

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 Gradbeništvo,
Hidrotehniška smer

Kandidatka:

Mojca Stele

Predlog ureditve Grosupeljščice v urbanem območju

Diplomska naloga št.: 2837

Mentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Somentor:

mag. Sonja Šiško Novak

Ljubljana, 27. 10. 2005

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

- UDK:** 556.53:627.4/.5(043.2)
- Avtor:** Mojca Stele
- Mentor:** izr. prof. dr. Matjaž Mikoš
- Somentorica:** mag. Sonja Šiško - Novak
- Naslov:** Predlog ureditve Grosupeljščice v urbanem območju
- Obseg in oprema:** 55 str., 6 pregl., 31 sl., 5 en. , 14 pril.
- Ključne besede:** Grosupeljščica, 100-letne visoke vode, HEC-RAS, nestalni tok, urejanje vodotokov, rečna hidravlika

Izvleček

V diplomskem delu se obravnava potok Grosupeljščica, ki teče skozi naselje Gosuplje. Potok ob večjih padavinah poplavlja okoliške objekte. Cilj naloge je bil določiti poplavno ogroženost mesta in zaščito pred visokimi vodami. V prvem delu je opisano porečje Grosupeljščice. Opisane so osnovne značilnosti porečja, topografske in hidrografske značilnosti ter hidrološke značilnosti porečja. Na podlagi ogleda terena in geodetskih podlog so podrobneje opisane topografske in hidromorfološke značilnosti obravnavanega odseka. V drugem delu se je uporabil računalniški program HEC-RAS. Z njim se je naredil računski model, v katerem smo uporabili geometrijske podatke potoka ter podatke o pretokih voda in robnih pogojih. S pomočjo računskega modela smo izračunali gladino stoletne vode, s katero se je določilo poplavno območje Grosupeljščice. Program računa stalni in nestalni tok. V nalogi smo naredili oba izračuna in med seboj primerjali rezultate. Ker se namerava gorvodno od obravnavanega odseka zgraditi zadrževalnik, ki bi ob večjih padavinah del vode zadržal, smo pri ureditvi potoka to upoštevali. Na območju Grosupljega naj bi se pretok iz zadrževalnika na račun pritokov in padavin pri 100-letni visoki vodi povečal za več kot štirikrat. Poleg obstoječe gradnje se je pri ureditvi potoka upoštevala tudi načrtovana gradnja, ki zmanjša poplavni prostor visokih vod. Ureditev potoka obsega več ukrepov. V izračunu je pokazalo, da nekateri prepusti zajezujejo visoke vode. Take prepuste bo potrebno povečati. Ker razširitev struge ni bil zadosten ukrep, da bi visoko vodo spravili v korito, smo na nekaterih odsekih postavili nasipe oz. zid.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 556.53:627.4/.5(043.2)
Author: Mojca Stele
Supervisor: Assoc. Prof. Matjaž Mikoš
Co Supervisor: M.Sc. Sonja Šiško Novak
Title: Proposal of engineering of the Grosupeljščica stream in the urban area
Notes: 55 p., 6 tab., 31 fig., 5 eq., 14 ann.
Key words: Grosupeljščica, 100-year high waters, HEC-RAS, unsteady flow, river engineering, river hydraulics

Abstract

In the graduation thesis the Grosupeljščica stream is presented, which flows through the town of Grosuplje. Due to heavy rain the stream overflows the surrounding buildings. The subject of the graduation thesis was to determine the flood endangered areas and protection from high waters. In the first part the Grosupeljščica watershed is described. The description includes the basic characteristics of the watershed, topographic, hydrographic and hydrologic characteristics of the watershed. On the basis of field inspection and godetic maps was made a detailed description of topographic and hydromorphologic characteristics of the selected reach. In the second part, computer program HEC-RAS was employed. With the program was made a computation model to process the geometrical data of stream, flow and boundary conditions. The computation model processed the water surface of 100-year water, with which the floodplain of the Grosupeljščica stream was determined. The program calculates steady and unsteady flow. In the graduation thesis we made both calculations and compared the results. Because of the intent to build a storage reservoir upstream of discussed reach, which would retain part of water during heavy rain, we considered this in the calculations. In the Grosuplje area the flow from the storage reservoir on the account of inflows and precipitation during 100-year water, should increase by more than four times. Beside the existing constructions the river engineering also considered the planned constructions, which would reduce the flooded area during high waters. The river engineering includes several measures. The computation has shown that some culverts dam high waters. This kind of culverts will need to be enlarged. Because the extension of the channel was not a sufficient

