

## **Влијание на различен тип на санација во коловозната конструкција врз постигнување на квалитет на рамноста на возната површина**

В. Проф. Д-р Горан Мијоски, дипл.град.инж.<sup>(1)</sup>, Марјана Топаловска Ангелевска, дипл.град.инж.<sup>(2)</sup>,  
Лазар Николиќ, дипл.град.инж.<sup>(3)</sup>, Неџад Бајрами, дипл.град.инж.<sup>(4)</sup>

- (1) В. Професор на Катедра Патишта, при Универзитет "Св.Кирил и Методиј", Градежен факултет – Скопје, Република Македонија, mijoski@gf.ukim.edu.mk  
(2) Раководител на одделение за асфалт и коловозни конструкции во ОЕ Лабораторија, ГД ГРАНИТ АД Скопје, Р. Македонија, marjana.topalovska@granit.mk  
(3) Директор на ОЕ Лабораторија, ГД ГРАНИТ АД Скопје, Република Македонија, lazar.nikolic@granit.mk  
(4) Раководител на одделение за РАМС – Систем за управување со патишта, Јавно претпријатие за државни патишта, Р. Македонија, n.bajrami@roads.org.mk

### **Апстракт**

Повеќе меѓусебно зависни чинители од спрегот возило – состојба на пат, имаат значително влијание на удобноста при движење на еден патен правец. Еден од овие параметри е рамноста на коловозната површина, со која се обезбедува конфорно и безбедно возење, при проектирана брзина на определен пат.

Една од најважните површински карактеристики на секој пат е надолжната рамност која е во функционална зависност од дозволената брзина на движење. Надолжната рамност изразена преку индексот на рамност IRI (Меѓународен индекс на рамност) е значаен параметар кој треба да се постигне на возната површина.

Појавата на зголемени пластични деформации на асфалтната конструкција, заморот и појавата на пукнатини во коловозниот застор, условуваат за барање на техничко решение со цел добивање на квалитетна флексибилна коловозна конструкција, особено за автопатишта и патишта со многу тешко сообраќајно оптоварување. Примената на проектно решение со преслекување или еднослојна надградба на коловозниот застор, најчесто не ограничува во постигнување на бараната рамност.

**Клучни зборови** – коловозна конструкција, надолжна рамност, реконструкција, рехабилитација

### **Abstract**

There are more factors from bond vehicle - road condition that have significant impact on driving comfort on the road. One of indicators in this bond is roughness of roadway surface (smoothness), and with this indicator safe and comfortable driving at designed speed on particular roadway is ensured.

One of the most important surface parameters of every roadway is longitudinal roughness which is functionally connected with maximum allowed driving speed. Longitudinal roughness, expressed through International Roughness Index (IRI) is significant parameter which have to be achieved on pavement surface.

The occurrence of excessive plastic deformation, fatigue and the appearance of cracks in the pavement structure are factors that require on-going quest for a technical solution in order to obtain high quality flexible road construction especially for highways and roads with very heavy traffic load. Applying a design solution by overlaying or one-layer upgrading of pavement structure, is usually limiting factor in achieving of the required roughness.

**Key words** - longitudinal roughness, pavement structure, reconstruction, rehabilitation

## 1. Вовед

Во овој труд главно внимание е посветено на надолжната рамност на возната површина изразена преку индексот на рамност IRI, како една од најважните површински карактеристики на секој пат. Евидентно е дека рамноста има големо влијание на комфорот и безбедноста на возењето, меѓутоа овој фактор на коловозните површини е променлив во текот на експлоатацијата на коловозите и зависи од многу влијателни чинители.

За да се утврди влијанието на различен тип на санација во коловозната конструкција врз квалитетот на постигнатата рамноста на возната површина, во рамките на Меѓународниот научен проект „Примена на ПМБ во носечките асфалтни слоеви на коловозната конструкција кај патиштата со тешко сообраќајно оптоварување и автопатиштата“ [1] направено е т.н. „нулто / почетно“ мерење на индексот на рамноста (IRI) на карактеристична делница на од автопатот А1 (Е-75), делница: „Неготино – Демир Капија“ (лев коловоз) од km 121+800 до km 115+224.

