

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Andraž Rojnik

Ureditev Selške Sore na odseku od Dermotovega jezu do Dolenčevega jezu

Diplomska naloga št.: 52

Mentor:
prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 17. 2. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Andraž ROJNIK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»**UREDITEV SELŠKE SORE NA ODSEKU OD DERMOTOVEGA JEZU DO
DOLENČEVEGA JEZU**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 17. februar 2006

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 004.42:519.61/.64:627.4/.5(043.2)
- Avtor:** Andraž Rojnik
- Mentor:** izr. prof. dr. Matjaž Mikoš
- Naslov:** Ureditev Selške Sore na odseku od Dermotovega jezua do Dolenčevega jezua
- Obseg in oprema:** 47 str., 6 pregl., 28 sl., 10 pril.
- Ključne besede:** Selška Sora, urejanje vodotokov, poplave, hidravlični računski model, HEC-RAS, nestalni tok

Izvleček

V prvem delu diplomske naloge je na kratko opisano porečje skupne Sore in Selške Sore. Na podlagi terenskega ogleda in literature so opisane osnovne, topografske, hidrografske in hidrološke lastnosti obravnavanega odseka od Dermotovega do Dolenčevega jezua v Železnikih. V nadaljevanju sta opisana tudi programska paketa Aquaterra in HEC-RAS 3.1.3, s katerima je bil narejen hidravlični računski model in projektirana ureditev odseka. Hidravlični račun stalnega toka je bil narejen s pretoki s 100, 50, 20, 10 in s 5- letno povratno dobo ter za visokovodno situacijo z dne 8.9.1995. Račun pri nestalnem toku je bil opravljen na podlagi sintetičnega enotnega hidrograma pretokov za teoretično visoko vodo s konico podobno 100- letni visoki vodi. Narejena je tudi primerjava med izračunoma stalnega in nestalnega toka. Prav tako je za obravnavani odsek izrisana karta poplavnih območij za pretok s 100- letno povratno dobo. V zadnjem delu naloge je opisana in podrobneje prikazana možnost ureditve zavarovanja urbaniziranega dela na obravnavanem odseku pred visokimi vodami s 100-letno povratno dobo. Predlagana ureditev obsega več ukrepov, od znižanja preliva Dermotovega jezua, znižanja in razširitve dna struge do postavitve nasipov, visokovodnih ter obrežnih zidov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:519.61/.64:627.4/.5(043.2)
Author: Andraž Rojnik
Supervisor: Assoc. Prof. Matjaž Mikoš
Title: Regulation project of the Selška Sora river reach between the Dermota weir and Dolenc weir
Notes: 47 p., 6 tab., 28 fig., 10 ann.
Key words: Selška Sora, river regulation, floods, hydraulic computation model, HEC-RAS, unsteady flow

Abstract

In the first part of the graduation thesis, a short description of the Sora and the Selška Sora watershed is presented. Some basic, topographic, hydrographic and hydrologic characteristics of the treated section between Dermota weir and Dolenc weir are illustrated on the basis of field inspection and literature sources. The description of the software used for building of hydraulic computation model and for regulation of treated section, Aquaterra and HEC-RAS 3.1.3, is also presented in this section. The simulations of steady flows were performed for the flows with recurrence interval of 100, 50, 20, 10 and 5 years and also for the flood that occurred on 8.9.1995. Unsteady flow simulation was performed on the basis of the synthetic unit hydrograph for the theoretical flood with flow peak that reflects the flow with recurrence interval of 100 years (Q100). Both, steady and unsteady computations are compared with each other. Also, the map of floodplains with Q100 is presented for treated section. The plan to protect the urban endangered parts from floods with water regulation is described and presented in the final part of the graduation thesis. The proposed regulation consists of multiple measures, from the lowering of the Dermota weir, river channel dredging and expansion to construction of levees and floodwalls.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so mi pomagali pri nastajanju diplomske naloge, še posebno izr. prof. dr. Matjažu Mikošu ter zaposlenim na Inženiringu za vode in Inštitutu za vode Republike Slovenije.

Podjetju Inženiring za vode se zahvaljujem za štipendiranje in možnost uporabe opreme, potrebne za izdelavo diplomske naloge.

Zahvalil bi se tudi staršema in bratu, ki so mi skozi vsa leta študija stali ob strani in me spodbujali.

KAZALO VSEBINE

1 OPIS POREČJA SORE	1
1.1 Osnovne značilnosti porečja Sore	1
1.2 Osnovne značilnosti porečja Selške Sore	2
2 OBRAVNAVANI ODSEK SELŠKE SORE OD DERMOTOVEGA JEZUA DO DOLENČEVEGA JEZUA	5
2.1 Osnovne značilnosti odseka	5
2.1.1 Splošno	5
2.1.2 Poplavna ogroženost območja	6
2.1.3 Osnovne lastnosti struge	6
2.1.4 Hidrografska mreža	7
2.2 Raba tal	7
2.2.1 Območja stanovanjske rabe in gospodarskih dejavnosti	7
2.2.2 Javna in prometna infrastruktura	7
2.3 Topografske in hidromorfološke značilnosti – obstoječe stanje	8
2.3.1 Od Dermotovega jezua do pritoka Prednja Smoleva	8
2.3.2 Od pritoka Prednja Smoleva do novega mosta v P36	9
2.3.3 Od premostitve v P36 do Dolenčevega jezua	11
2.4 Prečni objekti	13
2.4.1 Dermotov jez	13
2.4.2 Spodnja premostitev v P5 oz P6	14
2.4.3 Premostitev v P36	15
2.4.4 Dolenčev jez	16
3 UPORABLJENI PROGRAMI ZA PROJEKTIRANJE	18
3.1 Autodesk Map 3D	18
3.2 Aquaterra	18
3.2.1 Splošno	18
3.2.2 Modul Situacija	19
3.2.3 Modul Osi	19
3.2.4 Modul Vzdolžni profili	20
3.2.5 Modul Prečni profili	20

3.2.6 Vmesnik za HEC-RAS	21
3.3 HEC RAS 3.1.3	21
4 HIDRAVLICNI RAČUNSKI MODEL OBRAVNAVANEGA ODSEKA – STALNI TOK	23
4.1 Geometrija računskega modela	23
4.2 Karakteristični pretoki in robni pogoji	26
4.3 Umerjanje hidravličnega računskega modela	27
4.4 Rezultati	27
5 HIDRAVLICNI RAČUNSKI MODEL OBRAVNAVANEGA ODSEKA – NESTALNI TOK	30
5.1 Geometrija računskega modela	30
5.2 Hidrološki podatki	30
5.3 Robni in začetni pogoji	30
5.4 Rezultati	31
6 PREDLOG UREDITVE OBRAVNAVANEGA ODSEKA	35
6.1 Splošno	35
6.2 Izdelava računskega modela s programom HEC-RAS- načrtovano stanje (stalni tok)	35
6.2.1 Splošno	35
6.2.2 Rezultati	36
6.3 Ukrepi za izboljšanje poplavne varnosti na obravnavanem odseku	38
6.3.1 Rekonstrukcija Dermotovega jezua	38
6.3.2 Izravnava nivelete dna	39
6.3.3 Pretočni prerezi	40
6.3.4 Nasipi in zidovi	40
7 OKVIRNA OCENA STROŠKOV NEKATERIH GRADBENIH DEL	42
7.1 Splošno	42
7.2 Račun volumnov zemeljskih del	42
7.3 okvirna ocena stroškov	44
8 ZAKLJUČKI	45
VIRI IN LITERATURA	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Padavinsko območje Sore po šifrantu padavinskih območij RS (Šraj, 2000)	2
Slika 2: Padavinska območja znotraj porečja Selške Sore po šifrantu padavinskih območij RS (Šraj, 2000)	3
Slika 3: Obravnavani odsek Selške Sore od Dermotovega jezua do Dolenčevega jezua	5
Slika 4: Selška Sora gorvodno od premostitve v P6	8
Slika 5: Selška Sora gorvodno od P8	9
Slika 6: Selška Sora dolvodno od P16	10
Slika 7: Selška Sora gorvodno od P17	10
Slika 8: Selška Sora dolvodno od P25	11
Slika 9: Selška Sora gorvodno od P28	11
Slika 10: Nov protipoplavni zid na levem bregu gorvodno od premostitve v P36	12
Slika 11: Selška Sora dolvodno od Dolenčevega jezua	12
Slika 12: Dermotov jez	13
Slika 13: Dermotov jez – struga zaprodna do višine preliva jezua	14
Slika 14: Fotografija premostitve z geodetskim posnetkom prečnega prereza P5	15
Slika 15: Premostitev z dolvodne strani	15
Slika 16: Premostitev z gorvodne strani in protipoplavni zid na levem bregu	16
Slika 17: Dolenčev jez	17
Slika 18: Dolenčev jez	17
Slika 19: Primer prečnega profila, izrisanega v programu Aquaterra – P36	24
Slika 20: Situacija obravnavanega območja v geometrijskem urejevalniku	25
Slika 21: Hidrogram pretokov v začetnem profilu	31
Slika 22: Primerjava gladin za Q100, izračunanih s stalnim in nestalnim tokom	33
Slika 23: Primerjava hitrosti za Q100, izračunanih s stalnim in nestalnim tokom	34
Slika 24: Prikaz časa nastopa največjega pretoka na posameznih lokacijah	34
Slika 25: Primerjava gladin Q100 pri obstoječem in reguliranem stanju	36
Slika 26: Primerjava hitrosti za obstoječe in regulirano stanje pri Q100 in Q20	37
Slika 27: Primerjava vodnatosti struge v obstoječem in reguliranem stanju	38
Slika 28: Prikaz zapore na Dermotovem jezua	39

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prispevne površine povodja Selške Sore (Šraj, 2000)	3
Preglednica 2: Karakteristični pretoki Selške Sore na obravnavanem odseku	26
Preglednica 3: Rezultati izračuna stalnega toka za Q100	29
Preglednica 4: Rezultati izračuna nestalnega toka	32
Preglednica 5: Izračun volumnov izkopov in nasipov ter površin nasipov	43
Preglednica 6: Izračun okvirnih stroškov večjih zemeljskih in zavarovalnih del	44

1 OPIS POREČJA SORE

1.1 Osnovne značilnosti porečja Sore

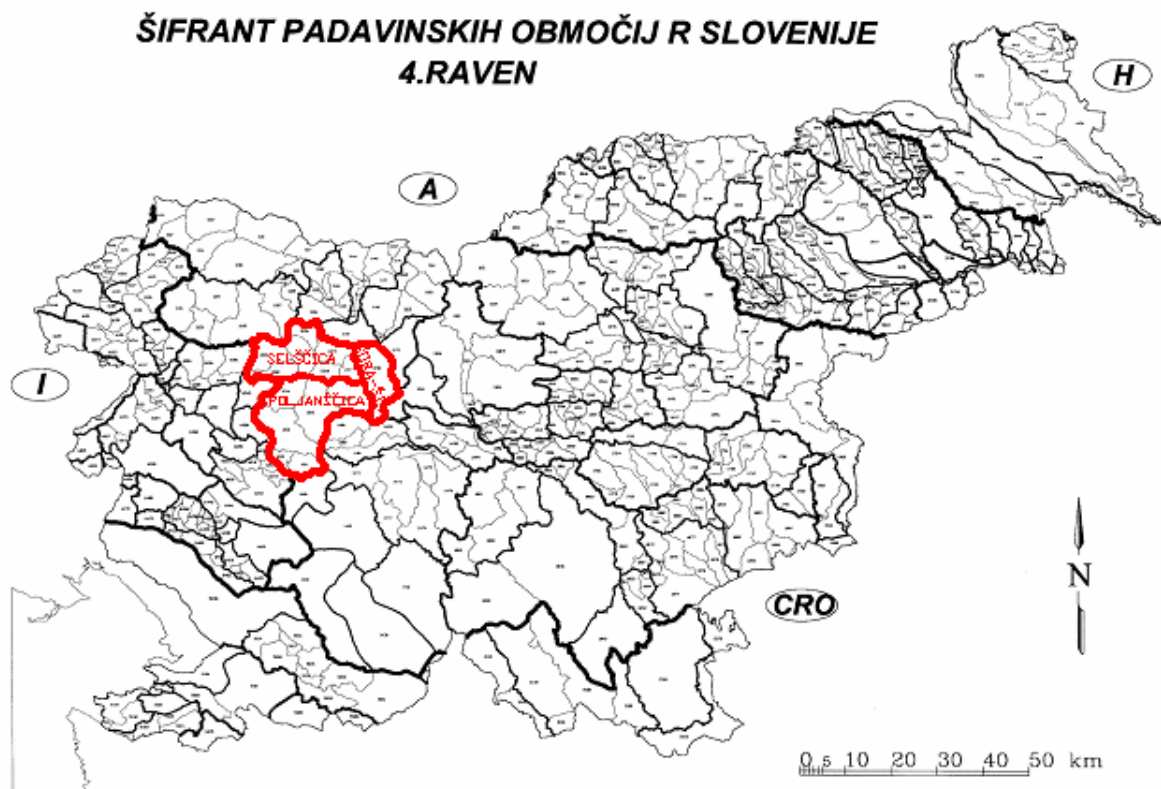
Sora je prvi večji pritok reke Save, ki ne prihaja iz visokega gorovja, temveč iz predalpskega hribovja in sredogorja. V njenem porečju obstaja dvoje področij: hribovje in sredogorje v zgornjem in srednjem toku ter nasuta prodna ravnina Sorškega polja v spodnjem toku (Burja, 1992).

Sora odvaja vode iz Škofjeloškega hribovja, na katerem je zaradi same geološke sestave tal bogato razvita mreža površinskih voda. Gostota celotnega porečja Sore znaša $2.02 \text{ km}^3/\text{km}^2$, najbolj gosto pa je porečje Selške Sore z $2.34 \text{ km}^3/\text{km}^2$ (MOP, 1998).

Celotno porečje Sore meri 647.82 km^2 in je sestavljeno iz treh delov:

- porečje Poljanske Sore oz. Poljanščice, ki meri 329.07 km^2
- porečje Selške Sore oz. Selščice, ki meri 224.27 km^2
- porečje Sore od sotočja Poljanske in Selške Sore do vtoka v Savo, ki meri 94.48 km^2 .

Za Soro so značilna velika nihanja med nizkimi, srednjimi in visokimi vodami, kar poudarja njene hudourniške poteze. Razlika med sušnim pretokom in visokimi vodami Sore je lahko tudi več kot 300-kratna, kar je bilo zabeleženo v 30-letnem obdobju na avtomatski vodomerni postaji Suha na Sori (MOP, 1998).



