

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Hren, B., 2015. Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rusjan, S., somentor Sodnik, J.): 89 str.

Datum arhiviranja: 28-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Hren, B., 2015. Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture. Master Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rusjan, S., co-supervisor Sodnik, J.): 89 pp.

Archiving Date: 28-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM DRUGE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO**

Kandidat:

BLAŽ HREN

**UREDITVE MANJŠIH VODOTOKOV ZA POTREBE
ZAŠČITE OBSTOJEČE INFRASTRUKTURE**

Diplomska naloga št.: V/II.VOI

**LOCAL STREAM REHABILITATION FOR THE
PURPOSE OF PROTECTING URBAN
INFRASTRUCTURE**

Graduation thesis No.: V/II.VOI

Mentor:

doc. dr. Simon Rusjan

Somentor:

viš. pred. mag. Jošt Sodnik

Ljubljana, 26. 10. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Blaž Hren izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom »Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 30. 9. 2015

Blaž Hren

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 502/504:556(497.4)(043.2)
- Avtor:** Blaž Hren, dipl. inž. grad.
- Mentor:** doc. dr. Simon Rusjan, univ. dipl. inž. grad.
- Somentor:** viš. pred. mag. Jošt Sodnik, univ. dipl. inž. grad.
- Naslov:** Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture
- Obseg in oprema:** 89 str., 34 sl.
- Ključne besede:** urejanje vodotokov, erozija brežin, protierozijski ukrepi, varovanje brežin, sonaravno urejanje.

Izvleček

Namen magistrske naloge je iz različnih vidikov predstaviti postopek lokalnega urejanja oziroma sanacije vodotokov s poudarkom na ureditvah strug vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture. Izpostavljene so tehnične možnosti izvedb posegov v vodni prostor, kritično pa so obravnavani zakonodajni okviri obravnavane tematike. Opisu administrativne ureditve področja urejanja vodotokov pri nas sledi predstavitev teoretičnega principa optimizacije projekta ureditve vodotoka, ki je povzet po tuji literaturi in praksi ter prilagojen na prostorske in ostale značilnosti našega prostora. V drugem delu naloge je na primeru potoka Belice predstavljen projekt lokalne ureditve vodnega in priobalnega prostora v sklopu obnove obstoječe cestne infrastrukture. Za odsek je bila izdelana analiza hidravličnih razmer v obstoječi in predvideni urejeni strugi z uporabo hidravličnega modela HEC-RAS. Na podlagi slednje in upoštevajoč ostale dejavnike, pa so podane tehnične usmeritve za ureditev odseka Belice.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	502/504:556(497.4)(043.2)
Author:	Blaž Hren, B. Sc.
Supervisor:	Assoc. Prof. Simon Rusjan, Ph. D.
Co-supervisor:	Sen. Lec. Jošt Sodnik, M. Sc.
Title:	Local stream rehabilitation for the purpose of protecting urban infrastructure
Scope and tools:	89 p., 34 fig.
Keywords:	stream rehabilitation, riverbank erosion, anti-erosion measures, riverbank protection, sustainable river engineering.

Abstract

The purpose of this master's thesis is to present various aspects of a local stream regulation works in scope of the infrastructure maintenance and reconstruction. Considering characteristics of smaller headwater streams, we presented several technical alternatives and critical overview of Slovenian legislative framework. Description of administrative regulation of the sector is followed by presentation of theoretical principle for optimization of planning process for stream corridors. The latter is taken from foreign practice and literature and adapted to the spatial and other characteristics of our area. In the second part of the thesis, as a study case, stream Belica is used to overview the key components of a planning process of stream corridor rehabilitation in scope of the local road infrastructure reconstruction, as shown in previous chapters. The hydraulic conditions in the stream section were analysed by Hec-Ras hydraulic model of the present and planned stream channel. On the basis of the latter and taking into account all other factors, we specified technical guidelines for future hydrotechnical regulation of the Belica stream channel.

ZAHVALA

V prvi vrsti gre zahvala mentorju doc. dr. Simonu Rusjanu in somentorju viš. pred. Joštu Sodniku. Hvala vama za vso energijo, čas in razumevanje, s pomočjo vajinih nasvetov je šlo vse lažje.

Tekom študija sem spoznal nekaj izjemnih ljudi, ki jih danes lahko imenujem prijatelji. Zahvaljujem se vam za nepozabna študentska leta, brez vas ne bi bilo enako.

Prav tako bi se rad iskreno zahvalil sošolcem ter pedagoškim delavcem na drugi bolonjski stopnji. Pomagali ste mi, da razširim svoje obzorje in obogatim svoje znanje. Na tem mestu bi rad omenil tudi sošolce in pedagoge s Fakultete za gradbeništvo v Beogradu, ki so mi tekom enoletnega študija v Srbiji pomagali, me spodbujali in me marsičesa naučili. Posebej bi se rad zahvalil prof. Dejani Djordjević, ki me je s svojim pristopom in široko paleto znanja vseskozi spodbujala in motivirala.

Za podporo v času študija se zahvaljujem družini, posebna zahvala pa gre puncu Gei, ki me je spodbujala tekom pisanja te naloge, na koncu pa jo je tudi vestno pregledala. Marsikatera vejica je našla svoje mesto prav po njeni zaslugi.

»The foolish man wonders at the unusual, but the wise man at the usual.«

R. W. Emerson

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	VII
KAZALO SLIK.....	X
1 Uvod.....	1
2 Načrtovanje ureditve vodotoka kot elementa prostora na lokalnem nivoju	2
2.1 Tehnični vidiki urejanja vodotokov.....	2
2.1.1 Stabilnost struge	3
2.1.2 Tehnični in biotehnični načini ureditve vodotokov	5
2.1.2.1 Stabilizacija dna struge.....	6
2.1.2.2 Ukrepi na vodotokih s tendenco zaplavljanja	12
2.1.2.3 Regulaijski vzdolžni obrežni ukrepi v nestabilnih vodotokih.....	14
2.1.2.4 Sprememba tlorisnega poteka vodotoka.....	26
2.2 Pravno-administrativna urejenost upravljanja z vodami v RS	28
2.2.1 Upravljanje z vodami v Sloveniji	28
2.2.2 Pravni red v Sloveniji (po Stražišar, 2008).....	30
2.2.3 Pravni akti na področju voda v Sloveniji	31
2.3 Povzetek in opažanja na področju zakonske ureditve urejanja vodotokov.....	36
2.4 Princip optimizacije projektov urejanja vodotokov	39
2.4.1 Vizija projekta in njegova organizacija.....	41
2.4.2 Identifikacija problemov in njihovih vzrokov	43

2.4.3 Določitev omejitev in razvoj ciljev projekta	46
2.4.4 Določitev alternativ in njihove izvedljivosti	48
2.4.5 Implementacija izbranega ukrepa	50
2.4.6 Aktiven monitoring	51
3 Optimizacija projekta idejne zasnove ureditve vodotoka na primeru potoka Belice pri Preddvoru	53
3.1 Lega in kratek opis območja	53
3.2 Obstoječe stanje	55
3.3 Pregled pravno-administrativnih dejavnikov v projektu	59
3.3.1 Predvidena infrastruktura	59
3.3.2 Pregled pravno-administrativnih podlog	60
3.3.3 Predlog optimizacije projekta	60
3.4 Zasnova tehničnih rešitev na odseku	62
3.4.1 Hidrologija	62
3.4.2 Hidravlika	63
3.4.2.1 Model terena in situacija	65
3.4.2.2 Podatki o prečnih profilih	68
3.4.2.3 Podatki o hidravličnih objektih na odseku	69
3.4.2.4 Podatki o pretokih in robni pogoji	69
3.4.2.5 Pregled rezultatov izračunanih v HEC-RAS-u za obstoječe stanje	70
3.4.2.6 Hidravlična analiza predvidenega stanja	71

3.4.3	Predlogi tehničnih rešitev na obravnavanem odseku	72
4	Zaključek	74
Viri	76

KAZALO SLIK

Slika 1: Stabilizacija struge z uporabo kamnitih nizkih (talnih) pragov ali drč (FISWRG, 2007)	7
Slika 2: Prikaz delovanja zaplavne pregrade (Suda s sod., 2008)	9
Slika 3: Vzdolžni prerez kamnitega pragu (Božič, 1990).....	10
Slika 4: Prečni prerez kamnitega pragu (Božič, 1990).....	10
Slika 5: Prečni prerez lesenega praga s stopnjo (Božič, 1990).....	11
Slika 6: Vzdolžni prerez lesenega praga s stopnjo (Božič, 1990)	11
Slika 7: Prodni zadrževalnik v Majdičevem logu v Kranju (lastni arhiv).....	13
Slika 8: Obliki prodnega zadrževalnika pri različnih spremembah vzdolžnega naklona nivelete (po Mikoš, 2000)	14
Slika 9: Izbira položaja in smeri vodotoka (Pantar, 2007)	16
Slika 10: Shieldsov diagram (Jovanović, 2008).....	18
Slika 11: Uporaba prefabriciranih betonskih blokov (levo) in obloge iz gabnionov (desno) (Babić Mladenović, 2013).....	19
Slika 12: Zasnova težnostnega zidu z uporabo gabionskih blokov (prirejeno po Hemphill, 1989)	19
Slika 13: Brežine urejene z gabioni (http://www.gabion1.com.au/gabion_erosion_control.htm)	20
Slika 14: Enostenska kaštna konstrukcija (Florineth, 2004).....	21
Slika 15: Konzolna in sidrana konstrukcija na pilotih (FISRWG, 2007)	22
Slika 16: Zaščita brežine z vrbovim protjem takoj po izvedbi in dve leti kasneje (FISRWG, 2007)	23

Slika 17: Izdelava fašine (http://soundnativeplants.com/nursery/live-stakes-and-cuttings/) ..	24
Slika 18: Zavarovanje brežine s tonjačo in fašinami (Florineth, 2004)	24
Slika 19: Jezbice za regulacijo struge z ojačanimi glavami (Babić Mladenović, 2013)	26
Slika 20: Zaščita mostnih opornikov z jezbicami (FISRWG, 2007)	26
Slika 21: Trasa vijugajočega vodotoka (http://www.austintexas.gov/faq/geomorphic-analysis)	27
Slika 22: Hierarhična ureditev pravnih predpisov v Republiki Sloveniji	31
Slika 23: Shema koncepta optimalnega poteka projekta (prilagojeno po FISRWG, 1998 in Rutherford s sod., 2000)	40
Slika 24: Prikaz lege obravnavanega območja	55
Slika 25: Motnja v toku na lokaciji prve lesene stopnje	56
Slika 26: Dolvodni leseni stopnji v dobrem stanju	57
Slika 27: Gorvodni prag zgrajen iz betonskega opornika za kozolec	57
Slika 28: Dotrajan lesen most	58
Slika 29: Ureditev prevoza preko struge	59
Slika 30: Situacija z ortofoto v programu CIVIL3D	67
Slika 31: Formirana mreža TIN v programu CIVIL3D	68
Slika 32: Obstoječ prečni profil P2 v programu HEC-RAS z gladino vode za pretok Q_{20}	70
Slika 33: Obstoječ prečni profil P9 v programu HEC-RAS z gladino vode za pretok Q_{20}	71
Slika 34: Primerjava gladin na obravnavanem odseku za obstoječe in novo stanje za pretok Q_{20}	72

»Ta stran je namenoma prazna«

1 Uvod

Vodotoki so kompleksen in dinamičen element okolja. S spremembami hrapavosti, hitrosti toka, globine in poteka trase se vodotok prilagaja spremenjenim procesom, ki so naravni ali pogojeni s človeškimi aktivnostmi v prostoru. Slednje so posledica splošnega razvoja, ki temelji na rabi naravnih virov.

Za podeželski prostor je bilo pred pričetkom intenzivne industrializacije značilno vzdržno ravnanje z naravnimi dobrinami. V primeru izkoriščanja vodnih virov je to pomenilo sonaravne in preproste ukrepe na vodotokih, ki so v osnovi služili zadovoljevanju osnovnih človekovih potreb. Razvoj je nato pripeljal industrializacijo, na podeželje pa urbanizacijo, intenzivno kmetijstvo, turizem in druge dejavnosti. Vse to se je odražalo v rušenju ravnotežja v krajini, ki je na vodah pustilo različne posledice. Dno doline se je ohranilo za potrebe obdelave, objekti (hiše, hlevi, itd.) pa so se gradili na vršajih, kjer je interakcija voda-človek še intenzivnejša. Lastniki obvodnih parcel so zmanjševali obvodni prostor, namenjen hidromorfološki dinamiki, z namenom večanja in izboljšanja kmetijskih in gozdnih zemljišč ali gradnje objektov. Varovanje slednjih se je pričelo odražati v zamenjavi tradicionalnih, okolju prijaznejših ukrepov s tehnološkimi rešitvami in uporabo klasičnih, togih gradbenih materialov, kot je beton. Z njimi je bilo mogoče na preprost in trajen način, brez potrebe po prihodnjem vzdrževanju, popolnoma ločiti vodni prostor od obvodnega. Skupaj s povečano stopnjo zaščite pred delovanjem voda je človek s takimi ukrepi tudi razmejil vodni habitat od zemlje, kar ima določene ekološke posledice.

Slovenija spada med države z veliko vodnatostjo in gostim omrežjem vodotokov, pri čemer je potrebno omeniti velik delež hudournikov (Klabus, 1999). Glede na literaturo (Mikoš, 2012) je teh okoli 8000 km. Z vodotoki se v največji meri prepleta cestno omrežje, saj je kar 70 % vodotokov v Sloveniji od cest oddaljenih manj kot 100 metrov (Globevnik, 2012). Ceste so pogosto vzporedno ali celo tik ob strugah, velikokrat pa prihaja tudi do prečenj tako strug kot tudi poplavnih in ogroženih območij. Največje število poškodb je opaziti na lokalnih in regionalnih cestah, ki jih je v Sloveniji tudi največ (z izjemo gozdnih cest), obenem pa se zanje prepogosto ne najde zadostnih finančnih sredstev, kar se odraža v njihovem slabem stanju in zastarelosti (Klabus, 1999). V interni raziskavi, ki je bila opravljena v Podjetju za urejanje hudournikov, je bilo ugotovljeno, da je bilo kar 70% obravnavanih erozijskih problemov tako ali drugače povezanih s cestami. Delež škode na račun visokih voda, ki je povezana s cestami, pa presega 50% (Klabus, 1999).

Dandanes se uporabi klasičnih gradiv nismo popolnoma odrekli, saj je njihova uporaba na nekaterih erozijsko bolj ogroženih odsekih še vedno nujna. Kljub temu pa se v zadnjih letih vse večji pomen daje sonaravnim vodarskim ureditvam, ki pomenijo vračanje k živim gradivom, katerih uporaba je bila v preteklosti zelo razširjena, obenem pa zagotavljajo trajnostno ravnanje z vodnimi viri. To je ključnega pomena za ohranjanje naravnega okolja in nadaljnji razvoj.

Poleg zgoraj navedenih novih, trajnostnih smernic pa obstajajo še številni drugi dejavniki, ki imajo pomembno vlogo v procesu urejanja vodotokov. V Sloveniji je to področje pravno urejeno s številnimi zakonskimi in podzakonskimi akti, ki so večinoma sledili sprejetju Okvirne Vodne Direktive s strani Evropskega sveta.

Kot tretji dejavnik v tem sklopu lahko definiramo še različne deležnike, ki so lahko javnega ali zasebnega značaja, njihovi interesi pa zelo različni. Sem spadajo lastniki vodnih in obvodnih zemljišč, koncesionarji, razne interesne skupine (ribiči, okoljevarstveniki, lokalna skupnost), itd.

V skladu z napisanim, je cilj magistrske naloge predstaviti urejanje vodotoka v ruralnem okolju in pri tem upoštevati večino glavnih dejavnikov. V prvem delu so ti faktorji definirani, kasneje pa smo na njihovi osnovi pripravili koncept izboljšane pristopa k načrtovanju ureditev vodotokov. Ta koncept smo v drugem delu uporabili na odseku potoka Belica med naseljema Zgornja in Srednja Bela v občini Preddvor, za katerega je bil, s pomočjo programskega orodja HEC-RAS izdelan hidravlični model. Na podlagi slednjega in ob upoštevanju prej naštetih dejavnikov smo podali tehnične predloge ureditve obravnavanega odseka.

2 Načrtovanje ureditve vodotoka kot elementa prostora na lokalnem nivoju

2.1 Tehnični vidiki urejanja vodotokov

Namen tega poglavja je podati tehnični pregled pomembnejših ukrepov na področju urejanja voda upoštevajoč projektantsko prakso v našem prostoru. Proces oblikovanja tehnične zasnove ukrepa ima svoje mesto v integriranem procesu planiranja. Podati ugodno tehnično rešitev pomeni umestiti jo v krajino in v vodni ekosistem tako, da ta izpolni bistvene cilje in tehnične zahteve projekta. Rešitve so lahko različne, od tega da ne naredimo ničesar oziroma

v vodotok posegamo s preprostimi ukrepi, do najzahtevnejših in zelo kompleksnih posegov na večjih in zelo specifičnih odsekih.

Pogosto se rešitve za probleme iščejo že ob njihovi identifikaciji. Možno je, da je preprosta rešitev celo ustrezna, vendar je mogoče tudi, da gre za kompleksen problem, ki presega enostavne rešitve. Povedano lahko prikažemo na primeru erodirane brežine. Prvi odziv na terenu je običajno ta, da je potrebno brežino zaščititi z večjimi skalami bodisi v suho bodisi v betonu, čeprav je problem lahko v globalni nestabilnosti vodotoka in bi se ga bilo bolj smiselno lotiti drugače. Za razvoj uspešne rešitve je zato že na začetku zaželeno multidisciplinarna analiza problema.

Tehnične rešitve ureditve vodotoka vključujejo posege v vodni prostor, ki ga sestavljata struga in brežine ter v obvodni prostor. Ukrepe lahko izvajamo na podlagi razvojnih oziroma varstvenih ciljev, v zadnjem času pa sta, v duhu trajnostnega razvoja, ta dva pojma čedalje bolj povezana. V tem poglavju so opisane možnosti tehničnih ureditev za stabilizacijo struge in brežin, ki so ločeni glede na ekološko sprejemljivost uporabljenih materialov. Zaželeno je čim večja uporaba živih gradiv, vendar brez klasičnih inženirskih posegov na hidravlično oziroma hidromorfološko izpostavljenih odsekih ne gre. Pri posameznih ukrepih je običajno naveden obseg uporabe in tehnične smernice izvedbe, vseskozi pa se je potrebno zavedati, da je vsaka ureditev vodotoka lahko zelo specifičen projekt in primernost rešitve zavisi od veliko različnih faktorjev, primarno pa od lokalnih hidravličnih lastnosti vodotoka.

2.1.1 Stabilnost struge

Proces vsake sanacije, ki vključuje rekonstrukcijo struge, temelji na sposobnosti struge, da le ta prevaja določeno količino vode, brez odlaganja odvečnih plavin oziroma poglobljanja struge. Zato je ocena hidromorfoloških procesov v strugi ključen korak v projektiranju poseganja v vodotok. Ocene hidromorfoloških procesov v strugi so lahko izvedene na različne načine. Za relativno preproste projekte včasih zadoščajo že vizualne ali kvalitativne metode, medtem ko je za kompleksnejše projekte hidromorfološke procese običajno primernejše ocenjevati z matematičnimi ali fizičnimi modeli.

Prvi korak pri oceni stabilnosti vodotoka je ocena delovanja struge, določimo ali je niveleta vodotoka v relativno stabilnem stanju ali pa je nestabilna, pri čemer se lahko dno struge zaplavlja oziroma pogloblja. V zvezi s stabilnostjo se kasneje posvetimo še stabilnosti brežin

in obvodnih površin, največji pomen pa kljub temu dajemo sami stabilnosti dna, ki pogojuje tudi stabilnost brežin.

Zaplavljanje in poglobljanje sta potencialno največji spremembi v posameznem vodotoku ali njihovem sistemu. Ker je ocena morfoloških sprememb povezana z napovedjo teh sprememb, je pomembno, da jih definiramo skupaj s posledicami, ki jih lahko povzročijo v strugi.

a) Zaplavljanje struge vodotoka

Ko se sedimenti dlje časa deponirajo v strugi vodotoka, lahko rečemo da prihaja do zaplavljanja struge. Prečni prerez struge se polni oziroma postaja plitvejši, zaradi česar se pojavlja bočna erozija, ki širi strugo. Pretočnost vodotoka in z njo poplavna varnost je zmanjšana. Razlogi za podvrženost vodotoka zaplavljanju so lahko različni, običajno pa do odlaganja sedimentov pride v spodnjih odsekih vodotokov, ko se padci, in z njimi premostitvena sposobnost, zmanjšajo. Možni razlogi za zasipanje struge so še zemeljski plazovi, človeška aktivnost, naravne danosti, itd. Umetni kanali se običajno zasipajo, kadar se zaradi poplavne varnosti struga vodotoka preveč razširi in poglobi, kar pomeni zmanjšano njene sposobnosti za premeščanje plavin v času nižjih (pogostejših) pretokov (FISRWG, 2007). Obenem prekomerno odlaganje sedimentov v gornjem toku lahko pomeni pomanjkanje le teh dolvodno, kjer se iz tega razloga vrši poglobljanje struge (Habersack s sod., 2015).

b) Poglobljanje struge vodotoka

Do poglobljanja struge prihaja, kadar se v strugi dlje časa dogaja proces erozije, ki po obodu premešča material. Prečni prerez struge postaja globlji, kar se odraža v številnih (negativnih) posledicah, kot so poškodbe na objektih v vodnem in obvodnem prostoru, nezmožnost razlivanja na poplavne ravnice, zniževanje nivoja podtalnice itd. (Habersack s sod., 2015). Možni vzroki za poglobljanje struge so zmanjšanje količine sedimentov (odsek vodotoka za pregrado), povečan pretok, vodni skok, degradacija in nekateri manj pomembni. V umetnih kanalih do erozije prihaja predvsem zaradi izravnavanja struge ali nezmožnosti razlivanja vode iz kanala v primerih visokih voda. V obeh primerih prihaja do presežka vlečne sile, ki se odraža kot erozija na dnu in brežinah struge vodotoka oziroma kanala (FISRWG, 2007).

Pomemben vpliv imajo tudi zaplavne pregrade v zgornjem toku, kjer se zaustavijo plavine, voda pa, zaradi odvzete nasičenosti s sedimenti, začne erodirati strugo dolvodno od pregrade. Tak primer najdemo tudi na reki Savi, kjer se je dolvodno od jezua hidroelektrarne Moste struga poglobila za več metrov (Kryžanowski, 2000).

c) Stabilna struga vodotoka

Popolnoma stabilna struga v naravi ne obstaja, vendar bomo za potrebe naloge in razumevanja vseeno definirali relativno stabilno strugo. O njej govorimo, kadar v daljšem časovnem obdobju vodni in sedimentacijski režim ne vodita do intenzivnejšega zasipanja oziroma poglobljanja struge. Kratkoročne spremembe so v takih vodotokih vseeno možne in kot take ravno tako lahko povzročajo tudi poškodbe brežin. V teh primerih moramo biti pazljivi, da pravilno pristopimo k problemu sanacije, saj se ukrepi razlikujejo glede na to, ali imamo opravka z vodotokom, ki je v ravnovesju in je prišlo samo do lokalne poškodbe, ali gre vendarle za vodotok, ki je globalno gledano nestabilen in je poškodba struge posledica dolgoročnih pojavov v strugi.

2.1.2 Tehnični in biotehnični načini ureditve vodotokov

Načrtovanje in sanacija vodotokov običajno obsegajo posege v strugo in brežine. V vodotoke lahko posegamo z namenom ohraniti ekološke pogoje, kljub temu pa hkrati doseči zastavljen cilj – sanacijo struge, varovanje brežine, itd. V nadaljevanju sledi pregled nekaterih pogosteje uporabljenih ukrepov, ki se primarno koristijo za zaščito brežin, zmanjševanje erozijske moči toka ter izboljšanje naravnih habitatov.

Za področje urejanja vodotokov je projektantom na voljo široka paleta različnih ukrepov, med katerimi izbiramo na podlagi projektnih ciljev, pravno-administrativnih omejitev, možnih posledic porušitve in hidroloških oz. hidravličnih pogojev. Vse možne ukrepe moramo obravnavati kot fleksibilne, vsekakor pa je vsak izmed njih tudi podvržen določeni stopnji tveganja. Pri projektiranju in oceni tveganja je potrebno spoštovati tudi mnenja lastnikov zemljišč in javnosti. Za konec pa se seveda ne moremo izogniti tudi ekonomskemu aspektu projekta. Ta mora biti s stroškovnega vidika efektiven, tako v fazi gradnje, kot tudi kasneje v fazi delovanja, ko štejejo nizki stroški vzdrževanja in delovanja.

V praksi se ukrepe velikokrat kombinira tudi z ostalimi tehnologijami. Tehnike tradicionalnega inženirskega pristopa se priredijo oziroma izboljšajo, da bi zagotovili izboljšanje ekoloških razmer v vodotokih (raznolikost habitatov). Nekateri ukrepi so odvisni od drugih in bodo lahko zaživel samo, če je bil pred tem izveden nek drug ukrep (na primer: stabilizacija struge in izboljšanje habitatov), v nekaterih primerih pa je lahko celo najboljša rešitev ta, da ne naredimo ničesar in vodotoku pustimo prosto pot. Taki primeri so redki, vendar obstajajo in so običajno predmet pravilnega prostorskega planiranja, zato se na tem mestu z njimi ne bomo ukvarjali.

Spodaj so izpostavljene le nekatere izmed tehnik in ukrepov urejanja vodotokov. Obstajajo še mnoge druge, ki so se izkazale v praksi, vendar so večinoma le nekoliko spremenjeni načini izvedbe spodaj opisanih.

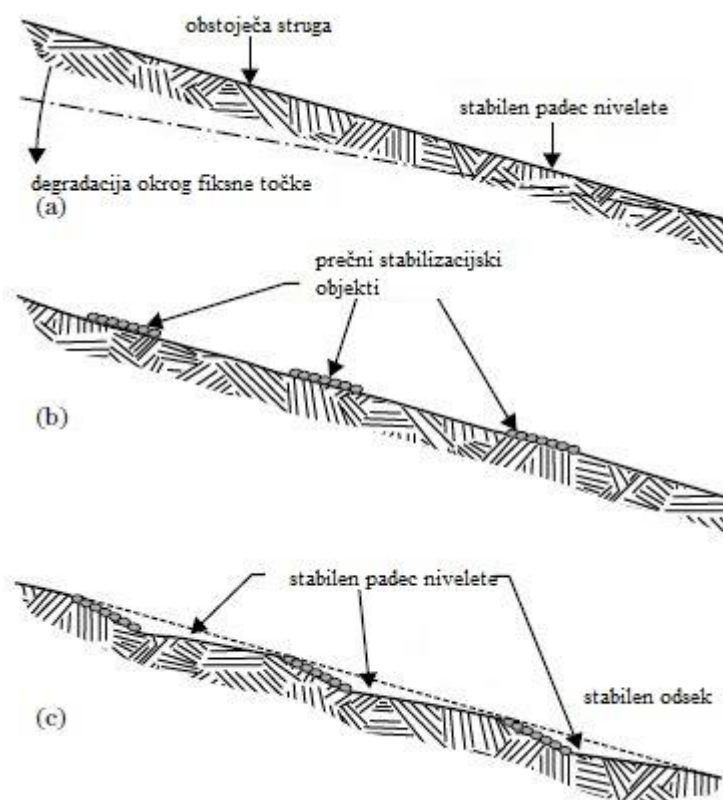
2.1.2.1 Stabilizacija dna struge

Kontrola stabilnosti dna vodotoka je ključna, če želimo stabilizirati strugo, ki je podvržena poglobljanju. Poglobljanje struge lahko posredno in neposredno povzroča škodo na mostovih, kanalizacijskih in vodovodnih vodih, prometnicah in ostali infrastrukturi. Zaradi poglobljanja dna prihaja do zniževanja nivelete, kar privede do relativnega zviševanja brežin. Omenjen proces znižuje njihovo stabilnost in sčasoma lahko vodi v porušitev. Erodiran material nato voda odnese dolvodno, kar lahko zopet povzroča ekološko škodo v vodotoku in materialno v njegovi bližini. Podobno velja tudi za lokalno bočno erozijo, ki neposredno povzroča škodo nekaj lastnikom zemljišč; nikakor ni lokalen problem, ampak posredno lahko povzroča škodo na precej večjem območju. Problema se lahko lotimo iz dveh različnih zornih kotov; lahko utrdimo dno struge, ali pa se lotimo vzroka, in sicer z zmanjšanjem energije vodnega toka (FISRWG, 2007).

1. Ojačitev posteljice dna

Ukrepi te vrste so primerni v vodotokih z manjšimi padci, saj taki posegi padca ne zmanjšajo, temveč z ojačitvijo dna povečajo odpornost materiala glede na vlečno silo toka vode. Ločimo različne tipe ojačitve dna struge, ki pa pravzaprav vsi izhajajo iz enake ideje in sicer dodajanju ustrežnejšega, predvsem bolj grobozrnatega materiala.

Najpreprostejša oblika utrjevanja posteljice dna vodotoka je *polaganje kamnitih blokov* v strugo. Polagamo jih lahko v rastrski razporeditvi ali pa poljubno po več skupaj v prečne linijske objekte – oblikujemo t.i. talne pragove. Paziti je potrebno na medsebojno razdaljo, da erozija, nastala pri enem bloku ne vpliva na drugega in mu s tem ne zmanjšuje namembnosti. Dodani kamniti bloki delujejo na dva načina, in sicer deloma povečajo odpornost struge na erozijo (poveča se srednje zrno in s tem kritična vrednosti napetosti), vsak kamnit blok pa prispeva tudi k energijskim izgubam, zaradi česar se prodonosna zmogljivost nekoliko zmanjša. Prednost te rešitve je vsekakor njena enostavnost izvedbe, vendar pa lahko močnejši tokovi povzročajo premik blokov, s čimer tak ukrep sčasoma izgubi svojo funkcijo (Mikoš, 2000).



