

Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega

Novak, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:388816>

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

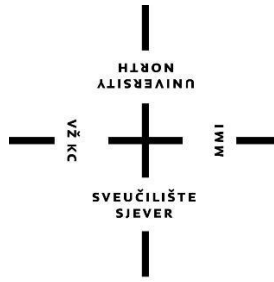
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-01**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





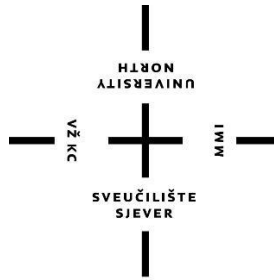
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 482/GR/2024

Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega

Karla Novak, 0336043911

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 482/GR/2024

Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega

Student

Karla Novak, 0336043911

Mentor

izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Karla Novak	JMBAG	0336043811
DATUM	10.04.2024.	KOLIKO	Hidrogradnje
NASLOV RADA	Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Application of the "Monkey Cheek" flood protection concept on the example of the Bednja River near Ludbreg		
MENTOR	dr.sc. Bojan Đurin	ČVAST	Izvanredni profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Željko Kos 2. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin 3. doc.dr.sc. Marko Šrajbek 4. doc.dr.sc. Anđelko Crmoja-zamjenski član 5.		

Zadatak završnog rada

BROJ	482/GR/2024
OPIS	Zbog sve češćih pojava poplava, uz velike količine vode koja se izljevava, nastaju velike materijalne štete, ali i ljudske žrtve. U radu se analiziraju postojeće metode zaštite od poplava, uz primjeru koncepta zaštite od poplava pod nazivom "Monkey Cheek", koji je osmišljen na Tajlandu. Na primjeru rijeke Bednje u blizini Ludbrega, u radu se prikazuje novi koncept zaštite od poplava, kao priprema za klimatske promjene koje Hrvatsku mogu očekivati čak i u bližoj budućnosti. Rad sadržava teoretski i praktični dio. Okvirni sadržaj rada sastoji se od uvodnih razmatranja, analize postojećeg stanja i raspoloživih podataka, prikaza rezultata dobivenih obilaskom terena, analize predložene rješenja i dobivenih zaključaka.

ZADATAC IZLOŽEN 10.04.2024.



[Handwritten signature]

UNIVERSITY
NORTH

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SIEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
|
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Karla Novak (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog rada pod naslovom Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Karla Novak

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Karla Novak (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog rada pod naslovom Primjena "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje kod Ludbrega (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

Karla Novak

(vlastoručni potpis)

Zahvala

Ovim putem htjela bih izreći veliko hvala svom mentoru izv. prof. dr. sc. Bojanu Đurinu na vremenu koje je izdvojio za mene, pomoć i sugestije kod pisanja ovog rada, kao i na strpljenju. Hvala na podršci i svakoj lijepoj riječi, svakom savjetu i svemu što me naučio tijekom ovog obrazovanja.

Hvala svim kolegama koji su bili uz mene jer ovaj period života bez njih ne bi bio isti.

Najveću zahvalu posvetila bih mojim roditeljima, sestrama i dečku koji su prolazili sa mnom najteži dio. Bez njihove potpore, ljubavi, pomoći, ohrabrenja i razumijevanja ne bih uspjela. Hvala do neba.

Sažetak

Rad prikazuje primjenu "Monkey Cheek" koncepta zaštite od poplava na primjeru rijeke Bednje na lokaciji Otok Mladosti kod grada Ludbrega. Postoje mnoge elementarne nepogode, no jedna od najzastupljenijih su poplave. U radu su objašnjene metode zaštite od poplava, kao i metoda "Monkey Cheek", osmišljena na Tajlandu. Tajland je poznat po velikim poplavama, a s obzirom na ekstremne klimatske promjene, očekuje se da će se ovakve poplave pojaviti i u Hrvatskoj. Provedena su terenska istraživanja kod otoka Mladosti, odnosno na jezerima kod ove lokacije. Uz jezera također protječe rijeka Bednja, stoga postoji mogućnost poplava na toj lokaciji. Iz istog razloga ova je lokacija odabrana za primjenu "Monkey Cheek" metode obrane od poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Monkey Cheek, poplave, zaštita od poplave, Tajland, Ludbreg, rijeka Bednja.

Summery

The paper demonstrates the application of the "Monkey Cheek" concept for flood prevention using the example of the Bednja River at the location Island of youth near Ludbreg. There are many types of natural disasters, but floods related issues are the most prevalent. The paper also explains flood protection methods, including a new method "Monkey Cheek", discovered in Thailand. Thailand is known for its severe flooding, and with regard to extreme climate changes, there is possibility that such floods will also occur in Croatia. Field research was carried out near the island of youth, i.e. on the lakes. The river Bednja also flows by the lakes, so there is a possibility of flooding in that location. For the same reason, this location was chosen for the implementation of the "Monkey Cheek" flood defense method.

KEY WORDS: Monkey Cheek, floods, flood protection, Thailand, Ludbreg, Bednja River

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Poplave	2
3.	Podjela poplava	7
3.1.	Nizinske poplave.....	8
3.2.	Poplave krških polja	9
3.3.	Poplave mora	10
3.4.	Bujične poplave	10
3.5.	Urbane poplave	11
4.	Metode zaštite od poplava	15
4.1.	Melioracijska odvodnja	15
4.2.	Geodesign pregrada.....	16
4.3.	Vodeni kavez	17
4.4.	Vodena pregrada punjena vodom	18
4.5.	Tiger brana	20
4.6.	Vreće s pijeskom.....	21
4.7.	Vodne pregrade koje se ugrađuju zbog zaštite pojedinih objekata	22
4.8.	Nerasklopive vodene pregrade.....	23
4.9.	Mobilni zid za zaštitu od poplave	24
4.10.	NOAQ zaštitna pregrada protiv poplava.....	26
4.11.	Hytrans FloodModule zaštita od poplava.....	27
4.11.1.	Sustav MOSE.....	27
5.	"Monkey Cheek" metoda zaštite od poplava	31
6.	Rijeka Bednja – primjer primjene "Monkey Cheek" metode.....	34
6.1.	Opis lokacije	34
6.2.	Hidrološke karakteristike rijeke Bednje	36
6.3.	Lokacija primjene "Monkey Cheek" koncepta	39
7.	Terenska istraživanja	40
7.1.	Lokacija 1	42
7.2.	Lokacija 2.....	44
7.3.	Lokacija 3.....	46
7.4.	Lokacija 4.....	47
7.5.	Lokacija 5.....	49
7.6.	Lokacija 6.....	51
7.7.	Lokacija 7.....	53
7.8.	Lokacija 8.....	55
8.	Zaključak	57
9.	Literatura.....	58

1. Uvod

Govoreći o elementarnim nepogodama, poplave su najzastupljenije. Voda je oduvijek bila jedna od najvažnijih elemenata u svrhu zadovoljenja ljudskih životnih potreba. Iz tog su razloga oduvijek naselja bila građena u blizini velikih rijeka, odnosno tamo gdje su zemljišta bila najplodnija, a dovoljna količina vode osigurana stanovništvu koja bi se na tom istom području bavila poljoprivredom ili gradnjom tvrtka u kojima bi se ljudi zapošljavali. No, isto tako su rijeke donosile velike probleme koji bi odnosili njihove stambene jedinice, a isto tako i usjeve pa se s tog pogleda voda također naziva velikim ljudskim neprijateljem. Poplave su ekstremne hidrološke pojave koje uvelike utječu na stanovništvo, ekonomski razvitak kao i na društvene i ekološke sustave. Uzroci poplava mogu biti razni, no općenito se može reći da su uzrokovane prirodnim pojavama, ali i ljudskim utjecajem. Najgore i najveće poplave izazivaju klimatske promjene kao što su obilne kiše te topljenje leda i snijega ili kombinacija tih dviju. Krčenje šuma, loša poljoprivreda, promjene u slivu nastale antropogenim utjecajima, neadekvatno upravljanje vodama kao i urbanizacija i aktivnosti stanovništva najznačajniji su umjetni utjecaji koji također izazivaju poplave. S obzirom na veliki doticaj s ovakvim nepogodama, počele su se razmatrati razne metode zaštite od poplava. Tako će se u nastavku prikazati neke od njih, ali i istražiti metoda zaštite od poplava, osmišljena na Tajlandu, pod nazivom "Monkey Cheek", koja je kod nas još nepoznata i primijeniti na primjeru rijeke Bednje u Ludbregu.

2. Poplave

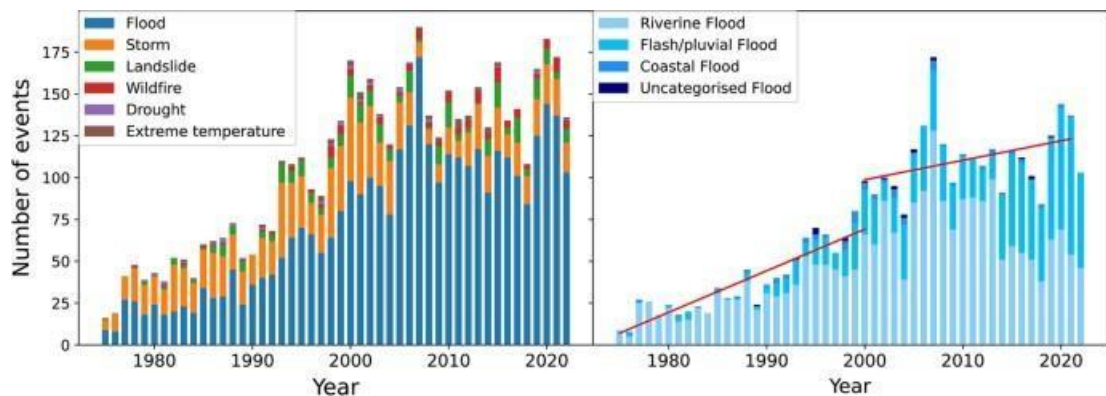
Poplave su jedan od brojnih prirodnih fenomena koje opisuje porast vodostaja, kako u rijekama tako i u jezerima. Također se opisuju kao privremena pokrivenost zemljišta većom količinom vode, koje uobičajeno nije prekriveno vodom. Poplave su tijekom godina uzrokovale mnoge patnje i stradanja milijuna ljudi, ali su također odigrale izrazito važnu ulogu za razvoj civilizacija kao i pružanje podrške ekosustavima. Kod pojave poplava razina vode doseže, to jest premašuje gornju razinu obale, a zatim se prelijevanjem širi na zaobalna područja. Što se tiče vremenske ograničenosti, voda se u poplavljenim područjima može zadržati dulje ili nešto kraće vrijeme, odnosno svaka pojava velike vode je specifična te ovisi o uzroku i količini nastale vode. Vrlo često se voda izlijeva iz korita zbog premalog protjecajnog presjeka te više ili manje plavi površine uz sami vodotok. Poplavljanje uz sami vodotok omogućuje stvaranje lokalne ekspanzijske retencije koje se ograđuju nasipima položenim u slijedu samog toka rijeke kako bi se naselje ili zemljište zaštitilo od poplava. Poplave imaju veliki utjecaj na društvo i okoliš te uzrokuju indirektnu i/ili direktnu štetu koje najviše pogađaju poljoprivredu, promet, energetiku, infrastrukturu, objekte, a isto tako predstavljaju rizik za zdravlje ljudi, život i onečišćenje okoliša. Uz sve ove probleme, moguće je prepoznati i neke pozitivne strane poput prihranjivanja podzemnih voda unutar sušnih područja, poboljšanja plodnosti tla, kao i biološke raznolikosti površinskih voda uzrokovanih transportom hranjivih tvari. Poplave su zapravo jedne od najčešćih i najrazornijih elementarnih nepogoda te su tijekom povijesti učinile velike štete. Tako su u Varaždinskoj županiji posljednju godinu obilježile štete od čak 8.206.370,71 € (Tablica 1) [1].

Tablica 1: Iznos prijavljenih šteta iskazanih u eurima, od 2023.godine [1]

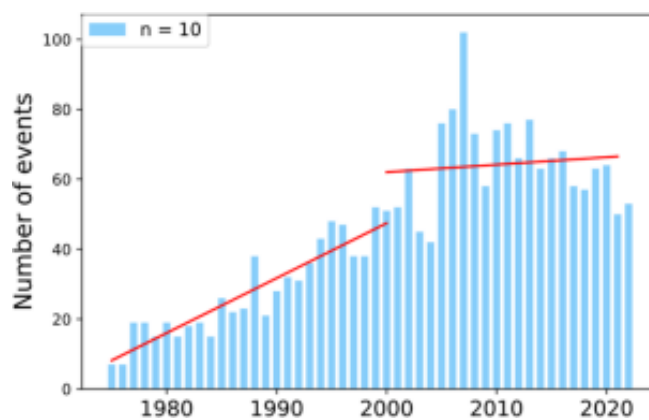
VARAŽDINSKA ŽUPANIJA																		
RBR	GODINA	POTRES	OLUJNI I ORKANSKI VJETAR	POŽAR	POPLAVA	SUŠA	TUČA, KIŠA KOJA SE SMRZAVA U DODIRU S PODLOGOM	MRAZ	IZVANREDNO VELIKA VISINA SNJEGA	SNJEŽNI NANOS I LAVINA	NAGOMILAVANJE LEDA NA VODOTOCIMA	KLIZANJE, TEČENJE, ODRONJAVANJE I PREVRTANJE ZEMLJIŠTA	DRUGE POJAVE	UKUPNO				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1.	2019.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
2.	2020.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.390.372,72	5.162.659,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6.543.031,22				
3.	2021.	21.847.521,46	0,00	0,00	0,00	1.345.641,91		8.750.131,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31.943.295,07				
4.	2022.	0,00	0,00	0,00	0,00	85.419.480,86	74.960.718,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	159.480.199,05				
5.	2023.*	0,00	0,00	0,00	8.206.370,71	0,00	2.233.832,56	0,00	0,00	0,00	0,00	22.557.148,51	0,00	32.997.351,78				

Istraživanja također pokazuju da će se uslijed klimatskih promjena povećati učestalost, kao i broj poplava. Procijenjeno je kako će godišnje, broj ljudi izloženih poplavama, sa sadašnjih 775.000 stanovnika, do 2085. godine, narasti i do 5 milijuna stanovnika [1].