Slika 1: Padavinsko območje Sore po šifrantu padavinskih območij RS (Šraj, 2000)

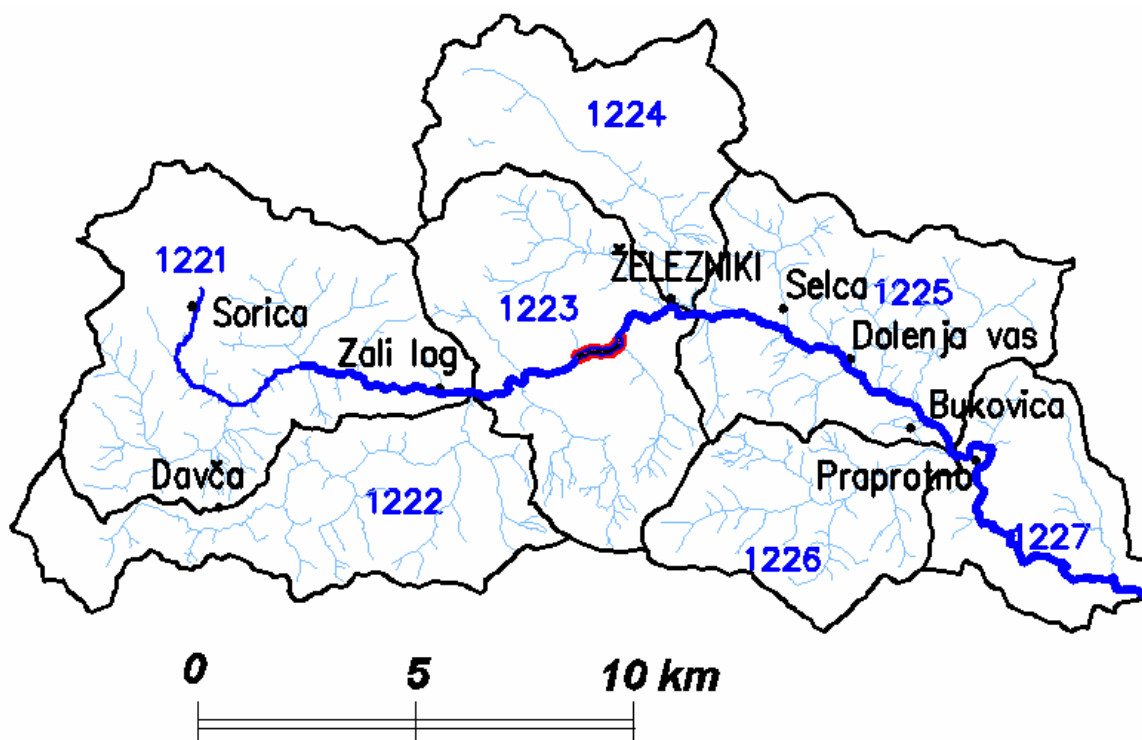
1.2 Osnovne značilnosti porečja Selške Sore

Selška Sora ali Selščica izvira nad vasjo Sorica na nadmorski višini okrog 900m. Simetrično povodje Selške Sore tvorijo pritoki z razmeroma majhnimi površinami. Levi pritoki so: Danjski potok, Plenšak, Dašnjica, Češnjica, Selnica, Jablanovca, Bukovščica in Planica. Z desne pa se izlivajo v Selško Soro: Zadnja Sora, Davča, Zadnja Smoleva, Prednja Smoleva in Luša.

Povprečni padec 33 km dolgega vodotoka Selške Sore od izvira (n.v. 900m) do sotočja s Poljansko Soro v Škofji Loki (n.v. 348m) znaša 1.67 %. Največji padec, t.j. 7.3%, je na začetnem odseku od izvira do pritoka Zadnje Sore, proti izlivu pa padec enakomerno pada. Na osrednjem odseku znaša približno 1.0%, na odseku pred izlivom pa 0.5%.

Preglednica 1: Prispevne površine povodja Selške Sore (Šraj, 2000)

Šifra	R3	R4	Padavinsko območje	Površina (km ²)
122	Selška Sora			224.27
1221		Selška Sora-Zali log	Povirje Selške Sore od izvira do sotočja z Davčo	48.17
1222		Davča	Vodozbirna površina Davče	32.32
1223		Selška Sora-Železniki	Porečje Selške Sore od sotočja z Davčo do sotočja s Češnjico	36.81
1224		Češnjica	Vodozbirna površina Češnjice	27.98
1225		Selška Sora-Dolenja vas	Porečje Selške Sore od sotočja s Češnjico do sotočja z Lušo	37.20
1226		Luša	Vodozbirna površina Luše	21.77
1227		Selška Sora-Vešter	Porečje Selške Sore od sotočja z Lušo do sotočja s Poljanščico	20.01



Slika 2: Padavinska območja znotraj porečja Selške Sore po šifrantu padavinskih območij RS (Šraj, 2000) -obravnavani odsek je označen z rdečo barvo

Strugo Selške Sore prekriva grob holocenski prod, brežine pa so nestabilne in podvržene erodiranju. Na območju so prisotne predvsem neprepustne kamnine, kot so razni skrilačci in laporji, mednje pa so stisnjene ali narinjene manj prepustne karbonatne kamnine (apnenec in dolomit). Na stiku enih in drugih prihaja na dan podzemna voda v številnih izviri.

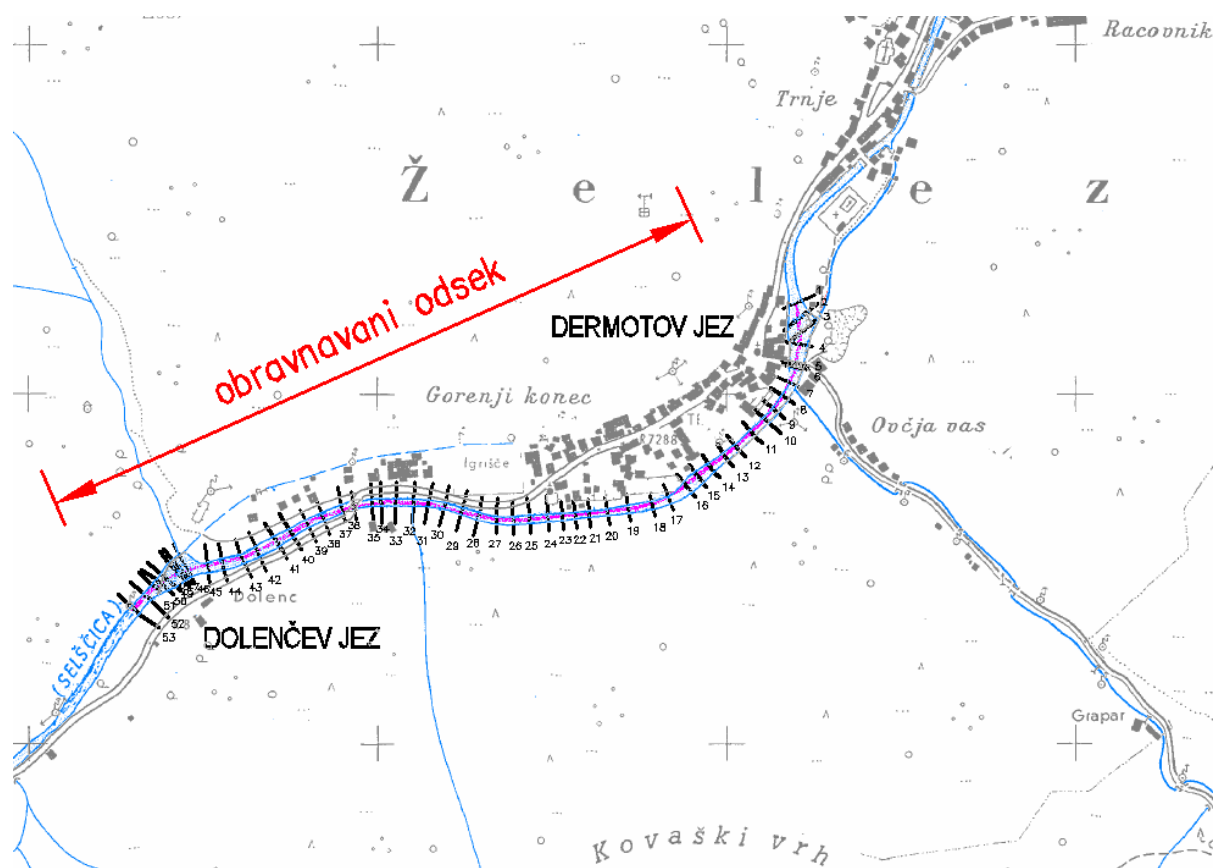
Povprečna letna vrednost padavin v porečju Selške Sore znaša od 1900 do 2000mm (merjeno v naselju Železniki). Največje letne vrednosti padavin lahko presežejo 2500mm. Rečni režim je sredozemski dežno snežni z dvema viškoma v aprilu in novembru. Višek v aprilu povzročajo pomladanske padavine in taljenje snega, višek v novembru pa jesenske padavine.

2 OBRAVNAVANI ODSEK SELŠKE SORE OD DERMOTOVEGA JEZUSA DO DOLENČEVEGA JEZUSA

2.1 Osnovne značilnosti odseka

2.1.1 Splošno

Obravnani odsek od Dermotovega jezusa do Dolenčevega jezusa je del Železnikov, imenovan Na Plavžu. Lociran je v padavinskem območju 1223 po šifrantu padavinskih območij Republike Slovenije (slika 2). Dolžina odseka s povprečnim padcem 0.8 % znaša 1170m.



Slika 3: Obravnani odsek Selške Sore od Dermotovega jezusa do Dolenčevega jezusa

2.1.2 Poplavna ogroženost območja

Odtočni režim visokih voda Selške Sore skozi Železnike je izredno problematičen, kar se posledično kaže tudi v večkratnih zaporednih poplavih v preteklih letih. Železniki ležijo v dolini Selške Sore, kjer se dolinsko dno hitro oži od približno 400 m na območju Studenega, do približno 120 m na območju Trnja in gorvodno do Jesenovca. Korito Selške Sore je prekomerno utesnjeno zaradi prevelike poseljenosti omejenega prostora. Zato je pogosto prisotna nevarnost manjših in večjih poplav urbanih površin, ki povzročajo veliko gospodarsko škodo na stanovanjskih, industrijskih in infrastrukturnih objektih. Vzroki pogostih poplav pa so poleg prekomerno utesnjene struge skozi urbano območje še:

- sorazmerno visoka jezovna zgradba Dermotov jez, ki povzroča zaprodenje gorvodnih odsekov in posledično preplavljanje bregov
- številna erozijska žarišča na strugi Selške Sore in njenih pritokih, ki prinašajo velike količine hudourniških nanosov
- gozdni nered v povirju (neprimerno odlaganje odpadnega lesa na bregovih vodotokov, preusmerjanje in koncentriranje površinskega odtoka z vlekami za les,...) (VGI, 2000)

2.1.3 Osnovne lastnosti struge

Selška Sora ima na obravnavanem odseku večinoma naravno strugo. Izjemi sta odseka od Dermotovega jezua (P3) do prečnega prereza P13, kjer je desna brežina zavarovana s kamnom in betonom ter odseka od P35 do P38, kjer je na levem bregu obrežni zid. Širina dna struge se spreminja od 12 do 15 m, na območjih jezov pa se dno razširi na približno 40 m. V času visokih vod se v spodnjem odseku pri Dermotovem jezua ustvarita dva bolj ali manj ločena tokova. Večji del toka teče po strugi čez Dermotov jez, prelit del pa je skoncentriran v urbaniziranem delu ob regionalni cesti Škofja Loka – Petrovo Brdo.

2.1.4 Hidrografska mreža

Edini večji pritok na obravnavanem odseku je Prednja Smoleva, ki se izliva v Selško Soro na desnem bregu približno 25 m gorvodno od premostitve pri Dermotovem jezua. Od Selške Sore se pri Dermotovem jezua odcepi mlinščica, ki poganja malo hidroelektrarno Niko.

2.2 Raba tal

2.2.1 Območja stanovanjske rabe in gospodarskih dejavnosti

Stanovanjski objekti so zgrajeni na celotni dolžini obravnavanega odseka predvsem na levem bregu reke. Na desnem bregu se stanovanjski objekti nahajajo samo na območju od Dermotovega jezua do vtoka Prednje Smoleve ter od P33 do Dolenčevega jezua, vmes pa poselitev ni možna zaradi strmega vznožja Kovaškega vrha. Poselitev je skoncentrirana predvsem na spodnjem delu odseka pri zavarovanem tehniškem spomeniku- plavžu za taljenje železove rude.

Na obravnavanem območju se nahaja tudi nekaj poslovnih objektov. Največji podjetji sta Tehtnica, ki proizvaja precizno mehaniko in elektroniko ter Dom oprema, ki izdeluje stavbno pohištvo. Ostalo so majhna zasebna podjetja.

2.2.2 Javna in prometna infrastruktura

Na levem bregu Selške Sore se med podjetjema Dom oprema in Tehtnico nahaja travnik z nogometnim igriščem. Ob strugi Selške Sore poteka regionalna cesta Škofja Loka – Petrovo Brdo. Od Dolenčevega jezua do premostitve v P36 poteka cesta po desnem bregu, od premostitve do P24 tik ob levem bregu struge, nato pa cesta obide stanovanjske objekte in se spet približa strugi pri Dermotovem jezua. Lokalna cesta, ki povezuje Železnike in Ovčjo vas, prečka Selško Soro v profilih P5 in P6 približno 50 m nad Dermotovim jezua. Drugih cest, razen dovoznih poti, na odseku ni.

2.3 Topografske in hidromorfološke značilnosti – obstoječe stanje

Opis obstoječega stanja je narejen na podlagi geodetskih podlog in terenskega ogleda v novembru 2005. Ogled je bil opravljen v času, ko zarast ni tako močna kot spomladi in poleti, tako da je bila struga vodotoka tudi lažje dostopna.

2.3.1 Od Dermotovega jezua do pritoka Prednja Smoleva

Na celotni dolžini približno 95 m dolgega odseka je desna brežina zavarovana z obrežnim zidom iz kamna in betona, poraslega z nizkim grmičevjem in visoko travo, leva brežina pa je položna, porasla z zeliščno zarastjo in z večjimi kamni. Ob levi brežini je viden tudi precejšnji nanos proda na celotnem odseku, ki še dodatno pripomore h kritičnim razmeram ob visokih vodah. V profilu P7 se v Selško Soro izliva reguliran pritok Spodnja Smoleva, ki ima izliv približno 1 m nad obstoječim dnom Selške Sore. Na mestu izliva je dno zaprodno. Struga se od tega profila dolvodno proti jezua postopoma širi in je skoraj po celi širini zaprodna do višine preliva dolvodnega jezua.



Slika 4: Selška Sora gorvodno od premestitve v P6

2.3.2 Od pritoka Prednja Smoleva do novega mosta v P36

V spodnjem delu 720 m dolgega odseka je do profila P13 desna brežina v nagibu 1:1 zavarovana s kamnom v betonu. Obrežno zavarovanje je poraslo z nizkim grmičevjem in visoko travo. Ta odsek je najbolj kritičen glede prevajanja visokih vod, saj ima struga zaradi visoke zajezitve Dermotovega jezua majhen padec. Zato je globina struge na levem bregu zmanjšana tako, da pri malo večjih pretokih preplavi levi breg med profiloma P7 in P12. Gorvodno poteka struga ob vznožju pobočja na desni strani do profila P28, kjer začne Selška Sora počasi poševno prehajati preko dna doline na levo stran na območju Dolenčevega jezua. Brežine, oblikovane v različnih nagibih, so na tem odseku v glavnem naravne, z izjemo desne brežine med P7 in P13, kjer je zgrajen že omenjeni obrežni zid. Stabilizirane so s kamnometom in zarastjo. Na obeh bregovih je prisotna bujna vegetacija.