Slika 1: Stabilizacija struge z uporabo kamnitih nizkih (talnih) pragov ali drč (FISWRG, 2007)

V primeru, da se osredotočimo le na povečanje odpornosti posteljice dna struge in na ta račun zanemarimo izgubo energije vodnega toka, običajno izberemo *dodajanje grobih frakcij* v posteljico dna. Podobno kot pri umeščanju kamnitih blokov gre tudi tu za povečanje velikosti srednjega zrna in s tem odpornosti dna na globinsko erozijo vodnega toka. V najbolj mejnem slučaju celotno dno struge prekrijemo z bolj grobim materialom – ustvarimo *umetno posteljico dna* struge. Tak postopek uporabljamo le redko, ob zožitvah na velikih vodotokih ali pri umetno induciranem izravnavanju strug manjših vodotokov (Mikoš, 2000).

2. Zmanjševanje vodne energije s prečnimi objekti

Prečni objekti nam v osnovi služijo za preprečevanje globinske erozije v strugi, zadrževanje plavin, stabilizacijo brežin, prekinjanje masovnega pretoka sedimentov ob neurjih itd. V grobem jih delimo na pregrade, jezove in pragove. Za pregrade veljajo ICOLD kriteriji, po katerih med velike pregrade štejemo:

- Pregrade z gradbeno višino < 15 m
- Pregrade z gradbeno višino med 5 in 15 m, pri čemer je volumen v akumulaciji večji od $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Zadnik, 2012)

Med jezove potemtakem uvrščamo vse objekte z gradbeno višino pod 10 m, za pragove (s stopnjo) pa velja, da se njihova višina giblje med 0,2 in 2,0 m. Talni pragovi naj bi imeli koristno

višino enako 0,0 m (Kolman, 2014, cit. po Markič, 2008). Glavna razlika med pragom in jezom je v tem, da gre pri jezu za zajem vode, prag pa se najpogosteje izvaja za potrebe stabilizacije, zmanjšanje padca nivelete itd. Ključni omejitveni element pri oblikovanju pretočnih profilov in nivelete bi morala predstavljati hitrost vodnega toka. Ta je pomembna predvsem s stališča obstanka vodnih organizmov in hidravlične obremenitve ostenja struge. Za zgornjo mejo običajno vzamemo hitrost 3,5 m/s, saj pri večjih hitrostih začne voda večino organizmov že odplavljati. Nižji vodostaji pomenijo tudi zmanjšanje hitrosti in takrat naj bi vrednost mejne hitrosti znašala okoli 0,70 m/s (Suhadolnik, 2007).

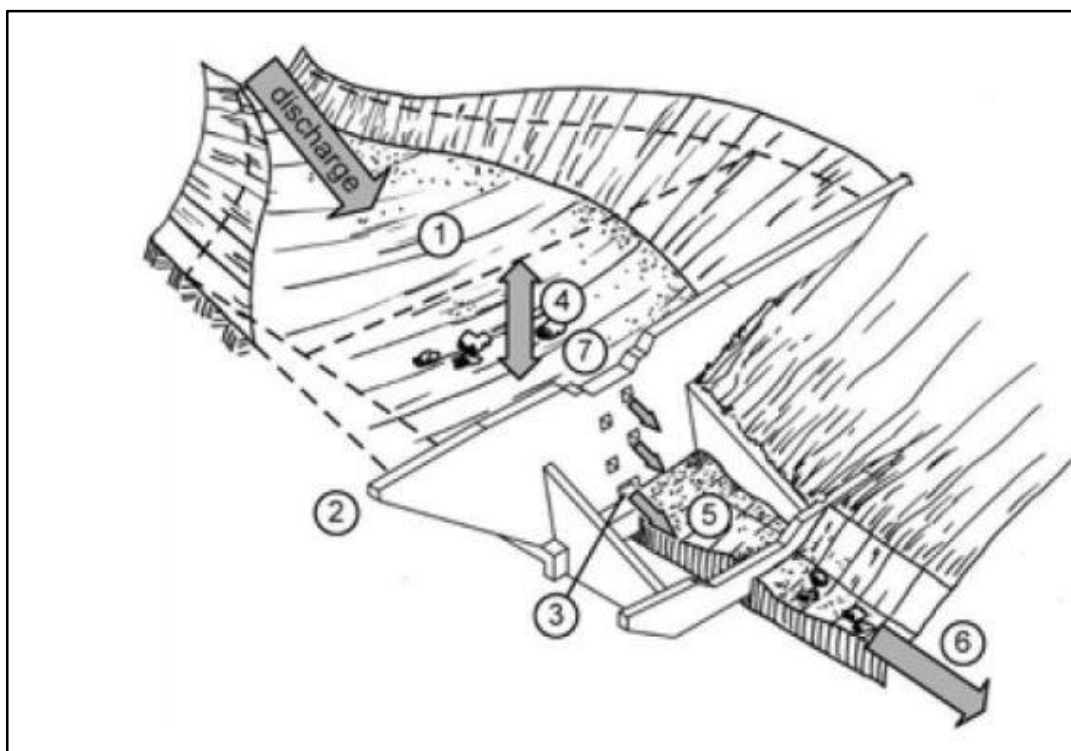
- Pregrade in jezovi

V kolikor se že na tem mestu omejimo predvsem na hudournike in vodotoke z večjimi padci, velja, da se pregrade v opisanih pogojih uporabljajo predvsem za preprečevanje globinske in bočne erozije, zadrževanje plavin za gorvodne dele struge, grajene v sistemu, pa tudi za vzpostavitev uravnoteženega vzdolžnega padca struge. Jezovi na drugi strani služijo predvsem za zajetje in odvzem vode za energetske objekte. Če se le da, se poskušamo pregradam izogniti, saj so kot take neprehodne za vodne organizme. Za slednje so namreč pri nizkem vodostaju neprehodni praktično vsi objekti nad cca 0,5 m višine. Pregrade so skoraj neizogibne običajno v gornjih delih hudournikov, kjer so zaradi intenzivnega delovanja pogosto edina možna rešitev za doseg ciljev ustalitve vodnega toka. Energija na pregradi se pri prelivanju lahko izgublja na več načinov. Lahko se izgublja ob trku vodnega curka v spodnjo vodo, pri čemer se energija izgublja v erozijskem tolmunu v podslapju oziroma za to namenjenemu umirjevalnemu bazenu. Včasih se voda s preliva direktno vodi na posebej oblikovano drčo, ki prav tako na različne načine (vodni skoki preko večjih stopenj, turbulentni tok preko manjših) odvaja nekaj energije vodnega toka. Ker klasične pregrade niso toliko vezane na urejanje manjših vodotokov, se na tem mestu v podrobnosti ne bomo spuščali, v pomoč pa nam je lahko strokovna literatura (Markič, 2008, Savić, 2003 in Steinman, 2008).

Po drugi strani pa je potrebno poudariti pomen hudourniških pregrad, ki jih je bilo od začetka hudourniške dejavnosti pri nas zgrajenih blizu 3500 (Horvat s sod., 2008). Hudourniške pregrade so po definiciji vse konstrukcije, ki so v povodju hudournika zgrajene z namenom stabilizacije posteljice oziroma pobočij, regulacije izpustov visokih voda, zadrževanja plavin, disipacije energije drobirskih tokov ali preusmeritve nevarnih voda (Torkar, 2013). Ker pri nas nimamo izdelanih tehničnih smernic za urejanje hudournikov, se bomo na tem mestu oprli na avstrijske tehnične standarde (ONR 24800), ki ločijo štiri vrste hudourniških pregrad glede na njihovo funkcijo.

Stabilizacijske in *konsolidacijske* pregrade v prvi vrsti ščitijo dno in brežino struge pred erozijo. Običajno se gradijo v nizih, sedimenti, ki se preko krone odlagajo pred pregrado oziroma za naslednjo, pa zmanjšujejo vzdolžni padec nivelete in s tem erozijske procese v strugi (Suda s sod., 2008).

Zadrževalne oziroma *zaplavne* pregrade zadržujejo plavine v naravnih ali umetnih zadrževalnikih. Zadrževanje trdnih snovi kasneje vodi do trajnega odlaganja sedimentov, ki jih je potrebno redno čistiti, bodisi strojno bodisi skozi izpuste v sami pregradi. Samo na ta način lahko objekt obdrži svojo primarno funkcijo. Za funkcionalnost takega ukrepa je pomembno tudi, da hudournik dolvodno od pregrade nima zadostnega prodonosnega potenciala, sicer lahko pride do poglobljanja struge dolvodno od pregrade. Zaplavne pregrade praviloma niso učinkovite pri direktni obremenitvi z drobirskim tokom (Miklau in Suda, 2011).



Slika 2: Prikaz delovanja zaplavne pregrade (Suda s sod., 2008)

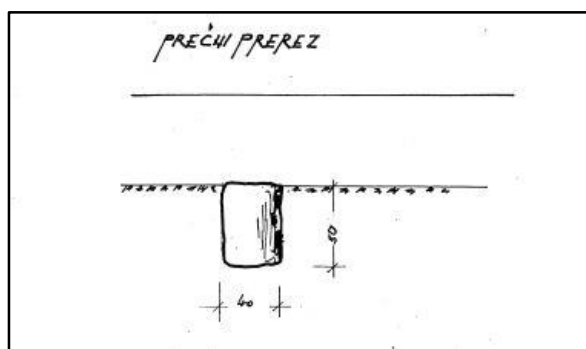
Omenjeni tehnični standardi ločijo tudi pregrade za *doziranje* in *filtracijo*, ki so namenjena zadrževanju grobih plavin v času visokih vod. Pregrade te vrste imajo v konstrukciji večje reže, ki omogočajo prehajanje drobnih sedimentov, zadržijo pa plavje (hlodi, balvani), ki bi v času visokih vod lahko zamašilo mostove in ostale zožitve v strugi dolvodno od pregrade (Miklau in Suda, 2011, Torkar 2013).

Disipacijske pregrade imajo nalogo zmanjševanja energije drobirskim tokovom. Disipacija energije drobirskega toka se lahko doseže z masivno konstrukcijo, ki z razbijanjem direktno vpliva na drobirski tok ali s pregrado, ki z vodnim skokom povzroča izgubo energije v umirjevalnem bazenu. Razbijanje drobirskega toka poteka v kombinaciji z zadrževalnikom, ki del drobirskega toka zadrži za pregrado. Nižji naklon zadrževanega bazena in pretočnost pregrade zmanjšujeta kinetično energijo toka. Razbijanje toka se vrši na najvišje postavljeni gorvodni pregradi (Suda s sod, 2008; Torkar, 2013).

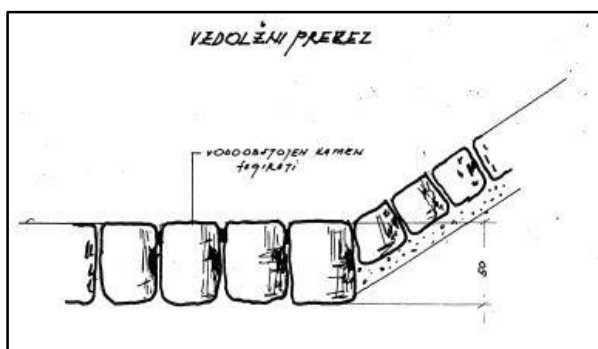
- Pragovi in drče

Pragovi in drče so ekološko gledano najbolj primeren poseg v vodotok, katerega struga je podvržena stalnim erozijskim procesom. Obe vrsti prečnih zgradb sta običajno prehodni za vodne organizme, poleg tega pa poskrbita za ozračevanje toka. Nekatere vrste pragov lahko ob pravilni izvedbi v svojem podslapju nudijo tudi zatočišče za ribe.

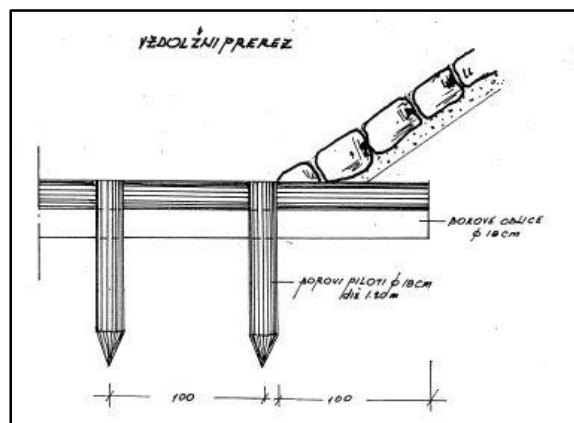
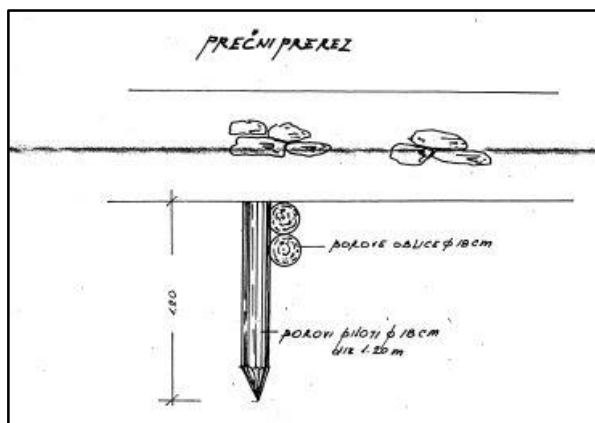
Pragove v grobem razdelimo na *talne pragove* in *pragove z eno ali več stopnjami*. Talni pragovi se običajno uporabljajo za zaščito nivelete dna proti poglobljanju in bočni eroziji brežin struge. Njihova je značilnost je ta, da nimajo uporabne višine in bi jih zato prav tako lahko umestili med ukrepe ojačitve dna struge. V duhu sonaravnega urejanja vodotokov je pomembno, da dajemo prednost materialom, kot sta kamen in les, vendar se vseeno betonu in ostalim tehničnim kompozitom ne moremo popolnoma odreči. Talne pragove uvrščamo med enostavnejše objekte za izvedbo, glede na material se pojavljajo v veliko različicah, zato izbiro pogojujejo predvsem ekonomski in ekološki kriteriji.



Slika 3: Vzдолžni prerez kamnitega pragu (Božič, 1990)



Slika 4: Prečni prerez kamnitega pragu (Božič, 1990)



Slika 6: Vzdržni prež lesenega praga s stopnjo (Božič, 1990)

Slika 5: Prečni prež lesenega praga s stopnjo (Božič, 1990)

Pragovi s stopnjami so med najpogostejšimi objekti na manjših vodotokih, kjer imajo običajno stabilizacijsko ali zaplavno funkcijo, včasih pa celo obe. To dosežemo z energijskimi izgubami, ki nastanejo pri prelivanju preko praga. Medtem ko je potrebna višina stopnje posledica stabilizacijske analize, je dejanska višina določena na podlagi ekoloških kriterijev. Ti so povezani s prehodnostjo za vodne organizme. V vodotokih s ciprinidnimi vrstami naj bi maksimalna višina prečne zgradbe znašala 20-30 cm, medtem ko salmonidne vrste lahko prečijo tudi objekte koristne višine do 60 cm. S tem v zvezi velja opozoriti še na oblikovanje podslapnega tolmuna, ki ga ribe potrebujejo, da pridobijo potrebno zagonsko hitrost za premagovanje ovir. Mejne vrednosti podslapnega tolmuna so odvisne od višine prepreke in se gibljejo od 50 do 70 cm. Najnižja kota tolmuna pomeni osnovo za temeljenje praga, ki naj bi bilo vsaj 50 cm nižje od dna tolmuna (Horvat, 1993 cit. po Bertok, 1989).

V primeru, da koristna višina enega praga ne zadošča potrebam projekta, se odločimo bodisi za sistem pragov bodisi drče. Če se odločimo za zaporedno gradnjo več pragov, moramo biti pozorni, da med njimi vzpostavimo zadostno razdaljo. Poleg stabilnostnih razlogov je ta pomembna tudi zaradi rib, ki pri gorvodnem premagovanju ovir potrebujejo določeno razdaljo za počitek, v kolikor tega v obliki podaljšanih prelivov – ribjih počivališč ne ponujajo pragovi sami. Podobno kot talne pragove tudi pragove s stopnjami oblikujemo iz različnih materialov. Pomemben element pri gradnji pragov je utrjevanje brežin, ukrep, ki ga posebej obravnavamo v enem izmed naslednjih razdelkov naloge.

Zaradi različnih faktorjev je včasih potrebno na kratki razdalji premagati velik padec nivelete. V takih primerih je običajno najsmotrnejši ukrep izvedba drč, ki jih delimo na lesene in kamnite ter njune kombinacije. Kot pri večini ostalih prečnih objektov, sta tudi tu glavna pogoja konstruiranja ekološke in stabilnostne narave. Prehodnost je omejena s padci drč, idealni so padci od 1:10, medtem ko se sprejemljive vrednosti gibljejo nekje do 1:6 (Horvat, 1993, cit. po

Bertok, 1989). Z vidika stabilnosti je pomembno sidranje objekta z lesenimi piloti ali železnimi traverzami, predvsem za visokovodne pogoje, ki so jim drče v zgornjih tokovih občasno podvržene. V primeru težjega zabijanja lahko konstrukcijo vpnemo tudi v brežine s pomočjo prečnega lesovja. Tako kot pri večini prej opisanih prečnih objektih, je tudi pri drčah potrebno posebej utrditi brežine in dno struge (Horvat, 1993).

Drče spadajo med zahtevnejše objekte za projektiranje, saj s svojim delovanjem oblikujejo izrazito turbulenten (deroči) tok, ki pogojuje uporabo fizičnih modelov. Ti so običajno dragi in naporni, rezultati, ki jih dajejo pa še vedno ne dovolj enoznačni. Tudi z matematičnimi modeli kot je npr. Hec-Ras deroči tok preko drče zelo težko zadovoljivo modeliramo. V praksi zato dimenzioniranje temelji predvsem na preteklih izkušnjah in literaturi, ki je nastala na podlagi le teh (Horvat, 1993). Verjetno gre v tem tudi iskat glavni vzrok, da (vsaj v našem prostoru) dajemo prednost ostalim, enostavnejšim različicam prečnih objektov.

2.1.2.2 Ukrepi na vodotokih s tendenco zaplavljanja

1. Odvzemanje plavin

Ukrep odvzemanja plavin je upravičen, kadar je bilanca dotoka plavin in zmogljivosti vodotoka za premeščanje le teh pozitivna, čeprav so bili pred tem že izvedeni drugi ureditveni ukrepi. V splošnem velja, da je odvzem plavin v javnem interesu, če pa gre za redno odvzemanje (kvalitetnega) rečnega mineralnega agregata, lahko govorimo tudi o zasebnem gospodarskem interesu. V Sloveniji imamo v skladu z Zakonom o vodah odvzem plavin iz vodotokov urejen s koncesijskimi sporazumi med državo in koncesionarji. Ti morajo za odvzete količine kvalitetnega materiala sicer plačati vodno povračilo, vendar z njim lahko razpolagajo po svoji volji oz. si morajo s prodajo povrniti stroške odvzema. Za nekvalitetne materiale, ki nimajo tržne vrednosti, pa država koncesionarju plača stroške odvzema in deponiranja. Težko je izvajati natančno kontrolo nad odvzetim materialom, na nekaterih mestih je pravzaprav tudi težko oceniti optimalne količine, ki jih je potrebno odstraniti iz struge. V sklopu letnega plana javne gospodarske službe, ki ga pripravi koncesionar, se med drugim načrtuje tudi čiščenje naplavin iz lokacij. Te so določene na podlagi rednih ogledov rečnega nadzornika. Realno stanje se ovrednoti s pomočjo geodetskih posnetkov pred in po odvzemu (po ZVO-1).

Temeljni cilj odstranjevanja plavin iz struge vodotoka je širjenje pretočnega profila na mestih odvzema, struga vodotoka pa kasneje sama po sebi doseže ponoven zvezen vzdolžni padec med mestoma odvzema.

2. Prodni zadrževalniki

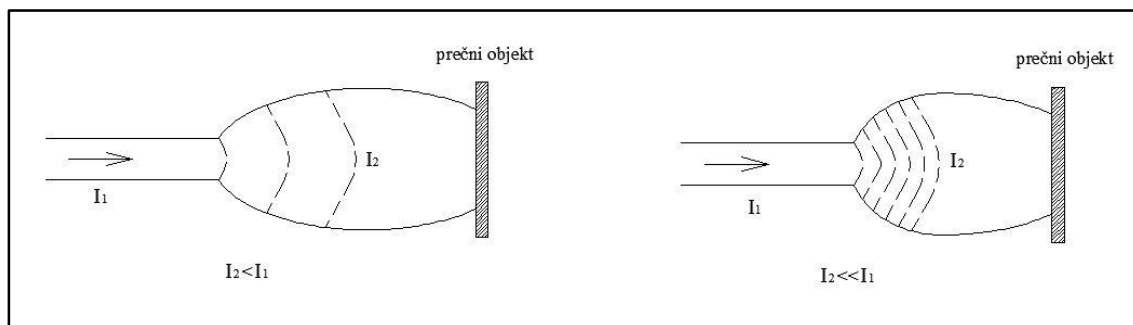
Pod pojmom prodnega zadrževalnika razumemo tista mesta na vodotoku, na katerih človek namensko zadržuje in odstranjuje dotekle plavine. Najpogosteje jih gradimo v neposredni bližini naravnega deponiranja sedimentov, v takem primeru je potrebno taka mesta le oblikovati in razširiti. Naravna prodišča najdemo predvsem tam, kjer se vzdolžni padec dna naglo zmanjša, zaradi česar vodotok izgubi na hitrosti in posledično na vlečni sili, ki je sorazmerna prodonosni zmogljivosti vodotoka. Značilna mesta s pozitivno prodonosno bilanco na vodotokih so še hudourniški vršaji in sotočja vodotokov (Mikoš, 2000).

Na hitrosti vodotoka za potrebe prodnega zadrževanja pa lahko vplivamo tudi sami. S tem lahko neposredno vplivamo na usedanje prodnih zrn želene velikosti. Običajno te hitrosti zmanjšujemo in to dosegamo na dva različna načina: s poglobljanjem struge ali pa izgradnjo prečnega objekta, s čimer zmanjšamo vzdolžni naklon dna struge.



Slika 7: Prodni zadrževalnik v Majdičevem logu v Kranju (lastni arhiv)

Gledano s ptičje perspektive je zadrževalnik najpogosteje ovalne ali jajčaste oblike. Ovalna razširitev pride v poštev pri majhnih naravnih spremembah vzdolžnega padca, medtem ko jajčasto (večja razširitev na vtoku v zadrževalnik) izberemo pri večjih spremembah vzdolžnega padca. V takem primeru zaradi večjega negativnega gradienta hitrosti prej nastane naplavni vršaj (Mikoš, 2000).



Slika 8: Obliki prodnega zadrževalnika pri različnih spremembah vzdolžnega naklona nivelete (po Mikoš, 2000)

2.1.2.3 Regulacijski vzdolžni obrežni ukrepi v nestabilnih vodotokih

1. Nasipi

Nasipi so verjetno najbolj prepoznavni elementi rečne regulacije. Gre za velike zemeljske objekte, pri čemer gre lahko za nadvišanje obstoječe brežine ali pa se gradijo izven osnovnega rečnega korita. Služijo zoževanju območij razlivanja za potrebe velikih voda, zaradi česar se poveča branjena površina za nasipom. Pri projektiranju nasipa je potrebno definirati v grobem štiri osnovne elemente (Mladenović, 2013).

Trasa nasipa mora biti čim bolj izravnana glede na traso poteka struge pri nižjih vodostajih, da bi se v visokovodnih razmerah dosegli čim ugodnejši pogoji tečenja. Medsebojna razdalja med nasipoma se določi s pomočjo tehnično-ekonomske analize, kjer večji razmak med nasipoma pomeni nižji nivo vode v strugi in nižji objekt, kar vodi v manjši investicijski zalogaj in nižje stroške vzdrževanja. Po drugi strani pa v tem primeru večji del površin žrtvujemo za razlivanje visokih voda. Med osnovno strugo in peto nasipa se mora pustiti dovoljšen prostor, da morebitna erozije ne bi ogrozila nasipa. V primeru meandrirajočega vodotoka je ugodno, da je razdalja med levim in desnim nasipom večja od širine meandriranja (Mladenović, 2013; Muškatirović, 1976).

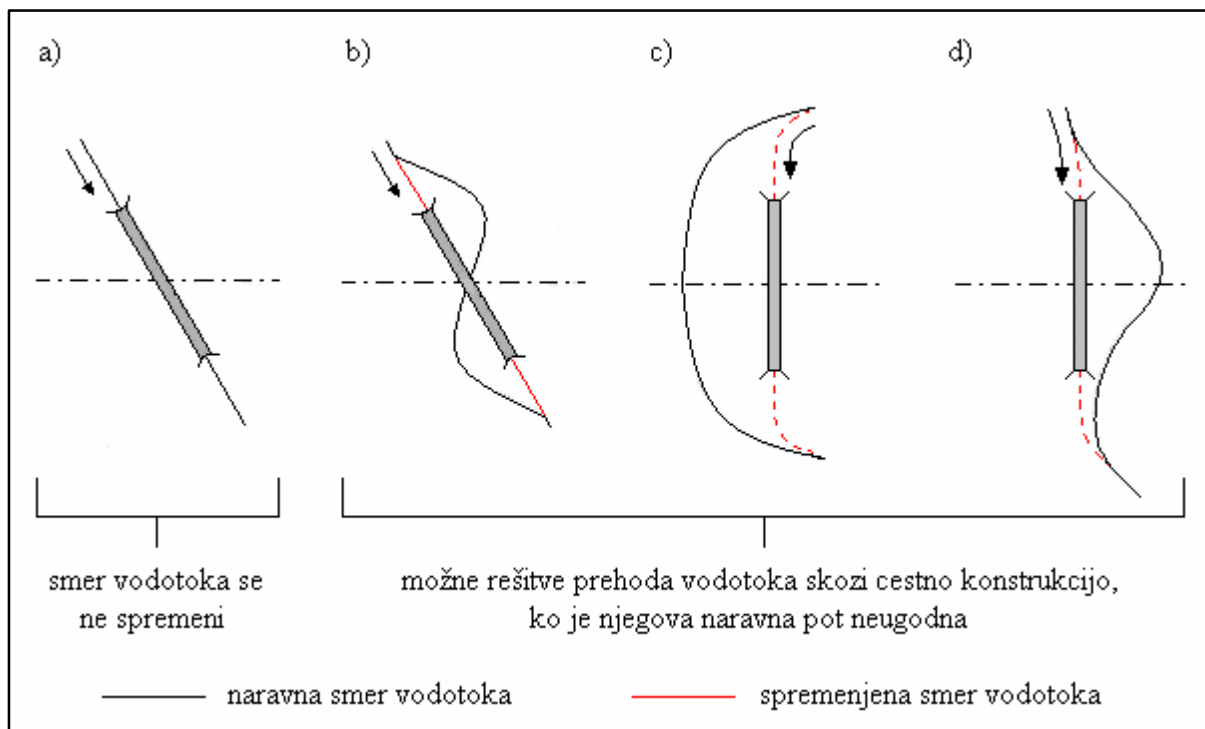
Dimenzioniranje nasipa pomeni definiranje njegove zunanje oblike oziroma višine in širine krone, naklona brežin, položaja in širine morebitnih berm. Razdaljo med nasipoma in kotom krone se določa na osnovi hidroloških, hidravličnih in tehnično-ekonomskih analiz, ostale dimenzije pa se izberejo na podlagi izkušenj, nato pa njihovo ustreznost preverimo še glede na različne zunanje vplive: hidrostatične, hidrodinamične, dinamične in seizmične (Mladenović, 2013; Muškatirović, 1976).

Zasnova konstrukcije pomeni izbrati tip prečnega profila nasipa, ki ga izberemo tako, da je ta čim manj prepusten za vodo. Še posebej je to pomembno pri velikih vodotokih, kjer poplavni valovi lahko trajajo več dni, zaradi česar so neugodni vplivi na nasip povečani. Če v bližini trase nasipa ni dovolj vodoneprepustnih materialov (glina, ilovica) za izgradnjo celotnega profila nasipa, se zmanjšanje vodoprepustnosti lahko doseže tudi z vgradnjo večjih materialov različne prepustnosti ali vgradnjo neprepustnega jedra oziroma brežine (Mladenović, 2013).

Poleg omenjenih nasipov pa obstajajo tudi nasipi, ki jih gradimo za druge namene. Med take spadajo tudi cestni nasipi, ki za našo tematiko niso posebnega pomena, zato se v njihove tehnične podrobnosti ne bomo poglobljali. Velja pa z njimi v zvezi omeniti *cestne prepuste*. Gre za element odvodnjavanja, katerega glavna naloga je odvajanje vode pod cestno konstrukcijo oz. skozi telo cestnega nasipa v prečni smeri glede na os ceste. Pri hidravlični prevodnosti prepusta je potrebno upoštevati tako količino vode, kot tudi količino nanošenega materiala. Prepusti so dandanes večinoma iz armiranega betona, v preteklosti pa so se za prepuste manjših dimenzij koristili tudi les, kamen, beton in jeklo. Poznamo več vrst oblik prepustov (cevní, škatlasti, obokani), njihov najpomembnejši element pri dimenzioniranju pa je svetla odprtina. To v največji meri določata količina vode, ki jo je potrebno odvesti, in vzdolžni padec (min. 0,5 %). Največja višina prepusta znaša 5 m, večje objekte pa že uvrščamo med mostove. Za pravilno delovanje prepustov je ključno redno pregledovanje in čiščenje, zaradi česar premer ne sme biti manjši od:

- 100 cm pri prepustih krajših od 15 m,
- 150 cm pri prepustih dolžine od 15 do 30 m,
- 200 cm pri prepustih daljših od 30 m.