Poplave su u svijetu jedne od najgorih elementarnih nepogoda i uglavnom su krive za mnoge smrtne slučajeve, ali i ekonomske štete. Na slici 1 prikazan je broj katastrofa s lijeve strane i poplave s desne, s jednim ili više smrtnih slučajeva, koji se sve više s godinama povećava, dok je na slici 2 prikazan broj poplava s čak 10 i više smrtnih slučajeva [2].



Slika 1: Broj katastrofa (lijevo) i broj poplava (desno) s jednim ili više smrtnih slučajeva [2]



Slika 2: broj poplava s 10 i više smrtnih slučajeva [2]

Poplavnim područjima (slika 3) nazivaju se niža područja koja su najviše sklona poplavljanju. Uglavnom su to uski prostori uz same rijeke, no mogu predstavljati i izuzetno veća i šira područja čija površina prelazi nekoliko tisuća hektara. Primjer

ovakvih područja je Kopački rit uz rijeku Dravu i Dunav, kao i Lonjsko polje uz rijeku Savu. Ovakva prirodna močvarna staništa su vrlo bogata i pohranjuju velike količine vode. Razvojem civilizacije i ljudskog društva, uslijed antropogenih aktivnosti, pa sve do danas, ovako veliki poplavni prostori su se uvelike smanjili te se zadržavaju tek jednim manjim djelom. Ljudi su se iz neznanja počinju naseljavati i graditi prometnice u poplavnim nizinama i tako su izloženi utjecaju poplava. Biolozi imaju teoriju kako su ona iznimno vrijedna staništa prihvaćena od mnogih vrsta živih organizama, što se počelo potvrđivati razvojem suvremene znanosti [3].



Slika 3: Poplavno područje [3]

Kada se govori o nepoznavanju karakteristika rijeka, dolazi se do problema nedovoljne istraženosti rijeka, općenito zato što je svaka rijeka specifična s obzirom na hidrološka i hidraulička svojstva. Također jedan od uzroka ove nepogode, a čovjekom izazvane, je nestanak šuma na planinskim ili brdskim područjima, odnosno rušenje šuma što dovodi do stvaranja bujica i voda tada puno brže putuje prema nižim područjima. Regulacijom rijeka se također stvaraju problemi, ukoliko ih se pretvara u ravne dionice, kao što su kanali, zato što se prirodni tok skraćuje i automatski ubrzava [4].

Nekada je postojalo i više prirodnih poplavnih područja, bazena, koje danas ljudi sve više isušuju i urbaniziraju. Tako i iskapanje pijeska i/ili šljunka doprinosi velikim budućim katastrofama. No, osim ljudske aktivnosti, uzrok poplavama su i klimatske promjene. Tijekom godina uočene su promjene na globalnom hidrološkom ciklusu, a to

su povećane oborine. Povećanje oborina su uglavnom posljedica povećanja stakleničkih plinova kao i promjena u emisiji aerosola, no njih se također može povezati s ljudskim aktivnostima. Zbog povećanja količine stakleničkih plinova, povećanje temperature uzrokuje sve veću količinu vodene pare u atmosferi pa tako i povećanje oborina, kao i intenzivnih oborina. Što znači da za svaki porast temperature, za samo jedan stupanj, prati porast vodene pare od 7% i porast 1-3% količine oborina. Najčešći uzrok poplava, kako je ranije navedeno, je velika količina i dulje trajanje oborina, ali veliku ulogu ima i topljenje snijega i leda, posebice u proljetnom razdoblju. Oborine jačeg intenziteta s prethodnom natopljenosti tla, oštećenja na samom koritu vodotoka, bujično djelovanje, oluje, tropske ciklone, tsunamiji, plima i oseka, klizišta tla, ratna razaranja te potresi povezani s rušenjem pregrada, što se može svrstati pod uzroke nastanka poplava.

3. Podjela poplava

Poplave predstavljaju interakciju između okoliša i čovjeka. Pojava poplave ne može se izbjeći, a u Hrvatskoj su poplave vrlo česte. Procjena je da poplave potencijalno ugrožavaju 15% kopnenog područja, od čega je veći dio u današnje vrijeme zaštićen različitim vrstama sigurnosti.

Poplave se mogu podijeliti prema uzrocima nastanka, s obzirom na vrijeme formiranja vodnog vala i prema veličini štete [5].

Prema uzrocima nastanka, poplave se dijele na:

- poplave nastale zbog jakih oborina,
- poplave nastale zbog nagomilavanja leda u vodotocima,
- poplave nastale zbog klizanja tla ili potresa,
- poplave nastale zbog rušenja brana ili ratnih razaranja.

Poplave nastale s obzirom na vrijeme formiranja vodnog vala dijele se na:

- mirne poplave – nastaju na velikim rijekama uz potrebu od deset i više sati za formiranje velikog vodnog vala,
- bujične poplave – brdski vodotoci kod kojih je potrebno manje od deset sati za formiranje velikog vodnog vala,
- akcidentne poplave – rušenjem vodoprivrednih ili hidroenergetskih objekata se trenutno formira veliki vodni val.

Prema veličini štete, dimenzija površine poplavljenog područja i visini podizanja razine vode u rijekama, poplave se dijele na:

- Niske poplave – nema prevelike materijalne štete i ne narušava se ritam života u naseljima (svakih 5-10 godina),
- Visoke poplave – potreba za evakuacijom ljudi u gusto naseljenim područjima, te znatno veće materijalne štete (svakih 20-25 godina),
- Izvanredne poplave – usporavaju gospodarske djelatnosti i uvelike narušavaju način života, također nanose velike materijalne štete. Javlja se masovne evakuacije stanovništva, kao i kulturnih dobara iz naselja (svakih 50-100 godina),

- Katastrofalne poplave – dovode do plavljenja velikih područja, kao i područja više riječnih sustava. Popraćene su izuzetno velikim materijalnim gubitcima i gubitcima ljudskih života (svakih 50-100 godina).

Postoji još niz kriterija prema kojima se mogu podijeliti poplave, ali općenito postoji pet glavnih tipova a to su nizinske poplave, poplave krških polja, poplave mora, bujične poplave i urbane poplave [6].

3.1. Nizinske poplave

Nizinske poplave su prirodni fenomeni koji nastaju u nizinskom toku većih rijeka, potoka ili kada oborinske vode preplave nizinska područja, kao posljedica razlike u brzini dotoka velikih voda i vrlo malog kapaciteta riječnog korita za odvodnju ili tijekom perioda jake kiše ili snježnog vremena. Postoji nekoliko faktora koji doprinose nizinskim poplavama, a to su:

- Kiša – dugotrajna ili intenzivna kiša koja može brzo povećati razinu vode u rijekama,
- Otapanje snijega – naglo otapanje snježnog pokrivača može dovesti do poplave, posebno ako se to dogodi prebrzo ili u kombinaciji s kišom,
- Ledene brane – formacije leda koje mogu ometati protok rijeke što uzrokuje naglo povećanje razine vode,
- Urbana izgradnja – može povećati količinu nepropusnih površina što uvelike smanjuje sposobnost zemlje da upije vodu i tako povećava rizik od poplava,
- Riječni tokovi – promjene u riječnim tokovima.

Zbog nizinskih poplava mogu nastati ozbiljne posljedice kao što je uništavanje obiteljskih kuća ili zgrada, infrastrukture, poljoprivrede i staništa životinja kao i ugrožavanje ljudskih života.

3.2. Poplave krških polja

Unutar sustava krških polja, no također i u svakom drugom području, poplave predstavljaju prirodni dokaz da je voda naglo porasla. Poplave krških polja (Slika 4) su specifičan tip poplava a nastaju redovito i polako, ali češće u ljetnim razdobljima zbog veće količine vode u odnosu na kapacitet podzemnih voda krških sustava. Voda stoji duže vrijeme, odnosno par dana ili tjedana, a zatim polako teče kroz krški podzemni sustav. Krševite planine apsorbiraju veliku količinu vode, odnosno oborina koje se zatim cijede u podzemlje kroz propusnu stijenu i tako sve dok ne naiđu na neku nepropusnu stijenu, a potom voda ponovno izlazi na površinu, što se najčešće događa kroz samo jedan izvor ili kroz više njih. Iz tih izvora vrlo često teku rijeke iz razloga što se taloži glina i lapor a posljedica takvog taloženja je stvaranje nepropusne barijere, odnosno podloge koja vodu zadržava na površini [7].



Slika 4: Poplava krškog polja – Stajničko polje kod Ogulina [7]

3.3. Poplave mora

Poplave mora (slika 5), poznatije kao priobalne poplave nastaju tijekom visoke plime, vjetra koji puše prema kopnu i niskog tlaka zraka, kada se razina mora digna iznad razine uobičajene visoke plime. Voda prodire na kopno i prostire se duž obale. Postoji još nekoliko faktora koji utječu na poplavu mora, a to su tropske ciklone kao što je uragan koji može uzrokovati velike valove i podizanje razine mora, zatim klimatske promjene, odnosno globalno zatopljenje i povećanje temperature vode u oceanima što dovodi do topljenja leda i širenja vode. Također, i erozija obale ima važnu ulogu jer može oslabiti prirodne barijere koje također oslabljuje i ljudska aktivnost izgradnjom obalnih naselja. Promjene u priobalnom zemljištu i krčenjem priobalne vegetacije povećava se rizik od poplava mora, zato što se izloženost obala povećava [6].



Slika 5: Poplava mora u Vodicama [8]

3.4. Bujične poplave

Kratkotrajne i jake bujične poplave (slika 6) nastaju kao posljedica kratkotrajnih oborina ali vrlo velikog intenziteta. Najčešće se pojavljuju u planinskim, brdskim i brežuljkastim područjima na bujičnim vodotocima. Tijekom ovakvih poplava, koje se razvijaju vrlo brzo, dolazi do opasnosti od velike razorne energije, to jest većeg transporta naplavina i sedimenata što dovodi do erozije korita, ali također može dovesti do proboja

i formiranja velikih poplavnih valova. Neki od ključnih karakteristika ovakvih poplava su intenzivne padaline, velika protočna brzina koja uzrokuje eroziju obala, oštećenje objekata i rizik od evakuacije ljudi i imovine, oštećenje infrastrukture ali i rizik od žrtava same poplave [6].



Slika 6: Bujična poplava [9]

3.5. Urbane poplave

Urbane poplave (slika 7) su nekim dijelom i rezultat ljudskih aktivnosti na nekom području i vrlo često se pojavljuju kod intenzivnih i kratkotrajnih oborina. Posljedica urbanih poplava je premali kapacitet kanalizacijskog sustava koji ne može prihvatiti toliko veliki i brzi dotok vode s krovova građevina i asfaltnih površina. Što se tiče same urbanizacije, ona dovodi do preuređenja prirodnih površina, uklanja prirodne vodne puteve i smanjuje zelenu površinu, pa tako nepropusne površine smanjuju sposobnost zemlje da upije vodu te se voda brzo sakuplja na površini. Isto tako do urbanih poplava može doći zbog podzemne vode čiji se nivo podiže što može pogoršati probleme s ovakvom vrstom poplava, a posebice u područjima gdje su temelji građevina u neposrednoj blizini površine. kao što je navedeno, urbane poplave mogu prouzrokovati značajne štete u svakom pogledu, a da bi se smanjili rizici od ovakvih poplava važno je

ulagati u infrastrukturu odvodnih sustava, promovirati održivu urbanizaciju, uspostaviti sustave upozoravanja na poplave, ali i naučiti stanovništvo o preventivnim mjerama [6].



Slika 7: Urbana poplava [10]

Faktori koji utječu na nastanak poplava u urbanom području mogu se razvrstati u tri kategorije što je prikazano na Slici 8, a to su:

- Meteorološki,
- Hidrološki, te
- Faktori nastali djelovanjem čovjeka [11].

Meteorološki faktori	Hidrološki faktori	Faktori nastali ljudskim djelovanjem
Oborine	Vlažnost tla	Promjene korištenja zemljišta
Ciklonske oluje	Razina podzemnih voda prije oluja	Neefikasna, odnosno neodržavana infrastruktura
Oluje malih razmjera	Srednja vrijednost propusnosti tla	Klimatske promjene koje utječu na učestalost i razmjere poplava
Temperatura	Postojanje nepropusnog tla	Urbana mikroklima
Količine snijega (topljenje i padaline)	Oblik i gruboća poprečnog presjeka kanala	Zauzimanje neplavne ravni čime se utječe na protok
	Sinkronizacija dotoka vode iz različitih djelova riječnog sliva	Previše efikasna drenaža područja gornjeg toka
	Prisutnost, odnosno nedostatak mreže kanala	

Slika 8: Faktori koji utječu na poplave [11]

S obzirom na kombinaciju uzroka, poplave u urbanim područjima dijele se na:

- Lokalne,
- Riječne,
- Iznenadne,
- Obalne poplave [11].

Kada je riječ o lokalnim urbanim poplavama, one nastaju u slučaju kada količina padalina premašuje kapacitet odvodnog sustava nekog grada, a tlo je ili već zasićeno kišnicom ili je podloga od nepropusne vrste tla. Trajanje lokalnih poplava je, u većini slučajeva, kratko, no u područjima koja se nalaze u kišnim predjelima (pogotovo ako je riječ o područjima koje pogađaju monsuni) one mogu trajati tjednima i prouzrokovati goleme štete [11].

Riječne poplave u urbanim područjima uglavnom su uzrokovane velikom količinom kiše ili topljenjem snijega u područjima gornjeg toka, odnosno plimnim utjecajem (ako je riječ o rijeci koja utječe u more) iz područja donjeg toka. Vodni val se formira polako, a period porasta i pada vodostaja je iznimno dug – može trajati i do nekoliko tjedana, pogotovo u područjima sa malim nagibom terena. Riječne poplave, osim prirodnim faktorima, mogu biti uzrokovane i ljudskim faktorima, pogotovo lošim upravljanjem sustava za obranu od poplava [11].

