

# Uređenje vodotoka i zaštita od štetnog dejstva voda

U skladu sa odredbama Zakona o vodama, upravljanje vodama koje čini skup mera i aktivnosti usmerenih na održavanje i unapređenje vodnog režima, u nadležnosti je Republike Srbije, a ostvaruje se preko:

- Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine u okviru koga je za sektor voda nadležna Republička direkcija za vode,
- Pokrajinskog sekretarijata za poljoprivredu, vodoprivredu i šumarstvo AP Vojvodina,
- organa jedinica lokalne samouprave,
- javnih vodoprivrednih preduzeća i to: na području AP Vojvodina – JVP "Vode Vojvodine" i na preostalom delu Republike Srbije – JVP "Srbijavode".

Javno vodoprivredno preduzeće, osnovano za obavljanje vodne delatnosti na određenoj teritoriji, upravlja vodnim objektima za uređenje vodotoka i za zaštitu od poplava na vodama I reda (uključujući i brane sa akumulacijama i retenzije), vodnim objektima za zaštitu od erozije i bujica na slivovima akumulacija i vodnim objektima za odvodnjavanje koji su u javnoj svojini, i brine se o njihovom namenskom korišćenju, održavanju i čuvanju.

Vodnim objektima za uređenje vodotoka i zaštitu od poplava na vodama II reda i ostalim vodnim objektima za zaštitu od erozije i bujica koji su u javnoj svojini, upravlja i brine o njihovom namenskom korišćenju, održavanju i čuvanju, jedinica lokalne samouprave na čijoj se teritoriji objekti nalaze.

Vode I reda date su u Odluci o utvrđivanju popisa voda I reda. Sve ostale površinske vode smatraju se vodama II reda.

Uređenje vodotoka i zaštita od štetnog dejstva voda je jedna od tri vodne delatnosti i delatnost je od opšteg interesa. Uređenje vodotoka obuhvata izgradnju i održavanje vodnih objekata za uređenje vodotoka (regulacioni objekti) i izvođenje radova na održavanju stabilnosti obala i korita vodotoka i održavanju njegove propusne moći za vodu, led i nanos. Zaštita od štetnog dejstva voda obuhvata mere i radove za zaštitu od poplava od spoljnih i unutrašnjih voda i od leda, za zaštitu od erozije i bujica i radove na otklanjanju štetnih posledica poplava na vodnim objektima i koritu za veliku vodu.

Upravljanje rizicima od štetnog dejstva voda obuhvata izradu preliminarne procene rizika od poplava, izradu i sprovođenje planova upravljanja rizicima od poplava, opšteg i operativnih planova za odbranu od poplava, sprovođenje redovne i vanredne odbrane od poplava i zaštitu od erozije i bujica.

- Preliminarna procena rizika od poplava
- Planovi upravljanja rizicima od poplava
- Opšti plan za odbranu od poplava
- Operativni planovi za odbranu od poplava
- Sprovođenje redovne i vanredne odbrane od poplava
- Zaštita od erozije i bujica

## **Preliminarna procena rizika od poplava**

Preliminarnu procenu rizika od poplava za teritoriju Republike Srbije je izradilo Ministarstvo, Republička direkcija za vode, u skladu sa Zakonom o vodama, Pravilnikom o utvrđivanju metodologije za izradu preliminarne procene rizika od poplava kao i Evropskom direktivom o proceni i upravljanju rizicima od poplava, 2007/60/EC.

### **2019. godina**

Preliminarna procena rizika od poplava za teritoriju Republike Srbije 2019.

U Preliminarnoj proceni rizika od poplava (PPRP 2019) izvršena je analiza poplava koje su se javile u periodu od 2012. do 2019. godine, preispitivanje mogućih štetnih posledica budućih poplava i značajnih poplavnih područja.

PPRP 2019 sadrži podatke iz prve PPRP, koji su preispitani, ažurirani, izmenjeni i dopunjeni u skladu sa saznanjima i podacima prikupljenim nakon prve PPRP.

U skladu sa Pravilnikom, urađena je preliminarna procena rizika od poplava sagledavanjem situacije po slivovima površine veće od 500 km<sup>2</sup>, uzimajući u obzir fizičke karakteristike sliva, položaj i hidrološke karakteristike vodotoka, način korišćenja zemljišta na slivu, položaj naseljenih mesta i objekata privrednih aktivnosti, položaj saobraćajne infrastrukture, položaj zaštitnih vodnih objekata, podatke o poplavama koje su se dogodile u prošlosti, mogućnost pojave poplava u budućnosti i njihove moguće štetne posledice, raspoložive informacije o planovima dugoročnog razvoja, izvedene i moguće radove za smanjenje rizika od poplava i određena su značajna poplavna područja na podslivovima gde su zabeležene poplave u prošlosti i/ili je procenjeno da su moguće značajne poplave u budućnosti

U prvoj PPRP je određeno 99 značajno poplavnih područja (ZPP) koja su ugrožena poplavama u slučaju izlivanja vode iz korita vodotoka.

Prilikom preispitivanja je konstatovano da je potrebno ažuriranje spiska ZPP.

Na osnovu značajnih poplava u periodu 2012-2019. izmenjena su ZPP duž Bjelice i Likodre.

Dodata su nova ZPP duž Mlave i Tisnice, Busura, Peštana i Obnice.

Na osnovu procene mogućih štetnih posledica budućih poplava izmenjena su ili dodata nova ZPP duž: Tamiša, Crnice, Skrapeža, Moravice (Aleksinac), i Crnog Timoka.

Značajnom poplavnom području duž Mlave od ušća do Petrovca je promenjen naziv tako da je sada uzvodna granica kod Leskovca.

Značajnom poplavnom području duž Jaseničke reke naziv je promenjen tako da je sada uzvodna granica na ušću Dupljanske reke, što prostorno odgovara ranijoj granici kod Miloševa.

Značajna poplavna područja duž Raške i Jošanice kroz Novi Pazar su grupisana u jedno ZPP, kao i Vršački kanal i Markovački potok.

Plazović ima regulisano korito te je u prvoj PPRP određen kao ZPP. Kako u ranijem periodu nisu zabeležene velike vode na ovom vodotoku i ne procenjuje se da su moguće značajne poplave, odlučeno je da se njegovo poplavno područje ne smatra značajnim.

Preliminarnom procenom rizika od poplava 2019. godine određeno je ukupno 101 značajno poplavno područje, uključujući i ona identifikovana u prvoj PPRP.

## **2012. godina**

Preliminarna procena rizika od poplava je obuhvatila analizu raspoloživih podataka o karakteristikama i štetnim posledicama poplava iz prošlosti, kao i procenu mogućih štetnih posledica poplava koje se mogu javiti u budućnosti, uz korišćenje podataka o topografiji, hidrografiji, načinu korišćenja zemljišta, naseljenim mestima, granicama vodnih područja, melioracionih područja i slivova, administrativnim granicama.

Podaci o velikim vodama i poplavama iz prošlosti prikupljeni su od svih nadležnih subjekata koji učestvuju u zaštiti od poplava - Republičkog hidrometeorološkog zavoda, Republičke direkcije za vode, javnih vodoprivrednih preduzeća, vodoprivrednih preduzeća i nadležnih organa opština. U periodu 1965-2011. godine identifikovano je preko 70 značajnih poplava usled izlivanja iz korita manjih vodotokova, uglavnom na deonicama duž kojih ne postoje izgrađeni sistemi zaštite od poplava, ali i na zaštićenim delovima usled prelivanja ili rušenja zaštitnih objekata.

Štetne posledice mogućih budućih poplava su očekivane na ugroženim nezaštićenim područjima, ali su još značajnije štete od budućih poplava moguće duž svih zaštićenih područja u slučaju otkaza postojećeg zaštitnog sistema. Rizik od otkaza u najvećoj meri zavisi od stepena održavanja funkcionalne sigurnosti zaštitnih objekata.

Cilj i rezultat izrade preliminarne procene rizika od poplava, koja predstavlja prvi korak u izradi planova upravljanja rizicima od poplava, je određivanje značajnih poplavnih područja kao područja na kojima postoji ili bi se mogao pojaviti značajan rizik od poplava sa štetnim posledicama po zdravlje ljudi, životnu sredinu, privredne aktivnosti i kulturno nasleđe. Prema izvršenoj preliminarnoj proceni rizika od poplava na osnovu navedenih podloga, određena su značajna poplavna područja za Republiku Srbiju.

Preispitivanje i po potrebi noveliranje preliminarne procene rizika od poplava vrši Ministarstvo po isteku 6 godina od njene izrade.

## **Planovi upravljanja rizicima od poplava**

Planom upravljanja rizicima od poplava obezbeđuje se upravljanje rizicima smanjivanjem mogućih štetnih posledica poplava na zdravlje ljudi, životnu sredinu, kulturno nasleđe i privredne aktivnosti. Plan koji se donosi za teritoriju Republike Srbije priprema Ministarstvo, a planove za vodna područja pripremaju nadležna javna vodoprivredna preduzeća. Rok za donošenje planova je 2017. godina, a preispitivanje i noveliranje vrši se po isteku 6 godina od njihovog donošenja.

Plan upravljanja rizicima od poplava izrađuje se na osnovu karata ugroženosti i karata rizika od poplava i sadrži: ciljeve upravljanja rizicima od poplava i mere za njihovo postizanje, prioritete i način sprovođenja plana, nadležna pravna lica i sredstva potrebna za sprovođenje plana, način usklađivanja sa planom upravljanja vodama i uključenje javnosti.

Karte ugroženosti i karte rizika od poplava izrađuju se za značajna poplavna područja određena preliminarnom procenom rizika od poplava, u skladu sa Pravilnikom o utvrđivanju metodologije za izradu karte ugroženosti i karte rizika od poplava kao i Evropskom direktivom o proceni i upravljanju rizicima od poplava, 2007/60/EC.

Karte ugroženosti od poplava sadrže podatke o granicama poplavnog područja za poplave različitog povratnog perioda i o dubini ili nivou vode. Karte rizika od poplava sadrže podatke o mogućim štetnim posledicama poplava na zdravlje ljudi, životnu sredinu, kulturno nasleđe i privredne aktivnosti. Karte izrađuje nadležno javno vodoprivredno preduzeće, a preispitivanje i po potrebi noveliranje vrši se po isteku 6 godina od njihove izrade.

## **2020. godina**

### **Opšti plan za odbranu od poplava**

Uredba o utvrđivanju Opšteg plana za odbranu od poplava sadrži mere koje se moraju preduzeti preventivno i u periodu nailaska velikih voda (spoljašnjih i unutrašnjih) i nagomilavanja leda na vodotoku, način institucionalnog organizovanja odbrane od poplava, dužnosti, odgovornosti i ovlašćenja rukovodilaca odbrane, institucija i drugih lica nadležnih za odbranu od poplava, način osmatranja i evidentiranja hidroloških i drugih podataka, prognoza pojava, obaveštavanja i drugi podaci utvrđeni su opštim planom.

### **Operativni planovi za odbranu od poplava**

Operativni plan za odbranu od poplava za teritoriju Republike Srbije koji pripremaju javna vodoprivredna preduzeća u skladu sa opštim planom i donosi Ministarstvo do kraja tekuće godine za narednu godinu, za vode I reda sadrži: vodne jedinice, sektore i deonice vodotoka, pravno lice nadležno za organizovanje i sprovođenje odbrane od poplava, imena rukovodilaca odbrane od poplava i drugih odgovornih lica, zaštitne vodne objekte na kojima se sprovodi odbrana od poplava, štíčena poplavna područja i kriterijume za proglašavanje redovne/vanredne odbrane od poplava od spoljnih voda i nagomilavanja leda, pregled hidroloških i meteoroloških stanica i punktova za osmatranje lednih pojava; za unutrašnje vode: vodne jedinice, hidromelioracione sisteme na kojima se sprovodi odbrana od poplava, pravno lice nadležno za organizovanje i sprovođenje odbrane od poplava, imena rukovodilaca odbrane od poplava i drugih odgovornih lica i kriterijume i uslove za proglašavanje redovne/vanredne odbrane od poplava od unutrašnjih voda.

U Operativnom planu za odbranu od poplava za 2020. godinu je ukupno oko 3.600 km nasipa i drugih zaštitnih objekata, 53 brane sa akumulacijama, 413 hidromelioracionih sistema u javnoj svojini sa preko 25.000 km kanalske mreže i brojnim crpnim stanicama.

Operativne planove za vode II reda donosi nadležni organ jedinice lokalne samouprave, u skladu sa opštim planom i operativnim planom za vode I reda uz pribavljeno mišljenje javnog vodoprivrednog preduzeća, takođe za period od jedne godine.

Operativni plan je u obavezi da donese i pravno lice čija je imovina ugrožena poplavama.

Opšti plan i operativni planovi za odbranu od poplava se dostavljaju organu državne uprave nadležnom za vanredne situacije.

### **Sprovođenje redovne i vanredne odbrane od poplava od spoljnih i unutrašnjih voda i od nagomilavanja leda**

Odbrana od poplava obuhvata odbranu od velikih voda (spoljašnjih i unutrašnjih) i od nagomilavanja leda i može biti redovna i vanredna. Odbranu od poplava organizuje i sprovodi javno vodoprivredno preduzeće na vodama I reda i na sistemima za odvodnjavanje u javnoj svojini, a na vodama II reda jedinica lokalne samouprave, u skladu sa opštim planom i operativnim planovima za odbranu od poplava.

## **Zaštita od erozije i bujica**

Radi sprečavanja i otklajanja štetnog dejstva erozije i bujica sprovode se preventivne mere (korišćenje poljoprivrednog, šumskog i drugog zemljišta u skladu sa zahtevima antierozionog uređenja zemljišta, zabrana radnji kojima se pospešuje erozija i stvaranje bujica i drugo), grade i održavaju vodni objekti za zaštitu od erozije i bujica i izvode zaštitni radovi (biološki i biotehnički).

Eroziono područje sa granicama i uslovima za njegovo korišćenje određuje Vlada, na predlog Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine, a na osnovu karte erozije za teritoriju Republike Srbije koju zajednički izrađuju nadležni organi ovog ministarstva – Direkcija za vode, Uprava za šume, Uprava za poljoprivredno zemljište i Sektor za zaštitu životne sredine.

Granice erozionog područja unose se u plan upravljanja vodama, plan upravljanja rizicima od poplava, program razvoja šumarstva, plan razvoja šumskog područja, poljoprivredne osnove i u prostorne i urbanističke planove.

## 2. Eroziija, bujice i eroziona područja

Bujične poplave i erozija zemljišta su nerazdvojive prirodne pojave koje su oblikovale reljef daleko pre pojave živih bića na Zemlji. Izraženo delovanje klimatsko-meteoroloških činilaca, kao što su pljuskovite kiše i oluje, izazivaju bujične poplave, koje se manifestuju razornošću, velikom brzinom nastanka i kratkoćom trajanja. Sa druge strane, postoji neprimetno delovanje klimatskih činilaca koje se manifestuje kao proces erozije zemljišta. Eroziija je spora i slabije primetna do trenutka kada ogoli čitave pokrajine, države i delove kontinenata. Tragovi civilizacija koje su nestale usled delovanja erozije prisutni su u celom svetu.

Nijedan grad ne može opstati bez hrane i vode. Grad sa slike je u severnoj Africi i pripadao je moćnom Punskom carstvu. Moć tog carstva se zasnivala na proizvodnji žita i drveta, posebno kedrova koji su korišćeni u brodogradnji. Vojska Puskog carstva je koristila bojne slonove na kojima je njihov car Hanibal prešao preko Alpa. Slonovi jedu približno jedno drvo dnevno. Drveće je nešto što je teško naći na današnjim goletima tih prostora. Rimske arhive govore o velikim prihodima koje je Rimska imperija ubirala sa tih prostora nakon pobeđe nad Hanibalom i osvajanja Puskog carstva. Srazmerno topla klima obezbeđivala je i dve žetve žita godišnje sa ukupnim godišnjim prinosima koji su dostizali oko 10 tona po hektaru godišnje. Šume su sečene za brodogradnju i sve druge namene. Približno tri veka kasnije počinje propast Rimske

imperije koja je iznenada izgubila bogate prinose sa osvojene zemlje u severnoj Africi. Sve to je rezultat erozije koja je uradila svoj deo posla i ogolela zemljište. Na slici 2. vidi se izgled ogoljene površine za koju nije lako upotrebiti reč zemljište. Ogoljena površina sa slike nalazi se svega desetak kilometara od obale Sredozemnog mora i u prošlosti je bila pokrivena šumom na koju je padalo dovoljno kiše za njen opstanak. Danas na tim mestima, usled nedostatka šuma, pada između 100 mm i 300 mm padavina, odnosno litara vode po kvadratnom metru godišnje<sup>2</sup>.

Erozioni procesi su teško primetni i spori i najčešće se konstatuju tek kad se ogole velike površine, a tada problem erozije postaje teško rešiv ili nerešiv problem. Zbog promene mikroklimatskih osobina područja uspostavlja se novi režim padavina, a odlikuje se smanjenim ukupnim količinama padavina na području, ali i češćim kišama velikog intenziteta i dugim sušnim periodima. Tako se postupno stvaraju pustinje.

<sup>2</sup> Procene su da su pre krčenja šuma na severu Afrike prosečne godišnje padavine iznosile od 500 do 700 milimetara vodenog taloga godišnje, ali su usled ogoljavanja terena padavine danas višestruko manje. Smanjivanjem šumskih površina smanjuje se i evapotranspiracija, čime se mikroklimatska slika područja menja u smeru povećanja temperature i smanjenja vlažnosti vazduha, a to direktno prouzrokuje i manje padavina na području. Jedinica za izražavanje količine pale kiše izražava se u milimetrima vodenog stuba [mm] u određenom periodu (dan, mesec, godina), što odgovara i jedinici izraženoj u litrima pale kiše po metru kvadratnom [l/m<sup>2</sup>].



Slika 1: Ruševine nekada bogatog i moćnog grada Puskog carstva



Slika 2: Ogoljene površine severne Afrike u nekadašnjem Puskom carstvu

Erodiranje (najedanje) zemljišta se ostvaruje najpre termičkim naprezanjem, jer vlaga, mraz i toplota postupno drobe zemljište i pripremaju ga za kišu i vetar koji pokreću zdrobljen materijal.

Svakako da svaka kiša ili vetar nemaju dovoljno energije da pokrenu pripremljen materijal. Narod je svakoj vrsti kiše i vetra dao ime koje ih karakteriše. Sipljiva kiša orošava zemlju i lepi se za odeću, ali ne daje nikakav oticaj. Plaha kiša je nešto što svaki poljoprivrednik želi, jer gotovo svaka kap kiše završi u zemljištu i jedva da ima nekog površinskog oticaja. Pljusak je vrsta jake kiše velikog intenziteta, većeg od 30 mm na sat. Te kiše imaju veliku energiju udara. Kišne kapi ove vrste kiša imaju prečnik od 1,5 mm do 7 mm i svaka kap je projektil koji na zemlju pada brzinom od 3 do 6 m/s (slika 3). Prosečan prečnik kapi u takvim kišama je oko 3mm u uslovima naše klime. Na slici je prikazan udar kišne kapi o površinu zemlje. Ne treba ga nikako razlikovati od bombe jer je vidljiv efekat razaranja.

Tokom pljuska svake sekunde na zemlju padne od 10 do 30 tona takvih projektila po km<sup>2</sup> površine. Kako je površina tipičnog kišnog oblaka koji izručuje pljuskovite padavine najčešće oko 10-30 km<sup>2</sup>, nije teško izračunati ukupnu količinu pale vode.

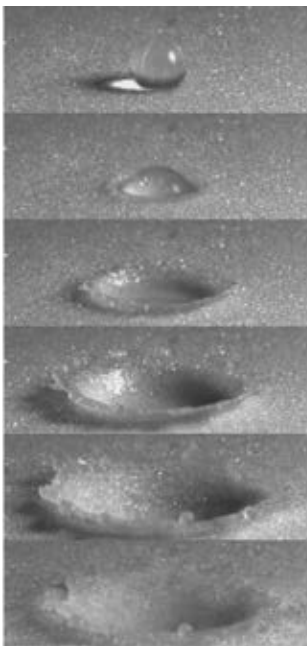
Pljuskovi erodiraju i ravno zemljište, a na strmom skoro sva pala voda otiče zajedno sa nanosom, čak i na potpuno suvom i vodopropusnom zemljištu. Iako to izgleda nelogično, treba shvatiti da bez obzira na vodopropustljivost i suvoću zemljišta, otiče sve ono što prevazilazi moć upijanja. Tako u našim predelima nije retka pojava bujica na peskovitim terenima koji imaju najveću moć i brzinu upijanja. Vetar takođe ima razna imena, od lahora do oluje. U našim ravničarskim predelima duvaju jaki, olujni vetrovi, pa ima i pojave tornada (slika 4). Snaga vetrova u ravničarskim krajevima je velika, često se dešava i da izduvaju seme iz zemljišta, pa

za takve vetrove odnošenje sitnih zemljišnih čestica ne predstavlja nikakav problem. Za razliku od vode, vetar je u stanju da pokrenut nanos prenesu i na drugi kontinent, zato nije retkost da u naše predele vetar donese crvenu prašinu iz Sahare. Sav erozijom pokrenut materijal prenosi se snagom vetra i vode. U Srbiji su zastupljena oba oblika erozije, ali kada je reč o transportu pokrenutih čestica, vetar ima tranzitnu ulogu jer svaka vetrom pokrenuta čestica u nekom trenutku bude zahvaćena vodom i odneta do vodotoka.

Od iskona do danas ljudi nastoje da, ukoliko je ikako moguće, ne budu na putu razorne bujične poplave, a tamo gde to nije bilo moguće, građene su manje ili više uspešne građevine za zaštitu od bujica. Ogoljene površine su idealne za neometano slivanje vode tokom jake kiše. Kako ne postoje prepreke koje bi smanjile brzinu tečenja, voda pojačano erodira zemljište i stvara jaruge i formira bujični poplavni talas.

Rimljani su na prostore Srbije došli početkom nove ere, a njihovi opisi tih krajeva govore o gustim prašumama, bogatim pašnjacima, plodnim ravninama i plovnim rekama. Najverovatnije je takvo stanje ostalo do srednjeg veka i velikih osvajačkih ratova Otomanske imperije. Svaki osvajački pohod, kao i odbrambeni, pustošio je sve što mu se našlo na putu. Na prvom mestu su stradale šume koje su bile potrebne za gorivo i građu za vozila, brodove i kuće. Stoka koja je pratila takve pohode, jahača, tegleća ili za prehranu, opustošila je pašnjake i useve. Tome treba dodati i nebrojene izbeglice koje su se sklanjale što dalje od sukobljenih vojski i takođe nastojale da zadovolje svoje potrebe.

Do kraja sedamnaestog veka je opustošena okolina saobraćajnih koridora od Soluna do Segedina, od Niša do Carigrada, zatim od Paraćina do Negotina, kao i onih koji su vodili do rudnika koji su takođe trošili drvo.



Slika 3: Udar kišne kapi o zemljište



Slika 4: Tornado je uvrnuo debela i zdrava stabla (Skorenovac 2006)

Stanovništvo je desetkovano epidemijom kuge, što je omogućilo prirodi da se oporavi i obnovi vegetacioni pokrivač, ali najčešće drugim vrstama, koje su brzinom rasta i skromnim potrebama za vodom zauzele staništa spororastućih vrsta (npr. hrast lužnjak). U Vojvodini su nestale hrastove šume na svim višim terenima i opstale su samo one u zoni plavljenja velikih reka. Erozija je uradila svoj posao i odnela plodni sloj zemljišta i na površinu je dospelo pesak. Tako su nastale Deliblatska, Ramsko-Golubačka i Subotička peščara koje su u današnjoj Srbiji. Slične peščare postoje kod Segedina (Mađarska) i Đurđevca (Hrvatska). Te peščare su nastale

na mestima velikih i dugotrajnih bitaka i mestima prelazaka vojski preko velikih reka. Druga polovina devetnaestog veka je Srbiji donela razvoj rudarstva, industrije i železničkog saobraćaja. Kao i svuda u Evropi i svetu, taj razvoj je plaćen uništavanjem velikih prostora eksploatacijom šuma, uništenjem pašnjaka i oranica i na bezbroj drugih načina. Naseljavanje područja u kojima se razvijaju industrija i železnica uslovalo je veću potrebu za hranom za ljude i domaće životinje. Šume su posečene, pašnjaci i oranice teško devastirane da bi zadovoljile i tu potrebu.



Slika 5: Detalj iz Deliblatske peščare iz 1854. godine



Slika 6: Tipična golet puna dubokih jaruga nastala intenzivnim erozionim procesima (1934)

Ogoljeno zemljište, bez vegetacije, olakšalo je slivanje voda i od relativno malih pljuskovitih kiša koje je do tada upijao vegetacioni pokrivač i pedološki sloj. Svaka jača kiša erodirala je zemljište i stvarala jaruge, a zemljište je ubrzano gubilo plodnost. S druge strane na ogoljenom zemljištu se formiraju bujični talasi koji svoj put završavaju u dolinama, razarajući mostove, puteve, železnice, naselja i druge objekte.

U Srbiji, koja je u prvoj polovini dvadesetog veka prošla kroz četiri rata, cenu su platile šume i stvaranje goleti. Bujične poplave su bile stalno prisutna realnost. Na slici 6. prikazan je detalj ogolelih površina koje su bile realnost na velikim prostorima Srbije.

## 2.1. Istorijat borbe sa bujičnim poplavama i erozijom u Srbiji

U Srbiji je organizovana borba sa bujičnim poplavama započeta 1907. godine. U to vreme je uređenje bujica bilo fokusirano na zaštitu železničkih pruga, pa je ta oblast bila pod upravom Ministarstva saobraćaja. Kao i u evropskim zemljama, posao na uređenju bujica poveravan je inženjerima koji su projektovani i gradili železničke pruge i prateće objekte. To su bili građevinski, šumarski i rudarski inženjeri. Mreža šumskih i rudarskih železničkih pruga je u to vreme progresivno rasla jer je bila najekonomičniji način kopnenog transporta. Srbija je 1930. godine bila prva zemlja u svetu koja je institucionalno uredila i borbu sa erozijom. Za razliku od do tada uobičajenog austrijskog, nemačkog i francuskog načina borbe sa bujicama, izbegli naučnici iz Rusije su doneli razvijenu nauku o zemljištu i njegovom očuvanju, koju su ugradili u zakon o eroziji i bujicama Kraljevine Jugoslavije. Tim

zakonom je inicijalno definisan termin „eroziono područje,, koji je u to vreme podrazumevao eroziono ogoljeno zemljište.

Tokom oba svetska rata okupacione snage su sprovodile zaštitu od bujica svih za njih važnih saobraćajnica prema austrijskim i nemačkim metodama. Ta služba je bila pod direktnom komandom okupacione vojske.

Posle Drugog svetskog rata organizovana borba sa bujicama i erozijom je nastavljena prema zakonima Kraljevine Jugoslavije. Najveći problem je bio na železničkom i putnom koridoru kroz Grdeličku klisuru. Bujične poplave su razarale železničku prugu i put i prouzrokovale višenedeljne prekide saobraćaja. Kako je reč o jednom od značajnih evropskih kopnenih saobraćajnih koridora prema Grčkoj i Bugarskoj, danas poznatog pod imenom „koridor 10”, prekidi su nanosili ekonomsku štetu koja je višestruko prevazilazila vrednost uništenih železničkih i putnih objekata.

Prvu polovinu dvadesetog veka karakteriše uređenje bujica primenom pasivne odbrane ugroženih objekata i pošumljavanjem goleti. Cena tih radova je bila previsoka, i to je jedan od glavnih razloga zašto je pokrivenost uslovno zaštićenih objekata bila srazmerno mala, praktično svedena na uzani koridor uz železničke pruge.

Klasični austrijski, nemački i francuski pristupi uređenju bujica su pokazali svoje nedostatke jer ublažavaju posledice, a ne otklanjaju uzroke bujične poplave. Zbog toga su bila potrebna nova rešenja. Na slici 7. prikazana je uništena regulacija bujičnog toka usled razorne bujične poplave, koja je nadmašila izračunate proticaje za izvedeni objekat. Razaranje regulacije direktna je posledica neotklonjenih uzroka bujične poplave. Progresivno povećanje ogolelih i erodiranih površina uslovljavalo je povećanje oticanja velikih voda i razorne



Slika 7: Srušena regulacija bujičnog vodotoka



Slika 8: Tipična „kegla,, vučenog nanosa na ulivu u akumulaciono jezero

snage bujice i realno snižavanje zaštitne sposobnosti izgrađenih objekata.

Veliki problem je bio i u nepostojanju metoda kojima bi se erozija i bujice analizirale i koje bi pružile pouzdane podatke za analize, planiranje i projektovanje. U mnogim zemljama u Evropi i svetu i danas postoji oštra podela na uređenje bujica i zaštitu od erozije. Ta monodisciplinarna podela je više uslovljena uskostručnim profilima koji nemaju dovoljna znanja neophodna da bi jedni druge razumeli. Tako je nastao veliki broj metoda koje se koriste isključivo u oblasti uređenja bujica i drugih koje su usko fokusirane na poljoprivredu i gubitke zemljišta usled erozije.

Merenje pronosa nanosa je ostalo nepromenjeno. Meri se samo suspendovani nanos (prah i prašina). Vučeni nanos (pesak, šljunak, obluci i kameenje) meri se jedino kontrolom zasipanja jezera. Slika 8. prikazuje detalj bujične naplavine, „kegle“, vidljive usled niskog nivoa akumulacionog jezera. Metode uređenja bujica su bile zasnovane na izgradnji bujičnih pregrada, pragova i regulacija. Ti objekti su funkciju zadržavanja nanosa brzo gubili i zadržavali samo funkciju sprečavanja produbljivanja bujičnih korita. Ta funkcija je sasvim dovoljna za zaštitu železnice i naselja, ali je nedovoljna za sprečavanje zasipanja akumulacija jezera i plovnih puteva. Raspoložive erozione metode nisu davale odgovor na pitanje o stvarnom intenzitetu zasipanja akumulacija, kao ni o potrebnom obimu radova za taj složen zadatak.

Akumulacija „Zvornik“ na Drini je prva platila cenu neznanja u toj oblasti (slika 9). Zasuta je tokom nekoliko godina. Ista sudbina je pretila i drugim novoizgrađenim akumulacijama. Nivo stručnog i naučnog znanja u toj oblasti je i u svetskim razmerama bio skroman. Nakon analize prikupljenih podataka uočeno je da osnovni problem predstavlja deskriptivan (opisni) i neujednačen prikaz stanja erozije i bujica, bez ikakvih pokazatelja pogodnih za numeričku obradu ili klasifikaciju.

Sjedinjene Američke Države su na izvestan način sledile mišljenja naučnika iz Kraljevine Jugoslavije i utvrdile da je ekonomska kriza iz 1929. godine bila direktna posledica erozije, odnosno pojave koja se stručno naziva lom zemljišta. Lom zemljišta je slučaj eksponencijalnog ubrzanja erozionih procesa usled gubitaka prirodnih veziva u zemljištu: nakon loma zemljišta, površinu zemljišta razaraju i srazmerno slabe kiše i vetrovi.

Aleksandar Ivanović Stebut je utemeljitelj savremene nauke o zemljištu (pedologije). Iz Rusije u Jugoslaviju doneo je svoje znanje i tu oblast je predavao na Beogradskom univerzitetu. Tvorac je prve klasifikacije zemljišnih tipova, koja je i danas osnovna razvoja nauke o zemljištu. Njegove metode i klasifikacija su prihvaćene u svetu, posebno u SAD, gde su erozioni problemi zahtevali mnogo više znanja. Bio je inicijator osnivanja američkog državnog



Slika 9: Zasuta akumulacija „Zvornik“ na Drini

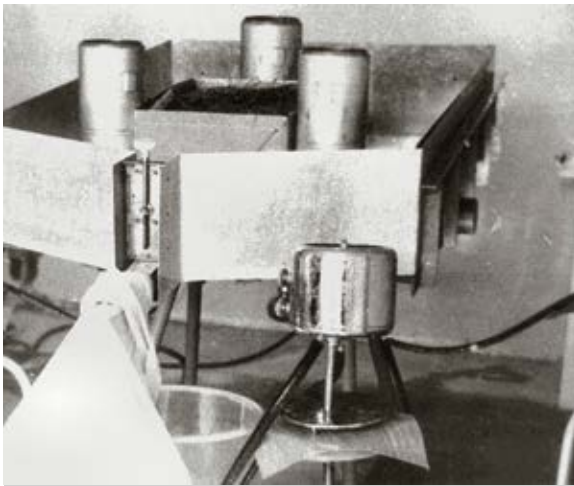
Servisa za konzervaciju zemljišta (SCS)<sup>3</sup> i donošenja američkog zakona o eroziji (1938), u kojem je erozija nazvana „državnim neprijateljem broj 1“.

SCS služba je razvila brojne metode potrebne za pouzdanu borbu sa erozijom koja pogađa poljoprivredu, koja je i danas osnova američke ekonomije. Prvi su započeli istraživanje procesa erozije i razvili prvu analitičku metodu. Nazvana je „jednačina zemljišnih gubitaka“ (SLE)<sup>4</sup>, čija je osnovna primena na poljoprivrednim zemljištima na nagibima terena manjim od 15 %, što je primenljivo samo na ravničarskim i brežuljkastim delovima Srbije na kojima ima obradivog zemljišta. Izvršena su brojna poboljšanja, pa je usledila modifikacija osnovne SLE metode i metoda koja je i danas u primeni zove se „univerzalna jednačina zemljišnih gubitaka“ (USLE)<sup>5</sup>. Nažalost, navedeno ograničenje nije prevaziđeno. Metoda daje izvanredne podatke potrebne za poljoprivredu (precizno definisanje vrste i količine hraniva i eventualne meliorativne popravke zemljišta). Ispravna primena te metode zahteva da na analiziranom području postoje kontrolna ogledna polja i namenski uređaji za osmatranje intenziteta kiša, što je kod nas i danas prava retkost. Razvoj te metode trajao je nekoliko decenija i ne prekida se, a ostvaren je obimnim oglednim osmatranjima, laboratorijskim opitima i analizama. Na taj veliki naučno-istraživački projekat, kome su Sjedinjene Američke Države dale prioritet u odnosu na naoružanje i vojsku, utrošene su desetine miliona dolara samo tokom prvih decenija rada, a do sada i mnogo više.

3 SCS – Soil Conservation Service, više pogledati na: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/site/soils/home/>.

4 SLE (Soil Loss Equation) – jednačina zemljišnih gubitaka.

5 USLE (Universal Soil Loss Equation) – univerzalna jednačina zemljišnih gubitaka.



Slika 10: Laboratorijska eksperimentalna ispitivanja intenziteta erozije

Naša zemlja nije zaostajala u oblasti borbe sa erozijom i bujicama. Odmah po osnivanju, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, među brojnim zadacima, dobio je i zaduženje da izučava problem nesporne veze između bujičnih poplava i erozije koji su postali veliki problem. Američka USLE metoda davala je prostorne intenzitete gubitaka zemljišnog resursa, ali nije davala odgovore na pitanja prostornog i vremenskog transporta odnesenog zemljišta, odnosno nanosa. Zbog toga je započet rad na istraživanju veze između intenziteta erozije i transporta nanosa. Nakon nekoliko godina merenja na bujičnim vodotocima determinisane su karakteristike režima erozionih nanosa.

Za formiranje pouzdanije baze podataka osnovani su ogledni slivovi u nekoliko regiona bivše Jugoslavije, koji su se razlikovali po više parametara (klima, geologija, zemljište, reljef i vidljivi erozioni procesi). Za razliku od američke metode koja se fokusirala na obradivo zemljište, naša istraživanja su bila fokusirana na vezu erozija–vodotok–nanos. Zato su ogledni slivovi opremani podjednako opremom za osmatranje erozije i hidrometrijskim profilima za osmatranje oticanja voda i nanosa.

U prvoj fazi proces erozije je dugotrajno drobljenje zemljišta naizmeničnom sušom i mrazovima, nakon čega prva jača kiša ili jak vetar pokreću nekoherentan površinski sloj. Zbog složenosti tog procesa nije moguće uspostaviti čvršću vezu između intenziteta kiše ili vetra i intenziteta erozije.