V kolikor gre za križanje ceste z vodotokom, je lokacija prepusta pogojena s čim manjšim spreminjanjem tlorisnega poteka in oblike vodotoka. (po Pantar, 2007)



Slika 9: Izbira položaja in smeri vodotoka (Pantar, 2007)

2. Klasični in sonaravni ukrepi varovanja brežin

Zaradi bočne erozije in poglobljanja struge lahko prihaja do spodjedanja in ogrožanja brežin vodotoka. Erozija v konkavnih brežinah je povzročena s strani sekundarnega oziroma prečnega tečenja v strugi in se zato običajno pojavlja lokalno, torej na zunanjih delih rečnih krivin. Drugi tip erozije brežin je posledica poglobljanja nivelete struge, zaradi česar se višina brežin povečuje, obenem pa postajajo vse strmejšje. Pri izbiri primerne ukrepa je bistveno, da erodirano brežino uvrstimo v prvo oziroma drugo skupino. Erozijo na konkavnih delih struge vodotoka namreč tudi obravnavamo lokalno, medtem ko je potrebno k eroziji brežin zaradi poglobljanja struge pristopiti celovito in zaščitne ukrepe ustrezno kombinirati s stabilizacijskimi. Dandanes tehnike varovanja brežin v glavnem delimo glede na primarni material, uporabljen pri izvajanju ukrepa. Ločimo *klasične* in *sonaravne* (biotehnične) možnosti urejanja brežin vodotokov. Ker se danes večinoma vse tehnike med seboj vsaj v majhni meri kombinirajo, je meja med tema dvema skupinama čedalje težje postaviti. Kljub temu pa bomo v tej nalogi med klasične varovalne objekte uvrščali tiste, ki vsebujejo tehnične kompozite (npr. beton) ali pa so pretežno grajeni iz konvencionalnih gradbenih materialov kot so žagan les, kamen, žičnate mreže in podobno. Na drugi strani so sonaravno grajeni objekti grajeni s poudarjeno ekološko noto. Nekateri izmed objektov v tej skupini iz stabilnostnih razlogov še vedno sestojijo tudi iz klasičnih gradiv (predvsem les in kamen), vendar le tam, kjer je to neizogibno, vsekakor pa vizualno gledano prevladajo živa gradiva (fašine, potaknjenci).

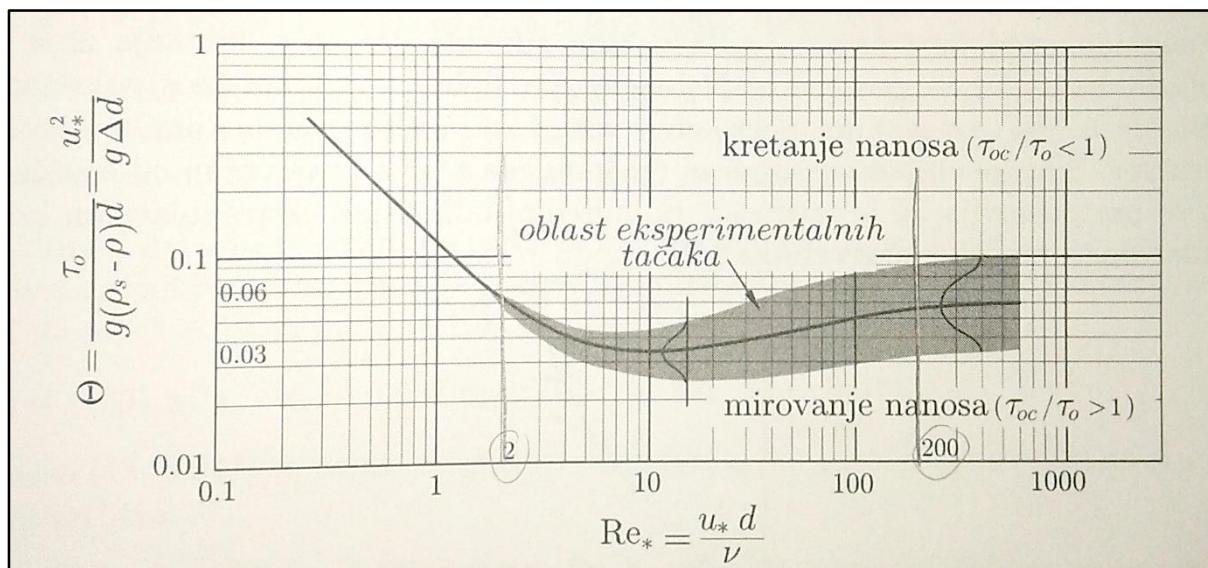
Klasičnim gradivom se v današnji vodarski projektantski praksi poskušamo, kjer je to primerno in izvedljivo, v čim večji meri izogniti in jih ustrezno nadomestiti s sonaravnimi materiali. Kljub temu pa je v nekaterih primerih njihova uporaba neizogibna, med drugim v bližini infrastrukture, s čimer preprečujemo morebitne poškodbe. Ko je govora o varovanju brežin, take vrste ukrepov izbiramo predvsem za stabilizacijo najstrmejših brežin, ki iz različnih razlogov ne dovoljujejo nadaljnje erozije. Poleg tega so primerni tudi za vodotoke, kjer se pogosteje pojavljajo višji vodostaji (nad 2 m) ali pogosta nihanja vodostaja.

V primeru, da imamo na razpolago dovolj obvodnega prostora, hidrološki pogoji pa vseeno ne dovoljujejo uporabe živih gradiv, imamo na voljo več rešitev. Daleč najpogosteje uporabljena je obloga brežin s kamenjem ali skalami (»rip-rap«), ki se polagajo v suho ali pa so povezane z vezivom.

Za ugotavljanje dimenzij kamnja v kamnometu se uporablja podobne metode kot pri računu začetka prodnega premika. Osnovne pristope lahko delimo na stohastične in deterministične, slednji pa lahko temeljijo bodisi na principu kritične hitrosti bodisi kritičnih tangentialnih napetosti. Ena izmed uporabnih metod, ki temelji na principu kritičnih strižnih napetosti je tudi Shields-ov diagram. Podobno kot ostale metode, tudi ta temelji na brezdimenzijskih parametrih, katerih korelacija predstavlja mejno stanje stabilnosti zrn pri danih hidravličnih pogojih. Brezdimenzijske parametre dobimo s pomočjo brezdimenzijske analize, ki omogoča združevanje fizikalnih količin vode in plavin (Jovanovič, 2008). V primeru Shieldsovega diagrama velja:

$$\Theta = \frac{\tau_0}{g(\rho_s - \rho)d} = \frac{u_*^2}{g \cdot \Delta \cdot d} = f(Re_*)$$

Kjer sta Θ – brezdimenzijska strižna napetost (Shieldsovo število) in Re_* - Reynoldsovo število za rečno zrno. Odvisnost (1), ki jo je eksperimentalno definiral Shields, je prikazana na Sliki 10.



Slika 10: Shieldsov diagram (Jovanović, 2008)

Na Shieldsovem diagramu na Sliki 10 sta področja mirovanja in gibanja zrn plavin razdvojena s korelacijskim poljem točk, kar pomeni, da govorimo o slučajnih spremenljivkah. V našem primeru gre za merljive parametre, zato se predpostavlja normalna oziroma Gaussova porazdelitev spremenljivk. Polna črta, ki pomeni 50% verjetnost premika zrna, označuje kritično brezdimenzijsko strižno napetost $\theta_c = \theta_c(Re_*)$ (po Jovanović, 2008).

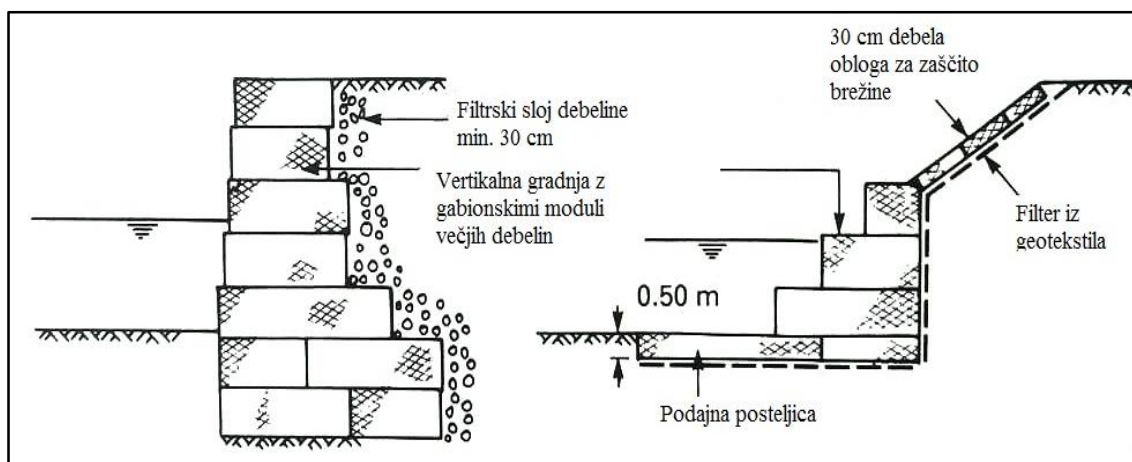
Izpostavljene brežine v naklonu pa lahko oblagamo tudi z gabioni, ki so natančneje opisani v rubriki o težnostnih zidovih, in prefabriciranimi betonskimi bloki. Ti so še posebej primerni za oblaganje brežin večjih dimenzij, saj so v tem primeru cenovno ugodnejša in hitreje izvedljiva različica. Betonski bloki so različnih oblik in običajno debelin od 10 do 25 cm. Zaradi izpiranja zaledne zemljine je obvezno predvideti tudi filtrski sloj bodisi iz geotekstila bodisi iz mineralnega granulata. S tem ukrepom težko zagotovimo sonaraven izgled, zato je njegova uporaba dandanes redka in izključno omejena na močno urbanizirana okolja (FISRWG, 2007).



Slika 11: Uporaba prefabriciranih betonskih blokov (levo) in obloge iz gabionov (desno) (Babić Mladenović, 2013)

Za brežine večjega ali celo vertikalnega naklona je poleg vlečne sile vodnega toka nujno upoštevati tudi zaledne zemeljske pritiske in hidrostatske tlake, ki so običajno celo glavni obtežbeni faktor. Zaradi prevladujoče obtežbe so tudi ukrepi geotehnične narave; podporni težnostni zid oziroma pilotna stena.

Težnostni zidovi se s svojo maso zoperstavljajo zalednemu pritisku. Njihove prednosti so v enostavnosti izvedbe, izkoriščenosti prostora, ceni in dopuščanju manjših deformacij. Najzahtevnejše vertikalne objekte večjih dimenzij gradimo izključno iz armiranega betona in jih dimenzioniramo v skladu s projektantskimi predpisi za *armiranobetonske konstrukcije*. Za nekoliko manjše dimenzije pridejo v poštev klasične variante urejanja brežin s kamnom, ki je lahko položen v suho ali vezan z betonom, tretja možnost pa je kamena zložba, ki pomeni sistematično strojno zidanje kamnitih blokov (Hemphill, 1989).



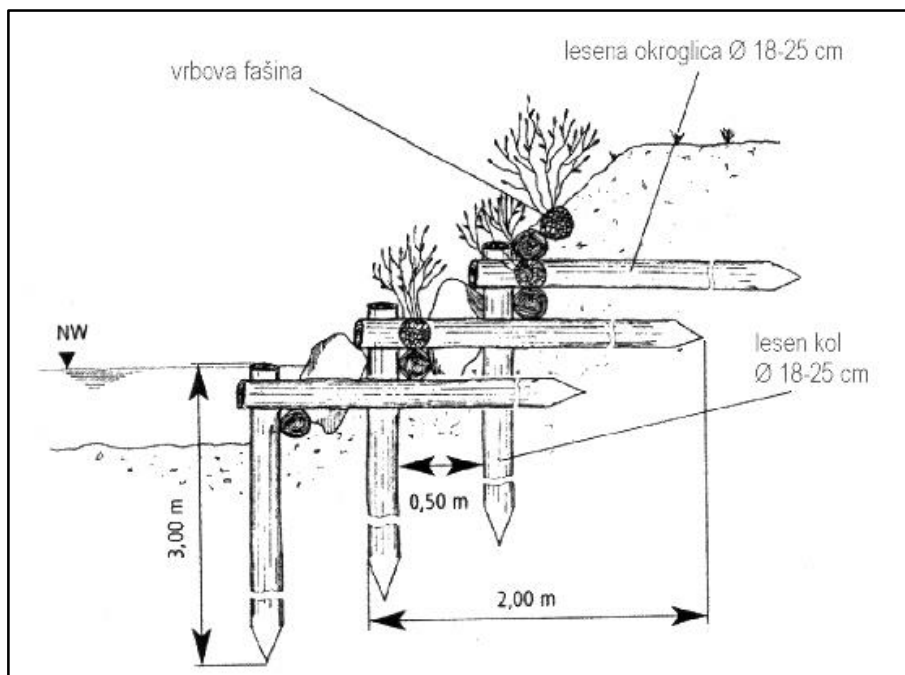
Slika 12: Zasnova težnostnega zidu z uporabo gabionskih blokov (prirejeno po Hemphill, 1989)

Težnostni zid lahko ustvarimo tudi z zlaganjem *gabionov*. Gre za pletene ali varjene košare, napolnjene s kamenjem. Ne priporoča se grajenje popolnoma vertikalnih zidov, saj zemeljski pritiski lahko povzročijo horizontalne premike gabionskih blokov. Četudi bi bila taka konstrukcija še vedno stabilna, bi s svojim izgledom puščala nezaželen estetski vtis. Priporoča se minimalen naklon 10:1, kar lahko dosežemo z zamikanjem blokov ali pa z izvedbo poševnega lica zidu. Prednosti uporabe gabionskih skladov pred betonskimi konstrukcijami so med drugimi hitrejša izvedba v mokrih ali suhih pogojih, ne potrebujemo skal ogromnih dimenzij, ni težav z dreniranjem objekta, konec koncev pa se tak objekt tudi bolje vklopi v pokrajino (Hemphill, 1989).



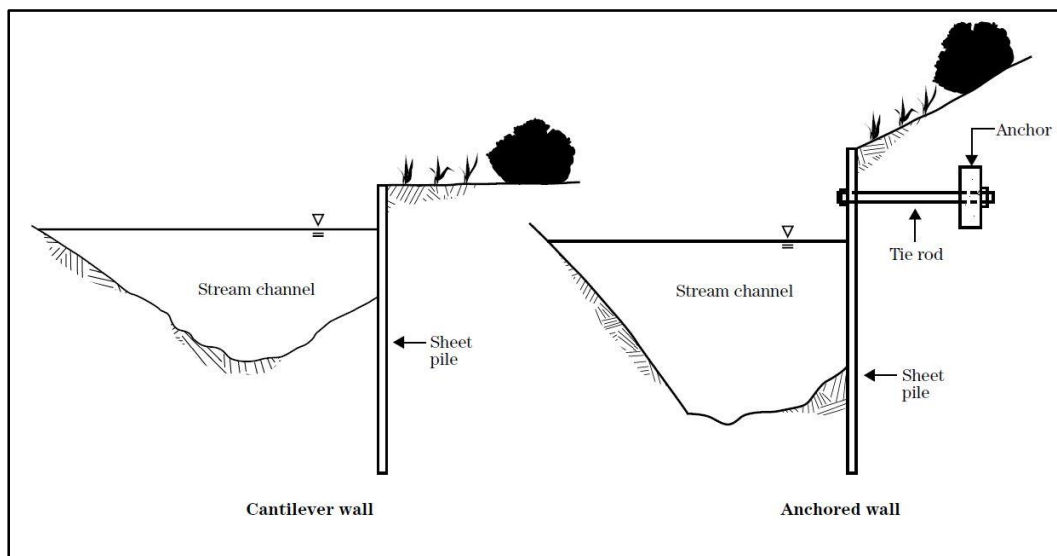
Slika 13: Brežine urejene z gabioni (http://www.gabion1.com.au/gabion_erosion_control.htm)

Izvrsten primer dobre prakse urejanja vodotokov nasploh predstavljajo *kaštne konstrukcije*, poznane tudi kot kranjske stene. Gre za rešetkasto zložbo, vmesni prostori pa so zapolnjeni z vodoodpornim kamenjem. Armiranobetonskim kaštam se praviloma izogibamo, lesene pa zaradi njihovega videza uvrščamo med bolj zaželene ukrepe sonaravnega urejanja voda. Uporabne so tako za prečne, kot tudi za vzdolžne ukrepe na vodotokih. Čeprav se uporablja že stoletja, je njena uporaba kot vzdolžna obrežna ureditev precej omejena in je načeloma primerna le za ravne odseke vodotokov. Problem predstavlja precejšnja hrapavost objekta, kar vodi v zmanjšano funkcionalnost ob povečanih pretokih. Kašte so lahko eno ali več stenske, pri čemer so več stenske statično stabilnejše, vendar občutno dražje. Velika prednost teh konstrukcij je možnost sonaravne ureditve, kar dosežemo na relativno enostaven način. Prazne prostore med horizontalnimi legami lahko zapolnimo s fašinami, le-te pa pokrijemo z zemljo, s čimer ustvarimo solidne pogoje za rast nekaterih rastlinskih vrst (IZVRS, 2013).



Slika 14: Enostenska kašna konstrukcija (Florineth, 2004)

Konstrukcije na pilotih prenašajo horizontalne pritiske zemlje za zidom na temeljna tla preko svojih temeljev. Zaradi načina obtežbe so take konstrukcije praviloma vitke z dobro upogibno odpornostjo, obenem pa se zanašajo tudi na lastnosti zemljine. Konstrukcije tega tipa so v vodarski praksi zelo pomembne, saj z njimi rešujemo zelo zahtevne odseke, ko nobena izmed prej naštetih rešitev ni mogoča. Delimo jih na konzolne in sidrane stene. Prve se uporabljajo za objekte do višine 2,5 m. Pri tej višini postane upogibni moment prevelik, zato je ekonomičnost izvedbe vprašljiva; pri večjih višinah steno praviloma sidramo. Samostojne pilotne stene se izvajajo iz močno armiranih betonskih elementov, zemeljskih pilotov («jet-grouting») in zagatnih sten. Zaradi nizke cene se sicer v največjem obsegu koristijo borovi in ostali leseni piloti, ki vsekakor lahko do neke mere opravijo svojo funkcijo, obenem pa so v sklopu pilotnih izvedb najbolj ekološko sprejemljiv ukrep. Lahko se izvajajo samostojno ali pa kot del drugega ukrepa (npr. kašte). Slaba plat lesenih kolov je ta, da so primerni le za vodotoke s pretežno nizkimi vodostaji. V kombinaciji z deskami oziroma okroglicami lahko formiramo steno, ki služi za zaščito nizkih in strmih brežin. Čeprav je tak objekt sestavljen samo iz naravnih gradiv, še vedno predstavlja ekološki problem, saj njegova neprehodnost razmejuje vodni in obvodni habitat (po FISRWG, 2007).



Slika 15: Konzolna in sidrana konstrukcija na pilotih (FISRWG, 2007)

Pojem **sonaravno urejanje** lahko v splošnem definiramo kot proces človekovih aktivnosti, kjer je izkoriščanje naravnih virov, usmerjanje investicij, tehnološkega napredka in institucionalnih sprememb skladno tako s sedanjimi kot s prihodnjimi potrebami (Špes, 2007). Za vodarsko stroko to pomeni urejanje vodotokov s ciljem ohraniti kakovost vode in hidromorfološke značilnosti. Na to vplivamo z ureditvami, ki ne poslabšajo lastnosti vodnega režima in ne rušijo naravnega ravnovesja ekosistemov. Inštitut za vode Republike Slovenije (Repnik Mah s sod., 2013) navaja štiri skupine meril, ki definirajo stopnjo sonaravnosti posameznih ureditev. Glede na hidrotehnična merila morajo biti ukrepi podajni, odporni, se prilagajati terenu, biti nezahtevni glede vzdrževanja in obstojni. Gledano z vidika okoljskih meril je dober ukrep tisti, ki v danem ekosistemu pušča minimalne (negativne) posledice. Krajinska merila pa zahtevajo od ukrepa predvsem uporabo naravnih in za vodotok (krajino) značilnih materialov. Zadnja skupina meril so socio-ekonomska merila. Upoštevajoči ta merila mora dobra ureditev pozitivno vplivati na kvaliteto bivalnega okolja, omogočati združljivost z ostalimi vrstami rabe voda, obenem pa zahtevati nizke stroške izvedbe in vzdrževanja. Kot glavno pomanjkljivost inženirsko-bioloških metod je potrebno poudariti dejstvo, da celotno hidravlično obtežbo lahko prevzamejo šele po nekem času, potrebnem za razrast živih gradiv.

V nadaljevanju so zbrani nekateri ukrepi sonaravnega značaja, ki upoštevajo prej navedena merila, obenem pa jih je možno zaslediti v domači vodarski praksi.

Kot prvega v tej skupini bomo izpostavili klasični kamnomet. Ta sicer spada med klasične ukrepe, vendar je tudi pri sonaravnem urejanju nepogrešljiv. Najbolj izpostavljene odseke je skorajda nemogoče urediti samo z živimi gradivi, zato običajno peto brežine zavarujemo s kamnom v suho (ali gabioni), zgornji del pa zaščitimo s poljubnim biotehničnim ukrepom. Za

sonaraven izgled izrazitih konkavnih odsekov lahko lokalno brežino v celoti obložimo s kamnom v suho, reže v oblogi pa zapolnimo s sajenjem *potaknjencev*. Te običajno napravimo iz vrbovega lesa, ki ima izjemno dobro sposobnost odganjanja v vlažnih razmerah. Že po nekaj letih je pričakovati ozelenitev brežine in sonaraven izgled.

Vegetacijski objekti iz vejevja ali protja raznih pionirskih, regenerativno sposobnih grmovnih vrst, so tista oblika obrežnih zavarovanj, ki je naravnemu okolju najbližja (Horvat, 1993). Take zgradbe so primerne za manj izpostavljene odseke, upoštevajoč literaturo travna ruša zdrži vlečne sile vodnega toka okrog 30 N/m^2 (Horvat, 1993), glede na Švicarski cestni urad za cestogradnjo in urejanje voda (BWW, 1982) pa celo do 80 N/m^2 . Brežine, zaščitene z grmovnicami, so nekoliko odpornejše, v literaturi (BWW, 1982) se za vrbe vrednosti gibljejo med 100 in 140 N/m^2 . V zvezi z uporabo vegetacije za namene utrjevanja brežin je potrebno biti pozoren še na tri dejavnike. Prvi je naklon brežine, za katerega je pomembno, da je nekje v mejah naravnega stabilnostnega kota hribine. Maksimalen nagib naj ne bi presegal $1:1,5$ (Horvat, 1993 cit. po Zemljič, 1979). V času odganjanja in zaraščanja je brežina lahko ogrožena, saj koreninski sistem še ni razraščan. Da v tem obdobju ne bi prišlo do poškodb zavarovanja, vanj vgradimo dodatno ali začasno zavarovanje iz trdnejšega materiala. Zadnja pomembnejša stvar, na katero moramo biti pozorni v zvezi z vegetacijskimi zgradbami, je zoženje profila na račun razraščanja vegetacije. Problem običajno rešimo s predhodno širitvijo profila za $5-20\%$, ožjim vodotokom je treba profil razširiti bolj, širokim pa manj (Horvat, 1993 cit. po Zemljič, 1979). Nekaj tipičnih različic vegetacijskih ukrepov je predstavljenih v nadaljnjem besedilu.



Slika 16: Zaščita brežine z vrbovim protjem takoj po izvedbi in dve leti kasneje (FISRWG, 2007)

Vrbovo protje je inženirsko-biološki ukrep, ki v primerjavi z ostalimi vegetacijskimi ukrepi prenese največje obremenitve vodnega toka. Pomembna prednost je tudi takojšnja zaščita brežine pred erozijo, poleg tega pa ob visokih vodah zadrži znaten delež plavin. Peto brežine

Za nižje in strmejšje brežine so najprimernejši vegetacijski ukrep *vrbovi popleti*. So zelo racionalni z vidika porabe materiala in prostora v strugi, poleg tega pa so razmeroma nezahtevni za gradnjo. Na primerni razdalji (cca. 1 m) v tla ob strugi zabijemo mrtve ali žive količke, nato pa pričnemo z vstavljanjem šibja, ki ga pletemo v horizontalni smeri, s čimer ustvarjamo stabilen, ograji podoben objekt. Iz stabilnostnih razlogov je višina popleta omejena na 50 cm. Iz ekološkega stališča je zaželena uporaba živih količkov in protja, zato je v tem primeru potrebno paziti, da se to ne razraste preveč, saj lahko pomembno vpliva na hidravlične pogoje v strugi (Suhadolnik, 2007).

Manj ogrožena območja v manjših naklonih navadno ščitimo s *kordonsko gradnjo* ali *travno rušo*. Pri kordonski gradnji najprej izkopljejo prečne jarke, v katere vstavljamo potaknjence. Postopek je podoben pogozdovanju, uporabljamo pa rastlinske vrste kot so vrba, jelša, rakitovec, itd. (Mikoš, 2000) V času razraščanja koreninskega sistema brežino začasno zaščitimo z različnimi vrstami geotekstilov ali drugimi ukrepi podobnega značaja (kokosov tepih). To storimo tudi pri zavarovanju s travno rušo, ki je najosnovnejši proti erozijski ukrep in kot tak primeren le za blage naklone in neobremenjene odseke (FISRWG, 2007).

3. Jezbice

V slovenski vodarski praksi z jezbicami poimenujemo vse prečne objekte v vodotoku, ki se naslanjajo na eno brežino in ne prekrivajo celotne širine vodotoka. Na področju urejanja vodotokov jih lahko uporabljamo iz več razlogov. Ob pravilni postavitvi lahko delujejo kot deflektorji vodnega toka, s čimer dosežemo neke vrste zavarovanje ogroženih brežin. V tem primeru jih lahko postavljamo tudi posamično in s tem lokalno zavarujemo ogrožen odsek. Pri tem je glava jezovice precej obremenjena (Mikoš, 2000). Precej pogosteje se jezovice gradi v sistemu, s čimer dosežemo zoženje korita do željenih dimenzij. V vmesnih poljih med jezovicami prihaja do cirkulacije in odlaganja lebdečih plavin. Ločimo inklinantne in deklinantne jezovice. Obe vrsti jezovic del vodnega toka preusmerita stran od brežine, razlikujeta pa se po obnašanju pri preplavljanju. Jezovice se gradijo iz različnih materialov, na primer kamna, fašin, tonjač, gabionov, najbolj preproste pa so lahko tudi prepustne in zgrajene iz lesenih plotov. Najbolj obremenjen del posamezne jezovice je glava jezovice, ki jo lahko s primernim oblikovanjem delno ščitimo pred erozijskim tolmunom. Dolžina jezovice naj ne bi presegala 25 % celotne širine vodotoka, ker se v nasprotnem primeru lahko pojavi erozija na nasprotni brežini. Medsebojna razdalja med jezovicami je 2 – 5 kratnik dolžine jezovice. Z materialnega in projektantskega vidika so jezovice običajno kompleksen in drag objekt, po drugi strani pa gre za zelo učinkovito metodo oblikovanja struge in varovanja brežin (IDONR, 2006).



Slika 19: Jezbice za regulacijo struge z ojačanimi glavami (Babić Mladenović, 2013)



Slika 20: Zaščita mostnih opornikov z jezbicami (FISRWG, 2007)

2.1.2.4 Sprememba tlorisnega poteka vodotoka

Struge v naravnem režimu so redko popolnoma izravnane. Čeprav obstajajo redke izjeme, kjer robne omejitve (naravni pogoji, raba zemljišč itd.) dopuščajo le linearen potek struge, večina naravnih vodotokov izraža vsaj minimalno stopnjo vijuganja v tlorisnem pogledu. Za obravnavano tematiko velja omeniti, da so spremembe trase vodotoka pogosto posledica umeščanja urbane infrastrukture v prostor (FISRWG, 2007).

S spreminjanjem tlorisnega poteka struge vodotoka je tesno povezana njegova zmogljivost premeščanja plavin. Izravnava vijugajočega vodotoka pomeni večji vzdolžni padec in s tem večjo prodonosno sposobnost. Na drugi strani tak ukrep pomeni hitro odtekanje nizkih voda in posledično osiromašenje krajinskega izgleda vodnega prostora. Tudi ekološko gledano poravnane struge niso dobrodošle, zato je pomembno, da pri načrtovanju tlorisnega poteka naravnega vodotoka upoštevamo minimalno vijuganje vodotoka (Mikoš, 2000).

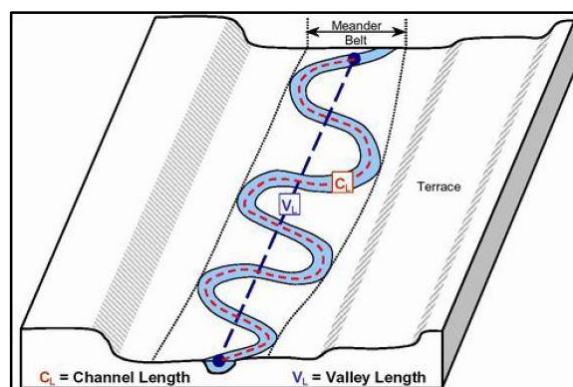
Parametri oblikovanja tlorisnega poteka vodotoka vključujejo stopnjo vijuganja (sinusoidnosti), valovno dolžino meandra, dolžino meandra in traso vodotoka. Izbran princip mora biti skladen z režimom vodotoka. Stopnja vijuganja (sinusoidnosti) je določena na podlagi razmerja med dolžinama osnovne struge vodotoka in dolžine rečne doline na istem odseku (FISRWG, 2007).

$$S = \frac{C_L}{V_L}$$

S – stopnja sinusoidnosti

C_L – dolžina osnovne struge vodotoka

V_L – dolžina rečne doline



Slika 21: Trasa vijugajočega vodotoka
(<http://www.austintexas.gov/faq/geomorphic-analysis>)

Valovno dolžino meandra določimo na osnovi

hidravličnih karakteristik. Najbolj relevantna je povezava med valovno dolžino in širino vodotoka. Gre za empirično povezavo, ki so jo v svojih delih povzeli številni avtorji. Thorne in Soar (2001) sta na osnovi podatkov iz 438 odsekov dobila naslednjo povezavo med valovno dolžino in širino struge:

$$\lambda = 10.23W^2$$

λ – valovna dolžina meandra

W – širina struge vodotoka

Pri oblikovanju tlorisnega poteka trase je potrebno v največji možni meri slediti naravnemu. Kjer to ni mogoče, pa za definiranje geometrijskega poteka osi uporabljamo enake elemente kot pri projektiranju cestne infrastrukture: preme, krožni loki in prehodnice. Podobno se tudi tu prem izogibamo, saj pomenijo obojestransko varovanje, že prej pa smo našli tudi ekološke in morfološke razloge za izogib takemu ukrepu. Za razliko od projektiranja cest pa v procesu projektiranja poteka naravnega vodotoka konstruiramo le os struge, medtem ko brežinam dopustimo nekoliko ohlapnejši potek. Pri konstruiranju krožnega loka nam je v pomoč razmerje radija krožnega loka in širine struge. Po Thornu in Soaru (2001) se to razmerje za stabilne vodotoke giblje med 1.5 in 4.5.