Iznenadne poplave nastaju kao rezultat iznimno brze akumulacije i oslobađanja vode, koji mogu biti posljedica više uzroka (velike količine padalina u kratkom vremenu, klizišta, zakazivanje mehanizma obrane od poplava, itd.). Karakterizira ih gotovo trenutni porast vodostaja do njegovog maksimuma, koji se isto tako brzo smanjuje. Ova vrsta poplava predstavlja jedan od najrazornijih tipova poplava u urbanim područjima zbog njihove nepredvidljive prirode, te jakih struja koje mogu nositi velike količine mulja i ostalog otpada uzrokujući time iznimno velike štete infrastrukturi i stanovništvu pogođenog područja. Upravo ta nepredvidljiva priroda daje malo (ponekad i nimalo) vremena stanovništvu za pripremu ili evakuaciju. Osim većih rijeka i manji potoci unutar urbaniziranog područja mogu također predstavljati svojevrsan rizik od poplava pošto razina vode može narasti uslijed velike količine padalina ili pojačanog dotoka vode (pogotovo ako izvire u brdskim ili planinskim predjelima) [11].

Obalne poplave se uglavnom odnose na one gradove koji se nalaze na riječnim ušćima, odnosno gradove na obalama mora generalno. One nastaju uglavnom uslijed

visokog plimnog vala (višeg od uobičajenog za neko područje), tropskim ciklonima, odnosno uraganima, te doduše rijetko, tsunamijima [11].

Bitno je spomenuti i utjecaj poplava na lokalno stanovništvo. Taj utjecaj može biti:

- Fizički (tjelesni),
- Ekonomski,
- Okolišni, odnosno utjecaj na okoliš [11].

Štete od poplava se, s druge strane, diferenciraju na:

- Direktne (materijalne i nematerijalne),
- Indirektne (materijalne i nematerijalne) [11].

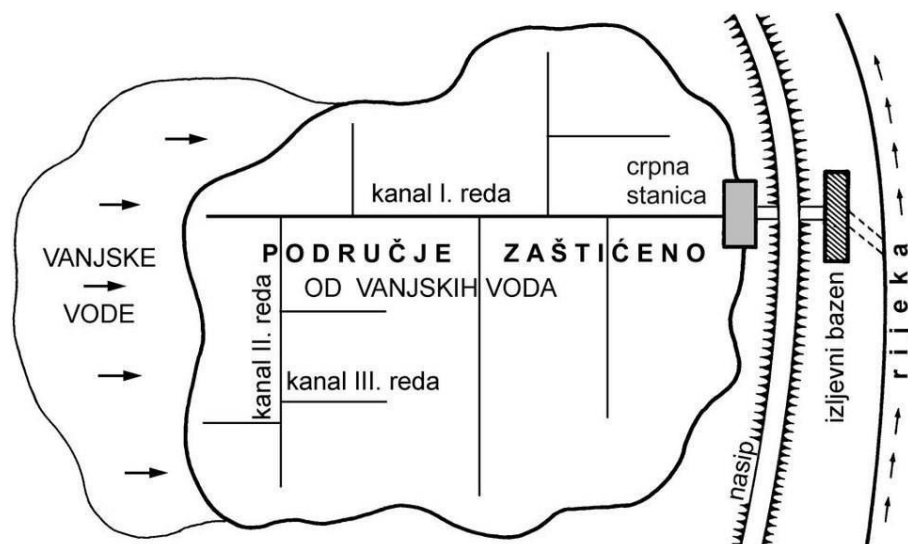
Pod direktnim štetama od poplave podrazumijeva se šteta na urbanoj infrastrukturi od direktnog kontakta s poplavom, dok su indirektne štete one štete koje su nastale zbog same činjenice da je došlo do poplave, a ne zbog same poplave (na primjer, poslovni gubici, prekid u prometu, itd.). Materijalnim gubicima se podrazumijeva gubitak nečeg što ima novčanu vrijednost (na primjer, zgrade, stoka, infrastruktura itd.), dok se nematerijalnim gubicima smatra gubitak nečeg što nema materijalnu vrijednost (na primjer, gubitak života ili tjelesne ozlijede, nasljeđe itd.) [11].

4. Metode zaštite od poplava

Pojava poplava su problemi uz koje čovjek živi oduvijek pa tako tokom povijesti sve više raste čovjekova želja za kontroliranjem i svladavanjem iste. Za sprječavanje poplava ne postoji univerzalno rješenje, već se provodi niz mjera, a svaka od njih je prilagođena lokalnim uvjetima. Kako bi provedba obrane od poplava bila efikasnija, Hrvatske vode su sukladno Državnom planu obrane od poplava postavile dio mjerodavnih mjernih postaja. Tako su centrima obrane od poplava dostupni podaci o vodostajima u realnom vremenu, no nisu raspoloživi podaci o izmjerenim visinama oborina u realnom vremenu, što predstavlja poteškoće pri provođenju mjera obrane od poplava na manjim slivovima.

4.1. Melioracijska odvodnja

Zbog brze i učinkovite odvodnje vode s poljoprivrednih i drugih nizinskih površina, grade se sustavi melioracijske odvodnje (slika 9). Zamisao ovakve gradnje je prethodna zaštita melioracijskih područja od poplava vanjskih voda. Neizbježni su kod intenzivne poljoprivrede proizvodnje, a isto tako potrebni da bi se na ravničarskim područjima zaštitili od poplava unutarnjih voda. Danas je većina postojećih sustava u lošem stanju zbog prevelike usitnjenosti posjeda i nedovoljnog održavanja nedostatkom novčanih sredstava, a isto tako jedan od razloga su nesansirane ratne štete.



Slika 9: Melioracijska odvodnja [12]

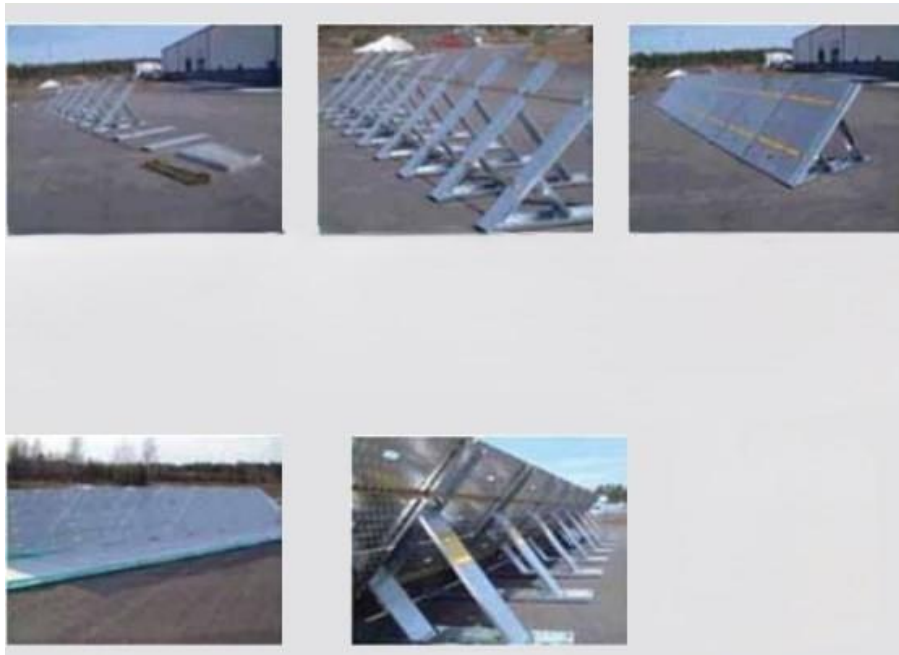
4.2. Geodesign pregrada

Najčešće korištena vodena prepreka, kada se govori o fenomenu poplava, je geodesign pregrada (slika 10). Koristi se u cijeloj Europi, Sjevernoj Americi, ali i u Australiji s više od 24 000 m u upotrebi. Ovakva pregrada može zadržati vodeni val čak u visini do 2.4 m. Također se koristi za sigurno preusmjeravanje vode ili kao vodena brana. Prednost ovakve pregrade je u tome što su vrlo pouzdane i omogućavaju nadogradnju u slučaju dolaska većeg vodenog vala nego što je bilo najavljeno. Nedostatak je u činjenici što se postavlja vrlo sporo te zahtjeva angažman većeg broja ljudi [13].



Slika 10: Geodesign pregrada postavljena radi usmjeravanja nabujalih voda [13]

Geodesign pregrade izgrađene su od kvalitetnih materijala koji su pouzdani u sustavu zaštite od poplava, a takav princip je prikazan na Slici 11. Takav sustav pregrada za zaštitu od poplava koristi se od strana Europske civilne zaštitne agencije, građevinskih radova i agencije za zaštitu okoliša. Čelični nosači su smješteni u željeni položaj i međusobno su povezani pomoću vodoravnih profila koji održavaju razmak između okvira pružajući jednostavnost izgradnje i izgradnju konstrukcije visoke čvrstoće. Geodesign barijera sastoji se od niza čeličnih pocinčanih sklopivih nosača koji se lako zatvaraju i otvaraju u položaju od 45°. Ovisno o modelima, aluminijski limovi, šperploče ili palete osigurani su na nosačima i prekriveni vodonepropusnim platnom. Jedinstveni dizajn Geodesign barijere omogućuje povećavanje pregrade i u slučajevima kada su pregrade već postavljene, a očekuje se daljnji porast vodostaja [14].



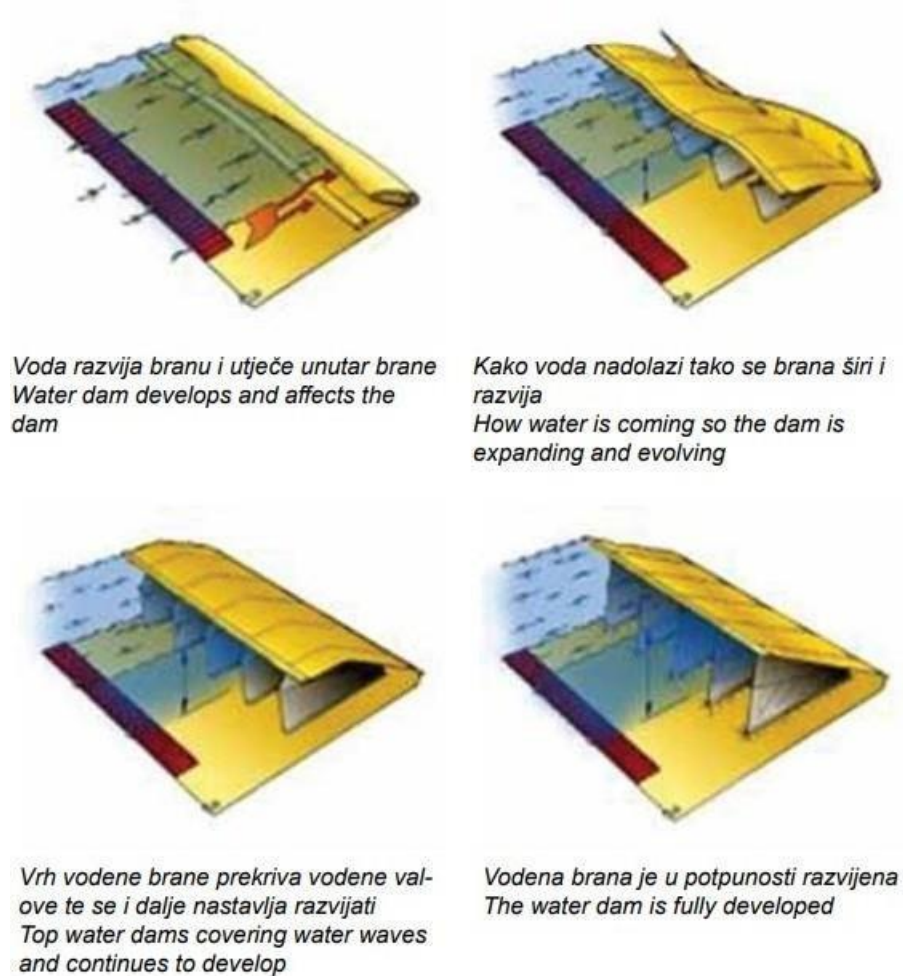
Slika 11: Princip rada geodesign pregrade [13]

4.3. Vodeni kavez

Vodeni kavez je prijenosna i samopunjujuća vodena brana za višekratnu upotrebu koja može zamijeniti tradicionalne metode obrane od poplava kao što su vreće sa pijeskom, zemlja, kamenje itd. Može se instalirati ili ukloniti za nekoliko minuta te ponovo spakirati i koristiti na nekoj drugoj lokaciji. Nedostatak ove vodene pregrade je u tome što se u slučaju dolaska većeg vodenog vala od predviđenog ova pregrada ne može nadograditi. Prijenosne brane mogu biti transportirane vozilom ili mogu biti prenosive, te se mogu postaviti za nekoliko minuta u slučaju poplave. U mogućnosti su zadržati vodeni val visine do 2 m. Vodeni kavez može postaviti samo jedna osoba, uz dostupnost od nekoliko različitih visina i duljina mogu se povezati i tako stvoriti duže dionice. Vodeni kavez može se koristiti u više situacija kao što su poplave, stvaranje akumulacijskih jezera i brana, preusmjeravanje vodotoka i zaustavljanje onečišćenih voda ili tekućina [13].

Vodeni kavez je brza samopunjujuća vodena brana koja koristi težinu nadolazeće vode kako bi zaustavila vodu. Njegov jedinstveni dizajn omogućuje vodi da sama utječe u branu gdje se sama raspoređuje i stabilizira na licu mjesta. Korištenjem ove jedinstvene metode samootvaranja vodenog kaveza smanjuje se vrijeme, uloženi trud i broj ljudi potrebnih za implementaciju ovoga sustava, tako da je ovo prilično brza i efikasna obrana

od poplava. Ovakav princip i način spajanja omogućava da se spajaju dijelovi brana različitih visina kao što je prikazano na slici 12 [13].



