на месеците не се однесува на временскиот период бидејќи некои објекти се изведуваа во ист календарски период – т.е. во исто време).

Планирани беа вкупно 306 месеци за изведба за посочените објекти (како збир од одделни времетраења за сите проекти, а не како време со паралелна изведба на повеќе објекти). Истите беа завршени за 422 месеци што претставува зголемување на времето за изведба за 116 месеци или за 38 % подолг временски период од планираниот според договорите.

[2] Лично учество на првиот автор на трудот, Т. Ковачовски

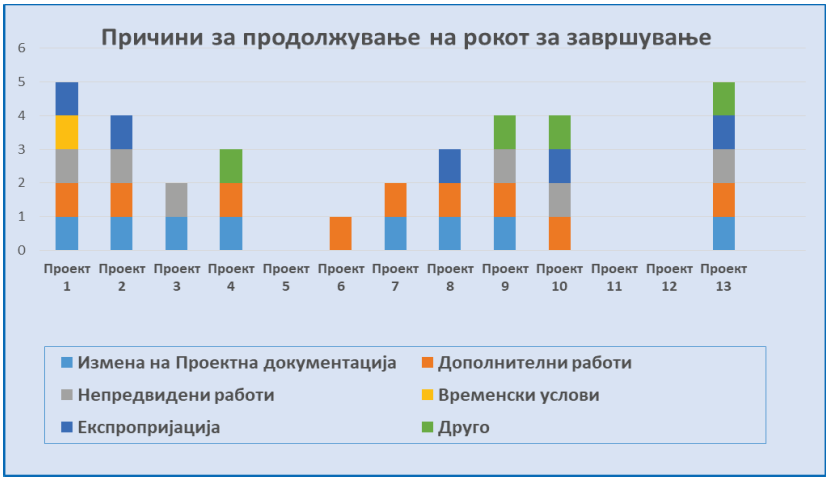


Слика 3: Споредба на предвидени и стварните рокови за изведба во месеци

Слика 4: Предвидено време и стварното време за изведба во месеци и проценти

Од горе прикажаното може да се увиди дека крајниот рок за завршување на проектите најчесто не се запазува и во најголем број на случаи е потребно негово продолжување за еднаш, двапати, па дури и повеќе пати. Сé ова укажува дека е потребно да се направат сериозни измени во начинот на одредување на временскиот рок за изведба, најпрво од страна на изведувачот, кој всушност и може реално да го одреди, а после и од страна на инвеститорот во делот на одредување на временската рамка за изведба и изборот на најдобар изведувач каде улога игра и факторот време.

На слика 5 се дадени некои од почестите и евидентни причини кои влијаат на продолжување на рокот на завршување, иако реално инфрастуктурните проекти се многу комплексни и се јавуваат сигурно и доста други причини, во кои пред сè може да се издвојат: искуството и начинот на водење како и управувањето со проектите; познавањето на теоријата од областа на проектниот менаџмент; наученото во текот на работењето; следењето на современи методи, техники и методологии и примена на истите во областа на проектниот менаџмент и други. Но, ваквите причини се од објективно согледување на авторите и како такви, не можат да бидат посебно наведени освен како и под други.



Слика 5: Причини за продолжување на рокот на завршување

3.4 Период на изведување на работите

Значаен фактор кој има влијае на завршувањето на проектот во предвидениот рок и буџет, според искуството на авторите, е периодот од годината за изведба на работите, т.е. периодот кога почнува реализацијата на активностите на градежните проекти и периодот кога се планира завршувањето на проектот, кои се директно поврзани. За жал, за проектите од патната инфраструктура нема или авторите не можеа да најдат некои подетални анализи и истражувања или пак литература која се однесува на оваа проблематика.

3.4.1 Период на почнување на проектот

Во праксата се покажа дека многу значаен фактор за управување и водење на проекти е временскиот период на започнување со изградбата. Со вкупниот период на градење (кој е дефиниран со Условите од Договорот), треба да се дефинира и периодот од годината кога тој проект би можел најдоцна да започне со изградбата, усогласен според годишните сезони и климатско-метеоролошките услови (со датум).

Карактеристичен пример се проекти од патната инфраструктура чие време на изградба е помало од 24 месеци. Тогаш овој фактор има значајна улога во целиот процес на изградбата и запазување на крајниот рок на изградба (Табела 1).

Табела 1: Влијание на почетокот на изведбата од времетраењето на проектот

Години на изведба 2001 = Прва година	Прва Година												Втора Година												Трета Година												Четврта Година												Петта Година
Период на градење				Поволен период за градење								Неповолен п.	Поволен период за градење								Неповолен п.	Поволен период за градење								Неповолен п.	Поволен период за градење								Неповолен п.													
Месеци				Јануари	Февруари	Март	Април	Мај	Јуни	Јули	Август	Септември	Октомври	Ноември	Декември	Јануари	Февруари	Март	Април	Мај	Јуни	Јули	Август	Септември	Октомври	Ноември	Декември	Јануари	Февруари	Март	Април	Мај	Јуни	Јули	Август	Септември	Октомври	Ноември	Декември	Јануари	Февруари	Март	Април	Мај	Јуни	Јули	Август	Септември	Октомври	Ноември	Декември	Јануари	Февруари	Март	Април
Проект	Траење во месеци	Почеток датум	Крај датум	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
Проект 1	42	01.03.2001	31.08.2004			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42						
Проект 2	42	01.06.2001	30.11.2004						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42				
Проект 3	42	01.09.2001	28.02.2005									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42		
Проект 4	36	01.03.2001	28.02.2004			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36												
Проект 5	36	01.06.2001	31.05.2004						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
Проект 6	36	01.09.2001	31.08.2004									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36						
Проект 7	24	01.03.2001	28.02.2003			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																								
Проект 8	24	01.06.2001	31.05.2003						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																								
Проект 9	24	01.09.2001	31.08.2003									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																								
Проект 10	18	01.03.2001	31.08.2002			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																														
Проект 11	18	01.06.2001	30.11.2002						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																												
Проект 12	18	01.09.2001	28.02.2003									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																										

Поволен период за почеток на работите

Непволен период за почеток на работите

3.4.2 Период на завршување на проектот

Дефинираниот период на завршување на проектот е директно поврзан со датумот (периодот) на отпочнување на работите. Во Табела 1, дадена е поделба на поволен и неповолен период за градење по месеци, кој исто се однесува и за месеците кога тој проект се планира да почне или да биде завршен. Примерот од табелата се однесува за проекти од патната инфраструктура.

Најчесто во последните месеци до планираниот краен рок за изведба, се завршуваат не само планираните туку и незавршените работи, кои се заостанати или пак поместувани низ целиот перод на градење, како што се. :

- асфалтерски работи (и тоа најчесто завршниот слој од асфалт);
- дилатации на објектите, заштита на бетонските површини (изолација и ББ боја);
- опремата на патот (сигнализација, хоризонтално бележење, одбојна и жичана ограда и сл.);
- уредување на косини на насипите и усеците со хумусирање и затревување;

- бетонски канали за одводнување, помали бетонски работи и сл.

Тоа се позиции кои треба да се изведуваат при поволни временски услови со температури поголеми од 5^{o} C, (а за завршните асфалтни слоеви поголеми од 10^{o} C), и кога нема врнежи од дожд и снег. Тоа значи дека не е препорачливо да се изведуваат во зимски период и при ниски температури. Затоа периодот помеѓу ноември и февруари не е поволен за изведување на тие работи / позиции и не би требало да се предвидува за завршување на проектот. Од таа причина покрај дефинирање на период за започнување со проектот, треба да се внимава и на периодот кога истиот треба да заврши.

При продолжувањето на рокот за градење на инфраструктурни проекти кои завршуваат последните месеци од годината (ноември – декември), рокот за продолжување да биде зголемен на плус 2-3 месеци, односно додека не се створат поволни временски-климатски услови за завршување на преостанатите позиции, кои се директно зависни од температурите на воздухот и од врнежите на дожд и снег. Затоа и инвеститорот и изведувачот при потпишување на договорите треба да го земат во предвид и периодот кога се планира отпочнување со работата на проектот, (од кога официјално почнува рокот за изведба според Договорот). Но, во предвид треба да се има и периодот кога истиот треба да заврши како предуслов за добро планирање и завршување (реализација) на проектите.

Поради тоа, претходно дефинирање на периодот на градење има влијание на времетраењето на градбата и можноста за надминување на временскиот рок, предвиден со договорот. При потпишување на договорите, посебно од страна на инвеститорот, треба овој период да биде детално дефиниран, како изведувачот би имал, повеќе поволни (летни), отколку неповолни (зимски) периоди, во предвидениот рок за изведба. Затоа рокот за почнување и завршување со градбата траба да се земе како фактор, кој значително може да влиае на градбата и на крајниот рок за завршување.

3.5 Актуелни проблеми кои влијаат на зголемување на буџетот на проектот

Цените на материјалите, горивата и изворите на енергија последната година се зголемени за повеќе од 50 % во однос на цените од истиот период лани. Цените на ресурсите кои ги имала предвид некоја фирма во фазата на давање понуда и потпишување на договор за добиена работа се драстично различни, од цените во периодот на изведувањето на работите. Така, градежните компании од ден на ден кумулираат сè поголеми загуби и сè потешко можат да ги исполнат своите договорни обврски. Ако на ова се додаде и дека најголемиот број на договорите за изведба во градежниот сектор ја содржат клаузулата за непроменливост на цените (нема клизна скала) и работат по договорени фиксни цени, уште повеќе ја доведува во прашање реализацијата и завршувањето на постојните проекти. Изведувачите се принудени или да ги прекинат градежните работи и раскинат договорите за изведба или да бараат други начини, како би можеле да ги исполнат договорните обрски и да ги завршат започнатите проекти. Ова е главна причина која веќе станува и пракса во нашата држава (а и во многу други држави), поради која изведувачите за да го ублажат големиот и непредвидвидлив ценовен раст, бараат механизми за промена на претходно договорените цени од договорите, најчесто изразени како :

- барање на законски одредби со кои ќе се донесат правила во насока за реално зголемување на цените на материјалите и производите вградени во проектите;
- барање директна помош од државата да им ја плати на изведувачите разликата во однос на реалните и договорените фиксни цени.
- барање на промена на претходно договорени цени – воведување на клизна скала;
- барања за обештетување (клејмови) кои се поврзани со промена (зголемување) на цените на материјалите и горивата и др.

За да се ублажат разликите на веќе договорените фиксни цени, изведувачите во рамките на договорните услови и обврски доставуваат и други барања со кои на некој начин може да добијат одредени промени за зголемување на единечните цени, како:

- барање на промена на позиции или методологии на работа, како можност за промена на договорените цени и вклучување на нови цени;

- барање за подобрување на квалитетот за работи и позиции со нови материјали, кои исто се поврзани со нови цени;
- барање за примена на нови стандарди и прописи, според кои ќе се стекнат услови за законска измена на договорените, во нови цени.

Сѐ ова директно се одразува на инвеститорите, кои се принудени да мора да обезбедат дополнителни средства, како би можеле да ги завршат веќе започнатите градежни проекти.

4. ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

4.1 Заклучоци

- При градењето и управувањето со проектите за патната инфраструктура, временските услови се многу битен фактор, па така одредени „сигурни“ и планирани дејствија, не се остваруваат во праксата.
- Одредени навидум слични или исти проблеми, често се решавани на различни начини, што зависи од искуството на целиот тим, пристапот на проблемот, инвентивноста и посветеноста на членовите на тимот.
- На однапред планираниот временски период и буџет на проект и на неговото завршување влијаат низа фактори, меѓу кои: специфични теренски и климатски услови, кординацијата меѓу учесниците на проектот, стручноста на тимовите, појавени дефекти, потребата од измена и дополна на проектната документација, законски измени, доцнење со достава на материјали и опрема (човечки фактор, царински или други формалности) и многу други фактори.
- Во суштина инвеститорот – корисникот, многу малку го засегаат загубите при дефинирањето на вредноста која тој треба да ја плати, но мора да биде свесен дека одредени загуби, а посебно секое продолжување на предвидениот краен рок, скоро секогаш има значително влијание и зголемување на крајната цена на производот / објектот.

4.2 Препораки

- Во денешниот динамичен свет не е доволно да се биде технички спремен како гаранција за успешен проект за пат. Освен техничката спремност важни се и:
  - примената на знаења и вештини од повеќе области - интердисциплинарен пристап, односно мултидисциплинарни стручни тимови,
  - компетенциите за однесувањето, затоа што на проектот работат луѓе. Човечкиот фактор во голема мера може да влијае на реализацијата на проектот,
  - активно вклучување на сите учесници во изведбата, за да се намали времето за одлучување и одобрување.
- Проектот претставува привремен низ на активности што значи дека е временски ограничен со дефиниран почеток и крај, како и квантитативно по обемот и опсегот на ресурсите за постигнување на одредена цел, согласно дефиниран квалитет. Како таков важно е да се разбере дека проектот не е дел од вообичаената работа, туку збир од специфични операции кои придонесуваат за нејзино извршување. Затоа препознавање и отстранување на одредени ограничувања при реализација на проектот е работа на целиот тим, вклучен во градбата. Може и некој друг да биде вклучен во утврдување на одредени ограничувања, но само членовите од тимот можат да бидат именувани како одговорни за да го отстранат ограничувањето за кое се задолжени. Клучно е однапред да се одреди, кој од членовите на целиот тим, ќе биде директно одговорен за решавање на било кое ограничување.
- При управување со проектите кога ќе се согледа дека одредени негативни работи постојано се повторуваат и водат до застој во работата, пролонгирање на рокот за завршување, зголемување на буџетот, намалување на квалитетот и други проблеми, тоа е јасен знак дека вообичаените начини на водење на проектот и изградбата треба да се ревидираат, односно променат.
- Генерално, навремените одлуки, одобрувања па и одбивања во голема мера влијаат на секој а посебно на поголемите проекти затоа што кај нив времето за чекање за решавање на било кој проблем може да чини многу.

Препораки при изработка на проектна документација

За да се добие потребниот квалитет при изработката на проектната документација потребно е да се направат измени / надополнувања во законската регулатива поврзани со:

- прецизно и јасно дефинирана проектна програма според потребите на инвеститорот и условите на локацијата;
- детални подлоги за подземните и надземните инфраструктури и дефинирање на дополнителни истражни работи и средства за овие позиции;
- избор на лиценцирана проектанска куќа со земање во предвид на остварените на изведени проекти, а не како најниска финансиска понуда на планираните проекти;
- дефинирање на влијанието на решенијата од проектната документација врз животната средина со акцент на животот на локалното население, поточно нивните потреби, барања и навики;
- договарање на реално време за изработка на проектната документација;
- подетално дефинирање на истражните и геодетските работи како подлоги за проектирање;
- ангажирање на проектанската фирма која го проектирала објектот или друга проектанската фирма за време на процесот на изведба на објектот како проектански надзор за:
    - корекција на сите грешки или недостатоци со вклучување во изградбата како договорна обврска,
    - изработка на Проект на изведена состојба кој ќе се работи паралелно со изведбата,
- точно и еднозначно дефинирање на стандарди, правилници и прописи според кои ќе се врши проектирањето, а подоцна и изведбата на објектот, при што детално ќе се образложат стандардите ако за нив непостои МК верзија;
- детална разработка и унифицирање на начинот на изработка на Предмер – пресметката во проектната документација и др.

Препораки за одредување на времетрањето на изведбата кај инфраструктурните проекти:

- временскиот рок за изведба да се одредува според детално изработени динамички планови и реални услови за градење;
- времето за изведба треба да се одредува од искусни инженери / кадри кои имаат големо познавање, нѐ само од изготвување на планови, програми и договори туку и оперативно искуство од градење на објекти;
- изведувачот, пред и за време на планирањето да направи добри консултации со подизведувачите, добавувачите на материјали и опрема и други релевантни учесници на проектот;
- добро да се разработи проектната документација, вклучувајќи го и предмерот на работите во кој треба да се даде детален опис во однос на материјалите и технологијата на работа;
- темелно да се проучи теренот-трасата за градење и да се одреди дали сите работи се опфатени со проектната документација;
- дефинирање на пристапни сообраќајници, потребни градежни работи кај нив, услови за транспорт на материјали и транспортни растојанија и др.;
- достапност на локални материјали (пример: камен, чакал, песок, агрегат и сл.);
- земање во предвид на времето за обезбедување на дозволи за: експлоатација на материјали, позајмишта, одлагалишта и сл.;
- земање во предвид на времето за поставување објекти од стопанското градилиште, опрема, механизација и користење на бази (на промер: за производство на бетон и асфалт) и добивање на еколошки дозволи;
- времето за демонтажа на привременото градилиште исто така треба да се има во предвид, и други услови.

Препораки за одредување на почетокот на изградба кај инфраструктурните проекти

Градежната пракса во земјава покажа дека во зимскиот период (од ноември до февруари) не е препорачливо да се започне со изведба на работи на градежните проекти, особено кај објекти од областа на линиската инфраструктурата (патишта, железници, канализации и сл.) каде со подготвителните работи паралелно се одвиваат и земјаните работи. Всушност во почетниот период

треба да се формира и постави привременото, т.е. стопанското градилиште и да се започне со изведба и на другите подготвителни работи, бидејќи тие се предуслов за да се изведуваат останатите позиции. Најчесто тоа се земјаните работи: расчистување на теренот, отварање и припрема на подтло, ископ на темелни јами, пристапни патишта, отпочнување со насипување и сл. Тоа се работи кои најчесто се изведуваат на отворено и на кои големо влијание имаат климатските услови. Особено влијаат периодите на дожд и снег, поради неможноста од брзо сушење на теренот и исполнување на техничките услови за изведба на работите. Од друга страна, кога се подготвуваат динамичкиот план за изведба, плановите за ресурси со финансискиот план и други планови за работа, неповолно одредениот период за градење влијае на планираното. Тоа придонесува планираната реализација да доцни уште од самиот почеток посебно ако климатските услови се изразито лоши. Тоа бара промени и дополнувања кои подоцна, во понатамошната изведба, ќе предизвикаат континуирани поместувања и доцнење што најчесто на крај предизвикува незапазување на крајниот рок на изведба.

Загубите кај проектите за патишта треба да бидат предмет на детална анализа како еден од главните услови за нивно намалување при изградба на таквите објекти. За тоа најмногу треба да бидат загрижени изведувачите кои имаат и заначителни финансиски загуби по основ на отпад кој би можел да се искористи или рецирклира, а кој најчесто не се евидентира и за него нема никакви показатели или податоци. За надминување на појавени грешки, недостатоци, барања и измени поврзани со проектот во текот на изведбата неопходна е вклученост на сите учесници, согласно нивните ингеренции, позиции и овластувања.

Литература

1. Sarhan, S., Pasquire, C. and King A. (2014) 'Institutional Waste within the Construction Industry: An outline', Proceedings of the IGLC-22, Oslo, Norway, June, pp 895-906
2. Koskela, L., Sacks, R. and Rooke, J. (2012) 'A brief history of the concept of waste in production', Proceedings of the IGLC- 20, San Diego, CA, US, 18–20, July, 2012
3. Ковачовски Т. (2021) „Намалување на загуби при управување со градежни проекти", магистерска работа, Градежен факултет, УКИМ - Скопје,
4. Жилеска-Панчовска В. (2006): „Проектен менаџмент при изградбата на инвестициони објекти" - теоретски аспекти, Градежен факултет, УКИМ – Скопје
5. Alarcon L. (1997): „Tools for the identification and reduction of waste in construction projects", in: Alarcon (Ed.), Lean Construction, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands,
6. Formoso C., Soibelman T., De Cesare C., Isatto E., (2002): „Material waste in building industry: main causes and prevention", Journal of Construct. Engineering and Management pp. 316–325,
7. Amril Hadri Jamaludin, Nurulzatushima Abdul Karim, Raja Nor Husna Raja Mohd Noor, et al. (2017); Preliminary study on enhancing waste management best practice model in Malaysia construction industry, AIP Conference Proceedings 1875, 030008 https://doi.org/10.1063/1.4998379
8. Gabriel Luiz Fritz Benachio, Maria do Carmo Duarte Freitas, Sergio Fernando Tavares, (2020), Circular economy in the construction industry: A systematic literature review, Journal of Cleaner Production, Volume 260, 121046, ISSN 0959-6526, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046
9. Al-Hajj, A & Hamani, K (2011), 'Material Waste in the UAE Construction Industry: Main Causes and Minimization Practices', Architectural Engineering and Design management, vol. 7, no. 4, pp. 221-235. https://doi.org/10.1080/17452007.2011.594576
10. Construction Industry Institute - CII 2004 Annual Report Publication Date: 5/1/2005
11. Alsehaimi A., Koskela L. (2008b): „What can be learned from studies on delay in construction", proceedings of the 16th IGLC conference, July 2008, Manchester, UK,
12. Chee Hung Foo & Nabila Syazwanie Kamaludin, (2017), Professionals' views on material wastage level and causes of construction waste generation in Malaysia, April 2017, Malaysian Construction Research Journal 21(1):33
13. Formoso C., Soibelman L., De Cesare C., Isatto E., (1999): Method of Waste Control in the Building Industry", Proceedings ICLG-7, University of California, Berkeley, CA, USA, pp. 325–334
14. Olusanjo O. Fadiya, Panos Georgakis, Ezekiel Chinyio, (2014), "Quantitative Analysis of the Sources of Construction Waste", Journal of Construction Engineering, vol. 2014, Article ID 651060, 9 pages, https://doi.org/10.1155/2014/651060

15. Andrew Wolstenholme (2009), Never Waste a Good Crisis: Constructing Excellence. 18 December 2014. Retrieved 24 December 2017.
16. Yousong Wang (2013) Cost Analysis of Construction and Demolition Waste Management : Case Study of the Pearl River Delta of China The Open Construction and Building Technology Journal 7(1):251-263, DOI:10.2174/1874836801307010251
17. Rethinking Construction, The report of the Construction Task Force, Foreword by Sir John Egan, Crown Copyright 1998 URN 03/951
18. Prasiddh V. Nanera, Jayraj V. Solanki, (2020), Cost optimization through construction waste management, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056 Volume: 07 Issue: 05 | May 2020 www.irjet.net p-ISSN: 2395-007
19. Franco Muleya, Herbert Kamalondo, (2017), Journal of Building Construction and Planning Research > Vol.5 No.1, March 2017, DOI: 10.4236/jbcpr.2017.51001
20. Alsehaimi A., Koskela L. (2008a): „Critical Evaluation of previous delay studies in construction“, Proceedings of the 8th International Postgraduate conference, June 2008, Prague,
21. Conditions of Contract for Construction, FIDIC, Red Book, First Edition 1999
22. Koskela L., Bølviken T., and Rooke J. (2013): „Which Are the Wastes of Construction“, In: 21st Annual Conference of the Internatiional Group for Lean Construction, Fortazela, Brazil, This version is available at http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25189
23. "Never Waste A Good Crisis". Constructing Excellence, 18 December 2014. Retrieved 24 December 2017.
24. Project Management Institute (2015): „Project Management Body of Knowledge Guide

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
Т6 – 3

DESIGN ASPECTS OF THIN THICKNESS ARCH BRIDGES

ДИЗАЈНСКИ АСПЕКТИ НА ЛАКНИ МОСТОВИ со тенка дебелина

Xhevahir Aliu Ph.D[1]., Mentor Balili Ph.D.[2], Megi Xhafaj MsC.[3]
[1]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, xhevahir_aliu@yahoo.it
[2]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, mbalilaj2002@yahoo.it
[3]Faculty of Civil Engineering, Rr. “Muhamet Gjollesha”, 54, Tirana, Albania, xhafajmegi@gmail.com

Abstract

Bridges with arch structures made of reinforced concrete have been constructed since the use of concrete as a building material. In the early 1900s, there was widespread construction of such bridges. Among the main designers who designed such works is the Swiss engineer Robert Maillart (1872-1940). His studies and concepts for these typologies of works gave great help to the theory of calculation and construction of these structures. The selection of the overpass structure as an elastic arch with rigid superstructure as one of the special solutions of arch bridge typologies is the object of study of this article. The determination of the pressure curve in the arch is a cyclical process because it depends on the loads and the magnitude of these loads is a function of the geometry of the arch itself.The case study analysed in this article, is part of a structure of an automobile overpass with two carriageway lines, with a 58m span, which is part of the project of the Outer Ring Road of the city of Tirana.The scope of this paper is the accurate evaluation of the curvature of the arch, as a function of the pressure in the arch, analysis of geometric parameters, internal forces in the structure, etc.

Key words

Arch bridge, curvature, load, internal force

Апстракт

Мостовите со лачни конструкции од армиран бетон се изградени уште од употребата на бетонот како градежен материјал. Во раните 1900-ти, имаше широко распространета изградба на такви мостови. Меѓу главните дизајнери кои дизајнирале вакви дела е швајцарскиот инженер Роберт Мајларт (1872-1940). Неговите студии и концепти за овие типологии на дела дадоа голема помош на теоријата за пресметка и изградба на овие структури. Изборот на надвозната конструкција како еластичен лак со цврста надградба како едно од посебните решенија на типологиите на лачни мостови е предмет на проучување на овој напис. Определувањето на кривата на притисокот во лакот е цикличен процес бидејќи зависи од оптоварувањата и големината на овие оптоварувања е функција на геометријата на самиот лак. Студијата на случај анализирана во овој напис е дел од структурата на автомобилски надвозник со две коловозни линии, со распон од 58 метри, кој е дел од проектот на надворешната обиколница на градот Тирана. Обемот на овој труд е точна проценка на закривеноста на лакот, како функција на притисокот во лакот, анализа на геометриските параметри, внатрешните сили во конструкцијата итн.

Клучни зборови

Лачен мост, искривување, оптоварување, внатрешна сила

1. INTRODUCTION

Arches appeared as early as the 2nd millennium BC in Mesopotamian architecture, while the first to apply this technique to a wide range of structures, including bridges, were the ancient Romans. Due to the shape, the arch-shaped structures work mainly in compression, giving us significant horizontal thrust forces on the support. The geometric form of the arch must be chosen in such a way that the axis of the arch matches the line of action of the forces or it matches the pressure curve caused by the action of permanent and temporary loads. If the arch is given the proper curvature, we create the possibility for the arch to work in pure compression, thus minimizing the bending moments on the arch and it would act similar to a beam into pure bending.

The objective of this study is the identification of the main problems in the design practice of arch bridges made of reinforced concrete, the study of the structural behaviour of the arch-superstructure system and the determination of the optimal curvature of the arch that economizes the cost of materials. The numerical analysis of elastic arch bridge – rigid superstructure systems, will be analysed in this study as one of the revolutionary concepts in the design of bridges of these typologies and the time of their development, so a special interest was born in the development of this study.

2. HISTORICAL ASPECTS FOR ARCH BRIDGES DESIGN

If we refer to the typologies of static schemes in the form of arches, three typologies of arches are distinguished:

a) Three-hinged arch
b) Two-hinged arch
c) Fixed arch.

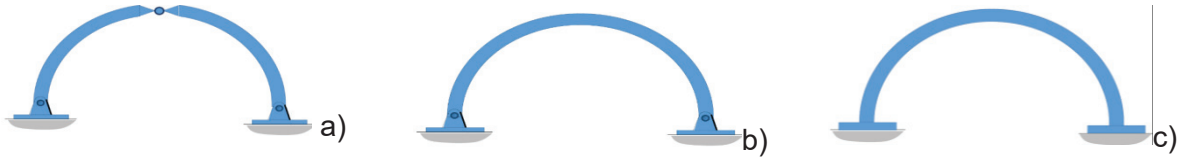


Fig. 1: Typologies of arch schemes

Three-hinged arches are statically determinate structures, and as such are characterized by large deformations and small distribution of bending moments. Their advantage is that displacements in the foundation do not affect the distribution of internal forces.

In two-hinged arches, the distribution of bending moments is not as large as in fixed arches. In contrast to other typologies, in arches with two hinges, the requirement for limiting displacements is reduced and they are simpler in construction.

The most stable forms are fixed arches, which make the best distribution of bending moments. These typologies have high demands on base displacements and large temperature changes. In fixed arches the angle between the arch and the support is maintained by transmitting bending moments to the support.

The arch which is hinged on the support allows rotation without transmitting bending moments to it. By adding hinges, the static indeterminacy is reduced so the deformation in the structure is increased.

Hinges in reinforced concrete arch bridges have been used since the 1930s by the Swiss engineer Robert Maillart. In the "Salginatobel" bridge designed by Maillart [1] the idea of the arch with three hinges was born as a result of the need to reduce the additional stress from the possible displacements of the foundation. The problem on the Salginatobel bridge was even greater because the hinges, especially on the supports, had to be strong enough to

carry the loads which go to the supports, but also flexible enough to allow rotation and thus prevent cracks on other members of the arch. The solution proposed by Maillart [1] [2] consisted of a concrete section reduced on the support that plays the role of the hinge in which the rebar intersects. The concrete hinge was originally invented in France by Mesnager and Freyssinet at the beginning of the 20th century. Maillart first used it on the Salginbatobel bridge, then Tavanasa, etc. The concrete hinges that Maillart used at Salgina were challenging at the time because they were difficult to analyse and the idea of a concrete hinge was still difficult to conceive.