2.2 Pravno-administrativna urejenost upravljanja z vodami v RS

2.2.1 Upravljanje z vodami v Sloveniji

Ministrstvo, pristojno za urejanje voda v Sloveniji je trenutno Ministrstvo za okolje in prostor (MOP), ki ima tudi funkcijo zakonodajalca na področju varstva okolja v RS. To je dalje razdeljeno na direktorate, službe, kabinet ministra in organe v sestavi. Izmed organov je za urejanje vodotokov najpomembnejša Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Organizacijsko gledano ARSO sestavlja šest uradov:

- Urad za meteorologijo
- Urad za hidrologijo in stanje okolja
- Urad za varstvo okolja in narave
- Urad za seizmologijo in geologijo
- Urad za upravljanje z vodami
- Urad za splošne zadeve

Z obzirom na tematiko te naloge поблиže pogledimo Urad za upravljanje z vodami. Ta je dalje razdeljen na 5 sektorjev:

- Sektor za vodno območje Jadranskega morja
- Sektor za vodne pravice
- Sektor za urejanje voda
- Sektor za porečje reke Save
- Sektor za porečje reke Drave in Mure

Naprej se sektorji delijo še na oddelke. Sektor za porečje reke Save je razdeljen na 4 oddelke, izmed katerih so trije namenjeni za zgornji, srednji oziroma spodnji tok reke Save, četrti pa je zadolžen za levi pritok Save, reko Savinjo. Vsak izmed sektorjev je zadolžen za pripravo letnega programa vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč, ki ga zagotavlja država z obvezno javno službo. Naloge javne službe so zlasti utrjevanje bregov in dna površinskih voda ter morske obale, skrb za pretočnost struge tekočih voda in odstranjevanje prekomerno odloženih naplavin, košnja in odstranjevanje prekomerne zarasti na bregovih, odstranjevanje plavja, odpadkov in drugih opuščenih ali odvrženih predmetov in snovi iz površinskih voda in z vodnih ter priobalnih zemljišč v upravljanju ministrstva in čiščenje gladine površinskih voda in preprečevanje onesnaženja vodnih in priobalnih zemljišč.

Za področje izvajanja del urejanja voda sta bili sprejeti:

- Uredba o koncesiji za opravljanje obvezne državne gospodarske javne službe vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč morja (Uradni list RS, št. 69/05 in 101/05) in
- Uredba o načinu izvajanja obveznih državnih gospodarskih javnih služb na področju urejanja voda in o koncesijah teh javnih služb (Uradni list RS, št. 109/10,98/11, 102/12 in 89/14).

Na podlagi navedenih uredb je jasno, da država za izvajanje del na vodotokih preko koncesijskega razmerja oziroma javno-zasebnega partnerstva in po pravilih javnega naročanja izda koncesijski akt. Konkudent v koncesijskem razmerju je torej Republika Slovenija oziroma vlada RS, naloge konkudenta pa v imenu države izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) kot organ v sestavi ministrstva pristojnega za vode (v tem trenutku je to Ministrstvo za okolje in prostor oz. MOP). V času pisanja te naloge se pripravlja reorganizacija upravljanja z vodami in je bila ustanovljena Direkcija za vode, kjer bo združeno upravljanje z vodami, ki je trenutno razdeljeno med MOP, ARSO in Inštitut za vode RS. Iz teh nalog so izključene tiste, ki so po pravnih aktih v pristojnosti ministra ali ministrice, pristojne za okolje.

Naloge gospodarskih javnih služb na področju urejanja voda so naštet zgoraj, sicer pa so detaljneje opisane v Pravilniku o vrstah in obsegu nalog obveznih državnih gospodarskih javnih služb urejanja voda (Uradni list RS, št. 57/06), ki ga je izdalo pristojno ministrstvo.

V času pisanja te naloge je že prišlo do premikov na področju upravljanja voda. Ministrstvo za okolje in prostor je namreč med ključne sklope osnutka Strategije upravljanja z vodami med drugim navedla tudi reorganizacijo celotnega sistema in organiziranosti področja upravljanja z vodami v RS. Kljub temu, da gre le za eno od sedmih navedenih točk, pa je ta bistvena za uspešno realizacijo vseh ostalih. Dokument je naravnano predvsem v posredno zmanjševanje poplavne ogroženosti, ki jo ljudje najbolj občutimo in povzroča največ škode. Seveda pa to še zdaleč ni edini problem, ki ga slabo upravljanje prinaša.

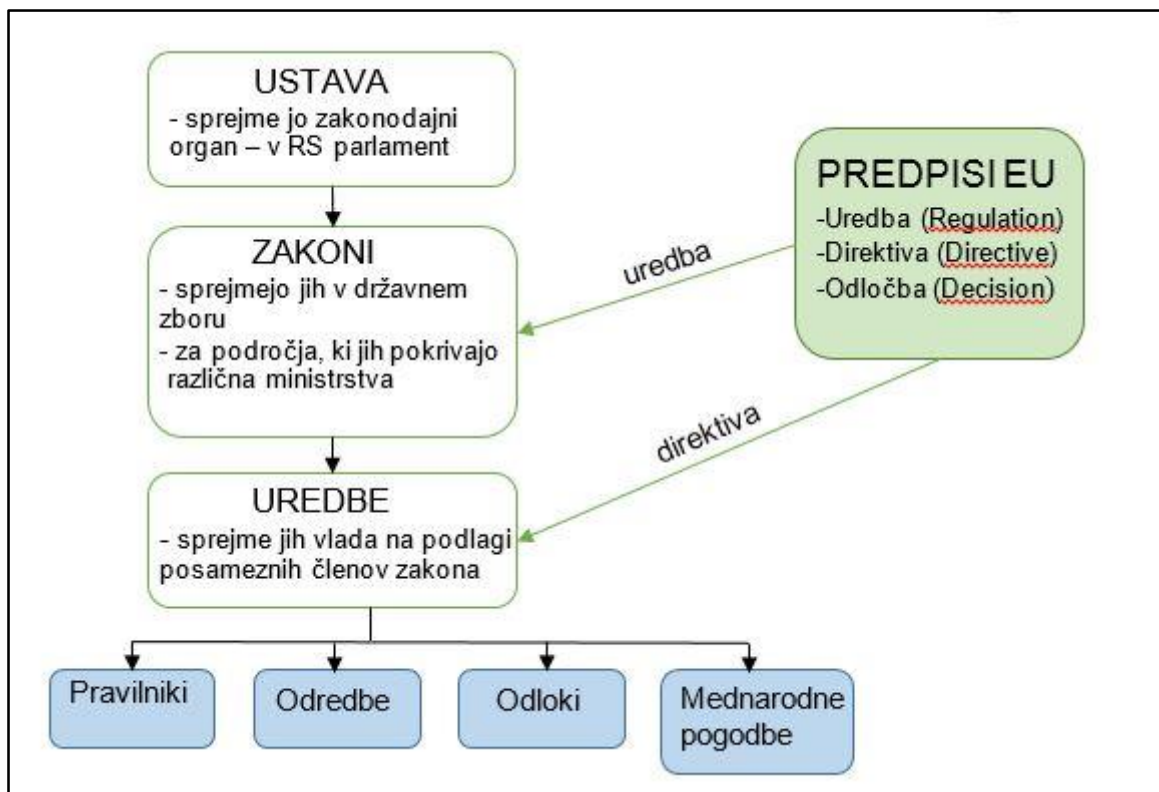
Bistveno spremembo v reorganizaciji sistema pomeni novoustanovljena Direkcija za vode. Ta naj bi kot samostojni proračunski porabnik začela delovati 1. januarja 2016, ustanovljena pa je bila 1. septembra 2015. Pristojno ministrstvo z ustanovitvijo direktorije ohranja direktorat za vode in investicije, zaradi česar se pojavlja vprašanje financiranja direktorije. Ker bo ta po novem pripojila tudi nekatere raziskovalne ustanove kot sta Inštitut za vode RS in Inštitut za hidravlične raziskave, se ti bojijo svoje vloge v operativno usmerjeni direktoriji. Cilj reorganizacije je celostno upravljanje z vodami po porečjih in združitve vseh, ki trenutno dobivajo proračunska sredstva z naslova upravljanja z vodami. Osrednjo vlogo bo imela po novem direktorija, ki bo to uveljavljala preko svojih izpostav za vsako porečje posebej (Zgornja Sava, Srednja in spodnja

Sava, Savinja, Drava, Mura, Soča ter jadranske reke z morjem). Zmanjšale se bodo tudi pristojnosti koncesionarjev, ki ne bodo več sami zadolženi za vse tri vidike poseganja v vodni prostor; načrtovanje, izvedbo in nadzor. Slednjo bo bržkone prevzela odgovorna izpostava na dotičnem porečju. Kadrovske bo direkcija sestavljena iz kadrov, ki se trenutno z upravljanjem voda ukvarjajo na MOP, ARSU in Inštitutu za vode. Posledično bo prišlo tudi do reorganizacije ARSO, ki naj bi prispeval največji kadrovski delež (Jaksetič, 2015).

2.2.2 Pravni red v Sloveniji (po Stražišar, 2008)

Vrh hierarhične piramide pravnih aktov v Republiki Sloveniji predstavlja Ustava RS, ki je temelj in podlaga vseh zakonskih in podzakonskih aktov. Upoštevajoč pomembnost, ustavi sledijo iz nje izpeljani zakoni, ki pa so za razliko od ustave nekoliko podrobnejši. Ostale pravne akte, ki jih pripravljajo in sprejemajo državni organi na različnih nivojih, z eno besedo imenujemo podzakonski akti. Mednje spadajo uredbe, odloki, pravilniki, odredbe in navodila. Odredbe in pravilniki so v pristojnosti ministra, medtem ko so odloki pravni akti, ki jih sprejemajo občinski oziroma mestni sveti in se nanašajo na točno določeno območje občine oziroma mestne občine.

Pridružitve Evropski skupnosti (ES) je za Slovenijo pomenila tudi delno ali celotno izgubo suverenosti na nekaterih področjih. S tem v zvezi je Republika Slovenija zavezana opravljati obveznosti in prevzemati odgovornosti v skladu z mednarodnimi predpisi. Evropska skupnost za ukrepanje na različnih področjih uporablja tri glavne pravne instrumente in sicer uredbo («Regulation»), direktivo («Directive») in odločbo («Decision»). Najmočnejši izmed teh treh predpisov je uredba, ki jo ES uporablja z namenom poenotenja nekega področja urejanja na celotnem ozemlju ES. Iz tega razloga, uredbe neposredno posegajo v pravno ureditev držav članic in kar je dopustno samo takrat, ko gre za resorje, za katere se je država članica, ob vstopu v ES, odpovedala svoje suverenosti v korist skupnosti. Podobno kot uredba je tudi direktiva predpis, ki je za države članice obvezne narave. Največja razlika med uredbo in direktivo pa je v tem, da uredba neposredno posega v zakonodajo članic, medtem ko imajo pri direktivah države članice proste roke glede implementacije v svoj pravni red, pomemben je le dosežen rezultat. Običajno v ta namen države sprejmejo zakone. Tretji omenjen akt Evropske skupnosti je odločba. Ta je individualne narave, saj je obvezna le za obravnavan subjekt in je pomembna za urejanje najkonkretnejših razmerij v pristojnosti izvršilnih vej ES.



Slika 22: Hierarhična ureditev pravnih predpisov v Republiki Sloveniji

2.2.3 Pravni akti na področju voda v Sloveniji

Evropska zakonodaja

S pridružitvijo Republike Slovenije Evropski Uniji je pravni red EU postal del slovenske zakonodaje. Pravni dokumenti EU, ki posredno in neposredno vplivajo na zakonodajo upravljanja voda pri nas se večinoma nahajajo v obliki direktiv in konvencij, izmed katerih pa je najpomembnejša Vodna direktiva (Water Framework Directive – WFD, 2000/60/ES).

S strani Evropske Unije sicer prvo pravno urejanje na področju voda sega v obdobje med leti 1975 in 1980, ko so bili sprejeti prvi okviri zakonodaje. Ta se je nato skozi leta dopolnjevala, vendar vseskozi ostajala razdrobljena med različne direktive (Direktiva o nevarnih snoveh, Direktiva o čiščenju komunalnih voda, Nitratna direktiva, IPPC direktiva, Direktiva o pitni vodi). Kljub temu, da je nova zakonodaja pomenila ogromen napredek na področju upravljanja voda, je bila razdrobljenost in prenos zakonodaje med države članice še vedno ogromna pomanjkljivost. Prvi celosten pristop v vodni politiki pomeni sprejem Okvirne vodne direktive (Water Frame Directive 2000/60/EC, sprejeta 23.10.2000). Ta je združila vse predhodne direktive v eno samo, katere cilj je jasen – doseganje dobrega stanja kakovosti in količin voda.

Vsaka članica EU ima nalogo, da izhodišča Okvirne direktive prenese v svoj pravni sistem. Predstavljen je tudi nov koncept in sicer celovito upravljanje voda na ravni povodja, kar smo opisali v poglavju o zakonodaji na področju upravljanja voda.

Okvirna Direktiva o Vodah (ODV) je bila v našo zakonodajo preko Zakona o vodah (Ur. l. RS št. 67/2002 z dopolnitvami) implementirana leta 2002. Prenos ODV v slovensko zakonodajo je med drugim tudi eden izmed vzrokov za spremembo prostorske politike in politike upravljanja z vodami. Iz tega naslova sta ustanovljena Inštitut za vode in Sklad za vode, iz katerega so se začela črpati investicijska sredstva, tako za nove objekte, kot tudi za investicijsko vzdrževanje obstoječih. Na ta način se je redno vzdrževanje vodotokov in vodne infrastrukture ločilo od investicijskih projektov. (Globevnik, 2011)

Za obravnavano temo je pomembna še Poplavna direktiva (Direktiva 2007/60/ES Evropskega Parlamenta in Sveta, z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti. V našo zakonodajo smo jo implementirali preko sprememb nekaterih členov v sektorski zakonodaji ter novonastalima:

- Pravilnikom o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur. l. RS št. 60/07) in
- Uredbo pogojev in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur. l. RS št. 89/08).

Slovenska zakonodaja

Pomembnejši pravni akti s področja urejanja voda

Zakon je splošni pravni akt, ki je po našem pravnem sistemu po hierarhiji podrejen le ustavi. V Sloveniji ga sprejme Državni zbor RS, razglasi pa predsednik republike, objavljen pa je Uradnem listu RS. V sklopu pravnega reda velja omeniti še podzakonske akte, ki jih sprejme državni organ, organ lokalne skupnosti ali nosilec javnega pooblastila. Sem spadajo uredbe, sklepi, pravilniki, navodila in ostali akti. Na področju voda je predpisov te vrste največ, zato se v podrobne opise vseh na tem mestu ne bomo spuščali. V nadaljevanju so naštet in kratko opisani le najpomembnejši in trenutno veljavni pravni akti neposredno povezani z obravnavano tematiko.

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdri-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13 in 40/14) predstavlja temeljni pravni akt upravljanja voda v RS in je napisan v skladu z Okvirno direktivo (WFD). Kot tak ga lahko razdelimo na 5 večjih delov in sicer:

- Temeljne določbe (1.-51. člen),
- Upravljanje voda (52.-157a. člen),
- Organizacija upravljanja voda (158.-173. člen),
- Nadzor in kazenske določbe (174.-181a. člen),
- Prehodne in zaključne določbe (182.-217. člen).

V duhu direktive je upravljanje z vodami v RS zasnovano na načelih varstva okolja, poleg tega pa so upoštevana in v 3. členu zapisana še:

- načelo celovitosti, ki upošteva naravne procese in dinamiko voda ter medsebojno povezanost in soodvisnost vodnih in obvodnih ekosistemov na območju povodja,
- načelo dolgoročnega varstva kakovosti in smotrne rabe razpoložljivih vodnih virov,
- načelo zagotavljanja varnosti pred škodljivim delovanjem voda, ki izhaja iz potreb po varnosti prebivalstva in njihovega premoženja, ob upoštevanju delovanja naravnih procesov,
- načelo povrnitve stroškov, povezanih z obremenjevanjem voda,
- načelo sodelovanja javnosti, ki omogoča sodelovanje javnosti pri sprejemanju načrtov upravljanja z vodami in
- načelo upoštevanja najboljših razpoložljivih tehnik in novih dognanj znanosti o naravnih zakonitosti.

Za tematiko obvladovanja erozijske ogroženosti v bližini obstoječe infrastrukture, s katero se ukvarja ta naloga, pa so pomembni predvsem deli, vezani na urejanje voda in škodljivo delovanje vode. Členi, izpostavljeni v nadaljevanju, so med pomembnejšimi pri študiji obravnavane tematike.

Najprej bi izpostavili 91. člen, ki se neposredno dotika tematike urejanja vodotokov za potrebe infrastrukture na lokalnem nivoju. Po tem členu je država tista, ki preko določitve načrtov upravljanja z vodami skrbi za varstvo ljudi, okolja, gospodarskih dejavnosti in kulturne dediščine pred škodljivim delovanjem voda. V kolikor obseg varstva presega ukrepe v omenjenih načrtih, lahko varstvo, ob soglasju ministrstva, zagotavlja lokalna skupnost sama ali skupaj z drugimi pravnimi ali fizičnimi osebami. Ministrstvo soglasje lahko odreče, če bi

poseg, ki je potreben za povečanje varstva, bistveno ogrozil vodni režim ali naravno ravnovesje vodnih ali obvodnih ekosistemov ali ogrozil varstvo pred škodljivim delovanjem voda dolvodno.

S prejšnjim odstavkom sta neposredno povezana 49. in 51. člen, ki ob soglasju ministrstva omogočata gradnjo vodne infrastrukture, namenjene varstvu pred škodljivim delovanjem voda vsem osebam, ki so za to zainteresirane.

81. člen upravičuje izvedbo ukrepov, da se zagotovi količinska, časovna in prostorska razporeditev vode, ki je potrebna za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, obstoj vodnih in obvodnih ekosistemov in za izvajanje vodnih pravic. Te ukrepi obsegajo tudi bogatenje vodnih teles v času nizkih voda.

82. člen definira skrb za varstvo pred škodljivim delovanjem voda. Pod škodljivo delovanje voda štejemo poplave, površinsko, globinsko in bočno erozijo celinskih voda, erozijo morja, zemeljske in hribinske plazove ter led na celinskih vodah. Podrobneje sta področji ukrepov in obsega varstva voda opisani v 90. oziroma že omenjenemu 91. členu.

V 98. členu je definirana obveza države do vzdrževanja vodnih in priobalnih zemljišč. Med naloge vzdrževanja spadajo med drugim utrjevanje bregov in dna površinskih voda, skrb za pretočnost struge tekočih voda in odstranjevanje prekomerno odloženih naplavin, čiščenje brežin in gladine itd.

Poleg opisanih sta za odsek urejanja voda in obseg te naloge pomembnejša še 93. člen, v katerem je zapisano, da je za obratovanje, vzdrževanje in spremljanje stanja vodne infrastrukture, namenjene varstvu pred škodljivim delovanjem voda obvezana državna ali lokalna gospodarska javna služba ter 102. člen, ki govori o skrbi za hidromorfološko stanje vodnega režima. Omenimo še 100. člen, ki obrežnim lastnikom vodotokov drugega reda nalaga čiščenje obrežne zarasti. Ravno zaraščenost vodotokov je medijsko zelo izpostavljena tematika in redko kdo se zaveda čigava odgovornost je čiščenje zarasti. Upoštevati je potrebno tudi dejstvo, da je pri nas vodotokov prvega reda relativno malo v primerjavi z manjšimi vodotoki. (Sodnik, 2015)

Ker je urejanje vodotokov gradbenega značaja, je smiselno omeniti še Zakon o graditvi objektov - ZGO (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10– ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12, 101/13 – ZDavNepr in 110/13), ki ureja pogoje za graditev objektov, določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov ter druga vprašanja, povezana z

graditvijo objektov. Vzdrževalna dela po ZGO so dela, s katerimi se objekt ohranja v dobrem stanju in omogoča njegova uporaba, obsega pa redno vzdrževanje in vzdrževalna dela v javno korist. Razlika med njima je predvsem v tem, da se pri vzdrževalnih delih v javno korist lahko spremeni tudi zmogljivost in z njo povezana velikost objekta, medtem ko se pri rednem vzdrževanju ne posega v konstrukcijo objekta, ne spreminja se njegova namembnost in ne zmanjšuje se ravni izpolnjevanja bistvenih zahtev. Vzdrževanje objekta se izvaja brez gradbenega dovoljenja.

Po Zakonu o ohranjanju narave (Uradni list RS, št. 96/04) se posegi v naravo, ki lahko ogrozijo biotsko raznovrstnost, naravno vrednoto ali zavarovano območje in za katere ni treba pridobiti dovoljenja po predpisih o urejanju prostora in po drugih predpisih, opravljajo na podlagi Dovoljenja za poseg v naravo (104. člen). Po tem zakonu se zahteva pridobitev naravovarstvenih pogojev in soglasja v primeru, da se bodo predvidena dela oz. poseg v naravo izvajali na območju, ki ima na podlagi predpisov s področja ohranjanja narave poseben status (105. člen). V primeru, da se poseg ne nahaja na ekološko pomembnem območju, naravovarstveno soglasje ni potrebno. Prav tako naravovarstvenega soglasja v skladu z Zakonom o ohranjanju narave ni potrebno pridobiti, če je za gradnjo objekta predpisan postopek presoje vplivov na okolje v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja. V tem primeru se namesto naravovarstvenega soglasja izda okoljevarstveno soglasje.

Uredba o posegih v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje, določa tudi predhodni postopek oziroma postopek predhodne presoje, v katerem se ugotovi, ali bo treba za posamezen poseg izvesti presojo vplivov na okolje in pridobiti okoljevarstveno soglasje. Uredbe o posegih v okolje določajo posege, za katere je presoja vplivov na okolje vedno obvezna in posege, za katere se lahko obveznost presoje vplivov na okolje določi v predhodnem postopku, v kolikor se ugotovi, da bi lahko imeli pomembne vplive na okolje. Ne glede na zgoraj navedeno, pa mora biti predhodni postopek izveden za vse posege, naštetih v prilogi 1, ne glede na navedene pragove, če so ti posegi sofinancirani iz sredstev Evropske unije, pri čemer se predhodni postopek izvede, preden se zaprosi za dodelitev finančnih sredstev.

V skladu s tematiko te naloge si velja poglobljeje ogledati še Zakon o cestah (Uradni list RS, št. 109/10, 48/12 in 36/14 – odl. US). Zakon določa status in kategorizacijo javnih cest, enotna pravila in strokovne podlage za graditev in vzdrževanje vseh javnih cest. Pomembno je, da omenimo člene, ki se nanašajo na gradnjo cestne infrastrukture v neposredni bližini vodnega prostora. Zakon določa, da se loči objekte in naprave, ki služijo vodotoku oziroma cesti. Izjema so stroški gradnje ali rekonstrukcije objektov in naprav za ohranjanje vodnega režima

vodotoka, ki so potrebni zaradi prečkanja javne ceste z vodotokom ali poteka ob njem. Te namreč krije investitor ceste. Stroški vzdrževanja ceste v območju vodotoka se razdelijo sorazmerno med upravljalca ceste in vodotoka. Metodologijo za določitev sorazmernih deležev, potrebnih ukrepov in delitev stroškov predpiše minister, pristojen za promet, v soglasju z ministrom, pristojnim za okolje. V slučaju, da hudournike in deroče reke v območju ceste urejajo pristojne fizične ali pravne osebe, morajo te obseg in vrsto del prilagoditi tako, da se zavaruje cesta. Upravljalca javne ceste v tem primeru krije del stroškov urejanja glede na pomen, ki ga imajo takšna dela za varstvo javne ceste.

Zakon o varstvu okolja (ZVO-1, Ur. list RS, št. 32/93, 1/96, 9/99, 41/04, 20/06, 39/06, 70/08) je prav tako pomemben med naborom zakonov, ki vplivajo na upravljanje in konkretnije na urejanje vodotokov pri nas. Močno je vpet v prostorsko planiranje in posledično načrtovanje prostorskih ureditev na lokalnem nivoju, tako v procesni (postopkovni) obliki sprejemanja prostorskih aktov, kot tudi vsebinski obliki, saj z opredeljevanjem režimov varovanja okolja močno vpliva na končno vsebino prostorskih dokumentov (Kralj, 2010).

Tako ali drugače pa je z urejanjem vodotokov povezanih še nekaj drugih zakonov, med drugim:

- Zakon o gospodarskih družbah (Uradni list RS, št. 65/09 – uradno prečiščeno besedilo, 33/11, 91/11, 32/12, 57/12, 44/13 – odl. US in 82/13),
- Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo in 97/10),
- Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja (Uradni list RS, št.25/09).

2.3 Povzetek in opažanja na področju zakonske ureditve urejanja vodotokov

V tem poglavju so izpostavljeni bistveni zaključki, ki jih lahko razberemo na osnovi našega pravnega reda, vezanega na področje urejanja vodotokov. V naši zakonodaji je na tem področju opaziti precej neskladij.

Po pregledu slovenske zakonodaje in odzivih iz vodnogospodarske prakse je mogoče ugotoviti, da imajo varstveni cilji prednost pred razvojnimi. V duhu trajnostnega razvoja je namreč racionalno ravnanje z naravnimi viri temelj razvoja za prihodnje generacije. Sama po sebi je torej naša zakonodaja popolnoma na mestu in usklajena z evropsko Okvirno direktivo o vodah, ki je eden temeljnih dokumentov trajnostnega upravljanja s prostorom na območju Evropske skupnosti. Skupaj s pravnimi akti pa smo z ostalimi članicami določili tudi posebna

varstvena območja, ki so del evropskega omrežja Natura 2000. Na teh področjih so varstveni režimi izrazito omejujoči, kar onemogoča določene dejavnosti prebivalcev in omejuje prihodnji prostorski razvoj. Prihaja do nesoglasij, saj je ob upoštevanju enega zakona pogosto težko zagotoviti skladnost z drugim zakonom. Dober primer je zadostitev bistvenih zahtev po ZGO (Zakon o graditvi objektov) ob upoštevanju vseh kriterijev, ki jih postavlja ZON (Zakon o ohranjanju narave). To se v praksi odraža kot podaljšanje časovnih okvirov projektov. Podobno, kot to je v svojem delu navedla že Strassberger (2009) tudi sam menim, da bi bilo za nekatera območja potrebno ponoviti analizo pripadnosti varstvenim režimom. Vsekakor mora varovanje naravnih virov ostati prioriteta, vendar na način, ki obenem omogoča tudi normalen razvoj teh območij.

Pogosto pa ne gre le za razvoj območij, ampak je vprašljiva tudi varnost ljudi. Letne in večletne programe dela na vodotokih sestavlja Agencija RS za okolje. Sprejemljivost omenjenih programov potrjuje naravovarstvena služba, ki pa zaradi ekološke vrednosti vodotokov in vodnih habitatov pogosto onemogoča izvedbo rednega čiščenja in vzdrževanja rečnih strug (Globevnik, 2010).

Po pregledu zakonodaje je možno ugotoviti tudi neskladje pri definiciji vzdrževalnih del po ZGO in ZON. Ker je po ZGO brez gradbenega dovoljenja mogoče izvajati vzdrževalna dela na objektih, to obenem pomeni, da ni potrebno pridobivati soglasij. Po ZON je potrebno soglasja pridobivati za vsa območja s posebnim statusom. Pojem vzdrževanja je zato nejasno definiran, saj je po enem zakonu za izvedbo teh del potrebno pridobivati projektne pogoje in soglasja, po drugem pa se lahko vzdrževanja lotimo brez projektne dokumentacije in pridobivanja soglasij. Definicija vzdrževalnih del po ZON je strožja in zahteva več dokumentacije in soglasij, kar pri izvajanju rednih vzdrževalnih del na vodotokih pogosto predstavlja administrativno oviro, saj to vprašanje ni rešeno na nivoju ARSO – Zavod RS za varstvo narave, čeprav oba subjekta spadata pod Ministrstvo za okolje in prostor (Sodnik, 2015).