Slika 12: Princip rada vodenog kaveza [13]

4.4. Vodena pregrada punjena vodom

Vodena pregrada punjena vodom (Slika 13) dizajnirana je kako bi zaustavila poplavne vode. Ovakav sustav obrane od poplava temelji se na ugrađenoj unutarnjoj pregradi koja služi stabiliziranju cijelog sustava. Poplavna pregrada punjena vodom odlikuje se malom težinom, brzim postavljanjem i rastavljanjem, skladišti se u cjelini, lako je popravljiva i služi za višekratnu upotrebu. Kako bi se sustav instalirao, jednostavno ga treba odmotati i napuniti s bilo kojim dostupnim izvorom vode [13].



Slika 13: Vodena pregrada punjena vodom [13]

Ovakva pregrada koristi tri glavne komponente potrebne za rad. Prva komponenta je nadvođe (*freeboard*). To je dio pregrade koji se nalazi iznad površine vode i mora činiti minimalno 25% pregrade kako bi takav sustav uspješno funkcionirao. Nadvođe se može povećati ako se pokaže kako je pregrada izložena ili će u doglednom vremenu biti izložena velikim brzinama vode (do 1 m/s), glatkoći tla ili drugim odgovarajućim hidrostatskim uvjetima. Druga komponenta je površinsko trenje (*surface friction*). Ono stabilizira pregradu kada je izložena djelovanju vode s jedne strane. Površine poput cesta, betona i prometnih površina će imati veće površinsko trenje. Pregrade koje su izložene mekanom i skliskom tlu zahtijevaju veće nadvođe. Unutarnji usmjerivač (*Internal Baffle System*) je treća komponenta u sustavu i on tvori sigurnosni usmjerivač koji počinje djelovati kada je pregrada izložene većem djelovanju pritiska vode na jednoj strani. Pregrade se mogu spajati pomoću jednostavnog postupka preklapanja koji omogućuje prepri korištenje u širokom rasponu konfiguracije. Nakon što je početna pregrada napunjena, susjedna barijera se postavlja tako da se jedan kraj pregrade stavi na već postavljenu barijeru. Veličina pregrade koja se preklapa ovisi o visini barijere. Zatim se napuni vodom i druga pregrada. Težina vode iz druge prepreke će pritisnuti vodu iz prve prepreke i na taj način dolazi do brtvljenja između prepreka. Pregrade se mogu spojiti pod gotovo bilo kojim kutom [13].

4.5. Tiger brana

Zbog sve veće potrebe za alternativnim sredstvima u sustavu zaštite od poplava, američki savez za kontrolu poplava razvio je jednostavan sustav Tigar brana (Slika 14) koji je zamišljen kao privremena nužda i pogodan za upotrebu u bilo kojoj situaciji.



Slika 14: Tiger brana [13]

Takav sustav sastoji se od izduženih fleksibilnih cijevi koje se mogu brzo složiti, spojiti i napuniti vodom. Struktura piramidalnog oblika stvara pregradu za zaštitu objekata, odmarališta ili bilo kojih drugih objekata prije početka poplave. Cijevi se mogu puniti preko hidranta, pumpe ili nekim drugim izvorom vode. Cijevi mogu biti posložene do visine od 9.7 m dok im je dužina neograničena. Mogu biti bilo koje duljine i zauzeti bilo koji oblik. Svaka cijev dok je prazna teži 24 kg, dok napunjena vodom teži 2351 kg. Takva privremeno napravljene tigar brana se počinje prazniti odnosno ispuštati vodu onaj trenutak kada se ustanovi da više nema opasnosti od poplava. Rezultat je ponovo korištenje sustava bez upotrebe vreće sa pijeskom. Kada se poplavne vode povuku, voda iz cijevi se može ispustiti za nekoliko minuta, smotati i opet upotrijebiti na nekoj drugoj lokaciji. Prednost ovakve brane je u tome što se lako nadograđuje za potrebe vodenog vala i vrlo je praktična za postavljanje i prebacivanje na druga područja kojima prijete poplava. Kada je ispravno postavljena, tigar brana može zaustaviti i do 100% nadolazeće vode. Cijevi se lako mogu popraviti sa kitom, ceradom ili damo privremeno ljepljivom trakom. Nije potrebno koristiti niti jedan oblik teške oprema kako bi se postavila tigar brana. Tigar brana je idealna za zaustavljanje vode na vrhovima obala, na nasipima i na cesti. [14]

4.6. Vreće s pijeskom

Jedna od najčešće korištenih sredstava za obranu od poplava jesu vreće sa pijeskom (Slika 15). Kako bi se smanjila šteta od poplava vreće s pijeskom moraju biti pravilno popunjene i postavljene. Vreće se mogu puniti sa bilo kojim materijalom, ali pijesak je najbolji i najlakši materijal koji se koristi za punjenje vreća. Prašina i glina su bolji materijali od pijeska u sprečavanju poplava, ali teško se služiti njima u punjenju vreća. Poželjno je koristiti vreće s pijeskom koje nisu mase preko 15 kg jer će s njima rukovati i starci i djeca [14].



Slika 15: Vreće s pijeskom kao obrana od poplava [15]

Korištenje vreća s pijeskom jednostavan je i učinkovit način da se spriječi ili smanji šteta od poplavnih voda. Gradnja prepreka od vreća s pijeskom ne jamči u potpunosti zaustavljanje vode, ali je zadovoljavajuća za korištenje u većini situacija. Punjenje vreća s pijeskom je operacija za dvije osobe, kao što je prikazano na Slici 16. Obje osobe trebale bi nositi rukavice za zaštitu ruku. Jedan član tima treba staviti praznu vreću između ili malo ispred raširenih nogu s raširenim rukama. Grlo vreće treba biti savijeno tako da tvori ovratnik, a održava se rukama tako da omogućuje drugom djelatniku da isipa sav materijal

s lopate u vreću. Osoba koja drži vreću treba stajati s lagano savijenim koljenima, a glava i lice trebaju biti što udaljeniji od lopate. Vreće trebaju biti napunjene između jedne trećine ($1/3$) i jedne polovine ($1/2$) kapaciteta. Ovakav način punjenja dopušta vreći da ne bude preteška i da se postavi na mjesto uz dobro brtvljenje, odnosno da ne propušta vodu između vreća ili između vreće i tla. Za velike operacije punjenje vreća može biti ubrzano pomoću mehanizacije, međutim mehanizacija nije uvijek dostupna u hitnim slučajevima [14].



Slika 16: Punjenje vreća s pijeskom [13]

4.7. Vodene pregrade koje se ugrađuju zbog zaštite pojedinih objekata

Postoje četiri vrste vodenih pregrada:

- rasklopne vodene pregrade,
- staklene vodene pregrade,
- podizne vodene pregrade,
- spuštajuće vodene pregrade [13].

Vrste i dizajni vodenih prepreka sežu od jednostavnih izvedbi pa sve do automatskih vodenih prepreka koje se koriste kada su potrebne. Automatske vodene pregrade mogu biti izvedene tako da se same podižu s rastom vode ili se mogu ručno podizati sa ovisno o porastu vode. Rasklopive vodene barijere mogu se koristiti u gotovo svim slučajevima i to u obliku lukova, kvadrata, krugova i dužina. Rasklopne vodene pregrade se postavljaju na područjima gdje se nalaze nagibi i do 20 stupnjeva [13].

4.8. Nerasklopive vodene pregrade

Nerasklopive vodene pregrade postavljaju se na ona mjesta gdje se očekuje učestala opasnost od nabujalih voda ili obilnih padalina te su stoga potrebni sustavi za obranu od poplava koji omogućavaju njihovo brzo i jednostavno korištenje u svakom trenutku. Obično se koriste za obranu stambenih ili privatnih objekata. Svaka staklena pregrada sastavljena je od posebno dizajniranih stakla visoke čvrstoće, konstrukcijskih okvira projektiranih tako da izdrže statička i udarna opterećenja, sustavom za pričvršćivanje i posebno izvedene vodonepropusne brtve. Staklene pregrade postavljaju se na mjesta gdje se očekuje razine vode do 1.8 m [13].



Slika 17: Podizne vodene pregrade [13]

Podizne vodene pregrade (Slika 17) služe uglavnom na mjestima gdje se očekuje prolaz vozila. Kako bi se omogućio nesmetani promet vozila, pregrada je spuštена ispod razine tla dok se u slučaju poplava pregrada podiže ovisno o porastu vode. Takve vodene pregrade mogu biti aktivirane pritiskom tipke, automatski aktivirana preko senzora ili ručnim aktiviranjem. Kada nije u upotrebi, spuštajuća vodena pregrada (Slika 18) se

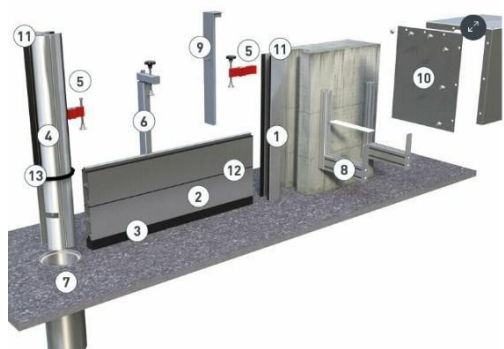
nenametljivo nalazi iznad branjenog prostora. Može biti aktivirana automatskim senzorom ili pritiskom tipke [13].



Slika 18: Spuštajuće vodene pregrade [13]

4.9. Mobilni zid za zaštitu od poplave

Poplave se kao prirodna pojava ne mogu spriječiti. Ali moderne zaštitne mjere mogu spriječiti da poplava preraste u katastrofu. Ovakvi zidovi sastoje se od zidnog profila, daske brane, brtvljenja prema tlu, srednjeg stupa, zateznog elementa, zateznog držača, podne čaške, zidnog nosača, pokrova kutnog elementa, skladišnog pokrova, brtve osnovnog profila, brtve daske brane i brtve za zaštitnu kapu i podnu čašku, što je prikazano na Slici 19.



- 1. Zidni profil: Čvrsto ugrađen u zid ili u, ispred, odnosno iza ruba otvora.
- 2. Daska brane: Ovdje prikazano: najniža daska brane spojena je sa stavkom 3.
- 3. Brtvljenje prema tlu: Za brtvljenje između najniže daske brane i tla.
- 4. Srednji stup: Za veća područja koriste se ovi profili kao međustupovi.
- 5. Zatezni element (šesterokutni vijak ili vijak s križnim utorom): Za zatezanje dasaka brane.
- 6. Zatezni držač: Sprječava vertikalni pregib dasaka brane i povišuje pritisak na brtvljenje prema tlu.
- 7. Podna čaška: Čaška ubetonirana u temelj za ugradnju srednjeg stupa.
- 8. Zidni nosač: Za pospremanje dasaka brane jednu na drugu kad nisu u upotrebi.
- 9. Pokrov kutnog elementa: Za pokrivanje zidnih profila kad nisu u upotrebi.
- 10. Skladišni pokrov: Pojedinačni segmenti (dužina: 445 mm) se spajaju vijkom.
- 11. Brtva osnovnog profila
- 12. Brtva daske brane
- 13. Brtva za zaštitnu kapu i podnu čašku

Slika 19: Dijelovi mobilnog zida [16]

Specijalnim aluminijskim daskama brane mogu se brzo zabrtviti prozorski i vratni otvori, koji su potencijalna mjesta prodiranja vode, te se tako štiti objekt. Što se tiče zaštite

okoliša, kod zaštite ugroženih objekata i površina pomažu zaštitni zidovi koji se pomoću podnih čaški postavljaju na otvorenom terenu [16].

Već nakon polaganja prve pregrade, stvara se zaštita od poplava. Mobilni zidovi izrađuju se od aluminijske, te se profili brtve izmjenjivim UV-postojanim brtvama od pjenaste gume. Aluminijske daske ovakvih brana umeću se obostrano u pričvrstne profile ili stupove, a sama nadogradnja dasaka radi se na principu pera i utora. Daske brane pune se rastućim vodostajem što sprječava isplivavanje istih [16].

Mogućnosti ovakvih pregrada su uglavnom zaštita objekta i okoliša, ali postoje mogućnosti povećavanja duljine zaštitnog zida kao i same visine zida. Velika prednost je što se ovakve pregrade mogu postavljati jednostavno i brzo zbog svoje male težine i najvažnije što ih može postavljati samo jedna osoba [16].

4.10. NOAQ zaštitna pregrada protiv poplava

Zaštitna barijera, odnosno pregrada, NOAQ (Slika 20) inovacija je iz Švedske. Ova pregrada koristi se kako bi kontrolirala brze vodene struje, izmjenjujući smjer poput pravog vodopada. Vrlo lako prijanja uz podlogu te tako brani najkritičnije dijelove od ulaza vode. Što se tiče samog postavljanja, pregrada se postavlja vrlo brzo i lako bez ikakvog alata te ju može postavljati samo jedna osoba. Ona je samostojeća te tako nisu potrebni nikakvi potpornji. Kada dolazi do poplave, težina vode sama pritiska barijeru prema tlu tako da se može lako reći da je pregrada samosidreća, a nakon poplava skladištenje je također vrlo lako zato što zauzimaju vrlo malo prostora. [17]



Slika 20: NOAQ barijera kao zaštita od poplava [17]

4.11. Hytrans FloodModule zaštita od poplava

Osnovna ideja Hytrans Flood modula (Slika 21) bila je stvaranje mobilne jedinice koja će pružati pomoć kod obrana od poplava velikih intenziteta. Modul se sastoji od tri potopne crpke, potrebnih hidrauličkih crijeva i 150 metara posebnog laganog crijeva kako bi se osigurao prijenos vode. Svi ovi dijelovi nalaze se u standardnom spremniku koji se uklapa u sustav HFS Duo Container. Hytrans FloodModule je zapravo dodatak na sustav HFS Hydrosub 150 što je zapravo uređaj sa crpkom visokog protoka za gašenje velikih požara ali i ispumpavanje vode tijekom poplava. Zamjenom standardne potopne pumpe, Flood modul kombinacija može lako dostići kapacitet od 40.000 l/min pa čak i više. Samo crijevo nije velike težine, te su odvojive dužine crijeva povezane jednostavnim remenom tako da ga lako može postavljati jedna osoba [18].



