

Povijesni pregled regulacijskih radova na rijeci Savi kod Zagreba

Kos, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:540795>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-01**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Luka Kos

**Povijesni pregled regulacijskih radova na rijeci
Savi kod Zagreba**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Luka Kos

**Povijesni pregled regulacijskih radova na rijeci
Savi kod Zagreba**

ZAVRŠNI ISPIT

Izv. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Luka Kos

**Historical overview of the river training works
on the Sava River in Zagreb**

FINAL EXAM

Assoc. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Zagreb, 2024.

ZAHVALE

Draga obitelji, velika vam hvala na svakoj podršci, ohrabrenju i poticaju tijekom svakog teškog i zahtjevnog trenutka u proteklom periodu mog akademskog života. Hvala prijateljima na svim uspomenama i „bitkama“ koje smo vodili kako bismo svladali svaku prepreku te ostvarili željeni cilj. Hvala im što su bili beskrajna motivacija, „vjetar u leđa“ i izvor smijeha u najstresnijim trenucima. Zahvaljujem se svom mentoru na svojoj pomoći potrebnoj za pisanje ovog završnog rada, a tako i svim profesorima koji su mi pružili potrebna znanja i vještine kako bih zaokružio još jednu životnu epohu te se iznimno veselim budućoj suradnji i izazovima pred nama.



OBRAZAC 2

TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: Luka Kos

JMBAG: 0082067301

Završni ispit iz kolegija: Hidrotehničke građevine

Naslov teme završnog ispita (HR): Povijesni pregled regulacijskih radova na rijeci Savi kod Zagreba

Naslov teme završnog ispita (ENG): Historical overview of the river training works on the Sava River in Zagreb

Opis teme završnog ispita:

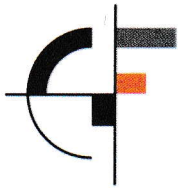
U ovom radu potrebno je opisati povijest regulacijskih radova na rijeci Savi od granice do Ivanje reke. Potrebno je osvrnuti se na potrebu regulacije, korištene metode gradnje te učinak regulacijskih građevina. Koristiti arhivske snimke i usporediti ih s današnjim stanjem. Napraviti osvrt na potrebu daljnje regulacije rijeke Save i aktualne projekte.

Datum: 9. 4. 2024.

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Gordon Gilja

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Luka Kos (Ime i prezime)	0082067301 (JMBAG)
-----------------------------	-----------------------

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Povijesni pregled regulacijskih radova na rijeci Savi kod Zagreba (Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Historical overview of the river training works on the Sava River in Zagreb (Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

 (Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

 (Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)
--

Datum: 16.9.2024.

Mentor: izv.prof.dr.sc. Gordon Gilja

Potpis mentora: 

Komentor:

SAŽETAK

Ovaj rad istražuje povijest regulacijskih radova na rijeci Savi u segmentu od granice s Republikom Slovenijom do Ivanje Reke, fokusirajući se na potrebu za regulacijom, korištene metode gradnje i učinke regulacijskih građevina. Regulacija rijeke Savi započela je zbog potrebe zaštite od poplava, kontrole sedimentacije i omogućavanja održivog urbanog razvoja. U radu se posebno razmatra specifičan događaj koji je imao najveći utjecaj za početak projekta ozbiljnije regulacije rijeke Save na području grada Zagreba, a to je poplava koja se dogodila 1964. godine. Korištene metode gradnje uključivale su izgradnju nasipa, obaloutvrda, izgradnju preljevniha objekata i kanaliziranje korita. Ove regulacijske građevine značajno su promijenile hidromorfologiju rijeke, smanjivši prirodnu dinamiku i utjecali na kvalitetu ekosustava uz rijeku. Rad također analizira učinke tih intervencija na okoliš i društvo, uključujući promjene u biološkoj raznolikosti, kvaliteti vode i urbanom razvoju. Osvrt na potrebu daljnje regulacije rijeke Save uključuje razmatranje aktualnih izazova kao što su klimatske promjene i urbanizacija. Navedene su varijante najpovoljnijeg rješenja hidroloških problema koji bi se mogli pojaviti u budućnosti na vodotoku rijeke Save i okolnom području. Aktualni projekti koji se provode ili planiraju, poput revitalizacije prirodnih staništa i unapređenja sustava upravljanja vodama, predstavljaju ključne aspekte za budući razvoj rijeke i njezine okolice.

Ključne riječi: Sava; Zagreb; regulacijski radovi; poplava; ekološki i društveni utjecaji; potrebna daljnja regulacija.

SUMMARY

This thesis investigates the history of regulation works on the Sava River in the segment from the border with the Republic of Slovenia to Ivanja Reka, focusing on the need for regulation, the construction methods used and the effects of regulation buildings. Regulation of the Sava River began due to the need to protect against floods, control sedimentation and enable sustainable urban development. The thesis specifically considers an event that had the greatest impact on the beginning of the project of more serious regulation of the Sava River in the area of the city of Zagreb and that is the flood that occurred in 1964. The construction methods used included the construction of dikes, embankments, construction of overflow facilities and channelization of the riverbed. These regulatory structures significantly changed the hydromorphology of the river, reducing the natural dynamics and affecting the quality of the ecosystem along the river. The thesis also analyzes the effects of these interventions on the environment and society, including changes in biodiversity, water quality and urban development. Reviewing the need for further regulation of the Sava River includes consideration of current challenges such as climate change and urbanization. Variants of the most favorable solution to hydrological problems that could appear in the future on the watercourse of the Sava River and the surrounding area are listed. Current projects that are being implemented or planned, such as the revitalization of natural habitats and the improvement of the water management system, represent key aspects for the future development of the river and its surroundings.

Key words: Sava; Zagreb; regulatory works; flood; environmental and social impacts; further regulation required.

SADRŽAJ

ZAHVALE.....	i
SAŽETAK	ii
SUMMARY	iii
SADRŽAJ	iv
1. UVOD	1
2. METODE I TEHNIKE RADA.....	2
3. POVIJESNI PREGLED REGULACIJE RIJEKE SAVE U ZAGREBU.....	3
3.1. Razvoj regulacijskih radova u 18., 19. i 20. stoljeću	3
3.2. Urbanistički razvoj uz Savu	7
4. GLAVNI REGULACIJSKI RADOVI NA RIJECI SAVI U ZAGREBU.....	8
4.1. Izgradnja nasipa	8
4.2. Uređenje korita.....	9
4.3. Ostale regulacijske građevine.....	10
4.4. Pragovi u koritu rijeke Save	11
5. EKOLOŠKI I DRUŠTVENI UTJECAJI REGULACIJSKIH RADOVA.....	13
5.1. Ekološki utjecaj	13
5.2. Društveni utjecaj.....	13
6. IZAZOVI I BUDUĆI PLANOVI REGULACIJE RIJEKE SAVE	14
7. ZAKLJUČAK	16
POPIS LITERATURE	17
POPIS SLIKA	18

