
Извештај за ублажување на
ризикот од поплави: Куманово

ПОДДРШКА ЗА
ПРИЛАГОДУВАЊЕТО КОН
КЛИМАТСКИТЕ ПРОМНИ ВО
СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

Конечен извештај
април 2026 година

Автори
АБД и ГТП

Уредници
ДМ



City Climate
Finance Gap Fund



Права и дозволи

Ова дело е предмет на авторски права. Овој труд може да се репродуцира, целосно или делумно, за некомерцијални цели, под услов да се наведе изворот.

Сите прашања во врска со правата и лиценците, вклучувајќи ги и споредните права, треба да се упатат до GIZ, Friedrich-Ebert-Allee 32 + 36, 53113 Bonn, Германија.

Напомена

Извештајот е изготвен од заедничкото вложување CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH (главен партнер), Group Huit и IBF. Наодите, толкувањата и заклучоците изразени во ова дело не мора нужно да ги одразуваат ставовите на Европската инвестициска банка (ЕИБ), GIZ GmbH, партнерите или донаторите на City Climate Finance Gap Fund.

ЕИБ и GIZ GmbH не ја гарантираат точноста, комплетноста или актуелноста на податоците вклучени во оваа работа и не претпоставуваат одговорност за какви било грешки, пропусти или несовпаѓања во информациите или одговорност во однос на употребата или некористењето на информации, методи, процеси или изнесени заклучоци.

Благодарност

Аналитичката работа за овој извештај е извршена од тим од заедничкото вложување CES Consulting Engineers Salzgitter GmbH (водечки партнер), Group Huit и IBF.



Финансирањето за овој извештај е обезбедено од City Climate Finance Gap Fund,, глобално партнерство кое се состои од два повеќедонаторски доверителни фонда, администрирани од Светската банка и Европската инвестициска банка, соодветно. Активностите на Европската инвестициска банка под City Climate Finance Gap Fund, се спроведува со поддршка од GIZ GmbH. Фондот ги поддржува градовите во земјите во развој и економиите во развој пристап до финансии за спроведување проекти за урбана инфраструктура со ниска емисија на јаглерод и отпорност на климатски промени од 1,5 степени.



Содржина

1	Вовед.....	13
1.1	Заднински информации.....	13
1.2	Цели	16
1.3	Краток преглед	16
2	Долг список на потенцијални мерки за ублажување на поплавите	19
2.1	Фактори што придонесуваат за поплави во Куманово	19
2.2	Список на потенцијални мерки.....	24
2.2.1	Интервенции поврзани со политиките и институциите	25
2.2.2	Решенија базирани на природата	32
2.2.3	Хидраулични и инфраструктурни мерки.....	35
2.3	Долга листа за процена и Стратегија за приоритизација.....	40
3	Приоритизација на мерките врз основа на мултикритериумска анализа	43
3.1	Вовед во мултикритериумската анализа	44
3.2	Критериуми за одлучување и Пристап за приоритизација.....	46
3.3	Резултати од мултикритериумската анализа: Давање приоритет на различни алтернативи	50
4	Длабинска анализа и прелиминарен дизајн на приоритетни мерки	56
4.1	Детална техничка анализа на вештачките езерца.....	56
4.1.1	Образложение за изградба на вештачки езерца	56
4.1.2	Прелиминарен дизајн на вештачките базени	57
4.1.3	Верификација на улогата на базните во ублажување на ризикот од поплави	66
4.1.4	Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори	70
4.1.5	Индикативна проценка на трошоците за развој на вештачки базен	71
4.2	Детална техничка анализа на одводнувањето на атмосферските води.....	73
4.2.1	Моментална состојба со одводнувањето на атмосферските води во Куманово	73
4.2.2	Пробен дизајн на проширување на канализацијата за атмосферски води.....	75
4.2.3	Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори	81
4.2.4	Индикативна проценка на трошоците за проширување на системот за одводнување на атмосферски води.....	82
4.3	Детална техничка анализа на зголемувањето на капацитетот на реката	83
4.3.1	Образложение за зголемување на капацитетот на реката.....	83
4.3.2	Прелиминарен проект на попречен пресек на реката	84
4.3.3	Верификација на улогата на зголемувањето на капацитетот во ублажување на ризикот од поплави	88
4.3.4	Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори	90
4.3.5	Индикативна проценка на трошоците за зголемување на капацитетот на реката.....	91
4.4	Детална техничка анализа на крајбрежното зеленило.....	92
4.4.1	Образложение за озеленување на речните брегови	92
4.4.2	Прелиминарен проект на крајбрежното зеленило	94
4.4.3	Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори	98
4.4.4	Индикативна проценка на трошоците за крајбрежно зеленило	98
4.5	Стратешка рамка за имплементација	100
4.5.1	Чекори за адаптација кон екстремни поплави предизвикани од климата	101
4.5.2	Интеграција на поддржувачки политики и институционални мерки	102

Список на слики

Слика 1: Куманово: (горен панел) Геореференцирана слика од градот Куманово што ги прикажува водните тела што течат низ градот; (долен панел) топографска карта на сливот на кој припаѓа Куманово.	15
Слика 2: примери на урбано навлегување во поплавната рамнина, со што се намалува капацитетот на реката.	20
Слика 3: Фотографиите направени од моделарот на 17 август 2025 година покажуваат неконтролирани пожари во рамки на сливот.	21
Слика 4: примери за отстранување на цврст отпад во реките во Куманово	22
Слика 5: Дијаграм на одговорности за спроведување на политиките поврзани со градежништвото во области склони кон поплави	26
Слика 6: Дијаграм на одговорности за зајакнување на свеста и едукацијата на заедницата за ризикот од поплави	28
Слика 7: Дијаграм на одговорности за развој на план за одговор при поплави	29
Слика 8: Дијаграм на одговорности за вклучување на мапирањето на ризици од поплави во идното планирање на урбанистичкиот развој.....	30
Слика 9: Дијаграм на одговорности за спроведување на долгорочна стратегија за преселување за ублажување на ризикот од поплави во Куманово.	32
Слика 10: Реставрација на сливот со користење на систем за меѓусебно одгледување на контурни живи огради; Извор е прирачникот за технологија за меѓусебно одгледување на контурни живи огради	34
Слика 11: Крајбрежна стабилизација преку крајбрежно зеленило.....	35
Слика 12: Фотографиите покажуваат дека зголемувањето на капацитетот на реката може да има инженерски и социјални последици за зградите во близина на реката Кумановка и нејзините притоки.	37
Слика 13: Предложени локации на базените за задржување за ублажување на поплавите во Куманово.....	38
Слика 14: Дрво на одлуки за можни пристапи за проценка на трошоците и придобивките од опциите за прилагодување, добиено од Рамковната конвенција на Обединетите нации за климатски промени ⁶	43
Слика 15: Индивидуална евалуација на предложените интервенции врз основа на критериумите презентирани во Табела 3.	51
Слика 16: Резултати од приоритизацијата врз основа на мултикритериумската анализа.	52
Слика 17: Максимална длабочина на поплавување според сценариото SC5-100y-8h низ подрачјето на влијание	58
Слика 18: Критични пресеци користени за проценка на капацитетот на притоците Липковска и Коњарка.	58
Слика 19: Пресметки на капацитетот за Липковска река.....	59
Слика 20: Пресметки на капацитетот за реката Коњарка.....	60

Слика 21: Споредба на протокот на истекување за различни сценарија за моделирање: [а] Сливот на Коњорка пред составот, [б] Липковска река пред составот, [с] Река Кумановка по составот на реките.	61
Слика 22: Локација и големина на планираниот базен 1 за задржување на поплавните води што доаѓаат од сливното подрачје на Липковишка река.	62
Слика 23: Профил низ површината на земјата во базенот 1 што ги прикажува тековните и планираните нивоа на коритото.	63
Слика 24: Интеграција на ископаното базенот 1 во ДМЕ за да се претстават нивоата на земјиштето по ископувањето.	63
Слика 25: Локација и големина на планираниот базен 2 за задржување на поплавните води што доаѓаат од сливот на реката Коњорка.	64
Слика 26: Профил низ површината на тлото во рамки на Базенот 22 што ги прикажува тековните и планираните нивоа на коритото.	65
Слика 27: Интеграција на ископаните базени во ДМЕ за да се претстават нивоата на земјиштето по ископувањето.	66
Слика 28: Попречни пресеци на испустите на базенот: горниот панел го покажува испустот на базенот 1, а долниот панел го покажува испустот на базенот 2.	67
Слика 29: Влијание на базените за задржување врз максималните длабочини на поплавување.	68
Слика 30: Споредба на симулираните хидрографии на протокот на испустите од двете ретенциони базени и низводно од сливот на притоците на реката Кумановка според сценарија со и без имплементација на езерце: (а) Липковишка, (б) Коњорка и (в) низводно од сливот во Кумановка.	69
Слика 31: Систем за атмосферски води Куманово (постоечки + планиран), извор: Општина Куманово.	74
Слика 32: Поедноставена скица на системот – Поплавувањето на реките прво ќе се контролира со, на пример, ретенциони базени.	76
Слика 33: Препорачана е дополнителна мрежа за атмосферски води во зелената зона.	79
Слика 34 Проширен систем за атмосферски води – поедноставена скица.	80
Слика 35: Проценети димензии на реката Липковишка пред и по зголемувањето на капацитетот.	85
Слика 36: Проценети димензии на реката Коњарка пред и по зголемувањето на капацитетот.	86
Слика 37: Проценети димензии на реката Кумановка пред и по зголемувањето на капацитетот.	87
Слика 38: (Лево) Идентификувани речни текови за подобрување на капацитетот и крајбрежно зеленило; (Десно) локации на мостови што бараат рехабилитација или целосна реконструкција.	88
Слика 39: Максимални длабочини на поплави според сценариото SC4 со отстранување на премините на реките.	89

Слика 40: Максимални длабочини на поплави според сценариото SC4, со зголемување на капацитетот.	90
Слика 41: Крајбрежно зеленило - Типичен преглед на делницата и планот	93
Слика 42 Крајбрежно зеленило: трите функционални зони на типичен пресек.....	95
Слика 43: Растителни видови – Горна крајбрежна зона.....	96
Слика 44: Растителни видови – Средна крајбрежна зона.....	97
Слика 45: Растителни видови – Зона за заштита на ножицата.....	97
Слика 46: Рамка за прилагодување во форма на чекори, вклучувајќи го нивниот хоризонт на имплементација и трошоците.....	101

Список на табели

Табела 1: Список на потенцијални интервенции од различни категории	24
Табела 2: Критериуми на мултикритериумската анализа за приоритизација на можни мерки за намалување на ризикот од поплави во рамките на Куманово	46
Табела 3: Дефиниции за класификација на мултикритериумската анализа и тежина на рангирање	48
Табела 4: Резултати од приоритизација во форма на резултати и соодветен ранг..	52
Табела 5: Индикативна проценка на трошоците за изградба на базените и нивните испусти.....	72
Табела 6: Постоечка и планирана мрежа за атмосферски води	74
Табела 7: Принципи на проектирање - Систем за атмосферски води во Куманово	77
Табела 8: Индикативна проценка на трошоците за рехабилитација на постојната инфраструктура и за проширување на мрежата	82
Табела 9: Комбинирана индикативна проценка на трошоците, вклучувајќи непредвидени трошоци, инженерство и еколошки и социјални мерки	83
Табела 10: Индикативна проценка на трошоците за зголемување на капацитетот на реката Кумановка и рехабилитација/реконструкција на постојните премини на реките.....	92
Табела 11: Крајбрежно зеленило по речен тек	94
Табела 12: Индикативна проценка на трошоците за изградба на базените и нивните испусти.....	99
Табела 13: Список на интервенции поврзани со политиките и нивните приоритети за имплементација.....	102

Список на кратенки

ПНИ	Подрачје на интерес
ДМЕ	Дигитален модел на елевација
ЕИБ	Европска инвестициска банка
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
ИВФ	Интензитет–времетраење–фреквенција (ИВФ криви)
ЛидАР	Ласерско скенирање
m.a.s.l.	Метри надморска височина (м.н.в.)
МСА	Мултикритериумска анализа
НЦТ	Непроценети трошоци
ПСОВ	Пречистителна станица за отпадни води



Поглавје 1

1 Вовед

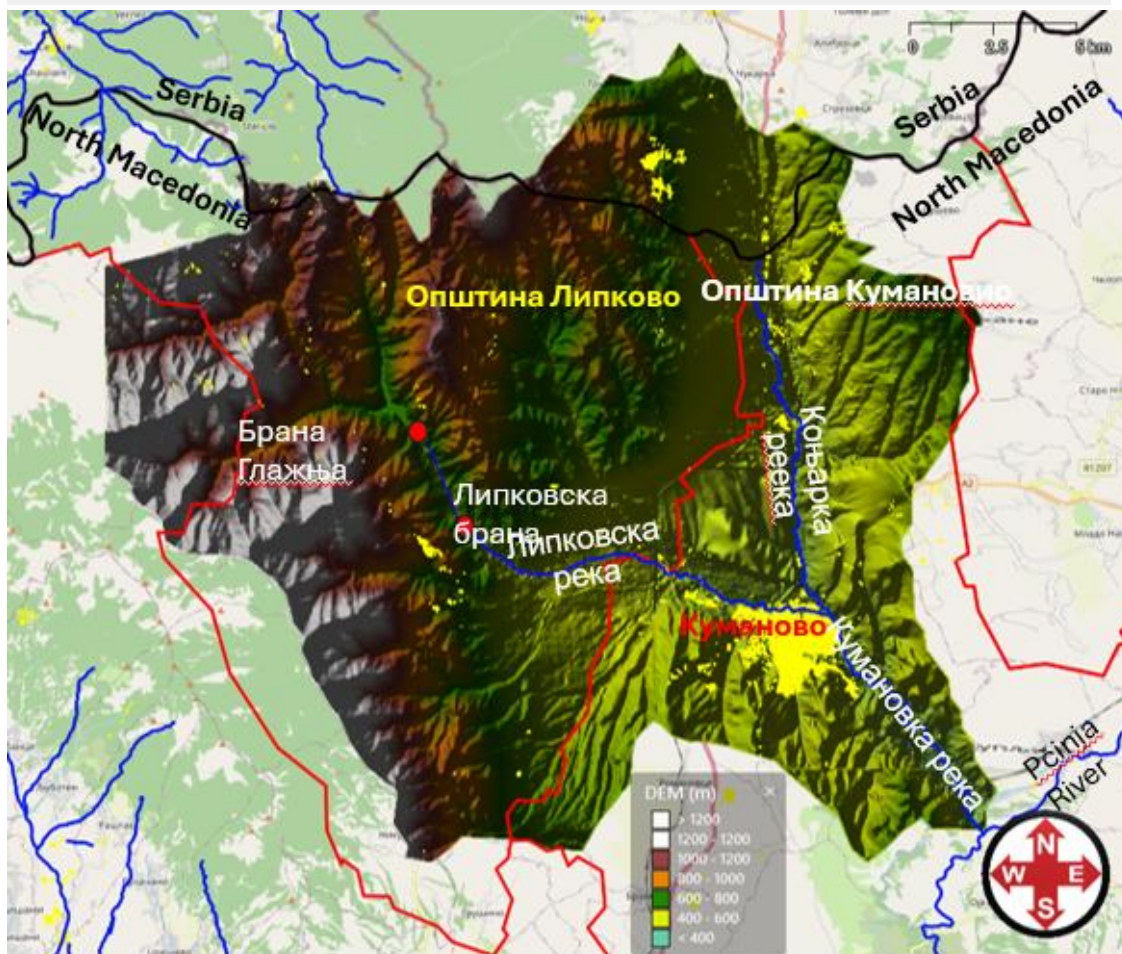
1.1 Заднински информации

Отпорното урбано планирање е клучно и за спречување на катастрофи и за климатско прилагодување на опасностите поврзани со климата, како што се поплавите и последователната ерозија на коритото/брегот. Поради климатските промени, поплавите во Куманово, град во североисточна Северна Македонија, се појавија како значаен еколошки и инфраструктурен предизвик во последните години. Градот е особено ранлив поради неговата географска локација и присуството на неколку реки и акумулации, вклучувајќи ги реките Липковска, Коњарка и Кумановска (види Слика 1), како и акумулациите Липково и Глажња.¹ Овие водни површини, во комбинација со епизоди на интензивни врнежи од дожд и несоодветни урбани системи за одводнување, доведоа до повторливи поплави што го нарушуваат секојдневниот живот, оштетуваат имот и претставуваат ризик за јавната безбедност. Урбаното навлегување во области склони кон поплави во близина на речниот систем, особено од страна на високо ранливи групи, на пр. Ромите, дополнително ја зголеми изложеноста на поплави. Ова ја нагласува потребата од поотпорно, одржливо урбано планирање кое ги интегрира и ублажувањето на ризикот од поплави и прилагодувањето кон климатските промени.

Врз основа на резултатите од извештајот за проценка на ризикот од поплави што беше извршен во рамките на овој проект, врз основа на комбинирано хидролошко-хидраулично моделирање за сликот на реката Кумановка, поплавувањето на градот Куманово, генерално, може да се припише на (i) прекумерно истекување на Кумановка и/или нејзините притоки, на пр. Липковска и Коњарка, (ii) урбано навлегување во области склони кон поплави во близина на речниот систем, (iii) атмосферска вода за време на обилни врнежи и (iv) состојба на постојната инфраструктура. Резултатите од процената на ризикот од поплави покажаа дека постојната инфраструктура на градот не е целосно опремена за справување со ненадејни и интензивни врнежи од дожд, а координацијата меѓу општинските власти, службите за итни случаи и жителите е клучна за време на поплави. Кампањите за подигање на јавната свест и вклучувањето на заедницата се исто така од витално значење за да се обезбеди граѓаните да ги разберат ризиците и да знаат како ефикасно да реагираат. Затоа, поплавите во Куманово претставуваат повеќеслоен проблем што бара комбинација од технички, економски и организациски решенија.

¹ Извор: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/MKD/Flood%20Risk%20Assessment%20-%20Kumanovo.pdf>

Врз основа на резултатите од извештајот за проценка на ризикот од поплави, овој извештај се фокусира исклучиво на стратегиите за ублажување на ризикот од поплави за Куманово, црпејќи од сеопфатна студија за сите потенцијални интервенции што поддржуваат ублажување на поплавите во често погодените области. Како резултат на тоа, извештајот се фокусира на приоритизација на мерките со цел да се обезбедат најперспективните решенија што ја поддржуваат отпорноста на урбанистичкото планирање во контекст на намалување на ризикот од поплави и прилагодување кон климатските промени.



Слика 1: Куманово: (горен панел) Геореференцирана слика од градот Куманово што ги прикажува водните тела што течат низ градот; (долен панел) топографска карта на сливот на кој припаѓа Куманово.

1.2 Цели

Овој извештај за ублажување на ризикот од поплави и приоритизација се темели на резултатите од извештајот за проценка на ризикот од поплави и се фокусира на идентификување и приоритизација на најперспективните мерки што можат да ги ублажат поплавите во градот Куманово. Поконкретно, овој извештај има за цел да:

- (i) Презентира сеопфатен долг список на потенцијални интервенции, како структурни, вклучувајќи решенија базирани на природата, така и неструктурни, за намалување на ризикот од поплави во Куманово, црпејќи од анализата на ситуацијата, процената на ранливоста и мапирањето на ризикот од поплави,
- (ii) Идентификува и приоритизира најперспективните интервенции, вклучително и решенија базирани на природата, врз основа на повеќекритериумска проценка,
- (iii) Обезбеди најмалку три прелиминарни дизајни (прелиминарни проекти) на урбани проекти/интервенции и проценка на прелиминарниот буџет на потребната инвестиција,
- (iv) Обезбеди прелиминарни социјални, еколошки и економско-финансиски анализи за избраните интервенции,
- (v) Развие и презентира сеопфатна, фазна стратегија за имплементација на градот Куманово за ефикасно прилагодување на опасностите поврзани со водата предизвикани од климата, на пр. поплави и ерозија на коритата/бреговите.

1.3 Краток преглед

За да се постигнат горенаведените цели, овој извештај е поделен на следниве три главни поглавја:

- Поголавје 2 ги сумира факторите што придонесуваат за поплавување на Куманово, како и сите потенцијални мерки за ублажување на ризикот од поплави.
- Поголавје 3 ја претставува анализата со повеќе критериуми применета за стеснување на долгиот список на мерки на најмалку три приоритетни опции, формирајќи ја основата за развој на три соодветни инвестициски пакети.
- Поголавје 4 дава длабинска анализа на приоритетните мерки, што резултира со четири прелиминарни решенија за дизајн за ублажување на ризикот од поплави во Куманово, заедно со нивните соодветни прелиминарни социјални, еколошки и економско-финансиски оценки. Врз основа на овие наоди, на крајот од поглавјето се предлага стратегија за

фазна имплементација за да се олесни прилагодувањето на градот Куманово кон опасностите поврзани со водата а предизвикани од климата.

Поглавје 2

2 Долг список на потенцијални мерки за ублажување на поплавите

Резултатите од процената на ризикот за Куманово, заедно со анализите на состојбата и ранливоста, покажуваат дека поплавите претставуваат значителни закани за човечкиот живот и инфраструктурата. Неодамнешното урбано навлегување во поплавната рамнина ја влоши ситуацијата и ги изложи многу жители на поголем ризик од поплави, дури и во сценарија за опасност од мал интензитет. Сценаријата за опасности од умерена до висока магнитуда имаат потенцијал да предизвикаат сериозна опиплива и нематеријална штета и да ги нарушат социо-економските активности. Ваквите сценарија би можеле да го попречат и регионалниот развој. Проценката на ризикот од поплави, според тоа, ја истакнува меѓусебната поврзаност помеѓу интензитетот на опасноста, изложеноста на ранливи елементи и подложноста што произлегува од физички, еколошки и институционални фактори. Овие резултати ја оправдуваат потребата од интервенции за ублажување на поплавите и нивните поврзани ризици. Пред да се наведат потенцијалните интервенции, важно е да се сумираат клучните фактори што придонесуваат за поплавите во Куманово, врз основа на спроведената анализа и процена на ризикот.

2.1 Фактори што придонесуваат за поплави во Куманово

Анализата на процената на ризикот од поплави во градот Куманово покажа присуство на сериозен проблем со поплави, кој може да резултира со сериозна материјална и нематеријална штета, како и потенцијална загуба на човечки животи. Дополнително, поплавите можат да го попречат регионалниот развој и негативно да влијаат врз социо-економските активности. Неколку социјални, политички и технички фактори придонесуваат за овој проблем, вклучувајќи:

- (i) *Топографијата на сливот и неговите физички карактеристики:* Куманово се наоѓа на вливот на две главни притоки на реката Кумановка, кои зафаќаат површина од приближно 43.000 хектари (430 км²): реката Коњарка, која извира во Србија и тече низ општина Куманово, и реката Липковска, која се влева во Коњарка во Куманово (види Слика 1). Овие две притоки извираат во планинските области вдоль границата со Србија, каде што стрмните горни сливови создаваат брзо истекување. Како резултат на тоа, водата тече во реките со голема брзина,

пренесувајќи големи количини вода и создавајќи значителни поплавни бранови од секоја притока. Анализата покажа дека сливовите на двете притоки имаат речиси слична површина, идентично време на концентрација и на тој начин подеднакво придонесуваат за поплавување низ обемни области во близина на реките, особено на нивното влевање. Следствено, за време на настани со обилни врнежи, поплавните бранови од обете притоки стигнуваат до Куманово речиси истовремено, интензивирајќи ги поплавите и проширувајќи го вкупниот обем на поплавата.

- (ii) *Намален хидрауличен капацитет во долниот дел од реката како резултат на обемното урбано населување:* Долните текови на две притоки во областа Куманово, како и реката Кумановка, имаат ограничен капацитет за пренос, што ја ограничува нивната способност да примат високи протоци за време на поплави. Ова ограничување во голема мера се должи на урбаното навлегување во поплавната рамнина (видете примери од различни локации во Куманово на Слика 2), како и намалување на капацитетот на реката предизвикано од човечки активности, како што е фрлањето на цврст отпад во реката.



Слика 2: примери на урбано навлегување во поплавната рамнина, со што се намалува капацитетот на реката.

- (iii) *Загрозување поради урбанизацијата и неформалните населби:* Непланирана урбана експанзија и растот на неформални населби во рамките на поплавната рамнина придонесуваат за зголемени поплави, особено на вливот на двете

притоки (види фотографии на Слика 2). Овие населби зафаќаат ниски или подрачја склони кон поплави во рамките на поплавната рамнина, зголемувајќи ја изложеноста на ризик од поплави, намалувајќи ја природната дренажа и попречувајќи ги водотеците. Како последица на тоа, тие ги влошуваат проблемите со опасноста од поплави во областа.

- (iv) *Деградација на животната средина од отстранување на земјишната покривка и уништување на шумите во сливот*: Обемното одгледување и другите човечки активности доведоа до отстранување на природната земјишна покривка и уништување на шумите во сливот. Ова губење на предели што задржуваат вода го намалува капацитетот за апсорпција и забавување на поплавните води, елиминирајќи ги критичните екосистемски услуги што го регулираат површинското истекување кон потоците и зголемувајќи го ризикот од поплави. Состојбата е дополнително влошена од повторливите топлотни бранови, особено во текот на летните месеци, кои ја зголемуваат веројатноста од пожари (види пример на Слика 3). Проблемот се влошува поради ограничениот капацитет за спречување и контрола на шумски пожари во областа, што резултира со губење на големи површини на земјишна покривка.



Слика 3: Фотографиите направени од моделарот на 17 август 2025 година покажуваат неконтролирани пожари во рамки на сливот.

- (v) *Несоодветно управување со цврст отпад*: Неефикасното управување со цврстиот отпад, особено во неформалните населби прикажани на Слика 4, го намалува капацитетот за пренос на потоците. Овие услови ги влошуваат ризиците од поплави во Куманово, особено за време на поплави со голем водотек.



Слика 4 примери за отстранување на цврст отпад во реките во Куманово

- (vi) *Неконтролирани или непланирани испуштања од браната*: Горниот слив на Липковска река е регулиран со две брани низводно, Гљинце и Липково. Испуштањето вода од браната Липково за време на екстремни врнежи може да придонесе за зголемени поплави низводно во Куманово. Некоординираните или непланираните испуштања можат дополнително да ги влошат врвовите на поплавите, зголемувајќи ја вкупната опасност од поплави.
- (vii) *Недостаток или несоодветни системи за одводнување на атмосферски води во непланирани/неформални населби*: Резултатите од моделирањето покажуваат дека историското јадро на Куманово е изградено на доволно издигнат терен, дозволувајќи им на атмосферските води природно да се исцедат кон потоците. Покрај тоа, историскиот центар е поврзан со реката преку подземни канали дизајнирани ефикасно да ги пренесуваат атмосферските води. Сепак, неодамнешните непланирани и неформални населби немаат соодветни системи за одводнување на атмосферски води способни да ги намалат нивоата на водата за време на екстремни врнежи. Како резултат на тоа, овие области се соочуваат со локализирани поплави, што придонесува за поголем вкупен ризик од поплави во Куманово.
- (viii) *Ефекти на климатските промени врз земјишната покривка и врнежите*: Климатските промени предизвикуваат поинтензивни и почести топлотни бранови, како и попромениливи и екстремни врнежи од дожд, зголемувајќи ја веројатноста од поплави. Во исто време, деградацијата на земјишната покривка предизвикана од шумски пожари и/или намалувањето на врнежите во подолги периоди го намалува здравјето на вегетацијата и стабилноста на почвата. Ова намалување на квалитетот на земјишната покривка овозможува поголемо

површинско истекување, дополнително влошувајќи ги опасностите од поплави за време на екстремни врнежи.

- (ix) *Недоволна јавна свест за поплавите и нивните последици*: Ограничената јавна свест во врска со ризикот од поплави и последиците од градењето во подрачја склони кон поплави продолжува да придонесува за небезбедни практики на развој во рамки на поплавната рамнина. Многу домаќинства и градежни компании ја потценуваат веројатноста и сериозноста на поплавите, што доведува до проширување на станбените објекти, комерцијалните активности и неформалните населби во зони со висок ризик. Овој недостаток на свест не само што ја зголемува ранливоста на луѓето и имотот, туку и става дополнителен товар врз постојните системи за одводнување и капацитетите за реагирање во итни случаи. Како резултат на тоа, континуираната изградба во рамките на поплавната рамнина дополнително ги засилува опасностите од поплави и ја намалува целокупната отпорност на областа.
- (x) *Недостаток на користење на земјиштето и урбанистичко планирање врз основа на ризик од поплави*: Размислувањата за ризикот од поплави не се соодветно интегрирани во процесите на користење на земјиштето или урбанистичко планирање, па дури и основните барања за планирање честопати не се применуваат во многу рурални, а во некои случаи и во урбани средини. Како резултат на тоа, безбедносните прописи што го регулираат поставувањето на куќите и другите објекти често се занемаруваат, што доведува до градба во зони склони кон поплави и зголемена изложеност на опасности од поплави.
- (xi) *Фрагментирано и некоординирано управување со проблеми поврзани со поплавите*: Справувањето со поплавите во Куманово е попречено од институционалната фрагментација и недостатокот на ефикасна координација меѓу клучните засегнати страни, вклучувајќи ја општина Куманово и надлежните органи за водоснабдување. Оваа слаба институционална рамка ја ограничува ефикасноста на планирањето, спроведувањето и одржувањето на мерките за ублажување на поплавите. Како резултат на тоа, одговорите на ризиците од поплави имаат тенденција да бидат реактивни, а не проактивни, што доведува до празнини во спроведувањето.
- (xii) *Ограничен капацитет на локалните самоуправи за извршување на одговорностите за управување со ризици од поплави*: Постојат значителни празнини во човечките ресурси и техничкиот капацитет кај различните организации вклучени во управувањето со поплави. Тие вклучуваат недостиг на персонал во надлежните оддели, ограничено образовно и професионално искуство во моделирање на поплави и проценка на ризик и недоволно практично искуство. Повеќето институции немаат повеќе од еден технички компетентен член на персоналот назначен за задачи поврзани со поплави. Дополнително, недостасува искуство во спроведувањето проценки на ризик и подготовката на карти на опасност од поплави и ризик од поплави во согласност со барањата на Директивата на ЕУ за поплави.

(xiii) *Недоволни јавни инвестиции и финансиски празнини во управувањето со ризици од поплави:*

Јавните инвестиции и во нова инфраструктура за заштита од поплави и во системите за следење потребни за ефикасно управување со ризиците од поплави остануваат несоодветни. Ова е усложнето од постојаниот финансиски јаз што влијае на правилното работење и одржување на постојните средства за заштита од поплави. Како резултат на тоа, основните активности за одржување честопати се недоволно финансирани, што доведува до постепено влошување на инфраструктурата, намалена сигурност на системот и целокупно слабеење на капацитетот на областа ефикасно да управува со ризиците од поплави.

Горенаведените фактори ја истакнуваат итната потреба од сеопфатни мерки за ублажување за справување со поплавите во Куманово на интегриран и, онаму каде што е изводливо, начин базиран на природата. Според тоа, изработен е детален список на потенцијални интервенции, кој е претставен подолу во форма на сеопфатен каталог. Овие предложени мерки ќе бидат дополнително оценети во Поглавје 3 за да се идентификуваат и да се приоритизираат најефикасните и најодржливите решенија. На крајот, ќе бидат препорачани за имплементација најперспективните и највлијателните единечни или комбинирани мерки, а прелиминарните дизајни ќе бидат презентирани во Поглавје 4.