Slika 21: Hytrans FloodModule kao obrana od poplava [18]

4.11.1. Sustav MOSE

Grad Venecija, ali i cijela laguna su tijekom dvadesetog stoljeća postajali sve izloženiji poplavama. Razlog tome bili su mnogi čimbenici kao što su slijeganje tla (1 mm/god u središtu Venecije i 3-4 mm/god u sjevernom dijelu lagune), eustazija (8-10 cm) i progresivna erozija te izmjena tipičnih morfoloških značajki lagune. Kombinacija ovih čimbenika dovela je do povećanja relativne srednje razine mora koja je danas oko 31 cm veća od prije 15 godina [19].

Najveća, ali i najgora poplava dogodila se 1966. godine kada je razina vode dosegla rekordnu visinu od 194 cm, te se 22 sata zadržala na razini iznad 110 cm. Spoznaja kako je Venecija uvelike ranjiva, Italiju je potaknula na donošenje posebnih zakona s ciljem zaštite od poplava. No, bitna značajka su i klimatske promjene zbog kojih se očekuje da će porast razine mora još pogoršati ove rizike [19].

Provodi se integralni sustav intervencija kako bi se grad Venecija i laguna (Slika 22) zaštitile od poplava, takozvani "Opći plan intervencije". Glavni cilj općeg plana je obrana grada u slučaju visokog vodostaja, obrana primorja i lagune od morskih oluja i zaštita okoliša lagune. Integralni sustav zaštite od poplava sastoji se od tri glavna bloka intervencija a to su sustav mobilnih barijera postavljenih na tri prolaza koji vode u lagunu, lokalne mjere za obranu urbanih područja od poplava i zaštita lagunske obale [19].



Slika 22: Venecijska laguna i tri uvale[19]

Sustav MOSE, odnosno sustav mobilnih barijera (Slika 23) sastoji se od niza mobilnih brana postavljenih na sve ulaze u lagunu. U normalnim, redovnim uvjetima, plime i oseke, barijere leže na dnu kanala, potpuno neprimjetne i nemaju nikakvog utjecaja na razmjenu vode između mora i lagune. Tek uslijed plime koja bi prošla definiranu sigurnu granicu vodostaja, komprimirani zrak pumpa se u komore brana i izbacuje vodu iz njih, tada one

plutaju i rotiraju se oko svoje osi i tako tvore barijeru koja se podiže prema površini vode. Ovim putem se ulaz u lagunu iz mora privremeno zatvara i blokira prodor vode u lagunu. Nakon toga se barijere ponovno pune vodom i vraćaju u prvobitni položaj unutar komore [19].



Slika 23: Mobilne barijere sustava MOSE [19]

Više od 95% projekta je dovršeno no još postoje neki radovi koje treba dovršiti, a sustav MOSE je aktiviran ali još u fazi testiranja. Kada sustav bude u potpunosti dovršen, aktivirat će se kada vodostaj prijeđe prag od 110 cm, što znači da će plime između 80 i 110 cm i dalje uzrokovati poplave u pojedinim dijelovima grada. Iz tog je razloga projekt mobilnih barijera integriran s lokalnim mjerama obrane od poplava kao što su povišenje riva i nogostupa na području niže nadmorske visine u urbanim naseljima smještenim na području lagune i priobalja, kao i ostale lokalne mjere (Slika 24) [19].



Slika 24: Lokalne mjere obrane od poplave u naselju [19]

5. "Monkey Cheek" metoda zaštite od poplava

Za vrijeme poplava potrebno je pohraniti velike količine vode na razna područja, kao što su rijeke, kanali, akumulacije, bare, nizine ili poplavna područja. Naime, postoje slučajevi kada prirodno skladištenje poplavne vode nije dovoljno te dolazi do poplavljanja okolnih ekonomski važnih područja zajednice, što rezultira velikim štetama poput velike gospodarske štete koja se desila 2011.godine na Tajlandu, gdje postoje mnoge mjere za ublažavanje poplava. No, jedna od najefikasnijih je mjera skladištenja poplavne vode na određena područja poznata kao Monkey Cheek ili "Majmunov obraz" [20].

Promatrajući majmune kako pohranjuju banane u obrazima (Slika 25), te ih kasnije postepeno žvaču i progutaju, tajlandski kralj Bhumibol Adulyadej zvan "Veliki Kralj", odnosno poznat kao "Rama IX.", povezoao je to s poplavama te izmislio novu metodu za obranu od poplava.



Slika 25: Princip prehrambenih navika majmuna [21]

Koncept Monkey Cheek je koncept zadržavanja vode, odnosno privremeno skladištenje viška vode tijekom razdoblja poplava i nakon toga postepeno isušivanje nakon što se voda povuče. To je dio strategije tajlandske vlade za ublažavanje poplava te dugoročno upravljanje vodom. Najuspješnija primjena ovakve metode je kanal

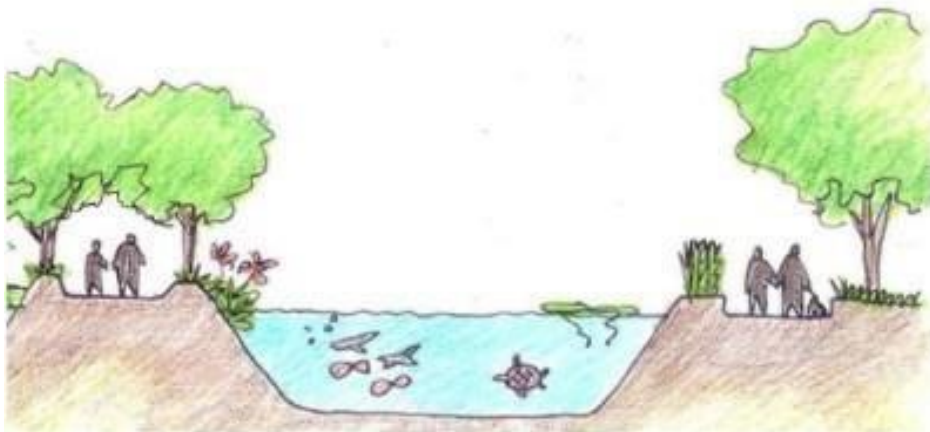
Mahachai-Sanamchai Monkey Cheek (Projekt kraljevske inicijative) koji skladišti poplavnu vodu u gornjem dijelu, te u isto vrijeme vodu ispušta u Tajlandski zaljev. S obzirom na razinu plime i oseke mora, koristi se gravitacija ili crpna stanica. Ovaj projekt se sastoji od poboljšanja i izgradnje regulacijskih građevina i crpnih, što dovodi do značajnijeg ublažavanja problema poplava kao što pokazuju rezultati simulirani matematičkim modelom. Ovaj projekt je proučavan korištenjem razvijenog matematičkog modela za simuliranje poplava u 2011. godini u slučajevima sa i bez poplava. Dobiveni rezultati pokazali su učinkovitost zadržavanja vode od poplava za smanjenje dubine poplave i poplavljenog područja. Ovakav koncept primjenjuje se na nizinskim područjima i projektima navodnjavanja na područjima rijeka Yom i Nan [20].

Također je bitno spomenuti kako područje unutar kojeg se primjenjuje "Monkey Cheek" može biti suho i mokro u različito vrijeme. Suhi bazeni zadržavaju vodu isključivo u vrijeme velikih oluja, odnosno oborina, a tek kasnije ispuštaju vodu kako bi se iskoristila za određene namjene sve dok se ne isprazne. Projekt koji je ranije spomenut, proveden u Bangkoku i gradskim područjima prvenstveno je napravljen iskopom kanala duž obale na istoku i zapadu rijeke Chao Phraya (slika 26). Ovakve obalne zone služe poput velikih bazena [22].



Slika 26: Koncept Monkey Cheek na području Bangkoka [22]

Glavni dijelovi projekta su nasipi, Monkey Cheek ili bazeni za zadržavanje vode, te regulacijske građevine i po potrebi crpne stanice. Također, ovi sadržaji mogu biti dio turističke ponude, kao pješačka staza u neposrednoj blizini, kao rekreacija, biciklističke staze i slično (Slika 27) [22].



Slika 27: "Monkey Cheek" kao dio rekreacijske ponude [22]

6. Rijeka Bednja – primjer primjene "Monkey Cheek" metode

Primjer primjene "Monkey Cheek" koncepta razraditi će se na rijeci Bednji, odnosno kod Otoka mladosti. U daljnjem tekstu analizirat će se sama rijeka Bednja, odnosno njene hidrološke karakteristike kao što su protoci ali i njezin okolni teren, a kasnije i princip primjene sustava za obranu od poplava. Proučavajući klimatske promjene, ali i koliko ljudska aktivnost može utjecati na poplave, dolazi se do zaključka da bi mogla nastati katastrofa kao što se to 2011. godine dogodilo na Tajlandu, stoga je najvažniji dio određivanje mogućih izljevni dijelova tijekom perioda visokih vodostaja kako se ne bi ugrožavalo okolno područje ili samo stanovništvo.

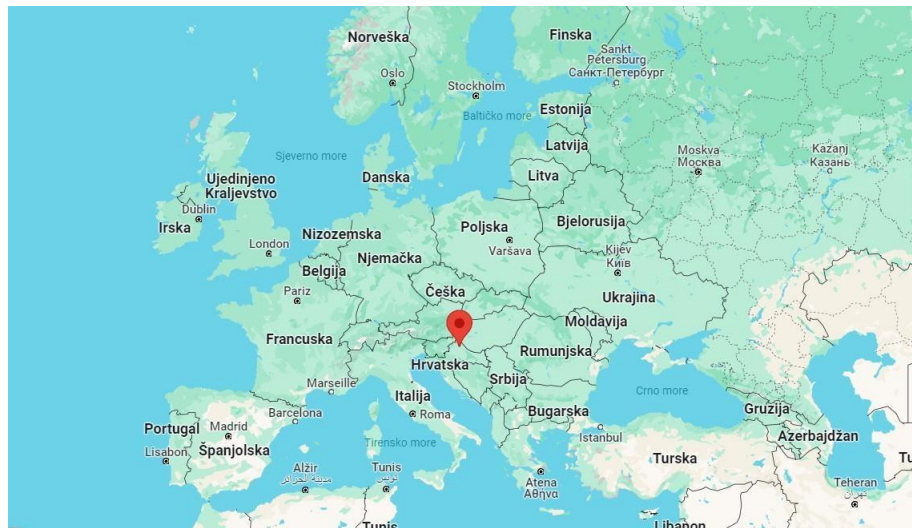
6.1. Opis lokacije

Rijeka Bednja (Slika 28) glasi najdužom rijekom čiji se izvor, ali i ušće nalazi u Hrvatskoj. Istraživanja kažu da sama rijeka izvire kod Trakošćana te se proteže kroz Varaždinsku županiju i prolazi kroz samo središte Ludbrega i nakon 133 km kod Malog Bukovca se ulijeva u Dravu. No, zanimljivo je što dan danas nitko nije siguran u točnu lokaciju izvora ove rijeke, već postoje dvije teorije. Jedna teorija je kako rijeka izvire kod Trakošćana, kao što je već spomenuto, dok druga teorija kaže da rijeka izvire kod Kamene gorice na istoj nadmorskoj visini. Oba izvora su vrlo slična i spajaju se nizvodno [23].

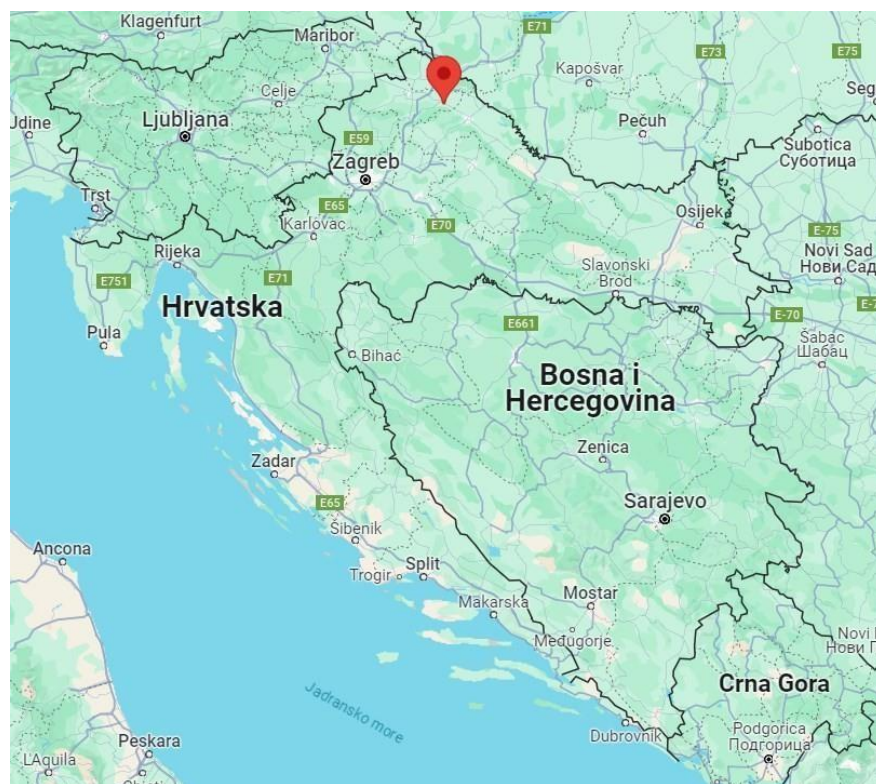


Slika 28: Tok rijeke Bednje [24]

Rijeka Bednja duga je 107,4 km, a njena površina obuhvaća 604,4 km². Izvire na 311 mnv kod Trakošćana. U neposrednoj blizini Ludbrega (Slika 19 i 30), nekoliko minuta hoda od središta grada preko Otoka mladosti, nalazi se brana kojom se regulira protok/vodostaj-rijeke Bednje te istovremeno omogućava obrana Ludbrega od poplava [23].