Slika 5: Selška Sora gorvodno od P8

Desni breg je gorvodno od obrežnega zidu porasel z grmičevjem in drevesi, levi breg pa na celem odseku z gostim grmičevjem in delno drevjem, ki je bolj gосто nasajeno v profilih dolvodno od mosta. Prisotna je lokalna bočna erozija, predvsem na desnem bregu gorvodno

od obrežnega zidu do P27. V profilu P20 je na desnem bregu vidna usadna brežina kot posledica hudournika. Na levem bregu so stanovanjski objekti, lope in vrtovi locirani tik ob strugi, na desnem bregu pa sta ob pritoku Spodnja Smoleva postavljena hiša in garaža, ki je po pričevanju lastnika ob vsaki višji vodi poplavljena. Objekti se na desnem bregu nahajajo tudi od profila P33 gorvodno do premostitve v P36, po kateri je speljana regionalna cesta Škofja Loka – Petrovo Brdo.



Slika 6: Selška Sora dolvodno od P16



Slika 7: Selška Sora gorvodno od P17



Slika 8: Selška Sora dolvodno od P25



Slika 9: Selška Sora gorvodno od P28

2.3.3 Od premostitve v P36 do Dolenčevega jezua

Odsek gorvodno od premostitve do Dolenčevega jezua je bil pred kratkim urejen. Leta 2002 je bila opravljena sanacija oz. izveden nov levoobrežni zid gorvodno od novega mosta. Ureditev je bila potrebna, saj je bil ta odsek izredno problematičen. Ogroženo je bilo strnjeno stanovanjsko naselje na levem bregu. Že pred zadnjo ureditvijo je bil na odseku protipoplavni zid od premostitve do profila P38, ki pa ni bistveno pripomogel k izboljšanju poplavnih razmer. Višina zidu znaša po sanaciji okoli 3.5 m z naklonom 2:1.



Slika 10: Nov protipoplavni zid na levem bregu gorvodno od premostitve v P36

V okviru te ureditve je bil nadvišan tudi levi breg gorvodno od obrežnega zida, saj je bil pred ureditvijo praktično v višini stopnje. Kroni zidu in zemeljskega nasipa sta dimenzionirani na pretok Q_{50} z 0.5 m varnostne višine oz. na pretok Q_{100} brez varnostne višine. Med profiloma P38 in P39 je betonski iztočni objekt z vgrajeno nepovratno loputo, ki odvaja vodo levega pritoka Selške Sore skozi žabji poklop v Selško Soro. Desni breg, ob katerem poteka regionalna cesta, na tem odseku ni problematičen. Brežino tvorijo s travo obraščeni kamni, nad premostitvijo pa so prisotna tudi drevesa tik ob strugi. V okviru sanacije je bila izvedena tudi založitev erodirane nožice desnega brega s kamni debeline do 1 m v dolžini 90m med P41 in P43. Struga je bila na temu odseku regulirana tako, da znaša širina dna 12 m, brežine pa imajo nagib 1:2.



Slika 11: Selška Sora dolvodno od Dolenčevega jezua

Težave na tem odseku povzročata hudournik, ki priteče v Selško Soro v profilu P46. Na stanje v reki sicer nima večjega vpliva, zato pa prinese s seboj ogromne količine materiala, ki je v preteklosti že zasul pritličje hiše, postavljene praktično pod hudournikom. Na levem bregu so vidni tudi ostanki mlinščice, ki so jo pri izgradnji naselja zasuli.

2.4 Prečni objekti

Na odseku so štiri prečni objekti. Dermotov jeza, ki predstavlja začetni in Dolenčev jeza, ki predstavlja končni profil obravnavanega odseka ter dve premostitvi.

2.4.1 Dermotov jeza

Dermotov jeza je nekoč opravljal funkcijo zajetja za fužine na Racovniku, sedaj pa jezovna zgradba služi za odvzem energetske vode za MHE Niko. Pri nizki vodi povzročata približno 3.6 metrska zajetbo. Jeza je bil v preteklem obdobju že večkrat poškodovan in nato rekonstruiran. Višina preliva, ki je na desni strani 460.64, na levi pa 460.84, gorvodno ne omogoča normalnega odtoka visokih vod.



Slika 12: Dermotov jeza

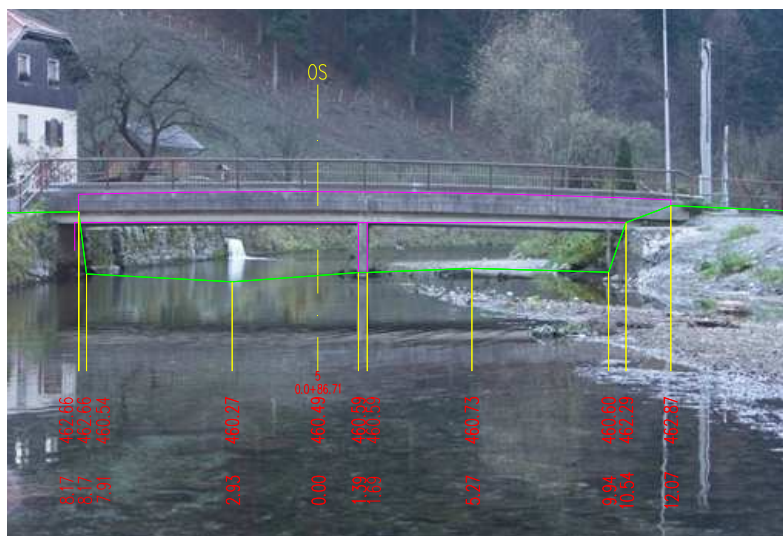


Slika 13: Dermotov jez – struga zaprodna do višine preliva jezua

V obstoječih razmerah prevaja korito le približno $60 \text{ m}^3/\text{s}$, medtem ko višji pretoki začnejo zalivati nizek desni breg in nato prelivati proti gosto poseljenemu delu Železnikov na levem bregu. Dolžina jezua z ribjo stezo znaša okoli 40 m in leži poševno pod kotom približno 50° glede na tok Selške Sore. Preliv je na vrhu zaokrožen, nato pa se nadaljuje z nagibom 1:1 v podslapje. Na desni strani je poleg 1.5 m široke ribje steze tudi odvzem vode s prodnim izpustom in dvema zapornicama na vtoku v mlinski kanal, ki odvaja vodo na MHE Niko. Mlinski kanal širine od 4 do 6 m je v zgornjem delu zaprodan do 0.5 m, kar zmanjšuje normalno pretočno sposobnost.

2.4.2 Spodnja premostitev v P5 oz P6

Premostitev na cesti v Ovčjo vas so leta 1986 zamenjali z leseno premostitvijo z nosilnimi traverzami. Zdajšnja premostitev je 20 m dolga in 5.5 m široka betonska konstrukcija s 30 cm široko podporno steno. Podporna stena je postavljena v matici toka visokih vod, kar bistveno bolj neugodno vpliva na pretočnost kot podpora pri starem mostu, ki je bila postavljena na $1/3$ dolžine razpetine na levi strani. Podporna stena je temeljena z dvema uvrstanama armiranobetonskima pilotoma premera 80 cm. Pilota segata 8 m pod dno struge, 1.5 m v trden apnenec. Prav tako tok ovira sorazmerno nizka prekladna konstrukcija. Najnižja točka prekladne konstrukcije je na koti 462.25. Premostitev povzroča tudi odlaganje hudourniških nanosov, to pa še dodatno poslabšuje odtok visokih vod.



Slika 14: Fotografija premostitve z geodetskim posnetkom prečnega prereza P5

2.4.3 Premostitev v P36

Premostitev na regionalni cesti Škofja Loka – Petrovo Brdo je bila zgrajena po poplavi leta 1990. Poševna, skoraj 50 m dolga in 10 m široka konstrukcija je dimenzionirana na pretok s 100-letno povratno dobo. Najnižja točka prekladne konstrukcije je na koti 469.00. Manjšo zaježbo povzroča le okrogel mostni opornik s premerom 1.2 m, ki je postavljen približno na sredini premostitve.



Slika 15: Premostitev z dolvodne strani



Slika 16: Premostitev z gorvodne strani in protipoplavni zid na levem bregu

2.4.4 Dolenčev jez

Dolenčev jez je bil rekonstruiran v letu 2005. V okviru rekonstrukcije je bil v povprečju za 1 m znižan preliv jezua, kar je izboljšalo varnost pred poplavami v zgornjem delu obravnavanega odseka. Znižanje preliva in poglobitev struge gorvodno od jezovne zgradbe sta povečali padec dna na 0.8%. V območju jezua poteka os reke v radiju 130 m, zaokrožitev jezovne zgradbe pa je 90 m. Novi jez je višinsko in oblikovno zgrajen tako, da usmerja prelivajoče visoke vode dolvodno v osrednji del korita. Prejšnji je usmerjal visoke vode proti stanovanjskim objektom na levem bregu. Jez je zgrajen kot hrapava drča zložena iz 1.2 do 1.4 m debelih kamnov, zalitih z betonom. Višinska razlika med prelivnim robom in zaključkom zgradbe jezua je 2.5 do 2.8 m. Prelivna stena je masiven betonski zid višine 2.5 m z zaobljeno krono širine 0.5 m.



Slika 17: Dolenčev jezik



Slika 18: Dolenčev jezik

3 UPORABLJENI PROGRAMI ZA PROJEKTIRANJE

Programska oprema, ki je bila v okviru izdelave diplome uporabljena pri projektiranju vodotoka, obsega programski paket Aquaterra 2005, Autodesk Map 3D ter HEC-RAS 3.1.3. Autodesk Map 3D je bil uporabljen za kartografska dela, predvsem pa kot osnova, ki jo izkorišča program Aquaterra za grafično ureditev projekta. Uporabljeno orodje za hidravlične izračune pa je bil program HEC-RAS 3.1.3, ki je bil uporabljen kot zunanja aplikacija programa Aquaterra.

3.1 Autodesk Map 3D

Autodesk Map 3D je pripomoček, namenjen predvsem inženirjem, prostorskim planerjem in urbanistom za izdelavo, vzdrževanje in analiziranje kartografskih informacij v okolju CAD. Uporaben je za delo s prostorskimi podatki v 2D in 3D okolju, za izdelavo ali uporabo digitalnih kart ali načrtov, za izvajanje prostorskih analiz in kot kakovostno orodje za prikaz in modeliranje 3D površin. Autodesk Map 3D poleg ostalih programskih paketov CAD (AutoCAD, CIVIL 3D, Map Guide,...) predstavlja platformo, ki je osnova za razvoj rešitev za specialne inženirske probleme, kot je na primer program Aquaterra.

3.2 Aquaterra

3.2.1 Splošno

Aquaterra je programski paket, namenjen načrtovanju regulacij in ureditev vodotokov. Pripada programom družine CGS GeoEngineering, ki delujejo v okolju AutoCAD ali Autodesk Map. Z njim si lahko pomagamo pri risanju načrtov, pri tehnični dokumentaciji in hidravličnih izračunih. Program je modularen, sestavljen iz modulov: Situacija, Osi, Vzdolžni profili, Prečni profili in Vmesnik za HEC-RAS (CGS, 2005).

3.2.2 Modul Situacija

Modul Situacija je namenjen izdelavi geodetskih načrtov ali podlog za kasnejše projektiranje vodotokov ali drugih objektov nizke gradnje. Načrti, izdelani z modulom Situacija, so inteligentne risbe (točke z atributi, povezave z atributi,...), kjer lahko shranjujemo številne podatke. Modul omogoča kvaliteten grafičen izris in prikaz geodetskih podatkov. Omogočen je direktni prenos podatkov iz geodetskih elektronskih instrumentov.

Situacijske načrte lahko obdelujemo v 2D ali 3D načinu. Na voljo so orodja za pretvorbo 2D podatkov o točkah in povezavah v 3D risbo, ki je osnova za izračun digitalnega modela terena.

Vnos točk v risbo se lahko izvaja na različne načine. Najpogostejši so paketni vnosi točk iz tekstovne datoteke ali interaktivno podajanje točk. Program pri tem preverja dvojne oznake točk in na to uporabnika takoj opozarja.

Program omogoča tudi izračun volumnov po metodi prizem. To je določanje volumnov na osnovi trikotne mreže digitalnega modela terena, kjer lahko računamo volumne posameznih prizem pod trikotniki med dvema modeloma terena hkrati, npr. med obstoječim in projektiranim stanjem.

3.2.3 Modul Osi

Modul Osi je namenjen tlorisnemu določanju poteka poljubnega števila osi vodotoka. Osnovo za projektiranje običajno predstavlja geodetski posnetek, izdelan z modulom Situacija. Lahko pa uporabimo tudi skenograme obstoječih načrtov, letalske in satelitske posnetke,...

Geometrijo osi lahko podamo na tri načine. Pri prvem načinu elemente (preme in krožne loke) med sabo »lepimo« tako, da so prehodi med njimi gladki. Drugi način je izris s tangentskimi poligoni, kjer določimo tangentski poligon, program pa nato samodejno izračuna in izriše preme in loke. Tretja možnost pa je pretvorba AutoCAD entitete polyline v vzdolžno os.

V modulu Osi določimo tudi prečne osi oz. profile. Njihovo lego lahko pokažemo v risbi, program jih lahko določi sam na izbranem razmiku ali pa jih vnesemo iz datoteke.

Geometrijo vzdolžnega in prečnih profilov terena lahko v modulu Osi določimo na dva načina. Prvi je s pomočjo digitalnega modela terena, kjer projektirano os projiciramo na trikotniško mrežo modela terena in s projicirane osi odčitamo višinske koordinate osi. Drugi način pa je izračun vzdolžnih in prečnih profilov terena s pomočjo posnetih geodetskih točk v profilih. Pri tem lahko izvedemo 2D ali 3D interpolacijo točk na posamezno prečno os in tako eliminiramo drobne napake pri snemanju točk.

3.2.4 Modul Vzdolžni profili

Modul Vzdolžni profili služi za izris vzdolžnega profila vodotoka, ki vsebuje kote dna struge, levega in desnega brega, projektirane nivelete in gladin pri različnih pretokih ter druge geometrijske in hidravlične količine. Prikaz vzdolžnega profila je sestavljen iz grafičnega in tabelarnega dela. Vzdolžni profil se riše v popačenem merilu, kar pomeni, da lahko določimo merilo posebej v vodoravni in navpični smeri.

Teren, levi in desni breg vnašamo iz datotek, pripravljenih v modulih Situacija ali Prečni profili. Ob izrisu črt se višine kot v profilih samodejno vnašajo tudi v tabelo. Niveleto lahko vnašamo interaktivno, s pretvorbo iz polyline-a ali z branjem ustrezne datoteke. Po izrisu lahko niveleto, vzdolžne padce in stopnje tabeliramo. V vzdolžni profil lahko vnesemo prečne objekte na izbrani stacionaži ali pa v nizu na podani medsebojni razdalji.

V vzdolžni profil lahko vnesemo eno ali več gladin s pripadajočo oznako (npr. Q100), ki se izrišejo na grafu in tabelirajo v tabeli. Gladino vnesemo iz datoteke, ki je rezultat hidravličnega računa s programom HEC-RAS, ali pa njen potek sami vrišemo v risbo.

3.2.5 Modul Prečni profili

Modul prečni profili je namenjen risanju in opremljanju prečnih profilov, načrtovanju novih pretočnih profilov, določanju koeficientov, planimetriranju,...