Zato je u laboratoriji Instituta „Jaroslav Černi” izrađena eksperimentalna oprema za ispitivanje intenziteta erozije u dirigovanim laboratorijskim uslovima, drugačijih karakteristika u odnosu na standardne USLE generatore kiše koji su simulirali prirodnu kišu. Eksperimenti su izvršeni na različitim vrstama zemljišta koja su „bombardovana” serijama različitih intenziteta kiše, dimenzija kišnih kapi, u uslovima različitih temperatura.

Navedena ogledna i laboratorijska istraživanja su omogućila stvaranje nove metodologije namenjene proučavanju erozije i bujičnih tokova, koja je nazvana „metoda potencijala erozije”, koja je odavno standardna metoda i alat za sve inženjerske probleme u vezi sa erozijom i bujicama u oblasti vodoprivrede, a kasnije i šire (slika 10). Prva verzija metode sadržala je sledeće module:

- kvantitativna klasifikacija erozije (1954);
- kvantitativni režim nanosa (1955);
- klasifikacija bujičnih tokova (1956);
- metode optimizacionih proračuna količine protiverozionih radova (1958).

Metoda je usavršavana i dopunjavana novim modulima nekoliko puta, i to:

- metoda potencijala erozije I faza (1966);
- metoda potencijala erozije II faza (1968);
- metoda potencijala erozije III faza (1986);
- identifikacija erozionih područja (1998);
- metoda aktivne borbe sa bujičnim poplavama na neuređenim vodotocima (1998);
- razvoj informacionih i GIS procedura i aplikacija za EPM<sup>6</sup> (od 1985. do danas).

S obzirom na to da je metoda razvijana za primenu na celoj teritoriji tadašnje države (Jugoslavije), morala je da odgovori uslovima svih klimatskih varijacija na tom prostoru, odnosno godišnjoj sumi padavina u rasponu od 260 mm do 5 000 mm, srednjogodišnjoj temperaturi od +3 °C do +28 °C i vetrovima čija brzina dostiže 200 km/h. Danas se sa uspehom primenjuje i van granica bivše Jugoslavije. Ukupni troškovi razvoja ove metode iznosili su oko deset miliona dolara, a EPM metoda se uz skromna sredstva i dalje usavršava, u skladu sa novim saznanjima o erozionim procesima.

Metoda potencijala erozije (EPM) polazi od analitičke obrade podataka o činiocima koji utiču na eroziju. Kako je erozija prostorna pojava, prikazuje se na karti prema klasifikaciji na osnovu analitički izračunatog koeficijenta erozije (Z), koji ne zavisi od klimatskih karakteristika, već od karakteristika tla, vegetacionog pokrivača, reljefa i vidljive zastupljenosti erozije. Na osnovu analitički izračunate vrednosti koeficijenta erozije, erozija se klasifikuje na pet kategorija, sa sledećim vrednostima koeficijenta erozije i kvalitativnim imenom kategorije erozije, kao što je prikazano u tabeli 1.

Korektno izrađena karta erozije pomoću ove metode i izračunati koeficijent erozije predstavljaju osnovu za dalje proračune u koje se unose i klimatski činioci koji imaju direktan uticaj na količinu erodiranog nanosa. Važni moduli ove metode su: klasifikacija bujica, optimizacija potrebnih protiverozionih radova, identifikacija erozionih područja. Višedecenijska primena ove metode je pokazala visok stepen pouzdanosti jer su se, na osno-

6 EPM (Erosion Potential Method) - metoda potencijala erozije.

Kategorija erozije	Raspon vrednosti	Srednja vrednost	Kvalitativni naziv kategorije
I	$Z > 1,0$	$Z = 1,25$	Ekscesivna
II	$0,71 < Z < 1,0$	$Z = 0,85$	Jaka
III	$0,41 < Z < 0,7$	$Z = 0,55$	Srednja
IV	$0,20 < Z < 0,4$	$Z = 0,30$	Slaba
V	$Z < 0,19$	$Z = 0,10$	Vrlo slaba

Tabela 1: Kategorizacija erozije prema vrednosti koeficijenta erozije

vu karte erozije, izračunati moduli zasipanja akumulacija ostvarili.

Nažalost, nekoliko izgrađenih akumulacija u bivšoj Jugoslaviji vrlo brzo nakon izgradnje zasuto je nanosom jer su pojedini samozvani eksperti izvršili „modifikovanje” EPM-a. To modifikovanje nije bilo zasnovano na neophodnim laboratorijskim testovima niti na drugim pratećim istraživanjima, nego na „intuitivnoj” promeni ulaznih koeficijenata metode. Zbog toga su rezultati proračuna zasipanja bili višestruko ispod realnih vrednosti zasipanja akumulacija. Nasuprot „modifikovanim” metodama, osnovni EPM dao je odstupanja manja od 5 %, što je u granicama dozvoljenih odstupanja (do 10 %).

Istraživanja koja su obavili stručnjaci Instituta „Jaroslav Černi” ukazala su na svu kompleksnost problema i na moguće pravce rešavanja. Pokazalo se da je za efikasnu borbu sa bujičnim poplavama i erozijom zemljišta potreban stručnjak koji ima kompleksno znanje iz hidrotehnike, šumarstva i agronomije uz dobar osnov iz geologije, geotehnike, meteorologije i dr., što je uslovalo formiranje specijalističkog smera za uređenje bujica i zaštitu od erozije.

## 2.2. Stanje erozije i bujica u Srbiji

Rezimirano, intenzitet erozije zavisi od četiri glavna činioca. Tri činoca predstavljaju prirodne karakteristike područja: geološko-pedološka podloga, reljef i klima, dok je način korišćenja zemljišta činilac koji je u najvećoj meri pod kontrolom ljudi, zbog čega je podložan dinamičnim i brzim promenama.

Za klasifikaciju erozionih procesa u Srbiji upotrebljena je EPM metoda (metoda potencijala erozije), koja eroziju klasifikuje u pet kategorija koje imaju i svoju kvantitativnu karakteristiku. To je trenutno stanje koje može lako da se promeni nekom planskom ili neodgovornom promenom načina korišćenja zemljišta. Karta erozije Srbije je prikazana na slici 12.

Poređenje stanja erozije, produkcije nanosa i planiranja potrebnih radova zahteva reonizaciju, odnosno neki vid podele teritorije. Slivovi, kao prirodne celine u Srbiji, osnova su za prikaz, analize i poređenja<sup>7</sup>. Na slici 13. prikazana je zastupljenost kategorija erozije na značajnim slivnim celinama u Srbiji.

7 Prema važećem Zakonu o vodama (ZoV), Srbija je podeljena na vodna područja, koja, nažalost, ne uvažavaju u potpunosti slivne celine kao osnovne jedinice upravljanja vodama. Jedan od primera je i izdvajanje vodnog područja na teritoriji Grada Beograda u posebno vodno područje, pri čemu se narušavaju sve norme slivne organizovanosti upravljanja vodama u korist administrativne organizacije. Prethodni ZoV u daleko većoj meri poštuovao je slivna područja kao osnovne jedinice upravljanja vodama. Član 3, stav 15 ZoV glasi: „Vodno područje jeste oblast koju čini jedan ili više susednih rečnih slivova i podslivova ili njihovih delova na teritoriji Republike Srbije, zajedno sa pripadajućim podzemnim vodama, koje je određeno kao osnovica za upravljanje vodama.”

U Okvirmoj direktivi o vodama EU (ODV), u članu 2, stav 15, vodno područje definiše se kao: „Površina kopna i mora koja se sastoji od jednog ili više rečnih slivova zajedno s njihovim pripadajućim podzemnim i priobalnim vodama, koje je po čl. 3. (stav 1) utvrđeno kao glavna jedinica za upravljanje rečnim slivovima.” U članu 3, stav 1, ODV, bliže se objašnjava prethodno, a on glasi: „Zemlje članice određiće pojedinačne slivove na svojoj državnoj teritoriji i, za potrebe ove direktive, grupisati ih u pojedinačna vodna područja. Mali slivovi mogu se kombinovati s većim ili povezati s obližnjim malim slivovima i tako formirati vodna područja, gde je to svrsishodno.” Upravo su „delovi slivova” u ZoV recidiv prevaziđenog koncepta upravljanja vodama. Može se reći i da je ovo korak unazad u odnosu na prethodni ZoV. Dakle, neusklađenost novog ZoV sa ODV je povećana u odnosu na prethodni ZoV.

## 2.3. Evidencioni list i ugrožena mesta

Poznavanje ugroženih mesta i raspoloživih resursa osnova su odbrane od bujica i polava. Medijske vesti redovno prenose slike stradanja ljudi i njihove imovine, koje prate neizostavne konstatacije poput: iznenađa, neočekivano, nepripremljenost i slično. Za razliku od poplava koje dolaze polako, bujice nastaju brzo, ali nikako ne pripadaju grupi nepredvidljivih pojava. Nepripremljenost lokalnih zajednica za pravovremeno reagovanje u slučaju pojave bujica je glavni uzrok stradanja i šteta.

Izgradnja zaštitnog sistema za odbranu od bujica kasni za brzom urbanizacijom i sve je više objekata koji su nezaštićeni od bujica. Tu treba dodati i svojevrstnu „racionalizaciju” tokom izgradnje saobraćajnica i drugih infrastrukturnih objekata koji su izgrađeni bez neophodne zaštite od bujica koja je ostavljena za neka „bolja” vremena. Često prođu i po dve tri decenije dok se ne dogodi razorna bujična poplava koja sruši sva nezaštićena mesta i pokrene klizišta kojima je podsečena nožica i koja nisu osigurana od pokreta. Ljudi kojima je poverena organizacija odbrane u lokalnoj samoupravi najčešće nemaju dovoljno znanja iz oblasti zaštite od poplava i bujica. Zakoni ih obavezuju da imaju planove za odbranu od poplava i najčešće se to svodi na prepisivanje planova iz drugih opština, po pravilu iz opština potpuno drugačijih karakteristika tokova i problema. Zato je na ovom kursu posebna pažnja posvećena materiji koja ne zahteva veliko stručno znanje, već detaljno evidentiranje problema i mogućnosti na pojedinačnim teritorijama. Dosadašnje iskustvo u primeni ove metode je pokazalo da je za teritoriju lokalne zajednice potrebno pripremiti osnovnu hidrografsku kartu na koju će se uneti hidrografska mreža svih reka, potoka i jaruga, a zatim saobraćajnice i naselja. Takođe je potrebno u kartu ucrtati trase i tačke važnih infrastrukturnih

objekata vodovoda, električne mreže, telekomunikacija i dr.

Sledeći korak je podela teritorije na manje jedinice. Treba koristiti postojeću podelu na sela (mesne zajednice), kvartove i slično. Za svaku izdvojenu jedinicu potrebno je odrediti poverenika za civilnu zaštitu (u daljem tekstu: poverenik), koji dobija zaduženje u sistemu odbrane od poplava i bujica na svom području. Najbolje je kada poverenik živi na tom prostoru i dobro ga poznaje. Za njega se priprema detalj karte sa poverenom mu teritorijom.

Zadatak poverenika počinje osnovnom evidencijom problema. Na karti označava sva poznata mesta na kojima se redovno javlja zagušenje protoka i plavljenje zemljišta, klizišta. Posebno označava kuće i delove naselja koji se redovno ili povremeno plave ili ih ugrožavaju bujice. Posebno je važno registrovati razne deponije i smetlišta.

Takođe, evidentiraju se svi objekti državne infrastrukture koje ugrožava neki od lokalnih tokova koji su prema važećoj klasifikaciji svrstani u „vode II reda”. Poželjno je da se načini i fotografija svakog kritičnog mesta, što danas nije nikakav problem. To će se ilustrovati sa nekoliko primera (slike 14, 15, 16. i 17). U primeru prikazanom na slici 16, trafostanica se nalazi u ravnici. Pored trafostanice teče mali i naoko beznačajni potok čije izlivanje ne smeta lokalnoj poljoprivredi, ali je ugrozio rad trafostanice jer je potopio ceo sistem podzemne komunikacije i komandi trafostanice. Prikazan je drastičan primer, a svaka lokalna zajednica ima nekoliko trafoa koji snabdevaju neki od vitalnih sistema (vodovod, bolnice i druge javne objekte). Poverenici su grupa ljudi koji moraju da prođu kratku obuku. Iskustvo je pokazalo da nije presudna školska sprema već poznavanje problema u svom okruženju. Imaju i stalno zaduženje da prate stanje u koritima reka i potoka i da pravovremeno obaveste nadležne o nekom zagušenju korita.

Za ujednačavanje podataka koji prikupljaju poverenici i ostali učesnici u odbrani od poplava i bujica pripremljen je sistem obrazaca koji je nazvan „Evi-



Slika 14: Tipičan primer zagušenja mostovskog otvora koji ometa protok vode



Slika 15: Karakterističan način povećanja nosivosti železničkog propusta smanjenjem otvora



Slika 16: Velika trafostanica koja snabdeva strujom značajan deo Srbije



Slika 17: Detalj potopljene komunikacione mreže trafo-stanice

dencioni list", koji je tokom vremena pokazao svoje prednosti. U onim opštinama gde je ovaj obrazac uveden u upotrebu, poplave i bujice iz maja 2014. godine nisu nanele katastrofalne štete, pa se o tim mestima nisu ni pojavljivale vesti u medijima.

Evidencioni list sadrži i podatke o detaljima koji su danas u nadležnosti Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije – Sektor za vanredne situacije, što jeste značajno poboljšanje sistema vođenja evidencionih listova, jer često na nivou lokalne zajednice nema dovoljno ljudi za tako obiman posao.

Sektor za vanredne situacije najčešće poseduje spiskove ljudstva i mehanizacije za potrebe mobilizacije, što može biti iskoristivo i za potrebe njihovog angažovanja u oblasti odbrane od poplava i bujičnih poplava. Međutim, ti spiskovi često ne sadrže dodatne specijalizovane podatke za potrebe odbrane od poplava i bujica, pa je njihovo ažuriranje, kao i ažuriranje podataka u evidencionim listovima i opštinskim operativnim planovima za odbranu od poplava na vodama II reda, od suštinskog značaja.

Evidencioni listovi se ažuriraju jednom godišnje, za slučaj postojanja promene na terenu, pa se takva promena ažuriranjem i evidentira. Najčešće promene koje se evidentiraju su uređenje ili zapuštenost određene lokacije, izgradnja novih mostova i propusta, drugi radovi u koritu vodotoka ili pojava klizišta koje je zasulo rečno korito ili preti da zaspe rečno korito i tako umanjí poprečni profil za oticanje voda. Iskustvo je pokazalo da je za kartografsku evidenciju najbolja državna karta u razmeri od 1:25 000.

Mali broj opština u mogućnosti je da koristi elektronske karte i napredne GIS sisteme, dok je većina usmerena na tradicionalne analogne karte štampane na papiru, što ne umanjuje kvalitet prikupljenih podataka<sup>8</sup>.

8 Manu elektronskih podataka predstavlja moguć prekid u snabdevanju električnom energijom, pa je rad takvih sistema ograničen trajanjem baterija na mobilnim kompjuterima. Zato je potrebno raspolagati bar jednom papirnom (analognom) kopijom karata i evidencionih listova.

Podaci koje u evidencione listove unose poverenici podeljeni su prema odgovarajućim obrascima, a sami podaci mogu se grupisati prema oblastima:

- obeležavanje kritičnih deonica i lokacija na bujičnim vodotocima na području;
- detaljno tekstualno opisivanje delova naselja ugroženih od poplava bujičnih vodotoka, sa određivanjem broja stanovnika, stambenih i privrednih objekata u plavnoj zoni;
- određivanje položaja mostova, propusta i drugih objekata na bujičnim tokovima sa osnovnim dimenzijama objekata;
- evidentiranje materijalnih sredstava za odbranu od poplava (oprema, mehanizacija i sl.);
- evidentiranje smeštajnih kapaciteta u slučaju evakuacije stanovništva i pokretne imovine (sportske hale, škole i druge ustanove u koje se mogu evakuisati ugroženi).

Karakteristične ugrožene tačke, ili deonice iz evidencionog lista, odnosno svi objekti koji mogu otežati ili u potpunosti onemogućiti proticanje nadolazeće bujice, moraju biti uneti u prethodno pripremljenu hidrografsku kartu (poželjno u elektronskoj formi sa georeferenciranim podacima). Prednost elektronskih podataka je u tome što se lako mogu dopunjavati i koristiti u operativnoj odbrani. Takođe, svaka od unetih tačaka na karti (bilo da je papirna ili elektronska) mora biti jednoznačno i jasno imenovana, uz izbegavanje korišćenja šifara za imenovanje tačaka<sup>9</sup>.

9 Na kartama ne treba koristiti šifre koje su poznate samo jednom čoveku ili malom broju ljudi, nego opisne attribute kojima se označava vrsta objekta i daje opis lokacije. Na primer: „most kod starog hrasta“, jer je taj naziv opštepoznat na toj teritoriji. U slučaju angažovanja jedinica Sektora za vanredne situacije, vojske ili dobrovoljaca koji nisu sa te teritorije, svi lokalni stanovnici biće u mogućnosti da ih upute na određenu lokaciju.

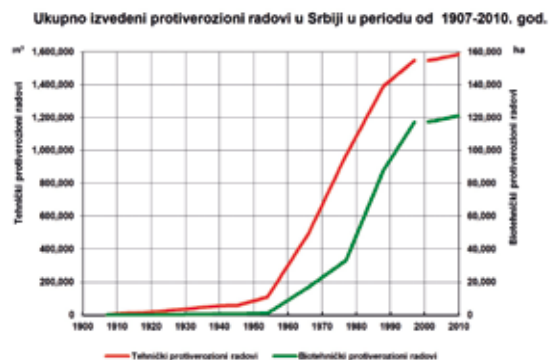
### 3. Istorijat razvoja uređenja bujica i zaštite od erozije

Naučna saznanja i istraživačke metode, bez obzira na njihov kvalitet, imaju vrednost tek kada se upotrebe u praksi. Kako su erozija i bujične poplave problem koji pogađa dve trećine teritorije Srbije, zahtevana su konkretna rešenja za sanaciju erozijskih procesa i bujica, koja su jedinstvena za svaki slučaj ponaosob.

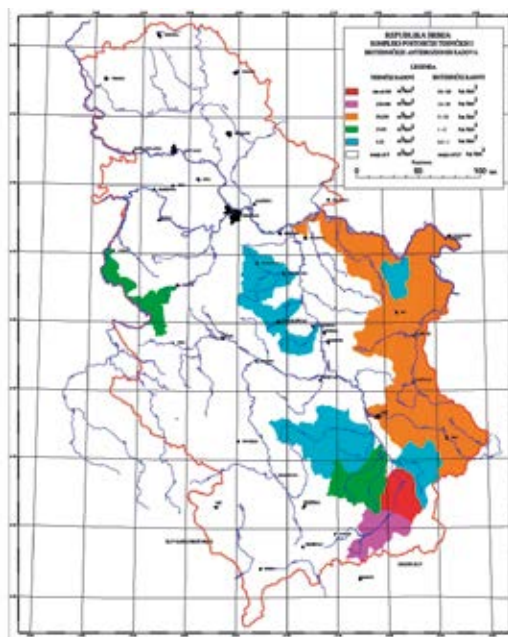
Direkcija za uređenje bujica i zaštitu od erozije, koja je formirana 1954. godine, u svom sastavu ima-

la je 10 podružnih organizacija nazvanih „Erozija”. Sve to vreme Institut „Jaroslav Černi” je pružao stručnu podršku u ovoj oblasti:

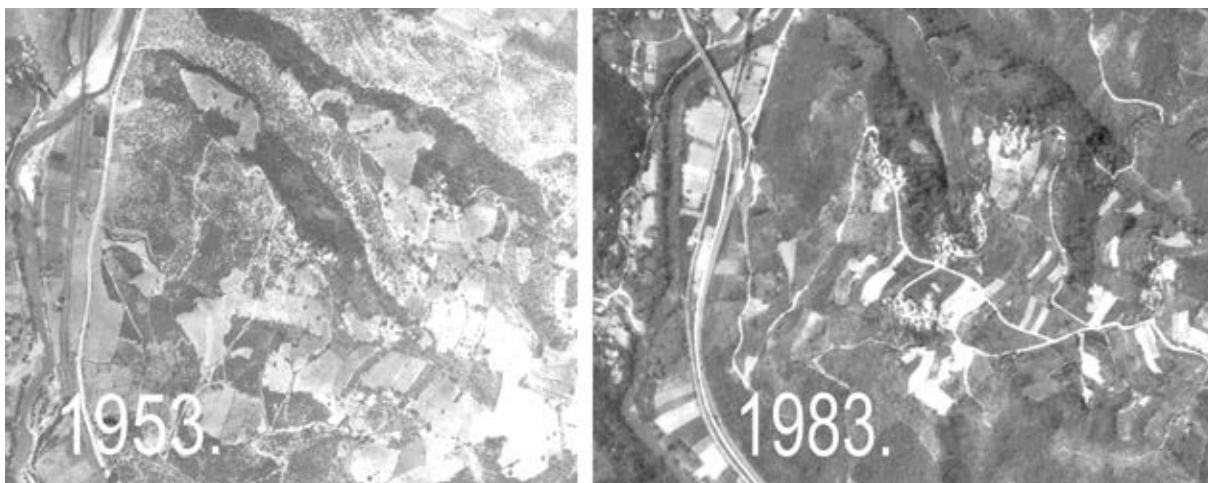
- izradom strateških planova i osnova;



Slika 18: Obim izvedenih protiverozionih radova tokom sto godina rada



Slika 21: Karta zastupljenosti i obima izvršenih tehničkih i biotehničkih radova u Srbiji



Slika 19: Detalj Grdeličke klisure snimljen u razmaku od 30 godina

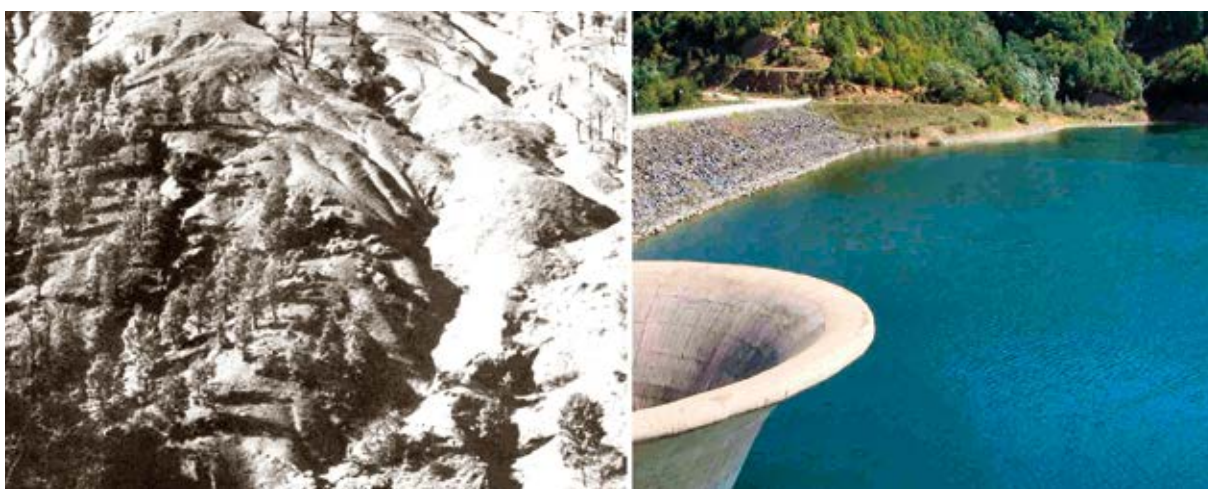
- pripremom zakonskih i podzakonskih akata;
- razvojem procedura za popis i klasifikaciju bujičnih tokova;
- razvojem metoda za kvantitativnu analizu erozivnih procesa;
- razvojem metoda proračuna režima nanosa i prognoze zasipanja akumulacija;
- razvoj optimizacionih procedura za planiranje potrebnog obima radova;
- razvojem procedura za odbranu od bujičnih poplava na neuređenim vodotocima.

Optimizacione procedure za planiranje potrebnog obima radova su omogućile da se sa istim raspoloživim sredstvima uredi nekoliko puta veća površina. Na slici 18. dat je grafički prikaz obima izvedenih tehničkih i biotehničkih radova tokom sto godina rada. Jasno se vidi da je intenzitet radova porastao nekoliko puta u drugoj polovini dvadesetog

veka. Rasprostranjenost tehničkih i biotehničkih radova u Srbiji data je na slici 21.

Na slici 19. uporedo je prikazan isti detalj područja Grdeličke klisure snimljen u razmaku od 30 godina. To područje je ujedno i ono sa najvećom gustinom izvedenih radova tokom razvoja novih metoda ekonomičnog načina uređenja.

Ekonomski efekti tog velikog posla su vidljivi i po tome što je nekoliko akumulacija uspešno izgrađeno na područjima koja su pre toga bila poznata po razornim bujičnim poplavama i zasipanju nanosom, kao što su „Prvonek”, „Barje” (slika 20) i druga. Obim izvedenih radova na teritoriji Srbije tokom poslednjih pola veka je izuzetan, ali nije ravnomerno raspoređen (slika 21). Posledica toga je pojava bujičnih poplava u područjima koja u prošlosti nisu bila predmet intenzivnog rada. Nažalost, ta područja su upravo ona sa najgušćom naseljenošću



Slika 20: Sliv akumulacije „Barje” pre pedeset godina i danas

i velikom vrednošću objekata. Samo na teritoriji Grada Beograda, koja zauzima oko 4 % površine Srbije, nalazi se polovina kapitalne vrednosti objekata, infrastrukture i energetskih objekata. Ta površina stalno je ugrožena bujičnim poplavama jer urbanizacija zahvata doline malih i velikih vodotoka, pri čemu se ne vodi računa o opasnosti od bujičnih poplava.

### 3.1. Produkcija erozionih nanosa

Pod produkcijom erozionih nanosa podrazumeva se pokrenuta i odneti zapremina materijala nastala delovanjem klimatskih činilaca na površinski sloj zemljišta. Apstrahovana relacija kategorija erozije i produkcije nanosa je dvostruko povećanje ili smanjenje zapremine nanosa u okviru jedne kategorije erozije.

Produkovane količine erozionih nanosa se uobičajeno iskazuju u specifičnim i ukupnim godišnjim vrednostima za definisane slivne celine. Specifična produkcija se iskazuje u  $m^3/km^2$  godišnje, odnosno kao zapremina erodiranog i odnetog zemljišta koje nastaje na 1 kvadratnom kilometru površine u toku jedne godine. Ukupna produkcija za ceo sliv iskazuje se u  $m^3/god$ , odnosno kao ukupno erodirano i odneto zemljište sa sliva u toku jedne godine. Specifična produkcija erozionih nanosa je praktična veličina jer ukazuje na intenzitet erozionih procesa bez obzira na veličinu sliva i najčešće se koristi za poređenje stanja pre i posle izvedenih radova, kao i očekivanih rezultata planiranih radova. Pokrenut nanos se može iskazati u vidu debljine sloja odnetog zemljišta. Kada intenzitet erozije dostigne  $1000 m^3/km^2$  godišnje, to odgovara jednom milimetru smanjenja debljine plodnog sloja ze-

mljišta. Taj intenzitet erozije uništava plodno zemljište za 200 do 250 godina. U našim uslovima intenzitet erozije može varirati od  $100 m^3/km^2$  do  $4000 m^3/km^2$  godišnje. Na slici 22. prikazana je prosečna zavisnost trajanja zemljišta u funkciji intenziteta erozije u Srbiji.

Sečenje dve krive je u zoni intenziteta erozije od oko  $500 m^3/km^2$  godišnje (i trajanja zemljišta od 500 godina) i predstavlja sadašnje stanje. Na dijagramu su označene još dve vrednosti. Desna vrednost na dijagramu je stanje iz 1952. godine, kada su započeti obimni radovi i kada je intenzitet erozije bio oko  $1400 m^3/km^2$  godišnje (trajanje plodnog zemljišta je oko 150 godina). Leva vrednost je projektovana, odnosno ona moguća i dostižna vrednost nakon protiverozionih radova.

Dakle, ukoliko se nastave protiverozioni radovi i primena administrativnih protiverozionih mera, moguće je trajnost zemljišta produžiti na 1000 godina, a intenzitet erozije svesti na oko  $250 m^3/km^2$  godišnje. Takvo stanje dalo bi dovoljno dodatnog vremena da se pronađu funkcionalniji načini borbe sa erozijom i njeno svodenje na apsolutni ostvariv minimum, a to je oko  $70 m^3/km^2$  god.

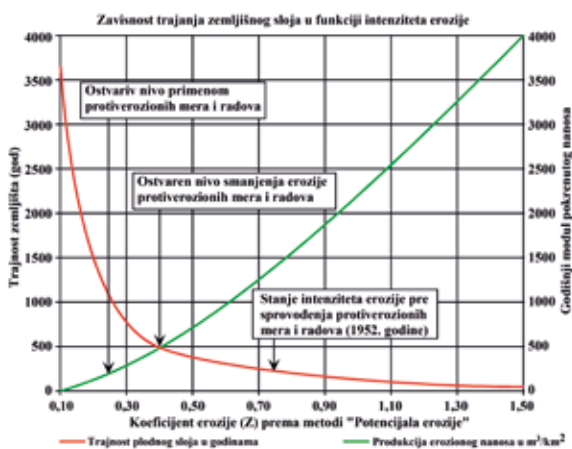
Grafikon pokazuje da su trenutni procesi erozije u Srbiji ublaženi i sada se nalaze u stadijumu ekvilibrijuma. Naime, svaka neoprezna promena stanja na terenu može da prouzrokuje naglo intenziviranje erozije i brz povratak na stanje pre izvedenih protiverozionih radova.

### 3.2. Erozijska područja

#### 3.2.1. Identifikacija područja ugroženih erozijom

Erozijska područja i zone se najčešće izjednačavaju, a u stvari erozijske zone su površine zahvaćene raznim klasama i kategorijama erozije razvrstane prema odgovarajućim metodama kartiranja erozionih procesa, dok su erozijska područja površine na kojima ne mora biti razvijen jak proces erozije, ali koje mogu postati žarišta erozije ukoliko se promeni neki od činilaca značajnih za razvoj erozije. Jednostavnije rečeno, reč je o prirodnoj predispoziciji konkretnog terena za razvoj erozionih procesa i ta karakteristika je nepromenljiva i nikavim radovima i merama se na nju ne može uticati.

U prošlosti, kada su čitavi slivovi bili zahvaćeni jakim erozionim procesima, svi oni su proglašeni erozionim područjem ne zato što su to bili u celini, već da bi se lakše sprovele obimne administrativne mere protiverozionog gazdovanja zemljištem. Drugi razlog je bio to što u to vreme nisu bile razvijene metode za identifikaciju erozionih područja.



Slika 22: Zavisnost trajanja zemljišta u funkciji intenziteta erozije

Iako je odredba o proglašenju erozionih područja već dugo na snazi, pojmovi erozionih procesa i erozionih područja često se poistovećuju ili mešaju. To stvara poteškoće lokalnim samoupravama, jer tu obavezu moraju da sprovedu u delo. Takođe, problem lokalnim samoupravama predstavljaju i veoma skupi radovi na sanaciji erozijom uništenog zemljišta iz razloga složenosti, teške pristupačnosti terena na kojima se radovi izvode i potrebne visoke stručnosti u projektovanju i izvođenju radova. Razvoj erozionih procesa na erozionim područjima se ublažava primenom neinvesticionih protiverozionih mera koje se propisuju vlasnicima i korisnicima zemljišta na erozionom području. Te mere su jednostavne i sastoje se od zabrana i obaveza, i to:

#### I Zabrane

- Zabrana kresanja lisnika (za stočnu hranu)
- Zabrana gajenja okopavina na strmim njivama
- Zabrana oranja po nagibu zemljišta
- Zabrana čiste seče šuma na nagnutim terenima
- Zabrana ispaše na degradiranim pašnjacima

#### II Obaveze

- Obaveza oranja po izohipsi (konturi)
- Obaveza pretvaranja degradiranih njiva u livade
- Obaveza melioracije degradiranih pašnjaka
- Obaveza pošumljavanja goleti
- Obaveza konverzije jednogodišnjih u višegodišnje kulture na degradiranim površinama
- Obaveza antierozionog gazdovanja zemljištem
- Obaveza antierozionog gazdovanja šumama

Navedene mere se propisuju za svaku pojedinačnu parcelu koja se nalazi na erozionom području i unosi se u deo tabele podataka o parcelama.

Propisuje se ona mera koja će najviše odgovarati protiverozionom načinu gazdovanja zemljištem, a da se tom prilikom ne umanjí prihod korisnika sa te površine.

Dosadašnje iskustvo ukazuje na to da nema razloga za strah od navedenih mera, jer su efekti bili takvi

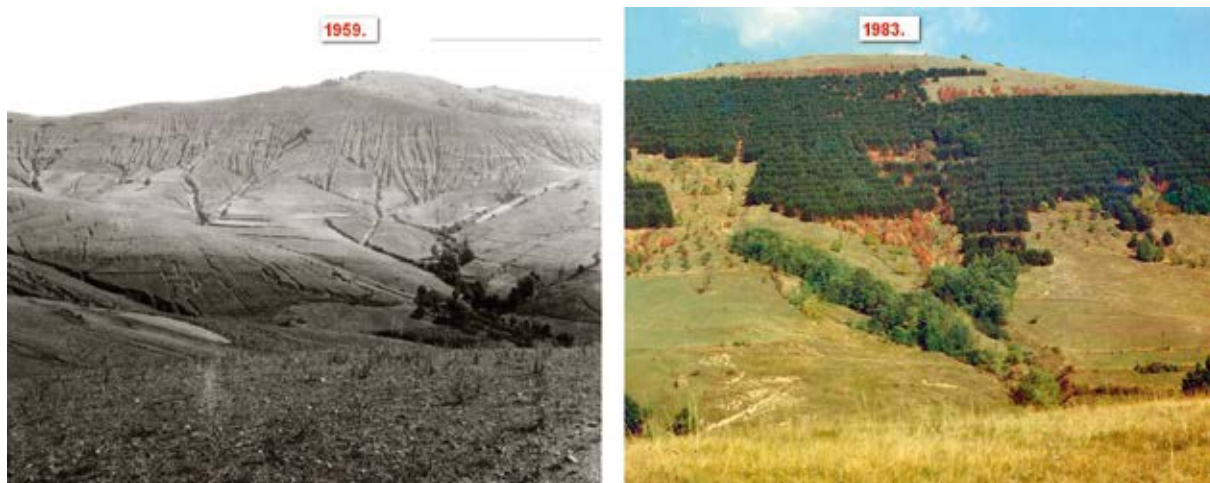
da su sa tako saniranih površina prihodi porasli nekoliko puta. Danas su područja na kojima su sprovedene administrativne protiverozione mere poznata po proizvodnji lešnika, borovnice, kupina, malina, lekovitog bilja i drugih profitabilnih proizvoda. Stanovništvo je samo pronalazilo nova uspešna rešenja, koja su ubrzo prihvaćena kao standardna.

Samo u ekstremnim slučajevima može se naložiti i preduzimanje neke mere koja drastično menja uslove i kulture iskorišćavanja zemljišta. U pitanju su samo teško erodirana oranična zemljišta koja se za duži vremenski period moraju isključiti iz poljoprivredne proizvodnje i zaštititi višegodišnjom šumskom vegetacijom.

Stručne službe treba redovno da prate stanje na terenu i da pravovremeno izdaju naloge za primenu propisanih mera. U prošlosti je država pomagala realizaciju programa protiverozionog gazdovanja tako što je vlasnicima i korisnicima poklanjala sadni materijal. Na taj način su podignuti šumski i voćni zasadi u delovima Srbije koji su bili teško oštećeni erozijom, na parcelama na kojima je primena administrativnih mera mogla drastično da smanji intenzitet erozije.