Slika 29: Lokacija Ludbrega na karti Europe [25]

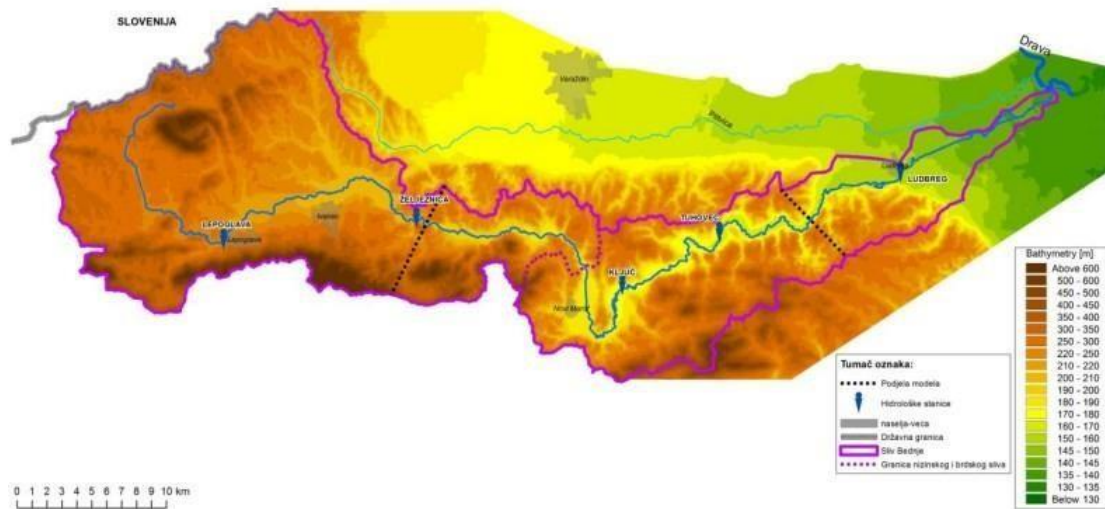


Slika 30: Geografski položaj grada Ludbrega u Hrvatskoj [25]

6.2. Hidrološke karakteristike rijeke Bednje

S obzirom na kišni režim rijeke Bednje, u proljetnim mjesecima kada se uz topljenje snijega istovremeno javljaju i kiše, nastaju visoki vodostaji. Malo manja opasnost od poplava prijeti u sekundarnom maksimumu kroz dugotrajne jesenske kiše, kao i od kiša većeg intenziteta. Najveći problem stvaraju bujice koje se pojavljuju nakon intenzivnih oborina na većem broju pritoka rijeke [26].

Na samom vodotoku Bednje, raspoloživo je pet hidroloških mjernih stanica (slika 31) za mjerenje vodostaja, odnosno određivanje protoka. Stanice se nalaze u Lepoglavi, Željeznici, Ključu, Tuhovcu i Ludbregu.



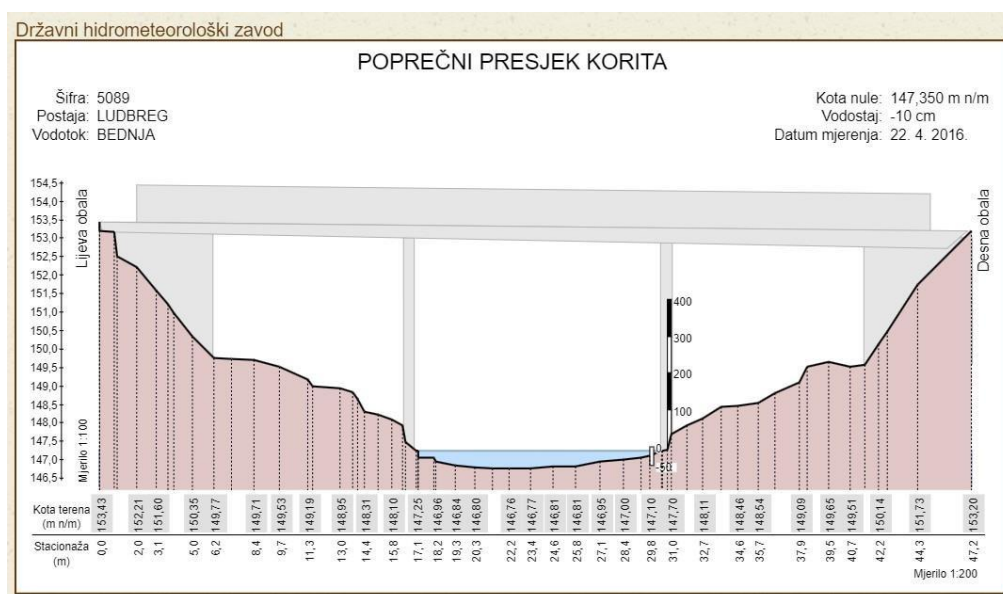
Slika 31: Prikaz sliva Bednje na digitalnom modelu reljefa sa hidrološkim stanicama [26]

Vodometrijska stanica Lepoglava smještena je na desnoj obali i to 10 metara uzvodno od mosta na vodotoku Bednja, a počela je s radom 1986. godine. 2005. godine postavljen je limnigraf, odnosno uređaj koji ne prekidno mjeri razinu vode, a kota nule vodokaza je na 219.31 m n.m. Vodometrijska stanica Željeznica nalazi se oko 150 m nizvodno od ušća potoka Željeznice u Bednju. Počinje s radom 1958. godine, a limnigraf je postavljen 1960. godine. Kota nule vodokaza je na 196.83 m n.m. Vodometrijska stanica Ključ nalazi se na desnoj obali Bednje, oko 3 km nizvodno od mosta u Presečnom. Počinje s radom 1986. godine, a elektronski limnigraf je postavljen 2002. godine. Kota nule vodokaza je na 173.09 m n.m. Vodometrijska stanica u Tuhovcu osnovana je 1957. godine i od početka

rada ove stanice razina vodostaja nije se mijenjala, zabilježena je na 162.85 m n.m. 1958. godine izvršena je regulacija vodotoka i renovacija vodokaza. Stanica je 2003. godine opremljena elektronskim limnigrafom [27].

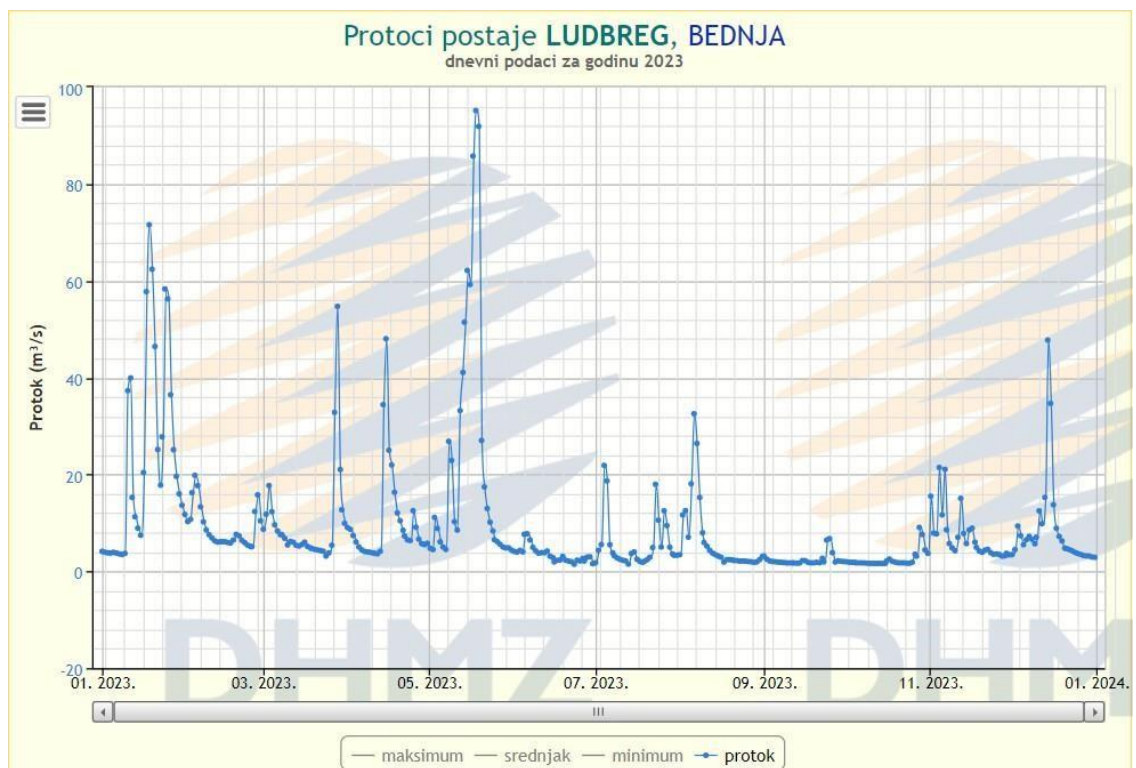
Posljednja stanica i najvažnija u ovom radu je vodomjerna stanica Ludbreg a osnovana je 1938. godine kada je započelo mjerenje vodostaja. Stanica je smještena s nizvodne strane kolnog mosta Ludbreg-Koprivnica. Kota nule na vodokazu bila je 147.37 m n.m. tijekom Drugog svjetskog rata, vodokaz je uništen, ali i obnovljen 1946. godine. U ožujku iste godine došlo je do nesreće u kojoj je velika voda odnijela vodokaz koji je potom ponovno obnovljen u travnju iste godine s kotom nule na 147.01 m n.m. Kota nule vodokaza promijenjena je 1984. godine i iznosi 147.35 m n.m. Godine 1996. postavljen je elektronski limnigraf, a 2006. godine je uspostavljena daljinska dojava vodostaja. Što omogućuje lakše i brže praćenje samog vodostaja. [26]

Na slici 32 prikazan je poprečni presjek korita rijeke Bednje.

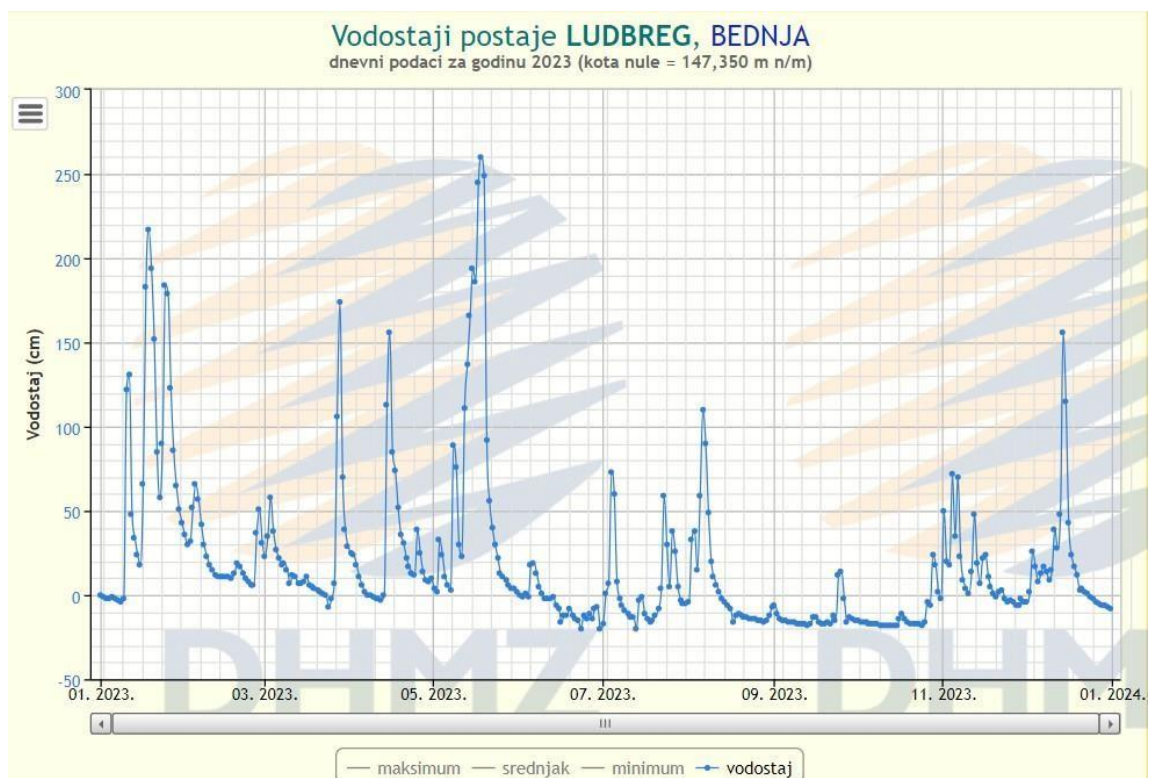


Slika 32: Poprečni presjek korita rijeke Bednje [28]

Radi uvida u bujičnost rijeke Bednje, na slici 33 prikazani su protoci rijeke Bednje za mjernu postaju Ludbreg za 2023. godinu, dok su na slici 34 prikazani vodostaji rijeke Bednje za mjernu postaju Ludbreg. Najveći protok rijeke Bednje na postaji Ludbreg bio je 18.05.2023. godine i iznosio je 95.16 m³/s, dok je najmanji zabilježen 24.10.2023. godine i iznosio je 1.661 m³/s. Najveći zabilježeni vodostaj bio je 18.05.2023. godine i iznosio je 260 cm, dok je najniži bio 13.07.2023. godine i iznosio je -20 cm.



