



УНИВЕРЗИТЕТ „КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО
СКОПЈЕ

ИНСТИТУТ ЗА ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО
И ИНЖЕНЕРСКА СЕИЗМОЛОГИЈА (ИЗИИС) –
СКОПЈЕ



Кефајет Јусуф Едип

ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК КАКО ОСНОВА ЗА
ОДРЖЛИВ УРБАН РАЗВОЈ

Докторски труд

Скопје, 2023

Докторанд:

КЕФАЈЕТ ЈУСУФ ЕДИП

Тема:

ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК КАКО ОСНОВА ЗА ОДРЖЛИВ УРБАН РАЗВОЈ

Ментор:

Проф. д-р РОБЕРТА АПОСТОЛСКА

ИЗИИС - УКИМ

Комисија за одбрана:

Вон. проф. д-р РАДМИЛА ШАЛИЌ МАКРЕСКА (претседател)

ИЗИИС - УКИМ

Проф. д-р РОБЕРТА АПОСТОЛСКА (член и ментор)

ИЗИИС - УКИМ

Проф. д-р ВЕРОНИКА ШЕНДОВА (член)

ИЗИИС - УКИМ

Вон. проф. д-р ЈУЛИЈАНА БОЈАЏИЕВА (член)

ИЗИИС - УКИМ

Проф. д-р ДИВНА ПЕНЧИЌ, (член)

Архитектонски факултет – УКИМ

Научна област:

ЗЕМЈОТРЕСНО ИНЖЕНЕРСТВО

Датум на одбрана: 14.12.2023

ПОСВЕТА

Со љубов и почит, докторската дисертација ја посветувам на мојата покојна мајка Бахтиша Едип, дипл. инж. арх. и мојот татко Јусуф Едип, дипл. инж. арх.

БЛАГОДАРНОСТ

Од срце ѝ се заблагодарувам на мојата менторка проф. д-р Роберта Апостолска за професионалната соработка, поддршка и упатувања дадени во целиот тек на докторските студии. Ми претставува особена чест што сум ѝ студент и што ја имам можноста да научам од нејзе за тоа како можеме подобро да се справуваме со феноменот земјотрес.

Особено ѝ се заблагодарувам на проф. д-р Дивна Пенчиќ од Архитектонски факултет при УКИМ која ме поддржа во идејата за согледување на сеизмичкиот ризик од аспект на урбанистичко планирање и ми помогна во дефинирањето на сетот од урбанистички параметри кои имаат влијание врз сеизмичкиот ризик.

Голема благодарност ѝ упатувам на вон. проф. д-р Радмила Шалиќ Макреска која ме вовеле во проблематиката на процена на сеизмички ризик и ме запозна со еден од најсовремените програми во ова подрачје Open Quake engine.

Искрено им се заблагодарувам на проф. д-р Вероника Шендова и вон. проф. д-р Јулијана Бојациева за упатените сугестии и насоки за подобрување на мојот докторски труд.

Изразувам голема благодарност до Институтот за Земјотресно Инженерство и Инженерска Сеизмологија (ИЗИИС) при УКИМ во Скопје за овозможување пристап до претходно изработени студии за предметната локација на пилот студијата.

За овозможување на онлајн едукативни сесии за програмот Open Quake engine под проектот TREQ изразувам срдечна благодарност до тимот на GEM (Global Earthquake Model) меѓу кои особено им се заблагодарувам на d-r Alejandro Calderon, d-r Catalina Yepes-Estrada, d-r Kendra Johnson. Исто така, голема благодарност им упатувам на d-r Helen Crowley и d-r Sevgi Ozcebe за емајл комуникацијата со чија помош го совладав програмот Open Quake engine.

Благодарам,
Кефајет Едип

Скопје, Декември 2023

ИЗЈАВА ЗА ОРИГИНАЛНОСТ

Изјавувам дека докторскиот труд е оригинален труд што го имам изработено самостојно, дека уредно ги цитирам сите користени извори и литература и дека трудот не е користен во рамките на други универзитетски студии или за стекнување на друго звање.

Кефајет Едип, с.р.

Изјавувам дека електронската верзија на докторскиот труд е идентична со отпечатениот докторски труд.

Кефајет Едип, с.р.

РЕЗИМЕ

Современото урбанистичко планирање се стреми кон постигнување на целите на одржлив развој меѓу кои клучно е намалувањето на ризиците од природните катастрофи. Но истовремено, урбанистичкото планирање се наоѓа под притисок на брзата урбанизација што го отежнува имплементирањето на принципите на одржлив развој. Постојат голем број на населени места развиени во територии каде постои опасност од еден или повеќе видови на природни хазарди. Земјотресот се смета за еден од најдеструктивните, особено за урбаните средини кои имаат висока повредливост и голема густина на населеност.

Предмет на истражување во докторскиот труд е процена на сеизмичкиот ризик во урбани средини како основа за одржлив урбан развој. Сеизмичката сигурност на изградената животна средина се базира на објекти проектирани и изградени согласно важечките сеизмички прописи. Но, урбаната структура на градовите се состои и од објекти изградени во различни периоди, пред и после воведување на сеизмичките прописи и истата е динамична како резултат на различни реконструкции и адаптации. Градбите изградени пред воведување на сеизмичките прописи имаат непознат степен на сеизмичка сигурност а со тоа ги прават урбаните средини повредливи на сеизмички ризик.

Во рамки на докторатот, исто така е направена воведна анализа на постојната улога на урбанистичкото планирање во намалување на сеизмичкиот ризик низ преглед на праксата на урбанистичко планирање во неколку земји развиени во сеизмички активни региони.

Со цел утврдување на нивото на сеизмички ризик и идентификување на урбанистичките параметри кои влијаат на сеизмичкиот ризик, како пилот студија е избрана урбана единица во општина Карпош во Скопје, територија со релативно висока сеизмичност. Модерниот изглед на Градот Скопје започнал да се гради после земјотресот од 1963 година кој претставува најголема природна катастрофа во историјата на градот.

За да се направи процена на сеизмички ризик на пилот студијата најпрво се дефинирани компонентите на ризик: хазард, изложеност и повредливост. Сеизмичкиот хазард е дефиниран со детерминистички и веројатносен пристап. Податоците за сеизмички хазард се превземени од базата на податоци на ESHM20 (Danciu et al., 2021). При детерминистичкиот пристап се дефинирани две земјотресни сценарија, земјотрес со Mw 6.6 на 10км и земјотрес со Mw 7.1 на 100км радиус од пилот студијата. Во веројатностниот пристап, интензитетот на движење на тлото е одреден за повратни периоди од 95 и 475 години. Локалните почвени услови се дефинирани согласно претходна студија направена од страна на ИЗИИС (Дојчиновски и сораб., 2013) и податоци од регионални почвени услови дефинирани во ESRM20 (Crowley et al., 2021).

Компонентата изложеност е дефинирана според две урбанистички сценарија, постојна (сценарио 1) и планирана состојба (сценарио 2). Постојната состојба на градежниот фонд се базира на претходни студии на ИЗИИС (Нечевска-Цветановска и сораб., 2013; Apostolska et al., 2018), додека планираната состојба е дефинирана согласно ДУП (Тајфа план, 2015).

За секој ентитет од моделот на изложеност во сценарио 1 и 2 е дефинирана таксономија составена од атрибутите како што се: период на изградба (усогласеност со сеизмички прописи), материјал и конструктивен систем на објект, висина на објект, облик на основа на објект и поставеност на објект во урбан блок.

Според период на изградба објектите се класифицирани во три периоди; изградени пред 1964 година (без примена на сеизмички прописи), од 1964 до 1981 година (проектирани согласно првиот сеизмички правилник) и после 1981 година (проектирани согласно актуелниот сеизмички правилник). Градежниот фонд според вид на материјал и конструктивен систем на објектите се состои од објекти со конструкција од АБ рамки, конструкција од АБ рамки со исполна, конструкција со АБ рамка и носиви АБ сидови, сидана конструкција со АБ елементи (серклажи) и сидана конструкција без АБ елементи. Во двете сценарија на моделот на изложеност постојат објекти кои имаат мешан конструктивен систем што е резултат на различни конструктивни интервенции направени врз постоечките објекти од типот на доградби, надградби и сл. Дел од овие објекти се изведени со примена на дилатациони фуги, а дел се изведени со конструктивни интервенции врз постоечката конструкција.

Компонентата повредливост е формулирана со избирање на готови криви на повредливост од ESRM20 (Crowley et al., 2021). Селекцијата на криви на повредливост е направена согласно таксономиите на изложените ентитети.

За процената на сеизмичкиот ризик за различните урбанистички сценарија на пилот студијата е имплементиран програмот Open Quake engine 3.13 (GEM, 2022). Согласно начинот на дефинирање на сеизмичкиот hazard, детерминистички и веројатносен, применети се калкулаторите Земјотресно сценарио и Класичен Веројатносен пристап. Резултатите од процената на сеизмичкиот ризик се презентирани во корелација со таксономија, период на изградба и дефиниран сет од урбанистички параметри за различни нивоа на оштетувања. Исто така се презентирани мапи на оштетувања генерирани во програмот QGIS 3.14 (QGIS team, 2020). За калкулаторот Класичен веројатносен пристап е направена компаративна анализа на процена на економски загуби и човечки жртви. Генерално и очекувано, најголемите оштетувања се јавуваат кај сиданите објекти кои се изградени пред воведувањето на првите сеизмички прописи во 1964 година и се најзастапени во моделот на изложеност на урбанистичко сценарио 1.

Од направената студија можат да се извлечат следните генерални заклучоци:

- При урбанистичко планирање урбанистите го земаат во предвид сеизмичкиот hazard но не обрнуваат внимание на сеизмичкиот ризик.
- Одредени урбанистички параметри, како висина на објект, поставеност во блок, облик на основа, намена на објект, понекогаш водат кон креирање на неповолни архитектонски конфигурации и зголемени оштетувања при земјотрес кои можат да настанат како резултат на некритичката примена на овие урбанистички параметри доколку не се земе во предвид сеизмичкиот ризик.

- Урбанистичките параметри со кои се контролира изграденоста промовираат зголемување на изграденост во постојна урбана единица без јасни насоки дали постојните објектите се рушат и се градат одново или постојните објекти се надградуваат и доградуваат. Надградбите и доградбите креираат повредливи урбани средини со непознат степен на сеизмичка сигурност.
- Во постојната национална пракса и регулатива на урбанистичко планирање не постои методологија која го третира сеизмичкиот ризик во постојните урбани единици.
- Во рамките на докторската дисертација, разработена е методологија за процена на сеизмичкиот ризик и утврдување на улогата и важноста на сет од урбанистички параметри на сеизмичкиот одговор на објектите, согласно најновите светски истражувања, и истата е успешно имплементирана на пилот студија на урбана единица во општина Карпош.

Методологијата за процена на сеизмичкиот ризик и утврдувањето на улогата на селектираниот сет од урбанистички параметри на сеизмичкиот одговор на објектите разработена во докторската дисертација, може да се користи како инструмент на планерите за изготвување на урбанистички планови и истовремено за поддршка на градските власти во процесите на одлучувањето и градењето на сеизмички сигурни и одржливи урбани средини.

ABSTRACT

The contemporary urban planning aims at achieving the goals of sustainable development, among which the main goal is mitigation of risks from natural disasters. However, rapid urbanization is pressurizing urban planning which makes it difficult to implement the principles of sustainable development in urban planning. Many human settlements have developed in territories exposed to one or multiple natural hazards. Earthquakes are considered to be the most devastating natural phenomena especially when they happen in densely populated and vulnerable urban environments.

The research topic of the doctoral dissertation is the assessment of seismic risk in urban environments as a basis for sustainable urban development. The seismic safety of the built environment relies on the buildings designed and constructed according to valid seismic design codes. However, the urban tissue of cities also consists of buildings built in different periods, before and after the introduction of seismic design codes and as result of different types of reconstructions and adaptations it has a dynamic character. Buildings constructed before the introduction of seismic design codes have unknown level of seismic safety which implies that urban environments are vulnerable to seismic risk.

Also, in the doctoral dissertation through a review of the urban planning practices in some earthquake-prone countries an introductory analysis was done to define the existing role of urban planning in mitigation of seismic risk.

A pilot study in Municipality of Karposh in Skopje was selected with the purpose to define the level of seismic risk and identify the urban parameters which have influence on the seismic risk. Skopje is a territory with relatively high seismicity. The earthquake in 1963 is the greatest natural catastrophe in the history of the city and at the same time was the beginning of the construction of modern Skopje.

For the seismic risk assessment of the pilot study in first place the components of risk: hazard, exposure, and vulnerability, were defined. The seismic hazard was defined with both deterministic and probabilistic approaches. Seismic hazard information was based on ESHM20 (Danciu et al., 2021). In the deterministic approach two scenario earthquakes were selected, Mw 6.6 earthquake at 10km and earthquake with Mw 7.1 at 100km radius distance from the pilot study area. Within the probabilistic seismic hazard analysis approaches the intensity of ground shaking was defined for two return periods, 95 and 475 years. The local site conditions of the pilot study area were defined in accordance with data from the soil study carried out by IZIIS (Dojcinovski et al., 2013) and regional site parameters available in ESRM20 (Crowley et al., 2021).

The exposure model was prepared for two urban scenarios, existing (scenario 1) and planned site (scenario 2). The existing site building stock information was based on previous studies carried out by IZIIS (Nechevska-Cvetanovska et al., 2013; Apostolska et al., 2018). The planned site was based on the Detailed Urban Plan (Tajfa Plan, 2015). Taxonomy consisting of attributes such as: construction period (seismic design code level), material and type of structural systems, height of building, plan shape of building and position of building in urban block, was defined for each entity from the exposure models of scenario 1 and 2.

According to construction period the building stock was classified in three periods; prior to 1964 (no seismic design codes were applied), between 1964 to 1981 (designed according to first seismic design code), and after 1981 (designed according to current seismic design code). Regarding the material and type of structural systems there are buildings with reinforced concrete moment frame structure, reinforced concrete infilled frame structure, reinforced concrete dual frame-wall system structure, confined masonry structure and unreinforced masonry structure. In both scenarios, there are buildings with mixed structural systems which are result of structural interventions made on existing buildings, such as expanding the floor area and adding storeys. The structural interventions at some buildings were made by using expansion joints, while at some buildings the structural interventions were applied directly onto the original structure.

The vulnerability model was formulated by selecting existing vulnerability curves from the ESRM20 (Crowley et al., 2021) in accordance with the taxonomy of the entities present in the exposure models for scenario 1 and 2.

The seismic risk assessment for the two urban scenarios of the pilot study was done by using the program Open Quake engine 3.13 (GEM, 2022). Based on the approach of analyzing seismic hazard, deterministic and probabilistic, the Scenario earthquake and Classical Probabilistic calculators were used. The results obtained from seismic risk assessment were presented for different damage levels in correlation with taxonomy, construction period and selected urban planning parameters. Also, damage distribution maps were generated in QGIS 3.14 (QGIS team, 2020). The probability of economic and life losses obtained from the Classical Probabilistic calculator were analyzed as well. As it was expected, in general terms the greatest damage appears at buildings with masonry structures constructed before the introduction of the first seismic design codes of 1964 and this type of structures are mostly present in the exposure model of urban scenario 1.

Based on the conducted research the following general conclusions can be made:

- In urban planning the seismic hazard is taken into account but the seismic risk is not considered.
- Some urban planning parameters, such as: height of building, position in the urban block, plan shape, occupancy type, create base for formulation of irregular architectural configurations. If the seismic risk is not considered the noncritical use of these urban parameters can give way to increased damage when an earthquake hits.
- In urban plans aiming the existing urban settlements urban parameters which control the growth of built environment do not clearly define the status of the existing buildings from construction aspect. Whether the increased floor area means demolishing the existing and rebuilding a new building, or the existing building remains as it is and additional floor area and storeys are added to is not stated in the urban plan. Allowing adding floor area and storeys to existing buildings creates mixed structures with unknown level of seismic safety.
- In the existing National practice and regulations of urban planning there is no methodology which treats seismic risk in existing urban districts.

- In the doctoral dissertation in accordance with the newest research in the world, a methodology for seismic risk assessment and defining the role and importance of selected urban parameters in the structural response of buildings was successfully implemented on the pilot study, the urban settlement in the Municipality of Karposh.

The methodology for seismic risk assessment and defining the role of selected urban parameters in the structural response of buildings conducted in the doctoral dissertation can be used as an instrument for urban planners in the preparation of urban plans and at the same time support the city authorities in the processes of decision making and building seismically safe and sustainable urban environments.

ЛИСТА НА КРАТЕНКИ

Кратенка	Опис
АБ	Армиран Бетон
АПП	Агенција за планирање на просторот
ГИС	Географски Информационен Систем
ГУП	Генерален Урбанистички План
ДУП	Детален Урбанистички План
ЛУП	Локален Урбан План
ПИОВС 81	Правилник за техничките нормативи за Изградба на Објекти на Високоградба во Сеизмички подрачја 1981 година
СУП	Специјален Урбан План

Abbreviation	Description
AL	Alluvial Ingredients
BSAHP	Harmonized Seismic Hazard Maps for the Western Balkan Countries
csv	Comma separated value
DAF	Dynamic Amplification Factor
DS	Damage State
ESHM20	European Seismic Hazard Model 2020
ESRM20	European Seismic Risk Model 2020
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GEM	Global Earthquake Model
GPS	Global Positioning System
GSIM	Ground motion prediction equation
Lat	Latitude
Lon	Longitude
MPI	Mio-Pliocene sediments
MW	Magnitude
NEHRP	National Earthquake Hazards Reduction Program
NRML	Natural Hazard Risk Markup Language
PGA	Peak Ground Acceleration
poes	Probabilities of exceedance
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Analysis
Sa	Spectral acceleration
SHMA	Seismic Hazards Mapping Act
VMTK	Vulnerability Modelers' Toolkit
Vp	Velocity of primary seismic waves
Vs	Velocity of shear seismic waves
XML	Extensible Markup Language

СОДРЖИНА

ПОСВЕТА	III
БЛАГОДАРНОСТ	IV
ИЗЈАВА ЗА ОРИГИНАЛНОСТ.....	V
РЕЗИМЕ	VI
АВСТРАСТ.....	IX
ЛИСТА НА КРАТЕНКИ	XII
СОДРЖИНА	XIV
ЛИСТА НА СЛИКИ	XVIII
ЛИСТА НА ТАБЕЛИ.....	XXIV
1 ВОВЕД	1
1.1 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	1
1.2 СОДРЖИНА НА ДИСЕРТАЦИЈАТА	3
2 УРБАНИСТИЧКО ПЛАНИРАЊЕ КАКО ОСНОВА ЗА ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ..	5
2.1 ВОВЕД	5
2.2 ПРЕГЛЕД НА УРБАНИСТИЧКОТО ПЛАНИРАЊЕ ВО ЗЕМЈИ ИЗЛОЖЕНИ НА СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД	6
2.2.1 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во САД	8
2.2.2 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Чиле	10
2.2.3 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Нов Зеланд	11
2.2.4 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Италија.....	12
2.2.5 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Грција.....	14
2.2.6 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Турција.....	16
2.2.7 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Северна Македонија	18
2.3 ЗАКЛУЧОЦИ ОД НАПРАВЕНИОТ ПРЕГЛЕД НА УРБАНИСТИЧКОТО ПЛАНИРАЊЕ ВО ЗЕМЈИ ИЗЛОЖЕНИ НА СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД.....	19
3 ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК НА УРБАНО ЈАДРО – ПИЛОТ СТУДИЈА КАРПОШ	22
3.1 ВОВЕД	22
3.2 ХАЗАРД – СЕИЗМИЧНОСТ НА ПРЕДМЕТНАТА ЛОКАЦИЈА	23
3.2.1 Локални почвени услови.....	24
3.2.2 Дефинирање на хазардот со земјотресни сценарија (детерминистички пристап).....	25

3.2.2.1	Избор на модел на атенуација на земјотресното дејство	27
3.2.3	Дефинирање на хазардот со веројатносен пристап за повратен период од 95 и 475 години	28
3.2.3.1	Сеизмички извори	28
3.2.3.2	Логично стебло за сеизмички извори	29
3.2.3.3	Логично стебло на моделот за движење на тло (атенуација на земјотресно дејство)	30
3.3	ИЗЛОЖЕНОСТ	32
3.3.1	Вовед – краток опис на општина Карпош во Град Скопје.....	32
3.3.2	Пилот студија Карпош – модел на изложеност со две урбанистички сценарија (постојна и планирана состојба).....	35
3.3.2.1	Материјал и конструктивен систем на објектите – сценарио 1 & 2	39
3.3.2.2	Период на изградба на објектите и усогласеност со правилникот за сеизмичко проектирање – сценарио 1 & 2	43
3.3.2.3	Висина на објектите – сценарио 1 & 2	45
3.3.2.4	Намена на објектите – сценарио 1 & 2	47
3.3.2.5	Број на жители – сценарио 1 & 2.....	49
3.3.2.6	Облик на основа на објектите – сценарио 1 & 2	51
3.3.2.7	Поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 1 & 2	252
3.3.2.8	Економска вредност на објектите – сценарио 1 & 2	54
3.4	ПОВРЕДЛИВОСТ	56
3.4.1	Вовед – повредливост на оштетување (fragility) и повредливост на загуби (vulnerability)	56
3.4.2	Модел на повредливост на оштетувања – сценарио 1 & 2	59
3.4.3	Модел на повредливост на економски загуби - сценарио 1 & 2.....	62
3.4.4	Модел на повредливост на човечки жртви – сценарио 1 & 2	62
3.5	ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО ПРИМЕНА НА OPENQUAKE ENGINE	63
3.5.1	Вовед	63
3.5.2	Open Quake engine – преглед на програмот	63
3.5.3	Калкулатори применети за процена на сеизмичкиот ризик во пилот студијата.....	67
3.5.3.1	Калкулатор со земјотресно сценарио	68
3.5.3.2	Калкулатор со Класичен Веројатносен Пристап.....	71

4 ПРЕГЛЕД НА РЕЗУЛТАТИ ОД ПРОЦЕНАТА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК ЗА ПИЛОТ СТУДИЈА ВО КАРПОШ - СЦЕНАРИО 1 И 2..... 76

4.1	ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО КАЛКУЛАТОРОТ ЗЕМЈОТРЕСНО СЦЕНАРИО ЗА МАГНИТУДА 6.6 НА 10КМ И 7.1 НА 100КМ ОДДАЛЕЧЕНОСТ - СЦЕНАРИО 1 И 2	76
4.1.1	Резултати од процена на оштетувањата со калкулаторот земјотресно сценарио за магнитуда 6.6 на 10км	79
4.1.1.1	Оштетувања според период на изградба.....	79
4.1.1.2	Дистрибуција на оштетувањата во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти	81
4.1.1.3	Мапи на оштетувања според калкулаторот земјотресно сценарио за магнитуда 6.6 на 10км.....	85
4.2	ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО КАЛКУЛАТОРОТ КЛАСИЧЕН ВЕРОЈАТНОСЕН ПРИСТАП ЗА ПП 475 И ПП 95 ГОДИНИ - СЦЕНАРИО 1 И 2	88
4.2.1	Резултати од процена на оштетувањата со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 години	91
4.2.1.1.	Оштетувања според период на изградба.....	91
4.2.1.2.	Дистрибуција на оштетувања во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти	93
4.2.1.3.	Мапи на оштетувања според калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 години	97
4.2.2.	Резултати од процена на оштетувања со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 95 години.....	100
4.2.2.1.	Оштетувања според период на изградба.....	100
4.2.2.2.	Дистрибуција на оштетувања во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти	101
4.2.2.3.	Мапи на оштетувања според калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 95 години	105
4.2.3.	Резултати од процена на загуби со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 и ПП 95 години	106
4.2.3.1.	Економски загуби (за ПП 475 и ПП 95 години).....	106
4.2.3.2.	Човечки жртви (за ПП 475 и ПП 95 години).....	111
4.3	КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ	112
4.3.1	Компаративна анализа на оштетувањата при класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години	112

4.3.2. Компаративна анализа на економските загуби и човечките жртви при класичен веројатносен пристап со ПП 475 и 95 години	115
5 АНАЛИЗА НА ПОСТОЈНИТЕ УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ И ПРЕДЛОГ МЕРКИ/НАСОКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА АКТИЕЛНАТА СЕИЗМИЧКА СОСТОЈБА ОД УРБАНИСТИЧКИ АСПЕКТ	117
5.1 АНАЛИЗА НА ВЛИЈАНИЕТО НА ПОСТОЈНИТЕ УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ ВРЗ СЕИЗМИЧКИ РИЗИК	117
5.1.1 Нерегуларни архитектонски конфигурации	118
5.1.2 Урбанистички параметри идентификувани како модификатори на сеизмичкиот одговор на објектите.....	121
5.1.3 Урбанистички параметри интегрирани во таксономија на GEM.	122
5.2 АНАЛИЗА НА СЕТОТ ОД УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ И ДУП НИЗ ПРОЦЕНАТА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК НА ПИЛОТ СТУДИЈАТА ВО КАРПОШ	122
5.2.1 Дискусија на дефинираниот сет од урбанистички параметри	122
5.2.2 Анализа на Деталниот Урбанистички План на пилот студијата во Карпош од аспект на сеизмичка сигурност	129
5.3 МЕРКИ И НАСОКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА АКТУЕЛНАТА СЕИЗМИЧКА СОСТОЈБА ОД УРБАНИСТИЧКИ АСПЕКТ	131
6 ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА	133
6.1 ПРЕГЛЕД.....	133
6.2 ЗАКЛУЧОЦИ	135
6.3 ПРЕПОРАКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА	136
РЕФЕРЕНЦИ:	138
АНЕКС 1:	1-13
АНЕКС 2:	1-17

ЛИСТА НА СЛИКИ

Слика 2.1: Тектонски плочи. Извор: https://www.usgs.gov/media/images/tectonic-plates-earth	7
Слика 3.1: Република Северна Македонија – карти на сеизмичко зонирање со елементи на сеизмички hazard. Извор: Милутиновиќ З. & Шалиќ Р. и др. 2016.	24
Слика 3.2: Теренски распоред на истражни профили. Извор: Дојчиновски и др. 2013.....	24
Слика 3.3: Сеизмички рефракциски профил Rp 1-1. Извор: Дојчиновски и др. 2013.....	25
Слика 3.4: Раседни извори на ESHM20 во QGIS: земјотресни сценарија во радиус од 10км и 100км.....	26
Слика 3.5: Шема на логично стебло за сеизмогени извори за плитки земјотреси. Извор: Danciu et al., 2021.	30
Слика 3.6: Урбана територија на општина Карпош и пилот студија. Мапа обработена од авторот врз основа на Генерален Урбанистички План 2011-2022. Извор: АПП, 2011а.	32
Слика 3.7: Оштетувања на објект со АБ конструктивен систем. Извор: United Nations, 1970.	34
Слика 3.8: Оштетувања на објект со конструктивен систем од носиви сидови од тула. Извор: United Nations, 1970.....	34
Слика 3.9: Општина Карпош, објекти оштетени после земјотресот од 1963 година. Извор: United Nations, 1970.....	34
Слика 3.10: Скопје 26 Јули 1963, мапа на намена и оштетувања. Извор: United Nations, 1970.....	35
Слика 3.11: Пилот студија Карпош, мапирање на објекти и анекси во сценарио 1	37
Слика 3.12: Пилот студија Карпош, мапирање на објекти и измени во сценарио 2.	38
Слика 3.13: Мапирање на конструктивниот систем на објектите и анексите во сценарио 1.....	41
Слика 3.14: Мапирање на конструктивниот систем на објектите и анексите во сценарио 2.	41
Слика 3.15: Период на изградба на објекти во сценарио 1.....	44
Слика 3.16: Период на изградба на објекти во сценарио 2.....	44
Слика 3.17: Конструктивни системи и период на изградба – сценарио 1	45
Слика 3.18: Конструктивни системи и период на изградба – сценарио 2	45
Слика 3.19: Висина на објектите во сценарио 1& 2.....	46

Слика 3.20: Конструктивни системи и висина на објектите – сценарио 1	47
Слика 3.21: Конструктивни системи и висина на објектите – сценарио 2	47
Слика 3.22: Намена на објектите во пилот студија Карпош.....	48
Слика 3.23: Конструктивни системи и намена на објектите – сценарио 1	49
Слика 3.24: Конструктивни системи и намена на објектите – сценарио 2.....	49
Слика 3.25: Облик на основа на објектите во сценарио 1	51
Слика 3.26: Облик на основа на објектите во сценарио 2	51
Слика 3.27: Конструктивни системи и облик на основа на објектите – сценарио 1	52
Слика 3.28: Конструктивни системи и облик на основа на објектите – сценарио 2	52
Слика 3.29: Поставеност на објектите во урбаниот блок во сценарио 1	53
Слика 3.30: Поставеност на објектите во урбаниот блок во сценарио	53
Слика 3.31: Конструктивни системи и поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 1	54
Слика 3.32: Конструктивни системи и поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 2	54
Слика 3.33: Криви на повредливост на оштетувања (fragility curves). Извор: Silva, et al., 2017, pp.145.....	57
Слика 3.34: Крива на повредливост на загуби (vulnerability curve). Извор: Silva, et al., 2017, pp.145.	57
Слика 3.35: Нивоа на оштетувања предвидени при развивање на функции на повредливост на оштетувања. Извор: Crowley, et al., 2021.....	59
Слика 3.36: Присутност на различни функции на повредливост во пилот студија изразено во проценти за сценарио 1 и 2	60
Слика 3.37: Објекти (надградени/доградени) со примена на дилатациони фуџи. Извор: слики од терен.....	61
Слика 3.38: Објекти (надградени/доградени) без примена на дилатациони фуџи. Извор: слики од терен.....	61
Слика 3.39: OQ-Webui, примена на модулот со графички интерфејс	65
Слика 3.40: OQ-Console, примена на модулот со командна линија	65
Слика 3.41: Open Quake engine - Калкулатор Сценарио земјотрес за процена на оштетувања. Извор: GEM, 2022.	68
Слика 3.42: Open Quake engine – Калкулатор Сценарио земјотрес – процена на ризик. Извор: GEM, 2022	69
Слика 3.43: Конфигурациски документ – Калкулатор Земјотресно сценарио, процена на оштетувања	70

Слика 3.44: Конфигурациски документ- Калкулатор Земјотресно сценарио, процена на ризик.....	71
Слика 3.45: Open Quake engine – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на оштетувања. Извор: GEM, 2022	72
Слика 3.46: Open Quake engine – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на ризик.. Извор: GEM, 2022	72
Слика 3.47: Конфигурациски документ – процена на сеизмички хазард со класичен веројатносен пристап.....	74
Слика 3.48: Конфигурациски документ – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на оштетувања.....	75
Слика 3.49: Конфигурациски документ – Калкулатор веројатносен класичен пристап, процена на ризик.....	75
Слика 4.1: Полиња на движење генерирани при земјотресно сценарио Mw 6.6 (лево) и Mw 7.1 (десно).....	77
Слика 4.2: Нивоа на оштетувања и просечен број на конструкции во сценарио 1 и 2 при земјотресно сценарио Mw 6.6 на 10км и Mw 7.1 на 100км оддалеченост.	79
Слика 4.3: Нивоа на оштетувања според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2	80
Слика 4.4: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	82
Слика 4.5: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	83
Слика 4.6: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2.....	85
Слика 4.7: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “лесно” при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhup2014)	86
Слика 4.8: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “умерено” при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhup2014)	86
Слика 4.9: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “значително” при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhup2014)	87
Слика 4.10: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “рушење” при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhup2014)	87
Слика 4.11: Хазард мапи според класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 и 95 години.....	88
Слика 4.12: Хазардни криви за повратен период од 475 и 95 години	89

Слика 4.13: Нивоа на оштетувања и просечен број на конструкции во сценарио 1 и 2 при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 и 95 години.	90
Слика 4.14: Веројатност на надминување на економски загуби за ентитет 5_10 во сценарио 1 при класичен веројатносен пристап со ПП 475 години.	91
Слика 4.15: Нивоа на оштетување според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2	93
Слика 4.16: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	94
Слика 4.17: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	95
Слика 4.18: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2.....	97
Слика 4.19: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “лесно” при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)	98
Слика 4.20: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “умерено” при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)	98
Слика 4.21: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “значително” при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology).....	99
Слика 4.22: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “рушење” при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)	99
Слика 4.23: Нивоа на оштетување според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2	101
Слика 4.24: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	102
Слика 4.25: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2	103
Слика 4.26: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2.....	104
Слика 4.27: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво “лесно” при класичен веројатносен пристап за повратен период од 95 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)	106
Слика 4.28: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години за сценарио 1	108
Слика 4.29: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години за сценарио 2.....	108

Слика 4.30: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години за сценарио 1.....	110
Слика 4.31: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години за сценарио 2.....	110
Слика 4.32: Просечен број на човечки жртви за ПП 475 во сценарио 1 и 2	111
Слика 4.33: Просечен број на човечки жртви за ПП 95 во сценарио 1 и 2.....	112
Слика 4.34: Компарација на лесни оштетувања и период на изградба во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.	113
Слика 4.35: Компарација на лесни оштетувања и висина на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.	113
Слика 4.36: Компарација на лесни оштетувања и поставеност на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.	114
Слика 4.37: Компарација на лесни оштетувања и облика на основа на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години	114
Слика 5.1: Урбанистички параметри кои влијаат на сеизмичкиот ризик	117
Слика 5.2: Нерегуларност во основа – полигонална форма со и без сеизмички дилатациони фуги. Извор: Charleson, 2008	118
Слика 5.3: Поставеност во однос на соседни објекти. Извор: Charleson, 2008	119
Слика 5.4: Нерегуларност по висина – примери на мек кат. Извор: Charleson, 2008.....	120
Слика 5.5: Нерегуларност по висина – примери на столб со нормална должина и краток столб. Извор: Charleson, 2008.....	120
Слика 5.6: Нерегуларност по висина – примери на конструктивни решенија за нерегуларност по висина. Извор: Charleson, 2008.....	120
Слика 5.7: Објекти со иста таксономија со различни висини во сценарио 1, со исти висини во сценарио 2.....	124
Слика 5.8: Оштетувања на конструкции со иста таксономија со различна висина во сценарио 1 согласно резултатите од процена на ризик со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.	125
Слика 5.9: Поставеност на објекти со различни таксономии и сеизмички ризик	126
Слика 5.10: Споредба на оштетувања на објекти според поставеност во сценарио 1 и 2 согласно резултати од процена на ризик со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.	126
Слика 5.11: Поставеност на конструкции кај објекти со анекс. Пример ентитет 7_15.....	127

Слика 5.12: Споредба на оштетувања на конструкции во објект со анекс	127
Слика 5.13: Анализа на оштетувања според облик на основа и таксономија за објекти со анекси без дилатациони фуги во сценарио 1 со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години	129

ЛИСТА НА ТАБЕЛИ

Табела 2.1: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во САД (OECD, 2017).....	9
Табела 2.2: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Чиле (OECD, 2017).....	10
Табела 2.3: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Нов Зеланд (OECD, 2017).....	11
Табела 2.4: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Италија (OECD, 2017).....	12
Табела 2.5: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Грција од 2014 година (OECD, 2017).....	14
Табела 2.6: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Турција (OECD, 2017).....	16
Табела 3.1: Податоци за раседни извори во радиус до 100км. Извор: Danciu L., et al., 2021.	27
Табела 3.2: Сеизмотектонски региони и модели на атенуација на земјотресно дејство во ESHM20.	31
Табела 3.3: Сегмент група 2 од извештајот од пресметката на сеизмички ризик со Класичен Веројатносен пристап за ПП 475 години.	31
Табела 3.4: Број на објекти во различни нивоа на оштетувања при ПП 475 за сценарио 1.....	32
Табела 3.5: Компарација на урбанистички параметри во сценарио 1 и 2.	39
Табела 3.6: Опис на атрибути во таксономија на модел на изложеност при сценарио 1 & 2.....	40
Табела 3.7: Број на конструкции според таксономија во урбанистички сценарија 1 & 2.....	42
Табела 3.8: Број на објекти според период на изградба и број на конструктивни единици во сценарио 1.....	43
Табела 3.9: Број на објекти според период на изградба и број на конструктивни единици во сценарио 2.....	43
Табела 3.10: Распределба на бројот на жители според период на градење на објектите со површина наменета за домување во сценарио 1.....	50
Табела 3.11: Распределба на бројот на жители според период на градење на објектите со површина наменета за домување во сценарио 2.....	50
Табела 3.12: Просечна цена за обнова на објектите според конструктивен систем – сценарио 1.....	55
Табела 3.13: Просечна цена за обнова на објектите според конструктивен систем – сценарио 2.....	55

Табела 3.14: Параметри за затрупување при земјотрес. Извор: Crowley, et al., 2021.....	63
Табела 3.15: Open Quake engine – калкулатори за пресметување на сеизмички hazard и ризик	66
Табела 4.1: Интензитет на движење на тло согласно полиња на движење на тло генерирани од земјотресно сценарио	77
Табела 4.4.2: Реализации и вкупни оштетувања – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1.....	77
Табела 4.3: Реализации и вкупни загуби (економски и човечки жртви) – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1	78
Табела 4.4: Просечни оштетувања – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1	78
Табела 4.5: Просечни загуби – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1	78
Табела 4.6: Просечни оштетувања – извадок од резултати од класичен веројатносен пристап со ПП 475 години за сценарио 1.....	89
Табела 4.7: Оштетувања според реализација бр. 402 – извадок од класичен веројатносен пристап со ПП 475 за сценарио 1	90
Табела 4.8: Просечни загуби – извадок од резултати од класичен веројатносен пристап со ПП 475 години за сценарио 1.....	91
Табела 4.9: Број на конструкции во различни нивоа на оштетување при ПП 95 за сценарио 1.....	105
Табела 4.10: Компарација на економските загуби.....	115
Табела 4.11: Компарација на просечен број на човечки жртви	116
Табела 5.1: Урбанистички модификатори дефинирани во студија на Martinez-Cuevas et al. (2017)	121
Табела 5.2: Урбанистички параметри присутни во таксономија на GEM	122
Табела 5.3: Таксономија MUR-CL99_LWAL во корелација со урбанистички параметар висина според резултати од калкулатор класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.	124
Табела 5.4: Група ентитети и нивна таксономија во сценарио 1 и 2 анализирани од аспект на поставеност	124
Табела 5.5: Група ентитети и нивна таксономија во сценарио 1 и 2 анализирани од аспект на поставеност	125
Табела 5.6: Објекти со интервенции на конструкција без дилатациони фуги од сценарио 1 – веројатност на оштетувања според калкулатор за класичен веројатносен пристап за ПП 475 години	128

1 ВОВЕД

Во последните декади потребата за превенција од штети станува дел од пристапите на просторното (урбанистичко) планирање, но интегрирањето на процената на ризик во процесите на просторно планирање сеуште не е комплетно реализирано. Исто така, почнува да се потенцира важноста на просторното планирање во намалување на повредливоста на градовите од различни хазарди, вклучително и сеизмичкиот хазард.

Земјотресот како природен хазард може да предизвика катастрофални последици доколку се случи во населено место со висока повредливост и голема густина на населеност. Постојат голем број на градови кои се развиени во сеизмички активни региони, и нивниот градежен фонд се состои од објекти изградени во различни периоди, пред и по воведување на прописите за сеизмичко проектирање и изведба, што претставува причина за зголемување на ризикот од земјотреси. Тековната пракса во урбанистичкото планирање во некои од Европските земји кои се наоѓаат во сеизмички активни региони, како на пример во Грција, Италија, Полска и Шпанија, го проценува само хазард факторот додека податоците од процена на повредливост и ризик изостануваат.

Во Р.С. Македонија, според важечките регулативи, при урбанистичко планирање се обрнува внимание на сеизмичноста на регионот. Во Генералниот Урбанистички План (ГУП) за плански период од 2012-2022 година за Град Скопје постојат податоци за сеизмичност, но мерките за заштита се однесуваат на ново планирани урбани единици, додека за постоечките урбани единици не се дадени мерки за намалување на нивната сеизмичка повредливост. Од друга страна, во правилникот со стандарди и нормативи за урбанистичко планирање одредени урбанистички параметри, иако имаат потенцијал, не се осврнуваат на проблематиката на сеизмичност. Генералниот Урбанистички План (ГУП) за плански период од 2022-2032 година за Град Скопје е во тек на изработка од страна на Агенција за Планирање на Просторот (АПП).

Интегрирањето на процената на сеизмичкиот ризик како елемент во урбанистичко планирање и истовремено пристапување кон проблематиката на сеизмичкиот ризик од аспект на урбанизам се важни предуслови кои можат да резултираат во сеизмички побезбедни и одржливи урбани средини.

1.1 ПРЕДМЕТ И ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Предмет на оваа докторска дисертација е процена на сеизмичкиот ризик во урбани средини како основа за одржлив урбан развој. Еден од основните услови за постигнување на одржлив развој е создавање на градови и населени места кои се безбедни од катастрофи, како што е потенцирано во рамката за акција Сендаи (United Nations, 2015) и во Агендата за Одржлив Развој (United Nations, 2015a). Формалниот и функционалниот ред во физичкиот простор на градовите претставува резултат на урбанистичкото планирање (Bahraný & Bakhtiar, 2022) кој значително влијае на квалитетот на одвивање на секојдневниот живот.

Со цел да се укаже на важноста на процената на сеизмичкиот ризик во урбан размер, како пилот студија е избрана урбана единица во општина Карпош во

Скопје, територија со релативно висока сеизмичност. Еден од катастрофалните земјотреси во историјата на градот Скопје се случил во 1963 година при што животот го загубиле 1,070 жители, 3,300 биле повредени и многу останале без дом (Milutinovic, et al., 2017).

Пилот студијата се состои од објекти изградени во различни периоди кои се генерално класифицирани како објекти изградени пред 1964 година без примена на сеизмички прописи за проектирање, објекти изградени од 1964 до 1981 година согласно првиот правилник за сеизмичко проектирање и објекти изградени после 1981 година согласно актуелните сеизмички проектни прописи. Карактеристично за градежниот фонд на пилот студијата е тоа што дел од објектите, во тек на експлоатацијата, претрпеле модификации на конструкцијата од типот на доградби, надградби, рушења на елементи што резултирало во објекти со мешан, а неретко и непознат конструктивен систем.

Процената на сеизмичкиот ризик за пилот студијата е направена со примена на калкулаторите на програмот Open Quake engine (GEM, 2022). Компонентите на сеизмички ризик ги опфаќаат моделите на hazard, изложеност и повредливост.

Моделот на hazard се базира на податоците од базата на ESHM20 (Danciu, et al., 2021). Сеизмичкиот hazard е дефиниран со земјотресни сценарија (детерминистички пристап) и веројатносен пристап. За пилот студијата беа дефинирани две земјотресни сценарија според максимална средна вредност на магнитуда на раседите во опфат од 10 и 100 км. Во земјотресно сценарио 1 беше дефиниран земјотрес со Mw 6,6 во радиус од 10 км, додека во сценарио 2 земјотресот беше со Mw 7,1 во радиус од 100 км. За атенуација на земјотресно дејство е избран моделот на Akkar et al., (2014), а согласно резултатите од студијата во рамки на проектот BSHAP (Salic et al., 2018). За проценка на сеизмичкиот hazard со класичен веројатносен пристап, за пилот студијата, се избрани две повратни периоди, 95 години и 475 години. Моделите на атенуација на земјотресно дејство во веројатносниот пристап беа дефинирани со примена на логично стебло. Почвените услови на предметната локација беа определени врз основа на студија направена во ИЗИИС (Дојчиновски и сораб., 2013).

Моделот на изложеност е дефиниран според две урбанистички сценарија, сценарио 1 (постојна состојба) и сценарио 2 (планирана состојба). Податоците во сценарио 1 се базирани на студии направени во ИЗИИС (Apostolska et al., 2018; Нечевска-Цветановска и сораб., 2013) каде бил применет методот на брза визуелна инспекција на објектите (вкупно 159). Сценарио 2 се базира на Деталниот Урбанистички План (Тајфа план, 2015) и во него конструктивните системи на новопланираните објекти се дефинирани согласно постојната градежната пракса во Скопје и експертско мислење, а во корелација со правилникот за сеизмичко проектирање на објекти од високоградбата. Дефинирањето на економската вредност на објектите се базира на ESRM20 (Crowley et al., 2021) каде според конструктивниот систем и местоположба на објектот во урбаниот контекст се дадени приближни цени за обнова на објектите според изградена површина.

Бројот на жители во пилот студијата беше одреден според просечна станбена површина и број на станари во општина Карпош согласно податоци превземени од МАКСТАТ (<https://makstat.stat.gov.mk>).

Моделите на повредливост беа дефинирани согласно податоците од моделите на изложеност при што беа избрани постоечки криви на повредливост на оштетувања и криви на повредливост на загуби (економски и човечки) од дата базата на ESRM20 (Crowley et al., 2021).

Процената на сеизмичкиот ризик е реализирана со примена на калкулаторот земјотресно сценарио, за земјотрес со Mw 6.6 на 10км и земјотрес со Mw 7.1 на 100км оддалеченост, и со калкулаторот за класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 и 95 години.

Целта на истражувањето во рамки на докторскиот труд е да ја дефинира корелацијата меѓу урбанистичкото планирање и степенот на заштитеност и подготвеност на урбаните средини за нов земјотрес. За постигнување на дефинираната цел, направена е споредба на резултатите добиени од процената на сеизмичкиот ризик, пресметан за двата различни калкулатори на сеизмички hazard, на моделите на изложеност за сценарио 1 и 2, а од аспект на дефиниран сет од урбанистички параметри во корелација со таксономијата на објектите и годината на градење. Согласно направената анализа на одбран сет од урбанистички параметри и нивното влијание на сеизмичкиот ризик се дефинирани мерки и насоки за подобрување на урбанистичко планирање во сеизмички региони.

Научниот придонес на ова истражување е воспоставување на интегрален пристап кон решавање на проблемот на сеизмички ризик во урбан размер. Овој интегрален пристап ги содржи, од една страна процената на сеизмичкиот ризик како основа за одржлив урбан развој, а од друга страна го дефинира влијанието на постојните урбанистички параметри на сеизмичката сигурност на градбите во урбан размер, и отвара можност за воведување на нови урбани модификатори. Воедно, на ваков начин се подига свесноста за сеизмички ризик кај урбанистите и кај институциите чиј мандат е да управуваат со просторот.

1.2 СОДРЖИНА НА ДИСЕРТАЦИЈАТА

- Во поглавје 1 е направен краток вовед во проблематиката на процена на сеизмички ризик како основа за одржлив урбан развој. Исто така се дефинирани предметот и целите на истражувањето и даден е краток приказ на содржината на дисертацијата по поглавја.
- Поголавје 2 претставува преглед на урбанистичкото планирање како основа за одржлив развој во земји изложени на сеизмички hazard. Како примери се земени искуствата во САД, Чиле, Нов Зеланд, Италија, Грција, Турција и Северна Македонија. Даден е сублимиран преглед на нивоата на планови во системите на урбанистичко планирање во поедините земји, како и правните инструменти и мерките за намалување на сеизмичкиот ризик во соодветната регулатива и пракса.
- Поголавје 3 ја опфаќа процената на сеизмичкиот ризик на урбаното јадро-пилот студијата Карпош. На почетокот е дефиниран hazardот на

предметната локација со две земјотресни сценарија и веројатносен пристап за повратен период од 95 и 475 години. Потоа е образложен моделот на изложеност со две урбанистички сценарија (постојна и планирана состојба). За усвоениот модел на изложеност, и во двете сценарија, избрани се најсоодветни модели на повредливост на оштетувања и загуби од ESRM20 дата базата. На крајот од поглавјето даден е краток опис на Open Quake Engine - от и калкулаторите применети за процена на сеизмички ризик во пилот студијата.

- Во поглавје 4 е направен преглед на резултатите од процената на сеизмичкиот ризик произлезени од различните калкулатори на Open Quake engine. Презентирани се резултатите од процената на сеизмичкиот ризик преку нивоа на оштетувања и мапи на дистрибуција на оштетувања, а во корелација со таксономијата, периодот на изградба и дефиниран сет на урбанистички параметри, за двете сценарија на моделот на изложеност. Дополнително, за калкулаторот класичен веројатносен пристап се прикажани и резултати од процена на загубите (економски загуби и човечки жртви). На крајот од поглавјето е презентирана и компаративна анализа на добиените резултати.
- Поголавје 5 претставува анализа на влијанието на урбанистичките параметри и Деталниот Урбанистички План врз сеизмичкиот ризик. Во ова поглавје, идентификуваните урбанистички параметри, анализирани во поглавје 4, се дискутирани од аспект на урбанистичко планирање и сеизмичка безбедност на објектите. Согласно направената анализа се предложени краткорочни, среднорочни и долгорочни мерки и насоки за подобрување на сеизмичката состојба од урбанистички аспект.
- Во поглавје 6 се дефинирани заклучоците кои произлегуваат од дисертацијата и се наведени препораки за идни истражувања во контекст на намалување на сеизмичкиот ризик во урбан размер.

2 УРБАНИСТИЧКО ПЛАНИРАЊЕ КАКО ОСНОВА ЗА ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ

2.1 ВОВЕД

Урбанизмот како наука за главна цел го има уредувањето на физичкиот простор на населените места за одвивање на секојдневните активности на граѓаните во тој физички простор (Bahrainy & Bakhtiar, 2022). Социолошките и економските фактори се клучни во урбанистичкото планирање, но во региони кои што се изложени на некој вид природен hazard, како на пример: земјотреси, цунами, поплави, свлечишта и сл., потребно е да се обрне внимание на ризикот од природните катастрофи (Bathrellos et al., 2017). Според дефиницијата на рамката за акција Сендаи ризикот претставува комбинација на меѓусебно зависни компоненти: hazard, изложеност, повредливост и капацитет за справување со настанот предизвикан од hazard (Simmons, et al., 2017).

Урбанистичкото планирање, наука за создавање на градови, е во скорешно време препознаено како инструмент кој може да помогне во намалување на ризиците од сеизмички катастрофи (Bahrainy & Bakhtiar, 2022). Рамката за акција Сендаи (UN, 2015) како и Агендата за Одржлив Развој ја потенцираат важноста на создавање на градови и населени места кои што се безбедни од катастрофи, за што се потребни планови и правилници за управување со ризици од катастрофи, примена на мерки за намалување на штетите од катастрофи и стремеж кон резилиентност (UN, 2015a).

Според истражувањата на Обединетите Нации (ОН) во 2018 година голем дел од градовите со населеност над 500.000 жители се изложени на најмалку еден природен hazard (UN, 2018). На пример, голем број на градови во Азија кои што се развиени на територии со препознаени природни hazards притиснати од урбанизацијата продолжуваат да растат и последователно расте и ризикот од природните катастрофи поради зголемената изложеност на повредливите ентитети на hazards (Asian Development Bank, 2016).

Справувањето со природните катастрофи претставува комплексен проблем и научната заедница е согласна дека потребен е интердисциплинарен пристап. За да се овозможи соработка меѓу експерти од различни научни области многу е важно информациите за техничките и научните аспекти да бидат комбинирани со квалитативен опис на социолошките и културолошките фактори во урбанистичко планирање. Исто така е потребно дефинирање на заеднички размер на обработка на податоците за определен природен hazard за да се обезбеди хармонизирано пренесување на информациите меѓу различните дисциплини. Компонентите на ризик може да се идентификуваат и квантифицираат, но процената на ризик во урбан размер претставува голем предизвик поради комплексноста на урбаниот систем на градовите. Од друга страна, воведување на конкретни предмети за управување со природни катастрофи во образованието на урбанистите може да поттикне поголема заинтересираност кај урбанистите за управувањето со ризиците при планирањето (Menoni, 2020).

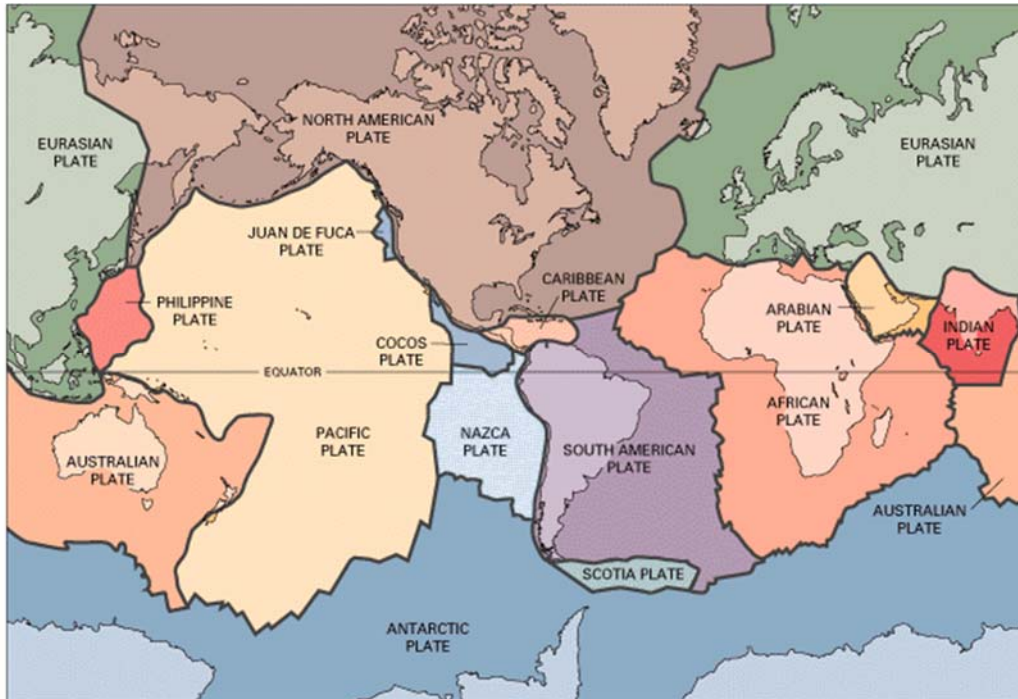
Урбанистите образовани за природните катастрофи можат подобро да комуницираат со останатите инволвирани страни при интердисциплинарен пристап за решавање на проблемот на ублажување на ризиците од природни катастрофи.

Предмет на истражување на оваа докторска дисертација е намалување на сеизмичкиот ризик за постигнување на одржлив урбан развој. Адекватната примена на правилниците за сеизмичко проектирање и изведба е особено важно за сеизмичката безбедност на урбаните средини. Но, правилниците за сеизмичко проектирање и изведба се релативно нови во споредба со долгата историја на урбанистичко планирање. Постојат голем број на градови кои се развиени во сеизмички активни региони, додека градежниот фонд на овие градови се состои од објекти изградени во различни периоди, пред и по воведување на правилниците за сеизмичко проектирање и изведба, што претставува причина за зголемување на ризикот од сеизмички катастрофи (Edip & Apostolska, 2022). Процена на сеизмички hazard и ризик се смета за важна активност наменета за намалување на влијанието на природните катастрофи поврзани со земјотресите (Bahrainy, H., & Bakhtiar, A., 2022). Интегрирањето на процената на сеизмичкиот ризик во самиот процес на урбанистичко планирање претставува чекор во градењето на сеизмички побезбедни урбани средини.

2.2 ПРЕГЛЕД НА УРБАНИСТИЧКОТО ПЛАНИРАЊЕ ВО ЗЕМЈИ ИЗЛОЖЕНИ НА СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД

Во рамки на истражувањето направен е преглед на постојната улога на урбанизмот во намалување на сеизмичкиот ризик. За ова цел избрани се земји од неколку различни сеизмо-тектонски региони во светот (слика 1), меѓу кои;

- Пацифички сеизмички појас: Западен брег на САД
- Јужно-Амерички сеизмички појас: Чиле
- Австралиски-Пацифички сеизмички појас: Нов Зеланд
- Медитерански регион: Италија, Грција, Турција и Северна Македонија



Слика 2.1: Тектонски плочи. Извор: <https://www.usgs.gov/media/images/tectonic-plates-earth>

Државите од Западниот брег на САД се најмногу изложени на сеизмички hazard бидејќи припаѓаат на Пацифичкиот сеизмички појас каде земјотресите се многу чести и со највисок интензитет. Федералната држава Калифорнија вклучувајќи ги и метрополите Лос Анџелес и Сан Франциско, се вбројува во сеизмичка зона 4, територија со најголема сеизмичност. Меѓу најголемите земјотреси во територија на Калифорнија се земјотресот Лома Приета со магнитуда 6.9 во 1989 година и земјотресот во Нортриџ со магнитуда 6.7 во 1994 година (Zhang et al., 2021).

Границата меѓу субдукциони тектонски плочи на Јужна-Америка и Назка (Nazca plate) е долга повеќе од 7.000 км и ја опфаќа територијата на Чиле. Во овој регион се случиле голем број на земјотреси со голем интензитет, често со магнитуда 8 и повеќе, кои предизвикале и катастрофални цунами.

Земјотресот со магнитуда 9.5 во Југот на Чиле во 1960 година претставува најсилен земјотрес во досегашната историја на инструментално измерени земјотреси (Hayes et al., 2015).

Нов Зеланд се протега во регионот каде што се сретнуваат тектонската плоча на Австралија со Пацификот. Во близина на Нов Зеланд се случиле над 15 земјотреси со магнитуда поголема од 7,5 измерени од 1900 година. Најголем земјотрес (M_w 7.8) во Нов Зеланд се случил во 1931 година во Хавкс Беј при што животот го загубиле 256 луѓе (Benz et al., 2011).

Медитеранскиот регион се протега на границата на тектонските плочи на Евроазија и Африка. Зоната на субдукција во Јужна Грција и Северно Анатолска раседна зона во Северо-Западна Турција се сеизмички најактивни територии во Медитеранот.

Африканските, Арапските и Евроазиски тектонски плочи прават комплексна интеракција на источниот дел на Медитеранот, односно во Југо-Источен дел на Турција. Во Италија најчесто земјотресите настануваат низ оските Северо-Запад и Југо-Исток на Апенинските планини. Исто така, Источниот дел на Алпите се смета за сеизмички активен (Herman, et al., 2015). За преглед на урбанистичко планирање од Медитеранскиот регион се избрани Италија, Грција, Турција и Северна Македонија. Иако на Европскиот континент не се случуваат земјотреси со многу голем интензитет, сеизмичкиот ризик се должи пред сè на стариот фонд на објекти изградени пред правилниците за сеизмичко проектирање и изведба (Zhang, et al., 2021). Покрај старите објекти сеизмичкиот ризик го зголемуваат и неинженерските, односно несоодветно изведените објекти но поради лимитираност на податоци ваквите објекти не се предмет на анализа во овој труд.

2.2.1 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во САД

Во Соединетите Американски Држави (САД) управувањето со земјиштето се одвива на четири нивоа, на национално ниво, на ниво на федерални држави, управи на региони, и општини. Намена на земјиштето е регулирана на ниво на општини додека инструментите кои ги применуваат општините за планирање и контрола на намената на земјиште се дефинирани во законска рамка дефинирана од страна на федерална држава (OECD, 2017 – USA, pp.220-225).

На ниво на федерална држава опционално се подготвува стратешки план и го имаат усвоено 12 федерални држави. Овој вид на план содржи државни политики и насоки за одлучување на локално ниво. На општинско ниво се подготвува Сеопфатен План кој служи како инструмент за стратешко планирање и опфаќа насоки за формулирање на законот за зонирање. Усвојувањето на Сеопфатен План во повеќето федерални држави не претставува законска одредба, но од друга страна, во голем дел од државите за усвојување на Закон за Зонирање потребно е да се подготви Сеопфатен План. Законот за Зонирање, составен од текстуален дел и мапи со кои се одредува дозволена и условена намена на земјиште, претставува главен инструмент со кој се управува намена на земјиште на ниво на општина. Во повеќето делови на САД Законите за Зонирање се слични (OECD, 2017). Преглед на видовите на планови во САД е прикажан во табела 2.1.

Во САД сеизмичкиот hazard е најмногу присутен на Западниот брег, односно во федералните држави Вашингтон, Орегон и Калифорнија. Територијата на Калифорнија е означена како четврта сеизмичка зона, односно зона со највисока сеизмичност (Zhang, et al., 2021).

Намалувањето на сеизмичкиот ризик е во надлежност на федералните држави заедно со локалните управи. Исто така, Федералната Агенција за Управување со Кризи (FEMA) и Националната Програма за Намалување на Hazardот од земјотреси (NEHRP) даваат насоки за справување со сеизмичкиот ризик како и финансиска поддршка за зајакнување на сеизмички повредливите објекти (Zhang, et al., 2021).

Табела 2.1: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во САД (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Држава	Стратешки план: <ul style="list-style-type: none"> Се дефинираат цели на просторно планирање Не постои во повеќето држави 13 држави имаат план за држава: Конектикат, Делавер, Флорида, Џорџија, Хаваи, Маин, Мериленд, Њу Хампшир, Њу Џерзи, Орегон, Род Ајланд, Вермонт и Вашингтон	
	Сеопфатен план: <ul style="list-style-type: none"> Инструменти за стратешко планирање и насоки за подготовка на закон/правилник за зонирање Може да има регионални или интер-општински сеопфатни планови 	
Општина	Закон за зонирање: <ul style="list-style-type: none"> Правила за регулирање на намена на земјиште составен од текстуален документ и мапи. Повеќето но не сите локални управи применуваат правила за зонирање. 	

Зајакнувањето на сеизмички повредливите објекти се имплементира во согласност со конструктивниот систем и од 1994 година се приоритизира согласно намената, при што предност имаат виталните објекти како болници и училишта. Почнувајќи од 1933 година ѕиданите конструкции без а.б. елементи, долго време препознаени како сеизмички повредливи, во Калифорнија биле забранети за примена при изведба на нови објекти. После земјотресот Сан Фернандо од 1971 година постоечките ѕидани конструкции задолжително биле сеизмички зајакнати. После земјотресот во Нортриџ во 1994 година објектите со недуктилна а.б. конструкција како и објектите со челична конструкција биле предмет на сеизмичко зајакнување (Zhang, et al., 2021).

Свесноста за сеизмичка заштита се зголемила како последица на земјотресите во Сан Фернандо (Mw 6.4) во 1971 година и во Нортриџ (Mw 6.7) во 1994 година. Сеизмичката безбедност при локално урбанистичко планирање во федерална држава Калифорнија е за важен фактор во урбан развој. Вклучувањето на сеизмичкото зонирање и усогласување на урбаните планови со зонирањето, забрана на урбан развој на активни раседи, земање во предвид на сеизмичкиот hazard при преглед на влијанијата врз животната средина, се елементи за сеизмичка безбедност применети во одделите за планирање (Olshansky, 2001).

Вклучување на елементи за сеизмичка безбедност е задолжително во генералните планови на Калифорнија. Овие елементи содржат податоци за сеизмичкиот hazard во вид на очекувани земјотресни извори и веројатност на раседнување, интензитет на движење на тлото, територии со карактеристики на амплификација или губење на носивоста на тлото и секундарни hazardи како резултат на земјотрес.

Сите процеси поврзани со сеизмичкото зонирање, примената на сеизмичките прописи, оцена на животна средина, планови за одговор на hazard, планови за

обнова и програми за намалување на хазард се спроведуваат согласно податоците за сеизмичкиот хазард (Olshansky, 2001).

2.2.2 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Чиле

Територијата на Чиле е управувана на ниво на 15 региони и 345 општини кои се под директна контрола на државната власт. Системот на урбанистичко планирање се состои од Регионални Планови за Урбан Развој, Меѓу Општински Планови за Намена на Земјиште и Планови за Локална Намена на земјиште. Сите видови на урбанистички планови се наоѓаат под надлежност на Министерството за Домување и Урбанизам која исто така ги дефинира Политиките за Национален Урбан Развој. На општинско ниво припаѓаат плановите за Локална намена на земјиште и Меѓу Општински Планови за намена на земјиште. Надвор од урбанистички опфат општините може да одобрат урбан развој на домување и комерцијална намена со мал до средно голем размер, додека за урбан развој од поголем размер потребно е одобрение од страна на Министерство за Домување и Урбанизам и Министерство за Агрикултура (OECD, 2017). Преглед на наведените урбанистички планови согласно нивоа на територија е прикажан во табела 2.2.

Табела 2.2: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Чиле (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Држава	<ul style="list-style-type: none"> Национална политика за развој 	
Регион	<ul style="list-style-type: none"> Стратегии за регионален развој 	
	<ul style="list-style-type: none"> Регионални планови за урбан развој 	
	<ul style="list-style-type: none"> Регионални планови Регионални планови за крајбрежје 	
Меѓу општини	<ul style="list-style-type: none"> Планови за намена на земјиште за метрополити или меѓуопштини (урбани агломерации од повеќе општини) 	1: 50 000
Општина	<ul style="list-style-type: none"> Планови за дефинирање урбана граница 	
	<ul style="list-style-type: none"> Локални планови за намена на земјиште 	1 : 20 000 1 : 2 500
	<ul style="list-style-type: none"> Секторни планови (на ниво на населба) 	1: 5 000 1: 2 500

Територијата на Чиле е подложна на голем број на хазарди меѓу кои најголеми катастрофи биле предизвикани од земјотреси. Генералниот Закон за Урбан Развој и Градба и Правилникот за сеизмичко проектирање се главните правни инструменти кои го контролираат урбаниот развој земајќи ги во предвид ризиците од природни катастрофи (Asian Development Bank, 2016).

Во 2010 година земјотресот со магнитуда 8.8 и цунами кои што се случиле во централна и јужна територија на Чиле биле причина за зголемување на свесноста кај општеството и правните тела за важноста на ризиците предизвикани од геолошки хазарди (Sepulveda, et al., 2015). По овие настани Министерството за Домување и Урбанизам започнало нови проекти за

истражување на геохазардите чија цел била да дадат насоки за подобрување на Метрополитскиот План на Сантиаго (Sepulveda, et al., 2015). Хазардните мапи биле применети за воведување измени во правилникот за одредување намена на градежното земјиште. Во тек на изработка на овие проекти, каде биле вклучени инженери, сеизмолози, архитекти, урбанисти и експерти од други сфери, биле увидени недостатоци меѓу кои најголем проблем претставувало пренесувањето на податоците за хазард поради непозната терминологија за урбанистите, како и размерот на изработка на хазардните мапи кој не бил усогласен со размерот на урбанистичките планови. Потешкотиите во имплементирање на природните хазарди во урбано планирање се должат на немоќноста на планерските инструменти да наложат забрана за урбан развој во ризични територии и не постоењето на унифициран методолошки пристап за различни студии поради недостиг од координација меѓу владините управни органи и истражувачката заедница (Sepulveda, et al., 2015). Урбанистите предложиле измени во инструментите за планирање и вовеле ограничувања во намената на земјиштето врз основа на податоци за сеизмички хазард и свлечишта на постојните урбани територии и територии предвидени за проширување на градот Сантиаго (Sepulveda, et al., 2015).