2.2 Список на потенцијални мерки

Врз основа на анализата на ситуацијата, како и резултатите од моделирањето на поплавите и процената на ризикот, беа идентификувани области со висок ризик по должината на реките Кумановка, Коњарка и Липковска. Овие ризици првенствено се припишуваат на големите количини на истекување што потекнуваат од сливовите на горниот тек, кои ги поплавуваат областите во и во близина на поплавните рамнини. Според тоа, оваа студија предлага низа интервенции насочени кон ублажување на овие ризици. Предложените мерки се сумирани во Табела 1 и се подетално разработени во следните подделови.

Табела 1: Список на потенцијални интервенции од различни категории

Категорија на мерка	Име на интервенција/потенцијален проект
Интервенции поврзани со политиките и институциите	Интервенција во политиките бр. 1: Зајакнување на спроведувањето на постојните закони и прописи
	Интервенција во политиките бр. 2: Зајакнување на свеста и образованието на заедницата
	Интервенција во политиките бр. 3: Развој на план за одговор на поплави врз основа на резултатите од моделирањето
	Интервенција во политиките бр. 4: Вклучување на мапирање на ризици од поплави во идното планирање на урбаниот развој

Категорија на мерка	Име на интервенција/потенцијален проект
	Интервенција во политиките бр. 5: Донесување долгорочна стратегија за преселување на жителите од подрачја склони кон поплави и со висок ризик и обновување на природната поплавна рамнина.
Решенија базирани на природата	Потенцијална интервенција бр. 1: Реставрација на сливот како решение базирано на природата
	Потенцијална интервенција бр. 2: Стабилизирање на речните брегови и корита преку крајбрежно зеленило
Хидраулични и инфраструктурни мерки	Потенцијална интервенција бр. 3: Зголемување на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во урбаните средини
	Потенцијална интервенција бр. 4: Регулација на протокот на вода со изградба на вештачки езерца за задржување
	Потенцијална интервенција бр. 5: Рехабилитација и проширување на постојната мрежа за атмосферски води
	Потенцијална интервенција бр. 6: Продолжување на недовршената регулација на Липковска река. Проектот е инициран и започнат од УНДП

2.2.1 Интервенции поврзани со политиките и институциите

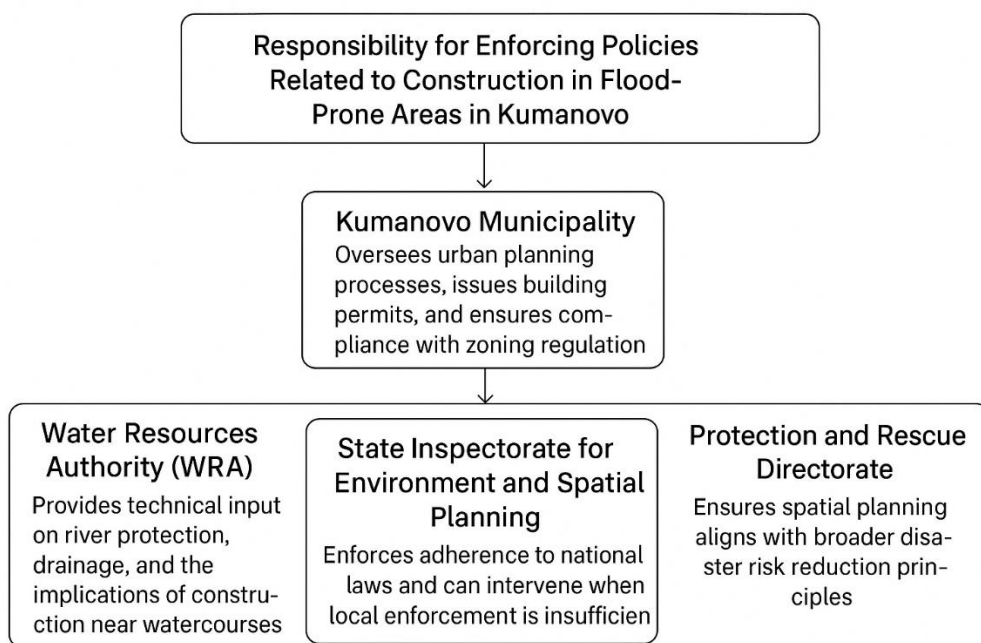
Интервенциите поврзани со политиките и институциите во Куманово можат да играат клучна улога во намалувањето на ризикот од поплави, особено на долг рок. Координираните напори со заедничка, долгорочна визија меѓу различните засегнати страни помагаат во зајакнувањето на отпорноста на поплави во Куманово. Меѓу препорачаниот долг список на политики и интервенции поврзани со институциите што ќе бидат приоритетни подоцна во овој извештај се следниве:

2.2.1.1 Интервенција во политиките бр. 1: Зајакнување на спроведувањето на постојните закони и прописи

Како што е наведено во извештајот за анализа на состојбата (Поглавје 4), ублажувањето на поплавите во Куманово бара зајакнување на спроведувањето на постојните закони и прописи, особено оние што го регулираат градењето во областите склони кон поплави. И покрај присуството на одредби за планирање и безбедност, несоодветното спроведување овозможи континуиран развој во зоните со висок ризик, зголемувајќи ја изложеноста и ранливоста на поплави. Со подобрување на механизмите за усогласеност, зајакнување на надзорот и обезбедување дека новите градби се придржуваат до мапите на ризик од поплави и прописите за користење на земјиштето, општината може значително да ги намали идните влијанија од поплави. Построгот спроведување, исто така, ќе поддржи поодржлив урбан раст и ќе помогне во заштитата и на луѓето и на инфраструктурата од зголемени опасности од поплави.

Одговорноста за спроведување на политиките поврзани со градежништвото во подрачјата склони кон поплави во Куманово е поделена меѓу неколку институции, како што е прикажано на Слика 5. Општина Куманово игра централна улога, бидејќи ги надгледува процесите на урбанистичко планирање, издава градежни дозволи и обезбедува усогласеност со прописите за зонирање. Неговите служби за

урбанистичко планирање и инспекција се одговорни за следење на градежните активности, идентификување на прекршоци и спречување на неовластен развој во рамките на одредените зони на опасност од поплави. Надлежниот орган за управување со водните ресурси обезбедува технички придонес за заштита на реките, одводнување и импликациите од изградбата во близина на водотеците, работејќи во координација со општината. На национално ниво, Министерството за животна средина и просторно планирање ја воспоставува регулаторната рамка за користење на земјиштето и заштита на животната средина, додека Државниот инспекторат за животна средина и просторно планирање спроведува почитување на националните закони и може да интервенира кога локалното спроведување е недоволно. Дополнително, агенции како што се Центарот за управување со кризи и Дирекцијата за заштита и спасување придонесуваат за проценки на ризикот и обезбедуваат просторното планирање да се усогласи со пошироките принципи за намалување на ризикот од катастрофи. Заедно, овие институции ја формираат управувачката структура одговорна за спроведување и спроведување на политиките што ги намалуваат ризиците од поплави поврзани со градежништвото.



Слика 5: Дијаграм на одговорности за спроведување на политиките поврзани со градежништвото во области склони кон поплави

2.2.1.2 Интервенција во политиките бр. 2: Зајакнување на свеста и образованието на заедницата

Ублажувањето на поплавите во Куманово бара зајакнување на свеста и едукацијата на заедницата за ризикот од поплави, мерките за ублажување и процедурите за евакуација, особено во областите каде што неформалните населби и нерегулираната градба значително ја зголемуваат ранливоста. Многу жители кои живеат во зони склони кон поплави не се свесни за зголемените ризици поврзани

со градењето во овие области, што дополнително ја зголемува изложеноста и ја намалува целокупната отпорност на заедницата. Со спроведување на целни кампањи за подигање на свеста, партиципативни работилници во заедницата и јасна комуникација во врска со безбедните градежни практики и патиштата за евакуација, општината може да им помогне на жителите подобро да ги разберат последиците од непланираниот развој и активностите што можат да ги преземат за да ги намалат влијанијата од поплавите. Зголемената јавна свест не само што поддржува побезбедно однесување, туку и ги охрабрува заедниците да учествуваат во напорите за намалување на ризикот, што во крајна линија придонесува за поефикасно и одржливо управување со поплавите во Куманово.

Одговорноста за спроведување на политиките за подигање на свеста и едукација на заедницата поврзани со ризикот од поплави во Куманово би била поделена, како што е прикажано на Слика 6, меѓу неколку клучни институции. Општина Куманово би имала централна улога преку своите одделенија за урбанистичко планирање, локален развој и јавна безбедност, осигурувајќи дека активностите за подигање на свеста се интегрирани во програмите на заедницата и се насочени особено кон жителите што живеат во неформални или подрачја склони кон поплави. Центарот за управување со кризи и Дирекцијата за заштита и спасување би го поддржале процесот преку обезбедување насоки за системи за рано предупредување, процедури за евакуација и подготвеност за вонредни ситуации. Надлежниот орган за управување со водните ресурси и Министерството за животна средина и просторно планирање би дале техничка експертиза за опасностите од поплави и практиките за безбедно користење на земјиштето, помагајќи во комуникацијата на ризиците поврзани со нерегулираната градба во зоните склони кон поплави. Училиштата, локалните невладини организации и организациите во заедницата, исто така, би можеле да играат важна улога преку олеснување на информирањето, дистрибуција на едукативни материјали и директно ангажирање на жителите. Заедно, овие институции ја формираат рамката за соработка неопходна за зајакнување на јавната свест и намалување на ризикот од поплави во Куманово.



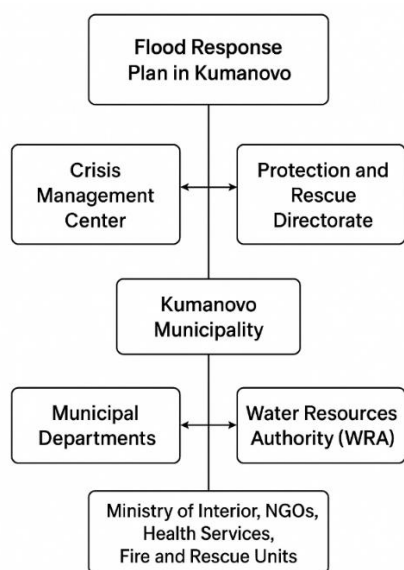
Слика 6: Дијаграм на одговорности за зајакнување на свеста и едукацијата на заедницата за ризикот од поплави

2.2.1.3 Интервенција во политиките бр. 3: Развој на план за одговор на поплави врз основа на резултатите од моделирањето

Ублажувањето на штетите предизвикани од поплави во Куманово бара развој на сеопфатен план за одговор на поплави, информиран од резултатите од моделирањето презентирани во извештајот за проценка на ризикот од поплави. Резултатите од моделирањето даваат вредни сознанија за зоните со висок ризик, очекуваните длабочини на поплави, патеките на проток и областите на критична изложеност, што сето тоа е од суштинско значење за дизајнирање на ефикасна стратегија за одговор. Добро структуриран план за реагирање при поплави треба да вклучува јасни правци за евакуација, назначени безбедни зони, протоколи за комуникација, одговорности на локалните институции и процедури за активирање на службите за итни случаи за време на екстремни настани. Со засновање на планот врз моделирање базирано на докази, Куманово може значително да ја подобри својата подготвеност, да го намали времето на одговор и да ги минимизира влијанијата од идните поплави.

Одговорноста за развивање и спроведување на план за одговор при поплави во Куманово првенствено би била, како што е прикажано на Слика 7, кај Центарот за управување со кризи и Дирекцијата за заштита и спасување, бидејќи тие ја надгледуваат подготвеноста за вонредни состојби и одговорот при катастрофи на локално и национално ниво. Општина Куманово ќе игра централна координативна улога, осигурувајќи дека планот е усогласен со локалните услови, потребите на заедницата и резултатите од моделирањето. Општинските оддели, вклучувајќи ги урбанистичкото планирање, јавната безбедност и комуналните услуги, би придонесле со детално локално знаење и би ја поддржале имплементацијата за време на вонредни состојби. Надлежниот орган за управување со водните ресурси

ќе обезбеди технички сознанија поврзани со хидрологијата, однесувањето на реките и динамиката на поплавите, осигурувајќи дека планот го користи моделот на поплави и точно ги одразува резултатите од моделирањето на поплавите, претходно презентирани во извештајот за проценка на ризикот од поплави.² Дополнителна поддршка би можела да дојде од Министерството за внатрешни работи, противпожарните и спасувачките единици, здравствените служби и локалните невладини организации, кои можат да помогнат со логистиката за одговор, комуникацијата со јавноста и подготвеноста на заедницата. Заедно, овие институции ја формираат мултисекторската рамка потребна за ефикасен и оперативен план за одговор на поплави во Куманово.



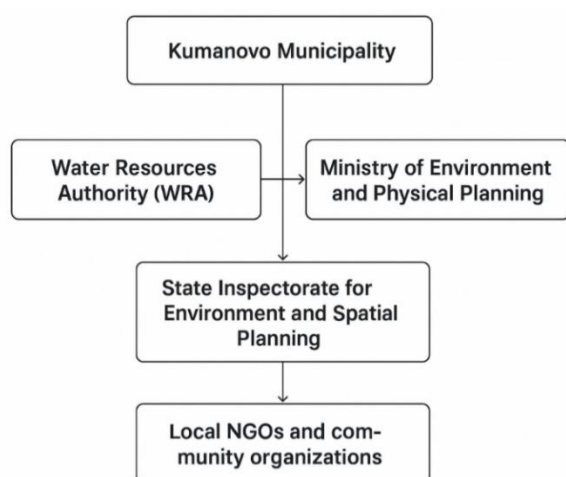
Слика 7: Дијаграм на одговорности за развој на план за одговор при поплави

2.2.1.4 Интервенција во политиките бр. 4: Вклучување на мапирање на ризици од поплави во идното планирање на урбаниот развој

Ублажувањето на поплавите во Куманово бара вклучување на мапирање на ризикот од поплави во идното планирање на урбаниот развој. Со интегрирање на детални мапи на опасности и ризици во одлуките за зонирање, процесите на издавање градежни дозволи и прописите за користење на земјиштето, општината може да спречи проширување на населбите и инфраструктурата во области со висок ризик. Мапирањето на ризикот од поплави презентирано во извештајот за проценка на ризикот од поплави дава основни информации за зоните на поплавување, длабочините на поплавите, брзините на протокот и областите на потенцијална изложеност, овозможувајќи им на планерите да го насочат развојот кон побезбедни локации и да спроведат соодветни заштитни мерки онаму каде што е потребно. Вклучувањето на овие информации во процедурите за планирање не само што ја намалува идната ранливост, туку и промовира поодржлив и поотпорен урбан раст низ целото Куманово.

² Моделот е работен без сценарија што вклучуваат целосни структурни блокади. Во случај на какво било блокирање, поради која било причина, може да се појават различни правци на поплавување и големини на опасност.

Одговорноста за спроведување на урбан развој информиран за ризикот од поплави во Куманово првенствено лежи, како што е прикажано на Слика 8, кај Општина Куманово, особено кај нејзините одделенија за урбанистичко планирање и користење на земјиштето, кои ги надгледуваат зонирањето, градежните дозволи и локалните прописи за развој. Надлежниот орган за управување со водните ресурси обезбедува технички упатства за областите со опасност од поплави, динамиката на протокот и мапирањето на ризици за да се осигури дека одлуките за планирање се засноваат на точни и ажурирани хидролошки податоци. Министерството за животна средина и просторно планирање на национално ниво воспоставува регулаторни рамки и стандарди за интегрирање на ризикот од поплави во просторното планирање. Дополнително, Државниот инспекторат за животна средина и просторно планирање го следи усогласеноста со прописите за планирање и заштита на животната средина, додека локалните невладини организации и организациите во заедницата можат да ја поддржат подигањето на свеста и вклучувањето на засегнатите страни за да се обезбеди широко комуницирање и прифаќање на одлуките за планирање. Заедно, овие актери ја формираат институционалната рамка неопходна за ефикасно спроведување на урбанистичкиот развој чувствителен на ризик од поплави.



Слика 8: Дијаграм на одговорности за вклучување на мапирањето на ризици од поплави во идното планирање на урбанистичкиот развој

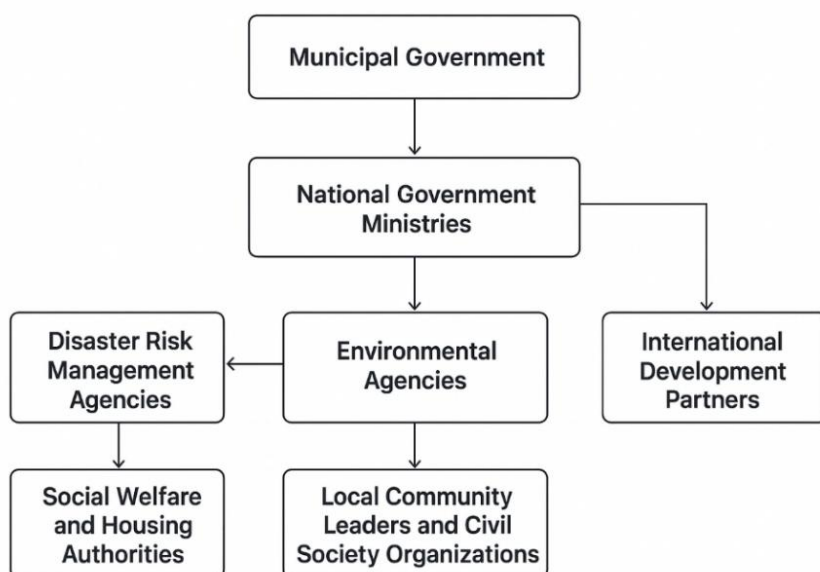
2.2.1.5 Интервенција во политиките бр. 5: Да се усвои долгорочна стратегија за преселување на жителите од подрачја склони кон поплави и со висок ризик и да се обнови природната поплавна рамнина.

Потребна е сеопфатна долгорочна визија за преселување на жителите од областите со висок ризик и склони кон поплави во Куманово и обновување на природната поплавна рамнина. Таквиот пристап ќе ја намали ранливоста на заедниците кои моментално се изложени на повторливи опасности од поплави, а воедно ќе ѝ овозможи на поплавната рамнина да функционира како ефикасна тампон-зона за време на екстремни врнежи од дожд. Со комбинирање на планираното преселување со еколошка реставрација, општината може да ја зајакне целокупната

отпорност на поплави, да ги минимизира идните штети и да поддржи побезбедно и поодржливо користење на земјиштето.

Обезбедувањето прифаќање на преселувањето од страна на заедницата бара фер, транспарентен и пристап ориентиран кон луѓето. Жителите се повеќе спремни да се преселат кога се вклучени рано во процесот на планирање, јасно информирани за постојните и идните ризици од поплави и им се нудат безбедни, добро опремени алтернативни локации за домување. Прифаќањето се зголемува кога компензацијата е фер, финансиската и правната поддршка се загарантирани, а опциите за преселба обезбедуваат еднакви или подобрени услови за живот. Одржувањето на врските во заедницата, заштитата на средствата за живот и нудењето континуирана поддршка по преселбата дополнително им помагаат на луѓето да се чувствуваат безбедно и почитувано. Со давање приоритет на овие елементи, процесот на преселување станува посигурен, порамноправен и поприфатлив за погодените домаќинства.

Одговорноста за спроведување на стратегијата за преселување во Куманово би била на неколку координирани институции, како што е прикажано на дијаграмот на тек за стратегијата за преселување на Слика 9. Општинската самоуправа би го водела локалното планирање, би ги идентификувала областите со висок ризик и би ги координирала напорите за преместување, додека националните министерства одговорни за животна средина, домување, социјална помош и урбан развој би обезбедиле финансирање, законски рамки и насоки на политиката. Агенциите за управување со ризици од катастрофи и животна средина би обезбедиле технички упатства, проценки на ризик и би го надгледувале обновувањето на природната поплавна рамнина. Лидерите на заедницата и организациите на граѓанското општество би помогнале во ангажирањето на жителите и градењето доверба во текот на целиот процес, а меѓународните партнери би можеле да понудат дополнителна техничка или финансиска поддршка. Заедно, овие актери би обезбедиле преселбата да се изврши безбедно, праведно и ефикасно.



Слика 9: Дијаграм на одговорности за спроведување на долгорочна стратегија за преселување за ублажување на ризикот од поплави во Куманово.

2.2.2 Решенија базирани на природата

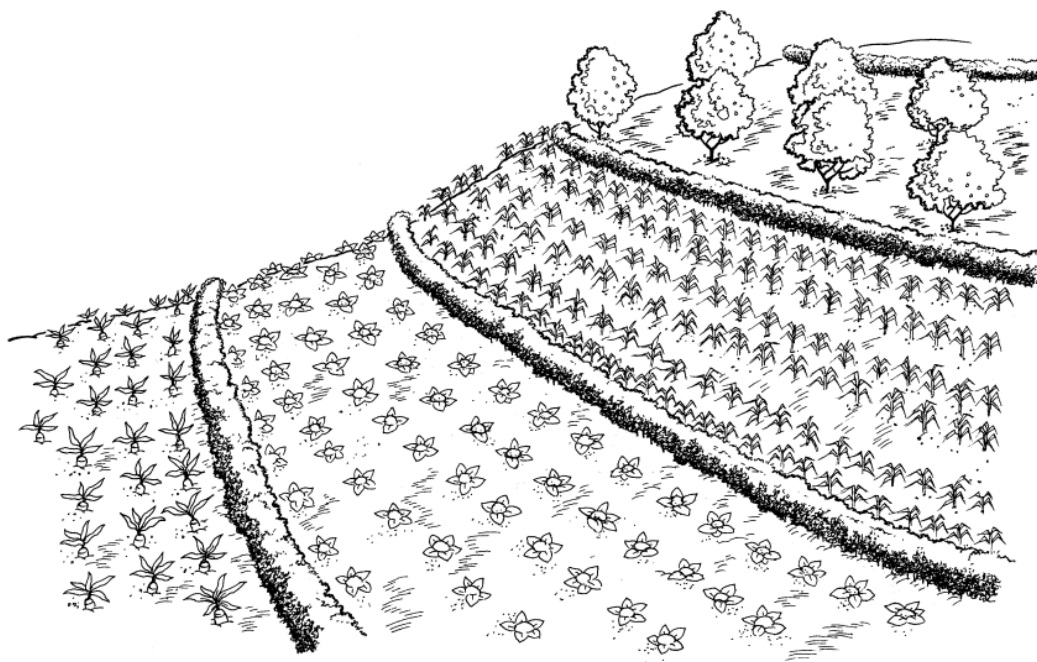
Решенијата базирани на природата играат клучна улога во ублажувањето на поплавите со користење на природни процеси за управување со водата и намалување на ризикот. Мерки како што се обновување на мочуриштата, пошумување на сливните подрачја, стабилизирање на речните брегови со вегетација и создавање зелени површини го зголемуваат инфилтрацијата на водата, бавното истекување и ги ублажуваат врвовите на поплавите. Со работа со екосистемот, наместо потпирајќи се исклучиво на инженерска инфраструктура, овие решенија обезбедуваат повеќекратни дополнителни придобивки, вклучувајќи подобрен биодиверзитет, квалитет на водата и отпорност на заедницата, а воедно придонесуваат за поодржливо и прилагодливо управување со поплавите во Куманово. Врз основа на анализата презентирана во оваа студија, се препорачуваат две решенија базирани на природата.

2.2.2.1 Потенцијална интервенција бр. 1: Реставрација на сливот како решение базирано на природата

Санацијата на сливот на реката Кумановка претставува клучно решение базирано на природата за ублажување на поплавите во областа. Овој пристап вклучува пошумување, санација на мочуришта и реставрација на природните речни канали за подобрување на задржувањето на водата, намалување на површинскиот истек и стабилизирање на речните брегови. Со подобрување на еколошкото здравје на сливот, врвовите на поплавите можат да се намалат, а воедно се постигнуваат и дополнителни придобивки како што се зголемен биодиверзитет, подобрен квалитет на водата и подобрена заштита на почвата. Спроведувањето на санацијата на сливот како решение базирано на природата обезбедува одржлива, економична и долгорочна стратегија за намалување на ризиците од поплави во Куманово.

Напорите за санација во сливот на реката Кумановка можат да бидат успешни дури и во области склони кон пожари, доколку тие вклучуваат прилагодливи стратегии за управување и мерки за отпорност на пожари. Изборот на автохтони растителни видови отпорни на пожари за пошумување и стабилизирање на бреговите на реките може да помогне вегетацијата побрзо да се опорави по пожарите. Спроведувањето контролирани палења, создавањето противпожарни зони и одржувањето на соодветно управување со вегетацијата го намалуваат ризикот од големи, неконтролирани пожари што би можеле да ги оштетат напорите за реставрација. Покрај тоа, програмите за мониторинг и брзата санација по пожарот, како што се мулчирање и повторно сеење, можат да помогнат во стабилизирањето на почвите и спречувањето на ерозијата. Со комбинирање на овие стратегии, санацијата на сливот може да остане ефикасна и отпорна, дури и во областите склони кон пожари, а воедно да продолжи да обезбедува ублажување на поплавите и еколошки придобивки.

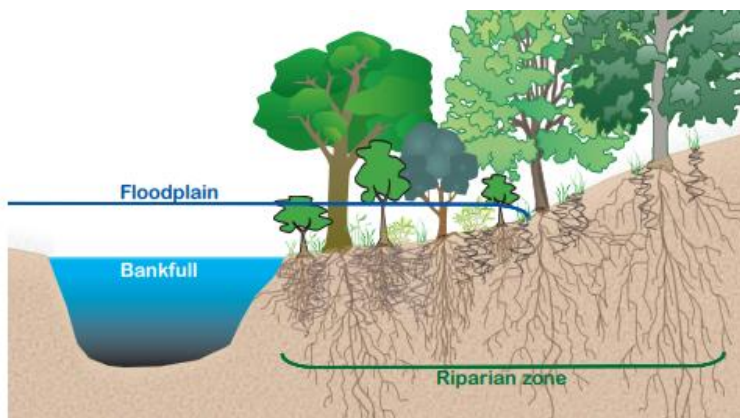
Пошумувањето може да се примени по контурните линии, како што е прикажано на Слика 10, и всушност, тоа е многу ефикасен метод за контрола на истекот и намалување на ерозијата во ридести или наклонети области. Садењето дрвја, грмушки или треви по природните контури на земјиштето помага да се забави протокот на вода, да се зголеми инфилтрацијата и да се заробат седиментите пред да стигнат до реките или потоците. Оваа техника не само што ги стабилизира почвите, туку и ја зголемува ефикасноста на санацијата на сливот како решение базирано на природата за ублажување на поплавите. Пошумувањето базирано на контури е особено корисно во областите склони кон пожари, бидејќи може да создаде природни бариери што го ограничуваат ширењето на пожарот, а воедно го поттикнуваат повторното растење на вегетацијата.



Слика 10: Реставрација на сливот со користење на систем за меѓусебно одгледување на контурни живи огради; Извор е прирачникот за технологија за меѓусебно одгледување на контурни живи огради

2.2.2.2 Потенцијална интервенција бр. 2: Стабилизирање на речните брегови и коритата во Куманово преку крајбрежно зеленило

По враќањето на капацитетот на Кумановка и нејзините притоки во Куманово, стабилизирањето на речните брегови и корита може ефикасно да се постигне преку крајбрежно зеленило, решение базирано на природата кое користи вегетација за заштита и зајакнување на речните коридори (Слика 11). Садењето автохтони дрвја, грмушки и треви по должината на речните брегови ја намалува ерозијата, го забавува протокот на вода, ја зголемува кохезијата на почвата и спречува уривање на бреговите и седиментација низводно. Крајбрежната вегетација, исто така, ја зголемува отпорноста на поплави со апсорбирање на истекот, обезбедување природни бариери за време на настани со висок проток и подобрување на еколошкото здравје на речниот систем.



Слика 11: Крајбрежна стабилизација преку крајбрежно зеленило³

Приоритетните делници треба да се идентификуваат врз основа на резултатите од хидролошкото моделирање, а вегетацијата треба да се избере според нејзината способност да ги зајакне бреговите, да ја намали седиментацијата и да ја поддржи биолошката разновидност. Долгорочното одржување вклучува следење на преживувањето на растенијата, замена на неуспешните насади и ангажирање на локалната заедница за да се обезбеди одржливост. Дополнителните мерки, како што се воспоставување зелени коридори, спроведување управување со дождовницата и обезбедување рекреативни погодности, дополнително ја зголемуваат и еколошката и социјалната вредност на крајбрежните зони на Куманово.

2.2.3 Хидраулични и инфраструктурни мерки

Иако решенијата базирани на природата обезбедуваат долгорочни придобивки, како што се зголемување на еколошката отпорност, стабилизирање на речните брегови, подобрување на квалитетот на водата и поддршка на биодиверзитетот, тие бараат време да се воспостават и созреат пред да се реализираат нивните целосни заштитни ефекти. Затоа, цврстата инфраструктура, која би можела да се комбинира со решенија базирани на природата, е клучна за обезбедување непосредна заштита од поплави, иако честопати ѝ недостасуваат еколошките и социјалните ко-придобивки што ги нудат пристапите базирани на природата.

2.2.3.1 Потенцијална интервенција бр. 3: Зголемување на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во урбаните средини

Зголемувањето на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во урбаните средини е клучна мерка за ублажување на поплавите за Куманово. Ова вклучува проширување и/или продлабочување на речните канали каде што е потребно, отстранување на пречките и подобрување на регулирањето на протокот за да се приспособат на поголеми количини на вода за време на екстремни врнежи од дожд. Со подобрување на хидрауличниот капацитет на речниот систем, се

³ Извор: <https://www.anokaswcd.org/blog/native-plantings-added-to-streambank-stabilization-sites.html>

намалува ризикот од поплави во урбаните средини, заштитувајќи ја инфраструктурата, станбените области и критичните услуги. Покрај тоа, ваквите мерки можат да се интегрираат со решенија базирани на природата, како што е крајбрежното зеленило, за понатамошно стабилизирање на речните брегови, намалување на ерозијата и зголемување на еколошката и рекреативната вредност во градот.

Зголемувањето на капацитетот треба да го земе предвид максималниот проток од $1.475 \text{ m}^3/\text{s}$, што беше предвидено според најлошото сценарио за поплавување, како што е воведено во извештајот за проценка на ризикот од поплава (Најлошото сценарио има веројатност за појава од 1%, што одговара на период на учесталост од 100 години). Според тоа, сегашниот капацитет на реката Кумановка, кој е проценет во Поглавје 4 (дел 4.3.2), треба да се надгради за безбедно да пренесува вкупен истек од $1.475 \text{ m}^3/\text{s}$, што вклучува подобрување на сите премини на реката за да се приспособи на овој проток. Слично на тоа, Липковска река треба да се модифицира за да пренесува вкупен истек од приближно $640 \text{ m}^3/\text{s}$, што ќе бара проширување на сите речни премини вдоль оваа притока. Реката Коњарка, исто така, бара зголемување на капацитетот за да пренесе истекување од околу $830 \text{ m}^3/\text{s}$. Вредностите на капацитетот на проток презентирани овде се базираат на сценариото за моделирање SC5⁴.