Fig. 2: Salginatobel Bridge 1930, Robert Maillart
Source: https://structurae.net/en/structures/salginatobel-bridge

In the "Zouz" bridge [1] in 1905 after its construction, Maillart found the emergence of vertical cracks in the transverse walls. As the calculations also showed, the stress in this area from the action of permanent and temporary loads was too small to cause cracks. Maillart concluded that concrete shrinkage and swelling occur in certain areas of the bridge. This phenomenon, as Maillart describes it, occurred when the side walls in drought conditions shrank inwardly, while the arch as a whole was in moist conditions from the river, thus shrinking less than the walls. The superstructure of the bridge, in humid conditions from the environment, also shrank less than the walls. The arch and the superstructure limit the walls from shrinking, pulling them in two different directions, thus creating cracks. This finding served Maillart [1] [2] later in the design of the "Tavanasa" bridge, in which he avoided the design of the walls in the area where the cracks appeared in the "Zouz" bridge, thus reducing the own weight of the bridge.

The vertical walls serve not only as a support of the superstructure, but as an integral part of the arch too. The superstructure serves mainly to carry temporary loads, while the whole arch mainly carries permanent loads. So the reduction of the vertical walls as above also means the reduction of the permanent loads and at the same time it also reduces the stresses on the section. The smaller the area of the cross section, the greater the stresses while the smaller the forces, the smaller the stresses in the section. When these two effects are combined, they cancel each other out, leading to the conclusion that for permanent loads on arches of the same span and rise, the deflections in the arch are independent of the cross-sectional area, which means that the cross-sectional area must be made as small as possible

Permanent loads, since they simply consist of the calculation of known weights, allow designers to completely avoid those arch forms where we have the presence of tensile forces, but at the same time the arch form is required to match the pressure curve caused by the permanent loads. Temporary loads are unknown in both their magnitude and distribution. Although the permanent loads are easily calculated as a function of the dimensions and density of the materials, the temporary loads, despite being specified in the design codes, still vary widely. This variation must be taken into account during design. Maillart was one of

the first authors who, with his studies and experience, proposed conceptual changes in the design solutions of arch bridges. Among the innovative solutions of these typologies, which he proposed and applied in his projects, is the realization of arch bridges with elastic arch and rigid superstructures such as Schwandbach Bridge, R. Mailart 1933 [1] [2].

Fig. 3:Schwandbach Bridge 1933, Robert Maillart
Source: https://www.atlasofplaces.com/

The solution proposed by him was quite innovative for the time, which competed over the usual solutions until that period, when the arch was chosen as a rigid structure and having an elastic superstructure.

3. THEORETICAL ASPECTS FOR ARCH BRIDGES DESIGN

In the design of arch bridge systems, it is intended that the arch curve matches as much as possible the axial pressure curve, caused by the action of permanent loads. The shape of the pressure curve is the same as the bending moment diagram in the simple beam section with the same loading scheme and with the same span as the arch structure. In order to determine a single pressure curve there is needed to determine the rise f of the arch, by calculating the rise, the ordinates of the pressure curve y(x) are calculated through the expression [4] [5]:

$$y_{(x)} = \frac{M_s(x)}{M_s\left(\frac{L}{2}\right)} f \qquad (1)$$

$\mathrm{M_s(x)}$ shows the bending moment diagram on the section of the simple beam subjected to the same loading scheme as the arch

$\mathrm{M_s\left(\frac{1}{2}L\right)}$ represents the bending moment at half-span of the simple beam loaded with the same loading scheme as the arch.

Since the loads from the superstructure are transmitted to the arch through columns or retaining walls, the beam loading scheme turns out to be a loading scheme with concentrated loads

The true self-weight distribution of the arch, which is needed to determine the pressure curve, is not known as long as the final geometry of the arch's curve is not known. Thus the process of estimating the arch pressure curve from which the estimate of arch curvature is derived is a cyclical process. For preliminary calculations, it is sufficient to approximate the loading scheme with concentrated loads to a loading scheme with uniformly distributed loads. With this assumption, the arch curvature is given by the following expression [4]:

$$y_{(x)} = \frac{4f}{L^2}(x)(L - x) \qquad (2)$$

Recent studies conducted by Cai [3] (2009), give a clear overview of the bearing capacity in stability of thin arches. Using the principle of virtual work, he formulated the nonlinear equations of equilibrium and continuity and by applying them drew conclusions on the parameters that would evaluate the failure modes of elastic arches, symmetric and non-symmetric ones.

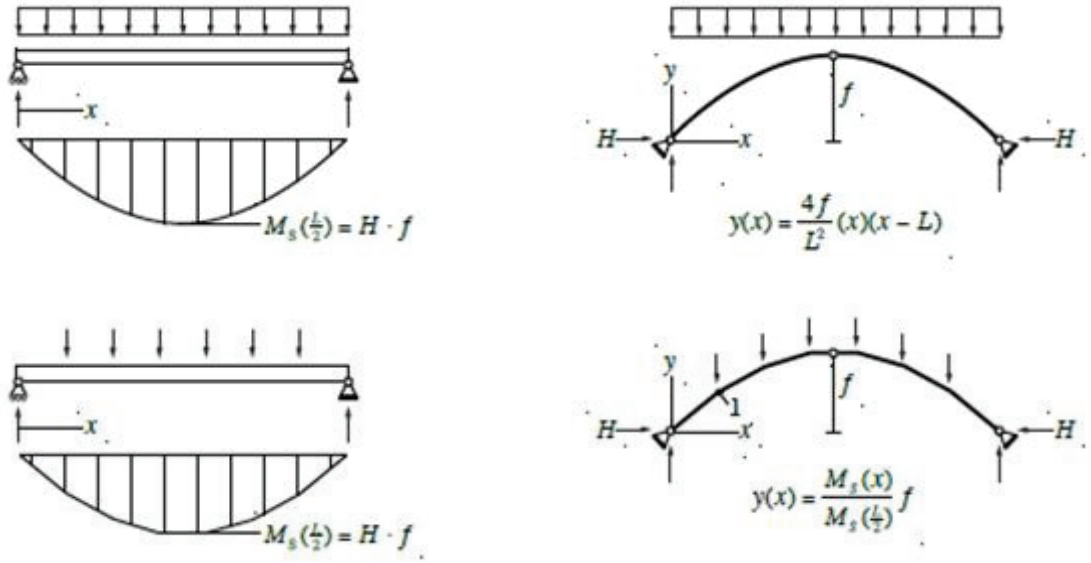


Fig. 4: Analogy of the arch with the simple beam [4] [4]

Cai [3] found that the moderate ductility coefficient λ_f is the determining parameter of the analysis through virtual jobs.

$$\lambda_f = 2f \cdot \sqrt{\frac{EA_{kurores}}{EI_{sis}}} \tag{3}$$

Where I_{sis} is the sum of the moments of inertia of the arch and superstructure apex and $A_{kurores}$ is the cross-sectional area of the arch apex.

The effects of the ductility coefficient on the system response can be assumed from equation (3). In the limit $\lambda_f = \infty$, the support moments M_L and M_R approach zero and the horizontal reaction H tends to be 1/8 of qL^2/f.. This limit represents pure arch behaviour under uniform loading. When $\lambda_f = 0$, the moments at support M_L and M_R approach 1/12 of qL^2 and the horizontal reaction H approaches zero. This limit represents the pure behaviour of the beam under uniform loading

To ensure that the given arch behaves efficiently as a thin arch, a minimum λ_f ratio of 20 is proposed. This limit ensures that more than 90% of the permanent uniform load is carried by the arch in axial compression along the axis of the arch. Based on an empirical relationship between the radius of inertia and the span length L, the limiting values, expressed in terms of the ratio of the length with the rise of the arch, is:

$$\frac{L}{f} < 16.1 \cdot \frac{L}{L+48.4} \tag{4}$$

To find the correct curvature of the arch, a parabolic configuration of the second degree will be considered for the function of the geometry of the arch in relation to the chosen coordinate system.

$$y_0(x) = 4 * f * \left[\frac{x}{L} - \left(\frac{x}{L}\right)^2\right] \tag{5}$$

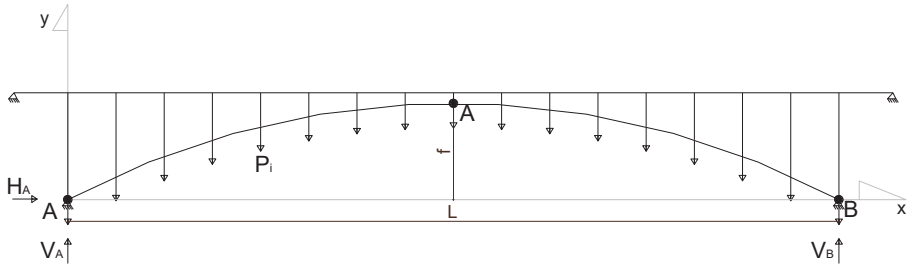


Fig. 5: Schematic of the action of permanent pressure curvature loads on the arch

The calculation of the loads in the arch from its own weight will be done by concentrating their load and distributing along the arch , in concentrated loads that are applied to the axis of the transverse walls and are the contributions of the two neighbouring half-spaces of the arch with reference to the axis of the vertical transverse wall [4].

$$G_{ai} = \frac{l_{i-1} + l_i}{2} * L_s * s * \gamma_c = \frac{l_j + l_{j+1}}{2} * L_s * s * \gamma_c \quad per\ i = 1{,}2 \dots 10;\ j = i - 1$$

$$l_j = \int_{x_{i-1}}^{x_i} \sqrt{[1 + y_0(x_i)^2]} * dx\ per\ i = 1{,}2 \dots 10; j = i - 1 \qquad (6)$$

Since the superstructure interacts with the arch through the transverse walls, then the concept of the rational arch that is realized for uniformly distributed load on the arch, does not find a place for such a structure, consequently the flow of loads from the apex of the arch in the direction of the supports can be realized through segments to whose length is calculated using the following relation:

$$l_j = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}\ \ per\ i = 1{,}2 \dots 10; j = i - 1 \qquad (7)$$

So the total weight acting on the arch along the axis of the transverse walls is:

$$\mathrm{P_i} = \mathrm{G_{mb,i}} + \mathrm{G_{h,i}} + \mathrm{G_{m,i}} \quad \mathrm{per\ i} = 1{,}2 \dots 10 \qquad (8)$$

In the calculation of the reactions in the support after simplifying the static scheme of the structure in a statically determined scheme of the arch type with three hinges with concentrated loads as in the figure, it is used the equilibrium equations against the apex of the arch we get [4].

$$\sum_{i=1}^{4} M_c^{sx} = 0 => H_A = \frac{V_A * \frac{L}{2} - \sum_{i=1}^{4} P_i * \left(\frac{L}{2} - x_i\right)}{f} = \frac{V_A * \frac{L}{2} - \mu * P_i}{f}\ \ per\ i = 1 \dots 6$$

$$\sum_{i=1}^{8} F_y = 0 \ , \qquad V_A = \frac{\sum_{i=1}^{8} P_i}{2}\ \ per\ i = 1{,}2 \dots 10 \qquad (9)$$

The procedure of determining the arch pressure curvature is a cyclic process that depends on the loads, the magnitude of which is related to the geometry of the arch's axis. By applying the bending moment of external loads to any section of the arch and since we are looking for a pure axial compression regime in the arch, then the bending moment in the arch in this section is equal to zero. Consequently, from this relation we find the ordinate yi of the new axis of the arch. For the arch with a new function of its axis, the support reactions are calculated once again, as well as the new ordinates of the arch axis. This process continues until the differences between the support reactions for adjacent calculation cycles are negligible.

$$y_i = \frac{V_A * x_i - \sum_{i=1}^{10} P_i * (x - x_i)}{H_A} \qquad (10)$$

4. DESIGN OF THIN THICKENESS ARCH BRIDGES

Based on the design concepts of concrete-reinforced arch bridges by the Swiss author Robert Maillart, through a numerical example we will deal with some of the design aspects of the concrete-reinforced arch structure, for a two-lane automobile overpass, with a 58m span, as part of the project of the Outer Ring of the city of Tirana.

Based on the flexibility coefficient parameter$\lambda_f > 20$, first accepting that the arch width is s=0.50 m, the height of the superstructure is estimated based on the following criteria:

$$\lambda_f = \frac{2f}{r_{sis}} = 2f\sqrt{\frac{EA_{kulm}}{EI_{kulm}+EI_{mbist}}} \quad > 20 \qquad (11)$$

The rigid superstructure with a constant height $H_{mb} = 1.30\ m$ is connected to the arch via transverse walls that rest on the arch at equal intervals of d=6-7.4 m and that have different buckling weights from the supports to the middle of the span.

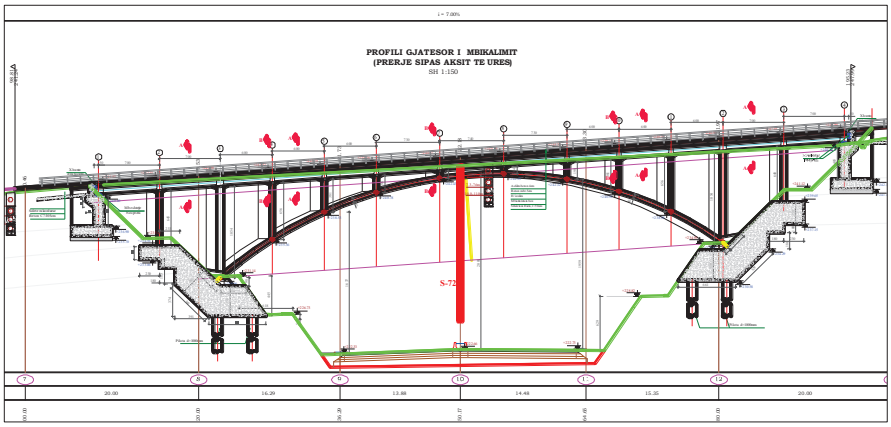


Fig. 5: Longitudinal section of the bridge,
Source: Tirana Outer Ring Project, Lot 3; Xh.Aliu

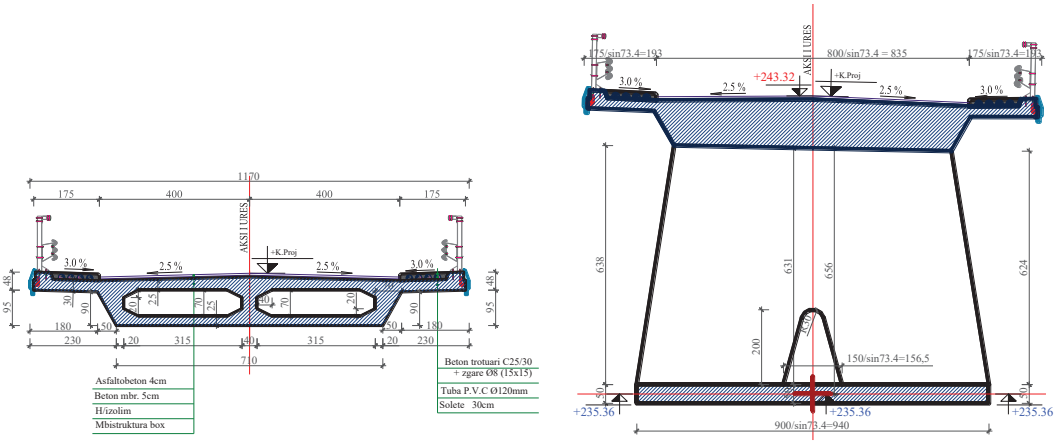


Fig. 6: Cross sections of the bridge in space and support
Source: Tirana Outer Ring Project, Lot 3; Xh.Aliu

Based on the explanations given above, referring to expressions (8), (9), (10), proceed with the calculation cycles for the evaluation of the optimal curvature of the arch. The procedure in question for the evaluation of the arch curvature, for the case in question, has gone through 3 cycles in addition to the initial cycle. Numerical calculations are presented in a summarized way in the following tables.

Table 1. Evaluation of the arch curvature, according to the initial cycle

INITIAL CYCLE										
No. axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
G_{ti} [kN/m]	1300	1200	1200	1330	1470	1470	1330	1200	1200	1300
Transverse walls										
No. axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
x_i [m]	0.00	6.00	12.00	18.00	25.30	32.70	40.00	46.00	52.00	58.00
y_{i0} [m]	0.00	3.60	6.37	8.30	9.54	9.54	8.30	6.37	3.60	0.00
h_{si1} [m]	10.24	6.64	3.87	1.94	0.70	0.70	1.94	3.87	6.64	10.24
A_{si1} [m^2]	117.76	76.38	44.54	22.26	8.03	8.03	22.26	44.54	76.38	117.76
V_{si1} [m^3]	82.43	53.46	17.82	8.90	3.21	3.21	8.90	17.82	53.46	82.43
G_{si1} [kN]	2060.8	1336.6	445.4	222.6	80.3	80.3	222.6	445.4	1336.6	2060.8
Arch										
No. axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
l_{j0} [m]	7.00		6.31		7.40		6.31		7.00	
		6.61		7.40		7.40		6.61		
G_{ai0} [kN]	502.87	977.80	928.11	985.36	1064.0	1064.0	985.36	928.11	977.80	502.87
Reactions in support (VA and HA)										
Nr. axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
x_i [m]	0.00	6.00	12.00	18.00	25.30	32.70	40.00	46.00	52.00	58.00
P_i [kN]	3863.67	3514.39	2573.54	2537.95	2614.3	2614.3	2537.95	2573.54	3514.39	3863.67
μP_i [kN*m]	112046.3	80830.9	43750.2	27917.4	9672.9	-9672.9	-27917.4	-43750.2	-80830.9	-112046.3
V_A [kN]	15103.86									
H_A [kN]	16885.98									

……..

Table 2. Evaluation of the arch curvature, according to the last cycle (third cycle)

THIRD CYCLE										
Transverse walls										
No.axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
x_i [m]	0.00	6.00	12.00	18.00	25.30	32.70	40.00	46.00	52.00	58.00
y_{i2} [m]	0.00	3.99	6.73	8.56	9.70	9.70	8.56	6.73	3.99	0.00
y_{i2} / y_{i0} [%]	0.00	3.59	6.36	8.30	9.54	9.54	8.30	6.36	3.59	0.00
h_{si2} [m]	10.24	6.25	3.51	1.68	0.54	0.54	1.68	3.51	6.25	10.24
A_{si2} [m^2]	117.76	71.93	40.37	19.27	6.21	6.21	19.27	40.37	71.93	117.76
V_{si2} [m^3]	82.43	50.35	16.15	7.71	2.48	2.48	7.71	16.15	50.35	82.43
G_{si2} [kN]	2060.80	1258.77	403.72	192.74	62.10	62.10	192.74	403.72	1258.77	2060.80
Arch										
No.axis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

l_{j2} [m]	7.20		6.27		7.40		6.27		7.20	
		6.60		7.39		7.39		6.60		
G_{ai2} [m]	517.71	991.92	925.17	981.96	1062.88	1062.88	981.96	925.17	991.92	517.71
Reactions in support (VA and HA)										
Nr. aksi	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
x_{i2} [m]	0.00	6.00	12.00	18.00	25.30	32.70	40.00	46.00	52.00	58.00
P_{i2} [kN]	3878.51	3450.69	2528.89	2504.70	2594.98	2594.98	2504.70	2528.89	3450.69	3878.51
μP_{i2} [kN*m]	112476.8	79365.9	42991.1	27551.7	9601.4	-9601.4	-27551.7	-42991.1	-79365.9	-112476.8
V_{A2} [kN]	14957.77									
H_{A2} [kN]	16679.22									

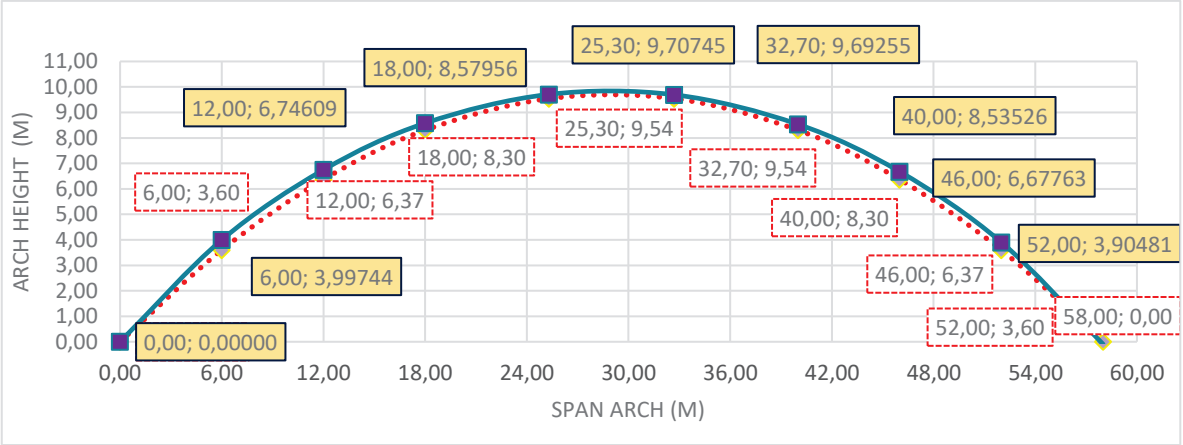


Fig. 7: Geometry of arch curvature

After determining the correct curvature of the arch, the static and dynamic calculations of the overpass structure are based on numerical models with finite elements, in one of the commercial software. During the modelling, it was taken into account the provision of all the necessary characteristics for the structural elements, according to their geometry, materials and behaviour.

In the analysis of special camps, the moving load scheme was applied to the numerical model through the standard library of the program. In this library, it is possible to create moving loads according to any case. By assigning the moving cargo lines, the program automatically positions them in certain length intervals. The distribution of loads in the transverse direction is achieved through the necessary positioning and combinations, which ensure the reduction of load values, as required by normative references.

The participation of measures during the modal analysis has taken into consideration not only the permanent loads, but also a part of the temporary loads. In the European norms, it is recommended that for automobile bridges of the first category (with heavy traffic), the mass participation of loads from moving vehicles should be in the amount of 20%. In other cases, on highway bridges with medium and low traffic, mass participation by vehicles is not taken into consideration.

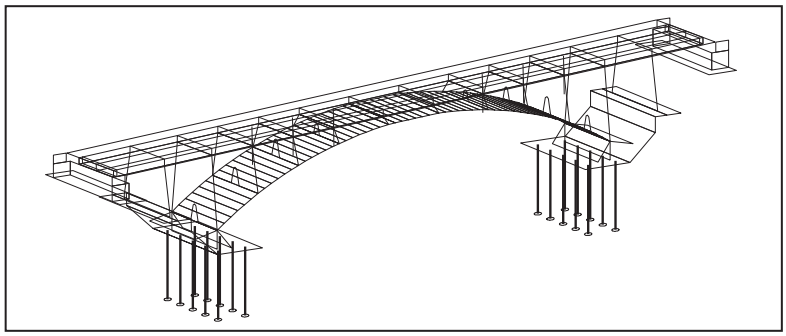


Fig. 8: Numerical model with finite elements

In the numerical modelling, the creation of hinge connections between the superstructure and the arch for a part of the vertical walls was taken into consideration, mainly for the elements with low height. Their hinge connection ensures that these elements do not transmit effects of bending moments in the arch.

The selection of the arch curvature geometry, among others, ensures that the reductions in the structure are very small, within the normative limits.

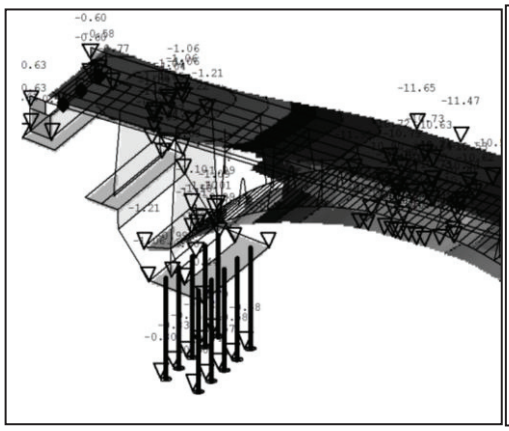


Fig. 9: Displacement (mm) for Self-weight load SWL,

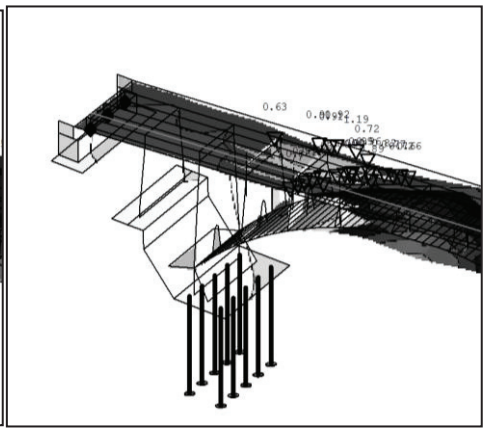


Fig. 10: Displacement (mm) for LM1

5. RESULS AND CONCLUSIONS

- The use of reinforced concrete arch bridges represents an elegant, inexpensive and quite suitable solution for bridges with large spans;
- The parameters λ_f "flexibility coefficient" and the ratio $\frac{L}{f}$ " span / rise" are guidelines for the preliminary dimensioning of the structural elements;
- Regardless of the structural scheme of the arch, there is a need to determine its pressure curve, which is important to achieve the behavior of the arch's work in compression. It is impossible to avoid off-center compression but the effects of the moments can be minimized.
- The geometric form of the arch is calculated in such a way that the axis of the arch coincides with the line of action of the forces or the pressure curve caused by the action of permanent and temporary loads.
- The cyclic actions of the pressure curve calculations show the numerical differences between the two curves: the parabolic geometric one (calculated initially) of the arch and the pressure curve under the action of permanent loads.
- The bending of the superstructure is numerically equal to the bending of the arch if the structure was not rigid
- The principle of the rigid superstructure and elastic arch gives the most satisfactory calculation results.

6. REFERENCES

BOOKS and MONOGRAPHIES:

[1] Billington, D. P 1979 Robert Maillart's Bridges: The Art of Engineering. Princeton: Princeton University Press.

[2] Billington, D. P 2003. The Art of Structural Design: A Swiss Legacy. Princeton, New Jersey: Princeton University Art Museum.

[3] Cai, J. and J. Feng. 2009. Erratum to “In-plane elastic stability of fixed parabolic shallow arches.” Science in China. Series E: Technological Sciences.

[4] Skënder Skënderi 1975. Statika e Ndertimit III. Tiranë 1975

[5] Timoshenko S. P & Young D. H. Theory of Structures (2nd Edition): McGraw-Hill Book Company, Inc.

Тема / Topic 7

ITS И НОВИ ТЕХНОЛОГИИ ВО СООБРАЌАЈОТ

ITS AND NEW TECHNOLOGIES IN TRAFFIC

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T7 – 1

БИМ ВО ПРОЕКТИ ЗА ПАТНА ИНФРАСТРУКТУРА
BIM IN ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS

Dragana Stanojević[1], Mirjana Terzić[2], Panta Krstić[3], Milena Senjak Pejić[4]
[1] Teaching Assistant, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Serbia, dragana.stanojevic@uns.ac.rs
[2] Teaching Assistant, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Serbia, terzic.mirjana@uns.ac.rs
3 Teaching Assistant, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Serbia, panta.krstic@uns.ac.rs
[3] Teaching Assistant, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Serbia, senjakm@uns.ac.rs

Апстракт

Проучувајќи ги ограничувањата во кои се изведува градежен проект, проблемите се јавуваат и во градежното инженерство и во инженерството на патната инфраструктура, чии проекти се многу барани поради растот на урбаните центри. Решението бара воведување нови технологии во проектирањето и изградбата на патната инфраструктура. Една од новите технологии е BIM (Building Information Modelling). Овој труд ја разгледува апликацијата БИМ и нејзиниот придонес во патната инфраструктура преку неговото влијание врз дизајнот на нови и постоечки патишта, фазата на изградба, мониторингот и одржувањето. Понатаму, дизајнот на моделот BIM во реално време се споредува со традиционалниот дизајн на патишта. Овие споредби покажуваат дека BIM ги поедноставува процесите, ги зголемува можностите за автоматизација и го намалува времето потребно за дизајнирање. Со помош на економска, еколошка и повеќекритериумска анализа, различни видови решенија може да се споредат за да се намалат

Клучни зборови

Патни инфраструктури, БИМ, ДЕМ, Интернет на нештата, Интелигентно набивање

Abstract

Studying the limitations in which a construction project is executed, the problems occur both in structural engineering and road infrastructure engineering, whose projects are in great demand due to the growth of urban centers. The solution requires introducing new technologies in road infrastructure design and construction. One of the new technologies is BIM (Building Information Modelling). This paper reviews the BIM application and its contribution to road infrastructure through its influence on the design of new and existing roads, the construction phase, monitoring, and maintenance. Furthermore, the BIM model design in real-time is compared to the traditional road design. These comparisons show that BIM simplifies processes, increases the possibilities of automation, and reduces the time required for design. With the help of economic, ecological, and multi-criteria analysis, different types of solutions can be compared to reduce maintenance costs in the future, increase traffic flow, and even reduce the number of traffic accidents.