2.2.3 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Нов Зеланд

Територијата на Нов Зеланд е управувана на две нивоа; 11 региони и 67 општини, во правна рамка дефинирана од национална управа. Системот на урбанистичко планирање во земјата е управуван согласно актот за управување со ресурси, усвоен во 1991 година и изменет во 2015 година. Намената на градежното земјиште е дефинирано со актот за локална управа од 2002 година (OECD, 2017).

Табела 2.3: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Нов Зеланд (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Држава	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Национални стандарди за животна средина ▪ Статут на национална политика 	
Регион	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Просторен план ▪ Статут на регионална политика (Regional Policy Statement) 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Регионални планови ▪ Регионални планови за крајбрежје 	
Општина	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Планови за урбан четврт 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Планови за зонирање ▪ Детален план за намена на земјиште ▪ Рурален план за намена на земјиште 	Во различни размери

За објавување на Национални стандарди за животна средина и Статут на Национална Политика е задолжено Министерството за Животна средина. Секој регион подготвува статут за регионална политика и регионални планови кои исто така вклучуваат и регионални планови за крајбрежје. На ниво на општина за регулирање на зонирање на намени се подготвуваат планови за урбани четврти. На секои 10 години се прави ажурирање на општинските планови (OECD, 2017). Преглед на видовите на планови во Нов Зеланд е прикажан во табела 2.3.

Правната рамка за планирање на намената на градежното земјиште во Нов Зеланд ги зема во предвид природните хазарди и ризици при подготовка на планови согласно актот за управување со ресурси од 1991 година и актот за управување со итна цивилна заштита од 2002 година (Brabhaḥaran, 2013). После земјотресот во Кантербури планирањето на намената на земјиште било реформирано и управувањето со сеизмичкиот ризик при урбаното планирање добило поголемо значење.

Исто така бил развиен специјален сет насоки за планирање на намената на земјиштето врз основа на податоците за ризик од страна на GNS Science (<https://www.gns.cri.nz/>). Урбанистите задолжително соработуваат со експерти од различни инженерски области, како геотехнички инженери и сл., при изработка на хазардни мапи за ликвидација како и предлагање решенија за темелење во региони подложни на ликвидација (Asian Development Bank, 2016).

2.2.4 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Италија

Во Италија просторното планирање е управувано на различни хиерархиски нивоа составени од 19 региони и 2 автономни покраини, 110 покраини од кои 10 се метрополи и вкупно 8,047 општини (OECD, 2017). За секое ниво на територија постојат различни видови на просторни – урбанистички планови како што е прикажано во табела 2.4.

Табела 2.4: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Италија (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Регион	▪ План за уредување на територии на Регион	1:50 000
	▪ План за пејсажно уредување на регион	1:25 000
Покраина	▪ План за координирање со територија на Покраина	1:100 000
		1:50 000
		1:25 000
Општина	▪ Генерален Урбанистички План	1: 2 000
		1: 1 000
	▪ Планови за имплементација:	
	▪ Детален Урбанистички План	
	▪ Планови за социјално домување	
	▪ Планови за населби со производство	
	▪ Планови за парцелација	
▪ Програми за интегрирани интервенции		
	▪ Програми и планови за регенерирање	

Од наведените видови на планови, Генералниот Урбанистички План (ГУП) претставува единствен инструмент со кој може да се постигне економски развој, заштита на животната средина, заштита на природата и културното наследство, поттикнување на претприемништво, вработувања и развивање на локалните заедници (Colavitti et al., 2013).

ГУП периодично се ревидира и ги содржи следните податоци (European Commission -It, 2000):

- Димензионирање, процена на бројот на жители за дефинирање на капацитет на домување
- Зонирање за дефинирање на територии за урбан развој како и забрана на урбан развој поради постоење на хидро-геолошки хазарди и заштита на природната животна средина
- Стандарди за обезбедување на минимална површина намената за јавен простор како паркови, паркинг површини и др.
- Технички норми за физичка и наменска трансформација на намена на постоечките објекти

Италија е земја со висока сеизмичност каде 45% од вкупната територија и 41% од населението се изложени на сеизмички хазард (Di Giovanni, 2016). Во регулативата за просторно и урбанистичко планирање на национално и регионално ниво се обрнува внимание на процената на хазардите, како земјотреси, лизгање на земјиште и поплави, и препознаена е улогата на урбаното планирање во намалување на ризиците од природни катастрофи (Di Giovanni, 2016). Почнувајќи од 1976 година студиите за сеизмичко микрозонирање им помагаат на урбанистите да ги дефинираат териториите кои се безбедни од земјотреси (Bedini & Borzini, 2018).

Водичот за сеизмичко микрозонирање на Италија опфаќа мерки и насоки за урбанистичко планирање на различни нивоа. На ниво на планови наменети за територии и провинции се подготвуваат студии за сеизмичко микрозонирање од ниво 1 каде што се опфатени основните податоци за различните зони на сеизмичност, односно зона 1 (висока сеизмичност), зона 2 (средна сеизмичност), зона 3 (ниска сеизмичност) и зона 4 (многу ниска сеизмичност). Студиите за сеизмичко микрозонирање на ниво на општина служат за дефинирање на стратегии за урбанистичко планирање, правилен избор на локации за урбан развој и посебни правилници за намалување на сеизмички ризик. Изградбата на нови или зајакнувањето на постоечки објекти треба задолжително да се повикува на мапата на сеизмичко микрозонирање за што потребно е локалната управа да одреди закони за техничка имплементација и урбанистичко планирање (SM Working Group, 2015).

Во 1970-80'тите години правилникот за урбанистичко планирање бил надграден и предвидувал посебни технички стандарди и геоморфолошки анализи да бидат задолжителни за урбано планирање во сеизмичките региони. Во 2008 година насоките за сеизмичко микрозонирање биле редефинирани со цел да бидат основа за планерски одлуки (Di Giovanni, 2016). После земјотресот во Амаatrice (Amatrice) во 2016 година со поддршка на владата биле превземени градежни и не-градежни активности за реконструкција и изработка на мапи за сеизмичко микрозонирање на 138 општини. Деталните студии за сеизмички хазард со вклучени геолошки и геотехнички услови биле земени како основа за пост-земјотресно урбано планирање (Hailemikael et al., 2020).

Од аспект на конструктивни мерки за намалување на сеизмичкиот ризик, правилникот за сеизмичко проектирање и изведба до 2009 година се применувал само за стратешки објекти како училишта, болници и сл., но после земјотресот во Аbruзо станал задолжителен за сите видови на објекти. Исто така, зајакнувањето на градбите после случените земјотреси придонесува во намалување на сеизмичката повредливост и зголемување на сеизмичката отпорност за идни земјотрес (Zhang et al., 2021).

Намалувајќи ги компонентите на изложеност и повредливост, урбанистичкото планирање, во синергија со конруктивните и неконструктивните мерки, претставува долгорочен инструмент за намалување на сеизмичкиот ризик (Di Giovanni, 2016). Современите правилници за урбано планирање се фокусирани на заштита од земјотресни катастрофи во повеќето региони во Италија кои што се изложени на сеизмички ризик (Bedini & Borzini, 2018).

2.2.5 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Грција

Територијата на Грција е составена од 13 региони, 325 општини и 7 децентрализиран административни единици (OECD, 2017). Грчкиот систем на просторно планирање е многу комплексен и се состои од вкупно 25 вида на просторни планови од кои поголемиот дел се раководени од национална управа и останатиот дел припаѓа на децентрализираните административни единици.

Табела 2.5: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Грција од 2014 година (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Држава	<ul style="list-style-type: none"> Национални Просторни Планови: насоки за специфични економски сектори, инфраструктурна мрежа 	
Регион	<ul style="list-style-type: none"> Рамка за Регионален Простор: ги дефинира основните просторни приоритети за 12 години и насоки за организација на простор 	1: 100 000 до 1: 25 000
	<ul style="list-style-type: none"> Планови за управување со реки (вода) 	1:1 000 000
	<ul style="list-style-type: none"> Посебни студии за животна средина 	1: 50 000 до 1: 25 000
	<ul style="list-style-type: none"> Контрола на развојни зони: регулирање намена на земјиште во рурални територии 	1: 25 000 до 1:10 000
	<ul style="list-style-type: none"> Посебни Просторни Планови: се однесуваат на територии од стратешка важност 	1: 25 000 до 1: 5 000
Општина	<ul style="list-style-type: none"> Локални Просторни Планови: се регулира намена на земјиште во рамки на општина 	1: 25 000, 1: 10 000, 1: 5 000
	<ul style="list-style-type: none"> Планови за Имплементација: детални правила за зонирање на ниво на општина 	1: 2 000 до 1: 1 000

Регионите имаат консултантска улога во дефинирање на некои од просторните планови, општините и децентрализираните административни единици ги одобруваат деталните планови и други локални планови за дефинирање на

намената на градежното земјиште. Првиот правилник за просторно планирање бил објавен во 1983 година (European Commission - Gr, 2000) и важел за најзначаен инструмент за планирање на просторот. Деталниот преглед на нивоа на просторно планирање во Грција, со вклучените измени на правилникот од 2014 година е прикажан во табела 2.5.

Покрај наведените нивоа на управување со просторот постои и агенција за промоција на бизнис наречена "Enterprise Greece" која има ингеренции за подготвување и одобрување на *Специјални Планови за Просторен Развој на Јавно Земјиште* и *Специјални планови за Просторен Развој на Стратешки Инвестиции*.

Специјалните планови на "Enterprise Greece" имаат поголема одлучувачка важност од регуларните планови за намена на земјиште на ниво на регион и општина (OECD, 2017). Просторното планирање и градежните активности во цела територија на Грција е регулирано со законот за градење (OECD, 2017). Со новиот закон за Модернизација на просторно и урбано планирање објавен во 2020 година биле предвидени нови планови, Локален Урбан План (ЛУП) и Специјален Урбан План (СУП), наменети за подобрување на економскиот развој, заштитата на животната средина и историското наследство (Vassi et al., 2022). Реформите во урбанистичко планирање биле финансирани од Активности за Обнова и Отпорност поддржано од Министерство за животна средина и енергија под чија надлежност спаѓа урбанистичко планирање во Грција (Vassi et al., 2022). ЛУП се однесува на ниво на општина и содржи податоци за намена на земјиште, услови за градба, дефинирање на заштитени зони, како и мерки за управување со последици од природни катастрофи. За специјални програми како урбана обнова, заштита на животната средина, обновата после катастрофи како и други критични просторни проблеми каде недостасува урбано планирање се изработува СУП (Vassi et al., 2022).

До 1980-тите намалувањето на сеизмичкиот ризик во Грција се базирало на примената на прописи за сеизмичко проектирање и изведба. Но во 1983 година оваа перцепција била сменета со формирање на Национална Организација за Земјотресно Планирање и Заштита на Грција одговорна за подготвување на директиви и насоки за намалување на сеизмичкиот ризик кој исто така го опфаќа и урбаното планирање. Исто така, насоките од ЕУ бр. 11/97 со наслов "Процена на влијание врз животна средина на програми и планови" ја нагласувале важноста на размислување и третирање на природните катастрофи, меѓу кои и земјотресите, при урбанистичко планирање (Atanasopoulou et al., 2008). Во 2003 година од страна на Главниот Секретаријат за Цивилна Заштита била развиена програмата за управување со катастрофи наречена "Xenokratis" (Atanasopoulou et al., 2008).

За процена на сеизмички хазард и одредување на мерки за намалување на сеизмички ризик важна улога имаат студиите за сеизмичко микрозонирање. На пример, после земјотресот од 1978 година со магнитуда 6,5 во Солун за дефинирање на сеизмичко микрозонирање на територијата на градот со емпириски и теоретски методи биле направени детални студии за дефинирање на 1-D профили на почва, 2-D пресеци и 3-D геотехнички мапи како основа на микросеизмичка студија.

Геотехничките испитувања реализирани на терен и во лабораторски услови имале за цел да ги дефинираат важните параметри и динамичките карактеристики на различните почвени слоеви (Anastasiadis et al., 2001).

Почнувајќи од 1998 година студиите за планирање на градови задолжително се поддржувани со студии за геолошка адекватност при планирање на нови, како и постојни урбани територии. Сеизмичката безбедност претставува дел од стандардите за планирање и услов за нови планови, но во некои региони постојат тешкотии во имплементацијата на овие стандарди поради големиот притисок од урбанизација. Иако се обрнува внимание на сеизмичкиот hazard, сепак изостанува процената на сеизмичката повредливост во урбан размер (Sapoutzaki & Dandoulaki, 2006).

Поновите истражувања посочуваат на примена на Географски Информационен Систем (ГИС) за планирање намената на земјиштето кој ќе содржи ажурирани податоци за природните hazardи (Bathrellos et al., 2017).

2.2.6 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Турција

Во Турција постојат три нивоа на управување со просторот, национално ниво, 26 региони и 1397 општини. На национално ниво се дефинираат правилниците на системот за просторно планирање, се подготвуваат национални и регионални планови, се обезбедува финансиска поддршка на одлуки за значителни инфраструктурни планови.

Табела 2.6: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Турција (OECD, 2017)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Држава	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Национален План за Развој. ▪ Национален Стратешки Просторен План. 	1:1 000 000 до 1: 500 000
	Секторски План: <ul style="list-style-type: none"> ▪ План за Интегрирана Крајбрежна Зона. 	1:50 000
Регион	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Планови за Развој на Земјиште. 	1: 100 000 до 1: 25 000
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Територијални Стратешки Просторни Планови. 	1: 100 000 до 1: 50 000
Општина	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Генерален Урбанистички План. 	1: 5 000 до 1: 2 000
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Планови за Имплементација. 	1: 1 000

Покраините имаат ограничени ингеренции во одлучувањето и не се активно вклучени во планирање на намената на земјиштето. Општините се дефинираат според бројот на жители и тоа како метропола, градска општина и општина на помал град. За сите општини кои имаат над 10.000 жители се подготвува Генерален Урбанистички План (ГУП) и План за Имплементација. Националниот План за Развој претставува план за економски развој со траење од 5 години и просторната димензија на овој план се обработува во Регионалните Планови кои се исто така поддржани од Национален Стратешки Просторен План со кој се дефинираат стратегии од јавен интерес како урбанистички систем, инфраструктура, транспорт итн.

Плановите за Развој на Земјиште се подготвуваат во помал размер за одредување намената на земјиштето (OECD, 2017). Преглед на планирањето во различни нивоа во Турција е прикажан во табела 2.6 (OECD, 2017).

Генералниот Урбанистички План на ниво на општина ги дефинира елементите на стратешко планирање и зонирање со концепт на одржлив развој. Покрај ГУП, на општинско ниво се подготвува и План за Имплементација кој содржи прецизни податоци за развој на земјиштето на нивоа на парцели (OECD, 2017).

После земјотресите во регионот на Мармара во 1999 година бил инициран проектот за сеизмичко микрозонирање. Студијата за сеизмичко микрозонирање која опфаќала податоци за амплификација на почва според локација, подложност на ликвидација и hazard од свлечишта, била преведена во ГИС формат за регионите на пилот студиите Адапазари и Голџук. Микросеизмичките студии треба да бидат поддржани со геолошки податоци, класификација на почва според локација, брзина на бранови на смолкнување, спектрално забрзување, спектрална амплификација и други податоци при што главна цел е дефинирање на hazard мапа во размер 1:5.000. За да бидат микросеизмичките студии применливи во урбанистичко планирање и постапки за намалување на сеизмички ризик, изворите на сеизмичност треба да се определат со веројатносен пристап и почвените услови треба да бидат дефинирани согласно геолошки и геотехнички анализи (Ansal et al., 2004).

Плановите за намена на земјиште почнувајќи од 2004 година задолжително содржат и мапи за сеизмичко микрозонирање. Системот на урбанистичко планирање во Турција се сменил по катастрофалните последици од земјотресите во регионот Мармара во 1999 година. Веднаш после овие земјотреси бил инициран Генерален План за Земјотрес на Истанбул кој содржел стратегии за намалување на влијанието на земјотреси.

Исто така бил подготвен Стратешки План за Намалување Ризици од Катастрофи наменет за дефинирање на планерски инструменти, но овие планови не биле целосно имплементирани (Asian Development Bank, 2016).

Како инструмент за намалување на ризици од катастрофи, Законот за Обнова на Територии подложни на ризици од катастрофи го воведува процесот на урбана обнова кој што се одвивал на ниво на објекти и површини. Но најчесто при ваквата урбана обнова се градат нови објекти, повисоки од срушените, со што се зголемува густината на изграденост во територии изложени на сеизмички hazard (Asian Development Bank, 2016).

Голем дел од територијата на земјата е изложена на природни hazard, меѓу кои најчесто на земјотреси и брзата урбанизација, непланираниот и нерегулираниот процес на градење во градовите има негативно влијание врз квалитетот на животната средина (Tarhan & Deniz, 2013).

После земјотресите од 1999 година, а со цел да се намали сеизмичкиот ризик, урбаното планирање во Турција почнува да ги имплементира мапите на сеизмичко микрозонирање во планови за намена на земјиште и процес на урбана обнова на ризичните територии. Но, катастрофалните последици од земјотресот во Кахраманмараш (Mw 7.8) на 6-ти Февруари во 2023 година со приближно

50,090 жртви, 325,522 срушени и многу други оштетени објекти укажуваат дека е неопходен соодветен третман на сеизмичкиот ризик при урбаното планирање (<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/impact>, пристапено на 12.04.2023)

2.2.7 Урбанистичко планирање и сеизмички ризик во Северна Македонија

Во Р. Северна Македонија уредувањето на просторот се одвива со просторни планови и урбанистички планови. Просторните планови како и Генералните Урбанистички Планови за градовите се подготвуваат од страна на Агенција за Планирање на Просторот (АПП). Просторното планирање се наоѓа во надлежност на Министерството за животна средина и просторно планирање, додека Министерството за транспорт и врски е задолжено за имплементација на урбанистичките планови. Одделувањето на просторно и урбанистичко планирање под ингеренции на две различни министерства претставува единствен пример во Западен Балкан и во Европа (Ivanisevic et al., 2021). Урбанистичките планови се подготвуваат согласно условите зададени во просторните планови (Сл. Весник на Р. С. Македонија, бр. 32/2020). Просторните планови се изработуваат на ниво на држава, регион, подрачје, градби од државно значење, општини и Град Скопје.

Во зависност од големината на планскиот опфат се подготвуваат различни видови на урбанистички планови. Уредувањето на градскиот простор, одредувањето на намени на земјиште и услови на градење поддржани во систем од различни градски инфраструктури (сообраќај, водовод и канализација, и т.н.) се прави со помош на урбанистичките планови (Сл. Весник, бр. 32/2020). Детален преглед на видовите на урбанистички планови е прикажан во табела 2.7.

Табела 2.7: Нивоа на планови во системот на урбанистичко планирање во Р. С. Македонија (сл. Весник бр. 78-2006)

Ниво на територија	Вид на план	Размер на планот
Град	▪ Генерален Урбанистички План	1: 10 000
		1: 5 000
		1: 2 500
Општина	▪ Детален Урбанистички План	1: 1 000 1: 500
Село	▪ Урбанистички План за Село	1: 2 500
Вон населено место	▪ Урбанистички План за Вон Населено Место	1: 1 000
Подрачја	▪ Урбанистички план за подрачја и градби од државно значење	

Секој од урбанистичките планови има определен плански период за кој што потребно е да се направи проекција на потребите за развој. Генералниот Урбанистички План, План за Село и План за подрачја и градби од државно значење имаат 10 години плански период. Деталниот урбанистички план и Урбанистички план за вон населено место имаат плански период од 5 години (Сл. Весник на Р. С. Македонија, бр. 32/2020).

Генералниот урбанистички план дефинира граници на зони и намена на земјиште во рамките на тие зони. Во деталниот урбанистички план се определуваат градежните парцели со површина за градење, максимална височина и број на катови на градба, намена на земјиштето и градбата, општи и посебни услови за градење (Сл. Весник на Р. С. Македонија, бр. 32/2020).

Важноста на просторното и урбанистичко планирање во намалување на сеизмичкиот ризик за прв пат била препознаена со законот од 1973 година при што мапите на сеизмичко зонирање и микрозонирање биле воведени во просторните планови на ниво на држава и региони како и во урбанистичките планови на ниво на град (Milutinovic et al., 2017). Согласно законот за урбанистичко планирање, податоците за природните хазарди меѓу кои и земјотресите се задолжителен дел од документацијата на урбанистичките планови (Сл. Весник на Р. С. Македонија, бр. 32/2020). Сеизмичките хазард мапи за повратни периоди од 95, 145, 475, 975 и 2475 години како и препораки за планирање во однос на сеизмичкиот хазард се составен дел на Генералниот Урбанистички План за градот Скопје. Исто така, во документациона основа на ГУП се наведени податоци од анализите на локална амплификација. При урбанистичко планирање важно е да се земаат во предвид амплитудите на параметрите на движење на тлото според почвената средина на одредена локација бидејќи карактеристиките на амплификација на почвата влијаат на пренесувањето на сеизмичките движења(ГУП, 2011).

2.3 ЗАКЛУЧОЦИ ОД НАПРАВЕНИОТ ПРЕГЛЕД НА УРБАНИСТИЧКОТО ПЛАНИРАЊЕ ВО ЗЕМЈИ ИЗЛОЖЕНИ НА СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД

Од направениот преглед на урбанистичко планирање во земји со сеизмички хазард може да се заклучи дека најчесто фокусот е на сеизмичкиот хазард. Фокусирање само на компонентата хазард не е доволно, потребно е согледување на другите компоненти на ризик и одлучување во насока на намалување на ризикот. Урбанистичко планирање ги опфаќа компонентите изложеност (објекти, инфраструктура) и нивната физичка повредливост. Сеизмичкиот ризик најчесто се третира само при урбана обнова отпочната после одреден сеизмички настан. Неретко, при ваквите процеси, наместо намалување може да дојде и до зголемување на сеизмичкиот ризик, првенствено поради зголемувањето на површината на изграденост и густината на населеност на територијата изложена на хазарди.

Во табела 2.8 се прикажани регулативите за урбанистичко планирање кои се осврнуваат на сеизмичкиот хазард и ризик, како и мерките кои се применуваат во урбанизмот за намалување на сеизмичкиот ризик во земјите анализирани во претходното поглавје.

Табела 2.8: Преглед на законска рамка и мерки за намалување на сеизмичкиот ризик во урбанистичко планирање

Земја	Регулатива за урбанистичко планирање	Мерки за намалување на сеизмички ризици во урбанистичко планирање
САД	<ol style="list-style-type: none"> 1) Одлука на сенат (Senate Bill) 1953 година 2) Акт Алкист-Приоло (Alquist-Priolo Act) од 1972 година 3) Акт за мапирање на сеизмички хазард во Калифорнија (SHMA) од 1990 година 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Елемент на сеизмичка безбедност 2) Зонирање раседи 3) Сеизмички хазард мапи
Чиле	<ol style="list-style-type: none"> 1) Генерален Закон за Урбан Развој и Градба 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Сеизмички хазард мапи и мапи за свлечишта
Нов Зеланд	<ol style="list-style-type: none"> 1) Акт за управување со ресурси. 2) Акт за управување со итна цивилна заштита. 3) Акт за градење. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Хазард мапи за земјотреси, ликвидација и свлечишта. 2) Сет алатки за планирање намена на земјиште врз основа на ризик (применето од неколку општини).
Италија	<ol style="list-style-type: none"> 1) Регулатива за просторно и урбанистичко планирање на национално и регионално ниво. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Студии за сеизмичко микрозонирање. 2) Геоморфолошки анализи.
Грција	<ol style="list-style-type: none"> 1) Закон за градење. 2) Модернизирање на законот за просторно и урбано планирање. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Студии за геолошка адекватност
Турција	<ol style="list-style-type: none"> 1) Закон за планирање, развој на земјиште и контрола. 2) Закон за Обнова на Територии подложни на ризици од катастрофи. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Мапи за сеизмичко микрозонирање. 2) Процес на урбана обнова.
Северна Македонија	<ol style="list-style-type: none"> 1) Закон за урбанистичко планирање 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Мапи на сеизмичко зонирање и микрозонирање.

Почнувајќи од 2000-те години постигнат е голем напредок во комуницирањето на информациите за ризикот и нивна примена при анализи за изработка на урбанистичките планови (Menoni, 2020). Препознаени инструменти кои можат да се применат во урбанистичко планирање за намалување на ризици од природни катастрофи се: зонирање, стандарди за парцелизација при урбан развој и урбана обнова, релокација на населби, позиционирање на критични инфраструктури и мрежи, конструкции и инфраструктура за заштита од природните хазарди (Menoni, 2020).

Но, иако препознаена, улогата на урбанизмот во намалувањето на ризиците од природни катастрофи се уште не е доволно ефикасна.

Постојат повеќе причини за ваквата состојба. Еден од главните проблеми е лоциран во општините кои немаат моќ да се спротивстават на притисокот од различни фактори за брза урбанизација и дозволуваат урбан развој или обнова и на територии подложни на хазарди (Menoni, 2020).

Друг проблем претставува недоволно развиената свесност на приватните сопственици на градежно земјиште за потенцијалните ризици и приоритизирање на економскиот профит пред заштита од природни катастрофи (Menoni, 2020).

Исто така, важно е да се почитуваат законските регулативи кои налагаат користење на податоците од сеизмичко микрозонирање во урбанистичко планирање. Плановите од различни размери меѓусебно мора да бидат усогласени при што и податоците за сеизмички хазард треба да бидат присутни во различните урбанистички планови.

Поради комплексноста на сеизмичкиот ризик урбанистичкото планирање во сеизмички активни региони треба да биде поддржано од дисциплини чиј домен е земјотресот. Креирање на животна средина со намален сеизмички ризик е возможен со мултидисциплинарен пристап.

3 ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК НА УРБАНО ЈАДРО – ПИЛОТ СТУДИЈА КАРПОШ

3.1 ВОВЕД

Ризикот претставува комбинација на меѓусебно зависни компоненти: hazard, изложеност и повредливост. Согласно на ова, во сеизмичкиот ризик, компонентата hazard се однесува на природниот геофизички феномен – земјотресот, односно сеизмичкиот hazard. Сите ентитети кои што се изложени на сеизмичкиот hazard, луѓето, објектите, инфраструктурата, економијата и животната средина, ја сочинуваат компонентата изложеност. Според карактеристиките на изложените ентитети се дефинира компонентата повредливост која ја означува подложност на изложените ентитети да бидат оштетени/повредени во случај на земјотрес. Во рамки на компонентата повредливост се третира и т.н. резилиентност, односно капацитетот на ентитетите да се повратат во нормална состојба после настаната катастрофа (Simmons, et al., 2017).

Ризикот од земјотрес е секогаш присутен во урбаните средини развиени во сеизмички активни региони, додека степенот на влијание на сеизмичкиот ризик зависи од подготвеноста на урбаната средина за нов земјотрес. Урбаните средини се состојат од објекти изградени во различни периоди, пред и после воведување на прописи за сеизмичко проектирање. Токму, ваквата измешана урбана структура, со различен, а често пати и непознат степен на сеизмичка сигурност, претставува причина за осврнување кон постапката за процена на сеизмичкиот ризик во урбан размер. Целта на процената на сеизмичкиот ризик е да се идентификуваат повредливите урбани средини. Во рамки на докторскиот труд како пилот студија е избрана урбана единица во општина Карпош која претставува пример на праксата на урбанистичко планирање во сеизмички регион како што е Градот Скопје. Избраната пилот урбана единица се состои од објекти изградени во различни периоди, пред и после воведување на сеизмичките правилници за проектирање и регулативата за градење.

Со цел дефинирање на улогата на урбанистичко планирање во намалување на сеизмичкиот ризик, за пилот студијата е направена процена на сеизмичкиот ризик според две сценарија на компонентата изложеност. Прво сценарио на компонентата изложеност претставува постојната состојба формулирана согласно податоците од студии направени од страна на ИЗИИС (Нечевска-Цветановска и др., 2013; Apostolska et al., 2018), додека планираната состојба, (сценарио 2), се базира на Деталниот Урбанистички План (ДУП) (Тајфа План, 2015). Конструктивниот систем на објектите во планирана состојба е одреден согласно експертско мислење, актуелната градителска пракса во Градот Скопје земајќи ги во предвид и правилниците за сеизмичко проектирање и изведба, и евентуалните реконструкции на постојните објекти. Дефинирањето на компонентата сеизмички hazard за предметната локација се темели на најновиот развиен модел на сеизмички hazard за територија на Европа (ESHM20) Европски Модел за Сеизмички Hazard (Danciu L., et al., 2021), како и податоците за локални почвени услови (Дојчиновски и др., 2013). Повредливоста на моделот на

изложеност е пресметана за селектирани функции на повредливост од Европскиот Модел за Сеизмички Ризик – ESRM20 (Crowley et al., 2021).

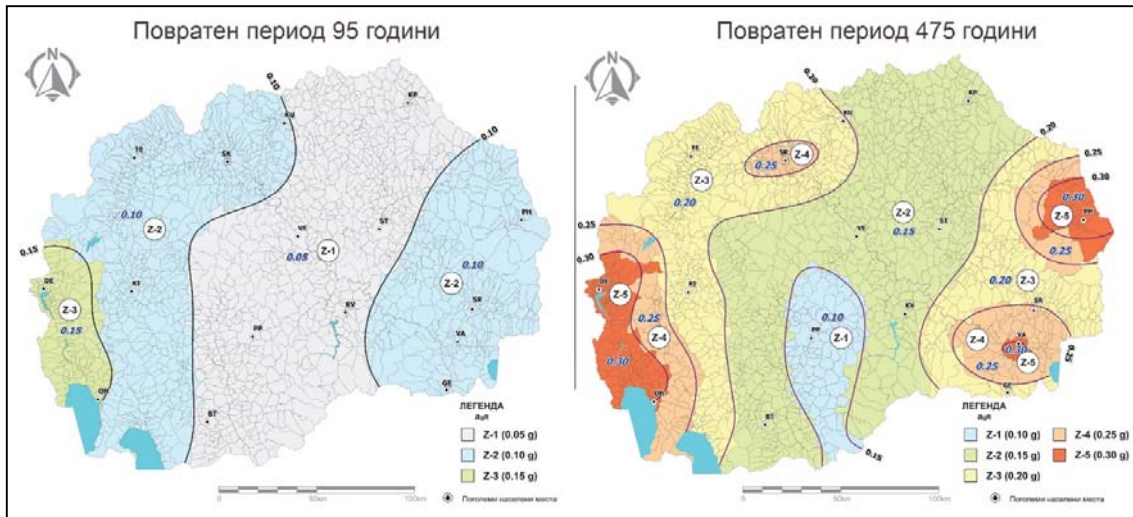
Со имплементација на компјутерскиот програм Open Quake Engine 3.13, развиен и одржуван од страна на GEM (Global Earthquake Model) (GEM, 2022) направена е процена на сеизмичкиот ризик за пилот студијата, при што за визуелизација на добиените резултати е користен програмот QGIS 3.14 (QGIS Development Team, 2020).

3.2 ХАЗАРД – СЕИЗМИЧНОСТ НА ПРЕДМЕТНАТА ЛОКАЦИЈА

Регионот на Град Скопје се смета за регион со релативно висока сеизмичност. Земјотресот од 1963 година претставува најголема катастрофа во историјата на градот Скопје со голем број на оштетени и срушени објекти при што 1.070 граѓани го изгубиле животот, 3.300 биле повредени и многу останале без своите домови (Milutinovic et al., 2017). Во поновата историја, во периодот од 28-ми Август до 4-ти Октомври 2016 година, на територијата на Скопје беа регистрирани неколку земјотреси со мал до умерен интензитет меѓу кои најсилниот беше земјотресот кој се случи на 11.09.2016 во 15:10 часот по локално време со интензитет од VI-VII степени по Европска Макросеизмичка скала. Во објектите изградени после 1963 година не беа забележани видливи оштетувања на конструкција, додека оштетувања на не-конструктивни елементи беа од лесно до умерено ниво. Од друга страна, објектите изградени пред 1963 година и објектите со субстандардна градба имаа лесни оштетувања на конструкцијата и значителни оштетувања на не-конструктивните елементи (ИЗИИС, 2016).

Сеизмичкиот hazard за територијата на С. Македонија (Милутиновиќ и сораб., 2016; МКС EN 1998-1/НА:2020), анализиран за потребите на Националниот анекс на Еврокодот 8, е базиран врз интегрална мулти-дисциплинарна холистичка анализа на расположливиот фонд на податоци и резултати од сите претходни геолошки, тектонски, неотектонски и сеизмолошки истражувања, регионални истражувања на сеизмичкиот hazard, национални и регионални податоци од силните земјотреси и GPS мерења, а врз основа на квалитативно нов пристап во моделирањето на просторната дистрибуција на сеизмичноста. Анализите на сеизмичкиот hazard се извршени со користење на веројатносниот пристап (PSHA) кој ги интегрира ефектите од сите можни сеизмички извори кои имаат влијание на локацијата од интерес преку пресметување на комбинирана веројатност од нивно надминување (Esteva, 1967; Cornell, 1968, SSHAC, 1997). Моделирањето и евалуацијата на сеизмичкиот hazard на С. Македонија (Милутиновиќ и соработници, 2016) се базирани врз сеопфатните истражувања на Шалиќ (2015) и каталогот на земјотреси на С. Македонија (СО/ПМФ-Скопје, 2016) рекомпилиран во географските граници Lon: 19.30-24.20 и Lat: 39.80-43.30. Според оваа студија за територија на Скопје за повратен период од 95 години максималното забрзување на тлото на основна карпа (PGA) изнесува 0,10 g, додека за повратен период од 475 години максималното забрзување на тлото на основна карпа е еднакво на 0,25 g (слика 3.1). Согласно деагрегацијата на сеизмичкиот hazard за градот Скопје (Шалиќ, 2015), истиот на локација на пилот

студијата е контролиран од земјотреси со магнитуда од 4 до 6 степени во опфат од 0 до 30 km.



Слика 3.1: Република Северна Македонија – карти на сеизмичко зонирање со елементи на сеизмички hazard. Извор: Милутиновиќ З. & Шалиќ Р. и др. 2016.

3.2.1 Локални почвени услови

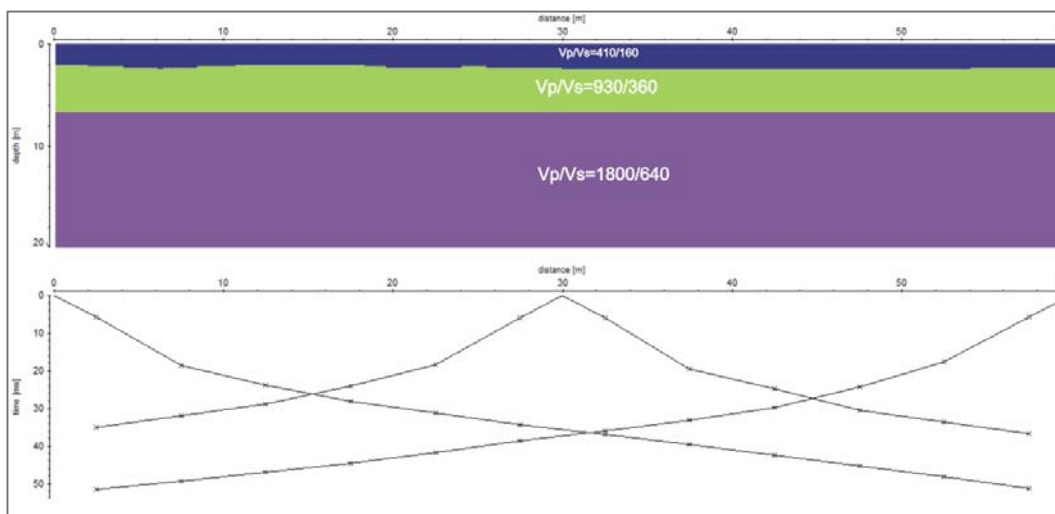
За дефинирање на локалните почвени услови, со примена на методот на сеизмичка рефракција (слика 3.2), на предметната локација се определени брзините на ширење на сеизмичките V_p и V_s бранови, (Дојчиновски и др., 2013).



Слика 3.2: Теренски распоред на истражни профили. Извор: Дојчиновски и др. 2013.

Според ова истражување, теренот на пилот студијата се состои од следниве геолошки средини (слика 3.3):

- Површински слој: хумусен покривач, ситнопесоклива прашина, $V_p/V_s = 410/160$ m/s.
- AI (GW) (алувијален депозит): чакал и песок, $V_p/V_s = 930/360$ m/s.
- MPI (мио-плиоценски седименти): лапори, лапоровити глини, песочници, лапорци и др., $V_p/V_s = 1800/640$ m/s.



Слика 3.3: Сеизмички рефракциски профил Rp 1-1. Извор: Дојчиновски и др. 2013.

За постигнување на сеизмичка сигурност се препорачува примена на динамички амплитуден фактор (DAF), однос на максималното средно забрзување a_{max} на ниво на темелење и влезно забрзување, да биде еднакво на 1,10 (Дојчиновски и сораб., 2013).

Вертикалното растојание од површината на земјата до слоевите на почва со референтните брзини на сеизмичките бранови, 1,0 km/s и 2,5 km/s, беа дефинирани според стандардните вредности зададени во Open Quake (GEM, 2022). Според ова, сеизмичките бранови постигнуваат брзина над 1,0 km/s во длабочина од 100м, додека имаат брзина над 2.5km/s во длабочина од 2км.

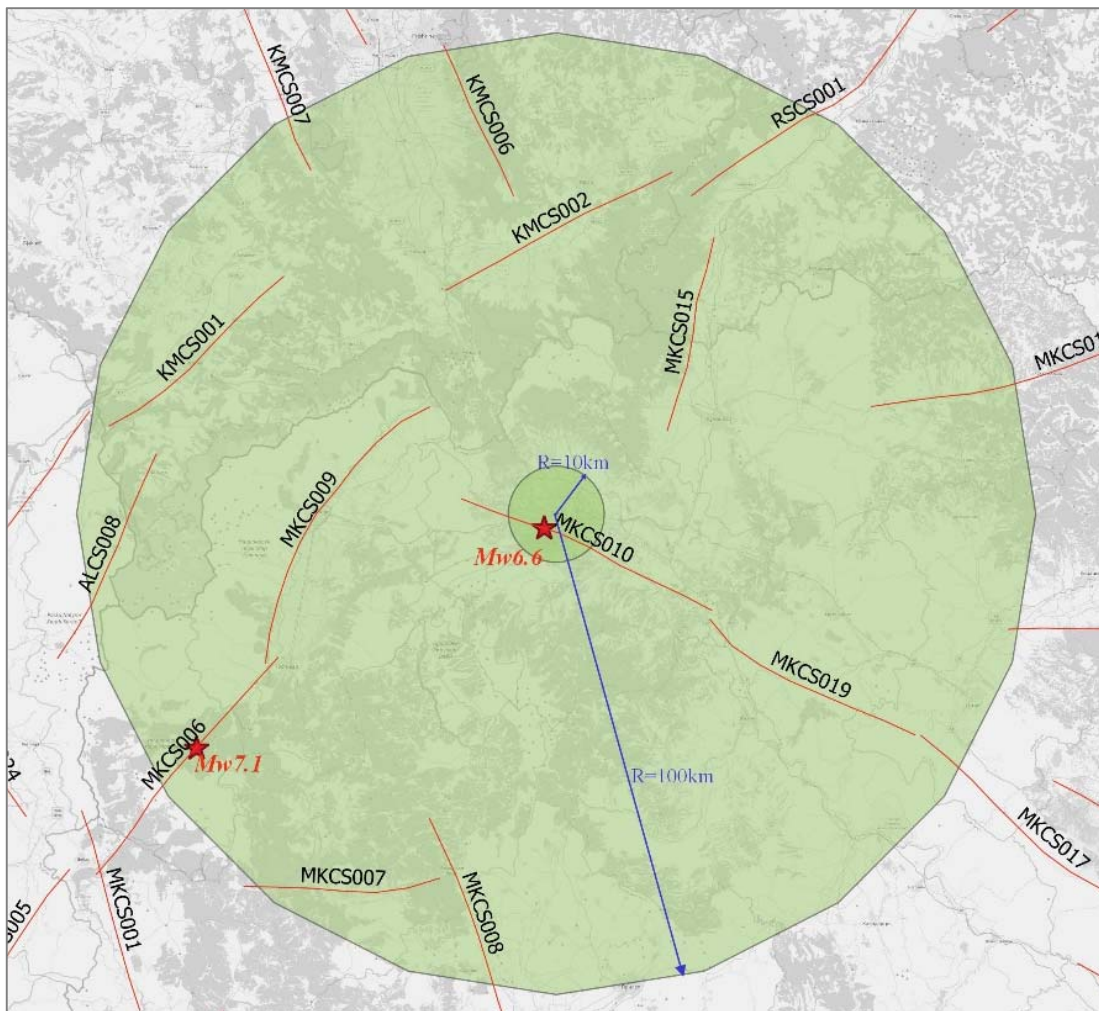
Дополнителните податоци, како геолошка ера и пад на терен, беа отчитани од почвените услови на Р. С. Македонија дефинирани во Европскиот модел за сеизмички ризик 2020 (Crowley et al., 2021).

3.2.2 Дефинирање на hazard со земјотресни сценарија (детерминистички пристап)

При анализа на сеизмичкиот hazard со детерминистички пристап се дефинира земјотресно сценарио со максимална магнитуда која може да биде од претходно случени или претпоставени земјотреси и се избира една или повеќе зависимости за атенуацијата на земјотресното дејство (Шалиќ, 2015).

За пилот студијата беа дефинирани две земјотресни сценарија според максимална средна вредност на магнитуда на раседите во опфат од 10 и 100км. Во земјотресно сценарио 1 беше дефиниран земјотрес со Mw 6,6 во радиус од

10 км, додека во сценарио 2 земјотресот беше со Mw 7,1 во радиус од 100 км (слика 3.4).



Слика 3.4: Раседни извори на ESHM20 во QGIS: земјотресни сценарија во радиус од 10км и 100км.

Земјотресните сценарија се дефинирани врз основа на моделот на раседни извори во рамките на ESHM20 (Danciu et al., 2021). Сите параметри на раседите кои што се наоѓаат во опфат од 100км оддалеченост од локацијата на пилот студија се презентирани во табела 3.1, како што се: ознака и вид на расед, длабочина, длабински агол на расед (dip) измерено од хоризонтална површина, насока на лизгање во однос на раседна линија (rake) и средна вредност на магнитуда. Податоците за hazard се превземени од пакетот на влезни параметри на Европската база за сеизмички раседи на ESHM20 (Danciu et al., 2021) достапни онлајн (Gitlab-1).

Во поглавје 3.5 од докторскиот труд дадена е пресметката на детерминистичкиот сеизмички hazard со примена на Open Quake алатката.

Табела 3.1: Податоци за раседни извори во радиус до 100км. Извор: Danciu L., et al., 2021.

Ознака на расед	Вид на расед	Мин. длабочина (km)	Макс. длабочина (km)	"Dip" мин. (degree)	"Dip" макс. (степен)	"Rake" мин. (степен)	"Rake" макс. (степен)	Mw средна вредност
MKCS010	NN	1	15	65	75	-70	-40	6.6
MKCS006	RL	1	25	50	70	-170	-140	7.1
ALCS008	NN	1	13	40	50	-90	-60	6.7
KMCS001	NN	1	25	50	60	-90	-60	7
KMCS006	RL	1	10	50	75	130	170	6.2
KMCS007	RL	1	10	60	80	130	170	6.2
RSCS001	NN	1	12	50	70	-120	-90	6.4
MKCS012	NN	1	15	50	70	-120	-90	6.7
MKCS019	NN	1	12	60	70	-70	-40	6.3
MKCS008	NN	1	12	60	75	-60	-30	6.3
MKCS007	NN	1	10	50	70	-130	-100	6.2
MKCS009	NN	1	13	30	45	-130	-100	6.9
KMCS002	NN	1	12	50	70	-120	-90	6.4
MKCS015	RL	1	12	35	50	-160	-130	6.7

Легенда: NN (нормален расед: rake near -90 deg.), RL (хоризонтално десно движење на расед: rake near -180 deg.)

3.2.2.1 Избор на модел на атенуација на земјотресното дејство

Атенуационите модели се користат за предвидување на земјотресното дејство и се определуваат со статистички регресиони анализи на сетови на податоци од типот на функции од магнитуда, оддалеченост меѓу хипоцентар и локација, карактеристики на сеизмичкиот извор, вид на почва и несигурности во самите параметри. Изборот на зависности за атенуација на земјотресно дејство (ground motion prediction equation) е многу важен чекор во определување на сеизмичкиот hazard. Најчесто зависностите за атенуација на земјотресно дејство се моделираат за определена територија при што изборот може да се направи според географската ширина, (Шалиќ, 2015).

Изборот на зависности за атенуација на земјотресно дејство за двете земјотресни сценарија е направен врз основа на податоците од проектот "Хармонизација на сеизмички hazard мапи во земји од Западен Балкан" (BSHAP) поддржан од програмата за наука на НАТО (Salic et al., 2018). Во овој проект за територија на

Балканските земји биле предложени 4 зависности на атенуација на земјотресно дејство, од кои две се глобални, Boore et al. (2014), Chiou and Youngs (2014), и останатите две се Европски модели, Akkar et al. (2014), Bindi et al. (2014). Од предложените Европски модели на зависност на атенуација на тло, моделот на Akkar et al. 2014 е избран како најсоодветен за пресметување на сеизмичкиот ризик со земјотресни сценарија, Mw6.6 на 10км и Mw7.1 на 100км оддалеченост од локација на пилот студија.

3.2.3 Дефинирање на hazardот со веројатносен пристап за повратен период од 95 и 475 години

При веројатносниот пристап на дефинирање на сеизмичкиот hazard во предвид се земаат сите сеизмички извори и се пресметува веројатноста на случување како и повратниот период на силните земјотреси (Шалиќ, 2015).

Во рамки на веројатносниот пристап за дефинирање на сеизмичкиот hazard најчесто се користат два повратни периода, повратен период од 95 и 475 години. При десјтво на земјотрес со повратен период од 95 години оштетувањата во објектите треба да се ограничени, додека при земјотрес со повратен период од 475 години главен критериум е "безбедност по живот" односно објектите можат да бидат оштетени но не смеат да се срушат (EN 1998-1:2004).

За процена на сеизмичкиот hazard со класичен веројатносен пристап, за пилот студијата, се избрани две повратни периоди, 95 години и 475 години при што влезните параметри за hazardот се превземени од пакетот на Европскиот модел на сеизмички ризик (Crowley et al., 2021), достапно онлајн (Gitlab-2). Влезните параметри за дефинирање на сеизмичкиот hazard во ESHM20 се состојат од дефинирање на сеизмички извори, логично стебло на сеизмички извори и логично стебло на моделот на движење на тло (атенуација на земјотресно дејство).

3.2.3.1 Сеизмички извори

Изворите на сеизмичност ги содржат потребните информации за просторна и временска распределба на сеизмичноста и овие извори може да бидат точкасти, површински, едноставни раседни извори, комплексни раседни извори и карактеристични раседни извори (Danciu et al., 2021). Во рамки на ESHM20 со цел веродостојно опишување на просторната и временската несигурност на земјотресите на Европскиот континент, дефинирани се четири видови на сеизмички извори:

- Модел на површински извор ги опишува регионите со хомогена сеизмичност како плитки земјотреси (shallow crustal), вулканска активност, субдукција во плоча и длабока сеизмичност.
- Модел на комбинација на активни раседи со порамнета основна сеизмичност (smoothed background seismicity). Основните параметри со кои биле формирани раседните сеизмички извори се однесуваат на геометрија (локација, должина, ширина, ориентација) и однесување односно насока и сооднос на лизгање. Порамнетата основна сеизмичност и раседите ја дефинираат севкупната сеизмичност на регионот, додека во региони каде нема раседи основната порамнета сеизмичност претставува

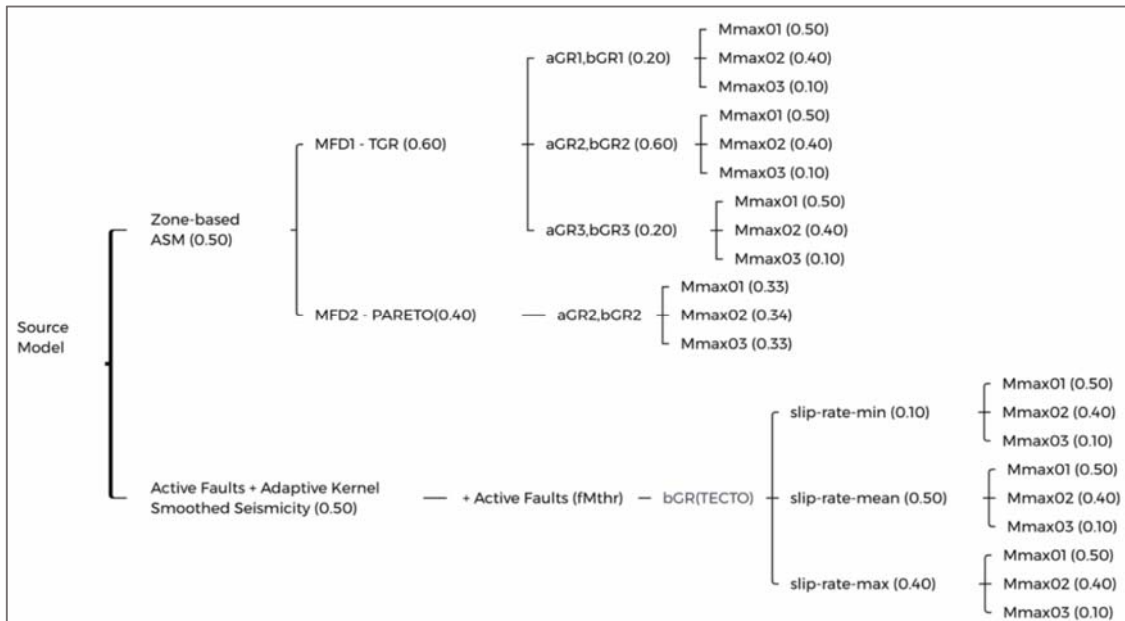
алтернатива за површински извор. Во овој модел е вклучена и променлива гранична магнитуда која има за цел да го избегне двојното пресметување на повторливоста на земјотресот поради постоење на активни раседи и основна сеизмичност.

- Извори на субдукција во кои припаѓаат териториите Гибралтар, Калабрија, Грција и Кипар. Субдукционите извори се моделирани како комплексни раседи со геометрија која ги опфаќа горната и долната граница на сеизмичка површина.
- Несубдукциона длабока сеизмичност. Длабока сеизмичност е дефинирана во територија на Вранчеа во Романија со длабочина од 70 до 150км и максимална сеизмичност од магнитуда 7,8 до 8,1.

3.2.3.2 Логично стебло за сеизмички извори

При процена на сеизмичкиот hazard со веројатносен пристап постојат два вида на несигурности, алеаторна и епистематска несигурност. Алеаторната несигурност е поврзана за карактеристиките на земјотресот кои не можат да бидат дефинирани пред неговата појава и истата се нарекува и случајна или веројатносна несигурност. Епистематската несигурност се однесува на недоволно разбирање на сеизмичкиот модел и истата се дефинира како статистичка или професионална несигурност. За да се надмине проблемот на несигурностите во веројатносниот пристап на анализа на сеизмички hazard се применува методата на логично стебло. Логичното стебло е составено од јазли кои ги земаат во предвид мноштвото претпоставки за влезните параметри. Моделот, дистрибуцијата или параметарот се претставуваат со јазел додека секоја нивна алтернатива се претставува со гранка, при што збирот на веројатностите од секој јазел треба да биде еднаков на единица (Шалиќ, 2015).

Со цел надминување на несигурностите како резултат на ограничени и некомплетни податоци, во рамки на проектот ESHM20 е развиено логичното стебло (слика 3.5) соодветно за пресметување на сеизмички hazard за целата територија на Европа и Турција. Структурата на логичното стебло за сеизмички извори е асиметрична составена од стебло која во прв ред на разгранување ги опфаќа моделот на површински извор и моделот на активни раседи со порамнета сеизмичност. Второто ниво на разгранување ги опфаќа поедините површински извори со две алтернативни дистрибуции на магнитуда-повторливост. Во поединечно ниво на разгранување на логичното стебло површинските извори се дефинирани со а и б вредности со максимални магнитуди за површински извори, додека за активните раседи се земени во предвид максималните магнитуди и несигурностите во однос на стапка на лизгање (slip-rates) (Danciu et al., 2021).



Слика 3.5: Шема на логично стебло за сеизмогени извори за плитки земјотреси. Извор: Danciu et al., 2021.

3.2.3.3 Логично стебло на моделот за движење на тло (атенуација на земјотресно дејство)

Логичното стебло на моделот за движење на тлото треба да го претстави очекуваното земјотресно движење на тлото земајќи ги во предвид алеаторните и епистемските несигурности, како и различноста од регион во регион. Неговата веродостојност е пропорционална со бројот на податоци за силните земјотреси. Несигурностите најчесто се дефинирани со повеќе моделен пристап при што за секој тектонски регион, се дефинира група од најсоодветни модели на движење на тлото и за секој модел се задава тежински фактор, за да се одреди соодветноста со податоците или експертското мислење (Danciu L. et al. 2021).

Во ESHM20 е воведен нов пристап на дефинирање на несигурностите во моделите на движење на тло со концептот наречен "scaled backbone", (скалирана анвелопа) кој е имплементиран на трите главни сеизмотектонски региони во Европа, (Danciu L. et al. 2021).

Согласно логичното стебло на моделот на движење на тло при класичен веројатносен пристап се прави избор на реализација за прикажување на мапите на оштетувања. За пилот студијата беа генерирани 1000 реализации според бројот на примероци на логички стебла. Изборот на реализацијата за прикажување на мапите на оштетувања се базира на гранка на логичното стебло од ESHM20 кое го претставува моделот на атенуација на земјотресно дејство согласно сеизмотектонскиот регион. Логичното стебло за атенуација на земјотресно дејство на ESHM20 (Danciu et al., 2021) се состои од сет од гранки кои ги опфаќаат различните сеизмотектонски региони (табела 3.2).

Табела 3.2: Сеизмотектонски региони и модели на атенуација на земјотресно дејство во ESHM20.

Бр.	Сеизмотектонски регион	Модел на атенуација на земјотресно дејство
1	Плитка сеизмичност (shallow default)	[KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]
2	Кратон (Craton)	[ESHM20Craton]
3	Субдукција – челно судирање (Subduction Interface)	[BCHydroESHM20SInter]
4	Субдукција – потонување на тектонска плоча (Subduction inslab)	[BCHydroESHM20SSlab]
5	Не-субдукциона зона со длабока сеизмичност (Non-subduction deep)	[BCHydroESHM20SSlab]
6	Вулкански регион (Volcanic)	LanzanoLuzi2019shallow

Во извештајот од процена на сеизмички ризик со калкулаторот Класичен веројатносен пристап постојат 8 групи на територии со соодветни модели на атенуација на земјотресно дејство;

- Група 0: [ESHM20Craton] + [KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]
- Група 1: [ESHM20Craton] + [KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]
- Група 2: [KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]
- Група 3: [KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]
- Група 4: [BCHydroESHM20SSlab]
- Група 5: BCHydroESHM20SSlab]
- Група 6: [LanzanoLuzi2019shallow]
- Група 7: [BCHydroESHM20SInter]

Територијата на Р. С. Македонија припаѓа во плитка сеизмичност и во група 2 согласно почвените услови на ESRM20 (Crowley et al., 2021). Следствено изборот на реализација беше направен во група 2 при што реализациите наведени во табела 3.3 беа анализирани според бројот на конструкции во ниво на оштетување “рушење”. Реализациите 402, 452, 456, 463 покажуваат исти резултати и меѓу нив беше избрана реализација 402 за прикажување на мапите на оштетувања.

Табела 3.3: Сегмент група 2 од извештајот од пресметката на сеизмички ризик со Класичен Веројатносен пристап за ПП 475 години.

Модел на атенуација на земјотресно дејство	Ознака на реализација
KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]\nsigma_mu_epsilon = -2.85697000	232, 252 262, 307, 373, 459
KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]\nsigma_mu_epsilon = -2.85697000\nc3_epsilon = -1.73205100	92
KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]\nsigma_mu_epsilon = -2.85697000\nc3_epsilon = 1.73205100	194
KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]\nsigma_mu_epsilon = 2.85697000	402, 452, 456, 463
KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology]\nsigma_mu_epsilon = 2.85697000\nc3_epsilon = 1.73205100	163

Треба да се забележи дека бројот на објекти дистрибуирани по нивоата на просечни оштетувања (за 1000 реализации), кои што се прикажани во претходните дијаграми, се разликува од бројот на просечни оштетувања во поединечните реализации (табела 3.4).

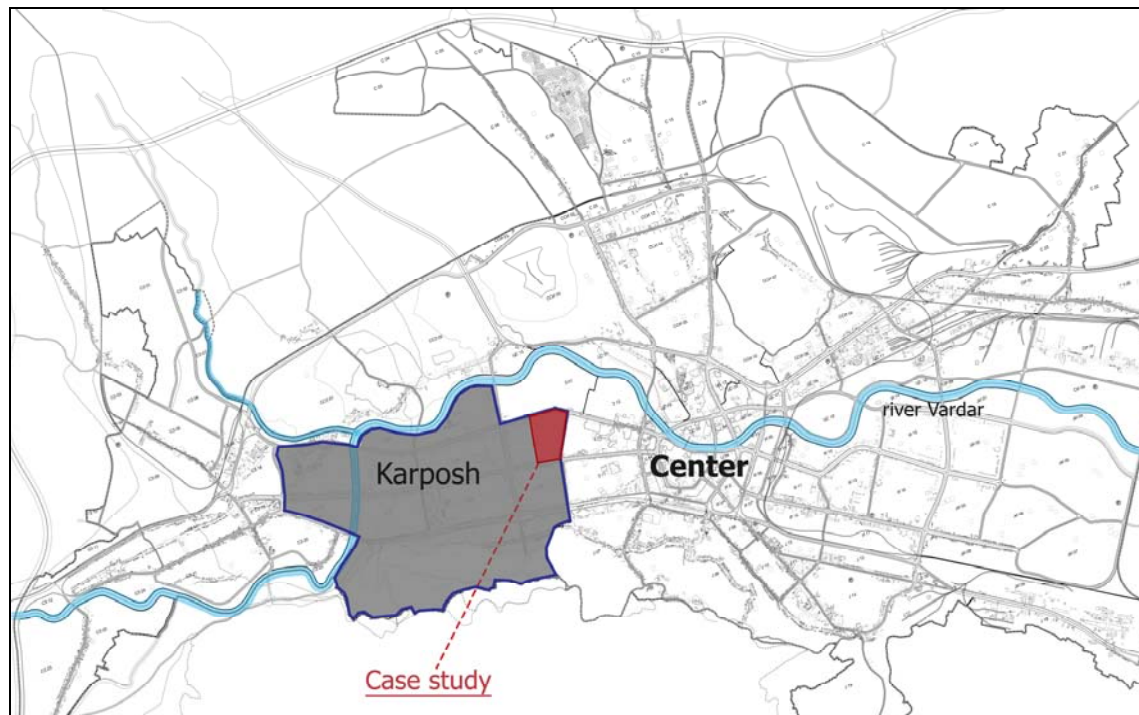
Табела 3.4: Број на објекти во различни нивоа на оштетувања при ПП 475 за сценарио 1

Реализација	лесно	умерено	значително	рушење
402	52,4	17	7,4	13,73
Просек од сите 1000 реализации	25,9	6,6	2,7	5,1

3.3 ИЗЛОЖЕНОСТ

3.3.1 Вовед – краток опис на општина Карпош во Град Скопје

Современата општина Карпош, основана како посебна единка во 1976 година, претставува четврта најголема општина во рамки на Град Скопје со повеќе од 60,752 жители и површина на опфат од 35км² (Општина Карпош) (слика 3.6)



Слика 3.6: Урбана територија на општина Карпош и пилот студија. Мапа обработена од авторот врз основа на Генерален Урбанистички План 2011-2022. Извор: АПП, 2011а.

Најголемиот дел од територијата на денешна општина Карпош е изградена после 1963 година. Во 1950-тите години во Градот Скопје, административен и индустриски центар на Р. Македонија, проследено од забрзаното зголемување на населеноста се зголемила побарувачката за домување што резултирало со проширување на урбанизацијата кон Западниот дел на градот, односно денешна територија на општина Карпош. За временски период од 3 до 5 години повеќе од 3.000 станбени единици биле изградени во стандардизирани објекти со сидана конструкција и висина до пет ката. Овие објекти изградени пред воведување на сеизмичките прописи за проектирање од 1964 година (Сл. лист СФРЈ, 39/64) и

1981 година, ПИОВС,81 (Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81), изведени со низок или среден квалитет на градба претставуваат сеизмички повредливи конструкции. При Скопскиот земјотрес од 1963 година голем дел од овие објекти во Западниот дел на Скопје претрпеле големи оштетувања (Petrovski, 2003). Оштетувања претрпеле и објекти со АБ конструктивен систем (слика 3.7), но најмногу биле оштетени објектите со конструктивен систем од носиви сидови од тула (слика 3.8) (United Nations, 1970). Комплетно оштетените објекти се срушиле сами по себе, но исто така голем дел од значително оштетените објекти (слика 3.9) биле рушени дополнително од безбедносни причини. Мапата на многу оштетени и срушени објекти е прикажана на слика 3.10. Како последица од катастрофалниот земјотрес за Градот Скопје голем број жители останале без сопствен дом и настанала голема побарувачка за домување. Со цел да се забрза процесот на изградба во рамки на општина Карпош се изградила фабрика за производство на префабрикувани бетонски сидни елементи (United Nations, 1970). Со овие префабрикувани бетонски градежни блокови започнал растот и зголемувањето на општина Карпош (Mariotti & Baldwin Hess, 2021).

Голем дел од објектите во општина Карпош од деведесеттите години на минатиот век се предмет на различни конструктивни интервенции од типот на затварање и проширување на балкони, надградба на поткровја на рамните кровови, доградби, рушење на носиви сидови и сл., (Нечевска-Цветановска и др., 2013). Ваквата градежна пракса, како последица, во најмала рака, води кон непозната сеизмичка стабилност и сигурност на објектите кои се предмет на овие интервенции.



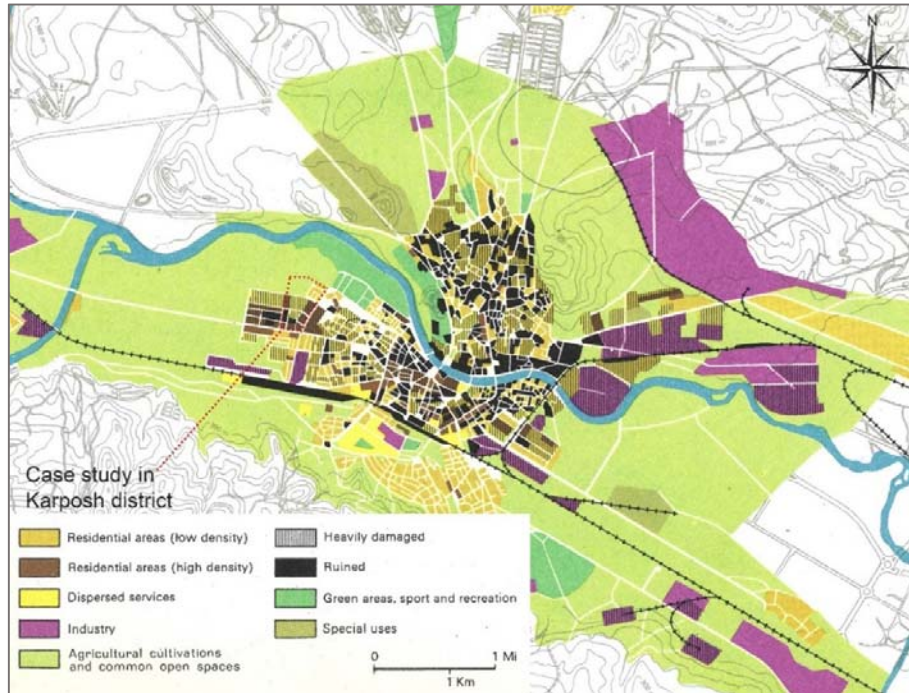
Слика 3.7: Оштетувања на објект со АБ конструктивен систем. Извор: United Nations, 1970.



Слика 3.8: Оштетувања на објект со конструктивен систем од носиви ѕидови од тула. Извор: United Nations, 1970



Слика 3.9: Општина Карпош, објекти оштетени после земјотресот од 1963 година. Извор: United Nations, 1970.



Слика 3.10: Скопје 26 Јули 1963, мапа на намена и оштетувања. Извор: United Nations, 1970.