И покрај тоа што зголемувањето на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во Куманово може да помогне во ублажување на поплавите; сепак, тоа може да доведе и до неколку потенцијални проблеми што мора внимателно да се разгледаат. Од хидролошка перспектива, проширувањето на речниот канал може да ја зголеми брзината на протокот на вода, потенцијално префрлајќи го ризикот од поплави во низводните области и намалувајќи го капацитетот на природната поплавна рамнина за складирање вода. Од гледна точка на животната средина, проширувањето на реката може да резултира со губење на крајбрежните живеалишта, мочуриштата и биодиверзитетот. Побрзите текови може да придонесат за ерозија на бреговите, зголемен транспорт на седименти и влошување на квалитетот на водата. Покрај тоа, модификациите на речниот екосистем можат да ги поедностават живеалиштата, негативно влијаејќи врз рибите, птиците и растителните видови. Инженерските и структурните предизвици исто така мора да се решат. Проширувањето на реката може да бара реконструкција или зајакнување на мостови, канали и насипи за справување со поголемите водотеци. Промените на речното корито и отстранувањето на вегетацијата можат да го зголемат ризикот од нестабилност на брегот, додека потребите за одржување на проширениот канал може да станат почести и поскапи.

Социјалните и урбаните влијанија се исто така значајни. Проширувањето на речниот тек би можело да бара откуп на земјиште, што потенцијално би довело до

⁴ За повеќе детали за ова сценарио, прочитајте го поглавје 3 од извештајот за проценка на ризикот од поплави.
Извештај за ублажување на ризикот од поплави и приоритизација

уривање на имоти и нарушување на локалните заедници. Градежните активности може да влијаат на транспортните правци, комуналните услуги и рекреативните зони. Генерално, иако зголемувањето на капацитетот на реката може да обезбеди придобивки за ублажување на поплавите, внимателното планирање е од суштинско значење за минимизирање на еколошките, структурните и социјалните последици, особено во општествата што се многу блиску до реката, како што е прикажано на Слика 12.



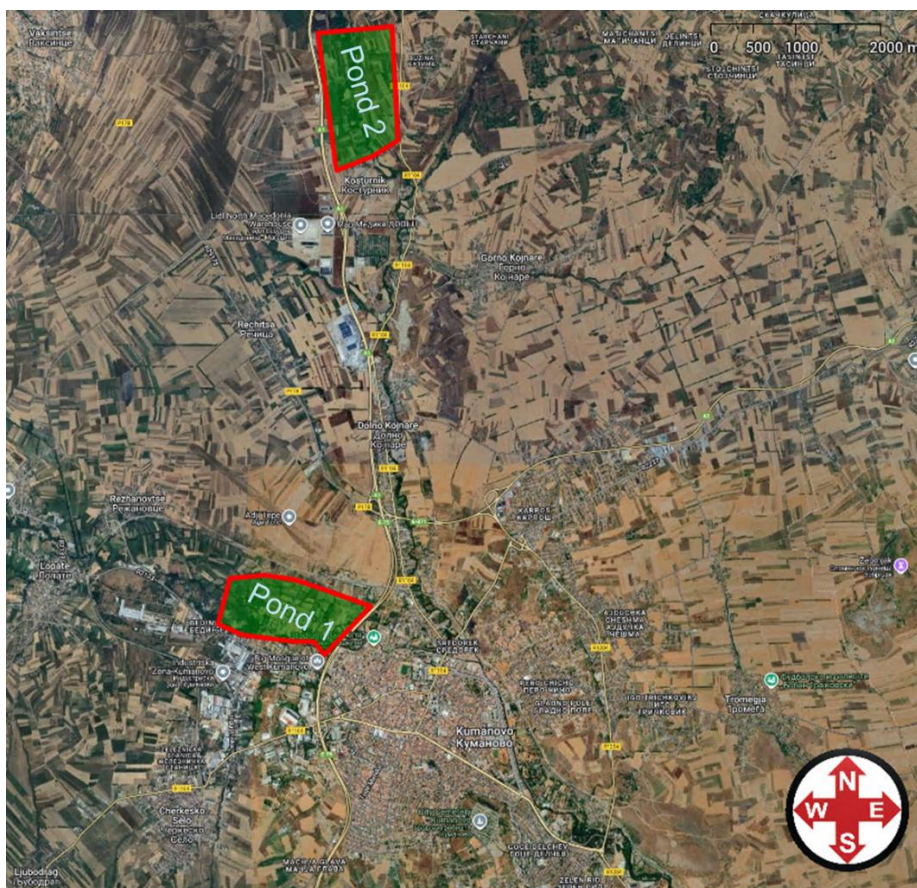
Слика 12: Фотографиите покажуваат дека зголемувањето на капацитетот на реката може да има инженерски и социјални последици за зградите во близина на реката Кумановка и нејзините притоки.

2.2.3.2 Потенцијална интервенција бр. 4: Регулација на протокот на вода со изградба на вештачки базени за задржување

Изградбата на вештачки базени за задржување низводно од Куманово може да претставува ефикасна и ветувачка мерка за регулирање на протокот на вода и намалување на поплавите. Овие базени, кои се длабински анализирани во дел 4.1, привремено складираат вишок атмосферска вода што се создава од (под)сливот за време на обилни дождови, намалувајќи ги брзините на проток во реки како што се Кумановка и нејзините притоки. Со контролирање на времето и волуменот на вода што влегува во речниот систем, ретенционите базени помагаат во намалувањето на врвните протоци, го намалуваат ризикот од поплави во урбаните средини и го ублажуваат притисокот врз речните канали и премини. Покрај тоа, ретенциони

базени можат да обезбедат еколошки и рекреативни придобивки, поддржувајќи ја биолошката разновидност, подобрувајќи го квалитетот на водата и подобрувајќи ги зелените површини во урбаниот пејзаж. Спроведувањето на вакви мерки како дел од интегрираната стратегија за управување со поплави може значително да ја зголеми отпорноста на Куманово на екстремни врнежи од дожд.

Слика 13 дава прелиминарен предлог за потенцијални локации на ретенционите базени. За секоја притока ќе биде потребен базен за да се регулира протокот на вода. Базенот 1 ќе го складира прекумерниот исцедок што доаѓа од горниот слив на реката Липоска, додека Базенот 2 ќе ја извршува истата функција за реката Коњорка. Локациите на базените се предложени врз основа на достапноста на земјиште, топографијата и можноста за одложување на поплавниот бран од едната притока во однос на другата, така што поплавните бранови придонесени од сливот на секоја притока не се совпаѓаат.



Слика 13: Предложени локации на базените за задржување за ублажување на поплавите во Куманово

2.2.3.3 Потенцијална интервенција бр. 5: Рехабилитација и проширување на постојната мрежа за атмосферски води

Во Куманово, мрежите за отпадни води и површински води (атмосферски води) се одвоени. Додека површинската вода се собира во покриени одводи и се испушта во реката, отпадните води се собираат одделно и се упатуваат кон пречистителната

станција за третман. Иако Куманово е најголемата општина во Северна Македонија според населението, таа страда од сериозно застарена и недоволна инфраструктура за атмосферски води. Само околу 20% од урбаната област моментално е покриена со функционален систем за одводнување на атмосферски води.⁵ Ова резултира со чести и сериозни површински поплави за време на обилни дождови, особено во ниските населби и клучните урбани артерии како што е булеварот „Октомвриска револуција“. Ситуацијата води до прекини во сообраќајот, оштетување на имотот, ерозија на јавната инфраструктура и зголемени ризици по јавното здравје поради застоена вода.

Санацијата и проширувањето на постојната мрежа за атмосферски води може да претставува клучна мерка за ублажување на поплавите во Куманово, особено во ниските области во рамките на поплавната рамнина, како што јасно покажуваат картите на поплави презентирани во извештајот за проценка на ризикот од поплави. Со текот на времето, урбаниот раст, седиментацијата и влошувањето на цевките и каналите можеби го намалиле капацитетот на мрежата, што довело до локализирано поплавување за време на обилни дождови. Надградбата на мрежата, вклучувајќи чистење, поправка и замена на оштетените делови, може да го врати нејзиниот целосен капацитет, додека нејзиното проширување на недоволно опслужените области обезбедува ефикасна дренажа низ целиот град. Подобрената инфраструктура за атмосферски води овозможува побрзо пренесување на истечните води до реките и објектите за задржување, намалувајќи го ризикот од поплавување во урбаните средини, заштитувајќи ги зградите и инфраструктурата и подобрувајќи ја јавната безбедност. Во комбинација со други мерки, како што се ретенциони базени и подобрувања на речните канали, модернизираниот мрежа за атмосферски води значително ја зголемува отпорноста на градот на екстремни врнежи од дожд. Кога се комбинира со други мерки (на пр., ретенциони базени), проширувањето на мрежата за одводнување во ниските области во рамките на поплавната рамнина може да помогне во зафаќањето и пренесувањето на површинскиот истек, намалувајќи го времетраењето на локализираните поплави.

2.2.3.4 Потенцијална интервенција бр. 6: Продолжување на недовршената регулација на Липковска река. Проектот е инициран и започнат од УНДП

Липковска река е клучен фактор за вкупниот ризик од поплави во Куманово. Претходните регулаторни работи поддржани од УНДП (на пр., регулирање на протокот на вода преку подобрување на условите на речното корито) значително ја подобрија локалната заштита; сепак, недовршените сегменти создаваат структурни слабости во системот (Причините за незавршувањето на проектот не се добро познати). Завршувањето на овие работи е економична мерка со висок ефект што се

⁵ Извор:

<https://electoralsupportprogramme.mk/en/initiatives2025/%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE-%D0%B1%D0%B5%D0%B7-%D0%BF%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8/>

темели на претходни инвестиции, го обновува интегритетот на коридорот за заштита од поплави и ја зајакнува отпорноста на градот од идни поплави.

Оваа мерка се фокусира на финализирање на преостанатите делници од планираната регулација на реката по течението на Липковска река, особено во областите каде што изградбата беше започната, но остана недовршена. Клучните активности вклучуваат завршување на проширувањето и продлабочувањето на каналот, завршување на насипите и заштитните сидови, отстранување на привремените или деградираните конструкции, стабилизирање на изложените брегови и обезбедување континуитет на регулираниот профил низ сите критични урбани и периурбани сегменти. Мерката, исто така, вклучува проверка дали хидрауличните конструкции, како што се мостови, пропусти и сервисни премини, ги исполнуваат ажурираните проектни капацитети и се целосно интегрирани во регулираниот речен коридор.

Со завршувањето на овие работи, проектот ќе воспостави континуиран профил на заштита од поплави по должината на Липковска река, елиминирајќи ги ранливите празнини каде што можат да започнат поплави. Тоа ќе го подобри капацитетот на проток на реката, намалувајќи ја веројатноста за прелевање за време на умерени и високи протоци, а истовремено ќе ја намали ерозијата и таложењето на седименти преку подобрување на стабилноста на протокот и перформансите на каналот. За возврат, ова ќе ја зголеми безбедноста за соседните станбени области, инфраструктурните коридори и земјоделското земјиште низводно. Покрај тоа, завршените работи ќе создадат поголема синергија со постојните и планираните мерки за заштита од поплави, осигурувајќи дека претходните инвестиции на УНДП ќе ја постигнат својата предвидена ефикасност.

2.3 Долга листа за процена и Стратегија за приоритизација

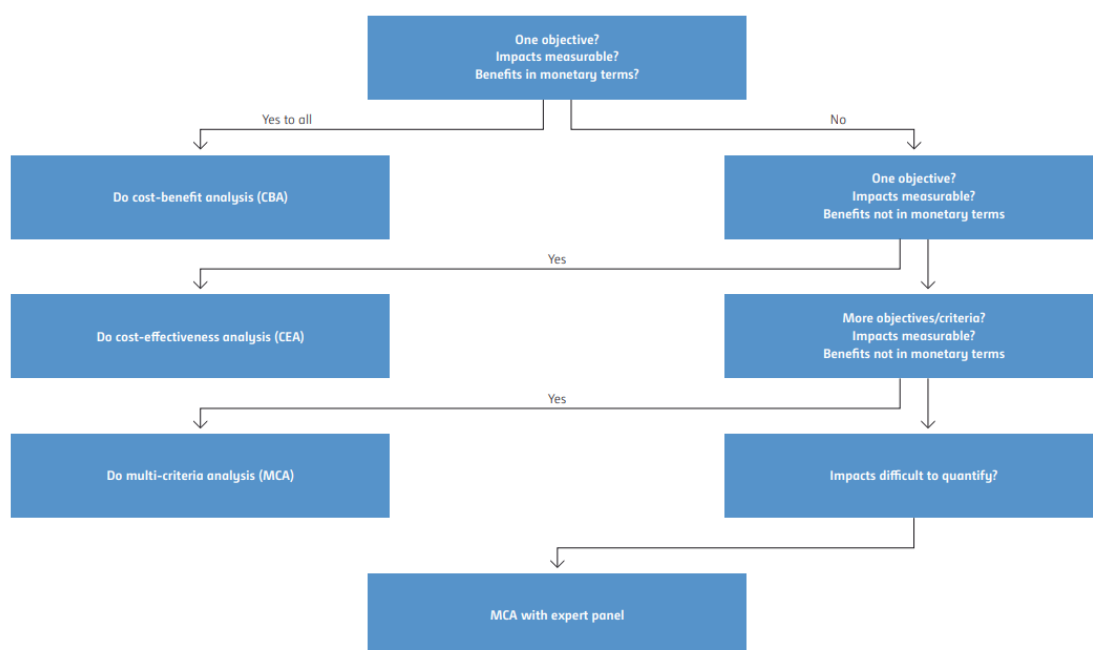
Претходно презентираниот список на мерки ги претставува речиси сите достапни опции за ублажување или спречување на поплави во градот Куманово. Секоја мерка може да придонесе за решавање на проблемот до одреден степен. Затоа, најсоодветните мерки мора да се комбинираат за да се постигне оптимален сет на интервенции што ќе го максимизираат ублажувањето и спречувањето на поплавите и на краток и на долг рок, а воедно ќе ги минимизираат вкупните трошоци, заедно со други релевантни перспективи за евалуација. Според тоа, најсоодветните структурни мерки (претходно нарекувани потенцијални интервенции) треба да се приоритизираат и интегрираат со најрелевантните неструктурни (поврзани со политиката) мерки. Ова приоритизирање мора да ја процени секоја мерка од повеќе перспективи користејќи низа критериуми, вклучувајќи намалување на ризикот од поплави и трошоци, меѓу другото, вклучувајќи ги и карактеристиките на решенија

базирани на природата кои придонесуваат за ублажување на климатските промени и обезбедуваат соодветно прилагодување кон екстремни поплави. За да се постигне ова, во следното поглавје е претставен процес на приоритизација базиран на пристап на анализа со повеќе критериуми.

Поглавје 3

3 Приоритизација на мерките врз основа на мултикритериумска анализа

Откако ќе бидат предложени сите потенцијални интервенции и пред да се донесе одлука за нивно приоритизирање, треба да се користи алатка за поддршка на донесувањето одлуки за да се процени, меѓу многу други фактори, економската изводливост на потенцијалните интервенции, покрај нивната техничка изводливост. Според Рамковната конвенција на Обединетите нации за климатски промени (видете ја Слика 14)⁶, таквата изводливост често се оценува со користење на еден од следниве методи: анализа на трошоци и придобивки, анализа на рентабилноста или мултикритериумска анализа.



Слика 14: Дрво на одлуки за можни пристапи за проценка на трошоците и придобивките од опциите за прилагодување, добиено од Рамковната конвенција на Обединетите нации за климатски промени⁶.

Анализата на трошоците и придобивките најчесто се користи за процена на опциите за прилагодување кога ефикасноста е единствениот критериум за донесување одлуки. Клучно ограничување на анализата на трошоци и придобивки е тоа што бара сите придобивки да се мерат и изразуваат во монетарна смисла, ставајќи

⁶ Достапно тука: https://unfccc.int/resource/docs/publications/pub_nwp_costs_benefits_adaptation.pdf
Извештај за ублажување на ризикот од поплави и приоритизација

посебен акцент на ефикасноста. Анализата на рентабилноста, пак, обично се применува за да се идентификува најевтината опција за постигнување на однапред дефинирани физички цели. Од причини што анализата на рентабилноста се спроведува откако целите на мерките за прилагодување веќе се утврдени, а преостанатата задача е да се одредат средствата со најниски трошоци за исполнување на овие цели, таа не проценува дали самата мерка е оправдана.

Мултикритериумската анализа овозможува евалуација на различни опции за прилагодување според повеќе критериуми, при што на секој од нив му е доделена одредена тежина. Врз основа на овие тежини, се пресметува вкупен резултат за секоја опција, а се избира опцијата со највисок резултат. Оттаму, мултикритериумската анализа обезбедува алтернативен пристап кога се достапни само делумни податоци, кога културните и еколошките аспекти е тешко да се квантифицираат или кога монетарните придобивки или ефективноста претставуваат само подмножество од релевантните критериуми за одлучување. Робусноста на резултатот од мултикритериумската анализа зависи од (не)сигурноста на информациите во врска со избраните критериуми, релативните приоритети дадени на различните критериуми (тежините или оценките) и степенот до кој тежините се заеднички договорени од страна на засегнатите страни. Поради својата робусност, мултикритериумската анализа ќе се искористи во оваа студија за да се поддржи приоритизацијата на мерките за ублажување на ризикот од поплави во градот Куманово. Таа служи како структурирана алатка за поддршка на одлуките што систематски ги споредува и рангира предложените интервенции во однос на дефиниран сет на критериуми за животна средина, економија, општество, изводливост и управување. Крајната цел на мултикритериумската анализа е да ги идентификува најефикасните и најефикасните интервенции и да избере најмалку три приоритетни мерки што ќе бидат дополнително развиени како конкретни инвестициски проекти.

3.1 Вовед во мултикритериумската анализа

Мултикритериумската анализа обезбедува структурирана и транспарентна рамка за евалуација и споредување на опциите за управување со ризици од поплави кои се разликуваат по вид, обем и временска рамка за имплементација. Имајќи го предвид долгиот список на предложени мерки во Дел 2.2, мултикритериумската анализа се фокусира исклучиво на структурни интервенции, вклучувајќи мерки базирани на природата, хидраулични и инфраструктурни мерки (т.е. Потенцијални интервенции бр.1–6), и ги исклучува политичките и институционалните мерки. Ова е затоа што структурните интервенции претставуваат опипливи, инвестициски ориентирани проекти со дефинирани физички компоненти, патеки за имплементација и мерливи влијанија врз намалувањето на ризикот од поплави.

Интервенции на политиките и институционални интервенции (интервенции на политиките бр. 1–5), иако се од суштинско значење за сеопфатно управување со ризикот од поплави, не се вклучени во рангирањето на мултикритериумската анализа поради фундаментални разлики што ја прават директната споредба во рамките на една мултикритериумска анализа несоодветна. Сепак, нивната комбинација со приоритетните структурни мерки е дискутирана подоцна во Поглавје 4 (Дел 4.5).

Неколку фактори објаснуваат зошто ова би произвело искривени или погрешни резултати:

1. Мерките на политиките обично вклучуваат значително пониски капитални и оперативни трошоци отколку структурните инвестиции. Следствено, тие може да добијат непропорционално висок резултат според критериумите поврзани со трошоците, и покрај тоа што имаат ограничени или многу неизвесни директни влијанија врз намалувањето на ризикот од поплави.
2. Мерките на политиките и институционалните мерки честопати добиваат силно прифаќање и од јавните и од општинските власти. Подигањето на свеста, алатките за планирање и подобрувањата на регулативата генерално се перцепираат како нискоризични и општествено пожелни, што може систематски да ги пристрасни социјалните и критериумите за управување со мултикритериумските критериуми во нивна корист.
3. Ефективноста на мерките на политиката во намалувањето на ризикот од поплави во голема мера зависи од нивниот дизајн, спроведување и долгорочна имплементација. За разлика од структурните интервенции, чии влијанија може да се проценат преку хидролошко и хидраулично моделирање, потенцијалот за намалување на ризикот од мерките на политиките е потешко да се квантифицира и доследно да се споредува.

Со оглед на овие карактеристики, интегрирањето на мерките на политиката во истата рамка на мултикритериумска анализа како структурните интервенции би ја намалило аналитичката јасност и би можело да го замагли идентификувањето на приоритетните инвестициски проекти.

Исклучувањето на мерките на политиките и институционалните мерки од рангирањето на мултикритериумската анализа не имплицира помала важност. Напротив, мерките на политиките се препознаваат како суштински овозможувачки и комплементарни активности што значително ја подобруваат ефективноста, одржливоста и долгорочното влијание на структурните инвестиции.

Според тоа, се предлагаат политички интервенции како поддржувачки и придружни мерки за избраните инвестициски проекти. Тие придонесуваат за зајакнување на институционалниот капацитет, подобрување на подготвеноста и

одговорот, насочување на урбаниот развој подалеку од областите со висок ризик и поттикнување на свеста и отпорноста на заедницата. Кога се спроведуваат паралелно со структурните мерки, тие играат клучна улога во обезбедувањето предложените инвестиции да ги постигнат своите предвидени резултати за ублажување на ризикот од поплави.

Според тоа, мултикритериумската анализа ги оценува потенцијалните интервенции бр.1–6 според претходно дефинирани критериуми што ги опфаќаат влијанијата врз животната средина, економската ефикасност, техничката и институционалната изводливост, социјалните придобивки, преференциите за управување и временските рокови за имплементација. Резултатите ја формираат основата за приоритизација на интервенциите и избор на три или четири мерки за понатамошен развој како прелиминарни инвестициски проекти, како што е претставено во следните делови од ова поглавје.

3.2 Критериуми за одлучување и Пристап за приоритизација

Со оглед на повеќедимензионалната природа на управувањето со ризиците од поплави во Куманово, мултикритериумската анализа ги интегрира еколошките, економските, социјалните, изводливоста и управувачките аспекти, земајќи ја предвид нивната релативна важност преку дефиниран систем на пондерирање. Применетите критериуми и нивната категоризација се прикажани во табелата подолу (Табела 2), кои опфаќаат клучни аспекти како што се ефикасноста на намалувањето на ризикот од поплави, ублажувањето и прилагодувањето кон климатските промени, исплатливоста, техничката и институционалната изводливост, социјалните придобивки, влијанијата врз животната средина и социо-економските влијанија и усогласеноста со приоритетите на Град Куманово.

Табела 2: Критериуми на мултикритериумската анализа за приоритизација на можни мерки за намалување на ризикот од поплави во рамките на Куманово

Критериуми	Категорија на критериуми
Влијание врз ризикот и степен на ублажување на ризикот	Еколошки/Социјални
Влијание врз емисиите и степен на прилагодување кон климатските промени	Животна средина
Проценка на трошоците и придобивките	Економски
Леснотија на имплементација на техничкиот проект	Изводливост
Леснотија на институционална имплементација	Изводливост
Број на луѓе кои би имале корист од предложената мерка	Социјални
Еколошки и социјални ризици и влијанија (ги зема предвид видот, обемот, значењето и реверзибилноста на влијанијата)	Животна средина
Преференција на градот Куманово	Управување
Временски рокови за остварување на придобивките од ризикот од поплави	Изводливост

Мултикритериумската анализа се спроведува на партиципативен и инклузивен начин со користење на алатката за поддршка на одлуки CLIMACT Prio⁷, што претставува најсовремена алатка за скрининг на климата и приоритизација за урбани контексти. CLIMACT Prio поддржува донесување одлуки засновани на докази преку интегрирање на повеќекратни цели на политиката, вклучувајќи намалување на ризикот од катастрофи, ублажување и прилагодување кон климатските промени и економичност. Исто така, го зајакнува ангажманот на засегнатите страни и генерирањето знаење.

Приоритет ќе им се даде на решенијата базирани на природата како претпочитан пристап, препознавајќи ја нивната способност да обезбедат повеќекратни дополнителни придобивки, како што се намалување на ризикот од поплави, реставрација на екосистемот и подобрена човекова благосостојба. Мерките се оценуваат според нивните климатски позитивни карактеристики, вклучувајќи го и нивниот потенцијал за намалување или заробување на емисиите на стакленички гасови, а воедно придонесуваат за адаптација на климата и управување со животната средина. Таму каде што се потребни мерки за сива инфраструктура, се истражуваат можностите за нивно комбинирање со зелени компоненти за да се постигнат хибридни решенија кои се климатски неутрални или блиску до нето-нулти емисии, каде што е изводливо.

Покрај еколошките аспекти, економските придобивки претставуваат клучни критериуми во рамките на мултикритериумската анализа. Проценката ги споредува алтернативните мерки за финансиска соработка земајќи ги предвид не само трошоците за инвестиции и имплементација, туку и нивните еколошки и социо-економски ко-придобивки. Тие вклучуваат влијанија врз егзистенцијата и создавањето работни места, подобрувања во квалитетот на водата и условите во животната средина, потенцијалот за врзување на јаглеродот, подобрената урбана животна можност и проценетиот број на корисници.

Табела 3 ја прикажува рамката за бодување на мултикритериумската анализа што се користи за евалуација на мерките за управување со ризикот од поплави. На секој критериум му е доделен фактор на тежина на скала каде што 100 претставува најсилно влијание врз целокупниот резултат на мултикритериумската анализа. Пониските тежини укажуваат на пропорционално намалено влијание врз конечниот ранг; на пример, тежина од 20 има значително помало влијание од максималната вредност.

⁷ Институт за студии за домување и урбан развој (IHS). (2016). *CLIMACT Prio*: Алатка за поддршка на одлуките за приоритизација на климатските акции. Универзитет Еразмус во Ротердам. Достапно од IHS алатки и страница со комплети алатки: <https://www.ihs.nl/en/advisory-training-and-research/tools-and-toolkits>.

Табела 3: Дефиниции за класификација на мултикритериумската анализа и тежина на рангирање

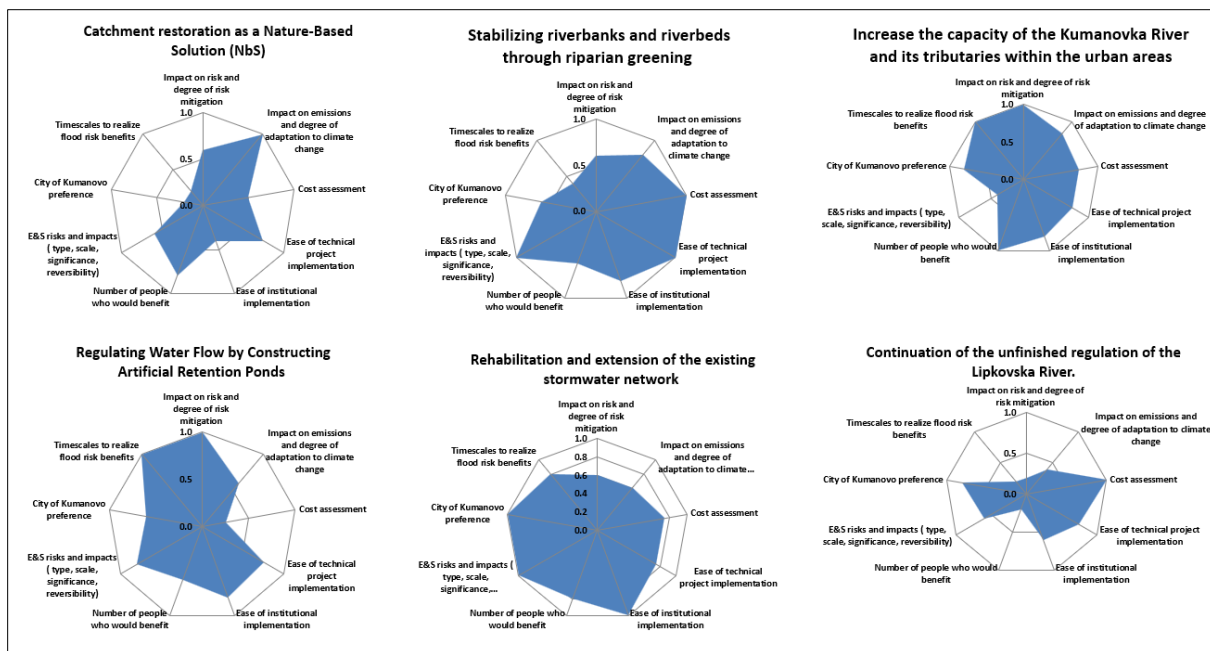
Критериуми	Тежина	Висока (5 поени)	Средна (3 поени)	Ниска (1 поен)
Влијание врз ризикот и степен на ублажување на ризикот	100	Го намалува и ризикот од поплави и го зголемува ублажувањето на ризикот (ја зголемува отпорноста)	Се адресира на еден од двата	Се однесува на еден до ограничена мера
Влијание врз емисиите и степен на прилагодување кон климатските промени	50	Позитивно влијание	Минимално влијание	Негативно влијание
Проценка на трошоците	50	Високо исплатливо во ублажување на ризиците од поплави или намалување на влијанијата од поплавите	Просечна исплатливост во споредба со конкурентските мерки	Ефикасност на ниски трошоци во ублажување на ризиците од поплави или намалување на влијанијата од поплавите
Леснотија на имплементација на техничкиот проект	30	Не се предвидени поголеми технички предизвици. Проектите и студиите можеби веќе се извршени.	Се очекуваат некои технички предизвици. Се очекува некои ресурси да бидат достапни.	Сериозни технички предизвици. Не се очекува да има достапни ресурси.
Леснотија на институционална имплементација	30	Добро воспоставена и целосно ефикасна институционална поставеност и потпорно законодавство.	Добро воспоставена институционална поставеност и законодавство. Потребно е зајакнување на капацитетите.	Достапна е ограничена институционална поставеност. Потребна е легислатива што го поддржува развојот.
Бројот на луѓе кои би имале корист од предложената мерка	50	Целото население во рамките на бенефициите од подрачјето на интерес.	Значителен дел од населението има корист.	Ограничен број од населението има корист (непосредна близина).
Еколошки и социо-економски влијанија	50	Главна позитивно еколошко и социјално влијание и не се предвидуваат поголеми негативни влијанија.	Се очекуваат еколошки и социјални влијанија. Ублажување на можните негативни еколошки и социјални влијанија се можни и изводливи.	Се очекуваат главно негативни еколошки и социјални влијанија.
Преференција за град Куманово	80	Цврсто усогласено со приоритетите на Куманово и експлицитно поддржано од локалните власти	Генерално усогласено со приоритетите на Куманово, со условна или умерена поддршка	Не е усогласено со приоритетите на Куманово или има ограничена локалната поддршка

Критериуми	Тежина	Висока (5 поени)	Средна (3 поени)	Ниска (1 поен)
Временски рокови за остварување на придобивките од ризикот од поплави	80	Краток период на имплементација со непосредни до краткорочни придобивки од намалување на ризикот од поплави	Среден период на имплементација со придобивки остварени на среден рок	Долг период на имплементација со придобивки што се остваруваат само на долг рок

За секој критериум, учинот се оценува со користење на три нивоа (високо, средно, ниско), што одговараат на 5, 3 и 1 поен, соодветно. Квалитативните дефиниции дадени за високи и ниски оценки јасно ги опишуваат разликите во очекуваните перформанси, влијанијата и изводливоста на мерките. Овој структуриран пристап обезбедува транспарентност и конзистентност во преведувањето на квалитативните проценки во квантитативни резултати од мултикритериумска анализа.