Slika 33: Protoci rijeke Bednje – postaja Ludbreg [28]

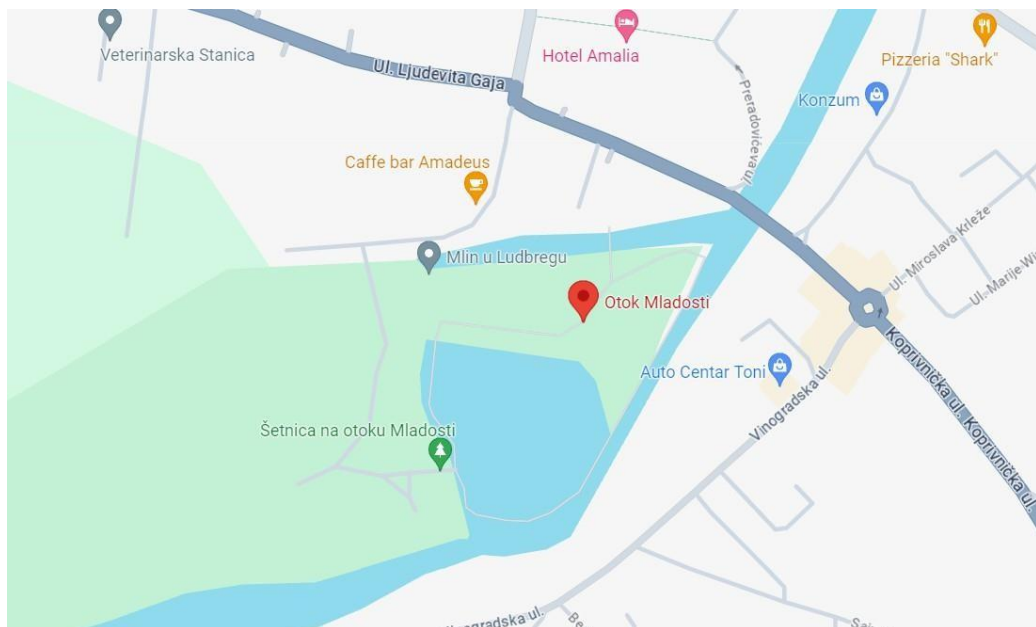


Slika 34: Vodostaj rijeke Bednje – postaja Ludbreg [28]

6.3. Lokacija primjene "Monkey Cheek" koncepta

Otok mladosti, ludbreško je šetalište okruženo ribnjacima, nasipima, šumama, a obgrljuje ga rijeka Bednja što je prikazano na slici 35. U neposrednoj blizini otoka, nalazi se zapornica koja upravlja vodnim režimom same rijeke Bednje i tako štiti grad i predstavlja foto atrakciju. Otok mladosti također se naziva "zelenim plućima" Ludbrega.

S obzirom na značaj, ova lokacija bila bi idealna za provedbu "Monkey Cheek" koncepta kako ne bi došlo do neželjenog poplavlivanja i šteta koje bi pri tom nastale.



Slika 35: Lokacija primjene – Otok mladosti [29]

"Monkey Cheek" koncept predstavlja inovativan i održiv pristup upravljanja velikim vodama, odnosno smanjenju rizika od poplava u urbanim sredinama. Kako bi se osigurao dugoročni uspjeh i održivost, koncept zahtjeva suradnju između inženjera, urbanista ali i cijele zajednice.

7. Terenska istraživanja

Sve češće poplave dovode do razmišljanja ali i otkrivanja i smišljanja novijih principa zaštite od poplava. Jedna od njih je metoda Monkey Cheek osmišljena na Tajlandu. S obzirom na vrijeme koje nas prati zadnjih nekoliko godina dolazi do mogućnosti da će se katastrofe kakve su bile na Tajlandu ujedno pojaviti i kod nas. Lokacija Otok Mladosti (slika 37 i 38) u Ludbregu idealna je za istraživanje načina primjene ove metode. Zbog petero jezera koja se nalaze na ovoj lokaciji, kod velikih količina padalina, postoji mogućnost prevelikog podizanja razine vode tako i poplavljanja okolnog područja. Ovakva pojava nanijela bi mnoge štete u materijalnom smislu, ali ugroženi bi bili i ljudski životi. Što se tiče velikih voda već su se pojavljivale, što se može vidjeti na slici 36, one su nanijele manje poplave i manje štete, no nije isključeno da će doći i do većih katastrofa.

Primjenom "Monkey Cheek" metode uvelike bi zaštitili područje od poplavljanja. Metoda bi se primjenjivala tako da bi se na nekoliko mjesta, odnosno na 8 lokacija, nekoliko metara ispod tla, ovisno o normalnoj i kritičnoj razini vode, postavile cijevi koje bi povezale međusobno jezera, ali i jezera sa rijekom Bednjom, tako bi se kod pojava velikih voda ublažio vodni val i ne bi došlo do velikog poplavljanja okolnog terena. Terenskim radom pronađene su te kritične točke, to jest najniže točke, gdje prijeti poplava od rijeke Bednje s toga se na tom mjestu stavljaju cjevovodi, odnosno spojevi do jezera.

Na lokaciji 1, označenoj na slici 39, prikazan je početak odnosno prvi korak primjene metode Monkey Cheek. Na ovom bi se mjestu trebala postaviti prva cijev koja bi spajala jezero sa rijekom Bednjom (slika 39, 40, 41, 42). Kod postavljanja ovakvih cijevi najčešće se koriste korugirane cijevi tvrdoće SN8 ili više. Kao što je navedeno ranije, cijevi se polažu s obzirom na normalnu i kritičnu razinu vode. Ukoliko se polažu do 1 m dubine, provjerava se je li tlo rahlo te ukoliko jest, postavlja se posteljica od sitnozrnatog materijala ili se cijevi betoniraju. Ukoliko se cijev postavlja pliće preporuča se korištenje AB ploče koja vanjsko opterećenje prenosi na okolno tlo. Na krajevima cijevi bilo bi dobro postaviti nepovratni ventil ili žablju zaklopku. Poželjno je također da se sve cijevi postave u istoj visini, što se naziva zakon spojenih posuda, pri čemu je ista razina vode u svim cijevima, a višak vode izlazi van. Na isti način spaja se rijeka Bednja sa svim ostalim jezerima na lokaciji 2 (slika 44, 45), lokaciji 3 (slika 47, 48), lokaciji 4 (slika 50, 51), lokaciji 5 (slika 53, 54, 55), lokaciji 6 (slika 57, 58, 59) i lokaciji 7 (slika 61, 62, 63) kao i jezera međusobno, odnosno na svih 7 preostalih lokacija koje su prikazane na satelitskim slikama 43, 46, 49, 52, 56, 60 i 64.



Slika 36: Poplavljeno područje kod Otoka Mladosti u Ludbregu [30]



Slika 37: Satelitska slika Otoka Mladosti [25]



Slika 38: Pogled na Otok Mladosti [35]

7.1. Lokacija 1



Slika 39: Satelitska slika lokacije 1[25]



Slika 40: Lokacija 1 [30]

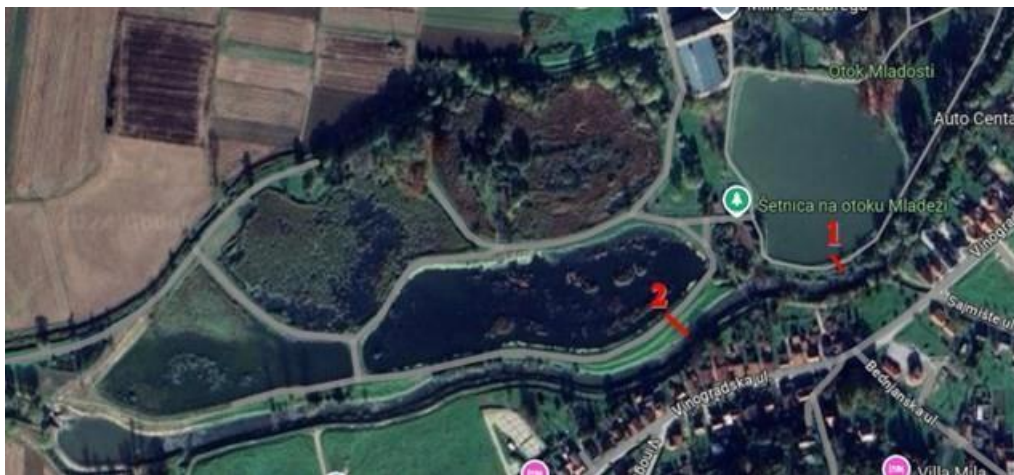


Slika 41: Lokacija 1, lijeva strana [30]



Slika 42: Lokacija 1, desna strana [30]

7.2. Lokacija 2



Slika 43: Satelitska slika lokacije 2 [25]



Slika 44: Lokacija 2, desna strana [30]

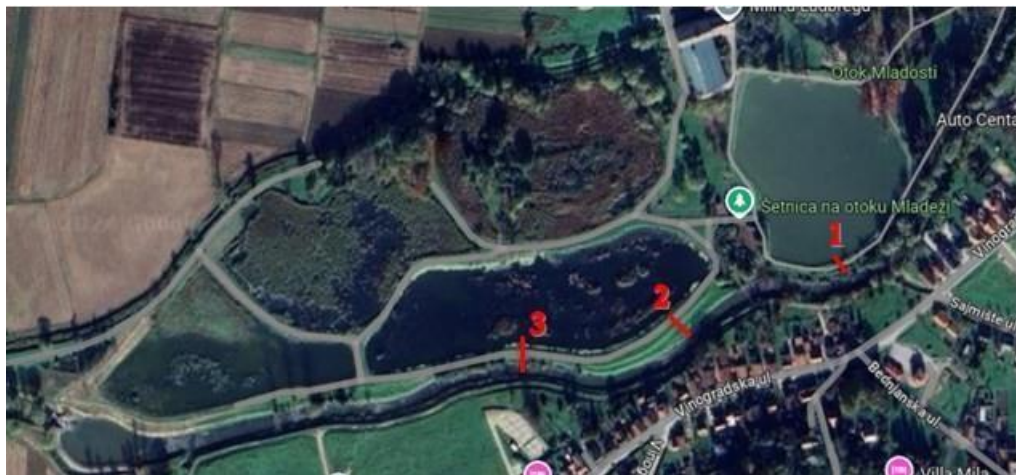


Slika 45: Lokacija 2, lijeva strana [30]

S druge strane rijeke Bednje, kod pojave poplava, također bi se postavila zaštita od poplave iz razloga što se na ovoj strani nalaze objekti. Kako bi zaštitili te iste objekte postavila bi se Geodesign pregrada koja je ujedno i najčešće korištena vodena prepreka. Ovakve pregrade mogu zadržati vodeni val u visini od čak 2,4 m s toga su vrlo pouzdane

te bi uz postavljanje cjevovoda bile vrlo učinkovite na ovoj lokaciji. Na slikama 44 i 45 prikazana su naselja koja treba zaštititi od poplava. Ukoliko bi se voda nepredviđeno počela pojavljivati postavljali bi se i zečji nasipi koji bi također spriječili prolazak vode do objekata.

7.3. Lokacija 3



Slika 46: Satelitska slika lokacije 3 [25]



Slika 47: Lokacija 3, lijeva strana [30]



Slika 48: Lokacija 3, desna strana [30]

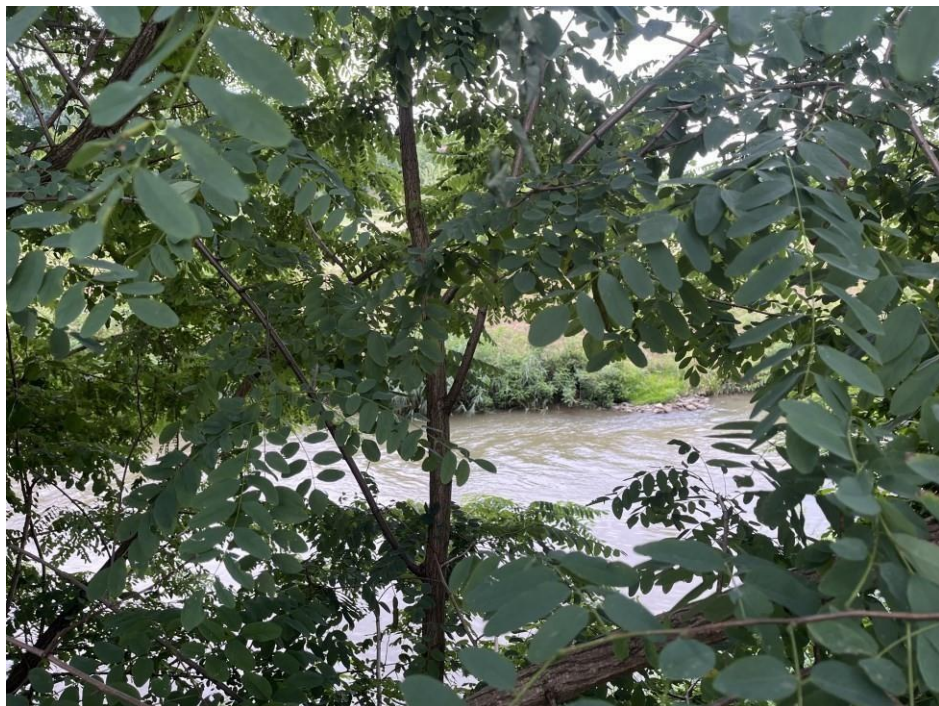
7.4. Lokacija 4



Slika 49: Satelitska slika lokacije 4 [25]

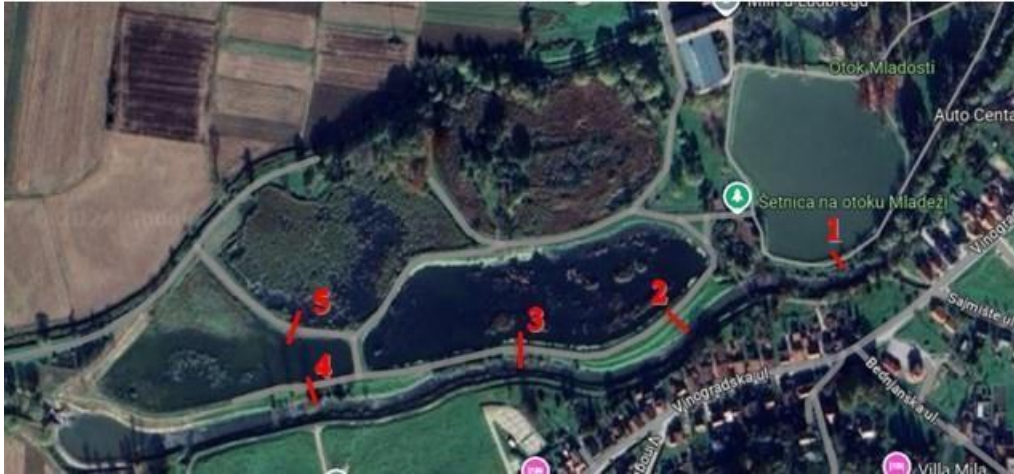


Slika 50: Lokacija 4, lijeva strana [30]



Slika 51: Lokacija 4, desna strana [30]

7.5. Lokacija 5



Slika 52: Satelitska slika lokacije 5 [25]



Slika 53: Lokacija 5 [30]



Slika 54: Lokacija 5, desna strana [30]

Na lokaciji 5 već postoji cijev odnosno preljev koji spaja dva jezera, a prikazan je na slici 54.