## 2. Карактеристики на експерименталната делница

Предметната делница на која е извршено мерењето, е изведена согласно проектот Санација и рехабилитација на државниот пат А1, делница: „Неготино – Демир Капија“ во период Јули/ 2018 до Ноември/ 2018 од страна на Изведувачот ГД ГРАНИТ АД Скопје. Вградувањето на завршниот абечки слој е извршено со финашер со електронско водење со помош на големи MultiPlex скии, во полна ширина на коловозот (околу 11 m), идеална технологија со која се постигнува израмнување на појавените нерамнини на подлогата. MultiPlex скиите работат на принцип на без контактно отчитување на вредности во однос на референтна површина, на три ласерски сензори поставени на двете страни од финашерот, на висина во опсег од 250 mm до 650 mm.

Експерименталната делница е поделена на 3 поделници кои се разликуваат во однос на типот на изведена санација / рехабилитација:

- **Поделница 1 – Нова коловозна конструкција – дел каде е изведена реконструкција со замена на постелка, тампон и трослојна асфалтна конструкција):** потег од km 115+040 до km 116+990, во должина од 195 m, каде е направена целосна санација на долниот и горниот строј на коловозната конструкција. Вкупната дебелина на коловозната конструкција изнесува 89 cm со следнава структура и димензии:
  - **Насипан камен** во дебелина од ..... min 30 cm
  - **Подобрена постелка** со дебелина од ..... 40 cm
  - **Тампон** во слој со дебелина од ..... 30cm

Вкупната асфалтна конструкција на овој потег изнесува 19 cm, конструкција со трослојна надградба од тип:

- **I слој:** Битуменизиран носив слој БНС 32сА во дебелина од d=7cm,

- **II слој:** Битуменизиран носив слој БНС 22сА во дебелина од  $d=6\text{cm}$ ,
  - **III слој:** Абечки слој АБ 16с со полимер модифициран битумен ПмБ (45/80-65) во дебелина од  $d=6\text{cm}$ .
- **Подделница 2 – Рехабилитација – дел каде е изведена еднослојна надградба со замена на абечкиот слој и по потреба локално крпење на битуменизираниот носив слој):** се состои од два дела - потег од  $\text{km } 116+990$  до  $\text{km } 119+881$ , во должина од 2.891 m и потег од  $\text{km } 120+228$  до  $\text{km } 122+984$ , во должина од 2.756 m, каде е направена рехабилитација на асфалтната конструкција со еднослојна надградба АБ 16с со полимер модифициран битумен ПмБ (45/80-65) во дебелина од  $d=6\text{cm}$ . Вкупната асфалтна конструкција на овој потег изнесува  $\approx 17\text{ cm}$ ;
  - **Подделница 3 – Постојна коловозна конструкција – дел каде не се изведени градежни активности):** на потег од  $\text{km } 119+881$  до  $\text{km } 120+228$ , во должина од 347 m каде асфалтната конструкција не е санирана, поради предвидената изградба на Наплатна станица.

Во однос на вкупната дебелина на сите асфалтни слоеви во коловозната конструкција, предметните делници се категоризираат во една група.

### **3. In situ мерење рамност на возната асфалтна површина на левиот коловоз на делница: „Неготино – Демир Капија“ (лев коловоз) од $\text{km } 121+800$ до $\text{km } 115+224$**

Со цел да се забележат разликите во квалитетот на рамноста на возната површина во однос на различниот тип на интервенции, извршено е мерење на рамноста на приближно цела делница на која се одвиваа градежни активности од  $\text{km } 115+040$  до  $\text{km } 122+984$ . Мерењето на предметната делница е извршено на ден 9/11/2018 год. на потег од  $\text{km } 121+800$  до  $\text{km } 115+224$ , во правец од Демир Капија кон Неготино, во должина од 6,576 km, со мерен уред високо брзински инерцијален профилер Dynatest Road Surface Profilometer® 5.051 Mark II, сопственост на ЈП за државни патишта (Сл. 1).