Vzdrževanje vodotokov je urejeno kot državna gospodarska javna služba. Ta se projektov loteva na podlagi letnih načrtov, ki jih pripravi koncesionar in potrdi ARSO v odvisnosti od zagotovljenih finančnih sredstev. Ker pa so zaradi finančne podhranjenosti sektorja v te načrte vključeni le posamezni odseki, precej vodne infrastrukture ostane neustrezno vzdrževane. Svoje pripomore tudi polemika okrog čiščenja obrežne zarasti vodotokov drugega reda, za kar bi morali po Zakonu o vodah sicer skrbeti lastniki vodnih zemljišč. Pojem neočiščene struge se pogosto zamenjuje z dobrim ekološkim stanjem površinskega vodotoka. Z rednim čiščenjem in ustreznimi trajnostnimi tehničnimi rešitvami je vsekakor možno zagotoviti tako dobre pretočne lastnosti struge, kot tudi izboljšati ekološko stanje vodotoka. Za slednje pa je

bistveno stabilno financiranje in celosten pristop k urejanju voda. Z letom 2000 so se namreč začela zmanjševati finančna sredstva, namenjena upravljanju z vodami. To je botrovalo razvoju vodne politike, ki je prepuščala razvoj in rabo na področju voda ostalim politikam. Urejanje voda je postalo podrejeno interesom energetike, kmetijstva, prometa, turizma in urbanizma, državni organi pa so zadržali pravico do administrativnega podeljevanja soglasij oziroma pravic. S tem država le reagira na zunanje pobude in pritiske, sama pa nima izdelanega načrta razvoja rabe vodnih virov. Posledično je področje urejanja voda tudi pravno razdrobljeno med številne sektorske zakone (Globevnik, 2014). Financiranje v naši državi v največji meri zavisi od števila objektov in njihove vrednosti. S tem v zvezi se pojavljajo ugibanja o skladnosti uradnih podatkov o vodni infrastrukturi z dejanskim stanjem na terenu (Sodnik in sod., 2014). Na podlagi testnega območja ter uradnih podatkov iz evidenc isti avtorji ugotavljajo, da je ocenjena vrednost celotne vodne infrastrukture v Sloveniji bistveno manjša od realnega stanja. Upoštevajoč slednje je jasno, da država ne ve, s kakšnim vodnim premoženjem razpolaga, kar se v direktno odraža na sredstvih, ki jih na letnem nivoju vlaga v vzdrževanje (Sodnik in sod., 2014).

Osnovo za še eno ugotovitev predstavljajo 49., 51. in 91. člen Zakona o vodah. Ker je v interesu občine, da skrbi za varstvo urbane infrastrukture pred škodljivim delovanjem voda, ta nemalokrat posega v vodotoke, saj obseg varstva, ki ga zagotavlja država, običajno ne izpolnjuje vseh potreb. Država oziroma pristojno ministrstvo ima v tem primeru še vedno moč nadzorovati te posege preko soglasij, ki so za nekatera območja lahko precej omejujoča. Kot lahko zasledimo v literaturi (Globevnik s sod., 2014), se lokalne skupnosti načrtovanja posegov v vodni prostor pogosto lotevajo nestrokovno, kar se odraža v neustreznih posegih v vodotoke in težavah pri pridobivanju soglasij.

Na lokalnem nivoju se z urejanjem, poleg koncesionarja, pogosto srečujejo tudi lokalne skupnosti, ki vodnogospodarska dela izvajajo v okviru zaščite ali vzdrževanja svoje infrastrukture. Ti objekte in ukrepe v vodotokih gradijo predvsem zaradi varovanja cestne in druge urbane infrastrukture pred poškodbami zaradi toka vode in plavin. Na tem mestu bomo izključili objekte za potrebe energetike in turizma, v katere največkrat investira zasebni sektor. Problem občin je predvsem ta, da posege načrtujejo neodvisno od občin gorvodno oziroma dolvodno, čeprav vsaka sprememba v vodotoku lahko vpliva na hidravlične in morfološke razmere na celotnem odseku. Na lokalnih območjih zato lahko na relativno majhnem prostoru pogosto opazimo kombinacije velike moči posameznih sektorjev in slabe organizacije dela, velikega števila občin in neučinkovitega sistema urejanja prostora. To se na vodnem prostoru odraža v obliki neustreznih gradbenih posegov, pozidavi razlivnih območij in ostalih degradacijah vodnega in obvodnega prostora (Globevnik in sod., 2014).

Glede na ugotovitve v tem poglavju lahko opredelimo dva glavna problema. Prvi problem predstavlja vzdrževanje vodotokov v RS, kjer zaradi vključenosti večjega števila akterjev prihaja do zmede, obenem pa so sredstva za izvajanje vzdrževalnih del zelo omejena. Drugi problem smo izluščili na osnovi Zakona o vodah, ki omogoča, da pravzaprav vsak lahko poskrbi zase, ko je govora o varovanju pred škodljivim delovanjem voda. V kolikor obseg zaščite presega obseg del, ki jih izvaja država, lahko občina, oziroma pravna ali fizična oseba ob pridobitvi soglasij poskrbi za ukrepe varovanja, ki ščitijo njihove interese. V takih primerih smo velikokrat priča neustreznim posegom v vodni prostor, nestrokovnost vpletenih pa pogosto pomeni tudi preseganje časovnih in finančnih okvirov investicije.

Medtem ko bi se bilo prvega problema potrebno lotiti predvsem iz zakonodajne perspektive, smo za problem nestrokovnih posegov v vodni prostor v nadaljnjih poglavjih posebej predstavili principe celovite organizacije projekta ureditve vodotoka. V ta namen so bile povzete in na naše razmere prilagojene ameriške (FISRWG, 1998) in avstralske (Rutherford s sod., 2000) smernice, pri čemer sta oba priročnika nastala na osnovi izkušenj in dobrih praks s področja urejanja vodotokov.

2.4 Princip optimizacije projektov urejanja vodotokov

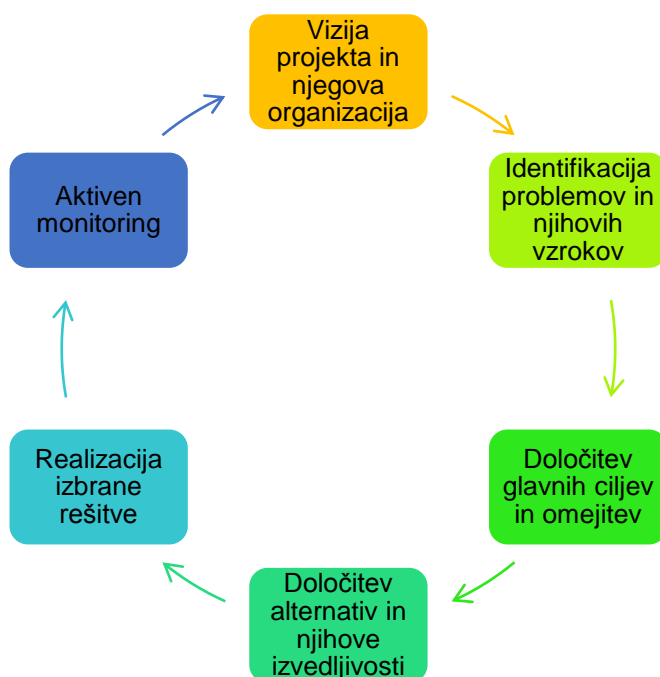
Eden izmed problemov upravljanja vodotokov, ki smo jih izpostavili v prejšnjem poglavju, je tudi urejanje voda na lokalnem nivoju.

Če smo v prejšnjem poglavju opisali problematiko in možne rešitve celovitega upravljanja vodotokov na ravni porečij v Sloveniji, se bomo na tem mestu posvetili predvsem konkretni izdelavi projekta urejanja vodotoka. Po našem mnenju je poleg celovitega upravljanja voda potrebno izboljšati tudi postopek priprave projektov urejanja vodnega in obvodnega prostora. Tu gre predvsem za primere, kjer ne prihaja do posegov v vodotok s strani koncesionarjev, ampak ostalih načrtovalcev ostale infrastrukture. Dokler programov razvoja voda po porečjih in finančne stabilnosti, ki bi te programe podprla, ne bo, gre pričakovati, da bo število takih projektov relativno veliko.

Upoštevajoč prejšnji odstavek, je v nadaljnjem besedilu predstavljen koncept optimizacije projekta urejanja vodotoka. Sledenje takemu postopku praviloma poenostavi pridobitev potrebnih soglasij, obenem pa so projektirani ukrepi racionalni in v skladu s široko paleto interesov, ki se običajno pojavljajo pri urejanju vodnega in obvodnega prostora. Ta je

sestavljen iz večih korakov, ki pa so pravzaprav med seboj tesno povezani in odvisni od posameznega projekta. Čeprav predstavljen princip občasno deluje zamuden in predolg, se je treba zavedati, da že samo dobro poznavanje vodotoka lahko bistveno skrajša celotno proceduro. Poseganje v vodotoke običajno ni poceni, zato je smiselno, da primeren delež posvetimo tudi dobremu načrtovanju in planiranju ukrepov. V literaturi (Rutherford, 2000) lahko zasledimo, da je za stroške projektiranja ureditve vodotoka racionalno nameniti nekje med 5 in 10 % vrednosti celotnega projekta.

Pobuda za ureditvena dela na vodotoku lahko pride iz različnih virov. Poleg državnih organov in njihovih izvršilnih institucij, neposredno zadolženih za urejanje vodotokov, imajo tak interes lahko tudi posamezniki oziroma skupine z najrazličnejšimi interesi. Skupaj s prepoznanim problemom oziroma vidno posledico se v isti sapi pogosto omenjajo tudi prve rešitve. V takih primerih se lahko prehitro oddaljimo od resničnih vzrokov problemov, zaradi česar je vseeno bolje projekt peljati čez logičen proces, podoben opisanemu v nadaljevanju.



Slika 23: Shema koncepta optimalnega poteka projekta (prilagojeno po FISRWG, 1998 in Rutherford s sod., 2000)

Zaradi preglednosti smo proces razdelili na šest delov, medtem ko v literaturi najdemo tudi drugače razdelan proces. Upoštevajoč značilnosti našega prostora, je taka delitev najbolj primerna, obenem pa se je treba zavedati, da so posamezni koraki medsebojno neločljivo povezani, zaradi česar je meja med njimi včasih zabrisana. V nadaljevanju opisan koncept predstavlja le smernice, nikakor pa ga ne gre jemati kot ultimativno rešitev vsakega problema na področju urejanja voda. Gre namreč za specifično področje, kjer je vsak projekt zgodba

zase in je lahko odvisen še od kopice ostalih faktorjev. Kljub temu pa bi moralo za večino projektov, ki se izvajajo pri nas biti dovolj, da sledimo temeljnim načelom, ki jih predstavljamo v nadaljevanju. Na kakšnem nivoju obravnavamo vsakega izmed njih, pa je odvisno od razsežnosti posega. Tako lahko za manjše projekte postopek zelo poenostavimo, v zahtevnejših projektih pa je proces kompleksen in v tem primeru morda predstavljen koncept ne zadostuje v popolnosti.

2.4.1 Vizija projekta in njegova organizacija

Potem, ko je bila prepoznana potreba po ureditvenem ukrepu v vodotoku, se je najprej potrebno posvetiti dejavnostim, ki bodo omogočale razvoj projekta v vseh nadaljnjih fazah. Glavni cilj organizacije projekta mora biti zagotavljanje vključevanja in medsebojne komunikacije vseh zainteresiranih strank na samem začetku projektne procesa. Preden začnemo z vključevanjem ljudi v naš proces, je pomembno **definirati geografske meje** obravnavanega območja, ki bodo služile kot pomemben faktor v odločitvenem procesu. Meje in s tem velikost obravnavanega območja so odvisne od primarnih ciljev projekta. Za primer cilja lahko vzamemo ohranitev oziroma izboljšanje naravnega habitata, pri čemer bi morali obravnavati relativno veliko območje, medtem ko bi za varovanje cestne infrastrukture ali izboljšanje kvalitete pitne vode upoštevali dosti manjše vplivno področje.

Zelo pomembna komponenta vsakega posega v prostor so ljudje. Kot smo že velikokrat omenili, so interesi še posebej pri posegih v vodni prostor številni. Aktivna vključenost zainteresiranih je zato bistvena, pomembno pa je, da se to zgodi še pred začetkom projektne procesa, kar je pri nas prej izjema kot pravilo. Priporočljivo je **formirati posvetovalno skupino** ljudi, katere naloge so predvsem:

- pomoč pri izvajanju nekaterih aktivnosti načrtovanja,
- koordinacija implementacije projekta,
- identifikacija javnih interesov,
- podajanje različnih pogledov na projekt in njegovo realizacijo ter
- skrb za ohranitev lokalnih vrednot.

Običajno ta skupina nima pravice odločanja, ampak predvsem svetuje in koordinira komunikacijo z odgovornimi osebami oziroma organizacijami. Široka paleta ljudi pomeni večjo možnost, da individualni oziroma enostranski interesi ne vodijo procesa planiranja. Obenem to tudi pomeni, da bodo v skupini lokalni prebivalci, ki večinoma nimajo potrebnega širokega nabora strokovnih znanj, zato je pomembno na kakšen način in katere informacije s tako

skupino deležnikov delimo. Njihove odločitve morajo biti plod njihovih vrednot in želja, velikokrat pa jim je potrebno podati nekaj strokovnih smernic, s čimer se lažje približamo skupni viziji projekta. Za manjše projekte lahko odgovorne osebe skupino sestavijo samo iz nekaj lastnikov zemljišč, medtem ko v splošnem velja, da mora biti število deležnikov dovolj veliko, da obsega vse interese na danem prostoru ter dovolj majhno, da je z njo še mogoče upravljati na efektiven način. V Sloveniji je problem tudi odsotnost **pravne podlage** za obstoj in delovanje take skupine v formalnem okviru projekta. Iz tega razloga se odgovorne osebe takemu načinu sodelovanja običajno izognejo, ne zavedajoč se prednosti oziroma slabosti, ki jih tako ravnanje lahko povzroča v procesu projekta.

Načrtovanje in izvedba projekta ureditve vodotoka zahteva visoko stopnjo znanja, usposobljenosti, izkušenj in profesionalne presoje. Iz tega razloga so pobudniki v sestavi svetovalne skupine ljudi največkrat primorani sestaviti ekipo ljudi, ki poskrbi za strokovno realizacijo vizije deležnikov. Bistvena je prav strokovnost **tehnično orientirane skupine ljudi**, saj na žalost ne obstaja univerzalen recept v obliki priročnika, s katerim bi lahko načrtovali in izvajali dela na vodotokih. Gre namreč za kompleksne posege v prostor, zaradi česar se pri večjih projektih priporoča, da tehnično skupino ljudi sestavljajo profili strokovnjakov z različnim tehničnim spektrom znanj, pri čemer je poudarek na inženirskih in bioloških disciplinah. Pri nas se je uveljavil pojem projektantske skupine, čeprav ta najpogosteje predstavlja le tehnični del skupine. Člani skupine morajo namreč predstavljati različne zunanje interese, saj le na tak način lahko stremijo k neki optimalni rešitvi. Med pomembnejše naloge tehničnih ekip štejemo:

- pridobivanje finančne podpore za projekt,
- ozaveščanje javnosti,
- zagotavljanje strokovne podpore projekta,
- preučevanje pravnih, ekonomskih in kulturnih vplivnih faktorjev in
- omogočanje procesov načrtovanja, projektiranja in realizacije projekta.

Ena izmed koristi tehnične skupine ljudi je tudi pridobivanje potrebnih informacij, na podlagi katerih lahko svetovalna skupina in odgovorne osebe sklepajo odločitve in prilagajajo cilje projekta. Medtem ko ima tehnična ekipa večje strokovno znanje na področju urejanja vodotokov, lahko svetovalna skupina prispeva s svojim poznavanjem lokalnih ekonomskih, socialnih in političnih razmer.

Potem, ko so definirani vsi deležniki, je nujno vzpostaviti transparentno **hierarhično urejeno strukturo** glede na odgovornost in funkcijo. Ta bo odločilna pri razvijanju odločitev, zaradi česar je pomembno da so, podobno kot pri prejšnjih skupinah, zastopani vsi interesi, s čimer je zagotovljena objektivnost odločitev.

Predčasna zagotovitev potrebnih finančnih sredstev je pogosto bistven korak na poti k uspešni realizaciji iniciativ projekta. Finančna podpora lahko prihaja iz različnih virov, pri nas največkrat iz blagajn državnih oziroma občinskih organov, bodisi neposredno v primeru vzdrževanja vodne infrastrukture bodisi posredno, ko občina na primer financira sanacijo urbane infrastrukture v neposredni bližini vodotoka. V našem prostoru se redkeje pojavljajo drugi načini financiranja ureditev vodotokov. Prostovoljni prispevki za skupno dobro so se izkazali kot uspešni pri sofinanciranju interventnih vozil in objektov, predvsem gasilskih vozil na območjih z močno prostovoljno gasilsko sredino. Takšen način zbiranja sredstev nam torej ni tuj in bi ga morda lahko z ustreznimi prijemi uvedli tudi na druga področja kot je urejanje vodotokov. Trenutno so za nekatere države EU pomembni tudi finančni viri, pridobljeni v okviru kohezijske politike. S tem EU podpira razvoj evropskih regij, ki zaostajajo za najrazvitejšimi. Med slednje se zaenkrat uvršča tudi Slovenija, zato je upravičena do črpanja sredstev iz kohezijskega sklada. Sklad je usmerjen na področja okoljske in prometne infrastrukture, delež financiranja pri večjih projektih pa znaša vse do 85 %. Kohezijska politika je precej birokratsko naravnana, toga in kompleksna na nivojih izvedbe in nadzora. Kljub naštetemu velja, da so države same odgovorne za učinkovito reševanje postopkov, ki jim kasneje lahko prinesejo gospodarsko rast in večjo blaginjo (Kirbiš, 2008). Ostali mogoči viri financiranja so lahko še razne nevladne organizacije, filantropisti in podobni, pri čemer pa se je potrebno zavedati, da bo neodvisno od vira, ta želel imeti tudi nekaj vpliva pri procesu razvoja projekta.

Zelo priporočljivo je skozi celoten proces projekta precej truda vložiti tudi v komunikacijo. **Komunikacija** pa ne poteka samo med prej omenjenimi subjekti, temveč tudi na ostalih nivojih, tako z lastniki zemljišč, kot tudi s širšo javnostjo, v kolikor gre za projekt širšega pomena. Število načinov za deljenje informacij je dandanes ogromno, ločimo pa jih na orodja, ki služijo predvsem prejemanju informacij in orodja, s katerimi želene informacije delimo.

Zadnji element, ki bi ga uvrstili v sklop organizacije projekta, je njegova **dokumentacija**. Poleg formalne in pravno zahtevane projektne dokumentacije, za katero skrbi projektantski del tehnične skupine, se priporoča tudi natančna in ažurna izdelava dokumentacije neformalnega značaja. Med to štejemo fotografiranje posameznih faz posegov v prostor, zapisnike s sestankov, poročila, izjave in podobno. Dobro izdelana dokumentacija olajša posamezne faze izvedbe, poenostavi nadzor ter omogoča lažjo evaluacijo po končanem projektu.

2.4.2 Identifikacija problemov in njihovih vzrokov

Definicija ciljev ureditve vodotoka je pogojena z izvedbo analiz trenutnega stanja v vodnem prostoru. Na tej stopnji je bistvenega pomena formulirati tudi relacijo med trenutnim in želenim stanjem.

Temelj vsake analize so **podatki**, ki jih pridobivamo v skladu z začrtanimi zahtevami projekta. Slednje so določene s strani odgovornih subjektov na projektu, ki jim svetuje svetovalna skupina. Ta se kasneje, zaradi poznavanja lokalnih pogojev, lahko aktivno vključi v pridobivanje zgodovinskih podatkov, ki so v lasti lokalne skupnosti oziroma prebivalstva. Projektanti potrebne podatke zbirajo na različne načine, vključujoč daljinsko zaznavanje, zgodovinske načrte in fotografije, baze podatkov ter ostale standardizirane in dostopne metode. Poleg fizikalnih, kemijskih in bioloških parametrov, se občasno izplača pridobiti tudi podatke sociološkega, kulturnega in ekonomskega karakterja. Našteti pomagajo pri razumevanju dojemanja okoljskih posegov lokalnega prebivalstva, obenem pa jim dajejo občutek vključenosti v proces. Podobno pridobivanju, ima pomembno vlogo tudi analiza podatkov. Metode analiziranja se med seboj precej razlikujejo; od kvalitativnih, ki temeljijo na strokovni presoji, do kompleksnih numeričnih računskih modelov. Izbor metode je običajno odvisen od finančnih sredstev in obsega projekta.

Pri **opisovanju trenutnega stanja vodotoka** se moramo zavedati, da ne obstaja bližnjica, s katero bi hitro določili stanje vodotoka, vzroke za to stanje in funkcijske povezave. Podobno kot pri ugotavljanju človekovega zdravja, ki ga običajno opisujemo s parametri, kot sta telesna temperatura in krvni tlak, tudi stanje vodotoka indeksiramo s parametri. Uvrstimo jih lahko v enega ali več naštetih sklopov:

- Hidrologija
- Rečna morfologija
- Urejenost brežin
- Procesi v strugi
- Vz dolžna, prečna in vertikalna povezanost
- Kakovost vode
- Biološki organizmi v vodnem in obvodnem prostoru
- Dimenzije rečnega koridorja

Prednost običajno dajemo merljivim parametrom, saj z njimi najlažje nadzorujemo in podkrepimo izboljšanje stanja ter prikažemo rezultat našega dela.

Preden se lahko posvetimo konkretnim ciljem, je zaželeno imeti predstavo o stanju, ki ga v vodotoku želimo doseči. To karakteriziramo kot **referenčno stanje** in lahko predstavlja vodotok v svoji pristni, izvorni obliki oziroma stanje, ki ni idealno, vendar je bistveno izboljšano

glede na trenutne razmere. Slednja možnost je v današnji praksi razumljivo pogostejša. Referenčno stanje se ugotavlja z različnimi metodami in viri. Pri tem so nepogrešljive hidrološke meritve in pregled obstoječe literature, referenčno stanje pa se pogosto določa tudi z analizo primerljivih in ohranjenih odsekov na istem ali podobnem porečju.

Trenutne razmere, ki so vzrok pobude za sanacijo oziroma ureditev vodnega prostora, vključujejo degradacijo struge vodotoka (zaplavljanja in poglobljanje, erozija in porušitev brežin itd.) in naravnega habitata (poslabšanje vodnega in obvodnega habitata, izguba avtohtonih vrst itd.). Natančna analiza vzrokov teh posledic je ključna za kasnejšo definicijo možnosti, omejitev in ciljev projekta. Vzroke lahko glede na obseg v grobem delimo v dve skupini; tiste na ravni porečja in vzroke lokalizirane na določenem odseku. Na ravni porečja analiziramo predvsem vzroke, ki rezultirajo v spremenjenem hidrološkem in morfološkem režimu ali pa so povezani z onesnaženjem. Uporabljajo se predvsem različne metode določanja površinskega odtoka, od kvantitativnih ocen do zapletenih numeričnih modelov. Vzroki na odsekih so na drugi strani največkrat povezani z aktivnostmi lokalnega prebivalstva, kot so odstranjevanje vodne infrastrukture (za potrebe kmetijstva in gozdarstva), fizično spreminjanje morfologije vodotoka (za namene izgradnje infrastrukture, pridobivanja mineralnih surovin in podobnih dejavnosti) ter modifikacije v strugi vodotoka (pragovi, obrežne zgradbe, mostni oporniki itd.).

Potem, ko smo določili trenutno stanje in ugotovili vzroke za to, nas zanima še **odvisnost degradiranega stanja od trenutnega upravljanja in ravnanja** z vodnim prostorom. Številni faktorji človeških aktivnosti namreč niso nujno zajeti v predhodnih korakih, so pa pomembni predvsem z vidika identifikacije mogočih rešitev. Opis preteklega upravljanja in vplivov le tega lahko prepreči ponoven pojav težav in pomaga pri predvidevanju bodočega stanja. Je tudi ključna komponenta analize ocene zmožnosti izboljšanja stanja v strugi brez kakršnihkoli posegov.

Končni korak v tem sklopu je, na podlagi ugotovljenega stanja in vzrokov, določiti **primarne probleme in načrtati smernice razvoja** projekta ureditve vodotoka. To nam bo v naslednjem koraku predstavljajo osnovo za definicijo specifičnih ciljev, zaradi česar si želimo, da v njih najdemo:

- z merljivimi parametri podprt opis trenutnega degradiranega stanja, ki ga lahko povežemo s specifičnimi procesi v rečnem koridorju in
- predstavitev odstopanja trenutnega stanja od referenčnega ali povezavo v obliki funkcij za vsak posamezen atribut, ki je potreben izboljšave.

2.4.3 Določitev omejitev in razvoj ciljev projekta

Analizi in identifikaciji problemov v vodotoku sledi razvoj ciljev projekta, ki obenem tudi temelji na integraciji rezultatov iz predhodno opravljenih procesov. Začeti je potrebno z natančno opredelitvijo stanja, ki ga želimo doseči po končani realizaciji projekta. Referenčna stanja smo omenili že v prejšnji točki, na tem mestu pa je ključno, da zagotovimo, da definirano stanje predstavlja vizijo vseh deležnikov v procesu.

Potem, ko je dosežen kompromis glede končne vizije projekta, se posvetimo **prepoznavanju omejitev in izzivov** v procesu projekta (ureditve) vodotoka. Ta korak je zelo pomemben za določitev meja, povezanih z našimi cilji, ki jih bomo lahko kasneje definirali. Zaradi ogromnega števila potencialnih izzivov na tem področju se je priporočljivo zanesti na sposobnosti in izkušnje projektantov in strokovnjakov na različnih področjih. Omejitve bomo razdelili na tehnične in ostale, med katere štejemo finančne, pravno-administrativne, kulturne, sociološke in ekonomske. Izmed slednjih bomo v nadaljevanju opisali le pomembnejše.

Tehnične omejitve so povezane z dostopnostjo podatkov in zmožnostjo realizacije različnih ukrepov ureditev. Oboje smo že obdelali v prejšnjih točkah, zato na tem mestu samo ponovimo, da se lahko podatke pridobiva z različnimi metodami, za katere je zadolžen projektant, medtem ko je za realizacijo ukrepov odgovoren izbran izvajalec. Ta pa je običajno omejen, tako z razpoložljivo tehnologijo, kot tudi z delovno silo in spektrom ukrepov, ki jih ta (dobro) izvaja.

Eden izmed problemov, ki se pogosto pojavlja na naših tleh so **konflikti glede rabe tal vodnih in obvodnih zemljišč**. Razlog za to so pogosto pomanjkljive in neažurne evidence. Čeprav se tega problema država zaveda in ga poskuša rešiti, pa bo za doseg zadovoljivega stanja potrebno še precej časa in denarja. Trenutno za koordinacijo skrbijo projektanti in odgovorne osebe na projektu, ki pa ravno zaradi slabo vodenih evidenc včasih nimajo primernih vzvodov za sprožitev pravnih postopkov. Zaradi zgodovinskih, socioloških in kulturnih vidikov rabe zemljišč so ljudje čustveno navezani na zemljo in pogosto ne razumejo pomena urejanja vodotokov, kar se lahko odraža v nasprotovanju. Rešitev je vključenost ljudi oziroma lastnikov zemljišč v proces načrtovanja preko svetovalnih skupin, v sklopu katerih se priporoča organizacija izobraževanj in seminarjev, ki pripomorejo k globljemu razumevanju problematike.

Ena odločilnih ovir je skoraj pri vsakem projektu **omejenost razpoložljivih finančnih sredstev**, ki so potrebna v vseh fazah projekta. Finančni vidik smo že opisali v predhodnih

sklopih, zato bi na tem mestu želel le ponovno poudariti pomen prostovoljstva in vključenost ljudi, ki se lahko odrazita tudi v dodatni možnosti finančne podpore projekta.

Tudi o **pravno-administrativnih ovirah** smo že govorili v poglavju 2.2, vendar smo tam povzeli le splošen pravni red na področju voda pri nas, nismo pa se natančno osredotočili na vse potrebne dokumente, ki so potrebni pri posegih v vodni prostor. V splošnem vsaka država postavi zahteve, ki pokrivajo vrsto različnih področij. Z izdajo dovoljenj oziroma soglasij regulirajo posege v prostor in skrbijo, da so le-ti v skladu z zahtevami. Pri nas je to urejeno z izdajo projektnih pogojev in izdajanjem (vodnih) soglasij. Že pred pričetkom projektiranja je potrebno v skladu z ZGO pridobiti projektne pogoje oz. informacijo o pogojih gradnje, ki lahko vpliva na vodni režim ali stanje voda, kot jo predvideva 151. člen Zakona o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02). Projektne pogoje je potrebno pri pripravi PGD (Projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja) projektne dokumentacije dosledno upoštevati. Ko je PGD projektna dokumentacija izdelana, stranka s posebno vlogo, ki ji priloži potrebne priloge, zaprosi za izdajo vodnega soglasja. Vodno soglasje je soglasje, ki ga je potrebno pridobiti pred vsakim posegom v prostor, ki bi lahko trajno ali začasno vplival na vodni režim ali stanje voda. Vodno soglasje se daje k projektni rešitvi, predvideni v predloženi projektni dokumentaciji. Izdaja se pisno, kot izpolnjena klavzula na predhodno izdani informaciji o pogojih gradnje, ki lahko vpliva na vodni režim ali stanje voda, ali v obliki samostojne odločbe. Poleg vodnega soglasja je za nekatera z zakonom določena območja potrebno pridobiti tudi naravovarstveno soglasje, sama narava posega pa se potrdi z okoljevarstvenim soglasjem.

Vsi predhodno navedeni elementi služijo **definiciji ciljev** projekta. Cilje določijo odgovorni in vodilni subjekti s pomočjo svetovalne skupine, projektantov in ostalih deležnikov. Cilji morajo biti integracija zelenega stanja in socioloških, političnih ter ekonomskih faktorjev. Kot je bilo že povedano, zeleno stanje temelji na stanju pred vplivom človeka oziroma na splošno sprejeti viziji o tem, kako bi moral vodotok izgledati in delovati. Realne cilje lahko določimo šele, ko ob zelenem stanju upoštevamo še dane omejitve. Pri definiciji realnih ciljev nam je lahko v pomoč tudi delitev le-teh na primarne in sekundarne, ki pa so medsebojno vseeno povezani. Primarni cilji neposredno izhajajo iz identificiranih problemov, medtem ko sekundarni cilji primarne posredno ali neposredno podpirajo. Za primer sekundarnega cilja ureditve vodotoka lahko vzamemo uporabo lokalnih podjetij in materialov, kar posredno vpliva na izboljšanje ekonomskih in socioloških dejavnikov na območju.