Na mestima na kojima je erozija dostigla velike razmere administrativne mere su beskorisne sve dok se ne izvrše skupi tehnički, biotehnički i biološki radovi. Neka za primer posluži detalj sa Stare planine i Trgoviškog Timoka, gde su erozioni procesi dostigli ekstremne razmere. Divlja eksploatacija šuma je na tipičnom erozionom zemljištu uticala na razvoj lepeze dubokih jaruga. Ta površina je pošumljena kombinacijom biotehničkih radova za konsolidaciju jaruga i pošumljavanjem. Slika 23. prikazuje dva perioda, pre biotehničkih radova i nakon njih, i sama najviše govori.

Problem koji karakteriše eroziona područja nije trenutni intenzitet erozije koji je rezultat primenjenih



Slika 23: Teško izjaružana padina Stare planine pre i posle trideset godina



Slika 24: a) Detalj jaruge na ski-stazi kod Babinog zuba iz jula 2007. godine; b) Isto mesto avgusta 2007. godine

protiverozionih mera, već poštovanje ograničenja u gazdovanju zemljištem na erozionom području. Naime, značajan obim protiverozionih radova predstavlja pošumljavanje erozionih područja uz primenu skupa tehničkih i biotehničkih radova. Danas se, na nekada ogoljenim jarugama i padinama, nalaze kvalitetne šume kao što se vidi na slici. Posle pola veka šuma je porasla i ljudi su zaboravili da je to područje eroziono. Stvorena je iluzija da opasnost od erozije i bujica više ne postoji, pa su izgrađeni mnogi objekti na erozionom području. U slivu Trgoviškog Timoka, na Staroj planini, izgrađen je skijaški centar u pošumljenom području sa umirenim erozionim procesima. To je izrazito eroziono područje u raspadnutim crvenim peščarima koji su nešto otporniji na eroziju od peska. Šuma je potpuno posečena na trasi skistaze i skilifta, bez ikakve primene protiverozione zaštite. Na-

kon otapanja snega, prve jake kiše su ogolile tanak sloj zemljišta i otkrile raspadnute peščare. Na slici 24. prikazano je stanje erozije iste lokacije, a fotografije su načinjene sukcesivno, jula i avgusta 2007. godine. Samo jedna jaka bujična kiša je produbila načete jaruge za skoro više od dva metra dubine. Popravka oštećene ski-staze i izrada odgovarajuće protiverozione zaštite koštala je nekoliko puta više u odnosu na troškove pravovremene primene protiverozionih mera. Slična je situacija sa putevima koji vode ka ski-centru, a sanacija erozije i bujica još uvek nije završena. Prirodna podložnost terena eroziji je osnova za determinaciju erozionog područja. Ako se to ne uradi i ne proglase eroziona područja, nema mogućnosti za nametanje obaveze sprovođenja administrativnih mera, ali to nikako ne znači da je eroziono područje prestalo da postoji. Najveći problemi



Slika 25: Detalj iz jedne od bezbroj jaruga na Čestobrodici



Slika 26: Pogled na šume Čestobrodice stvara iluziju da je u tim šumama sve u redu



Slika 27: Put presečen bujičnom jarugom male ukupne denivelacije



Slika 28: Oranje po nagibu kojim se uništava zemljište

su u oblasti šumarstva. Intenzivna seča na strmim padinama na erozionom području produbljuje jaruge (slika 25) koje su nastale tokom perioda prekomerne eksploatacije u prvoj polovini dvadesetog veka. Celo područje pod crvenim raspadnutim pešćarima tokom proteklih pola veka je pošumljeno, tako da se na prvi pogled stiče utisak da je ta površina dobro zaštićena, kao i da više nema opasnosti za razvoj erozije (slika 26).

Na nekim mestima u Srbiji je zemljište takvo da uopšte nije potrebna velika denivelacija terena za razvoj erozije. Neka za primer posluži slika 27. iz okoline Velikog Gradišta, gde je bujična jaruga presekla put, a ukupna denivelacija od vrha sliva do ušća iznosi oko 40 m.

Poljoprivreda na erozionom području zahteva poštovanje protiverozionog gazdovanja zemljištem. Na slici 28. prikazan je detalj jedne njive iz okoline Velikog Gradišta koja je na peskovitom zemljištu u velikoj meri podložnom eroziji. Oranje po nagibu takvog zemljišta uništava njivu i brzo je pretvara u duboku jarugu iako padovi nisu veliki.

Eroziona područja se identifikuju i prikazuju na kartama. Detaljni prikazi su na kartama razmere 1:25000, dok se na preglednim kartama sitnih razmera prikazuje procentualna zastupljenost pojave erozionih područja.

Karta erozionih područja je važan dokument jer jasno identifikuje površine na kojima mala promena namene površine menja intenzitet erozionih procesa. Na takvim površinama se mora gazdovati samo na način koji ublažava intenzitet erozije, često uz dodatnu primenu zaštitnih protiverozionih radova. Takav način upravljanja namenom zemljišta se naziva „integralnim” i zakonom je propisan na području koje je proglašeno erozionim.

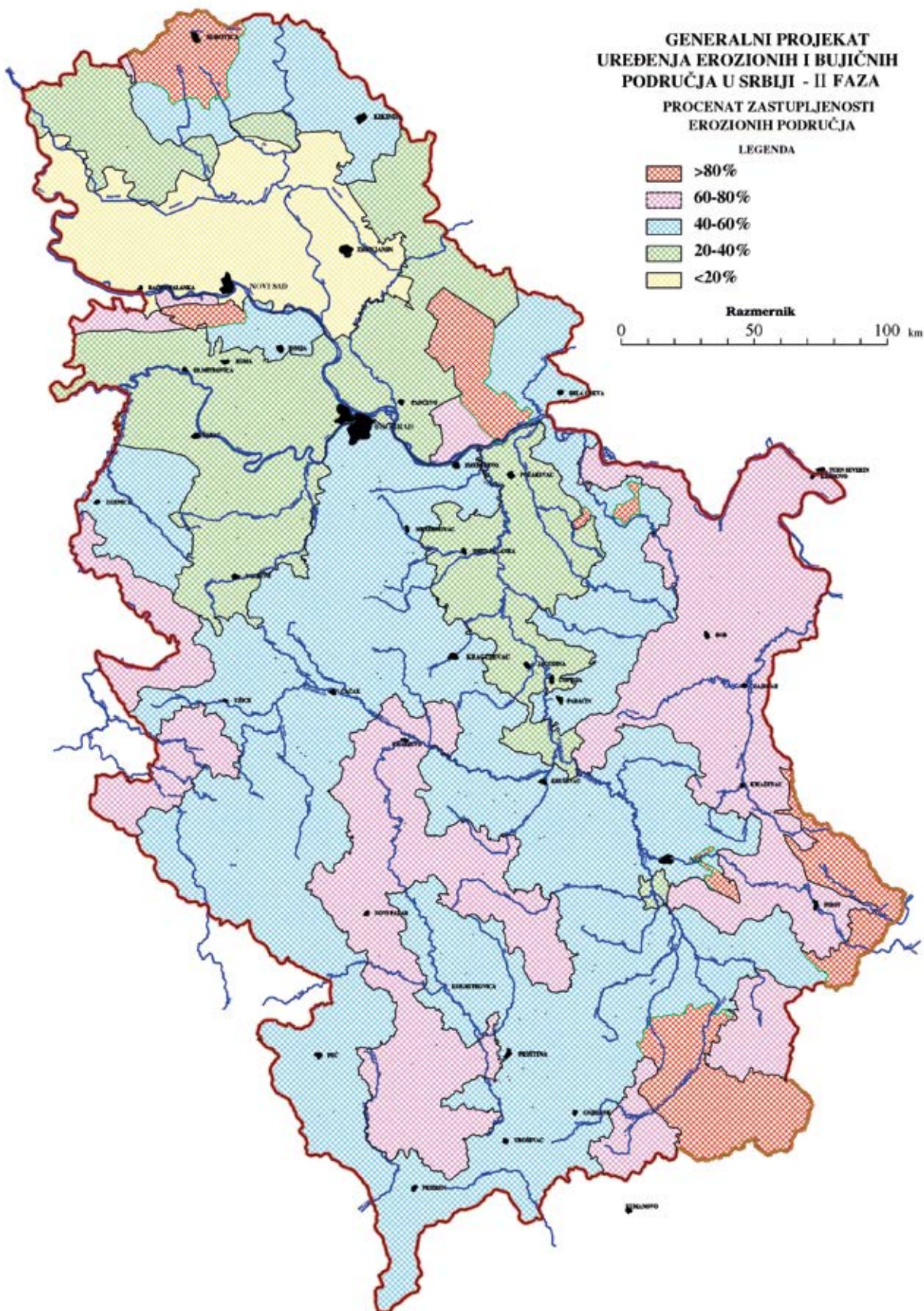
Na slikama 29. i 30. uporedo su prikazane karte erozije i erozionih područja za područje sliva reke Belice i Jagodine, pritoka Velike Morave u blizi-

ni Jagodine. Na kartama erozije se jasno vidi da na tom području nema ekstremnih procesa erozije, ali su srednji i slabi procesi podjednako zastupljeni. Ravničarski deo je pod vrlo slabom erozijom.

Eroziona područja se javljaju i na ravničarskom delu zato što su tu lesna<sup>10</sup> i peskovita zemljišta podložna eroziji. I gornji deo sliva je izrazito eroziono područje na kojem je sada pretežno slaba erozija koja je direktna posledica izvedenih radova na protiverozionoj zaštiti i sprovedenih administrativnih protiverozionih mera (slike 29. i 30).

Srbija je karakteristična po srazmerno visokoj zastupljenosti površina koje su erozione. Područje Grdeličke klisure, Deliblatske, Ramsko-golubačke i Subotičke pešćare su u potpunosti eroziona. Srazmerno mali deo teritorije Srbije karakteriše niska zastupljenost erozionih područja. Slika 31. prikazuje procentualnu zastupljenost erozionih područja u Srbiji.

<sup>10</sup> Les je vrsta sedimentne (taložne) geološke tvorevine slabih vezivnih svojstava, pogotovo u prisustvu vlage, pa je zato veoma podložan erozivnim procesima.



Slika 31: Procentualna zastupljenost erozionih područja

## 4. Bujice

### 4.1. Kratak pregled velikih bujičnih poplava u Srbiji

Srbija je prirodno predodređena za nastanak bujica i bujičnih poplava. Reljef, geološka podloga podložna eroziji, klima karakteristična po kišama jakog intenziteta i delovi zemlje u kojima se javljaju jaki vetrovi – sve to je preduslov za pojavu bujica ne samo u planinskim predelima već i u ravničarskim.

Bujice nisu svrstavane u problem sve dok su ugrožene vrednosti bile male. Razvoj železničke i putne mreže uslovio je „osvajanje” rečnih dolina u kojima su građena čitava naselja. Bujice su usloville i izgradnju objekata za zaštitu od bujičnih poplava, što je kasnije prošireno i na radove za zaštitu od erozije.

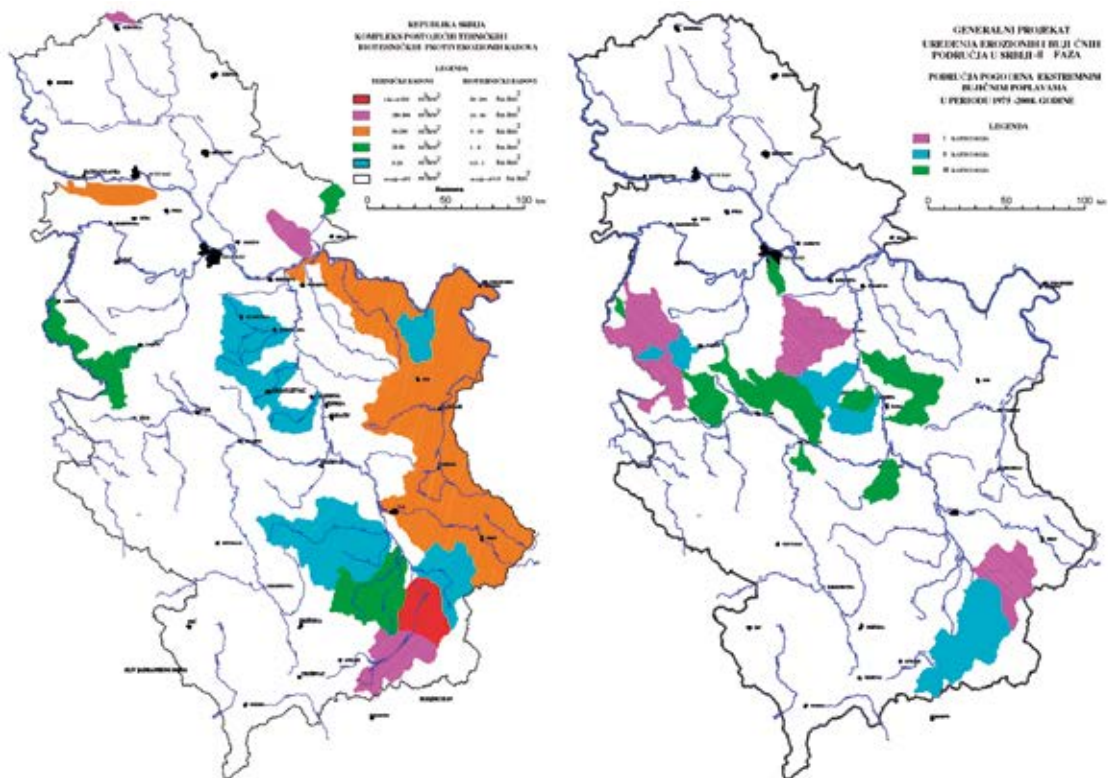
Ljudi u poznatim bujičnim područjima na kojima je izgrađen zaštitni sistem bili su ubeđeni da su zaštićeni od bujica. To je donekle i bilo tačno, ali samo do pojava poplava koje su prevazišle nivo zaštitnog sistema, projektovanog za verovatnoću pojave stogodišnje poplave (1 %).

Bujice su nanosile štete u delovima Srbije koji su bili pokriveni manjim obimom zaštitnih sistema. To se može videti na slici 32, gde su upoređene karte gustine protiverozionih radova i područja Srbije koja su tokom poslednjih decenija pogađale česte bujične poplave. O tim bujičnim poplavama uglavnom su izveštavala sredstva informisanja, ali

je sistem evidencije šteta bio takav da su registrovane samo štete velikih i katastrofalnih razmera. Da su kojim slučajem registrovane sve štete, bez obzira na to koliko male one bile, njihove godišnje sume bi bile velike. Zato su u statističke podatke uvršćeni samo podaci o isplaćenim štetama po osnovu osiguranja. S obzirom na politiku osiguravajućih društava da u osnovno osiguranje objekata od šteta ne ulazi osiguranje od rečnih i bujičnih poplava, nego to osiguranje spada u dodatna osiguranja, stanovništvo u ogromnom broju i nije osiguravalo svoje objekte od poplava i bujica.

Jasno je vidljivo da se bujične poplave češće javljaju na područjima koja su nedovoljno obuhvaćena radovima za uređenje bujica i zaštitu od erozije, ali da ima i katastrofalnih bujičnih poplava na vodotocima koji su srazmerno dobro pokriveni zaštitnim radovima.

Pitanje je odakle početi sa prikazom bujičnih poplava koje su pogađale Srbiju. Treba shvatiti da je problem bujica postojao oduvek, ali tek ga je pojava železnice iznela na površinu. Naime, do tog trenutka kopneni transport je obavljan zaprežnim kolima i karavanima tovarnih životinja. Bujice su i tada prekidale puteve, ali nikome nije smetalo da sačeka dan-dva da se popravi put srušen bujicom, jer se dnevno prelazilo dvadeset do trideset kilometara. Tadašnji putevi nisu morali da ispunjavaju stroge tehničke uslove koje je nametnula železnica. Trase železničkih pruga su postavljane uglavnom u rečnim dolinama, što je usloвило brzu



Slika 32: Uporedni prikaz pokrivenosti Srbije protiverozionim radovima i područja sa čestim bujičnim poplavama

urbanizaciju i zauzimanje rečnih dolina. Motorni saobraćaj je nametnuo izgradnju novih puteva koji su, kao i železnica, presekli brojne bujice i stvorili mesta koje je svaki nailazak bujice rušio.

Sadašnje stanje erozije rezultat je rada na protiverozionom uređenju i uređenju bujica u periodu od više decenija, kojim je ostvaren veliki napredak u odnosu na period od pre pedeset godina. Prosečan intenzitet erozije smanjen je za jednu, a u nekim područjima i za dve kategorije. Kako je erozija pojava i proces koji uvek postoji, održavanje sadašnjeg stanja zahteva održavanje postojećeg sistema zaštite, a poboljšanje stanja zahteva dopunske radove. Reč je o radovima koji se izvode decenijama i neophodni su jer se značajni prostori nalaze još uvek pod procesima od ekscesivne do srednje kategorije erozije.

Uz sve to pretila stalna opasnost da se usled neodržavanja postojećeg sistema protiverozione zaštite i izbegavanja primene administrativnih mera na erozionom području intenziviraju erozioni procesi sa svim problemima koji ih prate. Izvršenim radovima i primenjenim merama sanirane površine su sada učinjene visokoproduktivnim za poljoprivrednu proizvodnju, posebno voćarstvo.

Jednostavnije rečeno, radovi na uređenju bujica (pregrade, pragovi, regulacije i drugo) služe kao „kostur” sistema i sprečavaju promene u bujičnim koritima, a biološki i biotehnički radovi (pošumljavanja,

zatravljanja, podizanje voćnjaka i primena administrativnih protiverozionih mera i drugo) predstavljaju „odelo” integralne zaštite od bujica i erozije.

Kao što svaki materijal ima svoje granice izdržljivosti, takav je slučaj i sa zaštitnim sistemima protiv bujica i erozije. Te granice izdržljivosti zavise od propisa na osnovu kojih je projektovan zaštitni sistem, kao i stepena izgrađenosti sistema, odnosno od toga u kojoj meri je sistem završen. U Srbiji je veliki broj takvih sistema dobro projektovan, ali nije završen iz mnogih razloga.

Posle svake veće bujične poplave koja je načinila veliku štetu rađene su analize čiji je cilj bio da se utvrdi postojanje neke odgovornosti. Najčešće se događalo to da nije bilo preciznih podataka o kišama, pa nije preostajalo ništa drugo do grube procene.

Sačinjena je retrospektiva bujičnih poplava koje su nanele velike štete tokom poslednjih decenija. Manjih bujičnih poplava koje su uništile jednu ili dve kuće, srušile manje važan most, uništile nekoliko njiva bilo je bezbroj i, nažalost, za njih znaju samo oštećeni, koji uglavnom nisu bili osigurani, pa ni na taj način nema evidencije šteta.



Slika 45: Detalj srušene obale i puta u Trgovištu

#### 4.2.8. Poplave i bujice koje su se dogodile tokom 2014. godine

2014. godina je karakteristična po seriji poplava i bujica sa katastrofalnim razmerama.

U periodu od 14. do 17. maja na celokupnoj teritoriji Republike Srbije pale su velike količine padavina. Najveće padavine bile su u zapadnim delovima Srbije, koje su prouzrokovale bujične poplave svih pritoka Drine i Kolubare. Kiše i bujice su se premestile istočno prema pritokama Velike Morave, Mlave i Peka, pa su postradala opštinska središta Krupanj, Loznica, Ljubovija, Mali Zvornik, Valjevo, Ub, a posebno katastrofalno Obrenovac.

Već u septembru 2014. godine nezapamćeno nevreme je zahvatilo istočnu Srbiju i bujice su razorile Tekiju, Podvršku, Veliku Kamenicu, Grabovicu i Rečicu, koje se nalaze u slivovima istoimenih pritoka Dunava. Takođe su tom prilikom postradali i Bor i Majdanpek.

Analiza svih tih poplava i bujica nije završena da bi bilo ko mogao da istupi sa preciznom konstatacijom šta se zaista dogodilo.

Činjenica je da su tokom maja 2014. godine velike poplave i bujice pogodile Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu i da su na celom tom prostoru nanele velike štete.

### 4.3. Plavne zone bujičnih vodotoka

Plavnim zonama označavamo prostor zemljišta koje se tokom poplava plavi. U odnosu na karakter poplave, plavne zone se dele na polojne i bujične. Polojne plavne zone su u priobalju velikih vodotoka i zauzimaju srazmerno prostrana područja. Poloji su prirodna močvarišta i polojne šume, ali su tokom proteklih milenijuma osvajani i pretvarani u obradiva zemljišta i naselja. Na taj način je prirodna plavna zona značajno smanjena. Opasnost od plavljenja branjenog područja nije nestala, ali je ublažena efikasnim merama odbrane. Poslednje poplave na velikim rekama u Evropi su pokazale da priroda kažnjava svaki propust odbrane ponovnim plavljenjem nekadašnjih poloja.

Plojne poplave se karakterišu srazmerno sporim porastom, dugim trajanjem i sporim opadanjem poplavnog talasa.

Iza polojnih poplava ostaju oštećenja na svim poplavljenim objektima koji nemaju projektovanu otpornost na poplavu. Štetu takođe trpe i poplavljeni usevi i šume u skladu sa otpornošću konkretne vrste na plavljenje.

Plojne poplave najveću štetu nanose naseljima i saobraćajnicama. Neretko dolazi i do rušenja slabije utemeljenih objekata. Kada su u pitanju urbane sredine, velike štete nastaju na infrastrukturnim objektima (vodosnabdevanje, kanalizacija, energetika, telekomunikacije i drugo).

Bujične plavne zone su u priobalju bujičnih vodotoka: bujične poplave su karakteristične za manje vodotoke. Nastanak i trajanje bujične poplave i na srazmerno velikom bujičnom toku retko prelazi nekoliko časova od početka jakog pljuska do završetka bujične poplave. Bujične poplave su uvek razornog karaktera. Iza njih ne ostaju poplavljeni objekti već ruševine.

Iako su polojne poplave i bujične poplave potpuno različitih osobina, za određivanja plavnih zona primenjuju se slični principi, s tim što su polojne plavne zone velike i lakše ih je opisati kvadratnim kilometrima, dok se plavne zone bujičnih poplava opisuju hektarima.

Proračun plavne zone zavisi od tačnosti podataka o rečnom koritu i potencijalnoj plavnoj zoni i uslovima proticanja. Takvi podaci se dobijaju geodetskim snimanjem, a potrebna preciznost utvrđuje se na osnovu potreba konkretnog zadatka, u skladu sa propisima iz oblasti geodezije, premera i katastarsa zemljišta.

Geodetska snimanja sa zadovoljavajućom tačnošću je moguće izvršiti klasičnim snimanjem, koje je najskuplji i najsporiji vid kada se radi o velikim površinama. Klasično snimanje je isplativo samo u slučaju malih površina.

Za snimanja velikih površina koriste se uglavnom razne metode daljinske detekcije, snimanjem iz

raznih letilica i satelita. Snimanja mogu biti fotografska, multispektralna, radarska, laserska ili kombinovana.

Danas su najbolji rezultati snimanja plavnih zona bujičnih tokova i malih reka postignuti sistemom LIDAR. Reč je o laserskom i fotografskom snimanju koje daje skup podataka u više nivoa primenljivih i za druge namene osim onih za određivanje plavnih zona. Ukratko, sistem LIDAR obezbeđuje sledeće klase podataka:

- podatke o terenu – DTM (digitalni model terena),
- podatke o vegetaciji i njenoj visini,
- podatke o izgrađenim objektima,
- ortofoto snimak terena,
- infracrveni snimak terena (koristi se za otkrivanje bliske podzemne vode).

Zbog navedenog skupa podataka i visoke preciznosti, koja je oko deset puta veća u odnosu na ostale metode daljinske detekcije i približna je preciznosti klasičnog snimanja, sistem LIDAR je danas najzastupljenija metoda snimanja u EU i na drugim kontinentima.

Investicija u sistem LIDAR je pokazala visoku isplativost. Osim za precizno definisanje plavne zone i zone rizika od poplava, ovaj način snimanja se koristi za izradu urbanističkih i infrastrukturnih planova, kao i za izradu potpune geodetske podloge potrebne za projektovanje, posebno za rad sa brojnim softverskim projektantskim programima.

snovani na realnim zahtevima, ali i na realnim mogućnostima, kako bi u datoj situaciji bili primenjivi. Da bi se smanjio rizik od gubitaka ljudskih života i nastanak štete od poplava, mora se tačno definisati termin i odgovoriti na pitanje šta je poplava. Stručna definicija poplave je sledeća:

**Poplava je privremena pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije prekriveno vodom. To uključuje poplave koje uzrokuju reke, planinski potoci, bujični vodotoci, kao i poplave uzrokovane morem na priobalnim područjima.**

Prethodna definicija data je u Direktivi o proceni i upravljanju poplavnim rizicima<sup>12</sup> (u daljem tekstu: DPR), a primetno je da se poplave nastale usled izlivanja vode iz kanalizacionih sistema<sup>13</sup>, bilo da su to atmosferski, sanitarni ili industrijski kanalizacioni sistemi, ne tretiraju kao poplava.

## 5.1. Uzroci i vrste poplava

Kako je definicijom poplave datoj u DPR okvirno rečeno, poplave se prema nastanku mogu podeliti na poplave nastale na:

- rekama,
- potocima,
- bujičnim vodotocima,
- priobalju, izazvane morem i priobalnim vodama.

Poplave izazvane morem i priobalnim vodama mogu biti prouzrokovane plimnim talasima usled dejstva gravitacionih sila privlačenja Meseca ili koincidencije dejstava gravitacija Meseca i Sunca, padom vazdušnog pritiska u priobalnoj zoni usled ciklonske aktivnosti i jakih vetrova iz smera mora ka kopnu i usled cunamija.

U rečnim dolinama brojni su uzroci pojava poplava, a generalno mogu biti podeljene u tri osnovne grupe:

- one koje su posledica prirodnih pojava,
- one izazvane antropogenim uticajem i
- one koje su posledica kombinacije prirodnih i antropogenih uticaja.

Kišne padavine i otapanje snega u gornjim delovima sliva najčešći su uzročnici poplava kako na velikim rekama, tako i na bujičnim vodotocima i potocima. Osim padavina, na nastanak poplave u

zimskom periodu može uticati i torlašenje leda<sup>14</sup> i formiranje ledenih barijera, koje smanjuju ili potpuno zatvaraju proticajni profil korita.

Antropogeni uticaj najviše je vezan za aktivnosti u samom koritu vodotoka, ali i slivu. Krčenjem šuma, izgradnjom objekata i saobraćajnica, kanalizacijom i drugim aktivnostima povećavaju se brzina oticaja i količina otekle vode sa sliva, a skraćuje vreme koncentracije vode u glavnom koritu, odnosno povećava se koeficijent oticaja sa slivnog područja (slika 46. pod a) i b)). Takođe, regulisanjem korita vodotoka, „odsecanjem mrtvih krakova”, mrtvaja ili starača, i izgradnjom objekata na obalama, ili čak u koritu vodotoka, smanjuje se vreme tečenja kroz korito, ali i smanjuje proticajni profil, što se neumitno odražava i na povećanje visine vode u koritu. Zbog pojedinih antropogenih uticaja, kao što je, na primer, ogoljavanje padina, nisu retki ni slučajevi poplava izazvani klizanjem kosina, pa i celih obronaka, koji završavaju u koritu vodotoka kao svojevrsne brane. Antropogeni uticaj izražen je i pregrađivanjem ili sužavanjem korita reke (ustave, brane, mostovi), čime se izaziva formiranje poplavnog jezera uzvodno od pregrade, a nekontrolisanom izgradnjom objekata u inundacijama smanjuje se protočna moć korita za velike vode. Takođe, nepravilno rukovanje vodoprivrednim objektima, kao što su brane, može dovesti do izazivanja poplava.

Osim ovih, primarnih antropogenih uticaja, na poplavu mogu uticati i druge aktivnosti, kao što je deponovanje građevinskog šuta, ali i svih drugih vrsta otpada u korito vodotoka (slika 47. a)). Na taj način smanjuje se protočnost samog korita, ali i povećava mogućnost stvaranja „čepova” na suženjima vodotoka, kao što su, na primer, mostovske konstrukcije ili drugi objekti u koritu vodotoka. Takođe, na poplavu može imati uticaja i ispuštanje otpadnih voda (slika 47. b)), čije se suspendovane materije talože na dnu vodotoka i izazivaju smanjenje proticajnog profila, ali su od posebnog značaja otpadne vode zagađene organskim materijama, koje izazivaju bujanje vodene vegetacije, što opet smanjuje protočnost korita vodotoka. Uticaj mogu imati i objekti u koritu, kao i plivajući objekti (splavovi, barže, šlepovi...), ali i smanjenje slobodnog prostora za protok vode kroz inundaciju.

Nikako ne treba zaboraviti ni uticaj čoveka na klimatske promene koje rezultuju povećanjem učestalosti, ali i intenziteta ekstremnih padavina, što se direktno odražava i na oticaj sa sliva, a time i na poplave.

12 Direktiva o proceni i upravljanju poplavnim rizicima – Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks.

13 Poplave izazvane podizanjem nivoa podzemnih voda, koje se manifestuju pojavom privremene akvatorije na površini, nisu obuhvaćene, odnosno nisu pomenute u DPR. Te poplave posledica su većih količina vodenog taloga, topljenja snežnog pokrivača na površini, ili njihove kombinacije. Takođe, do podizanja nivoa podzemnih voda može doći i usled podizanja nivoa vode u vodotocima. Jedan od poznatijih primera je slučaj podizanja nivoa vode u Vračevgajskom jezeru usled podizanja nivoa vode reke Dunav na udaljenosti od oko 10 kilometara.

14 Torlašenje leda je pojava zadržavanja, gomilanja i podvlačenja ledenih santi na mestima gde je formirana stabilna ledena kora na vodotoku, bilo uz obalu reke ili preko celog toka. Ledene sante koje tok reke donosi do mesta zaustavljanja „podvlače” se i lepe sa donje strane formirane ledene kore. Vremenom takvo „podvlačenje” i zaustavljanje može zatvoriti veliki deo poprečnog profila i izazvati velike poplave uzvodno od tako formiranog ledenog čepa.



Slika 46: Antropogeni uticaji: a) krčenje šuma b) izgradnja infrastrukture

Poplave nastale izlivanjem rečnih voda iz korita u prvom redu se odnose na poplave reka u ravničarskim krajevima, a glavna osobina plavne vode je njena dubina, odnosno nivo do kog doseže poplavna voda. Poplave planinskih vodotoka i potoka razlikuju se od prethodnih po dodatnoj osobini plavne vode, a to je brzina vode u poplavljenom području. Te poplave najčešće imaju značajno manju visinu poplavne vode, ali brzina poplavne vode izaziva najviše problema, pogotovo u slučaju evakuacije stanovništva.

Za razliku od prethodne dve vrste poplava, bujične vode osim dubine vode (koja je često irelevantna) i brzine vode, imaju i dodatne osobine, a to su vrsta bujične mase i količina nošenog materijala. Prema statističkim podacima, periodi nastanka poplava tokom godine u Srbiji razlikuju se uglavnom prema veličini i karakteru sliva, odnosno prema glavnom uzročniku poplava. Na velikim ravni-

čarskim rekama do poplava dolazi najčešće u periodu ranog proleća i proleća, u zavisnosti od temperaturnih karakteristika u gornjim tokovima reka, odnosno od topljenja snežnog pokrivača u višim zonama sliva. Na vodotocima s manjim slivnim područjima do poplava dolazi u periodima dugotrajnih i intenzivnih kiša, uglavnom u proleće i jesen, što opet zavisi od vremenskih prilika u slivu. Nasuprot njima, na malim i bujičnim vodotocima do poplava dolazi najčešće tokom leta, jer je tada najčešća pojava jakih pljuskovitih padavina, mada kod vodotoka ovog tipa nisu retke ni kasnozimske i ranoprolećne poplave usled naglog otapanja snežnog pokrivača.

Posebna vrsta poplava jesu poplave izazvane ledom, odnosno poplave izazvane torlašenjem ledenih blokova i stvaranjem „čepova” na vodotoku – ledenih barijera.



Slika 47: Antropogeni uticaji: a) bacanje otpada u korito vodotoka b) ispuštanje otpadnih voda

## 5.2. Bujične poplave

Problematika bujičnih voda i bujičnih poplava, nasuprot običnim, ravničarskim poplavama, dobija novu dimenziju jer se bujična voda ne sastoji samo od vode, nego i od vučenog, rastvorenog, nošenog i plivajućeg materijala.

Osim materijalne štete, poplave prouzrokuju i ljudske žrtve, što i jeste nenadoknativ gubitak i najveća šteta od poplava. Bujične poplave prednjače po broju žrtava u odnosu na druge vrste rečnih poplava<sup>15</sup>. U tabeli 2. data je distribucija ljudskih žrtava od poplava prema uzrastu žrtava. Uočljivo je da grupa između 20 i 60 godina starosti predstavlja u državama EU gotovo 50 % svih žrtava, ali ta grupa i jeste najbrojnija. Sledeću grupu, a to su stariji od 60 godina, čini više od 1/4 svih žrtava u EU, a s obzirom na njihovu daleko manju brojnost u odnosu na ostale grupe, može se zaključiti da to i jeste najugroženija grupa. Razlog tome upravo su starost i smanjene fizičke mogućnosti. Podaci za SAD umnogome se razlikuju od podataka za EU, u prvom redu jer je broj žrtava poplava u grupi mlađih osoba do 20 godina više nego udvostručen, a sa-

ma distribucija žrtava po starosnim grupama manje-više približna je i distribuciji same populacije. To govori da u slučaju SAD nema izrazitije ugroženosti prema starosnoj dobi.

Ako se posmatra pol žrtava poplava (tabela 3), uočava se da je broj žrtava među ženama daleko manji nego među muškarcima, što je izrazitije u EU, nego u SAD. Tako broj muškaraca žrtava poplava u EU iznosi više od 3/4 ukupnog broja žrtava, dok je u SAD taj procenat manji. S obzirom na to da je u SAD broj žrtava sa neutvrđenim polom veći od 1/4, aproksimacijom se može zaključiti da je odnos muških i ženskih žrtava u matematičkom odnosu 2/3:1/3.<sup>16</sup>

Bujični vodotoci u periodu redovnog tečenja voda u vodotoku mogu se uočiti i iz vazduha, a njihove karakteristike su velike, neobrasle ili slabo obrasle kamene i blatne naplavine na rečnim obalama, meandriranje korita vodotoka, značajno odsustvo vegetacije, česte jaruge koje se prostiru ka glavnom toku vodotoka i drugi, lako uočljivi erozijski procesi (slika 48).

Generalno, bujični sliv ima tri osnovne zone: zonu prikupljanja materijala („prikupište“), zonu tran-

Uzrast	Ukupan broj	Ukupno (%)	EU broj	EU (%)	SAD broj	SAD (%)
0–19 god.	33	13,4	8	8,4	25	16,4
20–60 god.	98	39,7	47	49,5	51	33,6
> 60 god.	41	16,6	24	25,3	17	11,2
Nije poznato	75	30,4	16	16,8	59	38,8
Ukupno	247	100	95	100	152	100

Tabela 2: Distribucija ljudskih žrtava u poplavama prema uzrastu žrtava

Izvor: Jonkman, S. N. and Kelman, I. (2005): An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths, Disasters 2005, Vol. 29, No 1, Blackwell Publishing, p. 75-97.

Pol	Ukupan broj	Ukupno (%)	EU broj	EU (%)	SAD broj	SAD (%)
Muškarci	145	58,7	72	75,8	73	48,0
Žene	62	25,1	22	23,2	40	26,3
Nije poznato	40	16,2	1	1,1	39	25,7
Ukupno	247	100	95	100	152	100

Tabela 3: Distribucija ljudskih žrtava u poplavama prema polu žrtava

Izvor: Jonkman, S. N. and Kelman, I. (2005): An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths, Disasters 2005, Vol. 29, No 1, Blackwell Publishing, p. 75-97.

<sup>15</sup> Cunamijski izazvani zemljotresima u podmorju prouzrokuju najveći broj žrtava.

<sup>16</sup> Za potrebe istraživanja, autori Jonkman i Kelman nisu uspeali da dođu do preciznijih podataka o polu žrtava poplava.