**Слика 1.** Почетна стационача за мерење на рамност

Како критериум за изразување на надолжната рамност на возната површина од автопатот е земен меѓународниот индекс на рамност **IRI - International Roughness Index** [ $m/km$ ], кој според препораките на The World Bank се применува во најголем број на земји во Европа и светот.

Поради точност на рефлексијата на ласерските зраци, мерењето на рамноста е извршено на чиста и сува површина, согласно стандардот EN 13036-5 *Road and airfield surface characteristics - Test methods -- Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices (EN 13036-5:2019)*. Мерењето е извршено со три ласерски единици, при што секој мерен ласер мери еден надолжен профил. Опфатени се мерни профили во три позиции лево, средина и десно од една сообраќајна лента. Извршено е поединечно мерење на двете сообраќајни ленти и тоа на возната лента и лентата за прстигнување.

#### **4. Анализа на почетна и експлоатациона рамност на возната асфалтна површина на левиот коловоз на делница: „Неготино – Демир Капија“ (лев коловоз) од km 121+800 до km 115+224**

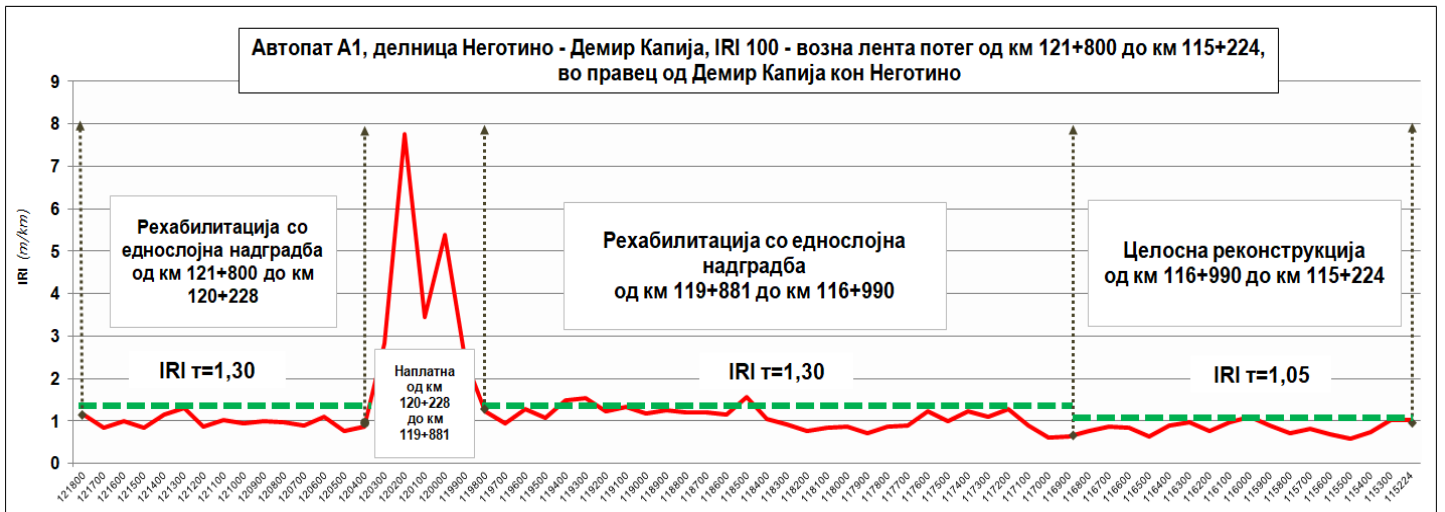
Во Република Македонија постојните технички прописи не предвидуваат мерење на рамноста изразена преку индексот на рамност **IRI**, туку постигната рамност на возната површина се мери со мерна летва од четири метри. Воедно, во постојните технички прописи не се прави разлика меѓу оценка на состојбата на рамноста на возната површина кај патишта во експлоатација, новоградби, како и различни типови на санација/рехабилитација. Од таа причина оцената на состојбата на возната површина е направена според хрватските прописи, земајќи ги во предвид големината на сообраќајното оптоварување, категоријата на патот, типот на интервенција и проектната брзина на возење, дадено во табела 1.