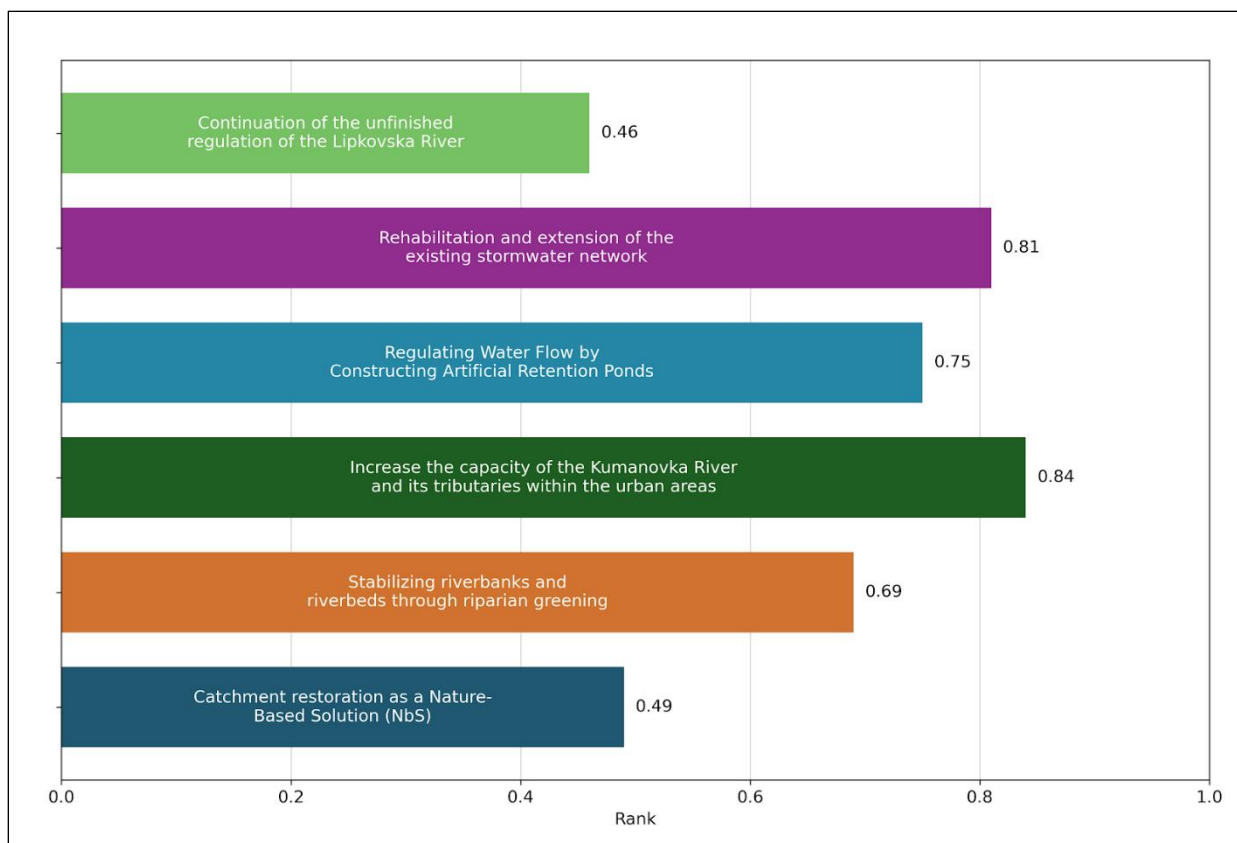
3.3 Резултати од мултикритериумската анализа: Давање приоритет на различни алтернативи

По интензивна анализа на потенцијалните мерки за ублажување и нивна евалуација врз основа на критериумите презентирани во Табела 3, приоритизацијата на различните опции беше извршена со користење на алатката CLIMACT Prio. Евалуацијата на секоја предложена интервенција според критериумите во Табела 3 е претставена поединечно во форма на розов дијаграм на Слика 15. Потоа, интервенциите беа оценети и рангирани врз основа на нивните агрегирани резултати од мултикритериумската анализа, што ги одразува нивните релативни перформанси низ дефинираните критериуми и шемата за пондерирање. Слика 16 ги прикажува резултатите од приоритизацијата во однос на резултатите постигнати од секоја интервенција според критериумите за евалуација во Табела 3. Табела 4 ги прикажува овие резултати заедно со добиеното рангирање на приоритетните интервенции.



Слика 15: Индивидуална евалуација на предложените интервенции врз основа на критериумите презентирани во Табела 3.

Врз основа на резултатите од мултикритериумската анализа, четирите највисоко рангирани опции беа избрани како приоритетни мерки поради нивните силни вкупни перформанси и значителен придонес кон целите за намалување на ризикот од поплави. Во следниот дел, овие приоритетни опции се организирани во пакети за имплементација, со што се наведува нивната стратешка комбинација и фазна реализација.



Слика 16: Резултати од приоритизацијата врз основа на мултикритериумската анализа.

Табела 4: Резултати од приоритизација во форма на резултати и соодветен ранг.

Интервенција	Резултат	Ранг
Реставрација на сливот како решение базирано на природата	0.49	5
Стабилизирање на речните брегови и корита преку крајбрежно зеленило	0.69	4
Зголемување на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во урбаните средини	0.84	1
Регулирање на протокот на вода со изградба на вештачки езерца за задржување	0.75	3
Рехабилитација и проширување на постојната мрежа за атмосферски води	0.81	2
Продолжување на недовршената регулација на Липковска река.	0.46	6

Ниту една од интервентните мерки во потесниот избор не може да се смета за оптимално решение, бидејќи секоја се карактеризира со одредено ниво на ефикасност во ублажувањето на поплавите, изводливост на имплементацијата и институционална и социјална прифатливост. Фактот дека некои интервенции не се приоритизирани не значи дека се неважни; напротив, тие може да се сметаат за долгорочни мерки (на пр., приоритет бр. 5) или би можеле да се заменат со алтернативни акции (на пр., приоритет бр. 6 би можел да се замени со приоритет бр. 3 или 4). Следните точки даваат прелиминарни сознанија за приоритетните интервенции и причините зошто тие добија релативно високи оценки.

а) Потенцијална интервенција бр. 3: Зголемување на капацитетот на реката Кумановка и нејзините притоки во урбаните средини

Оваа интервенција постигна највисок вкупен резултат на мултикритериумската анализа. Иако оваа мерка е ефикасна во намалувањето на ризикот од поплави во Куманово, можеби нема општествена прифатеност. Трошоците би можеле да бидат значителни, бидејќи би била потребна компензација или преместување за жителите што живеат директно покрај реката доколку капацитетот на реката треба да се зголеми преку отстранување на нивните домови. Подетална проценка на трошоците ќе биде презентирана во Поглавје 4.

б) Потенцијална интервенција бр. 5: Рехабилитација и проширување на постојната мрежа за атмосферски води:

Недоволниот капацитет на постојната инфраструктура за одводнување на атмосферски води во однос на капацитетот и обемот е важен проблем во Куманово. Рехабилитацијата и проширувањето на мрежата за атмосферски води ја подобруваат способноста на градот да управува со интензивни врнежи од дожд, да го намалуваат акумулирањето на површинските води и да ја зголемуваат целокупната сигурност на системот. Интервенцијата беше особено добро оценета во однос на техничката изводливост, времето на имплементација и придобивките за голем дел од урбаното население. Сепак, оваа мерка не го намалува директно ризикот од поплави и не може да се спроведе пред да се реши проблемот со поплавите преку изградба на ретенциони базени или зголемување на капацитетот на речните канали. Ова е затоа што проширувањето на системот за одводнување на атмосферските води на ниските области во рамките на поплавната рамнина би резултирало со неефикасно одводнување за време на екстремни врнежи, кои генерираат значителни количини на истекување од сливот на горниот тек.

а) Потенцијална интервенција бр. 4: Регулација на протокот на вода со изградба на вештачки ретенциони базени:

Вештачките ретенциони базени обезбедуваат многу ефикасно средство за намалување на врвните протоци со привремено складирање на вишокот истекување за време на екстремни врнежи. Со намалување на врвните испуштања низводно, оваа мерка директно го ублажува ризикот од поплави во густо населените урбани области, како што е детално опишано во поглавје 4. Покрај тоа, базените за задржување можат да бидат проектирани да обезбедат дополнителни придобивки поврзани со прилагодување кон климатските промени, подобрување на биодиверзитетот и урбани погодности, со што ќе се зајакнат нивните еколошки и социјални перформанси.

б) Потенцијална интервенција бр. 2: Стабилизирање на речните брегови и корита преку крајбрежно зеленило:

Ова решение базирано на природата се рангираше на четвртото место и нуди одржлив и адаптивен пристап кон ублажување на ризикот од поплави долж урбаните речни коридори. Крајбрежното зеленило придонесува за стабилизација на бреговите, контрола на ерозијата и зголемена грубост, што може да ги намали брзините на проток за време на поплави. Покрај придобивките од ублажување на поплавите, оваа интервенција обезбедува важни еколошки и социјални ко-придобивки, вклучувајќи подобрени речни живеалишта, подобрен квалитет на пејзажот и зголемено јавно прифаќање.

Овие четири интервенции ја формираат основата за развој на прелиминарни инвестициски проекти, кои се подетално разработени во следното поглавје, вклучувајќи прелиминарни дизајни, проценки на трошоците и еколошки и социјални аспекти.

Поглавје 4

4 Длабинска анализа и прелиминарен дизајн на приоритетни мерки

Во ова поглавје, приоритетните мерки се разгледуваат детално преку проценка на нивната техничка изводливост, вклучително и моделирање каде што е потребно, заедно со развој на прелиминарни дизајни за секоја приоритетна интервенција и евалуација на потенцијалните влијанија врз животната средина и социјалните аспекти што можат да влијаат или да бидат под влијание на предложените мерки за ублажување на поплавите. Врз основа на оваа прелиминарна проценка, се дадени индикативни проценки на трошоците за спроведување на предложените мерки за ублажување на поплавите и ерозијата. Проценките на трошоците за различните проекти детално опишани подолу намерно ги изоставуваат тековните трошоци за одржување и работење, бидејќи веруваме дека ниедна од предложените мерки нема да додаде трошоци над оние што се моментално настанати. Поголвјето завршува со план за адаптација на климата поврзан со поплавите, кој ги интегрира најсоодветните политички и институционални интервенции, како што е наведено во дел 2.2.1, со мерките презентирани овде. Целта на овој план за адаптација на климатските промени е да ја води општина Куманово во справувањето со сè почестите поплави предизвикани од климатските промени преку рамка за имплементација што ги опфаќа краткорочните, среднорочните и долгорочните потреби за адаптација на градот.

4.1 Детална техничка анализа на вештачките базени

4.1.1 Образложение за изградба на вештачки езерца

Вештачките езерца, исто така познати како базени за собирање дождовница, се широко признати како ефикасни структурни мерки за ублажување на ризикот од поплави во урбаните и приградските средини. Овие системи функционираат со привремено складирање на површинскиот истек генериран за време на врнежите, со што се спречува непосредно преоптоварување на дренажните мрежи и блиските водотеци (на пр. Липковска, Коњарка и Кумановка во контекст на Куманово). Водата задржана во сливот последователно се испушта со контролирана брзина преку инженерски дизајнирана испустна структура, што го намалува врвното истекување низводно и ја намалува веројатноста за ненадејни поплави. Покрај тоа, делумната инфилтрација на складирана вода во околната почва придонесува за намалување

на вкупниот волумен на истекување, додека таложењето на седименти и отпадоци во сливот помага да се одржи капацитетот на каналот низводно и хидрауличната ефикасност.

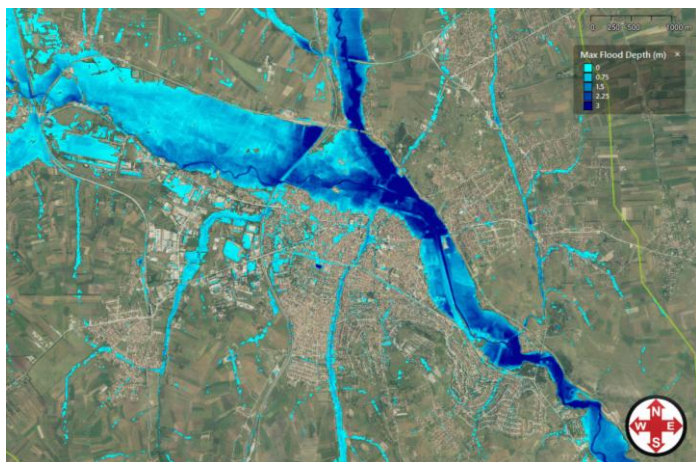
И покрај нивните докажани придобивки, езерцата за задржување не ги елиминираат целосно опасностите од поплави освен ако не се правилно проектирани. Затоа, нивната ефикасност зависи од соодветниот капацитет за дизајн во однос на интензитетот на бурите, редовното одржување за да се спречи акумулација и губење на складирање на седименти и големината на екстремните врнежи од дожд што може да ги надминат стандардите за дизајн. Последствено, вештачките базени се најефикасни кога се интегрирани во сеопфатни стратегии за управување со атмосферските води на ниво на слив. Генерално, тие претставуваат докажан и често имплементиран пристап за намалување на врвните истечни води и ублажување на влијанијата од поплавите низводно, под услов да се правилно дизајнирани, одржувани и вклучени во пошироки системи за одводна инфраструктура.

Вештачките базени предложени за случајот Куманово (како што е прикажано на Слика 13) се ретенциони базени, кои обично се суви помеѓу врнежите од дожд и се дизајнирани за привремено задржување на атмосферската вода, наместо да обезбедат трајно складирање, како што е карактеристично за рзеерворите за задржување кои одржуваат континуирано количество вода. Во оваа конфигурација, атмосферската вода се испушта преку контролирана испусна структура во текот на дефиниран период за да се намалат врвните стапки на испуштање. Иако езерцата за задржување се ефикасни за контрола на поплави и хидраулична регулација, тие генерално нудат поограничен третман на квалитетот на водата и еколошки придобивки од езерцата за задржување поради отсуството на трајно стоечко водно тело и намалената можност за продолжено седиментирање и биолошки процеси. Сепак, главната причина за усвојување на езерца за задржување во овој контекст е да се овозможи земјиштето да остане достапно за земјоделска употреба во периоди без поплави.

4.1.2 Прелиминарен дизајн на вештачките базени

Дизајнирањето на базените на локациите прикажани на Слика 13 вклучува одредување на два главни елементи: (i) капацитетот (волуменот) на двата базени и соодветните волумени на ископот, и (ii) излезот на секој поединечен базен, особено излезот за празнење. Базенот 1 е наменет за задржување на истекот од Липковска река и негово регулирање низводно, додека Езеро 2 треба да биде дизајниран за задржување на истекот од реката Коњарка и негово регулирање низводно за да се спречат поплави во урбаните средини на Куманово, како што е илустрирано на Слика 17, на пример, според Сценарио 5. Стандардот за дизајн е Директивата на ЕУ за поплави (Директива 2007/60/E3), а периодот на поврат што се зема предвид за сценариото за моделирање се стогодишни води, како што се SC4, SC5 или SC6.

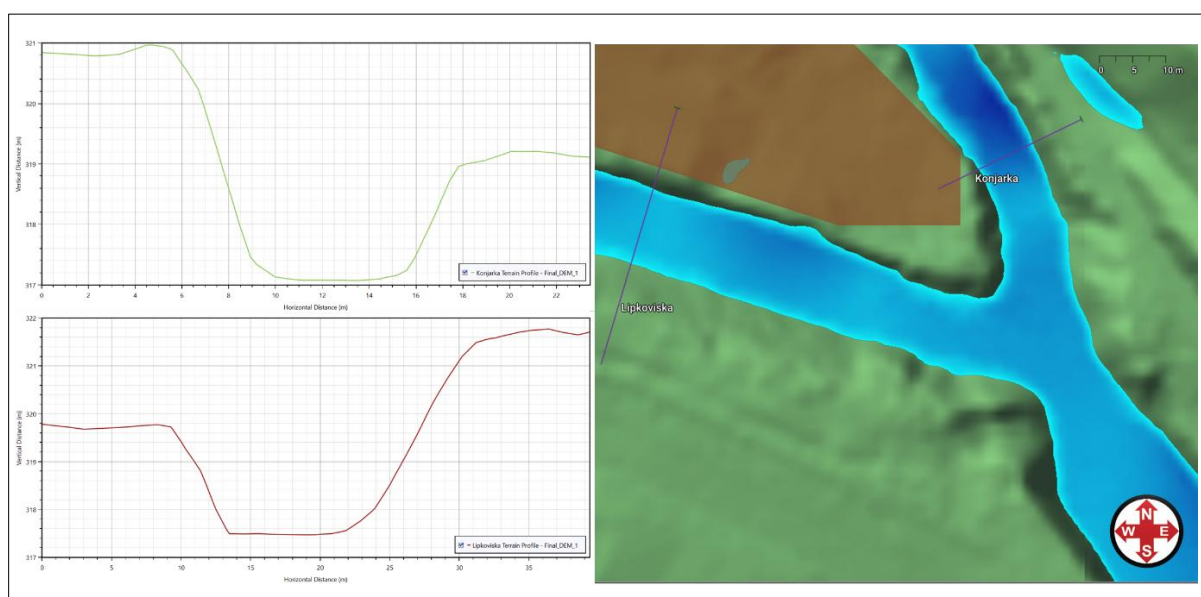
Причината за изборот на овој настан е неговата вообичаена употреба во европските држави (на пр., Германија и Франција) за заштита на урбаните средини, како што е случајот овде. Елементите на дизајнот се наведени подолу



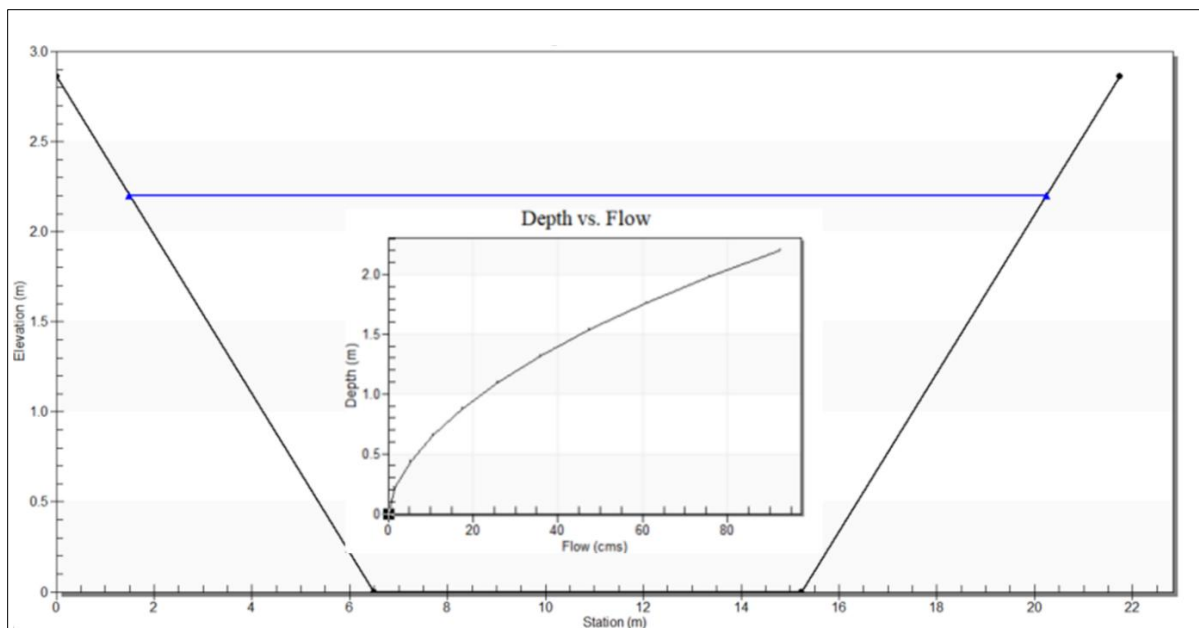
Слика 17: Максимална длабочина на поплавување според сценариото SC5-100y-8h низ подрачјето на влијание

а) Одредување на излезното празнење на базенот 1

Истекот на Базенот 1 може да се одреди врз основа на капацитетот на Липковска река, земајќи го предвид нејзиниот критичен пресек во рамките на урбаното подрачје. Овој критичен пресек е прикажан на Слика 18. Како што е илустрирано, пресекот на Липковска може приближно да се претстави како трапезоиден канал со ширина на основата од 8,75 m, длабочина од 2,2 m и просечни странични наклони од 5:2,2 (H: V). Надолжниот наклон на оваа локација е приближно 8,5%, што резултира со капацитет на каналот од околу $92,74 \text{ m}^3/\text{s}$ според формулата на Менинг, претпоставувајќи коефициент на грубост на Менинг од $0,04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$. Деталните пресметки на капацитетот се прикажани на Слика 19.



Слика 18: Критични пресеци користени за проценка на капацитетот на притоците Липковска и Коњарка.

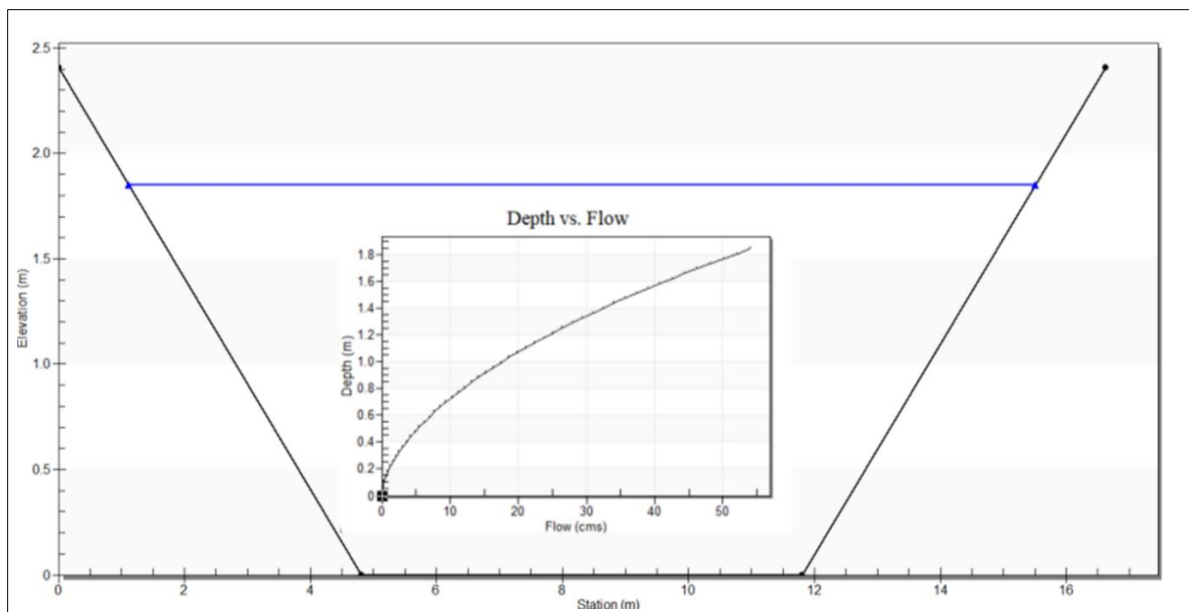


Слика 19: Пресметки на капацитетот за Липковска река

Под претпоставка дека капацитетот на реката кај мостовите ќе се намали за 40% и ќе се резервираат 20% од преостанатиот капацитет за одводнување на атмосферските води што се испуштаат директно во реката, ефективниот капацитет на протокот на Липковска река може да се процени на приближно $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Затоа, излезно празнење не треба да ја надминува оваа вредност. Ова барање може да се исполни со конструирање на испустот или како шест кутијасти пропусти со димензии од $2\text{m} \times 2\text{m}$ секој или како два кутијасти пропусти со димензии од $4,5\text{m} \times 2\text{m}$.

б) Одредување на излезниот испуст за Базенот 2

Истекот на Базенот 2 може да се одреди врз основа на капацитетот на реката Коњорка, земајќи го предвид нејзиниот критичен пресек во урбаното подрачје. Овој критичен пресек е прикажан на Слика 18. Како што е илустрирано, пресекот на Коњорка може приближно да се претстави како трапезоиден канал со ширина на основата од 7m , длабочина од $1,85\text{m}$ и просечни странични наклони од $2:1$ (H:V). Надолжниот наклон на оваа локација е исто така околу $8,5\%$, што резултира со капацитет на каналот од околу $54,2 \text{ m}^3/\text{s}$ според формулата на Менинг, претпоставувајќи Менингов коефициент на рапавост од $0,04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$. Деталните пресметки на капацитетот се прикажани на Слика 20.



Слика 20: Пресметки на капацитетот за реката Коњарка

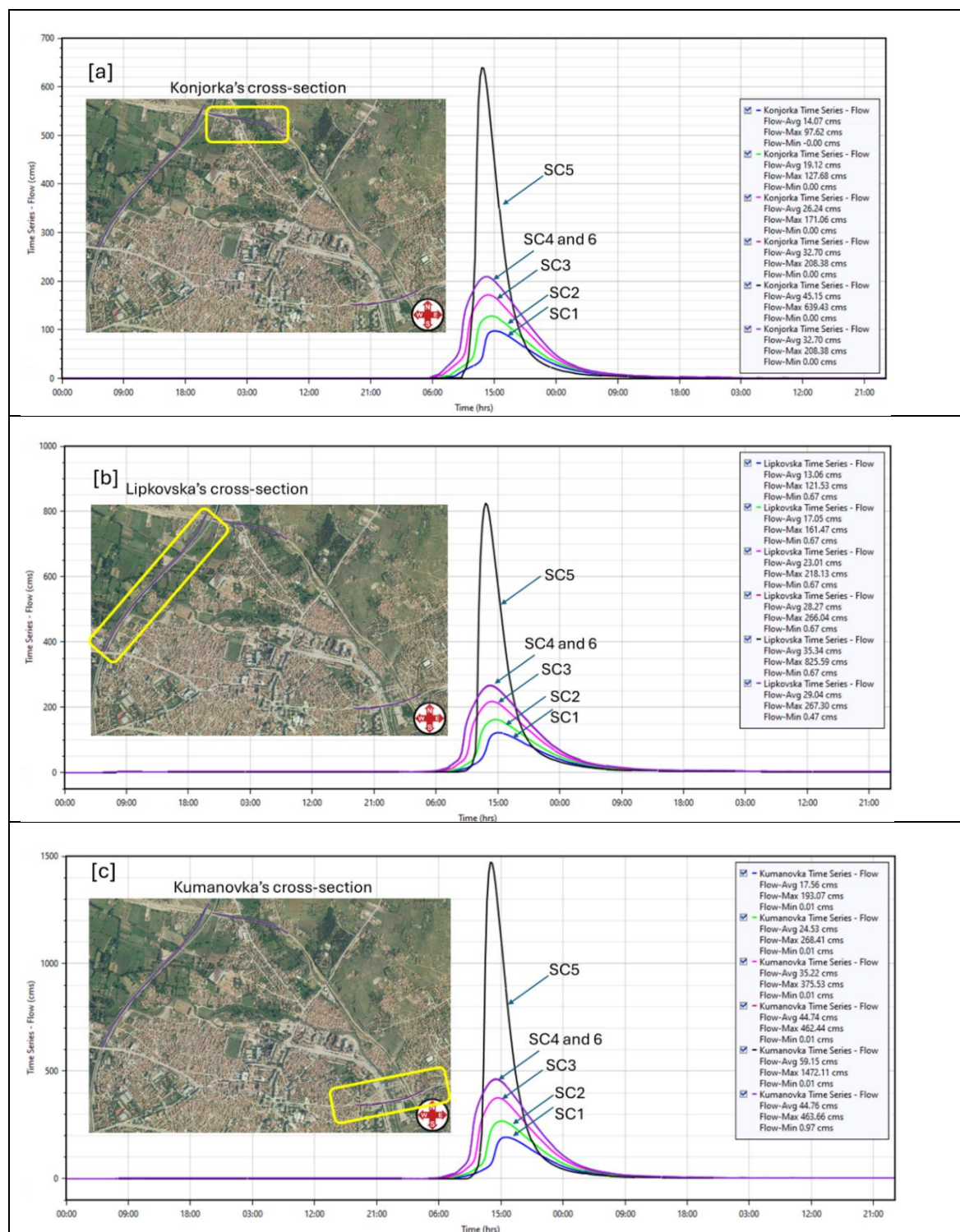
Под претпоставка дека капацитетот на реката е блокиран за 40% на кој било од мостовите и се резервираат 20% од преостанатиот капацитет за одводнување на атмосферските води што се испуштаат директно во реката, ефективниот проток на вода во реката Коњарка може да се смета за приближно $22 \text{ m}^3/\text{s}$. Затоа, излезниот проток не треба да ја надминува оваа вредност. Ова може да се постигне со конструирање на испустот или како 3 кутијасти канали од $2\text{m} \times 2\text{m}$ или како два кутијасти канали од $3,0\text{m} \times 2\text{m}$.

с) Одредување на капацитетот на базенот 1

Врз основа на проценетите испуштања на реката Кумановка и нејзините притоки, Коњарка и Липковишка, пред и по сливот според различни сценарија за моделирање прикажани на Слика 21, јасно е дека капацитетите на притоците се надминати во сите сценарија за моделирање⁸, што доведува до поплавување, како што е прикажано, на пример, на Слика 17. Оттука, целта на базените е да обезбедат

⁸ За повеќе детали за сценаријата за моделирање, читателот може да се повика на извештајот за проценка на ризикот од поплави, кој содржи детални информации за сценаријата за моделирање и нивните исходи.

привремено складирање на вода, овозможувајќи контролирана и постепено регулирање на протокот кон низводниот дел.

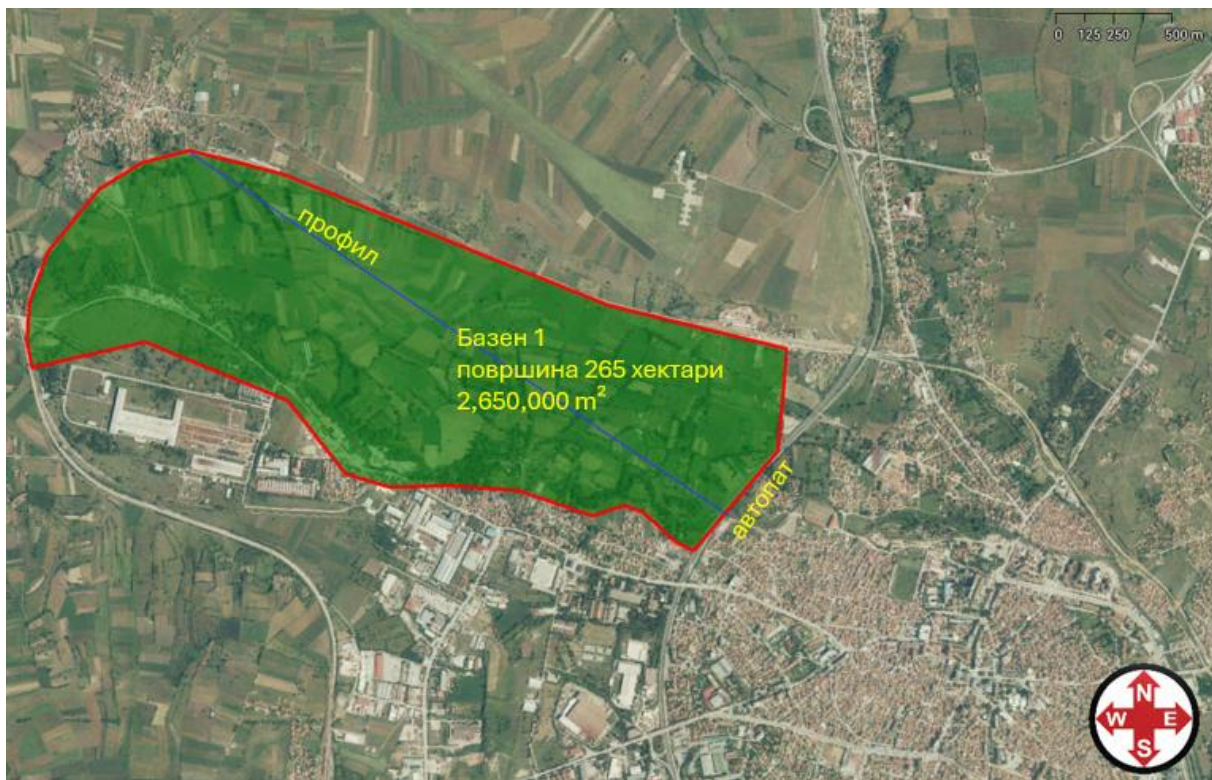


Слика 21: Споредба на протокот на истекување за различни сценарија за моделирање: [a] Сливот на Коњорка пред составот, [b] Липковска река пред составот, [c] Река Кумановка по составот на реките.