1. UVOD

Rijeka Sava poznata je kao rijeka koja prolazi kroz četiri države, a jedna od njih je i Republika Hrvatska u kojoj je upravo Sava rijeka s najduljim vodotokom duljine 510 km, s izvorom u Julijskim Alpama (sjeverozapadna Slovenija) te kao rijeka koja spaja tri metropole (Ljubljana, Zagreb i Beograd) od značajne je važnosti u Europi. Nastala je iz dviju slovenskih rijeka pod nazivom Sava Bohinjka te Sava Dolinka, a osim toga ona je i desni pritok rijeke Dunav u koju se ulijeva 946 km nizvodno od izvora, dok je njezino porječje površine 95 835 km² u čije područje osim Hrvatske spada teritorij Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije, Albanije i Crne Gore. Duž cijelog svog toka rijeka Sava sadrži gotovo 250 pritoka dok je njena širina u izvoru svega nekoliko metara, a primjerice na ušću u rijeku Dunav u Beogradu široka je gotovo 300 metara. Uz 64% zaštićenog toka u raznim kategorijama, Sava ima važnu ulogu u opskrbljivanju okolnih polja te podzemnih spremnika velikim količinama vode iznimno važnim za ekosustav i vodoopskrbu ljudi, a također je stanište mnogobrojnim biljnim i životinjskim vrstama. Sama rijeka ima kišno-snežni režim, a u slivu Save nalaze se vlažna staništa Lonjsko polje i ribnjak Crna Mlaka. Neke od najvećih prijetnji rijeci Savi su pregrađivanje zbog izgradnji hidroelektrana i pretjerano vađenje sedimenta. Pregrađivanje Save sprječava migraciju vodenih organizama te transport sedimenta pa se zbog toga rijeka ukopava u vlastito korito, a samim time se smanjuje razina podzemnih voda što dovodi do sušenja šuma i poljoprivrednih površina, a ugrožena su i vodocrpilišta pitke vode u gradu Zagrebu te objekti uz Rijeku. Dan rijeke Save svake godine održavamo prvog dana u mjesecu lipnju kada se različitim aktivnostima skreće pozornost na njezinu ekološku vrijednost i gospodarski potencijal. (1) (6)

Cilj ovog završnog rada je opisati povijest regulacijskih radova te osvrnuti se na potrebu daljnje regulacije i aktualne projekte na rijeci Savi. U radu ćemo se također osvrnuti na korištene metode gradnje i učinak regulacijskih građevina, odnosno hidrotehničkih građevina koje se grade u sklopu uređenja vodotoka i zaštite od fluvijalne erozije.



Slika 1.: Tok i porječje rijeke Save (Izvor: [1])

2. METODE I TEHNIKE RADA

Pri razradi teme analiza literature korištena je kao primarna istraživačka metoda kako bi se obuhvatio povijesni i tehnički razvoj regulacijskih radova na rijeci Savi. Ova metoda omogućila je pregled postojećih znanstvenih radova, tehničkih izvještaja, studija i arhivske dokumentacije vezane uz regulaciju rijeka, a osobito rijeke Save. Korišteni su izvori poput publikacije Hrvatskih voda, urbanistički planovi grada Zagreba, povijesna dokumentacija o uređenju rijeke Save, tehničke studije o poplavama te dodatna literatura dodijeljena od strane mentora. Cilj ove metode je razumjeti ključne aspekte teme regulacijskih radova, upoznavanje s povijesnim kontekstom regulacijskih radova te njihov utjecaj na urbani razvoj i zaštitu od poplava.

Kao dio istraživanja, razmotrena je povijest rijeke Save kod Zagreba, odnosno primijenjena je metoda analize slučaja na konkretan događaj, a to je poplava rijeke Save u Zagrebu 1964. godine. Na taj način omogućeno je detaljnije razumijevanje kako je taj događaj potaknuo opsežne regulacijske projekte. U sklopu analize slučaja, proučavani su tehnički izvještaji o sanaciji poplavljenih područja, inženjerska rješenja za zaštitu grada, kao i dugoročni urbanistički planovi koji su proizašli iz tog razdoblja.

3. POVIJESNI PREGLED REGULACIJE RIJEKE SAVE U ZAGREBU

Prostor hrvatskih povijesnih zemalja izuzetno je bogat vodama pa tako izdvajamo i tri velike rijeke Savu, Dravu i Dunav. Iako se starija historiografija bazirala na političke čimbenike i političku povijest, danas se ipak povjesničari dotiču i povijesti kako europskih tako i hrvatskih rijeka među kojima izdvajamo i povijest rijeke Save. Naseljenost područja u okolici grada Zagreba postoji više od 35000 godina, a bilježi se i da su prvi ratari i stočari svoje nastambe podizali još od kamenog doba u podnožju Medvednice i između brojnih meandara rijeke Save. Rijeka Sava za grad Zagreb u svojoj povijesti imala je višestruko značenje, a jedno od njih je promet uzvodno i nizvodno, a isto tako i odvoz i dovoz robe. S druge strane bio je važan prijelaz preko Save kako bi se osigurala cestovna veza Zagreba i Ugarske te put prema moru. Grad Zagreb se za razliku od većine ostalih srednjoeuropskih gradova nije razvio na obali rijeke, nego u prigrorskom pojasu koji ga je štiti od poplava, a razvojem Donjeg grada i gradskih sela u savskoj nizini u drugoj polovici 19. stoljeća, neregulirana Sava postaje jedan od glavnih ograničavajućih čimbenika intenzivnije preobrazbe savskog poloja. (7) (8) (9)

Šire područje grada Zagreba pripada srednjem toku rijeke Save u kojem se nalaze mnogobrojni meandri, rukavci, sprudovi i otoci nastali nanošenjem šljunka koje rijeka nosi od svog izvora u Alpama prema nizini. Današnji pogled na rijeku Savu u Zagrebu daje dojam da rijeka mirno vijuga zagrebačkom nizinom, no ona je poprilično dinamična rijeka te je bila veoma poplavna rijeka na koje grad Zagreb nije imao odgovora do 20. stoljeća, nego se oslanjao na prirodu. (7) (8) (9)