Табела 1. Критериуми за оцена на надолжна рамност

Категорија на пат	Категорија на асфалтен коловоз	Опсег на градежен зафат	Проектиран индекс на рамност $IRI_P$ [m/km]	Толерантен граничен индекс на рамност $IRI_T$ [m/km]	Неприфатли в индекс на рамност $IRI_N$ [m/km]	
I-a	Автопат	Новоградба	Новоизведена асфалтна конструкција во состав на новоградба на автопат (без објекти)	$IRI_{PAN} \leq 0,90$	$IRI_{TAN} = 1,05$	$1,35 \leq IRI_{NAN}$
		Обнова	Новоизведени асфалтни слоеви во состав на обнова на автопат (без објекти)	$IRI_{PAO} \leq 1,10$	$IRI_{TAO} = 1,30$	$1,70 \leq IRI_{NAO}$
		Објекти-градби	Новоизведен коловозен асфалтен застор на објекти во состав на новоградба и обнова на автопати	$IRI_{PAG} \leq 1,65$	$IRI_{TAG} = 2,10$	$2,45 \leq IRI_{NAG}$
II-a	Државен пат	Новоградба	Новоизведена асфалтна конструкција во состав на новоградба на државен пат	$IRI_{PDN} \leq 1,15$	$IRI_{TDN} = 1,35$	$1,65 \leq IRI_{INDN}$
		Реконструкција	Новоизведени асфалтни слоеви во состав на реконструкција на државен пат	$IRI_{PDR} \leq 1,40$	$IRI_{TDR} = 1,70$	$2,30 \leq IRI_{INDR}$
		Надградба - пресвлека	Новоизведени асфалтни слоеви во состав на надградба (преслекување) на државни патишта	$IRI_{PDP} \leq 2,15$	$IRI_{TDP} = 2,55$	$3,00 \leq IRI_{INDP}$
III	Градски патишта	Новоизведени асфалтни слоеви во состав на новоградба и реконструкција на градски патишта	$IRI_{PG} \leq 2,00$	$IRI_{TG} = 2,45$	$2,85 \leq IRI_{NG}$	

Евалуацијата на постигнатиот индекс на рамност е извршена за **возната лента и лентата за престигнување**, за целата делница, во должина од 6,576 km на која е извршено мерењето, а критериумите за евалуација се земени за категорија на пат – автопат обнова (рехабилитација) и за категорија на пат – автопат, новоградба (целосна реконструкција).

На слика 2 и слика 5, дадена е експлоатационата рамност  $IRI_{100}$  на целата измерена делница на возната лента и лентата за престигнување од km 121+800 до km 115+224, согласно критериумите за толерантен граничен индекс на рамност, дадени во табела 1, за новоизведена асфалтна конструкција во состав на новоградба на автопат ( $IRI_T = 1,05$ ) за делот каде е изведена целосна реконструкција (од km 116+990 до km 115+224) и согласно критериумите за толерантен граничен индекс на рамност за новоизведени асфалтни слоеви во состав на обнова на автопат ( $IRI_T = 1,30$ ) за делот каде е изведена рехабилитација со еднослојна надградба (од km 121+800 до km 120+228 и од km 119+881 до km 116+990).