Затоа, езерцето 1 треба да биде проектирано така што ќе ја задржува вишокот вода надвор од капацитетот на досегот на реката низводно, кој претходно беше проценет на 40 m³/s. Земајќи ги предвид хидрографите на Слика 21б, кои го проценуваат

приливот во Липковишка река според сите моделирани сценарија, и фокусирајќи се на сценаријата со веројатност на 100 годишни води (на пр., SC4, SC5 или SC6), проценетиот волумен на вода што треба да се задржи е $8,11 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Според тоа, базенот 1 може да биде дизајниран со капацитет за складирање од приближно $9 \times 10^6 \text{ m}^3$. За да се постигне овој капацитет, базенот би требало да се протега на површината прикажана на Слика 22 (265 хектари), овозможувајќи надморска височина на коритото од 330 м надморска височина, што е само 1 м повисоко од нивото на речното корито на автопатот (излез од базенот).

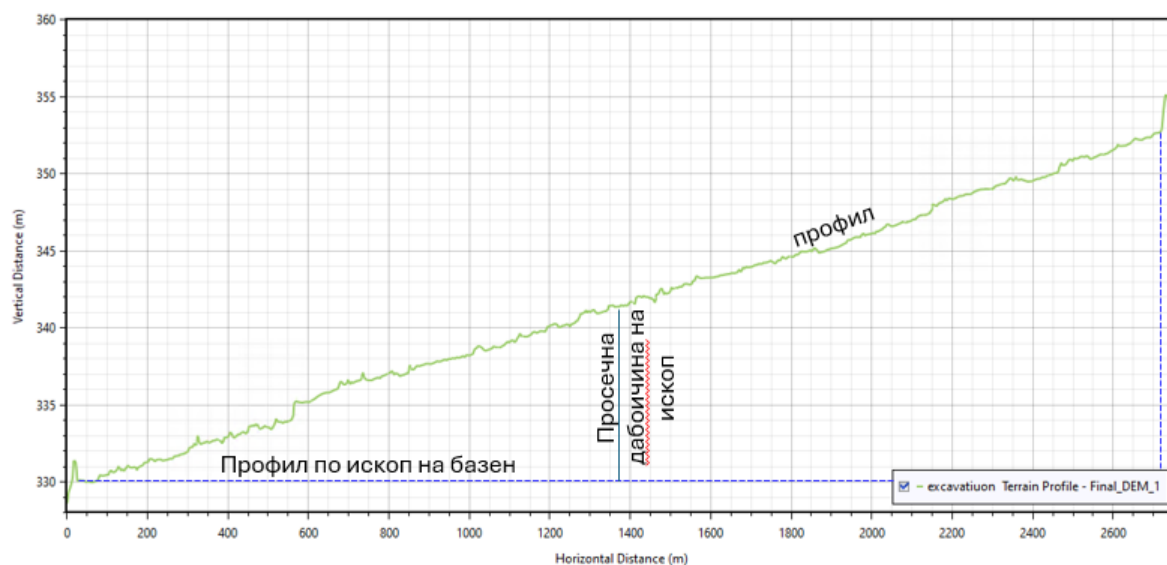


Слика 22: Локација и големина на планираниот базен 1 за задржување на поплавните води што доаѓаат од сливното подрачје на Липковишка река.

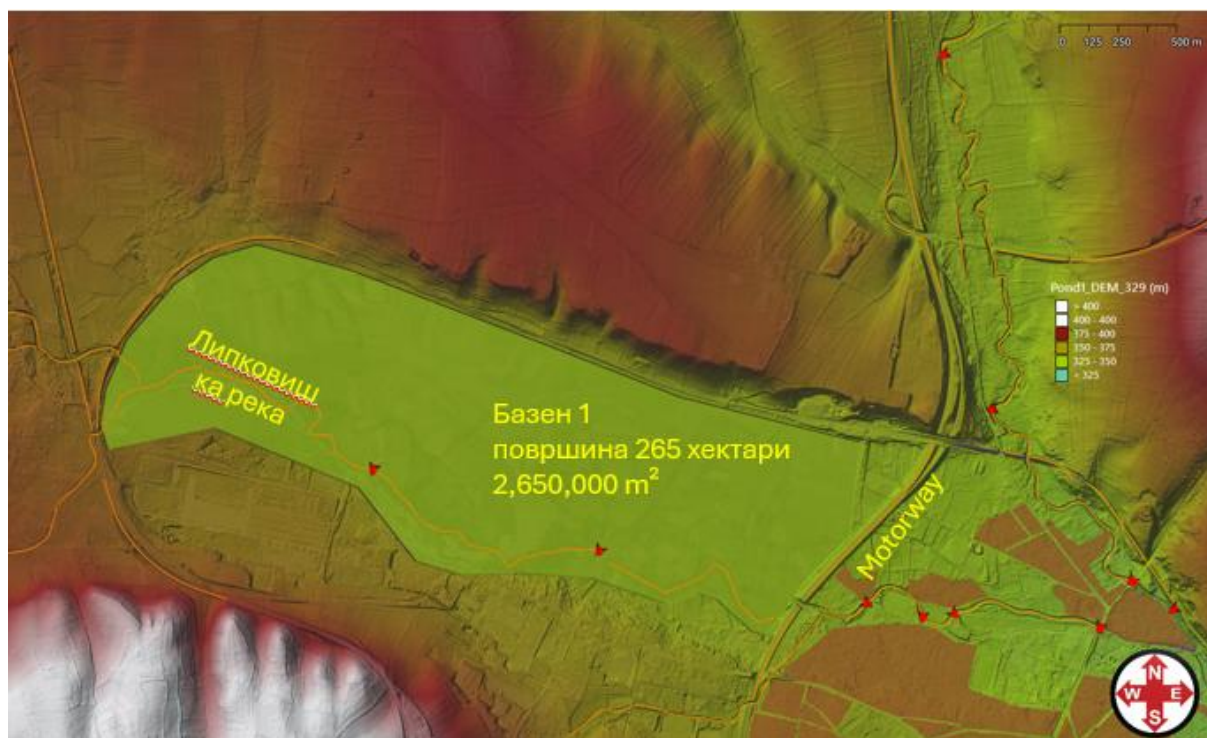
За да се процени просечниот волумен на ископ потребен за да се постигне посакуваното ниво на базенот, користен е пресекот (профилот) прикажан на Слика 22, како што е прикажано на Слика 23. Врз основа на просечната длабочина на ископување илустрирана на Слика 23, волуменот на ископ потребен за изградба на базенот е приближно $55 \times 10^5 \text{ m}^3$ почва.

Бидејќи длабочината на водата во езерцето може да достигне до 3 m, нивото на нивелата на автопатот не треба да биде пониско од 333,5 m надморска височина, што вклучува сигурносна висина од 0,5 m. Ова е неопходно бидејќи автопатот во овој случај функционира како елемент за одбрана од поплави за да се спречи поплавување низводно, а треба да се избегнува преполнување за да се спречи продирање. Дополнително, автопатот треба да се провери за протекување за да се обезбеди структурна стабилност и да се спречи потенцијален дефект на патот

поради протекувањето. Слика 24 го прикажува изменетиот ДМЕ, кој ги зема предвид базенот 1 и зголеменото ниво на нивелата на автопатот на 333,5 м² надморска височина.



Слика 23: Профил низ површината на земјата во базенот 1 што ги прикажува тековните и планираните нивоа на коритото.



Слика 24: Интеграција на ископаното базенот 1 во ДМЕ за да се претстават нивоата на земјиштето по ископувањето

d) Одредување на капацитетот на базенот 2

Како и во случајот со Базенот 1, Базенот 2 треба да биде проектиран така што ќе задржува вишок вода надвор од капацитетот на досегот низводно на реката

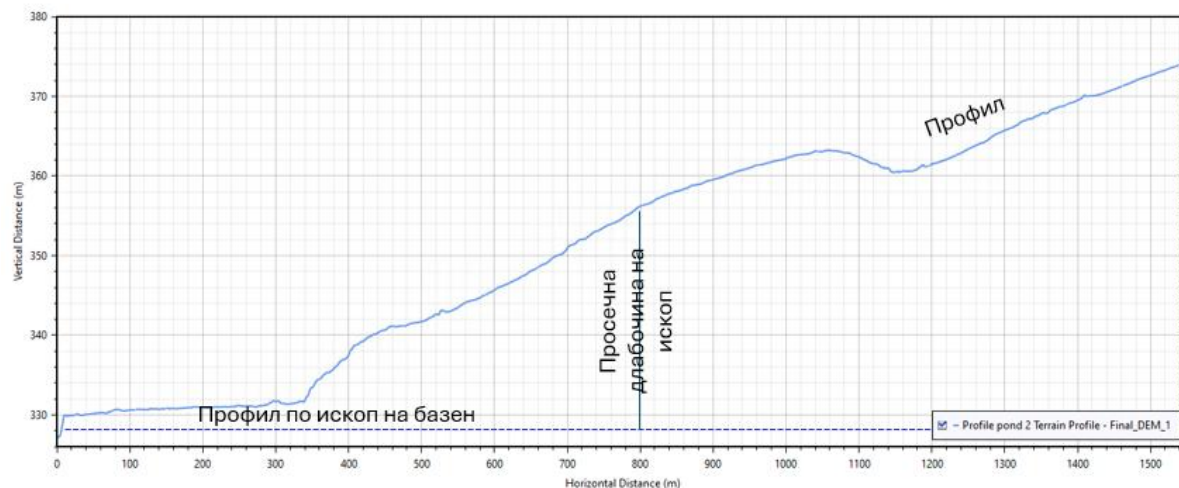
Коњорка, кој претходно беше проценет на $22 \text{ м}^3/\text{с}$. Земајќи ги предвид хидрографите на Слика 21а, кои го проценуваат приливот во реката Коњорка според сите моделирани сценарија, и фокусирајќи се на сценаријата со веројатност на повторување од 100 години (на пр., SC4, SC5 или SC6), проценетиот волумен на вода што треба да се задржи е $4,75 \times 10^6 \text{ м}^3$.

Според тоа, базенот 2 може да биде дизајниран со капацитет за складирање од приближно $4,75 \times 10^6 \text{ м}^3$. За да се постигне овој капацитет, базенот би требало да се протега на површината прикажана на Слика 25 (141 хектари), овозможувајќи надморска височина на коритото од 327m надморска височина, што е само 1m повисоко од нивото на речното корито на патот E871 (на излезот од базенот 2).



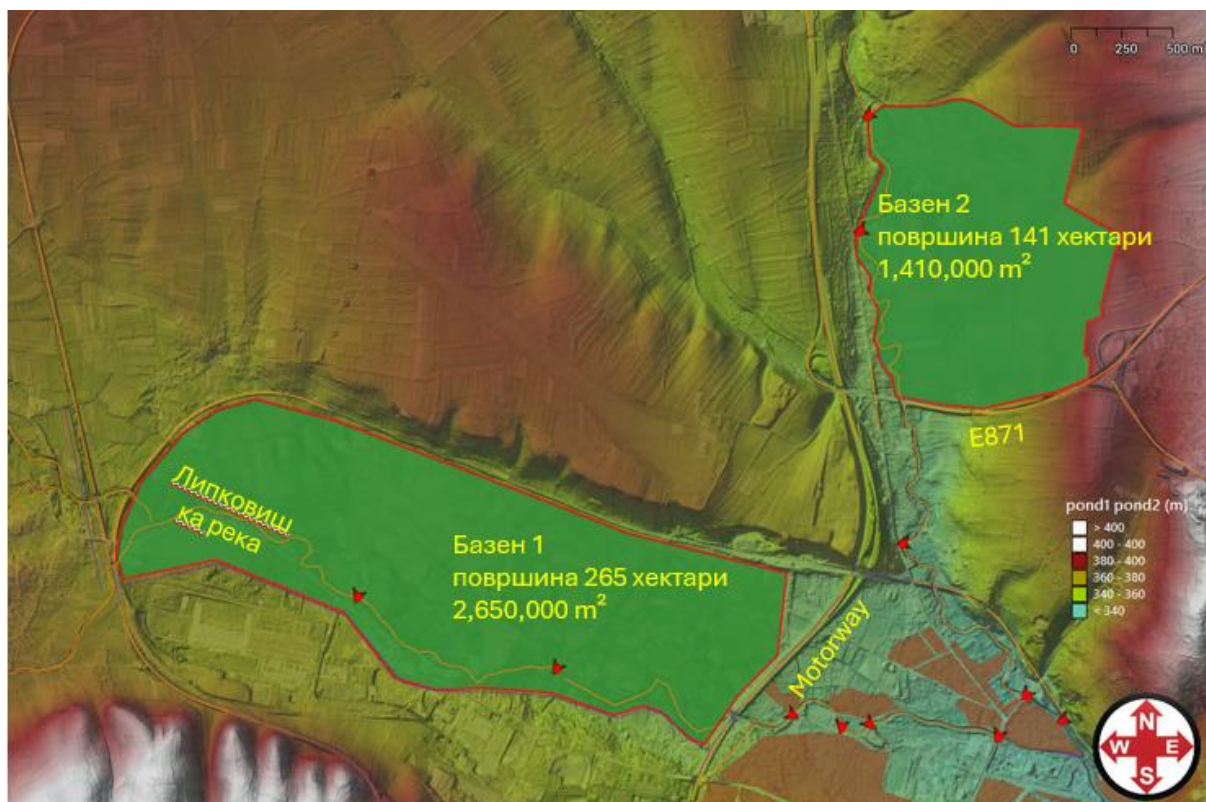
Слика 25: Локација и големина на планираниот базен 2 за задржување на поплавните води што доаѓаат од сливот на реката Коњорка.

За да се процени просечниот волумен на ископ потребен за да се постигне посакуваното ниво на базенот, беше користен пресекот (профилот) прикажан на Слика 25, како што е прикажано на Слика 26. Врз основа на просечната длабочина на ископување илустрирана на Слика 26, волуменот на ископување потребен за изградба на базенот е приближно $39,5 \times 10^6 \text{ м}^3$ почва.



Слика 26: Профил низ површината на тлото во рамки на Базенот 22 што ги прикажува тековните и планираните нивоа на коритото.

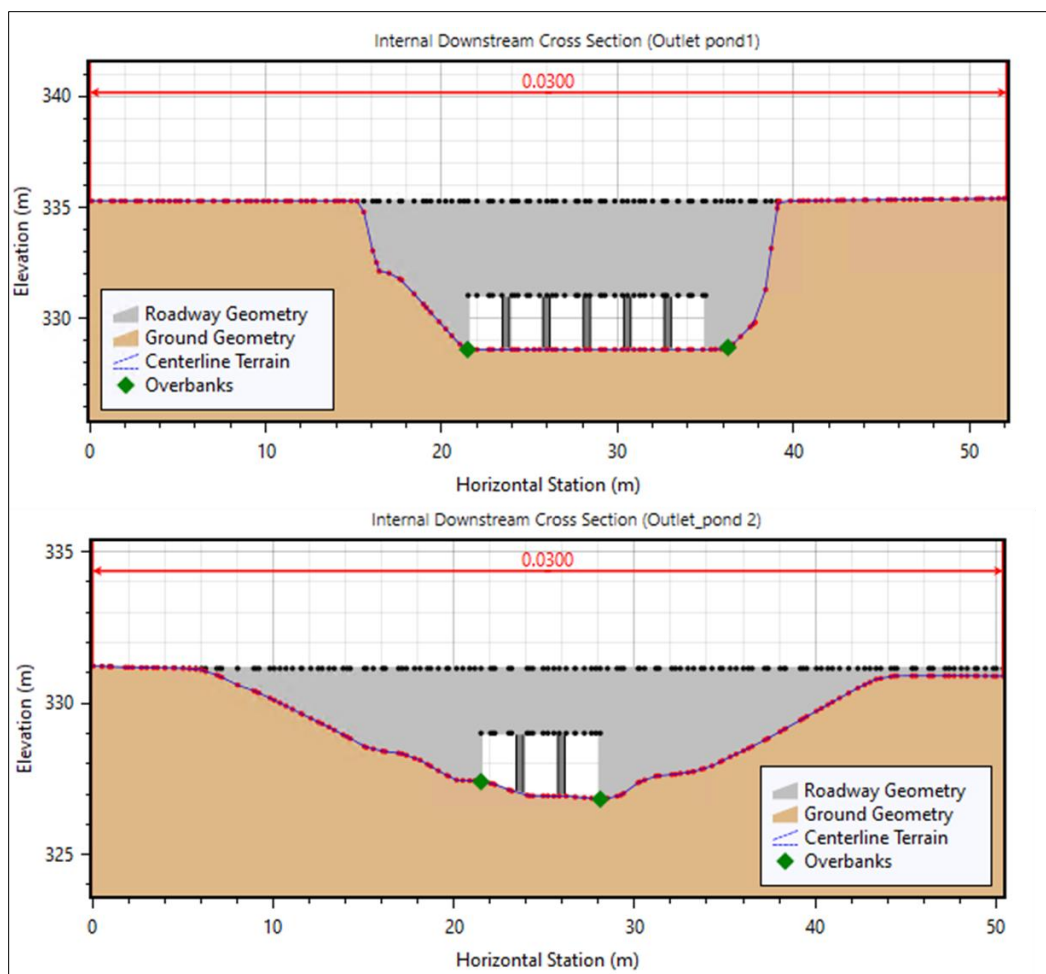
Бидејќи длабочината на водата во езерцето може да достигне до 3,4 м, нивото на нивелата на патот E871 не треба да биде пониско од 330 м надморска височина, што вклучува сигурносна висина од 0,6 м. Ова е неопходно бидејќи патот E871 функционира, слично на автопатот, како елемент за одбрана од поплави за да се спречат поплави низводно, а треба да се избегнува преполнување за да се спречи формирање процепи. Дополнително, патот E 871 треба да се провери за протекување за да се обезбеди структурна стабилност и да се спречи потенцијално дефект на патот под дејство на протекување. Слика 27 го прикажува изменетиот ДМЕ, кој ги зема предвид базените 1 и 2.



Слика 27: Интеграција на ископаните базени во ДМЕ за да се претстават нивоата на земјиштето по ископувањето

4.1.3 Верификација на улогата на базните во ублажување на ризикот од поплави

За да се потврди ефикасноста на базените во ублажувањето на ризикот од поплави, езерцата се интегрирани во ДМЕ како што е прикажано на Слика 27. Покрај тоа, во моделот се дефинирани два испусти на базенот, како што е прикажано на Слика 28. Испустите се дизајнирани врз основа на пресметките презентирани во претходниот дел: испустот на базенот 1 има шест отвори, секој со димензии 2×2м, додека испустот на базенот 2 се состои од само три отвори. Овие испусти, заедно со автопатот и патот E871, се наменети за задржување на водата за време на екстремни поплави и нејзино привремено складирање во базените. Попречните пресеци на испустите се прикажани на Слика 28.



Слика 28: Попречни пресеци на испустите на базнот: горниот панел го покажува испустот на базнот 1, а долниот панел го покажува испустот на базенот 2.

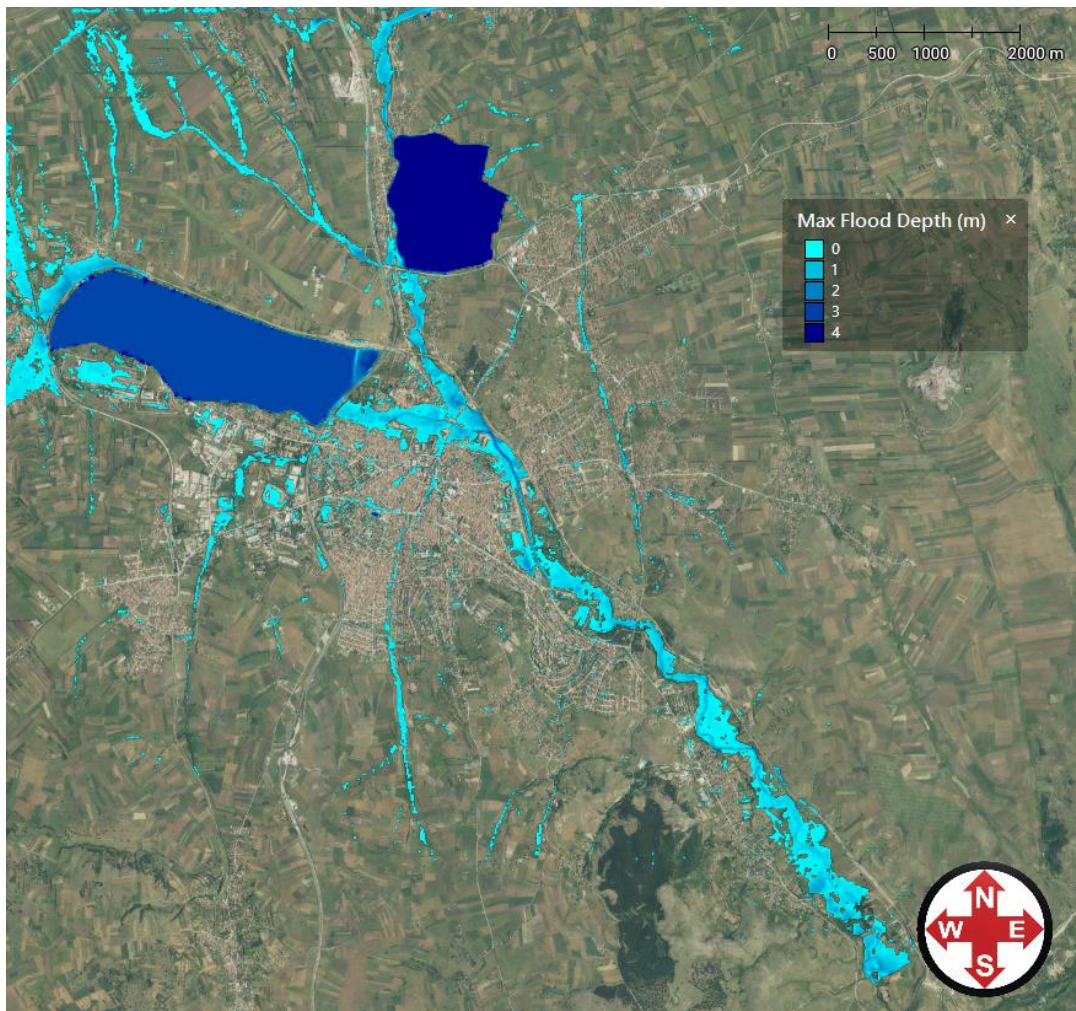
Сценариото за моделирање SC4-100y-24h⁹, која го симулира поплавниот настан од 1976 година со веројатност на повторување од 100 години е репродуциран со користење на моделот GeoHecRas. Слика 29 ја прикажува максималната длабочина на поплавата во Куманово, покажувајќи го капацитетот на базенот да задржат вода и да ги намалат длабочините на водата низводно. Понатаму, Слика 30 ги споредува испуштањата во реката Кумановка и нејзините притоки според сценарија со и без базени.

Резултатите јасно покажуваат дека базените и проектираните испустни конструкции ги намалуваат врвните испуштања за 190,5 m³/s низводно од Липковишкиот базен (од 263,13 на 72,69 m³/s, односно за 72,4%) и за 167 m³/s низводно од Коњорскиот базен (од 206,75 на 49,83 m³/s, односно за 75,9%), што резултира со вкупно намалување на врвниот истек од 78,5% во Кумановка (од 462,44 на 99,39 m³/s). За да се процени ефикасноста на базените според сценариото SC5, сценариото беше симулирано за да се потврди дека базените функционираат како што е предвидено. Резултатите покажуваат дека базните продолжуваат да обезбедуваат ефикасно

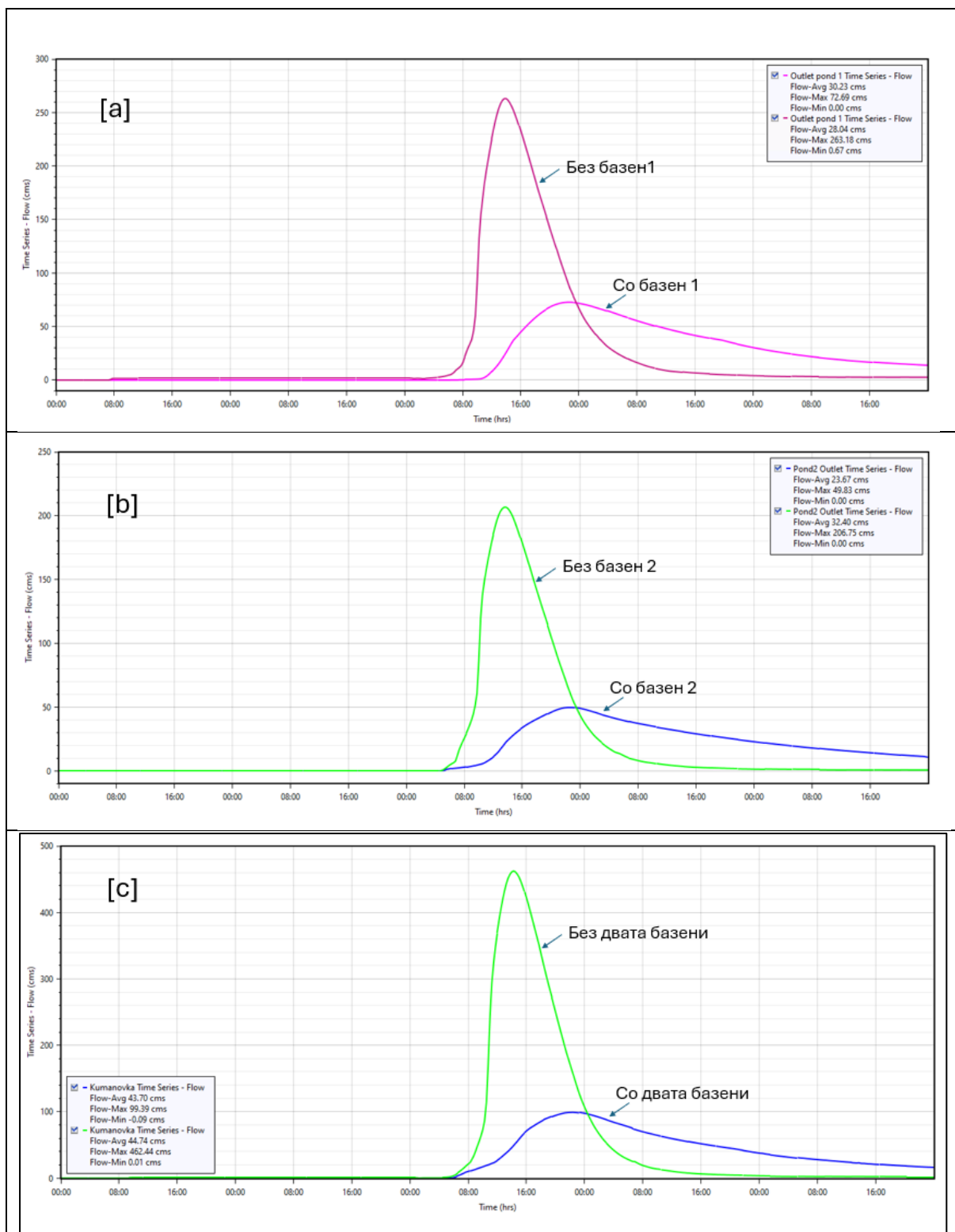
⁹ Повеќе детали за сите сценарија за моделирање се достапни во извештајот за проценка на ризикот од поплави.
Извештај за ублажување на ризикот од поплави и приоритизација

задржување и намалување на атмосферските води, одржувајќи го нивниот проектиран капацитет и оперативна ефикасност. Ова потврдува дека предложените мерки се робусни во условите на SC5, осигурувајќи дека ризиците од поплави во урбаните средини се соодветно ублажени, а воедно се одржува усогласеност со стандардите за проектирање.

Сликите 29 и 30 ја потврдуваат и техничката изводливост на базените како мерка за ублажување на поплавите и нивната ефикасност во намалувањето на ризикот од поплави преку израмнување на кривите на истекување, како што е прикажано на Слика 30. Сепак, за да се постигнат подобри резултати и да се избегнат забележителни поплави во рамките на поплавната рамнина, испустите на двете езерца треба малку да се намалат за да се спречи надминување на капацитетот на Кумановка и нејзините притоки.



Слика 29: Влијание на базените за задржување врз максималните длабочини на поплавување



Слика 30: Споредба на симулираните хидрографи на протокот на испустите од двете ретенциони базени и низводно од сливот на притоците на реката Кумановка според сценарија со и без имплементација на езерце: (а) Липковишка, (б) Коњорка и (в) низводно од сливот во Кумановка.

4.1.4 Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори

Како што беше претставено во претходниот дел, изградбата на базените за задржување на поплавните води е ефикасна мерка за ублажување на поплавите што може да обезбеди и еколошки и социоекономски придобивки.

Од еколошки аспект, базените за задржување го намалуваат ризикот од поплави со привремено складирање на вишок вода, со што се заштитуваат екосистемите и урбаните области од штети. Тие исто така можат да придонесат за надополнување на подземните води, да ја поддржат локалната вегетација и да создадат живеалишта за водни видови и птици, со што ќе се зголеми биолошката разновидност. Дополнително, базените можат да го подобрат квалитетот на водата со тоа што ќе дозволат седиментите и загадувачите да се наталожат пред водата да продолжи да тече низводно. Понатаму, тие помагаат во регулирањето на протокот низводно и спречуваат високи брзини на проток што можат да доведат до ерозија на речното корито и брегот. Затоа, регулирањето на речното корито (Проект на УНДП: Интервенција бр. 6) можеби повеќе нема да биде потребно. Сепак, треба да се земат предвид одредени еколошки аспекти. Ископувањата во голем обем можат да ги нарушат или отстранат постојните живеалишта и вегетација, да ја зголемат ерозијата на почвата и да генерираат седименти што можат да влијаат на блиските водни тела. Исто така, може да ги промени природните дренажни модели и потенцијално да влијае на нивоата на подземните води. Складирањето или отстранувањето на ископаната почва, исто така, може да предизвика влијанија врз животната средина доколку не се управува правилно. Големите количини на почва може да доведат до создавање прашина, визуелни нарушувања и конфликти при користење на земјиштето. Анализата покажува дека изградбата на базените ќе бара модификации на нивоата на земјиштето, што може малку да го промени користењето на земјиштето на локациите на базените и потенцијално да ја наруши постојната вегетација и живеалишта. Иако овие области може да продолжат да се користат за земјоделство по ископувањето, посевите што се наоѓаат во базените може да бидат сериозно погодени кога базените ќе задржуваат вода. Исто така, треба да се напомене дека избраните локации за базените се типично области склони кон поплави, што значи дека тие често се поплавуваат дури и без изградба на базени за задржување. Сепак, нивната употреба како базени може да ја зголеми нивната изложеност на поплави со зголемување на длабочината на водата во овие области.