3.3.2 Пилот студија Карпош – модел на изложеност со две урбанистички сценарија (постојна и планирана состојба)

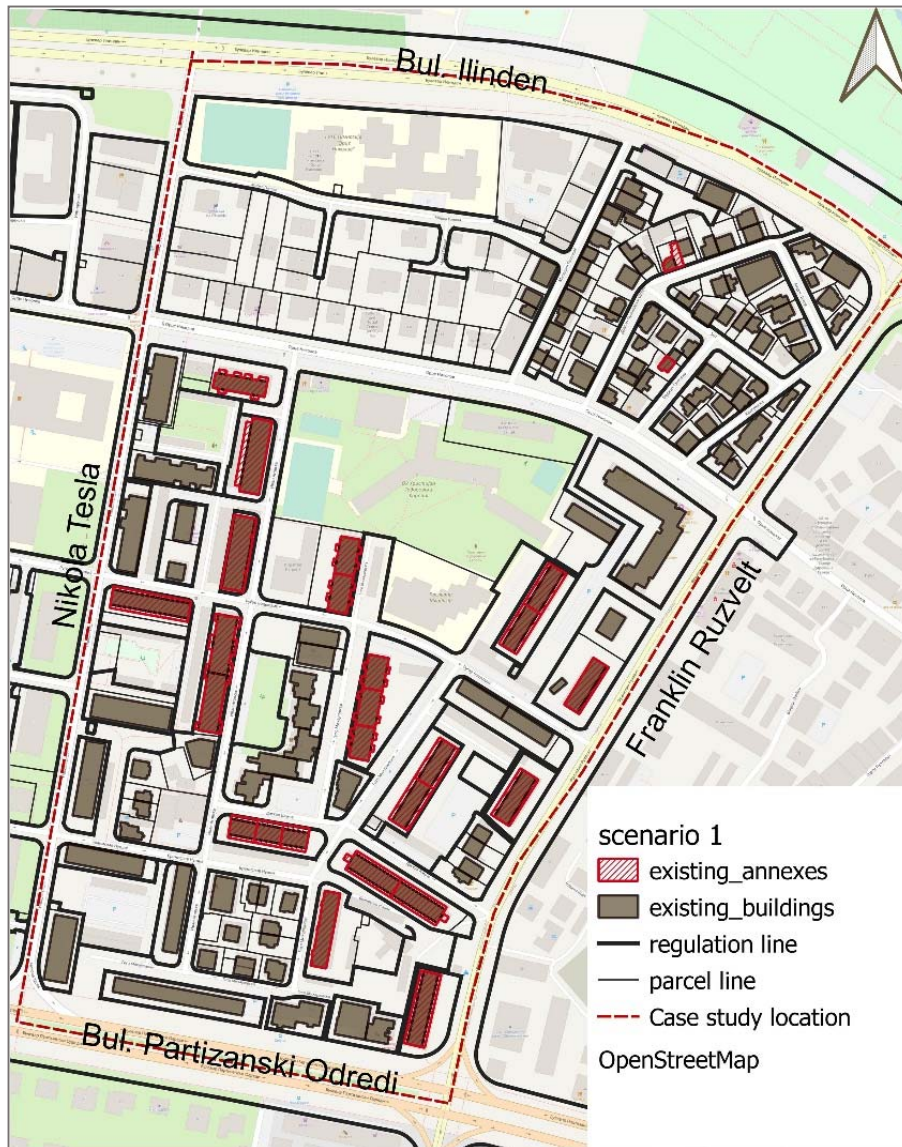
Пилот студијата Карпош – претставува станбена урбана единица дефинирана со улиците бул. Илинденска, ул. Никола Тесла, ул. Франклин Рузвелт и бул. Партизански Одреди. Со цел дефинирање на улогата на урбанистичко планирање во намалувањето на сеизмичкиот ризик, процената на сеизмичкиот ризик за пилот студијата е направена за две урбанистички сценарија: сценарио 1 за постојна состојба (слика 3.11) и сценарио 2 за планирана состојба (слика 3.12).

Во сценарио 1 моделот на изложеност е дефиниран врз основа на претходни студии на ИЗИИС (Нечевска-Цветановска и др., 2013; Apostolska et al., 2018). Во овие студии е спроведена брза визуелна инспекција согласно методологијата на FEMA–154 (FEMA) за дел од градежниот фонд на општина Карпош. При визуелната инспекција на градежниот фонд во пилот студијата Карпош се собрани следните информации: година на изградба, типологија на конструкција, интервенции направени врз конструкција во меѓувреме, оштетувања на конструктивниот систем, податоци за почвените услови и параметри за сеизмички hazard, фотографии, цртежи на основа и пресек од инспектираниот објект. . Во геотехничките услови согласно FEMA-154 почвата била дефинирана како тип "C", односно мека стена или збиена почва со сеизмички бранови "Vs" од 365-610 m/s, додека за објектите со плитки темели за укажување на несоодветното ниво на темелење почвата била наведена како тип "E", мека почва со сеизмички бранови "Vs" помала од 180m/s. Дел од инспектираните објекти биле оценети како повредливи и истите биле одредени за понатамошна детална анализа (Нечевска-Цветановска и сораб., 2013).

Во рамките на докторските истражувања, податоците од извештаите на ИЗИИС беа ревидирани и преведени во класификација на GEM, со цел нивна примена при процена на сеизмички ризик со примена на програмот Open Quake engine. Пилот студијата се состои од вкупно 203 објекти од кои 159 се визуелно инспектирани. Објектите со дрвена конструкција како и гаражите се елиминирани од моделот на изложеност при што вкупниот број на објекти во моделот на изложеност во постојна состојба изнесува 147.

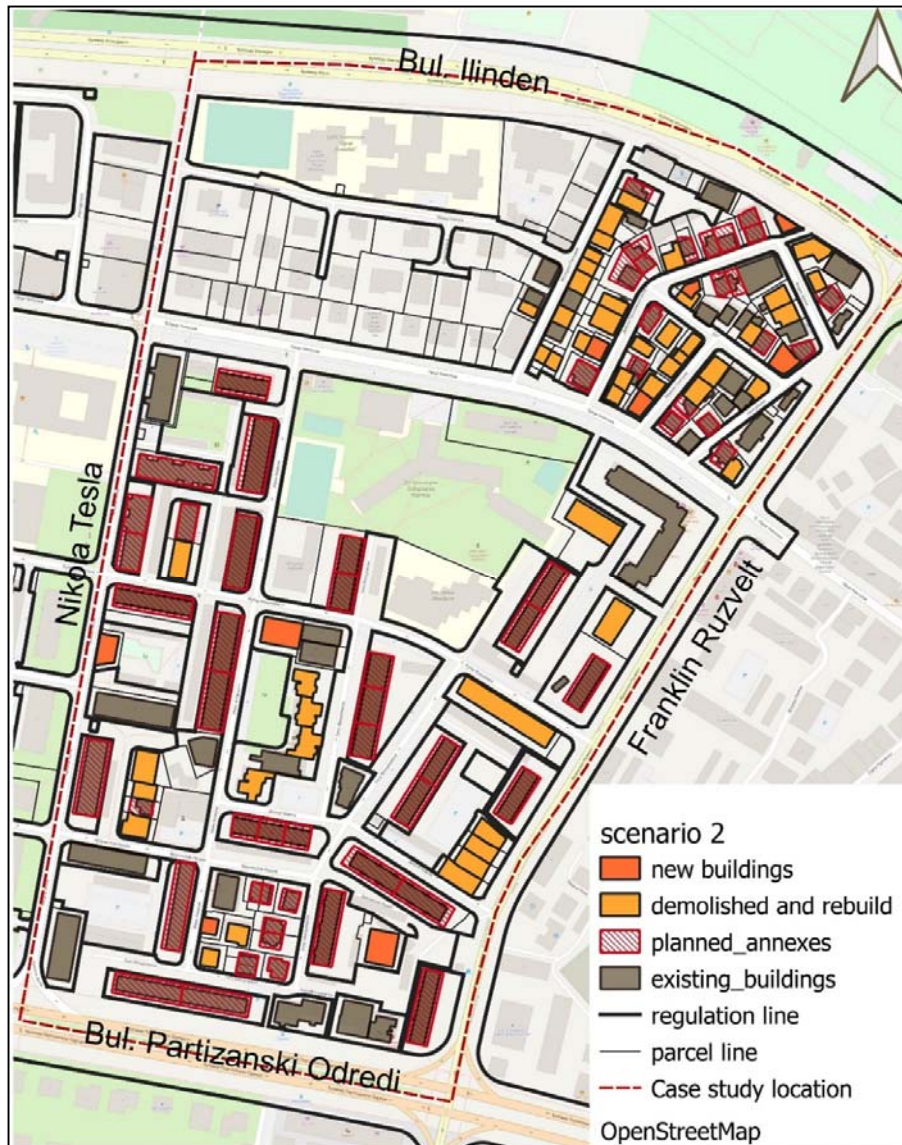
Моделот на изложеност во сценарио 2 е подготвен согласно ДУП за регион 3 08 општина Карпош (Тајфа План, 2015). Во однос на постоечките објекти урбанистичките планови содржат недоречености, односно доколку постоечкиот објект е предмет на измени како зголемување на висина или габарит, ДУП не дефинира дали овие измени значат дека постоечкиот објект треба да се руши и да се изгради нов објект со предвидените карактеристики или постоечкиот објект може да се надгради и догради со анекси.

Со цел разрешување на оваа дилема секој објект од пилот студијата беше анализиран од различни аспекти, а во корелација со годината на градба, конструктивниот систем и разликата во број на катови и површина на градба, во постојната и планираната состојба.



Слика 3.11: Пилот студија Карпош, мапирање на објекти и анекси во сценарио 1

Согласно овие анализи за секој објект чии карактеристики се менуваа во планирана состојба, се определи дали објектот ќе биде рушен и изграден одново или ќе биде предмет на надградба и доградба на анекси со дилатациони фуги. Исто така, за планирана состојба на објектите се одреди вид на конструкција според експертско мислење и општата градежна пракса во Градот Скопје, воедно осврнувајќи се на правилникот за сеизмичко проектирање. На слика 3.12 се прикажани објектите во сценарио 2, објекти со анекси, одново изградени објекти и ново додадени објекти.



Слика 3.12: Пилот студија Карпош, мапирање на објекти и измени во сценарио 2.

Во табела 3.2 е направена компарација на урбанистичките параметри за контролирање на изграденоста во сценарио 1 и 2. Во сценарио 2 бројот на објекти се зголемува со 8 ново додадени објекти, а кај постојните објекти се зголемува површината што резултира со зголемување на вредностите и на останатите урбанистички параметри. Вкупната површина на градење ја означува сумата на површини од сите надземни катови на објектот. Процентот на изграденост се пресметува како сооднос на површина на градба на приземно ниво и површина на градежна парцела. Со овој параметар се дефинира густината на изграденост. Коефициентот на искористеност претставува сооднос меѓу вкупната изградена површина на објектот во однос на површина на градежна парцела со што го означува интензитетот на изграденост на градежното земјиште (Сл. Весник, бр. 32,2020).

Густина на населеност, изразено како број на жители во хектар, го претставува вкупниот број на жители на вкупна површина, во пилот студијата изнесува 15,67 хектари.

Табела 3.5: Компарација на урбанистички параметри во сценарио 1 и 2.

Бр.	Урбанистички параметри за контролирање на изграденоста		Сценарио 1	Сценарио 2
1	Број на објекти		147	155
2	Површина на градење (вкупно етажно)		187.928 m ²	264.072 m ²
3	Процент на изграденост (P%)		47,11 %	51,03 %
4	Висина	1-3 ката	54,40 %	3,80 %
	Висина	4-7 ката	41,50 %	88,50 %
	Висина	> 8 ката	4,10 %	7,70 %
5	Коефициент на искористеност (k)		2,41	3,15
6	Густина на населеност (брuto)		435 ж/ха	618 ж/ха
7	Вкупен број на жители		6.816	9.678

3.3.2.1 Материјал и конструктивен систем на објектите – сценарио 1 & 2

Градежниот фонд во пилот студијата се состои од различни типологии на конструкции кои се дефинирани согласно таксономијата на GEM. Таксономијата е најважниот дел од моделот на изложеност бидејќи преку таксономија се прави поврзување на поедините ентитети од моделот на изложеност со кривите на повредливост на оштетувања (fragility curves) и повредливост на загуби (vulnerability curves), ESRM20 (Crowley et al., 2021). Определувањето на таксономијата е влезен параметар во калкулаторите на програмот Open Quake, неопходен за процената на сеизмички ризик. Според материјалот и конструктивниот систем, објектите на територијата на пилот студијата може да се класифицираат во три групи, сидани конструкции без АБ елементи (MUR_LWAL), сидани конструкции со АБ серклажи (MCF_LWAL) и армирано бетонски (АБ) конструкции. Во категорија на АБ конструкции спаѓаат рамовските конструкции (CR_LFM), системите АБ рамки со исполна (CR_LFINF) и мешаните (дуални) системи (CR_LDUAL) составени од АБ рамки и носиви АБ сидови. Покрај материјалот и видот на конструкција, во таксономија е дефинирано и нивото на дуктилноста или нивото на сеизмичка сигурност кое го обезбедува применетиот правилник за сеизмичко проектирање. Кај АБ рамовски конструкции (со и без исполна) е прикажан и коефициентот на хоризонтална сила. Во табела 3.3 е даден детален опис на атрибутите на таксономијата на моделите на изложеност во сценарио 1 и 2, вклучително и бројот на катови.

Во двете сценарија на пилот студијата дел од објектите имаат анекси-доградби и надградби (изведени или планирани), од друг материјал и конструктивен систем. Ваквите анекси се анализирани како посебни конструкции при што бројот на конструктивни единици се зголемува во однос на бројот на објекти.

Мапирањето на конструктивниот систем на објектите и анексите е прикажано на слика 3.13 за сценарио 1 и слика 3.14 за сценарио 2.

Табела 3.6: Опис на атрибути во таксономија на модел на изложеност при сценарио 1 & 2

Материјал	CR: армиран бетон	MCF: носив сид од тула со АБ серклажи	MUR: носив сид од тула без АБ серклажи
Конструктивен систем за прием на хоризонталните сили	LDUAL: АБ рамка и носив АБ сид	LWAL: носив сид	LWAL: носив сид
	LFINF: АБ рамка со исполна	/	/
	LFM: АБ рамка	/	/
Сеизмички правилник/коэф. на хоризонтална сила (се однесува само на LFINF и LFM)	CDL: ниско ниво/10	/	/
	CDM: умерено ниво/10	/	/
Дуктилност	DNO: недуктилен	DNO: недуктилен	DNO: недуктилен
	DUL: ниско ниво	DUL: ниско ниво	DUL: ниско ниво
	DUM: умерено ниво	DUM: умерено ниво	DUM: умерено ниво
Висина (број на катови)	LDUAL_H: 1-12	1-6	1-5
	LFINF_H: 1-6		
	LFM_H: 1-6		



Слика 3.13: Мапирање на конструктивниот систем на објектите и анексите во сценарио 1.



Слика 3.14: Мапирање на конструктивниот систем на објектите и анексите во сценарио 2.

Деталниот број на конструктивни единици за двете сценарија е прикажан во табела бр. 3.4. Комплетниот приказ на моделот на изложеност и мапите со ознаки на објектите, и за двете сценарија е даден во Прилог 1 и 2 од докторската дисертација, соодветно.

Табела 3.7: Број на конструкции според таксономија во урбанистички сценарија 1 & 2

Таксономија	Број на конструктивни единици	
	Сценарио 1 (постојна состојба)	Сценарио 2 (планирана состојба)
CR_LDUAL_DUL	10	7
CR_LDUAL_DUM	18	26
CR_LFINF-CDL-10	3	3
CR_LFINF-CDM-10	30	53
CR_LFM-CDL-10	1	1
CR_LFM-CDM-10	15	64
MCF_LWAL-DUL	27	17
MCF_LWAL-DUM	4	4
MUR-CL_LWAL-DNO	65	29
Вкупно	173	204

Од вкупно 147 објекти во пилот студијата, 51 објект (од кои повеќето изградени пред 1964 година), во периодот од 1981 до 2013 година биле предмет на различни конструктивни интервенции од типот на поправки, зајакнувања, реконструкции (како доградби и надградби).

Како резултат на ваквите модификации, на територијата на пилот студијата се јавуваат мешани конструктивни системи и материјали, за кои не постои директна корелација во развиената типологија на градби во рамки на ESRM20. За потребите на истражувањата во трудот, овие објекти се класифицирани во две групи:

- Прва група објекти во кои конструктивните интервенции се изведени на постоечка конструкција без примена на дилатациони фуги. Меродавна за оваа група на објекти е таксономијата која одговара на конструктивниот систем на постојниот објект ажурирана со бројот на катови, што претставува конзервативно сценарио во однос на реалната состојба.
- Втора група објекти каде измените се изведени дилатирани од постојниот објект. Ваквите објекти се третираат како посебни конструктивни единици и за секоја поединечно е доделена таксономија согласно ESRM20.

Објекти со мешани конструктивни системи и материјали постојат и во двете сценарија, но во сценарио 2 претежно доминираат објекти од втората група.

Детален преглед на бројот на објекти и конструктивни единици според период на изградба и статус на анекси за сценарио 1 е прикажан во табела бр. 3.5 , а за сценарио 2 во табела бр. 3.6. Во сценарио 2 се предвидува рушење на 50 постоечки објекти со конструктивен систем од носиви сидови без АБ елементи и наместо нив градење на нови објекти.

Табела 3.8: Број на објекти според период на изградба и број на конструктивни единици во сценарио 1

Пилот студија Карпош – сценарио 1	Период на изградба		
	< 1964	1964-1981	1981<
Број на објекти според период на изградба	92	17	38
Втора група објекти со анекс конструкција (со дилатациони фуги)	24	2	0
Прва група објекти - надградби/доградби на оригинален објекти (без дилатациони фуги)	14	0	3
Објекти без конструктивни интервенции	54	15	35
Вкупен број на објекти	147		
Вкупен број на конструктивни единици	173		

Табела 3.9: Број на објекти според период на изградба и број на конструктивни единици во сценарио 2

Пилот студија Карпош – сценарио 2	Период на изградба		
	< 1964	1964-1981	1981<
Број на објекти	46	11	98
Втора група објекти со анекс конструкција (со дилатациони фуги)	37	5	7
Прва група објекти - надградби/доградби на оригинален објекти (без дилатациони фуги)	2	0	3
Објекти без конструктивни интервенции	9	6	89
Одново изградени објекти	50		
Ново додадени објекти	9		
Вкупен број на објекти	155		
Вкупен број на конструктивни единици	204		

3.3.2.2 Период на изградба на објектите и усогласеност со правилникот за сеизмичко проектирање – сценарио 1 & 2

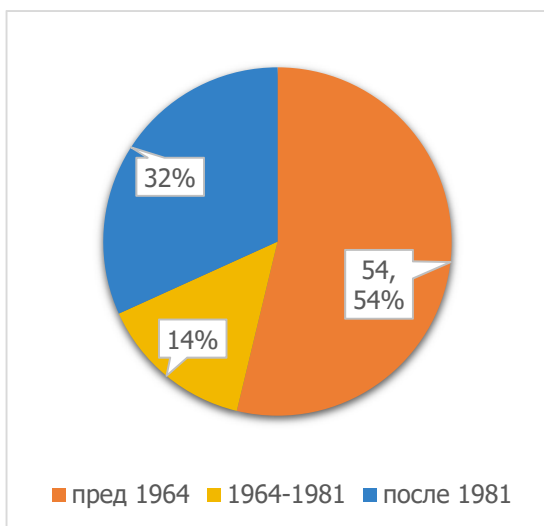
Објектите во пилот студијата се категоризираат во три класи според период на изградба:

- Пред 1964 година
- Меѓу 1964 и 1981 година
- После 1981 година

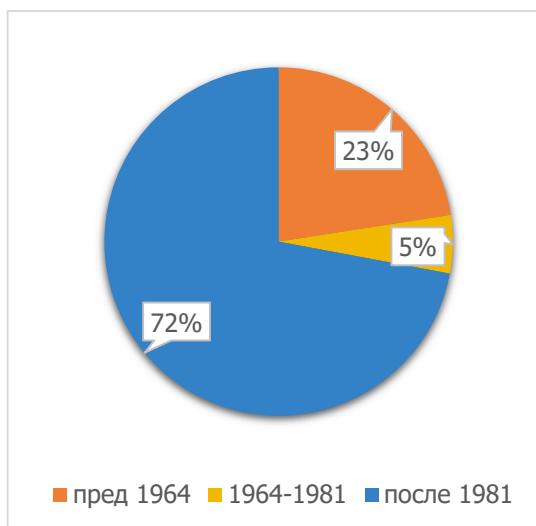
До 1964 година не постоел правилник за сеизмичко проектирање при што објектите биле проектирани без да се земе во предвид влијанието од земјотрес. Овие објекти во таксономијата се дефинирани како CDN (no seismic design) или DNO (no ductility). Во 1964 година бил воведен првиот сеизмички правилник според кој сеизмички отпорните објекти се проектирале според методот на

дозволените напрегања. Ваквите објекти во таксономијата се дефинирани како CDL (low seismic code) или DUL (low ductility). Со воведување на модерниот правилник за сеизмичко проектирање во 1981 година, ПИОВС'81 (Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81) и неговите последователни дополнувања, објектите се проектираат согласно методот на гранични состојби и современите концепти на сеизмичко проектирање, со делумна примена на филозофијата на проектирање според капацитет. Ваквите објекти во таксономија се дефинирани како CDM (moderate code) или DUM (moderate ductility) (Crowley et al., 2021a).

Според процентуална застапеност на објектите во сценарио 1 (слика 3.15) доминираат објекти изградени пред 1964 година со 54% застапеност, додека бројот на објекти изградени после 1981 година изнесува 32%. Во сценарио 2, бројот на објекти проектираани без почитување на одредбите од ПИОВС'81 (Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81) се намалува на 23%, а бројот на објектите проектираани до стапувањето на сила на ПИОВС'81 (Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81) се намалува на 5% (слика 16).



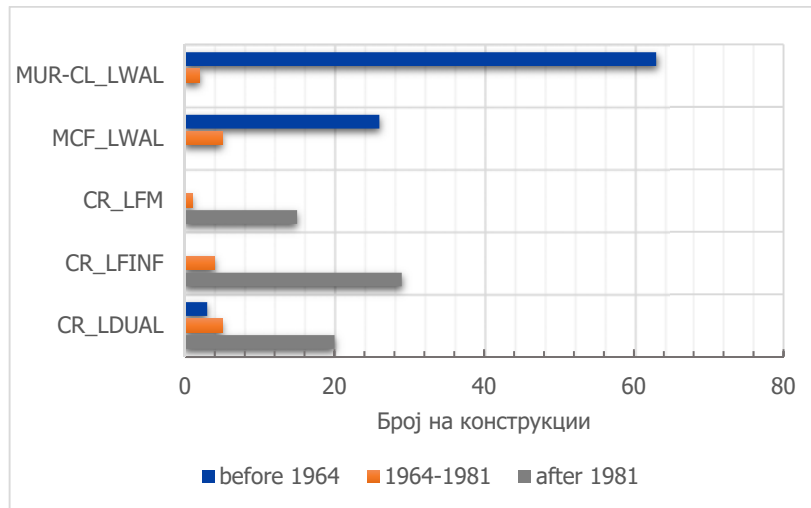
Слика 3.15: Период на изградба на објекти во сценарио 1



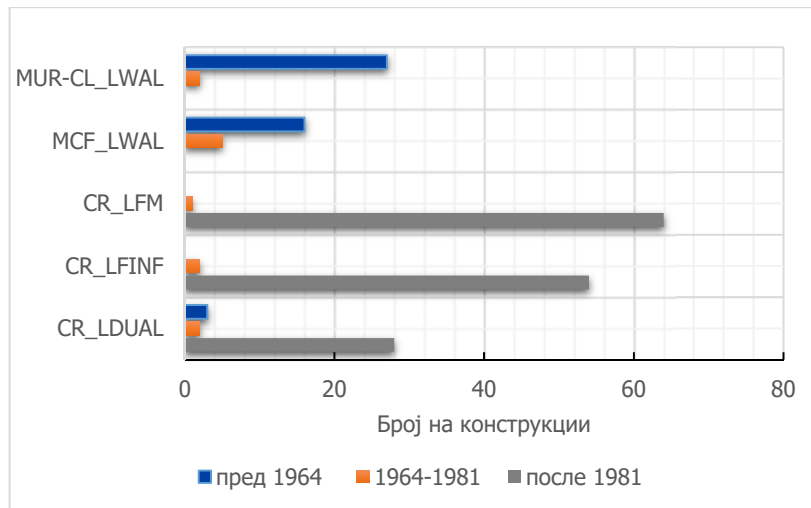
Слика 3.16: Период на изградба на објекти во сценарио 2

Во сценарио 1 според материјал и конструктивен систем, во периодот пред воведување на ПИОВС'81 (Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81) доминираат ѕиданите објекти со носиви ѕидови од тула без АБ серклажи, а веднаш по застапеноста следат ѕиданите објекти со носиви ѕидови од тула со АБ серклажи (слика 3.17).

Наспроти ова, во сценарио 2 се зголемува бројот на објекти со АБ рамовски систем, систем рамки со исполна и мешан систем, рамки со носиви АБ ѕидови. (слика 3.18). Исто така, остануваат присутни и ѕиданите објекти, но во помал број во споредба со сценарио 1.



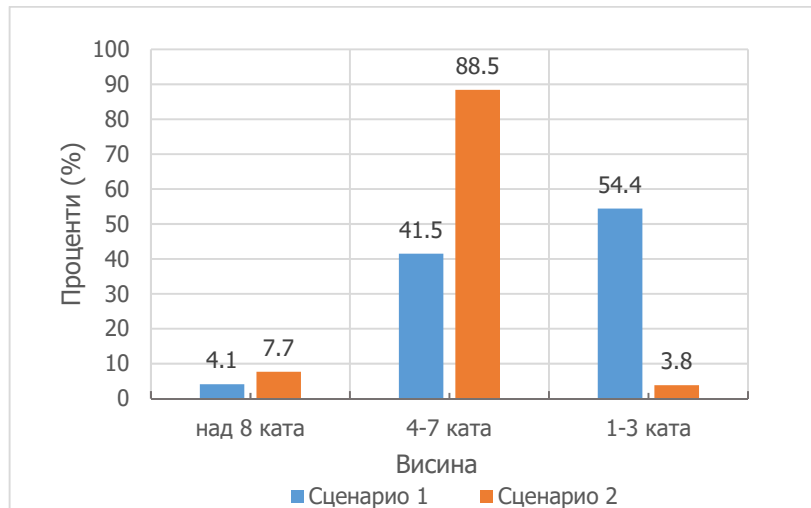
Слика 3.17: Конструктивни системи и период на изградба – сценарио 1



Слика 3.18: Конструктивни системи и период на изградба – сценарио 2

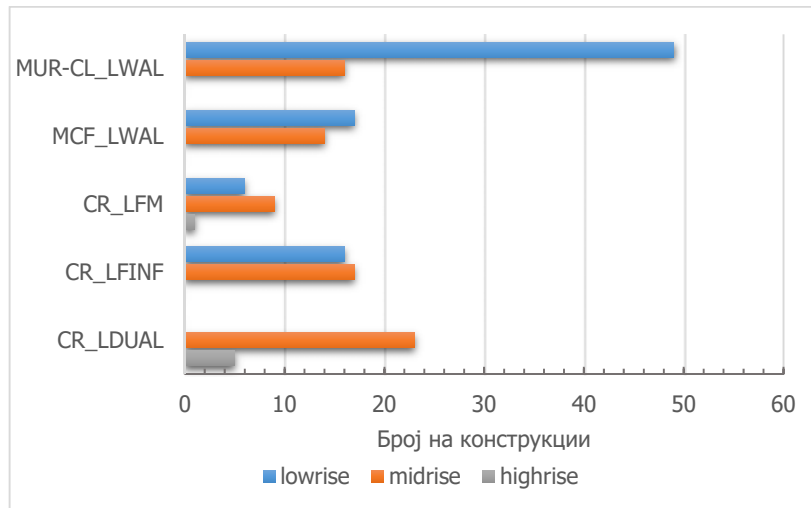
3.3.2.3 Висина на објектите – сценарио 1 & 2

Според висината, објектите се поделени во три класи и тоа, ниски објекти со катност од 1 до 3 ката, средно високи објекти со 4 до 7 ката и високи објекти со повеќе од 8 ката. Во сценарио 1 претежно доминираат ниските објекти (54,4%), потоа следуваат средно високите објекти (41,5%) и во најмал број се застапени високите објекти (4,1%) (слика 3.19). Во сценарио 2 доминираат средно високите објекти со 88,5% застапеност, но се намалува бројот на ниските објекти на 3,8% (Слика 3.19).

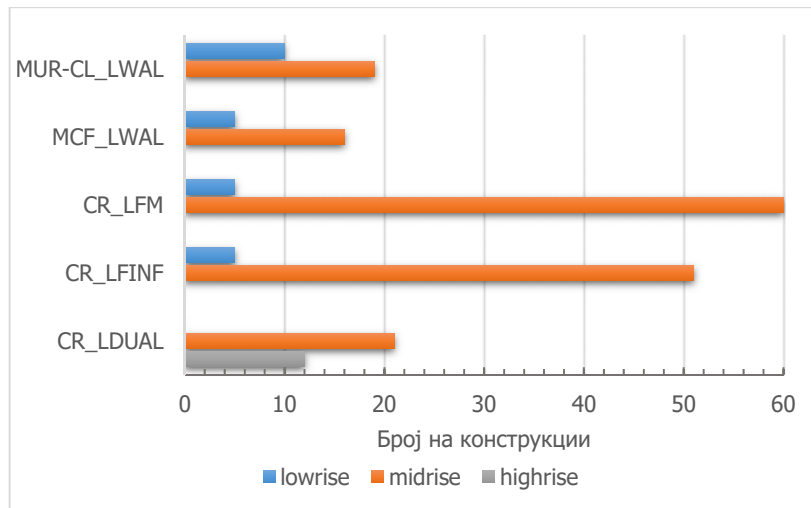


Слика 3.19: Висина на објектите во сценарио 1& 2

И во двете сценарија, високите објекти најчесто се со конструкција од АБ рамки и носиви АБ сидови. Во првото сценарио преовладуваат ниските сидани објекти без АБ елементи (слика 3.20), додека пак во второто сценарио доминираат АБ рамовски конструкции, со и без исполна (слика 3.21).



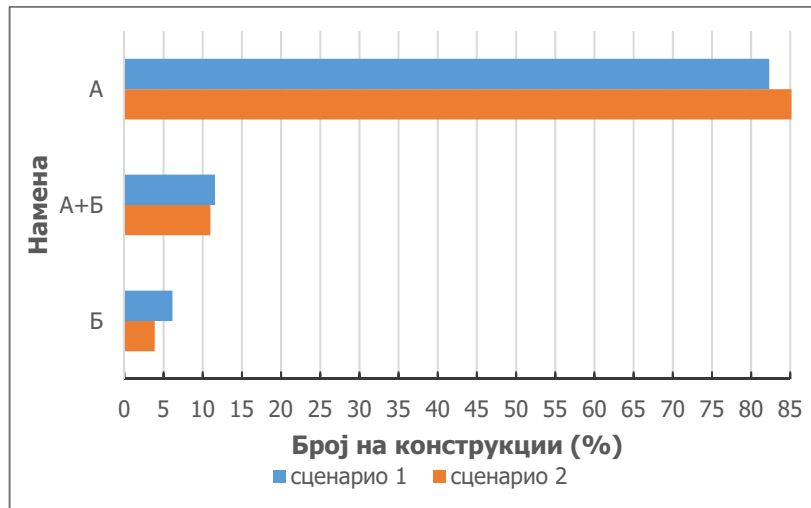
Слика 3.20: Конструктивни системи и висина на објектите – сценарио 1



Слика 3.21: Конструктивни системи и висина на објектите – сценарио 2

3.3.2.4 Намена на објектите – сценарио 1 & 2

Пилот студијата претставува станбена населба со доминантна намена домување во станбени згради и во помал број станбени куќи, дефинирано како класа на намена А (Сл. Весник бр. 225/2020). Покрај домување останати содржини се деловна и комерцијална намена (класа Б) (Сл. Весник бр. 225/2020) и мешана намена составена од домување и деловна или комерцијална намена (класа А + Б). Во двете сценарија застапеноста на различните намени е слична (слика 3.22). При мешана намена најчесто приземјето од објектот е со намена Б односно мали деловни или комерцијални единици, додека горните катови се со намена домување.



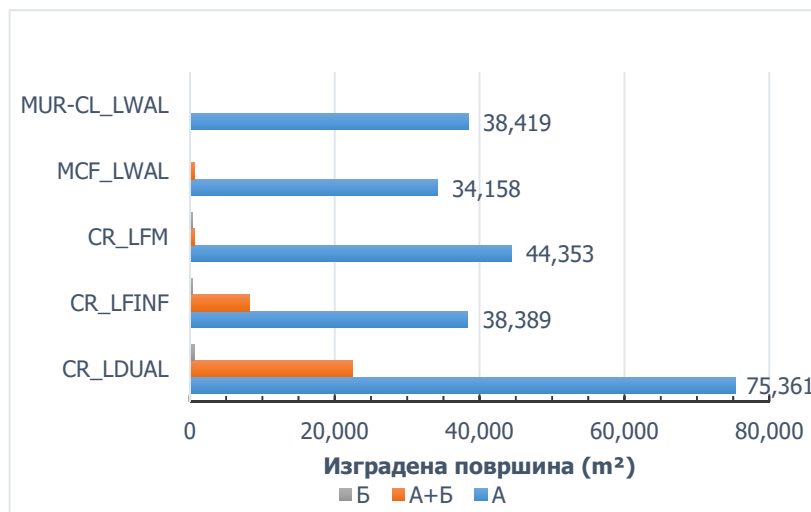
Слика 3.22: Намена на објектите во пилот студија Карпош

Распределбата на изградената површина на различните намени присутни во пилот студијата, според материјал и конструктивен систем за сценарио 1 е прикажана на сликата 3.23, а за сценарио 2, на сликата 3.24.

И во двете сценарија, најголемата површина со намена домување е лоцирана во објектите со мешан конструктивен систем, составен од АБ рамки и носиви АБ сидови.



Слика 3.23: Конструктивни системи и намена на објектите – сценарио 1



Слика 3.24: Конструктивни системи и намена на објектите – сценарио 2

3.3.2.5 Број на жители – сценарио 1 & 2

Големината на станбениот простор и бројот на жители во една станбена единица зависи од стандардот на живеење кој што е променлив со тек на време. Во пилот студијата постојат објекти изградени во различни периоди според различни архитектонски стандарди. Следствено, постојат станбени единици со различни големини и број на жители. Со цел поедноставување на задачата за дефинирање на бројот на жители во пилот студијата, просечна големина на станбена единица и просечен број на жители во една станбена единица се дефинирани според база на податоци на МакСтат. Согласно податоците од пописот од 2021 година просечна површина на станбена единица во општина Карпош изнесува 80м² (МакСтат), додека просечниот број на жители во станбена единица изнесува тројца жители (МакСтат). На еден жител му припаѓа 26,66м² станбена површина, што соодветствува со стандардот за домување дефиниран во Генералниот Урбанистички План (ГУП) каде за еден жител потребни се од 20м² до 25м² станбена површина (АПП, 2011).

Станбените единици во пилот студијата се распределени според намените домување и мешана намена составена од домување и деловна/комерцијална намена. Во сценарио 1 вкупниот број на жители изнесува 6.816 (табела 3.7) додека во сценарио 2 ова бројка се зголемува на 9.678 (табела 3.8). Бројот на жители и површина наменета за домување распределени според периодот на градење односно усогласеност на градбите со сеизмичкиот правилник укажува дека, во сценарио 1, 55,13% од жителите живеат во објекти изградени пред 1964 година додека 32,68% од жителите се сместени во објекти изградени после 1981 година (табела 3.7).

Табела 3.10: Распределба на бројот на жители според период на градење на објектите со површина наменета за домување во сценарио 1

Сеизмички правилник	Број на конструкции	Домување (м ²)	Број на жители
Пред 1964 година	87	100.136	3.758
1964-1981	16	22.151	830
После 1981	60	59.400	2.228
Вкупно	163	181.687	6.816

Во сценарио 2 бројот на жители во објектите изградени пред 1964 година се намалува за 10% во споредба со сценарио 1 (табела 3.8). Одново изградените објекти (на место на објектите планирани за рушење), ново планираните анекси (доградби и надградби), како и новите објекти, се предвидува да се проектираат согласно актуелниот сеизмички правилник од 1981 година, следствено во второто сценарио 58,9% од жителите се сместени во сеизмички проектирани објекти (табела 3.8).

Табела 3.11: Распределба на бројот на жители според период на градење на објектите со површина наменета за домување во сценарио 2

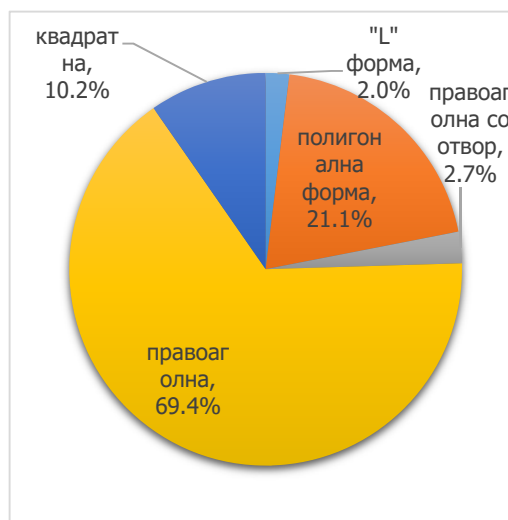
Сеизмички правилник	Број на конструкции	Домување (м ²)	Број на жители
Пред 1964 година	46	89.860	3.370
1964-1981	10	14.581	607
После 1981	142	152.021	5.701
Вкупно	198	256.462	9.678

3.3.2.6 Облик на основа на објектите – сценарио 1 & 2

Според обликот на основата на објектите присутни во пилот студијата, а во корелација со GEM терминологијата, се разликуваат следниве облици: правоаголен (rectangular solid), правоаголен со отвор (rectangular with opening), квадратен (square solid), полигонален (polygonal solid) и "L" облик ("L shaped"). Најголем број од објектите во сценарио 1 имаат основа во облик на правоаголник (42,9%) и полигонална форма (40,8%) (слика 3.25). Во сценарио 2, бројот на објекти со основа во облик на правоаголник се зголемува на 69,4% додека полигонални форми се намалуваат на 21,1% (слика 3.26). Останатите облици, квадрат, "L" облик и правоаголен со отвор остануваат со слични проценти на застапеност и во двете сценарија (слика 3.25 и 3.26).

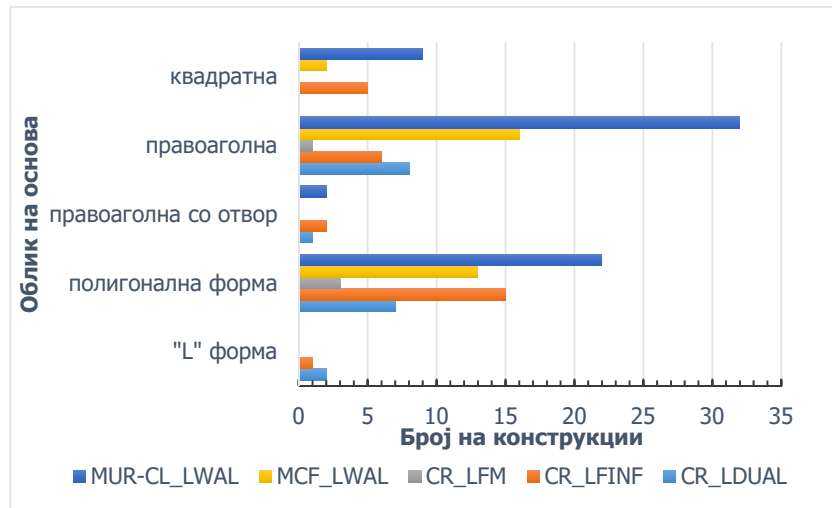


Слика 3.25: Облик на основа на објектите во сценарио 1

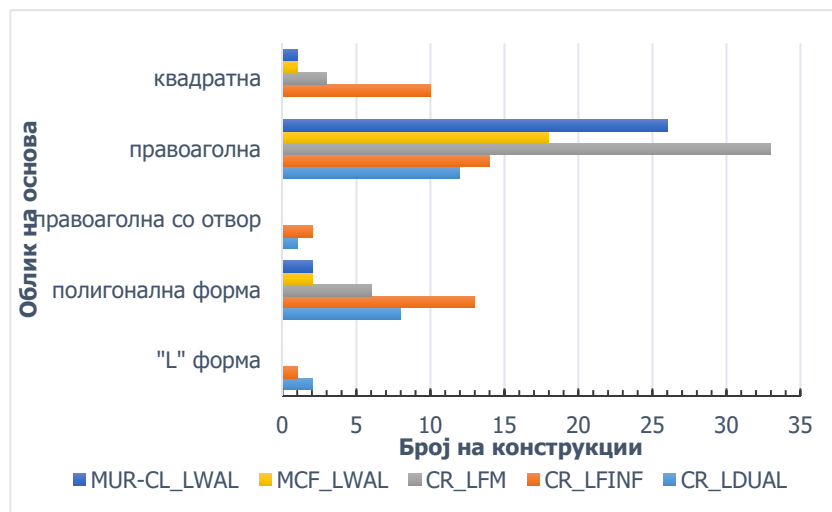


Слика 3.26: Облик на основа на објектите во сценарио 2

Во сценарио 1 правоаголниот и полигоналниот облик на основа се најмногу застапени кај сидани конструкции со и без АБ елементи (слика 3.27). Значаен број на објекти со АБ конструктивен рамовски систем со исполна имаат полигоналниот облик на основа (слика 3.27). Во сценарио 2, најголем број од објектите со правоаголна основа се АБ рамовски системи (слика 3.28). Исто така, во сценарио 2 значително се намалува бројот на сидани конструкции со и без АБ елементи кај објекти со полигонален облик на основата (слика 3.28).



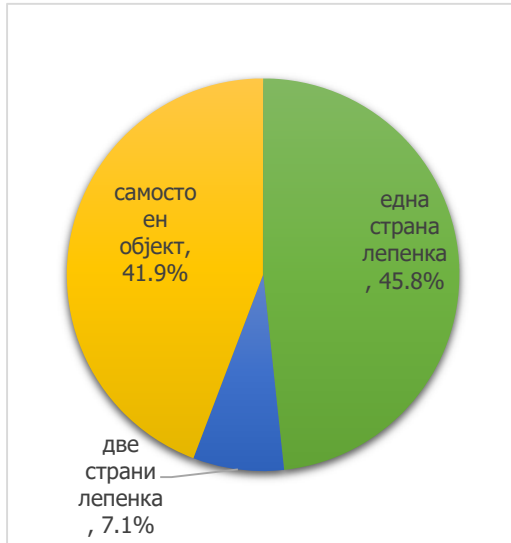
Слика 3.27: Конструктивни системи и облик на основа на објектите – сценарио 1



Слика 3.28: Конструктивни системи и облик на основа на објектите – сценарио 2

3.3.2.7 Поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 1 & 2

Градежниот фонд на пилот студијата анализиран од аспект на поставеност на објектите во рамки на урбаниот блок се состои од објекти кои имаат од една страна лепенка друг објект, објекти кои од двете страни имаат лепенки со други објекти и самостоечки објекти. Бројот на објекти со еднострана лепенка во сценарио 1 изнесува 45,8% (слика 3.29) додека во сценарио 2 се зголемува на 53,5% (слика 3.30). Слично, бројот на објекти со лепенки од двете страни се зголемува во сценарио 2. Од друга страна, бројот на самостоечки објекти од 41,9% во сценарио 1 се намалува на 32,9% во сценарио 2.

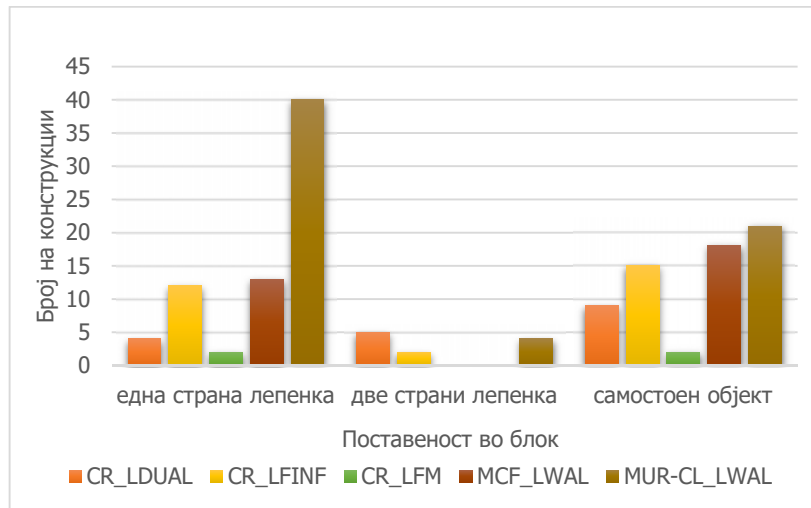


Слика 3.29: Поставеност на објектите во урбаниот блок во сценарио 1

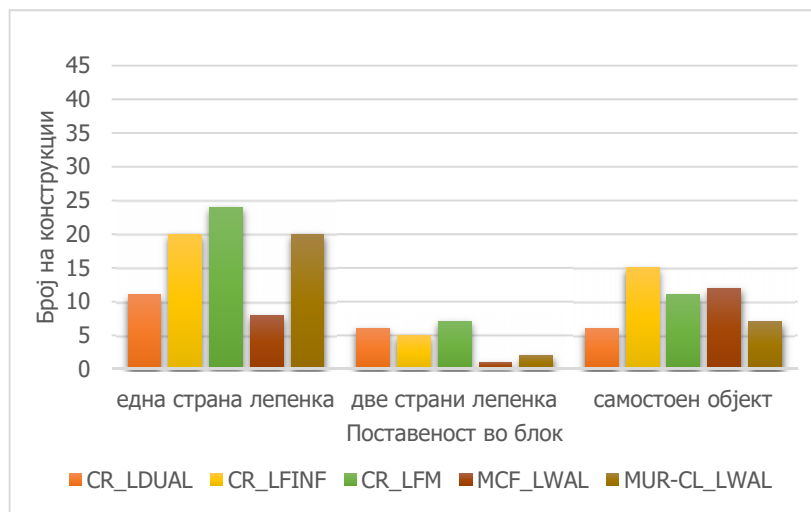


Слика 3.30: Поставеност на објектите во урбаниот блок во сценарио

Поставеноста на објектите во урбаниот блок анализирана според конструктивниот систем на објектот укажува дека најголем дел од објектите со еднострана лепенка, во сценарио 1, се сидани без АБ елементи (слика 3.31). Исто така, најголем дел од самостоечките објекти во сценарио 1 се сидани со и без АБ елементи (слика 3.31). Бројот на објекти со еднострана лепенка во сценарио 2 е скоро подеднакво распределен помеѓу АБ рамовски конструкции, со и без исполна, како и сидани конструкции без АБ елементи (слика 3.32). Слично, самостоечките објекти се со АБ рамовски систем, со и без исполна и сидани со АБ серклажи (слика 3.32).



Слика 3.31: Конструктивни системи и поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 1



Слика 3.32: Конструктивни системи и поставеност на објектите во урбаниот блок – сценарио 2

3.3.2.8 Економска вредност на објектите – сценарио 1 & 2

За дефинирање на економската вредност на објектите во пилот студијата, цените за обнова беа превземени од базата на податоци на ESRM20, односно од податоците на Европскиот модел на изложеност, од јавно достапниот документ: "European_Exposure_Model_Data_Inputs_Sources.xlsx" (Crowley, H., et al., 2021). Просечната цена на обнова ги опфаќа конструктивниот систем, неконструктивните елементи и содржината на објектот. Дефинирањето на просечната цена на обнова на објектите според нивната намена, конструктивниот материјал и местоположба во урбан контекст (големи градови, урбанизирани места и рурални региони), во рамките на овој документ, е направено врз основа на истражувања и советувања со локални експерти, за секоја членка на ЕУ.

Согласно податоците од моделот на изложеност за Европа (ESRM20) во пилот студијата просечната цена на обнова на објект со намена домување изнесува 520 евра/м² и се множи со индексна вредност определена според конструктивниот

материјал. Армирано бетонските конструкции и сиданите конструкции со АБ серклажи имаат индекс 1,05; додека сиданите конструкции без АБ елементи се со индекс 0,95. Според податоците за просечни цени на обнова на објекти за сценарио 1 и 2 прикажани на табелите 3.9 и 3.10, соодветно, најголеми трошоци за обнова имаат објектите со АБ конструктивен систем (CR). Со зголемување на бројот на АБ конструкции (CR) во сценарио 2, цената на обнова на овој тип на објекти се зголемува за 74,25% за разлика од сценарио 1. Објектите со сидана конструкција со и без АБ елементи (MCF & MUR) во сценарио 2 покажуваат пад на вредноста во споредба со сценарио 1. Вкупната цена на обнова на градежниот фонд од пилот студијата во сценарио 2 се зголемува за 41,72% во споредба со сценарио 1.

Табела 3.12: Просечна цена за обнова на објектите според конструктивен систем – сценарио 1

Конструктивен систем	Број на конструкции	Просечна цена на обнова за голем град	Вкупна изградена површина	Цена за обнова на објект
CR_LDUAL (армиран бетон , рамка и сид)	28	546 €/м ²	74,839 м ²	40,862,094 €
CR_LFINF (АБ. Рамка со исполна)	33	546 €/м ²	21,088 м ²	11,514,048 €
CR_LFM (АБ. Рамка)	16	546 €/м ²	8,333 м ²	4,549,818 €
MCF (носив сид од тула со АБ серклажи)	31	546 €/м ²	39.862 м ²	21.764.652 €
MUR (носив сид од тула без АБ елементи)	65	494 €/м ²	43.806 м ²	21.640.164 €
Вкупно	173	/	187.928 м ²	100.330.776 €

Табела 3.13: Просечна цена за обнова на објектите според конструктивен систем – сценарио 2

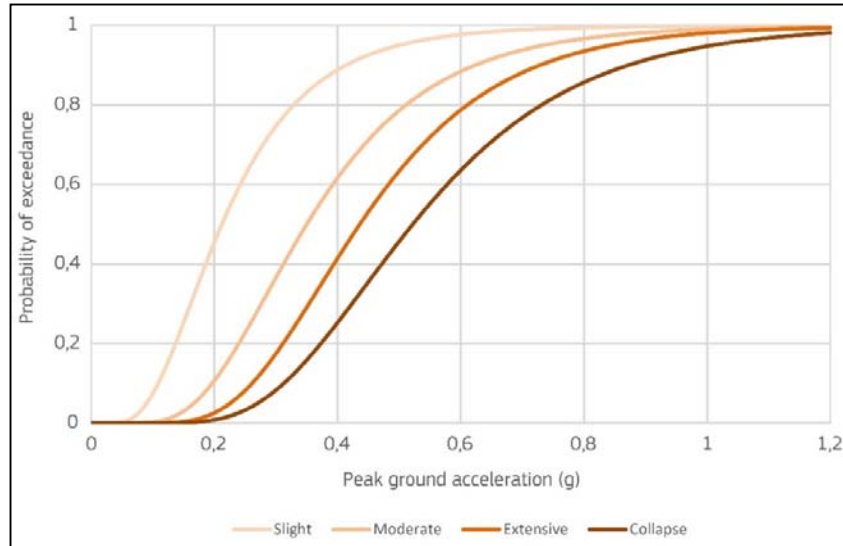
Конструктивен систем	Број на конструкции	Просечна цена на обнова за голем град	Вкупна изградена површина	Цена за обнова на објект
CR_LDUAL (армиран бетон , рамка и сид)	33	546 €/м ²	98,488 м ²	53,774,448 €
CR_LFINF (АБ. Рамка со исполна)	56	546 €/м ²	46,971 м ²	25,646,166 €
CR_LFM (АБ. Рамка)	65	546 €/м ²	45,381 м ²	24,778,026 €
MCF носив сид од тула со АБ серклажи)	21	546 €/м ²	34.813м ²	19.007.898 €
MUR (носив сид од тула без АБ елементи)	29	494 €/м ²	38.419м ²	18.978.986 €
Вкупно	204	/	264.072 м ²	142,244,232 €

3.4 ПОВРЕДЛИВОСТ

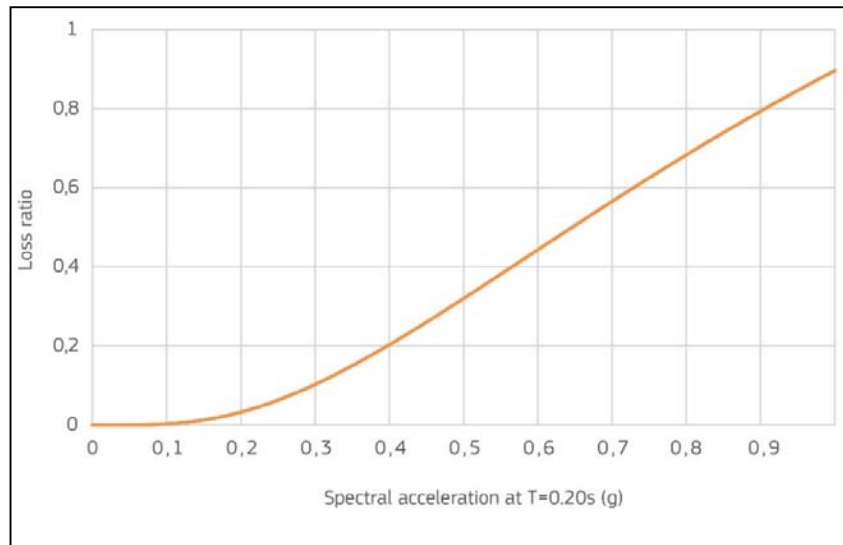
3.4.1 Вовед – повредливост на оштетување (fragility) и повредливост на загуби (vulnerability)

Влијанието на hazardот врз изложените ентитети е директно поврзано со нивната повредливост која ја означува тенденцијата за оштетување, како и недостатокот на резилентност т.е. капацитет за враќање во состојба на стабилност како пред настанување на катастрофата. Повредливоста може да се дефинира според различни аспекти, како физичка, еколошка, социјална, економска, културолошка и институционална повредливост (Schneiderbauer, et al., 2017).

Во фокусот на ова истражување е физичката повредливост на објектите изложени на сеизмички hazard. Во контекст на сеизмичкиот ризик компонентата повредливост, во зависност од интензитетот на сеизмичкиот hazard, одредува колку изложените ентитети ќе бидат оштетени или колкави ќе бидат загубите изразени преку човечки жртви и економски индикатори (Silva, et al., 2017). Компонентата повредливоста може да се дефинира на два начина, како функција на повредливост на оштетувања (fragility function) и функција на повредливост на загуби (vulnerability function). Функција на повредливост на оштетувања (слика 3.33) ја покажува веројатноста на надминување на определено ниво на оштетување при даден интензитет на движење на тлото, додека функција на повредливост на загуби (слика 3.34) ја покажува врската меѓу интензитетот на сеизмичкиот hazard и соодносот на загуби.



Слика 3.33: Криви на повредливост на оштетувања (fragility curves). Извор: Silva, et al., 2017, pp.145.



Слика 3.34: Крива на повредливост на загуби (vulnerability curve). Извор: Silva, et al., 2017, pp.145.

Со цел процена на физичката повредливост биле развиени емпириски, аналитички и хибридни методи (Calvi, et al., 2006).

Емпириските методи се засноваат на податоци собрани од инспекција на оштетувањата на објектите во корелација со механизмот на оштетувањата при случени земјотреси (Calvi, et al., 2006). На територијата на Р. С. Македонија, развиени се емпириски и аналитички функции на повредливост на сидани и АБ конструкции со типологија на градба која одговара на балканскиот регион, (Nocevski, 1993).

Во аналитичките методи наместо податоци за оштетувања собрани од претходни земјотреси, се претпочита примена на нумерички пресметки за одредување на индексот на оштетувања (Calvi, et al., 2006).

Предноста на аналитичките методи е во тоа што овозможуваат оцена на повредливоста со директна физичка вредност (Calvi, et al., 2006). За Градот

Скопје, развиена е корелација помеѓу интензитетот на земјотресот и нивото на оштетување на зградите преку нелинеарна динамичка анализа на репрезентативни примероци на АБ згради изложени на група од 240 синтетички земјотресни записи (Dumova-Jovanoska, 2004).

Во хибридните методи едниот дел од матрицата на веројатност на оштетувања е развиен со користење на податоци за оштетувања од случени земјотреси, додека останатиот дел содржи податоци за оштетувања добиени од нелинеарни динамички анализи на модели на згради (Calvi, et al., 2006). Во рамки на проектот RISK-UE применет во Битола, дефинирани се криви на капацитет врз основа на анализа на 17 повеќекатни АБ згради (Milutinovic, Trendafiloski, 2003).

Дефинирањето на повредливоста на градежниот фонд на пилот студијата во Карпош се базира на ESRM20. Селектираните криви на повредливост од ESRM20 биле развиени за конструкции кои се со многу слична типологија на градба со градежниот фонд кој што е присутен во пилот студијата Карпош. Врз основа на овој факт, во дисертацијата се применуваат овие криви наместо развиените национални криви кои се од постар датум.

Во рамките на ESRM20 биле развиени криви на капацитет за широк опфат на класи на објекти со различни типологии на конструкции карактеристични за Европските градови. На пример, за АБ рамовски конструкции со комбинација на параметрите за висина (1 до 6 ката), ниво на сеизмичко проектирање (CDN, CDL, CDM, CDH) и коефициент на хоризонтална сила (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30%) биле идентификувани вкупно 264 класи на повредливост за кои низ симулиран дизајн на прототипови на рамки биле развиени 264 криви на капацитет. За да се добијат анвелопните криви на капацитет (backbone capacity curves) за секоја од идентификуваните класи биле направени нелинеарни анализи. Кривите на капацитет во формат на спектар на одговор за забрзување и поместување (acceleration displacement response spectrum) го означуваат капацитетот на класи на повредливост на објектите и ја опишуваат нивната отпорност на хоризонтални (сеизмички) сили.

Класите на повредливост во ESRM20 се дефинирани според следните атрибути (Crowley, et al., 2021):

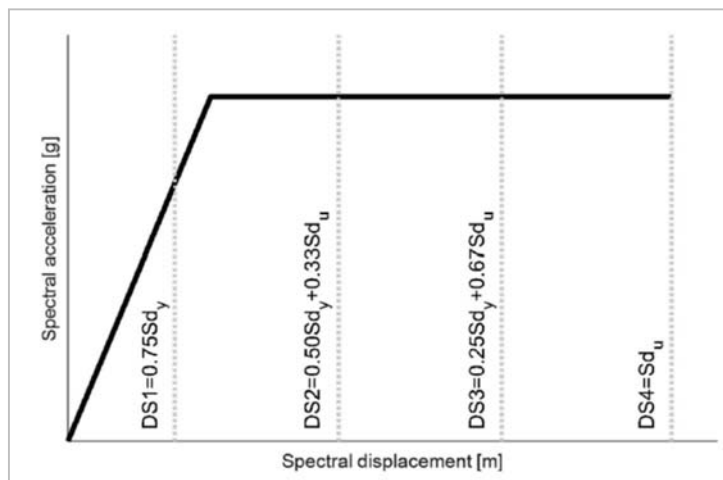
- Материјал на конструкцијата отпорна на хоризонтални сили
- Конструкција отпорна на хоризонтални сили
- Усогласеност со сеизмичките прописи за АБ конструкции или ниво на дуктилност за сидани конструкции
- Висина на објекти изразена во број на катови
- Коефициент на хоризонтална сила: дел од тежина изразен во проценти определен како проектна вредност на хоризонтална сила согласно сеизмичките прописи

Функциите на повредливост на оштетувања се развиени од кривите на капацитет при што бил применет програмот VMTK (Vulnerability Modelers' Toolkit), развиен од страна на GEM во соработка со членови на заедница за Европски

ризик. Со примена на трансфер моделот на оштетувања во загуби (damage-loss model) добиени се функциите на повредливост на загуби.

3.4.2 Модел на повредливост на оштетувања – сценарио 1 & 2

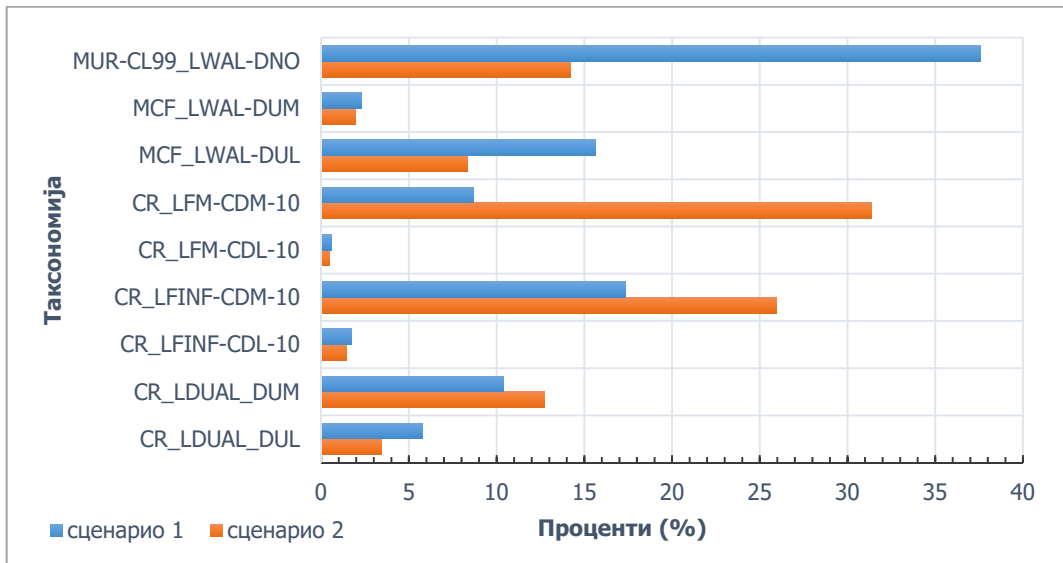
Во ESRM20 кривите на повредливост се дефинирани според 4 нивоа на оштетувања, лесно оштетување (DS1), умерено оштетување (DS2), значително оштетување (DS3) и рушење (DS4), (слика 3.35). Нивоата на оштетување се корелирани со 4 индикатори на интензитет на сеизмичкиот hazard, PGA (g), Sa (0.3), Sa (0.6), Sa (1.0) (Crowley, et al., 2021).



Слика 3.35: Нивоа на оштетувања предвидени при развивање на функции на повредливост на оштетувања. Извор: Crowley, et al., 2021.

За потребите на дисертацијата, моделот на повредливост е формулиран со примена на постоечките криви на повредливост достапни во ESRM20 (Crowley, et al., 2021).

Согласно таксономијата на конструкциите дефинирана во моделите на изложеност за урбанистичките сценарија 1 и 2, направена е селекција на постоечките функции на повредливост (слика 3.36).

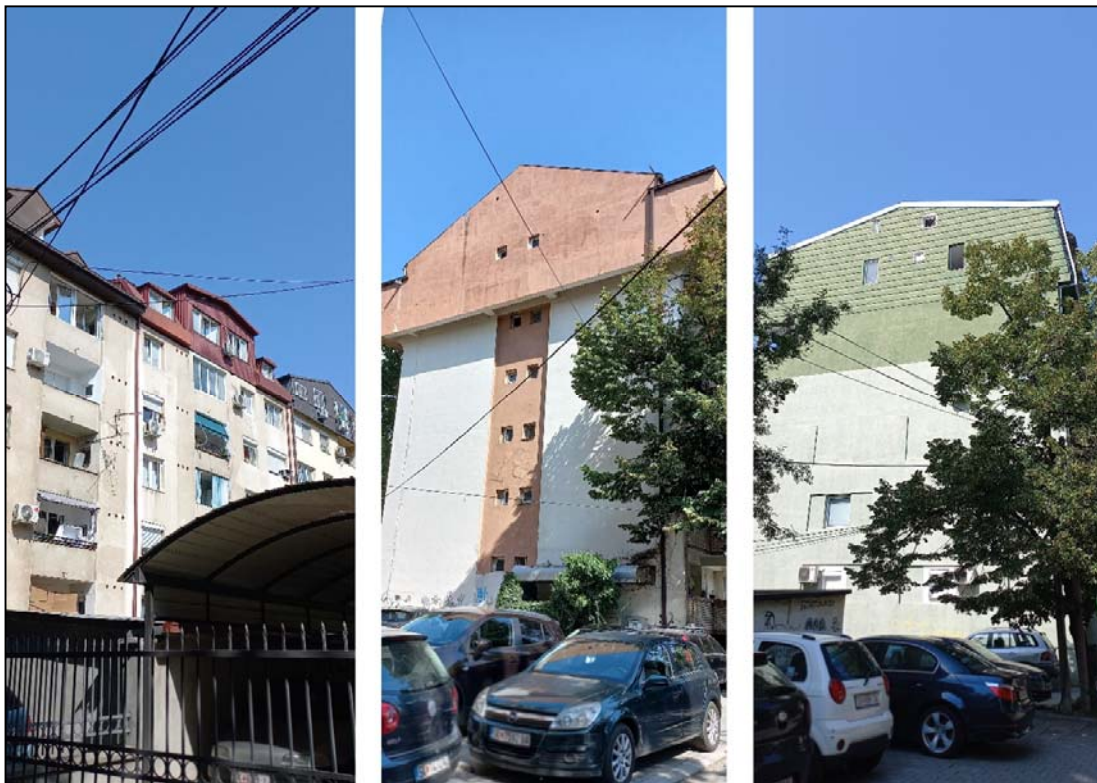


Слика 3.36: Присутност на различни функции на повредливост во пилот студија изразено во проценти за сценарио 1 и 2

Бидејќи моделите на изложеност во двете урбанистички сценарија содржат објекти со мешан конструктивен систем, кои се резултат на интервенции на конструкцијата од видот на доградби, надградби, реконструкции, рушења и сл., изборот на криви на повредливост беше детерминиран од фактот дали ваквите интервенции се проектирани/изведени, со или без дилатациони фуги (слика 3.37 и 3.38), подетално изложено во поглавје 3.3.2.1.



Слика 3.37: Објекти (надградени/доградени) со примена на дилатациони фуги. Извор: слики од терен.



Слика 3.38: Објекти (надградени/доградени) без примена на дилатациони фуги. Извор: слики од терен.