3.1. Razvoj regulacijskih radova u 18., 19. i 20. stoljeću

U potpunosti je skriven pravi karakter rijeke Save koja je prije dominirala nizinom ispred Zagreba, no zahvaljujući sačuvanim kartama iz 18. i 19. stoljeća, danas možemo uvidjeti njezinu moć te pronaći niz lokacija na kojima je utjecala na urbanizam grada Zagreba kroz godine. Prva sustavna izmjera prostora Habsburške Monarhije (Jozefinska izmjera) odvila se u periodu između 1763. i 1787. godine, a za prostor Hrvatske tijekom 1783. i 1784. godine pa samim time je zabilježen i položaj rijeke Save. Druga izmjera (Franciskanska izmjera) na prostoru grada Zagreba provedena je između 1847. i 1877. godine. Karte su bile oblikovane u mjerilu 1:28800, a za ono vrijeme su prikazivale nevjerojatne detalje. Danas su te karte digitalizirane i georeferencirane od strane platforme Arcanum Maps. Posebno su problematična bila istraživanja tokova rijeka budući da su se karte preklapale, a greške se javljaju zbog odstupanja točnosti koje je kod Jozefinskog mjerenja prosječno 30 do 100 metara, dok je Franciskanska izmjera znatno preciznija. (13) (14)



Slika 2.: Problem preklapanja karti na prostoru današnjeg Trnja, Vrbika i Cvjetnog naselja
(Izvor: [13])

Regulacija Save započinje već u 19. stoljeću kada su prve poplave uzrokovale ozbiljne štete na infrastrukturi i poljoprivrednim područjima. Kada se grad Zagreb proširio i na prostore izvan brda i spustio u nizinu, počele su se javljati ideje o regulaciji rijeke. Izgradnja Kraljevske ugarske željeznice 1870. godine, uzdizanjem tračnica na manji nasip, djelomično je zaštitila grad. Navedeni nasip štitio je samo područje Donjeg grada, dok je područje južnije bilo nezaštićeno i pogođeno dvjema velikim poplavama 1895. godine. Potaknuti doista nerijetkim poplavama i daljnjim širenjem grada južno, gradske su vlasti odlučile pokrenuti ozbiljan projekt regulacije Save 1899. godine koji je, zbog niza problema i razdoblja između dvaju svjetskih ratova, dovršen tek 1950-ih godina. 1958. godine pokrenuta je nova akcija izrade kompletnog projekta uređenja doline Save kojim je obuhvaćeno 298 000 ha površina Gornje Posavine. Projekt je predviđao izgradnju 7 retencijskih bazena, komasacija zemljišta s detaljnim odvodnjavanjem, melioracija obradivih površina od Zagreba do Stare Gradiške i druge popratne radove. U istom periodu proveden je i projekt regulacije Save od Beograda do Zagreba, kao i idejni projekt uređenja Jelas polja, Crnac polja Biđ-bosutskog polja i mnogih drugih, no u konačnici, zbog nedostatka novčanih sredstava i financija, ostvareno je jako malo na području Jasenovca i Dubice. (8) (13) (14)

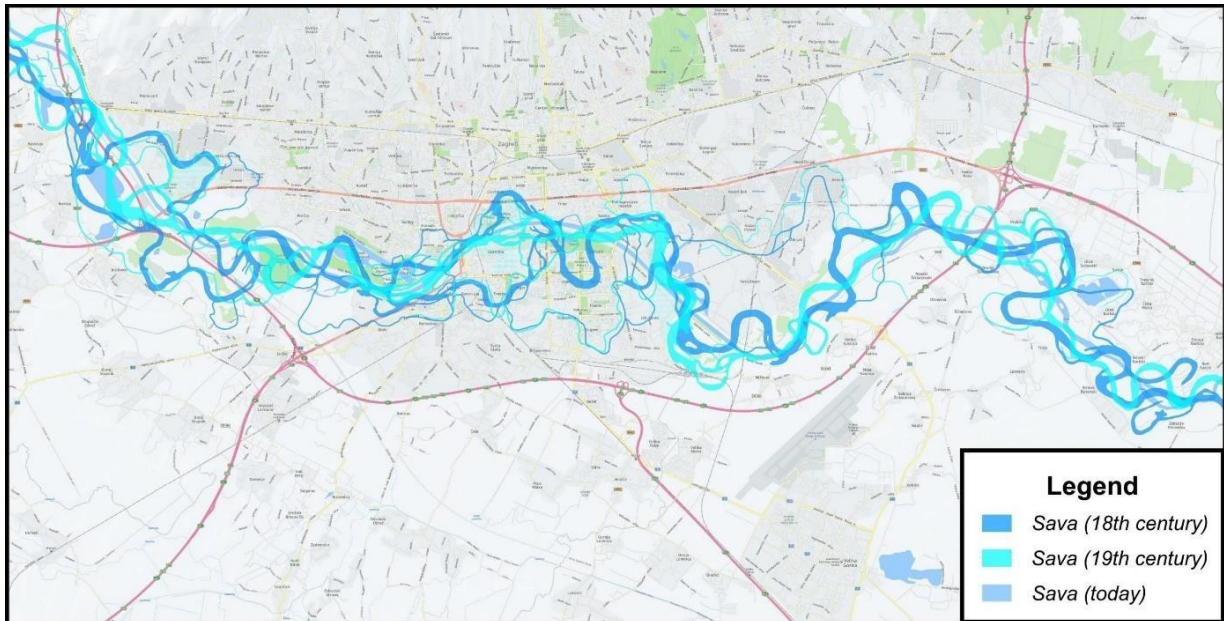
Najveći se dio regulacijskih radova dogodio nakon velike zagrebačke poplave 1964. godine. Izgubljeno je 17 ljudskih života, uništeno 10000 stanova, 3297 gospodarskih zgrada, 120 poduzeća, 2 kilometra autoceste, a 40000 ljudi ostalo je bez krova nad glavom. Poplava je ostavila velik utjecaj na razvoj grada Zagreba i oblikovala dugoročne strategije za zaštitu od

poplava koji su uključivali izgradnju nasipa, uređenje korita rijeke i planiranje protupoplavnih mjera. Izgradnjom nasipa u donjem toku rijeke Save razvila su se veća ili manja zatvorena melioracijska područja. (3)