Од социоекономска перспектива, базените за задржување нудат значајни предности. Со намалување на обемот и сериозноста на поплавите, тие ги заштитуваат домовите, бизнисите, клучната инфраструктура и земјоделското земјиште низводно. Меѓу областите што ќе имаат најголема корист се неформалните населби во рамките на поплавната рамнина, бидејќи тие нема да бидат многу изложени на поплави. Покрај тоа, базените го подобруваат

одводнувањето на атмосферските води од градот до реката (видете Дел 4.2; втор приоритет на проектот), бидејќи нивото на водата низводно од базените ќе биде доволно ниско за да се овозможи брзо одводнување од мрежата на атмосферски води и да се спречат ефектите на повратен тек. Бидејќи базените за задржување ќе овозможат континуирано користење на земјиштето по ископувањето, не се очекува да биде потребна компензација за сопствениците на земјиштето (земјоделците). Сепак, потенцијалните недостатоци вклучуваат трошоци за изградба, тековно одржување и привремени прекини за време на фазата на изградба, што може да влијае на локалните заедници и активности. Социјалното прифаќање исто така може да биде проблем, бидејќи сопствениците на земјиште можеби нема целосно да го поддржат проектот.

4.1.5 Индикативна проценка на трошоците за развој на вештачки базен

Приближните трошоци за изградба на двата базени се прикажани во Табела 5. Очигледно е дека приближно 83% од вкупните трошоци се поврзани со изградбата на базенот 2. Ова главно се должи на значителниот обем на ископување потребен за тоа, што е резултат на фактот дека реката Коњарка тече низ ридест терен, што наметнува отстранување на голема количина почва. Како резултат на тоа, проценетите трошоци значително се зголемуваат. Идните анализи би можеле да разгледаат алтернативни локации за базенот 2 што би ги намалиле потребниот обем на ископување и, со тоа, би ги намалиле вкупните трошоци за изградба.

Табела 5: Индикативна проценка на трошоците за изградба на базените и нивните испусти¹⁰.

Ставка	Количина	Единица	Единечна цена	Сума
	-	-	евра	евра
Подготовка на локацијата и надомест на сопствениците на земјиште за време на изградбата	1	LS	200,000	200,000
Ископ на базен 1	55 × 10 ⁵	m ³	2.5	13,750,000
Отстранување на вишокот ископан материјал (базен 1)	55 × 10 ⁵	m ³	1.5	8,250,000
Ископ на базен 2	39.5 × 10 ⁶	m ³	2.5	98,750,000
Отстранување на вишокот ископан материјал (базен 2)	39.5 × 10 ⁶	m ³	1.5	59,250,000
Изградба на испустот на базенот 1	1	LS	100,000	100,000
Зголемување на нивото на автопатот.	1	LS	150,000	150,000
Изградба на излезот на базенот 2	1	LS	100,000	100,000
Еколошки и социјално ублажување	1	LS	70,000.00	70,000
Меѓузбир на трошоци за изградба				180,620,000
Студија за изводливост (вклучувајќи топографски и геотехнички истражувања)				250,000
Детален проект, тендерска постапка, надзор на изградба			5%	9,031,000
Меѓузбир - Вклучувајќи инженерство				189,901,000
ДДВ			18%	34,182,180
Вкупно - Приближна проценка на трошоците				224,083,180

Доколку може да се избере порамна површина за Базенот 2 и длабочината на ископот да се намали на 3–3,5 м, трошоците за изградба на Базенот 2 би можеле да се намалат за приближно 88% од првично проценетите трошоци, со што вкупните трошоци на проектот би се намалиле на околу 120.000.000 евра. Трошоците прикажани во Табела 5 не ги вклучуваат трошоците за одржување потребни за зачувување на капацитетот за складирање на базените и за отстранување на наталожениот седимент.

Од претходната анализа, јасно е дека базените се многу ефикасни во ублажувањето на ризикот од поплави и обезбедуваат висок степен на адаптација кон климатските промени преку спречување на поплави во урбаните средини, особено во неформалните населби. Сепак, нивната изградба е многу скапа поради големиот обем на ископување што е потребен. Цената е толку висока што не може да се оправда со очекуваните приноси; затоа, таа може да се смета за економски неизводлива според тековните претпоставки и услови на ризик. Сепак, оваа висока цена на прилагодување може да се смета за последица на минатото долгорочно

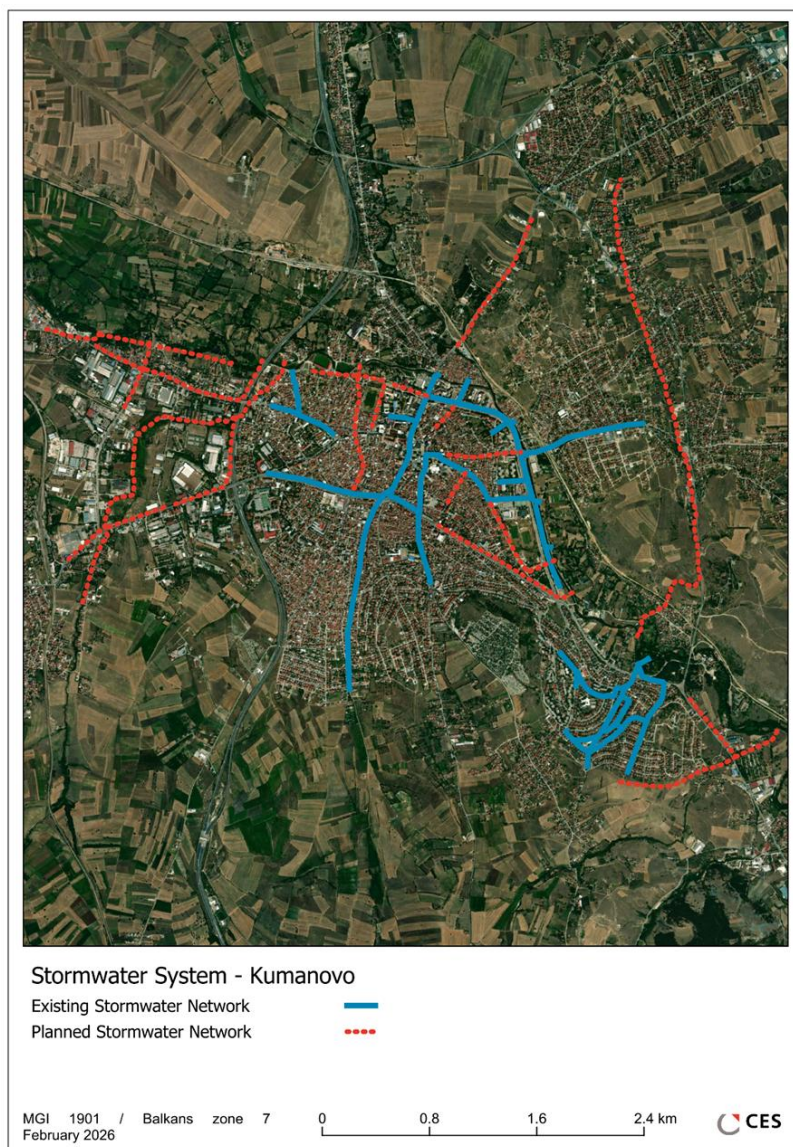
¹⁰ Изворот на проценката на трошоците е локалниот експерт во тимот, кој ги ревидираше трошоците и ги спореди со пазарните цени во 2026 година.

несоодветно урбано проширување што доведе до неформални населби склони кон поплави и урбана експанзија во рамки на поплавната рамнина.

4.2 Детална техничка анализа на одводнувањето на атмосферските води

4.2.1 Моментална состојба со одводнувањето на атмосферските води во Куманово

Куманово управува со посебен канализациски систем во кој отпадните води се пренесуваат до пречистителната станица за отпадни води (ПСОВ), додека атмосферските води се собираат преку наменска одводна мрежа и се испуштаат директно во реките-приемници, на пр. Кумановска, Липковска и Коњарка, како што е прикажано на Слика 31. Сепак, за време на периоди на високи нивоа на вода во реките, одливите може делумно или целосно да бидат потопени, со што се намалува достапниот хидрауличен градиент и се ограничува капацитетот на испуштање. Следствено, ефикасноста на подобрувањата на одводнувањето на атмосферските води зависи од претходното или паралелното ублажување на поплавите на реките. Оваа меѓузависност мора експлицитно да се земе предвид при проектирање на системот и фазирањето на имплементацијата.



Слика 31: Систем за атмосферски води Куманово (постоечки + планиран), извор: Општина Куманово

Како што е наведено во Табела 6, постојната мрежа за атмосферски води во Куманово се состои од приближно 14.070 м цевководи и е распределена како што е прикажано на Слика 31. Само мал дел од урбаната област моментално е поврзан со функционален систем за одводнување на атмосферски води. Ограничената просторна покриеност, во комбинација со застарената инфраструктура и недоволниот хидрауличен капацитет, резултира со чести плувијални поплави за време на врнежи од дожд со висок интензитет. Според тоа, градот планира, како што е прикажано во Табела 6 и Слика 31, проширување од приближно 20.110 м² за да ги покрие моментално неопфатените области од градот.

Табела 6: Постоечка и планирана мрежа за атмосферски води

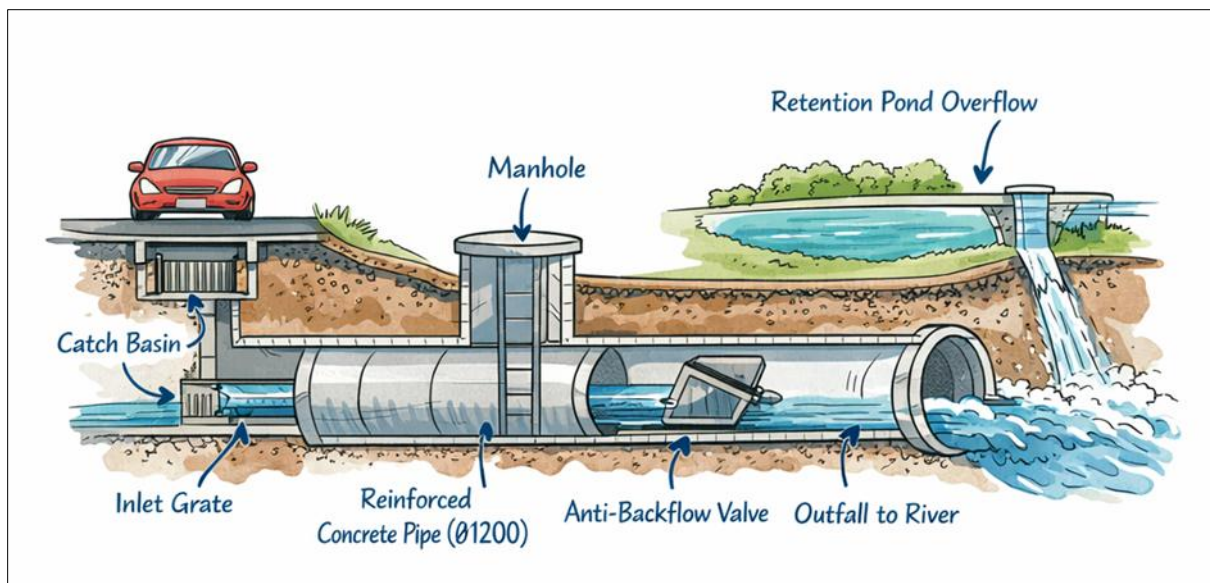
Вид на мрежа за атмосферски води	Должина [м]
Постоечка мрежа за атмосферски води	14,070
Планирани мрежни проширувања	20,110

Историското градско јадро ползува од поволните топографски градиенти кои го олеснуваат одводнувањето предизвикано од гравитација кон приемните речни системи преку подземни цевки. Спротивно на тоа, ниските и новоурбанизираните области немаат соодветна одводна инфраструктура, што резултира со површински задржување на водата, прелевање на шахите, поплавување на коловозите и забрзано влошување на инфраструктурата.

Според тоа, клучните недостатоци идентификувани во постојната мрежа за атмосферски води врз основа на теренските мисии и последователните проценки вклучуваат намалени ефективни пресеци што произлегуваат од седиментација, структурно влошување на цевките и шахтите и стеснети дијаметри на цевките во однос на моменталните интензитети на врнежите. Дополнителни ограничувања вклучуваат ограничена густина на шахтите во подрачја со висок интензитет на истекување (поројни подрачја), несоодветно одводнување во неформалните и неодамна развиените населби и ефекти на повратен тек од реките-приматели за време на периоди на покачени нивоа на реките.

4.2.2 Пробен дизајн на проширување на канализацијата за атмосферски води

Предложената интервенција за системот за управување со атмосферските води во Куманово се состои од две тесно поврзани компоненти: (i) рехабилитација на постојната мрежа за одводнување и (ii) систематско проширување на мрежата во урбаните области кои во моментот се неуслужени а се склони кон поплави. Овие две компоненти мора да се имплементираат како дел од кохерентна хидраулична стратегија, а не како изолирани градежни мерки. Како што е прикажано на Слика 32, ефективноста на проширувачките работи зависи не само од капацитетот на самите цевки, туку и од критичните гранични услови низводно на устието на реката. Затоа, фундаментален предуслов за постигнување на предвидените хидраулични перформанси на надградениот систем за атмосферски води е претходната или паралелна контрола на поплавите од реките. Последново најмногу поради тоа што постојната одводна мрежа се испушта директно во реките-приемници. За време на периоди на покачени нивоа на реката, испусните конструкции стануваат делумно или целосно потопени, што го зголемува нивото на водата во долината и го намалува достапниот хидрауличен градиент во цевките за атмосферски води. Овој ефект на заостанување може да се шири низводно низ мрежата, предизвикувајќи преполнување на шахтите, намален капацитет на испуштање и на крајот површинско поплавување во урбаното подрачје. Доколку мерките за регулирање на реките не се спроведат прво, или барем паралелно, придобивките од проширувањето на мрежата за атмосферски води може значително да се ограничат. Затоа, ублажувањето на поплавите на реката треба да се смета за хидрауличен граничен предуслов за проширувањето на атмосферските води и да се разгледа како приоритет за да се избегне постојано затнување на испустите на дождовницата. Следните подделови ги сумираат упатствата за проектирање заради одржливо управување со атмосферските води.



Слика 32: Поедноставена скица на системот – Поплавувањето на реките прво ќе се контролира со, на пример, ретенциони базени

а) Принципи на проектот

Идејниот проект за проширувањето на одводната мрежа за атмосферски води треба да даде приоритет на одводнување со помош на гравитација секаде каде што тоа го дозволува преовладувачката топографија. Историското јадро на Куманово има корист од поволни висински градиенти, кои систематски ќе се користат за да се минимизира зависноста од пумпната инфраструктура и со тоа да се намалат долгорочните оперативни трошоци и трошоците за одржување.

Хидрауличниот проект треба да се базира, како што е наведено во Табела 7, на ажурираните криви интензитет-времетраење-фреквенција презентирани во Извештајот за проценка на ризикот од поплави. Овие криви ги вклучуваат неодамнешните набљудувања на врнежите од дожд и ги земаат предвид проектираните влијанија од климатските промени. Со оглед на документираното зголемување на фреквенцијата и интензитетот на краткотрајните бури, се препорачуваат следниве проектирани периоди:

- Секундарни колектори: 10–20 години
- Главни колектори: 20–50 години, во зависност од критичноста на средствата и ранливоста на опслужените области

Конечниот избор во рамките на овие опсези треба да се одреди преку пристап базиран на ризик кој ги зема предвид потенцијалните штети од поплави, барањата за континуитет на услугата и ограничувањата на капацитетот на системот низводно.

Наклоните и дијаметрите на цевките треба да бидат проектирани така што ќе се постигнат минимални брзини на самочистење од 0,7 m/s под проектни услови на проток, со цел да се ограничи таложењето на седименти и да се намалат

долгорочните барања за одржување. Хидрауличните пресметки треба да потврдат дека овие брзини се постигнуваат без да се надминат дозволените брзини на проток што би можеле да предизвикаат абеење на цевките или структурен стрес. Дополнително, растојанието помеѓу влезовите треба да се оптимизира во областите што се карактеризираат со висока непропустлива површинска покриеност и идентификувани зони на концентрација на површински проток. Посебно внимание треба да се посвети на точките на навалување на коловозот, вдлабнатините и раскрсниците, каде што е најверојатно да се појават локализирано акумулирање на вода и услови на преоптоварување. Проектот треба да обезбеди соодветен капацитет на површинска дренажа за да се спречат неприфатливи длабочини на поплави и прекини во сообраќајот за време на избраните проектни настани со бури.

Табела 7: Принципи на проектирање - Систем за атмосферски води во Куманово

Проектни аспект	Технички барања	Инженерско образложение
Концепт за транспорт	Гравитациски управуван систем секаде каде што топографијата тоа го дозволува	Ги минимизира потребите за пумпање, ги намалува оперативните трошоци и ги користи поволните надморски градиенти во историското јадро на Куманово.
Хидролошка основа	Ажурирани криви за интензитет-времетраење-фреквенција кои ги одразуваат неодамнешните податоци за врнежите и проекциите за климатските промени	Обезбедува хидраулично димензионирање кое ги зема предвид зголемените краткотрајни врнежи од дожд со висок интензитет.
Проектирана учесталост на појавата – секундарни колектори	10–20 години	Соодветна заштита за локалните одводни краци, а воедно и одржување на исплатливоста
Период на учесталост на појавата – примарна канализација	20–50 години (во зависност од критичноста)	Повисоко ниво на заштита за главните преносни конструкции што опслужуваат ранливи или области со висока густина на населеност
Хидраулични перформанси	Минимална брзина на самочистење $\geq 0,7$ m/s под проектен проток	Спречува таложење на седименти и ги намалува долгорочните потреби за одржување
Проектирање на доводот	Оптимизирано растојание меѓу сливниците во зони со висока непропустливост и концентрација на површински води.	Ја подобрува ефикасноста на собирање и ги намалува зоните на концентрација на површинско задржување, особено на улегнувањата на патот и раскрсниците

б) Рехабилитација на постоечката мрежа

Пред да се преземе какво било проширување на системот, структурната состојба и хидрауличните перформанси на постојната мрежа од 14.070 м треба да се вратат на прифатлив оперативен стандард. Ќе се спроведе сеопфатна кампања за инспекција со затворен телевизиски систем (CCTV) за внатрешно испитување на цевководите и проценка на структурниот интегритет, акумулацијата на седименти, поместувањето на споевите и потенцијалните точки на инфилтрација или ексфилтрација. Врз основа на наодите од инспекцијата, ќе се спроведат насочени мерки за санација,

вклучувајќи чистење под висок притисок за отстранување на талози, локализирани структурни поправки за санирање на утврдените дефекти и техники за обложување без ископ каде што е технички изводливо и економски оправдано.

Во делниците каде што хидрауличкото моделирање покажува недоволен капацитет според ажурираните услови на проектирање на бури, треба да се изврши селективно зголемување на димензиите на критичните тесни грла. Посебно внимание треба да се посвети на испусните конструкции. Доколку покачените нивоа на водата во реката претставуваат ризик од обратен тек за време на настани со висока фаза, може да се разгледа можноста за инсталирање на клапни вентили или други уреди за спречување на повратен тек. Сепак, треба да се нагласи дека ваквите уреди не го ублажуваат целосно влијанието на високите водостои низводно; тие спречуваат директен повратен тек, но не можат да го повратат изгубениот хидрауличен пад. Затоа, одржливите перформанси на системот зависат од спроведувањето на ефективни мерки за заштита од речни поплави.

с) Проширување на мрежата

Планираното проширување на приближно 20.110 m дополнителни колектори за атмосферски води се заснова на приоритетните области идентификувани од општината, одразувајќи ги локално воочените зони склони кон поплави и постоечките инфраструктурни празнини (види црвени испрекинати линии на Слика 31). Општинскиот концепт примарно се фокусира на подобрување на покриеноста со одводнување во ниските населби во поплавните подрачја, неформалните населби кои моментално немаат структурирана инфраструктура за атмосферски води и главните транспортни коридори кои доживуваат повратни површински поплави за време на интензивни врнежи.

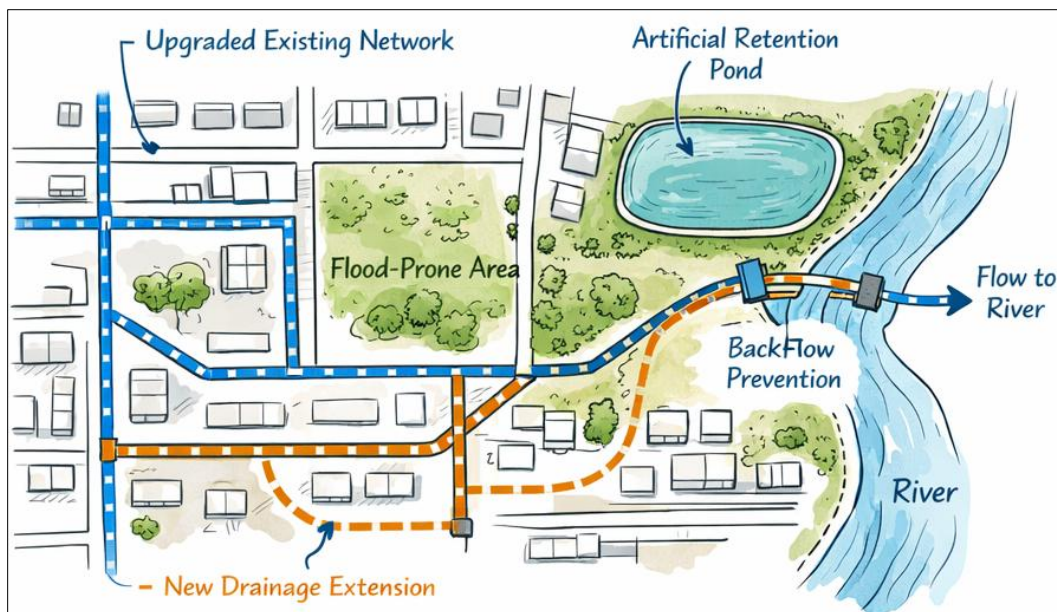
Надоврзувајќи се на општинскиот предлог, се препорачува вклучување на дополнителни 400 метри примарен главен колектор за атмосферски води во неформалната населба истакната на Слика 34. Хидрауличната анализа покажува дека без зајакнување на капацитетот за пренос на главниот вод во овој сектор, нагорните проширувања може да останат ограничени за време на врвни настани. Предложениот дополнителен главен колектор би го подобрil надолжниот капацитет на системот, би го намалил ризикот од преоптоварување и би ја зголемил целокупната отпорност на мрежата, особено под услови на комбинирани врнежи и висок водостој на реката.



Слика 33: Препорачана е дополнителна мрежа за атмосферски води во зелената зона

Материјалите за цевките за проширувањето се очекува главно да се состојат од армиран бетон или полиетилен со висока густина, избрани врз основа на структурните барања, длабочината на закопување и условите на сообраќајно оптоварување. Се очекува номиналните дијаметри да се движат од DN 400 за секундарни колектори до DN 1200 за главни главни цевководи, во зависност од големината на сливот и резултатите од хидрауличното моделирање. Шахтите треба да се инсталираат на растојанија кои не надминуваат 50 метри, како и на сите промени во правецот или наклонот, за да се обезбеди оперативна пристапност и долгорочна ефикасност при одржувањето.

Како што е шематски прикажано на Слика 35, дизајнот на проширувањето мора внимателно да се осврне на просторната дистрибуција и хидрауличните перформанси на површинските влезови (сливници). Зголемената густина на влезовите во критичните области на концентрација на истечните води, особено долж патните улегнувања, раскрсниците и коридорите со висока непропустливост, ќе го намали површинското насобирање вода, ќе ја подобри ефикасноста на зафаќање и ќе ги подобри перформансите на пренос за време на врнежи со врвен интензитет. Правилното нивелирање и поставување на влезовите се од суштинско значење за да се осигура дека површинскиот тек е ефективно пресретнат пред да ги надмине дозволените длабочини на поплавување.



Слика 34 Проширен систем за атмосферски води – поедноставена скица

Конечното усогласување и димензионирање и на општинското проширување и на предложениот дополнителен главен колектор треба да се потврдат преку хидраулично моделирање на мрежата за атмосферски води што ги вклучува граничните услови на реката, осигурувајќи дека проширениот систем функционира ефикасно под реални сценарија за нивото на водата низводно.

За понатамошно зајакнување на техничката основа на проектот, следните податоци треба да се вклучат во фазата на изводливост: (i) ажурирани статистички податоци за интензитетот на врнежите, (ii) дефинирани сливни подрачја за секој крак на колекторот, (iii) калибрирани резултати од хидраулично моделирање што ги споредуваат перформансите пред и по интервенцијата и (iv) квантитативни проценки за очекуваното намалување на длабочината на поплавите во приоритетните зони. Овие влезни податоци ќе овозможат попрецизно димензионирање на инфраструктурата и ќе обезбедат посилно оправдување за инвестициските трошоци.

d) Размислувања за имплементација

Примарниот хидрауличен ризик поврзан со оваа интервенција е можноста мерките за ублажување на поплавите од реката да не се спроведат пред или истовремено со надградбата на одводнувањето на атмосферските води. Во такво сценарио, покаченото ниво на реката би можело да продолжи да наметнува негативни низводни гранични услови, со што би се намалила ефективностa на новата инфраструктура. Затоа, координираното фазирање помеѓу работите за регулација на реката и проширувањето на одводнувањето е клучно.

Техничките ризици вклучуваат присуство на неевидентирани подземни инсталации, што може да ги комплицира ископот и инсталацијата. За да се намали

неизвесноста, треба да се спроведат претходни истражувања на инсталациите, вклучително и георадар таму каде што е потребно. Финансиските ризици се однесуваат на потенцијално зголемување на трошоците поради инфлација и пазарна нестабилност; во тендерската документација треба да се вклучат соодветни непредвидени трошоци и механизми за прилагодување на цените.

Институционалниот капацитет е уште еден клучен фактор. Општината мора да обезбеди доволно ресурси за работа и одржување по завршувањето на проектот. Без редовна инспекција, чистење и управување со седименти, перформансите на системот веројатно ќе се влошат со текот на времето. Влијанијата од фазата на изградба, како што се привремени прекини во сообраќајот, прашина и ограничен пристап за жителите, мора да се управуваат преку планирање на имплементација во фази и јасни комуникациски стратегии.

4.2.3 Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори

Се очекува предложената рехабилитација и проширување на системот за одводнување на атмосферски води да донесе значајни еколошки и социоекономски придобивки за општина Куманово. Овие придобивки произлегуваат првенствено од подобрени хидраулични перформанси, намалени површински поплави и зголемена отпорност на урбаната инфраструктура во услови на сè поинтензивни врнежи од дожд.

Од гледна точка на животната средина, најзначајниот позитивен ефект ќе биде намалувањето на фреквенцијата, длабочината и времетраењето на поплавите на урбаните површини. Со зголемување на капацитетот за пренос и подобрување на пресретнувањето на истечните води, надградениот систем ќе го намали неконтролираниот копнен тек, со што ќе се ограничи локализираната ерозија по улиците и незаштитените површини. Ова, пак, ќе придонесе за подолг век на траење на патната инфраструктура и намалена мобилизација на седименти. Подобрените перформанси на одводнувањето, исто така, ќе ја намалат појавата на задржување на вода во улегнувањата и низинските области. Застојаната вода во урбаните средини често доведува до локализирана контаминација, непријатни мириси и влошување на јавните простори. Со обезбедување побрз одвод на истечните води, интервенцијата ја минимизира веројатноста за такви секундарни влијанија врз животната средина. Понатаму, подобрата контрола на протокот на атмосферски води може да го намали неконтролираниот транспорт на седименти во реките-приемници, особено во областите каде што површинската ерозија моментално придонесува за заматеност за време на обилни дождови. Во поширок контекст, интервенцијата ја зголемува отпорноста на управувањето со водите во урбаните средини. Структурно стабилен и хидраулички соодветен систем за одводнување обезбедува попредвидлив и контролиран режим на испуштање,

особено кога е интегриран со објекти за задржување и координирани мерки за регулирање на реката.

Социоекономските придобивки од проектот се тесно поврзани со намалувањето на штетите поврзани со поплавите и прекините во услугите. Повторливите површински поплави можат да предизвикаат директна штета на станбени згради, комерцијални простории и јавната инфраструктура. Со намалување на ризикот од поплави, проектот ги намалува трошоците за поправки и за сопствениците на приватни имоти и за општината. Подобрената дренажа, исто така, ќе ја зголеми сигурноста на сообраќајот. Поплавените патни делници честопати доведуваат до застој, заобиколувања и привремени затворања, што резултира со економски загуби и безбедносни опасности. Со подобро управување со атмосферските води, транспортните коридори можат да останат функционални за време на интензивни врнежи од дожд, со што се намалуваат загубите на продуктивност и се подобрува урбаната мобилност. Се очекува и подобрување на состојбата со јавното здравје. Намалената стагнација на вода го намалува потенцијалот за контаминација и ширење на патогени поврзани со водата. Во населбите склони кон поплави, интервенцијата може да придонесе за подобри услови за живот и зголемена доверба кај жителите и бизнисите. Со текот на времето, ова може да ја зголеми привлечноста за инвестирање во областите што моментално се сметаат за хидролошки ранливи.

4.2.4 Индикативна проценка на трошоците за проширување на системот за одводнување на атмосферски води

Прецизните трошоци за рехабилитација на постојната мрежа за атмосферски води и проширување на мрежата за атмосферски води се прикажани во Табела 8. Како резултат на тоа, комбинираната индикативна проценка на трошоците е претставена во Табела 9.

Табела 8: Индикативна проценка на трошоците за рехабилитација на постојната инфраструктура и за проширување на мрежата¹¹

Тип	Ставка бр.	Опис	Единица	Количина	Единечна цена (евра)	Меѓузбир (евра)
Рехабилитација на постојечка инфраструктура	1	Инспекција со затворен телевизиски систем	m	14,070	5	70,350
	2	Чистење под висок притисок	m	14,070	15	211,050
	3	Место на структурна поправка	m	2,000	250	500,000
	4	Санација на цевки со влошка (CIPP)	m	3,000	180	540,000
	5	Рехабилитација на шахтите	парчиња	150	700	105,000
		Вкупно				1,426,400
Σ р	1	Цевки DN 400–600	m	10,400	550	5,720,000

¹¹ Изворот на проценката на трошоците е локалниот експерт во тимот, кој ги ревидираше трошоците и ги спореди со пазарните цени во 2026 година.

2	Цевки DN 800–1200	m	10,110	1,050	10,615,500
3	Сливници (Ø1000–1500)	парчиња	400	1,800	720,000
4	Дождовни сливници	парчиња	600	450	270,000
5	Испусни конструкции	LS	3	80,000	240,000
6	Површинска реставрација (патишта, тротоари)	m ²	35,000	25	875,000
Вкупно					18,440,500

Табела 9: Комбинирана индикативна проценка на трошоците, вклучувајќи непредвидени трошоци, инженерство и еколошки и социјални мерки

Опис	Износ (евра)
Изградба на проширувањето	18,440,500
Рехабилитација	1,426,400
Меѓузбир на работите	19,866,900
Физичка непредвидена состојба (15%)	2,980,035
Проектирање и надзор (10%)	1,986,690
Еколошки и социјални мерки	350,000
Вкупна проценета цена на проектот	25,183,625

4.3 Детална техничка анализа на зголемувањето на капацитетот на реката

4.3.1 Образложение за зголемување на капацитетот на реката

Со оглед на значителните испуси (протоци) во Кумановка и нејзините притоки за време на екстремни врнежи, прикажани на Слика 21, како и анализата на речните капацитети во Дел 4.1.2, јасно е дека проблемот со поплавите во Куманово е примарно прашање на капацитет, предизвикан од комбинација на фактори, вклучувајќи: (i) малиот попречен пресек на реката во однос на екстремните испуси; (ii) навлегувањето на урбанизацијата во поплавното подрачје, што дополнително го намалува речниот капацитет; и (iii) присуството на повеќе мостови, кои може да го попречат целокупниот проток. Затоа, зголемувањето на капацитетот на Кумановка и нејзините притоки може да претставува клучна стратегија за намалување на ризикот од поплави преку прифаќање на поголеми волумени на вода, намалување на веројатноста за излевање и заштита на заедниците и инфраструктурата. Оваа мерка може да послужи и како алтернатива за изградба на ретенциони базени, кои, кога се добро дизајнирани, ги ублажуваат речните поплави и ја подобруваат безбедноста во подрачјата склони кон поплави.