2.4.4 Določitev alternativ in njihove izvedljivosti

Izbira tehnično izvedljivih možnosti rešitev je namenjena reševanju prepoznanih problemov, dojetanju investicijskih priložnosti in doseganju ciljev projekta. Rešitve lahko pomenijo le manjše modifikacije, po drugi strani pa obstajajo tudi take, ki pomenijo obsežne fizične posege v prostor. Učinkovit pristop k načrtovanju možnih rešitev obsega splošen razvoj, oceno in izbiro posplošenih rešitev, še preden se lotimo specifičnih možnosti. Na tem mestu se bomo posvetili nekaterim faktorjem, ki pogojujejo izbiro in načrtovanje alternativnih zasnov projekta.

Kot prvo se moramo odločiti, na kakšen način se bom lotili znanih problemov. Ločimo **pasivne** in **aktivne posege** v vodni prostor. V primeru, da poznamo vzroke za degradirano stanje in je to na relativno enostaven način mogoče nevtralizirati, sprejmemo aktivno naravnane ukrepe. Po drugi strani obstaja verjetnost, da te vzroke realno gledano ne bo mogoče takoj odstraniti. Takrat se odločimo za blaženje posledic in ukrepe te vrste uvrščamo med pasivne, ker se ne spopadejo direktno s problemom. Pogosto so vzroki za poslabšanje stanja v vodotoku posledica človeške aktivnosti in takrat lahko obstajajo tudi drugačni prijemi, s katerimi vplivamo na izboljšanje stanja, na primer pravno regulirani posegi v vodno okolje. Ker je vodotok dinamičen sistem, je vedno potrebno imeti v mislih, da morda idealne rešitve ni. Odpravljanje ene posledice na odseku vodotoka, lahko pomeni problem na drugem odseku istega vodotoka. S tega vidika je pomembno tudi, da razvijamo zasnove, ki imajo v času in prostoru določeno fleksibilnost. Boljše so tiste, ki se lahko prilagajajo na spreminjajoče fizikalne pogoje, kot so spreminjajoče hidravlične obremenitve, zemeljski pritiski, podnebne spremembe in vplivi rastlin ter živali.

Že večkrat smo omenili, da je urejanje vodotoka redko izziv, ki bi se ga lahko lotevali lokalno, zato je priporočljivo preučiti povezljivost med odsekom, ki ga urejamo, in ostalimi, večjimi enotami vodotoka (celotna struga, rečni koridor in porečje). Da bi lahko karakterizirali te odnose, je včasih potrebno pridobiti podatke in analize o lastnostih struge in človeški dejavnosti na celotnem porečju. Izbrane rešitve so namreč lahko vezane na celo porečje in na primer vključujejo tudi ukrepe, ki zadevajo aktivnosti (kmetijstvo, gozdarstvo, turizem itd.) lokalnega prebivalstva gorvodno od obravnavanega odseka v kolikor ocenimo, da to vpliva na slabšanje razmer. Pogosto ni mogoče premakniti oziroma popolnoma nevtralizirati človeškega vpliva, zato je dobro v fazi snovanja upoštevati tudi morebitne ekonomske in sociološke karakteristike področja.

V ožji izbor običajno uvrstimo več rešitev, izmed katerih nato **na podlagi večkriterijske analize** izberemo najoptimalnejšo. Kriterijev ne sme biti preveč, kljub temu pa je priporočljivo, da predstavljajo več pomembnih faktorjev. Najpogosteje se zanašamo na naslednje štiri analize:

- Finančna analiza investicije,
- Vrednotenje koristi,
- Ocena tveganja,
- Presoja vplivov na okolje.

Pogosto je obseg projekta omejen predvsem s finančnega vidika, zato je klasična **analiza stroškov in koristi** nujna in največkrat celo odločilen dejavnik pri odločanju. Ker pri projektu urejanja vodotokov težko opredelimo koristi s finančnega zornega kota, se posvečamo predvsem stroškom. Ti pa so sestavljeni tako iz stroškov projekta (načrtovanje in izvedba), kot tudi kasnejših stroškov vzdrževanja.

Projekt lahko ocenimo tudi z **vrednotenjem koristi**, ki jih njegova realizacija prinaša. Koristi za začetek razdelimo po pomembnosti glede na načrtane cilje. Specifičnost projektov urejanja vodotoka je obstoj koristi, ki niso merljive in jih je zato težko postaviti kot kriterije pri izbiri (npr. estetski izgled). Naslednja težava je tudi spreminjanje v prostoru in predvsem času. Nekatere koristi se pojavijo šele kasneje, za nekatere je celo nemogoče napovedati uspeh, kljub brezhibni realizaciji projekta. Možnosti za slednje lahko ugotovljamo s tako imenovano **analizo tveganja**. Ta je pomembna predvsem za projekte večjega obsega, ki zahtevajo velik vložek sredstev in napora, obenem pa bi morebiten neuspeh pomenil tveganje izgube človeških življenj in velike gmotne škode. Največji vir negotovosti, ki neposredno vodi v tveganje, je povezan s kvaliteto podatkov, ki se uporabljajo za analizo problemov in dimenzioniranje ukrepov.

Na našem prostoru se **presoja vplivov na okolje** izvaja za že izbrano rešitev, izvede pa se v pristojnosti Agencije za okolje in prostor RS. Postopek se prične s predhodnim postopkom, v katerem se ugotovi, ali je treba za nameravani poseg izvesti presojo vplivov na okolje in pridobiti okoljevarstveno soglasje, v postopku presoje vplivov na okolje pa se ugotovi, ali so vplivi predvidenega posega za okolje sprejemljivi ali ne. V primeru sprejemljivega posega se izda okoljevarstveno soglasje, v katerem se določi pogoje za izvedbo nameravanega posega (v kolikor so potrebni), v nasprotnem primeru se z odločbo izdaja okoljevarstvenega soglasja zavrne. V tem primeru je treba najti novo rešitev, pri čemer pa je potrebno spomniti na časovne zamude in stroške, ki spremljajo upravne postopke.

2.4.5 Implementacija izbranega ukrepa

Realizacija je kritična komponenta projektne procesa. Obsega aktivnosti, ki so potrebne za izvedbo izbranih rešitev in doseganje končnih ciljev. Kljub temu, da izvedbo najpogosteje povezujemo s fizičnimi dejavnostmi, uspešni projekti zahtevajo visoko stopnjo načrtovanja in terminskega planiranja tudi v procesu realizacije.

Ponovno velja omeniti bistven pogoj za izvedbo ukrepov in sicer **razpoložljivost finančnih sredstev**. Čeprav je zagotavljanje finančnih sredstev ena temeljnih aktivnosti že ob pričetku projekta, pa na tem mestu sredstva porazdelimo med oprijemljive dejavnosti. V naši projektantski praksi to prilogo imenujemo projektantski predračun in je nepogrešljiva sestavina projektne dokumentacije. V primeru da sredstva, ki jih imamo na voljo, niso zadostna za realizacijo vseh predvidenih aktivnosti, se odločimo za kategorizacijo ukrepov. Na podlagi te določimo tiste, ki bodo k našim ciljem prinesli največ, obenem pa bomo ostali znotraj predvidenega proračuna.

Naslednji korak je **določitev izvajalcev**, s čimer ciljamo na odgovorne osebe in podjetja, ki bodo zadolžene za fizično izvedbo. Te lahko izberemo na osnovi javnih razpisov, v kolikor gre za projekt, v katerega investira državni proračunski porabnik oziroma na osnovi drugega sistema kriterijev, če ne gre za projekt, organiziran s strani organov, ki so porabniki javnih sredstev. V vsakem primeru je največkrat odločilno merilo strošek oziroma cena, ki jo izvajalec ponuja za realizacijo projekta, obenem pa se od izvajalca zahtevajo še nekateri pogoji, ki jih mora izpolnjevati (npr. reference in razpoložljiva tehnologija).

Sledi **razdelitev vlog in odgovornosti** med udeleženci v procesu izvedbe projekta. Ti so poleg izvajalca še projektanti, nadzorniki, investitor in ostali sodelujoči v procesu (npr. prostovoljci). V Sloveniji so odgovornosti teh vlog zakonsko določene v Zakonu o graditvi objektov – ZGO-1 (Ur. l. RS, št. 110/02). Posebej velja omeniti prostovoljstvo, ki se lahko pojavlja na projektih urejanja vodotokov in bistveno doprinese k uspehu projekta na več ravneh. Na tem mestu bi poudaril, da obstaja precej aktivnosti, ki jih lahko opravljajo prostovoljci, vendar se je treba zavedati, da tudi take vrste delovna sila ni popolnoma zastonj. Potrebno jih je koordinirati in poskrbeti za varnost, opremo, po možnosti pa tudi za hrano in pijačo. Kljub temu se da z vključevanjem prostovoljske dejavnosti zmanjšati nekatere stroške, obenem pa ima tudi druge pozitivne učinke na skupnost. Zadnji in prav tako zelo pomemben element delitve vlog je pravna overitev dogovorov **s pogodbami**, pri čemer se velja obrniti na

pravnike, ki s svojim strokovnim znanjem poskrbijo, da so dokumenti v skladu s predpisi in vsebujejo vse pomembne elemente.

Tik pred začetkom fizičnih posegov se dotaknimo še zadnjih faktorjev, ki sovplivajo na potek realizacije. Za večje projekte običajno izvajalec pripravi **terminski plan**, ki je v veliko pomoč pri organizaciji dela in optimizaciji sredstev. Pri kompleksnejših projektih se planiranje običajno izvede s pomočjo računalniških orodij kot je Microsoft Project.

Včasih je poleg potrebnih soglasij v procesu načrtovanja potrebno pridobiti tudi **soglasja za samo izvedbo del**, v kolikor veljavna zakonodaja to zahteva. Soglasja so največkrat vezana na posege, ki bi lahko ogrozili naravno ali kulturno dediščino. Kot primer lahko navedemo posege na odseku vodotoka, kjer se drsti ogrožena ribja vrsta. Soglasodajalec, v tem primeru Zavod za ribištvo, bi najverjetneje odobril fizične aktivnosti v mesecih, ko na tem odseku ne poteka drst. Seveda obstaja tudi možnost, da različna soglasja prepovejo poseganje v različnih obdobjih leta, zaradi česar je lahko projekt ogrožen. V takem primeru moramo najti kompromis ali pa izbrati drugačen projektni pristop.

Čeprav trenutna zakonodaja daje pravico poseganja v vodni prostor brez privolitve lastnikov zemljišč, to ne pomeni, da sodelovanje z njimi ni dobrodošlo. Predvsem je priporočljivo ljudi opozoriti na morebiten hrup in ostale motnje, v kolikor se bodo v času izvajanja del pojavile.

Za konec navajam še ostale aktivnosti pred in med izvajanjem del, ki pa imajo zelo enoznačen pomen. Že pred pričetkom izvajanja del je treba vzpostaviti skupino ljudi, ki se nato redno srečuje na **sestankih in posvetih**. Običajno so v tej skupini ljudi predstavniki vseh deležnikov (projektant, investitor, nadzornik, izvajalec, lastniki obvodnih zemljišč morebitni drugi udeleženci), njihov glavni cilj pa je spremljanje poteka projekta in iskanje morebitnih konstruktivnih rešitev. Te predstavljajo odgovor na izzive, ki se pojavijo med samo izvedbo in jih ni bilo mogoče predvideti v fazi projektiranja.

2.4.6 Aktiven monitoring

Pri nas se vse prevečkrat držimo načela, da smo z zaključkom izvajanja del tudi uradno zaključili projekt in ga, v kolikor je vse na svojem mestu, lahko označimo za uspešnega. Na žalost, predvsem pri poseganju v vodotoke, ni vedno tako. Ker je vodotok dinamičen sistem, bodo nekateri rezultati lahko doseženi šele čez nekaj let ali celo desetletij. Seveda ni pri vseh projektih tako, ampak za primer lahko vzamemo ribje steze v Sloveniji. Te so se v preteklosti

gradile brez strokovnih podlag in analiz, zaradi česar so danes v veliki večini le betonski spomeniki, brez vsake funkcionalnosti (Kolman s sod., 2010). Za take in podobne projekte je bistveno vzpostaviti sistem monitoringa, na podlagi katerega nato podamo oceno uspešnosti projekta in po potrebi iščemo oziroma prilagajamo rešitve.

Spremljanje uspešnosti projekta

Reden nadzor opravljenega dela je obvezen del projekta urejanja vodotoka. Ker je narava izvajanja del gradbeniškega karakterja, se izvaja tako imenovan gradbeni nadzor po ZGO-1 (Zakonu o graditvi objektov). Gradbeni nadzor po ZGO-1 je opravljanje strokovnega nadzorstva na gradbišču, s katerim se preverja, ali se gradnja izvaja po projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja, na podlagi katerega je bilo izdano gradbeno dovoljenje in nadzoruje kvaliteta izvedenih del, gradbeni proizvodi, drugi materiali, inštalacije in tehnološke naprave, ki se vgrajujejo v objekt in ali se pri izvajanju del spoštujejo dogovorjeni roki izgradnje.

Nadzornik svoje ugotovitve, ki obsegajo opažanja, predloge, neskladja in podobno, redno vpisuje v gradbeni dnevnik. Skrbi tudi, da se v projekt za izvedbo sprti vnašajo vse spremembe, ki nastajajo med gradnjo, in ali se z njimi strinjata investitor in projektant.

Tako kot končni pregled, ki se izvede takoj po zaključku del, in je osnova za zaključek pogodbe med investitorjem in izvajalcem del, je za uspešnost projekta ureditve vodotoka pomembno tudi redno spremljanje stanja na daljši rok. Urejanje vodotokov je s tega vidika zelo specifično področje, saj se znotraj vodotoka vseskozi dogajajo spremembe, ki tako ali drugače vplivajo na vodno infrastrukturo. V primeru inženirsko-bioloških ukrepov pa se njihove lastnosti spreminjajo celo same po sebi v odvisnosti od časovne in ostalih komponent.

V literaturi (FISRWG, 2007) najdemo priporočila, ki na letni ravni predvidevajo vsaj en splošen pregled rečnega odseka ali širšega območja rečnega koridorja. Glavni cilj takega pregleda je identificirati mesta intenzivne erozije oziroma zaplavljanja. Obenem lahko zaznamo tudi mesta neustreznega ravnanja z vodnim in obvodnim prostorom. V primeru rednih letalskih posnetkov območja, so ti lahko koristni pri pregledih takega karakterja. V Sloveniji se letalsko snemanje sicer izvaja, vendar zaradi finančne podhranjenosti žal ne izpolnjuje pogojev ažurnosti, ki so ključni za aplikativno rabo na področju spremljanja stanja vodotokov. Obstaja sicer možnost privatnega naročila izdelave takih posnetkov, vendar je ugotavljanje stanja s terenskim ogledom, bodisi peš bodisi s čolnom, običajno boljša opcija.

Specifični pregledi se obvezno izvajajo ob ekstremnih pojavih, kot so visoke vode ali dolgotrajna suša. Še posebej je pomembno oceniti obnašanje vodne infrastrukture v prvih dveh letih po zaključku izvedbe oziroma do pojava prvih visokih voda (FISRWG, 2007). Posebno pozorno je treba posvetiti vegetaciji, ki svoje polne funkcionalnosti ne doseže takoj. Za razliko od gradbeno-tehničnih posegov, inženirsko-biološki ukrepi potrebujejo večjo stopnjo spremljanja in nege v obdobju razraščanja. Poleg obrežne in vodne infrastrukture se priporoča tudi reden pregled urbane infrastrukture in opreme (ceste, pristopi k vodi, prepusti itd.), ki je neločljivo povezana z razmerami v vodotoku.

3 Optimizacija projekta idejne zasnove ureditve vodotoka na primeru potoka Belice pri Preddvoru

3.1 Lega in kratek opis območja

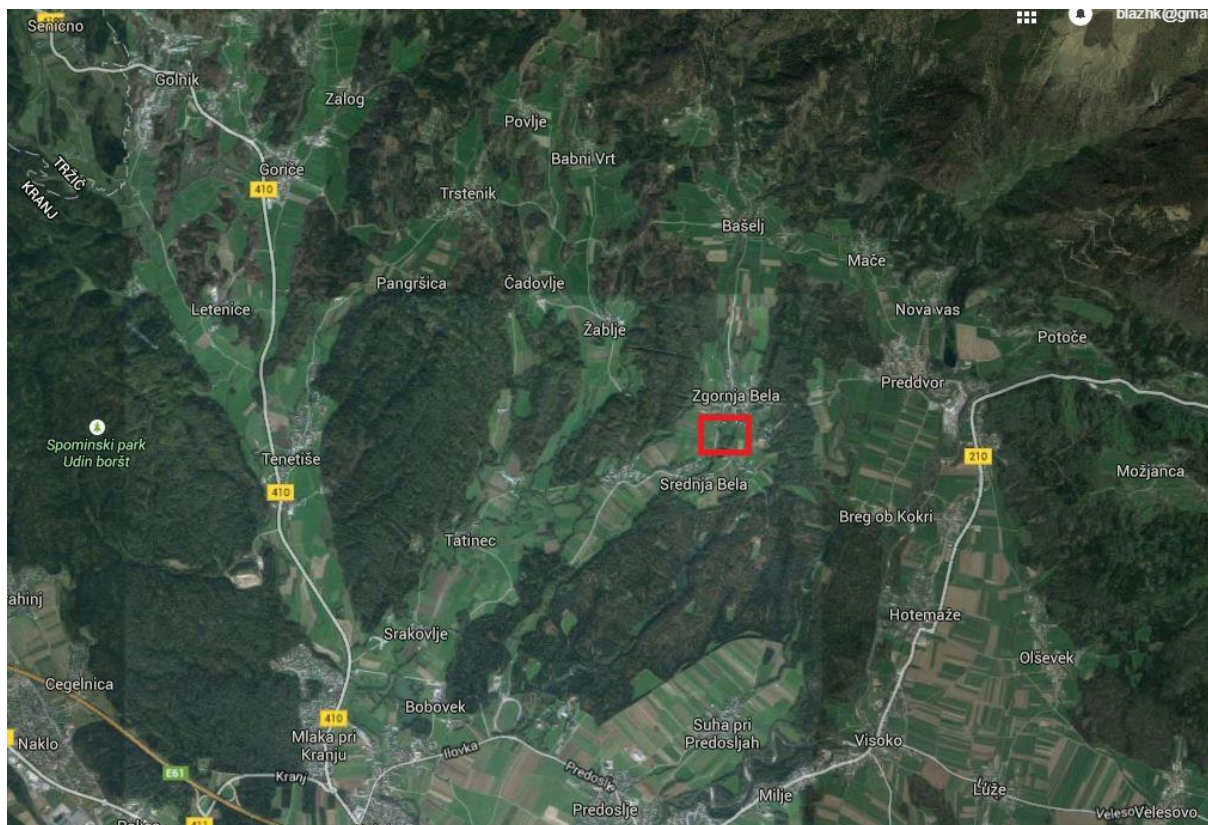
Obravnavan odsek se nahaja med Zgornjo in Srednjo Belo, vasema v občini Preddvor. Gre za občino Gorenjske statistične regije, ki leži približno 10 km od regionalnega središča Kranja. Občina Preddvor z nekaj več kot 3500 prebivalci (SURSTAT, 2015) spada med manjše slovenske občine, naselja v njej pa, razen Preddvora, predstavljajo tipično ruralno strukturo poselitve. Glede na krajinske, poselitvene in funkcijske faktorje lahko območje občine razdelimo na nižinski in hriboviti del. Občina se spopada z razvojnimi problemi, ki so posledica centralistično usmerjenega razvoja v preteklosti, pa tudi strukturnih problemov vezanih na obdobje po osamosvojitvi. Slednji so negativno vplivali na stanje v regijskem gospodarstvu, posledično pa so se zmanjšala tudi vlaganja v družbene dejavnosti in materialno infrastrukturo (komunala). Zlasti na področju gospodarske javne infrastrukture so zaostanki že ovira za nadaljnji razvoj, pa tudi za nemoteno in kakovostno zadovoljevanje tekočih potreb. Zaradi intenzivnega razvoja industrije v preteklosti v regiji problem predstavlja tudi povečana stopnja onesnaženosti okolja.

Problemi na področju urejanja in gospodarjenja s prostorom ter varstva in zaščite okolja bodo bistveno vplivali na nadaljnje možnosti dolgoročnega razvoja, zato zahteva njihovo urejanje povsem drugačen odnos do prostorskega in ekološkega razvoja kot v preteklosti. Na podlagi tega je občina Preddvor začela poudarjati tiste segmente gospodarskega in posledično prostorskega razvoja, ki jih nudijo položaj v širšem prostoru, naravne danosti in ustvarjene razmere. Ključne primerjalne prednosti občine so:

- izjemne naravne kvalitete visokogorskega sveta ter atraktivna kulturna krajina in številni ohranjeni kulturnozgodovinski spomeniki v nižinskem delu,
- ugodna lega glede na obstoječe in planirane danosti turizma v regiji,
- kvaliteten potencial turistično-rekreacijske ponudbe,
- visoka stopnja ohranjenosti okolja.

Letne padavine se v povprečju gibljejo okoli 1400 mm (Preddvor), na gorskem predelu pa so te nekoliko večje. Izhlapevanje na letnem nivoju znaša 600-700 mm na nižinskem delu in 400-600 mm na hribovitih in gorskih območjih. Povprečne letne temperature nižinskega dela so 8 °C, gorskega pa le 2 °C (Globevnik, 1996).

Potok Belica izvira kot hudournik pod Bašeljskim prevalom (1631 m.n.v.), zatem pa teče dalje med pobočji Kisovca in Široke doline, kjer se ji pridružijo številni hudourniški pritoki. Severna meja njenega prispevnega področja poteka med vrhovoma Storžič (2132 m.n.v.) in Mali Grintavec (1913 m.n.v.). Vzhodna meja poteka preko Vrha, Sedla, Kališča, Gore in Svetega Miklavža, zahodna pa poteka od Storžiča preko Široke doline in Svetega Lovrenca. Po slabih 3,5 km hudournik priteče v zaselek Bašelj, ki je hkrati tudi prvo večje naselje, skozi katere teče omenjeni potok. V vasi se zlije v Belico desni hudourniški pritok, omeniti pa velja še enega od izvirov, ki se zliva z leve strani. Od Bašlja dalje teče potok še skozi Zgornjo, Srednjo in Spodnjo Belo, ter se v Hrašah zliva v Milko – levi pritok Rupovščice na Mlaki.



Slika 24: Prikaz lege obravnavanega območja

3.2 Obstoječe stanje

Obravnavani odsek potoka Belica je dolg približno 150 metrov in se nahaja med vasema Zgornja in Srednja Bela. V okolici obravnavanega odseka poselitve skorajda ni, izjema je osamljena stanovanjska hiša s pripadajočim kmetijskim poslopljem. Struga je na posameznih mestih poškodovana in ne prevaja niti nekajletnih visokih voda.



Slika 25: Motnja v toku na lokaciji prve lesene stopnje

Vzporedno s strugo Belice poteka tudi lokalna cesta, ki je v slabem stanju, do večjih poškodb pa prihaja na mestih, kjer se cesta najbolj približa brežinam potoka. Obstoječa obrežna zavarovanja pred bočno erozijo se nahajajo na desni brežini, gre pa za kombinacijo zabitih tirnic in borovih oblic. Celotno zavarovanje je bodisi neobstoječe bodisi v slabem stanju in kot tako že nekaj časa ne opravlja svoje funkcije. Od obstoječih treh lesenih stopenj, sta dve še v zadovoljivem stanju, ena pa je popolnoma zasuta z erodiranim materialom in drevesom, ki je padlo v strugo kot rezultat bočne erozije ob visokih vodah. Na tem mestu je pretočni profil struge tudi najmanjši. Na odseku se nahaja še začasen prag višine 70 cm, ki je v dobrem stanju, vprašljivo pa je njegovo obnašanje ob visokih vodah saj mu osnovo predstavlja steber kozolca, ki se pritiskom zoperstavlja zgolj s svojo težo.



Slika 26: Dolvodni leseni stopnji v dobrem stanju



Slika 27: Gorvodni prag zgrajen iz betonskega opornika za kozolec

Za dostop do stanovanjske hiše je bil čez potok izveden poddimenzioniran lesen most, ki so ga visoke vode postopoma uničile in je v sedanjem stanju nefunkcionalen. Lastniki hiše na drugi strani Belice so si zato pot na drugo stran v času nizkih voda našli preko struge, zaradi česar je prišlo do degradacije tako leve kot desne brežine.



Slika 28: Dotrajan lesen most



Slika 29: Ureditev prevoza preko struge

3.3 Pregled pravno-administrativnih dejavnikov v projektu

3.3.1 Predvidena infrastruktura

Z izdajo odločbe Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo so se dodelila sredstva projektu »Oskrba s pitno vodo na območju Zgornje Save – 3. Sklop«. Projekt med drugim vključuje tudi izgradnjo magistralnega vodovoda Bašelj – Kranj, katerega naročnik je Mestna občina Kranj. Usklajeno z gradnjo magistralnega vodovoda bo občina Preddvor izvajala fekalno kanalizacijo s hišnimi priključki ter ostale infrastrukturne vode, ki so predvideni v cestnem telesu. Pri tem je potrebno povedati, da je v izgradnjo magistralnega vodovoda vključena tudi obnova vseh cest, po katerih vodovod poteka. Po projektnih pogojih bi moral biti projekt magistralnega vodovoda usklajen s projektom fekalne kanalizacije, ker pa temu ni bilo tako, je Občina Preddvor naročila uskladitveni projekt, ki predvideva vzporedno gradnjo fekalne kanalizacije in vodovoda ter potek ostalih vodov. Uskladitveni projekt zajema tudi manjše korekture trase ceste.

3.3.2 Pregled pravno-administrativnih podlog

Na odseku, ki je predmet magistrskega dela, lahko najdemo različne interese. Odsek se nahaja na območju, ki ne pripada posebnemu naravovarstvenemu režimu. Glede na načrtovane posege in njihove investitorje lahko posege na odseku razdelimo na več delov.

Kot je bilo že omenjeno, ob desni brežini poteka lokalna cesta (LC). Ker je upravljalec te ceste občina, po Zakonu o vodah ščitenje le te presega obseg varovanja pred škodljivim delovanjem voda, ki ga zagotavlja država. Zakon o vodah zato dovoljuje in omogoča, da občina sama poskrbi za načrtovanje in izvedbo obrežnega zavarovanja. Za poseg v vodni prostor mora pripraviti ustrezno dokumentacijo, pridobiti projektne pogoje in vodno soglasje. Posebno naravovarstveno soglasje na tem območju ni potrebno, saj se odsek ne nahaja znotraj zavarovanega območja.

Obstoječi pragovi v strugi so prav tako del varovanja cestne infrastrukture, zato mora zanje poskrbeti občina. Pri tem gre za redna vzdrževalna dela, za katera je prav tako treba pridobiti vodno soglasje, saj gre za poseg v vodni prostor.

Za levo brežino bi morala v okviru svojih letnih načrtov poskrbeti država preko koncesionarjev. Kot je bilo navedeno v teoretičnem delu, so sredstva zelo omejena, zato je težko pričakovati, da bi se tak poseg uvrstil na seznam prednostnih nalog koncesionarja, saj se neposredno ne varuje človeških življenj in večjega gmotnega premoženja, niti zaradi erozije ni ogrožen vodni režim.

Premostitveni objekt na odseku služi predvsem lastnikom stanovanjskega in kmetijskega objekta na drugi strani struge. Država oziroma občina zato nimata dolžnosti vlaganja v izgradnjo novega prepusta, kar pomeni, da bi morali za pripravo projektne dokumentacije, pridobitev vodnega soglasja in izvedbo poskrbeti lastniki objektov na levem bregu Belice. Premostitveni objekt bi moral biti zgrajen v skladu z Zakonom o graditvi objektov, obenem pa zagotavljati ustrezen pretočni profil, kar se obdela v projektni dokumentaciji. Vtočni in iztočni objekti (krilni zidovi) ter stabilizacija dna struge so del izgradnje mostu.

3.3.3 Predlog optimizacije projekta

V poglavju 2.4 je bil predstavljen koncept optimizacije projekta, ki se ukvarja z načrtovanjem posegov v vodni prostor. V nadaljevanju je ta princip predstavljen na obravnavanem odseku

potoka Belica ob upoštevanju, da se delo ukvarja predvsem s projektantskim delom projekta, zaradi česar koraki vezani na izvedbo niso zajeti.

Projekt ureditve odseka potoka Belica se izvaja zaradi potrebe po varovanju lokalne cestne infrastrukture pred škodljivim delovanjem voda. To nam obenem že predstavlja vizijo in glavni cilj investitorja, v našem primeru Občine Preddvor. V obravnavanem primeru je vizija projekta torej funkcionalnost in trajnost odseka lokalne ceste, ki je zagotovljena samo z ustrezno ureditvijo brežine potoka Belica, ki poteka tik ob trasi ceste. Poleg tega lahko omenimo še zasebnega investitorja v premostitveni objekt, kateremu glavni cilj predstavlja dostop do stanovanjskega in gospodarskega objekta. V tem primeru bi sodelovanje obeh investitorjev, zasebnega in javnega, že v projektantski fazi postopka zagotovo olajšalo tudi kasnejši proces izvedbe.

Drugi korak k optimalnemu pristopu je identifikacija problemov, katerih posledica je trenutno stanje, ki je potrebno izboljšave. Na odseku, ki je predmet obravnave, glavni problem predstavljajo poškodbe na cestni infrastrukturi, razlog za to pa je neposredna bližina struge v kateri teče vodotok, ki je po svojih značilnostih izrazit hudournik. Potrebno je izvesti podrobno analizo trenutnega stanja, saj je le na tak način možno načrtovati, izvesti in spremljati izboljšavo stanja. Trenutno stanje lahko najbolje opišemo z merljivimi parametri, zato se že na tem mestu priporoča izvajanje potrebnih meritev, predvsem geodetskih podatkov in hidrološko-hidravličnih ocen, ki bodo predstavljale osnovo za nadaljnje načrtovanje.