Na obstoječ teren, ki ga vnesemo iz datoteke, narejene v modulu Osi, lahko vnašamo že pripravljene elemente normalnega prečnega profila.

Dodatna podpora hidravličnemu izračunu je možnost določanja Manningovih koeficientov po delih profila (levo poplavno območje, struga, desno poplavno območje) ali pa po elementih normalnega prečnega profila.

Modul nam omogoča izračun površin izkopov, nasipov, betona ali dolžine zatratitve, humusiranja,... Izračun volumnov pa lahko opravi po različnih metodah: standardno z upoštevanjem površin in razdalj med profili, z metodo Elling, kjer upošteva težišče površin in spremembe smernih kotov med profili ali z nemško metodo REB 21.003, kjer se za ukrivljenost osi upoštevajo predpisani faktorji.

V modulu je na voljo še več drugih ukazov kot npr. kotiranje nagibov, dolžin in višin, določitev črt vzdolž osi, priprava podatkov za kotirano projekcijo v situaciji,...

3.2.6 Vmesnik za HEC-RAS

Vmesnik HEC-RAS je namenjen komunikaciji s programom HEC-RAS, ki je zelo razširjen programski paket za hidravlični račun naravnih vodotokov. Vmesnik na podlagi stacionaž, geometrije prečnih prerezov, podatkov o bregovih struge in Manningovih koeficientov pripravi geometrijsko vhodno datoteko za omenjeni program. To datoteko v programu HEC-RAS preberemo ter določimo ostale podatke, potrebne za hidravlični izračun (podatki o pretokih, robni pogoji in začetni pogoji). Nato poženemo izračun in shranimo preglednico z rezultati. Želene količine (npr. kote vodne gladine) pretvorimo v format programa Aquaterra in jih prikažemo v vzdolžnem in prečnih profilih ter situaciji.

3.3 HEC RAS 3.1.3

Za izdelavo hidravličnega računskega modela je bil uporabljen brezplačni računalniški program HEC-RAS 3.1.3 (Hydrological Engineering Center's River Analysis System), izdelan pri U.S. Army Corps of Engineering Center. Program omogoča račun enodimenzionalnega

stalnega in nestalnega neenakomernega toka, kar pomeni, da se v izračunu upoštevajo samo komponente hitrosti vzdolž osi vodotoka. Pri računu uporablja program enodimenzijsko rešitev energijske enačbe. Pri tem so izgube ocenjene z Manningovo enačbo, koeficientom razširitve oz. zožitve in geometrijskimi karakteristikami vodotoka. V primerih nenadne spremembe vodnega toka (mostovi, prepusti, prehod toka v deroči režim, sotočja,...) pa program uporabi momentno enačbo.

Za hidravlični izračun moramo programu podati poleg geometrijskih karakteristik vodotoka še robne pogoje ter podatke o hidrotehničnih objektih (mostovi, prepusti, kanali, jezovi,...). Potrebni robni pogoji so odvisni od režima vodnega toka. Za mirni režim toka moramo podati spodnji robni pogoj, za deroči tok zgornjega ter za mešani režim oba robna pogoja.

4 HIDRAVLIČNI RAČUNSKI MODEL OBRAVNAVANEGA ODSEKA – STALNI TOK

4.1 Geometrija računskega modela

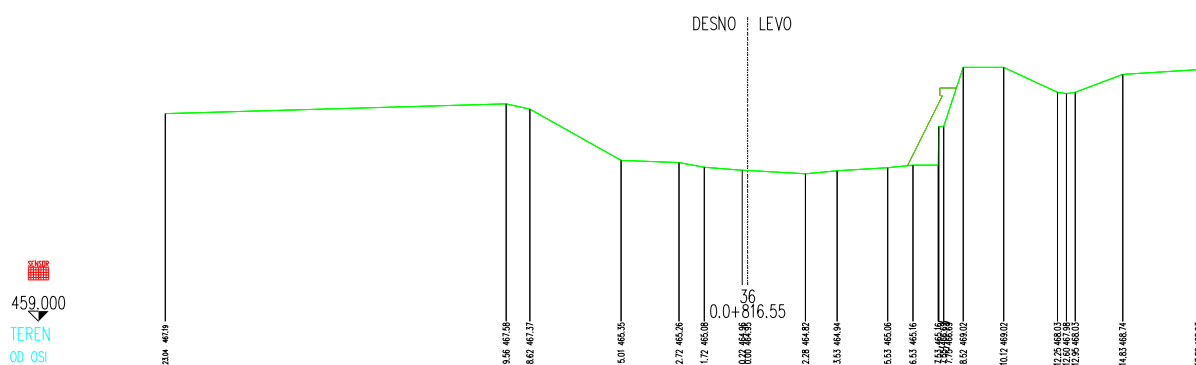
Za izdelavo čimbolj točne geometrije računskega modela sem uporabil podatke iz več virov, ki sem jih pridobil na Inštitutu za vode Republike Slovenije (IzVRS). Na geodetski posnetek obravnavanega odseka iz leta 2000 sem s pomočjo programa Aquaterra vnesel dodatne karakteristične točke konfiguracije korita, vključno s terenom ob strugi. Te točke so bile zapisane v datoteki *.pro. To je datoteka, ki jo ustvari geodetski elektronski instrument in vsebuje oznako točke, njeni x in y koordinati ter pripadajočo višino. Ker pa Aquaterra ne podpira vnosa točk v taki obliki, sem datoteko s pomočjo programa Microsoft Excel preoblikoval v datoteko *.xyz, ki jo uporablja Aquaterra za vnos točk v situacijo. Geodetski posnetek z dodatnimi karakterističnimi točkami sem v profilih od P36 gorvodno do Dolenčevega jezua spremenil, saj sta bila leta 2004 in 2005 opravljena rekonstrukcija Dolenčevega jezua (spremenjeni profili od P44 do P53) in sanacija levoobrežnega zida (spremenjeni profili od P36-P43).

Dodatne informacije za določitev geometrije računskega modela sem pridobil tudi z rastrskimi slikami v TIFF obliki (Target Image File Format). Uporabil sem tri sloje rastrskih slik in sicer podatkovni sloj, ki prikazuje vode, sloj, ki prikazuje plastnice in sloj z infrastrukturnimi objekti ter drugimi oznakami. Rastrske slike je bilo potrebno postaviti v koordinatni sistem Slovenije (kartezični ravninski Gauss-Kruger-jev sistem).

Najprej je bilo potrebno v situacijo vrisati os vodotoka. Z risanjem prem in radijev sem včrtal os v sredino korita srednjih vod. V modulu Osi sem izbrano os izbral kot trenutno os in ji določil začetno stacionažo 0 m v profilu P1 in določil naraščajočo smer stacionaže. Po določitvi osi vodotoka sem določil lege prečnih profilov v tistih profilih, kjer so bili tudi izmerjeni. Na 1170 m dolgi vzdolžni osi sem določil 53 prečnih profilov na razdaljah od 20-25 m.

Program na osnovi situacijskih in poligonskih točk zapiše prečne profile v datoteko tipa *.PRE, kjer so zapisane stacionaže profilov in točke, ki tvorijo prečni prerez v profilih. Zapiše tudi datoteko tipa *.VZD, kjer so za vsak profil podane točke terena v osi in najnižje točke v profilih (thalweg). Za prenos geometrije v program HEC-RAS je bilo potrebno ustvariti tudi datoteko tipa *.IPP. Program v to datoteko zapiše za vsak profil njegovo stacionažo in koordinati x,y v osi prečnega profila ter smerni kot prečnega profila.

Z modulom Prečni profili sem izrisal prečne profile. Najprej sem ustvaril tabele za profile, v katerih so zapisane kote terena v posameznih točkah. V tabele sem vnesel prečne profile iz datoteke *.PRE. V posameznih prečnih profilih sem določil točke levega in desnega brega ter jih zapisal v datoteko *.PL. V modulu bi lahko določil tudi Manningove koeficiente v profilih, vendar sem jih zaradi lažjega spreminjanja pri umerjanju modela določil raje v programu HEC-RAS.



Slika 19: Primer prečnega profila, izrisanega v programu Aquaterra – P36

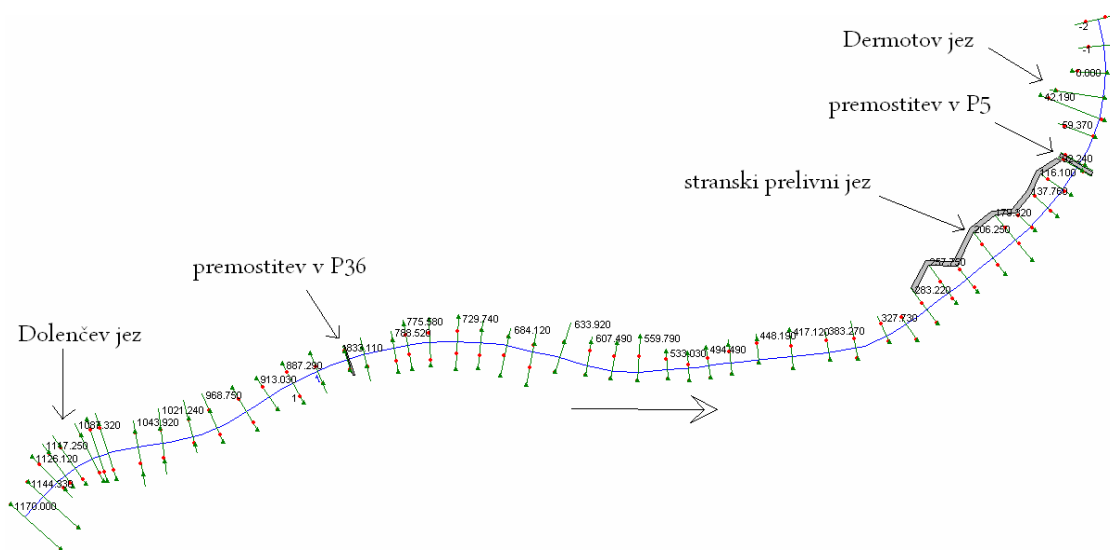
V modulu Vzdolžni profili sem naredil vzdolžni profil obravnavanega odseka. Najprej sem ustvaril tabelo in določil, katere rubrike naj tabela vsebuje (kota terena, kote levega in desnega brega,...). V tabelo sem nato vrisal potek dna iz datoteke *.VZD ter potek levega in desnega brega iz datoteke *.PL.

Ko sem imel pripravljene podatke o hidravličnem modelu, sem s pomočjo ukaza Izvoz podatkov v modulu Vmesnik za HEC-RAS na podlagi vhodnih podatkov oz. datotek *.PRE, *.IPP in *.PL pripravil geometrijske podatke za program HEC-RAS. Dobljeno geometrijsko datoteko sem nato uvozil v geometrijski urejevalnik programa HEC-RAS.

V geometrijski urejevalnik sem vnesel obe premostitvi. Vnesel sem podatke o oddaljenosti premostitve od gorvodnega profila, širino premostitvenega objekta, podatke o geometriji premostitve za gorvodno in dolvodno stran, vključno z mostnimi oporniki, ter koeficient prelivanja. V območjih premostitev sem zaradi hitrih zožitev in razširitev določil tudi neaktivna območja. Zožitve in razširitve v profilih po celotnem obravnavanem odseku sem upošteval v hidravličnih izgubah s koeficientom zožitve (0.1) in koeficientom razširitve (0.3).

Poplavni tok v spodnjem odseku obravnavanega območja pri Dermotovem jezusu vpliva na zmanjšanje dolvodnih vodnih količin. V hidravličnem modelu sem upošteval zmanjšanje pretoka zaradi poplavnih tokov tako, da sem med premostitvijo in profilom P13 skonstruiral bočni prelivni jez (Lateral weir). Približne višinske kote samo v izračunih upoštevanega bočnega preliva sem določil na podlagi geodetskih točk iz situacije in iz topografskega načrta. Dolžina odseka, čez katerega se iz struge razbremenjuje poplavni tok, znaša približno 140 m. Tako sem lahko približno določil delež poplavnega toka skozi urbaniziran predel. Voda, ki odteka preko levega brega mimo struge, se priključi strugi v prerezih dolvodno od P1 in povzroča zajezbo tudi v P1 in P2.

Obliko obeh jezov sem določil s prečnimi prerezi. V predelu jezovnih zgradb so bili profili posneti na krajših razdaljah, tako da geometrija računskega modela dokaj natančno posnema realno stanje.



Slika 20: Situacija obravnavanega območja v geometrijskem urejevalniku

4.2 Karakteristični pretoki in robni pogoji

Hidravlični izračun sem opravil za naslednje karakteristične pretoke:

- izmerjene ob visokih vodah 8.9.1995
- 100 letne vode
- 50 letne vode
- 20 letne vode
- 10 letne vode
- 5 letne vode

Preglednica 2: Karakteristični pretoki Selške Sore na obravnavanem odseku

	Nad pritokom Prednje Smoleve (m ³ /s)	Pod pritokom Prednje Smoleve (m ³ /s)
Q ₁₀₀	214	224
Q ₅₀	179	188
Q ₂₀	136	143
Q ₁₀	108	114
Q ₅	83	87
Q _{8.9.1995}	148	156

Tok Selške Sore je ob visokih vodah na meji med deročim in mirnim. Zato sem hidravlični račun izvedel za kombinirani tok, za katerega je potrebno podati zgornji in spodnji robni pogoj. Za spodnji robni pogoj sem predpostavil normalno pretočno gladino, torej sem podal padec dna struge dolvodno od spodnjega profila, ki znaša 0.7% ($I=0.007$). Dolvodno od obravnavanega odseka sem v HEC-RAS-u dodal še dva dodatna profila in s tem zmanjšal vpliv spodnjega robnega pogoja na hidravlične izračune na obravnavanem območju. Za zgornji robni pogoj sem vstavil kritično globino.

4.3 Umerjanje hidravličnega računskega modela

Za umeritev hidravličnega računskega modela oz. za določitev Manningovih koeficientov (n_g) sem uporabil literaturo (Hicks, Mason 1998) in znane gladine v nekaterih profilih. S pomočjo literature sem na podlagi terenskega ogleda določil za strugo vrednosti n_g med 0.03 in 0.038, za poplavna območja pa 0.1. Znale gladine, ki sem jih pridobil na IzVRS, so bile določene na podlagi sledi in fotografij, ki so bile posnete tik za prehodom konice visokovodnega vala 8.9.1995. Določili so sedem znanih gladin na obravnavanem odseku. Pri umerjanju sem jih upošteval le deloma, saj bi moral za natančno ujemanje z merjenimi gladinami podati nerealne koeficiente hrapavosti, ki niso odraz hrapavosti struge. Pri popolnem ujemanju bi se koeficienti hrapavosti preveč skokoma spreminjali iz profila v profil. Kote izmerjenih točk pa je tudi zelo težko natančno določiti, saj so bile merjene v času visoke vode, ko je bil tok deroč, gladine pa v tem primeru tudi po prečnem prerezu močno nihajo (valovanje,...). Prav tako nisem upošteval zgornjih treh izmerjenih točk, saj so bile izmerjene pred rekonstrukcijo Dolenčevega jezua in spremembo geometrije od profila P36 do jezua.