Key words

Road Infrastructures, BIM, DEM, Internet of Things, Intelligent Compaction

1. INTRODUCTION

Compared to other industries, the construction industry is lagging behind Industrial Revolution 4.0. [1] which tends to change with the development of nanotechnologies, artificial intelligence, robotics, and other modern technologies. The delay is caused by the complexity and nature of the construction project. Studying the limitations in which a construction project is executed, namely time, costs, and scope, it is found that 70% of projects break through the dynamics and 72% of the budget [2]. In addition, the construction industry is fragmented, which means that different project participants carry out activities in different ways using different software. There is a loss of information or an unnecessary waste of time regarding the mentioned facts. Documents are often saved in different file formats, which can cause interoperability and compatibility difficulties [3].

The problems mentioned earlier occur both in structural engineering and road infrastructure engineering, whose projects are in great demand due to the growth of urban centers [4]. Their solution requires introducing new technologies in the road infrastructure design and construction sector [5] that would reduce unnecessary activities to a reasonable level, redirect efficiency from resources to information flow, and, most importantly, process integration. One of the new technologies is BIM (Building Information Modelling) or I-BIM (Infrastructure Building Information Modelling) [6]. BIM supports the use of one central model and allows every change made in the model to be seen by all the other participants in the project [5]. Since project information is stored and integrated into a digital database, BIM ensures coherence and compatibility [3].

BIM in road infrastructure projects has mainly been focused on geometric road design, where efforts focus on improving, automating, and optimizing geometry [7]. Some studies have focused on integrating traffic data and the BIM model in specific case studies [3], [8]. This paper presents the short review of BIM application and how it contributes to road infrastructure through its influence on the design of new and existing roads, the construction phase, monitoring, and maintenance.

2. BIM METHODOLOGY

It is essential to mention that the "BIM" abbreviation has several meanings:

- Building Information Model
- Building Information Modelling
- Building Information Management

Besides all of these definitions given, the main question still stands: What is BIM in practice? Is it software, an object model, a process, or an organizational data set? BIM is not just a 3D Model. Moreover, it is a philosophy of managing and realizing the whole life cycle of the construction project. It all begins with a 3D object model, which is not just a basic geometry filled with texture and colors. The appropriate BIM model contains virtual elements corresponding to actual constructive elements defining an object. These "intelligent virtual elements" are digital prototypes of fundamental road elements such as pavement layers, cuts and fills, road shoulders, and side drains. Creating this "digital twin model" is a good start for understanding the object's behavior before the official construction works begin [9].

The main difference between BIM technology and traditional 3D CAD design is defining and representing specific object elements. 3D CAD uses an outdated way of representing building elements, such as layouts and sections, and editing one of these plans implies arrangement and modification of all other design elements. The data in these drawings are only graphical entities, such as lines, arcs, and circles, different from the intelligent contextual semantics of BIM models, where objects are defined in terms of characteristics and parameters. The newest technology innovations of BIM help all the parts involved to visualize what needs to be built in a simulated environment and, eventually, identify any potential design, construction, or

operation issue [6]. This way, working remotely on the same file from different positions is possible, such as exchanging information between different participants involved in the project.

Technology and budget limits often prevent visionary ideas from becoming a reality as soon as they are created. Despite this, the BIM idea created in the 1960 has come to life and has experienced significant development and application in recent years. In the picture below, we can see a comparison of the application and awareness of BIM in 2011 and 2020 [10].

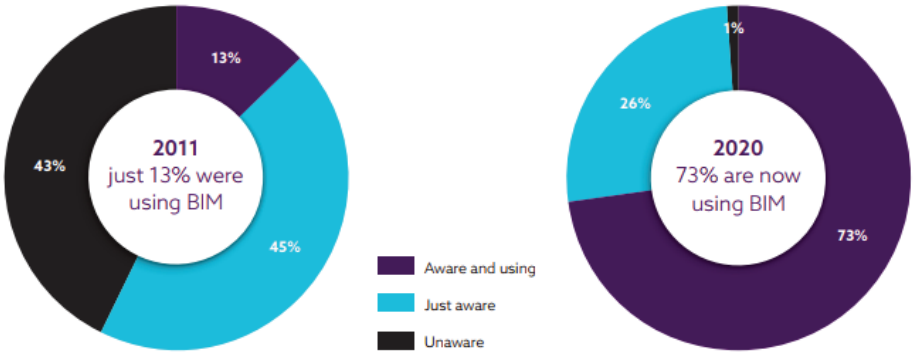


Fig. 1: BIM awareness and „use“ 2011 vs 2020
Source: (NBS BIM Report 2020)

3. BIM IN ROAD INFRASTRUCTURE PROJECTS

The construction of road infrastructures is a challenging and complex process due to the large number of kilometers these structures can have. It can lead to unexpected complications and collisions with other surrounding objects. In order to achieve greater construction efficiency, work is often carried out simultaneously on several fronts, which requires coordination and communication between different parts. BIM has been recognized in the road industry as a methodology helpful in optimizing the design process [11].

3.1 DESIGN PHASE

Foremost, BIM provides a precise digital representation of the physical and functional characteristics of the infrastructure road object in the design phase. Implementing BIM can contribute to comparing alternatives and improving the decision-making process's quality by exploring optimal variants, for example, analyzing solutions for road intersections [3].

The traditional approach begins with 2D drawings of the preliminary design, and every step completed before the next one begins. This approach can operate well only until a change occurs in the project. [6] However, with the BIM methodology, the design of road infrastructures begins with creating high-quality 3D terrain model, such as DEM (Digital Elevation Model). DEM is a gridded raster data and a three-dimensional representation of a terrain, which filters out terrain vector features and all ground objects, both natural and built. DEM can be generated from remotely sensed data collected by satellites, drones, and planes and commonly through laser scanning (LiDAR), geodetic surveying, or radar interferometry (InSAR). DEM consists of DTM (Digital Terrain Model) and DSM (Digital Surface Model), both obtained through point clouds, which difference is shown in the picture below [12].

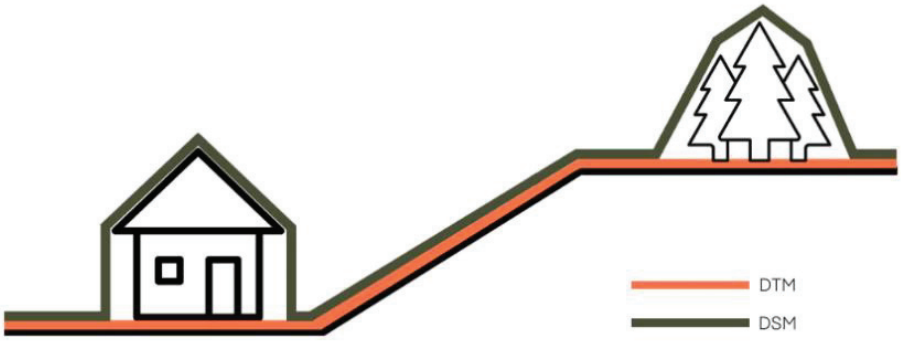


Fig. 2: Difference between DTM and DSM
Source:[12]

The possibilities of upgrading the already existing traffic infrastructure are also various. Based on different data collected with modern technologies, it is possible to create an exact digital model that can be enriched with information and create a BIM model. One of the technologies that can be practical in this process is LiDAR, MLS (Mobile), and ALS (Airborne) laser scanning. The great adaptability of these techniques allows the creation of point clouds of very high spatial resolution (several thousands of points per square meter). The point cloud can contain much information, even unnecessary, so the collected data needs to be processed with specialized software. It represents a key segment for creating a high-quality and precise digital model in which all structural lines can be included. With a high density of collected data, detailed insight into the roadway condition could be provided and any eventual abnormalities that need to be revised. [13]

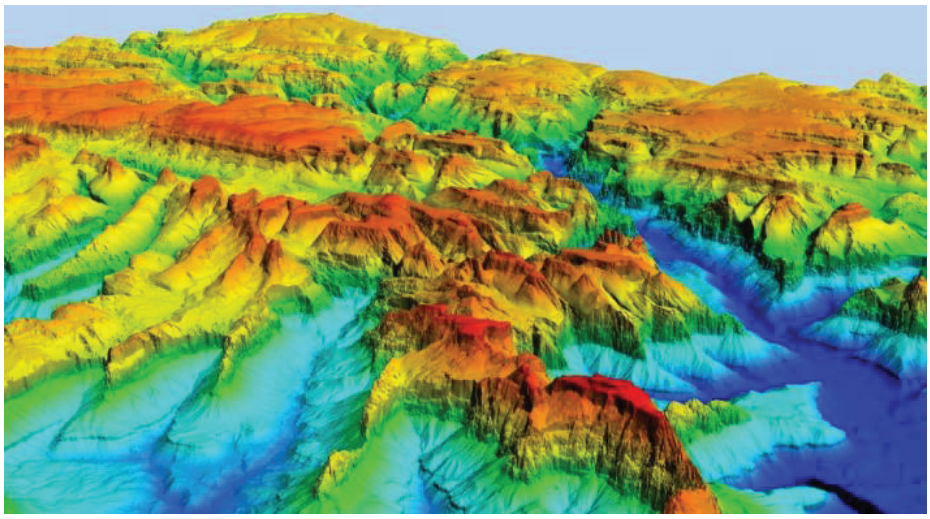


Fig. 3: Example of Digital Elevation Model
Source: 14]

3.1 CONSTRUCTION PHASE

BIM, IoT (Internet of Things), or different sensor technologies provide new opportunities during road construction by improving the efficiency of information transfer and reducing the consumption of resources during the life cycle of the object. Compaction is one of the most critical steps in the road construction process. Traditional quality control and quality assurance methods rely on the manual on-site inspection and post-compaction testing, leading to unreliable test results. Intelligent compaction (IC) is a developing technology. It uses high-precision devices positioned on the vibratory roller and monitors the drum's movement while

evaluating compaction quality during construction. The integration of BIM and IC could be completed with the help of the IoT. Internet of Things is also a developing technology that enables real-time communication between sensors and terminals and dramatically improves the efficiency of data and information transmission. Therefore, integrating BIM-IoT and IC is possible, in which the BIM model offers virtual assets of road infrastructure and construction organization management. At the same time, IC provides BIM with comprehensive data for monitoring construction quality [15].

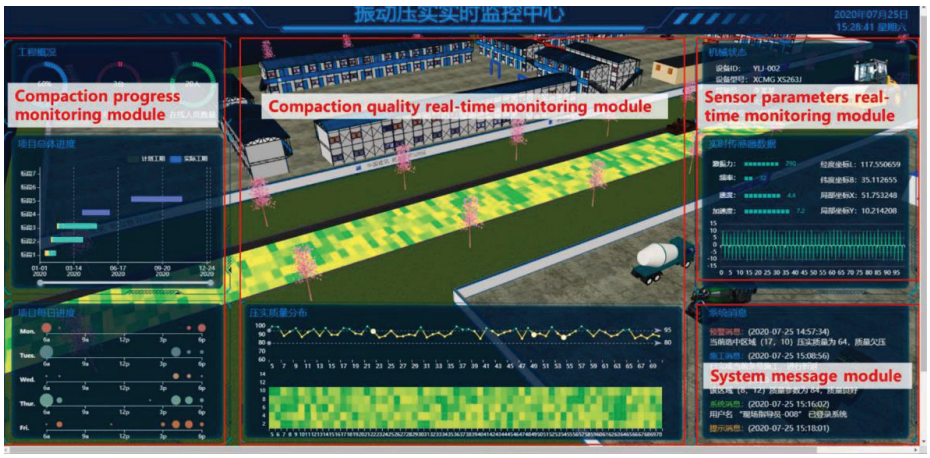


Fig. 4: Example of the BIM-based real-time monitoring system
Source: [15]

Additionally, different web and mobile applications nowadays enable monitoring construction, creating a database that all the project participants can update at any time. The data entered into the database are displayed tabularly and on a geographical map. Thus, all participants are included in the construction process, and communication between them is simpliefied. The result is effective monitoring, optimization of the construction process, and better control of the performed works. By continuously monitoring the construction of the building, mistakes can be avoided, and the lack of quality risk can be reduced. This BIM cloud solution is an excellent platform for displaying any data related to the construction process and is constantly being adapted to the needs of the participants.

Fig. 5: Example of web construction monitoring application
Source: [16]

3.2 MAINTENANCE PHASE

After the facility's construction, the database's information can still be used to maintain and manage the road infrastructures. The BIM model presents a database that engineers will use

for project details, information about significant damage that occurred on the road sections, what was repaired, in what period, and how much it cost. The information for future projects can be obtained based on the existing BIM model and the experiences gained during road maintenance. With the help of economic, ecological, and multi-criteria analysis, different types of solutions can be compared to reduce maintenance costs in the future, increase traffic flow, and even reduce the number of traffic accidents. [17]

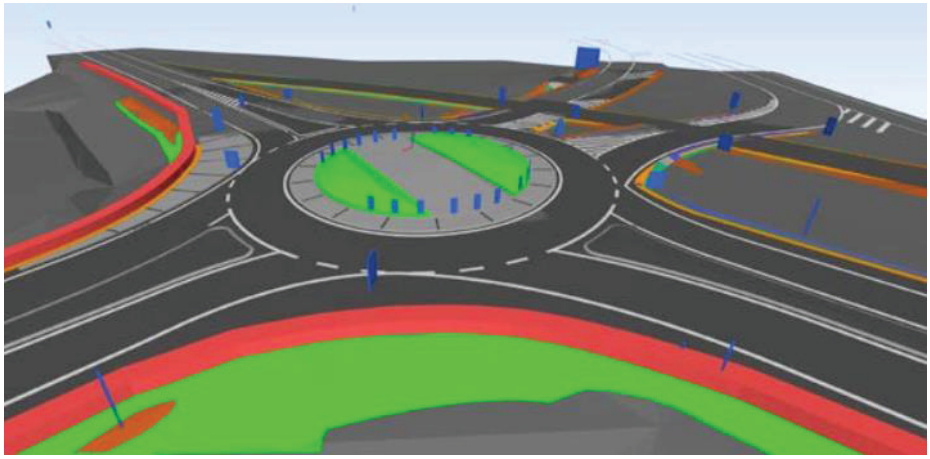


Fig. 6: Example of a BIM pilot project
Source: [5]

4. CONCLUSIONS

The construction industry is fragmented, which means that different project participants carry out activities in different ways using different software. New technologies in the road infrastructure design and construction sector can significaly reduce unnecessary activities to a reasonable level, increase efficiency, information flow, and process integration. Some studies have focused on integrating traffic data, BIM model and Digital Elevation Model. Creating this "digital twin model" increases understanding of the object's behavior before the official construction works begin. The best indicator of the benefits of BIM in road design is the numbers. For example, if $100 million is budgeted for constructing a new highway with bridges and interchanges, about 7-8% of the funds typically go into design development. In this case, with the application of BIM, the design costs could be reduced by 35%, and the project could save around $2.6 million. [18]

There was much research on applying the BIM model in real-time, comparing the traditional road design with the BIM design method. These comparisons show that BIM simplifies processes, increases the possibilities of automation, and reduces the time required for design. BIM can also significantly improve the quality of the project and generate different methodologies enabling reduced time and effort. The information for future projects can be obtained based on the existing BIM model and the experiences gained during road maintenance. With the help of economic, ecological, and multi-criteria analysis, different types of solutions can be compared to reduce maintenance costs in the future, increase traffic flow, and even reduce the number of traffic accidents.

This paper summarizes the benefits of implementing BIM methodology and modern technologies in road infrastructure. Future research directions would undoubtedly focus on applying BIM methodology and learning from the existing BIM projects for experience-based future design.

5. ACKNOWLEDGMENTS

This research (paper) has been supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development through project no. 451-03-68/2022-14/ 200156 “Innovative scientific and artistic research from the FTS (activity) domain”.

6. REFERENCES

[1] Salah Alaloul W., M.S.Liew, Noor Amila Wan Abdullah, ZawawiIckx Baldwin Kennedy, (2020). Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. (Ain Shams Engineering Journal, March 2020, pp 225-230, doi: https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.010)

[2] MC&Kinsey, (on-line) available at: https://www.mckinsey.com/ (30.09.2022).

[3] Castañeda K., Sánchez O., F.Herrera R., Pellicer E., Porras H., (2021). BIM-based traffic analysis and simulation at road intersection design. (Automation in Construction, November 2021, doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103911)

[4] T. Papilloud, V. Röthlisberger, S. Loreti, M. Keiler, (2020). Flood exposure analysis of road infrastructure – Comparison of different methods at national level. (International Journal of Disaster Risk Reduction, August 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101548).

[5] United Nations, (2021). Building Information Modelling (BIM) for road infrastructure: TEM requirements and recommendations, eISBN: 978-92-1-005549-9

[6] Valeria V., Sánchez O., Ennia M. A., Claudio L., Federica D. V., Giorgio P., Stefano P., (2021). Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure. (Automation in Construction, August 2021, doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103911)

[7] Biancardo S.A., Capano A., Oliveira de S.G., Tibaut A., (2020). Integration of BIM and procedural modeling tools for road design Infrastructures, April 2020, doi: https://doi.org/10.3390/infrastructures5040037).

[8] A. Costin, A. Adibfar, H. Hu, S.S. Chen, (2018). Building information modeling (BIM) for transportation infrastructure – literature review, applications, challenges, and recommendations Autom. (Automation in Construction, October 2018, pp 257-281, doi: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.07.001)

[9] S.-F. Huang, C.-S. Chen, R.-J. Dzeng (2011). Design of track alignment using building information modeling, (Journal of Transportation Engineering, Volume 137 Issue 11 - November 2011, pp. 823-830, 10.1061/(asce)te.1943-5436.0000287)

[10] NBS’ 10th National BIM Report (2020), (on-line) available at: https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020 (30.09.2022).

[11] Toša N., Igor S., Zoran S., Mehmed B., Vladimir B., (2016). BIM TEHNOLOGIJA I NJENA PRIMENA KOD PROJEKTOVANJA I GRADNJE PUTEVA. (Proceedings, Second Serbian road congress, June 2016, Belgrade)

[12] Drones and DEMS vs DTMS vs DSMS, Info today, 01.11.2021 (on-line) available at: https://www.heliguy.com/blogs/posts/drones-and-dems-vs-dtms-vs-dsms (03.10.2022.)

[13] Toša N., Vladimir B., Zoran S., Dejan V., (2014), Mobilno lasersko skeniranje u postupku masovnog prikupljanja podataka. (25. Međunarodna konferencija Savremena dostugnuća u građevinarstvu)

[14] GISGeography (2022), 5 Free Global DEM Data Sources – Digital Elevation Models, Info today, 29.05.2022. (on-line) available at: https://gisgeography.com/free-global-dem-data-

sources/ (03.10.2022).

[15] Tao Han, Tao Ma, Zhou Fang, Yang Zhang, Chengjia Han, (2022). A BIM-IoT and intelligent compaction integrated framework for advanced road compaction quality monitoring and management. (Computers and Electrical Engineering, April 2022, doi:https:// https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.107981)

[16] Isidora P., Zoran N., Ognjen P., (2016). INTERACTIVE MANAGEMENT AND CONNECTING THE PROCESSES OF PLANNING, DESIGN AND CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES. (Proceedings, Second Serbian road congress, June 2016, Belgrade)

[17] Giuseppe Cantisani, Juan David Correa Panesso, Giulia Del Serrone, Paola Di Mascio, Guido Gentile, Giuseppe Loprencipe, Laura Moretti, (2022). Re-design of a road node with 7D BIM: Geometrical, environmental and microsimulation approaches to implement a benefit-cost analysis between alternatives (Automation in Construction, January 2022, doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104133)

[18] Jessica Lombardo (2019), Why You Should Use BIM for Road Building Projects, 09.10.2019. (on-line) available at: https://www.forconstructionpros.com/asphalt/article/21087976/how-to-use-bim-for-road-building-projects (03.10.2022).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T7 – 2

ДОБРА ПРАКСА ВО УПРАВУВАЊЕ СО СООБРАЌАЈОТ НА АВТОПАТ
GOOD PRACTICE IN HIGHWAY TRAFFIC MANAGEMENT

Milan Radivojević
Yunex Traffic d.o.o. Beograd
Omladinskih brigade 90v, 11070 Beograd
milan.radivojevic@yunextraffic.com

Ivana Đurđević
Yunex traffic d.o.o. Beograd
Omladinskih brigade 90v, 11070 Beograd
ivana.djurdjevic.ext@yunextraffic.com

Marijana Mošić
Yunex traffic d.o.o. Beograd
Omladinskih brigade 90v, 11070 Beograd
marijana.mosic@yunextraffic.com

Апстракт

Управувањето со меѓуградскиот сообраќај овозможува подобар капацитет на автопатот, ефикасен сообраќаен процес, побрза реакција на опасна ситуација и одржување на највисоко ниво на безбедност за сите учесници во сообраќајот. Овој труд претставува пример за најдобра практика за управување со сообраќајот на автопат, управување со автопатишта во Република Српска каде што е воведен системот за управување со следната генерација за да се решат најсложените сообраќајни предизвици.

Клучни зборови

адаптивно управување со сообраќајот, управување со меѓуградски сообраќај, интелигентен сообраќаен систем, безбедност на патиштата

Abstract

Interurban traffic management enables a better highway capacity, efficient traffic process, faster reaction to a dangerous situation, and maintaining the highest level of safety for all traffic participants. This paper presents an example of the best traffic management practice on the highway, highway management in the Republika Srpska where the next generation management system has been introduced to solve the most complex traffic challenges.

Key words

adaptive traffic management, interurban traffic management, intelligent traffic system, road safety

INTRODUCTION

Increasing the safety and capacity of roads, as well as preserving the environment, are the main goals of advanced traffic management systems implementation. Despite intensive efforts to provide attractive alternatives to individual and freight road traffic, a further increase in the traffic volume can be expected in the future. With new infrastructure facilities construction, the existing road and street network is relieved, and new traffic movements are also generated on the network. Traffic management systems in real time, both on non-urban and urban sections, provide the possibility of better and greater utilization of existing capacities, in addition to guaranteeing greater safety for all students in traffic.

TRAFFIC CONTROL CENTER ON HIGHWAYS AND TUNNELS

The traffic management center on highways and tunnels consists of the following functional units: equipment in the field, necessary for collecting information in real time, controllers for the first level of data processing and sending the data to the central system, network equipment that enables communication between server equipment and the local level of automatic highway management, as well as the software components of the system. Figure 1 shows a graphical representation of the hierarchical structure of the mentioned functional units of the system.

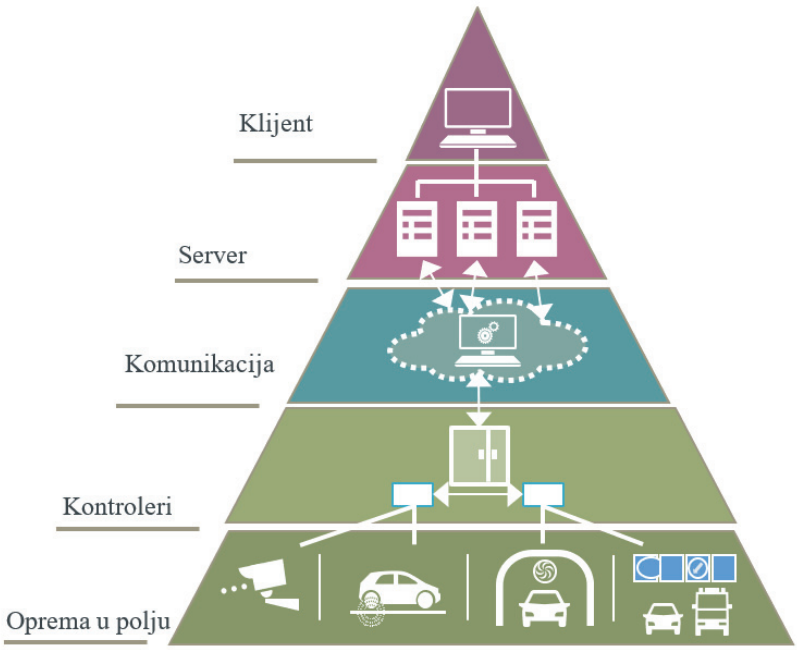


Figure 1. Functional units of the Center for traffic management on highways and in tunnels

The basic operating principle of the system consists of collecting and processing data from the field, analyzing and comparing the obtained data with already archived data. This is followed by the cause-and-effect logic functions execution, the verification of the request credibility and the execution of the request. The system works according to pre-defined strategies and response plans (change of route, display of informations, etc.), automatic, semi-automatic and manual management of the system is enabled.

Documentation of response plans (e.g., cause and effect matrix) is created during the system design phase and is the basis for defining appropriate actions for most situations that may occur. The response plan can be used to define the response of the tunnel management system based on field data or the traffic situation including the need for operator interaction (fully automated responses, semi-automatic responses, manual responses). For semi-automatic reactions, the operator has a predetermined delay time for his reaction. If the operator does not react within the stipulated time, the software automatically initiates the reaction and the appropriate response plans will be executed. The management of the response plan is a key factor in the management of the road network and tunnels where a fast and

reliable response is a key factor for the safety of people and the protection of infrastructure and vehicles. Figure 2 shows the response plan editor.

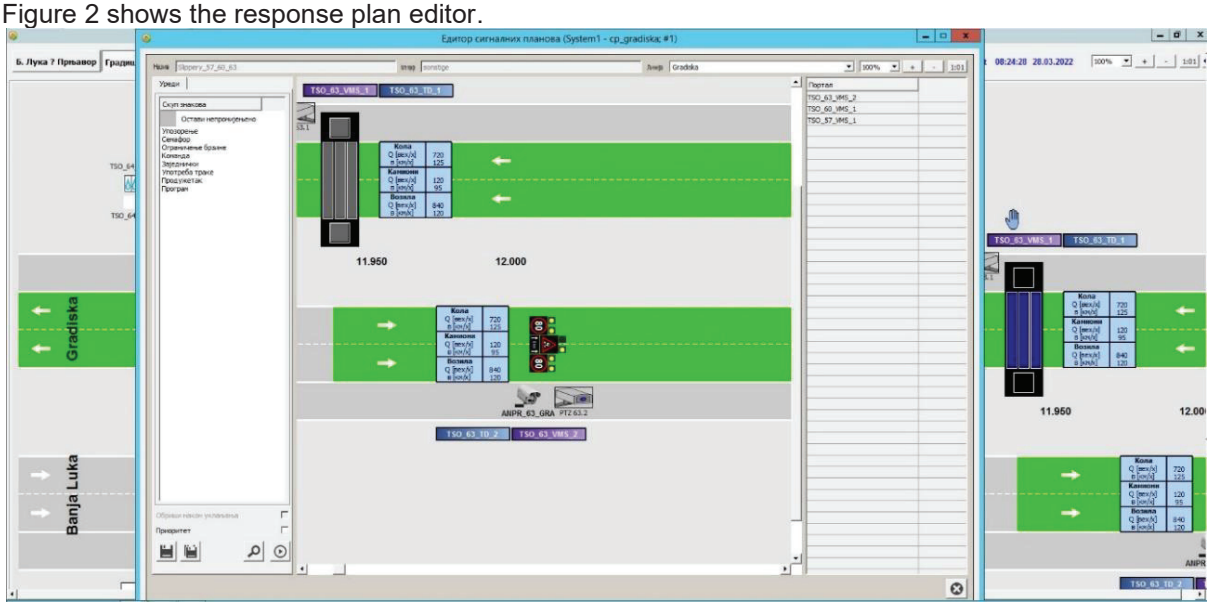


Figure 2. Signal plan editor
Source: Sitraffic Varia

SYSTEM FUNCTIONS

CCTV cameras that monitor the traffic flow can be directed to a detected traffic incident on an open road or in a tunnel and can automatically pan, tilt, zoom using rules or predefined strategies.

Traffic analysis, detection of incidents and congestion is performed on the basis of data obtained from field detectors (inductive loops, radars). Traffic models of varying complexity are used to analyze the situation and decide on the appropriate control measure. The following traffic data are of interest for analysis: level of service (LOS), unstable traffic flow, speed difference, congestion, percentage of freight vehicles in flow, analysis of incidents on the road section.

AID (automatic incident detection) assists the operator by automatically detecting incidents on the open road or inside a tunnel. AID solutions typically detect the following incidents:

- Level of Service (LOS) is used to detect and classify traffic congestion.
- Smoke is one of the first stages of a fire and causes an alarm on the operator interface. Response plans can be linked to smoke detection.
- The stopped vehicle will be recognized by the system, the operator will receive information about the location and the lane in which the stopped vehicle is located.
- A drop in speed is detected by cameras and can be associated with potentially incident situations.
- Slow vehicle
- People on the road who pose a threat to them, as well as to other road users.