Зголемувањето на капацитетот на реката може да се постигне преку длабинско чистење и/или проширување, покрај зајакнување на бреговите на реката (видете ја Интервенција бр. 4 во дел 4.4 подолу). Овие мерки ја подобруваат ефикасноста на

протокот на реката, овозможувајќи ѝ безбедно да ги спроведува поплавните води низводно. Во споредба со базените, зголемувањето на капацитетот на реките обезбедува континуирано, долгорочно решение кое работи со природните хидролошки процеси, намалувајќи ги ненадејните поплави и минимизирајќи ги штетите во областите склони кон поплави. Генерално, оваа стратегија ја зајакнува способноста на реката да се справи со високи протоци, проактивно справувајќи се со опасностите од поплави, поддржувајќи ја рамнотежата на екосистемот и подобрувајќи ја безбедноста и отпорноста на околните заедници.

4.3.2 Прелиминарен проект на попречен пресек на реката

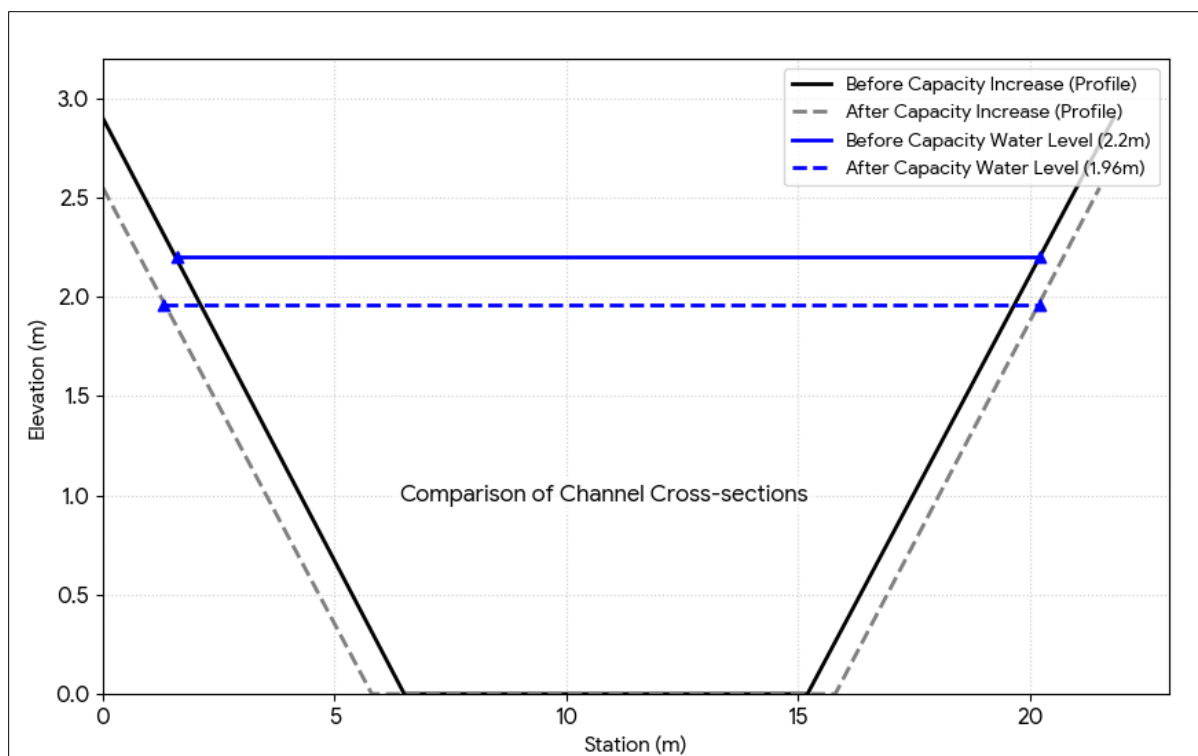
Имајќи го предвид претходно споменатиот проблем со капацитетот на Кумановската река и нејзините притоки, Липкоишка и Коњока, пресеците на овие реки треба да се зголемат за да се пренесат екстремни текови без да се предизвикаат поплави во внатрешноста. Пробниот дизајн на попречните пресеци на реката е прикажан подолу.

а) Зголемување на Липковишкиот пресек

За да се ублажат поплавите во урбаните области во близина на Липкоишка, потребно е да се зголеми нејзиниот капацитет за безбедно пренесување на испуштањата за време на екстремни услови на проток, како што е прикажано на Слика 21б, осигурувајќи дека нема странично прелевање во внатрешноста. Испуштања што одговараат на сценарија со 100 годишни води (на пр., SC4, SC5 и SC6¹²) треба да се земе предвид. За таа цел, за пресметките на капацитетот е избран максималниот истек од 262 m³/s од SC4. Испуштањето на SC5, иако е максимално, не се зема предвид бидејќи неговото земање предвид би барало поголем капацитет на реката и со тоа речиси двојно поголема инвестиција за такво сценарио со многу мала веројатност. Претпоставката овде е дека ова сценарио има многу мала веројатност; доколку се случи, одредено прелевање во крајбрежните области може да биде прифатливо.

За прелиминарниот дизајн на попречниот пресек е користена Манинговата равенка, при што е претпоставен коефициент на рапавост од 0,04 m^{-1/3}·s, ^{-1/3}·s, надолжен пад од 8,5% и странични косини со сооднос 5:2,2 (H:V) со цел да се осигура самостабилноста на насипите. Ова резултира со напречниот пресек прикажан на Слика 35, со ширина на коритото од 10 м. Затоа, ширината на Липкоишкарека треба да се зголеми за најмалку 1,25 м, од 8,75 м на 10 м, за да се избегне прелевање. Ова одговара на приближно 2,5 м³ ископ по метар должина.

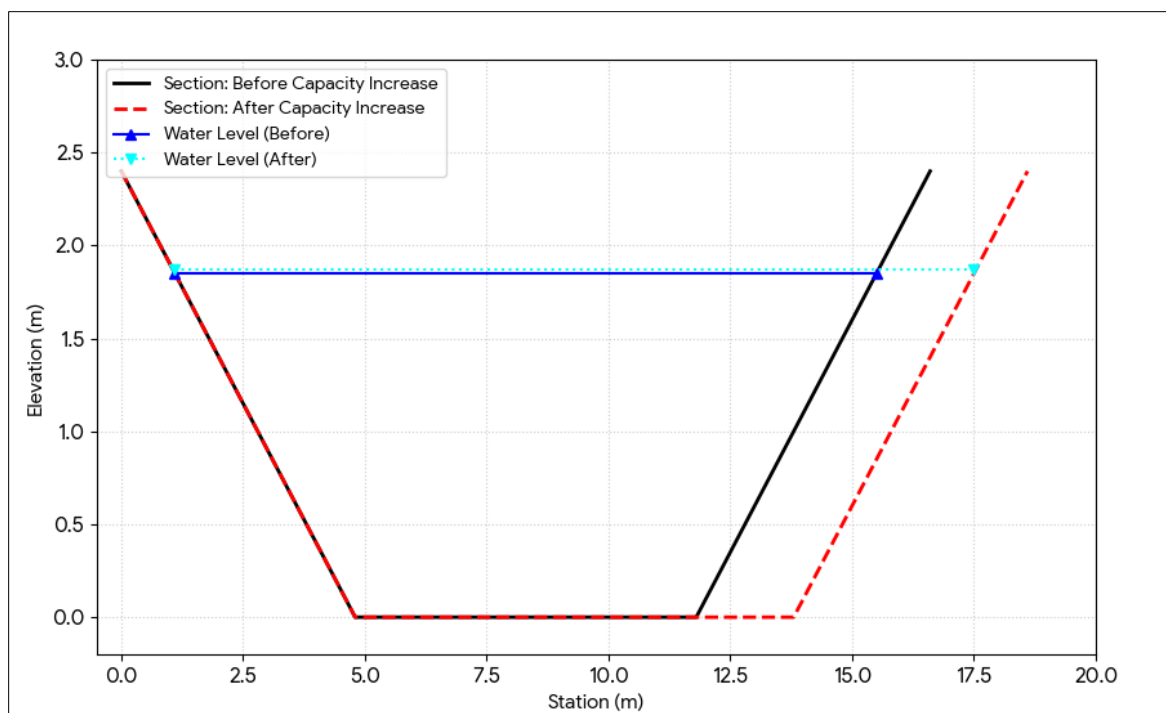
¹² Повеќе информации за овие сценарија се достапни во извештајот за проценка на ризикот од поплави. Извештај за ублажување на ризикот од поплави и приоритизација



Слика 35: Проценети димензии на реката Липкоишка пред и по зголемувањето на капацитетот.

b) Зголемување на попречниот пресек на реката Коњарка

Слично на тоа, пресекот на реката Коњорка треба да пренесува околу $210 \text{ m}^3/\text{s}$, што е врвниот проток под услови на SC4. За прелиминарниот дизајн на попречниот пресек е користена и Манинговата равенка, при што е усвоен коефициент на рапавост од $0,04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$, надолжен пад од 8,5 % и странични косини со сооднос 2:1 (H:V) Ова резултира со напречниот пресек прикажан на Слика 36, со ширина на коритото од 9 м. Затоа, ширината на коритото на реката Коњорка треба да се зголеми за најмалку 2 м, од ширина на коритото од 7,00 м на 9 м, за да се избегне прелевање. Ова одговара на приближно $3,75 \text{ m}^3$ ископ на метар должина.



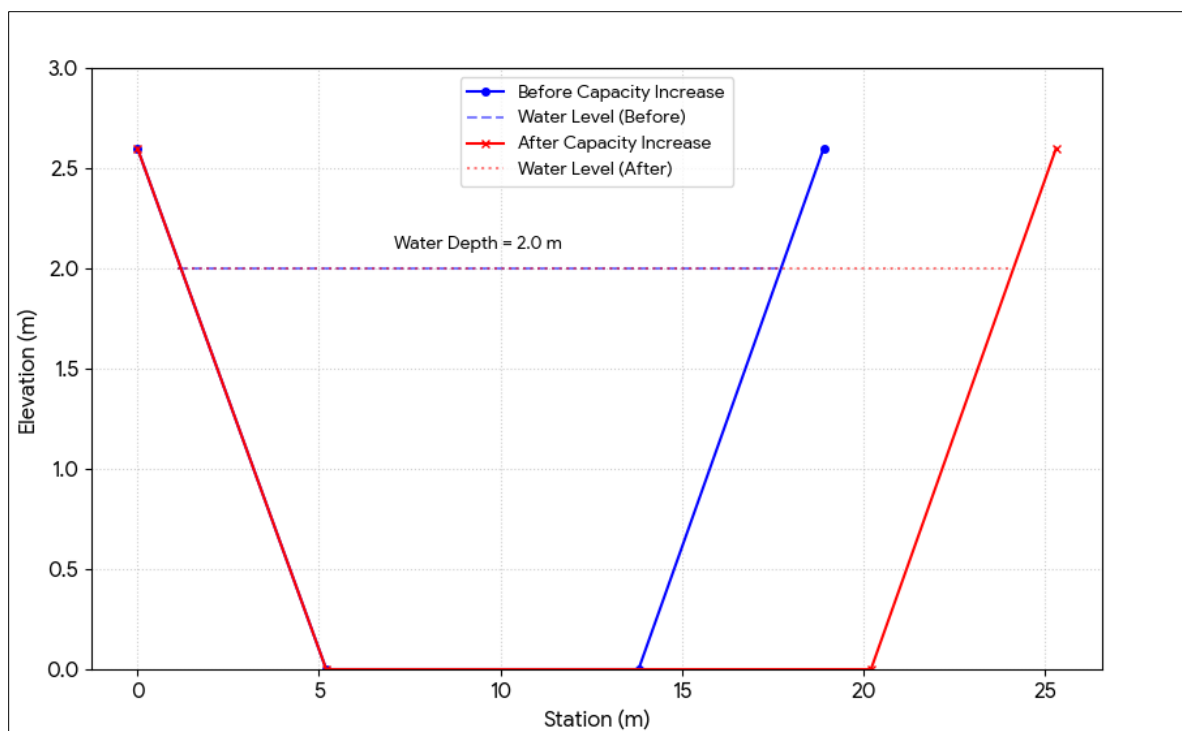
Слика 36: Проценети димензии на реката Коњарка пред и по зголемувањето на капацитетот.

с) Зголемување на пресекот на реката Кумановка

Реката Кумановка, како собирач на водите од притоците Липковка и Коњарка, би требало да има поголем попречен пресек од двете притоки. Ова е случај вдоль долги делови од реката. Сепак, вдоль многу други делови, попречниот пресек на Кумановка се намалува, достигнувајќи ширина на дното од 8,5 m или дури и помалку. Страничните косини се главно обложени или со бетонски плочи (како што е прикажано на Слика 2), потпорни ѕидови или облоги, обично изградени со косина од 2:1.

Просечниот надолжен пад на Кумановка, утврден од топографските податоци, изнесува 7,5‰. Претпоставувајќи длабочина на водата од 2 m, капацитетот на протокот на реката се проценува на приближно 290 m³/s. Ова е значително пониско од проценетиот проток од 460 m³/s под условите SC4 (настан со 100-годишен повратен период што се случи во 1976 година). Оваа споредба ја истакнува улогата на недоволниот капацитет на коритото во предизвикувањето поплави.

За безбедно да се спроведе проток од 460 m³/s, ширината на дното на Кумановка треба да се зголеми на 15 m вдоль целото течение, како што е прикажано на Слика 37. Ова би барало проширување на дното за 6,5 m на локациите каде што попречниот пресек е моментално најмал. Претпоставувајќи просечна моментална ширина на дното од 10 m вдоль цела Кумановка, проширувањето на коритото на ширина на дното од 15 m со длабочина од 2 m би барало отстранување на приближно 10 m³ материјал по метар должина на реката.



Слика 37: Проценети димензии на реката Кумановка пред и по зголемувањето на капацитетот.

d) Зголемување на капацитетот на преминит епреку реките

Слика 38 (лево) ги прикажува речните текови кои треба да имаат зголемен капацитет за ублажување на поплавите во Куманово. Вкупно, 2.430 метри од реката Коњорка спротиводно од сливот ќе треба да се зголеми капацитетот. Покрај тоа, 1.860 м од Липковишка реката спротиводно од сливот ќе бара зголемен капацитет. Понатаму, 2.340 метри од реката Кумановка низводно од сливот исто така ќе треба да се надградат за да се прилагодат на повисоките протоци. Со зголемениот капацитет на реката Кумановка и нејзините притоки, ќе треба да се надградат и премините на реката за да се обезбеди доволен капацитет за безбедно пренесување на 100-годишните води без да се предизвикаат локални поплави. Ова значи дека хидрауличниот капацитет на овие конструкции мора да се зголеми, или со рехабилитација на премините за да се обезбедат дополнителни отвори или со нивна целосна реконструкција. Слика 38 (десно) го прикажува бројот и локациите на речните премини на кои им е потребна рехабилитација или реконструкција. Вкупно, на четири моста долж Липковишка, три долж Коњорка и шест долж Кумановка ќе им треба или рехабилитација или реконструкција.



Слика 38: (Лево) Идентификувани речни текови за подобрување на капацитетот и крајбрежно зеленило; (Десно) локации на мостови што бараат рехабилитација или целосна реконструкција.

4.3.3 Верификација на улогата на зголемувањето на капацитетот во ублажување на ризикот од поплави

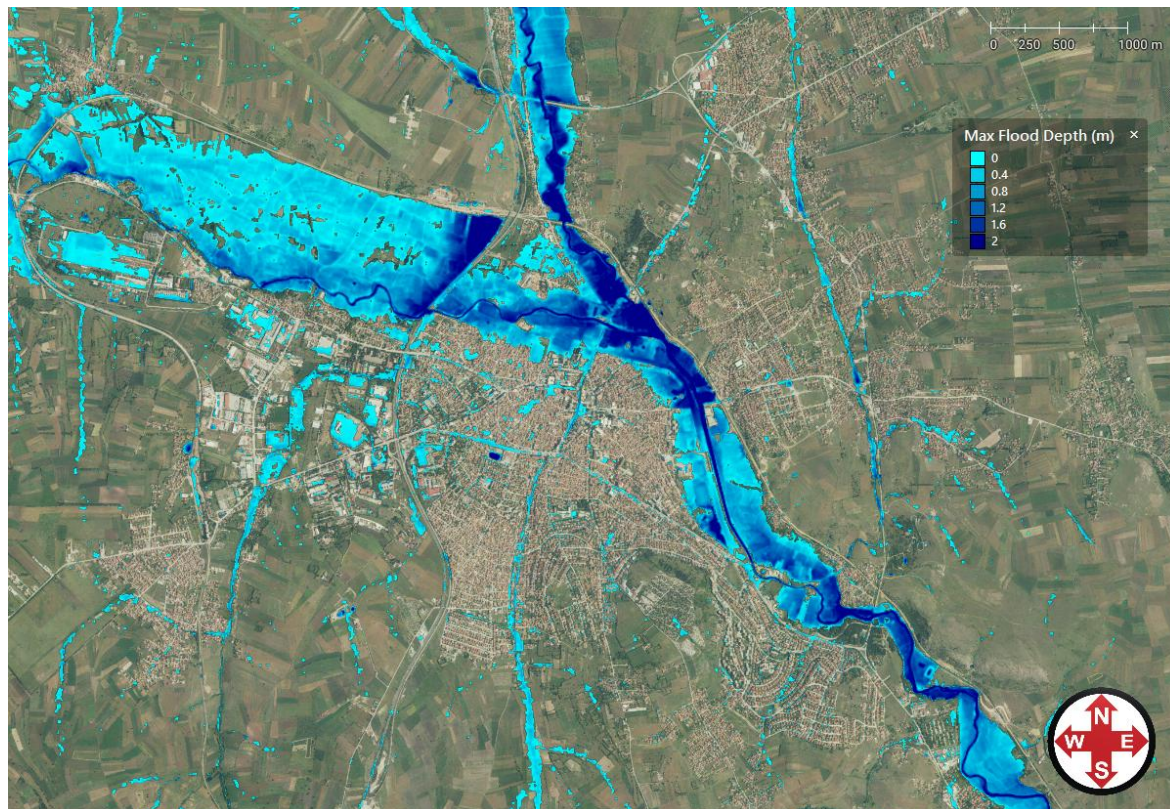
За да се потврди ефикасноста на зголемувањето на капацитетот на каналите во ублажувањето на ризикот од поплави, беа спроведени две модели: (i) симулација со исклучок на мостовите во урбаните средини вдоль реката Кумановка и нејзините притоки, и (ii) симулација со вклучен зголемен капацитет на каналите прелиминарно проценети во Дел 4.3.2. Првата симулација го процени влијанието на постоечките мостови врз локалните и општите поплави, додека втората ја оцени ефективноста на предложените модификации на попречниот пресек во намалувањето на опасностите од поплави.

Сценариото SC4-100y-24h, кое го претставува поплавниот настан од 1976 година со период на повторување од 100 години, беше повторен за двата случаи. Во првиот случај, мостовите беа отстранети, додека во вториот случај, изменетата геометрија на каналот (слики 35–37) беше вклучена во ДМЕ.

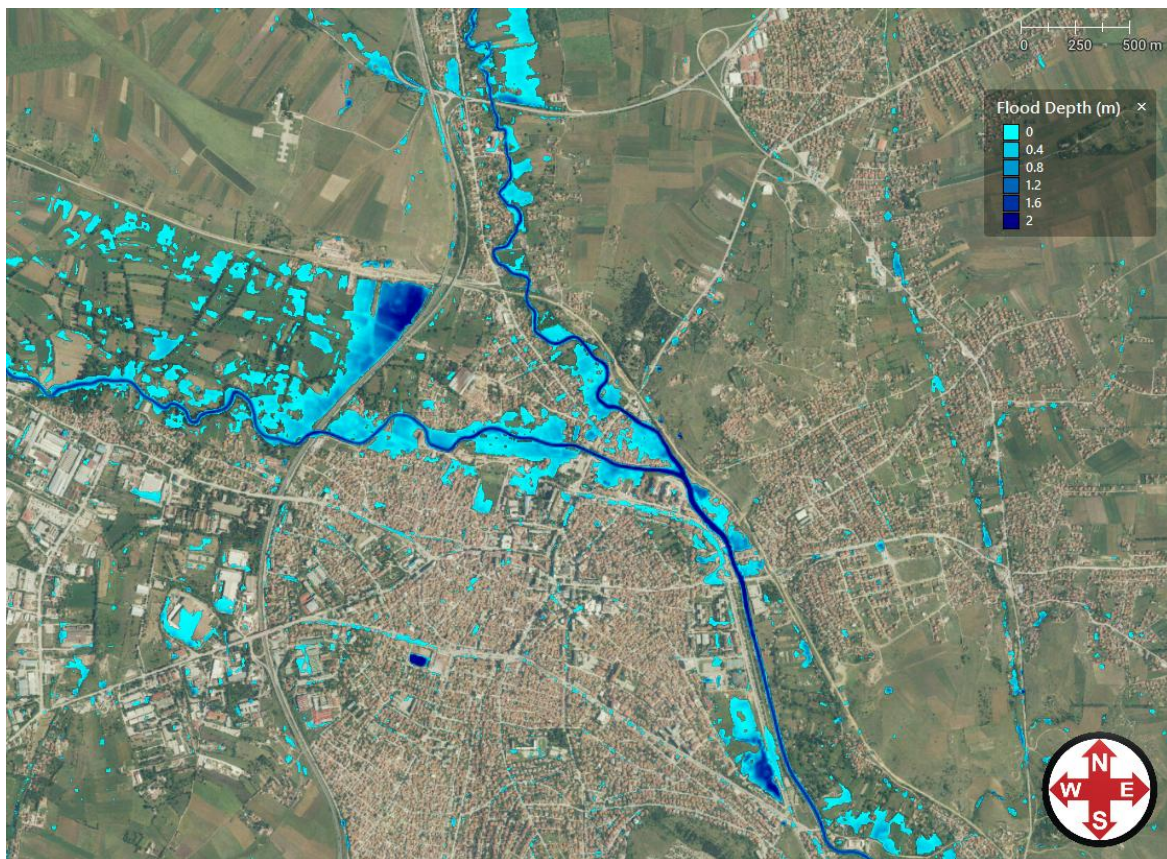
Слика 39 покажува дека отстранувањето на речните премини резултира само со мало намалување на длабочината на поплавите, што укажува дека мостовите не се примарна причина за поплави. Ова откритие сугерира дека недоволниот капацитет на реката е доминантен фактор што придонесува за појава на поплави.

За дополнително да се потврди овој заклучок, истото сценарио беше повторено со зголемениот капацитет на каналот. Слика 40 ги прикажува максималните длабочини на поплавување под овие услови. Резултатите јасно покажуваат дека зголемениот капацитет ѝ овозможува на реката Кумановка и нејзините притоки брзо да ја пренесуваат поплавната вода низводно, со што значително се намалува

длабочината на водата низ поплавната рамнина. Според ова сценарио, акумулацијата на вода е ограничена на ниските подрачја и може дополнително да се минимизира преку подобрувања на системот за одводнување на атмосферските води (видете Дел 4.2).



Слика 39: Максимални длабочини на поплави според сценариото SC4 со отстранување на премините на реките.



Слика 40: Максимални длабочини на поплави според сценариото SC4, со зголемување на капацитетот.

4.3.4 Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори

Зголемувањето на хидрауличниот капацитет на реката Кумановка и нејзините притоки во Куманово преку проширување на каналот, зајакнување на брегот или модификација на мостот би резултирало со низа еколошки и социоекономски влијанија.

Од перспектива на животната средина, еден од главните позитивни ефекти е намалувањето на фреквенцијата и обемот на поплавите во урбаните средини. Зголемувањето на проточниот капацитет на реката ја намалува веројатноста за поплавување преку брегот за време на екстремни врнежи, со што се намалува ерозијата на почвата, се ограничува штетата на вегетацијата и се спречува контаминација предизвикана од прелевање на отпадни води поврзани со поплавите. Подобрените хидраулични перформанси, исто така, би ги намалиле локализираните залевања и застој во критичните делови од реката. Сепак, интервенцијата може да предизвика и негативни влијанија врз животната средина. Активностите за проширување би можеле да резултираат со отстранување на крајбрежната вегетација и нарушување на водните живеалишта, што потенцијално може да доведе до губење на биолошката разновидност. Покрај тоа, тоа може да ја промени природната морфологија на реката, да ги наруши процесите на транспорт

на седименти и да ја намали поврзаноста помеѓу реката и нејзината поплавна рамнина. Дополнително, зголемувањето на брзината со која поплавните води се пренесуваат низводно може да ја интензивира ерозијата или да го пренесе ризикот од поплави во низводните области доколку не се обезбеди хидраулична координација на целиот слив. За време на фазата на изградба, веројатни се и привремени влијанија како што се зголемена заматеност, ресуспензија на седименти, бучава и емисии на прашина.

Социоекономски, зголемувањето на хидрауличниот капацитет би донело значителни придобивки. Намалените штети од поплавите би ги намалиле трошоците за поправки на станбената, комерцијалната и јавната инфраструктура, а воедно би ја подобриле јавната безбедност за време на екстремни временски непогоди. Економската стабилност може да се зголеми како што се подобрува довербата на инвеститорите во областите претходно изложени на поплави. Вредноста на имотот во заштитените зони може да се зголеми, а загубите во земјоделството во областите умерено склони кон поплави може да се намалат. Понатаму, подобрената заштита од поплави преку зголемен капацитет на реката придонесува за долгорочна адаптација на климатските промени и урбана отпорност преку подобрување на перформансите на постојните и планираните системи за одводнување на атмосферските води што се испуштаат во реката. Во исто време, може да се појават одредени социоекономски предизвици. Проширувањето на каналот би можело да бара откуп на земјиште, што потенцијално ќе влијае на приватните имоти или неформалното користење на земјиштето долж бреговите на реката. Градежните работи може привремено да го нарушат сообраќајот, да создадат бучава и да го ограничат пристапот до блиските објекти. Доколку речниот коридор стане интензивно проектиран, неговата естетска и рекреативна вредност може да се намали, потенцијално намалувајќи ги можностите за неформална рекреација и намалувајќи го визуелниот квалитет на урбаниот пејзаж. Покрај тоа, ако зголемениот капацитет за пренос резултира со повисоки врвови на поплавите низводно, би можеле да се појават социјални тензии меѓу соседните заедници. Генерално, се очекува зголемувањето на капацитетот на реката Кумановка да донесе значително намалување на ризикот од поплави и социоекономски придобивки. Сепак, без внимателен проект за животната средина и интегрирано планирање на сливот, интервенцијата би можела негативно да влијае на речните живеалишта и низводните области.

4.3.5 Индикативна проценка на трошоците за зголемување на капацитетот на реката

Прецизните трошоци за зголемување на капацитетот, вклучувајќи ја реконструкцијата на 13 мостови и надоместокот за сопствениците на земјиште, се прикажани во Табела 10. Сосема е очигледно дека таквата мерка за ублажување чини многу помалку од базени, иако може да обезбеди слични ефекти врз ублажувањето на ризикот од поплави.

Табела 10: Индикативна проценка на трошоците за зголемување на капацитетот на реката Кумановка и рехабилитација/реконструкција на постојните премини на реките¹³

Ставка	Количина	Единица	Единечна цена	Сума
	-	-	евра	евра
Подготовка на локацијата и надомест на сопствениците на земјиште за време на изградбата	1	LS	1,000,000	1,000,000
Ископ на Липковишка	$1,860 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}^3/\text{m} = 4650$	m^3	10	46,500
Отстранување на вишок ископан материјал (Липковишка)	4650	m^3	5	23,250
Ископување на реката Коњорка	$2430 \text{ m} \times 3.75 \text{ m}^3/\text{m} = 9112.5$	m^3	10	91,125
Отстранување на вишок ископан материјал (Коњорка)	9112.5	m^3	5	45,563
Ископ на река Кумановка	$2340 \text{ m} \times 10 \text{ m}^3/\text{m} = 23400$	m^3	10	234,000
Отстранување на вишок ископан материјал	23400	m^3	5	117,000
Реконструкција на мостовите	13	LS	400,000	5,200,000
Еколошки и социјални ублажувања	1	LS	100,000	100,000
Меѓузбир на трошоци за изградба				6,857,438
Студија за изводливост (вклучувајќи топографски и геотехнички истражувања)				250,000
Детален проект, тендерска постапка, надзор на изградба			10%	685,744
Меѓузбир - Вклучувајќи инженерство				7,543,182
VAT			18%	1,357,773
Вкупно - Приближна проценка на трошоците				8,900,955

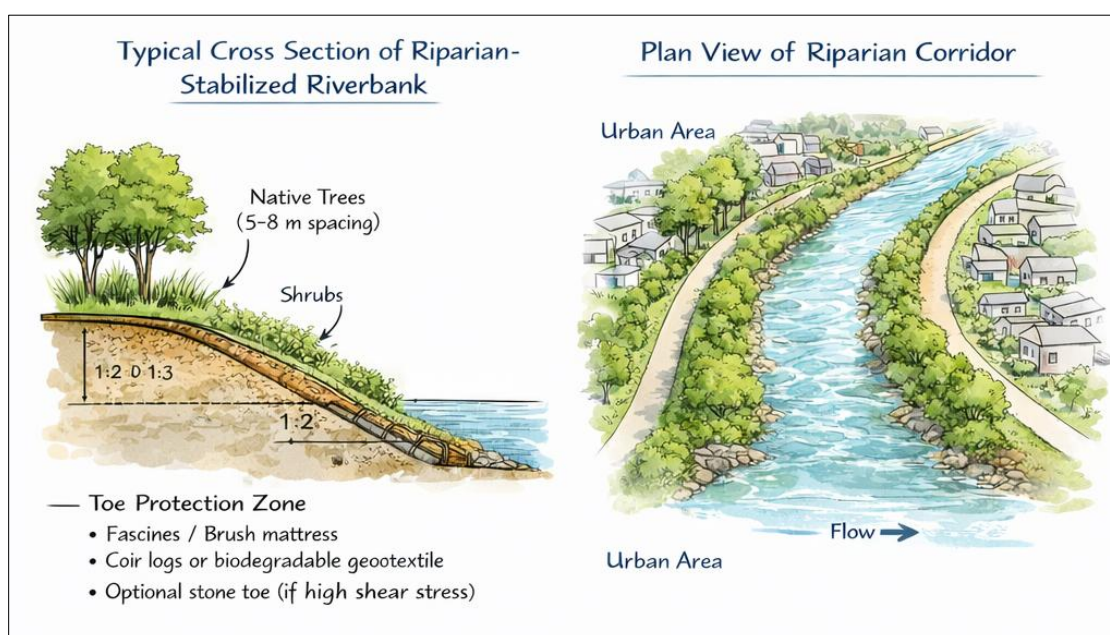
4.4 Детална техничка анализа на крајбрежното зеленило

4.4.1 Образложение за озеленување на речните брегови

Следејќи ги предложените мерки за зголемување на капацитетот на реката опишани во Поглавје 4.3, стабилизацијата на речните брегови и корита преку озеленување на речните брегови претставува комплементарна и стратешки усогласена интервенција. Додека мерките за структурно проширување ја подобруваат хидрауличната преносна моќ, крајбрежното озеленување ја зголемува долгорочната стабилност на брегот, ги намалува процесите на ерозија и ја зајакнува еколошката функционалност во речниот коридор.