3.4.3 Модел на повредливост на економски загуби - сценарио 1 & 2

Во ESRM20 во рамки на моделот на повредливост на економски загуби за секое ниво на оштетување се дефинирани коефициенти на оштетувањата што го означуваат односот меѓу цена на поправка и цена на замена (Crowley, et al., 2021). Коефициентите на оштетувања за секое ниво на оштетување се:

- (DS1) лесно оштетување = 0,05
- (DS2) умерено оштетување = 0,15
- (DS3) значително оштетување = 0,5
- (DS4) рушење = 1,0

Бидејќи сеуште не се развиени криви на повредливост на оштетувања за различните компоненти на објектите, горе наведените коефициенти на оштетувања го претставуваат оштетувањето како дел од вкупната цена за обнова на објектот опфаќајќи ги сите компоненти на објектот интегрално (конструкција, неконструктивни елементи и содржина). За дадениот ранг на индикатори на интензитетот, веројатноста на настанување на секое ниво на оштетување се добива од функциите на повредливост на оштетувањата помножена со коефициентите на оштетувањата. Истите сумирани го дефинираат средниот коефициент на загуба. Во моделот на економски загуби, се претпоставува дека несигурностите во соодносот на загуби го следат бета моделот на дистрибуција (Crowley, et al., 2021).

3.4.4 Модел на повредливост на човечки жртви – сценарио 1 & 2

Во ESRM20 функциите на повредливост за човечки жртви се дефинирани врз основа на следните фактори:

- Веројатноста на рушење на комплетно оштетен објект при земјотрес што може да предизвика смрт според податоци од претходно случени земјотреси
- Фактор на рушење според експертско мислење, кој се движи од 0,5 до 5 во зависност од класата на објектот
- Веројатност на затрупување како последица на рушење
- Веројатност на умирање при затрупување

Во табелата 3.11 се прикажани претпоставените веројатности на затрупување и загуба на животи како последица на затрупување, во корелација со катноста на објектот и времето на настанување на земјотресот. Веројатноста на надминувањена ниво на оштетување "рушење" (DS4) се множи со факторот на рушење (1.0%) дефинирана како средна вредност и вредностите од табела 3.11 при што се добива модел на повредливост за човечки жртви. Во моделите на повредливост за човечки жртви несигурноста во однос на стапката за средна вредност (mean loss ratios) моментално не е вклучена (Crowley, et al., 2021).

Табела 3.14: Параметри за затрупување при земјотрес. Извор: Crowley, et al., 2021.

Број на катови	В – затрупување (дење)	В – затрупување (ноќе)	В – загуба на живот / затрупување
1	0.25	0.95	0.4
2	0.5	0.95	0.4
3-4	0.75	0.95	0.4
>5	0.95	0.95	0.7

3.5 ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО ПРИМЕНА НА OPENQUAKE ENGINE

3.5.1 Вовед

Урбанистичкото зонирање за намалување на негативните ефекти од земјотресите, дефинирањето на прописи за сеизмичко проектирање, истражувањата во земјотресното инженерство како и процената на сеизмичкиот ризик за потребите на осигурителните компании се базираат на веродостојни анализи на сеизмичкиот hazard. Почнувајќи од 1970-тите години анализата на сеизмичкиот hazard со веројатносен пристап претставува најчесто применет метод. Со цел олеснување на процесот на пресметување на сеизмичкиот hazard развиени се различни компјутерски програми како што се: EQRISK, SeisRisk software, National Seismic-Hazard Mapping Project Fortran, CRISIS, EQHAZ, EQRM и OpenSHA (Pagani, et al., 2014). Паралелно со анализата на сеизмичкиот hazard се развиваат и алатки за проценка на сеизмичкиот ризик. HAZUS, NORSAR, EQRM, ELER, QLARM, CEDIM, CAPRA, RiskScape, LNECLoss, MAEviz се дел од програмите кои се применуваат за проценка на сеизмички ризик при што некои од овие програми се исклучиво за пресметување на ризикот додека hazard компонентата се пресметува во друг софтвер (Silva, et al., 2013).

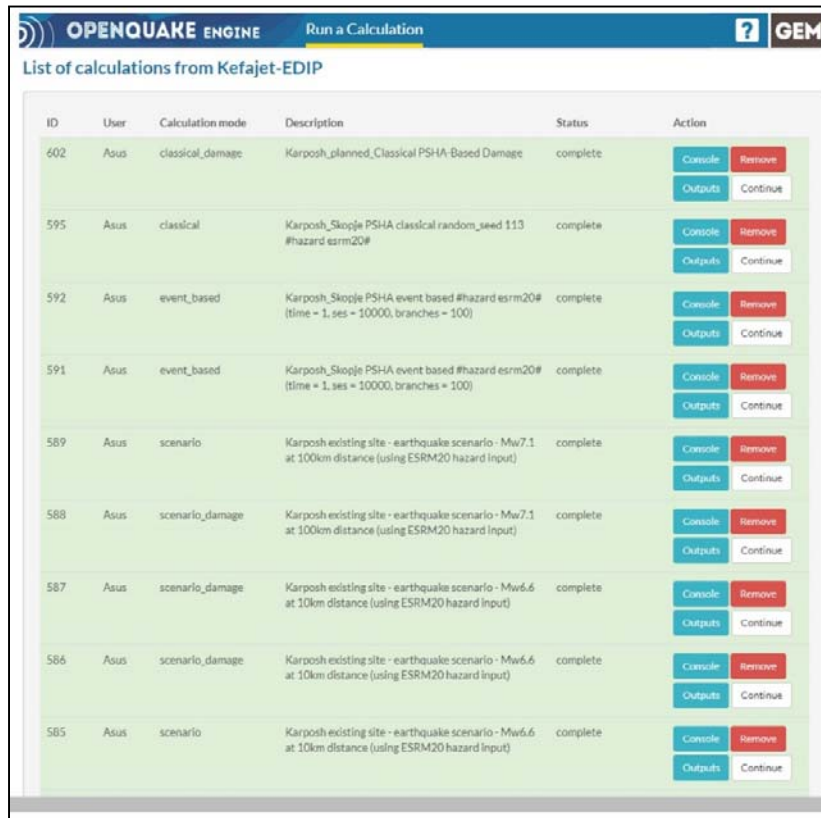
За проценка на сеизмичкиот ризик на пилот студијата Карпош како најсоодветен програм беше избран Open Quake engine, софтвер од понова генерација развиен и одржуван од страна на GEM, со отворен пристап. Овој програм е имплементиран при пресметување на сеизмичкиот hazard и ризик за цела Европа, Италија, Коста Рика и Иран (Crowley et al., 2021). Open Quake engine нуди интегрална средина за моделирање, преглед, истражување и управување со сеизмичкиот ризик. Пресметувањето и комуницирањето на сеизмичкиот ризик ширум светот со униформни и отворени стандарди е главната цел на Глобалниот Модел за Земјотреси (Silva, et al., 2013).

3.5.2 Open Quake engine – преглед на програмот

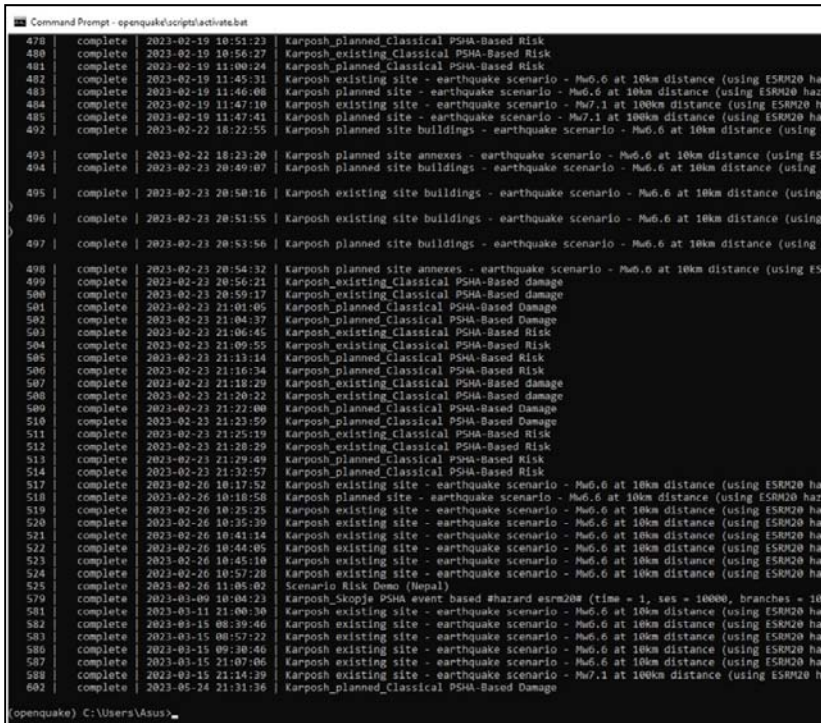
Со Open Quake engine-от може да се пресмета сеизмичкиот hazard и ризик за определена територија со различни големини. Програмот е изработен во Python при што пресметувањето на hazardот се врши во модулот oq-hazardlib додека ризикот се пресметува во oq-risklib. Сите податоци се пишуваат во формат на XML (Extensible Markup Language) кој што во програмот е дефиниран како NRML (Natural Hazard Risk Markup Language). Во овој формат (NRML) се наоѓаат влезните и излезните податоци на сеизмички hazard и ризик.

Моделите на сеизмичките извори и движењето на тлото, логичното стебло и другите влезни податоци се дефинираат во NRML формат. Слично, резултатите од пресметувањата во Open Quake engine се во ист формат за овозможување непречено комуницирање на hazard и risk податоците (Pagani, et al., 2014).

Покрај софтверскиот дел, Open Quake engine е поддржуван со интернет платформа, <https://platform.openquake.org/>, која нуди различни алатки и извори за подготвување на влезните параметри потребни при пресметување на hazardот и riskот. Податоците од платформата се добиваат во NRML формат кој што понатаму може да се процесира во програмот. Open Quake engine може да се примени преку OQ Webui модулот со графички интерфејс (слика 3.39) или преку OQ-Console модулот со командна линија (слика 3.40). За процена на hazardот или riskот потребно е креирање на конфигурациски документ кој што ги содржи сите потребни параметри за пресметувањето. Во модулот OQ-Webui се избира копчето "run a calculation" и се прикачува "zip" фолдерот во кој е и конфигурацискиот фајл заедно со влезните параметри или во OQ-Console модулот се применува командата "oq-engine -- run job.ini" со дефинирана патека до местото на документите за извршување на пресметувањето. Наместо OQ-Console програмот исто така може да се управува преку терминалот на оперативниот систем, пример во Windows преку command prompt (слика 3.40).



Слика 3.39: OQ-Webui, примена на модулот со графички интерфејс



Слика 3.40: OQ-Console, примена на модулот со командна линија

Во Open Quake engine сеизмичкиот hazard може да се анализира со класичен веројатносен пристап, според сет од стохастични настани со веројатносен

пристап и со земјотресно сценарио (GEM, 2022). При веројатносниот пристап се применува логично стебло за дефинирање на несигурностите поврзани со сеизмолошките извори и моделите на движење на тлото (ground motion models) (Pagani, et al., 2014).

Сеизмолошките извори може да се дефинираат како точка, површина, едноставен расед, комплексен расед и карактеристичен расед. Со точкаст сеизмички извор се означуваат земјотресни раседнувања со различни магнитуди за определена географска ширина. Површинскиот сеизмички извор се состои од група на точкасти сеизмички извори подеднакво распоредени во GRID шема. Едноставен расед служи за моделирање на сеизмичноста на активните раседи при што се дефинира раседна трага (trace), длабински агол на расед (dip), длабочина на сеизмичност со дефинирана горна и долна граница. Со комплексниот расед се дефинира расед со неправилна форма при што има различни параметри за длабински агол и ширина на расед. Земјотреси со различни магнитуди на различни местоположби на раседот може да се генерираат и во едноставниот и во комплексниот расед. Доколку земјотресите се генерираат на целата површина на раседот тогаш тој се претставува со карактеристичен расед (Pagani et al., 2014).

Open Quake engine содржи 4 калкулатори за процена на сеизмичкиот hazard и 5 калкулатори за процена на сеизмичкиот ризик. Различните калкулатори на Open Quake engine се прикажани во табела 3.12 (GEM, 2022).

Табела 3.15: Open Quake engine – калкулатори за пресметување на сеизмички hazard и ризик

Процена на сеизмички hazard	Процена на сеизмички ризик
Земјотресно сценарио (детерминистички пристап)	Земјотресно сценарио ризик
	Земјотресно сценарио оштетувања
Класичен веројатносен пристап (интензитет на земјотрес)	Класичен веројатносен пристап со повратни периоди
Деагрегација	Исплатливост на поправка на објекти
Сет од стохастични настани со веројатносен пристап (интензитет и честота на земјотреси)	Сет од стохастични настани со веројатносен пристап

Калкулаторите за процена на сеизмичкиот ризик, согласно начинот на анализа на сеизмичкиот hazard и влезните параметри на ризикот (модел на изложеност и повредливост), го пресметуваат сеизмичкиот ризик како загуби или оштетувања.

Во земјотресното сценарио, се генерира сет од полиња на движење на тло за определен земјотрес и модел на движење на тло (атенуација на земјотресно дејство). За пресметување на распределбата на оштетувања или загуби на определен модел на изложеност, произведениот сет од полиња на движење на тлото се комбинира со моделот на повредливост на оштетувањата или загубите (Pagani et al., 2014).

Со класичниот веројатносен пристап на анализа на сеизмичкиот hazard за територии со различни големини, може да се генерираат hazardни криви, hazardни мапи како и униформен hazardен спектар. За изложените ентитети може да се пресметаат криви на загуби и мапи на загуби за определен повратен период кои се резултат на функцијата меѓу пресметаниот hazard и ризик параметрите (дефинирани во моделите на повредливост и изложеност) (Pagani et al., 2014).

За одредување на исплатливоста на активностите поврзани со зајакнување и обнова на постоечките објекти се пресметува т.н. исплатливост на поправка на објекти кој исто така базира на класичниот веројатносен пристап на анализа на сеизмичкиот hazard (GEM, 2022).

При анализа на сеизмичкиот hazard според сет од стохастични настани (синтетички каталог на земјотреси) со веројатносен пристап се пресметува сет од полиња на движење на тло за секој земјотрес по принципот *Monte Carlo*. Сетовите на полиња на движење на тлото во корелација со моделите на повредливост и изложеност служат за пресметување на криви на загуби и мапи на загуби за групата на изложени ентитети. Загубите за секој изложен ентитет може да се сумираат за полињата на движење на тлото и може да се пресмета вкупна крива на загуби за целиот модел на изложеност (Pagani et al., 2014).

За определена локација може да се пресмета деагрегација на земјотресите според hazard моделот со веројатносен пристап со пресметување на највлијателните земјотресни сценарија (Pagani et al., 2014).

3.5.3 Калкулатори применети за процена на сеизмичкиот ризик во пилот студијата

Со цел да се направи сеопфатна анализа на сеизмичкиот ризик во пилот студијата процената на сеизмичкиот hazard е направена со детерминистички и веројатносен пристап. За ова цел беа избрани калкулаторите со **Земјотресно сценарио** и со **Класичен веројатносен пристап** (Табела 3.12). Во зависност од параметарот повредливост на оштетувања (fragility) или загуби (vulnerability), калкулаторите пресметуваат сеизмички оштетувања или сеизмички ризик. Моделот на изложеност беше подготвен според две различни урбанистички сценарија, за постојна и планирана состојба. Во сценарио 1 - постојна состојба, моделот на изложеност се базира на претходни студии на ИЗИИС (Цветановска и сораб., 2013; Apostolska et al., 2018). Моделот на изложеност во сценарио 2 ја претставува планираната состојба согласно Деталниот Урбанистички План на Тајфа План (2015) за 3 08 во општина Карпош. Детално објаснување на моделите на изложеност е дадено во поглавје 3.3.2.

Калкулаторот со земјотресно сценарио претставува детерминистички пристап на анализа на сеизмички hazard и се применува за процена на оштетувања и загуби за определен земјотресен настан (Crowley et al., 2021). За пилот студијата во калкулаторот со земјотресно сценарио беа применети два земјотресни настани. Првиот настан претставува локален земјотрес во близина од 10км до локацијата со магнитуда 6.6, додека вториот е далечен земјотрес во радиус од 100км оддалеченост со магнитуда 7.1. Земјотресните сценарија се дефинирани врз

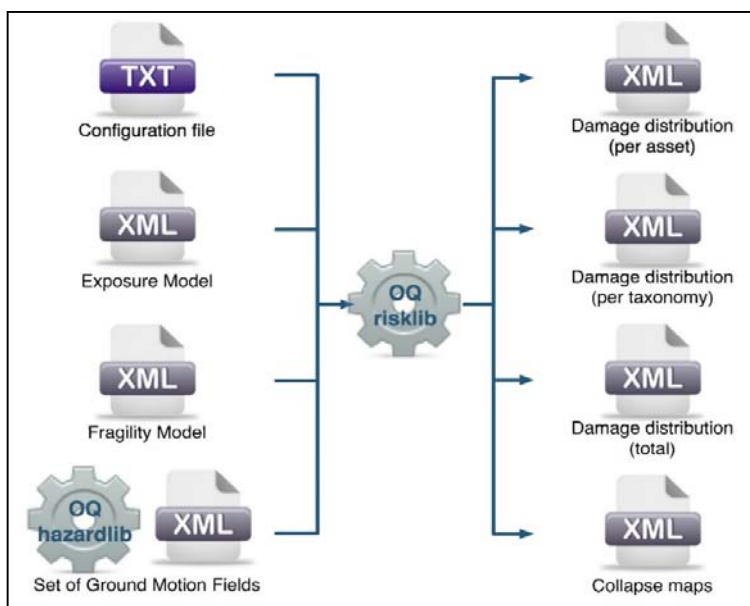
основа на моделот на раседни извори во рамките на Европски Сеизмички Хазард Модел 20 (ESHM20) (Danciu, et al., 2021).

При класичниот веројатносен пристап, интензитетите на движење на тло се дефинирани согласно Еврокод 8, за повратен период од 95 и 475 години. Според барањата во Еврокод 8 при сеизмичко дејство со повратен период од 95 години објектите треба да останат стабилни без поголеми оштетувања, додека за сеизмичко дејство со повратен период од 475 години објектите можат да покажат значителни оштетувања но не смее да има рушења и човечки жртви (EN 1998-1:2004). Влезните параметри за хазардот се превземени од ESRM20 (Crowley, et al., 2021).

При примена на различните видови на Open Quake engine-от, оштетувањата се прикажани според ESRM20, во пет нивоа и тоа: без оштетување, лесно оштетување, умерено оштетување, значително оштетување, и рушење. (Crowley et al., 2021).

3.5.3.1 Калкулатор со земјотресно сценарио

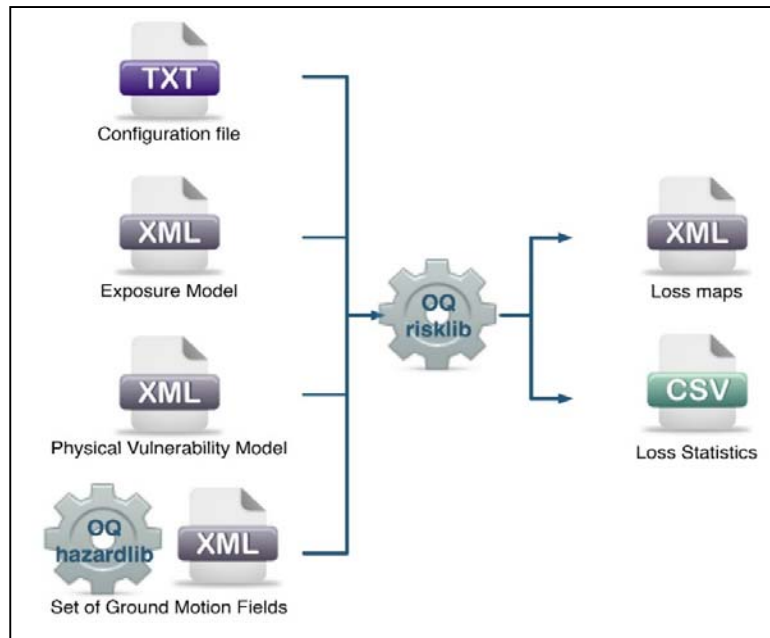
Со калкулаторот со земјотресно сценарио, за определен земјотресен настан, модел на движење на тлото и модел на повредливост на оштетувања дефиниран за соодветниот модел на изложеност, се пресметува распределба на оштетувањата (слика 3.41). Распределбата на оштетувањата може да се прикаже според таксономијата, поединечните ентитети или вкупно за целиот модел на изложеност, за различни нивоа на оштетувања (GEM, 2022).



Слика 3.41: Open Quake engine - Калкулатор Сценарио земјотрес за процена на оштетувања. Извор: GEM, 2022.

Со земјотресното сценарио може да пресмета и сеизмичкиот ризик (слика 3.42) при што во сетот од влезните параметри покрај хазардот и модел на изложеност потребно е да се дефинира моделот на повредливост на загуби. Согласно моделот на изложеност, овој калкулатор пресметува статистика на загуби и креира мапи на загуби. Зависно од применетиот модел на повредливост, може

да се пресметаат загуби на конструкцијата на објектот (structural losses), загуби на неконструктивните елементи (nonstructural losses), загуби на содржината во објектот (опрема, уметнички предмети и сл.), загуби поради прекин на функционирање и човечки жртви (GEM, 2022).



Слика 3.42: Open Quake engine – Калкулатор Сценарио земјотрес – процена на ризик. Извор: GEM, 2022

Во продолжение се прикажани примери на конфигурациски документи за процена на оштетувањата (слика 3.43) и процена на сеизмичкиот ризик (слика 3.44) со земјотресно сценарио за пилот студијата во Карпош.

Во овие конфигурациски документи се наведуваат сите влезни параметри со нивната локација на хард дискот и останати податоци за начинот за спроведување на процената на сеизмичкиот ризик. Под генерални податоци се дефинирани општите податоци поврзани со пресметката како вид на калкулатор и број на Monte Carlo симулации (random_seed). Регионот за кој се пресметува сеизмичкиот hazard и ризик е дефиниран според геометрија со координати и густина на мрежа од 0,5км. Моделот на изложеност, моделот на повредливост на оштетувања, моделот на повредливост на загуби и моделот на земјотресно раседнување се подготвени со примена на интернет платформата на Open Quake engine-от и истите се пренесуваат во пресметката во xml формат (GEM, 2022). Почвените услови се подготвени во csv формат согласно податоците од студија за дефинирање на сеизмичките параметри, како брзина на Vs бранови, на локацијата (Дојчиновски и сораб., 2013).

Земјотресните сценарија за пилот студијата, Mw 6.6 и Mw 7.1, се дефинирани како раседнување на едноставен расед со дефинирање на геометрија на раседот, местоположбата и длабочината на хипоцентарот, агол на расед и насока на лизгање во однос на расед. За пресметување на сеизмичкиот ризик се генерирани 1000 полиња на движење на тло со меѓусебна оддалеченост од 0,2км во дефинираниот регион. За пресметување на hazardот се дефинирани 4

индикатори на интензитет, PGA, SA(0.3), SA(0.6), SA(1.0). Индикаторот на интензитет PGA го претставува максималното забрзување на тло изразено преку гравитационо забрзување (g). Индикаторот SA со 5% пригушување за доминантни сопствени периоди, SA(0.3), SA(0.6) и SA(1.0), е спектрално забрзување на одговорот (response spectra acceleration) изразено преку гравитационо забрзување (g), (Danciu et al., 2021). Хазардниот интеграл е ограничен на 3 нивоа, медијана, горна и долна граница на стандардни девијации. Максималното растојание до кое може да делува хазардот е ограничено на 200км. Моделот на атенуација на земјотресно дејство е дефиниран како AkkarEtAIRhyp2014 (Salic et al., 2018). Воспоставувањето на просторната корелација на хазардот е со моделот на *Jayaram & Baker 2009* (JB2009), моментално единствениот модел кој постои во Open Quake engine (GEM, 2022). Просторната корелација на хазардот е направена според локалните почвени услови при што групирање на брзините на движење на сеизмичките бранови до длабочина од 30 метри не е дозволено {"vs30_clustering": False}.

За процена на оштетувањата од вака дефинираниот хазард, потребно е да се усвои соодветен модел на повредливост на оштетувања (слика 3.43), додека пак при процена на сеизмичкиот ризик се дефинираат моделите на повредливост на загуби (слика 3.44) кои може да се презентираат како економски загуби и човечки жртви.

```

[general]
description = Karposh existing site buildings - earthquake scenario - Mw6.6 at 10km
distance (using ESHM20 hazard input)
calculation_mode = scenario_damage
random_seed = 100
[exposure]
exposure_file = ..\Classical_PSHA\existing_exposure_model_buildings.xml
[geometry]
region = 21.39630 42.01418, 21.43326 42.01372, 21.43369 41.99150, 21.39643
41.99138
region_grid_spacing = 0.5
[rupture]
rupture_model_file = ..\Classical_PSHA\earthquake_rupture_6.6.xml
rupture_mesh_spacing = 0.2
[site_params]
site_model_file = local_site_model_07.22.xml
[hazard_calculation]
intensity_measure_types= PGA, SA(0.3), SA(0.6), SA(1.0)
truncation_level = 3
maximum_distance = 200
gsim = AkkarEtAIRhyp2014
number_of_ground_motion_fields = 1000
ground_motion_correlation_model = JB2009
ground_motion_correlation_params = {"vs30_clustering": False}
[fragility]
structural_fragility_file = ..\Classical_PSHA\existing_fragility_model.xml

```

Слика 3.43: Конфигурациски документ – Калкулатор Земјотресно сценарио, процена на оштетувања

[general]

description = Karposh existing site - earthquake scenario - Mw6.6 at 10km distance (using ESRH20 hazard input)

calculation_mode = scenario_risk

random_seed = 100

[exposure]

exposure_file = ..\Classical_PSHA\existing_exposure_model.xml

[geometry]

region = 21.39630 42.01418, 21.43326 42.01372, 21.43369 41.99150, 21.39643 41.99138

region_grid_spacing = 0.5

[rupture]

rupture_model_file = ..\Classical_PSHA\earthquake_rupture_6.6.xml

rupture_mesh_spacing = 0.2

[site_params]

site_model_file = local_site_model_07.22.xml

[hazard_calculation]

intensity_measure_types= PGA, SA(0.3), SA(0.6), SA(1.0)

truncation_level = 3

maximum_distance = 200

gsim = AkkarEtAIRhyp2014

number_of_ground_motion_fields = 1000

ground_motion_correlation_model = JB2009

ground_motion_correlation_params = {"vs30_clustering": False}

[vulnerability]

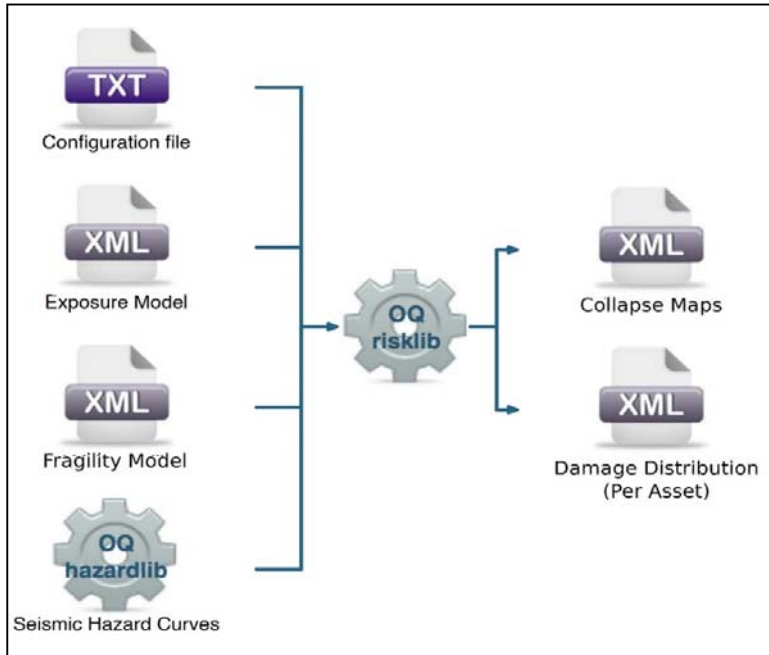
structural_vulnerability_file =
..\Classical_PSHA\existing_structural_vulnerability_model.xml

occupants_vulnerability_file =
..\Classical_PSHA\existing_occupants_vulnerability_model.xml

Слика 3.44: Конфигурациски документ- Калкулатор Земјотресно сценарио, процена на ризик

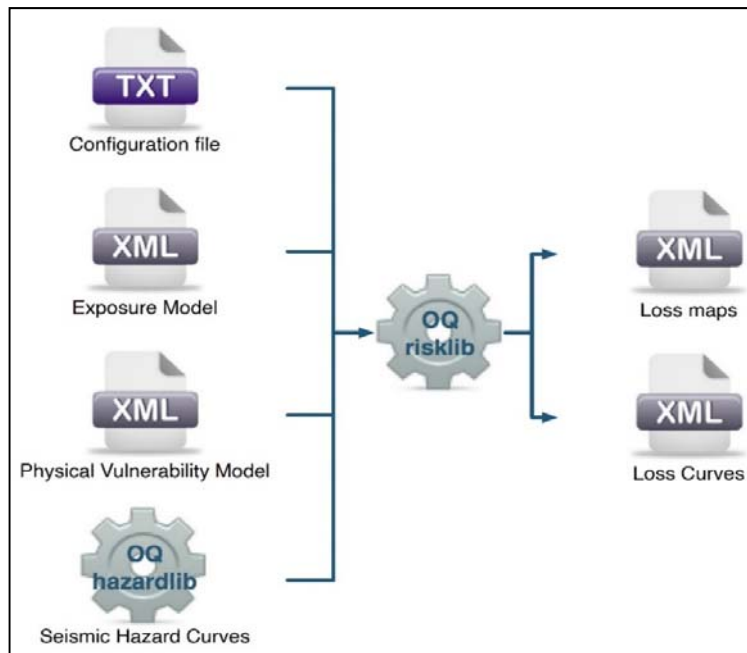
3.5.3.2 Калкулатор со Класичен Веројатносен Пристап

Калкулаторот со класичен веројатносен пристап за определен повратен период служи за пресметување на оштетувањата (слика 3.45) како резултат на hazardните криви генерирани за определен регион, моделот на повредливост на оштетувања и моделот на изложеност. Со овој калкулатор се зема во предвид веројатноста на постигнување на различните нивоа на оштетувања за ентитетите од моделот на изложеност и се генерираат мапи на оштетувања (GEM, 2022).



Слика 3.45: Open Quake engine – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на оштетувања. Извор: GEM, 2022

Со калкулаторот со класичен веројатносен пристап се пресметува и сеизмичкиот ризик, односно распределба на загуби за изложениот ентитет за определен повратен период каде влезните податоци се хазардните криви, моделот на повредливост на загуби и моделот на изложеност (слика 3.46).



Слика 3.46: Open Quake engine – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на ризик.. Извор: GEM, 2022

Пресметувањето на сеизмичкиот хазард и ризик со калкулаторот со класичен веројатносен пристап се реализира одделно.

Пример на конфигурациски документ за пресметување на сеизмичкиот hazard на пилот студијата во Карпош со калкулаторот класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години е прикажан на слика 3.47. Општите податоци за пресметката како и бројот на Monte Carlo симулации се опишани во генералниот дел. Регионот кој што е предмет на анализа е дефиниран со координати и густина на мрежа е 0,5км. Со [erf] (earthquake rupture forecast calculator – калкулатор за предвидување на земјотреси) е генериран список на земјотресни раседнувања врз основа на сеизмичките извори, при што се зема во предвид веројатноста на настанување на овие земјотреси во определен временски период. Густината на мрежата на раседнувања (rupture_mesh_spacing) на едноставен расед и комплексен расед, просторната распределба на честотата на магнитудите (width_of_mfd_bin), дискретизацијата на површинските извори (area_source_discretization), се делови од калкулаторот за предвидувања на земјотресни раседнувања чии димензии се дадени во км за да ја дефинираат прецизноста на пресметувањето на сеизмичкиот hazard со веројатносен пристап (GEM, 2022).

Како параметри на терен се применети локалните почвени услови (Дојчиновски и сораб., 2013). Бројот на логички стебла е земен 1000 за да се постигне поголема веродостојност на резултатите. Сеизмичкиот hazard е пресметан за различни типови на индикатори на интензитет со различни нивоа, PGA, SA(0.3), SA(0.6) и SA(1.0). Периодот на пресметување на сеизмичкиот hazard е определен на 50 години со веројатност на надминување од 0,1 [poes], што е еднакво на 475 години повратен период. Ограничувањето на стандарните девијации од медијана е дадена на три нивоа (GEM, 2022). Во последниот дел, [output], се дефинирани очекуваните излезни податоци од оваа пресметка.

[general]

```
description = Karposh_Skopje PSHA classical random_seed 113 #hazard esrm20#
```

```
calculation_mode = classical
```

```
random_seed = 113
```

[geometry]

```
region = 21.39630 42.01418, 21.43326 42.01372, 21.43369 41.99150, 21.39643  
41.99138
```

```
region_grid_spacing = 0.5
```

[erf]

```
rupture_mesh_spacing = 1
```

```
complex_fault_mesh_spacing = 5
```

```
width_of_mfd_bin = 0.1
```

```
area_source_discretization = 5.0
```

[site_params]

```
site_model_file = ..\Classical_PSHA\local_site_model_07.22.xml
```

[logic_trees]

```

source_model_logic_tree_file =
..\Classical_PSHA\hazard\source_model_logic_tree_eshm20.xml

gsim_logic_tree_file =
..\Classical_PSHA\hazard\gmpe_logic_tree_5br_slope_geology.xml

number_of_logic_tree_samples = 1000

[hazard_calculation]

intensity_measure_types_and_levels = {"PGA": [0.005, 0.0075, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04,
0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6,
0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1.0, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 2, 2.5,
3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0], "SA(0.3)": [0.005, 0.0075, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06,
0.07, 0.08, 0.09, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7,
0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1.0, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 2, 2.5, 3.0, 3.5,
4.0, 4.5, 5.0], "SA(0.6)": [0.005, 0.0075, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08,
0.09, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85,
0.9, 0.95, 1.0, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 2, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5,
5.0], "SA(1.0)": [0.005, 0.0075, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09,
0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9,
0.95, 1.0, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 2, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0]}

truncation_level = 3

investigation_time = 50

maximum_distance = 200

[output]

hazard_maps = true

loss_exceedance_curves = true

loss_maps = true

mean = true

poes = 0.1

```

Слика 3.47: Конфигурациски документ – процена на сеизмички hazard со класичен веројатносен пристап

Конфигурацискиот документ за пресметување на оштетувањата со калкулаторот класичен веројатносен пристап е прикажан на слика 3.48. Овде е дефиниран моделот на изложеност и моделот на повредливост на оштетувања. Повратниот период треба да биде ист со повратниот период дефиниран за сеизмичкиот hazard. За извршување на пресметката, конфигурацискиот документ за процена на ризикот е поврзан со конфигурацискиот документ за пресметување на hazardот преку командата: *oq engine - - run .. |Classical_PSHA|config.file.ini - - hc ID.*

```

[general]
description = Karposh_existing_Classical PSHA-Based damage
calculation_mode = classical_damage
[boundaries]
exposure_file = ..\Classical_PSHA\existing_exposure_model_buildings.xml
[hazard]
# km
asset_hazard_distance = 200
[fragility]
structural_fragility_file = ..\Classical_PSHA\existing_fragility_model.xml
[risk_calculation]
steps_per_interval = 1
investigation_time = 50

```

Слика 3.48: Конфигурациски документ – Калкулатор Класичен веројатносен пристап, процена на оштетувања

Пресметувањето на сеизмичкиот ризик се прави на ист начин како и пресметувањето на оштетувања со тоа што во конфигурацискиот документ се наведува моделот на повредливост на загуби (економски загуби или) човечки жртви (слика 3.49).

```

[general]
description = Karposh_existing_Classical PSHA-Based Risk
calculation_mode = classical_risk
[boundaries]
exposure_file = ..\Classical_PSHA\existing_exposure_model_buildings.xml
[hazard]
# km
asset_hazard_distance = 200
[vulnerability]
structural_vulnerability_file =
.. \Classical_PSHA\existing_structural_vulnerability_model.xml
occupants_vulnerability_file =
.. \Classical_PSHA\existing_occupants_vulnerability_model.xml
[risk_calculation]
steps_per_interval = 1
investigation_time = 50

```

Слика 3.49: Конфигурациски документ – Калкулатор веројатносен класичен пристап, процена на ризик

Резултатите од направените пресметувања на оштетувањата и сеизмичкиот ризик со сите калкулатори применети во пилот студијата во Карпош се прикажани во поглавјето 4 од оваа докторска дисертација.

Подетални информации за влезните параметри на моделите на изложеност применети за пресметување на сеизмички ризик се дадени во Прилозите 1 и 2 на овој докторски труд.

4 ПРЕГЛЕД НА РЕЗУЛТАТИ ОД ПРОЦЕНАТА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК ЗА ПИЛОТ СТУДИЈА ВО КАРПОШ - СЦЕНАРИО 1 И 2

Процената на сеизмичкиот ризик во пилот студијата се базира на два различни пристапа на дефинирање на сеизмичкиот hazard. При првиот пристап со земјотресно сценарио hazardот е дефиниран со детерминистички пристап за кој се избрани два земјотреса, локален земјотрес со магнитуда 6.6 и далечен земјотрес со магнитуда 7.1.

Во вториот пристап, сеизмичкиот hazard е анализиран со класичен веројатносен пристап каде интензитетот на движење на тло е анализиран за 10% веројатност на надминување во 50 години, односно за повратен период од 475 години и 10% веројатност на надминување во 10 години, односно за повратен период од 95 години.

Согласно дефинираниот hazard заедно со останатите компоненти на ризик, изложеност и повредливост, направена е проценка на сеизмичкиот ризик за пилот студијата во Карпош. Влезните податоци за компонентите на сеизмички ризик, т.е. hazard, изложеност и повредливост се објаснети во поглавје 3.

Со калкулаторот земјотресно сценарио направена е проценка на оштетувањата и загубите. Резултатите добиени од проценка на оштетувањата се анализирани и прикажани за критичниот земјотрес со магнитуда 6.6 на оддалеченост од 10км. Економските загуби и човечките жртви проценети со овој калкулатор не се прикажани бидејќи истиот не ја зема во предвид веројатноста на настанување на загубите.

Со калкулаторот класичен веројатносен пристап за повратни периоди од 475 и 95 години направена е проценка и анализа на оштетувањата и загубите.

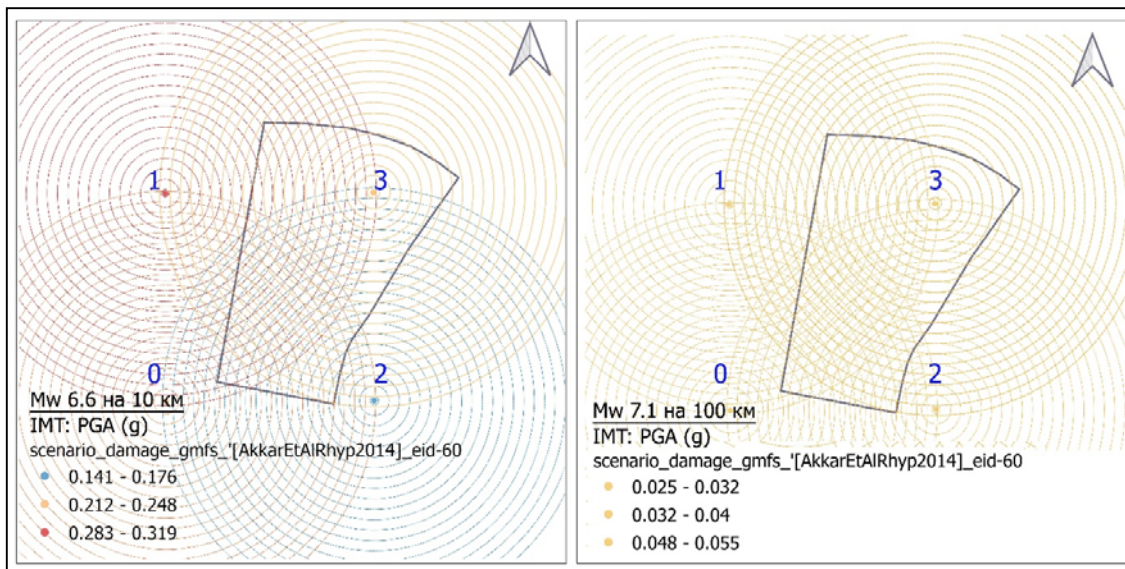
Просечните оштетувања добиени од калкулаторите земјотресно сценарио и класичен веројатносен пристап, се анализирани од аспект на период на изградба и корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти. Урбанистичкиот параметар намена не е анализиран бидејќи во пилот студијата доминира намената домување (слика 3.22) и нема простор за компарација.

4.1 ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО КАЛКУЛАТОРОТ ЗЕМЈОТРЕСНО СЦЕНАРИО ЗА МАГНИТУДА 6.6 НА 10КМ И 7.1 НА 100КМ ОДДАЛЕЧЕНОСТ - СЦЕНАРИО 1 И 2

При земјотресно сценарио калкулаторот на Open Quake engine генерира полиња на движење на тло со различни интензитети. Алеаторна и епистематска променливост на движење на тлото се земаат во предвид при земјотресно сценарио (GEM, 2022). По голем број на движења на тлото овозможува добивање на просечна вредност на оштетувањата со поголема точност. Во конфигурацијата на земјотресно сценарио за двата земјотреси (Mw 6.6 и Mw 7.1) беа дефинирани по 1000 полиња на движење на тло во регион со 500м густина на мрежа на полиња на движење.

На слика 4.1 може да се видат површината на пилот студијата и четири точки (0, 1, 2, 3) кои претставуваат локација на генерирање на полиња на движење на

тлото при што за секоја од овие точки се генерирани по 1000 реализации на движења на тлото.



Слика 4.1: Полиња на движење генерирани при земјотресно сценарио Mw 6.6 (лево) и Mw 7.1 (десно)

Во табела 4.1 е прикажан минималниот и максималниот интензитет на движење на тлото во PGA (g) при различните реализации, за двете земјотресни сценарија.

Табела 4.1: Интензитет на движење на тло согласно полиња на движење на тло генерирани од земјотресно сценарио

Поле на движење на тлото	Реализации на движење на тлото	Mw 6.6 на 10км PGA (g) мин-макс	Mw 7.1 на 100 км PGA (g) мин-макс
0	0 - 999	0,04 – 2,21	0,01 – 0,39
1	0 - 999	0,03 - 2,47	0,01 – 0,43
2	0 - 999	0,03 – 2,83	0,00 – 0,50
3	0 - 999	0,02 – 3,02	0,00 – 0,52

При процена на оштетувањата, за секоја реализација се дефинира вкупниот бројот на конструкции во различните нивоа на оштетување (табела 4.2). Слично, при процена на ризикот за секоја реализација се дефинира вкупната економска загуба и вкупниот број на човечки жртви (табела 4.3). Алатката не обезбедува информација за оштетувањата и загубите на поедините ентитети од моделот на изложеност, за секоја реализација индивидуално, туку се врши процена на просечните оштетувања и ризикот.

Табела 4.4.2: Реализации и вкупни оштетувања – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1

настан_ознака	лесно (DS1)	умерено (DS2)	значително (DS3)	рушење (DS4)	вид на загуба
912	42.88	25.73	16.30	70.91	конструкција
127	34.67	22.97	16.85	68.91	конструкција
123	33.64	19.06	11.42	66.91	конструкција

Табела 4.3: Реализации и вкупни загуби (економски и човечки жртви) – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1

настан_ознака	загуба	вид на загуба
127	37.17	жители
0	8,150,000 €	конструкција
496	36.98 €	жители
1	3,560,000 €	конструкција

При процесирање на просечните оштетувања или загуби за определен фонд на објекти, моделите на изложеност и повредливост се комбинираат со просечната вредност на интензитети на движење на тло. Пример на добиени резултати од просечни оштетувања и просечни загуби се дадени на табелите 4.4 и 4.5 последователно. Просечните оштетувања на еден ентитет се распределуваат на сите нивоа на оштетувања при што нивниот збир мора да е еднаков на 1. Просечниот број на конструкции во различните нивоа на оштетувања се добива од збирот на просечните оштетувања на поединечните ентитети од моделот на изложеност. Сите ентитети од моделот на изложеност имаат сопствен идентификационен број и истите се прикажани во Прилог 2 на доктроскиот труд.

Табела 4.4: Просечни оштетувања – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1

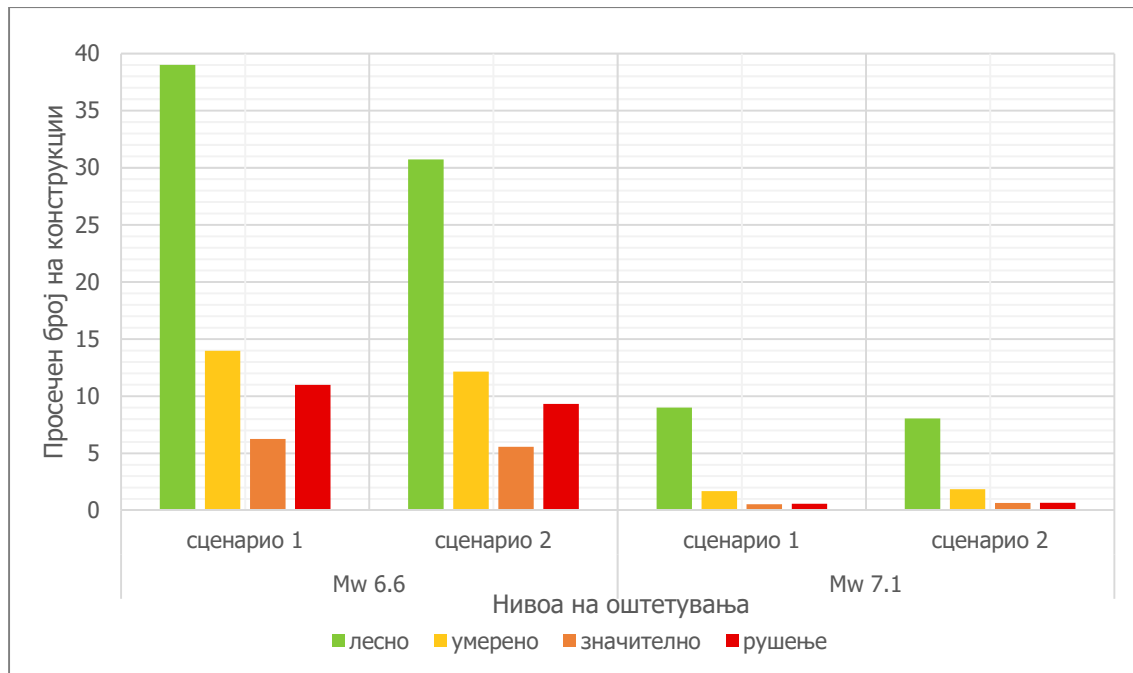
ентитет-ид.	таксоном.	без оштетувања	Лесно (DS1)	Умерено (DS2)	Значително (DS3)	Рушење (DS4)
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	0.91	0.05	0.02	0.01	0.01
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	0.36	0.32	0.14	0.07	0.11
M3_20	MCF_LWAL-DUL_H3	0.55	0.31	0.08	0.03	0.04

Табела 4.5: Просечни загуби – извадок од резултати од земјотресно сценарио Mw 6.6 за сценарио 1

ентитет-ид.	таксономија	човечки жртви	конструкција_загуби
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	0.05	120,170 €
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	0.17	279,333 €
M3_20	MCF_LWAL-DUL_H3	0.02	16,567 €

На слика 4.2 е прикажан просечниот број на конструкции во различни нивоа на оштетувања за урбанистичко сценарио 1 и 2 при процена со земјотресни сценарија со Mw 6.6 и Mw 7.1. Според прикажаните резултати (слика 4.2) локалниот земјотрес со магнитуда 6.6 на 10 км оддалеченост од предметната локација е покритичен настан од далечниот земјотрес (Mw 7.1) и за двете сценарија на моделот на изложеност. При локалниот земјотрес просечниот број на конструкции во различните нивоа на оштетување е приближно ист и за двете сценарија освен за лесно ниво на оштетување каде во сценарио 1 просечниот број на конструкции изнесува 39 додека во сценарио 2 е 30. Од друга страна,

просечниот број на конструкции во различните нивоа на оштетувања при далечен земјотрес е многу мал. Бидејќи земјотресот со магнитуда 6.6 на оддалеченост од 10км е покритичен за пилот студијата, сите понатамошни анализи и резултати се однесуваат на ова сценарио.

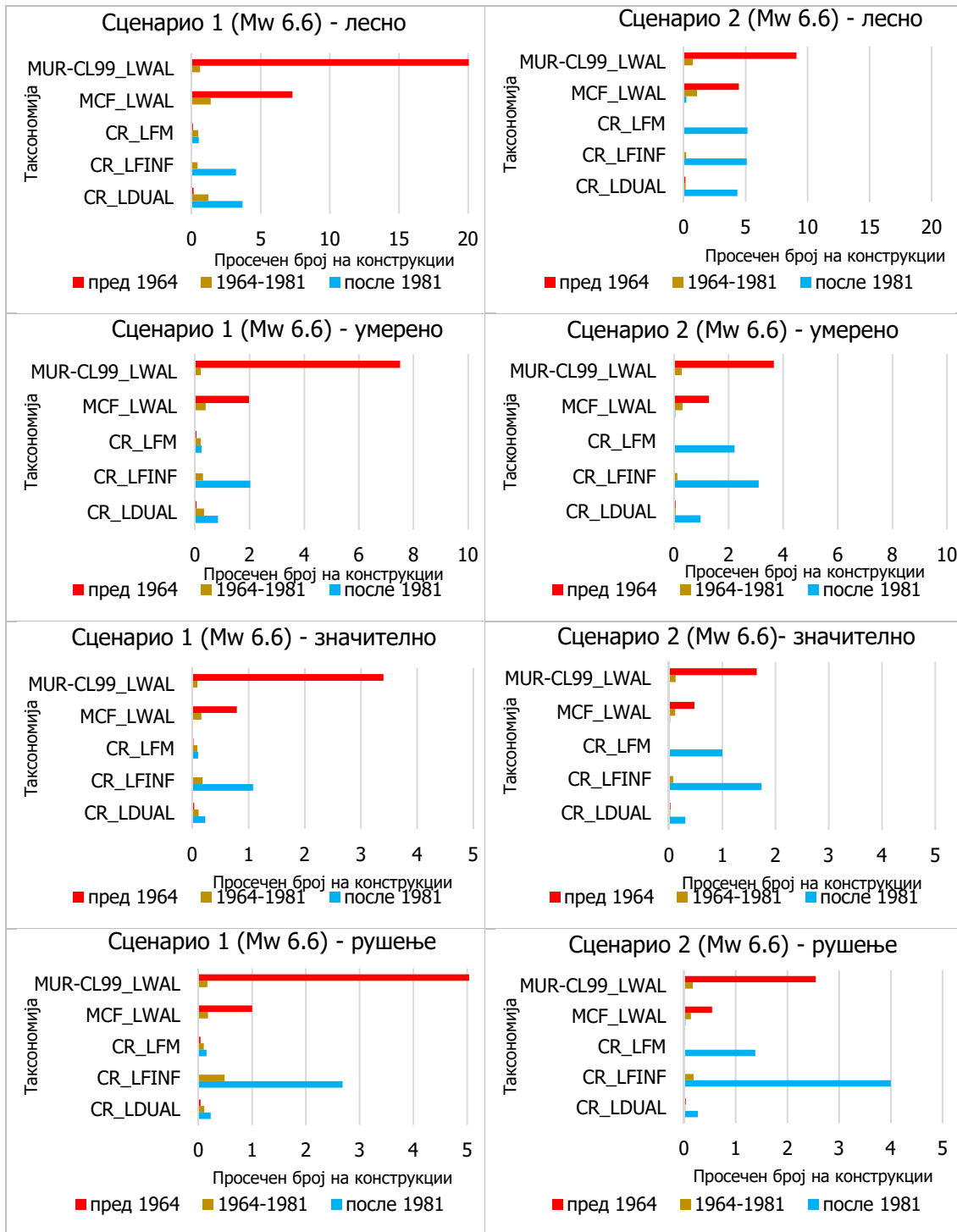


Слика 4.2: Нивоа на оштетувања и просечен број на конструкции во сценарио 1 и 2 при земјотресно сценарио Mw 6.6 на 10км и Mw 7.1 на 100км оддалеченост.

4.1.1 Резултати од процена на оштетувањата со калкулаторот земјотресно сценарио за магнитуда 6.6 на 10км

4.1.1.1 Оштетувања според период на изградба

Од резултатите на направената процена на оштетувањата (слика 4.3) може да се увиди дека на сите нивоа на оштетување доминираат објектите изградени пред 1964 година, со тоа што во сценарио 2 скоро двојно се намалува бројката во споредба со сценарио 1. Во "лесно" и "умерено" ниво на оштетување при сценарио 2 расте бројот на конструкциите изградени после 1981 година. Зголемениот број на објекти со таксономија во АБ рамки со исполна (CR_LFINF) изградени после 1981г., во ниво "рушење", и во двете сценарија и посебно во сценариото 2, не се должи на нивната зголемена повредливост на туку на доминантниот тип на таксономија во разгледуваниот период (слика 3.18). Конструкциите изградени во периодот од 1964 до 1981 во сите нивоа на оштетување се застапени во многу мал број.

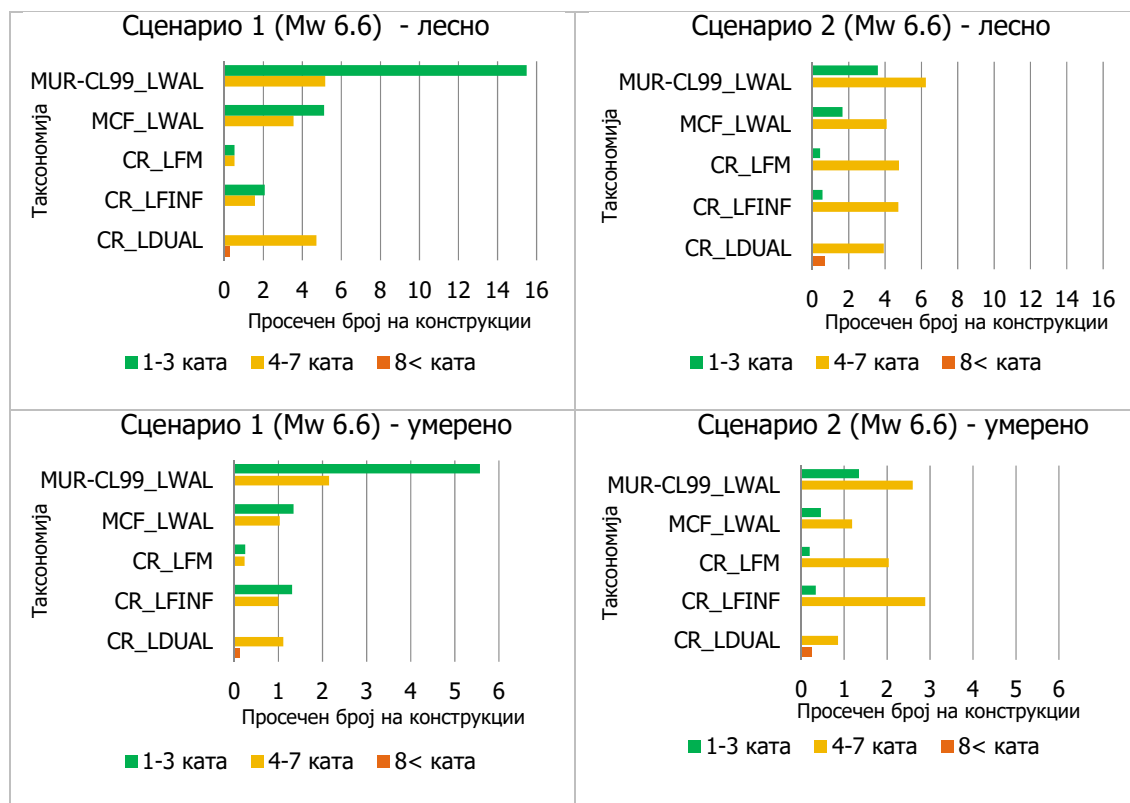


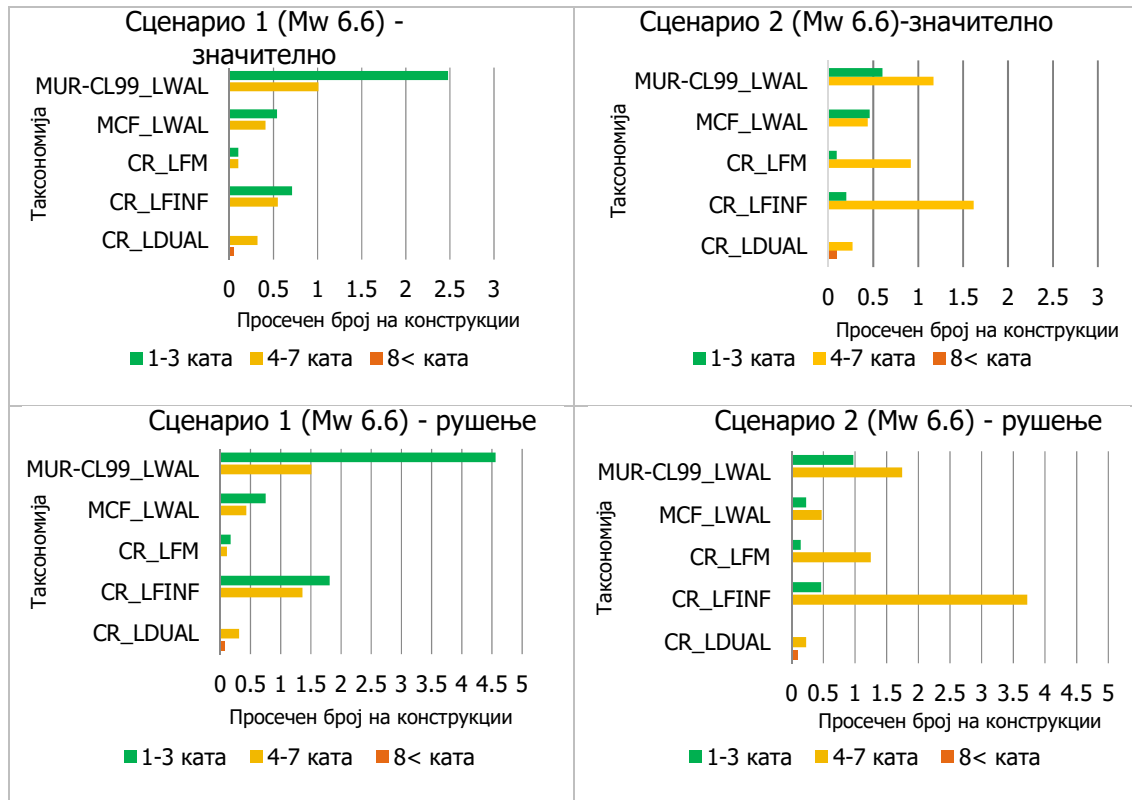
Слика 4.3: Нивоа на оштетувања според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2

4.1.1.2 Дистрибуција на оштетувањата во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар висина на објекти и со таксономијата, е прикажана на слика 4.4.

Ниските објекти (1-3 ката) со таксономија MUR-CL99_LWAL се најмногу присутни во сите нивоа на оштетување во сценарио 1. Средно високите објекти (4-7 ката) во сите таксономии покажуваат помал број на оштетувања во сценарио 1 додека во сценарио 2 бројот на средно високите конструкции во нивоа на оштетување "умерено", "значително" и "рушење" се зголемува во споредба со ниските конструкции. Средно високите објекти со таксономија CR_LFINF се најзастапени во ниво на оштетување "рушење". Високите објекти (над 8 ката) со таксономија CR_LDUAL се застапени во помал број во двата модели на изложеност (слики 3.20 и 3.21) и истите покажуваат минимални оштетувања.

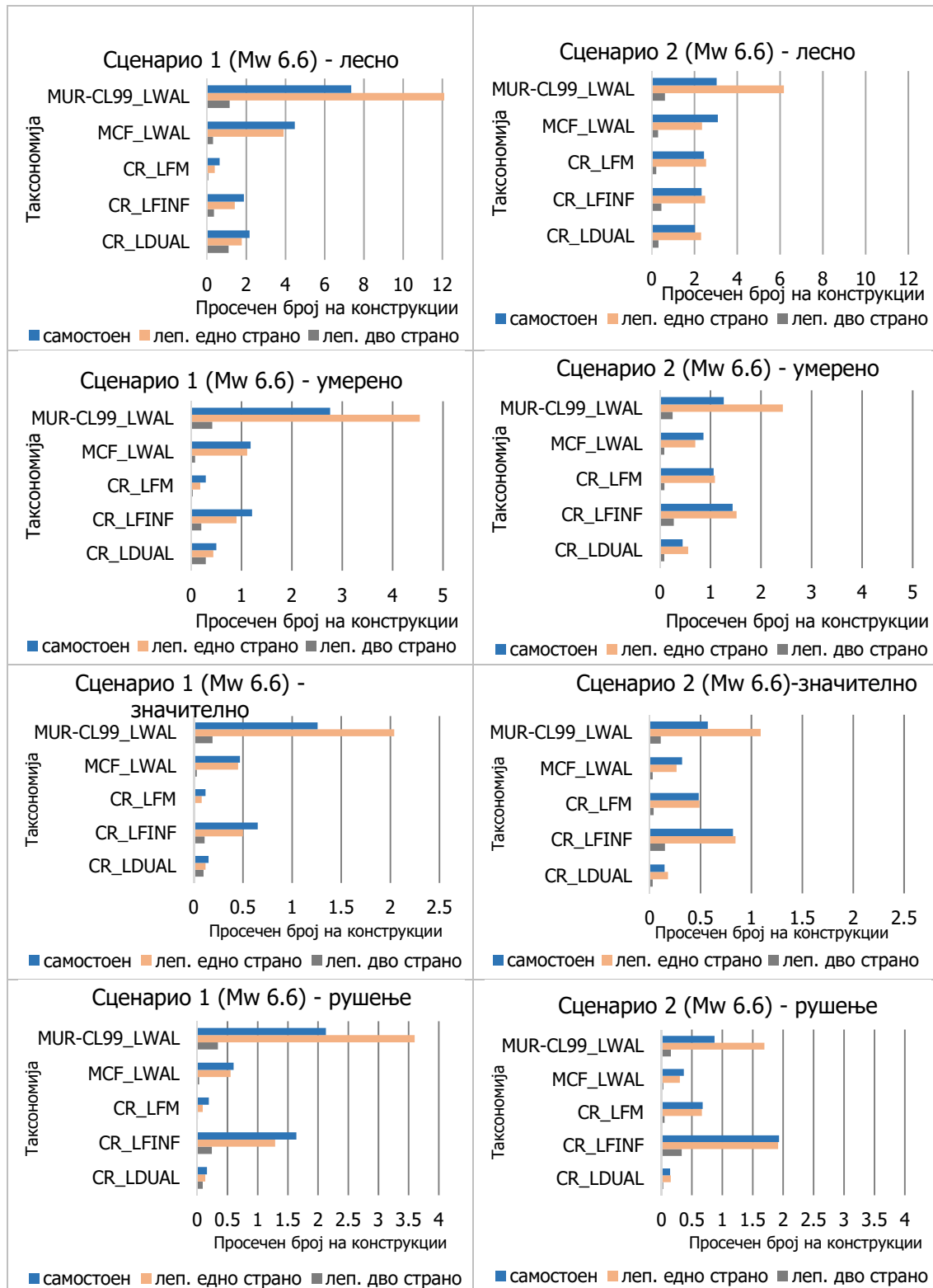




Слика 4.4: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар поставеност на објекти во блок и со таксономијата, е прикажана на слика 4.5.

Генерално, за сите степени на оштетување, и во двете сценарија, критични се објектите со таксономии MUR-CL99_LWAL и MCF_LWAL и чија позиција во блокот е еднострана лепенка. Самостоечките објекти, и во двете сценарија, и за сите степени на оштетување покажуваат сличен тренд со објектите чија позиција е еднострана лепенка во сите таксономии, со исклучок на MUR-CL99_LWAL. Во моделите на изложеност за сценарио 1 и 2 бројот на објекти поставени во блокот како двострани лепенки е многу мал (слики 3.31 и 3.32) и оттука е нивната мала застапеност во дистрибуцијата на оштетувањата.