Slika 48: Karakterističan izgled bujičnog vodotoka - reka Pčinja nizvodno od Trgovišta

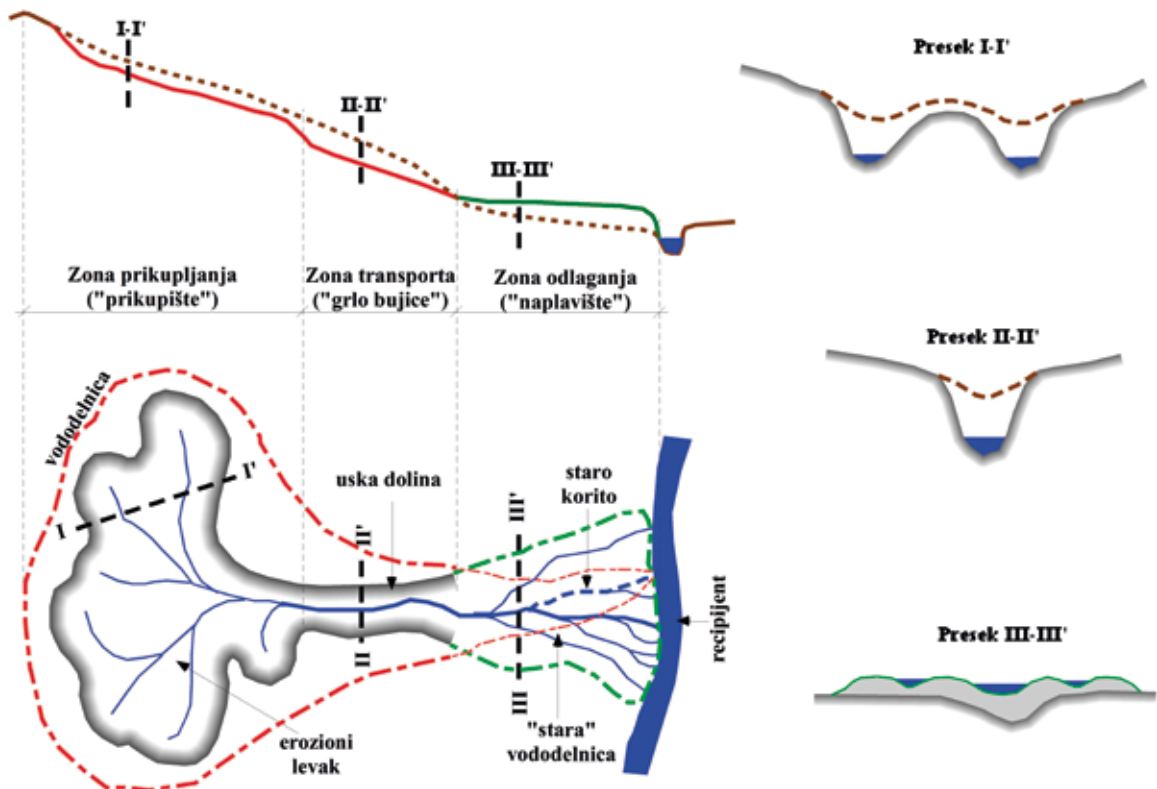
sporta materijala („grlo bujice”) i zonu odlaganja materijala („naplavište”) (slika 49). Zona prikupljanja bujičnog materijala, odnosno „prikupište”, najviše je zona bujičnog sliva i to je eroziona zona u kojoj se pluvijalnom i fluvijalnom erozijom (erozionim procesima kiše i tečenja vode) odvaja bujični materijal i sakuplja u pritoke i glavni vodotok. Ova zona se odlikuje površinskom ero-

zijom na području „prikupišta”, kao i i dubinskom erozijom korita pritoka i glavnog toka, a brzina bujičnih voda i transportovanog materijala raste ka zoni transporta materijala (slika 49).

Zona transporta bujičnog materijala („grlo bujice”) jeste zona, odnosno samo korito bujičnog vodotoka kroz koje se transportuje materijal prikupljen u gornjem delu sliva, „prikupištu”. U ovoj zoni karakteristična je dubinska erozija u samom koritu bujičnog vodotoka. U ovoj zoni bujica dobija maksimalnu brzinu, a time i rušilačku energiju (slika 49).

Zona odlaganja bujičnog materijala je mesto gde bujica gubi na brzini i rušilačkoj energiji, pa na taj način dolazi i do „odlaganja” materijala koji je bujica sa sobom donela. Ovu zonu karakterišu naplavine od materijala koji je donet bujičnim tokom, česte promene korita glavnog toka, kao i veliko meandriranje i formiranje više rukavaca bujičnog toka. Nije redak slučaj „skrivenog” potpovršinskog tečenja kroz naplavinu ako je bujični materijal uglavnom od kamenih gromada, drobine i šljunka. Bujični tok je, po pravilu, u potpunosti silovit, a samo u retkim slučajevima, kada iza grla bujice sledi velika ravna dolina, iza naplavišta može doći do prelaska bujice u miran režim.

Najveću energiju, kako joj samo ime govori, ima „bujična pesnica”, odnosno početni strmi talas koji sa sobom nosi najveću količinu materijala, kamene blokove, drobinu, stabla, kao i sve ono što je svo-



Slika 49: Šematski prikaz bujičnog vodotoka sa podužnim i poprečnim presecima



Slika 50: „Bujična pesnica”

jom rušilačkom snagom porušio i sa sobom poneo nizvodno. Na slici 50. prikazana je „bujična pesnica”. Bujičnom poplavom, dakle, ne možemo smatrati poplave koje je izazvalo izlivanje van korita za velike vode manjih reka ukoliko sa sobom ne nose velike količine materijala. Granična vrednost između običnih poplavnih voda i bujičnih voda je vrednost zapreminske težine plavne vode. Ukoliko je ta vrednost ispod  $1200 \text{ kg/m}^3$ , tada govorimo o klasičnim rečnim poplavama, a sve iznad te vrednosti predstavlja bujične vode i bujične poplave. Zapreminska težina bujičnih voda može dostizati i više od  $1700 \text{ kg/m}^3$ , a zabeležene su poplave i sa većom zapreminskom težinom<sup>17</sup>.

Upravo činjenica da bujična voda sa sobom nosi i veliku količinu raznog vučenog i plivajućeg materijala, od blata, šljunka i drobine, pa do kamenih blokova, stabala i svega onog što je na svom rušilačkom putu porušila i sa sobom ponela, daje bujičnoj vodi sve veću rušilačku snagu. Ta rušilačka snaga izaziva nova, veća razaranja i tako sve do zone odlaganja – naplavišta, gde bujična voda počinje da gubi snagu i brzinu pa se nošeni materijal deponuje (slika 51).

Pokretanje materijala u zoni prikupljanja počinje dejstvom kišnih kapi na tlo, odnosno mehaničkim odvajanjem čestica tla od podloge, što je dejstvo pluvijalne erozije na tlo. Moć transporta te čestice vodenim putem zasnovana je na smanjenju trenja između te čestice i tla, odnosno prividnim gublje-



Slika 51: Tekija – deponovani vučeni i nošeni materijal posle prolaska bujične vode (Izvor: Foto: Ognjen Zorić, preuzeto sa: <http://www.vesti-online.com>)

njem dela težine čestice uronjene u vodu, zasnovanim pre svega na Arhimedovom zakonu.

Daljim kretanjem bujične vode, a s obzirom na prirast pripadajuće slivne površine, raste i bujična masa i njena energija. Tako osnažena bujica odvaja, pomera i nosi i druge materijale, predmete i veće komade, kao i predmete koji joj se nađu na putu. Pri ulasku u grlo bujice ta snaga postaje koncentrisana i izuzetno moćna, pa „bujična pesnica” uništava sve što joj se nađe na putu, odnosno nosi sve pred sobom. Po izlasku iz bujičnog grla sama bujična pesnica slabi i širi se, gubeći i brzinu i snagu, tako da prvo dolazi do „odlaganja” najtežeg ponetog materijala, kao što su kameni blokovi i drobina, a potom i drugog lakšeg materijala.

Plivajući materijal uglavnom se zaustavlja na mestima gde postoje prepreke, kao što su mostovske konstrukcije, suženja ulica, stubovi dalekovoda, šuma i druge prepreke koje se na bujičnom putu nađu, a same su dovoljno otporne na dinamički udar bujične vode i čvrstog nošenog materijala koji se bujičnom vodom transportuje. To zaustavljanje plivajućeg materijala izaziva pojavu značajnog uspora<sup>18</sup> uzvodno od mesta „zagušenja”, pa se time povećava i nivo poplavnih voda. Takva „zagušenja” neretko izazovu i rušenje mostovskih konstrukcija i drugih objekata u koritu na kojima je došlo do „zagušenja”, što dovodi i do sekundarnih rušilačkih efekata bujične poplave.

Osnovni parametri bujičnog toka su:

- oblik bujičnog sliva,

<sup>17</sup> Bujične vode u Gruziji, na vodotocima sa Kavkaza, često predstavljaju mešavinu male količine same bujične vode koja pokreće bujicu velikih kamenih blokova veličine iznad  $1 \text{ m}^3$ . Takve bujice imaju ogromnu rušilačku snagu i u takvim slučajevima primenjuju se posebni građevinski objekti - rešetkaste pregrade, sposobne da zaustave masivne kamene blokove na pregradi, a propuste vodu sa umanjenom brzinom i snagom.

<sup>18</sup> Uspor je termin koji se koristi za pojavu dizanja nivoa vode u vodotoku usled porasta vodostaja nizvodno. Pri usporu, kako mu i ime kaže, dolazi do usporavanja tečenja. Uspor se najčešće javlja uzvodno od akumulacionih jezera ili uzvodno od ušća manjih vodotoka u veće, ali se javljaju i uzvodno od prepreka u koritu vodotoka (mostovski stubovi, ledene barijere, poprečni objekti za regulaciju plovitve itd.).

- gustina mreže pritoka,
- reljef bujičnog sliva,
- geološko-petrografski<sup>19</sup> uslovi i pedološki<sup>20</sup> uslovi,
- stanje i vrsta vegetacionog pokrivača,
- stanje erozionih procesa u slivu,
- klimatske karakteristike sliva i
- antropogeni uticaj.

**Oblik bujičnog sliva** predstavlja odnos dužine obima sliva (vododelnice) i dužine glavnog toka, a ukazuje na oblik slivne površine. Prema tome, bujičnost vodotoka povećava se sa povećanjem obima i smanjenjem dužine glavnog toka.

**Gustina mreže pritoka u slivu** je parametar koji ukazuje na povećavanje brzine koncentracije sa povećanjem gustine mreže pritoka, jer se vreme tečenja po padini, gde je brzina kretanja vode manja, skraćuje. Tako razlikujemo četiri osnovne grupe prema gustini mreže pritoka:

- $Du < 0,5$  [ $\text{km}/\text{km}^2$ ] - slaba gustina rečne mreže,
- $Du = 0,5$  do  $1,0$  [ $\text{km}/\text{km}^2$ ] - srednja gustina rečne mreže,
- $Du = 1,0$  do  $2,0$  [ $\text{km}/\text{km}^2$ ] - jaka gustina rečne mreže i
- $Du > 2,0$  [ $\text{km}/\text{km}^2$ ] - vrlo jaka gustina rečne mreže.

**Reljef bujičnog sliva** jedan je od najvažnijih parametara, a u njemu učestvuju: srednja visina sliva, srednji pad sliva, srednja visinska razlika sliva, potencijal slivanja tokom jakih kiša (većih od 30 mm/dan), potencijalna brzina slivanja velikih voda tokom jakih kiša, koeficijent erozije energije reljefa i geomorfološko-erozioni koeficijent sliva. U zavisnosti od svih ovih parametara povećava se ili smanjuje bujičnost sliva.

**Geološko-petrografski uslovi sliva** iskazuju se koeficijentom vodonepropusnosti i u zavisnosti od stenskih masa koje su geološka podloga sliva, razlikuju se: izrazito vodopropusna podloga (šljunak, pesak itd.), srednje vodonepropusna podloga (fliš, laporci, škriljci itd.) i izrazito vodonepropusna podloga (gline, glinovito-uljni škriljci, eruptivne stene itd.). Vodonepropusnost direktno utiče na oticaj sa sliva, pa su vodonepropusne stenske mase upravo te koje povećavaju bujičnost sliva.

**Vrsta vegetacionog pokrivača sliva** iskazana je trima osnovnim vrstama vegetacije u slivu: šumska vegetacija, travnato-žbunasta vegetacija i teren bez stalnog vegetacionog pokrivača (oranice, veće betonirane površine). Sa povećanjem površina pod šumskom vegetacijom opada bujičnost sliva, a sa povećanjem površina bez stalnog vegeta-

cionog pokrivača povećava se i oticaj sa sliva, a time i bujičnost.

Stanje erozionih procesa direktno utiče na bujičnost sliva, jer sliv sa većim erodiranim površinama ima veću bujičnost. U određivanju ovog parametra, osim površine pod erozionim procesima u slivu, učestvuju brojni elementi, među kojima treba izdvojiti: vrstu erozionih procesa, intenzitet i zahvaćenost, pedološko-geološko stanje sliva i degradiranost šuma.

**Klimatske karakteristike sliva** su osnovni ulazni parametar za proučavanje bujičnosti, jer se na osnovu kišnih i snežnih padavina u najvećoj meri, a u nešto manjoj meri i vetra, temperature vazduha i zemljišta i vlažnosti vazduha određuje režim oticaja sa sliva.

**Antropogeni uticaj** je sveprisutan jer je i uticaj čoveka na sve segmente prirode prisutan u velikoj meri. Povećanje poljoprivrednih površina, smanjenje šumskih površina, ubrzana urbanizacija, saobraćajna infrastruktura, ali i tehničke, biotehničke i hidrotehničke aktivnosti direktno utiču na povećavanje ili smanjivanje svih parametara bujičnosti sliva.

### 5.3. Objekti za zaštitu od štetnog dejstva voda – odbranu od poplava

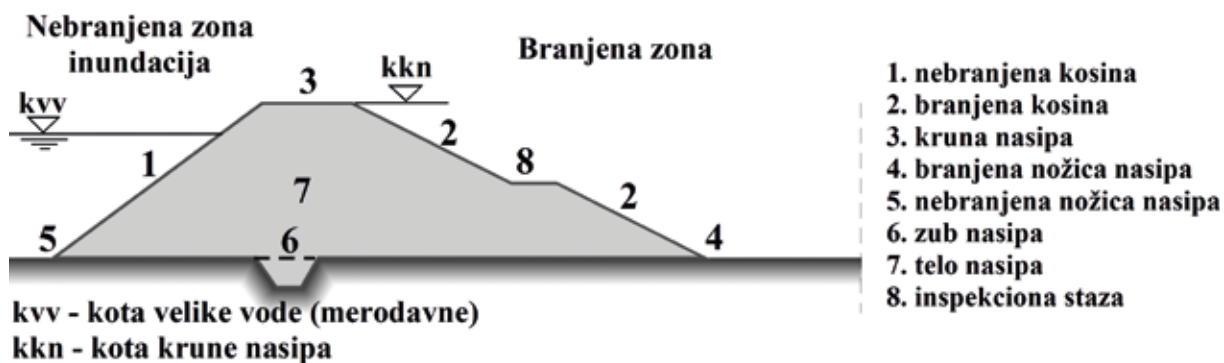
Objekti za zaštitu od štetnog dejstva voda – odbranu od poplava mogu se generalno podeliti u dve grupe prema vrsti dejstva na poplavne vode. Mogu biti objekti za pasivnu odbranu od poplava i za aktivnu odbranu od poplava. Objekti za pasivnu odbranu od poplava, kako im ime kaže, ne učestvuju u obaranju hidrograma proticaja, nego svojom masivnošću brane stanovništvo i njegovu imovinu od poplavnog talasa. Nasuprot njima, objekti za aktivnu odbranu od poplava za cilj imaju „obaranje proticaja” na nivo koji donjem toku neće pričiniti štetu, ili će je značajno umanjiti, ali i obezbeđivanje dodatnog vremena za reakciju na nadolazeći poplavni talas.

Na pomen termina odbrana od poplava najčešće se pomisli na odbrambene nasipe, ali osim njih postoje i drugi objekti kojima se sprečava izlivanje poplavnih voda u branjeno područje.

Postoji više vrsta nasipa u zavisnosti od njihovog položaja i namene, pa tako razlikujemo: glavne, oboodne, usporne, priključne, transverzalne, sekundarne i letnje nasipe (slika 53), ali svi ovi nasipi imaju sličnu geometriju, pa razlikujemo: krunu nasipa, branjenu kosinu nasipa, nebranjenu kosinu nasipa, branjenu i nebranjenu nožicu nasipa, a u nekim slučajevima i: inspekcionu stazu, rampu, nasipsku oblogu, drenažni objekat (rov, filter, tepih i cev) itd. Na slici 52. dat je šematski prikaz nasipa sa opisom njegovih geometrijskih delova.

<sup>19</sup> Petrografija je deo naučne oblasti petrologije i bavi se klasifikacijom stenskih masa, njihovim opisivanjem i prostornim rasporedom.

<sup>20</sup> Pedologija je nauka koja se bavi klasifikovanjem, opisivanjem, prostornim rasporedom i osobinama gornjeg sloja zemljišnog pokrivača, koji se nalazi iznad geološke podloge. To su obično plitki slojevi zemljišta debljine do tri metra.



Slika 52: Nasip – geometrijski delovi nasipa

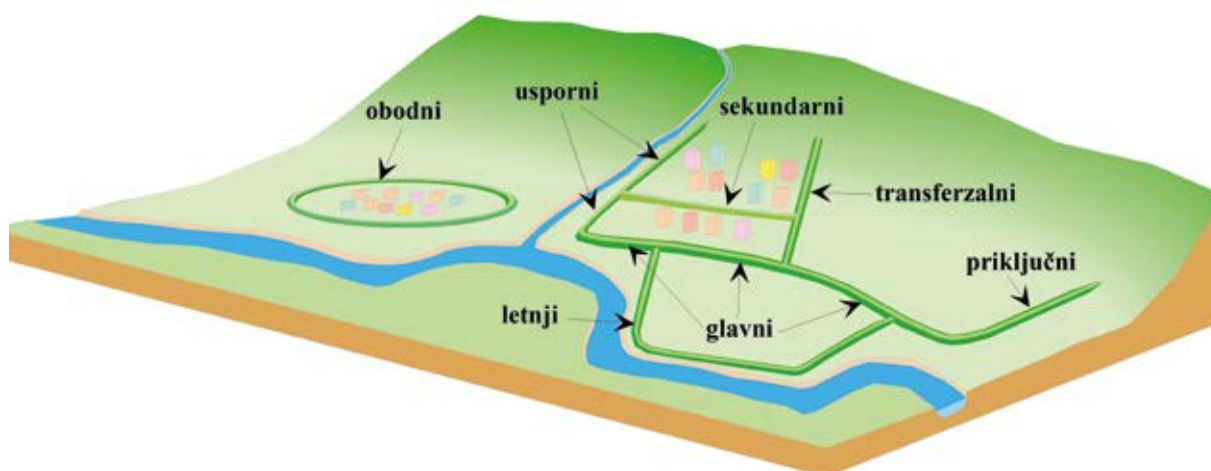
**Glavni nasipi** su linijski objekti koji se pružaju kroz dolinu reke i odvajaju veće branjeno područje od nebranjenog, odnosno od inundacije. Grade se za odbranu od velikih voda određene verovatnoće prevazilaženja poplave (merodavne vode), sa kotom krune nasipa koja je za određenu sigurnosnu visinu viša od merodavne vode (kota zaštitnog nivoa). Osnovna svrha glavnih nasipa je zaštita od poplava naseljenih mesta i značajnijih ekonomski važnijih površina. Izgradnjom glavnih nasipa sužava se proticajni profil u zoni nasipa, što dovodi do značajne izmene prirodnog vodnog režima, a time i do povišenja nivoa poplavnih voda u zoni nasipa, ali i uzvodno zbog pojave uspora (slika 53).

**Obodni nasip** imaju sličnu ulogu kao i glavni nasipi, s tim što se grade u obliku prstena oko branjenog područja. Ovaj oblik zaštite, kao daleko jeftiniji, koristi se za manja naseljena mesta ili industrijske

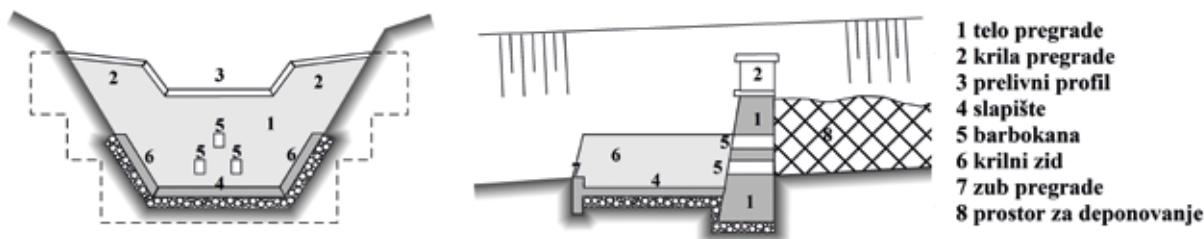
komplekse, a njihov uticaj na promenu vodnog režima daleko je manji nego u slučaju glavnih nasipa, jer ima samo lokalni uticaj, koji se javlja u neposrednoj blizini nasipa (slika 53).

**Usporni nasipi** pružaju se duž pritoka koje se ulivaju u vodotok na kome su već podignuti glavni nasipi za odbranu od poplava. Njihova funkcija jeste da spreče prodor uspornih voda iz glavnog vodotoka kroz korita pritoka u branjenu zonu. Obavezno su sličnih geometrijskih karakteristika kao i glavni nasipi na koje naležu (slika 53).

**Priključni nasipi** najčešće su deo samih glavnih nasipa, a svrha im je da spoje glavne nasipe sa visokim, od poplava neugroženim terenom i na taj način u potpunosti zatvore branjeni prostor (branjenu kasetu). Geometrijske karakteristike i osobine su im slične kao i glavnim nasipima (slika 53).



Slika 53: Nasip – vrste nasipa prema položaju i nameni



Slika 54: Osnovni elementi bujične pregrade

**Transverzalni nasipi** grade se sa ciljem „podelu” branjenog područja na više delova, odnosno kasetu, kao dodatna zaštita kasetu za slučaj proboja glavnih nasipa. Naime, probojem je ugrožena samo ona kasetu gde je glavni nasip probijen. Upravi su na glavne nasipe (slika 53).

**Sekundarni nasipi** imaju sličnu ulogu kao i transverzalni, a to je da dodatno pojačaju sistem odbrane od poplava u slučaju proboja glavnih nasipa. Oni predstavljaju „drugu liniju” odbrane od poplava i uglavnom se grade na višjim terenima unutar branjenog područja i dodatno odvajaju najvažnije delove branjenog područja od potencijalno poplavnih voda. Oni su paralelni sa glavnim nasipima i naslanjaju se na transverzalne i usporne nasipe (slika 53).

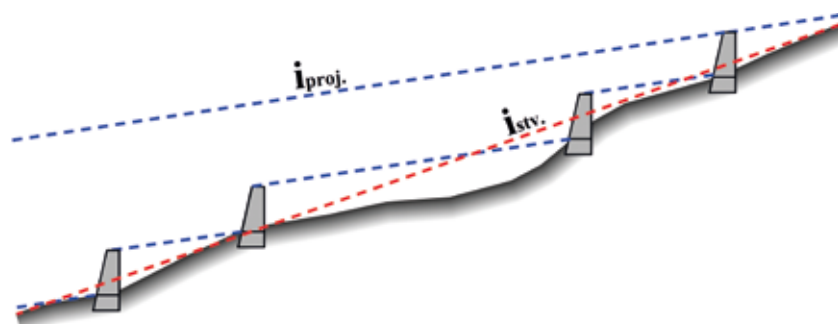
**Letnji nasipi** grade se sa nebranjene strane glavnih nasipa, ali su merodavne vode za njih značajno niže, pa služe za odbranu od poplava kraćeg povratnog perioda poljoprivrednih površina. U slučaju poplavnih voda sa višjim nivoom od merodavnog za letnji nasip, odbrana tog područja se napušta. Merodavne vode uglavnom su definisane velikim vodama u vegetacionom periodu, a dimenzije nasipa su daleko skromnije od dimenzija glavnih nasipa na koje naležu (slika 53).

**Kejski zidovi** i vertikalni zaštitni zidovi su objekti koji se izvode u gušćim urbanim zonama, gde ne po-

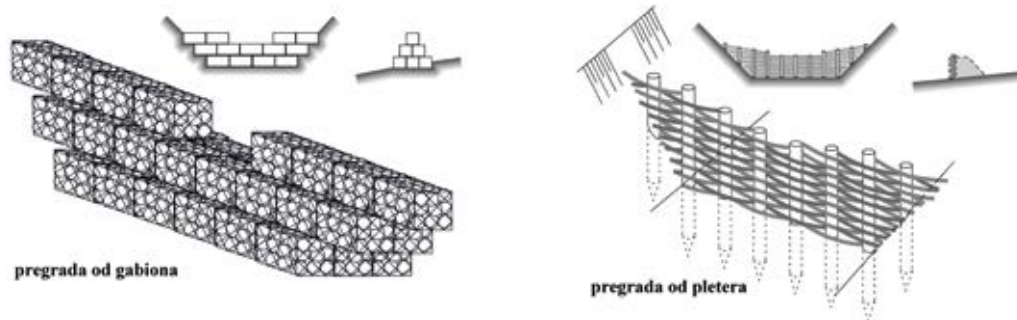
stoji dovoljan prostor za izgradnju jeftinijih objekata - nasipa. Funkcija im je ista kao i nasipima, a to je pasivna odbrana od poplavnih voda, ali i zaštita od erozija obale, jer se izvode uglavnom na suženim delovima vodotoka. To su uglavnom betonski objekti od monolitnog betona sa dilatacionim gumenim spojnicama ili od betonskih blokova, mada nisu retki ni kejski zidovi zidani kamenom, opekom, ili od pobijenih, ankerisanih čeličnih talpi.

**Regulacione građevine u koritu vodotoka**, kao i van korita, u većini slučajeva spadaju u višenamenske objekte, a jedna od namena im je i zaštita od poplava. Osim ove namene, služe i za poboljšanje uslova za korišćenje i upotrebu voda, zaštitu od erozija, ali imaju i netehničku namenu, a to je estetski izgled naselja ili predela u kome se grade. Na većim, plovnim vodotocima služe i za održavanje plovidbene dubine, odnosno obezbeđivanje plovidbe. Tako i postoji podela regulacionih objekata prema merodavnim proticajima na regulacione građevine za sledeće merodavne vode:

- male vode - na velikim plovnim vodotocima, iz razloga obezbeđenja plovidbe pri niskim vodostajima (veliki plovni vodotoci);
- srednje vode - na onim vodotocima na kojima se želi uspostaviti stabilno stanje nivoa i zaštita od erozija (neplovni vodotoci) i



Slika 55: Šematski prikaz postavljanja tipičnih bujičnih pregrada u zavisnosti od pada korita vodotoka



Slika 56: Izgled bujične pregrade od gabiona a) i jednostrukog pletera b)

- velike vode - na onim vodotocima gde je odbrana od poplava i bujica od primarnog značaja (mali vodotoci).

Regulacione građevine u pogledu odbrane od poplava služe za osiguravanje proticaja merodavnih, velikih voda osiguravanjem proticajnog profila, kao i uklanjanjem prepreka na putu poplavnog talasa. Regulacije mogu biti u:

- urbanoj zoni, u vidu obloženih rečnih korita i za male i velike vode, ili samo male vode, kao i drugih objekata i
- ruralnoj zoni, u vidu iskopanih profilisanih korita, gde se oblaganje vrši samo na jačim krivinama vodotoka gde postoji opasnost od erozije spoljašnjih (konkavnih) obala.

Regulacioni objekti na bujičnim vodotocima ipak se razlikuju od objekata na malim i srednjim vodotocima koji nemaju bujični karakter. Regulisana bujična korita bez poprečnih objekata nazivaju se bujičnim kanalima, dok se regulisana bujična korita koja imaju i poprečne objekte nazivaju bujičnim kinetama.

**Bujične pregrade** su masivni, gravitacioni poprečni objekti koji služe za zaustavljanje krupnog vučenog nanosa bujične vode, umanjeње pada korita i disipaciju kinetičke energije vode<sup>21</sup>. Mogu imati različite oblike i biti izgrađeni od različitog materijala, ali svi imaju iste osnovne elemente, a to su: masivno telo pregrade, krila pregrade, prelivni profil i slapište. Takođe, jedan od osnovnih elemenata bujične pregrade su i barbokane, odnosno otvori u telu pregrade za propuštanje malih voda. Kod nemonolitnih vodopropusnih pregrada ulogu barbokana ima celokupno telo bujične pregrade (slika 54).

Pregrade na bujičnim vodotocima uglavnom su tipske, od identičnih materijala i sa istim geometrijskim karakteristikama i dimenzijama, a visina pregrade zavisi od pada korita koji se želi postići i

njihovog međusobnog rastojanja, što je šematski prikazano na slici 55.

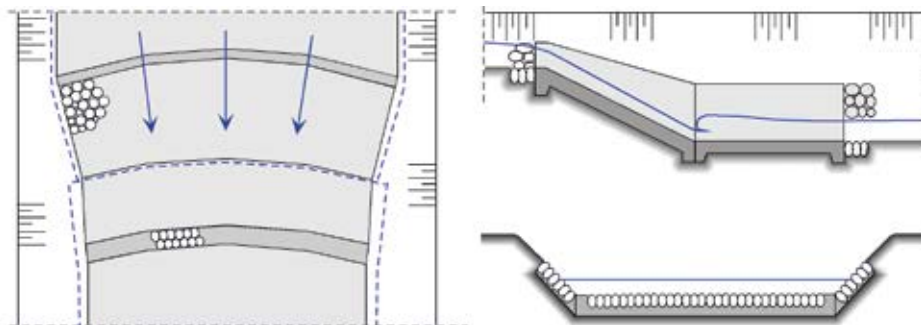
Za izgradnju bujičnih pregrada koriste se različiti materijali, kao što su: beton i gotovi betonski elementi, klesani i neobrađeni kamen, gabionski elementi, opeka, čelične talpe, a za objekte manje visine i drvo i zemljani materijal. Na slici 54. vidi se izgled klasične bujične pregrade koja može biti od betona, betonskih gotovih elemenata, kamena ili opeke. Na slici 56.a) dat je izgled gabionske<sup>22</sup> pregrade i 56.b) drveno-kamene (zemljane) jednostruke pregrade (pleter) za vododerine i manja bujična korita (jednostruki pleter).

**Bujične rampe** se grade u zonama gde je potrebno savladati visinsku razliku, odnosno smanjiti pad korita bujičnog vodotoka i omogućiti disipaciju kinetičke energije vode. Rampa je geometrijski oblik strme ravni u kojoj se dešava siloviti tok bujične vode, koji na samom kraju rampe ulazi u bučnicu, gde se hidrauličkim skokom menja režim tečenja u miran tok. Sama strma ravan može biti neravna, odnosno od većih neravnih komada kamena ili betonskih zuba, ili potpuno ravna, nalik brzotocima. Osnovna karakteristika objekta je promena nagiba kosine na kraju rampe i na početku bučnice. U bučnici se dešava hidraulički skok, odnosno disipacija kinetičke energije vode i prelazak iz silovitog u mirno tečenje.

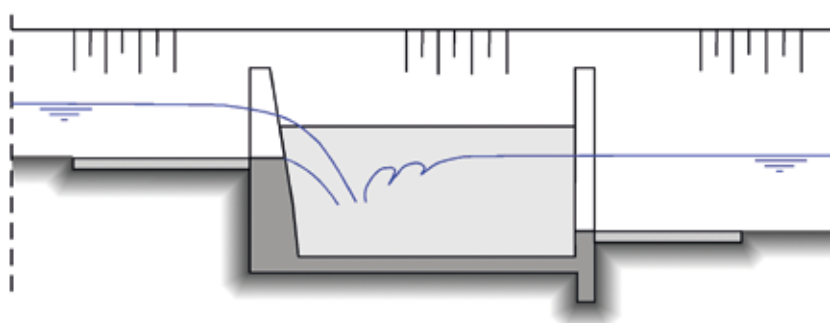
**Kaskade (stepenice)** su poprečni objekti u koritu vodotoka i služe za umanjeње pada dna korita vodotoka, odnosno savlađivanje visinske razlike. Za razliku od rampi, gde se strma ravan koristi za formiranje brzotoka, a bučnica za disipaciju kinetičke energije vode, kod stepenica se za denivelaciju koristi slobodan pad vode, a disipacija energije vode je u slapištu.

21 Disipacija kinetičke energije je proces umanjivanja, odnosno trošenja kinetičke energije bujice na procese trenja i turbulentnog tečenja u objektima koji imaju organe za disipaciju, kao što su, na primer, slapišta i bučnice.

22 Gabion (gabionski blok) je gotov građevinski element u obliku bloka (kvadar), sa omotačem od žičane mreže i ispunom od lomljenog kamena. Ima veoma širok dijapazon upotrebe i, između ostalog, koristi se i za izgradnju bujičnih pregrada.



Slika 57: Bujična rampa



Slika 58: Kaskada (stepenica)

## 5.4. Aktivna odbrana od poplava

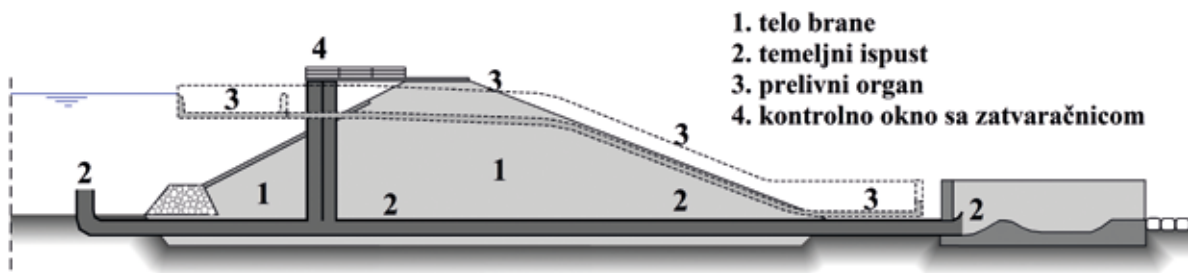
„Aktivni” objekti utiču pre svega na hidrogram poplavnih voda, i to tako što poplavnim vodama „obara” maksimalne proticaje povećavajući istovremeno dužinu trajanja prolaska poplavnih voda. Grubo, možemo ih podeliti na akumulacije, retenzije i lateralne rasteretne kanale (kanale za velike vode).

**Akumulacije** su veći objekti koji mogu služiti za više namena, ali u slučaju nadolaska poplavnih voda imaju funkciju zadržavanja one količine poplavnih voda koje bi nizvodno mogle prouzrokovati veće štete. Njihova osnovna karakteristika je zapremina prostora za prijem poplavnog talasa, a sam objekat može se podeliti na dva dela: objekat brane akumulacije i akumulacioni prostor. U akumulacionom prostoru nema samih objekata, ali postoje prethodni radovi na uklanjanju vegetacije i utvrđivanju obala akumulacionog prostora. Objekat brane akumulacije ima svrhu zadržavanja i kontrolisanog ispuštanja vode iz akumulacionog prostora, a njegovi osnovni elementi su: telo brane, temeljni ispušt, prelivni (evakuacioni) organ, zatvaračnica i kontrolno okno (slika 59). Prema konstrukciji brane generalno mogu biti:

- gravitacione, koje svojom masom i trenjem o podlogu formiraju statičku stabilnost tela brane na hidrostatički pritisak;
- lučne, koje se oslanjaju na dno i stenovite obalne stranice na koje naležu i na taj način prenose hidrostatički pritisak na stensku masu doline u kojoj se grade;
- kontraforne brane, koje svojom trougaonom geometrijom i dubokim fundiranjem oslonaca ostvaruju stabilnost objekta brane na hidrostatički pritisak.