Depending on the severity of the event, either an automatic or a manual response plan can be triggered. The operator follows a pre-configured incident event management workflow, which may contain different decision options, for example:

- Surveillance of the incident via CCTV
- Response plan initiation
- Sending response teams to the location of the incident (fire brigade, service vehicle, etc.)
- Send the winter service vehicle to the location of the incident

Weather and road condition information are used to inform drivers and influence their behavior regarding speed limits and overtaking possibilities. That is why wind speed, visibility, precipitation, snow, ice, air and road temperature, salt concentration on the road and some other conditions are monitored

and recorded. Based on weather and environmental data, automatic system reactions such as warnings and speed limits are enabled to increase traffic safety.

Dangerous goods detection on highway sections, it is connected to vehicle license plates and such information is stored in the system for a certain period. The technology used for the detection of hazardous materials is the automated recognition of license plates together with the detection of hazardous materials markings on the vehicle. Vehicles with special cargo are detected at the entrance to the road network and can be tracked along the road section with additional cameras. Usually, these cameras are placed at the entrance and exit of sensitive areas. This opens the possibility to know the number of freight vehicles in the tunnel at any time. In the case of traffic accidents involving the transport of dangerous goods, their early detection enables rescue vehicles to be sent to the location of the incident with appropriate manipulative tools and materials.

Ventilation (air quality monitoring) and tunnel lighting are key elements of the tunnel surveillance system. In most tunnels, ventilation is based on longitudinal fans, as well as air quality monitoring. Usually only longer tunnels require more complex ventilation systems, such as cross ventilation. An algorithm is provided to control the light zones inside the tunnel, for example adjusting the lighting in the entrance zone with high lighting during the day and low lighting in the evening. The lighting system consists of emergency lights, including illuminated evacuation signs. In the event of a fire alarm, the lighting system will provide a full level of light, to ensure the evacuation of people inside the tunnel, which is filled with smoke. Figure 3 shows the monitoring of lighting in tunnels.

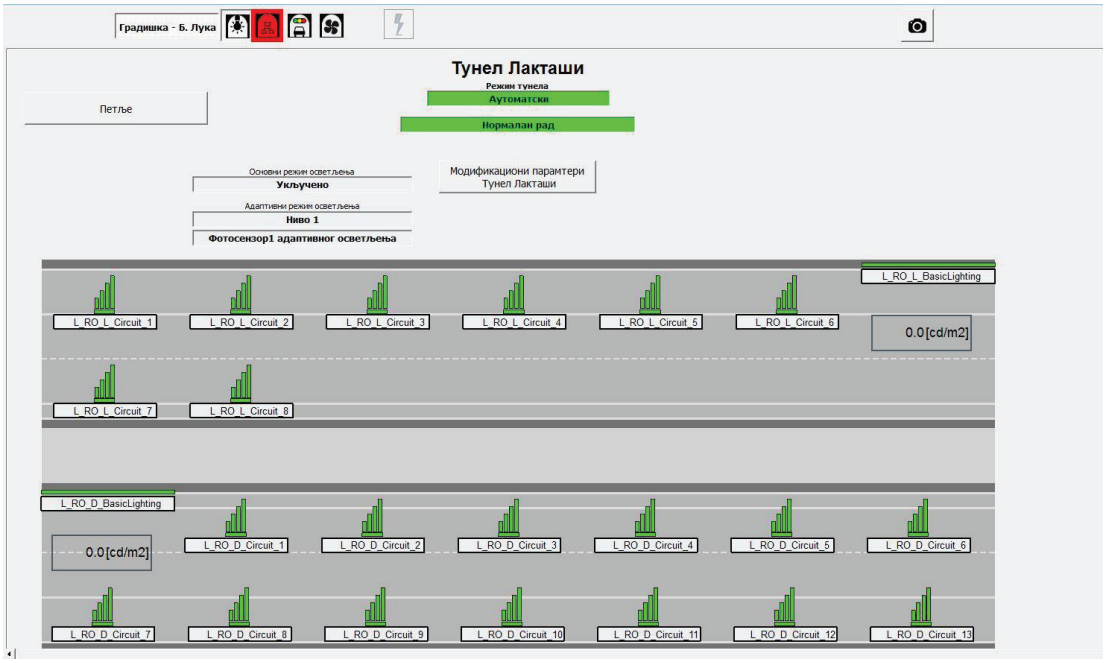


Figure 3. Tunnel lighting
Source: Sitraffic Varia

Detecting the vehicles with excessive height that enter the tunnel area, can damage the detection and control equipment and cause danger to themselves and others.
Height detection and control systems usually consist of two light beam sensors, which are placed transversely to the direction of travel on the road where height monitoring is required. Laser and radar detection are also available.
As soon as the vehicle breaks the light beams, an alarm signal is produced in the local controller and forwarded to notify the operator. To ensure fast and reliable reactions, the system automatically activates the response plan, the results of the activation of the response plans can be:

- Warning the driver through a variable message sign,
- Reduction of speed on the road network,
- Closing the tunnel and marking it with red traffic lights, tunnel closure signs and even an automatic barrier.

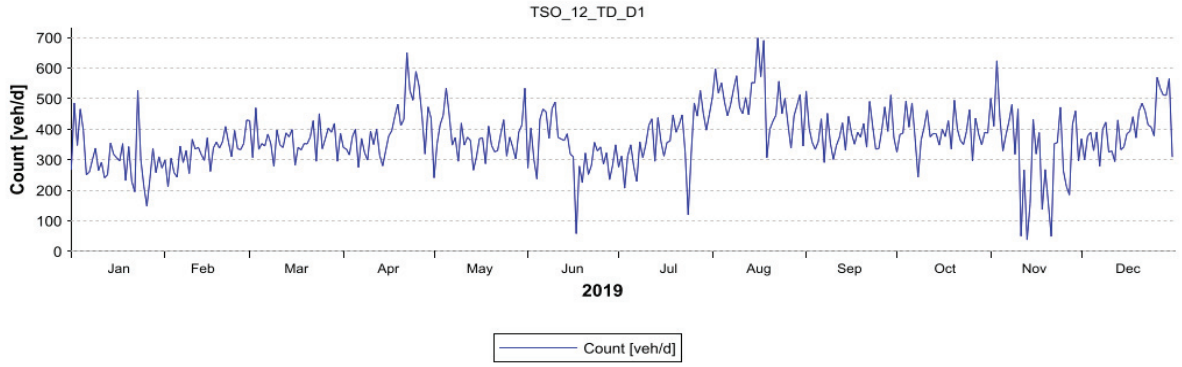
HIGHWAY 9. JANUAR, REPUBLIC OF SPRSKA

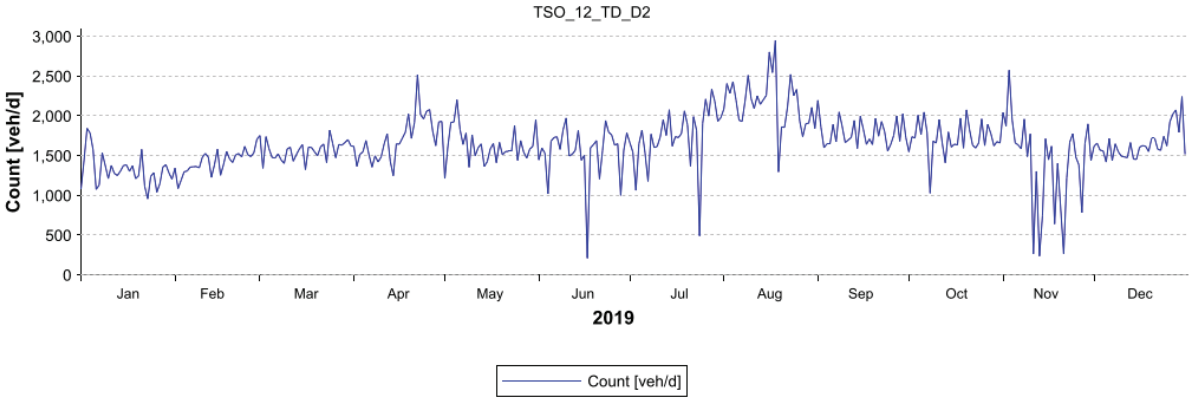
On the highway sections in Bosnia and Herzegovina Gradiška - Banja Luka and Banja Luka - Doboj, a system for traffic management on highways and in tunnels of the company Yunex Traffic has been implemented. The SITRAFFIC Varia software package manages the entire system and supports the functions described in the previous chapter.
This chapter presents data on traffic flow and speed on one of the intersections of the 9 January highway (Banja Luka - Doboj). The system was put into operation in December 2016, and the flow data is shown for 2017 as the first year of exploitation, then for 2019 and for 2021.

TRAFFIC FLOW TREND

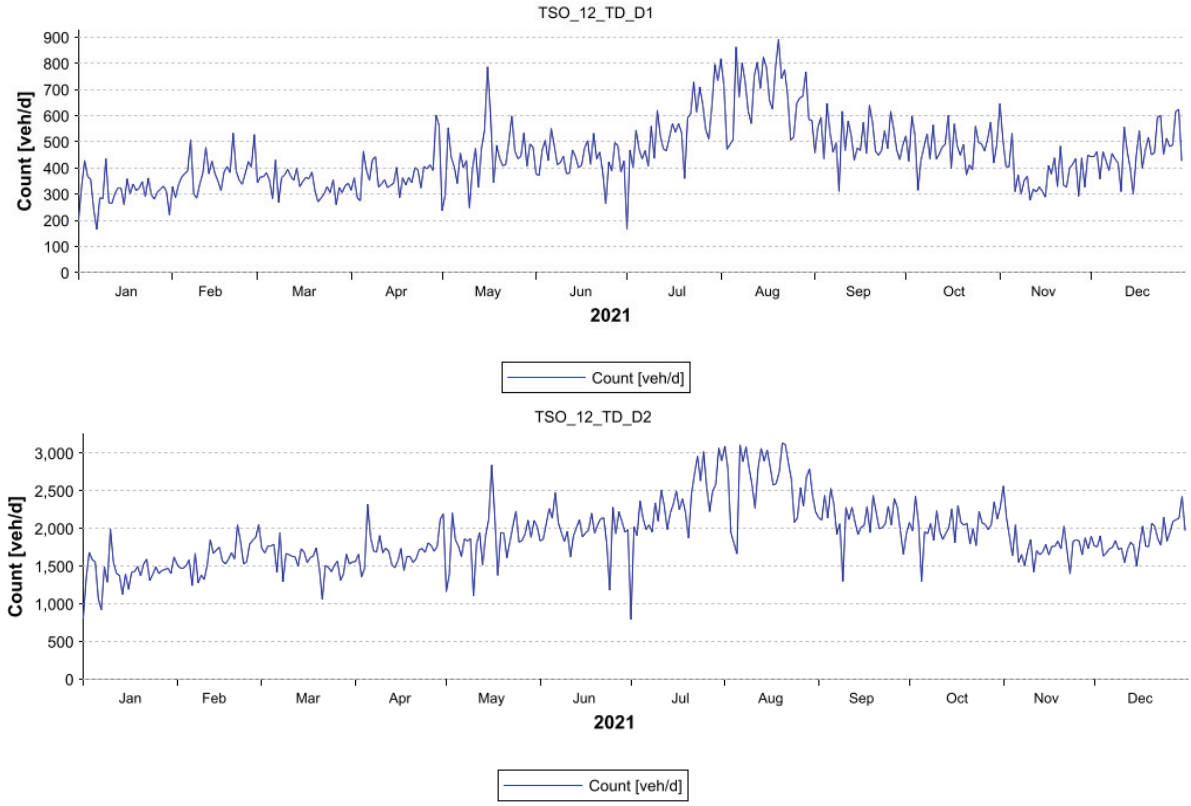
The traffic flow at the section of highway for 2017., 2019. and 2021. is shown on the following graphs.

Graph 1. Number of vehicles in 2017, per lanes.
Source: Sitraffic Varia





Graph 2. Number of vehicles in 2019, per lanes.
Source: Sitraffic Varia

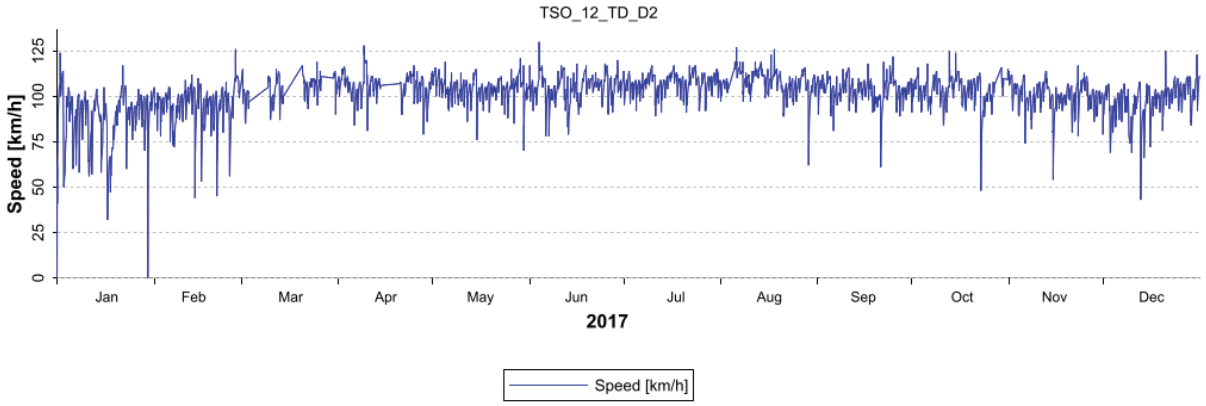


Graph 3. Number of vehicles in 2021, per lanes.
Source: Sitraffic Varia

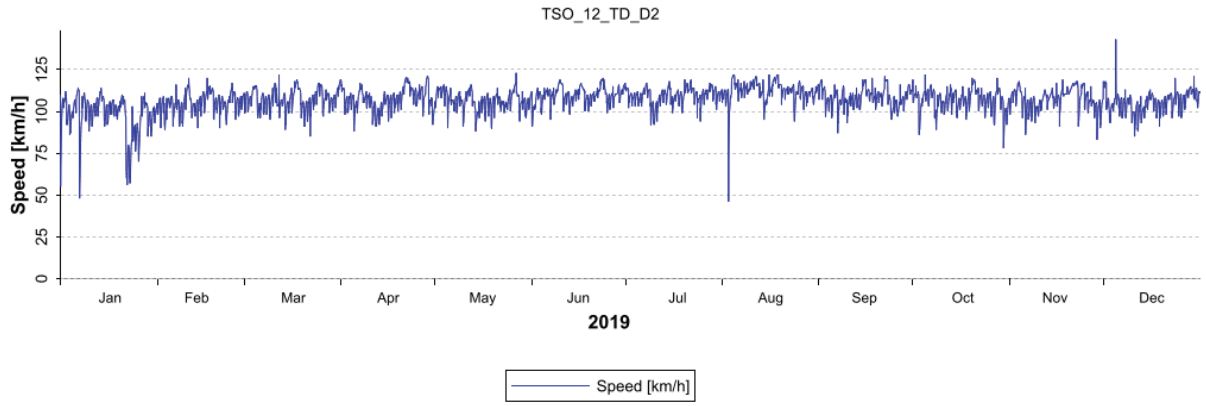
From traffic flow data shown in graphs 1, 2 and 3, it is noticeable that in 2017, i.e. in the first year of operation, the traffic flow at the section of the highway „January 9th“ was an average of 1100 veh/day. During 2019, the traffic flow increased to average of 2100 veh/day which is 90% more vehicles daily compared to the 2017. The maximum average daily traffic flow of 2600 veh/day has been reached in 2021, which is an increase of 24% compared to 2019 and even 136% compared to the first year of operation (2017). The highest traffic flow in all three years that are the subject of research is during the month of August, i.e. during the holiday season, while the lowest traffic flow of the year was recorded during the month of November.

SPEED TREND

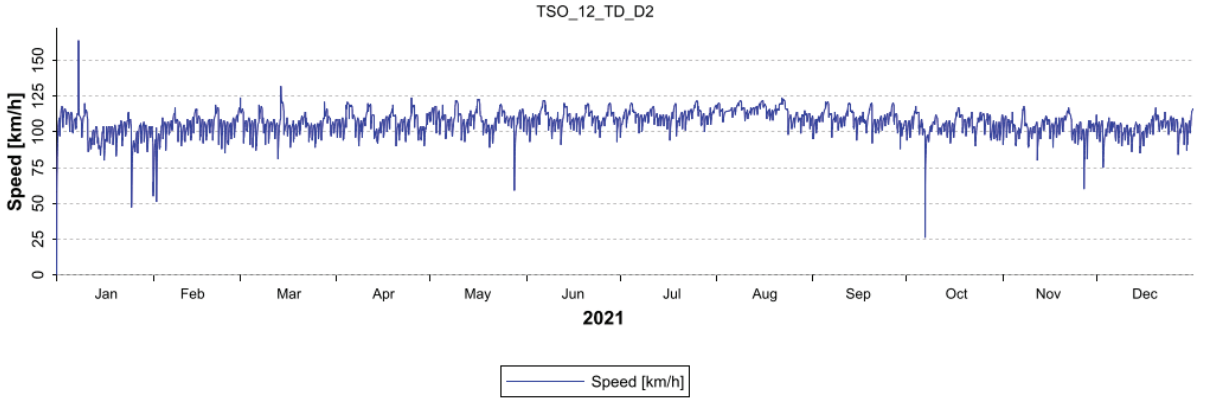
The speed limit on the highway “January 9th” is 130 km/h, the following graphs show the annual trend of speed changes in the driving lane for 2017., 2019 and 2021.



Graph 4. Vehicle speed in 2017.
Source: Sitraffic Varia



Graph 5. Vehicle speed in 2019.
Source: Sitraffic Varia



Graph 6. Vehicle speed in 2021.
Source: Sitraffic Varia

According to the vehicle speed data shown in graphs 4, 5 and 6, it can be concluded that the drivers in the driving lane adhere to the speed limit and that the average driving speed on this section is about 120 km/h with a couple of extremes.

CONCLUSION

Bearing in mind that highways are the highest-ranking roads in the national road network, while tunnels are the riskiest parts of highway sections, it is necessary that they are equipped with systems that ensure the highest level of safety. The Sitraffic Varia software package described in this paper enables the monitoring and reaction of the system automatically upon detection of incident situations or manually at the operator's request.

The biggest challenge of transport digitization is the transition from traditional systems to innovative software solutions that meet new standards. The examples discussed in this paper show only some of the basic functionalities of central systems that are important for statistics and monitoring by competent authorities and decision-makers. In addition to the described functions, the software can provide a range of additional functions depending on the requirements and standards of different countries and road managers. The agile development of software packages enables continuous progress, increasing the capabilities and functionality of the system. Considering the complexity of the system and the wide range of parameters that can be monitored, the set of parameters should be expanded in future researchs.

LITERATURE

The paper is based on internal documentation, which is the property of Yunex Traffic and is not publicly available.

Yunex Traffic, *Tunnel and Freeway Management,* [Internet] Available at: https://www.yunextraffic.com/global/en/portfolio/traffic-management/tunnel-and-freeway-management

Yunex Traffic, *Advanced Traffic Management*, [Internet] Available at: https://www.yunextraffic.com/global/en/portfolio/traffic-management/centrals/advanced-traffic-management

Тема / Topic 8

СЛОБОДНИ И СРОДНИ ТЕМИ ОД ОБЛАСТА НА ПАТИШТАТА И ПРЕЗЕНТАЦИЈА НА НОВИ ПРОЕКТИ

FREE AND RELATED TOPICS IN THE FIELD OF ROADS AND PRESENTATION OF NEW PROJECTS

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk
Т8 – 1

РЕХАБИЛИТАЦИЈА НА ДРЖАВЕН ПАТ А2, ДЕЛНИЦА „МИЛАДИНОВЦИ – ХИПОДРОМ“

REHABILITATION OF STATE ROAD A2, SECTION "MILADINOVCI - HIPODROM"

Ана Ѓорѓевиќ[1], Горан Мијоски[2], Ристе Ристов[3]
[1] дги, ПРОСТОР ДОО - Куманово, РС Македонија, ana.gjorgjevik@prostor.mk
[2] д-р, Градежен факултет - Скопје, РС Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk
[3] м-р, Градежен факултет - Скопје, РС Македонија, ristov@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Предметната делница од државниот пат А2 е од највисока класа – Автопат, наменет исклучиво за моторен сообраќај и започнува од НС „Миладиновци“ се до влезот во Скопје, и обратно од излезот на Скопје до „НС Миладиновци“.
Оваа делница е една од најоптоварените автопатски делници и во текот на експлоатациониот период има примено големо сообраќајно оптоварување, што резултирало со појава на видливи деформации и оштетувања на коловозот.
Рехабилитација на делницата „Миладиновци – Хиподром“ е со цел за подобрување на безбедноста и удобноста при патување, како и зајакнување и подобрување на коловозната конструкција и објектите на патот.

Клучни зборови

Коловозна конструкција, рехабилитација, деформации, оштетувања, сообраќај

Abstract

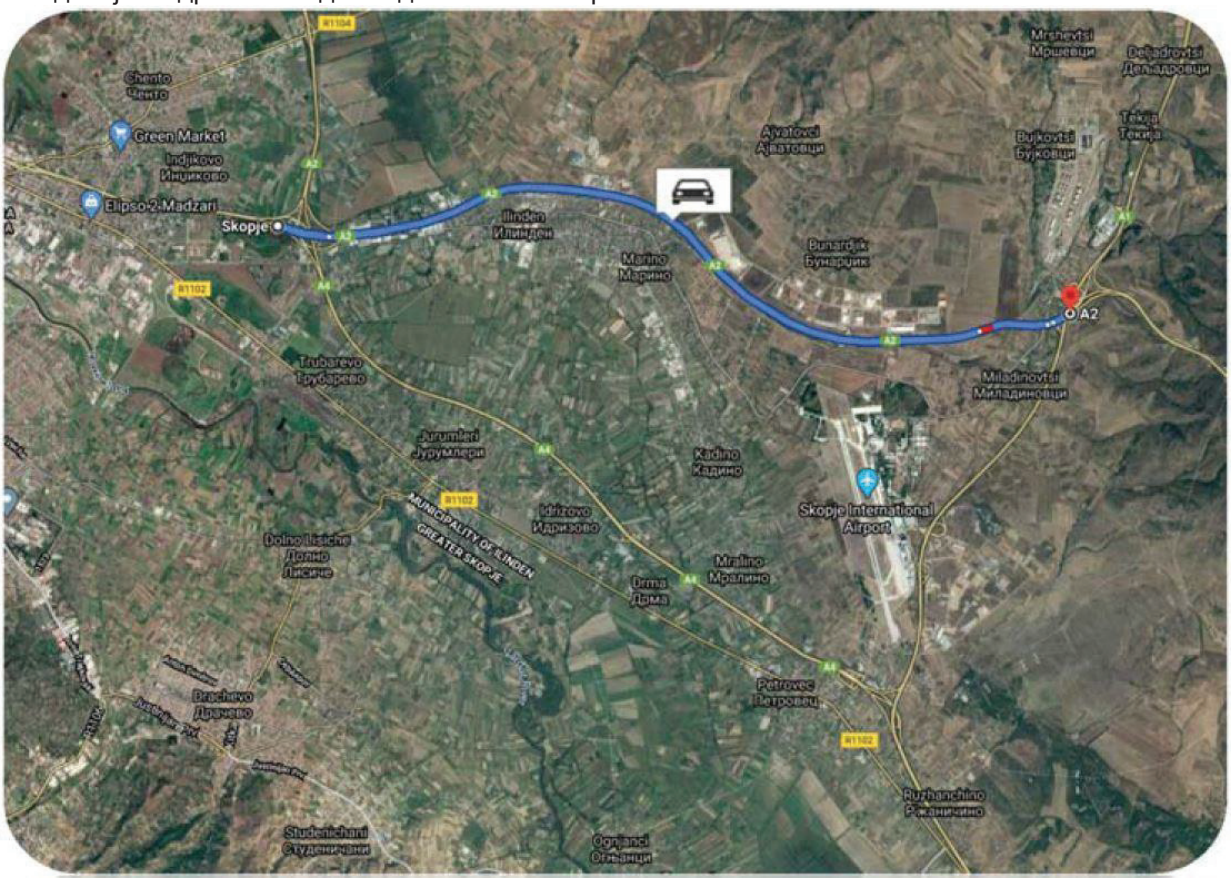
The subject section of the state road A2 is of the highest class - Motorway, intended exclusively for motor traffic and starts from the Toll Station „Miladinovci“ all the way to the entrance to Skopje, and vice versa from the exit of Skopje to Toll Station „Miladinovci“.
This section is one of the busiest highway sections and during the operational period it received heavy traffic loads, which resulted in visible deformations and damage to the pavement construction.
The rehabilitation of the section „Miladinovci – Hippodrome“ is aimed at increasing safety and comfort during travel, as well as strengthening and improving the road construction and road facilities.

Key words

Pavement construction, rehabilitation, deformations, damages, traffic

1 ВОВЕД

Предметната делница „Миладиновци – Хиподром“ е дел од патната мрежа на автопат А2 кој е дел од европскиот коридор Е-65 (коридор Север – Југ) кој овозможува поврзување на РС Македонија со државите од соседството и пошироко.



Автопатот е изведен со два паралелни коловоза одвоени со разделен појас. Почетокот на десниот коловоз започнува кај патнот јазол „Хиподром“, а завршува кај Наплатната станица „Миладиновци“, додека почетокот на левиот коловоз започнува кај Наплатна станица „Миладиновци“, а завршува кај патниот јазол „Хиподром“.
Вкупната должина на трасата предвидена за рехабилитација изнесува околу 20 km.
Попречниот профил е со одвоени коловози со средно зеленило со следниве димензии:

- Лента за застанување.....2,5 m
- Возна лента.....3,75 m
- Лента за претекнување.....3,75 m
- Рабна лента.....0,5 m
- Рабна лента.....0,2 m
- Банкина.....1,5 m
- Разделен појас.....4,0 m

2 УВИД ВО ПОСТОЈНА СОСТОЈБА

Постоечките елементи на хоризонтално решение на предметната делница се со радиуси од 1200 m и преодници по големи од 100 m, додека елементите на вертикално решение се со изведени вертикални радиуси поголеми од 18000 m.
Постојните попречни наклони на коловозот се димензионирани за брзина од 120 km/h. Во текот на долгиот експлоатационен период и притоа со константно зголемување на сообраќајното

оптоварување, на одредени делови на коловозната конструкција може да се забележат отстапувања на големината на попречните наклони во однос на проектираните.
По целата должина на автопатот постојат риголи и банкини, кои со ново проектираното решение е предвидено да бидат заменети со нови.
Од извршената визуелна проспекција на делницата можат да се констатираат дека на истата има појава на оштетувања и можат да се забележат деформации во вид на мрежасти пукнатини, подолжни и попречни пукнатини, рефлектирачки пукнатини на споеви, ударни дупки, колотрази како и лачење на битумен на асфалтната површина.
На одредени места постојат големи деформации предизвикани од лошата состојба на тампонот и на подобрената постелка. На истите потези предвидено е рушење на коловозната конструкција и целосна замена на истата.

3 ГЕОДЕТСКИ РАБОТИ

За потребите за изработка на проектно – техничката документација извршени се геодетски мерења на постојниот коловоз и на сите пратечки елементи кои се составен дел на автопатот.
На поставен полигонски влак во апсолутен координатен систем прво е извршено снимање на детални точки по профили на растојание од 10 m, а на секој профил поединечно снимени се по 7 точки на растојание од приближно 1,7 m.

4 ХОРИЗОНТАЛНО И ВЕРТИКАЛНО РЕШЕНИЕ

4.1 Хоризонтално решение

При проектирање на рехабилитација на предметната делница не се врши промена на хоризонталното решение, односно оската на автопатот е приближно идентична со постојните оски.
При изработка на проектно техничката документација користени се две оски:

- За десен коловоз во насока НС Миладиновци – ПЈ Хиподром;
- За лев коловоз во насока НС Миладиновци – ПЈ Хиподром.

Применетите елементи на хоризонтално решение на трасата се поодделни за секоја страна посебно на коловозт и во најголема можна мера ги пратат постојните.

4.2 Вертикално решение

Висинското позиционирање на рехабилитираниот коловоз во однос на постојниот е всушност клучната позиција за дефинирање на финалните решенија за постигнување на рамност на коловозната конструкција.
Постапка за дефинирање на нивелетата се состои од:

- Изработка на надолжен профил на постојниот коловоз по референтната оска на патот користејќи ја снимената 3Д модел ситуација на трасата;
- Изработка на модел за витоперење со примена на попречни наклони и наклони на витоперени рампи потребни за ефикасно одводнување на коловозот.

Вака добиениот надолжен профил се користи како водилка за дефинирање на конечна нивелета на рехабилитираниот коловоз со паралелно подигање на постојната нивелета за 5 cm. Со подигање на нивелетата за 5 cm, најрационално го искористуваме постојниот коловозен застор, односно го стругаме постојниот абечки слој со дебелина од 6 cm и предвидуваме надградба за 4 cm.