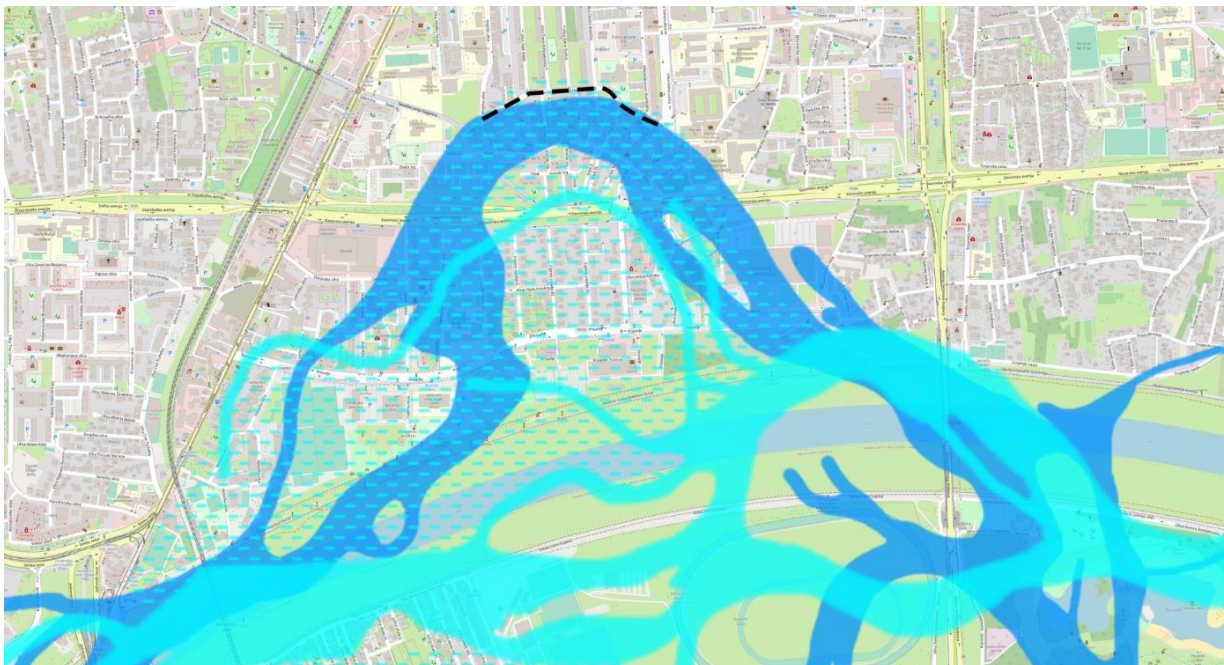
Slika 3.: Poplava u gradu Zagrebu 1964. godine (Izvor: [3])

Nakon sagledavanja problema, zaključeno je da se rješenja ne mogu ostvariti samo tehničkim interveniranjem na ugroženom području, nego se moraju sagledati i iznimno širi okvirni prostori. Današnja propusna moć korita Save u Zagrebu iznosi $3100 \text{ m}^3/\text{s}$, a nizvodnije kod Rugvice $1900 \text{ m}^3/\text{s}$, dok ekstremno velike vode u Zagrebu u stogodišnjem povratnom razdoblju iznose $3780 \text{ m}^3/\text{s}$. Problemi kod uređenja rijeke Save sagledavani su i rješavani jednostrano, odnosno jednom je rješavana plovidba, drugi put regulacija, a zatim obrana od poplave ili melioracija, no nijedan projekt nije obuhvatio cjelinu problema i rješavao ih kompleksno. Također nakon velike poplave u Zagrebu, Skupština grada Zagreba uputila je Saveznom zavodu za međunarodnu naučnu i tehničku suradnju molbu za pomoć eksperata Ujedinjenih naroda kako bi se grad zaštitio od novih mogućih poplava. Nakon niza studija, analiza i projekata, zaključeno je da se problematika može riješiti samo suvremenom tehnikom kompleksnim uređenjem sliva Save. Specijalni fond Ujedinjenih naroda za ovaj projekt izradio je Plan operacija koji je sporazumno potpisan 1. kolovoza 1968. u Beogradu. (8) (7)



Slika 4.: Rekonstrukcija toka rijeke Save na širem zagrebačkom području u 18. i 19. stoljeću (Izvor: [13])

Utjecaj rijeke Save na današnji izgled ulica i grada Zagreba najbolje se očituje na primjeru Ulice Lavoslava Ružičke. U tom dijelu grada zadirala je i sama rijeka sve do regulacije u 20. stoljeću, a današnji oblik i smjer pružanja ulice gotovo se u potpunosti poklapa s izgledom sjeverne obale Save u prošlosti. (13)



Slika 5.: Ulica Lavoslava Ružičke u Zagrebu u odnosu na tok rijeke u 18. i 19. stoljeću (Izvor: [13])

3.2. Urbanistički razvoj uz Savu

Zagreb se početkom 17. stoljeća odlikovao isključivo srednjovjekovnim obilježjima, ali se krajem stoljeća s nastavkom u 18. stoljeću primijetila znatna promjena te je otvoren put prema razvoju modernog grada. Jezgra grada bila je koncentrirana na Gornjem gradu, a područje uz Savu bilo je uglavnom močvarno i s poplavnim ravnicama nepogodnim za gradnju. Regulacijski radovi na Savi, u smislu izgrađenog nasipa s obje strane rijeke i stabilizacije i suženja toka, omogućili su i razvoj novih stambenih i poslovnih zona. Osim protupoplavne zaštite, regulacijski radovi na Savi bili su ključni i za širenje grada prema jugu. Uvođenjem novih naselja, prometnica i infrastrukture uz rijeku povezan je središnji dio grada s južnim čime je omogućeno širenje grada prema Novom Zagrebu. Ključnu ulogu u prometnoj povezanosti grada i okolice imala je i izgradnja mostova preko rijeke Save poput Željezničkog mosta, Mosta Slobode, Domovinskog mosta i drugih. Jedan od najvažnijih aspekata urbanističkog razvoja je stvaranje Novog Zagreba koji je zamišljen kao moderno naselje s velikim stambenim zgradama, širokim ulicama i s mnogo zelenih površina. Novi Zagreb intenzivno je rastao kao i regulacijski radovi u drugoj polovici 20. stoljeća, iako je do tada jugoistočni dio grada bio poljoprivredno i industrijsko područje zbog velike opasnosti od poplava. Planiranje Novog Zagreba bilo je inspirirano modernističkim idejama i principima funkcionalizma pa je tako prostor organiziran prema zonama stanovanja, rada i rekreacije, a Sava je u tom kontekstu predstavljala prirodnu granicu i povezanost starog i novog dijela grada, ali također i rekreativni i ekološki prostor. U prošlosti smatrana kao prepreka u razvoju Zagreba zbog poplava, a danas je ključan prostor za sport, rekreaciju i kulturu sa raznim sadržajima u parkovima poput Bundeka. Tijekom 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća počela su se razvijati javna kupališta poput Jaruna. (12) (14)

4. GLAVNI REGULACIJSKI RADOVI NA RIJECI SAVI U ZAGREBU

Regulacijski radovi na rijeci Savi podrazumijevali su izgradnju nasipa s obje strane rijeke, uređenje korita Save, izgradnju obaloutvrda i pragova te stvaranje višenamjenskih sustava zaštite i upravljanja vodama. Ovi radovi ključni su za razvoj infrastrukture i sigurnost stanovništva. S urbanim razvojem i širenjem grada uslijedila je i dogradnja postojećih i gradnja novih nasipa te drugih građevina za zaštitu i smanjenje štete od poplava. Odmah nakon poplave u Zagrebu 1964. osmišljeno je rješenje koje koristi prirodne terenske predispozicije, odnosno viškove velikih voda odnose se u prostore koji su i u prirodnim uvjetima bili često plavljeni, a predviđeno je i oko 56000 ha retencija koje svojom ukupnom zapreminom zaštićuju ugrožena područja. (3) (9)