Slika 55: Lokacija 5, lijeva strana [30]

7.6. Lokacija 6



Slika 56: Satelitska slika lokacije 6 [25]



Slika 57: Lokacija 6 [30]



Slika 58: Lokacija 6, desna strana [30]



Slika 59: Lokacija 6, lijeva strana [30]

7.7. Lokacija 7



Slika 60: Satelitska slika lokacije 7 [25]



Slika 61: Lokacija 7 [30]



Slika 62: Lokacija 7, lijeva strana [30]



Slika 63: Lokacija 7, desna strana [30]

7.8. Lokacija 8



Slika 64: Satelitska slika lokacije 8 [25]



Slika 65: Lokacija 8 [30]



Slika 66: Lokacija 8, lijeva strana [30]



Slika 67: Lokacija 8, desna strana [30]

Tijekom perioda oborina uviđeno je da nema izlivanja vode iz jezera, a ukoliko bi se postavio cjevovod koji bi povezo jezera, postigla bi se još učinkovitija raspodjela vode.

8. Zaključak

S obzirom na broj poplava koje se događaju, potrebno je primijeniti neke metode zaštite od poplava. Nažalost nekad su neke tako zvane tradicionalne metode zaštite od poplava nedovoljne pa se sve više istražuju novije metode koje bi bile efikasnije. Tako je zbog velike katastrofe koja je pogodila Tajland, osmišljena nova metoda zaštite od poplava. Tamo se pokazala učinkovita, no u svijetu nije još toliko primijenjena. Zbog sve češćih ekstremnih oborina, postoji opasnost da će se onakve katastrofe pojaviti i ovdje. Zbog navedenog razloga, Monkey Cheek metoda zaštite od poplava primijenjena je na rijeci Bednji. Istraživanje je napravljeno na otoku Mladosti gdje se nalazi petero jezera, pri čemu bi se jezera cijevima spajala s rijekom Bednjom, ali i međusobno kako kod velikih voda ne bi došlo do popunjavanja korita vodom i izlivanja vode iz korita, već bi se dio vode pohranio na području jezera, tako bi se spriječilo poplavlivanje okolnog područja a najvažnije stambenih jedinica na tom području. Ujedno bi se očuvalo područje koje je danas postalo nezaobilazno mjesto za društvene/turističke aktivnosti. Također se ovo područje naziva "zelenim plućima Ludbrega", tako da ga je bitno zaštititi od poplava.

9. Literatura

- [1] RH Ministarstvo financija, Prijavljene štete po vrstama prirodnih nepogoda po županijama, <https://mfin.gov.hr/istaknute-teme/koncesije-i-drzavne-potpore/prirodne-nepogode/prijavljene-stete-po-vrstama-prirodnih-nepogoda-po-zupanijama/3050>, datum pristupa: 17.6.2024.
- [2] Jonkman, S. N., Curran, A., Bouwer, L. M.: Natural Hazards (2024): Floods have become less deadly: an analysis of global flood fatalities 1975-2022, 120:6327-6342
- [3] Priroda Hrvatske, Poplavna područja, <https://priodahrvatske.com/poplavna-podrucja/>, datum pristupa: 11.6.2024.
- [4] Lovrić I., Kalinić F., Novine M., BUJIČNE POPLAVE – UZROCI, MJERE UBLAŽAVANJA I PRIMJERI U HRVATSKOJ, <https://hrcak.srce.hr/file/434219>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [5] Poplave, <https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/2251514/poplave.html>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [6] Frisco1, O poplavama, <https://frisco-project.eu/hr/o-projektu-hr/o-poplavama/>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [7] Priroda Hrvatske, Ogulinski kraj – planine i krška polja, <https://priodahrvatske.com/2018/08/31/ogulinski-kraj-planine-i-krska-polja/>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [8] MorskiHR, <https://www.morski.hr/znanstvenica-s-instituta-za-oceanografiju-u-utorak-se-na-obali-dogodio-olujni-uspor-bit-ce-sve-cesci/>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [9] 24sata, <https://www.24sata.hr/news/bujicne-poplave-i-odroni-u-sjeverozapadnome-dijelu-bih-910417>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [10] Urbane poplave, doc.dr.sc. Danko Holjević dipl.ing.građ., Hrvatske vode, <https://www.zastita.info/UserFiles/file/zastita/SIGG/SIGG%202016/PREZENTACIJE/17%20-%20Danko%20Holjevi%20C4%87%20pptx.pdf>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [11] Višnjic, M., (2015.), Zaštita i spašavanje od poplava i drugih nesreća na vodi, Završni rad, Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite, Veleučilište u Karlovcu, <https://zir.nsk.hr/islandora/object/vuka:181/datastream/PDF>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [12] Hrvatska enciklopedija, Odvodnja, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/odvodnja>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [13] Josip Silaj, Obrana od poplava, <https://hrcak.srce.hr/file/244836>, datum pristupa: 8.5.2024.

- [14] Mikliš M., Vatrogasci u obrani od poplava, <https://zir.nsk.hr/en/islandora/object/vuka%3A1114/datastream/PDF/view>, datum pristupa: 11.6.2024.
- [15] Luveti, vreće za zaštitu od poplava, , <https://luveti.hr/proizvod/floodsax-vrece-za-zastitu-od-poplava/>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [16] Prefa, Mobilni zid za zaštitu od poplava, <https://www.prefa.hr/katalog-proizvoda/zastita-od-poplave/mobilni-zid-za-zastitu-od-poplave/>, datum pristupa: 17.06.2024.
- [17] Poplave.hr, Dokazana zaštita od poplave, https://poplave.hr/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsaqzBhDdARIsAK2gqnd13tcsFMGs79phZWE6V4C9QrSJ8lMQPGWxGKGvN0hqfQxQLXo9lnUaAjxiEALw_wcB, datum pristupa: 17.06.2024.
- [18] Vatro promet, Modul za obranu od poplava, Hytrans FloodModule, <https://vatropromet.hr/modul-za-obranu-od-poplava-hytrans-floodmodule-proizvod-934/>, datum pristupa: 17.06.2024.
- [19] Interreg Italy- Croatia, Integralni sustav za zaštitu Venecije i njezine lagune od poplava, <https://adriadapt.eu/hr/case-studies/integralni-sustav-za-zastitu-venecije-i-njezine-lagune-od-poplava/>, datum pristupa: 19.06.2024.
- [20] International Commission on Irrigation & Drainage, https://www.icid.org/wif2_full_papers/wif2_w.2.2.22.pdf, datum pristupa: 20.06.2024.
- [21] Monkey, <https://www.flickr.com/photos/jmicheletta/4682554480>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [22] Đurin, B., Kositgittiwong, D., Kranjčić, N., Thi Thuy Linh, N., Sustainable energy production and resilience toward floods by using hydro and solar photovoltaic energy, <https://hrcak.srce.hr/file/458884>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [23] Ludbreg-Centrum Mundi, Rijeka Bednja, <https://visitludbreg.hr/bednja/>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [24] Pinterest, <https://www.pinterest.co.uk/pin/766949011539123805/>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [25] Google karte, <https://www.google.hr/maps/@46.1289434,16.3926864,12z?hl=hr>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [26] Institut za elektroprivredu, Projekt Framwat – analiza učinka malih retencijskih mjera na smanjenje nutrijenata na slivu Bednje, <https://voda.hr/sites/default/files/dokumenti/PUVP3%20-%20OUE%20-%200007.pdf>, datum pristupa: 20.06.2024.

- [27] Hrvatske vode, (2018.), Iz Hrvatske vodoprivrede: Klimatske promjene i pojava poplava, <https://voda.hr/hr/novost/iz-hrvatske-vodoprivrede-klimatske-promjene-i-pojava-poplava>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [28] DHMZ, <https://hidro.dhz.hr/>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [29] Hrvatske vode, Obrana od poplava, <https://voda.hr/hr/node/3509>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [30] Novak, K., Autorske fotografije od 2024.god., datum pristupa: 03.07.2024.
- [31] Hrvatska enciklopedija, limnigraf, <https://www.enciklopedija.hr/clanak/limnigraf>, datum pristupa: 20.06.2024.
- [32] Rijeke Hrvatske, <https://crorivers.com/obrana-od-poplava/>, datum pristupa: 25.07.2024.
- [33] Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa, Poplave, https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%C5%A0TITA/PDF_ZA%20WEB/Poplave_bro%C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf, datum pristupa: 8.5.2024.
- [34] Hrvatska enciklopedija, Poplava, <https://enciklopedija.hr/clanak/poplava>, datum pristupa: 8.5.2024.
- [35] Hrvatske vode, (2023.), Iz Hrvatske vodoprivrede: Klimatske promjene i pojava poplava, https://vepar.voda.hr/storage/app/media/uploaded-files/vepar_smanjimo.rizike.od.poplava_brosura_1.pdf, datum pristupa: 8.5.2024.

Popis slika

Slika 1: Broj katastrofa (lijevo) i broj poplava (desno) s jednim ili više smrtnih slučajeva [2]	4
Slika 2: broj poplava s 10 i više smrtnih slučajeva [2].....	4
Slika 3: Poplavno područje [3]	5
Slika 4: Poplava krškog polja – Stajničko polje kod Ogulina [7].....	9
Slika 5: Poplava mora u Vodicama [8]	10
Slika 6: Bujična poplava [9]	11
Slika 7: Urbana poplava [10].....	12
Slika 8: Faktori koji utječu na poplave [11]	12
Slika 9: Melioracijska odvodnja [12]	15
Slika 10: Geodesign pregrada postavljena radi usmjeravanja nabujalih voda [13]...	16
Slika 11: Princip rada geodesign pregrade [13].....	17
Slika 12: Princip rada vodenog kaveza [13]	18
Slika 13: Vodena pregrada punjena vodom [13]	19
Slika 14: Tiger brana [13].....	20
Slika 15: Vreće s pijeskom kao obrana od poplava [15].....	21
Slika 16: Punjenje vreća s pijeskom [13]	22
Slika 17: Podizne vodene pregrade [13].....	23
Slika 18: Spuštajuće vodene pregrade [13]	24
Slika 19: Dijelovi mobilnog zida [16].....	24
Slika 20: NOAA barijera kao zaštita od poplava [17]	26
Slika 21: Hytrans FloodModule kao obrana od poplava [18].....	27
Slika 22: Venecijska laguna i tri uvale [19].....	28
Slika 23: Mobilne barijere sustava MOSE [19].....	29
Slika 24: Lokalne mjere obrane od poplave u naselju [19].....	30
Slika 25: Princip prehrambenih navika majmuna [21].....	31
Slika 26: Koncept Monkey Cheek na području Bangkoka [22]	32
Slika 27: "Monkey Cheek" kao dio rekreacijske ponude [22]	33
Slika 28: Tok rijeke Bednje [24].....	34
Slika 29: Lokacija Ludbrega na karti Europe [25].....	35
Slika 30: Geografski položaj grada Ludbrega u Hrvatskoj [25]	35
Slika 31: Prikaz sliva Bednje na digitalnom modelu reljefa sa hidrološkim stanicama [26].....	36
Slika 32: Poprečni presjek korita rijeke Bednje [28]	37
Slika 33: Protoci rijeke Bednje – postaja Ludbreg [28]	38
Slika 34: Vodostaj rijeke Bednje – postaja Ludbreg [28]	38
Slika 35: Lokacija primjene – Otok mladosti [29].....	39
Slika 36: Poplavljeno područje kod Otoka Mladosti u Ludbregu [30]	41
Slika 37: Satelitska slika Otoka Mladosti [25]	41
Slika 38: Pogled na Otok Mladosti [35].....	42
Slika 39: Satelitska slika lokacije 1 [25]	42
Slika 40: Lokacija 1 [30]	43
Slika 41: Lokacija 1, lijeva strana [30].....	43
Slika 42: Lokacija 1, desna strana [30]	44
Slika 43: Satelitska slika lokacije 2 [25]	44
Slika 44: Lokacija 2, desna strana [30]	45
Slika 45: Lokacija 2, lijeva strana [30].....	45
Slika 46: Satelitska slika lokacije 3 [25]	46

Slika 47: Lokacija 3, lijeva strana [30].....	46
Slika 48: Lokacija 3, desna strana [30]	47
Slika 49: Satelitska slika lokacije 4 [25].....	47
Slika 50: Lokacija 4, lijeva strana [30].....	48
Slika 51: Lokacija 4, desna strana [30]	48
Slika 52: Satelitska slika lokacije 5 [25].....	49
Slika 53: Lokacija 5 [30]	49
Slika 54: Lokacija 5, desna strana [30]	50
Slika 55: Lokacija 5, lijeva strana [30].....	50
Slika 56: Satelitska slika lokacije 6 [25].....	51
Slika 57: Lokacija 6 [30]	51
Slika 58: Lokacija 6, desna strana [30]	52
Slika 59: Lokacija 6, lijeva strana [30].....	52
Slika 60: Satelitska slika lokacije 7 [25].....	53
Slika 61: Lokacija 7 [30]	53
Slika 62: Lokacija 7, lijeva strana [30].....	54
Slika 63: Lokacija 7, desna strana [30]	54
Slika 64: Satelitska slika lokacije 8 [25].....	55
Slika 65: Lokacija 8 [30]	55
Slika 66: Lokacija 8, lijeva strana [30].....	56
Slika 67: Lokacija 8, desna strana [30]	56

Popis tablica

Tablica 1: Iznos prijavljenih šteta iskazanih u eurima, od 2023.godine [1]	3
--	---