IRI average - 0,98  
Рехабилитација

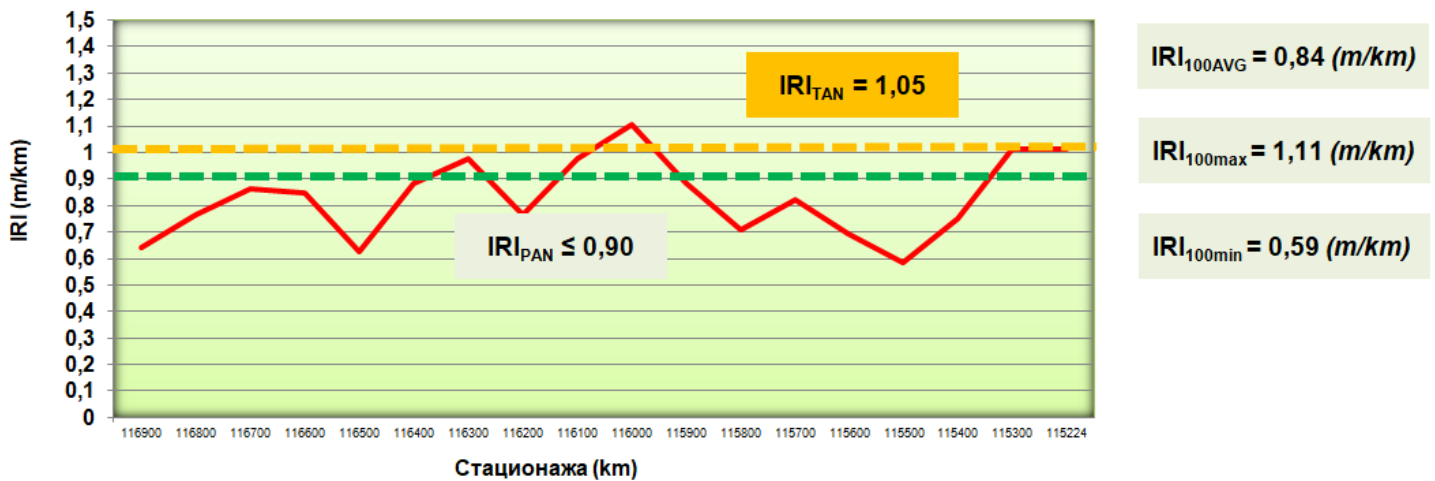
IRI average - 4,38  
Наплатна

IRI average - 1,08  
Рехабилитација

IRI average - 0,84  
Целосна  
реконструкција

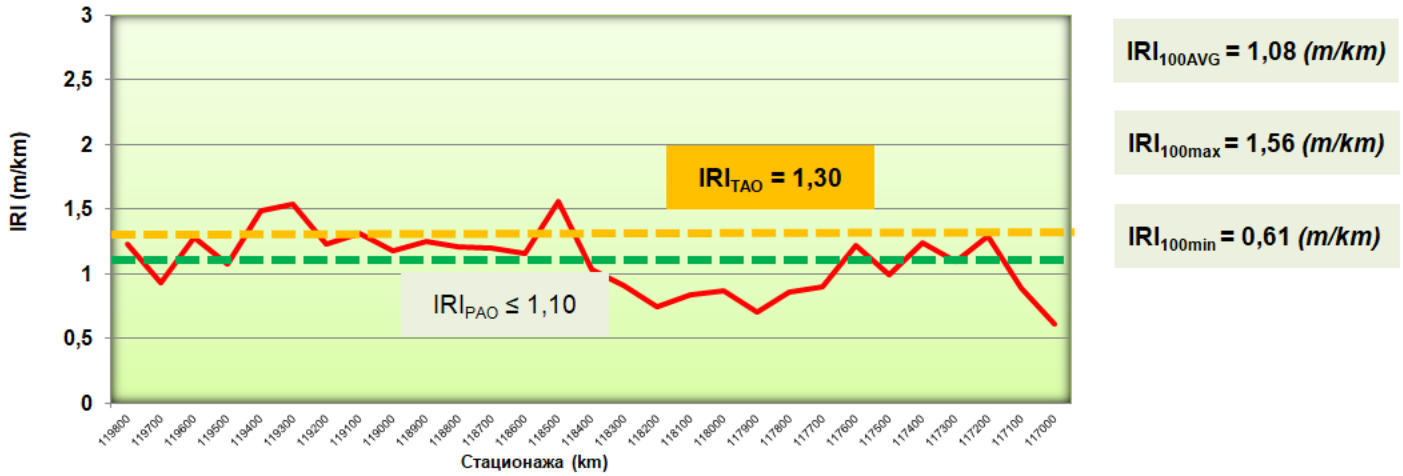
Слика 2. Приказ на измерената рамност IRI<sub>100</sub> на целата делница на возна лента (ВЛ) – потег од км 121+800 до км 115+224