4.1. Izgradnja nasipa

Izgradnja nasipa na rijeci Savi bila je ključna mjera u zaštiti od poplava (osobito nakon poplave iz 1964. godine) i preduvjet za siguran urbanistički razvoj što govori kako ovi nasipi imaju dvojaku funkciju. Prvi koraci izgradnje bili su geodetska istraživanja i procjene terena gdje se mjerila visina tla, a procjenjivala se širina tijela nasipa dovoljna za trajnu zaštitu grada u slučaju velikih voda. Proučavale su se i podzemne vode i stabilnost tla na kojemu će se nasip graditi. Gradiva koja su se koristila su zemlja i pijesak kao osnovni materijali za nasipavanje, šljunak i glina na kritičnim mjestima kao dodatno ojačanje konstrukcije (šljunak služi za drenažu, a glina za stvaranje nepropusnih slojeva za sprječavanje prodora vode) te kamen za stabilnost tla i srpječavanje urušavanja nasipa i betonska obloga u obliku betonskih ploča za oblaganje nasipa. Faza gradnje nasipa započela je iskopima i pripremom podloge što je podrazumijevalo čišćenje slojeva tla i ravnanje podloge, zatim se nasipavala zemlja s pijeskom te zbijala kako bi se dosegla maksimalna čvrstoća. Nakon nasipavanja nasip se oblagao vegetacijom, uglavnom travom, kako bi se spriječila erozija, a na mjestima izloženim direktnim udarima vode obloga je kamena ili betonska. Završni radovi su uključivali i izgradnju popratnih građevina kao što su sustav odvodnje u slučaju oborina, manji nasipi te drenažni kanali kako bi se smanjio pritisak na glavne nasipe i pristupni putevi za održavanje nasipa. (2)

Obostrani nasipi u Zagrebu položeni su na razmaku od 300 m s koritom za srednje vode širine 110 m te s lijevom (širine 80 m) i desnom (širine 110 m) inundacijom. Na gradskom području od podsusedskog do mičevečkog mosta (20 km udaljenosti) kruna nasipa nadvisuje kotu 1000 godišnje velike vode za 1 metar, dok ostale dionice nasipa imaju nadvišenje od 1.2 m. Visoki su između 6 i 8 metara, a građeni su u nekoliko faza pa ih dijelimo na zapadne (zapad Zagreba, Prečko i Jarun), središnje (štite naselja poput Trnja i Novog Zagreba) i istočne (jugoistok grada, industrijske zone) nasipe. (2)

Nakon izgradnje, savski nasipi zahtijevaju redovito održavanje kako bi zadržali funkcionalnost i trajnost, a to podrazumijeva redovne inspekcije stabilnosti i oštećenja, održavanje vegetacije

na nasipu i ojačavanje nasipa na kritičnim mjestima koja su pod utjecajem intenzivnih oborina ili visokih vodostaja. Osim zaštitne uloge, služe kao i rekreacijska zona s biciklističkim stazama, šetnicama i sportskim terenima, a omogućili su i sigurnu izgradnju mostova preko Save. (2)



Slika 6.: Savski nasip u Zagrebu uz Obalu dr. Savke Dabčević Kučar (Izvor: [4])

4.2. Uređenje korita

U sklopu regulacijskih radova, korito rijeke Save u Zagrebu višekratno je uređivano za osiguranje boljeg protoka, smanjenje rizika od pojave poplava i povećanje plovnosti rijeke. Zabilježeni srednji protok Save (izmjera na vodotoku od slovenske granice do Rugvice) iznosi $320 \text{ m}^3/\text{s}$, dok maksimalni izmjereni protok iznosi $3300 \text{ m}^3/\text{s}$. Glavni zahvati na koritu obavljeni su u razdoblju između 1900. i 1918. godine kada Sava kod Zagreba dobiva i svoj današnji tok. Uređenje korita također je doprinijelo zaštiti od erozije i stabilizaciji obala. Prije regulacije Save, korito je bilo prirodno, meandirajuće i sklono čestim promjenama. Glavni ciljevi uređenja korita bili su sprječavanje poplava u gradu i okolici, kontrola toka rijeke kojom se nastojalo osigurati sigurno i predvidivo otjecanje vode i urbanistički razvoj kojim omogućena izgradnja juga Zagreba. Uređenje korita ostvarilo se proširenjem i produbljenjem kako bi se povećao protok vode što je značilo nastajanje šireg i stabilnog korita koje može podnijeti veće količine vode u slučaju većih oborina ili topljenja snijega u gornjem toku Save. U uređenju korita sudjelovala je i izgradnja obaloutvrda i nasipa. Osim tehničkih radova na regulaciji toka

i uređenju korita, u posljednje vrijeme provode se i ekološke mjere za zaštitu okoliša uz rijeku Savu koje podrazumijevaju pošumljavanje obala, zaštitu prirodnih staništa i kontrolu kvalitete vode.

4.3. Ostale regulacijske građevine

Obaloutvrde u Zagrebu predstavljaju važan dio regulacijskih građevina uz rijeku Savu, a njihova je uloga prvenstveno zaštita urbanih i ruralnih područja od poplava, ali i stabilizacija riječnog korita kao i sprječavanje erozije. Ove strukture su dio opsežnijih regulacijskih radova koji su provedeni kako bi se rijeka Sava obuzdala i omogućila sigurnost i razvoj prostora uz rijeku, posebice u Zagrebu zbog izloženosti poplavama u svojoj prošlosti. Obaloutvrde građene su duž obale rijeke, a u Zagrebu su prve veće obaloutvrde izgrađene krajem 19. i početkom 20. stoljeća kao dio sveobuhvatnih regulacijskih planova. Današnje obaloutvrde koriste napredne materijale i građevinske tehnologije koje omogućuju bolju otpornost na visoke vodostaje i dugovječnost građevine. Korištenje betona, kamena i geotekstila omogućava njihovu učinkovitiju funkciju. (1)