4.4 Rezultati

Hidravlični izračun je potrdil, da je obravnavani odsek poplavno ogrožen. Pri pretoku s 100-letno povratno dobo je ogrožen skoraj celoten odsek, razen zgornji del od prereza P40 do Dolenčevega jezua, ki je bil urejen leta 2005. Izračun gladin pri visokih vodah na odseku od Dermotovega jezua do približno prereza P16 ne odraža nujno realnega stanja, saj je težko natančno upoštevati del prelitega poplavnega toka preko levega brega nad premostitvijo.

Najbolj kritičen je odsek gorvodno od spodnje premostitve do prereza P11, kjer visoke vode s povratno dobo daljšo od 5 let, prelivajo levi breg in odtekajo skozi urbane površine. Pri pretokih s 5-letno povratno dobo so na spodnjem odseku ogrožene tudi stanovanjske površine v območju pritoka Prednja Smoleva na desnem bregu. Stanovanjski objekti so ogroženi še na levem bregu v območju prevezov P16 do P19, kjer reka prestopi levi breg pri pretokih s povratno dobo daljšo od 20 let. Pri takšnih pretokih reka preplavi levi breg tudi na območju v prevezih P23 in P24, pri pretokih s povratno dobo daljšo od 50 let pa še v območju dolvodno in gorvodno od nogometnega igrišča v prevezih P24 do P27 oz. P30 do P32. Kritičen odsek je

tudi dolvodno od zgornje premostitve med prerezi P31 in P37, kjer so stanovanjski objekti ogroženi pri pretokih s povratno dobo daljšo od 50 let. Gladine pretokov s 100-letno povratno dobo so višje tudi od rekonstruiranega protipoplavnega zida med prerezi P37 do P39, saj je bil odsek gorvodno od mosta urejen na visoke vode s 50-letno povratno dobo.

Spodnja premostitev po izračunih z upoštevanjem bočnega preliava nad premostitvijo prevaja pretoke z 10-letno povratno dobo, ko del reke že prelije levi breg. Zgornja premostitev prevaja pretoke s 100-letno povratno dobo. Pri tem pretoku znaša zaježba v prerezu nad premostitvijo 40 cm. Zaježbo v pretežni meri povzroča okrogel mostni opornik, delno pa tudi desnoobrežna podporna stena mosta, ki odreže desni trikotni del pretočnega prereza.

Rezultati hidravličnih računov so prikazani v preglednici 3 ter v prilogah in sicer potek gladin v vzdolžnem prerezu (priloga C), višinske kote gladin v prečnih prerezih (priloge E1, E2 in E3) in v situacijo vrisano poplavno območje za pretoke s 100-letno povratno dobo (priloga A). Na posameznih območjih ni mogoče določiti črte obsega poplav, ker ni na razpolago detajlnih geodetskih podlog izven območja struge reke Sore. Zato so v situaciji označene samo smeri preliavanja in širjenja poplav.

Preglednica 3: Rezultati izračuna stalnega toka za Q100

Profil	Stacionaža (m)	Pretok (m ³ /s)	Gladina (m)	Kritična gladina (m)	Energ. črta (m)	Hitrost (m/s)	Površina (m ²)	Froudovo št.
P1	0	132.04	460.58		460.7	1.5	97	0.27
P2	22.61	132.04	460.68		460.71	0.85	162.85	0.15
P3	42.19	132.04	461.15	461.39	461.97	4.06	35.6	1.65
P4	59.37	132.04	461.67	461.92	462.68	4.45	29.68	1.38
P5	86.71	132.04	462.29	462.29	463.15	4.11	32.14	1
89.475 Most v Ovčjo vas								
P6	92.24	132.04	462.94	462.31	463.36	2.88	47.85	0.62
P7	116.1	145.97	462.95		463.48	3.32	55.23	0.71
P8	137.76	167.89	462.5	462.79	463.83	5.11	33.73	1.26
P9	160.69	183.43	463.07	463.07	464.08	4.51	47.28	0.96
P10	179.32	189.75	463.4		464.2	4.01	53.15	0.82
P11	206.25	202.29	463.92		464.47	3.3	61.42	0.65
P12	236.26	214	464.16		464.76	3.47	69.46	0.65
P13	257.75	214	464.1		464.89	3.97	59.94	0.76
P14	283.22	214	464.48		465	3.24	75.23	0.61
P15	306.08	214	464.5		465.08	3.39	63.19	0.67
P16	327.73	214	464.35		465.28	4.28	51.5	0.83
P17	358.13	214	464.2	464.36	465.59	5.22	42.27	1.1
P18	383.27	214	464.8	464.58	465.81	4.47	50.8	0.87
P19	417.12	214	465.16		466	4.05	54.16	0.79
P20	448.19	214	464.64	464.94	466.21	5.56	38.47	1.21
P21	474.43	214	464.97	465.26	466.49	5.46	39.16	1.19
P22	494.49	214	464.96	465.45	466.87	6.13	34.93	1.36
P23	513.35	214	465.84	465.84	467.15	5.11	45.95	0.98
P24	533.03	214	466.61		467.29	3.68	61.31	0.65
P25	559.79	214	466.88		467.38	3.14	70.7	0.57
P26	584.3	214	466.9		467.46	3.3	67.97	0.6
P27	607.49	214	466.93		467.53	3.45	64.04	0.65
P28	633.92	214	467.15		467.62	3.04	70.34	0.6
P29	659.27	214	467.3		467.9	3.49	73.16	0.67
P30	684.12	214	467.41		468.19	4.01	66.76	0.74
P31	708.08	214	467.78		468.29	3.14	68.93	0.59
P32	729.74	214	467.77		468.37	3.49	71.96	0.65
P33	754.97	214	467.87	467.32	468.46	3.4	67.65	0.69
P34	775.58	214	467.67	467.67	468.75	4.65	52.78	0.94
P35	788.52	214	467.23	467.71	468.99	5.88	38.06	1.33
P36	816.55	214	467.85	468.09	469.36	5.46	39.99	1.15
825 Most na cesti Škofja Loka- Petrovo Brdo								
P37	833.11	214	469.02	468.18	469.73	3.75	57.57	0.66
P38	861.99	214	469.3		469.99	3.68	58.46	0.63
P39	887.29	214	469.7		470.08	2.74	82.59	0.5
P40	913.03	214	469.72		470.13	2.86	78.34	0.53
P41	937.61	214	469.75		470.18	2.91	76.29	0.55
P42	968.75	214	469.67		470.35	3.67	58.32	0.74
P43	992.43	214	469.83		470.47	3.53	61.21	0.68
P44	1021.24	214	470.18		470.62	2.97	74.52	0.56
P45	1043.92	214	470.46		470.77	2.45	87.55	0.45
P46	1072.04	214	470.72		470.87	1.76	121.56	0.32
P47	1080.89	214	470.7		470.9	1.98	108.32	0.37
P48	1087.32	214	470.7		470.91	2.02	105.91	0.38
P49	1105.25	214	470.68	469.47	470.97	2.4	89.04	0.47
P50	1117.25	214	469.37	470.14	471.99	7.17	29.84	2.07
P51	1126.12	214	470.58	471.15	472.45	6.05	35.37	1.58
P52	1144.33	214	472	472	472.93	4.25	50.34	1
P53	1170	214	472.55	472.06	473.15	3.43	62.48	0.72

5 HIDRAVLIČNI RAČUNSKI MODEL OBRAVNAVANEGA ODSEKA – NESTALNI TOK

5.1 Geometrija računkega modela

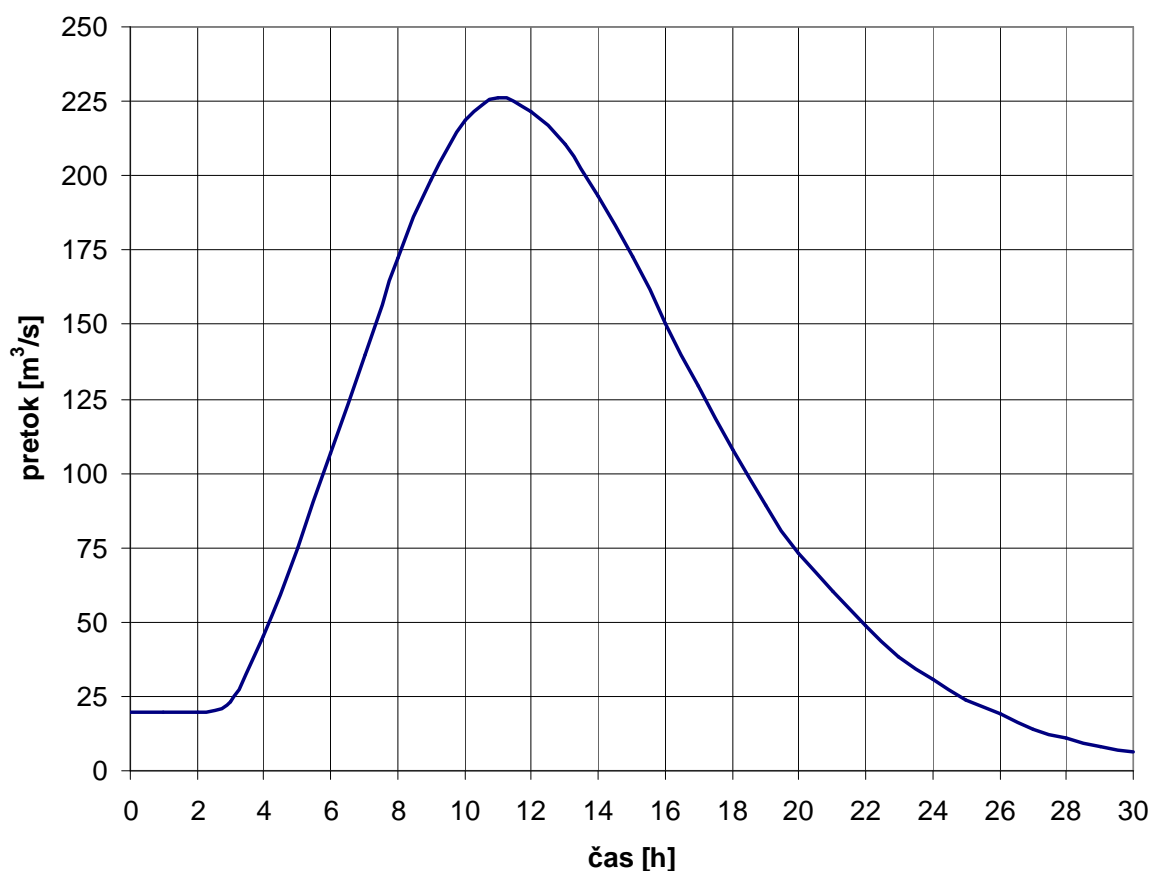
Za izračun nestalnega toka sem uporabil enake geometrijske podatke hidravličnega računkega modela kot pri računu stalnega toka. Prav tako sem pustil nespremenjene koeficiente hrapavosti in ostale parametre, potrebne za izračun.

5.2 Hidrološki podatki

Za obravnavani odsek ni bilo na razpolago merjenih podatkov hidrograma pretokov za visokovodno situacijo. Za izračun nestalnega toka sem uporabil hidrogram pretokov (slika 21) za teoretične visoke vode, ki sem ga pridobil v idejni zasnovi Zadrževalniki za visoke vode na povodju Selške Sore (VGI, 2000). Izračun pretokov teoretičnih visokih vod je bil opravljen na osnovi podatkov o vrednostih padavin, dobljenih s pomočjo podatkov iz ombrografa v Javorju, površine vodozbirnega zaledja, dolžine in padca vodotoka ter krivulje CN. Izračun hidrograma pretokov s konico pri pretoku $Q=226 \text{ m}^3/\text{s}$ je bil narejen s sintetičnim enotnim hidrogramom po metodi SCS. Hidrogram pretokov je bil izračunan v kontrolnem prerezu predvidenega zadrževalnika približno 1km gorvodno od Dolenčevega jezua.

5.3 Robni in začetni pogoji

Za izračun nestalnega toka je potrebno v HEC-RAS-u podati začetno razporeditev pretokov po odseku (začetni pogoj) in robne pogoje na spodnjem in zgornjem prerezu obravnavanega odseka. Za začetni pogoj sem podal enakomerni pretok $Q=20 \text{ m}^3/\text{s}$ po celotnem odseku, kar je tudi prvi podatek urnega hidrograma, uporabljenega v računu (slika 21). Urni hidrogram sem uporabil za določitev zgornjega robnega pogoja. Za spodnji robni pogoj pa sem podal normalno pretočno gladino (padec dna struge $I=0.007$).



Slika 21: Hidrogram pretokov v začetnem profilu

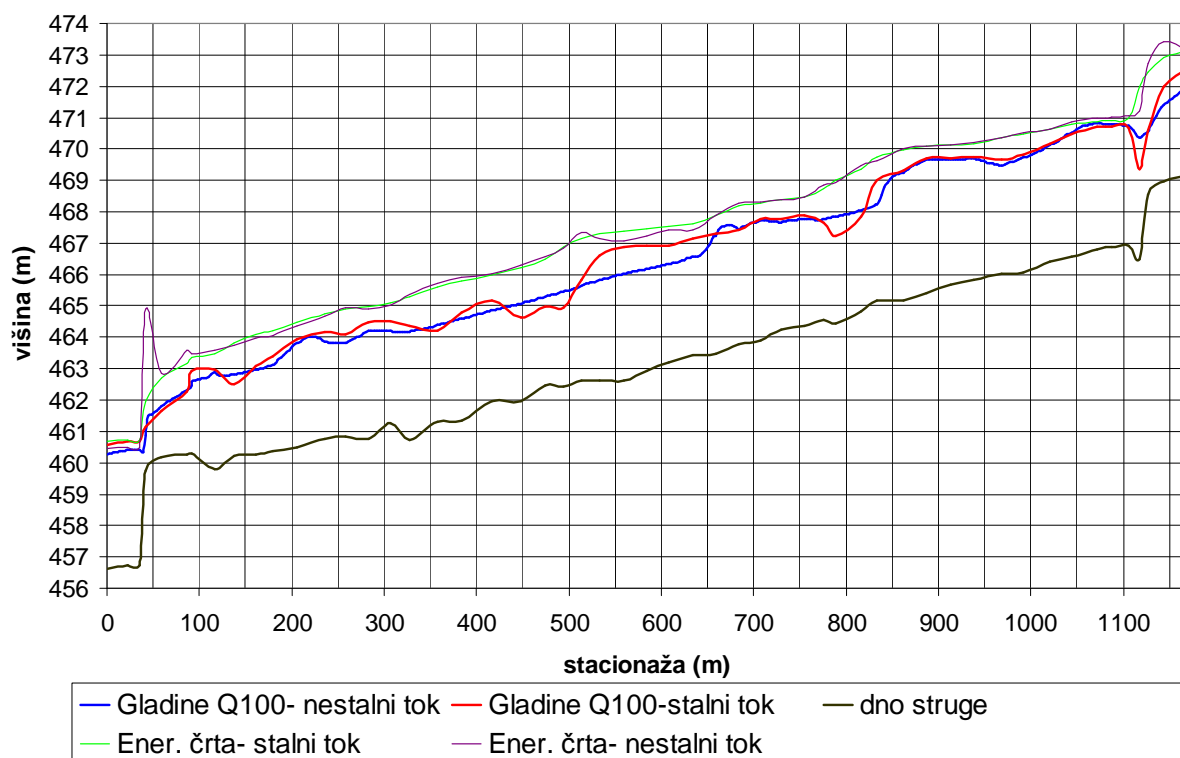
5.4 Rezultati

Pri računu z nestalnim tokom sem imel veliko težav, saj so bili računi nestabilni, rezultati pa nesmiselni. Po dolgotrajnem spreminjanju računskih nastavitev (natančnost izračuna, št. korakov in iteracij, toleranca, koeficienti stabilnosti...), časovnih korakov izračuna ter z interpoliranjem prerezov sem dobil smiselne rezultate (preglednica 4). Program je postal stabilen, ko sem interpoliral prereze na približno 5 m ter določil za časovni korak izračuna 1 minuto. Verjetno so bili problemi z izračunom nestalnega toka tudi zaradi prehodov toka iz mirnega v deroči režim (račun z mešanim režimom). Za uspešnost izračuna je bilo potrebno povečati tudi začetne minimalne vrednosti pretoka hidrograma na $20 \text{ m}^3/\text{s}$, saj je postal račun pri manjših vrednostih pretoka nestabilen.