Materijal za izgradnju tela brana veoma je različit, pa se za lučne i kontraforne brane koriste armirani i prednapregnuti betoni, ali i čelične konstrukcije, dok se gravitacione brane mogu graditi od betona, kamena i zemljanih materijala, kao i kombinovanjem ovih materijala.

Temeljni ispušt je cevovod sa ulivnim i izlivnim organima na kojima se nalaze zatvarači, a služi za kontrolisano ispuštanje vode iz akumulacije i njeno pražnjenje. Kontrolno okno najčešće se tumači i kao deo temeljnog ispušta, mada predstavlja poseban element brane koji je sa temeljnim ispuštom direktno povezan. Postoje i brane čiji su temeljni ispusti razdvojeni od sistema za upravljanje režimom voda u akumulaciji, pa se kod njih temeljni ispusti koriste samo u slučajevima potpunog pražnjenja akumulacije. Primer su brane hidrocentra-



Slika 59: Brana na akumulaciji – osnovni elementi brane

la, gde postoje posebni organi za korišćenje vodne snage za proizvodnju električne energije (HE Đerdap I i II), kao i brane sa prelivnim poljima (brana na Tisi - Novi Bečej), kod kojih ustava na prelivnom polju istovremeno služi i za regulaciju režima rada i za evakuaciju poplavnih voda.

Prelivni organ je element brane koji služi za prelivanje suvišne vode koju nije moguće ispustiti kroz temeljni ispušt, odnosno kad se prostor za prijem poplavnih voda u potpunosti ispuni. On je u funkciji direktne zaštite tela brane od preliivanja preko krune brane. Prelivni organ se sastoji od ulivnog šahta, ili prelivnog bazena, brzotoka, ili cevovoda i izlivnog organa sa bučnicom, ili slapištem, u zavisnosti od toga da li je prelivni organ šahtni ili bočni preliv.

Zatvaračnice služe za upravljanje režimom rada akumulacije i spojene su sa zatvaračima na temeljnim ispuštima ili sa zatvaračima za regulaciju. Ukoliko brana ima prelivna polja, tada se režimom rada upravlja ustavama u tim poljima, a zatvaračnici

ca služi samo za potpuno pražnjenje akumulacije (ukoliko je potpuno pražnjenje uopšte moguće).

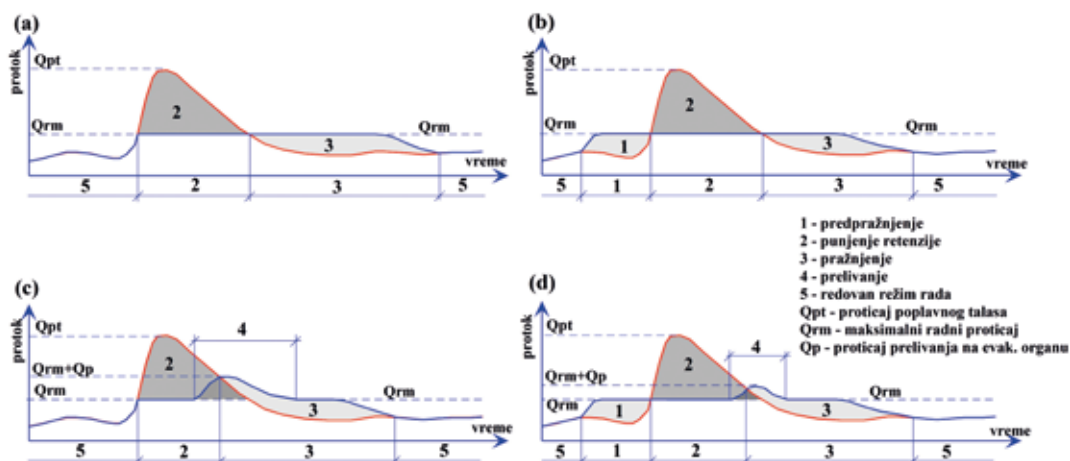
Retenzije su jednonamenski objekti kojima se reguliše vodni režim i „obara” hidrogram proticaja nizvodno od retenzije. Dakle, retenzija prima vršni deo poplavnog talasa u sopstveni akumulacioni prostor i na taj način umanjuje proticaj, kao i nivoe poplavnih voda u nizvodnom delu. Visina objekata (brana i ustava) za formiranje retenzije najčešće je manja od visine brana kod akumulacija, pa je time i zapremina retenzije najčešće manja od akumulacionog prostora kod akumulacija.

**Retenzije** koje se nalaze na glavnom toku nazivaju se čeonim retenzijama, a poplavni talas zadržavaju izgrađenim objektom, branom ili ustavom. Režim tečenja obezbeđuje se slobodnom evakuacijom preko evakuacionog organa ili kontrolisanom evakuacijom preko zatvaračnice i temeljnih ispušta. Primer čeone retenzije Veliko Središte dat je na slici 60. a).

Bočne retenzije ograničene su nasipima i nalaze se u ravničarskim predelima, a u Srbiji najčešće nemaju organ za prijem poplavne vode, nego se prijem vr-



Slika 60: a) čeona retenzija Veliko Središte i b) bočna retenzija Ljutovo



Slika 61: Transformacija hidrograma poplavnog talasa u retenzijama u zavisnosti od veličine prostora za prijem poplavnih voda i rukovanja evakuacionim organima

ši prelivanjem preko krune nasipa ili, u retkim slučajevima, ako situacija tako nalaže, i rušenjem dela nasipa za brži prijem poplavnog vode. U Mađarskoj, na srednjem toku reke Tise, izgrađeno je više bočnih retenzija velikog kapaciteta za prijem poplavnih voda, a njihov sastavni deo su ustave za upuštanje i za ispuštanje vode u retenziju i van nje. Primer bočne retenzije dat je na slici 53, a retenzija je ograničena glavnim i letnjim nasipom, a na slici 60 b) dat je primer bočne retenzije Ljutovo.

Različiti slučajevi transformacije poplavnog hidrograma u retenzijama dati su na slici 61, a razlikuju se:

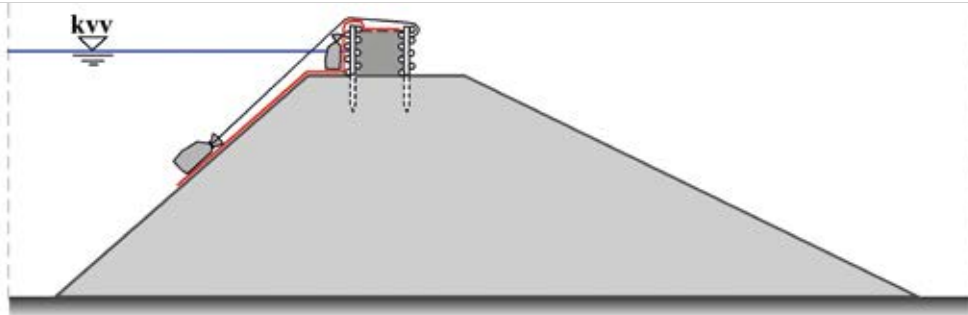
- retenzija sa dovoljnom zapreminom za prijem poplavnog talasa, bez prepražnjenja;
- retenzija sa dovoljnom zapreminom za prijem poplavnog talasa, sa prepražnjenjem;
- retenzija sa ograničenom zapreminom za prijem poplavnog talasa, bez prepražnjenja;
- retenzija sa ograničenom zapreminom za prijem poplavnog talasa, sa prepražnjenjem.

**Rasteretni kanali** su objekti kojima se deo poplavnog talasa velikih voda sprovodi kroz veštački izgrađen kanal u cilju postizanja veće protočne mo-

ći određene ugrožene lokacije. Rasteretni kanal može biti postavljen paralelno sa glavnim tokom (lateralni kanal), tako da se voda iz njega ponovo uvodi u isti rečni tok, ili poprečno, kada se voda prevodi u drugi vodotok. Najčešće se grade na lokacijama gde je glavnom koritu onemogućeno povećanje proticajne moći iz nekog razloga (na primer, nekontrolisana gradnja u priobalju glavnog toka).

**Privremeni objekti za odbranu od poplava** postavljaju se na ugroženim deonicama u slučaju prevazilaženja kote zaštitne moći objekta, nasipa ili kejskog zida. U ove objekte se ubrajaju „zečiji nasipi“, nasipi od vreća sa peskom ili drugim materijalom i montažne barijere.

„Zečiji nasip“ gradi se do visine od 60 cm po kruni zemljanog nasipa tako što se pobijaju dva ili tri paralelna pletera duž nasipa na rastojanju od jednog metra, a prostor između njih puni se nabijenim zemljanim materijalom. Funkcija mu je privremeno „nadvišenje“ nasipa u slučaju poplavnog talasa koji do 50 cm prevazilazi kotu krune nasipa. Takav nasip nije duge trajnosti, ali se trajnost može povećati upotrebom PVC folije (slika 62 – način postav-



Slika 62: „Zečiji nasip“ od pletera i nabijene zemlje



Slika 63: Nasip od vreća sa peskom

ljanja PVC folije označen je crvenom linijom), koja se postavlja uz nebranjenu stranu pletera i spušta niz nebranjenu kosinu nasipa, a „otežava” se vrećama sa peskom. Izgradnja zahteva veliko angažovanje ljudstva i veliki fizički rad, a nakon uklanjanja „zečijih nasipa” neophodna je sanacija krune nasipa zbog oštećenja nasipa od pobijanja drvenih kočeva. Ovaj način veoma retko se primenjuje.

Nasipi od vreća sa peskom ili drugim materijalom, kao ni prethodni, nisu trajnijeg karaktera i postavljaju se samo ako kota krune nasipa nije dovoljne visine u odnosu na visinu poplavnog talasa. U literaturi se uglavnom pominju kao jednoredni - maksimalne visine do 50 cm i kao dvoredni - maksimalne visine do 80 cm, ali u praksi mogu da se „zidaju” i viši, s tim što je neophodno „otežavanje” nasipa, odnosno postavljanje balasta s nebranjene strane kako bi se osigurala stabilnost nasipa od vreća sa peskom. Zaštita od procurivanja nasipa od vreća sa peskom obezbeđuje se PVC folijom, ali uvek sa spoljašnje strane nasipa (prema vodi) da bi se vreće sa peskom što duže održale u suvom stanju i umanjilo procurivanje. Takođe, PVC foliju ne

treba postavljati između podloge i nasipa od vreća, jer je hrapavost tog kontakta veoma važna za stabilnost nasipa. Kod jednorednih nasipa od vreća sa peskom, vezice na džakovima uvek treba da budu okrenute ka branjenoj strani zbog eventualnog odvezivanja vreća. Ukoliko se gradi dvoredni nasip, vezice unutrašnjeg reda treba da budu okrenute prema prvom redu, jer pri eventualnom odvezivanju pesak nema gde da iscure iz vreće. Na slici 63. prikazan je nasip od vreća sa peskom na kejskom zidu u Sremskoj Mitrovici.

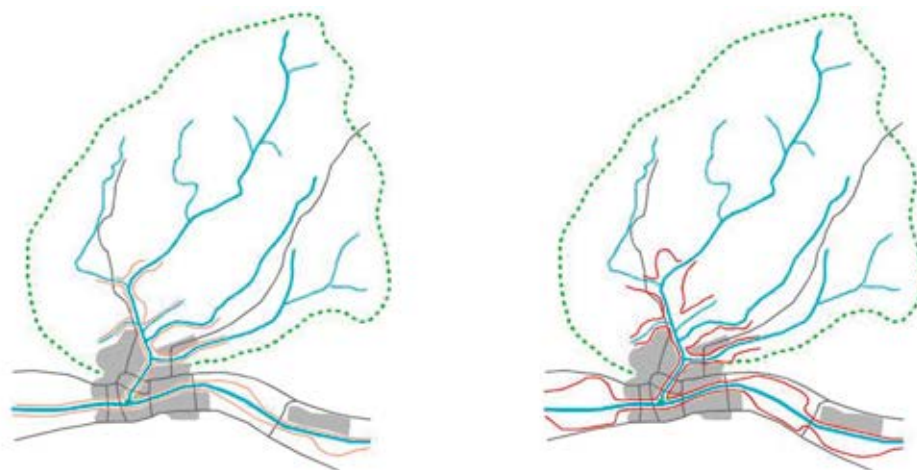
Montažne barijere i privremene brane takođe su privremeni objekti namenjeni isključivo određenim lokacijama koje su već pripremljene za njihovo postavljanje. Montažne barijere uglavnom se izvođe u obliku tipskih stubova koji se postavljaju u unapred pripremljena ležišta, a prostor između njih se popunjava tipskim talpama, koje u potpunosti zaptivaju prostor (slika 64). Najčešće su od legura aluminijuma (mada se koriste i drugi materijali) kako bi se obezbedila manja masa elemenata, sprečio korozivni uticaj vode i osigurala nosivost takvih elemenata i celog zaštitnog sistema. Mogu biti vertikalni i kosi, sa ojačanjem od podupirača ili bez njega, što zavisi od lokacije postavljanja, konstruktivnih karakteristika elemenata i visine barijere. Montažne barijere mogu se postavljati i na zemljanim nasipima, uz obavezno duboko ankerisanje i postavljanje PVC folije da bi se sprečilo procurivanje u kontaktnom sloju, ali i „produženja puta” vode kroz telo nasipa.



Slika 64: Montažna barijera u funkciji

## 5.5. Upravljanje poplavama – elastična strategija

Drugačije sagledavanje problematike poplava, pogotovo u sklopu evidentnih klimatskih promena, kada se prilagođavanje dejstvima ekstremnih događaja i jačanje otpornosti na njih pokazalo kao jedina opcija, dobilo je sasvim novu dimenziju. U sklopu toga, može se grupisati šest najvažnijih segmenata nove strategije, a to su:



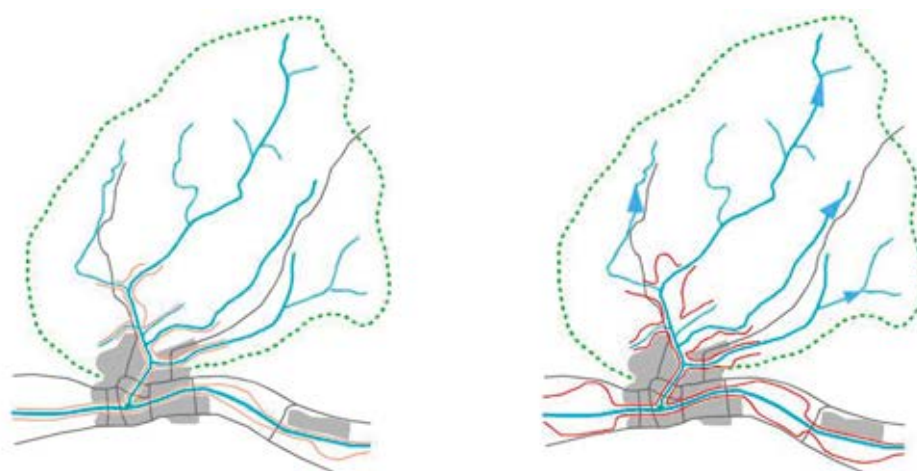
Slika 65: Šematski prikaz sliva i inundacija – a) prethodno stanje; b) potrebno stanje

- „dati rekama više prostora”,
- izgradnja retenzija za zadržavanje poplave u gornjem slivu,
- restauracija prirodnog toka,
- restauracija starih retenzija i ekstenzivno korišćenje zemljišta,
- priprema za rizik od poplave – „živjeti s poplavom” i
- tehnička odbrana od poplava nasipima i odbrambenim barijerama.

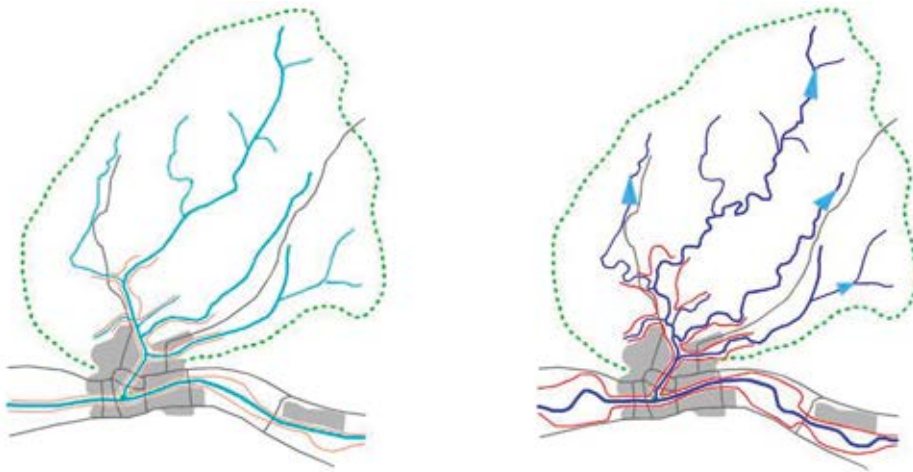
„Dati rekama više prostora” treba da pruži odgovor na pitanje koji je najbolji odnos urbanog razvoja u zoni vodotoka i otvorenog prostora. Pod pojmom otvorenog prostora podrazumeva se ona slobodna i nezauzeta površina koja je potrebna za proticanje velikih voda bez štetnih posledica po urbani razvoj zajednice. Povećan priliv stanovništva u urbane celine zahteva dodatni prostor i izgradnju, ali

taj prostor ne sme se tražiti na onim površinama koje su potrebne velikim vodama vodotoka. Planiranje i projektovanje u urbanim zonama mora u obzir uzimati i potrebe vode, odnosno mora biti usklađeno sa uslovima definisanim mapama plavnih zona. Takođe, radi zaštite samih urbanih zona, koje su već zauzele veliki deo prostora za prolazak poplavnih voda, u ruralnim područjima moraju se obezbediti dovoljno široki inundacioni prostori, odnosno proširiti korito za velike vode (slika 65).

**Izgradnja retenzija za zadržavanje poplavnih voda** i „obaranje” hidrograma u gornjem toku svakako je jedna od najvažnijih tačaka nove strategije (slika 66), s tim da se mora povesti računa o tome da se retenzioni prostori ne mogu formirati na bilo kojoj lokaciji. Iako su retenzije kao oblik odbrane od poplava već dugo poznate i prisutne, za veći broj bujičnih vodotoka ta opcija nije iskorišće-



Slika 66: Šematski prikaz sliva i čeonih retenzija - a) prethodno stanje; b) potrebno stanje



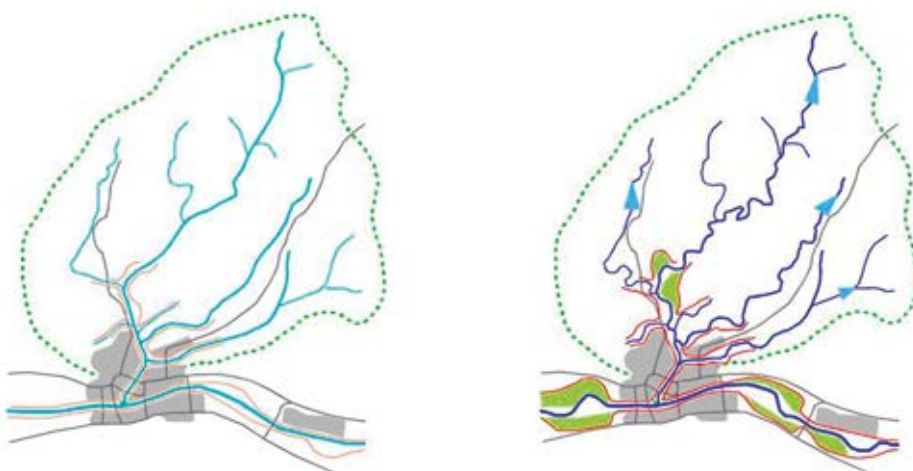
Slika 67: Šematski prikaz sliva i restauracije prirodnog toka vodotoka - a) prethodno stanje; b) potrebno stanje

na. Retenzioni prostori u brdsko-planinskim slivovima mogu se formirati na mestima gde postoje proširenja doline i manji pad dna korita vodotoka, jer u suprotnom dovoljno velika zapremina za prijem poplavnog talasa neće moći da se obezbedi bez izgradnje visokih brana.

**Restauracija prirodnog toka** (slika 67) je mera kojom se omogućava meandriranje vodotoka i na taj način produžava vreme tečenja, odnosno vreme koncentracije, a istovremeno i hidrogram menja oblik ka blažem usponu, nižem i odloženijem piku i dužem periodu opadanja linije protoka. Ova mera podrazumeva obustavljanje građevinskih i drugih radova u koritu i na obalama i zabranu dalje gradnje. Takođe, gde je to tehnički moguće, a ne predstavlja veći utrošak sredstava, treba ukloniti objekte iz korita i sa obala. Ova mera podrazumeva i administrativne mere kojima se ograničava korišće-

nje zemljišta uz vodotok za određene svrhe, kao što su intenzivna poljoprivredna proizvodnja, izgradnja stambenih objekata ili industrijskih postrojenja.

**Restauracija starih retenzija i ekstenzivno korišćenje zemljišta** je mera koja je dosta slična izgradnji retenzija u gornjem toku, ali se odnosi na restauraciju starih, napuštenih korita reke, odnosno mrtvaja (starača) u srednjem i donjem toku, za prijem talasa poplavnih voda. Često su mrtvaje isušivane i iskorišćavane za poljoprivrednu proizvodnju, a ta površina bila je nasipima odvajana od korita reke. Te površine treba uslovno „vratiti reci”, odnosno nasip između mrtvaja i vodotoka treba rekonstruisati za srednje vode ili vode nekog manjeg povratnog perioda. Administrativnim merama poljoprivrednu delatnost u novim retenzijama treba ograničiti na ekstenzivnu, a buduće štetne posledice od poplava nadoknađivati vlasnicima.



Slika 68: Šematski prikaz sliva i restauracije starih tokova i retenzija - a) prethodno stanje; b) potrebno stanje

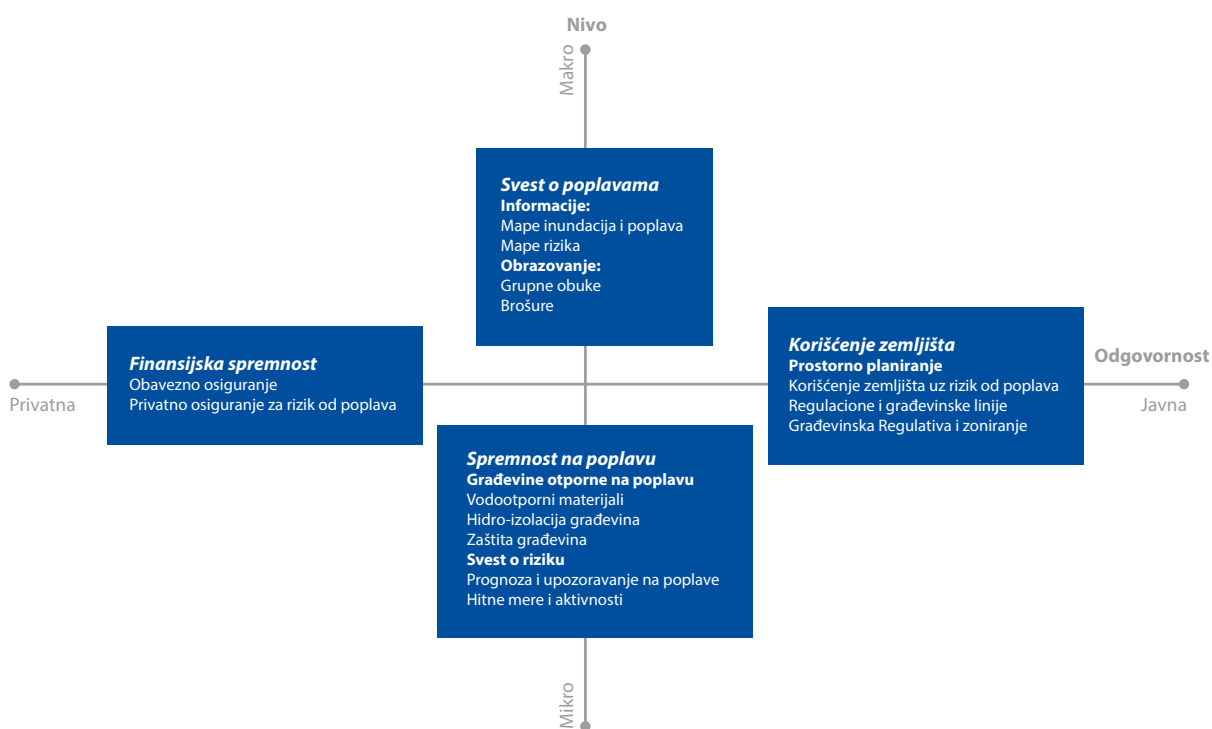
„Živeti sa poplavom” kao aktivnost nove strategije treba zasnovati na konceptu konstantne obuke i informisanja stanovništva koje živi ili radi u potencijalno plavljenim zonama o poplavama, hazardima i rizicima od poplava, efektima poplava, evakuacionim pravcima, sredstvima pomoći u slučaju poplava, primeni novih građevinskih, hidroizolacionih i drugih materijala i sredstava, sigurnijem vidu korišćenja kućnih i radnih površina, osiguravanju objekata od poplava itd. Poslednja tačka nove strategije odnosi se na tehnički aspekt odbrane od poplava - nasipe, montažne barijere, bujične pregrade, rasteretne kanale, akumulacije, postojeće retenzije, ali i njihovo održavanje u funkcionalnom stanju.

## 5.6. Elastičnost sistema odbrane od poplava u lokalnoj zajednici

Sistem zaštite od poplava elastičan je u onoj mери u kojoj su odgovorne i javne službe, ali i fizička lica. Odgovornost za aktivnosti u stvaranju elastičnog sistema zaštite od štetnih dejstava poplave odnosi se i na nivoe tih aktivnosti - od nivoa ukupne zajednice, do nivoa porodice, odnosno fizičkih lica. Tako možemo razlikovati privatnu i javnu od-

govornost i mikro i makro nivo. Na slici 69. data je šema potrebnih aktivnosti za uspostavljanje i očuvanje elastičnosti sistema zaštite od štetnih dejstava poplave u zavisnosti od vrste odgovornosti i nivoa na kome se aktivnosti sprovode.

Kako je prikazano na slici 69., izdvajaju se četiri grupe aktivnosti. Prva grupa, **korišćenje zemljišta**, pripada javnoj odgovornosti na makro planu, pa su javne službe lokalne zajednice odgovorne za uspostavljanje dobre politike za celokupnu zajednicu. Same aktivnosti vezuju se za plansku i prostorno-plansku dokumentaciju zajednice. Ekstenzivno korišćenje zemljišta u potencijalno plavnim i plavnim zonama posmatra se kao korišćenje tog zemljišta uz postojanje rizika od poplava. Da bi se ova grupa aktivnosti sprovodila u dobrom smeru, neophodne su administrativne odluke koje će podržavati samu grupu aktivnosti. U prvom redu, to je određivanje plavnih i potencijalno plavnih zona u sklopu opšteg planskog zoniranja zajednice. Na osnovu zoniranja, a u skladu sa novim strategijskim pravcem, sledi pomeranje građevinskih i regulacionih linija u planskoj dokumentaciji, naravno tamo gde je to tehnički i ekonomski moguće. Takođe, prostorno-planskom dokumentacijom potrebno je odrediti preporuke u korišćenju prizemlja i suterena, zabraniti izgradnju podruma i odrediti materijale za izgradnju objekata u potencijalno plavnom području.



Slika 69: Šematski prikaz potrebnih aktivnosti u zavisnosti od odgovornosti i nivoa u zajednici (izvor: Pasche, E., Kúpferle, C. and Manojlovic, N., 2007)

Druga grupa, nazvana **spremnost na poplavu**, odnosi se na javnu i privatnu odgovornost na mikro planu, pa su kako javne službe lokalne zajednice, tako i fizička lica odgovorni za uspostavljanje i održavanje elastičnosti sistema. Spremnost na poplavu obuhvata niz aktivnosti usmerenih na pripreme za eventualnu pojavu poplave. Usko je povezana sa faktorima korišćenja zemljišta, jer delimično predstavlja implementaciju administrativnih odluka donetih na makro nivou. U ovu grupu aktivnosti spadaju i privatne aktivnosti na dodatnoj zaštiti objekata pravljenih pre „administrativnih odluka o definisanju materijala za izgradnju objekata”. U ovu grupu aktivnosti spada i podizanje svesti o riziku od poplava, koje se u grubim crtama sastoji od prognoza poplava i upozoravanja, kao i mera u oblasti ranih najava i upozoravanja.

**Finansijska spremnost** pripada privatnoj odgovornosti na makro i mikro planu, jer se odnosi na finansijsku spremnost fizičkih lica da smanje potencijal šteta sebi, ali i zajednici. Usko je povezana sa dobrovoljnim osiguranjem objekata i imovine, što predstavlja određene finansijske napore. Dodatno dobrovoljno osiguranje imovine od štete od

poplava može se posmatrati kao posledica podizanja svesti o riziku od poplava.

Sve prethodno nabrojane aktivnosti bile bi besmislene bez **podizanja svesti o poplavama**, a u tu svrhu najčešće se koriste mediji, kao što su televizijski program, radioemisije, štampa, ali u poslednje vreme primat preuzima internet. Ova grupa aktivnosti pripada javno-privatnoj odgovornosti na makro planu, jer su u aktivnosti uključeni i lokalna zajednica i pojedinci, a podizanje svesti važno je na opštem nivou zajednice. Javne površine u plavnim zonama poželjne su lokacije za postavljanje mapa ugroženosti od poplava, a veliki uticaj na opštu svest građana imaju i pločice na zidovima javnih objekata sa obeleženim nivoima poplavnih voda kroz istoriju. Svakako da najveći uticaj ove grupe aktivnosti mora biti usmeren na određenu ciljnu grupu stanovnika, a to je upravo stanovništvo koje imovinu poseduje u plavnim zonama ili u njima živi. Još jedna aktivnost iz ove grupe izdvaja se kao veoma poželjna, a to su predavanja o poplavama, štetnim posledicama poplava, evakuacionim koridorima, prvoj pomoći unesrećenima od poplava i drugo.

## 6. Rizik od poplava

Stohastička priroda poplava ukazuje na mogućnost njihove pojave na različitim teritorijama, u različitim godišnjim dobima i vremenskim periodima, sa različitim intenzitetima i dužinom trajanja, pa su i potencijalne štetne posledice poplava u velikoj meri nepouzdana. Ne postoji određena, opšteprihvaćena i jedinstvena metodologija za ustanovljavanje rizika od poplava na ugroženim teritorijama, a analiza rizika uglavnom se radi od slučaja do slučaja, prema nekim iskustvenim normama ili za određene potrebe.

Termin rizik od poplava često se meša sa terminom opasnost, odnosno hazard od poplava. Rizik nije isto što i opasnost, odnosno hazard, a nije isto što i potencijal štete. Rizik je bezdimenzionalna veličina, odnosno kombinacija verovatnoće dešavanja nekog hazardnog događaja i samog hazarda. Dakle, rizik od poplava je kombinacija verovatnoće pojave poplavnog događaja određenog povratnog perioda pojavljivanja i mogućih štetnih posledica tog poplavnog događaja po zdravlje ljudi, okolinu, kulturnu baštinu i privrednu aktivnost.

Da bi se jednostavnije prikazala razlika između hazarda (opasnosti), rizika, potencijala šteta i samih šteta dat je sledeći primer:

*Igranje kartaških igara ne predstavlja hazard, jer ne postoji nikakva opasnost po igrače. Međutim, predlog da se igra u novac predstavlja uvod u hazard, odnosno uvod u kocku. Igrač koji to odbije svakako nije pod uticajem hazarda, dok je igrač koji*

*prihvati, prihvatio kocku i pod uticajem je hazarda. Hazard je dakle postojanje opravdane mogućnosti dešavanja neželjenog događaja, što je u ovom slučaju gubitak novca.*

*Postavlja se pitanje postojanja i veličine rizika. Odgovor na to pitanje zavisi od broja igrača, međusobnog rasporeda karata, vrednosti karata koje igrač drži u rukama, stanja i rasporeda preostalih karata među nepodeljenim kartama, odnosno u špilju, dakle velikog broja nepoznatih, što riziku daje najvažniju vrednost, a to je verovatnoća dešavanja nekog neželjenog događaja. U ovom slučaju postoji verovatnoća da će igrač izgubiti igru.*

*Ako se, na primer, igra ajnc<sup>23</sup> i igrač ima zbir karata 17, treba da odredi verovatnoću dobijanja „kralja”, „dame” ili „žandara”, za povećanje zbira na 21, 20 ili 19, ali i verovatnoću da će i taj zbir biti dovoljan za pobeđu u igri. Određivanje ukupne verovatnoće pozitivnog ishoda predstavlja proizvod verovatnoća svih događaja koji utiču na pozitivan ishod*

<sup>23</sup> Kartaška igra ajnc igra se kartama vrednosti od 7 do 10 i kartama od „ajnc”, odnosno 11, koja je i najveća karta po broju, preko „žandara”, „dame” i „kralja”. Karte „žandar”, „dama” i „kralj” imaju vrednosti 2, 3 i 4. Dobitni zbir karata u ajncu je 21. Igračima se redom dele karte, po jedna u svakom krugu, sve dok se igrač izjašnjava da želi dodatnu kartu. Kada je zadovoljan zbirom koji ima u rukama, stavlja do znanja da ne želi dodatne karte, a ako zbir njegovih karata pređe 21 (osim u slučaju „suvog ajnc”), igrač izlazi iz igre i spušta karte bez pokazivanja ostalim igračima. Pobednik u igri je onaj igrač koji ima najveći zbir karata. Posle svakog kruga deljenja karata igrač i imaju mogućnost podizanja uloga, a igrači koji žele da nastave igru moraju da ga „prate”, odnosno da ulože onoliko za koliko je ulog podignut.

po igrača. U tom trenutku igrač mora da pomisli na veliki broj nepoznatih koje zavise od verovatnoće:

- da je njegov trenutni zbir najveći;
- da će u sledećem deljenju dobiti „kralja”, „damu” ili „žandara”;
- da se željene karte uopšte nalaze među nepodeljenim kartama;
- da će povećanje zbira njegovih karata biti uspešno u odnosu na druge itd.

Dakle, ukupna verovatnoća pozitivnog ishoda dobija se množenjem svih potrebnih verovatnoća da će do pozitivnog ishoda doći. S obzirom na to da se verovatnoća izražava kao odnos željenog ishoda i svih mogućih ishoda ( $1/n$ ), zaključak je da se množenjem svih tih verovatnoća, koje su značajno manje od 1, dobija ukupna verovatnoća pozitivnog ishoda koja je veoma mala. S obzirom na to da je verovatnoća negativnog ishoda upravo recipročna vrednost ukupne verovatnoće pozitivnog događaja, može se reći da se i rizik uvećava proporcionalno sa smanjenjem verovatnoće pozitivnog ishoda.

Ako se na stolu nalaze ulogi, tada rizik dobija sasvim novu dimenziju. Ako igrač odluči da „prati” uloge, rizik prerasta u potencijal štete, a on je proizvod uložene vrednosti na stolu i rizika da igrač ne pobeđi u igri. Potencijal štete se uvećava povećanjem uloga na stolu i povećanjem rizika od nepovoljnog ishoda. Realna šteta nastaje tek kad se igra odigra, odnosno kad neki drugi igrač uzme sve uloge sa stola.

## 6.1. Štete od poplava

Poplave izazivaju različite štetne posledice, odnosno prouzrokuju štetu, a najveće štete svakako su izgubljeni ljudski životi. Ostale štete mogu se podeliti na materijalne ili nematerijalne i direktne ili indirektno štete.

Materijalna šteta je iskaziva u kvantitativnom obliku, odnosno u egzaktnim brojevima, koji mogu značiti, na primer, broj porušenih objekata i broj uginulih grla stoke, ali može biti iskazana i u novčanom obliku, odnosno koliko košta izgubljena imovina po trenutnim cenama na tržištu.