Preljev Jankomir na rijeci Savi u Zagrebu jedan je od ključnih objekata za upravljanje poplavnim rizicima na području grada. Ova specifična regulacijska građevina nalazi se u zapadnom dijelu Zagreba (u blizini Jankomira) 7 km uzvodno od vodomjerne stanice koja se nalazi na 702+800 rkm rijeke Save i ima važnu ulogu u obrani Zagreba od poplava, osobito u slučaju visokih vodostaja rijeke Save. Preljev Jankomir je građevinski objekt koji omogućava kontrolirano preusmjerenje viška vode iz korita rijeke Save u okolna područja, a to su uglavnom poplavne nizine i retencijska područja i u funkciji je od 1979. godine. Ovaj sustav djeluje kao sigurnosni ventil kada vodostaj Save dosegne kritičnu razinu. Djelovanjem preljeva smanjuje se pritisak na korito Save, čime se sprječava izlivanje vode u gusto naseljena područja grada. Preljev je dizajniran kako bi štitio područja poput Novog Zagreba, Trešnjevke i ostalih dijelova zapadnog i južnog Zagreba od poplava. Prije njegove izgradnje smanjenje maksimalnih godišnjih protoka bilo je $3.48 \text{ m}^3/\text{s}$, a nakon njegove izgradnje iznosilo je $1.20 \text{ m}^3/\text{s}$. Današnji je sustav oborinskih nasipa izgrađen za razinu 1000-godišnje velike vode zajedno s funkcijom preljeva Jankomir i oteretnog kanala Odra. Kanal Sava-Odra-Sava također je značajan u obrani od poplava grada Zagreba, a od planiranih 52 km, izgrađeno je samo 32 km kanala. Primarna zadaća kanala je prelijevanje vode u Odransko polje. Osim kanala Sava-Odra-Sava, bitno je spomenuti i ustavu kod naselja Prevlaka.(5)



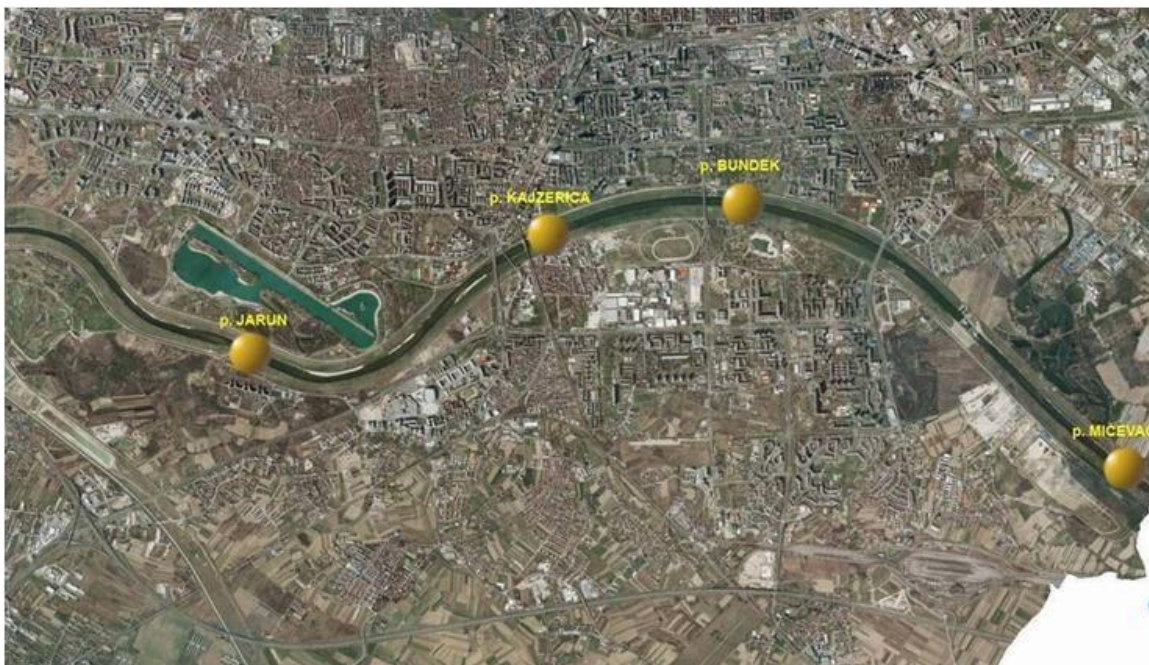
Slika 7.: Preljev Jankomir (Izvor: [5])

4.4. Pragovi u koritu rijeke Save

Zbog izuzetno velikog produbljenja dna rijeke, a posebno na području privremenog praga TE-TO Zagreb, dolazi do nepovoljnih utjecaja na vodni režim, podzemne vode i na sustav obrane od poplava. Navedeni problemi nastoje biti riješeni izgradnjom šest novih pragova na potezu Jarun-Ivanja Reka. Cilj građenja pragova je poboljšanje vodoopskrbe grada Zagreba, poboljšanje stabilnosti korita na području zagrebačkih mostova i poboljšanje vodnog režima za vrijeme malih voda. Pragovi su planirani Višegodišnjim programom gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije. Osnovna zadaća izgradnje regulacijskih pragova je sprječavanje produbljenja korita Save i dodatno stabilizirati korito. Predviđena je gradnja četiri potopljena praga na dionici 695+250 rkm i 705+750 rkm, a to su Prag Jarun, prag Kajzerica, prag Bundek i prag Mičevac. Navedeni pragovi zauzimaju približno 3.5% površine ukupnog promatranog protočnog profila Save. (11)

Gradnja pragova većinski će se odvijati pod vodom, s obala i sa specijalnog plovila za čije je korištenje potrebna privremena građevina na jednoj obali s pristupnom rampom izvedenom uzvodno od mjesta izgradnje praga. Budući da su na uvjeti gradnje složeni, preporuka je da se radovi izvode u razdoblju godine kada su povoljnije hidrološke prilike te kada su protoci manji od $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Na obje strane obale potrebno je osigurati prostor za privremenu

deponiju koja bi trebala biti tako pozicionirana da ne otežava rad mehanizacije na obali i gradnju pragova. Gradnja se vrši od obale prema sredini toka i poželjno je da se krene istovremeno s obje strane. Kada izgradnja pragova završi, potrebno je snimiti stanje građevine i usporediti s projektnim rješenjima. Prelijevanjem vode preko pragova dolazi do poboljšanja kvalitete vode i aeriranja što pridonosi boljim životnim uvjetima riblje zajednice.



Slika 8.: Lokacije planiranih pragova na Savi u Zagrebu (Izvor: [11])

5. EKOLOŠKI I DRUŠTVENI UTJECAJI REGULACIJSKIH RADOVA

Regulacijski radovi na rijeci Savi u Zagrebu imali su značajan utjecaj na okoliš i društvo. Ovi radovi, koji su uključivali izgradnju nasipa, obaloutvrda, kanaliziranje rijeke i druge intervencije, sukladno su potrebama zaštite grada od poplava i poticanja urbanog razvoja. Međutim, njihovi utjecaji na ekosustave i zajednicu su složeni i višestruki. (10)