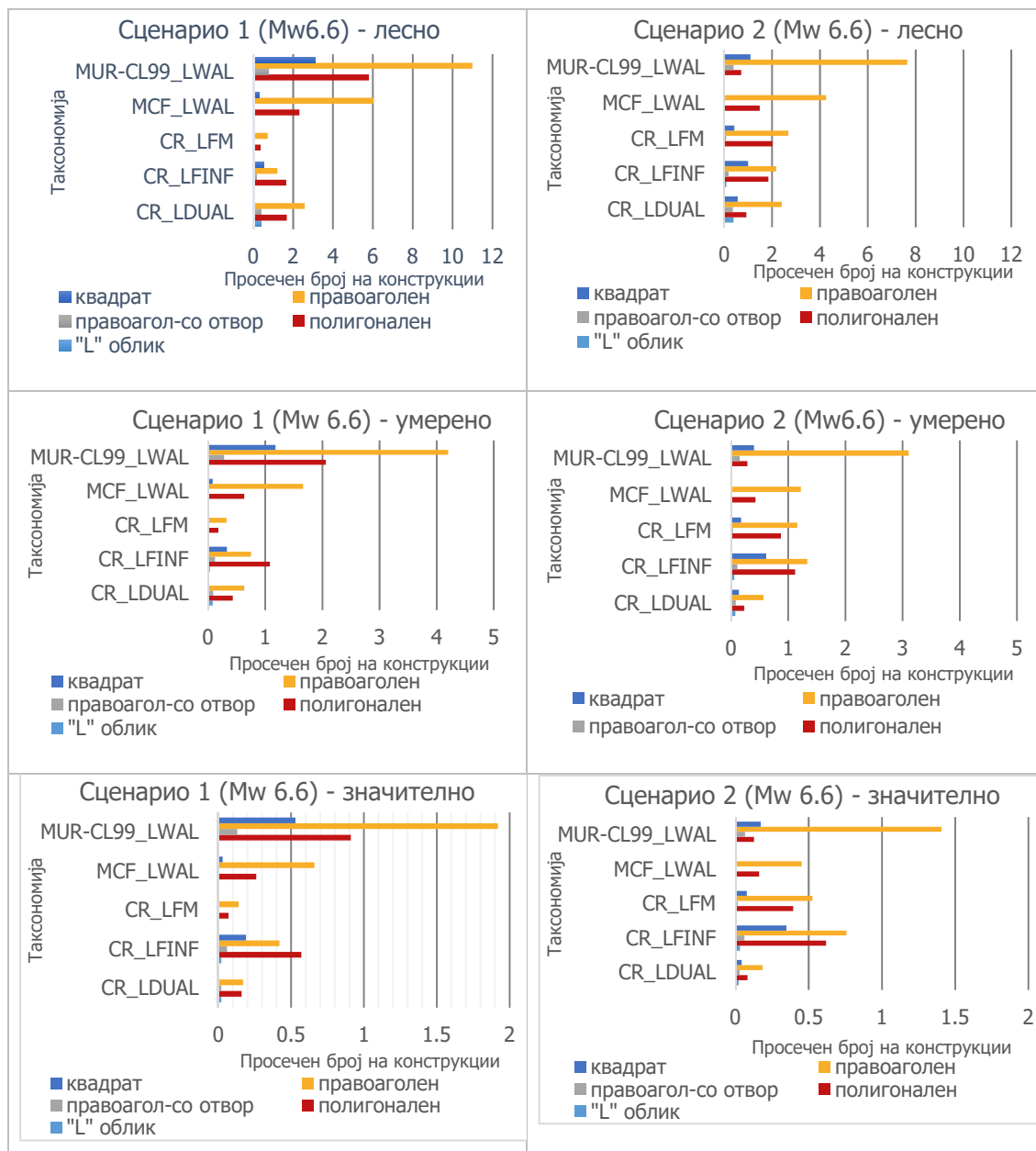


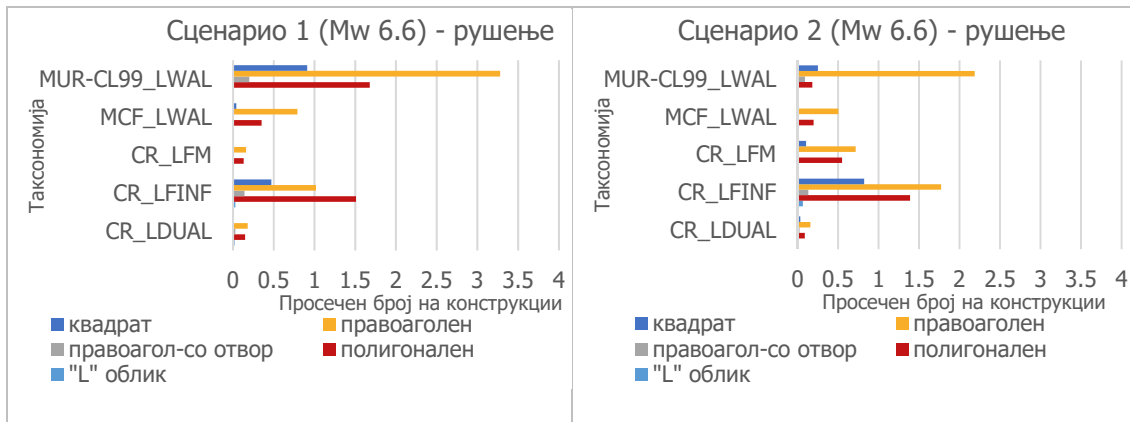
Слика 4.5: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар облик на основа на објектите и со таксономијата, е прикажана на слика 4.6.

За сите степени на оштетувања, и во двете сценарија, за сите таксономии, доминира правоаголниот облик на основа што е особено изразено за објектите со таксономија MUR-CL99_LWAL и MCF_LWAL. Овој тренд не се должи само на нивната зголемена повредливост на туку и на доминантната застапеност на оваа таксономија во моделот на изложеност (слика 3.27).

Во ниво на оштетување "рушење" покрај правоаголен облик со таксономија MUR-CL99_LWAL се зголемува бројот на конструкции со таксономија CR_LFINF и полигонален облик на основата. Другите облици на основа покажуваат мал број на лесни оштетувања во двете сценарија додека во останатите нивоа на оштетување се незначително присутни.





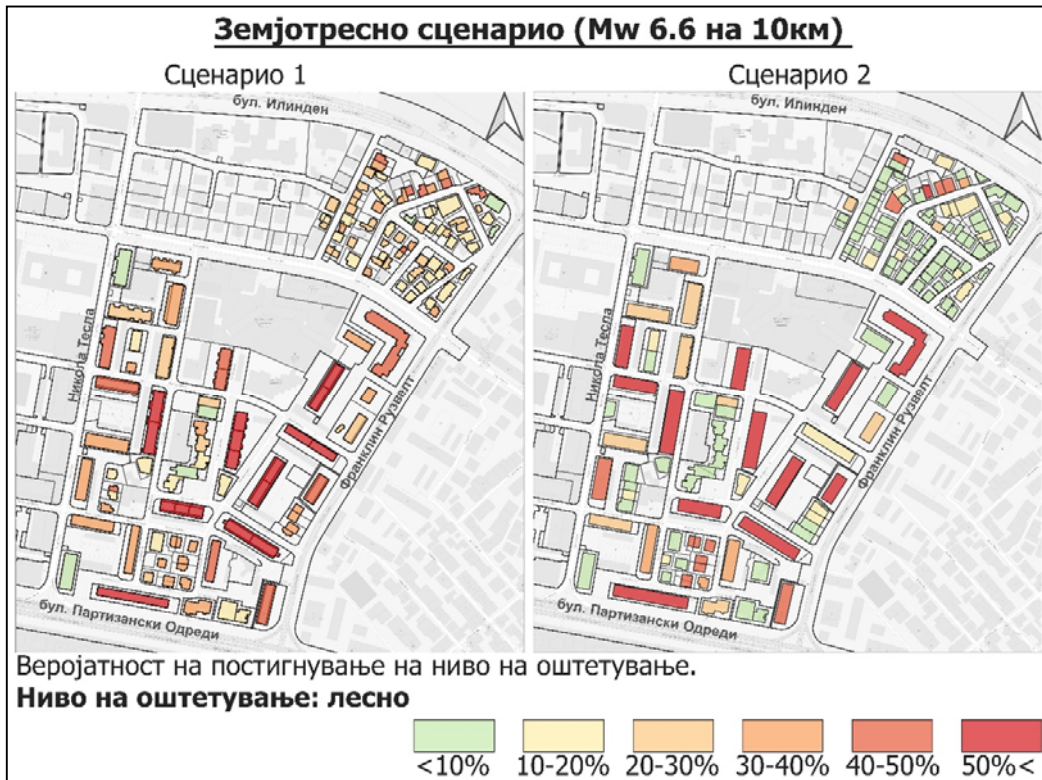
Слика 4.6: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

4.1.1.3 Мапи на оштетувања според калкулаторот земјотресно сценарио за магнитуда 6.6 на 10км

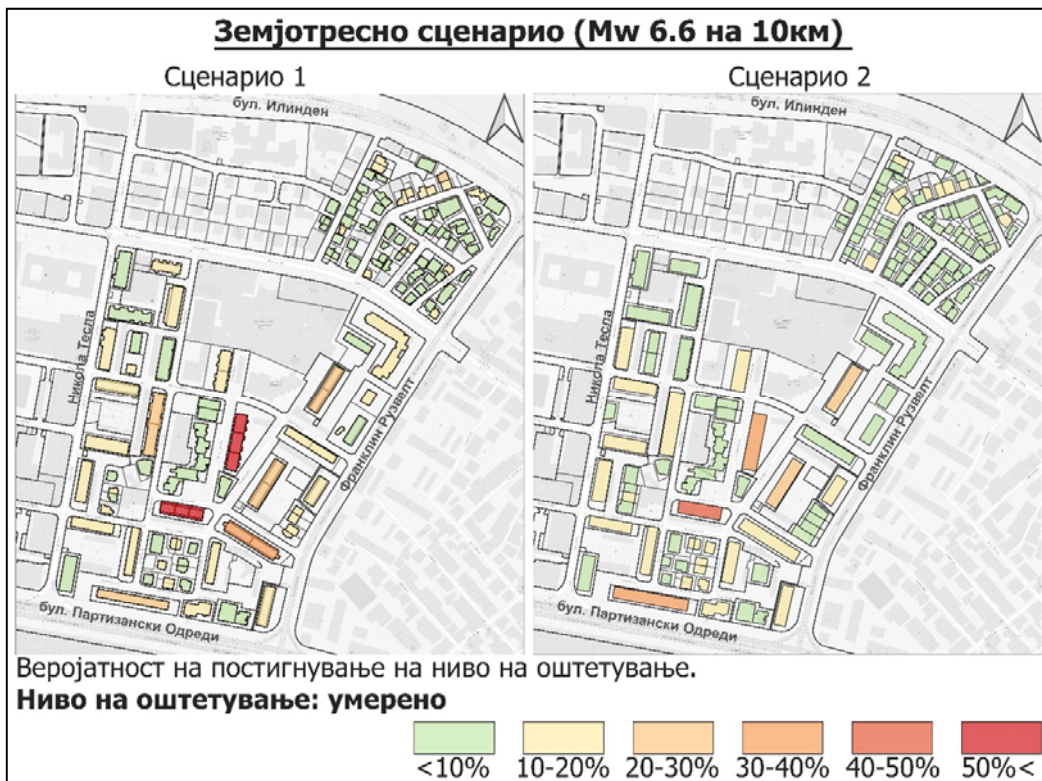
При процена на сеизмичкиот ризик со земјотресно сценарио просечните оштетувања може да се прикажат во форма на мапа согласно избран модел на атенуација. За процена на сеизмичкиот ризик на пилот студијата беше избран моделот на атенуација на земјотресно дејство на AkkarEtAIRhyp2014. Согласно овој модел се генерирани мапи на дистрибуција на просечните оштетувања за различните степени на оштетување.

Мапите на оштетувања се прикажани одделно за сценарио 1 и 2 за различните степени на оштетување, со што е овозможена лесно воочување на разликите во просечните оштетувања меѓу сценаријата (слики 4.7-4.10).

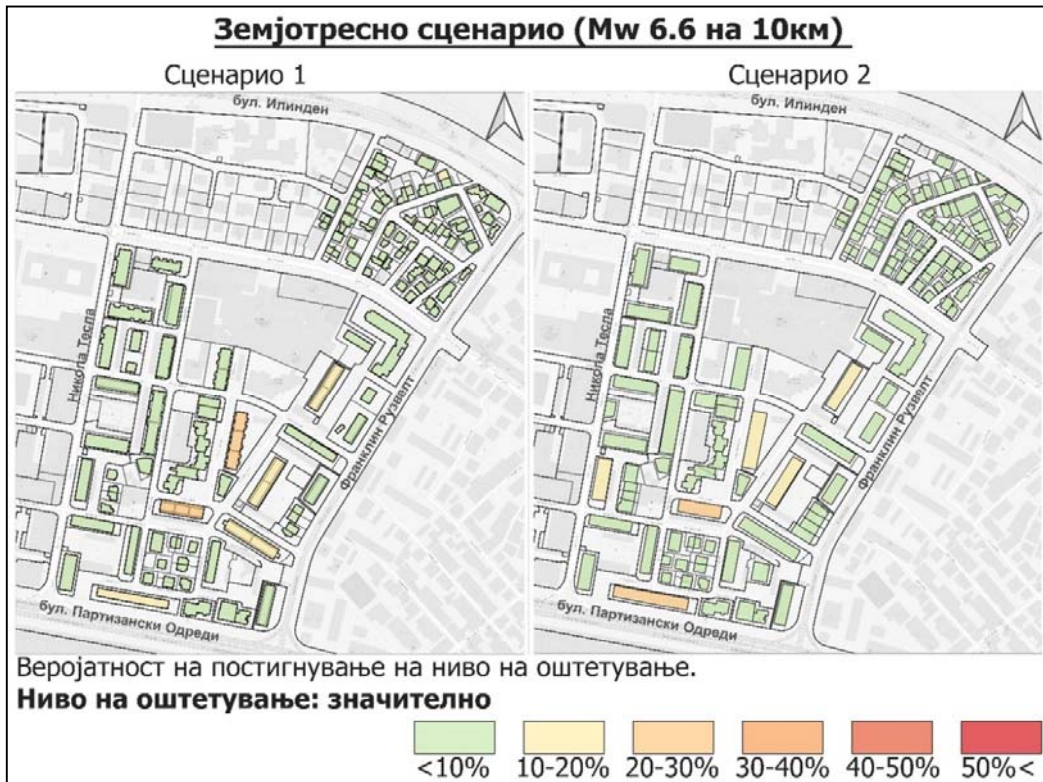
И во двете сценарија, голем број на објекти ќе претрпат "лесно" ниво на оштетување, со веројатност на појава поголема од 50%, при што генерално, бројот на ваквите објекти се намалува во сценарио 2 (слика 4.7). Во умерено ниво на оштетување се намалува веројатноста на постигнување на нивото на оштетување за повеќето објекти освен за неколкуте објекти во централниот дел кои во сценарио 1 покажуваат поголема веројатност на оштетување за разлика од сценарио 2 (слика 4.8). Кај многу мал број на објекти можна е појава на степен на оштетување "значително" и тоа со многу ниска веројатност (10-20%) (слика 4.9). Слична е состојбата и за ниво на оштетување "рушење" (слика 4.10).



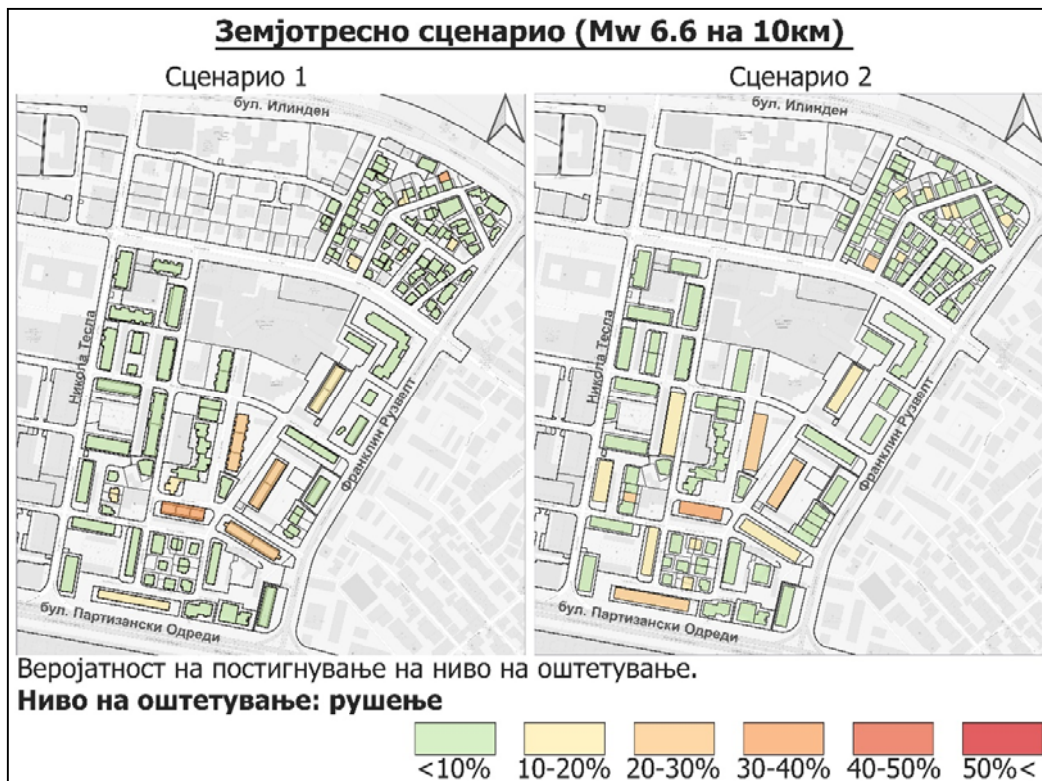
Слика 4.7: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "лесно" при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhyp2014)



Слика 4.8: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "умерено" при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhyp2014)



Слика 4.9: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "значително" при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhyp2014)

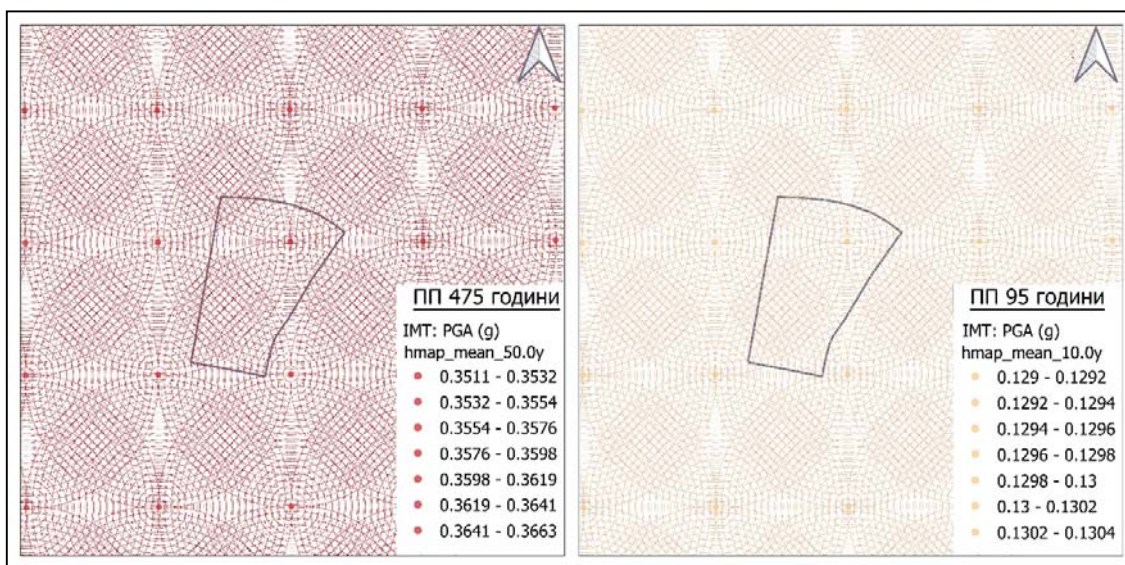


Слика 4.10: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "рушење" при земјотресно сценарио со Mw 6.6 на 10 км оддалеченост (реализација број 0; AkkarEtAIRhyp2014)

4.2 ПРОЦЕНА НА СЕИЗМИЧКИ РИЗИК СО КАЛКУЛАТОРОТ КЛАСИЧЕН ВЕРОЈАТНОСЕН ПРИСТАП ЗА ПП 475 И ПП 95 ГОДИНИ - СЦЕНАРИО 1 И 2

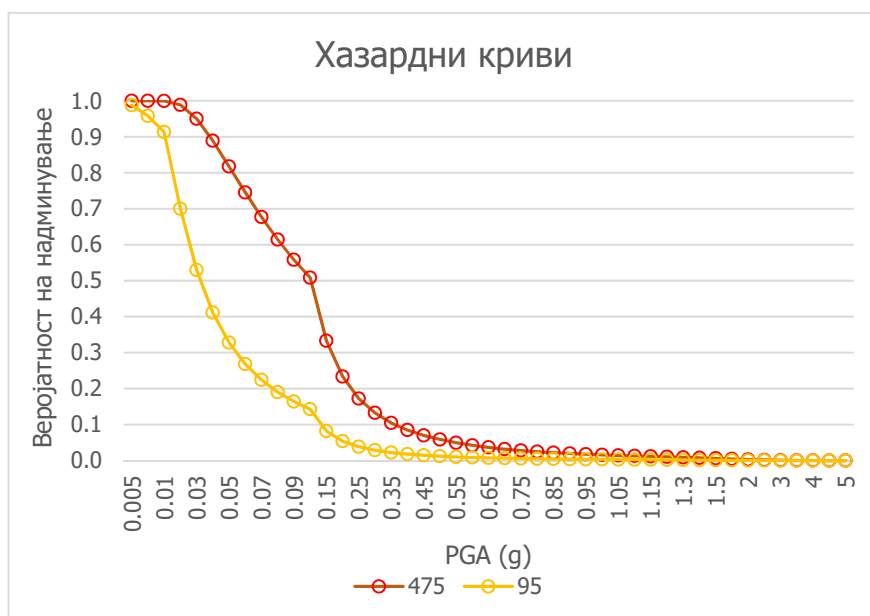
Калкулаторот со класичен веројатносен пристап пресметува хазардни криви кои ги содржат податоците за интензитетот на движење на тлото за одреден повратен период. Бидејќи во веројатносен пристап се земаат во предвид различни видови на сеизмички извори заедно со повеќе модели на атенуација на земјотресно дејство многу важна улога имаат логичките стебла. При процена на сеизмичкиот хазард со класичен веројатносен пристап бројот на примероци на логички стебла беше дефиниран како 1000 со цел генерирање на што повеќе можни варијации за добивање на меродавни резултати. Пресметувањето на хазардните криви за пилот студијата беше дефинирана за поголем регион кој што ја опфаќа и површината на пилот студијата при што оддалеченоста на точките кои претставуваат хазардни криви изнесува 500 метри.

Секоја од точките прикажани на слика 4.11 за повратен период од 475 и 95 години претставува хазардна крива која содржи податоци за просечниот интензитет на движење на тло како и веројатноста на постигнување на одреден интензитет (слика 4.12).



Слика 4.11: Хазард мапи според класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 и 95 години

Според податоците за сеизмичкиот хазард со класичен веројатносен пристап може да се заклучи дека за повратен период од 475 години просечниот интензитет на движење на тло е 0,35g, а за повратен период од 95 години е 0,13g. Пример на хазардна крива за повратните периоди 475 и 95 години е прикажан на слика 4.12.



Слика 4.12: Хазардни криви за повратен период од 475 и 95 години

Резултатите од процената на оштетувањата со калкулаторот класичен веројатносен пристап содржат податоци за просечните оштетувања земајќи ги во предвид сите реализации (1000) од логичките стебла и оштетувањата од поединечните реализации. Ризик компонентите, моделите на изложеност и повредливост на оштетувања, во функција со просечната вредност на интензитет на движење на тло резултираат со просечни оштетувања (табела 4.6). Исто така, ризик компонентите во комбинација со интензитетот на движење на тлото од поедините реализации резултираат со оштетувања за определена реализација (табела 4.7)

Во табела 4.6 се прикажани просечните оштетувања за повратен период од 475 години за мал сегмент од сценарио 1 на моделот на изложеност. Слично на калкулаторот земјотресно сценарио и со класичен веројатносен пристап збирот на оштетувањата од различните нивоа за еден ентитет изнесува 1.

Табела 4.6: Просечни оштетувања – извадок од резултати од класичен веројатносен пристап со ПП 475 години за сценарио 1

ентитет-ид.	таксоном.	без оштетувања	Лесно (DS1)	Умерено (DS2)	Значително (DS3)	Рушење (DS4)
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	0.958	0.021	0.009	0.004	0.008
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	0.634	0.243	0.063	0.023	0.036
M3_20	MCF_LWAL-DUL_H3	0.736	0.2	0.034	0.012	0.017

Во табела 4.7 како пример е прикажана реализација бр. 402 од процената на оштетувања со класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години

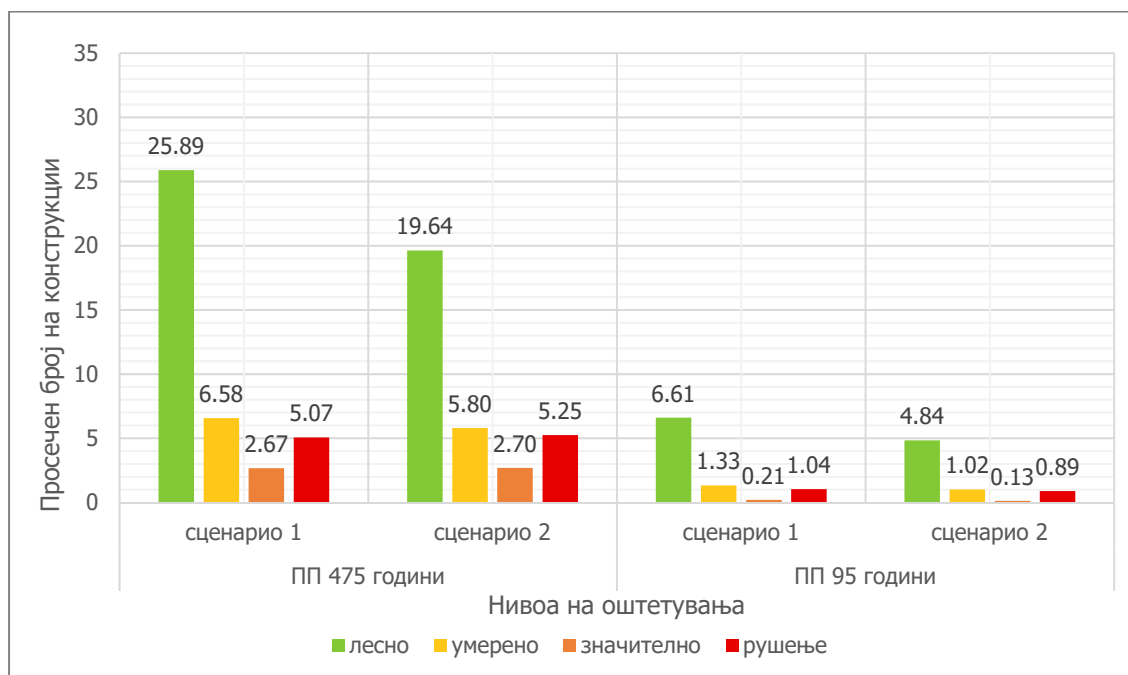
за сценарио 1. Од компарација на двете табели може да се види дека резултатите од избраната реализација се повисоки од просечните вредности во табела 4.6.

Табела 4.7: Оштетувања според реализација бр. 402 – извадок од класичен веројатносен пристап со ПП 475 за сценарио 1

ентитет-ид.	таксоном.	без оштетувања	Лесно (DS1)	Умерено (DS2)	Значително (DS3)	Рушење (DS4)
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	0.886	0.062	0.024	0.011	0.017
5_10	MUR-CL99_LWALL-DNO_H5	0.247	0.435	0.162	0.064	0.092
M3_20	MCF_LWALL-DUL_H3	0.412	0.426	0.089	0.031	0.043

Очекувано, просечните оштетувања се поголеми (се манифестираат кај поголем број на ентитети) за интензитет на движење на тлото за повратен период од 475 години во споредба со движење на тлото со повратен период од 95. Во останатите нивоа, умерено, значително и рушење, оштетувањата се незначително мали (слика 4.14.).

За повратен период од 475 години просечниот број на конструкции кои би биле лесно оштетени е поголем во сценарио 1 за разлика од сценарио 2. Истиот тренд прдложува и за другите три нивоа на оштетување, “умерено”, “значително” и “рушење”.



Слика 4.13: Нивоа на оштетувања и просечен број на конструкции во сценарио 1 и 2 при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 и 95 години.

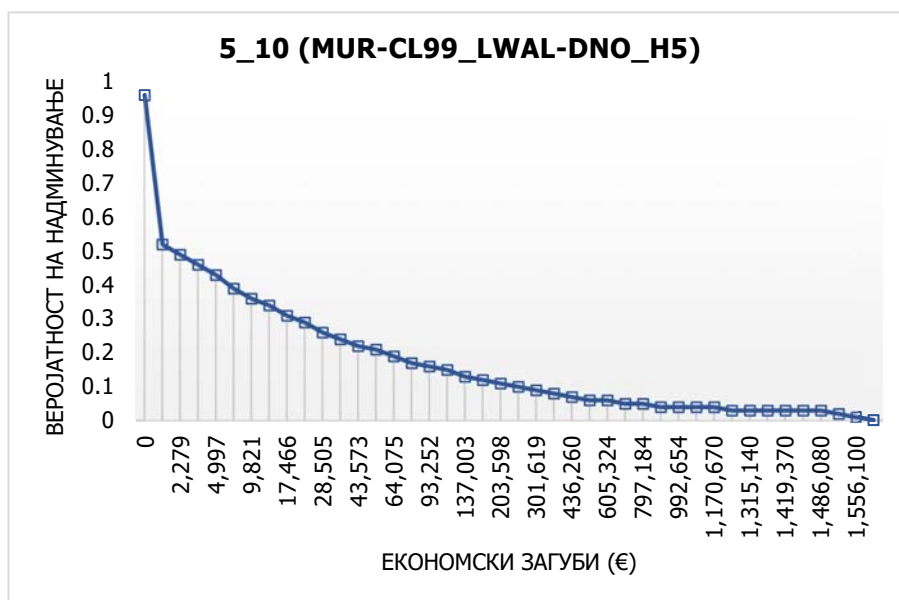
При процена на загубите (економски и човечки жртви), во класичниот веројатносен пристап просечниот интензитет на движење на тлото се комбинира со моделите на изложеност и повредливост на загуби. Како резултат се добиваат

просечните загуби и веројатноста на загубите за поедините ентитети од моделот на изложеност.

Резултатите од просечните загуби (економски и човечки жртви) за мал дел од моделот на изложеност од сценарио 1 е прикажан како пример во табела 4.8. Пример на дијаграм на веројатноста на постигнување на економските загуби за ентитетот 5_10 од моделот на изложеност при сценарио 1 е прикажан во слика 4.13. Вкупната вредност на ентитетот 5_10 во сценарио 1 изнесува 1.556.100 €. Веројатноста на постигнување на загуба еднаква на максималната вредност на ентитетот е 0%, додека пак веројатноста на постигнување на загуба еднаква на на најниската вредност (2.279 €) е 50% (слика 4.13). Просечната економска загуба за овој ентитет изнесува 104.870€ (табела 4.8).

Табела 4.8: Просечни загуби – извадок од резултати од класичен веројатносен пристап со ПП 475 години за сценарио 1

настан_ознака	Таксономија	човечки жртви	конструкција_за губи
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	1.86	68,618 €
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	2.73	104,870 €
M3_20	MCF_LWAL-DUL_H3	0.41	8,039 €



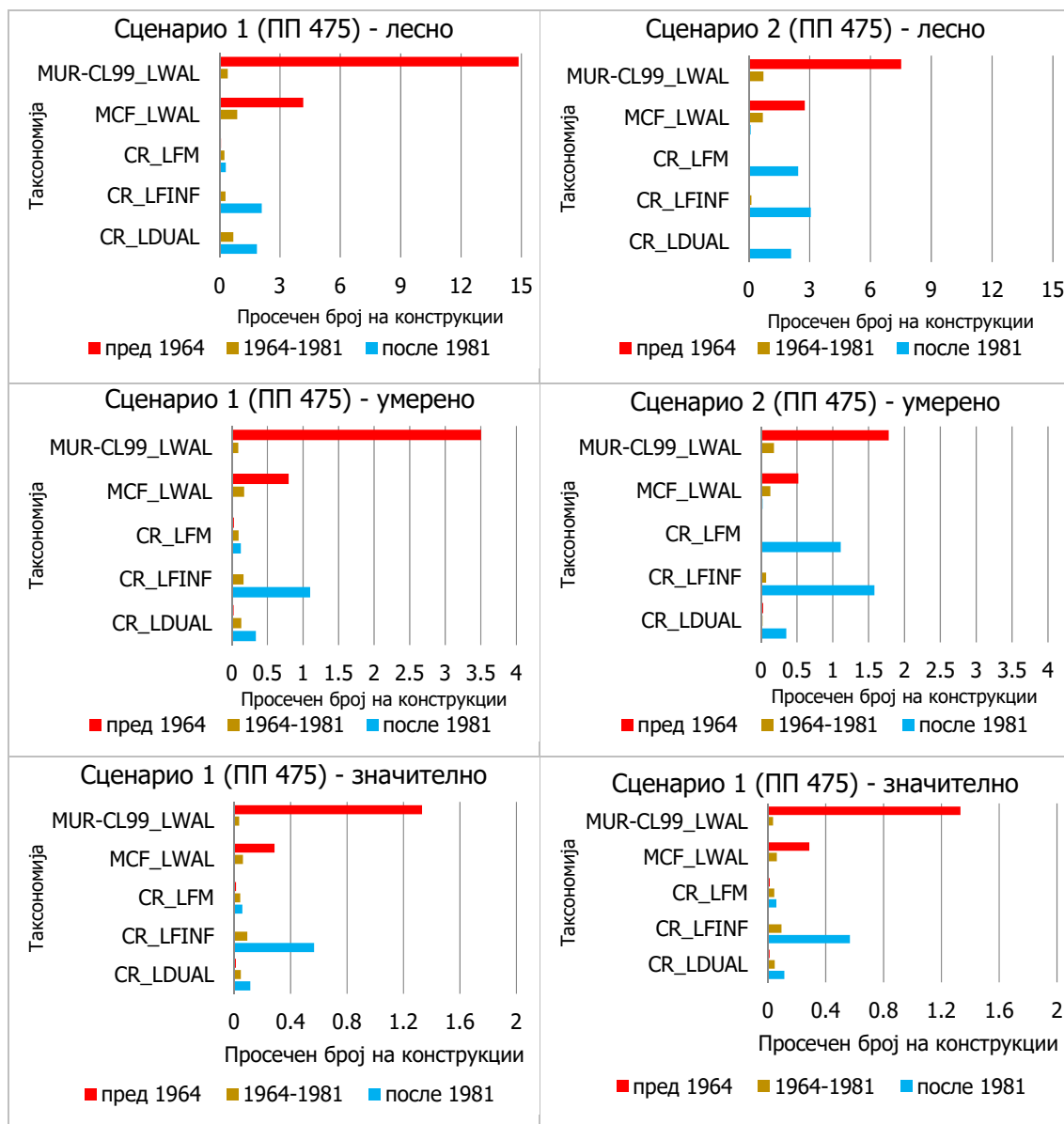
Слика 4.14: Веројатност на надминување на економски загуби за ентитет 5_10 во сценарио 1 при класичен веројатносен пристап со ПП 475 години.

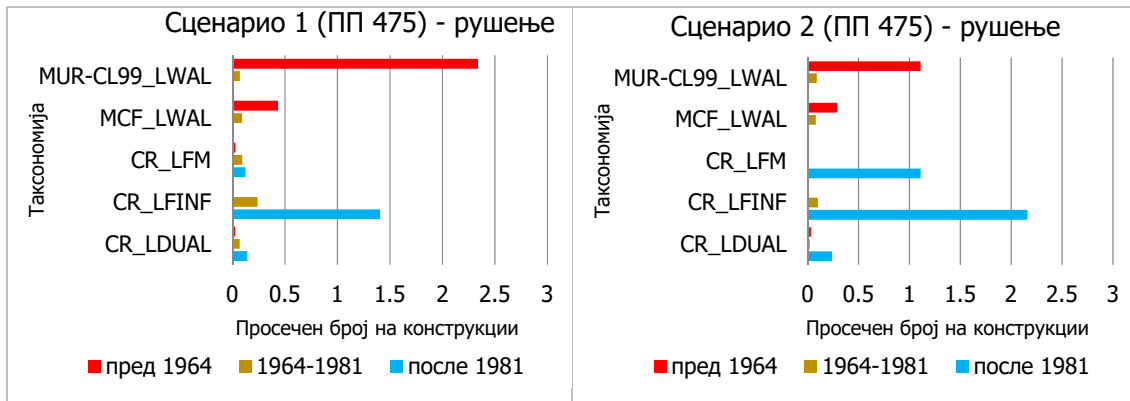
4.2.1 Резултати од процена на оштетувањата со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 години

4.2.1.1. Оштетувања според период на изградба

Процената на оштетувањата за интензитет на движење на тлото со повратен период од 475 години анализирано од аспект на период на изградба на конструкциите резултира со голем број на оштетувања на конструкции изградени пред воведувањето на првите сеизмички прописи во 1964 година (MUR-

CL99_LWAL и MCF_LWAL). Бидејќи во сценарио 2 се намалува бројот на постоечки објекти изградени пред 1964 година следствено се намалува бројот на конструкции со "лесно" ниво на оштетување. Поради малиот број на објекти во пилот студијата изградени меѓу 1964 и 1981 (слика 3.17 и 3.18), оштетувањата се незначителни во сите нивоа на оштетувања и во двете сценарија. На ниво "рушење", за сценарио 1 доминира бројот на објекти изградени пред 1964 г. , додека пак во сценарио 2 преовладува бројот на објекти изградени после 1981 година со таксономија CR_LFINF, (слика 4.14), а во корелација со нивната застапеност во моделот на изложеност (слика 3.18).



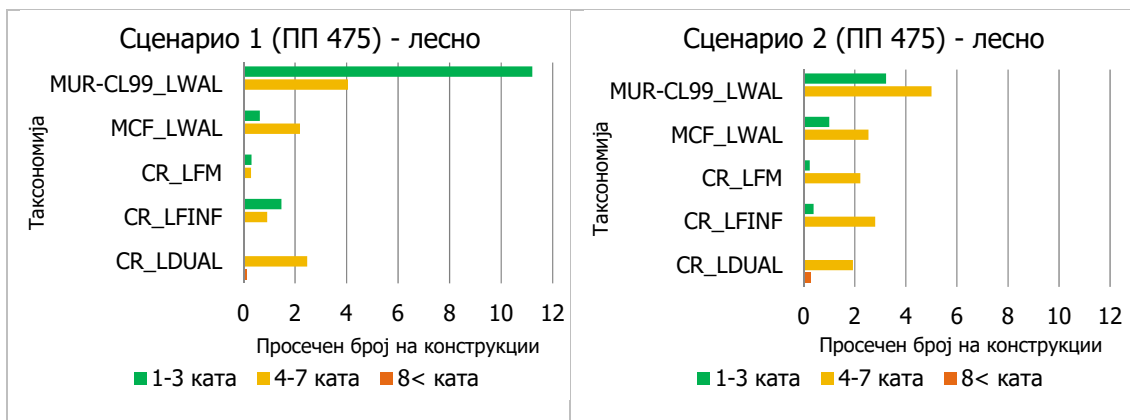


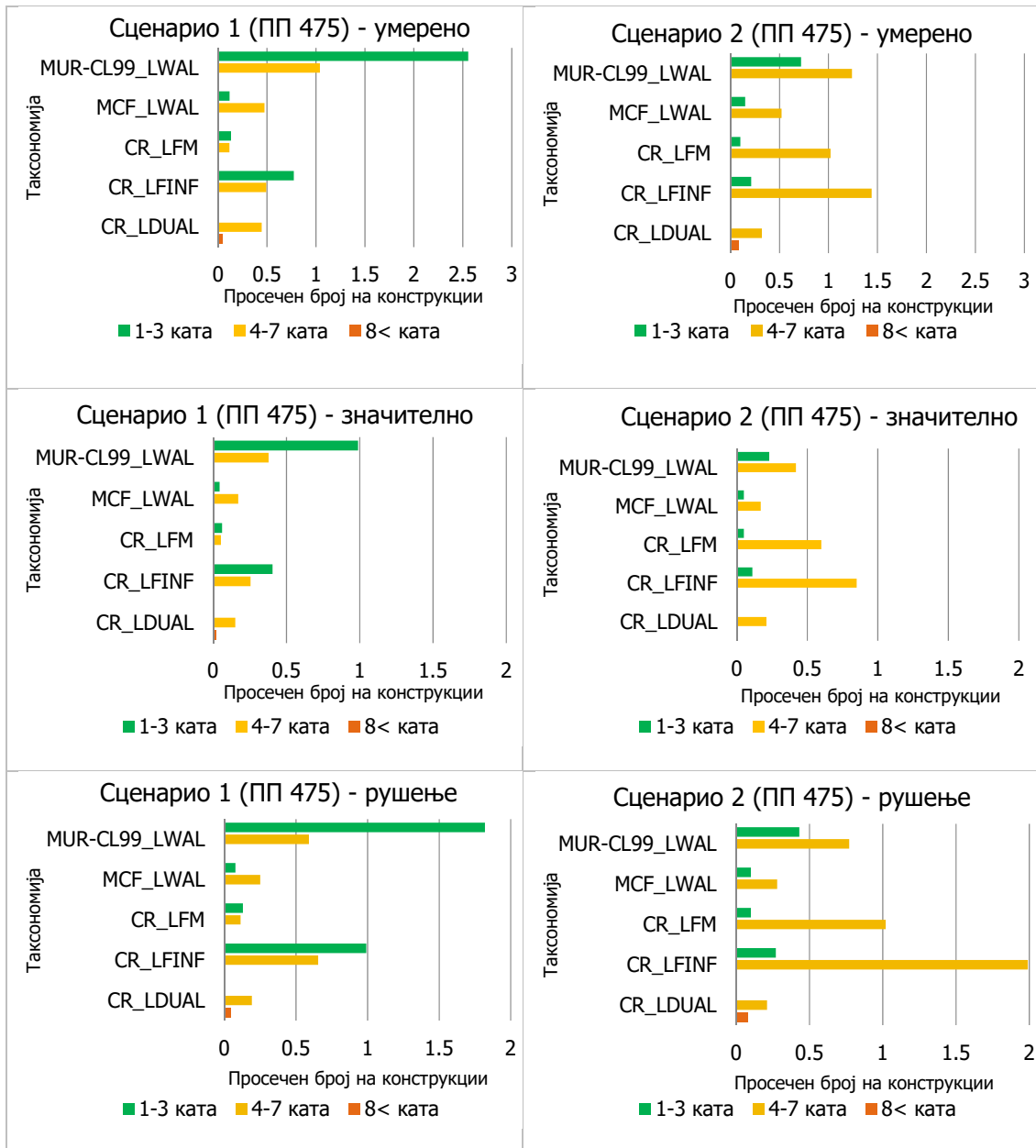
Слика 4.15: Нивоа на оштетување според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2

4.2.1.2. Дистрибуција на оштетувања во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар висина на објекти и со таксономијата, според резултатите од калкулаторот класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години е прикажана на слика 4.15.

При сценарио 1 во сите нивоа на оштетување доминираат ниските објекти со висина до 3 ката. Бројот на ниските објекти се намалува во сценарио 2 и следствено тие се помалку застапени додека објектите со средна висина (4 до 7 ката), доминираат во сите нивоа на оштетување. Средно високите објекти во "лесно" ниво на оштетување се застапени во сите видови на таксономии но преодоминантно во MUR-CL99_LWAL. Нивото "рушење" во сценарио 1 доминатен е бројот на ниски објекти со таксономии MUR-CL99_LWAL и CR_LFINF, додека пак во сценарио 2 преовладуваат средно високите објекти со таксономии CR_LFM и CR_LFINF, повторно во корелација со нивната застапеност во моделот на изложеност (слика 3.19). Поради малата застапеност на високите објекти (над 8 ката) во моделот на изложеност и во двете сценарија (слика 3.19), истите се минимално присутни во сите нивоа на оштетување.

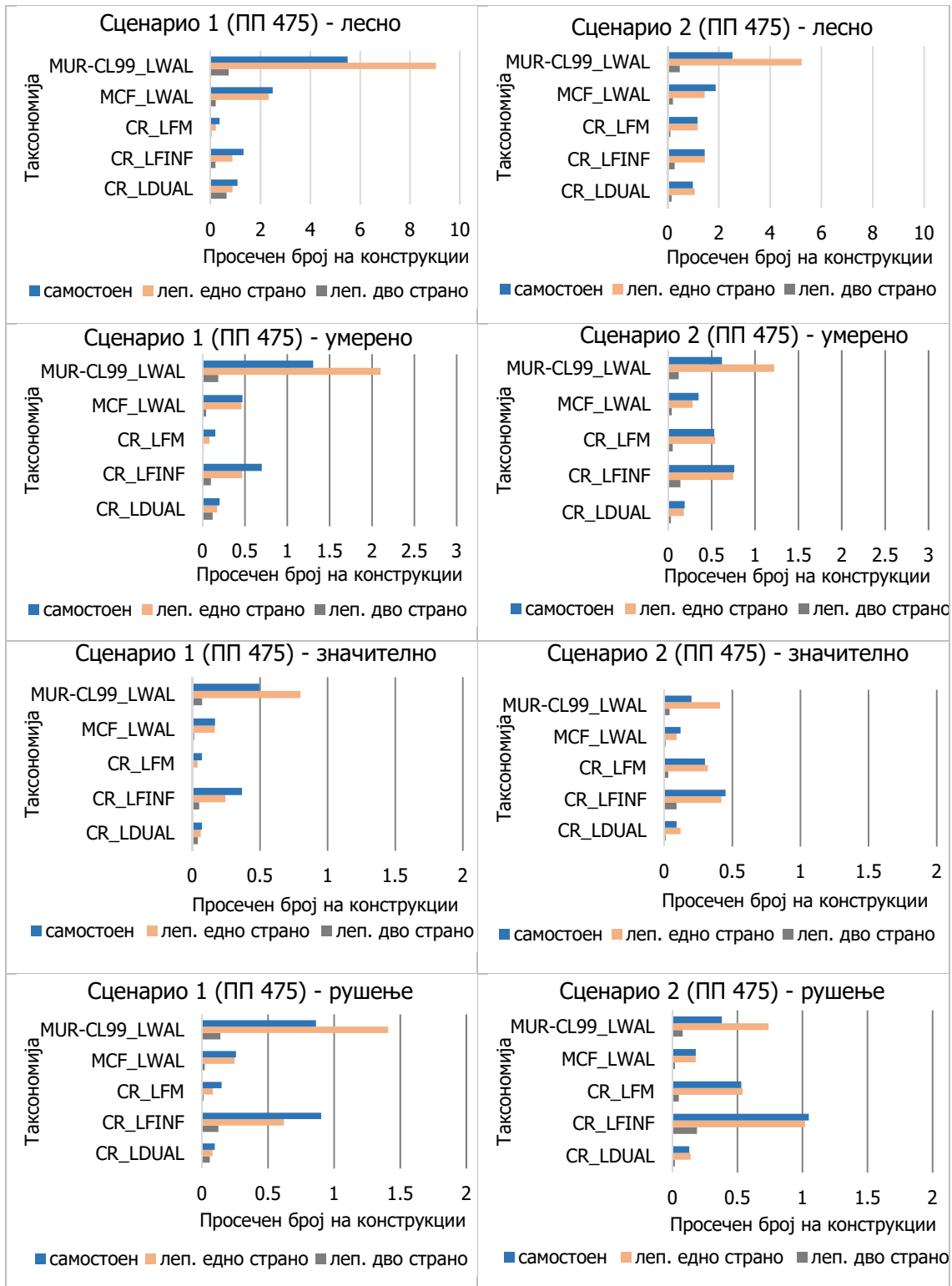




Слика 4.16: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар поставеност на објектите во блокот и со таксономијата е прикажана на слика 4.16.

И во двете сценарија, во сите нивоа на оштетување, доминираат објектите со еднострана лепенка од кои во сценарио 1 преодминантни се објектите со таксономија MUR-CL99_LWAL. Овој тренд се задржува и во сценарио 2, освен во ниво на оштетување "рушење", во кое покрај оваа таксономија присутни се и објектите од типот на CR_LFINF (со лепенка од една страна и самостојечки). Објектите кои имаат двострана лепенка во сценарио 1 и 2 се присутни во помал број (слики 3.31 и 3.32) што резултира со мал број на вака позиционирани објекти во различните нивоа на оштетување.

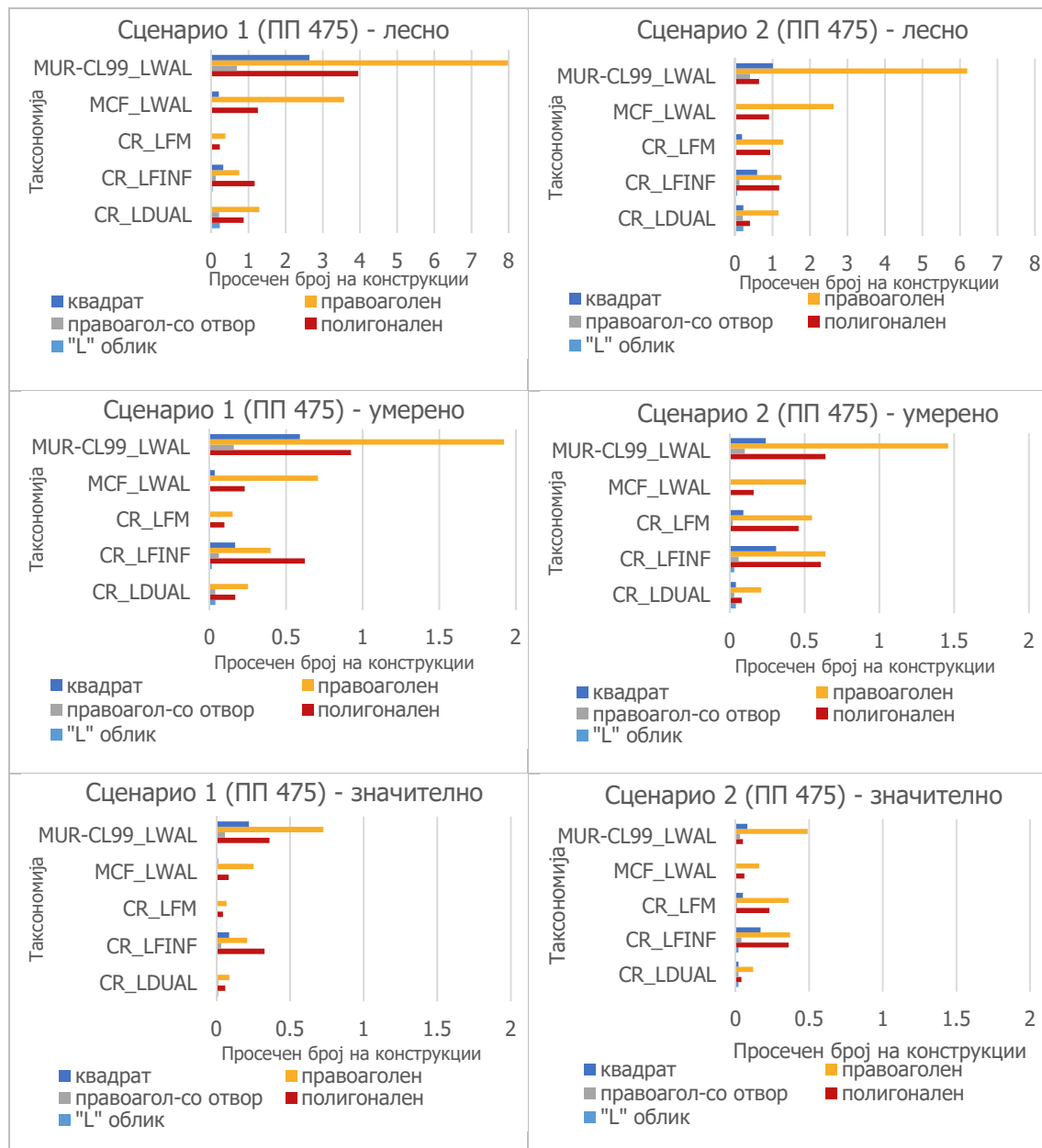


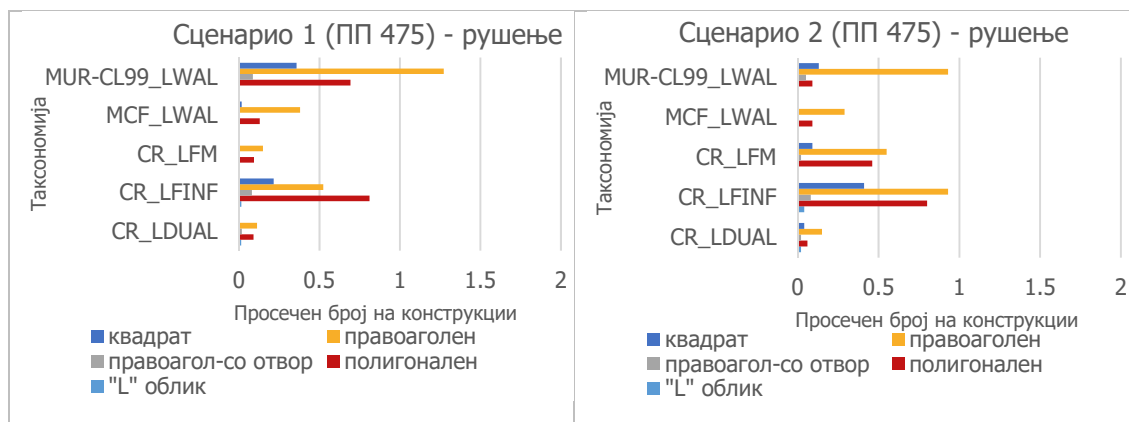
Слика 4.17: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар облик на основа на објекти и со таксономијата е прикажана на слика 4.18.

Во дистрибуцијата преовладува правоаголниот облик на основа и во двете сценарија и во сите нивоа на оштетување со преобладавајќа таксономија MUR-CL99_LWAL. За ниво на оштетување "рушење", паралелно со оваа таксономија се јавува и CR_LFINF, со правоаголна и полигонална форма, и во двете сценарија на моделот на изложеност.

Малиот број на објекти со L форма на основа и правоаголна форма со отвор во основата, во сите нивоа на оштетувања, се должи на нивната мала застапеност во моделот на изложеност, и во двете сценарија (слики 3.27 и 3.28).



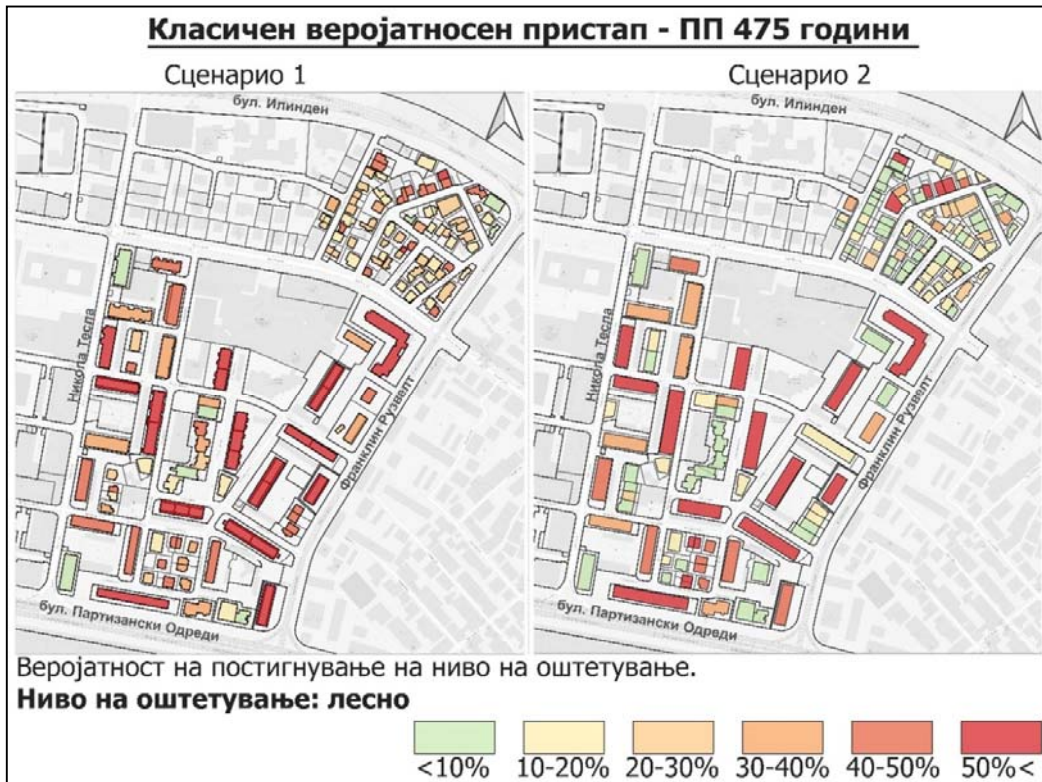


Слика 4.18: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

4.2.1.3. Мапи на оштетувања според калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 години

Оштетувањата на различните нивоа добиени како резултат на процена на сеизмички ризик со класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години се прикажани во форма на мапи. Овие мапи содржат податоци за распредлбата на оштетувања на секоја конструкција присутна во моделот на изложеност. При класичен веројатносен пристап се генерираат онолку мапи колку што се генерираат и реализации. За прикажување на мапите на оштетувања избрана е реализацијата број 402 кој што го претставува моделот на атенуација на земјотресно дејство KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology (Danciu et al., 2021) и се однесува на тектонски регион со плитка сеизмичност. Изборот на реализација е детално објаснето во поглавје 3.2.2. Мапите на оштетувања содржат податоци за веројатноста на постигнување на одредено ниво на оштетување. Веројатноста за постигнување на лесно ниво на оштетување е поголема за објектите во сценарио 1 (слика 4.19). Во ниво на "умерено" оштетување состојбата и во двете сценарија е скоро слична освен за објектите од централниот дел кои во сценарио 1 покажуваат поголема веројатност на постигнување на оштетување а во сценарио 2 ова веројатност се намалува (слика 4.20).

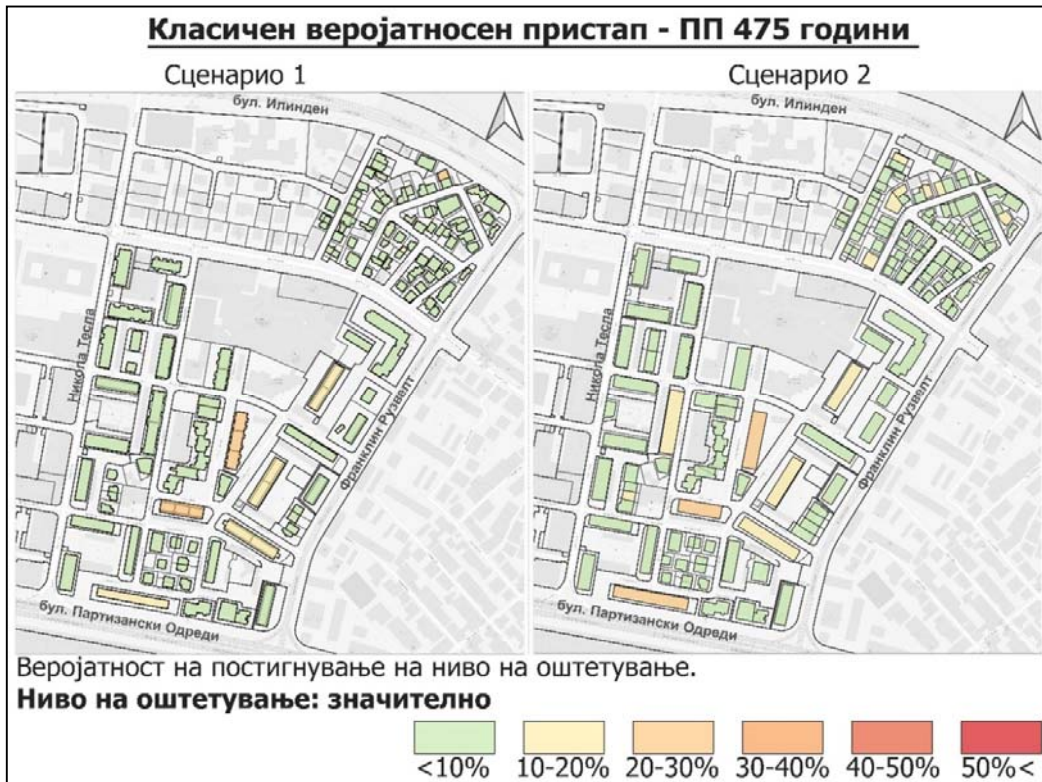
Веројатноста на постигнување на значителни оштетувања и во двете сценарија е слична и генерално е помала од 10%, а за незначителен број на објекти е помала од 30% (слика 4.21). Веројатноста на постигнување на нивото на оштетување "рушење", кај минорен број на објекти, се движи во рангот од 30-50% и за двете сценарија (слика 4.22).



Слика 4.19: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "лесно" при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)



Слика 4.20: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "умерено" при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)



Слика 4.21: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "значително" при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)

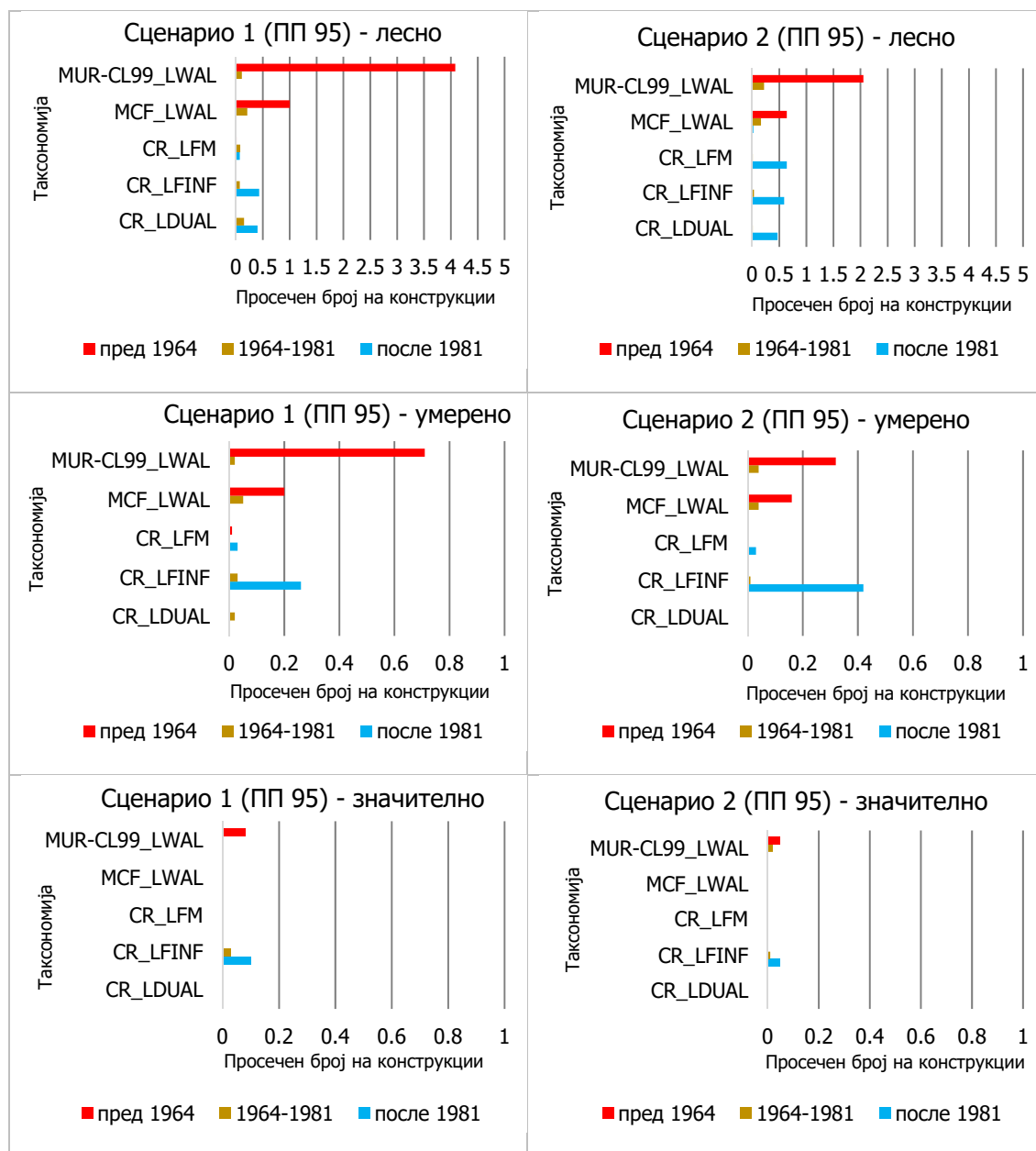


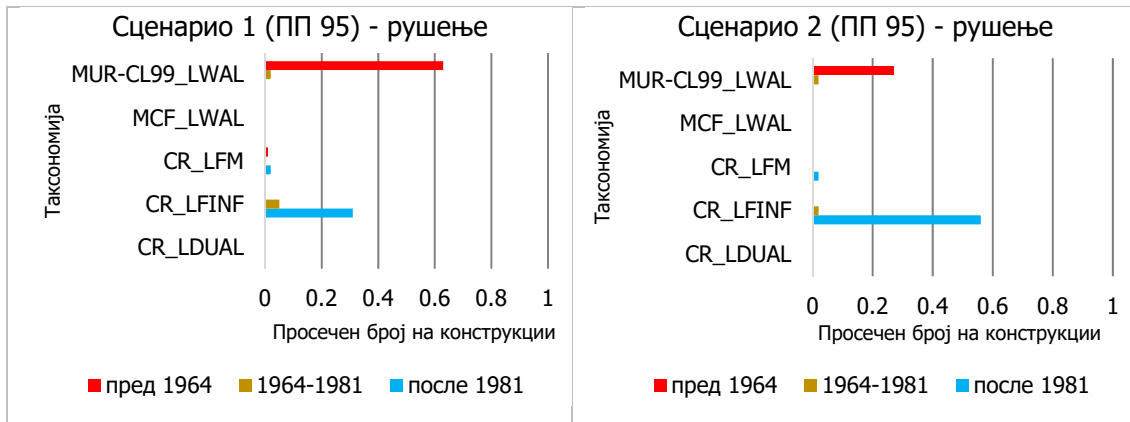
Слика 4.22: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "рушење" при класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)

4.2.2. Резултати од процена на оштетувања со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 95 години

4.2.2.1. Оштетувања според период на изградба

Резултатите добиени од процена на оштетувања за интензитет на движење на тлото со повратен период од 95 години покажуваат најчесто лесни оштетувања додека во другите нивоа на оштетувања бројот на конструкции е занемарливо мал. Во ниво на оштетување "лесно", и во двете сценарија доминантни се објектите пред 1964 година со таксономија MUR-CL99_LWAL, додека пак за останатите три нивоа на оштетувања и таксономии, бројот на објектите е занемарливо мал (слика 4.23).