Nematerijalne štete su one koje se ne mogu iskazati u kvantitativnom obliku, bilo po broju ili novčanom izrazu. To su one štete od poplava koje su pretrpeli entiteti koji zbog poplava nisu imali potpunu funkcionalnost, kao što su, na primer, izgubljeni časovi učenika u školama ili neobavljeni nefinansijski poslovi zbog nemogućnosti korišćenja određenih javnih servisa.

Direktno štete su one koje je prouzrokovala sama poplavna voda ili bujična stihija i koje se mogu pripisati direktno poplavi, dok su indirektno štete one koje su nastale posrednim putem, zbog nemogućnosti privređivanja, obavljanja drugih poslova van poplavljenog područja ili, na primer, zbog povećanja

nja troškova prouzrokovanih nemogućnošću korišćenja kraćeg, poplavljenog puta.

Poseban parametar je maksimalno moguća šteta od poplave, a to je ona šteta koju bi izazvala poplava najvećeg ikad izmerenog nivoa po najgorom scenariju. Pri tom scenariju i pri toj dubini poplavnih voda svi receptori trpeli bi najveću moguću štetu. Ovaj parametar, iako samo računski, služi za upoređivanje nastalih realnih šteta od poplave koja se desila. Upravo one realne štete koje se približavaju njihovoj maksimalno mogućoj visini treba da budu predmet budućeg delovanja na povećavanju otpornosti i sigurnosti, kao i na smanjenju izloženosti i osetljivosti.

## 6.2. Poplavni hazard

Poplavni hazard je bezdimenzionalna kvalitativna činjenica jer se njom određuje samo postojanje opasnosti, ali bez kvantitativnih pokazatelja te opasnosti. Drugim rečima, kada je reč o opasnosti od poplava i dokle god se ta činjenica izražava sa „postoji”, ili „ne postoji”, govorimo o hazardu. Termin hazard već je ušao u domaću terminologiju upravljanja rizicima iako je reč o opasnom događaju koji se može, ali ne mora dogoditi.

Hazard se generalno mogu podeliti na:

- geološke - zemljotresi, cunamiji, vulkanske erupcije, klizišta itd.;
- klimatske - cikloni, tornada, uragani, poplave, suše, oluje, snežne oluje itd.;
- biološke - epidemije, zagađenje životne sredine, devastacija šuma, najezde štetočina itd.;
- hemijsko-nuklearne - hemijski akcidenti, nuklearne katastrofe, industrijske katastrofe itd.;
- antropogene - saobraćajne nesreće, rušenja zgrada, požari, strujni udar, itd.

Istorijski podaci u velikoj meri doprinose boljoj proceni hazarda jer prošlost ukazuje na događaje koji bi se mogli desiti u budućnosti. Svakako, hazard ne znači stvaran događaj nego samo pretnju dešavanja.

## 6.3. Receptori i emiteri

Receptori su svi oni entiteti (sve što može imati štetu od hazarda, kao što je: stanovništvo, objekti, materijalne i nematerijalne vrednosti, usluge, stanja i procesi) u zoni hazarda koji u slučaju dešavanja događaja trpe materijalnu ili nematerijalnu, direktnu ili indirektnu štetu. Receptor koji usled događaja trpi štetu, ali na osnovu promene svog stanja emituje štetne posledice po druge receptore naziva se emiterom (u daljem tekstu koristiće se termin receptor bez obzira na to da li je samo receptor ili je i emiter).

## 6.4. Rizik

Rizik predstavlja verovatnoću pojave višestruko neizvesnog događaja u vremenu, prostoru, kvantitetu i kvalitetu, odnosno rizik je vektor u višedimenzionalnom vektorskom prostoru u kome je antropogeni uticaj moguć samo na određenom, manjem broju dimenzija.

Ovaj vektorski prostor ima veći broj dimenzija, a najvažnije su: verovatnoća događaja, posledice događaja, višestruke vremenske odrednice, veličina hazarda, ranjivost na događaj, izloženost događaju, sigurnost receptora, mogućnost upravljanja receptorom itd.

UNDP je definisao rizik na sledeći način: verovatnoća nastanka štetnih posledica ili očekivanog gubitka života, povređenih ljudi, imovine, poremećaja ekonomskih aktivnosti (ili oštećenje životne sredine) kao rezultat interakcije prirodnih hazarda ili hazarda izazvanih ljudskim aktivnostima i uslova ranjivosti. Rizik se konvencionalno izražava sledećom jednačinom  $\text{rizik} = \text{hazard} \times \text{ranjivost}$ .

Prihvatljivi rizik je ona vrednost rizika pri kojoj donosioci odluka prihvataju štetne posledice, a na osnovu te vrednosti rizika dimenzioniše se i merodavni povratni period prevazilaženja događaja. Podatak o merodavnom povratnom periodu, odnosno merodavnoj verovatnoći događaja predstavlja jedan od najvažnijih parametara rizika uopšte, jer ni odluke koje sami donosioci odluka donose neće biti nimalo slične za različite povratne periode.

Rizik od poplava funkcija je velikog broja parametara i određuje se zasebno za svaki receptor ponasob. Rizik od poplave receptora „i” izražava se kao:

$$R_i = f(P_m, Z_i, E_i, T_i, t_i, t_{gr} \dots)$$

gde su  $P_m$  - merodavna verovatnoća događaja,  $Z_i$  - dubinska osetljivost receptora „i”,  $E_i$  - izloženost receptora „i”,  $S_i$  - sigurnost receptora „i”,  $T_i$  - vreme trajanja poplave nad receptorom „i”,  $t_i$  - dnevna vremenska odrednica dešavanja poplave,  $t_{gr}$  - godišnja vremenska odrednica dešavanja poplave. Dubinska osetljivost receptora rizika na poplavu  $Z_i$  jeste u funkciji dubine poplavne vode  $h$  i vrste i osobina receptora i koji je poplavnoj vodi izložen. Izražava se u procentualno iskazanim štetnim uticajima na receptor, a njegova zavisnost od dubine poplavne vode predstavlja nemonetarnu funkciju štete za receptor  $i$ . Primer različitih dubinskih osetljivosti može se dati u oblasti stanovanja, jer nisu isto osetljivi objekti građeni od različitih građevinskih materijala, pa se tako kuća od zemljanog materijala (čerpič, blato) računa sa 100 % osetljivosti jer je potpuno neotporna na poplave, dok osetljivost kuća od opeke zidane u produžnom malteru raste linearno sa dubinom vode, ali ne prelazi 30 %.

Dubinska osetljivost posebno je važan parametar za stanovništvo prema starosnim granicama, pa se tako za mirne poplavne vode izdvajaju dubinske zone od:

- 0,0-0,5 m - omogućavaju kretanje stanovništva i nošenje male dece kroz vodu;
- 0,5-1,5 m - omogućavaju stajanje u vodi i delimično držanje male dece u rukama;
- 1,5-4,0 m - omogućavaju pristup čamcima do krovova kuća i pomoć unesrećenima;
- > 4,0 m - onemogućavaju sve aktivnosti osim u visokim višespratnim objektima.

Izloženost receptora je posebna karakteristika, osobena za svaku pojedinačnu vrstu receptora. Ovaj parametar rizika ima i položajnu osobinu, pogotovo u bujičnim vodama, gde brzina vode igra veliku ulogu. Što se stanovništva tiče, izloženost je u funkciji brojnosti stanovništva u poplavnom području, pa sa povećanjem broja stanovnika u poplavnoj zoni raste i izloženost.

Sigurnost receptora  $S_i$  je parametar koji ukazuje na položaj receptora u potencijalno plavljenom području. Naime, ako se receptor nalazi u zoni koja je branjena nasipima dimenzionisanim prema vodama povratnog perioda jednakog ili većeg od povratnog perioda merodavnog rizika, tada se rizik receptora mora umanjiti za sigurnost koju nasip pruža. Kako je sigurnost bezdimenzionalni parametar istog tipa kao i verovatnoća rizika, on se direktno implementira u verovatnoću rizika, pa se dalja verovatnoća računa kao redukovana verovatnoća događanja poplave. Nijedan nasip ne sme se smatrati apsolutno sigurnim, već se sigurnost posmatra u funkciji stanja samog nasipa. Ako je nasip dobro održavan i u svakom smislu reči funkcionalan, tada se njegova sigurnost računa sa 99 % do 99,9 %; ako je njegovo održavanje dobro, ali postoje određeni sanirani problemi, sigurnost je 95 %, a ako je loše održavan, ali zadovoljava osnovnu funkcionalnost, sigurnost je 90 %.

Redukovana verovatnoća računa se prema obrascu:

$$P_r = P_n (1 - S_i)$$

gde je  $P_n$  - merodavna verovatnoća rizika, a  $P_r$  - redukovana verovatnoća rizika. Ukoliko postoji i druga odbrambena linija, tada se u redukciju merodavne verovatnoće uključuje i dodatna sigurnost druge odbrambene linije po istom principu.

Vreme kao pojam je trostruki parametar u određivanju rizika. Vreme trajanja ukazuje na vremenski rok u kome poplava dejstvuje na receptor što, na primer, kod biljaka ima veliki značaj. Takođe, sa stanovišta ljudskih života nije svejedno da li se poplava dešava u toku dana ili u toku noći, jer su noćne poplave značajno opasnije po stanovništvo. Godišnja vremenska odrednica je važna zbog perioda godine u kome se dešava poplava. Na primer, ako se poplava dešava u zimskom, vanvegetacionom periodu, direktna šteta po jare kulture ne po-

stoji, dok je indirektna šteta iskazana u povećanju troškova ponovne obrade zemljišta. Nasuprot tome, ako je ista kultura izložena poplavi u toku leta, pred žetvu, direktna šteta na jaroj kulturi je značajno veća i bliža potpunoj šteti<sup>24</sup>. Takođe, ako se poplava stambenog objekta dešava u toku zime, daleko je veća indirektna šteta zbog nemogućnosti dugotrajnog korišćenja objekta za stanovanje nego da se poplava desila u toku proleća ili leta, kada se vlažni zidovi brže suše.

#### 6.4.1. Ulazni podaci za određivanje rizika od poplava

Ulazni podaci za izradu karti ugroženosti, rizika i potencijala šteta mogu se podeliti na topografske, hidrološko-hidrauličke, katastarske, planskotehničke, društvene i ekonomske.

Analiza rizika od poplava kompleksan je, obiman i zahtevan proces, koji zahteva veliki broj različitih vrsta podataka, a odlikuje se potprocesima koji su uzajamno višestruko povezani. Po obimnosti ulaznih podataka ističe se postupak određivanja trodimenzionalnog modela terena sliva.

Analiza topografskih podataka treba da rezultira trodimenzionalnim modelom terena (3D model) slivnog područja. Posebna pažnja posvećuje se linijama koncentracije voda, odnosno povremenim i stalnim vodenim tokovima u slivu, jer su ti podaci od najvećeg značaja za kvalitetan hidraulički model vodotoka. Izrada 3D modela terena moguća je na dva osnovna načina. Prvi način je pomoću metode profila, kada se na osnovu linijskog niza tačaka formiraju karakteristični profili zemljišta sa visinskom predstavom, a teren između dva profila se određuje nekom od metoda aproksimacije. Drugi način je izrada TIN modela terena (Triangular Irregular Network) na osnovu velikog broja visinskih tačaka, pri čemu se teren između tri susedne tačke određuje u obliku nepravilnih trouglova, koji predstavljaju ravni terena ograničene sa po tri susedne tačke. Mreža takvih nepravilnih trouglova predstavlja model terena, a preciznost modela zavisi od gustine tačaka i dodatne pokrivenosti tačkama topografskih pojava, kao što su nasipi, putevi, kanali, zaravni, useci i drugi oblici fizičkog modela terena, gde se oblik terena naglo menja. Model koji koristi profile nije pogodan za izradu 3D modela terena sliva, nego isključivo za 3D modele korita i zaravni obala do uzvišenja. Naime, aproksimiranje terena na većim udaljenostima primenljivo je za dugačke linijske topografske oblike, gde su jasno izražene sličnosti između profilskih osobina kao što su lini-

je talvega (linija najnižih tačaka korita reke), obale, nasipa i slično.

Hidrološko-hidraulički podaci proizlaze, odnosno ekstrahuju se iz međusobnih relacija topografskih, meteoroloških i hidrogeoloških podataka, kao i podataka o vrsti i stanju korita vodotoka. Na osnovu serija meteorološko-klimatskih podataka o padavinama, vlažnosti vazduha i zemljišta, jačinama, učestalosti i pravcima vetrova, evapotranspiraciji itd., statističkom obradom, za određenu verovatnoću prevazilaženja pojave, određuje se merodavna visina padavina, intenzitet i vreme trajanja.

U daljoj obradi, uz pomoć topografskih karakteristika, kao i seta podataka o površini (vegetacija, pedološka podloga, geološka podloga, izgrađenost, erozioni procesi itd.), određuje se specifični oticaj sa sliva. Ova obrada podrazumeva korišćenje matematičkog modela padavine-otica, pomoću kojeg se merodavne padavine transformišu u oticaj.

U daljem postupku, od oticaja na slivu, pomoću hidrauličkih modela, na modelu terena određuje se merodavna voda koja, u zavisnosti od tipa hidrauličkog modela koji se koristi za proračun, može imati: urez vodne linije u teren, dubinu poplavnih voda, brzinu poplavnih voda, vremensku raspodelu plavljenja, kao i simulaciju propagacije poplavnog talasa.

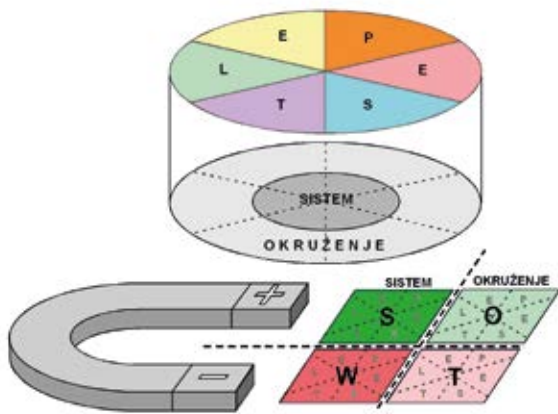
#### 6.4.2. SWOT/PESTLE analiza u identifikaciji receptora

Kriterijumi za određivanje rizika od poplava iskazani su kao posledice štetnog dejstva poplavnih voda na ljudski život i zdravlje, kao i na određeno materijalno ili drugo dobro izloženo tom štetnom dejstvu. Kako je već pomenuto, u zavisnosti od smera njihovog dejstva, kriterijumi mogu biti receptori ili emitori rizika od poplava. Grubo se mogu podeliti na receptore stanovništva, imovine i životne sredine. Generalno, najkompleksniji posao određivanja rizika jeste određivanje receptora i emitera. Taj proces je kompleksan zbog velikog broja podataka, njihove raznovrsnosti i značajno različitih efekata poplave na njih. Zbog toga ovaj proces zahteva multidisciplinarni pristup i učešće velikog broja struka.

Sam proces zasnovan je na SWOT/PESTLE analizi, koja se sastoji od dva filtera kroz koje se propuštaju informacije i činjenice (slika 70)

Prvi, ulazni filter je PESTLE analiza, koja traži potpunu multidisciplinarnost u procesu. Sam naziv potiče od prvih slova reči iz engleskog jezika: Political - politički, Economic - ekonomski, Social - društveni, Technical -- tehnički, Legal - pravni i Environmental - životna sredina, što i objašnjava neophodnu multidisciplinarnost. Na taj način određena problematika se i posmatra upravo sa svih ovih aspekata. PESTLE filter predstavlja razlaganje uticaja poplava

<sup>24</sup> Potpuna šteta u poljoprivredi, na oranicama, ne postoji, jer ako je rod uništen 100 % pred samu žetvu, tada se šteta računa kao ukupna vrednost proizvodnje umanjena za troškove žetve.



Slika 70: Šematski prikaz procesa SWOT/PESTLE analize u postupku određivanja receptora (Izvor: Višekriterijumska analiza varijanti rekonstrukcije vodozahvatnog sistema, R. Bajčetić, magistarski rad)

i izdvajanje svih faktora na koje poplava ima uticaj. U daljem postupku svi faktori se kroz SWOT analizu razlažu na one na koje poplava ima pozitivan uticaj i one na koje poplava ima negativan uticaj. Faktori se razlažu i na osnovu toga da li je taj uticaj direktan, odnosno da li potiče od same poplave, ili je indirektan. Pozitivni uticaji iz sistema i okruženja su prednosti i mogućnosti, dok su negativni slabosti i pretnje (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). Ukoliko izdvojeni faktori mogu pretrpeti direktnu ili indirektnu štetu od hazarda, tada nedvosmisleno predstavljaju receptore.

### 6.4.3. Određivanje rizika od poplava

Jedinstvena metodologija za određivanje rizika od poplava ne postoji, ali jedan od najkompleksnijih i najsveobuhvatnijih modela razvilo je Ministarstvo životne sredine Republike Češke. Po tom modelu, procena rizika i potencijala šteta od poplava vrši se za tri scenarija, za povratne periode 5, 20 i 100 godina, a receptori se grupišu u četiri osnovne grupe<sup>25</sup>:

- **ekonomski kriterijumi**, koji se izražavaju ukupnom materijalnom direktnom i indirektnom štetom;
- **kriterijumi zaštite životne i kulturne sredine**, koji se u smislu životne sredine izražavaju procesima erozije i akumuliranja materijala, razlivanjem štetnih zagađujućih materijala pod dejstvom poplave, kao i dejstvom samih poplavnih voda na zaštiće-

ne biotope, a u smislu kulturne sredine, poplavljenim objektima pod zaštitom;

- **kriterijumi stanovništva**, izraženi ukupnim štetnim dejstvom na direktne potrebe i uslove života stanovništva na poplavljenom području, i
- **društvene kriterijume**, koji predstavljaju štetu prouzrokovanu nemogućnošću korišćenja javnog servisa i drugih javnih službi, kao što su škole, zdravstvene ustanove, pozorišta, bioskopi, javne gradske službe i slično.

U Velikoj Britaniji, za procenu ugroženosti, rizika od poplava i potencijala šteta na nacionalnom nivou koristi se samo scenario za povratni period od 100 godina i na taj način ustanovljava generalna ugroženost od poplava iz vodotoka i poplava izazvanih plimnim talasima.

U Nemačkoj se koristi više različitih metodologija. Tako se u Bavarskoj koristi metod zasnovan na korišćenju zemljišta, a u Baden Virtembergu metodologija zasnovana na prostornim planskim dokumentima i obimnim istorijskim podacima o poplavama i štetama u prošlosti. Metodologija razvijena na Tehničkom univerzitetu u Hamburgu karte ugroženosti, rizika i potencijala šteta tumači samo kao deo složenog sistema za podršku u odlučivanju o sprečavanju ili umanjenju posledica od štetnog dejstva voda<sup>26</sup>.

Evropska komisija je tokom 2008. godine ustanovila potrebu za pokretanje projekta koji treba da reši problematiku prirodnih hazardnih pojava, kao i hazarda izazvanih ljudskim aktivnostima. U tom smislu, 1. januara 2009. godine zvanično je započet projekat SAFER (Services and Applications For Emergency Response), kao poseban deo inicijative GMES (Global Monitoring for Environment and Security)<sup>27</sup>. Osim poplava, SAFER projekat obuhvata zemljotrese, klizišta, oluje, požare, tehnološke katastrofe i vulkane.

Metodologija koju je razvila Infoterra, kao koordinator više privatnih kompanija za potrebe SAFER projekta, ima predlog uniformne strukture procesa. Prema potrebnoj preciznosti i značaju pojedinih potencijalno plavnih zona, izdvojena su tri osnovna nivoa modela procene.

Osnovni nivo je BEAM (Basic European Asset Map), koji kao rezultat daje monetarno prostornu kartu rasporeda šteta na poplavljenim područjima većeg opsega, više prezentacionog karaktera. Ulaзни podaci su manje precizne podloge veće razmere sa grubim podacima o vrsti korišćenja zemljišta. Monetarni iskazi šteta daju se u nekoliko dijapazona, za sve receptore zajedno<sup>28</sup>.

26 Pasche, E., Lawson, N., Ashley, R., Schertzer, D., (2008).

27 <http://www.emergencyresponse.eu>.

28 Muller, M., Assmann, A., Kraft-Holzhauser, V. (2010).

25 Ministerstvo životního prostředí (2011).

Precizniji nivo, sa više detalja, jeste HiRAM (High Resolution Asset Map). Odlikuje ga izdvajanje pojedinačnih, sa stanovišta poplave značajnih objekata, analiza naseljenih mesta po kvartovima i korišćenje zemljišta sa daleko većom preciznošću, pa je od velike pomoći za izradu lokalnih razvojnih planova, ali i određivanje prioriteta i pravaca potencijalne evakuacije stanovništva.

Najdetaljniji nivo koji pokriva najmanju površinu je AM+ (Asset Map PLUS). Detaljnost u urbanim zonama je do nivoa pojedinačnog objekta, a na poljoprivrednim i šumskim zemljištima do nivoa parcele, odnosno kulture. AM+ koristi podatke katastra nepokretnosti za svaki objekat, odnosno parcelu po naosob, a opravdanost ima u slučaju kartiranja rizika i potencijala šteta na ugroženim kulturno-istorijskim celinama od neprocenljivog značaja.

U Srbiji su do sad rađena dva projekta u vezi sa određivanjem rizika od poplava. Prvi projekat deo je većeg projekta Danube Floodrisk, čiji je cilj određivanje ugroženosti i rizika i njihovo mapiranje za osnovno korito reke Dunav, bez širenja na pritoke. Određivani su rizici od poplava u verovatnoćama velikih voda i ekstremnih poplava, odnosno događaja koji prevazilaze verovatnoću pojave od 100 i 1 000 godina. Zoniranje plavnih zona vršeno je prema dubinama vode u tim zonama, za utvrđene verovatnoće. Drugi projekat je SoFPAS (Study of Flood Prone Area in Serbia), odnosno Studija plavnih površina u Srbiji, a pokriva teritorije Velike, Zapadne i Južne Morave sa 17 pritoka. Podaci o stanovništvu, korišćenju zemljišta i infrastrukturi dobijeni su delom od organa lokalnih samouprava, a delom od drugih institucija, kao što su Republički geodetski zavod (RGZ) i Zavod za statistiku Republike Srbije (RZS). Van naseljenih mesta, korišćene su Mape korišćenja zemljišta (Corine Land Cover maps)<sup>29</sup>. Zajednička karakteristika oba projekta je 1D model poplava, čija je jedina dimenzija dubina vode, dok brzina vode u plavnim zonama nije određivana.

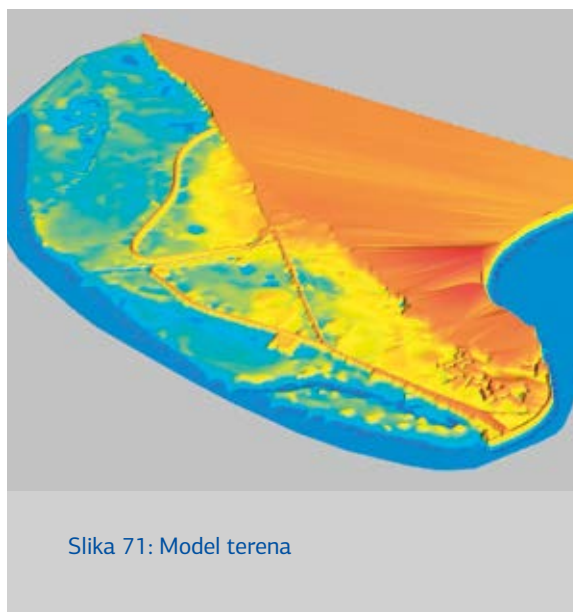
U pojedinim nacionalnim metodologijama u Evropskoj uniji potencijal šteta je izjednačen sa rizikom tako što je nemonetarna i bezdimenzionalna vrednost rizika pomnožena sa tržišnom vrednošću receptora i na taj način je postignuta monetarizacija rizika. Veliko je pitanje kako kvalitativno izražene štete ili nematerijalne štete mogu biti monetarizovane ili kako se monetarizuje vrednost izgubljenog ljudskog života.

## 6.5. Primer određivanja rizika od poplava

Na primeru naselja Petrovaradin prikazan je postupak određivanja rizika. Merodavna kota velikih voda uzeta je kao poplavna voda povratnog perioda prevazilaženja od 1 000 godina. Na osnovu modela terena (slika 71), određene su linija ureza vode i dubine poplavnih voda (slika 72) i karta ugroženosti od poplava prema dubinskim zonama poplavne vode (slika 73).

SWOT/PESTLE analizom podataka o korišćenju zemljišta (slika 74), infrastrukturnih objekata, stanovanja, zaštićenih dobara i drugo, analizirano je područje i potencijalne štete. Definisani su veći broj receptora, raspoređenih u osam receptorskih grupa prema sličnosti šteta, uticaja i načina za smanjenje rizika od poplava za te receptore.

Prva grupa su stambeni objekti, koji obuhvataju pojedinačne privatne kuće, kolektivno višespratno stanovanje i vikend-objekte. Druga grupa je privreda, koja obuhvata industrijske objekte, pokrivena skladišta, stovarišta, pomoćne objekte, prodavnice itd. Treća grupa su javne službe i objekti javnih službi, kao što su: bolnice, domovi zdravlja, škole, dečiji vrtići, domovi za stara lica, objekti policije, objekti lokalne samouprave, crkveni objekti, specijalni objekti itd. Četvrta grupa su objekti infrastrukture, gde su grupisani objekti drumskog i železničkog saobraćaja, dalekovodi, trafostanice, vodovodna mreža, gasovodi itd. Petu grupu čine poljoprivredna i šumska zemljišta, gde su kao posebni receptori izdvojene oranice, voćnjaci, vinogradi, pašnjaci i livade, listopadne i četinarske šume, šume EA topole, rasadnici itd. Šesta grupa su objekti vodoprivredne infrastrukture, kao što su: nasipi, crpne stanice, ustave, vodno zemljište itd. Sedmu grupu, nazvanu životna sredina, čine: zaštiće-



Slika 71: Model terena

29 Federal Environment Agency (2006).

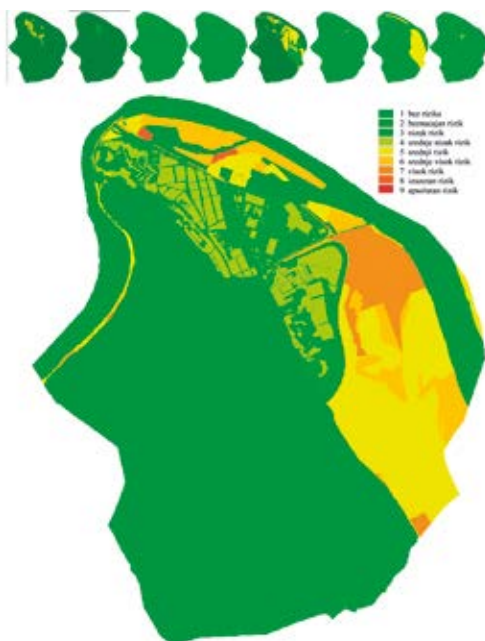


Slika 75: Prostorni raspored i gustina stanovništva po kvartovima

na prirodna dobra, zaštićena kulturno-istorijska dobra, zone sanitarne zaštite, evidentirane divlje deponije, benzinske pumpe, skladišta hemijskih sredstava itd. Poslednju, osmu grupu čini najvažniji recipijent, a to je stanovništvo (slika 75), ali su osim njega u ovoj grupi i receptori indirektnih šteta zbog nemogućnosti obavljanja javnih funkcija prema stanovništvu.

Prema prethodno opisanoj metodologiji, a na Hi-RAM nivou preciznosti, određeni su receptori i receptorske grupe, kao i njihovi parametri dubinske osetljivosti i izloženosti receptora za poplave povratnog perioda od 1 000 godina.

Prostorna analiza rizika pojedinačnih receptora i grupisanje u rizike receptorskih grupa izvršeni su GIS alatima za rastersku tačku dimenzija 1 x 1 metar, što omogućava identifikovanje svih pojedinačnih receptora iz receptorske liste, kao i kvalitetan i precizan prikaz pojedinačnih i ukupnih rizika (slika 76) od poplava. Izabran je model sa devet nivoa rizika.



Slika 76: Pojedinačni rizici receptorskih grupa i ukupan rizik

## 7. Obaveze i mogućnosti lokalne samouprave

### 7.1. Podela nadležnosti i obaveza učešća u protiverozionim radovima i merama

Srbija ima mnogo problema sa bezbrojnim bujičnim jarugama i potocima koji su posledica bujičnih kiša velikog intenziteta i kratkog trajanja, zbog čega ostvaruju jak i razoran efekat, što je ujedno i osnovni razlog zašto je problem zaštite od bujica u Srbiji bio prioritetni zadatak i u uslovima krize i nemaštine.

Ostvareni efekti su bili dobri, pa je danas malo onih koji se sećaju svojih predela pre više od pedeset godina i misle da je tako bilo oduvek. Sa druge strane, priroda surovo kažnjava svaki zaborav bilo običnog čoveka ili državnog službenika koji u opisu posla ima i brigu o problemu erozije i bujica. Naime, prema zakonskim odredbama, svaki značajan objekat mora da od studije do projekta ima jasno definisanu ugroženost bujicama i erozijom, kao i potrebna rešenja i analizu udela u troškovima, koji se dele na više subjekata.

Zaštita od erozije i bujica je preduslov za stabilno i održivo korišćenje zemljišta i bezbednost od čestih razornih bujičnih poplava. Zato ona mora biti ugrađena u strateške planove od nivoa države do nivoa lokalne samouprave i pojedinca. Na prvom mestu mora biti uređena zakonodavna regulati-

va, koja mora da obezbedi koordinaciju svih oblasti ljudske aktivnosti koje nisu pretežno u sektoru voda. To je od velike važnosti, jer se efekti protiverozionih radova i mera mogu ugroziti pojedinim aktivnostima. Naime, svi koji na bilo koji način koriste zemljište moraju imati obavezu učestvovanja u realizaciji sistema protiverozione zaštite.

Radovi na uređenju bujica i zaštiti od erozije obuhvataju svojim efektima celokupnu slivnu površinu. Zadatak i osnovni cilj te vrste radova je smanjivanje intenziteta erozije i pronosa (transporta) nanosa. Osim smanjivanja intenziteta zasipanja vodotoka, akumulacija, zaštite saobraćajnica i drugih objekata državne i lokalne infrastrukture, značajni efekti se ostvaruju povećanjem proizvodne sposobnosti zemljišta.

U periodu od 1930. do 1965. godine, finansiranje čitavog kompleksa radova na uređenju bujica i zaštiti od erozije sprovedeno je na osnovu Zakona o uređenju bujica i zaštite od erozije, bez obzira na primarnu zaštitnu namenu izvedenih radova i sprovedene mere. Realizacija započetih i planiranih radova nastavljena je, ali su problemi nastali u vezi sa nejasno definisanim obavezama koje su odredbama Zakona o vodama prenete na korisnike efekata zaštitnih radova.

Ta vrsta efekata se posebno odnosi na kompleks bioloških i biotehničkih radova koji se izvode na zemljištu koje ima vlasnika ili korisnika koji ubira prihode i ima sve ostale poreske i druge obaveze.

Zbog toga je i prethodnim zakonima, što je preuzeto i Zakonom o vodama, definisana obaveza korisnika i vlasnika eroziji podložnog zemljišta da svojim radom učestvuju u ovoj vrsti radova.

Lokalna samouprava, i prema prethodnom i prema važećem Zakonu o vodama, ima eksplicitnu obavezu da proglasi „eroziona područja” na svojoj teritoriji i da na njima propiše i sprovede mere protiverozionog gazdovanja, koje pripada grupi neinvesticionih mera koje sprovode vlasnici i korisnici zemljišta.

S obzirom na to da zaštitni efekti protiverozionih radova direktno ili posredno štite razne objekte, naselja, sobračajnice i drugo, definisana je obaveza svih subjekata da učestvuju u planiranju, finansiranju, izvođenju i održavanju ove vrste radova.

Zakon o vodama je obaveze izvođenja radova i sprovođenja mera u oblasti uređenja bujica i zaštite od erozije podelio na sledeći način:

- Direkcija za vode gazduje vodama i izrađuje strategiju uređenja oblasti voda, u kojoj je deo posvećen zaštiti od štetnog dejstva voda usmeren ka zaštiti od bujica i erozije;
- sva javna preduzeća izrađuju i održavaju protiverozione sisteme koji ugrožavaju njihove objekte (puteve, železničke pruge, naselja, akumulacije, vodovode, dalekovode, gasovode, šume i drugo), kao i objekte koji su im predati na održavanje;
- lokalna samouprava proglašava „eroziona područja” i sprovodi primenu protiverozionih mera na svojoj teritoriji;
- lokalna samouprava planira, finansira, uređuje i održava objekte na bujicama koje su pretežno vode II reda.

Kako se potreba za učešćem pojedinih subjekata u izradi i održavanju protiverozionog sistema zaštite razlikuje od slučaja do slučaja, može se samo izvršiti procena potrebnog učešća i raspodela obaveza u izradi i održavanju protiverozionog si-

stema zaštite. Procena je urađena na osnovu dosadašnje prakse i očekivanih promena koje su usvojene odredbama Zakona o vodama. Procena učešća subjekata obveznika realizacije protiverozione zaštite prikazana je u tabeli 4.

Udeo pojedinih subjekata u protiverozionoju zaštiti je procenjen na osnovu sumiranja podataka o izvedenim radovima (tabela 4) i procene ko su korisnici tih radova danas. Novi korisnici zaštite od bujica i erozije su Zakonom o vodama u obavezi da učestvuju u troškovima i prethodno navedeni odnosi će se promeniti.

Navedene obaveze koje su dodeljene lokalnoj samoupravi sadrže i obavezu izrade operativnih planova za odbranu od voda II reda, koje su po pravilu bujičnog karaktera. Metodologija za izradu tih planova sadrži sve podloge i podatke koji su obaveza javnih vodoprivrednih preduzeća, kojima je obaveza izrade tih podloga i podataka odložena za 2017. godinu. Lokalna samouprava je po tom pitanju suočena sa brojnim problemima. Naime, metodologija za ovu vrstu planova je uvrstila kategoriju neodbranjivo i nepredvidivo, kojom se najčešće definiše nemogućnost odbrane od bujica. Postoji i obaveza saradnje sa odgovornim licima koja su republičkim operativnim planom određena za vode I reda koje su na teritoriji opštine.

Komandanti štabova za vanredne situacije koji pokrivaju odbranu od svih mogućih pojava najčešće nemaju dovoljno stručnih ljudi koji bi na pravi način reagovali na najavu mogućih bujičnih poplava. Republički operativni plan je izrađen za vode I reda i nije primeren malim bujičnim vodotocima. Od poplava na Dunavu, Savi i drugim velikim rekama odbrana je moguća, jer postoji „vremenska rezerva” između 3 i 30 dana zbog sporosti dolaska poplavnog talasa, kvalitetnih prognostičkih metoda i međudržavne saradnje u oblasti poplava i razmene informacija o poplavnim talasima.

Redni broj	Subjekti koji sprovode protiverozionu zaštitu	Tehnički objekti	Biološki i biotehnički radovi	Protiverozione mere
1.	Direkcija za vode i javna vodoprivredna preduzeća	30 %	30 %	Propisuje i kontroliše
2.	Javna preduzeća za saobraćaj	15 %	10 %	Sprovode prema naloženim obavezama
3.	Javna preduzeća za elektroprivredu (EPS)	20 %	10 %	Sprovode prema naloženim obavezama
4.	Javna preduzeća za šumarstvo	5 %	40 %	Sprovode prema naloženim obavezama
5.	Lokalna samouprava	30 %	10 %	100 %

Tabela 4: Učešće subjekata u sprovođenju protiverozionih radova i mera

## 7.2. Obaveze lokalne samouprave u određivanju plavnih zona i zona rizika

Zakon o vodama (ZoV) definisao je da plavne zone određuje država preko svojih javnih vodoprivrednih preduzeća, ali je taj posao tek u začetku i pitanje je kada će biti završen. Na drugoj strani, lokalna samouprava ima obavezu da prilikom izrade urbanističkih (generalnog i regulacionog) prostornih planova u njih ugradi plavne zone čije je korišćenje ograničeno, posebno zato što su prostori duž vodotoka najatraktivniji za izgradnju objekata i saobraćajnica.