5.1. Ekološki utjecaj

Regulacija Save dovela je do značajnih promjena u prirodnim staništima uz rijeku. Gradnja regulacijskih građevina često je rezultirala uništavanjem prirodnih staništa biljaka i životinja. Tradicionalni poplavni ekosustavi, koji su pružali stanište za mnoge vrste, su smanjeni ili eliminirani. Regulacija rijeke može uzrokovati fragmentaciju staništa, otežavajući migraciju i kretanje vrsta koje su nekada slobodno koristile cijeli ekosustav rijeke. Intervencije u koritu Save i kanaliziranje utjecali su i na kvalitetu vode. Urbanizacija uz rijeku može povećati količinu zagađivača, uključujući otpadne vode i industrijski otpad, koji se ispuštaju u rijeku, što može smanjiti kvalitetu vode. Regulacijski radovi često promijene prirodni tok rijeke i protok vode, što također može utjecati na ekološke procese i biološke zajednice u vodi. Prirodni procesi sedimentacije su smanjeni što utječe na kvalitetu tla i biološke procese u obalnim područjima. Ukoliko su promjene u toku rijeke Save povećale na pojedinim dijelovima brzinu vode, popratno je moguća pojava erozije obale. (10)

5.2. Društveni utjecaj

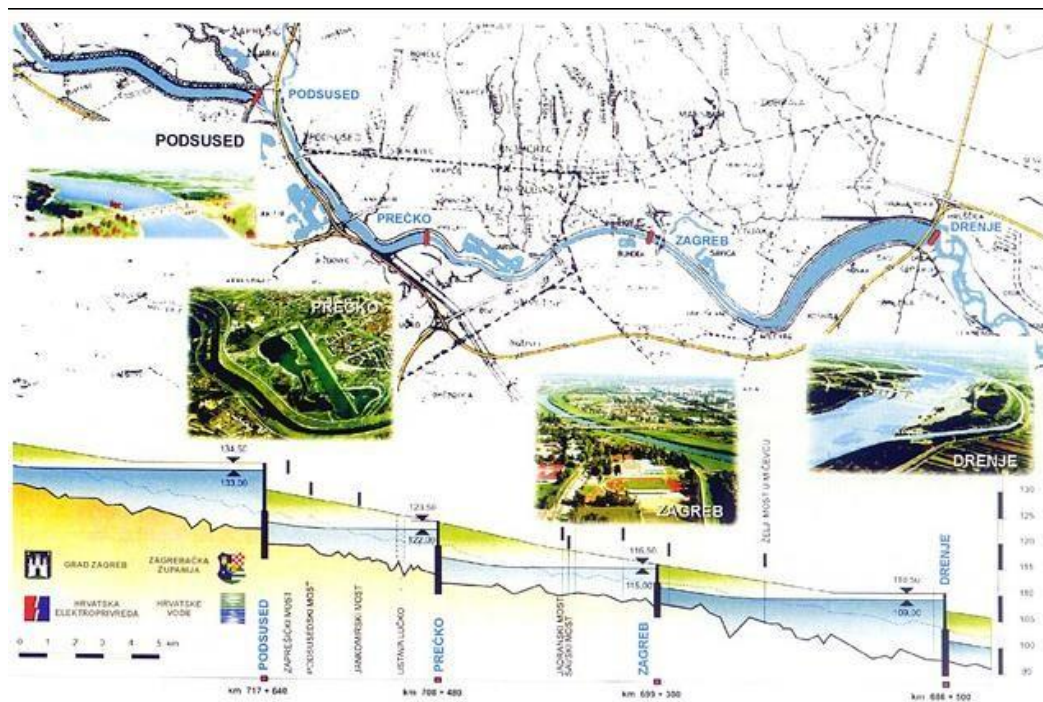
Stabilniji tok rijeke i kontrolirani vodostaji povećavaju sigurnost za stanovnike i smanjuju štete uzrokovane poplavama. Regulirani tok rijeke omogućio je gradnju novih prometnica, mostova i industrijskih objekata, što je doprinijelo gospodarskom razvoju Zagreba. Uređenje prostora uz Savu stvorilo je prilike za društvene aktivnosti, kulturne manifestacije i događaje, čime se poboljšala društvena kohezija i interakcija među građanima. Daljnji razvoj uz rijeku može povećati vrijednost nekretnina, što može biti pozitivno za investitore i vlasnike, ali može također dovesti do problema s pristupačnošću stanovanja za lokalne zajednice, dok razvoj infrastrukture i rekreacijskih područja može poboljšati kvalitetu života. (10)

6. IZAZOVI I BUDUĆI PLANOVI REGULACIJE RIJEKE SAVE

Regulacija rijeke Save suočava se s nizom izazova i problema, a budući planovi uključuju strategije za unapređenje zaštite od poplava, prilagodbu klimatskim promjenama i očuvanje ekološke ravnoteže. Ovi planovi su ključni za održavanje sigurnosti i kvalitete života u gradu Zagrebu. Klimatske promjene uzrokuju promjene u obrascima padalina, temperature i ekstremne vremenske uvjete, a to može uzrokovati češće i intenzivnije poplave, promjene u vodostaju rijeke i povećanim rizikom od katastrofalnih događaja. Ekstremne kiše i topljenje velike količine snijega mogu uzrokovati povećanje vodostaja rijeke što postavlja dodatni pritisak na već postojeće regulacijske građevine. Postoji i mogućnost da postojeći nasipi i preljerni objekti neće biti dovoljni za upravljanje novim vodnim režimom. U budućnosti će sasvim sigurno doći do proširenja asfaltnih i betonskih površina što može povećati količinu otjecanja vode i smanjiti prirodnu apsorpciju, a to će uzrokovati povećati rizik od poplava i otežati upravljanje vodama. Nastojat će se ojačati nasipe i obaloutvrde kako bi izdržali veće vodostaje i ekstremne vremenske uvjete. Implementacija novih tehnologija za praćenje i upravljanje vodama, uključujući senzore za nadzor vodostaja i automatske sustave za upravljanje preljernim objektima, uvelike će pomoći u regulaciji rijeke. Planirana je provedba edukativnih kampanja i radionica za stanovnike o važnosti zaštiti od poplava i pravilnom korištenju infrastrukture. Osim održavanja i obnove postojeće infrastrukture, koja ima smanjenu učinkovitost zbog konstantne izloženosti vodom, povećane erozije i oštećenja strukture, planirana je i gradnja novih regulacijskih građevina poput ranije navedenih pragova u koritu rijeke na relaciji Jarun-Ivanja Reka.