4.3 Карактеристични попречни профили

Карактеристичните профили на патната делница Миладиновци – Хиподром се дефинирани со ободни точки (шајчиња). Профилите се на меѓусебно растојание од приближно 10 m со по 7 точки на коловоз по насока.
На одредени потези по извршени геотехнички истраги и визуелна проспекција на постоечката коловозна конструкција, утврдено е дека е потребно комплетно вадење на асфалтот, од причина што со текот на времето има големи оштетувања на коловозот предизвикани од сообраќајното оптоварување.
По вадење на асфалтните слоеви потребно ке е да се направи дополнително испитување на тампонот и на постелката за да се провери нивната носивост. Доколку истата се покаже како слаба, потребна е целосна замена и на тампонот и на постелката.
Во карактеристичните попречни профили прикажани се големините на ново усвоената коловозна конструкција.

4.4 Коловозна конструкција

На основа на извршената визуелна проспекција и направена пресметка за надградбата на постоечкиот асфалт, усвоени се следниве типови на коловозни конструкции:

ТИП 1 - двослојна надградба – возни ленти

- СМА 11с ПмБ 45/80-65 d= 4,0 cm
- БНС22сА ПмБ 45/80-65 d= 6,0 cm

ТИП 2 - двослојна надградба – возни ленти

- СМА 11с ПмБ 45/80-65 d= 4,0 cm
- БНС22сА ПмБ 45/80-65 d= 9,0 cm

При рушење на постоечката коловозна конструкција се појавува потреба за дополнителен асфалтен слој БНС32сА ПмБ 45/80-65.

ТИП 3 – нова коловозна конструкција – возни ленти

- СМА 11с ПмБ 45/80-65 d= 4,0 cm
- БНС22сА ПмБ 45/80-65 d= 6,0 cm (9.0 cm)
- БНС32сА ПмБ 45/80-65 d=10,0-13,0 cm

На лентите за запирање се предвидува следниов тип на коловозна конструкција:

ТИП 1 - еднослојна надградба - ленти за запирање

- АБ16 d= 4,0-6,0 cm

Коловозна конструкција кај објекти

Кај објектите на патот се предвидува гребење на коловозна конструкција до бетонска плоча. По гребењето на постоечката коловозна конструкција се предвидува поставување на нова и тоа:

- Изолација од битуменско потекло, битуменска хидроизолациона лента со дебелина од 5 mm,
- Битуменизиран носив слој БНС 22сА ПмБ 45-80/65 со просечна дебелина 6 cm,
- СМА 11с ПмБ 45-80/65 со дебелина на слојот од 4 cm.

4.5 Технологија на градење

По направени теренски и лабараториски истражувања извршено е димензионирање на коловозната конструкција, со што се дадени препораки за постапки на градење по извршено гребење на коловозната конструкција.

По машинско гребење на коловозната конструкција, на длабина од околу 10,0 cm, се очекува да се појават мрежасти и поединечни пукнатини и истите е потребно да се санираат. Се очекува појава на 3 типа на големина на пукнатини:

- Мали пукнатини (до 5 mm)
- Средни пукнатини (5 -20 mm)
- Големи пукнатини (поголеми од 20 mm).

На одредени места на веќе изгребаниот коловоз може да имаме останат асфалтен слој, кој е тенок и слабо залепен, па потребно е истиот да се отстрани.

Целата гребана површина се прска, според препорака на производителот со ПМБ КН 60, па потоа следи вградување на израмнително носивиот слој БНС 22сА ПмБ 45/80-65 со минимална дебелина од 6 (9) cm, по што следува прскање на целата површина со ПМБ КН 60.

На крај следува асфалтирање на завршниот слој СМА 11с ПмБ 45/80-65, спој топло на топло и за истото се предлагаат два типа на изведба:

- Асфалтирање во спрег со два финишера. На возните ленти ќе се изведе асфалт бетонскиот слој СМА 11с ПмБ 45/80-65 во дебелина од 4 cm. Првиот финишер ќе оди напред на двете возни ленти, од десна страна, со ширина од околу 8,5 m и ќе му биде водилка на вториот финишер. По асфалтирањето на двете возни ленти, надолжниот спој се изведува со битуменска лента (со димензии 2,5 x 3 cm) и со втор финишер со АБ 16 се пристапува кон финиширање на третата возна лента .
- Асфалтирање во спрег со два финишера. На возните ленти ќе се изведе асфалт бетонскиот слој СМА 11с ПмБ 45/80-65 во дебелина од 4 cm. Првиот финишер ќе оди напред на двете возни ленти, од десна страна, со ширина од околу 8,5 m. По асфалтирањето на двете возни ленти, надолжниот спој се изведува со битуменска лента (со димензии 2,5 x 3 cm), се пристапува кон асфалтирање на лента за запирање со АБ 16 со дебелина од 4-6 sм.

Пред почеток на асфалтирање на ново предвидената коловозна конструкција, изведувачот е должен на надзорниот орган да му предаде елаборат со рецептури за проектирање на асфалтни мешавини кои се вградуваат, согласно МКС ЕН стандардите.

5 ОДВОДНУВАЊЕ НА КОЛОВОЗНА КОНСТРУКЦИЈА

Одводнувањето на коловозните површини обезбедено е со проектираните попречни и подолжни наклони на коловозот. За подолжно евакуирање на водите проектирани се разни облици од објекти за одводнување издигнат рабник, каналета, канавка, ригола, берма и др.
При определување на вид на детал за одводнување (ригола или банкина), посебно се однесува за риголи, водено е сметка да се задржат постојните, бидејќи спрема нив има изведено ревизиони шахти, кои би ја изгубиле својата функција доколку се измени некој детал од системот за одводнување.

Со оглед на тоа дека се поставуваат нови риголи, бермите како дел од истите се прилагодуваат спрема постојниот терен при што наклонот на бермите на поедини потези е променлив и треба да се вклопи со веќе постоечките косини на профилите во ископ.

6 ЗАКЛУЧОК

На основ на добиените податоци за сообраќај од страна на Јавното Претпријатие за Државни Патишта, направено е димензионирање на коловозна конструкција и извршена е пресметка за сообраќајно оптоварување за временски период од 10 години, со што се дефинирани слоевите на коловозната конструкција.
Со овој проект се предвидува рехабилитација на предметната делница за период на експлоатација од 10 години.
Во текот на експлоатациониот период потребно е редовно одржување на патот, чистење на објектите за одводнување, со што ке се обезбеди поголема трајност и функционалност на патот.
Исто така, неопходно е поставување на автоматски бројачи на предметната делница, со цел за следење на големината на сообраќајното оптоварување (ПГДС и структура на сообраќајот).
Предвидените асфалтни мешавини за рехабилитација, потребно е да се изработат според рецептури согласно стандардите МКС ЕН 13108-5 за СМА асфалт и МКС ЕН 14023 за БНС носечки подлоги.
Предвидени се критериуми за квалитет кои треба да ги задоволи изведената коловозна конструкција и тоа за постигната рамност (попречна и надолжна), отпор против лизгање и текстура на завршниот абечки слој.
Истотака, предвидени се и критериуми односно минимални вредности, кои треба да бидат постигнати односно задржани, пред истекот на гарантниот период од 2 (две) години.

7 РЕФЕРЕНЦИ

[1] Јавно претпријатие за Државни Патишта (2019). Податоци за просечен годишен дневен сообраќај (ПГДС) од 2019 година

[2] Јавно претпријатие за Државни Патишта (1995). Постојна документација за предметната делница (проектнаа документација и документација за дополнително изведени работи во фаза на експлоатација)

[3] Јавно претпријатие за Државни Патишта (2019). Податоци од измерени дефлексии и измерена надолжна и попречна рамност

[4] ПРОСТОР ДОО Куманово, Блажевска Г. (2022). *Елаборат за геодетско обележување: делница А1, Миладиновци – Хиподром*

[5] ПРОСТОР ДОО Куманово, Ѓорѓиевски З. (2022). *Елаборат за геотехнички истражни работи: делница А1, Миладиновци – Хиподром*

[6] ПРОСТОР ДОО Куманово, Нешевска А. (2022). *Елаборат за димензионирање на коловозна конструкција: делница А1, Миладиновци – Хиподром*

[7] Ѓорѓевиќ Г. (2022). *Технички извештај за основен градежен проект за рехабилитација: делница А1, Миладиновци – Хиподром*

[8] Законска и техничка регулатива.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T8 – 2

ROAD INFRASTRUCTURE IMPROVEMENT BY URETEK GEO RESIN
ПОДОБРУВАЊЕ НА ПАТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА СО URETEK ГЕО СМОЛА

Tomislav Gregurić[1], Robert Maros[2]
[1] mag. ing. min., Taus d.o.o., Hrvatska, tomislav.greguric@uretek.hr
[1] Taus d.o.o., Hrvatska, robert.maros@uretek.hr

Апстракт

Го опишува методот на длабоко вбризгување со експанзивни полиуретански смоли. Применет во ослабените почвени зони на насипот до абатментот и под горната структура на тротоарот, вдлабнување на тротоарот. Подобрување на геомеханичките карактеристики на почвата, постигнување кохерентност како што се изведува од 1 до неколку метри под површината на коловозот.
Инјекциите се вршат со смола URETEK Geoplus, чија хемиска реакција е контролирана и брза (времетраење од 6-10 секунди), смолата развива експанзионен притисок до 10 MPa.
Методот е брз и ефикасен, гарантиран квалитет, постигнувајќи ја потребната јачина која трае од неколку минути до 24 часа од инјектирањето. Примената на овој метод овозможува наизменично искористување на патот во спротивна насока.

Клучни зборови

Uretek, Геоплус, смола армирана почва , тест

Abstract

Describes the method of deep injection with expansion polyurethane resins. Applicated in the weakened soil zones of the embankment to the abutment & below the upper structure of the pavement, depression of the pavement. Improving the geomechanical characteristics of the soil, achieving coherence as performed from 1 to several meters below the pavement surface.
The injections are performed with URETEK Geoplus resin, whose chemical reaction is controlled and fast (duration from 6-10 seconds), resin develops expansion pressures of up to 10 MPa.
Method is fast and efficient, guaranteed quality, achieving the required strength that takes from a few minutes to 24 hours from injection. The application of this method enables the alternate exploitation of the road in the opposite direction.

Key words

Uretek Geoplus resin, reinforced soil, tests

1. INTRODUCTION

Differential settlement of pavements on the roads occurs mainly due to high traffic load and deterioration of mechanical and hydraulic properties of the foundation soil beneath the abutments and pavement structures. Foundation soil represents area of the soil directly beneath the pavement structure and the substructure of the road and it's the last structure media into which all the static and dynamic loads are transferred to, and it has various roles [1].

Damage to the pavement structures mainly occur as the result of the settlement of material due to bad embankment material installation, subgrade settlement or some other reason, and due to improper functioning of the drainage from the access ramp pavement which lead to unevenness of the pavement of the embankment and jeopardizing the safety and comfort of traffic [2].

In order to stop further damage and settlement of the foundation soil beneath the pavement structure, foundation soil must be rehabilitated. Based on the research and experience with polyurethan resin when rehabilitating foundation soil beneath the upper structure of the road, resin have a huge advantage before the traditional methods because of the following reasons:

1. road rehabilitation is conducted without demolishing the upper structure with the possibility of partial execution
2. enables quick usability and function of the surface or space under which it is injected
3. procedure lasts significantly shorter than the traditional methods
4. enables minimal obstacles when injecting
5. works can be conducted in any part of the year, day and night
6. extremely low temperatures do not affect the characteristics the performance quality
7. significantly extends the life of the pavement
8. resin is light and does not increase the mass of the soil
9. elasticity modules are similar to the ones of the soil

2. URETEK TECHNOLOGY

Injection of the polyurethan resin differentiates from other types of injections, because of its possibility to expand under the high pressure which reaches a condition of equilibrium with the stress sin the surrounding soil. Expansive resin injecting procedure represents soil compaction while injecting high expansion pressure (up to 10 MPa) polyurethan resin which improves geomehanical properties of the soil. Expansive resin injection began in 1975. in Finland. With its technology development, it is increasingly used in construction and other industrial branches [2].

3. EXPANSIVE RESIN

There are several kinds of resin, which quickly expand under different expansion pressures which range from medium to high. Insignificant amounts of resin inject directly underneath the pavement structure into the soil volume when the stress state reaches its peak. In order to avoid the outflow of that volume, together with increase of viscosity, expansion has to be fast. For that reason, resin starts to expand immediately after being injected into the treated soil. High expansion pressure of the resin is also necessary in order to ensure proper soil compaction and to ensure certain speed of expansion it has to be much higher than the stress state in the soil which is induced by construction load. Expansion process, firstly, leads to soil compaction, and then, when suitable structures, to lifting [2].

In very short period (from several seconds to several minutes) resin mixture hardens, i.e., changes from liquid to solid state. Reaction time, which depends on the type of the used resin and type of the catalyser, is under the influence of the components of the mixture temperature. For that reason, by controlling temperature of components, it is possible to slow down or speed up the reaction.

Final mechanical properties are achieved with components mixing, all depending on the application and injection technique. Figures 1 and 2 show typical mechanical properties of the basic polyurethane resin with high expansion pressure.

In principle, higher the expansion rate, lesser is the density and the compressive strength, and vice versa. Most of the resin mixtures reach 95% of the strength in the first 5-10 minutes, and 100% 24 hours after injecting. Speed of the expansion varies depending on the pressure rate ranging from 200 kPa to 10.000 kPa. Final state of density and compressive strength of the resin equals to 8.000 kPa. Mixture density in liquid, original state is 10,5 kN/m^3, very close to density of water [2].

Shear strength of the resin varies between 0,125 and 6,50 MPa, depending on the final density and expansion rate [2].

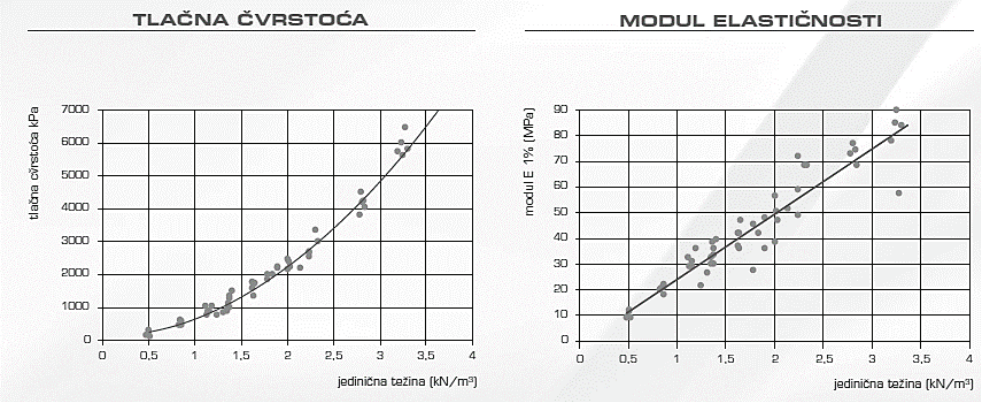


Figure 1. Typical mechanical characteristics of the basic high compressive strength PU resin Source: Taus d.o.o.

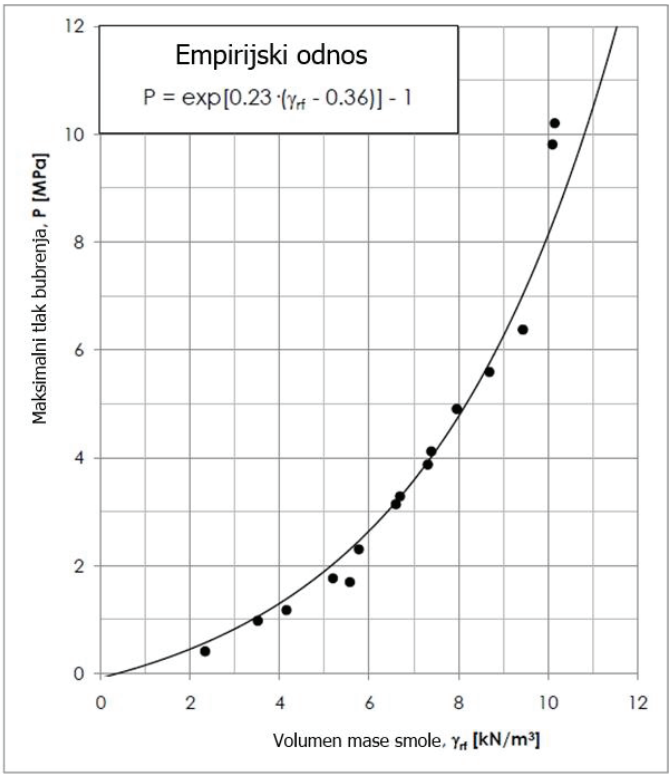


Figure 2. Typical mechanical characteristics of the basic high compressive strength PU resin Source: Taus d.o.o.

4. URETEK TECHNOLOGY METHODS

Considering the wide usage possibilities of the polyurethanes resin, following methods differ:

1. Deep injections – method used to improve load-bearing capacity of the soil
2. Micro anchor
3. Floor Lift
4. Cavity Filling – method of complete filling and stabilization of underground cavities
5. Walls Restoring - technology for the reconstruction of worn-out binders inside masonry buildings

Considering the frequency of pavement settlement, in this paper we will concentrate on the **Deep Injections Technology description.**

4.1 Deep Injection Multipoint

In order to stop the process of settlement of the buildings or to improve characteristics of the soil URETEK developed technology of local injection of expansion resin, which enables expansion pressure in the soil up to 10.000 kPa [2].

Deep Injection technology has been used in the world for 25 years. Dynamics of the works are relatively simple and do not require invasive excavations and the use of the heavy machinery.

Multipoint system represents the newest deep injection ground improvement with further advantages.

4.1.1Performance

Uretek DEEP INJECTIONS multipoint system is fast, non-invasive and shows immediate results. Small diameter boreholes drilling guarantees low vibration and eliminates the need for any excavation machines or heavy drills. Injection pipe is placed to previously determined depths of poor quality soil, after which the resin injection process begins (Figure 3).

4.1.2Injection pipes and resin

Pipe is perforated and has diameter of 12 mm. Perforations on the pipe are placed on precisely calculated distances and have different diameters, all for the purpose of the resin flow optimization into the critical zones of weakened soil, and thus improving the coherence of the soil.

URETEK GEOPLUS is two-component polyurethane resin whose ratio of components can determine the level of pressure from medium to high. Insignificant amounts of resin inject directly underneath the foundation into the soil volume when the stress state reaches its peak.

High expansion pressure of the resin is also necessary in order to ensure proper soil compaction and to ensure certain speed of expansion it has to be much higher than the stress state in the soil which is induced by construction load.

4.1.3 Injection

To prevent unnecessary loss of the resin, and also to ensure the necessary amount and achieve the optimal strengthening effect, injection is stopped several times for several seconds. In that time, resin is expanding and compacting the surrounding soil, building the obstacle for the resin in next interval. The entire procedure is monitored by electric receivers illuminated by a laser transmitter.

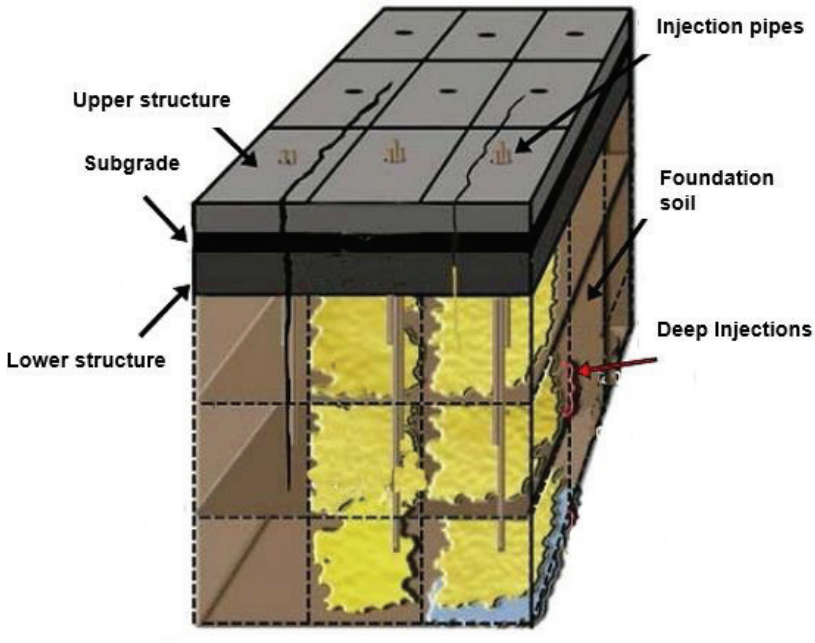


Figure 3. Outlet openings distribution and spread of resin
Source: Taus d.o.o.

5. OTOK SVIBOVSKI OVERPASS REHABILITATION

Overpass (Figure 4) rehabilitation was performed in August 2020. Span construction in Otok Svibovski junction is prestressed continuous ribbed monolithic assembly crossing three fields in range 23,0+30,5+23,0 m. The length of the construction is 91,50 m between the ends of the wings, measured along the axis of the overpass. The length of the span assembly from the axis of abutment U1 to the axis of abutment U2 is 76,50 m.

Figure 4. Otok Svibovski overpass
Source: Google maps

Settlement of the embankment also caused settlement of the pavement structure of the embankment, which could be noticed from the uneven surfaces of the asphalt pavement, the depressions of the asphalt up to transition ramp, the open joints of the embankment. The settlement of the access roads on both sides of the bridge amounted to a length of 10 m.

Rehabilitation solution involved injecting the foundation soil underneath the road surface. Apart from strengthening the foundation soil and improvement of the mechanical parameters, the impact of the water on soil was decreased with injecting the resin, that is, the permeability of the material under the road has decreased. The access part of the road was repaired on both sides of the bridge with a total area of 400 m^2, 10,0 m in length and approx. 20,0 m in width. The intervention area shown in Figure 5. Injection was performed in three levels up to maximal depth of 3,0 m from the surface on a grid of 0,8 m x 1,2 m (View of execution – Figure 6).

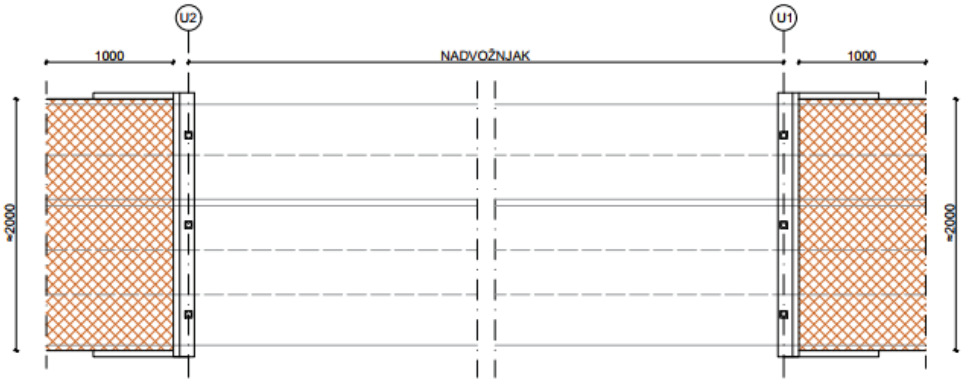


Figure 5. Intervention area – plan Otok Svibovski
Source: Taus d.o.o.

a) Deep Injection pipes instalment *b) Access Road – subject of rehabilitation*

Figure 6. View of rehabilitation execution – Otok Svibovski bridge
Source: Taus d.o.o.

After the completion of the injecting, control tests of the foundation soil were carried out using the penetration test DPM-30 in order to determine the degree of compaction of the soil in the treated zone and the effectiveness and success of the performed method. The presentation of the results of one such test is given below in Figure 7. The tests were stopped after 1,9 m due to extremely good results, where already after 1.10 m a great improvement in the mechanical characteristics of the soil was established.

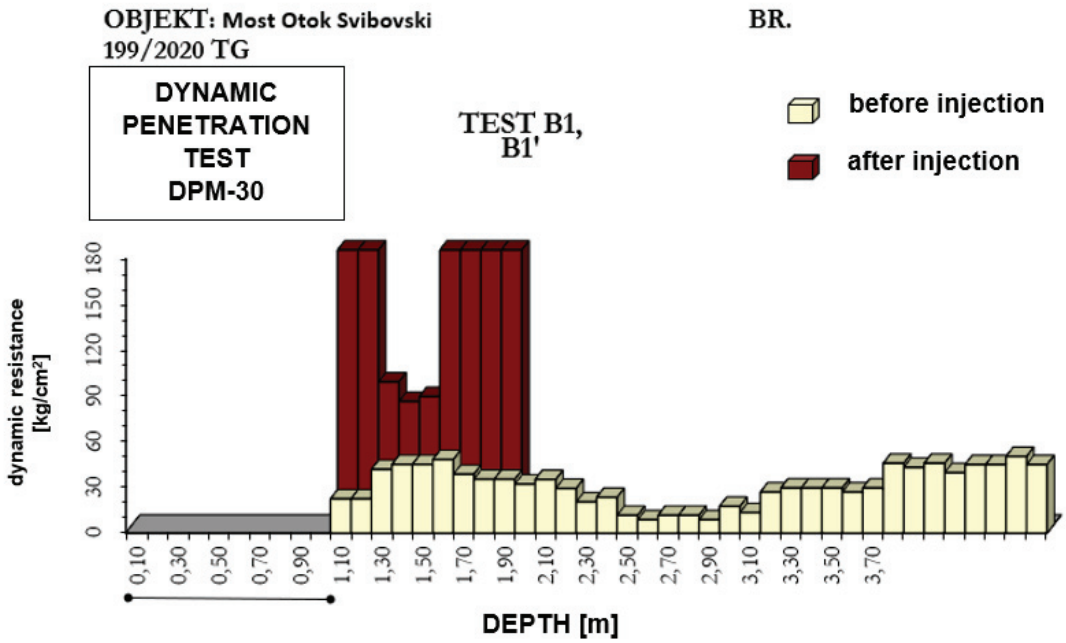


Figure 7. Diagram of dynamic resistance of the soil before and after injection
Source: Taus d.o.o.

6. REHABILITAION OF THE CELJE-LJUBLJANA HIGHWAY (SLOVENIA)

Rehabilitation was done on the Celje – Ljubljana highway in the Jasovnik (Figure 7) and Ločica tunnels, where, after ten years after the construction, concrete slabs collapsed as the result of excessive loads on the weakened pavement structure in the area of stone material and cement stabilization. The goal was to strengthen the damaged zone of the pavement construction and align the upper surfaces of the slabs to the same level. Investor had two solutions:

1. Demolish the entire pavement structure and build a new one with a long interruption of traffic

2. Improve geomechanical characteristics of the foundation construction by injecting polyurethane expansion resin in the shortest time and without interrupting the traffic

Investor chose the second solution.

Figure 8. Portal of tunnel Jasovnik
Source: Uretek Slovenia

At the joint of the concrete slabs, a vertical displacement of up to 25,0 mm appeared (shown in Figure 9). Part of the slabs sank below the level of the road surface due to the damaged foundation structure. The problem arose in the zone of the lower structure, which caused the formation of cavities directly under the concrete slab.

Figure 9. Vertical displacement between the concrete slabs
Source: Uretek Slovenia

In relation to the volume and distribution of the damage, a grid for injection was made. Boreholes with a diameter of 14 mm and a depth of 30 to 50 cm were drilled at intervals of 30 to 150 cm, depending on the severity of the damage (Figure 10).

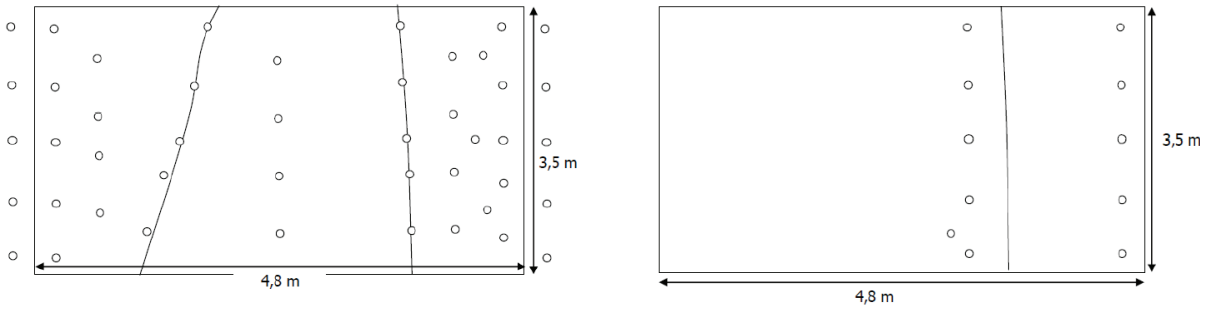


Figure 10. Schematic representation of the boreholes grid
Source: Uretek Slovenia

Injection was performed with resin with high expansion pressure and fast hardening. A resin mixture was prepared that reached 95% of its strength after one minute, and full strength after 24 hours. During injection, the road surface was continuously monitored with a high-precision laser leveller. After injection, the pipes are cut in the plane of the pavement, and the rest remains in the borehole. Holes on the surface are repaired with cement or epoxy.