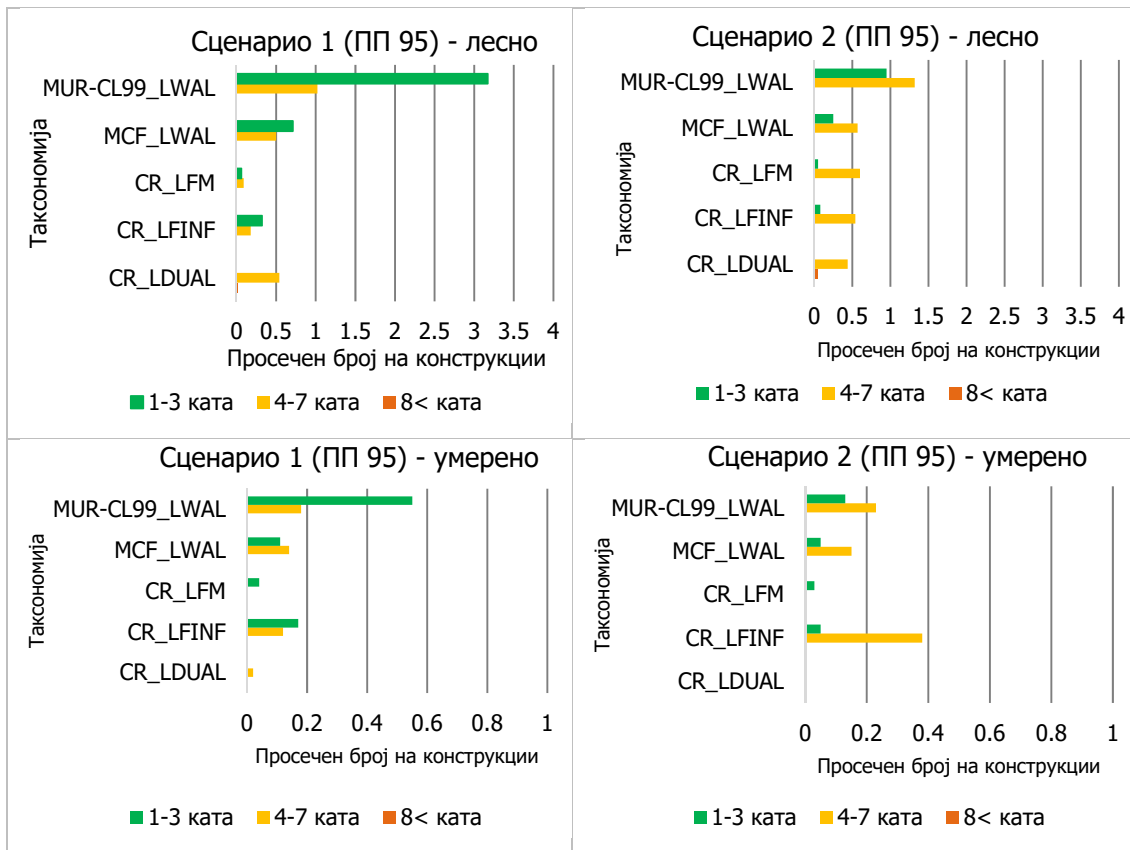


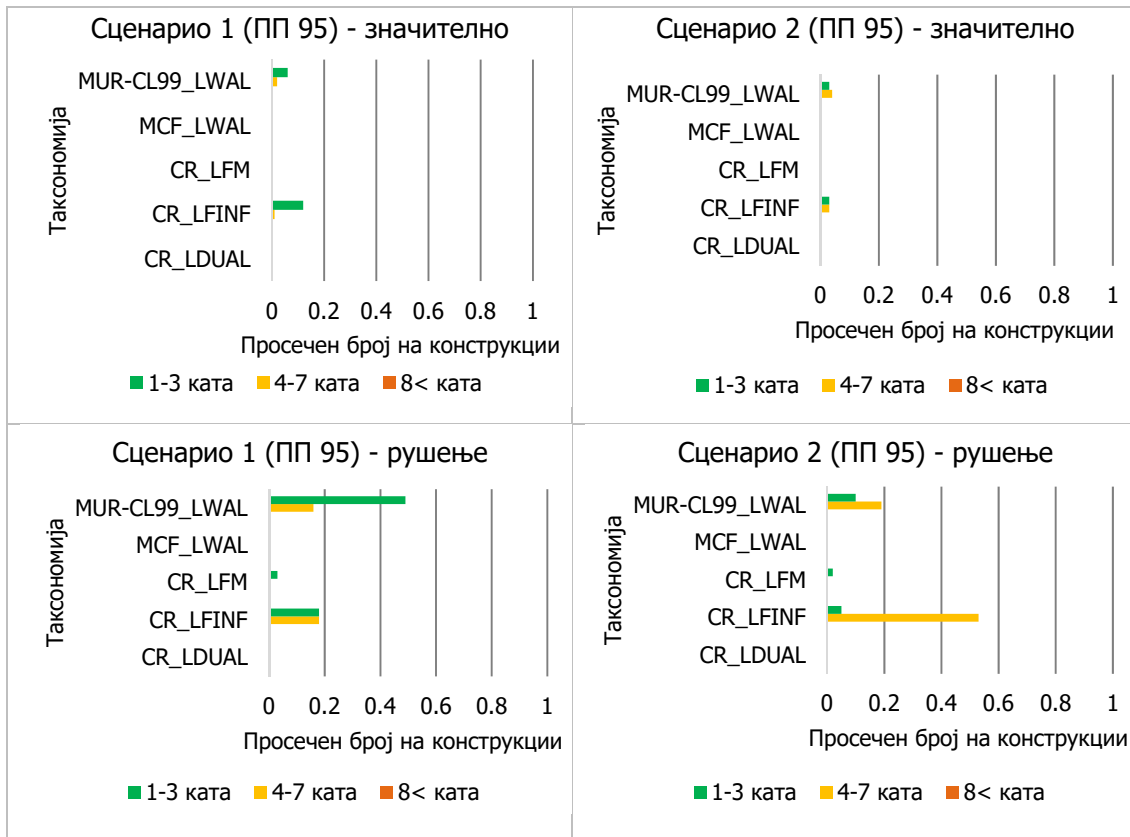


Слика 4.23: Нивоа на оштетување според период на изградба и таксономија за сценарио 1 и 2

4.2.2.2. Дистрибуција на оштетувања во корелација со постојните урбанистички параметри: висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти

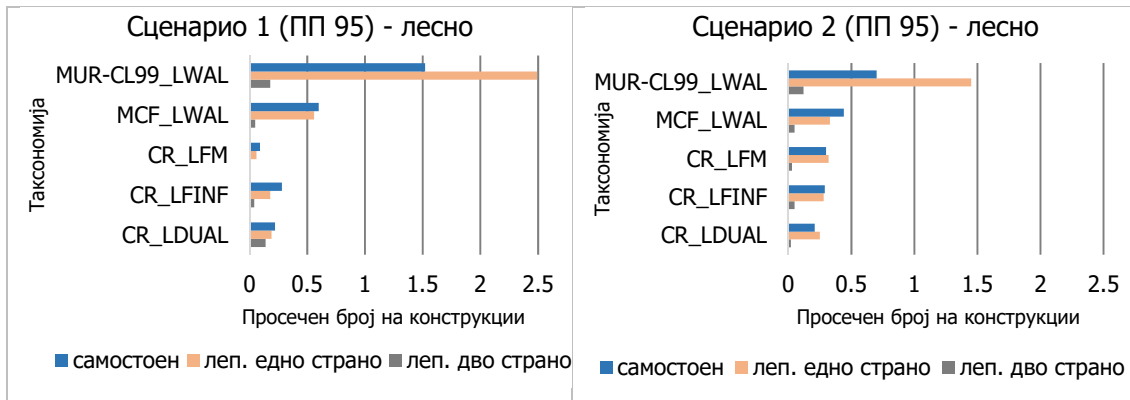
Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар висина на објекти и со таксономијата, според резултатите од калкулаторот класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години е прикажана на слика 4.24.

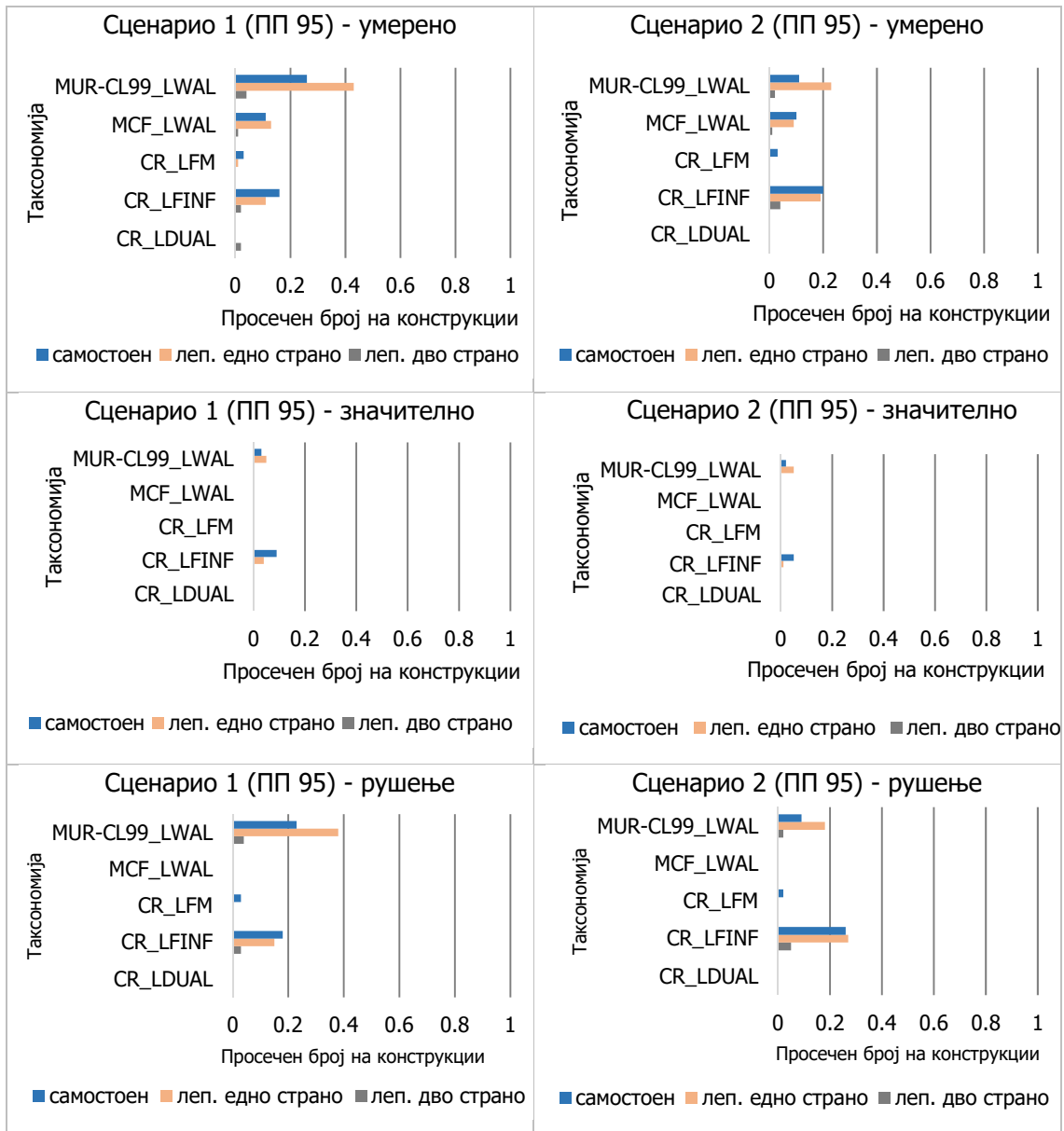




Слика 4.24: Нивоа на оштетување според висина на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

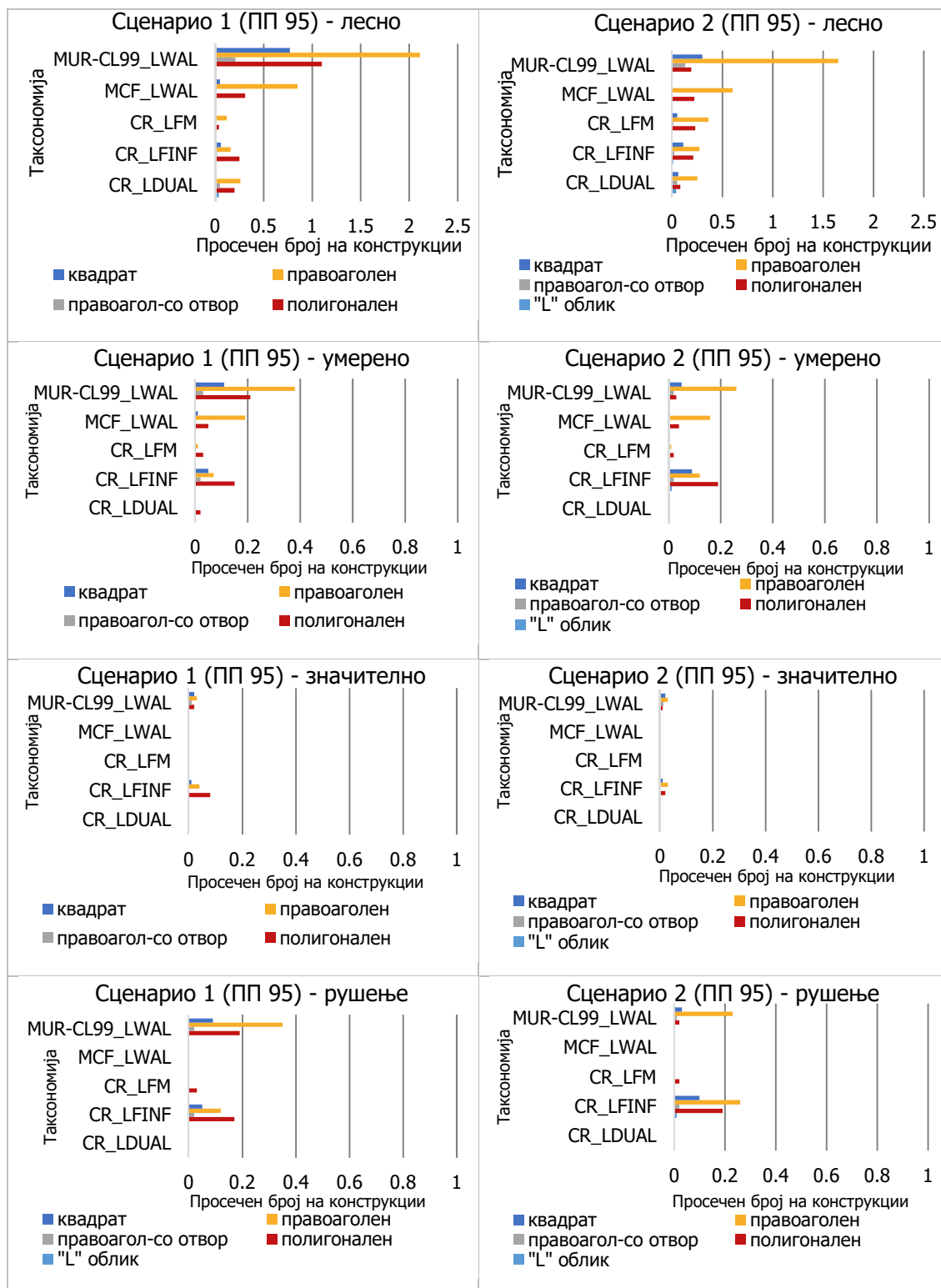
Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар поставеност на објектите во блокот и со таксономијата, според резултатите од калкулаторот класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години е прикажана на слика 4.25.





Слика 4.25: Нивоа на оштетување според поставеност на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Дистрибуцијата на просечниот број на објекти во различните нивоа на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар облик на основа на објекти и со таксономијата, според резултатите од калкулаторот класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години е прикажана на слика 4.26.



Слика 4.26: Нивоа на оштетување според облик на основа на објекти и таксономија за сценарио 1 и 2

Поради нискиот интензитет на влезниот сеизмички hazard, генерално, за сите три урбанистички параметри, и во двете сценарија, лесни оштетувања покажуваат мал број од објекти со таксономија MUR-CL99_LWAL. За останатите

три нивоа на оштетувања и таксономии, и во двете сценарија, бројот на објектите е занемарливо мал.

4.2.2.3. Мапи на оштетувања според калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 95 години

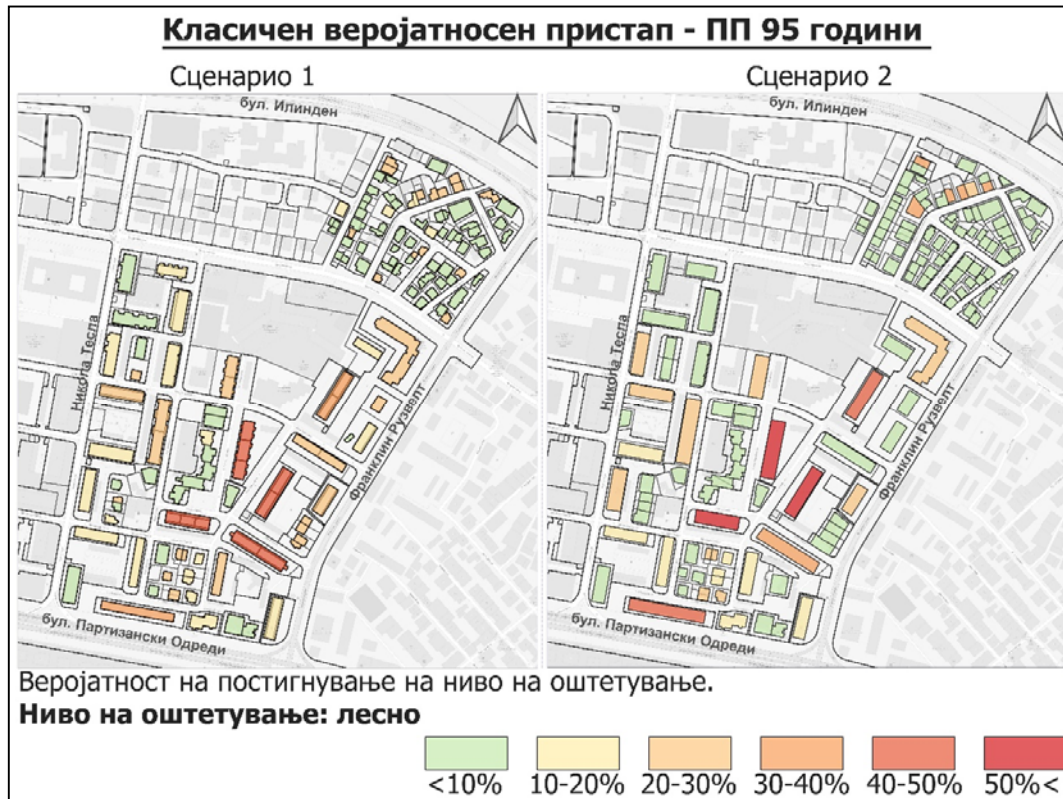
Слично на резултатите од процена на сеизмички ризик со класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години, за повратен период од 95 години беа генерирани 1000 реализации од кои повторно реализација број 402 е избрана за прикажување во форма на мапи на оштетувања.

Просечниот број на оштетувања добиени од просекот на сите реализации се разликува од просечниот број на оштетувања во одредена реализација. Во табела 4.12 се прикажани бројот на конструкции во секое ниво на оштетување за реализација број 402 и просекот од 1000 реализации.

Табела 4.9: Број на конструкции во различни нивоа на оштетување при ПП 95 за сценарио 1

Реализација	лесно	умерено	значително	рушење
402	18.1	4.2	1.6	2.9
Просек од сите 1000 реализации	6.6	1.3	0.2	1.0

За процена на сеизмички ризик со класичен веројатносен пристап за повратен период од 95 години е прикажана само мапата на дистрибуција на оштетувања за лесно ниво на оштетување бидејќи за дадениот повратен период оштетувањата во повисоките нивоа (умерено, значително и рушење) се незначително мали (слика 4.27).



Слика 4.27: Мапа на дистрибуција на просечни оштетувања за ниво "лесно" при класичен веројатносен пристап за повратен период од 95 години (реализација број 402; KothaEtAl2020ESHM20SlopeGeology)

4.2.3. Резултати од процена на загуби со калкулаторот класичен веројатносен пристап за ПП 475 и ПП 95 години

4.2.3.1. Економски загуби (за ПП 475 и ПП 95 години)

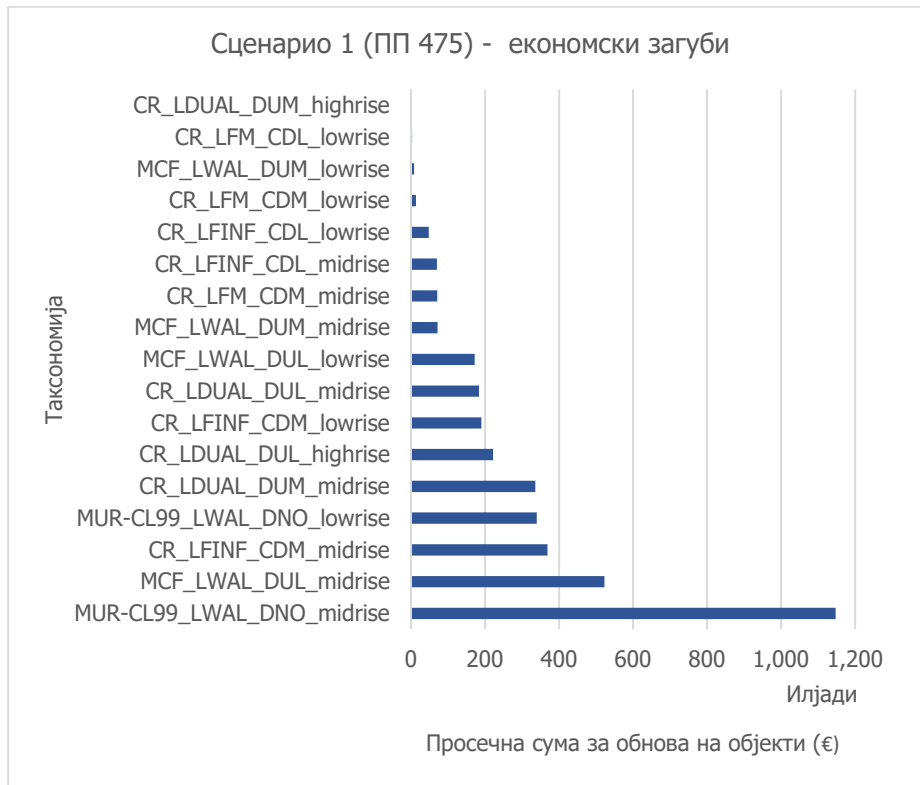
Економските загуби ја претставуваат просечната цена на обнова на објектите (конструктивен систем, неконструктивни елементи и опрема) произлезени од процена на сеизмички ризик со калкулаторот класичен веројатносен пристап. Врз основа на податоците од Европскиот модел за сеизмички ризик (Crowley et al., 2021) според местоположба на објектот во урбаниот контекст, намената на објект и материјалот на конструкција беше дефинирана економската вредност на објектите. Согласно овој начин на дефинирање на цена, просечната цена за обнова на конструкции од армиран бетон и сидана конструкција со АБ серклажи изнесува 546€/м², додека за сидани конструкции без АБ елементи изнесува 494€/м². Детален опис на определување на просечната цена на објектите е приложено во поглавје 3.3 од оваа дисертација.

Економските загуби се прикажани според таксономии каде секоја таксономија претставува збир на просечни економски загуби. Во продолжение се прикажани просечните економски загуби според повратните периоди на интензитет на движење на тлото, во корелација со сценарио 1 и 2.

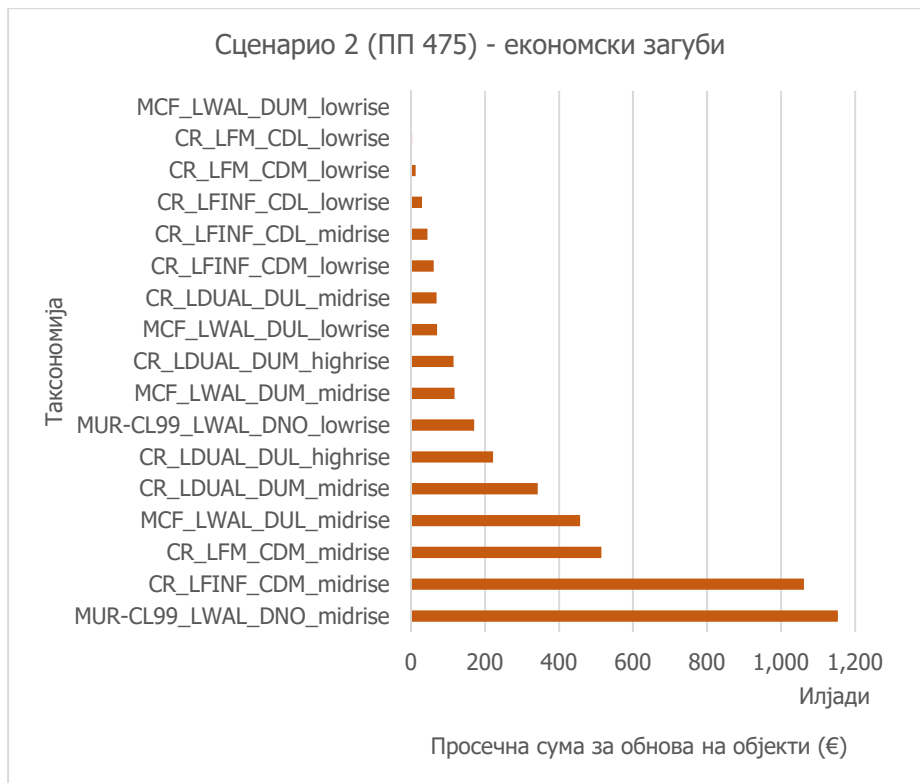
При процената на сеизмичкиот ризик со класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години резултатите покажуваат дека вкупните просечни економски загуби сумирани за сите таксономии за сценарио 1 изнесуваат 3,7

милиони евра а за сценарио 2 сумирани за сите таксономии изнесува 4,4 милиони евра. Зголемувањето на економските загуби во сценарио 2 пред сè се должи на зголемување на изградената површина за 40% во споредба со сценарио 1 како и измени во застапеноста на одредени таксономии.

Според резултатите прикажани на сликите 4.28 и 4.29, таксономијата MUR-CL99_DNO_midrise во двете сценарија покажува слична економска загуба односно 1,1 милиони €. Таксономијата MCF_LWAL_DUL_midrise постигнува слична сума на загуби, во сценарио 1= 523 илјади € а во сценарио 2= 457 илјади €. Загубите за таксономијата CR_LFINF_CDM_midrise се зголемуваат значително, од 370 илјади € во сценарио 1 на 1 милион € во сценарио 2. Загубите на таксономија MUR-CL99_LWAL_DNO_lowrise од 340 илјади € се намалуваат двојно во сценарио 2. Во сценарио 2 се додава нова таксономија, CR_LDUAL_DUM_midrise, чии загуби изнесуваат 222 илјади €.



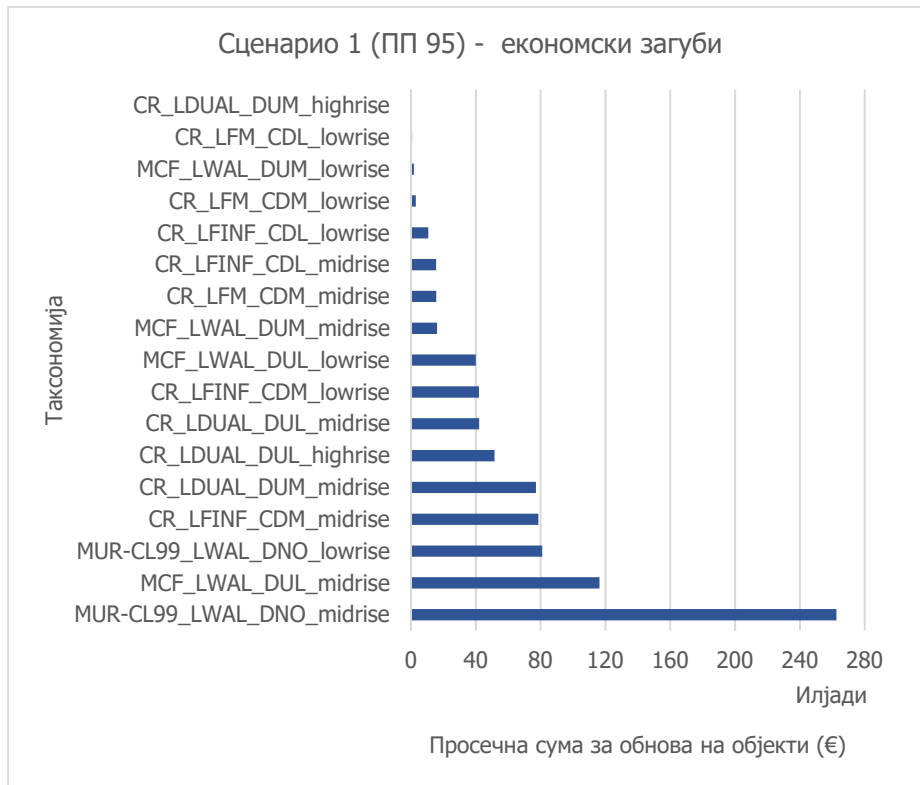
Слика 4.28: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години за сценарио 1



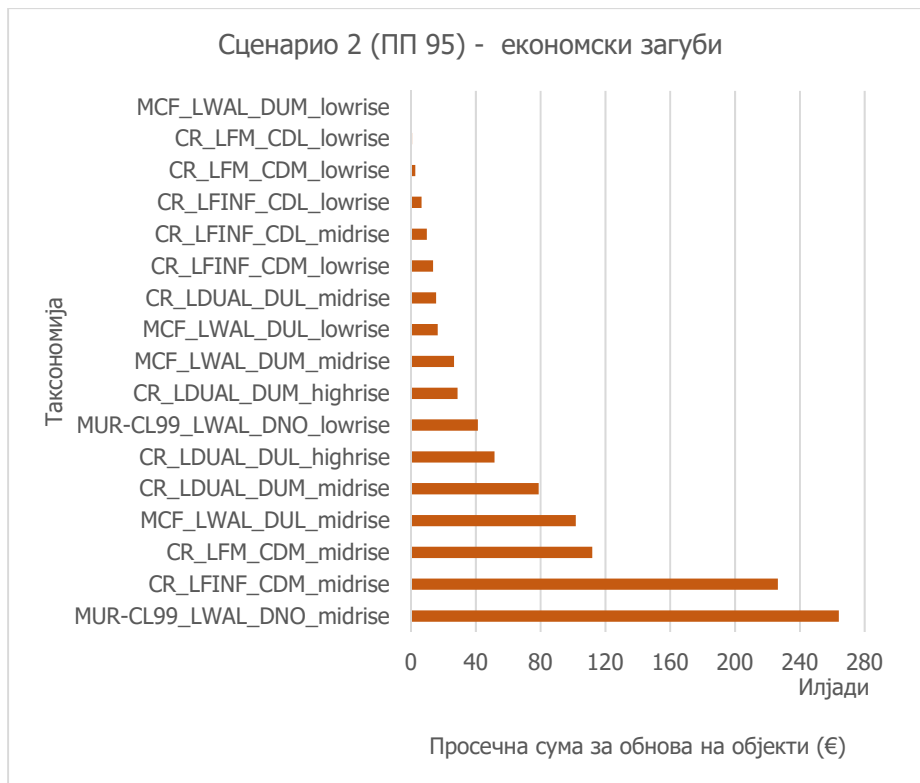
Слика 4.29: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години за сценарио 2

Класичниот веројатносен пристап со повратен период од 95 години за процена на економски загуби резултира со 871 илјади евра сумирано за сите таксономии во сценарио 1 и 996 илјади евра сумирано за сите таксономии во сценарио 2.

Таксономијата MUR-CL99_DNO_midrise во сценарио 1 и 2 покажува идентична загуба од 264 илјади € (слика 4.30 и 4.31). Загубите за таксономија MCF_LWAL_DUL_midrise се намалуваат од 116 илјади на 102 илјади €. Со намалување на бројот на сидани конструкции без АБ елементи двојно се намалуваат загубите за таксономија MUR-CL99_LWAL_DNO_lowrise, во сценарио 1 изнесува 81 илјади € а во сценарио 2 е 41 илјади €. Загубите на таксономијата CR_LFINF_CDM_midrise се зголемуваат од 79 илјади на 226 илјади евра поради зголемениот број на ваков вид на конструкции во моделот на изложеност во сценарио 2. Сличен пораст покажуваат конструкциите со таксономија CR_LFM_CDM_midrise, од 16 илјади € на 112 илјади €.



Слика 4.30: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години за сценарио 1



Слика 4.31: Економски загуби според таксономија при класичен веројатносен пристап со повратен период од 95 години за сценарио 2

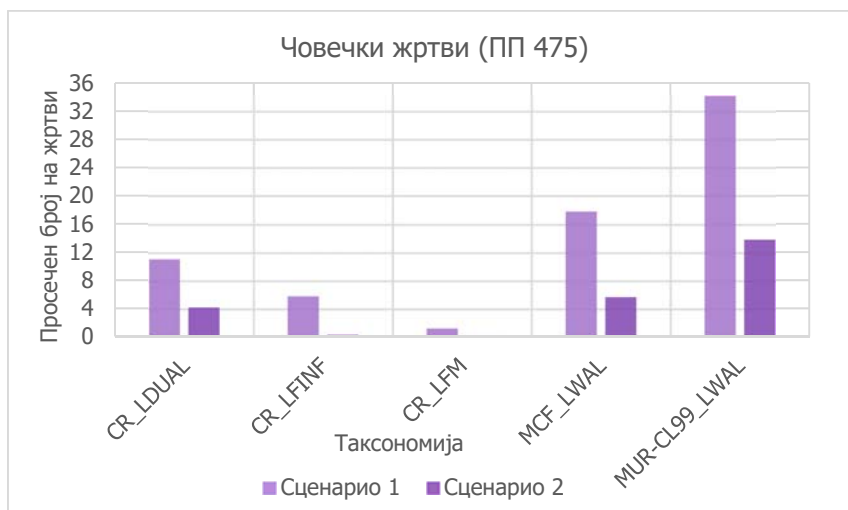
4.2.3.2. Човечки жртви (за ПП 475 и ПП 95 години)

Со калкулаторот класичен веројатносен пристап добиен е просечниот број на човечки жртви за сценарио 1 и 2. Бројот на жители во пилот студијата за двете сценарија беше дефиниран според стандардот за домување и просечната станбена површина на станбени единици во општина Карпош. За сите објекти со намена домување 80м² беа дефинирани како станбена површина со тројца членови. Следствено бројот на жители во сценарио 1 изнесува 6.816 а во сценарио 2 изнесува 9.678. Пресметувањето на бројот на жители е поопширно објаснето во поглавјето 3.3. Процентата на просечниот број на жртви се базира на податоци од Европскиот модел за сеизмички ризик (Crowley et al., 2021), детално објаснето во поглавјето 3.4.

На дијаграмите во продолжение (слика 4.32 и 4.33) се прикажани просечните човечки жртви според вид на таксономија на објектите, за повратните периоди 475 и 95 години и за сценарио 1 и 2.

Вкупниот просечен број на човечки жртви за интензитет на движење на тлото со повратен период од 475 години, во сценарио 1 изнесува 70 додека во сценарио 2 е 24. Просечниот број на жртви во корелација со таксономиите (слика 4.32) укажува дека најголем број на жртви би имале во таксономија MUR-CL99_LWAL проследено од MCF_LWAL и во двете сценарија. Таксономиите CR_LDUAL и CR_LFINF покажуваат помал број на човечки жртви во споредба со сиданите конструкции (MUR и MCF) во сценарио 1.

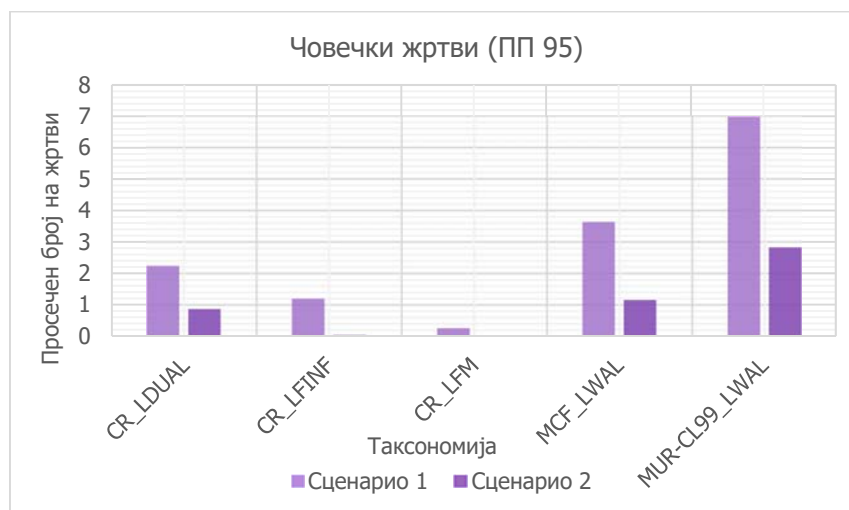
Во сценарио 2 таксономиите CR_LFINF и CR_LFM не покажуваат човечки жртви додека таксономијата CR_LDUAL покажува приближно 4 жртви.



Слика 4.32: Просечен број на човечки жртви за ПП 475 во сценарио 1 и 2

Иако за интензитет на движење на тло со повратен период од 95 години не се очекуваат човечки жртви, при процената со калкулаторот со класичен веројатносен пристап во сценарио 1 просечниот број на жртви изнесува 14 додека во сценарио 2 бројката се намалува на 5, што се должи на присуство на постојни објекти во моделот на изложеност кои се проектирани пред воведување на сеизмичките прописи. Резултатите од ова пресметка укажуваат на истите таксономии како што се во резултатите од процената на сеизмички ризик за

повратен период од 475 години, со тоа што бројката на жртвите е значително помала.



Слика 4.33: Просечен број на човечки жртви за ПП 95 во сценарио 1 и 2

4.3 КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

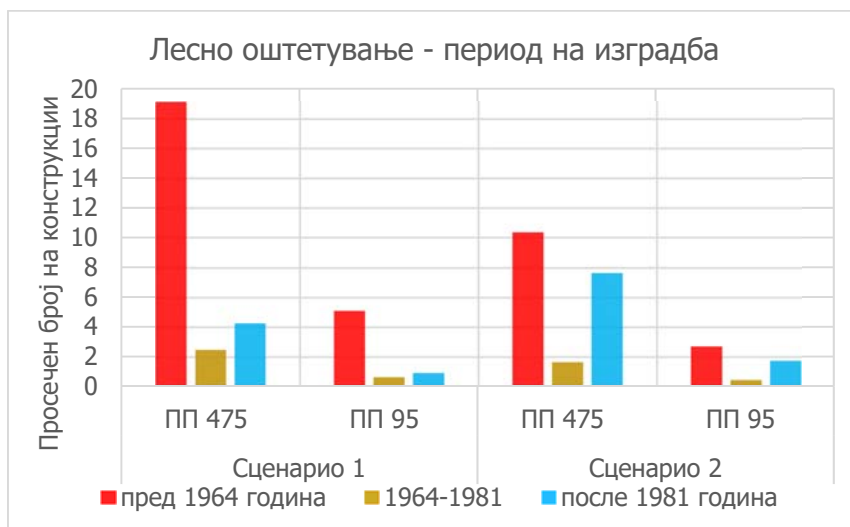
Резултатите од процената на сеизмички ризик со класичен веројатносен пристап за повратните периоди од 475 и 95 години се меѓусебно споредувани на ниво на оштетувања и загуби. Оштетувањата се споредувани од аспект на период на изградба на објектите и урбанистичките параметри како што се висина, поставеност во блок и облик на основа на објекти.

Според резултатите добиени од процената на сеизмички ризик со калкулаторот земјотресно сценарио за локален земјотрес, на 10 км, со Mw 6.6 и далечен земјотрес, на 100км, со Mw 7.1, земјотресот со магнитуда 7.1 не е меродавен и затоа не е направена компарација меѓу овие два земјотреса.

4.3.1 Компаративна анализа на оштетувањата при класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години

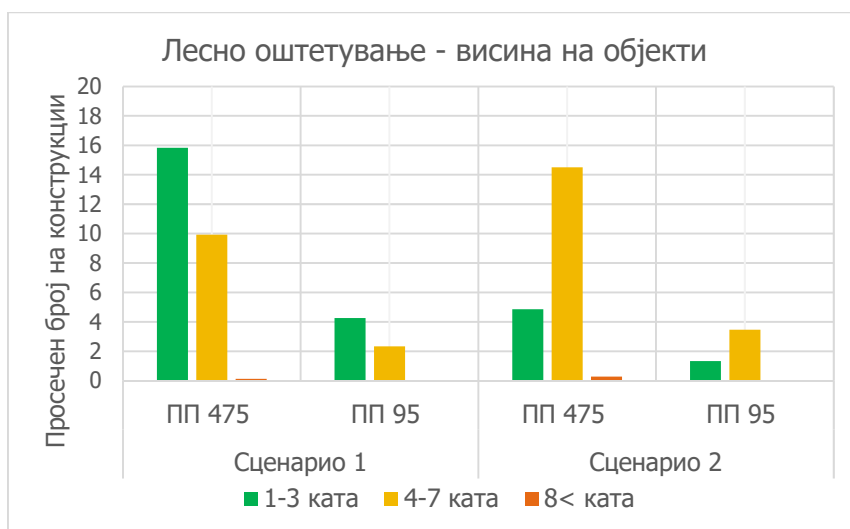
Компаративната анализа на оштетувањата за двата повратни периоди е направена само за лесно ниво на оштетување кое е меродавно за интензитет на движење на тлото со повратен период од 95 години.

Според период на изградба, очекувано објектите изградени пред 1964 година покажуваат најголем број на оштетувања бидејќи биле изградени без примена на сеизмички проектни прописи (слика 4.35). Во сценарио 2 се намалува бројот на постојни објекти проектирани/изведени пред 1964 година и како резултат на тоа се јавуваат помал број на оштетувања. Во пилот студијата, објектите проектирани според првите сеизмички прописи (1964-1981) се застапени во мал број и во двете сценарија на моделот на изложеност, (слики 3.15 и 3.16) и следствено просечниот број на вакви објекти со лесни оштетувања е мал. Аналогно, во сценарио 2 бројот на објекти проектирани согласно сеизмички прописи од 1981 година се зголемува (слика 3.16) што се рефлектира на и зголемувањето на просечниот број на вакви објекти со лесни оштетувања, за ПП 475г.



Слика 4.34: Компарација на лесни оштетувања и период на изградба во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.

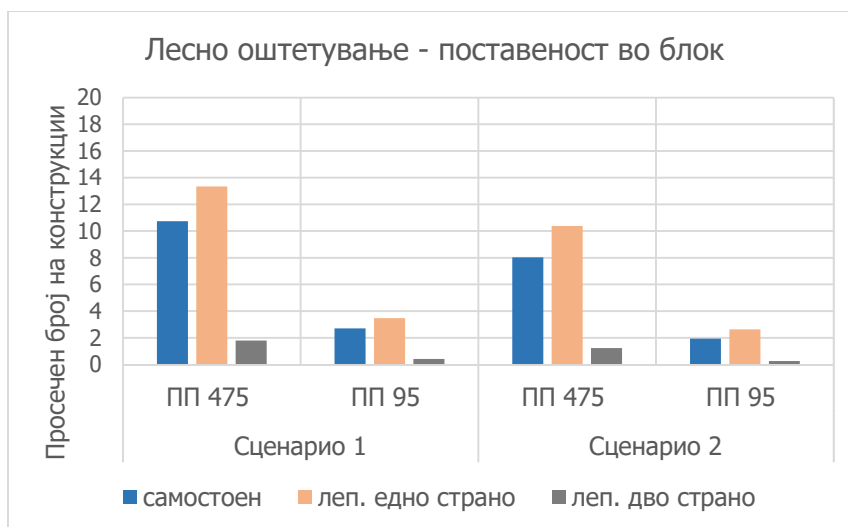
Анализата на оштетувањата во корелација со урбанистичкиот параметар висина на објектите (слика 4.36) укажува дека при сценарио 1 најголем е бројот на ниските објекти (1-3 ката) кои би биле лесно оштетени, повторно поврзано со нивната голема застапеност во моделот на изложеност (слика 3.15). Во сценарио 2 бројот на ниските објекти се намалува, а расте бројот на средно високите објекти (4-7 ката) што резултира со зголемен просечен број на лесно оштетени конструкции. Високите објекти се присутни во сосема мал број во двете сценарија на моделот на изложеност и затоа истите не покажуваат оштетувања. Бројот на објектите со лесни оштетувања, за ПП 95г. е занемарлив.



Слика 4.35: Компарација на лесни оштетувања и висина на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.

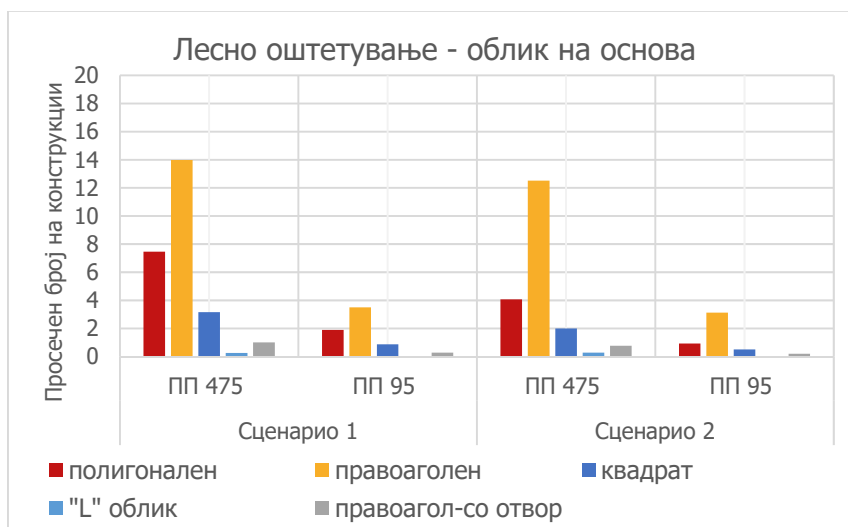
Поставеноста на објектите во урбаниот блок е значителен показател на тоа колку оштетените објекти може да влијаат на соседните неоштетени објекти. Објекти со лепенка од една страна се доминантни и во двете сценарија (слики 3.29 и 3.30) што резултира со поголем број на оштетувања на оваа категорија на

објекти. Бројот на самостоечките објекти се намалува во сценарио 2 при што се намалува бројот на оштетени објекти со ова поставеност. Објекти со лепенка од две страни се во многу мал број застапени во моделот на изложеност и истите не покажуваат големи оштетувања (слика 4.37).



Слика 4.36: Компарација на лесни оштетувања и поставеност на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години.

Според обликот на основата на објектите најголем број на лесни оштетувања би имале објектите со правоаголен облик и во двете сценарија, бидејќи истите се и најзастапени во моделот на изложеност (слики 3.27 и 3.28). Објектите со полигонален облик покажуваат оштетувања при сценарио 1 додека во сценарио 2 бројката на оштетени конструкции се намалува. Останатите облици на основа, квадратна, правоаголна со отвор и "L" облик, се во помал број застапени затоа просечниот број на објекти кои би биле лесно оштетени е занемарлив.



Слика 4.37: Компарација на лесни оштетувања и облика на основа на објекти во сценарио 1 и 2 согласно класичен веројатносен пристап со ПП 475 и ПП 95 години

4.3.2. Компаративна анализа на економските загуби и човечките жртви при класичен веројатносен пристап со ПП 475 и 95 години

За потребите на компаративната анализа на резултатите од проценетите економски загуби и човечки жртви таксономиите присутни во моделите на изложеност во сценарио 1 и 2 се поедноставени и збирно прикажани согласно материјалот и видот на конструкција.

Во табела 4.13 е прикажана економската загуба по таксономии прикажана во проценти кои го преставуваат соодносот на збирната загуба на таксономијата и вкупната загуба во дадено сценарио. Според податоците прикажани во табела 4.13 сценарио 2 носи поголеми економски загуби во споредба со сценарио 1. Ова пред сè се должи на зголемување на вкупната изградена површина, но и на замената на поголемиот дел од сиданите конструкции без АБ елементи чија просечна вредност е 494€/м², со АБ рамки со исполна, со вредност од 546€/м².

Во сценарио 1 при процена со класичен веројатносен пристап и за двата ПП најголемиот дел од економските загуби се должат на сиданите конструкции (MUR-CL99_LWAL, MCF_LWAL). Во сценарио 2 економските загуби на сиданите конструкции се намалуваат во споредба со сценарио 1 но растат економските загуби поради АБ рамки со исполна (CR_LFINF). Сличен тренд покажуваат и конструкциите од АБ рамки (CR_LFM).

Табела 4.10: Компарација на економските загуби

Таксономија	Сценарио 1		Сценарио 2	
	ПП 475	ПП 95	ПП 475	ПП 95
CR_LDUAL	19.67%	19.97%	16.83%	17.51%
CR_LFINF	17.96%	17.17%	26.93%	25.73%
CR_LFM	2.33%	2.25%	11.92%	11.57%
MCF_LWAL	20.57%	20.40%	14.56%	14.57%
MUR-CL99_LWAL	39.47%	40.21%	29.76%	30.63%
Вкупна просечна загуба	3.768.294 €	870.518 €	4.448.226 €	996.782 €

Во табела 4.14 се прикажани вкупниот просечен број на човечки жртви при процена на сеизмичкиот ризик со класичен веројатносен пристап за ПП од 475 и 95 години во сценарио 1 и 2. Според вкупниот број на жители во сценарио 1 (6.816) просечниот број на човечки жртви при интензитет на движење на тлото со ПП 475 години е 1,02% додека за ПП 95 години е 0,20%. Во сценарио 2 во сооднос со пресметаниот вкупен број на жители, (9.678), просечниот број на човечки жртви при интензитет на движење на тло со повратен период од 475 години е 0,25% додека за повратен период од 95 години е 0,05%.

Според наведеното може да се заклучи дека во сценарио 2, иако има поголем број на жители, проценетиот број на просечни жртви е значително помал од

сценарио 1 и за двата интензитети на движење на тлото, што е резултат на соодветен избор на конструктивните системи на објектите во планската состојба.

Табела 4.11: Компарација на просечен број на човечки жртви

Модел на изложеност	Вкупен број на жители	Просечен број на жртви (ПП 475)	Просечен број на жртви (ПП 95)
Сценарио 1	6.816	70	14
Сценарио 2	9.678	24	5

5 АНАЛИЗА НА ПОСТОЈНИТЕ УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ И ПРЕДЛОГ МЕРКИ/НАСОКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА АКТИЕЛНАТА СЕИЗМИЧКА СОСТОЈБА ОД УРБАНИСТИЧКИ АСПЕКТ

5.1 АНАЛИЗА НА ВЛИЈАНИЕТО НА ПОСТОЈНИТЕ УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ ВРЗ СЕИЗМИЧКИ РИЗИК

Урбанистичките параметри кои влијаат на сеизмичкиот ризик може да се дефинираат во две нивоа, прво и второ ниво кои се меѓусебно зависни. Првото ниво претставува сет од урбанистички параметри кои ја контролираат изграденоста со нумерички вредности, додека второто ниво се урбанистички параметри кои со графички плански одредби го уредуваат физичкиот простор (слика 5.1).



Слика 5.1: Урбанистички параметри кои влијаат на сеизмичкиот ризик

Во поглавјето 3 моделите на изложеност за двете сценарија беа анализирани од аспект на прво и второ ниво на урбанистички параметри (поглавје 3.3.2). Оштетувањата кои произлегуваат од процената на сеизмички ризик со различните калкулатори на Open Quake engine беа анализирани од аспект на урбанистичките параметри од второ ниво во поглавјето 4 (4.1.1.2; 4.2.1.2; 4.2.2.2).

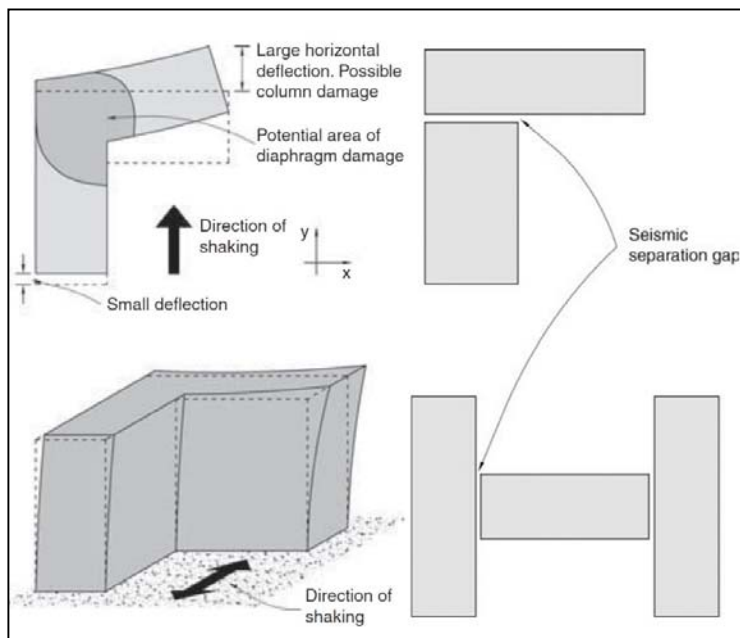
Во урбанистичките планови може да се појават нерегуларни архитектонски конфигурации кои произлегуваат од горенаведените урбанистички параметри,

од прво и второ ниво. Во продолжение е направен краток преглед на нерегуларните архитектонски конфигурации во контекст на сеизмички ризик.

5.1.1 Нерегуларни архитектонски конфигурации

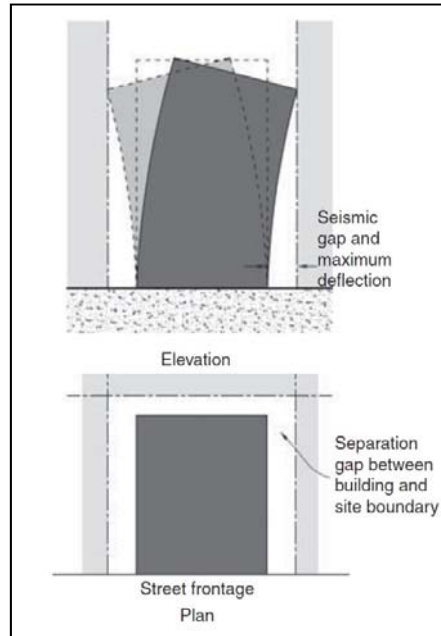
Во сеизмичките прописи нерегуларните архитектонски конфигурации се препознаени како неповолни за сеизмичката безбедност на објектите. Влијанието на нерегуларноста врз сеизмичкото однесување на објектите се разгледува во основа на објектот и по висина.

Нерегуларноста на објектот во основа се однесува на обликот на основата на објектот и поставеноста на објектот во однос на соседните објекти. Објектите со (нерегуларна) полигонална форма во основа, ("H", "T" и "L"), покажуваат неповолно сеизмичко однесување и истите, согласно модерните сеизмички прописи се проектираат разделени со т.н. сеизмички дилатациони фуги. (слика 5.2). Исто така, несовапаѓањето на центрите на масата и крутоста можат да предизвикаат ефект на торзија (Charleston, 2008).



Слика 5.2: Нерегуларност во основа – полигонална форма со и без сеизмички дилатациони фуги. Извор: Charleston, 2008

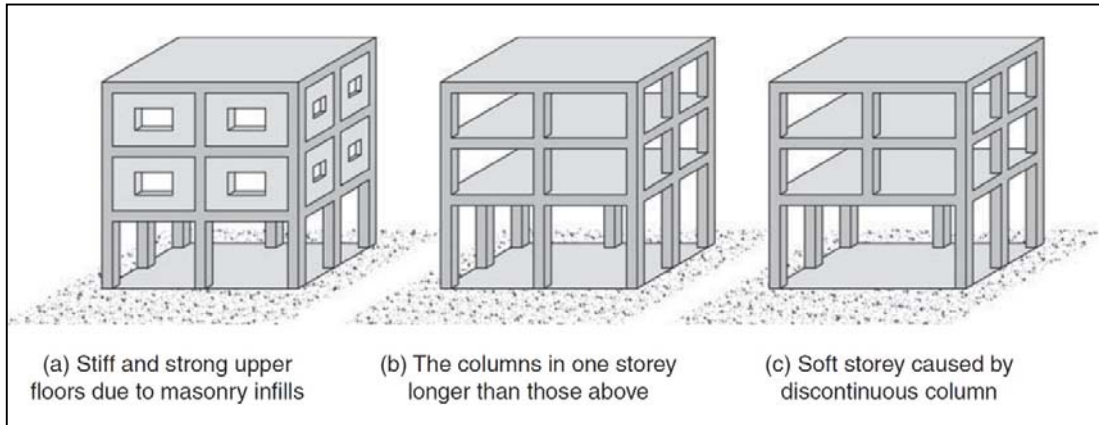
Покрај формата на самиот објект од голема важност е и поставеноста на објектот во однос на соседните објекти. За избегнување на појавата на меѓусебно удирање на соседните објекти под дејство на сеизмичките сили потребно е обезбедување на доволен простор (дилатациона фуга) помеѓу нив како што е прикажано на слика 5.3 (Charleston, 2008).



Слика 5.3: Поставеност во однос на соседни објекти. Извор: Charleson, 2008

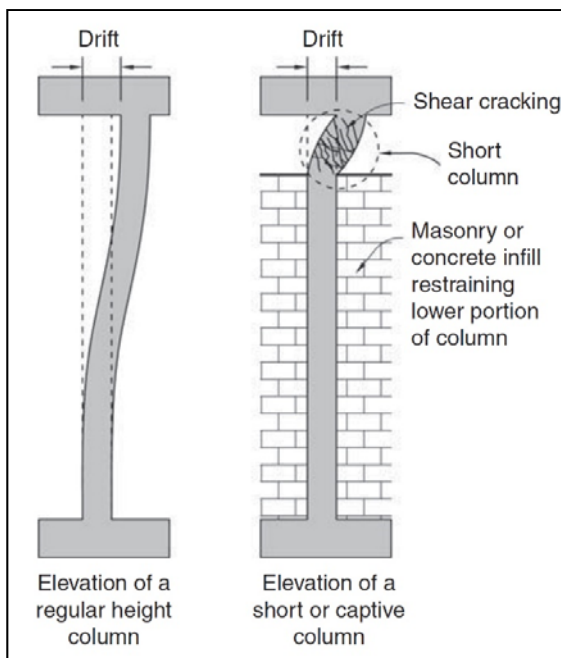
Нерегуларноста на објектот по висина се однесува на појава на мек кат, кратки столбови или намалување на габаритот на објектот на погорните катови (нагла промена на крутоста). Појавата на мек кат мора да се избегнува со соодветно проектирање бидејќи претставува критична точка каде се акумулира сеизмичката енергија и настанува рушење на столбовите – механизам на пластични зглобови во столбовите на ист кат, што најчесто е проследено со рушење на целиот објект. Иако во најголем број случаи мекиот кат се јавува на приземјето, може да се појави и на погорните катови. Мек кат (слика 5.4) настанува доколку (Charleson, 2008):

- 1) горните катови имаат поголема крутост бидејќи имаат или АБ платна или исполна од сидарија, додека мекиот кат е "празен" (само АБ столбови без исполна)
- 2) столбовите на мекиот кат се повисоки за разлика од останатите катови
- 3) континуитетот на вертикалните елементи (столбови/платна) е нарушен

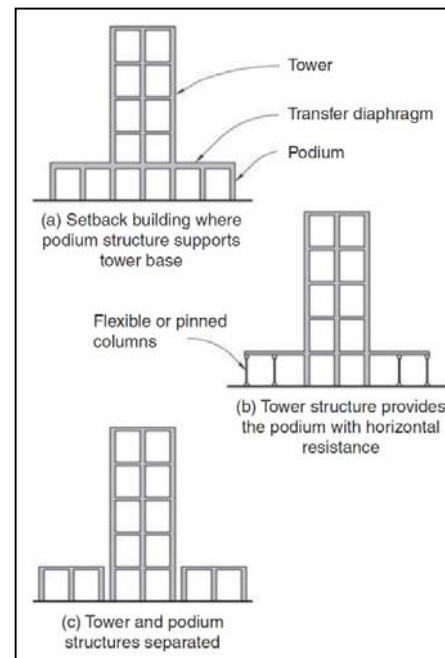


Слика 5.4: Нерегуларност по висина – примери на мек кат. Извор: Charleson, 2008

Појавата на кратки столбови е исто така значителен проблем кој што може да се случи на било кој кат. Кај ваквите столбови се јавува крт лом од смолкнување поради ограничување на неговата должина (најчесто со елементи од исполната) (слика 5.5). Исто така, кратки столбови може да се јават кога теренот е во пад (Charleson, 2008).



Слика 5.5: Нерегуларност по висина – примери на столб со нормална должина и краток столб. Извор: Charleson, 2008.



Слика 5.6: Нерегуларност по висина – примери на конструктивни решенија за нерегуларност по висина. Извор: Charleson, 2008.

Намалувањето на габаритот на објектот на погорните катови (наглата промена на крутоста) претставува специфичен сеизмички проблем доколку објектот функционира како една конструкција, (слика 5.6 (a)), бидејќи сеизмичките сили се концентрираат на локацијата на промената на крутоста. Прикажаните алтернативи, (слика 5.6 (b) и (c)) се подобри решенија од аспект на сеизмичка сигурност (Charleson, 2008).

За дискутираните нерегуларни архитектонски конфигурации постојат инженерски решенија кои најчесто се комплицирани и економски поскапи во споредба со регуларните конфигурации (Charleson, 2008). За да се обезбеди сеизмичката сигурност на објектите со нерегуларни архитектонски конфигурации неопходна е стриктна примена на соодветни инженерски решенија во согласност со важечките сеизмички прописи.

Наведените нерегуларни архитектонски конфигурации произлегуваат од урбанистички параметри кои се поддржани со правилниците за урбанистичко планирање (Guevara-Perez, 2012). Но во сеизмички активни региони, неопходно е адаптирање на правилниците за урбанистичко планирање на потребата на креирање на сеизмички побезбедни урбани средини (Martinez-Cuevas et al., 2017).

5.1.2 Урбанистички параметри идентификувани како модификатори на сеизмичкиот одговор на објектите

Предложените урбанистички модификатори кои влијаат на сеизмичката сигурност се прикажани во табела 5.1.

Табела 5.1: Урбанистички модификатори дефинирани во студија на Martinez-Cuevas et al. (2017)

Бр.	Урбанистички модификатори	Опис
1	Нерегуларности во основа	Полигонална основа, внатрешни агли
2	Нерегуларности по висина	Види точка 5.1.1.
3	Поставеност на објектот во однос на соседните објекти (меѓусебно удирање на соседни објекти)	Различни динамички карактеристики на објектите или локални почвени услови
4	Висина	Во урбан блок сите објекти треба да имаат иста катна висина и вкупна висина
5	Мек кат	Во објекти со мешана намена, најчесто приземјето различно од другите катови
6	Кратки столбови	Сиданата исполна ја ограничува слободната должина на столбот
7.1	Урбана типологија: колективно домување	Соседните објекти имаат заеднички носив сид и фасадата е порамнета со улицата
7.2	Урбана типологија: едносемејно домување	Изолирани, лепенки од една страна, куќи во низ, самостојечки објекти во затворен блок
8	Поставеност на објекти во урбан блок	Почетен, среден, аголен и изолиран објект
9	Порамнување на фасадата на објектите со улица	Објекти кои отстапуваат од уличната фасада на блокот може да предизвикаат меѓусебно удирање на соседните објекти
10	Висинска разлика меѓу соседни објекти	Може да го креира истиот ефект како на нерегуларност по висина

Во една студија направена за градот Лорка, Шпанија како резултат на соработката на урбанисти и земјотресни инженери била предложена методологија за стандардизирање на врската меѓу урбанистичките параметри (модификатори) во сеизмички региони и правилата на урбанистичко зонирање.

Во градот Лорка (2011) во неколку урбани единици вкупно 816 објекти биле визуелно инспектирани со цел да се одреди врската меѓу пост земјотресните оштетувања, од два последователни земјотреса со магнитуда 4,5 и 5,1 и урбанистичките модификатори. Оштетувањата од земјотресите биле анализирани во корелација со урбанистички модификатори со примена на статистички метод (Martinez-Cuevas et al., 2017).

5.1.3 Урбанистички параметри интегрирани во таксономија на GEM.

Во таксономијата на GEM опфатени се сите претходно наведени урбанистички модификатори (параметри). При дефинирање на таксономијата на изложените ентитети на интернет платформата на Open Quake engine - <https://platform.openquake.org/taxtweb/> постои можност за внесување и на урбанистичките параметри. Таксономијата се состои од повеќе атрибути но во табела 5.2 се прикажани само урбанистичките параметри и типот на оштетувањата кои произлегуваат поврзани со нив.