Rješenje problema velikih voda rijeke Save može se očitovati u promjeni odnosa protoka koji se propuštaju oteretnim kanalom Odra i koritom rijeke kroz grad. Ovaj način bi omogućio ukidanje nasipa u gradu Zagrebu, ali bi se protočni kapacitet kanala morao znatno proširiti što je zbog već izgrađenog prostora iznimno osjetljivo pa se ova varijanta odbacuje. Unatoč tomu, postavljene su još dvije varijante najpovoljnijeg hidrotehničkog rješenja s obzirom na postavljene ciljeve i trenutne uvjete. Jedna od njih je ideja da se trenutno stanje zadrži na način stabilizacije korita, sanacije vodonosnika, izgradnja novih mostova za povezivanje obala, uvođenje alternativnih energetske izvora i izgradnja praga sa zapornicom u Prečkom uz zaštitu od poplava od slovenske granice do ušća Krapine. Druga varijanta se odnosi na izgradnju bazena Podsused, Prečko i Drenje s hidroenergetskim iskorištavanjem Save i pet pragova na užem području toka, a umjesto rješenja s pragovima, izgradnja vodne stepenice Zagreb. Na području užeg dijela grada duljine od 11 km nastoji se zadržati inundaciju i trasu nasipa nepromijenjenim te povećanje protjecajnog profila glavnog korita uz približavanje nasipa koritu. S druge strane jedan od glavnih problema je financijsko stanje i isplativost određenih zahvata. Nakon sagledavanja troškova i koristi svih varijanti i njihove usporedbe, odabrano je najpovoljnije rješenje koje sadrži izgradnju bazena Podsused, Zagreb, Prečko i Drenje, odterećenje glavnog korita produbljenjem kanala Odra i njegovim povećanjem kapaciteta.

(10)



Slika 9.: Situacija i uzdužni presjek najpovoljnije predložene varijante (Izvor: [10])

Provedene su i analize koje pokazuju da predloženi sustav, s obzirom na postavljene ciljeve, osigurava održivi razvoj, omogućava tehnički izvedivo i suvremeno rješenje i s gospodarskog stajališta predstavlja opravdani pothvat, a ovo rješenje je i sukladno Programu prostornog uređenja Republike Hrvatske, Prostornim planovima grada Zagreba i Zagrebačke županije, Vodoprivrednoj osnovi grada Zagreba te Strategiji energetskeg razvitka Republike Hrvatske. Izgradnja predloženog sustava važna je zbog održivog razvoja Hrvatske i pokazivanja primjera suvremenog odnosa Hrvatske prema razvoju i okolišu. (10)

8. ZAKLJUČAK

Regulacijski radovi na rijeci Savi u Zagrebu predstavljaju ključan faktor u razvoju grada i zaštiti njegovih stanovnika od poplava. Tijekom godina, ovi radovi su omogućili urbanističko širenje, zaštitu od prirodnih katastrofa i unapređenje prometne infrastrukture, no također su donijeli izazove vezane uz očuvanje prirodnog ekosustava. Početak ozbiljnijih regulacijskih intervencija datira iz druge polovice 19. stoljeća, kada su prvi nasipi i obaloutvrde izgrađeni kako bi se smanjio rizik od poplava koje su često pogađale Zagreb. Najznačajniji događaj koji je ubrzao daljnje radove bila je katastrofalna poplava iz 1964. godine, koja je uzrokovala velike štete i pokazala potrebu za modernizacijom i proširenjem sustava obrane od poplava. Kroz povijest, ključne metode regulacije uključivale su izgradnju nasipa, kanala, preljevskih objekata te regulaciju korita rijeke radi kontrole vodostaja i osiguravanja sigurnosti urbanih područja. Ovi zahvati značajno su promijenili prirodni tok rijeke, smanjujući njenu dinamiku, ali i omogućile širenje grada uz Savu. Radovi su imali dugoročne posljedice na ekosustav rijeke, ali su osigurali sigurnost i omogućili urbanistički razvoj. Regulacijske građevine doprinijele su i u razvoju sportskih terena i poprimile znatnu rekreacijsku ulogu u vidu izgradnje šetališta i biciklističkih staza primjerice na nasipu i dr. Danas se regulacija rijeke Save suočava s novim izazovima poput klimatskih promjena i povećanja razine urbanizacije, što zahtijeva daljnje prilagodbe i projekte s naglaskom na održivi razvoj i zaštitu okoliša. Budući planovi morat će uzeti u obzir održivi razvoj i potrebe stanovnika kako bi Sava ostala siguran, ali i vitalan dio zagrebačkog urbanog i prirodnog okoliša. Zaključno su razmotrene pojedine varijante za rješenje hidroloških problema u budućnosti regulacije rijeke Save na prostoru grada Zagreba. Analizirani su troškovi i investicije te njihova opravdanost i smislenost s obzirom na hidrotehničko rješenje i već postavljene uvjete.

POPIS LITERATURE

- [1] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. - 2024.
- [2] Hrvatske vode, Sava – rijeka s najduljim vodotokom u Hrvatskoj, 2017.
- [3] Hrvatske vode, 57 godina od velike poplave u Zagrebu, 2021.
- [4] Kristo, T.: Zagreb Info, Cropix, 2022.
- [5] Kronike Velike Gorice, Jankomirski preljev, 2023.
- [6] Kuspilić, N., Ocvirk, E.: Hidrotehničke građevine, Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu, 2016.
- [7] Marušić, J.: 55 godina od katastrofalne poplave Zagreba krajem listopada 1964., Hrvatske vode, 2019.
- [8] Marušić, J.: Studija regulacije i uređenja rijeke Save, Hrvatske vode, 2022.
- [9] Ostajmer, B.: Rijeka Sava u povijesti, Slavonski Brod, 2015.
- [10] Pavlin Ž., Pletikapić, Z.: Višenamjensko rješenje uređenja i iskorištavanja Save na području Zagreba, Građevinar 57, 77-85, 2005.
- [11] Sažetak studije utjecaja na okoliš, Pragovi u koritu rijeke Save na dionici Ivanja Reka-Jarun, 2016.
- [12] Slukan Antić, M.: Povijest regulacije rijeke Save kod Zagreba i njene posljedice na izgradnju grada, Institut društvenih znanosti „Ivo Pilar“, 2010.
- [13] Šimunjak, F.: Ukručena moć velike rijeke – rekonstrukcija toka Save na prostoru Zagreba u 18. i 19. stoljeću, 2023.
- [14] Vujasinović, B.: Uloga rijeke Save u povijesnom razvoju grada Zagreba, Ekonomska i ekohistorija, 2007.

POPIS SLIKA

Slika 1: Tok i porječje rijeke Save (Izvor: [1])

Slika 2: Problem preklapanja karti na prostoru današnjeg Trnja, Vrbika i Cvjetnog naselja (Izvor: [13])

Slika 3: Poplava u gradu Zagrebu 1964. godine (Izvor: [3])

Slika 4: Rekonstrukcija toka rijeke Save na širem zagrebačkom području u 18. i 19. stoljeću (Izvor: [13])

Slika 5: Ulica Lavoslava Ružičke u Zagrebu u odnosu na tok rijeke u 18. i 19. stoljeću (Izvor: [13])

Slika 6: Savski nasip u Zagrebu uz Obalu dr. Savke Dabčević Kučar (Izvor: [4])

Slika 7: Preljev Jankomir (Izvor: [5])

Slika 8: Lokacije planiranih pragova na Savi u Zagrebu (Izvor: [11])

Slika 9: Situacija i uzdužni presjek najpovoljnije predložene varijante (Izvor: [10])