Pri naslednjem koraku je potrebno natančneje opredeliti cilje, ki izhajajo iz vizije, definirane na samem začetku. Pri tem je pomembno, da upoštevamo vse omejitvene faktorje, ki na te cilje lahko vplivajo. Omeniti velja projektne pogoje in vodno soglasje, ki ga je potrebno pridobiti, četudi gre za vzdrževalna dela, za katera po Zakonu o graditvi objektov sicer ni potrebno pridobiti gradbenega dovoljenja. Drugi omejitveni faktor so zagotovo finančna sredstva, ki so zaradi majhnosti občine zelo omejena, po drugi strani pa so bila prvotno namenjena rekonstrukciji cest. Spremljajoči objekti in ukrepi, kot je ureditev brežine, lahko takšne projekte precej podraži. Občina ima možnost, da prepusti premostitveni objekt zasebnemu investitorju, medtem ko si za brežino na nasprotni strani cesti lahko deli stroške z državo. Glavni cilj projekta je zato racionalna izvedba zavarovanja cestne infrastrukture pred škodljivim delovanjem voda, pomembnejši stranski cilji pa premostitev potoka za potrebe lokalnega gospodinjstva ter skrb za ohranjanje krajinskih in naravnih vrednot na obravnavanem odseku.

Na podlagi problematike in glavnega cilja lahko določimo dve alternativni rešitvi. Prva alternativna rešitev je odmik trase ceste od struge. Taka rešitev je ugodna iz naravovarstvenega in

vodarskega vidika, saj bi se izognili neposrednemu poseganju v vodni prostor. Po drugi strani je težavna, saj je potrebno odkupiti vsa kmetijska zemljišča, čez katera bi predvidoma tekla nova trasa ceste. Poleg tega bi ohranjanje struge v obstoječem stanju še vedno povzročalo težave ob visokih vodah, saj je struga na več mestih poškodovana in ne omogoča niti pretokov nekajletnih povratnih dob. Tak postopek je običajno finančno in časovno neracionalen, še posebej če gre za veliko razdrobljenost parcel, kot v našem primeru. Druga alternativna rešitev je gradbeno-inženirski poseg v vodni prostor. Čeprav odsek ni na gosto poseljenem območju, bi razlitje ob visokih vodah neposredno ogrožalo imetje vsaj enega gospodinjstva v bližini, zmanjšana pretočnost pa bi slabšala razmere v gorvodni smeri, kjer potok teče skozi gosto naseljeno vas Zgornja Bela. Iz tega razloga je edina možna rešitev poseg v strugo, na način da se ta očisti in prilagodi na ustrezen pretočni profil, nato pa se s kombinacijo prečnih in vzdolžnih objektov izvede obrežna ureditev obeh brežin.

3.4 Zasnova tehničnih rešitev na odseku

3.4.1 Hidrologija

Obravnavan odsek je kratek, zato zadostuje samo ena pretočna vrednost, ki je bila pridobljena na podlagi hidrološke študije potoka Belica, ki jo je izvedlo Vodnogospodarsko podjetje Kranj (VGP, 2002). Na povodju Belice namreč nikoli ni obstajala vodomerna postaja, zato tudi ustreznih meritev pretočnih količin ni. V študiji je obravnavan profil, ki se nahaja le nekaj 100 m dolvodno od našega odseka, zato smo na varni strani, če povzamemo izračunane hidrološke vrednosti po tej študiji. Celotno povodje Belice meri 8.2 km², do našega odseka pa smo privzeli vrednost študije – 6.3 km². Hidrološke količine so bile določene iz poznavanja velikosti prispevne površine ter njenih značilnosti. Glede na hidrološke parametre in značilnosti prispevnega področja je Belica izrazit hudournik (VGP, 2002).

V nadaljevanju so podani izračuni odtočnih količin po najbolj uporabnih enačbah:

Za obravnavani profil velja:

- Zaledna površina $F=6.3 \text{ km}^2$
- Odtočni koeficient $a=0.6$

Izračuni po različnih avtorjih, ki so bili opravljeni v hidrološki študiji (VGP, 2002):

- Kresnik: $Q_{\max}=37.56 \text{ m}^3/\text{s}$
- VGI: $Q_{\max}=36.15 \text{ m}^3/\text{s}$

- Deuerling: $Q_{\max}=31.35 \text{ m}^3/\text{s}$
- Korigiran Melli: $Q_{\max}=37.56 \text{ m}^3/\text{s}$

Za Q_{\max} , ki obenem predstavlja pretok 100-letne povratne dobe, privzamemo vrednost $Q_{100}=37.50 \text{ m}^3/\text{s}$. Določitev velikosti pretoka za različne pogostnosti sledi iz enačbe:

$$Q_n = Q_{100} \sqrt[4]{\frac{n}{100}},$$

kjer za n vzamemo izbrano povratno dobo:

$$n = 1, 10, 20, 50.$$

Od tod dobimo:

$$Q_{50} = 31.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{20} = 25.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 21.1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = 11.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Za hidravlično analizo smo uporabili pretok 20-letne povratne dobe, kar smo izbrali na podlagi Pravilnika o projektiranju cest. Po omenjenem pravilniku mora namreč niveleta vozišča lokalne ceste (LC) potekati nad koto gladine vodotoka ali vodne akumulacije, tako da ni preplavljena pri pogostnosti pojava visoke vode za Q_{20} .

3.4.2 Hidravlika

HEC-RAS

Center ZDA za hidrologijo (Hydrologic Engineering Center; HEC) deluje pod okriljem ameriške vojske, natančneje Inštituta za vodne vire (Institute for Water Resources; IWR) in že dlje časa razvija programsko opremo za hidravlične izračune. Na začetku je bila programska oprema namenjena predvsem izračunu preprostih enodimenzijskih modelov s stalnim tokom, kasneje pa so pričeli z razvojem novih verzij, ki dandanes ponujajo široko paleto možnosti izračunov (Rak, 2006). V tem magistrskem delu je bila uporabljena zadnja razpoložljiva različica

programa in sicer verzija 4.1, ki je izšla januarja 2010. Slednja poleg izračuna stalnega in nestalnega toka za poljubno kompleksen rečni sistem omogoča tudi analizo kvalitete vode ter nekatere morfološke analize (Lestan, 2014).

Izračun 1D stalnega toka v HEC-RAS-u

Za natančnejšo obdelavo obravnavanega odseka je bilo potrebno izračunati nivoje vodne gladine za definiran pretok večje povratne dobe. Za to je zadostovala enodimenzionalna analiza stalnega toka, ki poleg upoštevanja komponent hitrosti samo v smeri toka predpostavlja tudi postopno spreminjanje stalnega neenakomernega toka. Najboljše rezultate omenjen izračun daje za padce manjše od 10% (Rak, 2006).

Računanje hidravličnih lastnosti se izvaja na podlagi energijske enačbe (Brunner, 1995; Markič, 2008; Rak, 2006):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - Y_1 - Z_1 - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = h_e = L S \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|,$$

kjer je:

Y ... največja globina,

Z ... kota najnižje točke tal,

α ... energijski koeficient,

V ... srednja pretočna hitrost,

g ... težnostni pospešek,

h_e ... energijska izguba med profiloma,

L ... razdalja med profiloma,

S_f ... povprečni energijski padec zaradi hrapavosti,

C ... koeficient razširitve/zožitve.

Padec energije zaradi hrapavosti za posamezen presek je izračunan po enačbi:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2,$$

kjer Q predstavlja pretok, K pa prevodnost, ki je določena na podlagi enačbe:

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3},$$

kjer je:

n Manningov koeficient,
A ... površina prečnega preseka,
R ... hidravlični polmer.

Navedena glavna enačba velja v primerih, ko se v posameznih profilih nivoji vodne gladine spreminjajo postopoma. Vodne gladine se v teh profilih računajo z iterativnim preračunom enega prečnega profila v naslednjega. Račun gladin v mirnem režimu poteka gorvodno, zato je robni pogoj treba podati na dolvodni strani. Predpostavko mirnega režima program preverja s Froudovim številom. Manningov koeficient hrapavosti (n) je parameter, ki v največji meri vpliva na izračunane vrednosti (Rak, 2006).

Energijska enačba je neuporabna za mesta, kjer prihaja do bistvenih trenutnih sprememb. Sem uvrščamo tudi izračun neenakomernega vodnega toka na račun pragov, mostov, prepustov in ostalih podobnih objektov. V tem primeru namesto energijske enačbe uporabimo enačbo gibalne količine. Prej naštete objekte, ki so povzročitelji večjih motenj vodnega toka, obravnavamo v sklopu simulacije hidravličnega obnašanja vode na lokalnih ovirah (Markič, 2008; Rak, 2006).

Za delo s programom HEC-RAS je najprej potrebno pripraviti geometrijske podatke. Prvi izmed teh je tlorska situacija obravnavanega vodotoka oziroma njegovega odseka, kasneje pa je potrebno vnesti še podatke o prečnih profilih in podatke o morebitnih hidravličnih objektih (mostovi, prepusti itd.). Zatem modelu dodamo še podatke o pretokih in definiramo robne pogoje. S tem imamo vse potrebno za osnovni izračun stalnega toka, na podlagi katerega bomo pridobili rezultate tudi za odsek, obravnavan v tem magistrskem delu.

3.4.2.1 Model terena in situacija

Ker surovih geodetskih podatkov, v našem primeru točk, pridobljenih z GPS tehnologijo, ni možno direktno uvoziti v HEC-RAS, smo za njihovo obdelavo uporabili programsko orodje AUTOCAD CIVIL 3D 2016 (v nadaljevanju CIVIL 3D).

Pridobljene geodetske podatke sem prejel v obliki naključno razporejenih točk, ki jih je priskrbel investitor. Omenjene točke so predstavljale vhodni podatek za definicijo izvirnega modela površja. Običajno vhodni podatki za definiranje digitalnega modela površja v CIVIL 3D spadajo v eno izmed naslednjih oblik:

- prostorsko podane točke (ang. points),
- značilne točke vektorskih plastnic (ang. contours),
- značilne točke drugih CIVIL3D entitet, kot so objekti (ang. objects), besedilo (ang. text) in ostale.

V mojem primeru so točke spadale v zadnjo omenjeno skupino, bile so namreč definirane kot objekti (ang. objects). Točke so bile georeferencirane v globalnem koordinatnem sistemu s koordinatama X in Y, medtem ko je bila višina podana le kot atribut. CIVIL 3D omogoča pripis Z koordinate direktno iz atributa, kar smo storili tudi v našem primeru in s tem dobili objekte v prostoru, na katere je bilo možno napeti model površja (ang. surface).

Za predstavitev površja smo izbrali nepravilno mrežo trikotnikov (ang. Triangulated Irregular Network – TIN), pri katerem je površje prikazano z mrežo trikotnikov, njihovih stranic in oglišč. Vozlišča so pri tem izmerjene točke na terenu, stranice pa med seboj povezujejo najbližje višinske točke. V literaturi (Rak, 2006) je možno zaslediti marsikatero prednost predstavitve s TIN v primerjavi z ostalimi modeli, predvsem rastrskega tipa. Največja prednost je zagotovo manjša potrebna količina podatkov in prilagodljiva resolucija, ki omogoča zgostitev točk na območjih, kjer je ta potrebna.

S prekrivanjem topografske podlage in dobljenega digitalnega modela površja smo določili potek struge, s serijo ukazov pa na specifičen način definirali talveg (črta največjih globin v strugi):

- Draw/Polyline (v smeri toka)
- Alignments/Create Alignment From Polyline

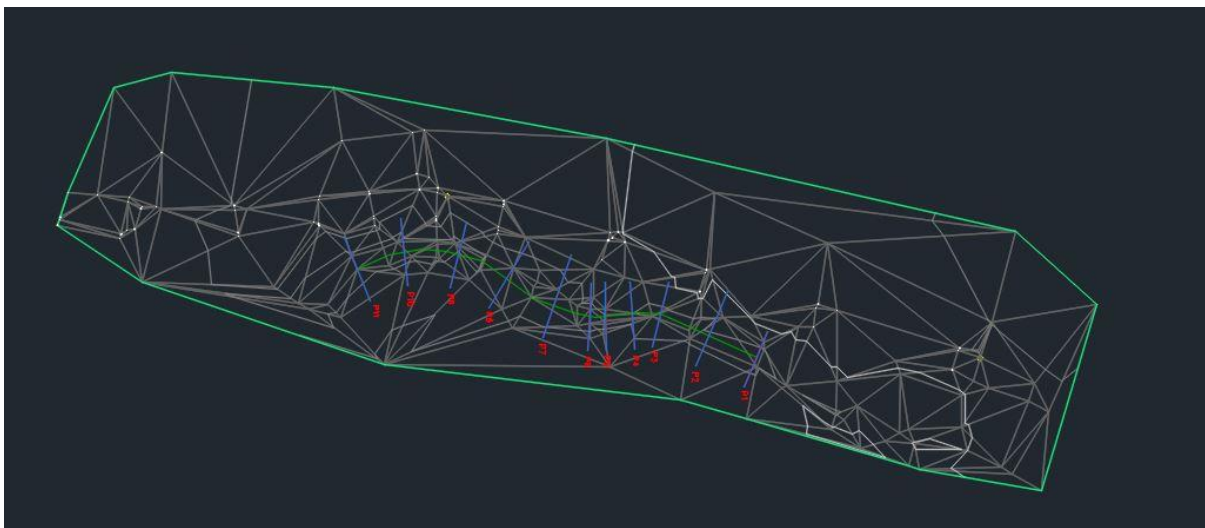
To nam predstavlja tudi prvi element opisa situacije, ki bo kasneje izvožena v program HEC-RAS. Drugi pomembnejši element so prečni profili, ki jih na želene lokacije vrišemo pravokotno na smer toka. Rišemo jih od leve proti desni glede na smer toka. Linija profila na tem mestu predstavlja le njegovo lokacijo, višinske kote pa so neposredno določene na osnovi predhodno oblikovanega modela površja. Prečne profile zgostimo v območjih hidravličnih objektov (mostov, prelivov, prepustov itd.), zato smo tudi v našem primeru v okolici predvidenega prepusta definirali dva profila z manjšo medsebojno razdaljo. Priporočljiv niz ukazov za definicijo profilov, ki jih kasneje nameravamo izvoziti v HEC-RAS, je naslednji:

- Draw/Polyline (od leve proti desni glede na smer toka)
- Sections/Create Sample Lines



Slika 30: Situacija z ortofoto v programu CIVIL3D

S tem so geometrijski podatki pripravljeni na izvoz v HEC-RAS. Z ukazom *Export/Export to HEC RAS* odpremo okno, ki od nas zahteva navedbo vseh elementov risbe, ki jih želimo izvoziti. Za izvozni format izberemo datoteko vrste GEO in s tem je delo v CIVIL 3D zaključeno (povzeto po Chapell, 2014).



Slika 31: Formirana mreža TIN v programu CIVIL3D

Shranjeno datoteko kasneje odpremo v programskem okolju HEC-RAS kot datoteko z geometrijskimi podatki.

3.4.2.2 Podatki o prečnih profilih

Po uvozu geometrijskih podatkov v HEC-RAS je običajno najprej potrebno pregledati prečne profile in izvesti morebitne popravke. V našem primeru so bili ti potrebni, saj se stanje nekajkrat ni ujemalo z dejanskim na terenu. HEC-RAS v oknu s prečnimi profili omogoča grafično oziroma atributno urejanje podatkov. Na obravnavanem primeru smo opažene lokalne nepravilnosti odpravili s pomočjo grafičnega orodja. V atributnem delu smo se posvetili predvsem definiciji Manningovega koeficienta hrapavosti. V en prečni profil lahko vnesemo največ 20 koeficientov hrapavosti, mi pa smo se odločili za uporabo povprečnih vrednosti za levi oziroma desni breg ter strugo (Markič, 2008).

Natančna ocena Manningovih koeficientov hrapavosti (n) za celoten odsek je bistven element vsake hidravlične analize vodotoka. Koeficienti imajo velik vpliv na hidravliko vodotoka, na njihove vrednosti pa delujejo različni faktorji, katerih število je večje, ko govorimo o naravnih vodotokih. Osnovo predstavlja hrapavost omočenega oboda vodotoka, ki je v največji meri odvisna od vrste materiala. Nekateri ostali parametri so še (Rak, 2006):

- gostota, porazdelitev in tip zarasti,
- geometrijske nepravilnosti korita,
- višina vodostaja.

Za naše potrebe smo vrednosti za naravne vodotoke povzeli iz obstoječe literature (Rak, 2006).

3.4.2.3 Podatki o hidravličnih objektih na odseku

Na obravnavanem odseku potoka Belca se je v obstoječem stanju nahajal porušen most, ki je predstavljal edini dostop za eno izmed gospodinjstev. Omenjeno gospodinjstvo ima v lasti kmetijo, zato mora biti širina načrtovanega prepusta dovoljšna tudi za prevoznost kmetijske mehanizacije. Ostale dimenzije se določijo glede na stabilitetne, hidravlične in lokacijske kriterije.

3.4.2.4 Podatki o pretokih in robni pogoji

Potem, ko smo zaključili z urejanjem geometrije, vnesemo še podatke o pretokih. V splošnem velja, da mora biti za izračun podana vsaj ena pretočna vrednost na vodotok oziroma odsek, na daljših odsekih oziroma odsekih, kjer se pretok na obravnavani razdalji bistveno poveča, pa je smiselno podati vrednosti pretoka tudi v vmesnih profilih. Vnesena pretočna vrednost je bila določena na osnovi hidrološke študije (Ferjan, 2002), ki je povzeta v poglavju 3.4.1.

Preden zaženemo izračun, je potrebno določiti še začetne in robne pogoje. Izračuni v posameznih profilih se pričnejo pri prečnem profilu z znanimi začetnimi pogoji in se odvijajo v gorvodni smeri za miren tok in dolvodni za deroč tok. Določitev robnih pogojev je torej potrebna, da z njimi vzpostavimo začetni nivo gladine na začetku oziroma koncu odseka. V mirnem režimu zadostujejo robni pogoji v končnem profilu dolvodno. V primeru deročega toka potrebujemo samo gorvodni robni pogoj, v mešanem režimu pa tako na začetku kot tudi na koncu. HEC-RAS razlikuje med štirimi različnimi robnimi pogoji (po HEC-RAS Reference manual):

- nivo gladine v profilu,
- kritična globina,
- normalna globina,
- pretočna krivulja.

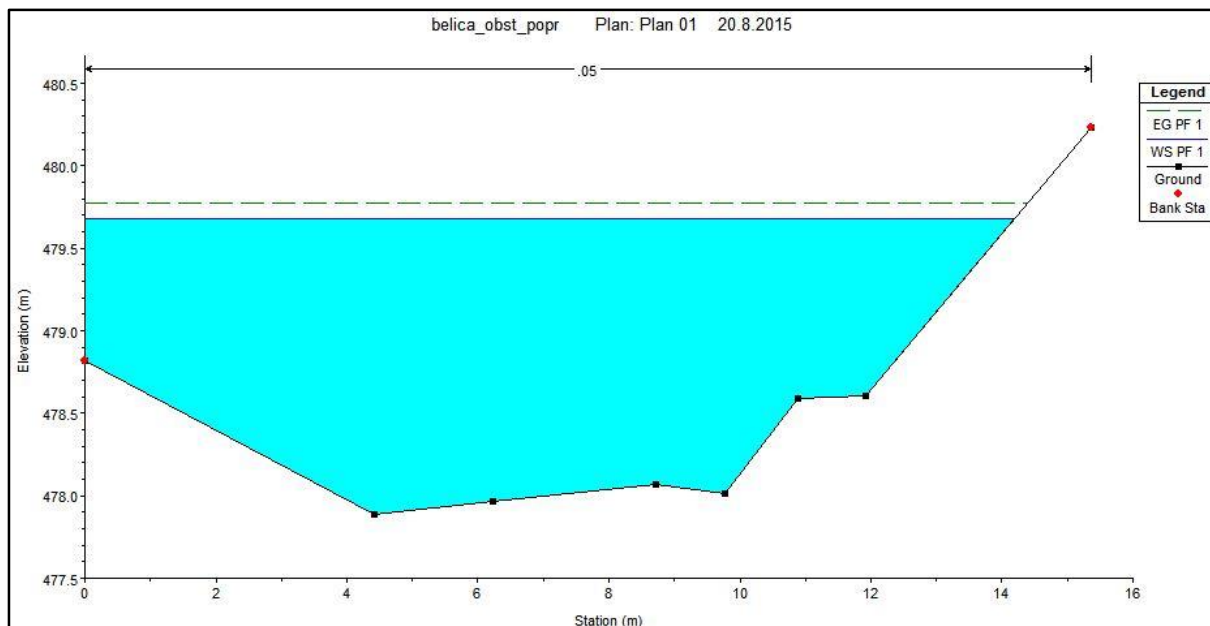
V našem primeru smo za predpostavljeni mešani režim toka izbrali normalno globino kot dolvodni in gorvodni robni pogoj. Za mešani režim smo se odločili, ker se na posameznih odsekih, še posebej pri prelivanju preko kamnitobetonskega jezua, Froudovo število približuje

oziroma doseže 1. Z uporabo mešanega režima je model stabilnejši. Za izbran robni pogoj je potrebno podati padec dna gorvodno oziroma dolvodno od obravnavanega odseka. Pri tem je to edini podatek, ki ga program potrebuje, saj pri računu v gorvodni smeri v vsakem profilu posebej izračuna kritično globino. Ta namreč predstavlja robni pogoj v posamičnem profilu.

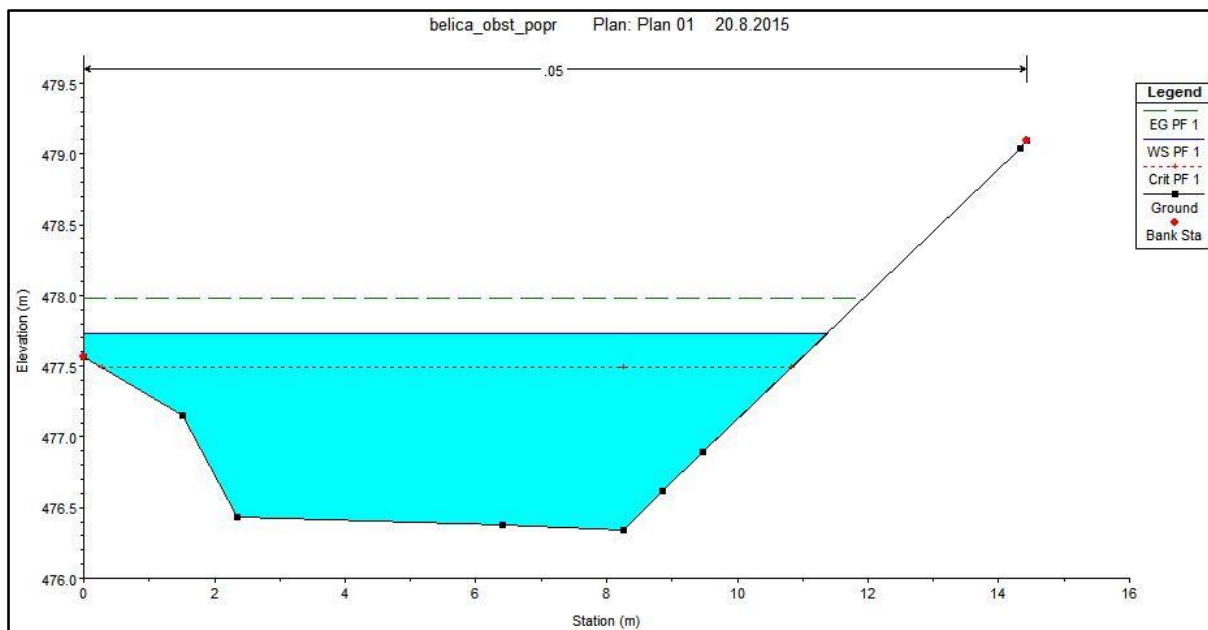
3.4.2.5 Pregled rezultatov izračunanih v HEC-RAS-u za obstoječe stanje

Glede na rezultate hidravlične analize obstoječega stanja je bila potrjena ugotovitev, ki je razvidna že iz ogleda stanja na terenu. Struga namreč v trenutnem stanju ni sposobna prevajati niti pretokov nekajletnih povratnih dob. Gorvodni del odseka je problematičen predvsem zaradi poškodb brežin na račun človeškega posega (Slika 28), medtem ko je dolvodni del podvržen zaraščanju struge ter posledično zmanjšanim pretočnim profilom in možnosti zamašitev ob visokih vodah.

Na spodnjih slikah sta prikazani sliki profilov iz hidravlične analize v programu HEC-RAS za obstoječe stanje in za pretok 20-letne povratne dobe.



Slika 32: Obstojec prečni profil P2 v programu HEC-RAS z gladino vode za pretok Q_{20}



Slika 33: Obstojč prečni profil P9 v programu HEC-RAS z gladino vode za pretok Q_{20}

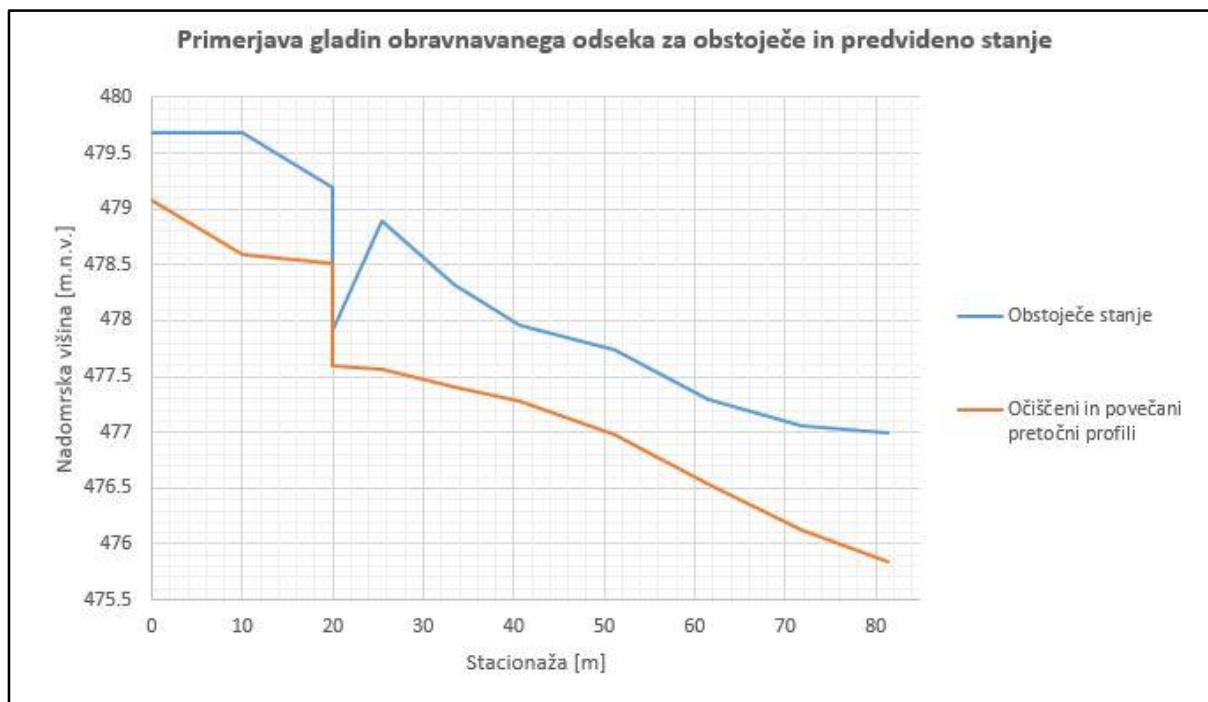
3.4.2.6 Hidravlična analiza predvidenega stanja

Glede na rešitev iz prejšnje točke je bila izvedena dodatna hidravlična študija, na podlagi katere smo ugotavljali ustrezen pretočni profil potoka na obravnavanem odseku. Predpostavili smo čiščenje celotnega odseka struge, ter razširitev pretočnih profilov, kjer je to potrebno. Obrežno zavarovanje s kamnom v betonu je predvideno na konkavnih delih tlorisnega poteka, v bližini trase ceste ter v bližini premostitvenega objekta. V najbolj dolvodno lociranih profilih se v primeru visokih voda dopušča razlivanje preko leve brežine. Glede na opisano so bili v programu HEC-RAS prilagojeni prečni profili, ter ustrezno zmanjšani koeficienti hrapavosti. Tlorisni potek trase vodotoka se ne spreminja.

Za Manningov koeficient smo vzeli vrednosti 0,03 v zgornjem delu, v katerem je predvidena večja uporaba kamnitobetonskega varovanja, medtem ko smo za spodnji del, v katerem se nahaja tudi varovanje brežine s kamnom v suho, predpostavili koeficient 0,035. V tem delu se v regah med kamni v suho nahajajo tudi potaknjenci, kar pomeni, da bi za analizo stanja čez nekaj let morali uporabiti še nekoliko večje vrednosti. Dimenzije prečnih profilov so izbrane na podlagi potrebnega pretočnega profila za pretok količine 20-letne povratne dobe.

Nov potek gladin je v primerjavi z gladinami, ki jih ob enakem pretoku dobimo za obstoječe stanje, upadel za približno pol metra po celotnem odseku (Slika 34). Na sliki lahko opazimo

tudi izrazit skok gladin, ki se pojavi na mestu večjega betonskega jezua. Ta ostaja na enaki lokaciji tudi v predvideni različici stanja.



Slika 34: Primerjava gladin na obravnavanem odseku za obstoječe in novo stanje za pretok Q_{20}

Pregled izračunanih pretočnih hitrosti in strižnih napetosti (priloga D) za obstoječe stanje je osnova za izbiro ustreznih tehničnih ukrepov na vodotoku. Opazimo lahko, da povprečne profilne hitrosti ob pretoku Q_{20} dosegajo tudi do 6 m/s, pripadajoče strižne sile pa so prav tako relativno velike. Upoštevajoč ti dve veličini lahko zaključimo, da pridejo v poštev le klasične gradbeno-inženirske rešitve. Za razliko od inženirsko-bioloških alternativ slednje lahko prenašajo strižne napetosti večjega velikostnega razreda, predvsem pa so morebitno obtežbo sposobne prevzeti takoj, kar je v našem primeru prav tako ključnega pomena.