Preglednica 4: Rezultati izračuna nestalnega toka pri največjem pretoku ($Q=226\text{m}^3/\text{s}$)

Profil	Stacionaža (m)	Pretok (m ³ /s)	Gladina (m)	Kritična gladina (m)	Energ. črta (m)	Hitrost (m/s)	Površina (m ²)	Froudovo št.
P1	0	159.53	460.26		460.47	2.03	84.17	0.38
P2	22.61	159.75	460.42		460.48	1.11	148.92	0.2
P3	42.19	161.33	460.87	461.51	464.91	9.02	18.75	4.93
P4	59.37	153.93	461.84	462.07	462.86	4.49	34.32	1.29
P5	86.71	161.52	462.31	462.56	463.57	4.98	32.43	1.21
	89.475	Most v Ovčjo vas						
P6	92.24	151.43	462.9	462.47	463.48	3.37	46.45	0.73
P7	116.1	151.69	463.09		463.58	3.22	59.9	0.67
P8	137.76	166.79	462.84	462.79	463.74	4.2	41.57	0.94
P9	160.69	175.05	462.98	463	463.98	4.49	45.05	0.97
P10	179.32	179.7	463.13		464.05	4.3	46.42	0.94
P11	206.25	195.55	463.8		464.37	3.34	58.52	0.67
P12	236.26	222.6	463.87		464.69	4.04	60.84	0.81
P13	257.75	225.78	463.83	463.78	464.93	4.67	52.68	0.94
P14	283.22	225.81	464.19		464.92	3.82	66.36	0.75
P15	306.08	225.82	464.2		465.03	4.05	55.82	0.85
P16	327.73	225.82	464.17	464.12	465.36	4.83	48.04	0.96
P17	358.13	225.83	464.39	464.44	465.71	5.1	45.79	1.03
P18	383.27	225.83	464.59	464.67	465.92	5.13	46.35	1.04
P19	417.12	225.84	464.85	464.85	466.04	4.84	47.49	1
P20	448.19	225.85	465.07	465.04	466.28	4.86	47.11	0.97
P21	474.43	225.85	465.28	465.35	466.56	5.01	45.04	1.04
P22	494.49	225.86	465.45	465.55	466.84	5.22	43.29	1.05
P23	513.35	225.86	465.64	465.94	467.34	5.82	42.12	1.15
P24	533.03	225.87	465.82	465.86	467.14	5.12	45.71	1.02
P25	559.79	225.88	466.02	465.94	467.09	4.58	49.76	0.95
P26	584.3	225.89	466.18	466.06	467.23	4.53	50.89	0.92
P27	607.49	225.9	466.33	466.28	467.41	4.61	49.63	0.96
P28	633.92	225.37	466.57		467.41	4.06	55.46	0.87
P29	659.27	216.82	467.22		467.88	3.65	70.5	0.7
P30	684.12	225.95	467.41		468.28	4.23	66.77	0.78
P31	708.08	225.97	467.71		468.3	3.41	67.02	0.64
P32	729.74	225.99	467.65		468.39	3.85	67.79	0.73
P33	754.97	226.03	467.76		468.48	3.76	63.18	0.78
P34	775.58	225.64	467.76	467.76	468.87	4.71	55.65	0.94
P35	788.52	225.7	467.85		468.92	4.62	55.81	0.92
P36	816.55	225.77	468.06	468.21	469.46	5.27	44.23	1.07
	825	Most na cesti Škofja Loka- Petrovo Brdo						
P37	833.11	225.8	468.24	468.31	469.61	5.18	43.59	1.04
P38	861.99	225.81	469.22		470.03	3.98	57.1	0.69
P39	887.29	225.82	469.65		470.08	2.94	80.76	0.54
P40	913.03	225.84	469.66		470.14	3.09	76.63	0.57
P41	937.61	225.85	469.69		470.19	3.14	74.24	0.59
P42	968.75	225.86	469.48		470.37	4.19	53.95	0.86
P43	992.43	225.87	469.73		470.5	3.87	58.75	0.76
P44	1021.24	225.87	470.13		470.64	3.19	73.08	0.61
P45	1043.92	225.93	470.52		470.85	2.54	89.29	0.46
P46	1072.04	225.93	470.82		470.99	1.8	126.42	0.32
P47	1080.89	225.93	470.79		471	2.02	111.87	0.38
P48	1087.32	225.93	470.79		471.01	2.07	109.43	0.39
P49	1105.25	225.93	470.73		471.05	2.49	90.86	0.48
P50	1117.25	225.93	470.37		471.21	4.06	55.68	0.91
P51	1126.12	225.99	470.56	471.23	472.71	6.49	34.81	1.7
P52	1144.33	225.99	471.4	472.07	473.41	6.27	36.03	1.49
P53	1170	226	471.94	472.14	473.16	4.9	46.16	1.15

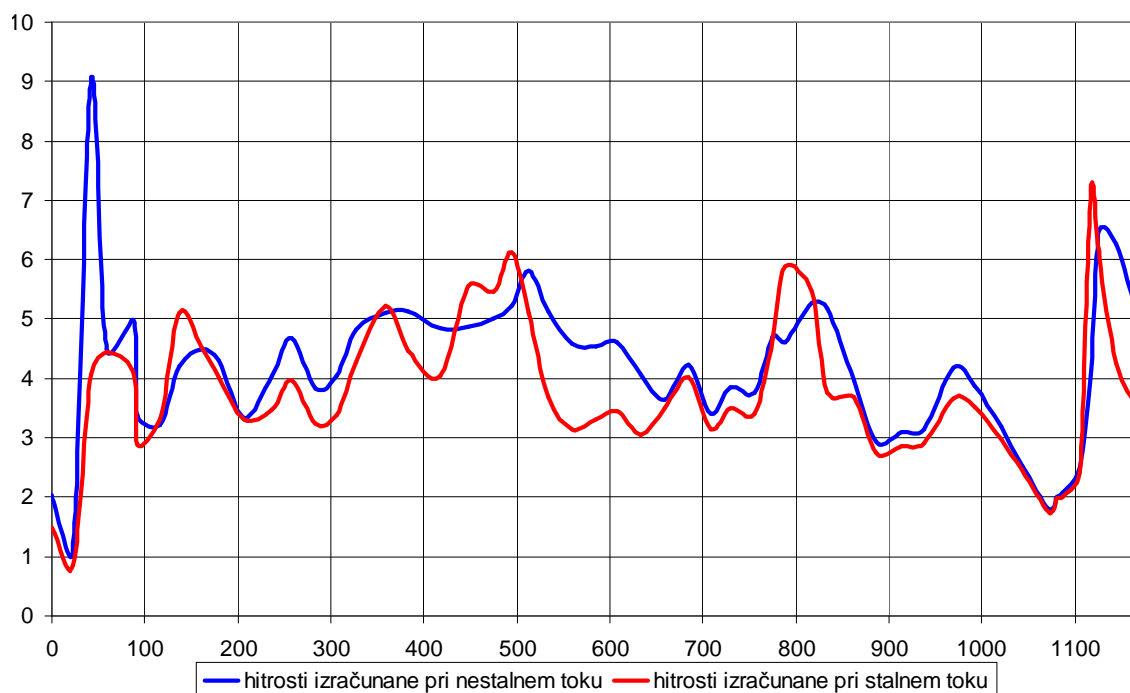
Primerjava gladin, izračunanih s stalnim in nestalnim tokom, je prikazana na sliki 22. Najvišje kote gladin se pri izračunu za nestalni tok relativno dobro ujemajo s tistimi, izračunanimi v računu s stalnim tokom, le na odseku od stacionaže 450 do 650 m je razlika v gladinah velika. Na odseku od stacionaže 450 do 500 m izračun z nestalnim tokom pokaže višje gladine in nižje hitrosti od izračuna s stalnim tokom, ravno obratno pa je na odseku od stacionaže 500 do 650 m. Iz primerjave gladin na sliki 22 je razvidno, da so gladine pri enakih pretokih izračunane s stalnim tokom višje od gladin izračunanih z nestalnim tokom. Zato sem pri ureditvah upošteval izračune s stalnim tokom, da bi bil na varni strani.



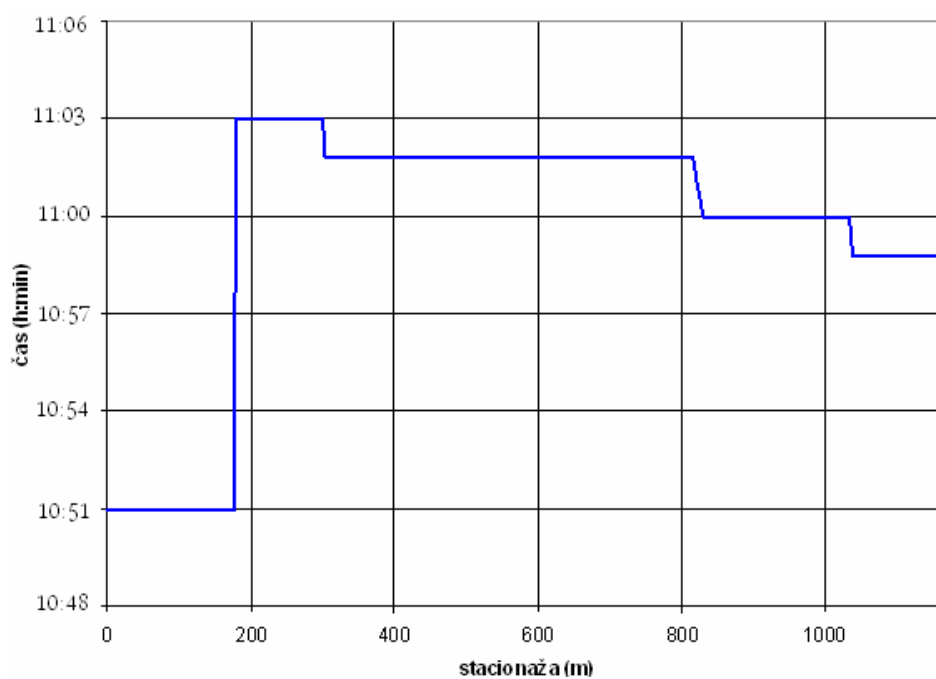
Slika 22: Primerjava gladin za Q100, izračunanih s stalnim in nestalnim tokom

Na sliki 23 je prikazana primerjava sprememb hitrosti po celotnem odseku za pretoke s 100-letno povratno dobo za stalni in nestalni tok.

Na sliki 24 pa je prikazan čas, ko se pojavi najvišji pretok na posamezni lokaciji. Iz grafa je razvidno, da potuje konica vala približno 5 minut od zgornjega prereza do prereza, v katerega sem vstavil bočni preliv.



Slika 23: Primerjava hitrosti za Q100, izračunanih s stalnim in nestalnim tokom



Slika 24: Prikaz časa nastopa največjega pretoka na posameznih lokacijah

6 PREDLOG UREDITVE OBRAVNAVANEGA ODSEKA

6.1 Splošno

Glavni cilj načrtovanih ureditev na obravnavanem odseku je izboljšanje poplavne varnosti naseljenega dela Železnikov oz. natančneje Gorenjega konca in Na plavžu. Ureditev temelji na več ukrepih. Glavni ukrepi so:

- rekonstrukcija Dermotovega jezua
- poglobitev struge gorvodno od rekonstruiranega Dermotovega jezua na dolžini 280 m (od P3 do P16) tako, da se vzpostavi enoten padec cca. 8‰ na celotnem odseku
- razširitev dna struge na 14 m
- nadvišanje bregov z obrežnimi nasipi in zidovi

Merodajna visoka voda za predlagane protipoplavne ukrepe je pretok s 100- letno povratno dobo z varnostno višino 0.5 m. Sorazmerno velika varnostna višina je pogojena z visokimi hitrostmi vode in ponekod deročim režimom toka, ki povzroča močno valovanje. Optimalno bi bilo, če bi varnostno višino določili s pomočjo energijskih črt, kar bi pomenilo še večjo varnostno višino. Pri povprečni hitrosti 4 m/s, bi taka varnostna višina znašala $v^2/2g=0.8$ m. Večja stopnja varnosti s tako veliko varnostno višino pa bi pomenila prevelik poseg v prostor in še višje stroške ukrepov.

6.2 Izdelava računskega modela s programom HEC-RAS- načrtovano stanje (stalni tok)

6.2.1 Splošno

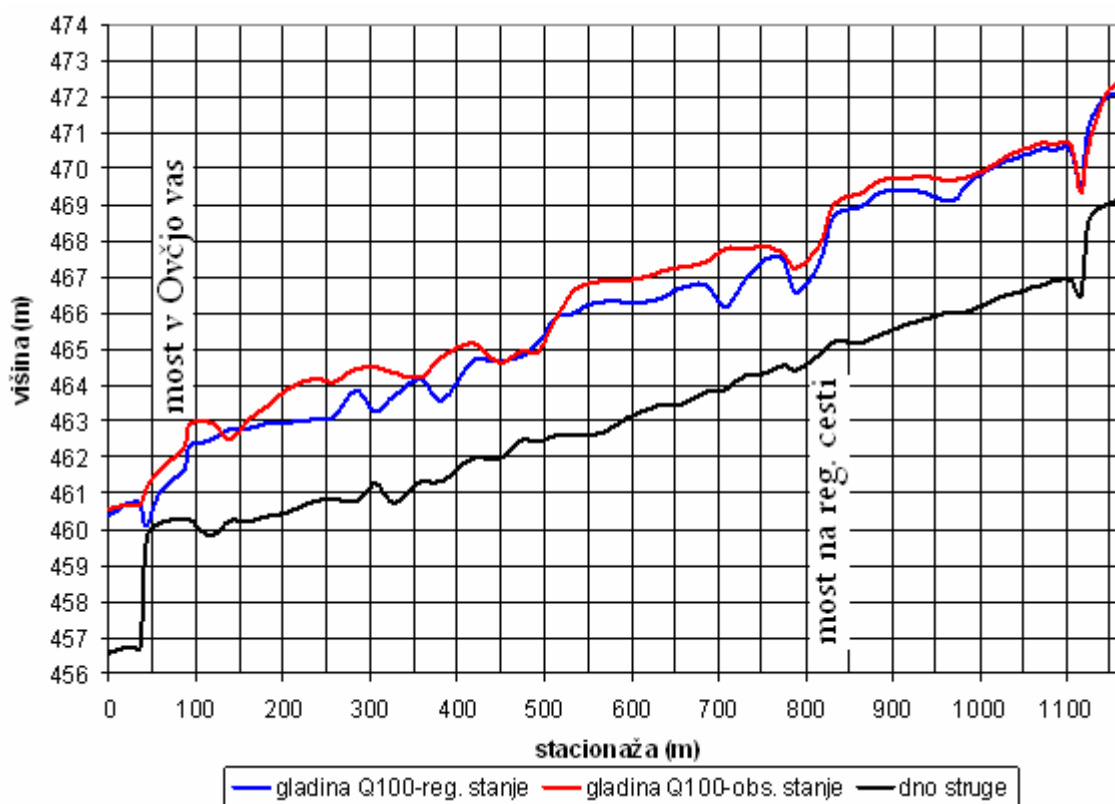
Za izračun novih gladin reguliranega stanja sem v program vnesel spremenjeno geometrijo. V programu Aquaterra sem spremenil prečne prereze Dermotovega jezua in upošteval novo nivoletno dna v prerezih od P3 do P16 ter razširitev dna struge na načrtovano širino.