measure satisfactory, so that the high water would flow into the channel, we made levees or walls in some sections.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so mi pomagali pri nastajanju diplomske naloge, še posebno mentorju izr. prof. dr. Matjažu Mikošu in somentorici mag. Sonji Šiško Novak ter ostalim zaposlenim na Inštitutu za vode RS.

Zahvalila bi se tudi staršem, ki so me skozi vsa leta podpirali in mi omogočili študij.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 OPIS POREČJA GROSUPELJŠČICE	2
2.1 Osnovne značilnosti.....	2
2.2 Topografske in hidrografske značilnosti.....	2
2.3 Hidrologija	6
2.3.1 Splošno	6
2.3.2 Zadrževalnik Veliki potok.....	7
3 ODSEK GROSUPELJŠČICE SKOZI GROSUPLJE.....	8
3.1 Osnovne značilnosti Grosupeljščice	8
3.2 Raba tal	9
3.2.1 Območja stanovanjske rabe.....	9
3.2.2 Mešana območja.....	9
3.2.3 Območja javne infrastrukture	9
3.2.4 Prometne površine	9
3.3 Topografske in hidromorfološke značilnosti	10
3.3.1 Od mostu na avtocesti za Novo mesto do mostu P20	10
3.3.2 Od mostu P20 do mostu na cesti Ob Grosupeljščici	12
3.3.4 Od mostu na cesti Ob Grosupeljščici do zgornje brvi P53.....	14
3.3.5 Od zgornje brvi P53 do mostu P69.....	16
3.3.6 Od mostu P69 do žel. mostu	19
4 PROGRAM HEC-RAS.....	23
4.1 Splošno	23
4.2 Novosti in odpravljene napake v HEC-RAS 3.1.3.....	23
5 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS –	
OBSTOJEČE STANJE.....	25
5.1 Splošno	25
5.2 Stalni tok	26

5.2.1 Geometrija računskega modela.....	26
5.2.1.1 Tlorisni potek in prečni prerezi.....	26
5.2.1.2 Mostovi	28
5.2.1.3 Neaktivna območja toka	28
5.2.1.4 Manningov koeficient.....	28
5.2.1.5 Koeficient zožitve in razširitve	29
5.2.2 Robni pogoji in pretok	29
5.2.3 Rezultati – stalni tok.....	29
5.3 Nestalni tok.....	30
5.3.1 Geometrija računskega modela.....	31
5.3.2 Robni in začetni pogoji.....	31
5.3.3 Primerjava rezultatov izračuna nestalnega toka s stalnim.....	33
6 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS – OBSTOJEČE STANJE Z UPOŠTEVANJEM ZADRŽEVALNIKA VELIKI POTOK (STALNI TOK)	38
6.1 Splošno.....	38
6.2 Podatki za izračun	38
6.3 Primerjava rezultatov obstoječega stanja brez oz. z zadrževalnikom.....	38
7 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS – NAČRTOVANO STANJE (STALNI TOK).....	40
7.1 Splošno.....	40
7.2 Geometrija računskega modela.....	41
7.3 Robni pogoji in pretok	42
7.4 Rezultati.....	42
7.4.1 Splošno.....	42
7.4.2 Primerjava z obstoječim stanjem.....	43
8 PREDLOG UREDITVE GROSUPELJŠČICE	47
8.1 Splošno.....	47
8.2 Izravnava nivelete dna in razširitev struge	47
8.3 Ureditev mostov	52