Автопат А1, делница Неготино - Демир Капија, IRI 100 - возна лента потег од км 116+990 до км 115+224, во правец од Демир Капија кон Неготино  
Целосна реконструкција

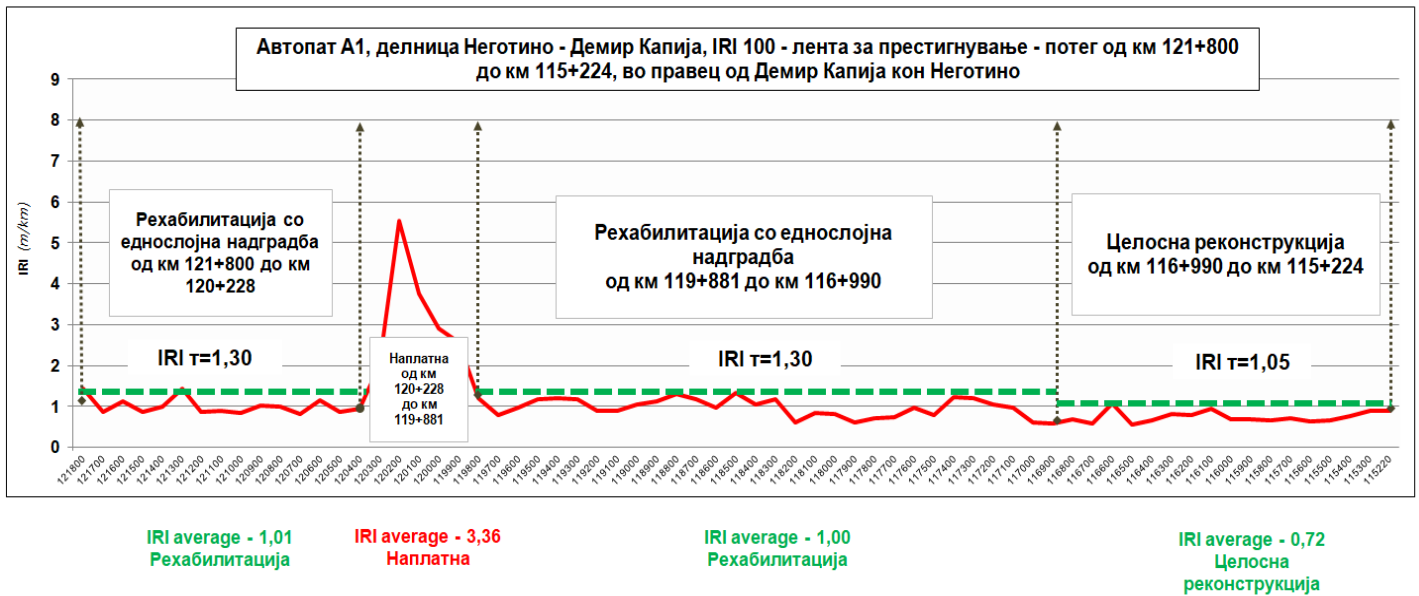


Слика 3. Приказ на измерената рамност IRI<sub>100</sub> на делница на возна лента (ВЛ) – каде е извршена целосна реконструкција – потег од км 116+990 до км 115+224

Автопат А1, делница Неготино - Демир Капија, IRI 100 - возна лента потег од км 119+881 до км 116+990, во правец од Демир Капија кон Неготино  
Рехабилитација со еднослојна надградба



Слика 4. Приказ на измерената рамност IRI<sub>100</sub> на делница на возна лента (ВЛ) – каде е извршена еднослојна надградба – потег од км 119+881 до км 116+990



Слика 5. Приказ на измерената рамност IRI<sub>100</sub> на целата делница на лента за престигнување (ЛП) – потег од км 121+800 до км 115+224

Извршена е статистичката пресметка на сите измерени вредности на IRI<sub>100</sub>, на возната лента и лентата за престигнување, во однос на типот на санацијата, поединечно по подделници и за цела делница, а карактеристичните статистички податоци, презентирани се во табела 2 и табела 3.