The works were carried out at night without interrupting the traffic. 15 concrete slabs, each 3,50 m x 5,0 m (17,50 m2) or a total of 262,50 m^2, were repaired daily. In total, rehabilitation lasted ten days, and a total of 2,625.00 m^2 of pavement was repaired.

7. CONCLUSION

Based on the research and experiences with polyurethane expansion resins in the rehabilitation of the foundation soil under the upper road structure, it can be concluded that the application is justified in a technical and economic sense.

Resins have huge advantages over traditional methods such as:

- road rehabilitation is conducted without demolishing the upper structure with the possibility of partial execution
- enables quick usability and function of the surface or space under which it is injected
- procedure lasts significantly shorter than the traditional methods
- enables minimal obstacles when injecting
- works can be conducted in any part of the year, day and night
- extremely low temperatures do not affect the characteristics the performance quality
- significantly extends the life of the pavement
- resin is light and does not increase the mass of the soil
- elasticity modules are similar to the ones of the soil

According to the above mentioned, there are huge advantages and possibilities of application of polyurethane resins in the field of road maintenance. For the above reasons, the Uretek Deep Injections technology was chosen during the injection in both mentioned cases of pavement rehabilitation. The advantage of the selected rehabilitation technology is primarily the speed of execution, as there are no heavy machinery or construction waste at the location, and the injection works take a short time.

8. LITERATURE

[1]. Kvasnička P,Domitrović D. (2007) Mehanika tla, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko geološko naftni fakultet

[2]. AIT – Austrian Institute of Technology: Tehnička dokumentacija proizašla iz postojećih dokumenata i provedbe općih testova GEOPLUS proizvoda

[3]. TUVIT-ISP-2012001-URETEK S.R.L. - Certifikat-Procjena postupaka URETEK DEEP INJECTIONS metode za konsolidaciju i stabilizaciju temeljnog tla injektiranjem ekspandirajuće smole

[4]. Dei Svaldi A., Favaretti M., Pasquetto A., Vinco G.,2005. *Modellazione analítica del miglioramento del terreno attraverso iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione,* Conference on Ground imrovement techiques, Coimbra, 6 pages.

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

Т8 – 3

Деформациски карактеристики на материјали со мала тежина и нивна примена во патната инфраструктура

Deformation characteristics of lightweight materials and their application in road infrastructure

Мила Смиљановска[1], Александра Н. Атанасовска[2], Станислав Ленарт[3], Бојан Жлендер[4], Јосиф Јосифовски[5]

1 М-р, Градежен Институт „Македонија', Р.С.Македонија, smiljanovska.mila@yahoo.com

2 М-р, Р.С.Македонија nikolovskaaleksandra189@gmail.com

3 Доц. д-р, Словенечки Градежен Институт, stanislav.lenart@zag.si

4 Проф. д-р, Факултет за градежништво, транспортно инженерство и архитектура, Универзитет во Марибор, Словенија, bojan.zlender@um.si

5 Проф. д-р, Градежен Факултет – Скопје, УКИМ, Р.С.Македонија, jjosifovski@gf.ukim.edu.mk

Апстракт

Климатските промени бараат брз и ефективен одговор од инженерската фела во однос на потребите во секојдневниот живот. Во последно време, патната и железничката инфраструктура како значаен дел од современите транспортни системи, е под сериозно влијание на промените во инженерството. Како дел од една поголема истражувачка студија, овој труд дава придонес кон дефиницијата на т.н. „лесни" материјали како можно решение за подобрување на слабоносивата подлога. Употребата на овие материјали носи придобивки при примената во геотехниката. Благодарение на нивната мала густина, може да се користат како „лесен" материјал со цел намалување на тежината во области со слабоносива подлога. Поради нивната добра порозност и следствено добрите својства на топлинска изолација, овие материјали можат да се користат како слоеви за заштита од мраз во студените региони или како термоизолационен слој под конструкциите во нискоградбата. Во механичка смисла, имајќи ги предвид релативно дебелите ѕидови на порите во споредба со дијаметарот на празнините, овој материјал се карактеризира со добра јакост на притисок и крутост. Сепак, доволната јакост на смолкнување и крутоста можеби не се очигледни. Па така, постои недостаток на информации во врска со деформационите својства на овие материјали бидејќи тие би можеле да станат важен градежен материјал за изградба и реконструкција на критичната инфраструктра погодена од климатските промени во Европа во иднина. Попрецизно, трудот ги прикажува резултатите од лабораториските тестови на примероци во голем размер од материјали со мала тежина, имено агрегати од експандирана глина и агрегати од пенесто стакло, при директно смолкнување, за да се дефинираат крутоста и пригушувањето при различни состојби на напрегања. Со цел локално мерење на деформациите на примерокот користени се линеарно променливи диференцијални трансформаторски сензори. Како резултат на тоа, добиени се графици при корелација на напрегањата и деформациите, сè со цел да се пресмета модулот на деформација, како и другите својства на материјалите. Ова истражување е дел од проектот LIWEMAT, добиен во рамките на GEOLAB – Наука за подобрување на критичната инфраструктура во Европа и финансиран од програмата Horizon 2020 од Европската Унија. Сите тестови се извршени во Словенечниот Градежен Институт (ZAG) во Словенија.

Клучни зборови

Климатски промени, патна инфраструктура, „лесен" материјал, агрегати од глина и пенесто стакло.

Abstract

Climate changes require a fast and effective response from the engineering world to everyday needs. In the recent period, the road and railway infrastructure as a significant part of modern transportation systems is seriously affected by the changing engineering conditions. As a part of a larger research study, this paper makes a contribution to the definition of lightweight materials as a possible solution for the improvement of low-bearing subgrade. The use of lightweight materials brings several benefits to geotechnical applications. Due to their low density, one can utilize lightweight material for weight reduction purposes in areas with a low bearing subgrade. Due to their high porosity and consequently good thermal insulation properties, lightweight materials can be used as frost protection layers in cold regions or as a thermal insulation layer under road structures. In a mechanical sense, considering relatively thick pore walls compared to the diameter of the voids, this material can exhibit good compressive strength and stiffness. However, sufficient shear strength and stiffness might not be self-evident. Thus, there exists a lack of information regarding the deformation properties of lightweight materials as they might become an important construction material for the construction and reconstruction of climate change-affected critical infrastructure in future Europe. More precisely, the paper presents results from large-scale laboratory tests of lightweight specimens, namely expanded clay aggregates and foamed glass aggregates, in simple shear mode to define stiffness and damping properties under various stress states. Linear variable differential transformer sensors were used to measure the strains locally. As a result, stress-strain charts are obtained to calculate the deformation modulus and other material properties. This research is part of the LIWEMAT project received under GEOLAB - Science for enhancing Europe's Critical Infrastructure and funded by the European Union's Horizon 2020 program. All the tests are performed at the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute (ZAG) in Slovenia.

Keywords Climate change, road infrastructure, lightweight material, clay and foamed glass aggregates.

1. INTRODUCTION

Some of the most commonly used lightweight materials in earthworks are expanded polystyrene (EPS) [1], [2], [3], [4], extruded polystyrene (XPS) boards [5] granulated tire rubber [6], [7], and various natural and artificial lightweight aggregates, e.g. lightweight clay aggregate [5], [8], lightweight aggregates from sand sludge, and foam glass aggregate [9], [10].

Lightweight aggregates are obtained either from natural or artificial resources, yet using artificial lightweight aggregates but generally, those made from waste materials are environment-friendly and economical solutions [11]. They are preferred due to their low density, which brings the advantage of their use in infrastructure in case of compressible and low-strength subgrade. Lightweight materials are aggregates with a particle density not exceeding 2000 kg/m^3 or a bulk density not exceeding 1200 kg/m^3. Their properties come from their porous structure with a uniform pore distribution, closed cells, and a hard, densely sintered outer surface. Due to low density, the use of lightweight material is an added advantage when used as subgrade bed filler in road pavements or railway tracks. The primary reason for the use of lightweight materials is weight reduction with respect to their strength [12]. With relatively low water absorption, high mechanical strength, and high frost resistance, expanded glass aggregates are the perfect material for such a task.

This research aims to determine the characteristics of expanded clay and foamed glass aggregates through laboratory testing, performing cyclic loading for the stiffness and damping evaluation, which would be beneficial parameters for numerical simulations.

1.1 Material

According to data published by the European Container Glass Federation (FEVE), the recycling of glass has reached record levels across all countries of the European Union in 2014 with a volume of 11.6 million, or a rise of 3.5% compared to 2013 [13]. In 2018, 18.7 million tons of container glass waste was produced [6]: 26% recycled, 13% destined for combustion with energy recovery, and the remaining 61% ended in a landfill. In 2020, production reached a volume of 35.9 million tons [14]. The worldwide production is approximately 195 million annually, out of which 46% is container glass [15].

Fig. 1: Lightweight foamed glass aggregate

Generally, foam glass is composed of 98% recycled glass. The production of expanded glass aggregate involves mixing fine-grained ground waste glass with appropriate expansive agents and heating it at high temperatures up to the softening point of glass to achieve a viscosity of less than 10E6.6 Pa (Ducman et al., 2002) [16]. The foam glass aggregate has a homogeneous microstructure with approximate uniform shapes and sizes. Foam glass aggregate is considered to be one of the best insulation materials with several unique properties (Fig. 1). Thus, it can be widely used in many applications such as basement walls, foundations, floors, terrace and garden covers, rooftops, and parking lots [17].

Fig. 2: a) Expanded clay aggregate; b) Interconnected different sizes of air-filled cavities

Another type of lightweight material family is expanded clay aggregate (Fig. 2.a). The lightweight expanded clay aggregate is produced from special plastic clay with no or very little content of lime. The clay is dried, heated and burned at very high temperatures (1100-1130° C) in a rotary kiln. The aggregate has a round shape with different sizes with small air-filled cavities (Fig. 2.b), with dark brown, reddish, brown-red or gray colors, which depends on its chemical composition. The lightweight expanded clay aggregate has a bulk density from 250kg/m^3 to 710kg/m^3 [18], mostly dependent on the size of the aggregate (Fig. 3).

Fig. 3: Different grain sizes of lightweight expanded clay aggregate

The lack of data for specification in the literature makes these lightweight aggregates a research worth material. Therefore, in this paper results from large-scale laboratory tests of the expanded clay aggregate are presented. Both expanded clay aggregates and foamed glass aggregates were exposed to simultaneous vertical and horizontal loads simulating the traffic action. The very small and large strains were measured during the cyclic shear loading. The goal of the testing was to define the stiffness and damping characteristics of these materials, determine the impact of the traffic actions, as well as the long-term damage and fatigue of the material.

2. TESTING PROGRAM

All of the investigations were conducted at the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute in Ljubljana, Slovenia. In this period, both materials were tested, however, in this paper we focus our attention only on the expanded clay aggregate.

2.1 Large-scale Triaxial Apparatus

A Large-scale Triaxial Apparatus was used to perform the loading tests, which enables the characterization of materials at very small strain ranges with a very high accuracy level of load-displacement control (Fig. 4). The apparatus has rigid confining aluminum frames with a height of 3 cm and cross-section of 40 x 40 cm, enabling prismatic specimens with a height of up to 80 cm to be tested.

Fig. 4: Large-scale Triaxial Apparatus (ZAG Laboratory, Ljubljana, Slovenia)

Proper installation of the specimen is the first and most important step of the examination. The second step is adjusting and calibrating of sensors which is one of the crucial tasks for accurate results. After each examination, the specimen was removed from the Apparatus's box and the membrane was cleaned up entirely to install the next one.

2.2 Specimen preparation

For both materials, three consecutive direct shear tests were performed. Each of the samples was embedded into a rubber membrane within the rigid aluminum frames of the large triaxial apparatus to avoid material loss between the frames. Prismatic samples with a cross-section of 40 x 40 cm, and a height of up to 40 cm, were prepared with light compaction in a dry state. The weight of the specimens for the expanded clay aggregate was around 18.5-20 kg per single test (Fig. 5). For the specimen loaded with a 100 kPa vertical load, the weight amounts to 19.05 kg.

Three tests were performed for each material, meaning three samples per material are taken into consideration. The test begins with carefully lowering the plate for the vertical load. Thus, constant vertical stress is applied, equal to 50kPa, 100kPa, and 200kPa. After that, cyclic loading is applied with a gradually increasing strain with a range between 10^{-5} and 10^{-1} mm, depending on the material behavior, but usually 10-^{4} (starting at 0.002 mm) The cycles were performed according to the testing program (Table 1).

Table 1. Cyclic deformation for a vertical load of 100 kPa in steps

Step	Load amplitude
	Horizontal displ. u [mm]
1	0.002
2	0.008
3	0.015
4	0.022
5	0.033
6	0.053
7	0.070

8	0.140
9	0.210
10	0.270
11	0.410
12	0.620
13	0.920
14	1.390
15	2.300

After the experiment, it was noticed that the aggregate grains were cracked and split (Fig. 6) which confirms that the shear strength is reached.

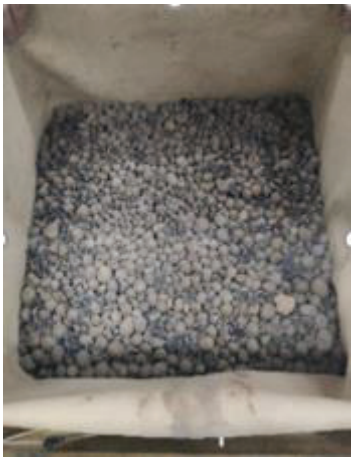
a)

b)

Fig. 5: Expanded clay aggregate material a) before installation, b) after testing, exposed to damage

2.3 Stress-strain measurements

Strains measurement data was collected by six LVDT sensors installed on the frame of the Apparatus (Fig. 6). Four of them were measuring the large strains, two of which were horizontal and vertical strains. The other two were measuring small strains. The Linear variable differential transformer is an electromechanical device that converts mechanical motions to electric signals. When it comes to precision, these devices were quite sensitive. They are hollow metallic cylinders with a smaller diameter rod that moves freely back and forth, sending electrical signals to the data acquisition system.

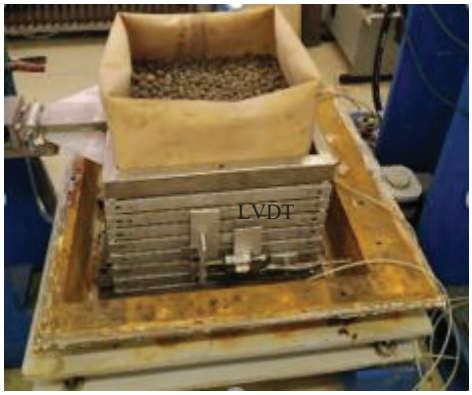


Fig. 6: LVDT sensors for strain measurements

3. RESULTS

The measurements from the LVDT sensors were recorded using adequate software connected to the system. After lowering the plate to apply vertical loading and perform consolidation settlements, horizontal loading is applied. The software graphs diagram between the load and strain, hence cyclic loading is being continuously recorded. The software output gives tables

of values of time, load and displacement. Using these values charts are made to determine the deformation characteristics. The results in terms of shear stress versus horizontal displacement are given in Fig. 7

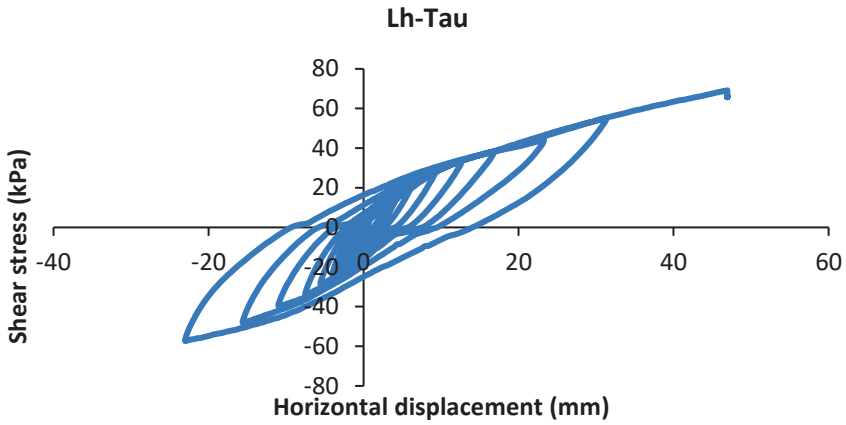


Fig. 7 Shear stress versus horizontal displacement

In the graph 15 cycles of stress-strain measures are presented, all of them before the failure of the material had occurred at around 30 mm, with the maximum value of the horizontal displacement at the end of the experiment is 46.935 mm, giving maximum shear stress of 69.194 kPa. The area of the stress-strain loops is the dissipated energy used to calculate the system's damping. The diagram is asymmetric, hence the deformation is not equal in both directions and the same goes for the shear stresses. After the tenth cycle, we observe a significant increase in the stress-strain loops.

In Fig. 8 the envelope of the hysteresis loops is presented depicting the progress of deformation and equivalent stresses per cycle with there and minimum values from each hysteresis loop.

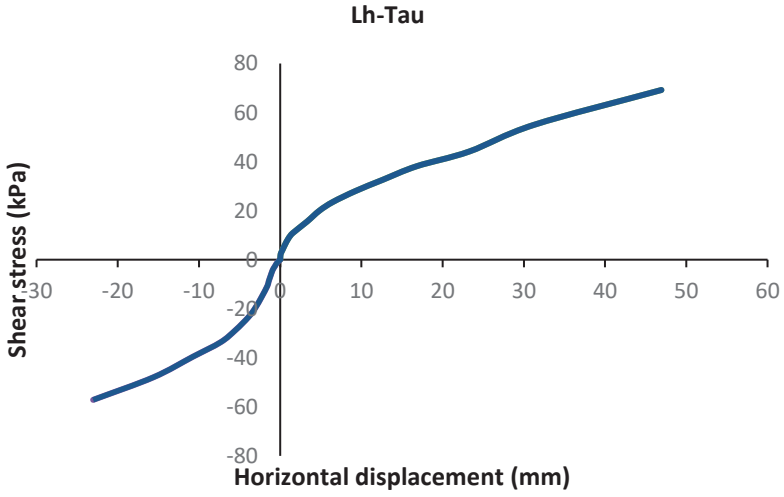


Fig. 8 Envelope curve of hysteresis loops

The envelope has a different gradual increase in both directions but in general, it can be assumed that the material with every cycle is experiencing softening flattening the Lh-Tau curve. Two different behavior of the material can be observed, the initial part with dominantly elastic behavior with G= 3,200 kPa, and the later one, after cycle number nine with larger

deformation and viscous behavior with G= 1,151 kPa. This effect is due to the elastoplastic nature of the material and the cyclic loading which reduces the modulus by 64 %.

4. CONCLUSION

Lightweight materials are used for infrastructure construction purposes (roads, railroads, airports, buildings and industrial plants, etc.) in areas with low-bearing capacity subgrade soils for settlement mitigation and load reduction measures as well as thermal insulation in cases sensitive to temperature gradients. Critical infrastructure of Europe, particularly in the urban and transport sectors is facing challenges related to the low-bearing capacity of sub-grade, which requires a reduction of infrastructure weight, and on the other hand, climate change challenges with extreme temperatures bring requirements for additional thermal insulation of infrastructure. Due to those reasons, lightweight materials become an important construction material for the construction and reconstruction of critical infrastructure in Europe in near future.

In this research, we were able to study the behavior of expanded clay aggregate material exposed to cycling loading using large-scale triaxial apparatus which eventually was used to define the deformation characteristic of the material. If the future more testing is going to be performed on other lightweight materials such as foamed glass aggregate, hence contributing to the material definition of lightweight materials.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded as part of the GEOLAB project supported by the European Union under the Horizon 2020 research and innovation program, under grant agreement No. 101006512

6. REFERENCES

[1] Beinbrech, G., Hillmann, R. (1997). EPS in road construction—Current situation in Germany, Geotextiles and Geomembranes, Volume 15, Issues 1–3, 39-57.
[2] Wang, S., Gao, Y. (2006). Laboratory test study on dynamic deformation characteristics of EPS block, Rock and Soil Mechanics, CNKI Journal, Vol.2006, Issue 10.
[3] Farnsworth, C.B., Bartlett, S. F., Negussey, D., and Stuedlein, A.W. (2008). Rapid Construction and Settlement Behavior of Embankment Systems on Soft Foundation Soils, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Volume 134, Issue 3.
[4] Mohajerani, A., Ashdown, M., Abdihashi, L., Nazem, M. (2017a). Expanded polystyrene geofoam in pavement construction, Construction and Building Materials, Volume 157, 438-448.
[5] Øiseth, E., Aabøe, R., Hoff, I. (2006). Field Test Comparing Frost Insulation Materials in Road Construction, 13th International Conference on Cold Regions.
[6] Masad, E., Taha, R., Ho, C., and Papagiannakis, T. (1996). Engineering Properties of Tire/Soil Mixtures as a Lightweight Fill Material, Geotechnical Testing Journal, Vol. 19, No. 3, 297-304.
[7] Pierce, C.E. and Blackwell M.C. (2003). Potential of scrap tire rubber as lightweight aggregate in flowable fill, Waste Management, Volume 23, Issue 3, 197-208.
[8] Ayati, B., Ferrándiz-Mas, V., Newport, D., Cheeseman, C. (2018). Use of clay in the manufacture of lightweight aggregate, Construction and Building Materials, Volume 162, 124-131.
[9] Zhang X., Zeng Z. (2006). Application of Eco-friendly Material—Foamed Glass, Journal of Building Materials, CNKI Journal, Vol.2006, Issue 2
[10] Mohajerani, A., Vajna, J., Cheung, T.H.H., Kurmus, H., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S. (2017b). Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review, Construction and Building Materials, Volume 156, 443-467
[11] Nemes R, and Jozsa Z (2006). Strength of Lightweight Glass Aggregate Concrete, Journal of Materials in Civil Engineering, September/October, 18:710-714.

[12] Huang, J., Su, Q., Zhao, W., Li, T. Zhang, X. (2017). Experimental study on use of lightweight foam concrete as subgrade bed filler of ballast less track, Construction and Building Materials, Volume 149, 911-920.
[13] Balkan Green Energy News (2016). EU glass recycling at record levels – FEVE, (on-line) available at: https://balkangreenenergynews.com/eu-glass-recycling-record-levels-feve/ (05.11.2016)
[14]Glass Alliance Europe (2021), (on-line) available at: https://www.glassallianceeurope.eu/en/homepage (2.12.2021)
[15] Harder, J. Glass Recycling - Current Market Trends (2018), (on-line) available at: https://www.recovery--worldwide.com/en/artikel/glass--recycling--current--market--trends_3248774.html (15.12.2021)
[16] V. Ducman*, A. Mladenovic, J.S. Suput. Lightweight aggregate based on waste glass and its alkali–silica reactivity. Cement and Concrete Research 32 (2002) 223–226
[17] Ayadi, A. and Stiti, N. and Boumchedda, K. and Rennai, H. and Lerari, Y. (2011). Elaboration and characterization ofporous granules based on waste glass. Powder technology, 208(2): 423-426
[18] Matthew R. Hall (2010), Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings, Woodhead Publishing Series in Energy, (2010, April 21).

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T8 – 4

ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ВИДОВИШТЕ

PHYSICAL - MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE CARBONATES FROM THE LOCALITY OF VIDOVIŠTE

Ѓорги Димов[1], Благица Донева[2], Александар Главинов[3]
[1,2] вонреден професор, Факултет за природни и технички науки - Штип, РСМ,
gorgi.dimov@ugd.edu.mk, blagica.doneva@ugd.edu.mk
[3] вонреден професор, Воена академија „Генерал Михајло Апостолски“ - Скопје, РСМ

Апстракт

Трудот ги претставува физичко-механичките карактеристики на карбонатните минерални суровини од палеозојскиот карбонатен масив на локалитетот Видовиште, Република Северна Македонија. Истражуваниот терен се наоѓа во источниот дел на Република Северна Македонија, поточно во Кочанско, во атарот на селото Видовиште, а административно припаѓа на општина Зрновци. Истражниот терен зафаќа површина од околу 0,42 km².

Испитувањето на физичко - механичките карактеристики на материјалот, нивниот хемиски состав и минералошко-петрографските карактеристики, како и посебните анализи на дробениот материјал 0 – 63 mm, покажаа дека материјалот може да се користи во градежништвото како тампонски материјал на долен строј на патишта, а исто така, како агрегат за дробење за бетонски и асфалтни мешавини и друго.

Клучни зборови

карбонати, физичко-механички карактеристики, хемиски состав, тампон.

Abstract

The paper presents the physico-mechanical characteristics of the carbonate mineral raw materials from the Paleozoic carbonate massif of the Vidovishte locality, Republic of North Macedonia. The researched area is located in the eastern part of the Republic of North Macedonia, specifically in the vicinity of Kochani, near the village of Vidovishte, and administratively belongs to the municipality of Zrnovci. The research area covers an area of about 0.42 km².

The examination of the physical-mechanical characteristics of the material, their chemical composition and mineralogical-petrographic characteristics, as well as the special analyzes of the crushed material 0 – 63 mm, showed that the material can be used in construction as a buffer material for the lower course of roads, and also, as a crushing aggregate for concrete and asphalt mixes.

Key words

carbonates, physical-mechanical characteristics, chemical composition buffer.

ВОВЕД

Во техничката литература трупот на патот е поделен на долен и горен строј,при што под горен строј се подразбира коловозната конструкција со сите нејзини елементи, површини, конструкции кои се во врска со неа, т.е.што се наоѓа над површината на постелката. Долниот строј ги опфаќа:сите вештачки објекти, насип до површината на планумот на долниот строј, делови на патот во усек, галерија, мостови, тунели и др.

Долната подлога е втор елемент во составот на коловозната конструкција (веднаш над постелката) и кон нејзината изработка се пристапува веднаш по изработката на постелката. Целта на долната подлога е на најекономичен начин да ја зголеми дебелината на коловозната конструкција, а нејзина основна задача е:

- ⇨ да овозможи изедначена носивост
- ⇨ да ја зголеми носивоста на конструкцијата
- ⇨ да ги намали негативните влијанија настанати поради промена на волуменот во постелката
- ⇨ да го намали или спречи дејството на мразот.

Долната подлога се состои од еден или повеќе слоеви од природно или механички стабилизирано тло, дробен агрегат, чакал - песочен агрегат, или од отпаден материјал (пр. дробен бетон и шљака). Најчесто, долната подлога се изработува од чакал - песочен агрегат, или дробен агрегат. Дебелината на долната подлога се движи од 15 до 50 cm во зависност од сообраќајното оптоварување. Долната подлога може да се изостави, доколку носивоста на постелката е голема (CBR ≥ 10%) и нема опасност од дејството на мраз.

Седиментните карпи како што се: варовник, доломит, песок и чакал, претставуваат најраспространети и аналогно на тоа најкористени аграгати.

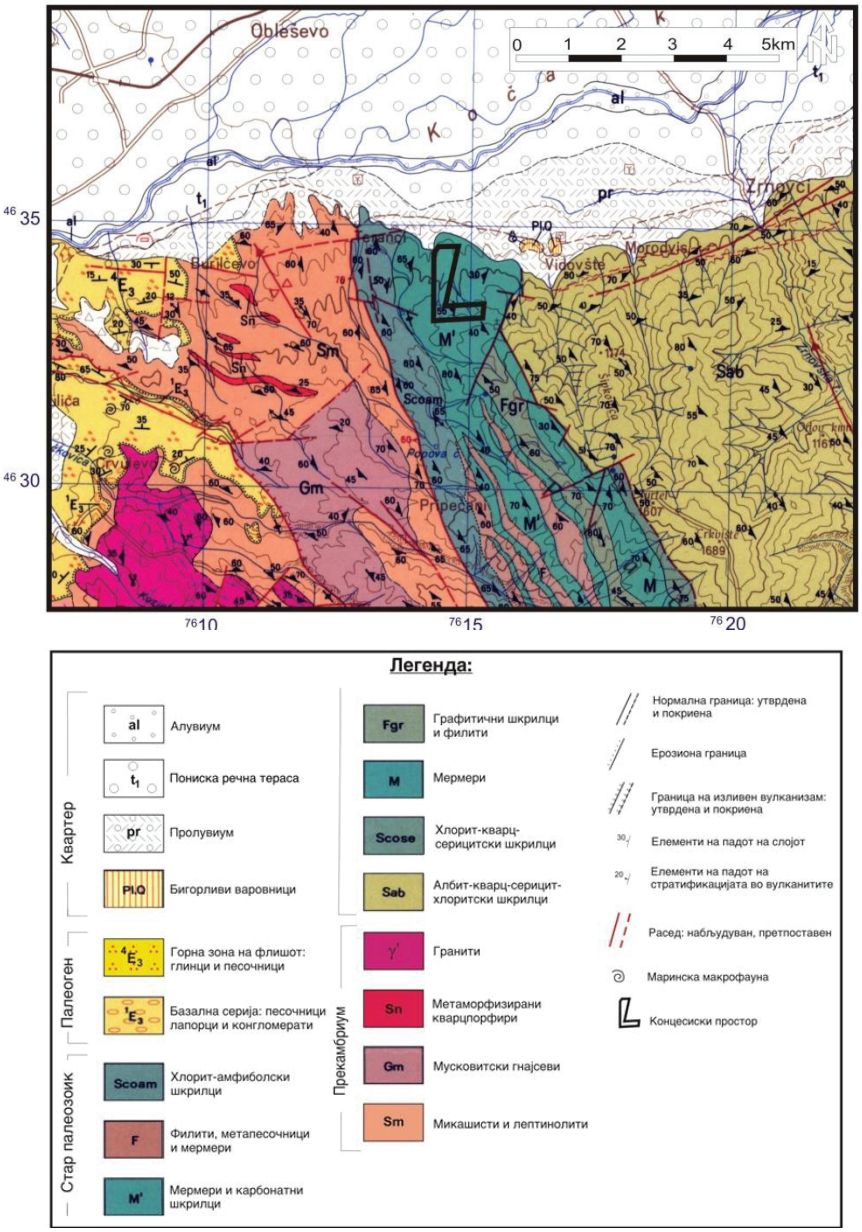
Во источниот дел од Македонија недостатсуваат минерални суровини кои би се користеле како тампонски материјал, односно за изработка на долниот строј на патиштата.