Ta obaveza je odlagana za kasnije sa obrazloženjem da su troškovi određivanja plavnih zona veliki i da prevazilaze raspoloživi budžet za izradu urbanističkog plana.

Zbog toga je prisutna činjenica da se tokom izrade urbanistikih planova minimizira potencijalno plavno područje, posebno u slučaju neuređenih bujičnih tokova.

Zato su širom Srbije izgrađeni brojni objekti neposredno uz osnovno korito vodotoka, pa se tek nakon poplave ili bujice utvrdi da se nalaze u plavnoj zoni ili zoni bujičnog razaranja.

Bujične poplave koje su pogodile evropske zemlje tokom poslednje decenije ukazale su na niz zabuda o istovetnosti principa određivanja plavnih zona za velike vodotoke i bujične tokove.

Veliki vodotoci su vekovima uređivani prvenstveno za potrebe plovnog transporta, a tek potom za odbranu od poplava. Izgradnjom nasipa na prirodno plavnom zemljištu sužavano je korito vodotoka. Na taj način je ostvareno oslobađanje velikih prostora za druge namene, a stvoreni su uslovi za bezbednu plovidbu i tokom velikih voda koje su se izlivala u inundacioni prostor.

S druge strane, bujični vodotoci su uređivani sistemima čvrstih objekata (pregrade, regulacije i slično) ili uopšte nisu uređivani, jer ih zaista ima bezbroj. Na slici 77. prikazana je uporedna šema pu-

njenja korita u periodu maksimalnih proticaja za veliku reku i bujični tok.

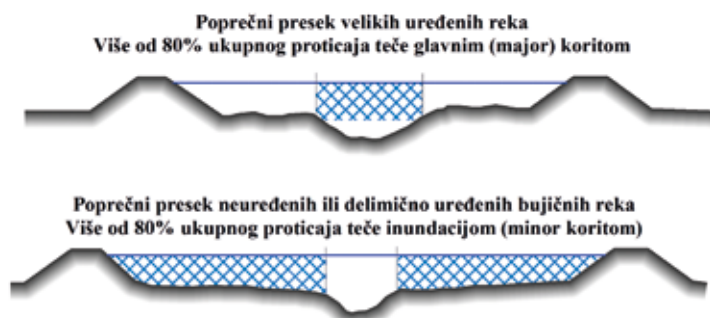
Šrafurom je označen prostor korita kroz koji protiče skoro celokupan proticaj velike vode. Inundacioni prostor velikih vodotoka se pretežno koristi za šumsku proizvodnju i brzina toka tim delovima korita je mala. U inundaciji velikih vodotoka zabranjeno je građenje objekata koji ometaju protok vode.

Sa bujičnim tokovima je sasvim drugačije. U vreme malih i srednjih voda, to su male reke i potoci u kojima je dubina vode nekoliko desetina centimetara, a širina korita male i srednje vode je srazmerno mala. Kada naiđe bujična poplava, ona se izlije u inundaciju, kojom tada protiče skoro celokupan proticaj.

U slučaju neuređenih bujičnih vodotoka plavna zona je sama inundacija. Praksa je odredila kriterijume ugroženosti od poplava prema povratnom periodu velikih voda. To su uglavnom 10 % (jednom u deset godina), 2 % (jednom u pedeset godina), 1 % (jednom u stotinu godina) i u ređem povratnom periodu. Navedeni različiti kriterijumi su uslovljeni potencijalnom štetom od poplava. Na toj osnovi se planira namena površina uz vodotoke, kao i potrebni zaštitni objekti ukoliko je prostor potreban za značajnije objekte.

Kada je reč o velikim regulisanim vodotocima, potencijalno plavne površine su one na branjenoj strani. Ta realnost se shvati tek kada je odbrambeni sistem probijen. Sasvim osnovano se postavlja pitanje šta je u moći lokalne samouprave u ovoj oblasti, koja zahteva pripremu i izradu prethodno opisanih geodetskih podloga, kao i pratećih hidroloških i hidrauličkih podloga. Zakon o vanrednim situacijama je propisao obavezu izrade mape rizika, koja obuhvata i rizik od poplava. Tu mapu je nemoguće izraditi bez prethodno određene plavne zone.

Lokalna samouprava može da uradi značajan deo posla u ovoj oblasti, a njeni rezultati će ublažiti grube greške koje su do sada nanele velike štete. Ne postoji lokalna samouprava koja tokom svake godine nije nekoliko puta ugrožena poplavama i štetama od malih bujičnih tokova. Svaka od tih poplava ima jasno prepoznatljiv domet i zahvat plavne zo-



Slika 77: Šema punjenja korita u periodu maksimalnih proticaja za veliku reku i bujični tok



Slika 78: Plavljenje poljoprivrednog zemljišta je lako evidentirati i fotografisati



Slika 79: Plavljenje saobraćajnica

ne. Svedoci tih poplava su stanovnici poplavljenog područja i ljudi iz lokalne samouprave čija je dužnost odbrana od poplava ili procena štete. Danas je sve više prisutna i raznovrsna foto-dokumentacija. Na osnovu poznavanja sopstvenog područja, nema razloga da se u karte i planove ne unesu podaci o zabeleženim plavljenjima. Te zabeležene poplave je moguće klasifikovati u nekoliko klasa:

- I klasu plavnih površina čine površine koje se plave redovno tokom svake godine;
- II klasu čine površine koje se plave u razmaku od pet do deset godina;
- III klasu čine površine koje se plave jednom u pedeset do stotinu godina.

Prve dve klase je lako identifikovati i označiti na karti, dok je za domet treće klase potrebno stručno znanje. Međutim, činjenica je da se ta zona nalazi neposredno uz drugu klasu, pa je i nju moguće približno identifikovati.

Identifikovanim plavnim površinama treba dodati i karakter poplave koji se jednostavno može podeliti na:

- plavljenje,
- rušenje,
- razaranje.

To je osnovna klasifikacija vrste rizika od poplava koja je sasvim dostupna resursima svake lokalne samouprave.

Kada je reč o velikim rekama, lokalna samouprava je direktno upućena na saradnju sa javnim vodoprivrednim preduzećem nadležnim za sektor zaštitnih objekata koji štite tu lokalnu samoupravu. Kako je najčešći slučaj da su značajne poljoprivredne površine i delovi naselja ispod nivoa velike vode i opasnost od proboja nasipa je uvek prisutna, lokalna samouprava mora da izvrši procenu rizika od poplava za delove svoje teritorije i značajne objekte. Potrebno je da poverenici obeleže liniju do koje se izlivaju velike vode, kao i položaje nanosnih na-

plavina i mesta razaranja od bujica. Tu su dobrodošle fotografije jer isključuju subjektivne greške. Nekoliko primera na sledećim fotografijama lakše će objasniti mogućnosti preliminarnog orijentacionog određivanja plavnih zona (slika 78).

Poplave koje ulaze u naselja posebno su opasne, jer prethodno poplave saobraćajnice koje su najčešće jedini put za evakuaciju i dostavljanje pomoći (slika 79).

Bujične naplavine su posebno opasne jer sav bujični nanos ostane istaložen u koritu koje tako izgubi svaku sposobnost oticanja voda, a bujične naplavine potrebno je evidentirati na mestima na kojima se redovno javljaju (slika 80).



Slika 80: Bujična plavna zona – naplavište bujice

### 7.3. RHMZ kao podrška pravovremenoj reakciji na bujice – mogućnosti i ograničenja

Izvor podataka za planiranje odbrane je osmatrački sistem Republičkog hidrometeorološkog zavoda (RHMZ). Taj sistem je podeljen na dva dela, meteorološki i hidrološki. Obaveze RHMZ-a su precizirane zakonima i u potpunosti obuhvataju potrebe prognoze vremenskih prilika i hidrološke prognoze, Svi podaci i prognoze su javno dostupni na sajtu RHMZ-a: <http://www.hidmet.gov.rs/> (slika 81).

Tu se nalaze linkovi za izveštaje o vodostanju za sve hidrološke stanice u Srbiji, sistematizovane po slivovima. Klikom na oznaku stanice na karti dobijaju se detaljni podaci o stanici. Važno je znati da li se podaci šalju automatski ili se na drugi način beleže. Danas su retke stanice koje imaju samo vodomernu letvu koja se očitava jednom dnevno. Osnovni problem mreže hidrometrijskih stanica je to što osmatraju podatke samo na velikim tokovima i rekama. Manje od deset hidrometrijskih profila je na tokovima manje površine od 100 km<sup>2</sup>, a ta vrsta tokova je osnova za bilo kakvo planiranje odbrane od bujica.

Meteorološko osmatranje je takođe osmišljeno na trideset stanica na kojima se vrši meteorološko osmatranje i merenje intenziteta kiša. Tu je i veliki broj običnih kišomera koji su dovoljni da se dobiju tačniji podaci o ukupno paloj kiši.

Sajt RHMZ-a ima i obične prognostičke linkove koji ne sadrže puno podataka i namenjeni su običnim

građanima. To je jednostavna informacija (sunčano, kiša, vetar i slično).

Od posebne važnosti su dva linka – meteo i hidro alarm. Hidroalarm ima veliku važnost u oblasti poplava velikih reka, ali nije upotrebljiv za bujice. Meteoalarm jeste važan, jer upozorava na prisustvo ili dolazak neke od meteoroloških pojava (visoke ili niske temperature, pljuskovite kiše, jak ili olujni vetar i drugo), po regionima. To je korisna informacija za opštine u regionu, jer omogućava planiranje određenih i mogućih aktivnosti za sprečavanje hazarda, kao što su bujice nakon jakih kiša.

Za lokalne samouprave su posebno važne stranice sajta sa numeričkom prognozom. Savet za stručnjake ili dobre poznavaoce meteorologije je da odaberu stranicu meteograma, sa dve vrste prognoza, koje su određene prognostičkim modelima ETA i WRF-NMM. Oba modela svetski su priznata i rezultat su razvoja numeričke prognoze koju, po mestu nastanka, u svetu nazivaju „beogradska škola”.

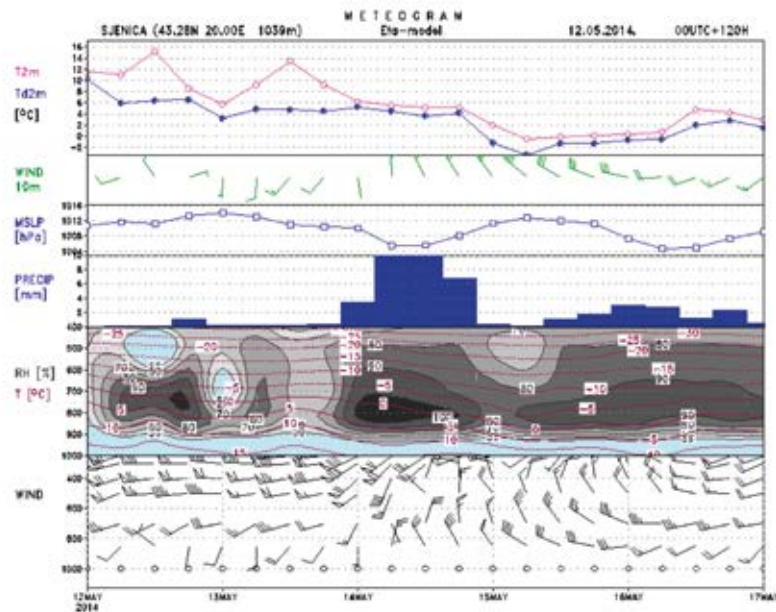
ETA model daje petodnevnu prognozu za 29 gradova u Srbiji i 46 evropskih gradova. Korak ETA modela je 6 sati i prognoza ima više od 85 % pouzdanosti. WRF-NMM model daje prognozu za tri dana sa korakom od jedan sat. Za razliku od ETA modela, ovaj model različitim bojama označava vrstu padavina (kiša, sneg, led idr.). Pouzdanost ovog modela je blizu 95 %. Kao primer poslužiće dva meteograma za područja pogođena majskim poplavama, za Sjenicu (slika 82) i za Loznicu (slika 83).

Na oba prikazana meteograma se vidi da je ono što je prognozirano i ostvareno. Ti meteogrami ne zahtevaju mnogo znanja i vremena za proveru stanica sa kojih najčešće dolaze nepogode.

The screenshot shows the RHMZ website interface. At the top, there is a header with the RHMZ logo and the text 'Нумеричка прогноза'. Below the header, there are three main sections of numerical forecasts:

- Метеограми за градове у Републици Србији - WRF-NMM Модел**: This section lists forecasts for 16 cities in Serbia: Београд, Неготин, Врњаци, Суботика - Палић, Краљево, Лозница, Нови Сад, Крагујевац, Приштина, Панчево, Ниш, and Врањево.
- Метеограми за градове у Републици Србији - ETA Модел**: This section lists forecasts for 16 cities in Serbia: Београд, Зрењанин, Сремска Митровица, Неготин, Сјеница, Крушевац, Приштина, Суботика - Палић, Кикинда, Ваљево, Дачиновград, Ужичка Пожега, Крагујевац, Сомбор, Брњач, Смедерска Паланка, Златибор, Краљево, Ниш, Нови Сад, Лозница, Црњи Врх, Обреновац, Копалник, and Лесковац.
- Метеограми за градове у Европи - ETA Модел**: This section lists forecasts for 16 European cities: Осло, Глазгов, Женева, Мадрид, Берлин, Барнаби, Сарајево, Букурест, Солун, Санкт Петербург, Пљевља, Валета - Малта, Штокхолм, Даблин, Цирих, Севиља, Беч, Будимпешта, Лубљана, Софија, Атина, Подгорица, Херцег Нови, Патрас, Женева, Копенгаген, Барнаби, Лисабон, Праг, Скопље, Загреб, Брисел, Милано, Бар, Тиват, Лондон, Амстердам, Барселона, Минхен, Братислава, Бања Лука, Дубровник, Истанбул, Рим, Жабљак, and Нишњих.

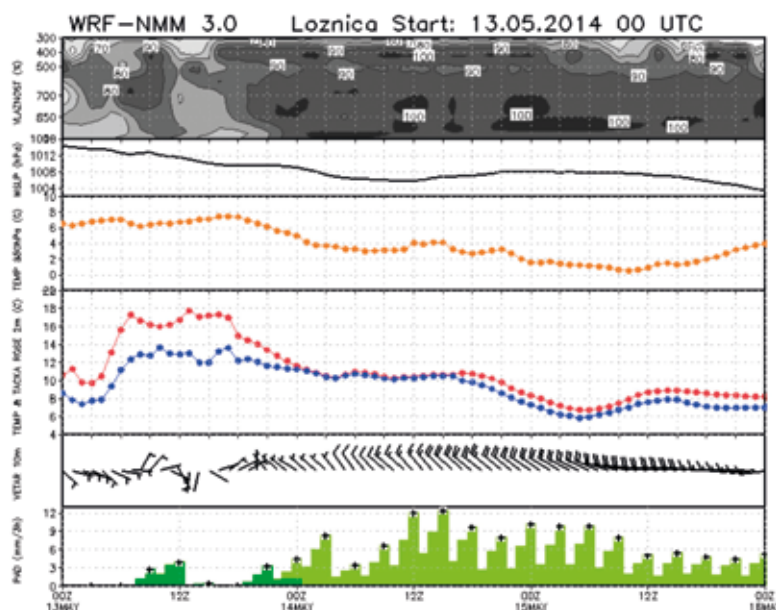
Slika 81: Izgled stranice numeričke prognoze RHMZ na: <http://www.hidmet.gov.rs/>



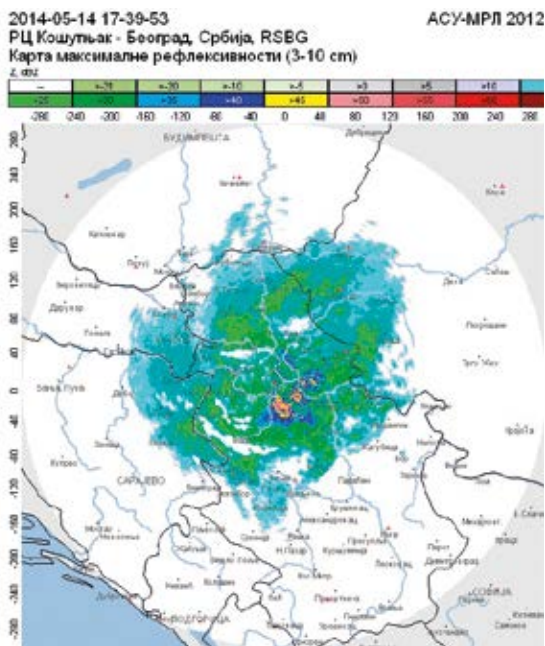
Slika 82: ETA model za Sjenicu od 12. do 16. maja.2014. godine

Na sajtu RHMZ-a postoji stranica sa slikama radarskog osmatranja koje u Srbiji postoji odavno, ali je bilo namensko za odbranu od grada. Ceo sistem protivgradnih radara je preuzet od Sektora za vanredne situacije, ali se i te radarske slike nalaze na sajtu. Na toj stranici su i linkovi za radarske slike susjednih zemalja. Za zapadne opštine najbolje

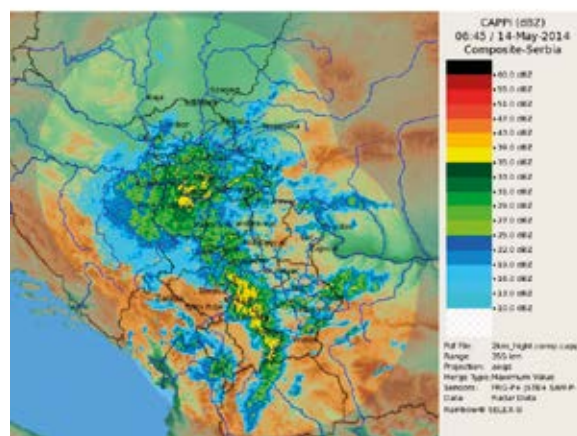
je da dodatno koriste i hrvatske radare, jer oni zahvataju prostor od Ljubljane do Beograda. RHMZ za sada ima samo dva meteorološka radara namenjena za osmatranje padavina i prognozu poplava. Prognostički korak je tri sata. Radarske slike samo su slike i ne mogu da posluže za bilo kakvu analizu, ali je od značaja mogućnost praćenja kretanja oblačnih ćelija sa korakom od 15



Slika 83: WRF-NMM prognoza za Loznicu od 13. do 15. maja 2014. godine



Slika 84: Radarska slika radara „Košutnjak” od 14. maja 2014. godine



Slika 85: Kompozitni radarski snimak od 14. maja 2014. godine

minuta. Raznim bojama na snimku su označene različite refleksije oblaka, izražene u Db. Najveća refleksivnost otkriva i najopasnije ćelije, a na slikama 84. i 85. jasno je vidljivo da su te oblačne ćelije male površine u odnosu na ukupnu oblačnu masu.

Razlike postoje i među samim vrstama radara, mada im je rad zasnovan na istim principima. Dve radarske slike pokazuju da su svi kišni oblaci koji su na zemlju izručili katastrofalne padavine snimljeni i arhivirani. Slike 84. i 85. su iz perioda velikih padavina od 14. maja 2014. godine, a vidljive su i lokacije jakih oblačnih ćelija.

Navedena mogućnost nije ništa novo. Nakon katastrofalne bujične poplave na reci Vlasini od 26. juna 1988. godine samo su dve kišomerne stanice preživele katastrofu, a sve ostale su zbrisane zajedno sa kućama. Pokušaji da se analiziraju podaci o kišama na osnovu okolnih stanica nisu dali nikakav rezultat jer su dobijeni rezultati bili smešno niskih vrednosti. Tada je prihvaćen predlog da se kiša rekonstruiše pomoću zabeleženih radarskih slika. Srećna okolnost je da je grupa radarskih meteorologa radila zajedno sa stručnjacima za bujice i da su razvili metode koje su pomogle tom složenom poslu. Na slici 85. prikazana je rekonstruisana slika zone koju su pokrili pljuskoviti oblaci, sa naznačenim vremenom nastanka, trasom kretanja i vremenom nestanka svakog oblačnog sistema. Rekonstruisane izohijete<sup>30</sup> kiša složile su se sa stanjem zabeleženim na terenu. Utvrđeno je da je kiša počela oko 13:00 i pre-

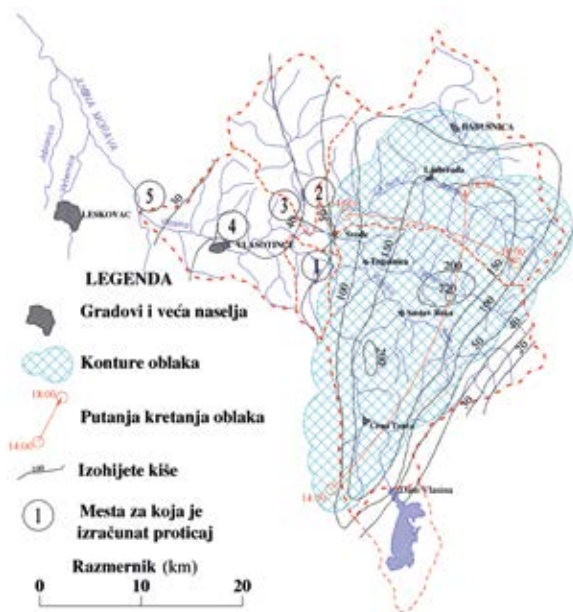
stala oko 17:00 i da je za ta četiri sata, na površini od oko 300 km<sup>2</sup>, palo u proseku 150 mm kiše.

Na toj osnovi je razvijena i metoda za pravovremenu najavu pljuskovitih kiša uz upotrebu radarskog osmatranja. Nažalost, ta metoda još nije zaživela u Srbiji, uglavnom zbog nejasnog objašnjenja da je reč o „beznačajnim” i malim bujičnim poplavama i da je nepotrebno radarske osmatračke centre popunjavati novim ljudima jer taj zadatak zahteva drugačiju obradu podataka u odnosu na protivgradno osmatranje, što direktno znači nove ljude i opremu za taj zadatak.

U državama koje su prihvatile takav koncept otišlo se u potpuno drugu krajnost. Numeričke metode prilagođene su velikim rekama i dogodilo se ono što je bilo izvesno. Naime, kada se fokusiraju male oblačne ćelije, javlja se veliki broj podataka koji stižu svake sekunde i kompjuter daje preciznu prognozu sat-dva posle bujične poplave i nastale štete. Naše je iskustvo da je precizan proračun u punom značenju te reči gubljenje vremena i da je bolje dobiti odmah manje preciznu vrednost, ali dovoljne tačnosti za pravovremenu reakciju.

Nismo jedina zemlja u svetu i u okruženju koja je suočena sa svojevrsnom opstrukcijom najave bujičnih poplava uz obrazloženje da su „nepredvidljive”, uz to se brzo dogode i nema vremena za odbranu, pa je jedino izgrađeni sistem zaštitnih objekata prava zaštita. To se i dalje priča u vezi sa majskim poplavama 2014. godine iako su zaštitni sistemi razoreni kao da ih nije ni bilo. Razmere katastrofe su bile veće od odbrambene moći izgrađenog sistema. Da je postojao bilo kakav sistem rane najave i upozorenja osim lakonske rečenice „mo-

30 Izohijete su linije na karti koje prikazuju iste visine padavina.



Slika 86: Meteorološka situacija na reci Vlasini 26. juna 1988. godine

guća su mestimična izlivanja bujičnih tokova”, velike štete i ljudske žrtve bi bile drastično smanjene. Odbrana od bujica nije samo borba na odbrambenoj liniji, već je to spasavanje ugroženih ljudi, stoke i pokretnih dobara. Svakako da za tako nešto sve mora biti planirano unapred, jer pravovremena najava bujice daje dva do četiri sata vremena za reagovanje.

## 7.4. Najava bujičnih poplava u realnom vremenu

Nismo jedini koji su suočeni sa nerazumevanjem razlika o potrebnim podacima za pravovremenu najavu bujičnih poplava. I mi smo krenuli istim putem kao i oni u bogatijim ekonomijama, samo su nam na raspolaganju stajala neuporedivo manja sredstva.

U okviru evropskog projekta „Monitor 2” realizovali smo prvi sistem za ranu najavu bujica na Topčiderskoj reci. Odabir te reke je bio uslovljen činjenicom da je taj sliv bio dugo osmatran i da redovno plavi industrijsku zonu i železničku prugu.

U slivu su instalirana dva automatska kišomera, a na reci dva automatska vodomera (slika 87). Svi uređaji redovno šalju svoje podatke u centralni kompjuter i u slučaju da se dogodi neka od opasnih i prepoznatljivih situacija, sistem će aktivirati alarm. Sistem je u funkciji od 2011. godine i stalno se unapređuje. Svi podaci su dostupni preko interneta, na svim stabilnim i mobilnim uređajima.

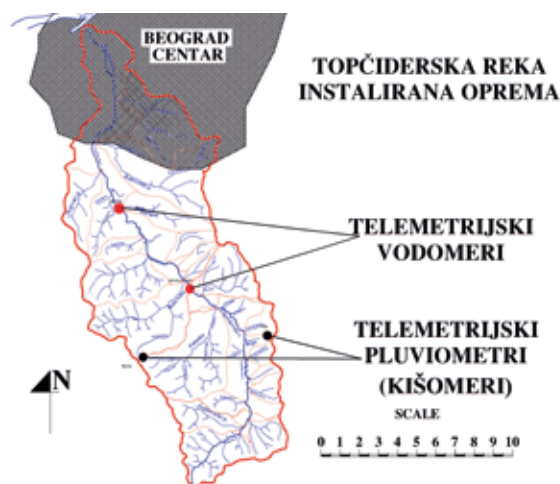
Sistem za ranu najavu bujičnih poplava na Topčiderskoj reci (slika 87 i slika 88) emitovao je tri rana alarma u skladu sa visinama kišnih padavina i vodostajima na vodomernim mestima. Takva rana najava alarmnim sistemom nadležnim službama je omogućila dovoljno vremena za reakciju, pa je usledila evakuacija, čime su sprečene ljudske žrtve u poplavi. Crvena linija na slici 88. predstavlja vodostaj na vodomernom mestu Ripanj-rampa. Sistem za ranu najavu realizovan je skromnim sredstvima, a prema oceni saveta projekta „Monitor 2” rangiran je na treće mesto, od devet učesnika na projektu. Ispred ovog projekta po rangu bile su slične projektne postavke, ali sa neuporedivo većim budžetima za realizaciju.

Filozofija rane najave bujičnih poplava u realnom vremenu omogućava zainteresovanima da izgrade sopstveni sistem pravovremene najave bujica koje im prave štetu.

Primeru radi, sistem instaliran u Italiji, u okolini Bolcana, štiti gradić Alic i velike plantaže jabuka sa najskupljim zalivnim i zaštitnim sistemima.

Postojeći pasivni sistem zaštite od bujice nije izdržao nekoliko puta i štete u gradiću i jabučaru si bile prevelike. Svaka lokalna samouprava ili ugroženi privredni subjekt može da odluči da instalira sistem pravovremene najave bujica.

Nepredvidljivost bujica je samo opravdanje za neurađeno. Sasvim je jasno da u Srbiji odavno nema dovoljno sredstava za izgradnju sistema za uređenje bujica i zaštitu od erozije. Rana najava bujica se osporava pod izgovorom da je to nepredvidljivo. Možda je to tako za nekog ko je zatvoren u četiri zida bez prozora. Neka svako pogleda narednu sliku 89. i zaključiti da li će divlje i domaće životinje pravovremeno potražiti sklonište.



Slika 87: Položaji mernih mesta za kišu i vodostaje iz sistema najave bujica u realnom vremenu

## 14 REGULACIJA VODNOG REŽIMA

Regulacija vodnog režima obuhvata sve hidrotehničke mere i građevine kojima se svesno utiče na promenu vremenske i prostorne raspodele voda. Postavljeni ciljevi se postižu uređenjem sliva, uređenjem korita vodotoka, izgradnjom retenzija, akumulacija, kao i izgradnjom rasteretnih i obodnih kanala.

### 14.1 Uređenje sliva

Uređenje sliva se sastoji u primeni brojnih mera i radova, usmerenih ka regulisanju površinskog oticanja i zaštiti zemljišta erozije.

#### 14.1.1 Protiverozioni radovi i mere

Intenzitet erozionih procesa zavisi od interakcije prirodnih faktora (klime, geološko-pedološke podloge i reljefa) i načina korišćenja zemljišta, odnosno ljudske aktivnosti.

**Protiverozioni radovi** su radovi na izgradnji različitih objekata (pregrada, kineta, kanala, brana), kao i radovi na šumskim i poljoprivrednim melioracijama (melioracije pašnjaka, podizanje plantažnih voćnjaka i vinograda, pošumljavanje, zatravljivanje i sl.).

**Protiverozione mere** su akcije kojima se utiče na način obrade, održavanje i upravljanje zemljištem, šumama i vodama, kao i na načine njihovog korišćenja.

##### 14.1.1.1 Tehnički protiverozioni radovi

**Poprečni objekti** se grade u srednjem i gornjem toku bujičnih tokova radi kontrole procesa erozije. Imaju višestruku ulogu: osiguravaju korito bujičnog toka, zadržavaju vučeni nanos u zaplavu, smanjuju uzdužni pad korita i vrše korekciju pravca toka.

Poprečni objekti se prema korisnoj visini dele na sledeće kategorije: fiksacioni pragovi (bez korisne visine), pragovi (sa korisnom visinom do 2,0 m) i pregrade (sa korisnom visinom iznad 2,0 m).

U gornjim, izvorišnim delovima sliva prevlađuju jaruge sa dubinskim procesima erozije. Osnovni cilj njihovog uređenja je stvaranje stabilnih deonica i uspostavljanje vegetacije.

Uređenje jaruga se vrši izgradnjom niza niskih objekata, čija je visina najčešće oko 0,5 - 2 m. Pragovi mogu biti od slaganog kamena, betona ili gabiona, ali se mogu izgraditi i manje stabilni, privremeni objekti od lokalno raspoloživih materijala (zemlja, fašine, pruće, itd.).

Rastojanje između pragova zavisi od njihove visine i pada dna jaruge. Obično je kod kamenih i betonskih pragova to rastojanje jednako tri visine, a kod pragova od pletera i fašina ide do četiri visine praga. Rastojanje može da se sračuna i prema formuli **Heede-a**:

$$l = \frac{h_k}{K \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \sin \theta} \quad (14-1)$$

gde su:  $l$  - rastojanje između pragova (m),  $h_k$  - korisna visina praga (m),  $\theta$  - ugao nagiba dna korita i  $K$  - koeficijent koji zavisi od nagiba dna korita (za  $\operatorname{tg} \theta < 0,2$   $K=0,3$ ; a za  $\operatorname{tg} \theta > 0,2$   $K=0,5$ ).

Ako se prag izvodi od kamena potrebna krupnoća se određuje preko formule:

$$d_{50} = 0,7 \cdot \frac{(r_0 \cdot V)^2}{g \cdot \Delta \cdot \Psi_{kr}} \quad (14-2)$$

gde je:  $d_{50}$  – prečnik kamena (m),  $V$  – brzina toka (m/s),  $\Psi_{kr}$  – Šildsov parametar,  $r_0$  – intenzitet turbulencije:

$$r_0 = \sqrt{c_s + 1,45 \cdot \frac{g}{C^2}} \quad (14-3)$$

gde je:  $C$  – Šezijev koeficijent ( $m^{1/2}/s$ ),  $c_s$  – faktor objekta koji se računa iz:

$$c_s = c_k \cdot \left(1 - \frac{d}{h}\right)^{-2} \quad (14-4)$$

gde je:  $c_k$  – faktor turbulencije (preporučena vrednost  $c_k=0,025$ ),  $h$  – dubina vode (m),  $d$  – visina objekta (m).

U gornjem delu hidrografske mreže su visine obala veće, a često se javljaju klizišta i odroni. Ovde se uređenje korita vrši izgradnjom pregrada visine 2-5 m, koje mogu biti od kamena u cementnom malteru, betona ili armirano-betonskih elemenata. Rastojanje između objekata zavisi od minimalnog pada zaplava iza objekata, koji najčešće iznosi 1 do 3%.

Bujične pregrade u nizu se primenjuju kod bujičnih tokova koji se nalaze na terenima jako podložnim eroziji (les) i ukoliko je korito već ukopano na velikoj dubini. Stepenaste pregrade sprečavaju dubinsku eroziju i zadržavaju nanos u zaplavu. Izgradnja sistema pregrada počinje od najnižvodnije, koju treba obezbediti od erozije izgradnjom slapišta. U zaplavu prve nizvodne pregrade podiže se druga pregrada i tako dalje. To omogućava izgradnju relativno niskih pregrada, što je ekonomično.

Kad je erozija korita vodotoka (potkopavanje dna i obala) ograničena na pojedine deonice (sa pojavama odrona, kliženja zemljišta i sl.), uređenje se izvrši izgradnjom pojedinačnih pregrada (slike 14.1 i 14.2). Pregrade se grade nizvodno od ugroženog sektora, tako da svojim zaplavom zaustavljaju dalje destruktivne procese.

Bujične pregrade su gravitacioni poprečni objekti koji služe za zaustavljanje krupnog vučenog nanosa, umanjeње pada korita i disipaciju kinetičke energije vode. Mogu imati različite oblike i biti izgrađene od različitog materijala, ali svi imaju iste osnovne elemente, a to su: masivno telo pregrade, krila pregrade, prelivni profil i slapište. Bujične pregrade imaju barbokane - otvore u telu za propuštanje malih voda.



*Slika 14.1: Bujična pregrada od kamena (Izvor: Srbijavode)*



*Slika 14.2: Betonska bujična pregrada (Izvor: Srbijavode)*

#### 14.1.1.2 Biotehnički i biološki protiverozioni radovi

U slivu se sprovode i drugi tehnički radovi, čije je osnovni zadatak da na golim i strmim padinama stvore oslonac za razvoj biljaka (šumskih ili poljoprivrednih) kako bi se što pre uspostavila vegetacija i tako zaštitilo zemljište od erozije.

U grupu **biotehničkih radova** spada izvođenje pletera, ilofilterskih pojaseva, gradona, terasa sa zidićima, konturnih rovova i slično.

Najjednostavnije građevine u ovoj kategoriji su **pleteri**, koji se izvode od kolja i pruća, odnosno jeftinih materijala raspoloživih na licu mesta. Izgradnja pletera je vrlo jednostavna i relativno brza, a mana je njihova mala trajnost (maksimum 5 godina), koja dosta ograničava njihovu primenu. Razlikuju se:

- Jednostruki pleteri, visine 0,3-0,7 m, koji se izrađuju duž izohipsi, na međusobnom razmaku 5-10 m. Svrha jednostrukih pletera je da učvrste razoreno zemljište i pomognu obnovu uništene vegetacije.
- Dvostruki pleteri, visine do 1 m, a primenjuju se u jarugama i tamo gde je delovanje vode jače.

**Ilofilterski pojasevi** su naizmenični redovi travne i žbunasto-drvenaste vegetacije. Postavljaju se konturno (po izohipsi), a služe za redukciju površinskog oticaja i zaustavljanje erodiranog materijala (zadržavaju vučeni nanos i najveći deo suspendovanog nanosa).

**Biološki radovi**, kao što je pošumljavanje goleti, zatravljivanje goleti (podizanje veštačkih livada) i podizanje raznih vrsta voćnjaka na strmim terenima, izvode se radi rešavanja problema naglog slivanja vode i erozije na padinama sliva.

#### 14.1.2 Druge mere za uređenje sliva

U Evropi se u novije vreme mnogo pažnje posvećuje primeni različitih mera za uređenje sliva, koje doprinose smanjenju površinskog oticaja i erozije. Primena tih mera ima i druge efekte, kao što je smanjenje rizika od poplava, poboljšano prihranjivanje podzemnih voda itd.