Geometrijske podatke sem nato uvozil v programski paket HEC-RAS. Ostali podatki,

potrebni za izračun (robni pogoji, pretoki, hrapavosti,...), so ostali taki kot pri računu pri obstoječem stanju.

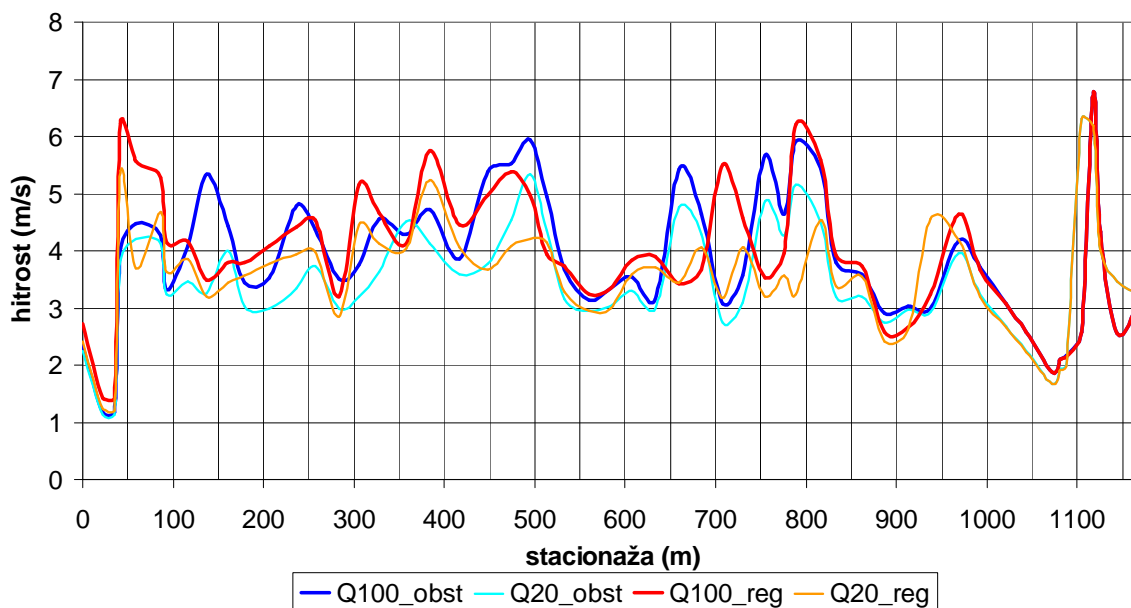
6.2.2 Rezultati

Izračunane gladine hidravličnega modela s spremenjeno, regulirano geometrijo so bistveno nižje kot gladine obstoječega stanja. Primerjava gladin s 100-letno povratno dobo je prikazana na sliki 25 ter detajlneje v prilogi C. Gladine reguliranega stanja za pretok Q_{100} so tako nižje celo v prerezih gorvodno od Dermotovega jezua, kjer sem v izračunih za obstoječe stanje dodal- upošteval bočno prelivanje preko levega brega, kar je posledično zmanjševalo visoko vodo Q_{100} na tem odseku. Iz prečnih prerezov v prilogah E1, E2 in E3 je razvidno, da so kljub precej nižjim gladinam reguliranega stanja potrebni poleg poglobitve dna še drugi ukrepi za zagotavljanje protipoplavne varnosti pri pretokih s 100-letno povratno dobo. Ti ukrepi so opisani v nadaljevanju. Izračun pokaže tudi, da spodnji most v Ovčjo vas prevaja pretok s 100-letno povratno dobo in ne povzroča take zajeze kot pri obstoječih razmerah.



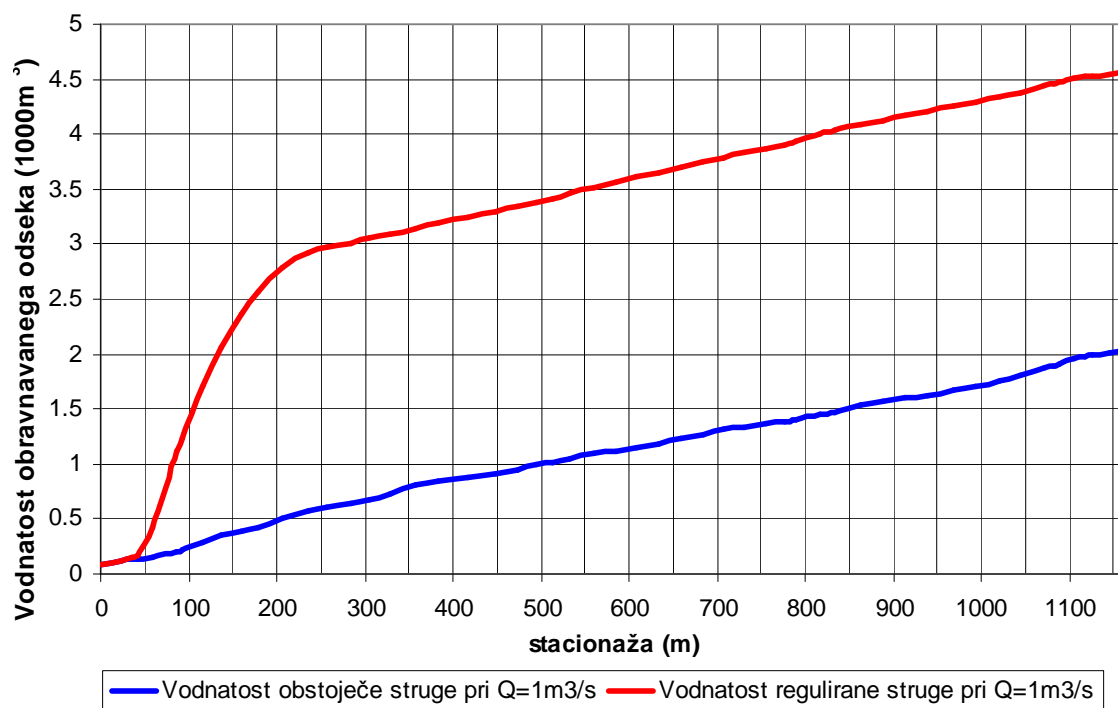
Slika 25: Primerjava gladin Q_{100} pri obstoječem in reguliranem stanju

Na sliki 26 je prikazan graf, ki prikazuje primerjavo hitrosti za obstoječe in regulirano stanje pri pretokih z 20 in 100- letno povratno dobo. Hitrosti se v povprečju zaradi predvidenih regulacij skoraj ne spremenijo. Povprečna hitrost reguliranega stanja (3.92 m/s) je zanemarljivo večja od obstoječe povprečne hitrosti (3.85 m/s) in zato predvidene regulacije ne poslabšujejo razmer dolvodno od obravnavanega odseka.



Slika 26: Primerjava hitrosti za obstoječe in regulirano stanje pri Q100 in Q20

Na sliki 27 je prikazana primerjava vodnatosti struge v obstoječem in reguliranem stanju pri pretoku $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (sušno obdobje). Vodnatost za regulirano stanje je izračunana za primer, ko je gibljiva zapora na Dermotovem jezua dvignjena. Zapora se spusti le ob višjih pretokih, da se zagotovijo nižje gladine visokih vod gorvodno. Dvignjena zapora ustvari zaježbo z vplivom od jezua gorvodno do prereza P13 na dolžini cca 210 m. Globina vode v zaježbi se zmanjšuje od 1.5 m pri jezua do normalne gladine v prerezu P13, ki znaša le 10 cm. Vodnatost regulirane struge v primerjavi z obstoječo je do prereza P13 zaradi zaježbe močno povečana, kar pomeni, da so izboljšane življenjske razmere za različne združbe vodnih rastlin in živali. V profilih gorvodno od P13 pa vodnatosti v obeh stanjih enako hitro naraščata, torej regulirano stanje ne poslabšuje razmer za združbe rastlin in živali.



Slika 27: Primerjava vodnatosti struge v obstoječem in reguliranem stanju

6.3 Ukrepi za izboljšanje poplavne varnosti na obravnavanem odseku

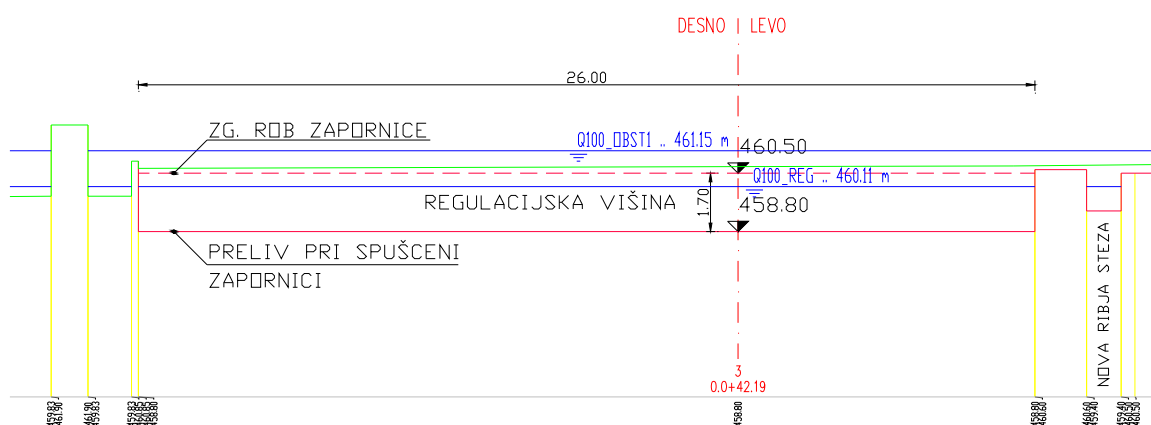
6.3.1 Rekonstrukcija Dermotovega jezua

Namen rekonstrukcije Dermotovega jezua je znižanje dela preliva dolžine 26 m z gibljivo zaporo z dvostranskim dvižnim mehanizmom. Spuščena zapora (slika 28) bo omogočala boljši odtok visokih voda preko jezovnega objekta, dvignjena pa omogočala normalni dotok določenega pretoka na MHE Niko ter ugodno vplivala na razmere gorvodno v primerih sušnih pretokov (povečana vodnatost). Ukrep znižanja dela preliva v povezavi z ukrepom znižanja dna struge do prereza P16 (načrtovana niveleta) pa bistveno izboljšujeta pretočne razmere gorvodno od jezovne zgradbe, kjer so v obstoječem stanju najbolj kritične razmere.

Predvidena višina zapore je 1.7 m, kar pri spuščeni legi omogoča oblikovanje padca dna gorvodno 8 ‰. S tem bi dosegli enakomerni normalni padec skozi celoten obravnavani odsek. Višinska kota pri načrtovani zaprti zaklopki je 460.50, znižani preliv pri spuščeni zaklopki pa je na koti 458.80. Znižani preliv pa bo omogočil tudi kontinuirani transport rinjenih plavin vzdolž struge Sore skozi Železnike, ki pri sedanjih razmerah povzroča velike težave v

območju premostitve v Ovčjo vas. Na odseku med Dermotovim jezum in območjem omenjenega mosta, se po vsaki visoki vodi odložijo velike količine hudourniških nanosov, ki jih je potrebno na sorazmerno težaven način odstranjevati iz struge.

V okviru rekonstrukcije jezua je potrebno izvesti tudi ribjo stezo za prehod rib gorvodno preko jezua. Prav tako je potrebno izvesti ustrezno podslapje. Stabilizacija podslapja je predvidena na dolžini 8.0 m s poravnanimi skalami debeline 1.0 m povezanimi od spodaj z betonom, ki so na dolvodni strani dodatno stabilizirane z zabitimi jeklenimi piloti dolžine 2.5 m na razdaljah po 0.8 m.



Slika 28: Prikaz zapore na Dermotovem jezua

Rekonstruiran jez pa bo pozitivno vplival na protipoplavne razmere le, če bo zagotovljeno ustrezno ravnanje in vzdrževanje objekta. Upravljalca bo moral ves čas skrbeti za pravilno obratovanje zapore. Pomembno bo pravočasno zniževanje preliva ob naraščanju pretokov.

6.3.2 Izravnava nivelete dna

Sprememba nivelete dna na odseku od P3 do P16 je eden od bistvenih ukrepov na spodnjem odseku gorvodno od Dermotovega jezua. Z rekonstrukcijo jezua se vzpostavi enoten padec dna 8 ‰ na celotnem odseku, saj znaša naravni padec dna gorvodno od P16 prav tako 8 ‰. Potek nivelete je prikazan v vzdolžnem prerezu v prilogi D ter v prečnih prerezih v prilogi E1.

V okviru ukrepov za stabilizacijo dna ni predvidenih talnih pragov preko celotne širine struge, saj v sedanjih razmerah na terenskem ogledu ni bila opazna tendenca poglobljanja- erodiranja dna. Talne pragove je možno urediti tudi naknadno, če bi se pokazala prekomerna talna erozija. Predvidena pa so lesena krilna stabilizacijska rebra za zaščito konkavnih bregov pred prekomernim erodiranjem. Detajl lesenega krilnega rebra je prikazan v prilogi F.

6.3.3 Pretočni prerezi

Razširitev dna struge je predvidena po skoraj celotnem odseku, razen na odseku od P41 gorvodno do Dolenčevega jezua, ki je že bil rekonstruiran in ustrezno prevaja visoke vode. Nagib brežin je 1:2, če to dopuščajo prostorske razmere, sicer se prilagodi. Ureditev brežin se prilagaja obstoječemu stanju v čim večji možni meri, saj je taka ureditev naravnejša in stroškovno ugodnejša. Pri tem ohranimo več zarasti, ki pripomore k stabilizaciji obstoječe brežine. Razširitve dna struge in na novo načrtovane brežine so prikazane v prilogah E1, E2 in E3.