3.4.3 Predlogi tehničnih rešitev na obravnavanem odseku

Sečnja in čiščenje brežin:

Na lokacijah predvidenih del je potrebno izvesti poseke obrežne zarasti vključno z odstranitvijo panjev dreves. Drevje in obrežno zarast, katere ni nujno potrebno odstraniti za izvedbo objektov, se ohrani in po potrebi zaščiti pred poškodbami med gradnjo.

Odstranitev nanosov in formiranje pretočnega profila struge:

Na celotnem odseku se izvede širitev struge, lokalno tudi poglobitev (glej prečne prereze). Vzpostavi se trapezno korito s širinami v dnu 3,50 - 4,50 m in naklonom desne brežine do 5:1 in leve brežine do 1,5:1.

Kamnitobetonski prag v P3

V profilu P3 se na lokaciji obstoječega ustalitvenega praga izvede nov ustalitveni prag iz kamna v betonu. Ostanke starega praga se odstrani. Nov prag se izvede s stopnjo 0,80 m. Širina preliva znaša cca 4,50 m, višina vključno s temeljem pa 2,00 m. Skozi prag se nad nivo vode v podslapju vgradi PVC odcednice. Podslapje pragu se izvede v smislu vodne blazine globine 0,30 m. Dno v podslapju se obloži s kamnitim tlakom v suho na dolžini 4,00 m. Na zaključku podslapja se izvede podpora z zabitimi lesenimi piloti dolžine 3,00 m (4 kom.) in dvema vrstama prečnih lesenih oblic. Dolvodno od prečnih oblic se pod predvideno niveleto struge vkoplje vrsto večjih skal, zloženih v suho (predvidene zmerne poglobitve).

Lesene stopnje v profilih P8, P9 in P10:

V profilih P8, P9 in P10 se obstoječe dotrajane lesene stopnje zamenjajo z novimi. Izvedejo se kot pragovi s stopnjo 0,30 m v niveleti. Širina krone pragu znaša cca 4,50 m. Prag se izvede z zabitimi lesenimi piloti (4 kom.) in dvema vrstama prečnih lesenih oblic. Na gorvodno stan oblic se pritrdi zagatno steno iz lesenih plohov debeline 8 cm. Steno se izvede do globine 1,30 m pod koto preliva pragu. Dno v podslapju se obloži s kamnitim tlakom v suho na dolžini 2,00 m. Na zaključku podslapja se izvede podpora z zabitimi lesenimi piloti dolžine 3,00 m (4 kom.) in dvema vrstama prečnih lesenih oblic. Dolvodno od prečnih oblic se pod predvideno niveleto struge vkoplje vrsto večjih skal, zloženih v suho (predvidene zmerne poglobitve).

Desna brežina: kamnitobetonski zid med P1 in P11:

Med profili P8 in P11 se poruši obstoječe obrežno varovanje. V projektirani liniji, ki upošteva manjše razširitve struge in poteka po celotnem obravnanem odseku, se izvede nov zid iz kamna v betonu. Izjema je območje prepusta med P5 in P6. V kolikor se ta ne sanira sočasno, se obrežno zavarovanje ne prekinja. Nov zid se pozida v naklonu lica 5:1 do minimalne višine 1,80 m. Višino zidu se prilagodi pretočnim profilom in trasi ceste. Skozi zid se vgradi PVC odcednice za odvajanje zalednih voda. Na mestih, kjer je iztok meteorne vode s ceste nižji od gladine visoke vode, se iztok zapre z žabjim poklopcem, ki preprečuje povraten tok vode in s

tem zalivanje objekta s strani vodotoka. Na gorvodni in dolvodni strani se izvedejo uvajalna krila dolžine 2,50 m. V kolikor oddaljenost zidu od ceste to omogoča, se brežino nad zavarovanjem primerno oblikuje in izravna, zatravi ter zasadi potaknjence in grmovnice avtohtonih vrst.

Ploščati prepust med profiloma P5 in P6:

Ostanki obstoječega lesenega mostu se odstranijo. Priporočene dimenzije mostne odprtine, upoštevajoč 1,00 varnostne višine, znašajo $\text{š} \times \text{v} = 4,50 \times 3,50$ m. Novi ploščati prepust se izvede kot AB povozna plošča, debeline 30 cm na armiranobetonskih opornikih. AB plošča ima obojestransko robna venca, kamor se kasneje privijači odbojna cestna ograja. Oporniki so naležne debeline vsaj 30 cm, vanje pa se AB plošča sidra s točkovnimi sidri. Temeljna tla opornikov se zavarujejo z vtočnimi in iztočnimi krili dolžine 3,0 m, ki se na desni brežini gorvodno in dolvodno zvezno navezujejo na kamnitobetonski zid. Struga poteka skozi ploščati prepust se obloži s 60 cm debelo kamnito oblogo v betonu in obojestranskima klinoma v razmerju 1:1.

4 Zaključek

Glavni cilj magistrskega dela je bilo osvetliti različne nivoje izzivov, ki se pojavljajo pri ureditvah vodotokov zaradi rekonstrukcije ali umeščanja urbane infrastrukture.

Pregledani so bili tehnični in pravno-administrativni vidiki ureditve vodotokov na lokalnem nivoju. Ugotovljeno je bilo, da številne težave lahko nastanejo prav na podlagi pravne ureditve področja vzdrževanja vodotokov pri nas. Natančneje smo definirali in opisali problematične točke in člene, ki so nemalokrat medsebojno izključujoči, v literaturi (Markič, 2008) pa lahko zasledimo tudi očitke na temo togosti slovenske zakonodaje. Že od nekdaj se v vodnem prostoru srečujejo različni interesi, pri čemer pa slovenska zakonodaja omogoča, da vsakdo lahko, ob soglasju ministrstva, te interese tudi uveljavlja. Zaradi pomanjkanja usmerjenega načrtovanja in sredstev država za vodotoke skrbi predvsem v obliki podhranjenega vzdrževanja, pobudo pa prepušča drugim, močnejšim sektorjem. Slednje se, predvsem na primeru manjših vodotokov, ki so v pristojnosti občin, odraža v tehnično in ekološko neustreznih posegih v vodni prostor, ki se pogosto izvajajo brez vodnega soglasja. Neučinkovitost inšpekcijskih služb pa takih posegov ne sankcionira in odpravi.

Upoštevajoč prejšnji odstavek je v teoretičnem delu predstavljen koncept optimizacije projekta, ki obravnava poseg v vodni prostor. Ta je povzet po različni tuji literaturi in prilagojen na slovensko zakonodajo in prostorske značilnosti. Princip je primarno namenjen projektantom, ki se z urejanjem vodotokov ne ukvarjajo neposredno, se pa s tem področjem srečujejo v okviru načrtovanja objektov, ki so z vodnim prostorom neločljivo povezani.

Našteto je preslikano na primer odseka hudournika Belica pri Preddvoru, ki je zaradi nadgradnje urbane infrastrukture v zadnjem obdobju deležna številnih posegov. Posegi se načrtujejo predvsem zaradi varovanja infrastrukture pred škodljivim delovanjem hudournika ob visokih vodah, veliko pa je tudi premostitvenih objektov. V okviru magistrskega dela so predstavljeni splošni podatki, deležniki na obravnavanem prostoru ter ostali pomembni faktorji, ki vplivajo na proces načrtovanja. Na podlagi že izdelane hidrološke študije (VGP, 2002) in ostalih pridobljenih podatkov je bila izdelana hidravlična študija odseka v programskem okolju HEC-RAS. Ta je, upoštevajoč ostale vidike, predstavljala osnovo za predlog tehničnih ukrepov, ki so grafično predstavljeni v prilogah. Največja težava obravnavanega odseka je predvsem premajhna pretočnost ter velike hitrosti, ki se, zaradi hudourniškega karakterja, pojavljajo ob visokih vodah. Nujna dela zato obsegajo čiščenje brežin ter povečanje pretočnega profila. Zaradi velikih strižnih napetosti ob visokovodnih dogodkih, v smislu obrežnega zavarovanja, edino pravo alternativo na tem odseku predstavljajo klasični gradbeno-inženirski posegi, kot sta kamen v betonu in zložba kamen v suho.

Viri

Babić Mladenović, M. 2013. Regulacija rijeka. Skripta. Banja Luka, Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-Građevinski fakultet. Katedra za hidrotehniku: 220 str.

Banovec, P. 2014. Sistema za urejanje vodotokov v Sloveniji ni. Finance (online). 24.11.2014. Dostopna na naslovu: <http://www.finance.si/8813268/Sistema-za-urejanje-vodotokov-v-Sloveniji-ni> (Pridobljeno 25. 4. 2015.)

Božič, N. 1990. Standardi za vodnogospodarska dela. Maribor. Podjetje Hidrogea: 111 str.

BWW (Bundesamt für Wasserwirtschaft). 1982. Hochwasserschutz an Fliesgewässern. Wegleitung 1982. Bern. 77 str.

Chappell, E. 2014. Autocad CIVIL 3D Essentials. Indiana. Autodesk Official Press: 400 str.

Djordjević, D. 2006. Modeliranje ustaljenog nejednolikog tečenja u otvorenim tokovima primenom programa HEC – RAS: deo 1. Priručnik. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski Fakultet: 17 str.

Djordjević, D. 2006. Modeliranje ustaljenog nejednolikog tečenja u otvorenim tokovima primenom programa HEC – RAS: deo 2: mreže otvorenih tokova. Priručnik. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski Fakultet: 24 str.

FISRWG. 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. Federal Interagency Stream Restoration Working Group. National Engineering Handbook: Part 653: 637 str.

FISRWG. 2007. Stream Restoration Design. Federal Interagency Stream Restoration Working Group. National Engineering Handbook: Part 654: 879 str.

Florineth, F. 2004. Pflanzen statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Berlin. Patzer Verlag: 272 str.

Gantar, P. O spodletelem srečanju med politiko in vodarstvom. Metina lista (online).
16.12.2014. <http://metinalista.si/o-spodletelem-srecanju-med-politiko-in-vodarstvom/>
(Pridobljeno 25. 4. 2015-)

Globevnik, L. 1996. Načrt ureditve povodja Kokre. V: Mišičev vodarski dan 1996. Maribor,
Narodni dom, 6. december 1996. Urejenost voda – osnova ali omejitvev: 138-148.

Globevnik, L. 2012. Vzdrževanje vodne infrastrukture in vodotokov – pomen, realnost in
perspektive. V: I. Kongres o vodah Slovenije 2012. Biotehniška fakulteta v Ljubljani, 22. marec
2012: 110-121.

Globevnik, L., Simoneti, M. 2014. Metoda projektnega povezovanja in sodelovanja kot orodje
za obvladovanje razvoja in varstva voda na lokalnem nivoju. V: 25. Mišičev vodarski dan 2014.
Maribor, Narodni dom, 4. december 2014. Strategija upravljanja z vodami: 59-65.

Globevnik, L. 2014. Izjava društva vodarjev Slovenije ob Dnevu voda 2014.
<http://ipop.si/2014/03/22/v-sloveniji-z-vodami-ne-upravljamo-celovito/> (Pridobljeno 20. 4.
2015.)

Habersack, H., Klösch, M., Schober, B., Vianello, A. 2015. Guideline for planning and
designing of effective flood protection systems, river training and restoration projects that have
lower impact on sediment continuity. Final Conference of SedAlp project. WP6 Report.
Bolzano. Italija: 192 str.

Hemphill, R. W., Bramley, M. E. 1989. Protection of river and canal banks : a guide to selection
and design. London, Butterworths: 200 str.

Horvat, A. 1993. Ekološke osnove urejanja erozijskih območij. Ljubljana. Zbornik gozdarstva
in lesarstva. 41:549

Hrastelj, A. 2007. Vodnogospodarske osnove in podrobnejši načrt upravljanja z vodami za
porečje reke Dravinje. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba A. Hrastelj): 67 str.

IDONR. 2006. How to Control Streambank Erosion. Manual. Iowa. Iowa Department of Natural
Resources: 52 str.

IZVRS. 2013. Sonaravno urejanje površinskih voda. Zloženska. Ljubljana. Inštitut za vode Republike Slovenije: 6 str.

Jaksetič, D. 2015. Razbitje inštituta pomeni uničenje vodarske stroke. Delo (online). 23.3.2015.
<http://www.delo.si/novice/slovenija/razbitje-instituta-pomeni-unicenje-vodarske-stroke.html>
(Pridobljeno 15. 4. 2015.)

Jovanović, M. B. 2008. Regulacija reka. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet: 472 str.

Kajtzović, T. 2014. Spet neresen pristop? Mladina (online). 21.11.2014.
<http://www.mladina.si/162174/spet-neresen-pristop/> (Pridobljeno 22. 4. 2015.)

Kirbiš, V. 2008. Kohezijski sklad in (ne)učinkovito črpanje sredstev iz skladov Evropske unije. Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta, (samozaložba V. Kirbiš): 63 str.

Koler Povh, T., Turk, G. 2011. Navodila za oblikovanje visokošolskih del na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo in navajanje virov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 39 str.

Kolman, G. 2014. Ribe in vzdolžna povezanost vodotokov na porečju Sore. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba G. Kolman): 119 str.

Kolman, G., Mikoš, M., Povž, M. 2010. Ribji prehodi na hidroenergetskih pregradah v Sloveniji. Varstvo narave 24: 85-96.

Kolmanič, B. 2015. Vodnogospodarske ureditve vodotokov s poudarkom na porečju reke Mure. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba B. Kolmanič): 91 str.

Kralj, M. 2010. Problematika načrtovanja prostorskih ureditev na lokalnem nivoju. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Kralj): 199 str.

Kryžanowski, A. 2000. Vodnogospodarske ureditve in ukrepi v okviru izvajanja projekta HE Moste. V: Mišičev vodarski dan 2000. Maribor, Narodni dom, 8. december 2000: 149-153.

Lestan, M. 2014. Uporaba sonaravnih ukrepov pri ureditvi vodotoka. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba M. Lestan): 31 str.

Markič, T. 2008. Stabilizacijski objekti v vodotokih. Magistrski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba T. Markič): 248 str.

Miklau, F. R., Suda, J. 2011. Technical standards for debris flow barriers and breakers. Padova, 5th International conference on debris flow hazard mitigation: 9 str.

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katedra za splošno hidrotehniko: 187 str.

Mikoš, M. 2009. Osnove hudourništva. Varstvo pred hudourniki in zemeljskimi plazovi. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katedra za splošno hidrotehniko: 217 str.

Mikoš, M. 2011. Integralno upravljanje voda in regionalizacija Republike Slovenije. Geodetski vestnik 55,3: 518-529.

MOP. 2015. Aktivno upravljanje z vodami v Sloveniji – voda danes za jutri. Novinarska konferenca ob Svetovnem dnevu voda. Ljubljana, Prostor MOP, 24.3.2015. Ministrstvo za okolje in prostor.

Muškatirović, D. 1976. Regulacija reka. Beograd. Univerzitet u Beogradu. Gradjevinski fakultet u Beogradu. Odsek za hidrotehniko: 426 str.

Pantar, A. 2007. Cestne naprave in oprema. Diplomski naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba A. Pantar): 149 str.

Rak, G. 2006. Uporaba prostorskih podatkov v analizi hidravličnih lastnosti vodotokov. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba G. Rak): 81 str.

Repnik Mah, P., Habinc, M., Marovt, L. 2013. Primeri sonaravnega urejanja površinskih voda. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 32 str.

Rutherford, I., Jerie, K., Marsh, N. 2000. A Rehabilitation Manual for Australian Streams. Volume 1. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology. Canberra. Land and Water Resources Research and Development Corporation: 192 str.

Savić, L. M. 2003. Uvod u hidrotehničke gradjevine. Učbenik. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet: 528 str.

Scottish Environmental Protection Agency (SEPA). 2008. Bank Protection: Rivers and Lochs. Good Practice Guide. http://www.sepa.org.uk/media/150971/wat_sg_23.pdf. (Pridobljeno 26. 4. 2015.)

Sodnik, J., Kogovšek, B., Mikoš, M. 2014. Vodna infrastruktura v Sloveniji: Ali vemo kaj moramo vzdrževati? V: 25. Mišičev vodarski dan 2014. Maribor, Narodni dom, 4. december 2014. Strategija upravljanja z vodami: 24-31.

Steinman, F., Banovec, P. 2008. Hidrotehnika: Vodne zgradbe 1. Skripta. Ljubljana. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 52 str.

Strassberger, S. 2009. Sonaravno urejanje voda v načrtovanju podeželskega prostora. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, (samozaložba S. Strassberger): 121 str.

Stražičar, B. 2008. Poslovno pravo. Skripta. Koper. Fakulteta za management. Univerza na Primorskem: 174 str.

Suda, J., Skolaut, C., Bergmeister, K., Miklau, F. R., Hübl, J., 2008. Einsatz von Beton für Schutzbauwerke gegen Wildbachgefahren. Zement und Beton 3: 6-16.

Suhadolnik, P. 2007. Hudourniška ureditev in varstvo okolja na primeru Podlipščice. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, (samozaložba P. Suhadolnik): 65 str.

Soar, P.J., Thorne, C.R. 2001. Channel Restoration Design for Meandering Rivers. ERDC/CHL CR-01-1, U.S.Army Engineer Research and Development Center, Flood Damage Reduction Research Program, Vicksburg, MS: 454 str.

Sodnik, J. 2015. Problematika urejanja manjših vodotokov s strani koncesionarja. Osebna komunikacija. (22. 7. 2015.)

Špes, M. 2007. Pomen vzdrževanja dinamičnega ravnovesja za sonaravni razvoj. Dela 28: 273-285.

Tomažič, M., Kalan, G., Dobnik, J., Pevec, T., Kovač, N. 2012. Dokument dobre prakse ali kaj moram vedeti kot lastnik ali upravljalec zemljišča ob vodotoku 2. reda? Celje. Zavod RS za varstvo narave, OE Celje: 8 str.

US Army Corps of Engineers; Hydrologic Engineering Center. 2002. HEC-RAS, River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 3.1.3. Davis, CA: 250 str.

VGP. 2002. Hidrotehnično poročilo za potok Belica na Sredni Beli. Kranj. Vodnogospodarsko podjetje Kranj: 4 str.

Woolsey, S., Weber, C., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S., Tockner, K., Peter, A. 2005. Handbook for evaluating rehabilitation projects in rivers and streams. Publikacija projekta Rhone-Thur. Eawag, WSL, LCH-EPFL, VAW-ETHZ: 108 str. <http://www.rivermanagement.ch/download.php> (Pridobljeno 10. 5. 2015.)

Zemljič, M. 1979. Urejanje hudourniških območij. Zapiski s predavanj. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 110 str.

Pravni akti:

Direktiva 2000/60/ES.

Direktiva 2007/60/ES.

Energetski zakon. Uradni list RS št. 79/1999, 26/2005, 27/2007.

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti, Uradni list RS št. 60/2007.

Pravilnik o podrobnejšem načinu določanja meje vodnega zemljišča tekočih voda. Uradni list RS št. 129/2006.

Pravilnik o projektiranju cest, Uradni list RS, št. 91/2005.

Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja. Uradni list RS št.25/09.

Prostorski red Slovenije. Uradni list RS št. 122/2004.

Strategija prostorskega razvoja Slovenije. Uradni list RS št. 76/2004.

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list RS št. 84/2005.

Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja. Uradni list RS št. 61/2011.

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Uradni list št. 89/2008.

Uredba o posebnih varstvenih območjih - območjih Natura 2000. Uradni list RS št. 45/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008.

Zakon o cestah. Uradni list RS št. 109/10, 48/12 in 36/14 – odl. US.

Zakon o gozdovih. Uradni list RS št. 30/1993, 13/1998, 56/1999, 67/2002, 110/2002, 115/2006, 110/2007.

Zakon o gospodarskih družbah. Uradni list RS št. 65/09 – uradno prečiščeno besedilo, 33/11, 91/11, 32/12, 57/12, 44/13 – odl. US in 82/13.

Zakon o kmetijskih zemljiščih. Uradni list RS št. 59/1996, 67/2002, 36/2003, 55/2003.

Zakon o ohranjanju narave. Uradni list RS št. 56/1999, 31/2000, 119/2002, 41/2004, 96/2004.

Zakon o varstvu kulturne dediščine. Uradni list RS št. 7/1999, 16/2008.

Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami. Uradni list RS št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo in 97/10.

Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 32/1993, 1/96, 9/1999, 41/2004, 20/2006, 39/2006, 70/2008.

Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67/2002, 110/2002, 2/2004, 41/2004, 57/2008.

Standardi:

ONR 24802, Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Dunaj, Österreichisches Normungsinstitut.

Priloge

Seznam prilog:

- Priloga A: Manningovi koeficienti hrapavosti za naravne vodotoke
- Priloga B: Manningovi koeficienti hrapavosti za obložena ali grajena rečna korita
- Priloga C: Manningovi koeficienti hrapavosti za izkopana in očiščena rečna korita
- Priloga D: Tabela z rezultati hidravlične analize za obstoječe in predvideno stanje
- Priloga E: Situacija
- Priloga F: Prečni in vzdolžni prerez skozi kamnitobetonski prag v profilu P3
- Priloga G: Vzdolžni prerez skozi ploščati prepust
- Priloga H: Prečni in vzdolžni prerez skozi leseno stopnjo v profilih P8, P9 in P10

Priloga A: Manningovi koeficienti hrapavosti za naravne vodotoke

VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Najmanj	Običajno	Največ
1. Naravni vodotoki			
Rečno korito			
a. Čisto, ravno, polno in brez tolmunov	0.025	0.03	0.033
b. Enako, kot zgoraj, s kamenjem in zarast	0.03	0.035	0.04
c. Vijugast, čist kanal s tolmoni in prodom	0.033	0.04	0.045
d. Enako, kot "c" s kamenjem in pleveli	0.035	0.045	0.05
e. Enako, kot "d" z manjšim padcem in nižjo gladino	0.04	0.048	0.055
f. Podobno kot "d" z večjo količino kamenja	0.045	0.05	0.06
g. Počasni ravni del, z večjo količino pleveli in tolmunov	0.05	0.07	0.08
h. Korito močnejše poraščeno s plevelom in z globokimi tolmoni oziroma	0.075	0.1	0.15
i. Gorski vodotok (strme brežin, brez zarasti) s peščenim ali prodnatim	0.03	0.04	0.05
j. Enako kot "i" z večjimi skalami v koritu	0.04	0.05	0.07
Poplavne površine			
Travniki brez grmičevja			
a. Nizka pokošena trava	0.025	0.03	0.035
b. Visoka trava	0.03	0.035	0.05
Obdelovalne površine			
a. Brez rastlinja	0.02	0.03	0.04
b. Zreli, v vrstah gojeni pridelki	0.025	0.035	0.045
c. Zreli, po vsej površini gojeni pridelki	0.03	0.04	0.05
Grmičevje			
a. Posamezni grmi, goste pleveli	0.035	0.05	0.07
b. Redko grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.035	0.05	0.06
c. Redko grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.04	0.06	0.08
d. Srednje gosto grmičevje in drevje brez listja (pozimi)	0.045	0.07	0.11
e. Srednje gosto grmičevje in drevje z listjem (poleti)	0.07	0.1	0.16
Drevje			
a. Čistina z drevesnimi štori in brez mladik	0.03	0.04	0.08
b. Čistina z drevesnimi štori in gostimi mladikami	0.05	0.06	0.12
c. Gostejši gozdovi z malo podrtimi drevesi, podrasti z gladino pod	0.08	0.1	0.16
e. Enako kot c., le da nivo vode sega do krošenj	0.1	0.12	0.16
f. Gost gozd z listjem (poleti)	0.11	0.15	0.2

Priloga B: Manningovi koeficienti hrapavosti za obložena ali grajena rečna korita

VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Najmanj	Običajno	Največ
2. Obložena ali grajena rečna korita (glede na uporabljen material)			
Beton			
a. Zglajen in ometan beton	0.011	0.013	0.015
b. Ometan	0.013	0.015	0.016
c. Ometan s peskom na dnu	0.015	0.017	0.02
d. Nedokončan	0.014	0.017	0.02
e. Brizgan beton, gladek	0.016	0.019	0.023
f. Brizgan beton, valovit	0.018	0.022	0.025
g. Beton na izkopani dobri skali	0.017	0.02	
h. Beton na izkopani slabi skali	0.022	0.027	
Dno iz betona, brežine -			
a. prevlečene z obdelanim kamnom v malti	0.015	0.017	0.02
b. prevlečene z neobdelanim kamnom v malti	0.017	0.02	0.024
c. zidane z gruščem v cementu in malti	0.016	0.02	0.024
d. zidane z gruščem v cementu	0.02	0.025	0.03
e. zidane z suhim gruščem ali odpadnim kamenjem	0.02	0.03	0.035
Prodnato dno, brežine -			
a. iz opaženega betona	0.017	0.02	0.025
b. iz neobdelanga kamna v malti	0.02	0.023	0.026
c. suhega grušča ali odpadnega kamenja	0.023	0.033	0.036
Opeka			
a. glajena	0.011	0.013	0.015
b. glajena v cementni malti	0.012	0.015	0.018
Kovina			
a. Gladka kovinska površina	0.011	0.012	0.014
b. Valovita pločevina	0.021	0.025	0.03
Asfalt			
a. Gladek	0.013	0.013	
b. Grob	0.016	0.016	
Rastlinska obloga	0.03		0.5
Tesan kamen	0.013	0.015	0.017
Cement			
a. Čista površina	0.01	0.012	0.013
b. Ometana površina	0.011	0.013	0.015
Les			
a. Raven nevzdrževan	0.01	0.012	0.014
b. Raven, smoljen	0.011	0.013	0.015
c. Opaž z deskami	0.012	0.015	0.018
d. Opaž z deskami, prekrit	0.01	0.014	0.017

Priloga C: Manningovi koeficienti hrapavosti za izkopana in očiščena rečna korita

VRSTA IN OPIS KANALA IN POPLAVNIH POVRŠIN	Najmanj	Običajno	Največ
3. Izkopana in očiščena naravna korita			
Zbita, poravnana zemljina			
a. Čista, pred kratkim končana	0.016	0.018	0.02
b. Čista, po preperevanju	0.018	0.022	0.025
c. Prod, zbita področja, čist	0.022	0.025	0.03
d. Nizka trava, malo pleveli	0.022	0.027	0.033
Vijugast in iz zemljine			
a. Brez rastlinja	0.023	0.025	0.03
b. Trava, nekaj pleveli	0.025	0.03	0.033
c. Gosti plevel ali gosto vodno rastje v globokih kanalih	0.03	0.035	0.04
d. Zemeljsko dno in kamnite brežine	0.028	0.03	0.035
e. Kamnito dno in z plevelom zarasle brežine	0.025	0.035	0.04
f. Tlakovano dno in čiste brežine	0.03	0.04	0.05
Izkopana ali očiščena korita			
a. Brez vegetacije	0.025	0.028	0.033
b. Redko grmičevje na brežinah	0.035	0.05	0.06
Skalnato korito			
a. Gladko in nespremenljivo ostenje	0.025	0.035	0.04
b. Nazobčano in nepravilno ostenje	0.035	0.04	0.05
Nevzdrževani kanali, poraščena z pleveli in grmičevjem			
a. Čisto dno, grmičevje na brežinah	0.04	0.05	0.08
b. Enako kot "a", grmičevje do gladine vode	0.045	0.07	0.11
c. Goste pleveli do gladine vode	0.05	0.08	0.12
d. Gosto grmičevje, visok nivo vode	0.08	0.1	0.14

Priloga D: Tabela z rezultati hidravlične analize za obstoječe in predvideno stanje

a) Obstoječe stanje

Profil	Stacionaža	Pretok	Min. kota v profilu	Kota vodne gladine	Kota kritične gladine	Srednja profilna hitrost	Srednja strižna napetost v profilu	Pretočna površina v profilu	Froudovo število
št.	m	m ³ /s	m	m	m	m/s	N/m ²	m ²	
P1	0	37.5	477.83	480.04	479.27	1.99	88.33	18.8	0.49
P2	10	37.5	477.88	480.05		1.55	52.15	24.19	0.39
P3	20.01	37.5	477.74	479.51	479.51	3.26	261.21	11.49	1
P4	20.11	37.5	476.94	479.48	478.7	1.99	85.29	18.89	0.48
P5	25.45	37.5	476.8	479.41		2.16	102.57	17.4	0.53
P6	33.5	37.5	476.56	478.74	478.74	3.83	341.79	9.8	1.01
P7	40.62	37.5	476.48	478.1	478.42	4.5	552.37	8.33	1.64
P8	51.08	37.5	476.35	478.1	477.76	2.38	131.12	15.79	0.67
P9	61.48	37.5	475.42	477.59	477.59	3.41	284.43	10.99	1.03
P10	71.84	37.5	475.31	477.41	477.08	2.6	155.6	14.4	0.71
P11	81.35	37.5	474.95	477.36	476.92	2.32	122.29	16.19	0.63

b) Predvideno stanje

Profil	Stacionaža	Pretok	Min. kota v profilu	Kota vodne gladine	Kota kritične gladine	Srednja profilna hitrost	Srednja strižna napetost v profilu	Pretočna površina v profilu	Froudovo število
št.	m	m ³ /s	m	m	m	m/s	N/m ²	m ²	
P1	0	37.5	477.85	479.81	479.81	3.88	128.29	9.66	1.01
P2	10	37.5	477.75	479.06	479.46	5.04	232.18	7.44	1.6
P3	20.01	37.5	477.65	479.1	479.31	4.29	166.2	8.74	1.32
P4	20.11	37.5	476.8	478	478.6	6.16	363.44	6.09	2.05
P5	25.45	37.5	476.7	478.08	478.56	5.47	277.13	6.85	1.7
P6	33.5	37.5	476.5	478.01	478.42	5.15	166.47	7.28	1.51
P7	40.62	37.5	476.35	477.93	478.28	4.93	263.5	7.61	1.41
P8	51.08	37.5	476.05	477.73	478.01	4.73	238.9	7.93	1.31
P9	61.48	37.5	475.65	477.23	477.61	5.11	283.22	7.33	1.45
P10	71.84	37.5	475.25	476.82	477.23	5.26	299.95	7.14	1.48
P11	81.35	37.5	474.95	476.64	476.97	5	267.36	7.51	1.35