Održanje i zaštita livada i pašnjaka je bitno jer oni, zahvaljujući permanentnom pokrivaču i gustom korenovom sistemu, pružaju dobre uslove za prihvatanje i zadržavanje vode tokom poplava, infiltraciju vode u zemljište i usporavanje oticaja. Erozijska je znatno manja nego na obradivom zemljištu, a takođe doprinose i zaštiti kvaliteta vode jer zadržavaju nanos i asimiliraju hranjive materije.

Uspostavljanjem i zaštitom postojećih pojaseva vegetacije duž saobraćajnica i vodotoka (slika 14.3) poboljšavaju se uslovi za infiltraciju vode i usporava površinski oticaj. Posebno su značajni pojasevi vegetacije na dugim i strmim padinama jer presecaju i usporavaju površinski oticaj i sprečavaju koncentraciju toka, te mogu doprineti smanjenju erozije.



Slika 14.3: Pojas vegetacije uz rečno korito (Izvor: nwrn.eu)

U poljoprivredi se preporučuju sledeće mere, koje doprinose smanjenju erozije i povećanju kapaciteta infiltracije vode u zemljište: (1) Primena plodoreda jer poboljšava strukturu zemljišta; (2) Konturna obrada zemljišta. Ova mera je u Srbiji obavezna na terenima sa nagibom većim od 10%; (3) Konzervacijski sistem obrade zemljišta (oko 30% žetvenih ostataka zadržava se na površini kao zaštitni tampon, a ostatak pri površini); (4) Upotreba mehanizacije ograničena na stalne trake na parcelama, kako bi se smanjilo sabijanje zemljišta; (5) Ograničen broj grla stoke na određenim površinama, jer krupne sorte stoke mogu imati brojne štetne uticaje na zemljište (sabijanje, razaranje strukture zemljišta i gubitak vegetacije); (6) Primena malčiranja (zastiranja golog obradivog zemljišta ili zemljišta oko biljaka prirodnim materijalima).

Mere za poboljšanje retenzionog kapaciteta poplavnih područja uključuju modifikacije korita, uklanjanje naslaga nanosa, formiranje jezera ili bara, novu ili izmenjenu poljoprivrednu praksu, pošumljavanje, povratak autohtonih trava, žbunja i drveća, formiranje travnatih bazena ili močvara, uklanjanje invazivnih vrsta, formiranje priobalnih pojaseva.

Obnavljanje prirodne infiltracije vode u zemljište smanjuje oticaj sa okolnog terena i poboljšava stanje akvifera podzemnih voda. Mehanizmi za obnavljanje i poboljšanje kapaciteta infiltracije zemljišta uključuju: (1) površinske objekte koji olakšavaju/povećavaju prihranjivanje (na pr. infiltracioni bazeni) i (2) indirektno ili direktno prihranjivanje podzemnih voda (bunarima).

Uređenje urbanih sredina u cilju smanjenja površinskog oticaja je takođe bitna komponenta uređenja sliva. Između ostalog, predlaže se da se vodonepropusne obloge (asfalt, beton) gde je moguće zamene vodopropusnim i time omogući infiltracija kišnice u zemljište ili njeno dalje odvođenje podzemnim putem. Predlaže se izvođenje plitkih rovova (slika 14.4), koji mogu da prihvate ili odvedu suvišnu površinsku vodu iz naseljenog mesta. Rovovi mogu biti obloženi ili neobloženi, sa pregradama koje će usloviti taloženje nanosa i doprineti poboljšanju kvaliteta vode. Takođe, predlaže se izvođenje različitih objekata koji prihvataju deo površinskog oticaja i eventualno ga usmeravaju u podzemlje. U ovu kategoriju spadaju upojni šahtovi (ukopane komore, ispunjene šutom ili granulisanim kamenom) i upojni rovovi uz nepropusne površine kao što su parkinzi ili putevi.



*Slika 14.4: Plitki rov u gradskom području  
(Izvor: nwrn.eu)*



*Slika 14.5: Depresija uređena za prihvatanje površinskog oticaja  
(Izvor: nwrn.eu)*

Posebna pažnja se posvećuje uređenju depresija (bazena) pod vegetacijom, koje tokom jakih kiša treba da zadrže oticaj sa nepropusnih površina i omoguće taloženje nanosa i pratećih zagađenja, da bi se zatim voda kontrolisano odvela u obližnji vodotok. Uređene površine bazena su suve (slika 14.5), osim u periodima jakih kiša i mogu imati i druge funkcije (na primer, rekreacija). Idealne su za igrališta, rekreativne površine ili javne otvorene površine. U tom prostoru se sadi drveće, žbunje ili drugo bilje, koje popravljaju vizualni izgled

i obezbeđuje stanište za životinje. Depresije mogu biti uređene kao infiltracioni bazeni, primenom rešenja koja omogućavaju infiltraciju vode u zemljište i podzemne vode.

**Retenziona jezera** u gradovima su stalna jezera sa uređenim obalama i okolinom, projektovana tako da imaju dodatnu zapreminu za prijem površinskog oticaja tokom kišnih epizoda (slika 14.6). Formiraju se korišćenjem prirodnih ili iskopom novih depresija, kao i izgradnjom nasipa.

Oticaj od kiše se zadržava i prečišćava u jezeru. Već samo zadržavanje vode utiče na uklanjanje zagađenja putem taloženja, dok vodna vegetacija i biološki postupci dodatno prečišćavaju vodu. Retenziona jezera tako doprinose uklanjanju urbanog zagađenja i poboljšanju kvaliteta površinskog oticaja.

Svako jezero treba da ima: (1) taložnicu za nanos ili drugi vid predtretmana uzvodno od jezera, (2) stalnu akvatoriju koja je pod vodom tokom cele godine, (3) prostor za privremeni prihvati i ublažavanje poplave, obezbeđen uređenim obalama stalnog jezera i (4) sigurnosni preliv za bezbedno isticanje kada je kapacitet jezera prevaziđen. Dobro osmišljena i održavana jezera doprinose estetskim i ekološkim karakteristikama urbanog pejzaža, naročito u okviru javnih otvorenih prostora.

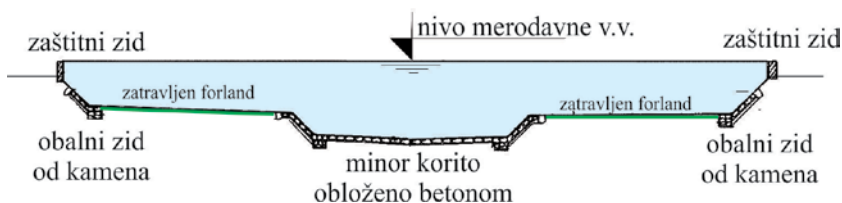


Slika 14.6: Retenziono jezero (Izvor: [champaignil.gov](http://champaignil.gov))

## 14.2 Uređenje korita vodotoka

Uređenje kompletnog korita vodotoka se primenjuje na malim vodotocima, najčešće bujičnog režima.

Profil vodotoka (slika 14.7), često sa obostranim odbrambenim nasipima ili zidovima, tako je dimenzionisan da bez izlivanja može da propusti merodavnu veliku vodu (čiji povratni period zavisi od vrednosti branjenog područja).



Slika 14.7: Primer "gradske regulacije" korita vodotoka (Izvor: IJČ)

U okviru regulacije se radi profilisanje korita, koje dobija ujednačen poprečni profil i pravilniju trasu. Gradske i poljske regulacije sadrže brojne objekte, kao što su pragovi, konsolidacioni pojasevi, kaskade.

**Kaskada** (slika 14.8) se izvodi na mestu denivelacije dna vodotoka (koncentracija energetskog pada) u svrhu zaštite korita od pojačanog erozionog delovanja vode. Koriste se različiti tipovi kaskada, zavisno od terenskih uslova i raspoloživosti materijala. Za savladavanje vertikalne denivelacije do 2m koriste se vertikalne kaskade, koje se sastoje od preliva sa prilaznom deonicom i umirujućeg basena sa nizvodnom zaštitom.



Slika 14.8: Kaskada sa slapištem  
(Izvor: IJČ)

Kompletnu regulaciju vodotoka treba izbegavati, jer se time u potpunosti menja životna sredina i nepovoljno utiče na nizvodni sektor vodotoka. Ovakve intervencije su, međutim, često neophodne kada je potrebno obezbediti zaštitu od voda gusto naseljenih područja, u kojima dugogodišnja neplanska gradnja onemogućava drugo rešenje osim regulacije korita uz izgradnju retenzionih prostora na uzvodnim delovima rečnog sliva (ukoliko za to postoje raspoloživi prostori).

**Primer** ovakvog nametnutog rešenja je regulacija Baričke reke, koja je čestim plavljenjem ugrožavala prigradski deo Beograda (slika 14.9). Kako su stambeni objekti izgrađeni na obalama, nije bilo moguće podizanje nasipa, pa čak ni stalnih zaštitnih zidova. Takođe nije bilo prostora za izvođenje regulisanog korita prirodnijeg izgleda, nego je izvedeno jednogubo trapezno korito, kompletno obloženo betonom (slike 14.10 i 14.11). Betonskom oblogom su smanjeni otpori tečenju i postignuta maksimalna propusna moć korita pri velikim vodama. Treba istaći da posle intervencije regulisano korito prihvata najviše 50-godišnju veliku vodu, dok će zaštita područja od 100-godišnje velike vode biti obezbeđena tek kada se na slivu Baričke reke izvede projektovana retenzija.



Slika 14.9: Izlivanje iz neregulisanog korita Baričke reke 2010. godine (Izvor: IJČ)



Slika 14.10: Regulisano korito Baričke reke  
(Izvor: IJČ)

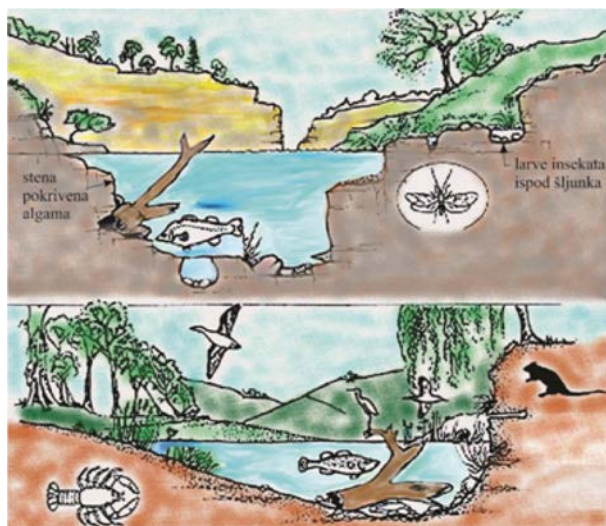


Slika 14.11: Ulivni objekat na uzvodnom kraju regulisanog korita (Izvor: IJČ)

## 18 UREĐENJE VODOTOKA U SVETLU ZAŠTITE KVALITETA VODA

### 18.1 Kvalitet rečne vode

Kvalitet rečne vode obuhvata brojne hemijske, fizičke i biološke parametre. **Hemijski parametri** kvaliteta vode su tvrdoća, alkalnost, pH, sadržaj nutrijenata (azot, fosfor), metala (bakar, cink, olovo, kadmijum) i rastvorenih materija, toksičnost, boja itd. **Fizički parametri** kvaliteta su temperatura vazduha i vode, svetlost, sadržaj suspendovanih čestica, a **biološki** su mikro i makro organizmi u vodi i na obalama.



Slika 18.1: Ekosistem reke sa stenovitim dnom (gore) i aluvijalnim dnom (dole)

Biljni i životinjski svet u rečnom ekosistemu (slika 18.1) čine: alge, više biljke (pričvršćene za dno ili plivajuće), drveće i žbunje na obalama, mikroorganizmi, beskičmenjaci, ribe i drugi kičmenjaci.

Na veoma osetljiv ekosistem vodotoka utiču brojni činioci: brzina rečnog toka, svojstva materijala na dnu (sastav i krupnoća), temperatura vode, sadržaj kiseonika, osvetljenost toka, pH vode, erozija dna i obala.

Ekosistemi se razlikuju, zavisno od veličine vodotoka, geografskog položaja, visinskog položaja (planinske i ravničarske reke), podloge i drugih parametara. Generalno, ekosistemi malih vodotoka (slika 18.3) su znatno više osetljivi na spoljne uticaje od ekosistema velikih reka (slika 18.2).

Sa aspekta uređenja vodotoka, važno je **ne poremetiti stabilnost ekosistema hidrotehničkim merama** odnosno neophodne intervencije zadržati u okvirima koji neće dovesti do poremećaja. Generalno, regulacione mere ne utiču na hemijske i fizičke parametre rečne vode, ali mogu znatno uticati na biljni i životinjski svet.

U projektima uređenja vodotoka je poželjno održati raznovrsnost hidrauličkih i morfoloških elemenata rečnog toka, koja se inače sreće u prirodnom vodotoku, tako što će se projektovati korito krivudave trase, promenljivih poprečnih profila, promenljivog podužnog nagiba dna, sa smenjivanjem plitkih i dubokih zona, promenljivim režimom tečenja i obalama obraslim vegetacijom. Ovi principi se koriste u projektima “naturalne” regulacije.



Slika 18.2: Ekosistem velike reke  
(Izvor: IJČ)



Slika 18.3: Ekosistem male reke  
(Izvor: envis.praha-mesto.cz)

## 18.2 Hidromorfološke promene

U dosadašnjoj praksi upravljanja vodama se ocena kvaliteta vode u vodotocima vršila samo na osnovu fizičko-hemijskih i bioloških parametara. U novije vreme se u evropskim zemljama upravljanje vodama uređuje na osnovu principa definisanih u Okvirnoj direktivi o vodama (ODV), koja kvalitet površinskih voda određuje na osnovu ocene njegovog hemijskog i ekološkog statusa. Pritom je “ekološki status” iskaz o kvalitetu strukture i funkcionisanja vodenih ekosistema u površinskim vodama. Klasifikacija ekološkog statusa se zasniva na tri grupe pokazatelja: biološki elementi (sastav i bogatstvo akvatične flore i faune), hidromorfološki elementi (hidrološki režim, kontinuiranost rečnog toka i morfološki uslovi), hemijski i fizičko-hemijski elementi, kao i specifični polutanti.

U ODV su definisani hidromorfološki elementi kvaliteta koji odgovaraju odličnom statusu površinske vode. To su uslovi koji su postojali u vodotoku u prirodnom, neporemećenom stanju, pre bilo kakvih ljudskih uticaja.

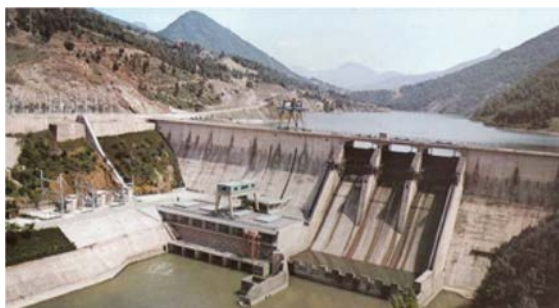
Tabela 18.1: Hidromorfološki elementi kvaliteta vode prema ODV [8]

Element	Odličan status	Dobar status	Umeren status
Hidrološki režim	Količina vode i dinamika toka, kao i povezanost s podzemnim vodama, potpuno ili gotovo potpuno odražavaju neporemećeno stanje	Male promene	Umerene promene
Kontinuitet rečnog toka	Kontinuitet rečnog toka nije narušen antropogenim aktivnostima i dozvoljava neporemećenu migraciju akvatičnih organizama i pronos nanosa	Male promene	Umerene promene
Morfološki uslovi	Oblici korita, varijacije širine i dubine, brzina toka, stanje rečnog dna, kao i struktura i stanje priobalja, potpuno ili gotovo potpuno odgovaraju neporemećenim uslovima	Male promene	Umerene promene

Upoređenjem neporemećenog i sadašnjeg stanja određuju se **hidromorfološke promene**, nastale kao posledica ljudskih aktivnosti na korišćenju ili zaštiti od štetnog dejstva voda odnosno izgradnje hidrotehničkih objekata (brane, ustave, nasipi, regulacioni objekti itd.) za potrebe različitih vidova korišćenja i/ili zaštite od štetnog dejstva voda. Kako je u ODV definisana obaveza praćenja statusa voda u procesu upravljanja vodama, obavezno je i praćenje hidromorfoloških promena u domenu njihovog uticaja na stanje i kvalitet vodenih ekosistema.

Specifičnost ODV je potpuno nova kategorija “značajno izmenjenog vodnog tela” površinskih voda. U nju se svrstavaju ona vodna tela koja su, kao rezultat fizičkih izmena usled ljudske aktivnosti, izmenjena do te mere da više ne mogu dostići dobar ekološki status bez značajnih posledica po životnu sredinu i ljudske aktivnosti na održivom razvoju. Postoji obaveza da vodna tela u ovoj kategoriji dostignu dobar ekološki potencijal, koji podrazumeva izmenjene hidromorfološke parametre ali i primenu mera za poboljšanje stanja.

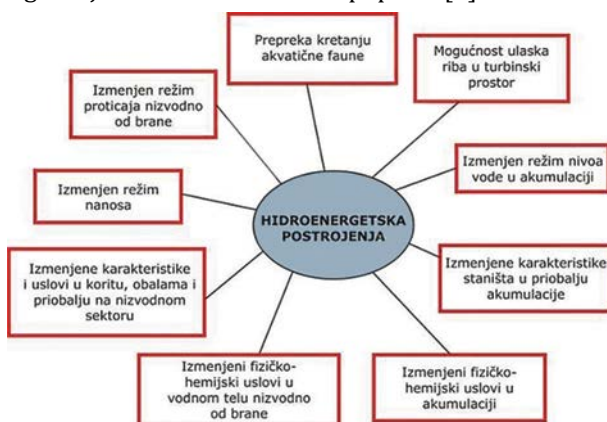
ODV predstavlja prekretnicu u upravljanju vodama jer zahteva multidisciplinarni pristup i uvodi u praksu nove obavezne aktivnosti. Jedna od najinteresantnijih je analiza i praćenje hidromorfoloških promena. Ova potpuno nova aktivnost je otvorila niz pitanja o tome na koji način vrednovati ove promene i upravljati njima.



Slika 18.4: Primer vodnog tela pre i posle izgradnje brane (Izvor: hidrotehnika.rs)

Najznačajnije hidromorfološke promene na vodnim telima površinskih voda nastaju kao posledica korišćenja vode za potrebe hidroenergetike, plovidbe, vodosnabdevanja, poljoprivrede, urbanizacije i dr, kao i izgradnjom sistema zaštite od poplava [8].

**Hydroenergetsko korišćenje vodotoka** najčešće podrazumeva izgradnju brana i akumulisanje vode. Ovi objekti dovode do značajnih hidromorfoloških promena na vodnom telu (slika 18.4) koje kao posledicu imaju nepovoljne uticaje na ekosisteme i njihova staništa, kao što su prekid kontinuiteta vode, nanosa i kretanja riba, promena morfologije vodotoka, sastava rečnog dna, izmena karakteristika priobalja (šema na slici 18.5). Naravno, iste ili slične uticaje imaju i drugi objekti koji pregrađuju vodotoke (brane, ustave, pragovi, pregrade), a izvode se radi obezbeđenja zaštite od voda (zaštita od poplava i kontrola fluvijalne erozije), vodosnabdevanja, uslova plovidbe.



Slika 18.5: Promene na vodnim telima izazvane izgradnjom brane [8]

Izgradnja **linijskih objekta za zaštitu od voda** takođe predstavlja značajan pritisak na vodno telo. U slučaju regulacionih radova na vodotocima (slika 18.6) javljaju se određene promene hidrološkog režima i režima nanosa, morfološke promene, gubitak staništa vodenih vrsta (šema na slici 18.7). Izgradnjom nasipa se sužava rečni koridor, redukuju prirodna plavna područja i menja režim plavljenja (šema na slici 18.8).



Slika 18.6: Primer vodnog tela pre i posle regulacije za velike vode [8]



Slika 18.7: Promene na vodnim telima izazvane regulacijom vodotoka [8]

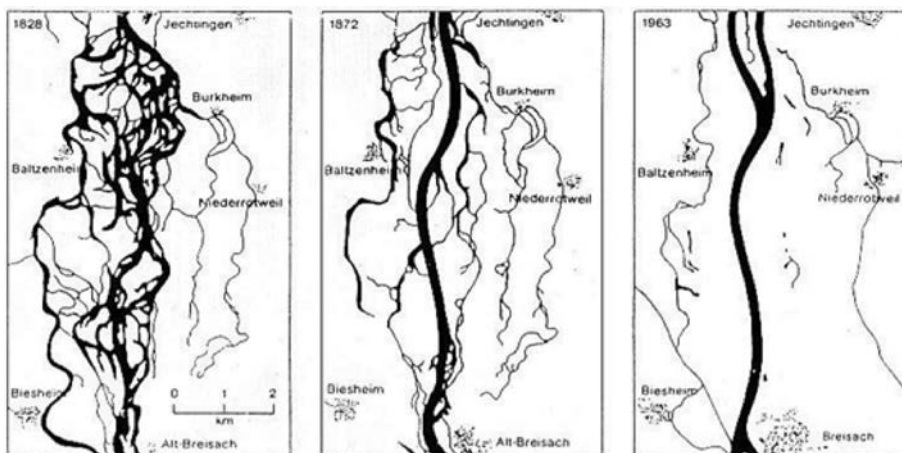


Slika 18.8: Promene na vodnim telima izazvane izgradnjom nasipa [8]

Izvođenje aktivnosti kojima se obezbeđuje plovnost vodotoka i održavanje plovnog puta takođe izaziva brojne hidromorfološke promene na vodnom telu (ujednačena morfologija,

promene režima nanosa, gubljenje kontakta reke i priobalja usled oblaganja obala). Fazno pogoršanje hidromorfoloških uslova na jednom rečnom sistemu, nastalo regulacionim radovima koji su u dužem periodu vršeni radi uspostavljanja povoljnih plovidbenih uslova ilustrovano je na slici 18.9.

U budućnosti, naročito u uslovima pridruživanja Evropskoj uniji i primeni upravljanja vodama u skladu sa principima ODV, neophodno je već u što većoj meri smanjiti nepovoljni uticaj objekata na životnu sredinu (npr. u projektu brane predvideti objekte za migraciju riba i sl.). Regulaciju vodotoka treba planirati u skladu sa principima prirodne regulacije, gde god je to moguće i u što većoj meri.



Slika 18.9: Promene na vodnim telima izazvane regulacionim radovima za potrebe plovidbe (isključenje rukavaca iz rečnog sistema i ispravljanje rečnih krivina) [8]

### 18.3 RAZLIKE IZMEĐU KLASIČNE I “NATURALNE” REGULACIJE VODOTOKA

U **klasičnim regulacionim radovima** od interesa su bili samo tehnički i ekonomski efekti koje treba postići. Inženjeri su analizirali samo uticaj projektovanih radova na morfološke i hidrauličke karakteristike toka i režim rečnog nanosa. Najčešće su regulacioni radovi projektovani tako da se ujednače morfološki i hidraulički uslovi duž vodotoka. Ovakvom vrstom intervencija na reci su često brzine vode povećavane iznad određene granice, uklanjanjem vegetacije smanjena osenčenost i povećana temperatura vode, a smanjena je i količina biološkog otpadnog materijala koji je bitan za održanje biološkog “lanca”. To je dovodilo do pogoršanja uslova života podvodne i priobalne flore i faune, smanjenja biološke raznovrsnosti i generalnog pogoršanja kvaliteta životne sredine. Takođe, prisutni su negativni hidrološko-hidraulički efekti regulacije, koji se ogledaju u povećanju maksimalnih protoka i brzine prostiranja talasa velikih voda.

Krajem osamdesetih godina javlja se koncept **“naturalne” regulacije** u kontekstu zaštite životne sredine i primene koncepta “održivog razvoja”. “Naturalna” regulacija se primenjuje uglavnom na malim vodotocima, jer na njima efekti klasične regulacije mogu biti veoma nepovoljni.

Pri planiranju radova se, pored tehničkih i ekonomskih, sagledavaju ekološki, estetski i socijalni efekti regulacije. Iako se u fazi projektovanja koriste klasične metode hidrološke, hidrauličke i morfološke analize, u fazi realizacije se primenjuju ekološki i estetski principi u pogledu izbora trase, oblikovanja poprečnih profila i izbora materijala za izradu regulacionih građevina. Osnovni principi naturalne regulacije su (Đorđević i Jurak, 1992):

- a) Ako je korito relativno stabilno, obim radova svesti na najmanju moguću meru;
- b) Ako se bitno menja hidraulički i psamološki režim vodotoka, analizirati moguće morfološke promene;
- c) Težiti očuvanju prirodne trase vodotoka, jer biološka raznovrsnost zavisi od rasporeda proluka i sprudova duž vodotoka;
- d) Trasa i obim radova treba da obezbede očuvanje prirodnih biotopa;
- e) Izbegavati uklanjanje velikog drveća sa obala i iz priobalja;
- f) Oblik i dimenzije poprečnih profila treba da obezbede zahtevanu propusnu moć, ali i protočnost u periodu malih voda;
- g) Ukoliko se prosecaju krivine, očuvati "starače" kao biološke rezervate;
- h) Posebnu pažnju posvetiti odlaganju iskopanog/refulisanog materijala, i to sa aspekta količina materijala (odnos deponije i okolnog terena, uticaj na evakuaciju velikih voda) i zagađenosti materijala (konzervacija i biološka revitalizacija deponije);
- i) Predvideti taložnike za plivajuće predmete, granje i druge vrste naplava;
- j) Regulacione građevine izvoditi od lokalnih materijala (kamen, biološki materijali).

## 18.4 Radovi na poboljšanju ekološkog statusa površinskih voda

### 18.4.1 Renaturalizacija korita

U sklopu sprovođenja mera za poboljšanje ekološkog statusa površinskih voda, u mnogim zemljama se radi na renaturalizaciji vodotoka. To su radovi na ranije regulisanim vodotocima, koji se vrše u cilju skladnijeg uklapanja trase i građevina u ambijentalnu celinu i podizanja kvaliteta priobalja u ekološkom, rekreativnom i estetskom smislu

#### 18.4.1.1 Mere renaturalizacije minor korita

Renaturalizacija minor korita (slike 18.10 do 18.12) ima pozitivan uticaj na podvodni i priobalni biljni i životinjski svet jer povećanje raznovrsnosti morfoloških i hidrauličkih uslova vodi povećanju biološke raznovrsnosti.



Slika 18.10: Primer renaturalizacije vodotoka – promena poprečnog profila reke Drave u Austriji (Izvor: wau.boku.ac.at)



*Slika 18.11: Primer renaturalizacije vodotoka – promena poprečnog profila reke Isar kod Minhena (Izvor: restorerivers.eu)*



*Slika 18.12: Primer renaturalizacije vodotoka – promena poprečnog profila reke Itači, Japan (Izvor: pwri.go.jp)*

#### **18.4.1.2 Mere renaturalizacije major korita (obnavljanja plavnih područja)**

Prirodni potencijali plavnih područja značajni su sa vodoprivrednog aspekta (u kontroli poplava i erozije, održanju kvaliteta površinskih voda, kao i snabdevanju i održanju nivoa podzemnih voda), ekološkog (održanje visokoproduktivnih šuma, ribljih i životinjskih zajednica) i drugih aspekata (rekreacija i dr.).

Plavna područja imaju brojne funkcije: smanjuju vrhove poplavnih talasa na nizvodnom području, obezbeđuju prirodne mehanizme za poboljšanje kvaliteta vode (zadržavanje nutrijenata, ugljenika i teških (otrovnih) elemenata, regulacija rastvorenog organskog ugljenika) i očuvanje habitata (naročito retkih vrsta), predstavljaju dinamički sistem koji se prirodno adaptira na klimatske promene, obezbeđuju brojne resurse (riba, drvo i dr.) i mogu se koristiti za razvoj rekreacije i turizma.

Kako je priobalje svakog vodotoka atraktivno zbog ravnog terena, blizine vode, dostupnosti građevinskog materijala, pogodnosti saobraćaja itd., u veoma dugom vremenskom periodu su postepeno isključivane ili menjane inundacije (prosecanjem krivina, izgradnjom nasipa, pretvaranjem u poljoprivredno ili gradsko zemljište).

Sa porastom svesti o ekološkoj vrednosti plavnih područja i njihovog značaja u uslovima klimatskih promena, počeli su projekti njihove rehabilitacije, odnosno postepenog obnavljanja (slika 18.13).



Slika 18.13: Korito reke Brede u Danskoj pre i posle delimične rehabilitacije  
(Izvor: therrc.co.uk)

## 18.4.2 Riblje staze

Izgradnja ribljih staza radi ponovnog uspostavljanja migracije riba na lokalitetima koji su bili prepreka njihovom kretanju je bitna riblju populaciju, koja je važan element kvaliteta vodotoka.

Riblje staze su konstrukcije kojima se olakšava primarno uzvodna migracija ribljih vrsta i drugih rečnih organizama preko poprečnih objekata. Nizvodna migracija može se ostvariti i prelivanjem preko objekta, naročito ako je mala visinska razlika gornje i donje vode.

Najveća prepreka migraciji riba su visoke brane (visine preko 15 m), na kojima se grade riblji liftovi ili se riba lovi i prevozi kamionima ili baržama sa donje na gornju vodu brane.

Za manje prepreke (pregrade u koritu i sl.) postoje brojni tipovi ribljih staza, koji se uglavnom razlikuju po obliku i rasporedu pregrada duž staze. Generalno se mogu podeliti na "tehničke" i "prirodne" riblje staze.



Slika 18.14: Tehnička riblja staza sa prelivanjem iz bazena u bazen  
(Izvor: hehuzhili.com)

### 18.4.2.1 Tehničke riblje staze

Tehničke riblje staze su betonske konstrukcije u kojima se određeni uslovi tečenja ostvaruju time što se veštački povećava rapavost i postavljaju pregrade sa različitim otvorima. Najzastupljenije su: staze s bazenima, staze s vertikalnim otvorima, Denilove staze i kanali s veštački povećanom rapavošću.

Riblje staze s bazenima se projektuju tako da se ukupni pad savlada pomoću niza stepenica (bazena). Bazeni su odvojeni vertikalnim pregradama sa otvorima kroz koje ribe plivaju. Tečenje vode iz bazena u bazen se može odvijati na više načina: (a) isticanjem kroz otvor na dnu pregrade, što je pogodno za ribe koje ne mogu da preskaču pregrade; (b) prelivanjem preko pregrade, što zahteva da riba preskače pregradu (slika 18.14) ili (c) kombinacijom isticanja i prelivanja preko pregrade. Kanal i pregrade su uglavnom pravougaoni, iako mogu biti i trapeznog ili trougaonog oblika.



Slika 18.15: Tehnička riblja staza sa vertikalnim otvorima  
(Izvor: finterest.com.au)

Riblje staze sa vertikalnim otvorima (slika 18.15) su podvarijanta kod koje nije pregrađen ceo poprečni presek, nego je pregrada na određenim mestima prorezana po celoj visini. Pregrade mogu imati prorez na istoj strani ili se prorezi postavljaju naizmenično.

Denilova riblja staza je poznat tip, jer je razvijena još početkom XX veka. Staza se sastoji od pravolinijskog kanala sa podužnim padom, u kome su pregrade raspoređene na kratkim rastojanjima. Vrlo je pogodna za velike padove jer je, zbog velikog gubitka energije na pregradama, njena dužina manja u odnosu na druge tipove ribljih staza.

Kanali sa veštački povećanom rapavošću (slika 18.16) imaju pragove u dnu, koji povećavaju rapavost i rasipanje energije, a to omogućuje smanjenje brzine toka. Pragovi se mogu različito oblikovati i rasporediti: upravno na tok, sa jednim ili dva preloma itd.



Slika 18.16: Tehničke riblje staze sa veštački povećanom rapavošću

Preporučuje se da dno svake tehničke riblje staze, na celoj dužini, bude pokriveno slojem prirodnog nanosa debljine min 0,2 m.

#### 18.4.2.2 Prirodne riblje staze

Prirodne riblje staze su trapezni kanali u kojima se potrebni hidraulički uslovi postižu raspoređivanjem kamenih blokova. Riblja staza može da se izvede celom širinom toka (slika 18.17) ili na jednom delu (slika 18.18). Kanal se oblaže prirodnim rečnim materijalom, da bi se što približnije imitirao prirodni tok. Broj i rastojanje kamenih blokova se određuje hidrauličkim proračunom za zadati pad, tako da se pri merodavnom protoku obezbedi da brzina toka bude u granicama koje riba može podneti.



Slika 18.17: Riblja staza – rampa od kamena celom širinom korita  
(Izvor: mawsons.com.au)



Slika 18.18: Riblja staza – rampa od kamena u delu korita  
(Izvor: fishhabitatnetwork.com.au)

Tipične vrednosti nagiba ove riblje staze su 1:3 do 1:10. Na podlogu od šljunka ili geotekstila postavlja se „tepih“ od najmanje dva sloja lomljenog kamena (donji sloj je od sitnijeg, a gornji od krupnijeg kamena). U podlogu se ukomponuju nepravilno raspoređeni krupni kameni blokovi prečnika 0,6 do 1,0 m. Dubina toka na kamenoj rampi treba da bude 1/3 do 1/2 razlike kota nivoa na uzvodnom i nizvodnom kraju staze. Nizvodno od riblje staze postavlja se kameni tepih minimalne dužine 5 m, radi zaštite korita od erozije. Takođe, potrebno je zaštititi obale oblogom od kamenog nabačaja i vegetacije, koja se uklapa u ambijent.

Da bi riblja staza bila funkcionalna, ulaz u stazu treba dobro postaviti u prostoru, tako da privuče ciljne riblje vrste. Jako strujanje privlači ribe, pa je ulaz najbolje postaviti uz

konkavnu obalu, što bliže brani ili izlazu iz turbine hidroelektrane. I u samoj stazi je potrebno obezbediti odgovarajuće uslove, a posebno pogodne izlazne brzine i protoke. Preporučuje se brzina toka na izlazu iz riblje staze 0,8-2,0 m/s, a protok 1-5% ukupnog protoka.

Hidrauličkim oblikovanjem ribljih staza postižu se uslovi tečenja koji odgovaraju ciljnim ribljim vrstama. Generalno, turbulencija toka u ribljoj stazi treba da bude što manja da bi svi organizmi mogli migrirati, bez obzira na njihove plivačke sposobnosti. Takođe, preporuka je da maksimalna brzina tečenja (u suženjima, procepima i otvorima) bude ispod 2,0 m/s, dok na ostalim delovima riblje staze brzina treba da bude manja.

Bez obzira na iznete preporuke, treba istaći da je svaka riblja staza poseban slučaj i zahteva posebno prilagođena rešenja koja zavise od ciljnih vrsta, vremena migracije, hidroloških uslova vodotoka itd.

Problem pri izboru i koncipiranju riblje staze predstavlja često nedostatak podataka o plivačkim sposobnostima i navikama ribljih vrsta određenog područja, a ti podaci su ulazni parametri za hidrauličkog oblikovanje ovog objekta. Problem se rešava usvajanjem vrednosti za koje se smatra da odgovaraju većem broju ribljih vrsta, kao i praćenjem funkcionalnosti riblje staze posle njene izgradnje. Stoga oblikovanje ribljih staza zahteva multidisciplinarn pristup problemu i blisku saradnju biologa (ihtologa) i građevinskih inženjera.

Riblje staze se grade da se obezbedi uzvodna migracija, dok problematika nizvodnih migracija riba još uvek nije rešena. Ukoliko ribe prelaze pregradu preko preliva, česte su povrede i uginuća zbog velikih brzina i izražene turbulencije toka. Pritom manje ribe bolje podnose padove, dok velike u većini slučajeva imaju posledice.

Poseban problem je kako pri nizvodnoj migraciji sprečiti ulaz riba u turbine hidroelektrana. U tu svrhu se postavljaju posebni objekti, čija je funkcija da ribe na siguran i efikasan način usmere ka ribljoj stazi. To su najčešće fizičke barijere, ali se ispituju i drugi načini za privlačenje riba u riblju stazu.

Kompletnu riblju stazu je potrebno zaštititi od nedozvoljenih radnji, što uključuje postavljanje zaštitnih ograda i mreža, kao i zabranu ribolova, kupanja i sportskih aktivnosti.