Табела 5.2: Урбанистички параметри присутни во таксономија на GEM

Бр.	Урбанистички параметар	Чести оштетувања при сеизмичка сила
1	Број на катови	Меѓусебно удирање на конструкции
2	Висина на приземна плоча од терен	Кратки столбови
3	Намена на објект	Мек кат
4	Поставеност на објект во урбан блок	Меѓусебно удирање на конструкции
5	Нерегуларности во основа	Торзија
		Концентрација на напрегања и деформации
6	Нерегуларност по висина	Мек кат
		Кратки столбови
		Концентрирани сеизмички сили на локациите со нагла промена на крутоста
		Меѓусебно удирање на конструкции

5.2 АНАЛИЗА НА СЕТОТ ОД УРБАНИСТИЧКИ ПАРАМЕТРИ И ДУП НИЗ ПРОЦЕНАТА НА СЕИЗМИЧКИОТ РИЗИК НА ПИЛОТ СТУДИЈАТА ВО КАРПОШ

5.2.1 Дискусија на дефинираниот сет од урбанистички параметри

Резултатите од процена на сеизмичкиот ризик за пилот студијата изразени преку оштетувања и загуби беа анализирани во корелација со селектирани урбанистички параметри интегрирани во таксономија на GEM и тоа (<https://platform.openquake.org/taxtweb/>):

- 1) Висина на објект
- 2) Поставеност на објекти во урбан блок
- 3) Облик на основата на објекти

4) Намена на објекти

5) Густина на населеност (број на жители – повредливост на загуби)

За да се воспостави врската меѓу урбанистичките параметри и сеизмичкиот ризик, селектираните урбанистички параметри беа анализирани во корелација со поедноставена верзија на таксономиите составени од материјал и конструктивен систем за прием на хоризонтални сили.

Таксономиите на моделите на изложеност за сценарио 1 и 2 се дефинирани согласно кривите на повредливост селектирани од Европскиот модел за сеизмички ризик 2020 (ESRM20), и се детално опишани во поглавје 3. Во кривите на повредливост се опфатени атрибутите материјал, конструктивен систем за прием на хоризонталните сили, сеизмички прописи, дуктилност и висина. Единствено параметарот висина на објекти изразен во број на катови опфатено во таксономиите на моделите на изложеност претставува урбанистички параметар.

Селектираните урбанистички параметри, анализирани во поглавје 4 (точки 4.1.1.3, 4.2.1.2 и 4.2.2.2), во продолжение се дискутирани од аспект на урбанистичко планирање и сеизмичка безбедност на објектите.

Урбанистичкиот параметар намена не е дискутиран бидејќи во пилот студијата доминира намената домување (слика 3.22).

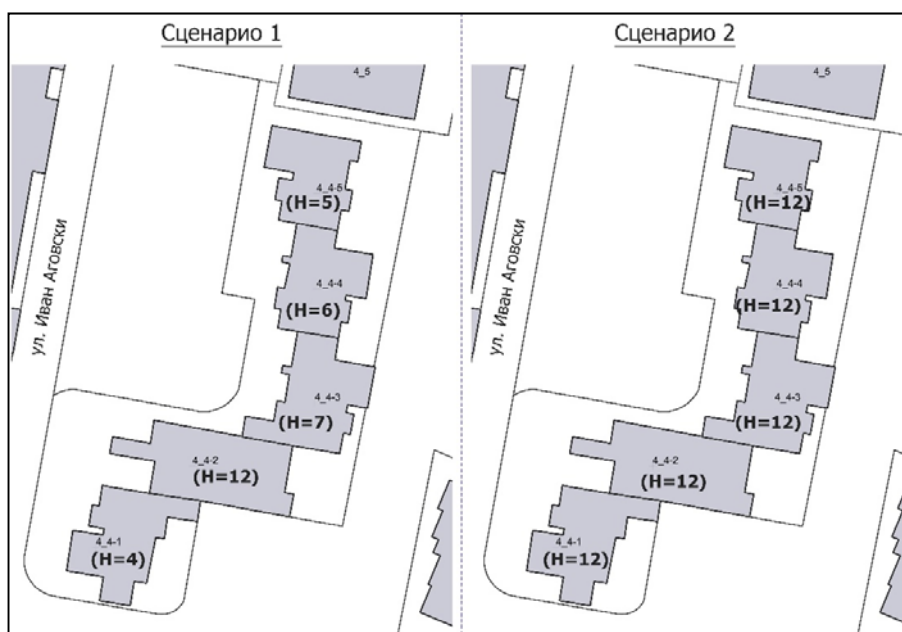
1) Висина на објекти

Висината ја дефинира максималната височина на објектот изразена во метри и број на катови. Во актуелниот правилник за урбанистичко планирање, висината на објектите е одредена според контекстот на урбаниот блок со параметрите процент на изграденост и коефициент на искористеност, и условот е обезбедување на потребниот број на паркинг места согласно намената на објектот (Сл. Весник бр. 225, 2020). Со урбанистичките планови, согласно регулативата, дозволено е зголемување на висината на постоечките објекти, но при тоа не се води сметка дали нивниот конструктивен систем е во корелација со новопланираната висина, што често води кон зголемена сеизмичка повредливост на новопланираните објекти.

Резултатите добиени од процена на сеизмичкиот ризик укажуваат дека пресметаните просечни оштетувања зависат од висината (бројот на катови) како урбанистички параметар во корелација со конструктивниот систем. За илустрација во табелата 5.3 е прикажан просечниот број на лесно оштетени објекти во корелација со урбанистичкиот параметар висина на објекти (изразен преку катноста), за MUR-CL_LWAL таксономијата, според резултатите од калкулаторот класичен веројатносен пристап со повратен период од 475 години, за сценарио 1. Конструкции со средна висина со таксономија MUR-CL_LWAL покажуваат поголеми оштетувања (25,0 %) во однос на ниските конструкции со истата таксономија (22,4 %).

Табела 5.3: Таксономија MUR-CL99_LWAL во корелација со урбанистички параметар висина според резултати од калкулатор класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.

Висина	Вкупен број на конструкции во модел на изложеност	Просечен број на лесно оштетени конструкции	Оштетени конструкции во однос на вкупниот број на конструкции (%)
1-3 ката	49	11	22,4 %
4-7 ката	16	4	25,0 %

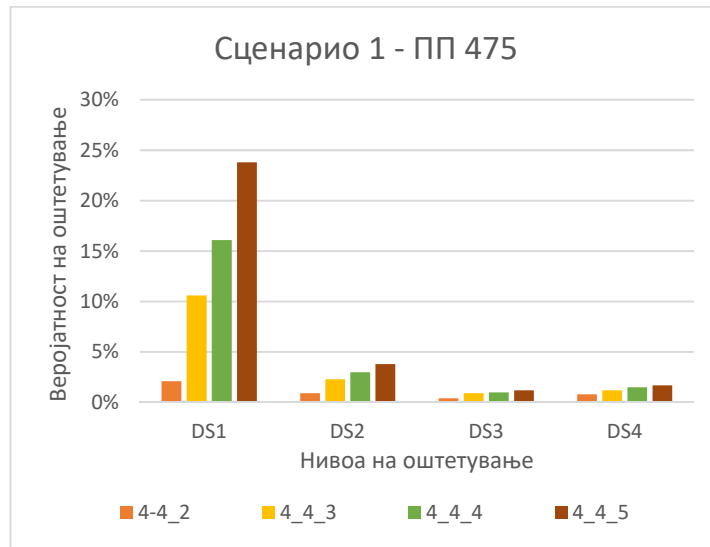


Слика 5.7: Објекти со иста таксономија со различни висини во сценарио 1, со исти висини во сценарио 2

Кога станува збор за иста таксономија но со различни висини, како што е примерот со објектите прикажани во табела 5.4 во сценарио 1 покажуваат различни веројатности на постигнување на оштетување (слика 5.8). Во случај на објекти со различни висини во една парцела, (Сценарио 1, слика 5.7), треба да се предвидат дилатациони фуџи меѓу објектите со различни висини за да се спречи појавата на ефектот на меѓусебно судирање на конструкциите.

Табела 5.4: Група ентитети и нивна таксономија во сценарио 1 и 2 анализирани од аспект на поставеност

Ентитет	Сценарио 1	Сценарио 2
4-4_2	CR_LDUAL-DUL_H12	CR_LDUAL-DUL_H12
4_4_3	CR_LDUAL-DUL_H7	CR_LDUAL-DUM_H12
4_4_4	CR_LDUAL-DUL_H6	CR_LDUAL-DUM_H12
4_4_5	CR_LDUAL-DUL_H5	CR_LDUAL-DUM_H12



Слика 5.8: Оштетувања на конструкции со иста таксономија со различна висина во сценарио 1 согласно резултатите од процена на ризик со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.

2) Поставеност на објекти во урбан блок

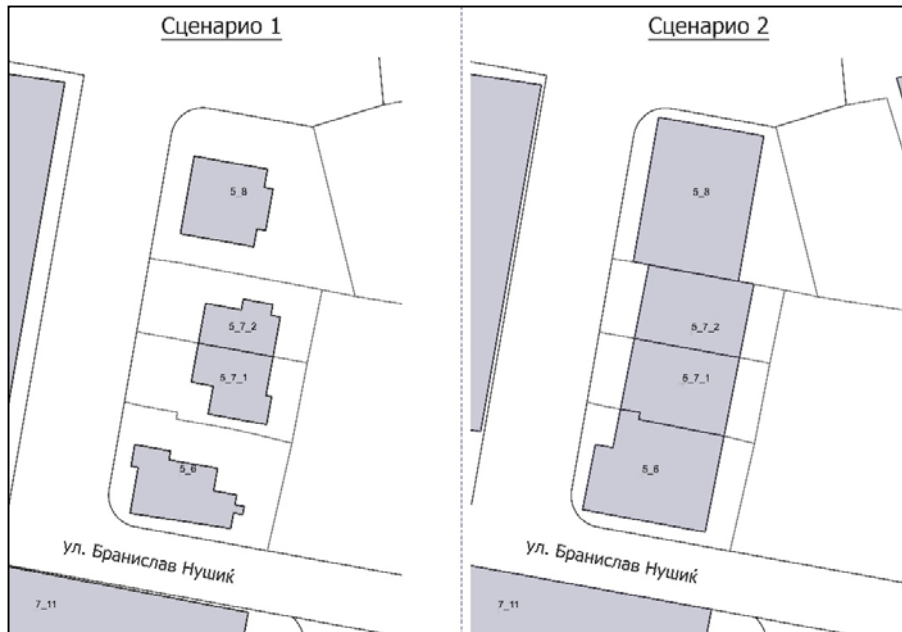
Во урбанистичко планирање поставеноста на објектите се одредува со градежна површина дефинирана со градежна линија и граници на парцела. Согласно намената на градежното земјиште се одредуваат димензиите на градежната парцела, габаритот и висината на објектот.

Ризик за сеизмичката стабилност преставуваат објектите со еднострана лепенка и различна таксономија. На пример, објекти со таксономија CR_LFM и MUR-CL99_LWAL поставени како лепенка ќе покажат различни степени на оштетувања и може да настане меѓусебно судирање на објектите. Во случај на различни висини на објектите лепенки може исто така да дојде до меѓусебно удирање на објектите. Од аспект на катната висина, објектите кои се лепенки покрај иста вкупна висина потребно е да имаат и иста катна висина.

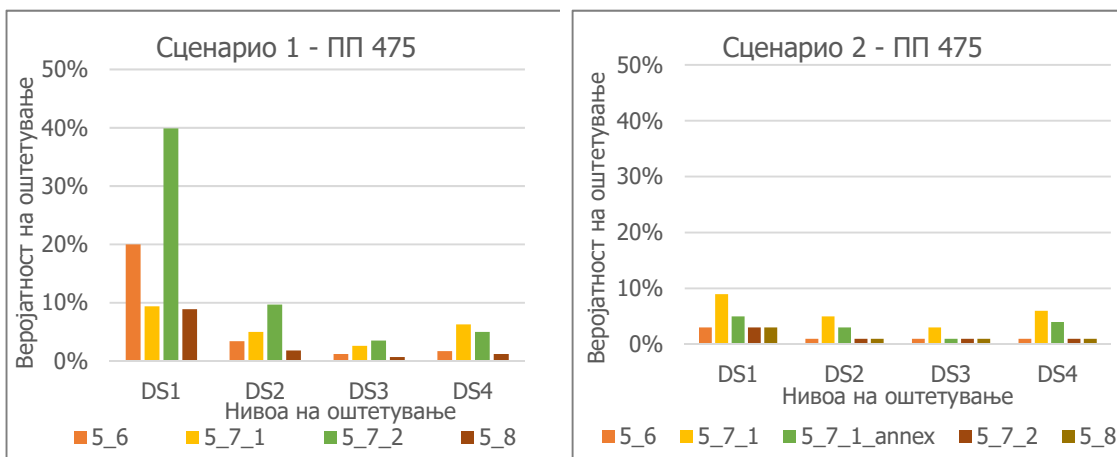
Во табела 5.5. е прикажан пример на соседни парцели на кои во сценарио 1 има објекти со различна таксономија, додека во сценарио 2 објектите од соседните парцели се лепенки (слика 5.9), но таксономијата се подобрува. Следствено, во сценарио 2 веројатностите на постигнување на соодветните степени на оштетувањата се незначителни во споредба со сценарио 1 (слика 5.10).

Табела 5.5: Група ентитети и нивна таксономија во сценарио 1 и 2 анализирани од аспект на поставеност

Ентитет	Сценарио 1	Сценарио 2
5_6	MCF_LWAL-DUL_H3	CR_LFM-CDM-10_H5
5_7_1	CR_LFINF-CDM-10_H3	CR_LFINF-CDM-10_H3
5_7_1_annex	/	CR_LFINF-CDM-10_H5
5_7_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	CR_LFM-CDM-10_H5
5_8	MCF_LWAL-DUM_H3	CR_LFM-CDM-10_H5



Слика 5.9: Поставеност на објекти со различни таксономии и сеизмички ризик



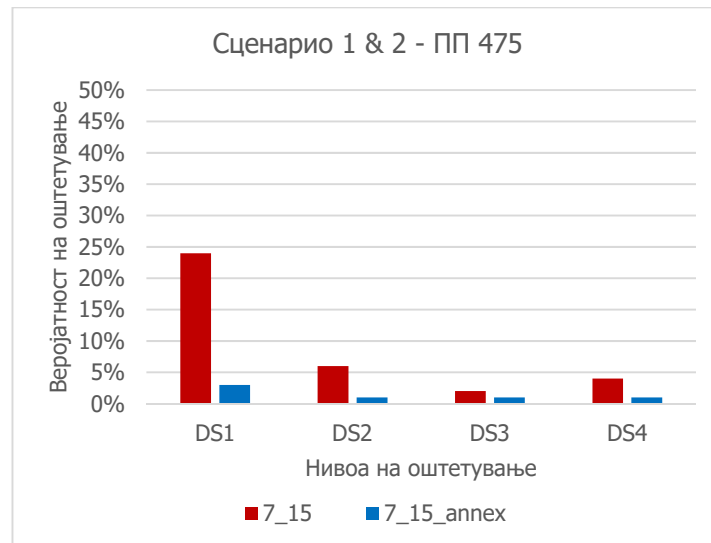
Слика 5.10: Споредба на оштетувања на објекти според поставеност во сценарио 1 и 2 согласно резултати од процена на ризик со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години.

Од аспект на поставеност на објектите проблематични се и објектите со анекси кога таксономиите на основната и додадената конструкција (анекс) се разликуваат, како на пример е објектот 7_15. Оригиналниот објект има таксономија MUR-CL99_LWAL-DNO_H5 додека анексот (доградба и надградба) има таксономија CR_LFM-CDM-10_H6 (слика 5.11).



Слика 5.11: Поставеност на конструкции кај објекти со анекс. Пример ентитет 7_15.

Во вакви случаи, оригиналната конструкција покажува различна веројатност на постигнување на оштетувања, во споредба со анексот, или во конкретниов пример конструкцијата обележана со ентитет 7_15 покажува значително поголема веројатност за лесни оштетувања од анексот обележан со ентитет 7_15_анекс.



Слика 5.12: Споредба на оштетувања на конструкции во објект со анекс

3) Облик на основата на објекти

Обликот на основата на објектите е архитектонска конфигурација која е дефинирана со границите на површина наменета за градба, процентот на изграденост и коефициентот на искористеност.

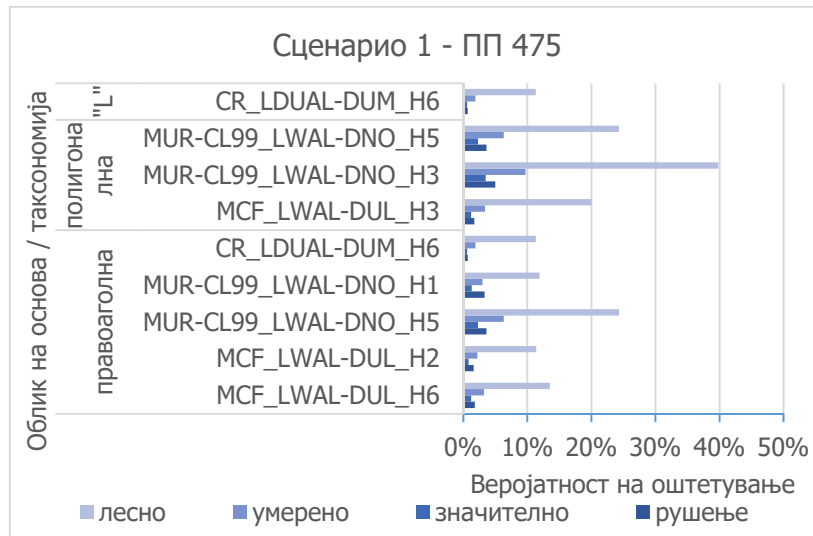
Недилатираниите доградби го менуваат обликот на основата при што се јавуваат полигонални форми со критични агли. Кај објектите со мешана конструкција се

јавуваат основи со неправилна форма кои се непожелни особено кога е во прашање конструкција со поголема сеизмичка повредливост.

Во пилот студијата во сценарио 1 постојат 43 објекти кои биле доградени и наградени, од кои 26 со дилатациони фуги а 17 без дилатациони фуги. Во сценарио 2 се зголемува бројот на објекти со доградби и надградби на вкупно 54 од кои 49 се со дилатациони фуги а 5 без дилатациони фуги. Објектите со конструктивни интервенции без дилатациони фуги (17) во сценарио 1 се прикажани во табела 5.6. Оштетувањата според облик на основа во корелација со таксономија се прикажани на слика 5.13.

Табела 5.6: Објекти со интервенции на конструкција без дилатациони фуги од сценарио 1 – веројатност на оштетувања според калкулатор за класичен веројатносен пристап за ПП 475 години

Ентитет	Таксономија	Облик на основа
1_7_1	MCF_LWAL-DUL_H6	правоаголна
1_7_2	MCF_LWAL-DUL_H6	правоаголна
1_8	MCF_LWAL-DUL_H6	правоаголна
M4_12	MCF_LWAL-DUL_H2	правоаголна
2_11_1	CR_LDUAL-DUM_H6	правоаголна
7_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	правоаголна
7_12	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	правоаголна
5_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	правоаголна
M3_14	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	правоаголна
M3_25	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	полигонална
7_8	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	полигонална
2_11_2	CR_LDUAL-DUM_H6	"L" форма
2_11_3	CR_LDUAL-DUM_H6	"L" форма
5_6	MCF_LWAL-DUL_H3	полигонална
M5_2	MCF_LWAL-DUL_H2	полигонална
M5_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	полигонална
M5_6	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	полигонална



Слика 5.13: Анализа на оштетувања според облик на основа и таксономија за објекти со анекси без дилатациони фуги во сценарио 1 со класичен веројатносен пристап за ПП 475 години

4) Густина на населеност (број на жители – повредливост на загуби)

Резултатите од процената на сеизмичкиот ризик со класичен веројатносен пристап за повратен период од 475 години за пилот студијата укажуваат дека иако бројот на жители во сценарио 2 се зголемува, просечниот број на човечки жртви е помал во сценарио 2 во споредба со сценарио 1. Ова се должи на изборот на конструкциите на објектите во сценарио 2 кои се сеизмички посигурни за разлика од сценарио 1.

5.2.2 Анализа на Деталниот Урбанистички План на пилот студијата во Карпош од аспект на сеизмичка сигурност

Урбанистичкото планирање се спроведува во различни нивоа. На градско ниво се подготвува Генерален Урбанистички План (ГУП) кој содржи просторни единици во зони дефинирани со различни намени. За просторните единици дефинирани во ГУП се подготвува Детален Урбанистички План (ДУП) кој што содржи парцелизација и намена на земјиште, површина и висина на градба и други планерски податоци потребни за формирање на планскиот опфат (Сл. Весник, бр. 32, 2020).

Деталниот Урбанистички План предложен за територија 3-08 ја опфаќа површината на пилот студијата која е предмет на процена на сеизмички ризик. Во ДУП се прикажани податоци кои се однесуваат на намена на градежно земјиште, компатибилна класа на намена и процентуално учество на компатибилната класа во вкупната површина на градба, максимална височина на градбите изразена во метри и број на катови, површина на градежна парцела, површина на градење (приземна), вкупна изградена површина и начин на паркирање. Објектите за кои не се предвидуваат измени се обележани со "ПОСТОЈНА СОСТОЈБА". Бројот на објекти кои остануваат непроменети е сосема мал во споредба со објекти за кои се предвидени измени.

Деталниот Урбанистички План како планерски инструмент на општинско ниво преку параметрите за контрола на изграденоста го поттикнува планирањето на

архитектонски и урбанистички конфигурации кои се сметаат за неповолни од аспект на сеизмички ризик. Урбанистичките параметри со кои се контролира изграденоста се: вкупна површина на градење, процент на изграденост, висина, коефициент на искористеност и густина на населеност.

Моделот на изложеност за сценарио 1 се базира на претходни студии на ИЗИИС (Цветановска-Нечевска и сораб., 2013; Apostolska et al., 2018), додека во сценарио 2 се базира на податоците од ДУП (Тајфа план, 2015). Бројот на жители е определен според површина намената за домување со просечно тројца жители во стан при што во сценарио 1 има 6.816 жители, додека во сценарио 2 бројот на жители е 9.678. Вкупната површина на пилот студијата изнесува 15,67 хектари. Дефинирањето на сите компоненти од моделите на изложеност на двете сценарија се објаснети детално во поглавје 3.

Деталниот Урбанистички План предвиден за постојната урбана единица содржи определени нејаснотии во однос на статусот на постојните објекти. Вредностите на параметрите за контролирање на изграденоста заедно со графичките прилози може да се толкуваат како:

- Постојните објекти се рушат и на нивно место се градат нови објекти
- Постојните објекти не се рушат туку се доградуваат и надградуваат со дополнителни површини

Рушењето на објекти кои се сеизмички повредливи и изградба на нови согласно сеизмичките прописи значи намалување на сеизмичкиот ризик. Од друга страна, доградбите и надградбите најчесто придонесуваат кон зголемување на сеизмичката повредливост на објектите.

Трендот на доградби и надградби започнува во 1991 година со затворање на балконите и нивно проширување како социјална потреба на жителите за обезбедување на поголема станбена површина за пониска цена на чинење. До 2008 година доградбите и надградбите не биле регулирани со законот за градење, а од 2008 година истите се влезени во законот за градење и треба да бидат во согласност со ДУП и за нивна изградба потребно е да се добие градежна дозвола исто како за нови објекти.

Од аспект на сеизмичка сигурност на објектите, според актуелниот сеизмички правилник (ПИОВС 81) доградбите и надградбите се сметаат како измени на конструкција кои доколку се помали од 10% од вкупната површина/маса на постојниот објект, истите се проектираат како независни од постојната конструкција, чија сеизмичка сигурност во најдобар случај е непозната.

Во пилот студијата повеќето објекти кои претрпеле конструктивни интервенции се сидани објекти без АБ елементи, изведени пред донесувањето на првите сеизмички прописи (1964 година) и се препознаени како конструкции со висока сеизмичка повредливост.

Во актуелната градежна пракса со ДУП се дефинира висината (бројот на катови) и габаритот на новопланираниот објект, додека пак неговото конструктивно решение, а во корелација со сеизмичката повредливост, е избор и одговорност на сопственикот и проектантот.

Од овој аспект, при урбанистичко планирање недостасува еден чекор – соработката на планерот и проектантот, а во правец на зголемување на сеизмичката сигурност на објектот. Резултатите од процената на сеизмичкиот ризик треба да им помогнат на урбанистите планери и локалните власти во правец на неговото ублажување.

Во продолжение се дадени неколку предлози со кои ДУП подготвен согласно резултатите од процената на сеизмички ризик може да влијае на намалување на сеизмичкиот ризик:

1. Праксата на доградби и надградби на постојните објекти, а посебно на оние изведени пред воведувањето на првите сеизмички прописи треба во целост да се напушти.
2. Доколку објектот е сеизмички сигурен ДУП не треба да предвидува никакви измени.
3. Ако објектот не е сеизмички сигурен, доколку е можно треба да се зајакне. Ваков објект во ниту еден случај не треба да биде дограден и/или надграден.
4. Ако објектот не е сеизмички сигурен и не може да се зајакне истиот треба да се сруши и на негово место да се изгради нов објект согласно важечките сеизмички прописи.

5.3 МЕРКИ И НАСОКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА АКТУЕЛНАТА СЕИЗМИЧКА СОСТОЈБА ОД УРБАНИСТИЧКИ АСПЕКТ

Интегрирањето на процената на сеизмичкиот ризик како елемент во урбанистичко планирање и истовремено пристапување кон проблематиката на сеизмичкиот ризик од аспект на урбанизмот се важни предуслови кои можат да резултираат во сеизмички побезбедни и одржливи урбани средини. Во таа насока, предложени се сет на мерки:

- 1) Осврнување на ризикот од земјотрес при избор на локации за нов урбан развој
- 2) Креирање на ГИС платформа која ќе биде континуирано ажурирана и ќе ја следи динамичната природа на моделот на изложеност
- 3) Процена на сеизмичкиот ризик на постојни урбани средини за да се утврди актуелната состојба и приоритизација на активностите во правец на намалување на ризикот
- 4) Креирање на криви на повредливост кои ги вклучуваат и урбанистичките параметри идентификувани како важни за сеизмичката сигурност.
- 5) Подобрување на сеизмичката сигурност на постоечките урбани средини со зајакнување на повредливите објекти и/или нивно рушење и изградба на нови објекти кои се сеизмички сигурни
- 6) Обезбедување на мултидисциплинарен пристап при изготвување на урбанистичките планови од различни нивоа (ГУП, ДУП)

- 7) Вклучување на постапката за процена на сеизмичкиот ризик во урбан размер како континуиран процес во планирање и развој на градските средини
- 8) Модификација на постојните и воведување на нови урбани параметри кои влијаат на сеизмичкиот ризик а во насока на негово намалување
- 9) Интегрирање на концептот на сеизмичка сигурност во регулативата за урбанистичко планирање
- 10) Подигање на свесноста за ризик од земјотреси кај урбанистите и генерално кај граѓаните
- 11) Едукација на професионалците од секторите поврзани со развој на градот за ризикот од земјотреси

6 ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА

6.1 ПРЕГЛЕД

Предмет на истражувањето во рамки на докторската дисертација е процена на сеизмички ризик во урбан размер како основа за одржлив урбан развој. Бидејќи сеизмичкиот ризик претставува комплексен проблем потребен е интердисциплинарен пристап од страна на различни професии и институции, градежни инженери, архитекти, урбанисти, локална власт, како и од локална заедница (Martinez-Cuevas et al., 2017).

Преку процената на сеизмичкиот ризик на пилот студијата Карпош за различни урбанистички сценарија, илустрирано е влијанието на урбанистичкото планирање на сеизмичкиот ризик и се предложени мерки и насоки за подобрување на сеизмичката сигурност на постојните и новопланираните урбани единици.

Во дисертацијата е направена анализа на постојната улога на урбанистичкото планирање во намалување на сеизмичкиот ризик низ преглед на праксата на урбанистичко планирање во неколку земји кои се наоѓаат во различни сеизмотектонски региони во светот. Направениот преглед укажува дека во постојните мерки применети во урбанистичко планирање фокусот е на сеизмичкиот hazard додека останатите компоненти на ризикот изостануваат, со исклучок на Нов Зеланд каде во рамките на урбанистичкото планирање се прави процена на сеизмичката повредливост на објектите и нивно евентуално зајакнување (Egbelakin et al., 2013). Во одредени земји се применува и праксата на урбана обнова која се реализира после настанат земјотрес, но често резултира со негативен ефект бидејќи со обновата се зголемува површината на изграденост и густина на населеност на територии со висок сеизмички hazard (Asian Development Bank, 2016). Дополнително, урбанистичкото планирање се наоѓа под притисок на брзата урбанизација која принудува урбан развој и на територии кои се дефинирани како неповолни за развој (Menoni, 2020).

Во Р.С. Македонија, според важечките регулативи, при урбанистичко планирање се обрнува внимание на сеизмичноста на регионот. Во Генералниот Урбанистички План (ГУП) 2012-2022 година за Град Скопје постојат податоци за сеизмичност, но мерките за заштита се однесуваат на ново планирани урбани единици, додека за постоечките урбани единици не се дадени мерки за намалување на нивната сеизмичка повредливост. Од друга страна, во правилникот со стандарди и нормативи за урбанистичко планирање одредени урбанистички параметри, иако имаат потенцијал, не се осврнуваат на проблематиката на сеизмичност (АПП, 2011).

Урбаната единица која е предмет на анализа во пилот студијата претставува станбена населба во општина Карпош, која според Генерален Урбанистички План на Град Скопје за период 2012-2022 припаѓа во градска четврт З 08. За оваа пилот студија, во рамки на дисертацијата, а врз основа на претходни студии (Charleson, 2008; Martinez-Cuevas et al., 2017) и таксономијата на GEM (<https://platform.openquake.org/textweb/>), е селектиран сет од урбанистички

параметри, висина на објект, облик на основа на објект и поставеност на објект во блок, и е истражувано нивното влијание на сеизмичкиот ризик.

Дефинирањето на компонентата сеизмички хазард за предметната локација се темели на најновиот развиен модел на сеизмички хазард за територија на Европа (ESHM20) Европски Модел за Сеизмички Хазард (Danciu L., et al., 2021), сеопфатната веројатносна анализа на сеизмичкиот хазард за територијата на Р. Северна Македонија (Шалиќ, 2015), како и податоците за локални почвени услови (Дојчиновски и др., 2013). Хазардот е дефиниран на два начини: (1) преку детерминистички пристап со дефинирање на две земјотресни сценарија со максимални магнитуди Mw 6,6 во радиус од 10 км, и Mw 7,1 во радиус од 100 км и со примена на моделот на Akkar et al. 2014, за атенуација на тлото и (2) класичен веројатносен пристап, со две повратни периоди, 95 години и 475 години при што влезните параметри за хазардот се превземени од пакетот на Европскиот модел на сеизмички ризик (Crowley et al., 2021), достапно онлајн (Gitlab-2).

Дефинираниот сет од урбанистички параметри е анализиран за две различни сценарија на моделот на изложеност, постојна и планирана состојба. Првото сценарио на компонентата изложеност претставува постојната состојба формулирана согласно податоците од студии направени од страна на ИЗИИС (Нечевска-Цветановска и др., 2013; Apostolska et al., 2018), со вкупно 173 конструктивни единици, додека планираната состојба, (сценарио 2), се базира на Деталниот Урбанистички План (ДУП) (Тајфа План, 2015) и се состои од 204 конструктивни единици-ентитети. Конструктивниот систем на објектите во планирана состојба е одреден согласно актуелната градежна пракса во Градот Скопје, земајќи ги во предвид и правилниците за сеизмичко проектирање, предвидените евентуални реконструкции на постојните објекти, како и согласно експертско мислење.

Дефинирањето на повредливоста на моделот на изложеност во пилот студијата во Карпош се базира на Европскиот Модел за Сеизмички Ризик – ESRM20 (Crowley et al., 2021). Селектираните криви на повредливост од ESRM20 се развиени за конструкции кои се со многу слична типологија на градба со градежниот фонд кој што е застапен во пилот студијата Карпош.

Со имплементација на компјутерскиот програм Open Quake Engine 3.13, развиен и одржуван од страна на GEM (Global Earthquake Model) (GEM, 2022) направена е процена на сеизмичкиот ризик за пилот студијата, при што за визуелизација на добиените резултати е користен програмот QGIS 3.14 (QGIS Development Team, 2020). Резултатите од процената на сеизмички ризик се претставени во форма на дијаграми на дистрибуција на просечни оштетувања и загуби, како и мапи на оштетувања генерирани во QGIS (QGIS team, 2020), за двете сценарија на моделот на изложеност и за двата модели на сеизмички хазард, детерминистички и класичен веројатносен пристап.

6.2 ЗАКЛУЧОЦИ

Од направената анализа на резултатите добиени од процената на сеизмичкиот ризик, со калкулаторите земјотресно сценарио и класичен веројатносен пристап, компарацијата на урбанистичките параметри во различните сценарија на моделот на изложеност на пилот студијата и анализа на Деталниот Урбанистички План наменет за територијата на пилот студијата во контекст на сеизмичкиот ризик, можат да се извлечат следните заклучоци:

1. При урбанистичко планирање, урбанистите го земаат во предвид сеизмичкиот hazard но не обрнуваат внимание на сеизмичкиот ризик. На пример, во ГУП на Градот Скопје сеизмичките hazard мапи дефинирани со веројатносен пристап за различни повратни периоди се составен дел заедно со текстуалниот дел каде се даваат насоки кои се однесуваат на правилен избор на локации согласно намена на земјиште, планирање на густина на изграденост и населеност во подрачја со висок сеизмички hazard (АПП, 2011).
2. Урбанистичкиот план преку имплементацијата на одредени урбанистички параметри, како висина на објекти (број на катови), поставеност на објект во блок, облик на основа на објекти и намена на објекти, во одредени ситуации води кон креирање на неповолни архитектонски конфигурации. Оштетувањата при земјотрес кои можат да настанат како резултат на некритичката примена на овие урбанистички параметри доколку не се земе во предвид сеизмичкиот ризик се: меѓусебно судирање на конструкциите, ефект на кратки столбови, мек кат, торзија во основа, концентрација на сеизмички сили на локациите на нагла промена на крутоста на конструкцијата итн.
3. Урбанистичките параметри во актуелниот правилник за урбанистичко планирање со кои се контролира изграденоста на урбаната единица, површината на градење, процентот на изграденост, висината, коефициентот на искористеност и густина на населеност, промовираат зголемување на изграденоста во планирана состојба на постојната урбана единица со нејаснотии во однос на статусот на постојните објекти, односно без јасни насоки дали објектите се рушат и се градат одново со поголема површина или постојните објекти се надградуваат и доградуваат.
4. Урбанистичкиот план и законот за градење дозволуваат изградба на доградби и надградби на постојните објекти што резултира со мешани конструктивни што не е пожелно од аспект на сеизмичка сигурност.
5. Во постојната национална пракса и регулатива на урбанистичко планирање не постои методологија која го третира сеизмичкиот ризик во постојните урбани единици.
6. Во рамките на докторската дисертација, разработена е методологија за процена на сеизмичкиот ризик и утврдување на улогата и важноста на сет од урбанистички параметри на сеизмичкиот одговор на објектите, согласно најновите светски истражувања и истата е успешно имплементирана на пилот студија на урбана единица во општина Карпош.

7. Детален приказ на добиените резултати од процената на сеизмичкиот ризик на урбаната единица е презентираан во Поглавјето 4 од докторската дисертација. При тоа просечните оштетувања и загуби се дадени во корелација со периодот на изградбата и селектираните урбанистички параметри, висина на објект, поставеност на објект во блок и облик на основа на објекти, за различна таксономија, модели на hazard и изложеност и степен на оштетување. Генерално и очекувано, најголемите оштетувања се јавуваат кај MUR-CL99_LWAL и MCF_LWAL таксономиите т.е. на објектите кои се изградени пред воведувањето на првите сеизмички прописи во 1964 година и се најзастапени во моделот на изложеност.
8. На ваков начин се креирани услови за реплицирање на имплементираната методологија за процена на сеизмичкиот ризик и на други урбани средини, и истата да се користи како инструмент на планерите при изготвувањето на урбанистичките планови и како алатка базирана на факти која ќе ги подржи градските власти во процесите на одлучувањето и градењето на сеизмички сигурни и одржливи урбани средини.

6.3 ПРЕПОРАКИ ЗА ИДНИ ИСТРАЖУВАЊА

Во рамките на докторската дисертација со примена на два различни пристапи на дефинирање на сеизмичкиот ризик, детерминистички и веројатносен, се направи процена на сеизмичкиот ризик на урбана единица за две верзии на моделот на изложеност, постојна и планирана состојба (ДУП). Резултатите од процена на сеизмичкиот ризик го докажаа нивото на сеизмички ризик во двете сценарија и влијанието на урбанистичките параметри на сеизмички ризик.

Веродостојноста на резултатите добиени од процената на сеизмичкиот ризик се директно поврзани со квалитетот на влезните параметри кои ги дефинираат компонентите на сеизмички ризик. Следствено, поважни препораки за идни истражувања се:

1. Развивање на криви на повредливост специфични за градежниот фонд на територија која е предмет на анализа. Исто така, мешаните конструктивни системи кои се резултат на интервенциите на конструкцијата (доградби и надградби) на постојните објекти треба да бидат презентирани со соодветни криви на повредливост.
2. Вклучување на урбанистичките параметри идентификувани како значајни за сеизмичкиот ризик во развивање на кривите на повредливост. На тој начин кривата на повредливост ќе содржи повеќе информации и резултатите од процена на сеизмички ризик ќе бидат со поголема точност. Во пилот студијата единствено параметарот "висина" беше вклучен во кривите на повредливост, додека останатите урбанистички параметри беа разгледувани во корелација со таксономиите на објектите.
3. Одредување на просечната вредност на објектите според материјал и вид на конструкција како и според други градежни елементи и опрема кои не се дел од конструкцијата.

Идентификување на сеизмичкиот ризик во урбаните единици кои се составени од објекти изградени без градежна дозвола. Иако голем дел од ваков тип на објекти се отпосле легализирани не постои база на податоци за нивната повредливост.

РЕФЕРЕНЦИ:

- [1] Anastasiadis, A., Raptakis, D., Pitilakis, K. (2001). Thessaloniki's Detailed Microzoning: Subsurface Structure as Basis for Site Response Analysis. Pure and Applied Geophysics, pp. 2597-2633. Birkhauser Verlag, Basel.
- [2] Ansal A., Erdik M., Studer J., Springman S., Laue J., Buchheister J., Giardini D., Faeh D., Koksal D. (2004). Seismic microzonation for earthquake risk mitigation in Turkey. 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, .B.C., Canada, August 1-6, 2004.
- [3] Apostolska, R., Necevska-Cvetanovska, G., Shendova, V., Bojadzieva, J. (2018). Seismic performance assessment of "hybrid" structures using two-level multi group GIS oriented approach: case studies. Bulletin of Earthquake Engineering, <https://doi.org/10.1007/s10518-018-0366-0>.
- [4] Asian Development Bank (2016). Reducing disaster risk by managing urban land use: Guidance notes for planners. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank. ISBN 978-92-9257-475-8 (Print), 978-92-9257-476-5 (e-ISBN)
- [5] Atanasopoulou, E., Despoiniadou, V., & Dritsos, S. (2008). *The impact of earthquakes on the city of Aigio in Greece. Urban planning as a factor in mitigating seismic damage*. CP1020 Seismic Engineering Conference Commemorating the 1908 Messina and Reggio Calabria Earthquake. Maryland, US: American Institute of Physics.
- [6] Bahrainy, H., & Bakhtiar, A. (2022). *The Role of Urban Design*. In Bahrainy, H., & Bakhtiar, A. *Urban Design in Seismic-Prone Regions (pp. 15-19)*. Cham: Springer Nature Switzerland AG 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-08321-1>
- [7] Bathrellos, G., Skilodimou, H., Chousianitis, K., Youssef, A., & Pradhan, B. (2017). *Suitability estimation for urban development using mutli-hazard assessment map*. Journal of Science of the Total Environment (575), 119-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.025>
- [8] Bedini, M., & Bronzini, F. (2018). The post-earthquake experience in Italy. Difficulties and the possibility of planning the resurgence of the territories affected by earthquakes. Journal of Land Use Policy (vol. 78), 303-315. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.07.003>
- [9] Benz, H.M., Herman, M., Tarr, A C., Furlong, K.P., Hayes, G. P., Villasenor, A., Dart, R. L., Rhea, S. (2011). Seismicity of the Earth 1900-2010 eastern margin of the Australia plate: U. S. Geological Survey Open-File Report 2010-1083-I.
- [10] Brabhaharan, P. (2013). *Earthquake resilience through early integrated urban planning and practice*. 2013 NZSEE. Christchurch, New Zealand: 2013 NZSEE.
- [11] Calvi, G. M., Pinho, R., Magenes, G., Bommer, J. J. Restrepo-Velez L.F., Crowley, H. (2006). Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. Journal of Earthquake Technology, Indian Society of Earthquake Technology (ISET) September 2006, pp. 75-104.

- [12] Charleson, A. (2008). Seismic Design for Architects – Outwitting the Quake, pp. 125-155. Architectural Press is an imprint of Elsevier. ISBN: 978-0-7506-8550-4.
- [13] Colavitti, A.M., Usai, N., Bonfiglioli, S. (2013). Urban Planning in Italy: The Future of Urban General Plan and Governance. *European Planning Studies*, 21:2, 167-186, DOI: 10.1080/09654313.2012.722913
- [14] Cornell, A.C. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis, *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606.
- [15] Crowley, H., Dabbeek, J., Despotaki, V., Rodrigues, D., Martins, L., Silva, V., Romao, X., Pereira, N., Weatherill, G., Danciu, L. (2021). *European Seismic Risk Model (ESRM20)*, EFEHR Technical Report 002, V1.01, 84 pp, <https://doi.org/10.7414/EUC-EFEHR-TR002-ESRM20>. Pavia, Italy: EUCENTRE Foundation.
- [16] Crowley, H., Silva, V., Martins, L., Romao, X., Periera, N. (2021a) Open models and software for assessing the vulnerability of the European building stock.
- [17] Danciu, L., Nandan, S., Ryes, C., Basili, R., Weatherill, G., Beauval, C., Rovida, A., Vilanova, S., Sesetyan, K., Bard, P-Y., Cotton, F., Wiemer, S., Giardini, D. (2021). *The 2020 update of the European Seismic Hazard Model: Model Overview*. EFEHR Technical Report 001, v1.0.0, <https://doi.or/10.12686/a15>. Pavia: EUCENTRE Foundation.
- [18] Di Giovanni, G. (2016). Cities at risk: status of Italian planning system in reducing seismic and hydrological risks. *Tema Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 43-62
- [19] Dumova-Jovanoska, E. (2004). Fragility curves for RC structures in Skopje region. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering (No.3)*.
- [20] Edip, K., Apostolska, R. (2022). Seismic Risk Assessment as a Basis for Sustainable Urban Development – Pilot Case Karposh District in Skopje. *3rd European Conference on Earthquake Engineering & Seismology*. Bucharest, Romania, 2022.
- [21] Egbelakin, T., Wilkinson, S., Potangaroa, R., & Ingham, J. M. (2013). *Improving regulatory frameworks for earthquake risk mitigation*. *Building Research & Information*, 41:6, 677-689. DOI: 10.1080/09613218.2013.819546.
- [22] EN 1998-1:2004: E. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. European Committee for Standardization (CEN). Brussels, 2004.
- [23] Esteva, L. (1967). Criterios para la construcción de espectros para diseño sísmico. *Proceedings of XII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y III Simposio Panamericano de Estructuras*, Caracas, 1967. Published later in *Boletín del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales*, Universidad Central de Venezuela, No. 19

- [24] European Commission (Gr). (2000). Regional development studies - the EU compendium of spatial planning systems and policies - Greece. Luxembourg: European Communities.
- [25] European Commission (It). (2000). Regional development studies - the EU compendium of spatial planning systems and policies - Italy. Luxembourg: European Communities.
- [26] FEMA <https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/earthquake/training/fema-p-154>, посетено на 25/05/2023
- [27] GEM (2022). The OpenQuake-engine User Manual. Global Earthquake Model (GEM) OpenQuake Manual for Engine version 3.13.0, Doi: 10.13117/GEM.OPENQUAKE.MAN.ENGINE.3.13.0, 204 pages.
- [28] Gitlab-1. <https://gitlab.seismo.ethz.ch/efehr/eshm20/-/tree/master/>.
- [29] Gitlab-2. <https://gitlab.seismo.ethz.ch/efehr/esrm20/-/tree/main/Hazard>.
- [30] Guevara-Perez, T. (2008). Seismic regulations versus modern architectural and urban configurations. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 2008, Beijing, China.
- [31] Hailemikael, S., Amoroso, S., & Gaudiosi, I. (2020). *Guest editorial: seismic microzonation of Central Italy following the 2016-2017 seismic sequence*. Bulletin of Earthquake Engineering, 18, 5415-5422. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00929-6>
- [32] Hayes, G. P., Smoczyk, G. M., Benz, H. M., Villasenor, A., Furlong, K. P. (2015). Seismicity of Earth 1900-2013, Seismotectonics of South America (Nazca Plate Region): U. S. Geological Survey Open-File Report 2015-1031-E, <http://dx.doi.org/10.3133/of20151031E>
- [33] Herman, M. W., Hayes, G. P., Smoczyk, G. M., Turner, Rebecca, Turner, B., Jenkins, J., Davies, S., Parker, A., Sinclair, A., Benz, H.M., Furlong, K. P., Villasenor, A. (2015). Seismicity of the Earth 1900-2013, Mediterranean Sea, and Vicinity: US Geological Survey Open-File Report 2010-1083-Q, <http://dx.doi.org/10.3133/ifr20101083Q>.
- [34] <https://platform.openquake.org/taxtweb/>
- [35] Ivanisevic, M., Marjanovic, M., Iliev, D. (2021). Spatial Planning and Territorial Governance in North Macedonia: From Socialist Yugoslavia to European Integration. In Berisha, E., Cotella, G., Solly, A. Governing Territorial Development in the Western Balkans: Challenges and Prospects of Regional Cooperation (pp. 107-130). Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72124-4>
- [36] Mariotti, J., Baldwin Hess, D. (2021). Enlargement of apartments in socialist housing estates in Skopje under transition: The tension between individual preferences and collective action. Journal of Housing and the Built Environment. <https://doi.org/10.1007/s10901-021-09875-4>.

- [37] Martinez – Cuevas, S., Benito, M. B., Cervera, J., Morillo, M. C., Luna, M. (2017). Urban modifiers of seismic vulnerability aimed at Urban Zoning Regulations. *Bulleting of Earthquake Engineering*, November, 2017.
- [38] Menoni, S. (2020). *Risk Mitigation and Resilience of Human Settlement*. In Balducci, A., Chiffi, D. & Curci, F. *Risk and Resilience* (pp. 27-45). Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56067-6>.
- [39] Milutinovic, Z., Salic, R., & Tomic, D. (2017). An Overview on Earthquake Hazard and Seismic Risk Management Policies of Macedonia. 16th World Conference on Earthquake Engineering. Santiago, Chile: 16 WCEE 2017.
- [40] Milutinovic, Z. and Trendafiloski, G. S. (2003). Risk-UE An Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios with Applications to Different European Towns. Contract: EVK4-CT-2000-00014, WP4: Vulnerability of Current Buildings.
- [41] Nocevski, N. (1993). Definition of Empirical and Theoretical Models for Definition of the Vulnerability Level of High-Rises (in Macedonian: Дефинирање на Емпириски и Теоретски Модели за Одредување на Ниво на Повредливост на Високо-Катници – докторска дисертација). Doctoral Dissertation, IZIIS, Skopje, Republic of Macedonia.
- [42] OECD. (2017). *Land-use Planning Systems in the OECD: Country Fact Sheets*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264268579-en>
- [43] Olshansky, R. B. (2001). Land Use Planning for Seismic Safety: The Los Angeles County Experience, 1971-1994, *Journal of the American Planning Association*, 67:2, 173-185, Doi: 10.1080/01944360108976227.
- [44] Pagani, M., Monelli, D., Weatherill, G., Danciu, L., Crowley, H., Silva, V., Henshaw, P., Butler, L., Nastasi, M., Panzeri, L., Simionato, M., Vigano, D. (2014). OpenQuake Engine: An Open Hazard (and Risk) Software for the Global Earthquake Model. *Seismological Research Letters*, Volume 85, Number 3, June 2014. Doi: 10.1785/0220130087.
- [45] Petrovski J. (2003). Damaging Effects of July 26, 1963 Skopje Earthquake. Skopje earthquake: 40 years of European Earthquake Engineering: SE-40EE. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS), University "Ss. Cyril and Methodius" Skopje, R. N. Macedonia.
- [46] QGIS Development Team (2020), QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org/en/site/>
- [47] Salic R, Gulerce Z, Kuka N, Markusic S, Mihaljevic J, Kovacevic V, Sangikaya A, Milutinovic Z, Duni L, Stanko D, Kaludjerovic N, Kovacevic S (2018) Harmonized seismic hazard maps for the western Balkan countries. 16th European conference on earthquake engineering, Thessaloniki 2018.
- [48] Sapountzaki, K., & Dandoulaki, M. (2006). Coping with Seismic Risk in Greece: The Traditional Merits of the System and the Challenges of the Future. In Fleischhauer, M., Greiving, S., Wanczura, S. *Natural Hazards and Spatial Planning in Europe*. Dortmund: ARMONIA project.

- [49] Schneiderbauer, S., Calliari, E., Eidsvig, U., & Hogelocher, M. (2017). The most recent view of vulnerability. In Poljansek, K., Marin Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I., *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*. (pp. 70-84). Luxembourg: EUR 28034 EN, Publications Office of the European Union.
- [50] Sepulveda, S., Rebolledo, S., Borquez, X., Prieto, J., & Munoz, J. (2015). Geohazard Studies for Urban Planning in the Santiago Metropolitan Region, Chile: Some Lessons for Future Interactions Between Engineering Geoscientists and Urban Planners in Developing Countries. *Engineering Geology for Society and Territory*, V (5), 327-330. DOI: 10.1007/978-3-319-09048-1_62.
- [51] Silva, V., Crowley, H., Pagani, M., Monelli, D., Pinho, R. (2013). Development of the OpenQuake engine, the Global Earthquake Model's open-source software for seismic risk assessment. *Natural Hazards*, Springer Science +Business Media Dordrecht, Doi: 10.1007/s11069-013-0618-x
- [52] Silva, V., Dolce, M., Danciu, L., Rossetto, T., Weatherill, G. (2017). Geophysical risk: earthquakes. In Poljansek, K., Marin Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I., *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*. (pp. 138-150). Luxembourg: EUR 28034 EN, Publications Office of the European Union.
- [53] Simmons, D. C., Duawe, R., Gowland, R., Gyenes, Z., King, A.G., Riedstra, D., Schneiderbauer, S. (2017). Understanding disaster risk: risk assessment methodologies and examples. In Poljansek, K., Marin Ferrer, M., De Groeve, T., Clark, I., (Eds.) (2017), *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less* (pp. 40-43). EUR 28034 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-60679-3, doi:10.2788/842809, JRC102482.
- [54] SM Working Group (2015). Guidelines for Seismic Microzonation, Conference of Regions and Autonomous Provinces of Italy – Civil Protection Department, Rome.
- [55] SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee) (1997). Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts, U.S. Nuclear Regulatory Commission, U.S. Dept. of Energy, Electric Power Research Institute; NUREG/CR-6372, UCRLID- 122160, Vol. 1-2. Also a review of the document by National Academy Press, Washington, DC, 73 pp.
- [56] Tarhan, C., Deniz, D. (2013). Sustainable Urban Planning and Risk Assessment of Earthquake Hazard in Turkey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-4/W1, 29th Urban Data Management Symposium, 2013, London, United Kingdom.
- [57] United Nations (1970). *Skopje Resurgent*, The Story of a United Nations Special Fund Town Planning Project. New York: United Nations.
- [58] United Nations (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
- [59] United Nations (2018). *The World's Cities in 2018 – data booklet* (ST/ESA/SER./417). Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

- [60] United Nations. (2015a). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1.
- [61] USGS, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000jllz/imact> (last accessed 12.04.2023)
- [62] USGS, <https://www.usgs.gov/media/images/tectonic-plates-earth> (last accessed 12.04.2023)
- [63] Vassi, A., Siountru, K., Papadaki, K., Iliadi, A., Ypsilanti, A., Bakogianis, E. (2022). The Greek Urban Policy Reform through the Local Urban Plans (LUPs) and the Special Urban Plans (SUPs), Funded by Recovery and Resilience Facility (RRF). *Land* 2022, 11, 1231. <https://doi.org/10.3390/land11081231>.
- [64] Weatherill, G., Kotha, S.R., Cotton, F. (2020). A regionally-adaptable "scaled backbone" ground motion logic tree for shallow seismicity in Europe: application to the 2020 European seismic hazard model. *Bulletin of Earthquake Engineering* (2020) 18:5087-5117. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00899-9>
- [65] Zhang, Y., Fung, J., Johnson, K., & Sattar, S. (2021). *Review of Seismic Mitigation Policies in Earthquake-Prone Countries: Lessons for Earthquake Resilience in the United States*. *Journal of Earthquake Engineering*. DOI:10.1080/13632469.2021.1911889.
- [66] АПП. <https://app.gov.mk/?lang=mk> (посетено на 01.11.2023).
- [67] Агенција за Планирање на Просторот (АПП) (2011). Документациска основа прилог на Генерален Урбанистички План на Град Скопје за плански период од 2012-2022, книга 1, Декември 2011.
- [68] Агенција за Планирање на Просторот (АПП) (2011a). Генерален Урбанистички План за Град Скопје за плански период од 2012-2022.
- [69] Нечевска-Цветановска, Г., Апостолска, Р., Гаревски, М., Бојаџиева, Ј., Витанова, М., Стојаноски, Б., Богдановиќ, А., Ѓорѓиевска, Е., Жекиќ, Г., Китановски, Т., Руневски, К., Трајчевски, Ј., Димитровски, М., Томиќ, Д., Јованов, Ѓ. (2013). Надградба на информациона систем на општина Карпош со нови атрибути за евидентирање и следење на сеизмичката стабилност и сигурност на постојните објекти на територијата на општина Карпош ГИС околина; Книга 1: Визуелна инспекција и мислење за постојната состојба на објектите на локација на општина Карпош и евидентирање во дефиниран формулар. Извештај ИЗИИС 2013-47.
- [70] Д. Дојчиновски, Ј. Бојаџиева, И. Ѓорѓеска, К. Едип, В. Гаџа, И. Зафирова, Ѓ. Јовановски (2013) ИЗИИС извештај 2013-49, 50, 51, 52, 53. Надградба на информациона систем на општина Карпош со нови атрибути за евидентирање и следење на сеизмичка стабилност и сигурност на постојните објекти на територија на општина Карпош ГИС околина (Локација 1,2,3,4,5), дефинирање на сеизмички параметри за проектирање и теренски геофизички мерења.
- [71] ИЗИИС (2016). Извештаи од теренска процена на безбедноста на објектите после земјотресот од 11-09-2016 во Скопје. ИЗИИС – извештаи 2016/32-41.

- [72] МакСтат
https://makstat.stat.gov.mk/PXWeb/pxweb/mk/MakStat/MakStat_Popisi_Popis_2021_NaselenieVkupno_Domakinstva/T2002P21.px/table/tableViewLayout2/?rxid=46ee0f64-2992-4b45-a2d9-cb4e5f7ec5ef (посетено на 05/12/2022).
- [73] МАКСТАТ. <https://makstat.stat.gov.mk>
- [74] МакСтат.
https://makstat.stat.gov.mk/PXWeb/pxweb/mk/MakStat/MakStat_Popisi_Popis_2021_NaselenieVkupno_Stanovi/T3002P21.px/table/tableViewLayout2/?rxid=46ee0f64-2992-4b45-a2d9-cb4e5f7ec5ef (посетено на 05/12/2022)
- [75] Милутиновиќ З., Шалиќ Р., Думурџанов Н., Чејковска В., Пекевски Л. Томиќ Д. (2016). Република Македонија карта за сеизмичко зонирање со елементи на сеизмички hazard за повратен период од 95 и 475 години. Универзитет "Св. Кирил и Методиј" во Скопје, Институт за Земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (УКИМ-ИЗИИС) – Скопје. ИЗИИС 2016.
- [76] Милутиновиќ, З., Р. Шалиќ, Д. Томиќ (2016). Карти на сеизмичко зонирање на Република Македонија согласно барањата на МКС EN 1998-1:2004 – ЕВРОКОД 8, Толкувач, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Извештај ИЗИИС 2016-26, Август 2016.
- [77] МКС EN 1998-1/НА:2020. Национален анекс на Еврокод 8.
- [78] СО/ПМФ-Скопје, 2016. <https://seismobsko.pmf.ukim.edu.mk/>
- [79] Општина Карпош, <https://karpos.gov.mk/>, посетено на 5-ти Април 2023
- [80] ПИОВС 81 – Правилник за техничките нормативи за изградба на објекти на високоградба во сеизмички подрачја. Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81
- [81] Службен Весник на Р. Македонија, број 225, 2020. Правилник за урбанистичко планирање.
- [82] Службен Весник на Р. Македонија, број 70/2013. Закон за градење – пречистен текст.
- [83] Службен Весник на Р. С. Македонија бр. 32/2020. Закон за урбанистичко планирање.
- [84] Службен Весник на Р. С. Македонија бр. 78/2006. Правилник за поблиската содржина, размер и начин на графичка обработка на урбанистичките планови.
- [85] Тајфа План. (2015). Детален Урбанистички План за Градско подрачје 3 08. Скопје: Општина Карпош.
- [86] Шалиќ, Р. (2015). Современ пристап за определување на сеизмичкиот hazard во Република Македонија. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (УКИМ-ИЗИИС), Докторска дисертација, Март, 2015.