¹³ Изворот на проценката на трошоците е локалниот експерт во тимот, кој ги ревидираше трошоците и ги спореди со пазарните цени во 2026 година.

Крајбрежното озеленување, како што е прикажано на Слика 41, е решение засновано на природата кое користи автохтона вегетација, како што се дрвја со длабок корен, грмушки и треви, за зајакнување на речните брегови и стабилизирање на околното почви. Опсежните меѓународни упатства за ревитализација на реките и пристапите за „меко“ инженерство, вклучително и материјалите обезбедени од Европскиот центар за ревитализација на реките (ECRR) и Ривер партнерс¹⁴, покажува дека вегетациските брегови ја зголемуваат кохезијата на почвата преку зајакнување на корените, ги намалуваат брзините на проток во близина на брегот и ја ограничуваат страничната ерозија. Вегетацијата, исто така, ја зголемува хидрауличната рапавост вдолж маргините, со што се расфрла енергијата за време на настани со висок водостој, без значително намалување на преносниот капацитет на главното корито кога е правилно проектирано.



Слика 41: Крајбрежно зеленило - Типичен преглед на делницата и планот

Во контекст на Куманово, крајбрежното зеленило е особено соодветно по обновувањето на капацитетот на каналите. Откако пресекот на реката ќе биде хидраулички оптимизиран, стабилизацијата преку вегетација помага да се спречи повторна ерозија на брегот и мобилизација на седименти, што инаку би можело да ја намали ефикасноста на работите за зголемување на капацитетот со текот на времето. Вегетативната стабилизација го намалува седиментирањето низводно, ги заштитува новообликуваните брегови и ги ограничува барањата за одржување.

Предложеното крајбрежно позеленување ќе ги опфати истите приоритетни делови идентификувани за зголемување на капацитетот на реката во дел 4.3, обезбедувајќи

¹⁴ <https://www.ecrr.org/River-Restoration/Urban-River-Restoration> (февруари 2026)

просторна кохерентност и хидраулична интеграција. Индикативните должини се прикажани на Слика 38 (лево) и се наведени во Табела 11.

Табела 11: Крајбрежно зеленило по речен тек

Река	Должина што треба да се стабилизира и позелени (м)
Липковска	1,860
Коњарка	2,430
Кумановка	2,340
Вкупно	6.630 м

Се препорачува спроведување на крајбрежно зеленило паралелно со зголемувањето на капацитетот на реката. Доколку стабилизацијата се одложи, новообликуваните брегови може да останат ранливи на ерозија за време на првите настани со висок водостој. Затоа, мерките за зеленило треба да се сметаат за составен дел од целокупната стратегија за регулирање на реките, а не за самостојно подобрување на животната средина.

4.4.2 Прелиминарен проект на крајбрежното зеленило

Прелиминарниот проект на мерките за крајбрежно зеленило треба да се базира на резултатите од хидролошкото моделирање и правилно разбирање на речните процеси, вклучувајќи ја и морфологијата на реката, како и на деталните напречни проценки презентирани во Дел 4.3. Предложените делови за крајбрежно зеленило се илустрирани на Слика 38 (лево). Меѓутоа, ако крајбрежното зеленило како решение базирано на природата е само делумно имплементирано, приоритет треба да се даде на деловите со висок потенцијал за смолкнување, историска нестабилност на брегот или зголемен ризик од транспорт на седименти.

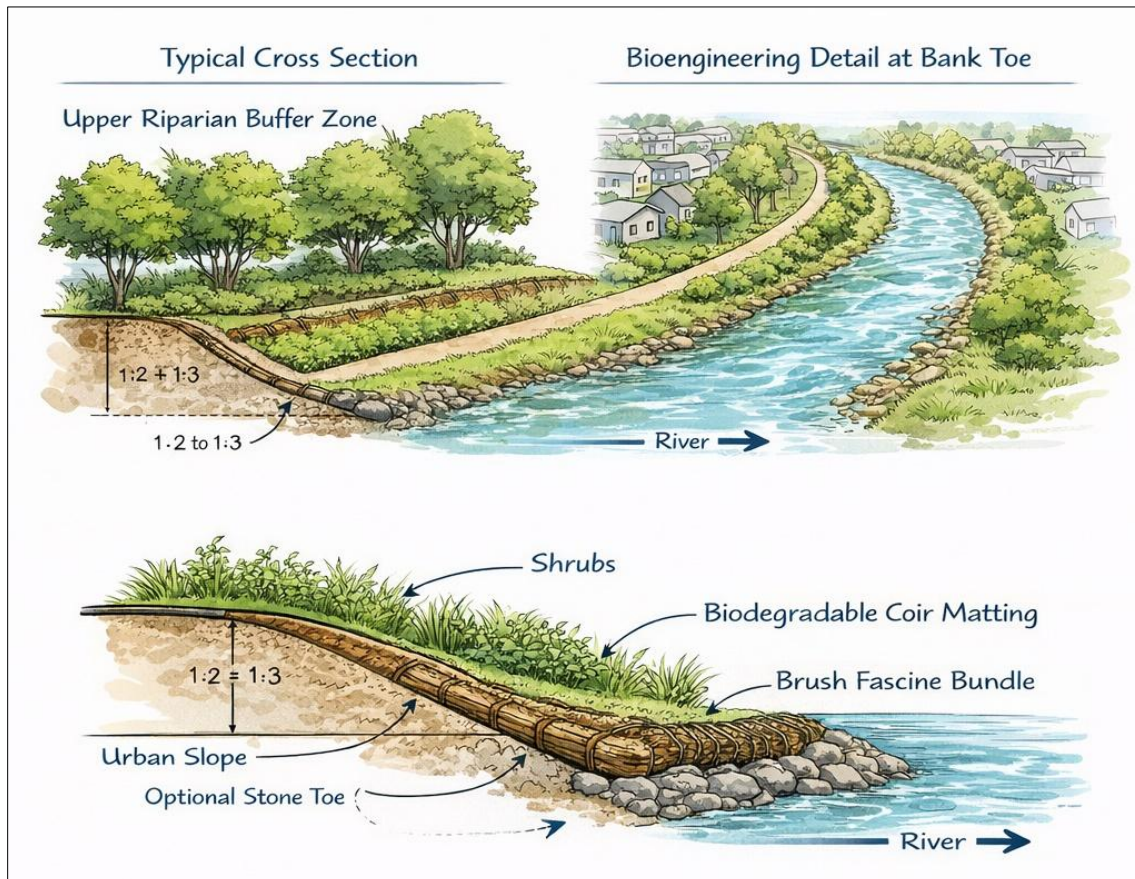
Концептот на дизајнот ги комбинира техниките на биоинженерство со селективна структурна поддршка каде што е потребно. Вегетацијата треба да се состои првенствено од автохтони крајбрежни видови прилагодени на локалните хидролошки и климатски услови.

Длабококорените видови дрвја обезбедуваат долгорочно структурно зајакнување, додека грмушките и тревите нудат брза стабилизација на површината и контрола на ерозијата. Изборот на видови треба да ја земе предвид отпорноста на поплави, длабочината на коренот, стапката на раст и еколошката компатибилност.

Типичниот пресек се состои од три функционални зони, како што е прикажано на Слика 42:

1. *Зона за заштита на ножицата:* Во области со високи брзини на проток, на долниот брег може да се инсталираат биоразградливи подлоги за контрола на ерозија, фасцини или душеци со четки за да се заштитат од почетно чистење додека се формира вегетацијата.

2. *Зона за стабилизација на средниот дел од брегот:* Треба да се садат грмушки и густо вкоренети треви за да се обезбеди брзо врзување на почвата и стабилизирање на наклонот.
3. *Горна крајбрежна тампон зона:* Автохтоните дрвја треба да се засадат на дефинирано растојание за да се создаде долгорочно зајакнување на брегот, засенчување и поврзување со живеалиштата.



Слика 42 Крајбрежно зеленило: трите функционални зони на типичен пресек

Проектот мора да обезбеди поставувањето на вегетацијата да не го попречува значително хидрауличниот преносен капацитет постигнат преку проширување на каналот. Затоа, густината на садење и просторниот распоред треба да се координираат со резултатите од хидрауличкото моделирање за да се избегне прекумерна грубост во зоната на активно пренесување на поплавите.

Каде што е изводливо, крајбрежните коридори може да се прошират за да се создадат мултифункционални зелени тампон-зони кои служат како еколошки коридори, а воедно обезбедуваат и рекреативни простори. Интеграцијата со стратегиите за управување со дождовницата и урбаната зелена инфраструктура може дополнително да ги подобри еколошките и социјалните придобивки.

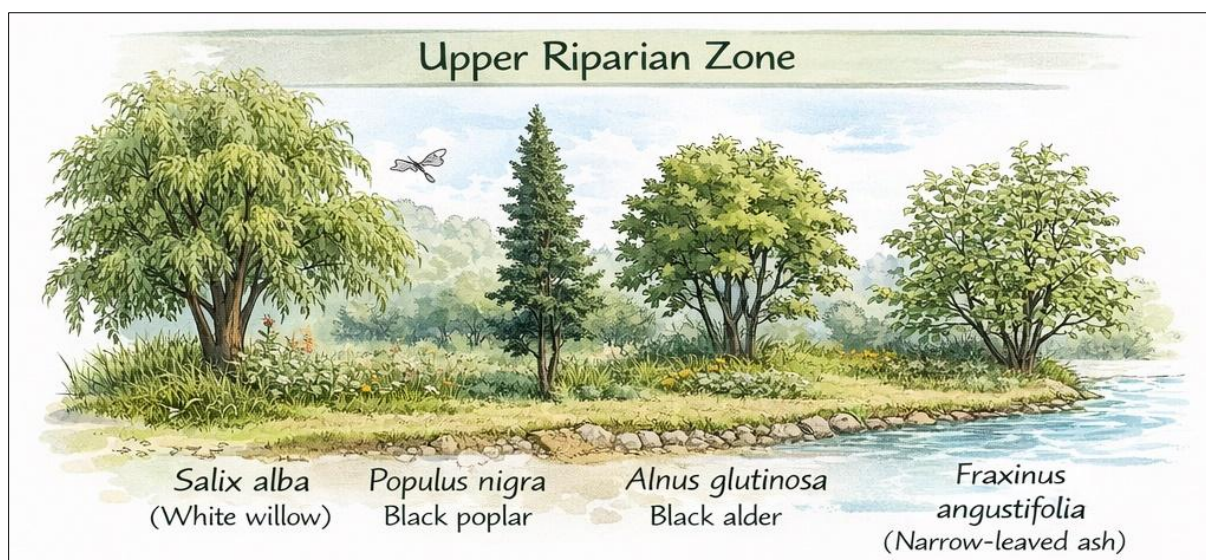
Долгорочното одржување треба да вклучува редовно следење на преживувањето на растенијата, замена на неуспешните насади и контрола на инвазивните видови. Програмите за ангажирање на заедницата можат да ја поддржат локалната управа и да обезбедат долгорочна одржливост на крајбрежните зони.

Изборот на соодветни растителни видови зависи од зоната во која ќе бидат засадени, како што е опишано подолу:

а) Предложени растителни видови за горната крајбрежна зона

Горната крајбрежна зона, како што е прикажано на Слика 43, е наменета да обезбеди долгорочна стабилност на брегот и засенчување. Затоа, може да се состои од еден или комбинација од следниве видови:

- *Salix alba* (Бела врба)
- *Populus nigra* (Црна топола)
- *Alnus glutinosa* (Црна евла)
- *Fraxinus angustifolia* (Теснолисна јасенка)

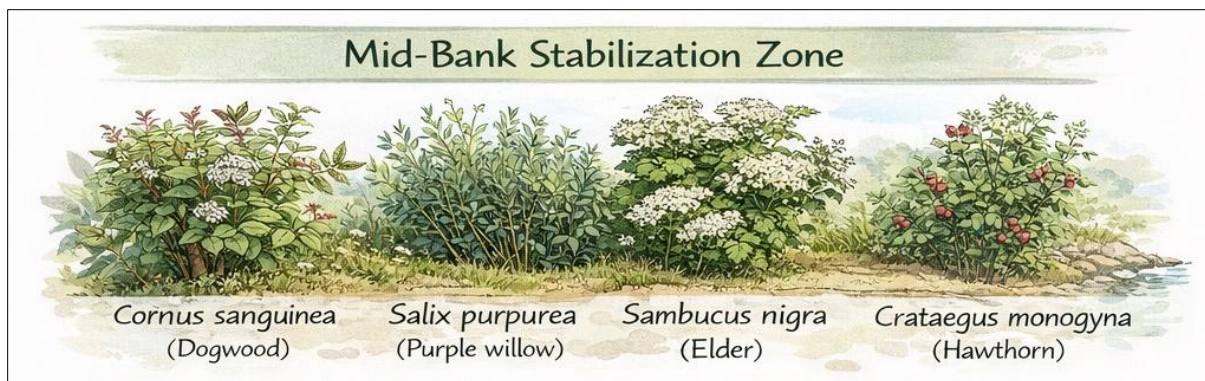


Слика 43: Растителни видови – Горна крајбрежна зона

б) Предложени растителни видови за зоната за стабилизација на средната страна на брегот

Крајбрежната зона за стабилизација на средната страна на брегот, како што е прикажано на Слика 44, е наменета да обезбеди зајакнување на коренот и контрола на ерозијата. Затоа, може да се состои од еден или комбинација од следниве видови:

- *Cornus sanguinea* (Црн дрен)
- *Salix purpurea* (Виолетова врба)
- *Sambucus nigra* (Црн бозел)
- *Crataegus monogyna* (Глог)

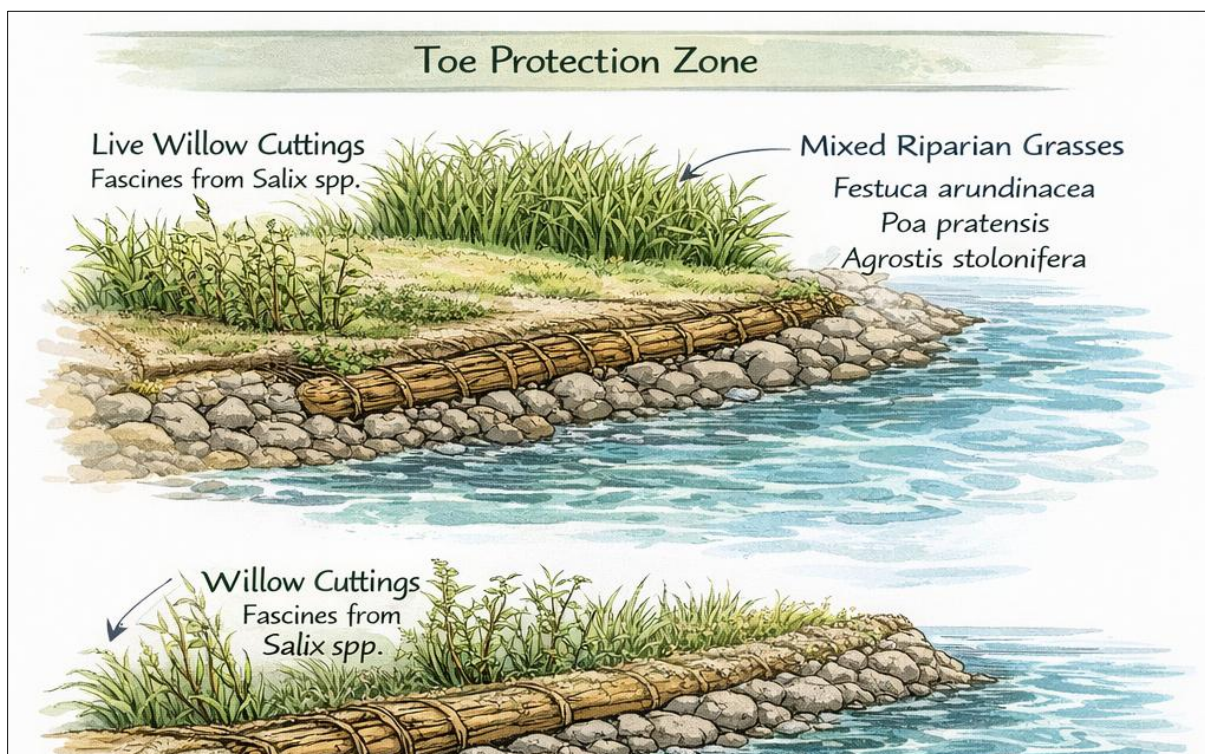


Слика 44: Растителни видови – Средна крајбрежна зона

с) Предложени растителни видови за зоната за заштита на ножицата

Зоната за заштита на ножицата, како што е прикажано на Слика 45, е наменета да обезбеди висок отпор на проток и брзо воспоставување. Затоа, може да се состои од еден или комбинација од следниве видови:

- Живи резници од врба (*Salix spp.*)
- Четкасти фасцини од автохтони видови врба
- Мешани крајбрежни треви:
 - *Festuca arundinacea*
 - *Poa pratensis*
 - *Agrostis stolonifera*



Слика 45: Растителни видови – Зона за заштита на ножицата

4.4.3 Очекувани влијанија врз животната средина и социоекономските фактори

Еколошките придобивки од крајбрежното зеленило се значителни. Вегетацијата ја намалува ерозијата на бреговите, ја подобрува кохезијата на почвата и го ограничува внесувањето на седименти во речниот систем. Подобрената стабилност на брегот ја намалува заматеноста и ги поддржува водните живеалишта. Крајбрежните тампони исто така го филтрираат површинскиот истек, задржувајќи ги седиментите и загадувачите пред да влезат во реката, придонесувајќи за подобрување на квалитетот на водата и целокупниот еколошки интегритет.

Вегетацијата на речните брегови го зголемува биодиверзитетот преку создавање живеалишта за птици, инсекти и водни видови. Засенчувањето од крошните на дрвјата помага во регулирањето на температурата на водата, подобрувајќи ги еколошките услови во речниот систем. Овие еколошки подобрувања се усогласуваат со најдобрите европски практики за реставрација на реките и решенија базирани на природата.

Од социоекономска перспектива, крајбрежното зеленило го подобрува визуелниот квалитет и рекреативната вредност на речните коридори. Зелените речни брегови овозможуваат пешачки патеки, велосипедски патеки и јавни отворени простори. Подобрената естетика и квалитетот на животната средина можат да ја зголемат вредноста на имотите во блиските населби и да ја зајакнат приврзаноста на заедницата кон речната средина.

Важно е да се напомене дека, кога се спроведува заедно со мерките за зголемување на капацитетот на реките, крајбрежното зеленило ја поддржува долгорочната издржливост на хидрауличните инвестиции. Со спречување на повторна ерозија и седиментација, вегетацијата ги намалува идните трошоци за одржување на реките и ги заштитува структурните објекти. Затоа, оваа интервенција придонесува не само за еколошко подобрување, туку и за економската одржливост на инфраструктурата за заштита од поплави.

Генерално, комбинацијата од зголемување на капацитетот на реката и крајбрежно зеленило претставува избалансиран хибриден пристап, интегрирајќи ја структурната заштита од поплави со стабилизација базирана на природата. Кога се спроведуваат заедно, овие мерки значително ја подобруваат отпорноста на поплави, еколошкиот квалитет и урбаната удобност за живеење во Куманово.

4.4.4 Индикативна проценка на трошоците за крајбрежно зеленило

Индикативната проценка на трошоците за интервенцијата за крајбрежно зеленило се базира на вкупна должина на интервенцијата од приближно 6.630 м, што одговара на приоритетните делници на реките Липковска, Коњарка и Кумановка, каде што се предложени и мерки за зголемување на капацитетот на реките (видете Слика 38, лево, и Табела 11). Проценката на трошоците, како што е прикажана во

Табела 12, одразува пристап за стабилизација базиран на биоинженерство, структуриран според трите функционални крајбрежни зони: (i) горна крајбрежна тампон зона, (ii) зона за стабилизација на средниот брег и (iii) зона за заштита на ножицата.

Единичните цени се добиени од споредливи проекти за реставрација на крајбрежјето и биоинженерство на речните брегови спроведени во Југоисточна Европа, прилагодени за локалните услови за градење и работа. Трошоците вклучуваат подготовка на локацијата, снабдување и поставување вегетација и биоразградливи материјали, почетно наводнување и одржување во рана фаза за време на фазата на воспоставување на вегетацијата.

Проценката на трошоците се базира на следниве претпоставки:

- Просечна должина на третируваниот брег: 6.630 м (двата брега каде што е применливо)
- Просечна ширина на третируваниот брег: 8–12 м (варира во зависност од зоната)
- Комбинација од меки биоинженерски мерки и ограничена цврста заштита на ножицата каде што е хидраулички потребна
- Вклучен период на одржување: првите 2-3 години по садењето

Табела 12: Индикативна проценка на трошоците за изградба на базените и нивните испусти¹⁵.

Делница	Ставка	Количина	Единица	Единечна цена евра	Сума евра
		-	-		
Општи работи	Чистење на локацијата, подготовка на пристап и селективно отстранување на вегетацијата	6630	m	35	232,050
	Репрофилирање и оценување на брегот (доколку е потребно)	3500	m	60	210,000
	Подготовка на почвата и подобрување на горниот слој на почвата	6630	m	25	165,750
Горна крајбрежна зона	Снабдување и садење автохтони дрвја (вкл. насадување и заштита)	2200	парчиња	120	264,000
	Снабдување и садење на автохтони грмушки	6600	парчиња	28	184,800
	Малчирање и почвена покривка	26500	m ²	6	159,000
Зона за стабилизација на средниот дел од брегот	Садење грмушки во густ модел	8500	парчиња	30	255,000
	Биоразградливи подлоги за контрола на ерозија (кокосово дрво/јута)	19000	m ²	18	342,000
	Садење со живи колци / грмушесто заслојување	4000	m	35	140,000
Зона за заштита на ножицата	Поставување фашины/грмушести душеци од шибје	2500	m	90	225,000
	Кокосови трупци / биоразградливи заштитни ваљаци	2000	m	75	150,000

¹⁵ Изворот на проценката на трошоците е локалниот експерт во тимот, кој ги ревидираше трошоците и ги спореди со пазарните цени во 2026 година.

Делница	Ставка	Количина	Единица	Единечна цена	Сума
		-	-	евра	евра
	Локална камена заштита на ножицата (каде што е потребна хидраулика)	800	m	220	176,000
Воспоставување и одржување	Привремен систем за наводнување (првите 2 сезони)	1	LS	120,000	120,000
	Мониторинг, пресадување и одржување (2–3 години)	1	LS	180,000	180,000
Меѓузбир на трошоци за изградба					2,803,600
Студија за изводливост					90,000
Детален проект, тендерска постапка, надзор на изградба				5%	140,000
Меѓузбир - Вклучувајќи инженерство					3,033,600
ДДВ				18%	546,048
Вкупно - Приближна проценка на трошоците					3,579,648

4.5 Стратешка рамка за имплементација

Резултатите од проценката на ранливоста и анализата на ситуацијата, како и проценката на ризикот од поплави и потенцијалните пристапи за ублажување на ризикот од поплави, одразуваат дека Куманово се соочува со значителни влијанија од климатските промени, вклучително и високи врнежи и поплавување на средства во рамки на поплавната рамнина. Штетата предизвикана од овие климатски ефекти би можела да биде значителна и да има сериозни импликации врз одржливиот развој во Куманово. Цената на честите поплави може да биде значителна, потенцијално попречувајќи го развојот и резултирајќи со значителни економски загуби. Овие трошоци се во голема мера резултат на непланирана урбана експанзија во текот на изминатиот век, што доведе до обемен развој во областите склони кон поплави. Следствено, трошоците би можеле дополнително да се зголемат ако урбаната експанзија во Куманово продолжи во рамките на поплавните рамнини на реките, со што повеќе луѓе и средства би биле изложени на поголем ризик од поплави.

Затоа, наместо да следи пристап „на вообичаена пракса“, градот треба да усвои проактивна стратегија за прилагодување кон климатските промени што ќе се справи со екстремните поплави, ерозијата и другите климатски опасности, а воедно ќе го минимизира ризикот од поплави и ќе ја зголеми отпорноста на градот. Политичките и институционалните мерки за ублажување на ризикот од поплави презентирани во Поглавје 2 се единствено неефикасни во справувањето со овие ризици и мора да бидат дополнети со сиви, зелени и хибридни мерки. Покрај тоа, длабинската анализа на приоритетните сиви и зелени мерки презентирани во ова поглавје (т.е. Поглавје 4) покажува дека стратегијата за прилагодување треба да следи

структурирана низа чекори, кои потоа можат да се интегрираат со политичките интервенции како што е наведено подолу.

4.5.1 Чекори за адаптација кон екстремни поплави предизвикани од климата

Врз основа на мултикритериумската анализа и длабинската анализа на приоритетните мерки, рамката за прилагодување претставена на Слика 46 може да се предложи за градот Куманово.

Чекор	Цел	Временска рамка за спроведување		Трошок (€ m)
1.	Ублажување на поплавите во поплавните рамнини преку зголемување на капацитетот на реката (Дел 4.3)	Краток рок		8.9
2.	Унапредување на урбаното одводнување со санација и проширување на атмосферската канализација (Дел 4.2)	Краток до среден рок		25.2
3.	Намалување на ерозијата на бреговите и речното корито преку позеленување на крајбрежните појаси (Дел 4.4)		Среден рок	3.6
4.	Намалување на ризикот од поплави и ерозија преку дополнителни неприоритизирани мерки, како што е санација/ревитализација на сливното подрачје		Долг рок	NE

Слика 46: Рамка за прилагодување во форма на чекори, вклучувајќи го нивниот хоризонт на имплементација и трошоците.

Првиот чекор што треба да се земе предвид за краткорочна имплементација е усвојување мерки што ефикасно ќе ги ублажат поплавите од реките. Изградбата на акумулациони базени или зголемувањето на капацитетот на реката претставува интервенции со највисок приоритет за намалување на ризикот од поплави преку реките, особено во ниските области во рамките на поплавната рамнина и таму неформалните населби. Зголемувањето на капацитетот на реките покажа техничка изводливост и пониски трошоци за имплементација во споредба со базените за задржување и затоа може да се смета за прв чекор кон прилагодување кон климатските опасности (на пр., поплави и ерозија).

Иако ова претставува врвен приоритет за Општина Куманово, рехабилитацијата и проширувањето на урбаната одводна мрежа се препорачува како втор чекор за да се обезбеди ефикасно одводнување, особено за време на екстремни поплави.

Како трет чекор, кој се препорачува да се спроведе заедно со Чекор 1, како што е означено со испрекинатата рамка на Слика 46 и во зависност од финансиската изводливост, крајбрежното зеленило треба да го следи или да го придружува зголемувањето на капацитетот на реката за да се обезбеди стабилност на брегот, особено за време на екстремни поплави. Во случај на недоволно финансирање,

оваа мерка сè уште може да се спроведе прогресивно како интервенција од трета фаза кога ќе бидат достапни ресурси.

Иако санацијата на сливот не беше приоритет во мултикритериумската анализа поради нејзината долгорочна ефикасност и релативно високата цена (која сè уште не е детално проценета), таа сè уште може да се спроведе за да се подобри целокупната отпорност на сливот на поплави и ерозија. Ова може да се постигне со регулирање на врвниот проток од интензивните врнежи, ублажување на површинската ерозија и обезбедување повеќекратни дополнителни придобивки. Имплементацијата на санацијата на сливот може да започне веднаш, како што е означено со непрекинатата рамка на Слика 46, доколку се достапни средства; сепак, таа може да се одложи и да се спроведе како четврт чекор.

4.5.2 Интеграција на поддржувачки политики и институционални мерки

Во Дел 2.2.1, беа дискутирани пет интервенции поврзани со политиките, како што е прецизирано во Табела 13, и беа идентификувани одговорностите за нивно спроведување. Овие интервенции беа развиени според сценариото „како во вообичаената пракса“, во кое градот не спроведува структурни мерки за ублажување на ризикот од поплави. Во таков случај, ќе треба да се спроведат сите интервенции поврзани со политиката за да се намалат влијанијата од поплавите, истовремено признавајќи и прифаќајќи го повисокото ниво на преостанат ризик за време на екстремни настани. Сепак, интервенциите поврзани со политиките не можат да функционираат како доволни и ексклузивни решенија. Структурните мерки, како што се прикажани во рамката за адаптација прикажана на Слика 46, се неопходни и мора да бидат надополнети со политички мерки за да се обезбеди сеопфатна и ефикасна стратегија за управување со ризици од поплави. Според овој интегриран пристап, не сите интервенции поврзани со политиките остануваат подеднакво неопходни. Само политичката интервенција бр. 1, „Зајакнување на спроведувањето на постојните закони и прописи“ и политичката интервенција бр. 4, „Вклучување на мапирање на ризици од поплави во идното планирање на урбанистичкиот развој“, би биле задолжителни, додека преостанатите интервенции на политиките би можеле да се сметаат за поддржувачки, а не задолжителни.

Табела 13: Список на интервенции поврзани со политиките и нивните приоритети за имплементација

Интервенција на политиките бр.	Интервенција на политиките	Приоритет на имплементација	Белешки / Образложение
1	Зајакнување на спроведувањето на постојните закони и прописи	Висок / Задолжителен	Од суштинско значење за спроведување на законите, особено во врска со користењето на поплавните рамнини за приватни цели и градежништво.
2	Јавна свест и едукација за ризиците од поплави	Средно / Опционално	Корисно, но не задолжително; ја поддржува подготвеноста на заедницата и намалувањето на ризикот.

3	Развој на планови за реагирање во итни случаи	Средно / Опционално	Поддржува отпорност и координација за време на екстремни настани; се препорачува, но не е задолжително.
4	Вклучување на мапирање на ризици од поплави во идното планирање на урбанистичкиот развој	Висок / Задолжителен	Обезбедува долгорочна интеграција на ризикот од поплави во урбанистичкото планирање; ја надополнува Политика 1.
5	Преселба на жители од подрачја склони кон поплави	Ниско / Може да се изостави	Непотребно ако се имплементираат структурни мерки во рамката за прилагодување (Слика 46); преместувањето можеби нема да биде потребно.

Интервенција на политиките бр. 1 е од суштинско значење за спроведување на постојните законски и регулаторни рамки, особено оние што го регулираат користењето на поплавните рамнини за приватни активности и градежништво. Неговата ефикасност би била зајакната со Интервенција на политиките бр. 4, која обезбедува систематска интеграција на мапирањето на ризиците од поплави во идните процеси на урбанистичко планирање и развој.

Останатите политики може да се сметаат за незадолжителни, но сепак поволни за спроведување, особено интервенциите во политиката бр. 2 и бр. 3. Интервенции на политиките бр. 5 може да се изостави во рамката претставена на Слика 46, бидејќи спроведувањето на структурни мерки значително би ја намалило потребата од преселување на жителите од областите склони кон поплави.



www.citygapfund.org/

Од неговото лансирање во 2020 година, City Climate Finance Gap Fund обезбедува техничка помош на градовите во земјите со ниски и средни приходи за да ја поддржи раната подготовка на климатски паметни инфраструктурни проекти, вклучувајќи решение за финансирање на енергетските трансформации.