**Табела 2.** Статистички податоци за IRI<sub>100</sub> на целата делница и поединечно по подделници - ВЛ

IRI <sub>100</sub> за потег на:	min.	max.	Average IRI <sub>100AVG</sub> [m/km]	St. Dev.	Број на под.	Критериум
<b>Целосна реконструкција</b> Потег од км 115+224 до км 116+990	0.59	1.11	<b>0.84</b>	0.14	18	IRI <sub>PAN</sub> ≤ 0,90 IRI <sub>TAN</sub> = 1,05 (за автопат - новоградба)
<b>Рехабилитација со еднослојна надградба</b> Потег од км 116+990 до км 119+881	0.61	1.56	<b>1.08</b>	0.25	28	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопат)
<b>Рехабилитација со еднослојна надградба</b> Потег од км 120+228 до км 121+800	0.77	1.30	<b>0.98</b>	0.14	15	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопат)
<b>Постојна асфалтна конструкција – дел за Наплатна станица</b> од км 119+881 до км 120+228	2.46	7.76	<b>4.38</b>	2.20	5	/
<b>Цела делница</b> Потег од км 121+800 до км 115+224	0,59	7,76	1,25	1,08	67	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопт)

**Табела 3.** Статистички податоци за IRI<sub>100</sub> на целата делница и поединечно по подделници - ЛП

IRI <sub>100</sub> за потег на:	min.	max.	Average IRI <sub>100AVG</sub> [m/km]	St. Dev.	Број на под.	Критериум
<b>Целосна реконструкција</b> Потег од км 115+224 до км 116+990	0.54	1.07	<b>0.72</b>	0.14	18	IRI <sub>PAN</sub> ≤ 0,90 IRI <sub>TAN</sub> = 1,05 (за автопат - новоградба)
<b>Рехабилитација со еднослојна надградба</b> Потег од км 116+990 до км 119+881	0.60	1.34	<b>1.00</b>	0.21	28	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопат)
<b>Рехабилитација со еднослојна надградба</b> Потег од км 120+228 до км 121+800	0.81	1.43	<b>1.01</b>	0.19	15	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопат)
<b>Постојна асфалтна конструкција – дел за Наплатна станица</b> од км 119+881 до км 120+228	2.01	5.54	<b>3.36</b>	1.37	5	/
<b>Цела делница</b> Потег од км 121+800 до км 115+224	0.54	5.54	1.10	0.76	66	IRI <sub>PAO</sub> ≤ 1,10 IRI <sub>TAO</sub> = 1,30 (за рехабилитација на автопт)



Врз основа на оцената на рамност на возната лента и лентата за престигнување, за целата делница, вклучувајќи ги сите подделници, може да се заклучи дека е задоволен само толерантниот граничен индекс на рамност за критериум на обнова на пат – рехабилитација. Ако се одземе делницата на која не е преземено никаква интервенција на коловозот и се разгледаат поединечно секоја подделница во однос на типот на санацијата, резултатите драстично се менуваат – подобруваат и се задоволуваат сите критериуми и тоа во делот на целосна реконструкција се задоволуваат критериумите за автопат – новogradба (нова коловозна конструкција), а за делот на рехабилитација се задоволуваат критериумите за обнова на автопат.