АНЕКС 1:

- Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)
- Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

АНЕКС 2:

- Мапа на пилот студија според сценарио 1 со ознаки на објекти
- Мапа на пилот студија според сценарио 2 со ознаки на објекти

АНЕКС 1

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

Легенда на ознаки:

1_1	објект - од сценарио 1 (без измени во сценарио 2)
1_2_annex	објект со анекс (со дилатациона фуга) - од сценарио 1 (без измени во сценарио 2)
1_2_annex	објект кој во сценарио 1 има анекс и се додава површина на анекс во сценарио 2
1_7_1	објект со анекс без дилатациона фуга - од сценарио 1 (без измени во сценарио 2)
1_6	објект со анекс без дилатациона фуга - од сценарио 2
1_5_rebuild	објект изграден одново - од сценарио 2
1_39_new	нов објект (непостоел претходно) - од сценарио 2

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.411	42.005	5,200,650	357	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	9,525
1_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.005	1,113,840	77	prior to 1964	midrise	residential	detached	polygonal_solid	2,040
1_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.412	42.005	431,340	30	after 1981	midrise	residential			790
1_3	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.412	42.004	1,708,980	117	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,130
1_3_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	1,233,960	85	after 1981	midrise	residential			2,260
1_4	MCF_LWAL-DUM_H5	1	21.412	42.004	1,692,600	116	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,100
1_4_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	1,469,832	101	after 1981	highrise	residential			2,692
1_5	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.411	42.004	115,596	9	prior to 1964	lowrise	residential	detached	square_solid	234
1_6	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.411	42.004	887,796	51	after 1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	1,626
1_7_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	1,077,804	74	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,974
1_7_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	1,077,804	74	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,974
1_8	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	2,175,264	149	prior to 1964	midrise	residential	detached	polygonal_solid	3,984
2_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.003	201,552	15	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	408
2_4	MCF_LWAL-DUM_H5	1	21.414	42.003	971,880	67	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	1,780
2_4_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.414	42.003	365,820	25	after 1981	midrise	residential			670
2_7_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.003	274,664	21	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	556
2_7_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.414	42.003	1,345,344	92	after 1981	midrise	residential			2,464
2_7_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.004	274,664	21	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	556
2_7_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.414	42.004	1,345,344	92	after 1981	midrise	residential			2,464
2_9_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.004	1,009,008	69	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,848
2_9_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	114,660	8	after 1981	midrise	residential			210
2_9_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.004	1,009,008	69	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,848
2_9_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	114,660	8	after 1981	midrise	residential			210
2_11_1	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	54	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	2,898
2_11_2	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	109	after 1981	midrise	mixed use	adj_two_sides	L_shape	2,898
2_11_3	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	109	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	L_shape	2,898
2_12	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.414	42.004	565,110	39	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	1,035
2_13	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.003	43,966	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	89
3_1_1	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.414	42.003	548,730	38	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,005
3_1_2	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.414	42.003	548,730	38	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,005
3_2	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.414	42.002	971,880	67	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	1,780
3_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.414	42.002	653,016	45	after 1981	midrise	residential			1,196
3_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.002	111,644	8	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	226

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset		location		cost type & value (€)	occupants & period	tags						
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
3_4	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.002	110,162	8	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	223
3_5	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.002	122,512	9	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	248
3_6	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.002	102,258	8	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectang._opening	207
3_8_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.003	289,978	22	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	587
3_8_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.413	42.003	1,413,048	97	after 1981	midrise	residential			2,588
3_8_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.002	289,978	22	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	587
3_8_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.413	42.002	1,413,048	97	after 1981	midrise	residential			2,588
4_2_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	768,170	58	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,555
4_2_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.413	42.003	96,096	7	after 1981	midrise	residential			176
4_2_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	591,318	45	prior to 1964	midrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	1,197
4_2_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.413	42.003	96,096	7	after 1981	midrise	residential			176
4_2_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	768,170	58	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,555
4_2_3_annex	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.413	42.003	96,096	7	after 1981	midrise	residential			176
4_3	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.412	42.003	1,051,050	72	after 1981	midrise	residential	detached	polygonal_solid	1,925
4_4_1	CR_LFINF-CDL-10_H4	1	21.412	42.002	772,044	53	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,414
4_4_2	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.412	42.003	3,457,818	237	1964-1981	highrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	6,333
4_4_3	CR_LDUAL-DUL_H7	1	21.412	42.003	982,800	68	1964-1981	midrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	1,800
4_4_4	CR_LDUAL-DUL_H6	1	21.412	42.003	775,866	53	1964-1981	midrise	mixed use	adj_two_sides	polygonal_solid	1,421
4_4_5	CR_LDUAL-DUL_H5	1	21.412	42.003	609,882	42	1964-1981	midrise	mixed use	adj_two_sides	polygonal_solid	1,117
4_5	CR_LFM-CDL-10_H1	1	21.412	42.003	171,444		1964-1981	lowrise	commercial	adj_one_side	rectangular_solid	314
4_6_2	CR_LDUAL-DUM_H5	1	21.412	42.003	874,692	60	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectang._opening	1,602
5_1	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.411	42.004	799,344	55	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	1,464
5_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.411	42.004	1,529,892	105	after 1981	midrise	residential			2,802
5_2_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.003	2,088,450	143	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	3,825
5_2_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.411	42.003	359,814	25	after 1981	midrise	residential			659
5_2_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.003	778,050	53	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	1,425
5_2_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.411	42.003	126,672	9	after 1981	midrise	residential			232
5_3	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.411	42.003	596,232	31	after 1981	midrise	mixed use	detached	polygonal_solid	1,092
5_6	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.411	42.002	188,370	13	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	345
5_7_1	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.411	42.002	151,242	10	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	277
5_7_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.411	42.002	99,294	8	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	201
5_8	MCF_LWAL-DUM_H3	1	21.411	42.003	201,474	14	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	369
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.410	42.003	1,556,100	118	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,150

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset		location		cost type & value (€)	occupants & period	tags						
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
5_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.003	2,267,460	172	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	4,590
6_1_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	850
6_1_1_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_1_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	850
6_1_2_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_1_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	850
6_1_3_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_2-6_14	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.412	42.002	829,920	46	after 1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	1,520
6_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.002	79,534	6	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	161
6_4	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.002	66,196	5	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	134
6_5	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	183,456	13	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	336
6_6	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	160,524	11	1964-1981	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	294
6_7	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	142,506	10	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	261
6_8	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.001	230,958	16	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	423
6_9_6_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.001	142,272	11	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	288
6_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.002	127,452		prior to 1964	lowrise	commercial	detached	square_solid	258
6_12	MCF_LWAL-DUL_H2	1	21.411	42.001	102,648	7	prior to 1964	lowrise	residential	detached	square_solid	188
7_2_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H4	1	21.413	42.002	671,840	51	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,360
7_2_1_annex	CR_LDUAL-DUL_H7	1	21.413	42.002	1,184,820	81	after 1981	midrise	residential			2,170
7_2_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H4	1	21.413	42.002	671,840	51	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,360
7_2_2_annex	CR_LDUAL-DUL_H7	1	21.413	42.002	1,184,820	81	after 1981	midrise	residential			2,170
7_6	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.413	42.001	761,670	52	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	1,395
7_6_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.413	42.001	1,676,220	115	after 1981	midrise	residential			3,070
7_7_1	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.413	42.001	1,385,748	71	1964-1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	2,538
7_7_2	CR_LDUAL-DUL_H9	1	21.413	42.001	1,056,510	73	1964-1981	highrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	1,935
7_8	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.001	1,286,376	98	prior to 1964	midrise	residential	detached	polygonal_solid	2,604
7_9_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.001	1,012,700	77	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,050
7_9_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.001	1,012,700	77	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,050
7_10	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.410	42.002	5,217,030	358	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	9,555
7_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.002	1,778,400	135	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,600
7_12	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.002	1,642,056	125	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,324
7_15	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	1,479,036	112	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,994
7_15_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	274,092	19	after 1981	midrise	residential			502

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
M1_30	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	30,134	2	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	61
M1_31	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	229,320	16	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	420
M1_32	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.414	42.005	507,780	35	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	930
M3_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	185,250	14	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectang._opening	375
M3_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.006	145,236	11	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	294
M3_3	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.415	42.006	89,544	6	after 1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	164
M3_4	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.006	57,304	4	1964-1981	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	116
M3_5	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.006	55,822	4	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	113
M3_6	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.006	37,050	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	75
M3_7	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	36,062	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	73
M3_8	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	61,750	5	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	125
M3_9	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	362,544	25	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectang._opening	664
M3_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.005	66,196	5	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	134
M3_11	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	259,896	18	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	476
M3_12	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	34,580	3	prior to 1964	lowrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	70
M3_13	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	30,134	2	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	61
M3_14	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.414	42.005	55,328	0	prior to 1964	lowrise	commercial	detached	rectangular_solid	112
M3_15	CR_LFINF-CDL-10_H3	1	21.414	42.005	340,704	23	1964-1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	624
M3_18	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	36,062		prior to 1964	lowrise	commercial	adj_one_side	rectangular_solid	73
M3_19	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	39,520	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	80
M3_20	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.415	42.005	221,130	15	1964-1981	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	405
M3_21	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.005	162,162	11	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	297
M3_22	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.006	160,524	11	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	294
M3_23	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.006	69,160	5	prior to 1964	lowrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	140
M3_23_annex	CR_LFM-CDM-10_H2	1	21.415	42.006	37,128	3	after 1981	lowrise	residential			68
M3_24	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	123,006	9	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	249
M3_25	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	168,948	13	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	342
M3_26	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.006	112,632	9	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	228
M3_27	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.416	42.006	158,574	12	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	321
M3_28	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.416	42.006	196,560	14	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	360
M3_30	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.416	42.006	237,120	18	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	480
M3_31	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.416	42.005	22,230		prior to 1964	lowrise	commercial	detached	rectangular_solid	45
M3_32	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.416	42.005	221,130	15	after 1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	405

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
M3_33	CR_LFM-CDM-10_H1	1	21.416	42.005	56,238		after 1981	lowrise	commercial	detached	polygonal_solid	103
M3_34	CR_LDUAL-DUL_H11	1	21.416	42.005	1,801,800	124	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	3,300
M3_35	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.415	42.006	1,142,778	78	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,093
M4_1	CR_LFINF-CDL-10_H3	1	21.416	42.005	209,664	14	1964-1981	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	384
M4_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.416	42.005	36,556	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	74
M4_3	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	202,020		after 1981	midrise	commercial	adj_one_side	rectang._opening	370
M4_4	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	192,192	13	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	352
M4_5	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.415	42.005	357,630	20	1964-1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	655
M4_6	CR_LFINF-CDM-10_H1	1	21.415	42.005	43,134	3	after 1981	lowrise	residential	adj_two_sides	L_shape	79
M4_8	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.415	42.005	122,304	8	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	224
M4_9	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.416	42.005	50,232	3	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	92
M4_10	CR_LDUAL-DUM_H4	1	21.416	42.005	976,248	50	after 1981	midrise	mixed use	detached	polygonal_solid	1,788
M4_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.416	42.005	53,352	4	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	108
M4_12	MCF_LWAL-DUL_H2	1	21.416	42.005	138,684	10	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	254
M4_13	CR_LDUAL-DUM_H4	1	21.416	42.005	351,624		after 1981	midrise	commercial	detached	polygonal_solid	644
M4_14	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.416	42.005	203,112	14	after 1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	372
M5_1	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.005	239,148	11	after 1981	lowrise	mixed use	detached	polygonal_solid	438
M5_2	MCF_LWAL-DUL_H2	1	21.415	42.005	120,120	8	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	220
M5_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.005	74,100	6	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	150
M5_4	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.415	42.005	87,360	6	after 1981	lowrise	residential	detached	square_solid	160
M5_5	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	26,676	2	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	54
M5_6	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	20,254	2	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	square_solid	41
M5_7	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.005	42,484	3	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	86
M5_7_annex	CR_LFM-CDM-10_H2	1	21.415	42.005	60,060	4	after 1981	lowrise	residential			110
M5-8	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.005	74,100	6	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	150
M5_9	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	41,496	3	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	84
M5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	43,472	3	prior to 1964	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	88
M6_1	MCF_LWAL-DUL_H2	1	21.415	42.005	141,960	10	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	260
M6_2	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	408,408	28	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	748
M6_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.416	42.005	92,872	7	1964-1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	188
M6_4	MCF_LWAL-DUM_H3	1	21.416	42.005	169,260	12	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	310
M6_5	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	218,400	15	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	400
M6_6	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.005	168,714	12	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	309

Модел на изложеност на сценарио 1 (постојна состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
M6_7	MUR-CL99_LWAL-DNO_H1	1	21.415	42.005	58,292	4	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	118
M6_8	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	303,030	21	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	555
M6_9	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.005	176,904	12	after 1981	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	324
M6_10	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.004	273,000	14	after 1981	midrise	mixed use	detached	square_solid	500
M7_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.004	96,824	7	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	196
M7-2	CR_LFM-CDM-10_H3	1	21.415	42.004	191,646	9	after 1981	lowrise	mixed use	adj_one_side	polygonal_solid	351
M7_3	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.416	42.005	868,140	50	after 1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	1,590
M7_4	CR_LFM-CDM-10_H2	1	21.416	42.005	45,318		after 1981	lowrise	commercial	detached	polygonal_solid	83

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset		location		cost type & value (€)	occupants & period	tags						
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
1_1	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.411	42.005	5,200,650	357	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	9,525
1_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.005	1,113,840	77	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,040
1_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.412	42.005	556,920	38	after 1981	midrise	residential			1,020
1_3	MCF_LWAL-DUM_H5	1	21.412	42.004	1,708,980	117	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,130
1_3_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	1,233,960	85	after 1981	midrise	residential			2,260
1_4	MCF_LWAL-DUM_H5	1	21.412	42.004	1,692,600	116	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,100
1_4_annex	CR_LDUAL-DUM_H8	1	21.412	42.004	1,469,832	101	after 1981	highrise	residential			2,692
1_5_rebuild	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.411	42.004	969,696	67	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,776
1_6	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.411	42.004	1,051,050	62	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	1,925
1_7_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	1,077,804	74	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,974
1_7_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.411	42.004	142,506	10	after 1981	midrise	residential			261
1_7_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	1,077,804	74	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,974
1_7_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.411	42.004	142,506	10	after 1981	midrise	residential			261
1_8	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.004	2,175,264	149	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,984
1_8_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.411	42.004	281,736	19	after 1981	midrise	residential			516
2_3_rebuild	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.415	42.003	1,307,124	90	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,394
2_4	MCF_LWAL-DUM_H5	1	21.414	42.003	971,880	67	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	1,780
2_4_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.414	42.003	666,120	46	after 1981	midrise	residential			1,220
2_7_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.003	274,664	21	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	556
2_7_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.414	42.003	1,345,344	92	after 1981	midrise	residential			2,464
2_7_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.414	42.004	274,664	21	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	556
2_7_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.414	42.004	1,345,344	92	after 1981	midrise	residential			2,464
2_9_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.004	1,009,008	69	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,848
2_9_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	332,514	23	after 1981	midrise	residential			609
2_9_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.412	42.004	1,009,008	69	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,848
2_9_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.004	332,514	23	after 1981	midrise	residential			609
2_11_1	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	54	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	2,898
2_11_2	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	109	after 1981	midrise	mixed use	adj_two_sides	L_shape	2,898
2_11_3	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.415	42.004	1,582,308	109	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	L_shape	2,898
2_12_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.414	42.004	1,716,624	118	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,144
3_1_1_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.414	42.003	1,433,250	98	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,625
3_1_2_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.414	42.003	1,433,250	98	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,625
3_2	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.414	42.002	971,880	67	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	1,780
3_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.414	42.002	653,016	45	after 1981	midrise	residential			1,196

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset		location		cost type & value (€)	occupants & period	tags						
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
3_3_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.414	42.002	806,442	55	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,477
3_4_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.413	42.002	852,306	59	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	1,561
3_5_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H8	1	21.413	42.002	1,064,700	73	after 1981	highrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	1,950
3_6_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H8	1	21.413	42.002	1,572,480	108	after 1981	highrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,880
3_8_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.003	289,978	22	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	587
3_8_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.413	42.003	1,413,048	97	after 1981	midrise	residential			2,588
3_8_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.413	42.002	289,978	22	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	587
3_8_2_annex	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.413	42.002	1,413,048	97	after 1981	midrise	residential			2,588
4_2_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	768,170	58	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,555
4_2_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.413	42.003	531,804	37	after 1981	midrise	residential			974
4_2_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	591,318	45	prior to 1964	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	1,197
4_2_2_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.413	42.003	375,102	26	after 1981	midrise	residential			687
4_2_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.413	42.003	768,170	58	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,555
4_2_3_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.413	42.003	531,804	37	after 1981	midrise	residential			974
4_3	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.412	42.003	1,051,050	72	after 1981	midrise	residential	detached	polygonal_solid	1,925
4_4_1_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H12	1	21.412	42.002	3,280,914	225	after 1981	highrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	6,009
4_4_2	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.412	42.003	3,457,818	237	1964-1981	highrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	6,333
4_4_3_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H12	1	21.412	42.003	2,386,566	164	after 1981	highrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	4,371
4_4_4_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H12	1	21.412	42.003	2,198,196	151	after 1981	highrise	mixed use	adj_two_sides	polygonal_solid	4,026
4_4_5_rebuild	CR_LDUAL-DUM_H12	1	21.412	42.003	2,073,162	142	after 1981	highrise	mixed use	adj_one_side	polygonal_solid	3,797
4_5	CR_LFM-CDL-10_H1	1	21.412	42.003	171,444		1964-1981	lowrise	commercial	adj_one_side	rectangular_solid	314
4_6_2	CR_LDUAL-DUM_H5	1	21.412	42.003	874,692	60	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_openir	1,602
1_39_new	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.412	42.003	1,326,780	91	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,430
5_1	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.411	42.004	799,344	55	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	1,464
5_1_annex	CR_LDUAL-DUM_H6	1	21.411	42.004	1,529,892	105	after 1981	midrise	residential			2,802
5_2_1	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.003	2,088,450	143	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	3,825
5_2_1_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.411	42.003	974,610	67	after 1981	midrise	residential			1,785
5_2_2	MCF_LWAL-DUL_H6	1	21.411	42.003	778,050	53	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,425
5_2_2_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.411	42.003	502,866	35	planned	midrise	residential			921
5_3	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.411	42.003	1,344,252	82	after 1981	midrise	mixed use	detached	polygonal_solid	2,462
5_6_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.411	42.002	638,820	44	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,170
5_7_1	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.411	42.002	151,242	10	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	square_solid	277
5_7_1_annex	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.411	42.002	294,294	20	after 1981	midrise	residential			539
5_7_2_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.411	42.002	431,340	30	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	square_solid	790

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset		location		cost type & value (€)	occupants & period	tags						
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
5_8_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H5	1	21.411	42.003	846,300	58	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,550
5_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.410	42.003	1,556,100	118	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,150
5_10_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.410	42.003	992,628	68	after 1981	midrise	residential			1,818
5_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.003	2,267,460	172	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	4,590
1_53_new	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.411	42.003	611,520	42	after 1981	midrise	residential	detached	polygonal_solid	1,120
6_1_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	850
6_1_1_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_1_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	850
6_1_2_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_1_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	419,900	32	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	850
6_1_3_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	394,212	27	after 1981	midrise	residential			722
6_2-6_14	CR_LFINF-CDM-10_H5	1	21.412	42.002	829,920	46	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	square_solid	1,520
6_3	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.002	79,534	6	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	161
6_3_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	102,648	7	after 1981	midrise	residential			188
6_4	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.002	66,196	5	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	134
6_4_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	116,844	8	after 1981	midrise	residential			214
6_5	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	183,456	13	prior to 1964	lowrise	residential	detached	square_solid	336
6_5_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	159,432	11	after 1981	midrise	residential			292
6_6	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	160,524	11	1964-1981	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	294
6_6_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	112,476	8	after 1981	midrise	residential			206
6_7	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.412	42.002	142,506	10	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	261
6_7_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	158,886	11	after 1981	midrise	residential			291
6_8	MCF_LWAL-DUL_H4	1	21.412	42.001	307,944	21	prior to 1964	midrise	residential	detached	polygonal_solid	564
6_9_6_10	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.412	42.001	142,272	11	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	288
6_9_6_10_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.001	233,688	16	after 1981	midrise	residential			428
6_11_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.412	42.002	281,736	19	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	516
6_12_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.411	42.001	369,096	25	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	676
1_12_new	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.411	42.002	227,136	16	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	416
7_2_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H4	1	21.413	42.002	671,840	51	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,360
7_2_1_annex	CR_LDUAL-DUL_H7	1	21.413	42.002	1,355,718	93	after 1981	midrise	residential			2,483
7_2_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H4	1	21.413	42.002	671,840	51	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	1,360
7_2_2_annex	CR_LDUAL-DUL_H7	1	21.413	42.002	1,355,718	93	after 1981	midrise	residential			2,483
7_6	MCF_LWAL-DUL_H3	1	21.413	42.001	761,670	52	prior to 1964	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	1,395
7_6_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.413	42.001	1,676,220	115	after 1981	midrise	residential			3,070

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
7_7_1	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.413	42.001	1,385,748	71	1964-1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	2,538
7_7_2	CR_LDUAL-DUL_H9	1	21.413	42.001	1,056,510	73	1964-1981	highrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	1,935
7_8	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.001	1,286,376	98	prior to 1964	midrise	residential	detached	polygonal_solid	2,604
7_9_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.001	1,012,700	77	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,050
7_9_1_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.411	42.001	874,146	60	after 1981	midrise	residential			1,601
7_9_2	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.001	1,012,700	77	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	2,050
7_9_2_annex	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.411	42.001	874,146	60	after 1981	midrise	residential			1,601
7_10	CR_LDUAL-DUL_H12	1	21.410	42.002	5,217,030	358	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	9,555
7_11	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.002	1,778,400	135	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,600
7_12	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.411	42.002	1,642,056	125	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	3,324
7_12_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.411	42.002	471,744	32	after 1981	midrise	residential			864
7_15	MUR-CL99_LWAL-DNO_H5	1	21.412	42.002	1,239,940	94	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,510
7_15_annex	CR_LFM-CDM-10_H6	1	21.412	42.002	906,360	62	after 1981	midrise	residential			1,660
1_23_new	CR_LFINF-CDM-10_H6	1	21.413	42.002	1,303,848	90	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	2,388
M1_30_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	187,824	13	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	344
M1_31	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	229,320	16	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	420
M1_32	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.414	42.005	507,780	35	prior to 1964	midrise	residential	detached	rectangular_solid	930
M3_1	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	185,250	14	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	375
M3_1_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	142,506	10	after 1981	midrise	residential			261
M3_2_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	362,544	25	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	664
M3_3	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.415	42.006	89,544	6	after 1981	lowrise	residential	detached	polygonal_solid	164
M3_4_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	495,768	34	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	908
M3_5_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.006	275,184	19	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	504
M3_6_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.006	179,088	12	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	328
M3_7_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	233,688	16	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	428
M3_8_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	342,888	24	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	628
M3_9	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	362,544	25	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_openir	664
M3_10_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	303,576	21	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	556
M3_11	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	259,896	18	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	476
M3_12_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	192,192	10	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	352
M3_13_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	203,112	14	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	372
M3_14_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	222,768	15	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	408
M3_15	CR_LFINF-CDL-10_H3	1	21.414	42.005	340,704	23	1964-1981	lowrise	residential	detached	rectangular_solid	624
M3_15_annex	CR_LFINF-CDL-10_H4	1	21.414	42.005	205,296	14	after 1981	midrise	residential			376

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
M3_18_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	288,288	20	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	528
M3_19_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	334,152	23	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	612
M3_20	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.005	221,130	15	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	405
M3_20_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	592,410	41	after 1981	midrise	residential			1,085
M3_21	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	216,216	15	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	396
M3_22	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.415	42.006	160,524	11	after 1981	lowrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	294
M3_22_annex	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	177,996	12	after 1981	midrise	residential			326
M3_23_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	375,648	26	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	688
M3_24	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	123,006	9	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	249
M3_24_annex	CR_LFM-CDM-10_H3	1	21.415	42.006	165,438	11	after 1981	lowrise	residential			303
M3_25	MUR-CL99_LWAL-DNO_H3	1	21.415	42.006	168,948	13	prior to 1964	lowrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	342
M3_25_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	158,340	11	after 1981	midrise	residential			290
M3_26	MUR-CL99_LWAL-DNO_H2	1	21.415	42.006	124,488	9	prior to 1964	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	228
M3_26_annex	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.415	42.006	336,336	23	after 1981	midrise	residential			616
M3_27	MUR-CL99_LWAL-DNO_H4	1	21.416	42.006	270,816	19	1964-1981	midrise	residential	adj_one_side	square_solid	496
M3_28	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.416	42.006	264,264	18	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	square_solid	484
M3_30_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.416	42.006	530,712	36	after 1981	midrise	residential	detached	polygonal_solid	972
M3_31_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	218,400	15	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	400
M3_32	CR_LFINF-CDM-10_H3	1	21.416	42.005	221,130	15	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	405
M3_32_annex	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	167,622	12	after 1981	midrise	residential			307
M3_33	CR_LFM-CDM-10_H1	1	21.416	42.005	56,238		after 1981	lowrise	commercial	detached	polygonal_solid	103
M3_34	CR_LDUAL-DUL_H11	1	21.416	42.005	1,801,800	124	prior to 1964	highrise	residential	detached	rectangular_solid	3,300
M3_35	CR_LDUAL-DUM_H7	1	21.415	42.006	1,142,778	78	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	2,093
4_84_new	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.414	42.005	321,048	22	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	588
4_69_new	CR_LFM-CDM-10_H2	1	21.416	42.006	96,096		after 1981	lowrise	commercial	detached	polygonal_solid	176
M4_1	CR_LFINF-CDL-10_H4	1	21.416	42.005	283,920	20	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	520
M4_2_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	301,392	21	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	552
M4_3	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	202,020		after 1981	midrise	commercial	adj_one_side	rectangular_openir	370
M4_4	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	192,192	13	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	352
M4_5	MCF_LWAL-DUL_H5	1	21.415	42.005	357,630	20	1964-1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	655
M4_6_rebuild	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	205,296	14	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	L_shape	376
M4_8	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.415	42.005	122,304	8	after 1981	lowrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	224
M4_8_annex	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.415	42.005	192,192	13	after 1981	midrise	residential			352
M4_9	CR_LFINF-CDM-10_H2	1	21.416	42.005	50,232	3	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	92

Модел на изложеност на сценарио 2 (планирана состојба)

asset			location		cost type & value (€)	occupants & period	tags					
id	taxonomy	nr	longitude	latitude	structural	occupants_night	seismic_design_code	height	occupancy_type	building_position	plan_shape	total built area (m ²)
M4_9_annex	CR_LFINF-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	257,712	18	after 1981	midrise	residential			472
M4_10	CR_LDUAL-DUM_H4	1	21.416	42.005	281,736	3	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	polygonal_solid	516
M4_11_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4	1	21.416	42.005	388,752	27	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	712
M4_12_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.416	42.005	404,040	27.75	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	740
M4_13	CR_LDUAL-DUM_H4		21.416	42.005	351,624		after 1981	midrise	commercial	adj_one_side	polygonal_solid	644
M4_14	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.416	42.005	270,816	18.6	after 1981	midrise	residential	detached	polygonal_solid	496
4_27_new	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.416	42.005	484,848	33.3	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	888
4_34_new	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	183,456	12.6	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	336
M5_1	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	318,864	16.425	after 1981	midrise	mixed use	detached	polygonal_solid	584
M5_2_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	338,520	23.25	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	620
M5_3_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	251,160	17.25	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	460
M5_4	CR_LFINF-CDM-10_H2		21.415	42.005	87,360	6	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	square_solid	160
M5_4_annex	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	155,064	10.65	after 1981	midrise	residential			284
M5_5_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	299,208	20.55	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	548
M5_6_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	124,488	8.55	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	square_solid	228
M5_7_rebuild	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	259,896	17.85	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	476
M5-8_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	224,952	15.45	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	square_solid	412
M5_9_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	268,632	18.45	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	492
M5_10_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	325,416	22.35	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	596
4_16_new	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	331,968	22.8	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	608
M6_1_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.005	469,560	32.25	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	860
M6_2	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	408,408	28.05	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	748
M6_3_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.416	42.005	283,920	19.5	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	520
M6_4	MCF_LWAL-DUM_H3		21.416	42.005	112,476	7.725	1964-1981	midrise	residential	adj_two_sides	polygonal_solid	206
M6_5	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	292,656	20.1	after 1981	midrise	residential	detached	square_solid	536
M6_6	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	246,792	16.95	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	452
M6_7_rebuild	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	443,352	30.45	after 1981	midrise	residential	adj_two_sides	rectangular_solid	812
M6_8	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	303,030	20.8125	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	polygonal_solid	555
M6_9	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.005	235,872	16.2	after 1981	midrise	residential	detached	rectangular_solid	432
M6_10	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.004	273,000	14.0625	after 1981	midrise	mixed use	detached	square_solid	500
M7_1_rebuild	CR_LFM-CDM-10_H4		21.415	42.004	273,000	18.75	after 1981	midrise	residential	adj_one_side	rectangular_solid	500
M7-2	CR_LFINF-CDM-10_H4		21.415	42.004	331,968	17.1	after 1981	midrise	mixed use	adj_one_side	rectangular_solid	608
M7_3	CR_LDUAL-DUM_H6		21.416	42.005	868,140	49.6875	after 1981	midrise	mixed use	detached	rectangular_solid	1,590
M7_4	CR_LFM-CDM-10_H2		21.416	42.005	45,318		after 1981	lowrise	commercial	detached	polygonal_solid	83

АНЕКС 2:

- Мапа на пилот студија според сценарио 1 со ознаки на објекти
- Мапа на пилот студија според сценарио 2 со ознаки на објекти



ЛЕГЕНДА	
	Граница на градежна парцела
	Регулациона линија
	Градежна линија
	Објекти

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

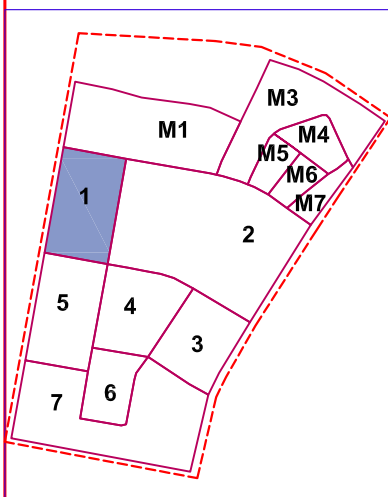
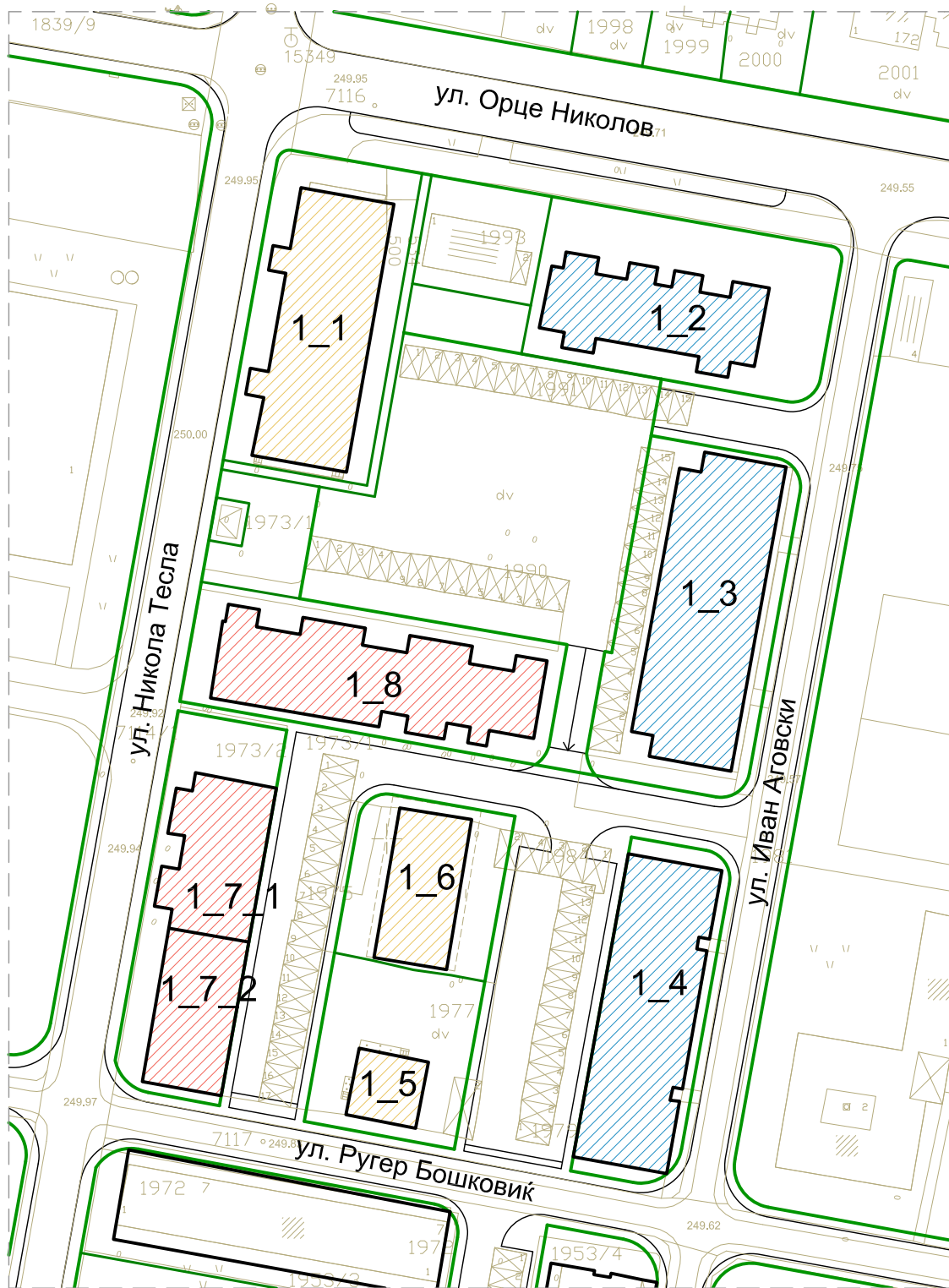
Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)









ЛЕГЕНДА	
	Граница на градежна парцела
	Регулациона линија
	Градежна линија
	Објекти

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81

Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)

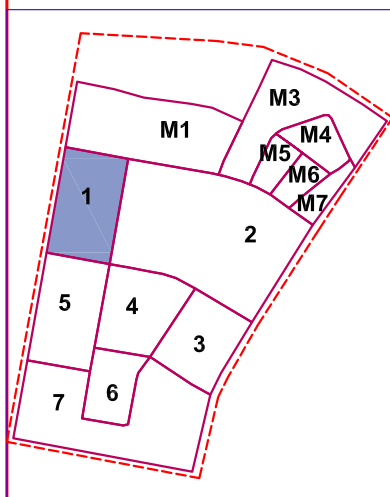
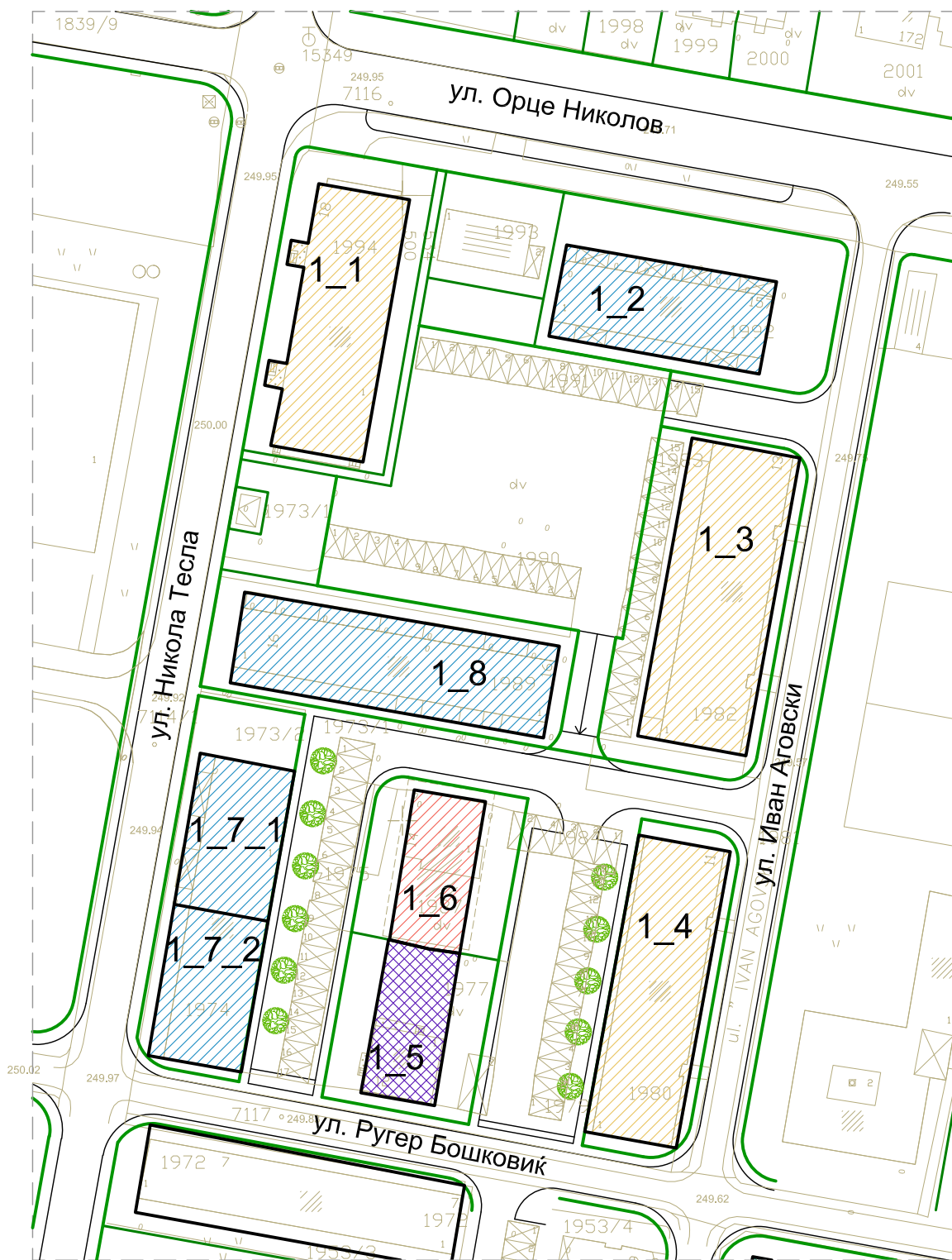


ЛЕГЕНДА









-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без анекс
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок 1



ЛЕГЕНДА

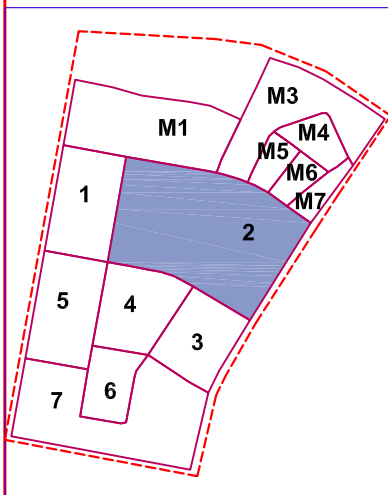
-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без измени
-  Објект изграден одново
-  Ново планиран објект
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81







Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок 1

P = 1:1000

Страна бр: 4

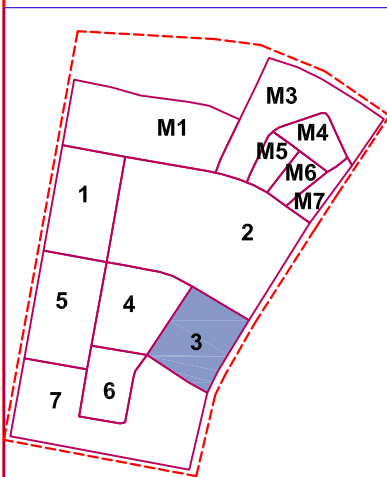
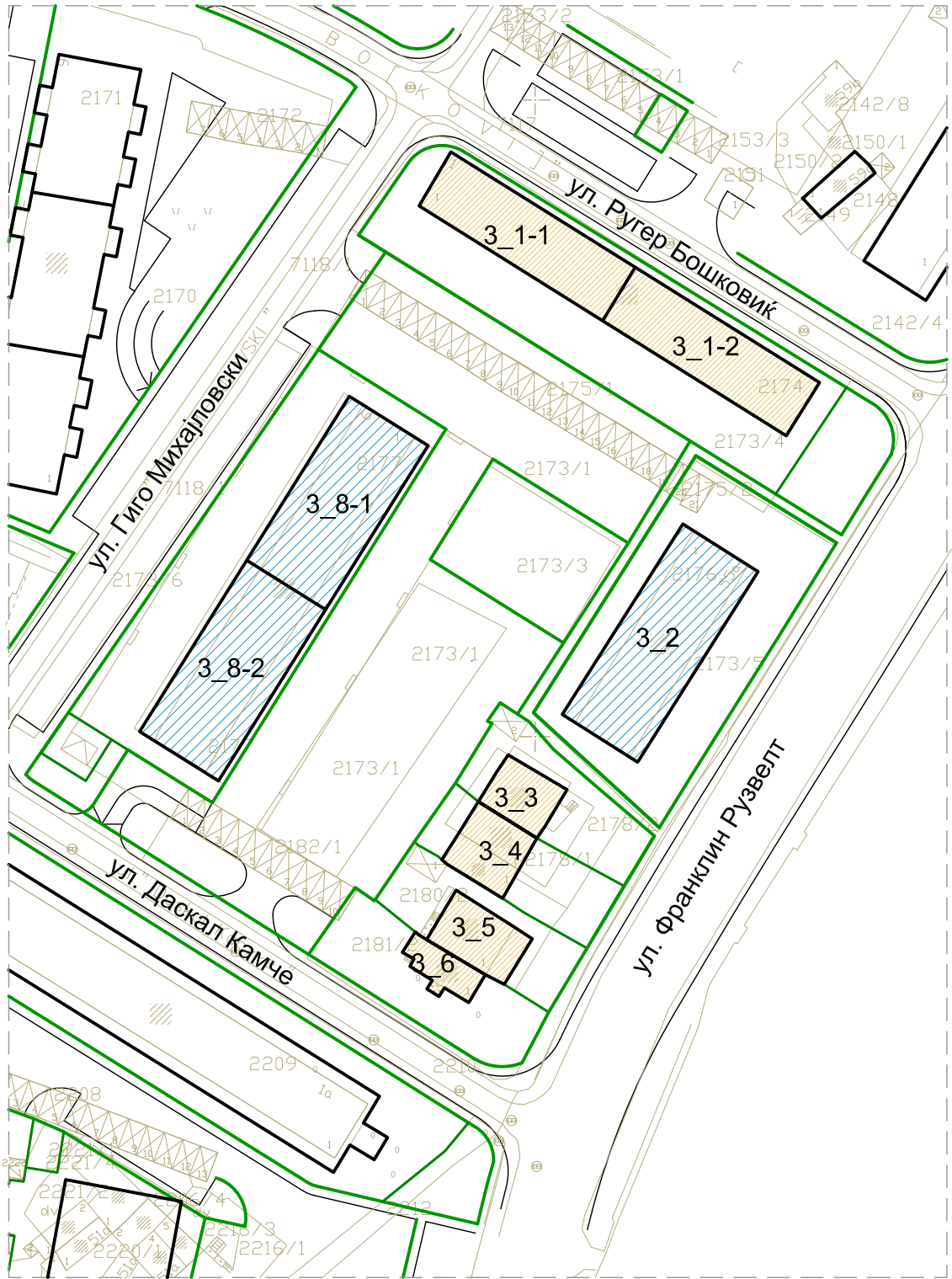


ЛЕГЕНДА







-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без анекс
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок 2

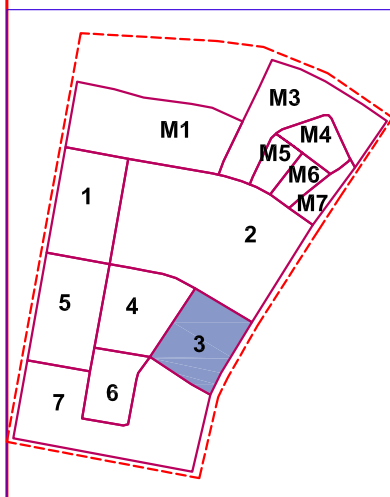


ЛЕГЕНДА









-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без анекс
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок 3



ЛЕГЕНДА

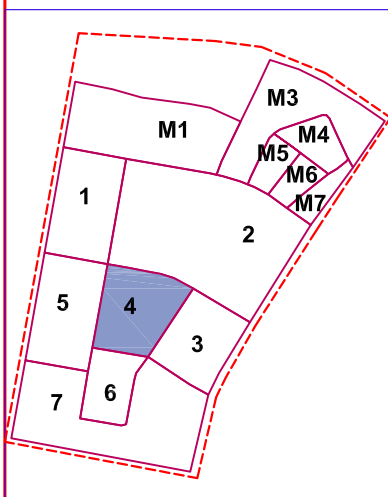
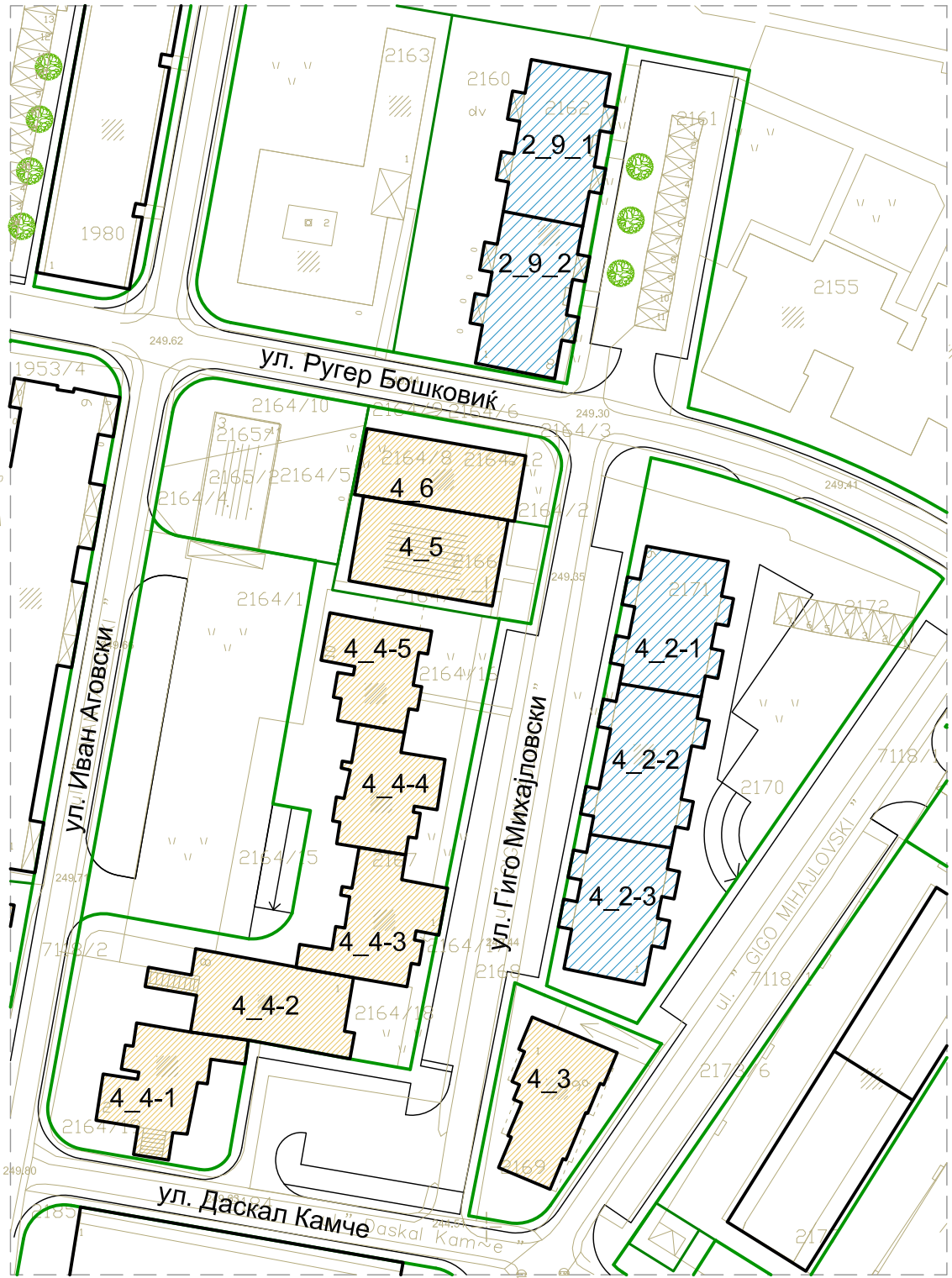
-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без измени
-  Објект изграден одново
-  Ново планиран објект
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81







Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок 3

P = 1:1000

Страна бр: 8

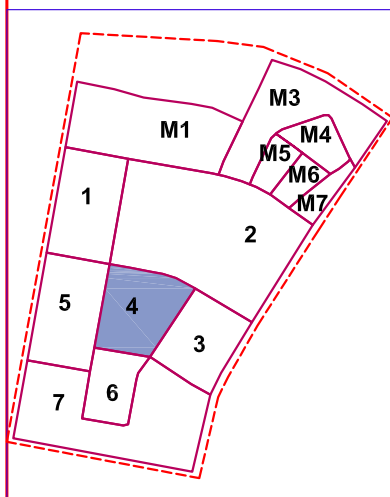
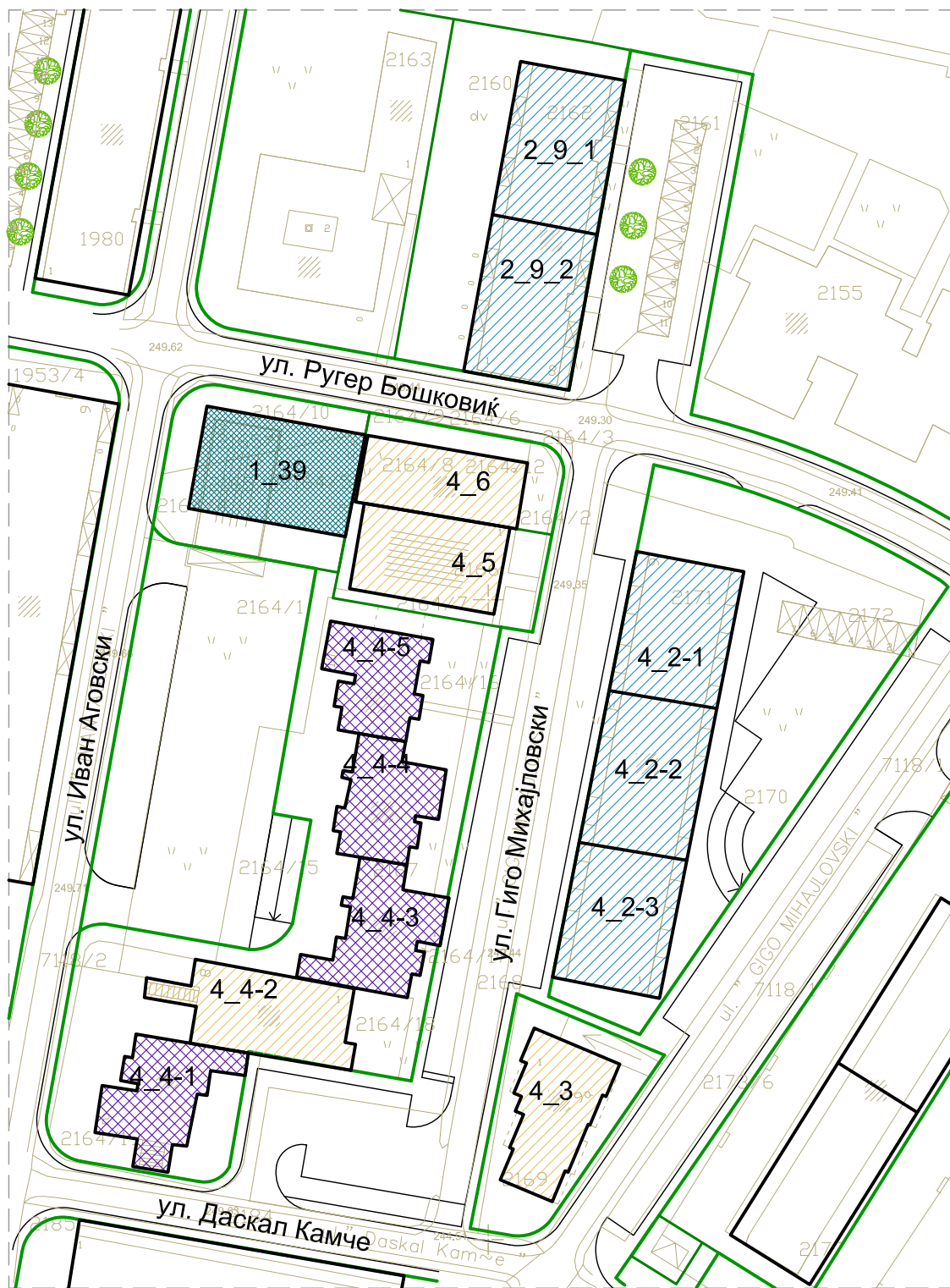


ЛЕГЕНДА









-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без анекс
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок 4



ЛЕГЕНДА

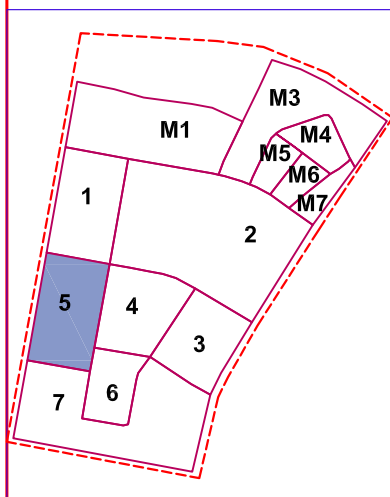
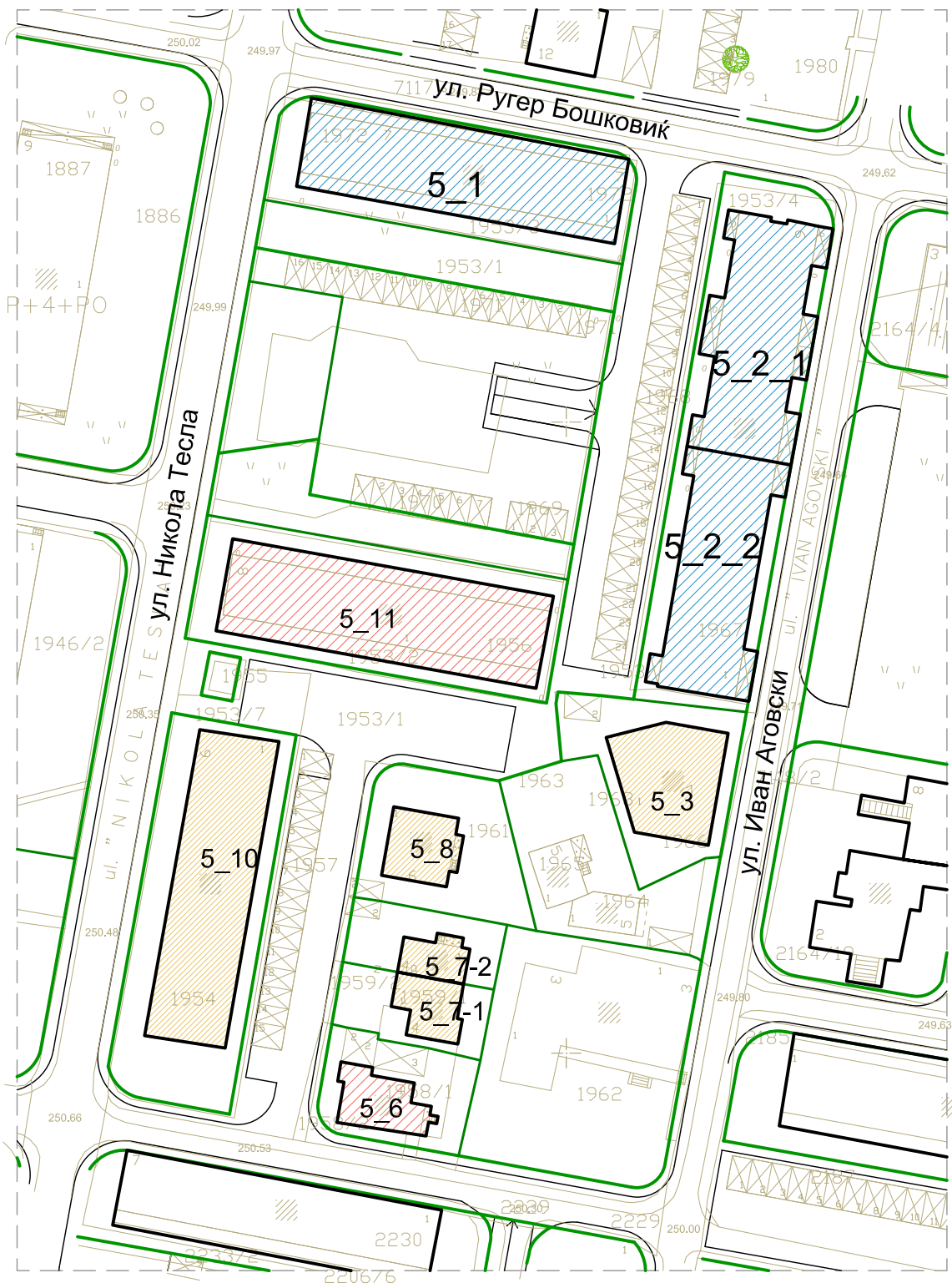
-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без измени
-  Објект изграден одново
-  Ново планиран објект
-  Објект со измени (анекс со дилатациона фуга)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. фуга)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81







Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок 4

P = 1:1000

Страна бр: 10

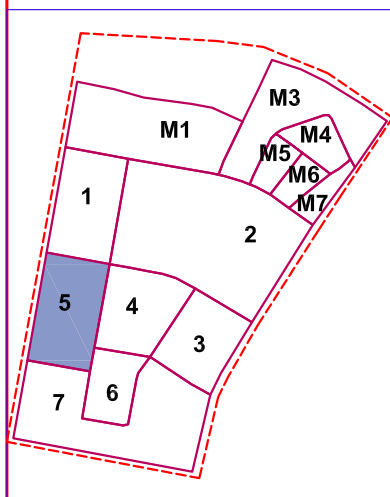
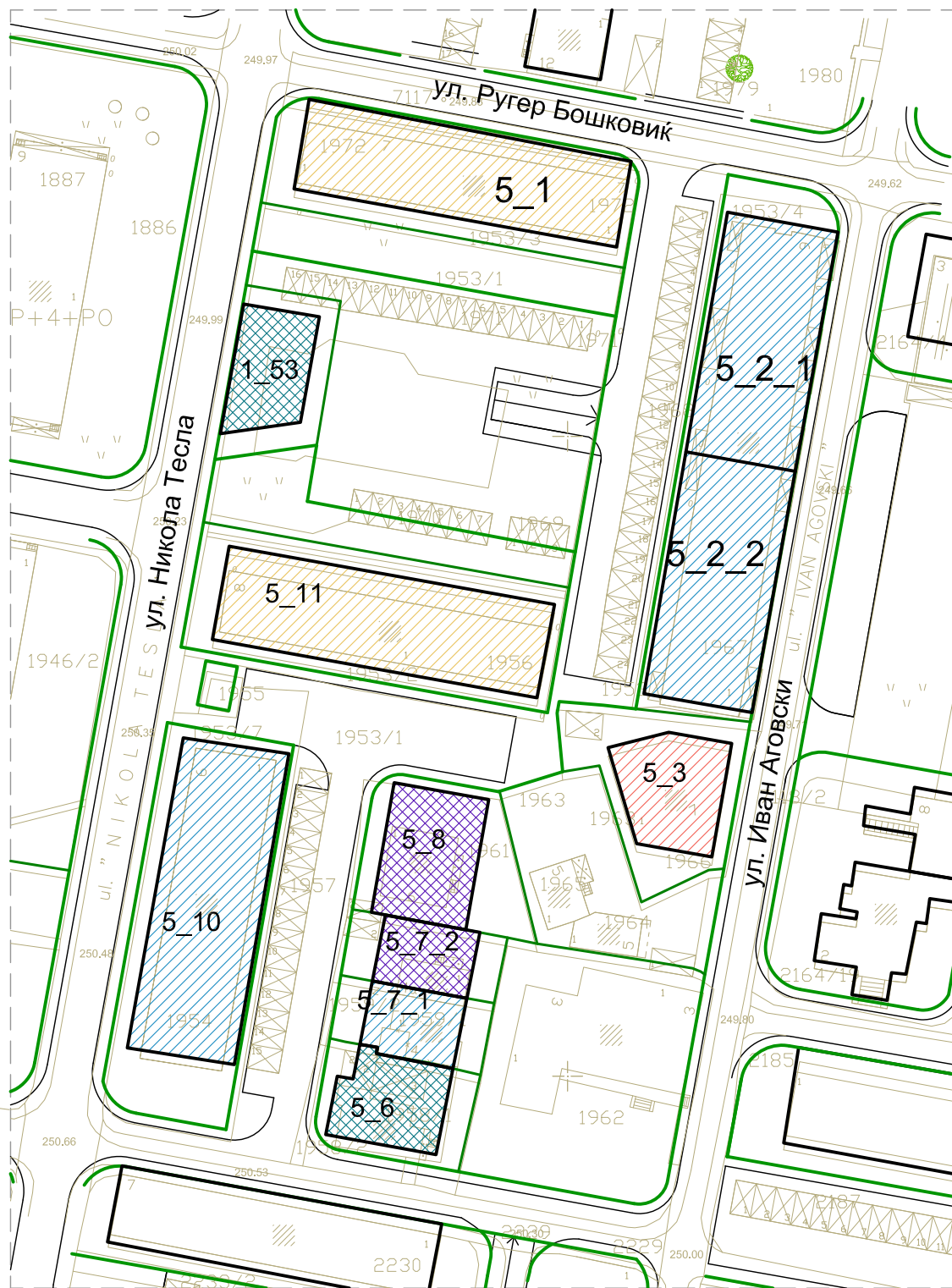


ЛЕГЕНДА









-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без анекс
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок 5



ЛЕГЕНДА

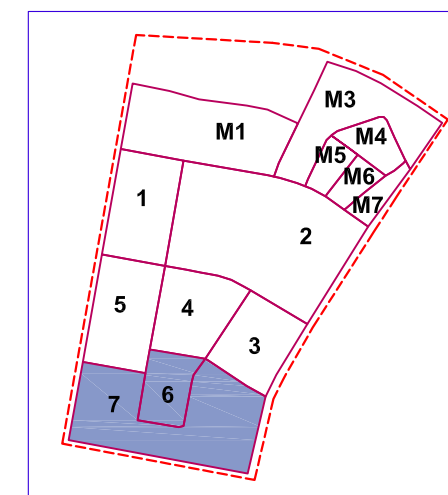
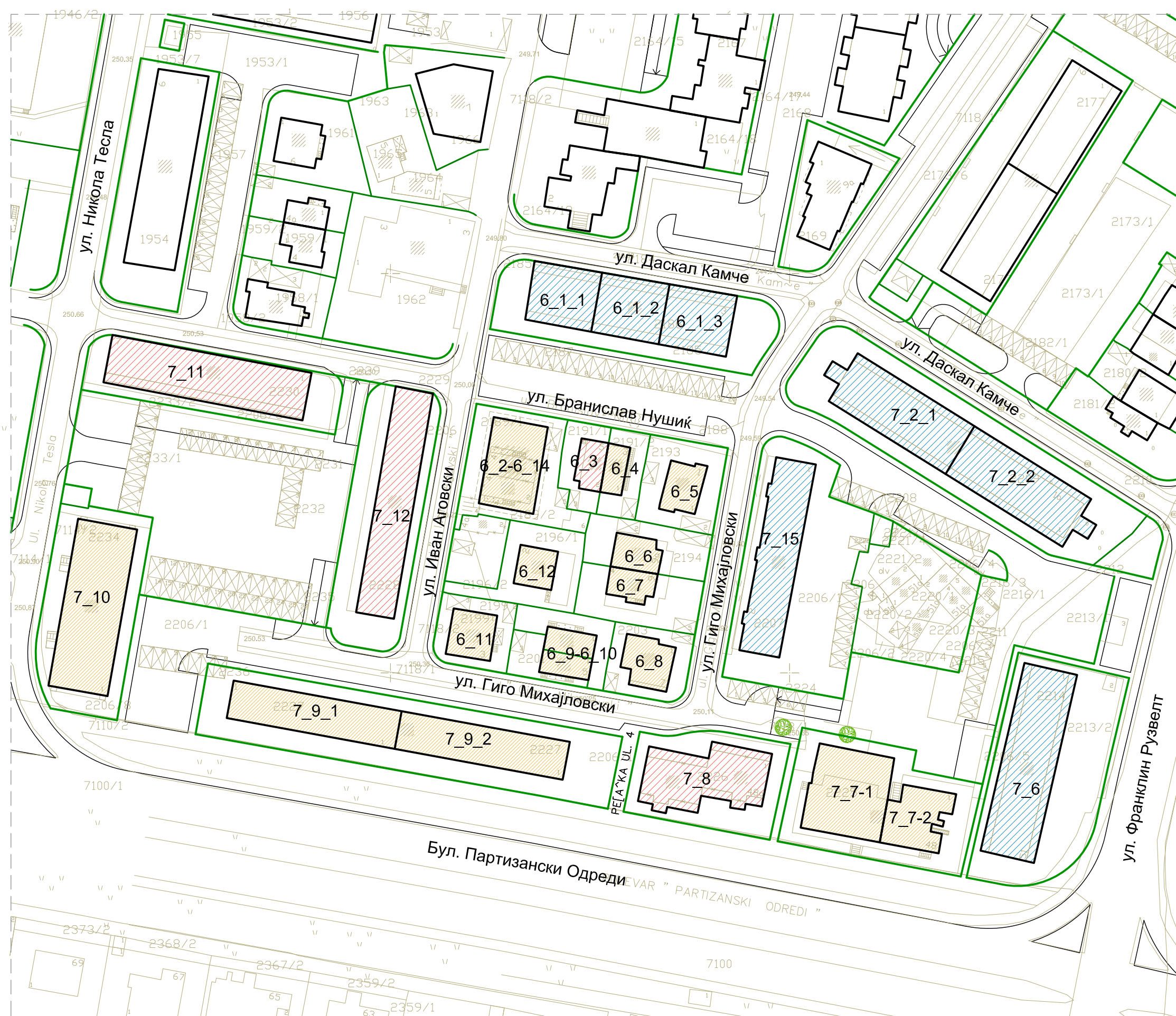
-  Граница на градежна парцела
-  Регулациона линија
-  Градежна линија
-  Објект без измени
-  Објект изграден одново
-  Ново планиран објект
-  Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
-  Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81

Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок 5

P = 1:1000

Страна бр: 12

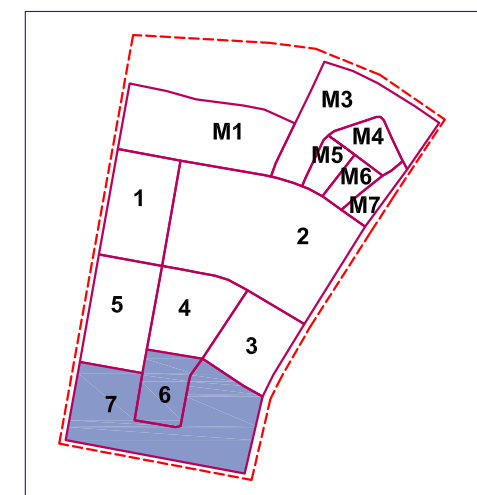
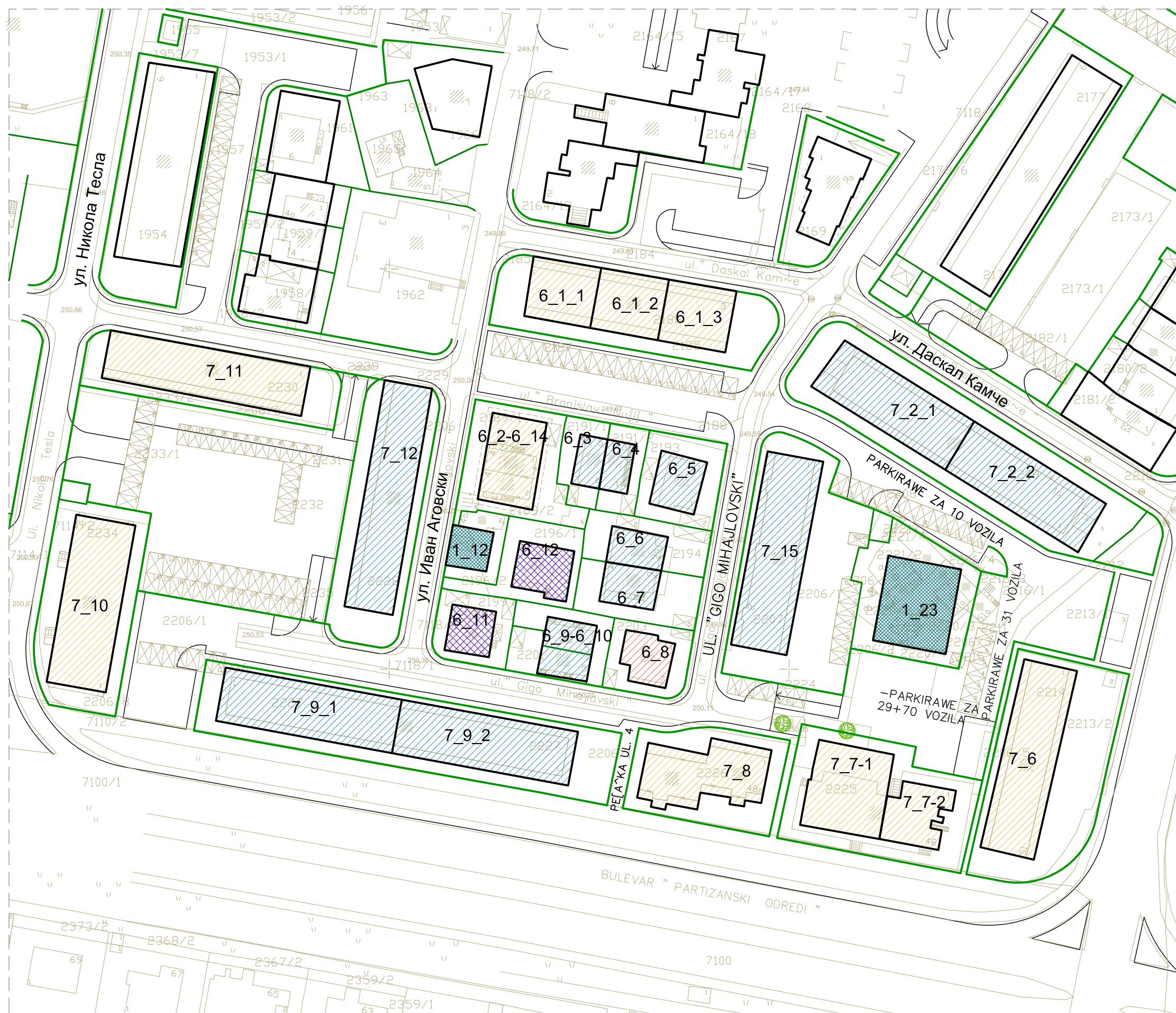


ЛЕГЕНДА

- Граница на градежна парцела
- Регулациона линија
- Градежна линија
- Објект без анекс
- Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
- Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог: **Сценарио 1 (постојна состојба) Блок 6 & 7**

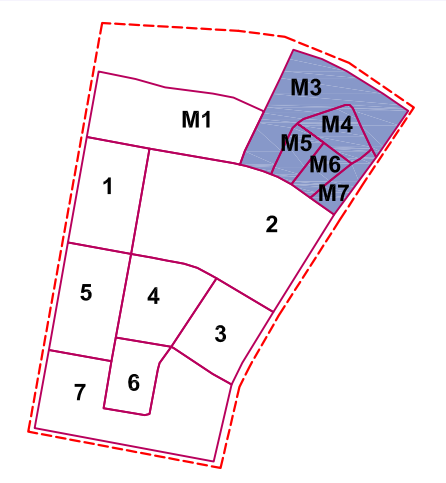


ЛЕГЕНДА

- Граница на градежна парцела
- Регулациона линија
- Градежна линија
- Објект без измени
- Објект изграден одново
- Ново планиран објект
- Објект со измени (анекс со дилатациона фуга)
- Објект со измени (анекс без дилатац. фуга)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81

Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок 6 & 7

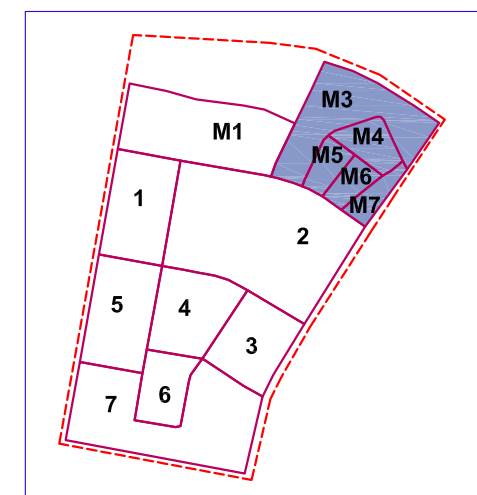


ЛЕГЕНДА

- Граница на градежна парцела
- Регулациона линија
- Градежна линија
- Објект без анекс
- Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
- Објект со измени (анекс без дилатац. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* Геодетска подлога на ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Извештај ИЗИИС 2013-47

Прилог:
Сценарио 1
(постојна состојба)
Блок М1, М3, М4, М5, М6, М7



ЛЕГЕНДА

	Граница на градежна парцела
	Регулациона линија
	Градежна линија
	Објект без измени
	Објект изграден одново
	Ново планиран објект
	Објект со измени (анекс со дилатациона fuga)
	Објект со измени (анекс без дилатаци. fuga)

Графичкиот прилог е изработен врз основа на податоци од:
* ДУП 3 08, ТАЈФА-ПЛАН
* Експертско мислење
* ПИОВС 81

Прилог:
Сценарио 2
(планирана состојба)
Блок М1, М3, М4, М5, М6, М7