На северните падини на планината Плачковица е распространета т.н. карбонатна серија Видовиште – Припечани, која е изградена од мермери и карбонатни шкрилци, кои на места се сменуваат со графитични шкрилци и филити. Крајните северни делови од оваа серија, меѓу селата Видовиште и Теранци, се посебно интересни за експлоатација, бидејќи во нив не се јавуваат филитите и графитичните шкрилци. Овде, карбонатната маса, доминантно, е изградена од масивни мермери, а на места се јавуваат партии од карбонатни шкрилци.

1. ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТНАТА СЕРИЈА

Геолошкиот состав на карбонатната серија "Видовиште-Припечани“ е релативно едноставен. Со истражувањата е констатирано е присуство на варовник на целата површина на концесискиот простор (сл. 1). Во северниот дел на теренот се застапени карбонатни шкрилци од серијата на мермери и карбонатни шкрилци додека во јужниот дел се застапени мермери (мермеризирана варовници) од истата серија.

Карбонатните шкрилци (М) воглавно се со сива боја. Наместа се забележуваат карбонатни шкрилци со потемни или посветли (бледо розеникави) нијанси без некоја закономерност. Овие карпи се добро ушкрилени и оваа структурна особина предизвикува издвојување на карбонатот во вид на плочи со различни димензии. Елементите на пад на фолијација се движат во граници од ЕП = 240/50 до ЕП = 275/60. Дебелина та на овие плочи се движи од 2-10 сантиметри.



Сл. 1: Геолошка карта на истражуваниот простор
Извор: Геолошка карта на Македонија 1 : 100 000

2. ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТНАТА СЕРИЈА

За испитување на физичко механичките карактеристики на минералната суровина варовник од локалитетот " Видовиште-Припечани " изработена е комплетна анализа а сите испитувања се дадени во табела 1. Испитувањата за цврстина на притисок на варовникот се направени на суви и водозаситени примероци, а тестот за отпорност на триење е направен на коцки во сува состојба. Квалитетот на суровината е утврден преку дефинирање на следните физичко-механичките карактеристики: Јакост на притисок во сува состојба, Јакост на притисок во водозаситена состојба, Јакост на притисок после 25 циклуси на мрзнење и размзнување, Водовпивање, Отпорност на абење со стружење, Зафатнинска маса со пори и шуплини, Зафатнинска маса без пори и шуплини, Степен на густина, Порозност, Постојаност на дејство на мраз.

Табела 1. Физичко-механички карактеристики на карбонатот

Реден број	Испитување	Метода според МКС	Единечна мера	Ознака	Резултати од испитување
1.	Јакост на притисок во сува состојба	Б.Б8.012	MPa	$\sigma_{p\ min}$	**79.9**
				$\sigma_{p\ max}$	**98,5**
				$\sigma_{p\ sred}$	***90,0***
2.	Јакост на притисок во водозаситена состојба	Б.Б8.012	MPa	$\sigma_{p\ min}$	**77.8**
				$\sigma_{p\ max}$	**84.4**
				$\sigma_{p\ sred}$	***82.0***
3.	Јакост на притисок после 25 циклуси на мрзнење и размзнување	Б.Б8.012	MPa	$\sigma_{p\ min}$	**69,7**
				$\sigma_{p\ max}$	**74,5**
				$\sigma_{p\ sred}$	***72,6***
4.	Водовпивање	Б.Б8.010	% /m/m/	U	***0,20***
5.	Отпорност на абење со стружење	Б.Б8.015	$cm^3/50cm^2$	Ab	25
6.	Зафатнинска маса со пори и шуплини	Б Б8.032	kg/m^3	γ_r	***2690***
7.	Зафатнинска маса без пори и шуплини	Б.Б8.032	kg/m^3	γ_z	***2710***
8.	Степен на густина	Б.Б8.032	% /m/m/	G	***98.9***
9.	Порозност	Б.Б8.032	% /m/m/	P	***1.1***
10.	Постојаност на дејство на мраз	Б.Б8.001	Оштетувања и загуби /%/	M	Нема загуба на маса ни големи оштетувања Загуба на маса под 0,1 %

3. МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ И ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТНАТА СЕРИЈА

Со микроскопски преглед на препаратите кои се изработени од примероците од истражуваниот карбонатен материјал, се гледа дека е тоа карбонатна карпа која е главно изградена од калцит. Спордни минерали се мусковит, кварц и ретки зрна на руден минерал.

Карпата има гранобластична структура, а паралелно ориентирана текстура. Калцитот се јавува во неправилни зрна со воедначена форма и големина. Калцитските зрна се ориентирани во еден правец и малку издолжени. Редовно кај калцитот се гледа една цепливост како паралелни полисинтетски ламели, кои се пружаат вдолж издолженоста на кристалите, а како резултат на претрпени притисоци на карпата.

Вдолж ориентираноста се провлекуваат тенки лиски на мусковит, како спореден минерал, со должина на лиските од 150-300 микрони. Количинската застапеност на мусковитот е околу 2-3 %, микроскопски проценето од око.

Сосема ретки се зрна на кварц, во неправилна делумно заоблена форма, исто така изолирани зрна со големина околу 300 микрони. Рудни зрна исто така се ретки, неправилни микрозрна, малку издолжени со ориентираноста на карпата. Калцитската маса е сосема слабо пигментирана со лимонитски оксиди заради што и примерокот има розеникава боја.

Мусковитот како штетна компонента влијае на физичко-механичките карактеристики на каменот, но неговата количинска застапеност е мала така да не се очекува негово влиајние на јакосните карактеристики.

Од направената хемиска анализа на земаните примероци од истражуваната минерална суровина, добиени се следните резултати (Табела 2):

Табела 2. Хемиска анализа на карбонатот

Губиток при жарење	41,82 %
Железо (III) оксид (Fe2O3)	1,46 %
Алуминиум (III) оксид (Al2O3)	0,00 %
Калциум оксид (CaO)	51,53 %
Магнезиум оксид (MgO)	1,11 %
Сулфати (SO3)	0.021%
Хлориди (Cl)	0.0033%
Нерастворлив остаток + силициум диоксид (SiO2)	3,28%

4. ИСПИТУВАЊЕ НА МАТЕРИЈАЛОТ ОД КАРБОНАТОТ ЗА НЕГОВА УПОТРЕБА КАКО ТАМПОНСКИ МАТЕРИЈАЛ

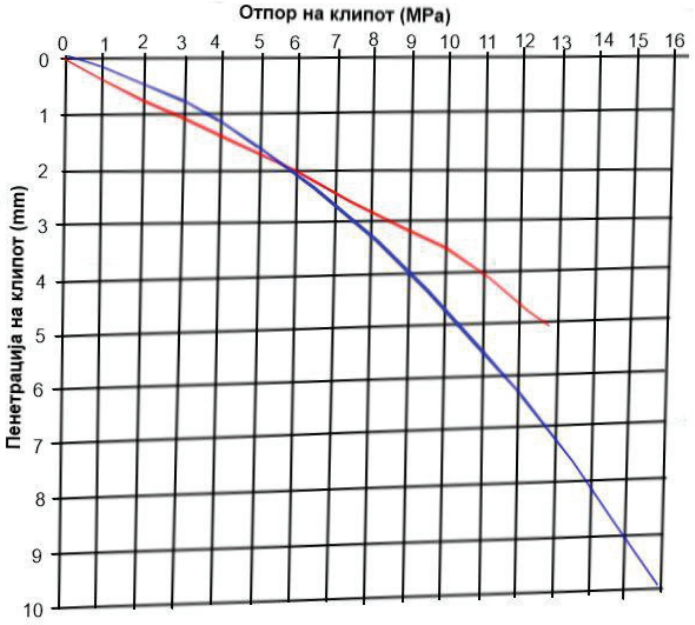
За потребите за користење на материјалот како тампонски материјал кој би се користел за изработка на долниот строј на патиштата, направени се дополнителни лабораториски испитувања на тампон 0 – 63 mm. Добиените резултати се дадени во продолжение.

Табела 3. Лабораториски испитувања на карбонатниот материјал

Резултати од испитувањето на дробен карбонат (тампон)		**Критериуми од Т.У.**	**Стандард**
Определување на зрна со неправилен облик	10,0 %	max 40 %	МКС Б.Б8.047
Определување на трошни зрна	0,80 %	max 7 %	МКС Б.Б8.046
Осетливост на дејство на мраз (содржина на честички <0.02 mm) %	Неосетлив	max. 3в%	МКСУ.Е3.020
Оптимално учество на вода (модифициран прокторов опит) (%)	Yd = 2.33 t/m^3 Wopt = 2,70 %	Се испитува (Прокторов опит)	МКС У.Б18.038
Гранулометриски состав	Се вклопува во предвидениот граничен појас за тампонски материјал	Предвиден граничен појас за тампонски слој	МКСУ.Б18.018
Степен на нерамномерност (Cu)	Cu = 113,30	min. 15 %	МКСУ.Б18.018
Абење(дробење) по метода Лос Ангелес (%)	La = 35.0 %	max. 40 %	МКС Б.Б8.045
Калифорниски индекс на носивост (CBR 2.54 mm; 5.08 mm) (%)	CBR 2.54 = 101,58 (%) CBR 5.08 = 122,41 (%)	min. 80%	МКС У.Б11.042
Определување на впивање на вода	0.78 %	/	МКС Б.Б8.010

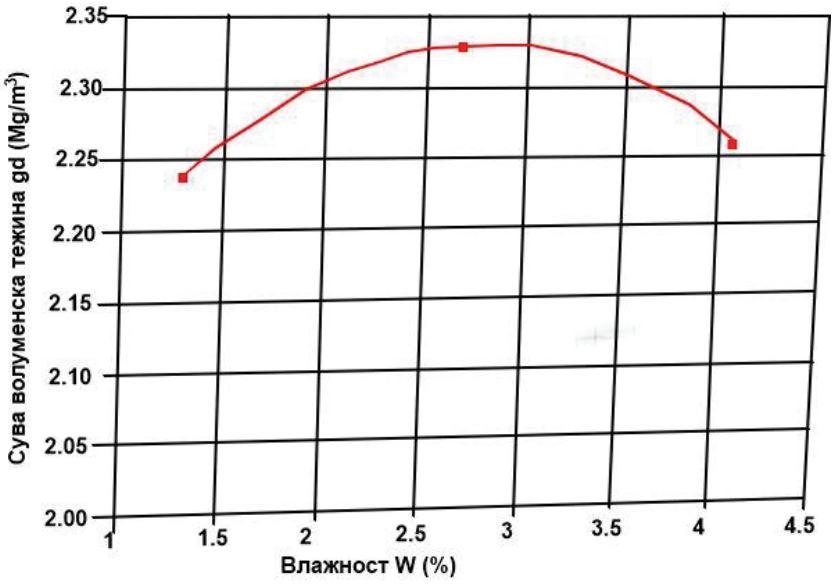
Испитување на калифорниски индекс на носивост (CBR)

Вид на метеријал / слој број	тампон 0-63 mm
CBR на 2.54 mm (%)	101,58
CBR на 5.08 mm (%)	122,41
CBR (%)	102



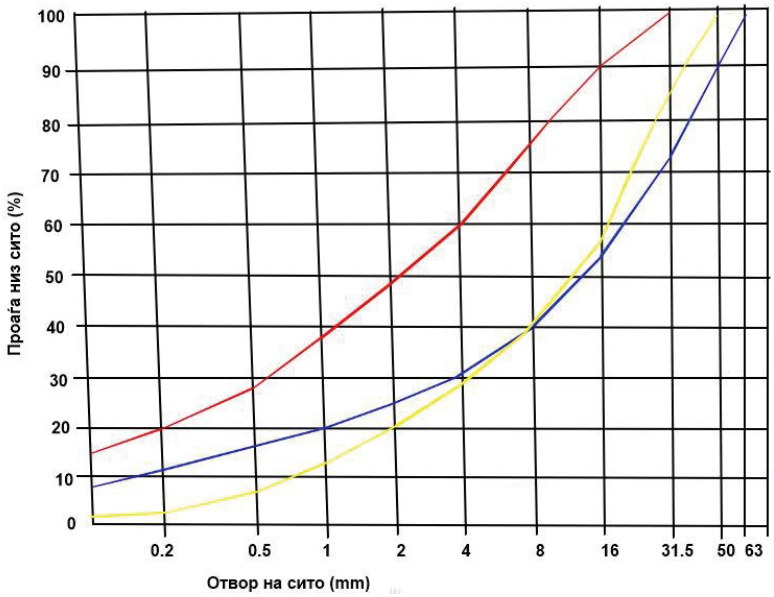
Испитување со Прокторов опит

Вид на метеријал / слој број	тампон 0-63 mm		
Енергија на збивање (Mg/m^3)	2,7		
Точка број	**167**	**168**	**169**
Вопуменска тежина gd (Mg/m^3)	2.24	2.33	2.26
Влажност W (%)	1.31	2.68	4.07
Прокторов оптимум gdmax (Mg/m^3)	2,33		
Оптимална содржина на вода wopl (%)	2,70		



Гранулометриска анализа

Вид на метеријал / слој број	тампон 0-63 mm
Содржина на честици < 0.02 mm (%)	0
D_{60} (mm)	17
D_{10} (mm)	0.15
D_{60} / D_{10}	113.3



5. ЗАКЛУЧОК

Истражното подрачје „Видовиште“ се наоѓа на околу 10 километри од Кочани, а административно припаѓа на општина Зрновци. Во поширокатa околина на истражниот терен има голем број различни литолошки членови кои настанале во различни периоди од развојот на земјината кора. Најзначајни за овие истражувања се палеозојските мермери и карбонатните шкрилци.

Врз основа на спроведената хемиска анализа, карбонатните суровини содржат: Fe_2O_3 - 1,46 %, CaO - 51,53 %, MgO - 1,11 %, Сулфати (SO_3) - 0.021 %, хлориди (Cl) - 0.0033 %, нерастворлив остаток + SiO_2 - 3,28 %.

Според резултатите од анализата на физичко – механичките особини на материјалот, како и посебните анализи на дробениот материјал 0 – 63 mm, може да се заклучи дека карбонатниот материјал (мермери и карбонатни шкрилци) можат да се користат како тампонски материјал при изработката на долниот строј на патиштата.

Исто така, овој материјал, со вакви геомеханички својства, може да најде примена и во други делови од градежништвото, на пример како агрегат за дробење за бетонски и асфалтни смеси и др.

6. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Главинов А., Мијоски Г. (2020). Инфраструктурни објекти. Високошколски учебник. УГД

[2] Стефановска С., Димитриевска Ж., Димитрова Е. (2013). Сообраќајници. Учебник за средно стручно образование.

[3] САЈА – МВ, ДООЕЛ Велес (2016). Елаборат од извршените детални геолошки истражувања на минералната суровина – варовник на локалитет „Видовиште - Припечани“, Општина Зрновци

[4] Градежен Институт Македонија (2016). Извештајод испитувањата на физичко – механичките карактеристики на карпести примероци

[5] Градежен Институт Македонија (2020). Прелиминарен извештај од лабораториски испитувања на тампон 0 – 63 mm за каменолом Црвен Камен, с. Видовиште

[6] Ракичевиќ Т., Думурџанов Н., Петовски П. (1965 - 1968): Основна геолошка карта на Република Македонија – лист Штип 1:100 000

[7] Ракичевиќ Т., Думурџанов Н., Петовски П. (1968): Толкувач на Основната геолошка карта на Република Македонија – лист Штип 1:100 000

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА 2022
SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022
www.congress.mare.org.mk e-mail: congress@mare.org.mk

T8 – 5

CONTRIBUTION TO ROAD TRAFFIC NOISE WALL PANEL TYPE SELECTION PROCESS
ПРИДОНЕС ВО ПРОЦЕСОТ НА ИЗБОР НА ТИП НА ТИПОТ НА ЅИДНИОТ ПАНЕЛ ОД БУЧАВА НА СООБРАЌАЈ

Maja Ahac[1], Saša Ahac[2], Stjepan Lakušić[3]
[1] Asst. Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia, maja.ahac@grad.unizg.hr
[2] Asst. Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia, sasa.ahac@grad.unizg.hr
[3] Prof., University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, Croatia, stjepan.lakusic@grad.unizg.hr

Abstract

This paper presents a systematic review and multi-criterial analysis of noise wall panels used in road traffic noise protection. The analysis was performed on publicly available meta-data collected from secondary sources. Information on acoustic and non-acoustic characteristics, long-term performance, and cradle-to-gate sustainability of noise wall panels made of concrete, metal, wood, and transparent materials were obtained and analysed. This investigation was performed to reduce the uncertainty in design decision-making and therefore support the process of noise wall management by shifting the emphasis from construction costs to the long-term performance and sustainability of the road traffic noise mitigation project. The results showed that when choosing a panel, preference should be given to those made with concrete materials.

Key words

Material, multi-criterial analysis, systematic review, wall design.

Апстракт

Овој труд претставува систематски преглед и мултикритериална анализа на ѕидните панели за бучава што се користат во заштитата од бучава од патниот сообраќај. Анализата беше направена на јавно достапни мета-податоци собрани од секундарни извори. Добиени и анализирани се информации за акустични и незвучни карактеристики, долгорочни перформанси и одржливост од лулка до врата на бучавата ѕидни панели направени од бетон, метал, дрво и проѕирни материјали. Оваа истрага беше изведена за да се намали несигурноста во одлучувањето за дизајнот и затоа да се поддржи процесот на управување со ѕидовите за бучава со префрлање на акцентот од трошоците за изградба на долгорочни перформанси и одржливост на проектот за ублажување на бучавата од патниот сообраќај. Резултатите покажаа дека при изборот на панел треба да се даде предност на оние направени со бетонски материјали.

Клучни зборови

Материјал, мултикритериална анализа, систематски преглед, дизајн на ѕидови.

1. INTRODUCTION

The application of road traffic noise barriers began 50 years ago, both in the USA and EU [1, 2]. Today, this is the second most used noise reduction measure applied on major EU roads outside the residential areas. The term “noise barrier” may be used to encompass every type of structure constructed between the noise source and the receiver to reduce the noise by changing its propagation paths [3]. Besides established noise barriers such as earth mounds, noise walls, and their combination [4], new types of noise barriers, sonic crystal noise barriers, were also developed recently [5-7]. All these structures differ in terms of construction elements: the earth mound comprises a berm at the top and sloping sides, and walls are constructed from horizontally stacked panels [4] arranged between steel or concrete posts anchored onto the existing structures (walls, parapets) or on their foundations (piles, strip, or isolated foundation footings), while sonic crystal noise barriers are non-homogeneous structures created by the arrangement of scatterers in a periodic configuration with a square, rectangular, or triangular pattern [5]. This research is focused on noise walls, slender linear structures, commonly used for protection from noise in the existing transport facilities where the space for barriers is limited [8]. The research aims to reduce uncertainty in the selection of panel material during the noise wall design phase and to support the process of road traffic noise protection management in Southern European countries by shifting the emphasis in the decision-making from the panel’s initial price (the price of acquisition and installation) to the long-term performance and sustainability of the road traffic noise protection project.

2. BACKGROUND

There is a wide range of noise wall panel materials available, but they can all be systematized into four basic types by the dominant material used in their fabrication: concrete, metal, wood, and transparent materials. The European market is dominated by three noise wall panel types: concrete, metal, and wood [9]. Over 80 % of EU member states use either one of these three major types of materials or their combination [10]. The same situation is noticed in the USA, where, according to the Federal Highway Administration (FHWA) Inventory [11], walls with single-material panels (concrete, metal, or wood) make up 84 % of all noise walls.

The choice of panel material in the noise wall design stage is influenced by several factors: noise wall dimensions, location, local environmental conditions, aesthetic requirements including local architectural considerations, public perception, acceptance of the structure, and its price [12]. According to [13], different approaches are taken while choosing the panel material within various countries in the EU. In northern countries, the landscape approach is prominent, the technical approach (functionality and durability of a wall) comes first in central countries, and the cost-wise approach (lowest price criterium) is dominating in panel material choice in southern countries.

When designing road traffic noise walls, all EU Member States must respect CEN/CENELEC Internal Regulations European Standards for Road Traffic Noise Reducing Devices Acting on Airborne Sound Propagation written by CEN/TC 226/WG 6 [14]. This package can be subdivided into four main sub-packages: acoustic characteristics, non-acoustic characteristics, long-term performance, and sustainability of road traffic noise reducing devices [9,12,15].

2.1 Acoustic characteristics

Three basic parameters describe the wall’s acoustic characteristics: sound absorption, sound insulation, and insertion loss. The sound absorption ability of panels is crucial for the effectiveness of noise walls. The greater the ability of the panel to absorb the sound, the lower is the reflection of the sound wave from the wall towards the objects on the opposite side of the road and back. Sound insulation property is defined by the loss of sound energy, which occurs when a sound wave passes directly through a wall. Insertion loss is defined as the reduction of the noise level at a given location due to the placement of a noise reduction device in the sound path between the sound source and that location.

Factors having the greatest influence on these parameters are the distance of walls from the noise source, the wall height, and the thickness of panel material [16], i.e., the surface porosity of panels [17], stiffness, the angle of incidence of the sound, but the most significant of these is the surface density [4]. Non-absorbing or reflecting noise walls will allow the sound to travel over the noise wall after repeated reflections between the wall and the vehicles. Due to this sound wave behavior, the use of panels with little or no absorption properties (such as panels made from transparent materials) can cause the sound level to increase in the vicinity of the receiver behind the noise wall up to +3 dB(A) [12]. It is considered that a panel has sufficient insulating properties if its surface density is 20 kg/m^2 and higher [17]. Field investigations performed by [16] showed that the correlation between wall insertion loss and material type is the greatest among observed location and wall characteristics.

2.2 Non-acoustic characteristics

Non-acoustic characteristics of noise walls are their mechanical resistance and stability – under static and dynamic load (caused by the wind, the passage of vehicles, and by drifts of snow cleaned from the traffic surface), impact load due to airborne fragments and materials from the traffic surface, and fatigue load; and compliance with general safety requirements and environmental protection conditions – resistance to fire (behavior when burning, density of smoke and harmful gases), generation of fragments, environmental protection, emergency exits, the reflection of light, and transparency.

Different mechanical and stability characteristics of noise walls with concrete, metal, wood, and transparent panels limit the possibilities of panel application and affect construction procedures and costs. High mechanical resistance of the panels, although favorable in terms of the resistance and stability of the final structure, can be a problem - it increases the transport costs over long distances and often requires special panel installation techniques and equipment. Greater weight also makes panels unsuitable for installation on viaducts and bridges. Required safety features are reflected in the limitations set on the use of both flammable and non-flammable materials, which could develop toxic gases or wind-borne embers if affected by open flames from a forest fire or traffic accident. A major safety issue can also be the reflection of light from the panel i.e., the glare that can disturb road users. This negative phenomenon is more pronounced when using lighter color panels and occurs both during the day (in the morning and evening when the sun rays are at a small angle) and at night (due to the use of lights, which is especially pronounced if the panel surface is wet) [9, 15].

2.3 Long-term performance

As for long-term performance, designers still encounter numerous uncertainties associated with the exploitation behavior of the noise walls. In general, the selection of the panel material and the wall construction design should provide long-term durability against the effects of weathering and varying climate change, long service life with minimal maintenance (or no maintenance), efficient removability of the wall in case of repair or at the end of its life and maintained acoustic performance throughout the service life. The main question is how immanent degradation of the panel will affect the efficiency of the wall structure, its' life-cycle costs, and long-term sustainability in specific locations and conditions [18].

Durability and resistance against the possible impact of climate change affects the acoustic and non-acoustic performance of noise walls and determines how often they require major repairs or replacement. The selection of the appropriate panel material depends primarily on the obligation set before the designer to follow the prescribed technical requirements that will ensure a long service life of the structure in local conditions. In doing so, it is necessary to consider the resistance of the material to possible freezing and thawing phenomena, the influence of road water, UV radiation, and the behavior of the material at local temperature extremes. In general, the service life of a noise wall can be defined as the time in which the wall continues to optimally fulfill its task. It is a period with no major changes in acoustic and

physical properties and appearance of the panels - the time from wall construction to the time it needs to be replaced. This time mostly depends on the panel material [9,19].

2.4 Sustainability

Sustainability as a topic entered the EU noise reduction devices standards framework in 2014, but no standards have been published yet [14]. The sustainability of noise reduction devices during their whole life cycle (in planning and design, manufacturing and construction, maintenance and repair, removal, and demolition phases) has been addressed in the QUIESST project [20]. However, due to the lack of available data on the use, maintenance, and removal of noise walls regarding the panel material, only the effect of panel production i.e., cradle-to-gate sustainability, in quantities corresponding to wall length of 1 km and height of 2 m were analyzed in the project [9]. Panel's production carbon footprint, water footprint, primary energy use (embodied in natural resources, before they are subject to change by and for human needs), energy consumption due to panel transport (assuming transport by rail over 1 km), and recyclability was analyzed.

3. MATERIALS AND METHODS

By reviewing publicly available literature and databases, the performances of concrete, metal, wooden, and panels made of transparent materials have been identified and systematized as follows: acoustic characteristics (single-number rating of sound absorption and insulation, and insertion loss), non-acoustic characteristics (surface density, mechanical resistance, and average construction costs), long term performance (minimal service life, maintenance, and replacement costs, and life cycle cost), cradle-to-gate sustainability (carbon footprint, water footprint, primary energy use, energy consumption), and recyclability.

The review resulted in a collection of data with highly dissipated values. This data was systematized for further meta-analysis. Minimal reported values of acoustic characteristics [16, 21, 22], non-acoustic characteristics and long-term performances, and technical and economic sustainability of panels were identified [9, 16, 21, 23] (Table 1). Metal aluminum and steel panels, and wood timber and willow panels were considered separately because the review showed that there are significant differences between their minimal service life and (cradle-to-gate) carbon and water footprint [9].

Additionally, the share of each panel type on market and infrastructure [9, 11] and a trend in the panel's application were observed. Since no systematized historical data on the application of a certain type of panel on road infrastructure at the EU level was found, in this research the historical data (from the year 1973 to 2019) from publicly available FHWA's inventory of noise walls were used [11]. Results of the data analysis on the year the walls were originally constructed and specified primary construction material are shown in Figure 1.

For multicriterial evaluation of panels, the limit values of each performance (criteria) that define the score from 1 to 5 were chosen (Table 2).

Limit values choice was based on prescribed and/or desired performances identified during the literature review. Each panel type was assigned a score based on the collected data, and then the average score for each performance group and the overall average score for each panel type were calculated (Table 3).

To determine an average grade according to the priority criteria set by infrastructure operators for the selection of panel materials, six weighted arithmetic mean grades were calculated for each panel type performance measure (Table 4). In this calculation, weight 0,5 was allocated to the priority criterion, while weights amounting to 0,1 were allocated to the remaining 5 criteria. Additionally, a weight of 0,5 was allocated to the grade for the average construction costs as a priority criterion, while weights amounting to 0,03 were allocated to the remaining 15 criteria considered.