Просечната вредност за  $IRI_{100AVG}$  за делот каде е изведена целосна санација изнесува **0,84 [m/km]** за возната лента и **0,72 [m/km]** за лентата за престигнување, што според критериумот за оценка за автопат – новogradба, може да се класифицира во рамките на проектираниот индекс на рамност  **$IRI_{PAN} \leq 0,90$**  што претставува највисоко ниво на рамност.

Исто така и просечната вредност за  $IRI_{100AVG}$  за делот каде е изведена рехабилитација со еднослојна надградба се движи во рамките од **0,98** до **1,08 [m/km]** за возната лента и **1,01 [m/km]** за лентата за престигнување, што според критериумот за оценка за автопат – обнова, може да се класифицира во рамките на проектираниот индекс на рамност  **$IRI_{PAN} \leq 1,10$**  што претставува највисоко ниво на рамност.

Оваа констатација, ја наметнува потребата од правење на прописи со градација во однос на класата на патот (сообраќајното оптоварување) и типот на интервенција на коловозот.

## **ЗАКЛУЧОК:**

На основа на резултатите од извршените мерења на надолжната рамност на возната површина, изразена преку индексот на рамност  $IRI$ , генерално може да се заклучат следниве работи:

- Квалитетот на возната површина се намалува во текот на експлоатација, а како една од главните причини е влијанието од дејството на сообраќајното оптоварување. Резултатите од испитувањето покажаа дека постои разлика во постигнатото ниво на рамност во зависност од типот на интервенција на коловозната конструкција. Тоа условува дека во фаза на експлоатација, потребно е континуирано мерење и евалуирање на индексот на рамност, со што ќе се има увид во состојбата на коловозната површина. Резултатите од овие мерења ќе се користат за проектирање, градење, управување и одржување на патната инфраструктура;
- Со презентираниите податоци за надолжна рамност изразени со меѓународниот индекс на рамност  $IRI$ , се упатува на заклучокот дека е неопходно да се подготват соодветни Македонски прописи за рамност со соодветни критериуми со категоризација во однос на класата на патот (сообраќајното оптоварување) и типот на интервенција на коловозот, (рехабилитација, реконструкција, новogradба).

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТИРА:

- [1] Примена на пмб во носечките асфалтни слоеви на коловозната конструкција кај патиштата со тешко сообраќајно оптоварување и автопатишта (Меѓународен научен проект на ГФ, Чешкиот технички универзитет – Прага и Дау/Дипон, Извештај за Мерење на надолжна и попречна рамност на коловозна конструкција, Скопје 2019)
- [2] Dr. W. James Wilde, P.E., Department of Mechanical and Civil Engineering, Minnesota State University, Mankato, Implementation of an International Roughness Index for Mn/DOT Pavement Construction and Rehabilitation, Final Report, Published by: Minnesota Department of Transportation, Research Services Section, 395 John Ireland Boulevard, MS 330, St. Paul, Minnesota 55155-1899;
- [3] Ufuk Kirba, Department of Civil Engineering, Ondokuz Mayıs University, IRI Sensitivity to the Influence of Surface Distress on Flexible Pavements;
- [4] Miroslav Šimun, Mate Sršen, Ravnost kolničkih zastora na gradevinama cestovne infrastrukture;
- [5] Miroslav Šimun, Mate Sršen, Kriteriji uzdužne ravnosti vozne površine asfaltnih kolnika
- [6] Kelly L. Smith, Leslie Titus-Glover, Lynn D. Evans, Pavement Smoothness Index Relationships: Final Report, PUBLICATION NO. FHWA-RD-02-057
- [7] EN 13036-5 Road and airfield surface characteristics — Test methods — Part 5: Determination of longitudinal unevenness indices,
- [8] ASTM, “Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile measurements”, E1926-98, ASTM Standards
- [9] Karamihas S.M., and T.D. Gillespie et al. “Guidelines for Longitudinal Pavement, Profile Measurement”, TRB - NCHRP Report 434, Washington D.C., 1999,
- [10] Perera, R.W., Byrum, C., and Kohn, S.D. (1998). Investigation of Development of Pavement Roughness, *FHWA-RD-97-147*, McLean, VA, USA.