6.3.4 Nasipi in zidovi

Rekonstruiran Dermotov jez, nova niveleta dna in razširjeni prečni prerezi ne zagotavljajo predvidene protipoplavne varnosti. Zato so potrebna lokalna nadvišanja levega in desnega brega. Nadvišanja so, kjer prostor to omogoča, izvedena kot nasipi. Kjer prostora ni (bližina objektov), so predvideni visokovodni in obrežni zidovi. Obrežni zidovi so podporni obrežni zidovi izvedeni do zahtevane kote. Visokovodni zidovi pa se izvedejo na brežini in nadomeščajo klasične zemeljske nasipe, kjer je prostor omejen. Nasipi s krono širine 3.0 m imajo nagib na vodni strani enak nagibu brežin, nagib proti terenu pa je 1:10, kar omogoča izkoriščanje površin nasipa (košnja,...). Površino nasipov se po izdelavi in komprimaciji nad načrtovano višino še humusirajo in zatravijo. Oblike nasipa, visokovodnih in obrežnih zidov so prikazane v karakterističnih prerezih (prilogi F in G).

Gorvodno od mosta v Ovčjo vas v prerezu P6 do P14 je na levem bregu predviden 190 m dolg nasip s krono širine 3.0 m. Nadaljevanje varovanja levega brega se zaradi bližine objektov nadaljuje s 160 m dolgim obrežnim zidom do prereza P19. Povprečna višina obrežnega zida

vkjučno s temeljenjem je 4.6 m, od tega sega nad teren obrežja približno en meter zidu. Objekti na levem bregu so varovani tudi gorvodno od prereza P22 z 46 m dolgim obrežnim zidom (povprečna višina s temeljenjem je 4.9 m), ki se nato priključi na 76 m dolg nasip s krono širine 3.0 m med prerezoma P24 in P27. Med prerezoma P27 in P33 je predviden 2 m visok visokovodni zid dolžine 153 m zaradi bližine regionalne ceste Škofja Loka-Petrovo Brdo. Visokovodni zid sega od 0.5 do največ 1.0 m nad koto terena. Med prerezoma P37 in P40 pa je potrebno nadvišanje obstoječega obrežnega in visokovodnega zida na levem bregu v dolžini 80 m.

Ukrep nadvišanja na desnem bregu je potreben le na dveh mestih. Med prerezoma P7 in P9 se izvede nadvišanje uvoza v garažo, stanovanjske objekte med prerezoma P33 in P36 pa se varuje z nadvišanjem dostopne ceste. Višinske kote vseh nadvišanj so razvidne iz prečnih prerezov v prilogah E1, E2 in E3 ter iz vzdolžnega prereza z vrisanimi ureditvami v prilogi D.

7 OKVIRNA OCENA STROŠKOV NEKATERIH GRADBENIH DEL

7.1 Splošno

V nadaljevanju je predstavljena okvirna ocena stroškov za izgradnjo nekaterih gradbenih posegov. V izračunih so upoštevana naslednja dela:

- izkopi zaradi poglobitve (nova niveleta dna) in razširitev struge
- izgradnja, humusiranje in zatravitev nasipov
- izgradnja obrežnih in visokovodnih zidov

V izračunih ni upoštevanih stroškov preddel (zakoličba trase, priprava gradbišča, poseki rastlinja, odškodnine,...) ter nekaterih zemeljskih (planiranje, humusiranje in zatravitev brežin,...) in zavarovalnih del (izdelava krilnih lesenih reber, zavarovanje brežin in nožic korita,...). Poleg tega ni upoštevana rekonstrukcija oz. izvedba regulacijske zapornice Dermotovega jezua, ki stroškovno predstavlja velik del investicije urejanja obravnavanega odseka.

7.2 Račun volumnov zemeljskih del

Za izboljšanje pretočnih sposobnosti struge (razširitve in nova niveleta struge) je potrebno izvesti izkope materiala v velikosti okoli 9060 m³. Izračunane količine izkopov in nasipov med prerezi so podani v preglednici 5. Največji izkopi so potrebni v prerezi gorvodno od Dermotovega jezua do prereza P13, to je na odseku, kjer je izvedena poglobitev dna (nova niveleta). Izkopani material bi se lahko delno vgradil v predvidene nasipe. S tem bi zmanjšali stroške materiala za nasipe in stroške odvoza izkopanega materiala na deponijo. Samo izkopani material iz struge (hudourniški nanosi) ni primeren za izgradnjo celotnih nasipov. Zato se poleg materiala iz izkopov, ki predstavlja polovico materiala, vgrajenega v nasipe, v nasipe vgradi še zaglinjen material na vodno stran nasipa. S tem se zagotovi vodotesnost nasipov.

Preglednica 5: Izračun volumnov izkopov in nasipov ter površin nasipov

Prerez	Razdalja med prerezi (m)	Izkop (m ²)	Nasip (m ²)	Širina nasipa (m)	Volumen izkopa (m ³)	Volumen nasipa (m ³)	Površina nasipov (m ²)
P1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P2	22.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	19.58	48.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P4	17.18	26.47	0.00	0.00	646.66	0.00	0.00
P5	27.34	21.90	0.00	0.00	661.22	0.00	0.00
P6	5.53	21.35	0.00	0.00	119.59	0.00	0.00
P7	23.86	20.03	7.84	11.36	493.66	93.53	135.52
P8	21.65	20.04	16.23	13.83	433.76	260.56	272.68
P9	22.93	18.26	7.77	10.92	439.11	275.16	283.76
P10	18.63	25.95	8.87	11.76	411.82	155.00	211.26
P11	26.92	13.81	7.15	10.55	535.17	215.63	300.29
P12	30.01	11.26	4.78	8.34	376.18	179.01	283.44
P13	21.49	11.76	4.71	8.64	247.35	101.97	182.45
P14	25.47	9.82	6.74	7.93	274.82	145.82	211.02
P15	22.86	8.69	0.00	0.00	211.57	77.04	90.64
P16	21.65	6.55	0.00	0.00	164.97	0.00	0.00
P17	30.41	7.71	0.00	0.00	216.82	0.00	0.00
P18	25.13	8.67	0.00	0.00	205.81	0.00	0.00
P19	33.85	3.38	0.00	0.00	203.95	0.00	0.00
P20	31.07	4.52	0.00	0.00	122.73	0.00	0.00
P21	26.24	4.80	0.00	0.00	122.28	0.00	0.00
P22	20.06	3.96	0.00	0.00	87.86	0.00	0.00
P23	18.86	5.90	0.00	0.00	92.98	0.00	0.00
P24	19.68	6.95	0.00	0.00	126.44	0.00	0.00
P25	26.76	9.93	6.75	10.44	225.85	90.32	139.69
P26	24.51	9.53	6.51	9.75	238.48	162.50	247.43
P27	23.19	7.40	0.00	0.00	196.30	75.48	113.05
P28	26.43	5.05	0.00	0.00	164.53	0.00	0.00
P29	25.34	10.00	0.00	0.00	190.68	0.00	0.00
P30	24.85	10.85	0.00	0.00	259.06	0.00	0.00
P31	23.96	8.51	0.00	0.00	231.93	0.00	0.00
P32	21.66	4.99	0.00	0.00	146.21	0.00	0.00
P33	25.23	6.82	0.00	0.00	148.98	0.00	0.00
P34	20.61	10.52	5.36	6.73	178.69	55.23	69.35
P35	12.95	10.53	8.32	7.79	136.30	88.58	94.02
P36	28.02	10.69	5.13	7.92	297.29	188.43	220.10
P37	16.56	2.50	0.00	0.00	109.21	42.48	65.58
P38	28.88	2.37	0.00	0.00	70.32	0.00	0.00
P39	25.3	6.10	0.00	0.00	107.15	0.00	0.00
P40	25.74	6.37	0.00	0.00	160.49	0.00	0.00
Skupen volumen izkopov in nasipov (m ³)					9057	2207	
Skupna površina nasipov (m ²)							2920

7.3 okvirna ocena stroškov

V preglednici 6 so opisana in ocenjena večja zemeljska in zavarovalna dela. V ceni tekočega metra obrežnega in visokovodnega zidu so všteti vsi stroški izdelave zidu: dodatni izkop, izdelava podložnega betona in opaža, polaganje armature, vgradnja betona v temelj in steno, vgradnja kamna na nožico temelja, založitev temelja zida s kamnom v betonu, zasip ter črpanje iz gradbene jame.

Preglednica 6: Izračun okvirnih stroškov večjih zemeljskih in zavarovalnih del

ZEMELJSKA DELA		ENOTA	KOLIČINA	CENA ZA ENOTO	VREDNOST
1.1	Strojni izkop iz struge (IV. Kat., deloma v vodi)				
	-z direktnim nakladanjem na kamion in odvozom na deponijo do 4 km daleč (9057-0.5*2207=7954 m ³)	m3	7,954.00	1,800.00	14,317,200.00
	-1x premet materiala za vgraditev v nasipe in komprimiranje (0.5*2207=1104 m ³)	m3	1,104.00	950.00	1,048,800.00
	-dobava in vgrajevanje zaglinjenega materiala na vodno stran nasipa	m3	1,104.00	2,100.00	2,318,400.00
1.2	Strojno planiranje brežin, humusiranje in intenzivna zatravitev	m2	2,920.00	1,000.00	2,920,000.00
	ZEMELJSKA DELA SKUPAJ				20,604,400.00
ZAVAROVALNA DELA					
2.1	Izdelava obrežnih zidov na levem bregu med P14 in P19 ter med P23 in P24 (159+46=205 m)	m	205.00	240,000.00	49,200,000.00
2.2	Izdelava visokovodnih zidov na levi brežini med P27 in P33 višine 2.0 m, dolžine 153 m	m	153.00	95,000.00	14,535,000.00
	ZAVAROVALNA DELA SKUPAJ				63,735,000.00
	SKUPAJ				84,339,400.00
	NEPREDVIDENA DELA 20%				16,867,880.00
	DDV 20%				20,241,456.00
	SKUPAJ (SIT)				121,448,736.00

8 ZAKLJUČKI

Selška Sora je del Sore, ki izvira v Sorici v Škofjeloškem hribovju. Zaradi njenega hudourniškega značaja in utesnjenosti reke v sorazmerno ozki Selški dolini, je poplavna ogroženost naseljenih območij ob reki velika. Najbolj poplavno ogrožen odsek na Selški Sori je prav obravnavani odsek od Dermotovega do Dolenčevega jezua v naselju Železniki. Poplavno varnost naselja, poleg neugodnih geografskih lastnosti, poslabšujejo tudi visoka jezovna zgradba Dermotov jez, številna erozijska žarišča na strugi, ki prinašajo velike količine hudourniških nanosov in gozdni nered v povirju. Poplave največ škode naredijo na delu gorvodno od Dermotovega jezua, kjer visoke vode s povratno dobo daljšo od 5 let prelivajo levi breg in odtekajo skozi urbane površine.

Za oceno poplavne ogroženosti in za potrebe načrtovanja regulacij je bilo potrebno izdelati hidravlični računski model. Za izdelavo hidravličnega modela sem uporabil programski paket Aquaterra, s katerim sem na podlagi geodetskih podlog naredil geometrijo za programski paket HEC-RAS 3.1.3. S programom HEC-RAS sem izvršil hidravlične račune enodimenzionalnega stalnega in nestalnega toka za obstoječe in regulirano stanje. Hidravlični izračun stalnega toka je bil izvršen za karakteristične pretoke s povratnimi dobami 100, 50, 20, 10 in 5 let ter za visokovodno situacijo z dne 8.9.1995. Za izračun nestalnega toka sem uporabil sintetični enotni hidrogram pretokov za teoretične visoke vode s konico pri pretoku $Q=226 \text{ m}^3/\text{s}$, kar ustreza pretoku s 100-letno povratno dobo. Primerjava izračunov s stalnim in nestalnim tokom je pokazala, da so gladine pri stalnem toku v povprečju višje kot pri nestalnem, zato sem za potrebe načrtovanja ureditev izbral gladine stalnega toka (dodatna varnost).

Izračuni hidravličnega računskega modela so potrdili slabo poplavno varnost obravnavanega odseka. Iz rezultatov je razvidno, da že pretoki s 5-letno povratno dobo prelivajo breg in povzročajo škodo na stanovanjskih objektih. Cilj naloge je bil zaščititi ogroženo naseljeno območje pred poplavami s 100-letno povratno dobo. K izboljšanju razmer najbolj pripomore znižanje kote preliva Dermotovega jezua z gibljivo zaporo. Ta ukrep omogoča tako znižanje dna struge na spodnjem odseku, da je padec nivelete celotnega obravnavanega odseka

enakomeren. To pa bi pomenilo, skupaj z razširitvijo pretočnih prerezov, bistveno izboljšane odtočnih razmer (nižje gladine). Ker pa je prostor urbaniziran, prerezov ni mogoče razširiti na širino, potrebno za prevajanje predvidenih visokih vod. Zato je potrebno zaščititi ogrožena območja tudi z ukrepi nadvišanja bregov: nasipi, obrežni in visokovodni zidovi. Pri načrtovanju zaščitnih ukrepov sem upošteval še varnostno višino 0.5 m nad izračunano gladino pri pretoku s 100- letno povratno dobo. Za zmanjšanje negativnega posega v več ali manj naravno strugo od Dermotovega do Dolenčevega jezua so predvidene kompromisne rešitve med delnim razširjanjem korita in delnim nadvišanjem pretočnega prereza. Da bi bili posegi v vodotok čim manjši, a hkrati učinkoviti, se razširitve izvajajo samo na eno stran prereza, tako da druga ostaja naravna. Če je možno, se za ureditev struge uporabljajo predvsem naravni materiali- kamen v kombinaciji z vegetativno zaščito. Na konkavnih brežinah je predvideno za zavarovanje nekaj več kamna, za stabilizacijo brežin pa dodatno lesena stabilizacijska rebra iz borovih okroglic, založena s kamni in vrbovimi potaknjenci v zgornji tretjini prereza. Za naravnejši izgled nadvišanih bregov so predvideni humusirani in zatravljeni nasipi z blagim nagibom proti zaledju (1:10). Nasipi se lokalno zasadijo z značilnimi skupinami grmovne zarasti.

Bistveno večjo poplavno varnost urbaniziranega območja Železnikov pa bi dosegli z zadrževanjem dela poplavnih voda v suhem zadrževalniku visokih vod gorvodno, kjer je dolina neposeljena. S tem bi bili potrebni tudi bistveno manjši posegi v obstoječo več ali manj naravno strugo obravnavanega odseka.

VIRI IN LITERATURA

Burja, D. 1992. Sora- Hidrološka študija. Ljubljana, Vodnogospodarski inštitut, 31 str.

Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. 1998. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod RS

Šraj, M. 2000. Uporaba šifranta padavinskih območij vodotokov Republike Slovenije za pripravo hidroloških modelov, magistrska naloga, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 109 str.

Ureditev Selške Sore skozi Železnike. 2000. Idejni projekt. Ljubljana, Vodnogospodarski inštitut

Rekonstrukcija Dolenčevega jezua. PGD, PZI. 2003. Ljubljana, Vodar s.p.

Hicks, D. M., Mason, P.D., 1998. Roughness Characteristics of New Zealand Rivers, National Institute of Water and Atmospheric Research, Water Resources Publications., Christchurch, New Zealand, 329 str.

CGS.2004. Uporabniški priročnik Aquaterra. Ljubljana, CGS

HEC 2005. User's manual version HEC-RAS 3.1.3.. U.S. Army Corps of Engineers River Analysis System.

HEC 2005. Hydraulic reference manual, U.S. Army Corps of Engineers River Analysis System.

Autodesk. 2005. Autodesk Map 3D 2006 Help and Support. Autodesk inc.