4. RESULTS

Table 1. Overview of the minimal reported values of performance measures for panel type

Performance group / measure	Concrete	Metal		Wood		Transparent
		Aluminum	Steel	Timber	Willow	
Acoustic performance						
Sound absorption (dB)	4	8		8		4
Sound insulation (dB)	24	15		24		24
Insertion loss (dB(A))	18	19		13		17
Non-acoustic performance						
Surface density (kg/m^2)	150–250	5–20	5–10	< 20	< 5	5–20
Mechanical resistance (kg/m^2)	500–1000	< 400		> 20		< 500
Average construction costs (€/m^2)	225	216		206		320
Long-term performance						
Minimal service life (years)	40	30	20–25	20–40	25	20–25
Maintenance & replacement costs (€/m^2)	40	120		115		140
Life cycle cost (€/m^2)	305	515		360		435
Cradle-to-Gate Sustainability						
Carbon footprint (t)	70	0,7	60	4	-17	525
Water footprint (10^6 l)	0,8	270	270	0.5	850	0,4
Primary energy use (10^9 J)	3,7	1,2	0,8	0,1	1,9	10,1
Transportation embodied energy (10^9 J)	0,41	0,05	0,05	0,01	0,11	0,04
Recyclability						
Recycling potential at the end of life (%)	80	100	100	20	40	100
Share						
On market (%)	>20	10–15		15–20		10–15
On infrastructure (%)	85	4		10		1

Table 2. Limit values (scores from 1 to 5) of performance measures

Performance measure	Score: 5 - excellent, 4 - very good, 3 - good, 2 - sufficient, 1 - poor				
	5	4	3	2	1
Sound absorption (dB)	> 11	8–10	4–7	< 4	no aps.
Sound insulation (dB)	≥ 24	23–20	15–19	< 15	no isol.
Insertion loss (dB(A))	≥ 20	15–19	14–10	9–5	< 4
Surface density (kg/m^2)	>150	150–100	100–50	50–20	<20
Mechanical resistance (kg/m^2)	> 500	500–250	250–120	120–20	< 20
Average construction costs (€/m^2)	< 200	200–210	210–225	225–250	> 250
Minimal service life (years)	> 40	30–40	20–30	10–20	< 10
Maintenance & replacement costs (€/m^2)	< 50	50–75	75–100	100–125	> 125
Life cycle cost (€/m^2)	< 300	300–350	350–400	400–450	> 450
Carbon footprint (t)	< 0	0–50	50–100	100–150	> 150
Water footprint (10^6 l)	< 200	200–400	400–600	600–800	> 800
Primary energy use (10^9 J)	< 1	1–2	2–5	5–10	> 10
Transportation embodied energy (10^9 J)	< 0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	> 0,4
Recycling potential at the end of life (%)	100–80	80–60	60–40	40–20	20–0
Share on market (%)	> 20	15–20	10–15	5–10	0–5
Share on infrastructure (%)	90–100	80–90	70–80	60–70	< 60

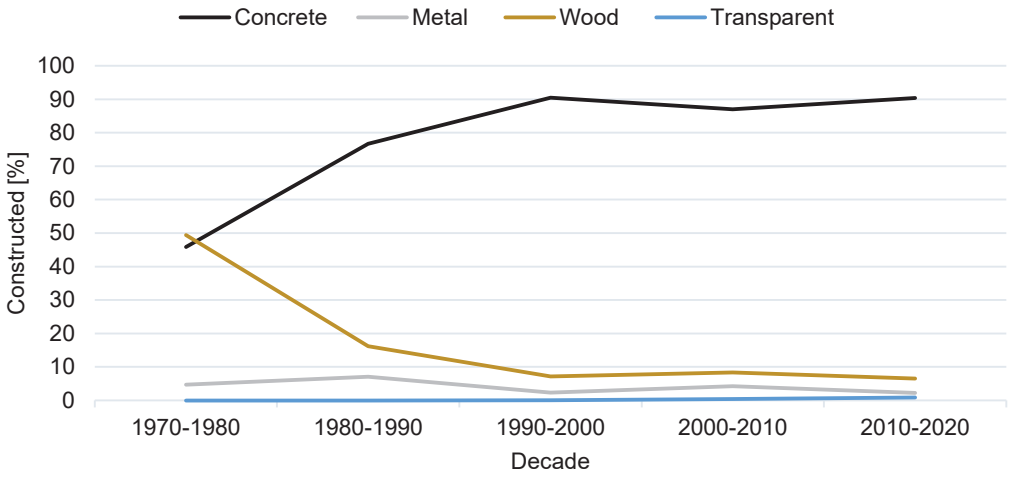


Fig. 1: Panel material trends during the last five decades of road traffic noise walls construction

Table 3. An average score of each performance group and the overall average score for panel type

Average score for	Concrete	Metal		Wood		Transparent material
		Aluminum	Steel	Timber	Willow	
Acoustic performance	4,0	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0
Non-acoustic performance	4,0	2,7	2,7	2,3	2,3	2,0
Long-term performance	4,7	2,3	2,0	2,7	2,7	2,0
Cradle-to-Gate sustainability	3,0	4,3	4,3	4,8	3,5	3,0
Recyclability	4,0	5,0	5,0	1,0	2,0	5,0
Share on market and infrastructure	4,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0
Overall, for panel material type	3,9	3,3	3,2	3,3	2,9	2,8

Table 4. The weighted average score for panels according to priority criteria

Average score for priority criteria	Concrete	Metal		Wood		Transparent material
		Aluminum	Steel	Timber	Willow	
Acoustic performance	4,0	3,5	3,4	3,3	3,3	3,4
Non-acoustic performance	4,0	3,1	3,0	2,7	2,6	2,6
Long-term performance	4,3	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6
Cradle-to-Gate sustainability	3,6	3,7	3,7	3,6	3,1	3,0
Recyclability	4,0	4,0	4,0	2,1	2,5	3,8
Share on market and infrastructure	4,2	2,8	2,8	2,7	2,5	2,6
Average construction costs	3,0	3,1	3,1	3,6	3,4	2,0

5. DISCUSSION

As the price is often the most important criterion for the selection of panel material, the results obtained by calculating the weighted average cost of wall construction regarding the panel material type are particularly interesting. These calculations show that, despite a higher purchase price of panels, concrete panels are as economical as metal panels in a long run. If the emphasis is shifted from the construction price to other priorities, concrete panels have an advantage regarding all the observed performance measures but cradle-to-gate sustainability, because of their high carbon footprint. Earlier investigations showed that the main contributions to the carbon footprint of the concrete panels are due to their production process, while the maintenance and disposal processes have a significantly smaller impact [24].

The results obtained in this research show that when selecting the panel type an advantage should be given to concrete panels, and then to metal panels (in situations of lower exposure to weather influences and for use on structures), while the use of wooden and panels from transparent materials should be limited to highly valued scenic areas only. These findings are supported by the results of the analysis of the historical data on the application of different types of noise walls in the USA. Walls made of concrete, metal, wood, and transparent materials have been established noise management solutions on US roads for many years, and their positive and negative characteristics recorded during that time reflected on trends in their application. It is clear from Figure 1 that the trend in the choice of materials shifted completely to concrete panels in the last decades.

6. CONCLUSION

To effectively manage the construction, maintenance, and removal of noise walls, it is necessary to have all relevant information on the characteristics of panels based on which the satisfactory and rational selection of their material during the design process.

An overview and systematization of data and multicriterial evaluation of characteristics of concrete, metal, wood, and panels made from transparent materials showed that concrete panels possess the best overall acoustic, non-acoustic and long-term performances. It is not surprising that they dominate both the market and the infrastructure. They have achieved the lowest score for their cradle-to-gate sustainability, because of their high carbon footprint. However, due to their high recyclability, it is safe to assume that when choosing the noise wall panel material, preference should be given to concrete.

7. REFERENCES

[1] Kay D.H., Morgan S.M., Bodapati, S.N. (1999). Evaluation of Service Life of Noise Barrier Walls in Illinois. Final Report No. ITRC FR97-3 for the Project IIB-H1 FY97 (Prepared for the Illinois Department of Transportation - Transportation Research Center, 310 p.)

[2] Quiet Pavements Systems in Europe (2005). Report No. FHWA-PL-05-011 (US Dept. of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA) Technology Exchange Program, 48 p).

[3] Science for Environment Policy - Noise Abatement Approaches (2017). Future Brief 17. (Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol, 28 p.)

[4] Kotzen B., English C. (2009). Environmental noise barriers: a guide to their acoustic and visual design (2nd ed., Taylor & Francis, 282 p.)

[5] Fredianelli L., Del Pizzo A., Licitra G. (2019). Recent developments in sonic crystals as barriers for road traffic noise mitigation (Environments 2019, 6(2), 14, doi: 10.3390/environments6020014)

[6] Jean P., Defrance J. (2015). Sound propagation in rows of cylinders of infinite extent: Application to sonic crystals and thickets along roads (Acta Acustica united with Acustica 2015, 101(3), p. 474-483, doi: 10.3813/AAA.918844)

[7] Godinho L., Santos P. G., Amado-Mendes P., Pereira A., Martins M. (2016). Experimental and numerical analysis of sustainable sonic crystal barriers based on timber logs (Proceedings of the EuroRegio2016, Porto, Portugal, p. 13-15.)

[8] Bendtsen, H., Qing L., Erwin K. (2010). Acoustic aging of asphalt pavement: A Californian Danish comparison. Report number: UCPRC-RP-2010-01 (The Danish Road Institute Road Directorate and University of California Pavement Research Center, doi: 10.13140/2.1.5166.8803)

[9] Oltean-Dumbrava C.A., Miah A., Watts G., Brero G., Clairbois J.P., Padmos C., Auerbach M., Hans J., Schiopu N. (2010). QUIESST – Deliverable No.6.1 State of the Art Review and Report on the Sustainability of Noise Reducing Devices. Report No. FP7-SST-2008-RTD-1

(Prepared for the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n°SCP8-GA-2009-233730, 305 p.)

[10] Noise Management and Abatement (2010). Report 2010-05 (Conference of European Directors of Roads CEDR., 108 p.)

[11] Noise Barriers Inventory. US Dept. od Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), Office of Planning, Environment, & Realty (HEP). (on-line) available at: https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/noise_barriers/inventory/ (06.09.2022)

[12] State of the Art in Managing Road Traffic Noise: Noise Barriers (2017). Technical Report 2017-02 (Conference of European Directors of Roads CEDR, 87 p.)

[13] Brero G. (2017). EU Noise Policy: European Noise Barrier Federation (ENBF) Expectations and Contributes (Presented at "Noise in Europe" Conference, European Commission, Brussels, Belgium, 24 April 2017)

[14] CEN/TC 226/WG 6 - Noise Reducing Devices. European Committee for Standardization (CEN), Published Standards.

[15] Clairbois J.P., Garai M. (2015). The European Standards for Roads and Railways Noise Barriers: State of the Art 2015 (In Proceedings of the 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering: EuroNoise 2015, Maastricht, The Netherlands, 31 May – 3 June 2015; p. 45-50.)

[16] McAvoy D.S., Theberge R. (2014). Comparison and Testing of Various Noise Wall Materials. Report No. FHWA/OH-2014/8 (Prepared for the Ohio Department of Transportation, Office of Statewide Planning & Research, 224 p.)

[17] Shahidan S., Hannan N.I.R.R., Maarof M.Z.M., Leman A.S., Senin M.S. (2016). A Comprehensive Review on the Effectiveness of Existing Noise Barriers Commonly Used in the Railway Industry (In MATEC Web Conf. Vol. 87, Proceedings of the 9th International Unimas Stem Engineering Conference (ENCON 2016) "Innovative Solutions for Engineering and Technology Challenges", Sarawak, Malaysia, 26-28 October 2016; Hasan, A. et al., Eds; Publisher: EDP Sciences; Paper No.: 01007, DOI: 10.1051/matecconf/20178701007)

[18] Morgan S.M., Kay D.H. (2001). Noise Barrier Material Selection (Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board 2001, Paper No. 01-2616, DOI: 10.3141/1756-07)

[19] Pigasse G., Kragh J. (2011). Optimised Noise Barriers: A State-of-the-Art Report. Report no. 194 – 2011 (Prepared for the Vejdirektoratet - Danish Road Directorate of Ministry of Transport, 30 p.)

[20] Clairbois J.P., Roo F. de, Garai M., Conter M., Defrance J., Oltean-Dumbrava C.A., Durso C. (2012). QUIESST Guidebook to Noise Reducing Devices Optimisation. Report No. FP7-SST-2008-RTD-1 (Prepared for the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n°SCP8-GA-2009-233730, 56 p.)

[21] de la Red Bellvis E.J. (2011). Noise Barriers in Railways - A View on the State of Art. (Presented at RailSpain Congress, Zaragoza, Spain, 14 - 16 June 2011)

[22] Lakušić S. (2012). How to Obtain EU Project Without an EU Partner - Example of RUCONBAR Project From the EU Program CIP ECO-Innovation (In Planning, Design, Construction and Renewal in the Civil Engineering, Proceedings of the INDIS 2012, Novi Sad, Serbia, 28-30 November 2012; Radonjanin, V., Folić, R., Lađinović, Đ., Eds; Publisher: Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Civil Engineering and Geodesy, 2012; p. 2-15.)

[23] Öztürk T., Öztürk Z., Çalis M. (2012). A Case Study on Acoustic Performance and Construction Costs of Noise Barriers (Scientific Research and Essays 2012, 7(50), pp. 4213-4229. DOI: 10.5897/SRE10.1134)

[24] Ahac M., Ahac S., Lakušić S. (2021). Long-Term Sustainability Approach in Road Traffic Noise Wall Design (Sustainability 2021, 13, 536 .https://doi.org/10.3390/su13020536)

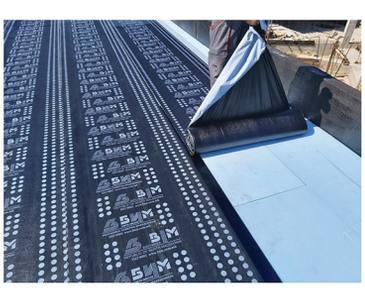
65 години

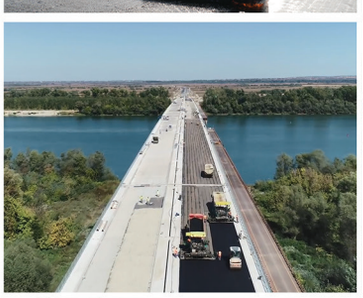
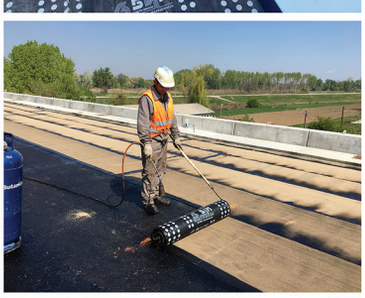
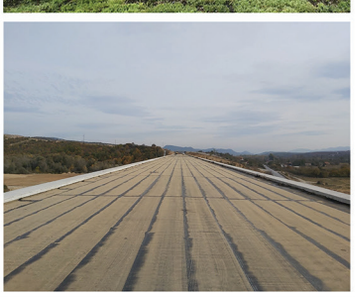
традиција и квалитет

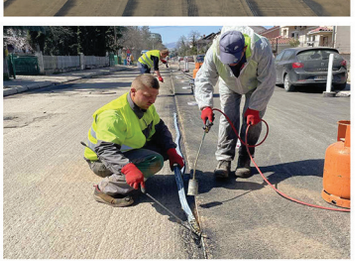
БИМ
СВЕТИ НИКОЛЕ

ФАБРИКА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИТУМЕНСКИ ИЗОЛАЦИОНИ МАТЕРИЈАЛИ

тел.: +389 32 455 177 ; 455 377 web: www.bim.com.mk mail: bim@t.mk





CE

CERTIFIED ISO 9001:2015

quality austria SYSTEM CERTIFIED

IQNet THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

ESKAVATORIMK
ESKAVATORIMK
SKOPJE, NORTH MACEDONIA

ESKAVATORI MK

"WE BUILD THE ROADS OF THE FUTURE"

WWW.ESKAVATORIMK.COM

all the way
for roadside safety,
always!

- EN12767, 100 HE
- up to 18m

SAFETY-PRODUCT
ZIPpole

» VISION ZERO = GOING FOR ZERO INJURIES IN ACCIDENTS:
HUMANS MIGHT FAIL BUT THE ROADSYSTEM SHOULD NOT.

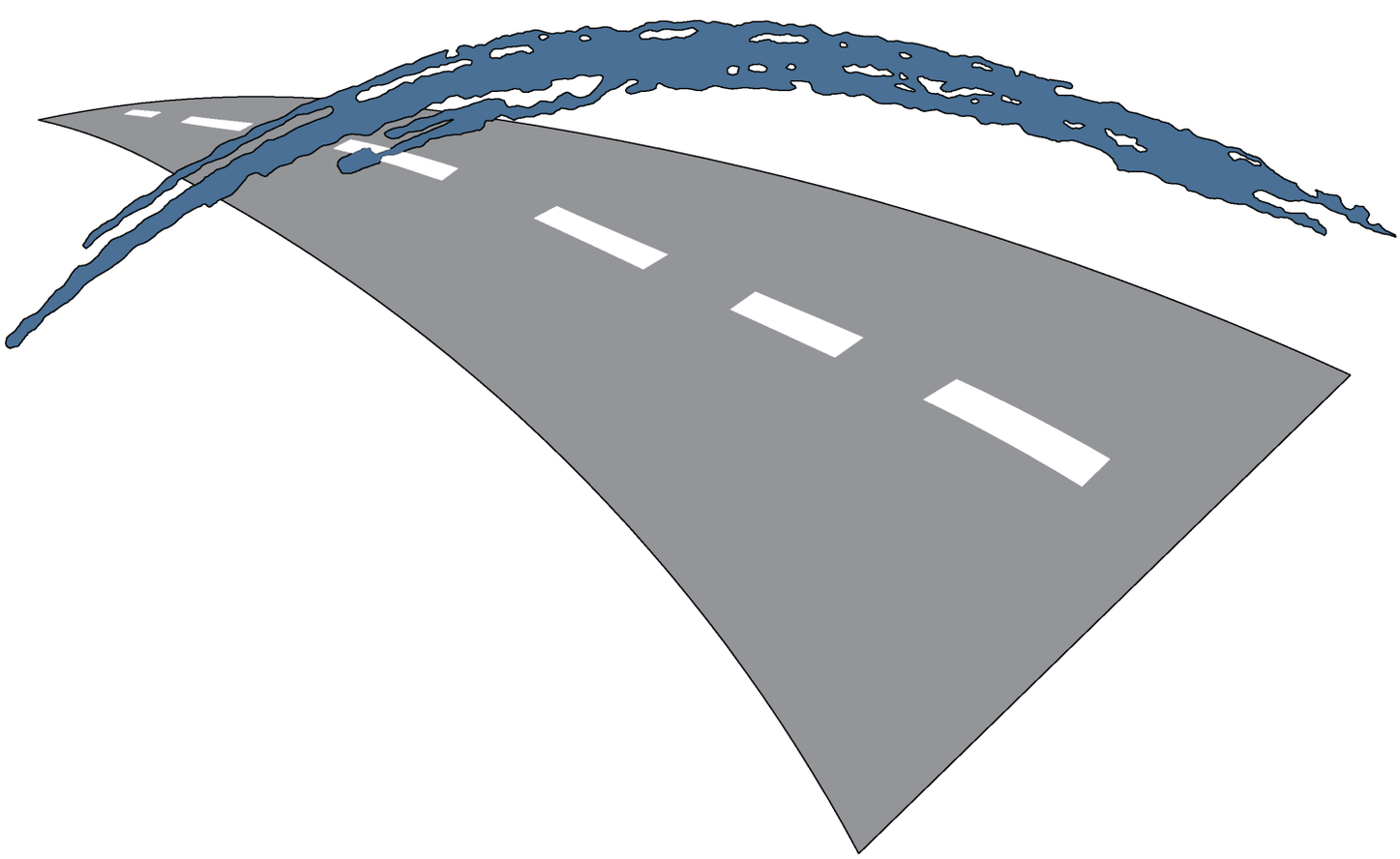
Safety Product – Beverlosesteenweg 100 - BE 3580 Beringen - www.zippole.com – info@safety-product.eu
Demeter Prislan - demeter.prislan@siol.net - Mobile: +386 41 647 814

А.Д. ИЛИНДЕН - СТРУГА

Пролетерски бригади 62б Струга +389 46 78 19 02
www.ilindenstruga.com.mk
ilindenad@gmail.com

STRABAG

LENDI GRUP



ЮПИТЕР 05 ООД
JUPITER 05 LTD.

ВАШИОТ ПАРТНЕР ЗА БЕЗБЕДНОСТ НА ПАТИШТАТА

Пловдив
Бугарија

MISA-MG

We produce:

asphalt, aggregates for asphalt, aggregates for concrete, material for subbase

company for production, trade and transport
MISA-MG doo export - import Skopje
str.Pavel Shatev no.3, lam.3 loc.10, 1000 Skopje
contact: 02 3120 098, contact@misa-mg.mk
www.misa-mg.mk

MISA-MG transport
MISA-MG asphalt
MISA-MG international

members od MISA-MG

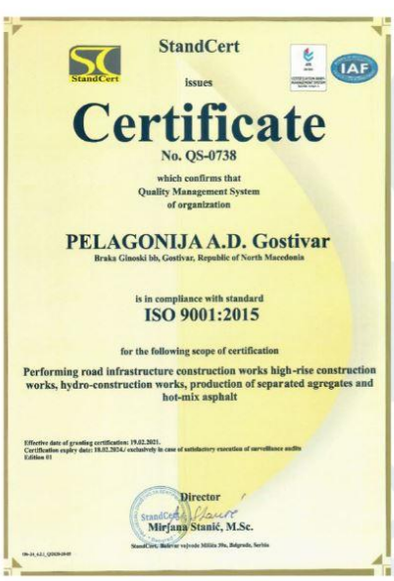
ПЕЛАГОНИЈА
А.Д. ГОСТИВАР

ДРУШТВО ЗА ГРАДЕЖНИШТВО, ПРОИЗВОДСТВО
И ИНЖЕНЕРИНГ УВОЗ-ИЗВОЗ

ISO 9001:2015
Стандард за систем за управување со квалитет.

ISO 14001:2015
Стандард за систем за управување со животната средина.

ISO 45001:2018
Стандард за систем управување со здравје и безбедност при работа.



StandCert

issues

Certificate

No. QS-0738

which confirms that
Quality Management System
of organization

PELAGONIJA A.D. Gostivar

Braka Ginoski bb, Gostivar, Republic of North Macedonia

is in compliance with standard
ISO 9001:2015

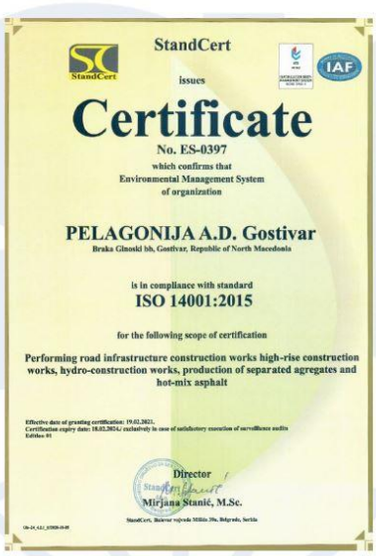
for the following scope of certification

Performing road infrastructure construction works high-rise construction works, hydro-construction works, production of separated agregates and hot-mix asphalt

Effective date of granting certification: 19.02.2021.
Certification expiry date: 18.02.2024./ exclusively in case of satisfactory execution of surveillance audits
Edition 01

Director
Mirjana Stanić, M.Sc.

StandCert, Bulevar vojvode Mišića 39a, Belgrade, Serbia



StandCert

issues

Certificate

No. ES-0397

which confirms that
Environmental Management System
of organization

PELAGONIJA A.D. Gostivar

Braka Ginoski bb, Gostivar, Republic of North Macedonia

is in compliance with standard
ISO 14001:2015

for the following scope of certification

Performing road infrastructure construction works high-rise construction works, hydro-construction works, production of separated agregates and hot-mix asphalt

Effective date of granting certification: 19.02.2021.
Certification expiry date: 18.02.2024./ exclusively in case of satisfactory execution of surveillance audits
Edition 01

Director
Mirjana Stanić, M.Sc.

StandCert, Bulevar vojvode Mišića 39a, Belgrade, Serbia

StandCert

issues

Certificate

No. OH-0306

which confirms that
Occupational Health and Safety Management System
of organization

PELAGONIJA A.D. Gostivar

Braka Ginoski bb, Gostivar, Republic of North Macedonia

is in compliance with standard
ISO 45001:2018

for the following scope of certification

Performing road infrastructure construction works high-rise construction works, hydro-construction works, production of separated agregates and hot-mix asphalt

Effective date of granting certification: 19.02.2021.
Certification expiry date: 18.02.2024./ exclusively in case of satisfactory execution of surveillance audits
Edition 01

Director
Mirjana Stanić, M.Sc.

StandCert, Bulevar vojvode Mišića 39a, Belgrade, Serbia

Проектирање

Партерно уредување

Изградба, реконструкција и рехабилитација на патишта

БИТЕМ

070/251-207

www.bitem.mk

ул. Владимир Полежиновски бр. 7а/1-дп 1

Pavement Reinforcement System for tack-coat free application

GlasGrid® Rapid

BENEFITS

- 3x longer road life time due to the reduction of cracks and the reduction of deformations in the road
- Up to 50% reduction in future investment for repair and maintenance
- Fast and efficients application thanks to self-adhesive layer
- Application on all types of asphalt or concrete surfaces (milled & flat)
- Usable from desert to mountain weather conditions
- Full-area highly modified penetrated asphalt membrane
- Less technological processes save manpower and mechanization on job site
- Increased traffic capacity of the road
- Easy to mill and recycle
- Positive impact on the invironment

STICK and PAVE

Unroll **GlasGrid® Rapid** & peel off the foil in 1 step

Press to the surface

Pave by asphalt

SAINT-GOBAIN ADFORS CZ s. r. o.
aleksandar.glisic@saint-gobain.com | wwww.adfors.com

STENTON
CONSTRUCTION

+389 47 229 077

www.stentongradba.mk

Stenton Gradba DOO
s. Dolno Orizari bb Bitola

Leading construction company in the region that for more than 10 years provides the market with high quality products and services in the field of construction.

We are building your future.
We are renewing the past.

UNIPROMET

On the Bright Side of the Road

www.unipromet.co.rs

- PRODUCTION AND INSTALLATION OF:
  - Safety guard rails according to European and international standards
  - Noise protection panels
  - Pedestrian fences
  - Wire fences
  - Safety nets
- HOT DIP GALVANIZING
- INTERNATIONAL TRANSPORT

Bulevar oslobodilaca Čačka 92A
32 103 Konjevići, Čačak – Serbia

+381 32 357 040

office@unipromet.co.rs

TRANSPORT | MINING | ROADS | ENGINEERING

www.vato.mk

ЖИКОЛ

Градете ја Вашата иднина денес.

zikol.com.mk

GRANIT
BUILDING & CONSTRUCTION

70 години супериорност во градењето

IRD Engineering S.r.l. is a leading Italian Engineering Consultancy. The company, 100% independent from any construction and industrial group, provides worldwide comprehensive engineering solutions for both public and private sectors clients in all the phases of project implementation.

IRD ENGINEERING

Sectors of Activity:

- *Transport Infrastructure*
- *Buildings and Urban Planning*
- *Water and Environment*
- *Security Engineering*
- *Airports and Air Facilities*
- *Technical Assistance*

ISO 9001
ISO 14001
ISO 45001
BUREAU VERITAS Certification

Member of FIDIC oice

IRD Engineering S.r.l.
Head Office Lungotevere delle Navi, 30 00196 Rome Italy
Phone +39.06.976.11.271 e-mail: info@irdeng.com website: www.irdeng.com

Our Branch Offices:
Afghanistan, Albania, Armenia, Azerbaijan, Bosnia & Herzegovina, Georgia, Libya, Kazakhstan, Moldova, Montenegro, North Macedonia, Romania, Russia, Serbia, Ukraine, Uzbekistan

produzionepropria.com illustrazione benedetta fasson

HSH Chemie

> itercolor

RESINA LT clear binders for neutral or coloured asphalt mixes to reduce heat in urban areas

itercolor RESINA LT clear binders replace bitumen and offer the possibility to produce neutral or oxide-coloured mixes, suited to obtain coloured asphalt pavements. They help reduce urban heat islands as well as allowing roads to adapt more harmoniously to the surrounding areas, both urban and rural, or improve their visibility. Specific for urban development, coloured asphalts, special and rural roads, sites of interest.

Areas of application

High-tech additives for the road industry

ITERCHIMICA

www.iterchimica.it

ПРОСТОР доо

ДРУШТВО ЗА ПЛАНИРАЊЕ, ПРОЕКТИРАЊЕ И ИНЖЕНЕРИНГ - КУМАНОВО

Адреса: “Моша Пијаде” бр. 2, 1300 Куманово — Република Македонија

Телефони: Управител +389/31/427-117
Централа +389/31/475-510
Факс +389/31/438-501

e-mail: contact@prostor.mk ; prostor@t-home.mk — www.prostor.mk

ВТОР МАКЕДОНСКИ КОНГРЕС ЗА ПАТИШТА SECOND MACEDONIAN ROAD CONGRESS 2022

Platinum Sponsors

Silver Sponsors

Bronse Sponsors

Friends Sponsors