8.4 Nasipi in zidovi	53
9 ZAKLJUČKI	54
VIRI	56

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1: Hidrografske karakteristike vodozbirnega zaledja Grosupeljščice do železniške proge, 1.del (IzVRS, 2005) 4
- Preglednica 2: Hidrografske karakteristike vodozbirnega zaledja Grosupeljščice do železniške proge, 2. del (IzVRS, 2005) 4
- Preglednica 3: Vrednosti verjetnih dejanskih visokih vod (m^3/s) s povratno dobo 100 let (IzVRS, 2005) 6
- Preglednica 4: Vrednosti verjetnih dejanskih vod s povratno dobo 100 let po izvedbi zadrževalnika Veliki potok (IzVRS, 2005) 7
- Preglednica 5: Primerjava gladin in hitrosti pri obstoječem in načrtovanem stanju za pretok 40 m^3/s – od profila P15 do PP19 44
- Preglednica 6: Povečanje hitrosti in padec gladine vode ob brvi pri obstoječem stanju za pretok 40 m^3/s 45

KAZALO SLIK

- Slika 1: Hidrološka karta (oznake na sliki so razložene na strani 4) 5
- Slika 2: Most na avtocesti proti Novemu mestu 11
- Slika 3: Leseni most 11
- Slika 4: Betonski most nad Jerovo vasjo 13
- Slika 5: Kompleks novih stanovanjskih hiš zgrajenih na platoju za zaščito pred visoko vodo
13
- Slika 6: Betonski most pri trgovsko obrtni coni 14
- Slika 7: Novogradnja objektov pri osnovni šoli 15
- Slika 8: Reguliran odsek struge 15
- Slika 9: Na levi strani struge peš pot, na desni strani pa lokalna cesta 16
- Slika 10: Brv, v ozadju novogradnja z zidom za zaščito pred visokimi vodami 17
- Slika 11: Nogometno igrišče 17
- Slika 12: Brv pri nogometnemu igrišču 18
- Slika 13: Pogled gorvodno od mostu na regulirano strugo 18
- Slika 14: Most predviden za odstranitev 20
- Slika 15: Most na Adamičevi cesti, dolvodno od mostu strugo zaraščajo črne jelše 20
- Slika 16: Betonski prag 21
- Slika 17: Most v Rožni dolini 21
- Slika 18: Železniški most na progi Ljubljana - Novo mesto, pogled gorvodno 22
- Slika 19: Določitev leve in desne strani brežin v programu HEC-RAS in v Sloveniji 27
- Slika 20: Hidrogram pretoka podan v začetnem profilu P10 32
- Slika 21: Hidrogrami pretoka za stranske vtoke, ki se stekajo v Grosupeljščico (potok Breg in
meteorne vode) 33
- Slika 22: Maksimalne vrednosti pretokov izračunane z nestalnim tokom 34
- Slika 23: Primerjava gladin za pretok $61\text{m}^3/\text{s}$ izračunanih s stalnim in nestalnim tokom 36
- Slika 24: Primerjava hitrosti za pretok $61\text{m}^3/\text{s}$ izračunanih s stalnim in nestalnim tokom 36
- Slika 25: Prestavljeni most (profila P74 in P75) bo na lokaciji med sedanjim mostom (P69 in
P70), ki bo odstranjen, in mostom na Adamičevi cesti (P77 in P78) 40
- Slika 26: Predvideni most bo povezoval Gasilsko in Adamičevo cesto 41
- Slika 27: Primerjava hitrosti za obstoječe in načrtovano stanje pri pretoku $40\text{m}^3/\text{s}$ – na grafu
je še prikazano dno struge in gladina vode 46

Slika 28: Talni prag 47

Slika 29: Primer širitve korita na levo stran bregu – enostavni prečni prerez 48

Slika 30: Primer širitve struge s sestavljenim prečnim prerezom na levi strani 49

Slika 31: Višina zavarovanja brežine h_1 s kamnometom 50

KAZALO PRILOG

Priloga A: Hidrološka karta

Priloga B: Pregledna situacija – obstoječe stanje

Priloga C: Pregledna situacija – predlog ureditve

Priloga D: Vzdolžni profil - vpliv spremembe n_g na gladino 100-letne vode

Priloga E: Vzdolžni profil – primerjava gladin 100-letne vode pri izračunu stalnega in nestalnega toka

Priloga F: Vzdolžni profil – primerjava gladin 100-letne vode z in brez zadrževalnika

Priloga G: Vzdolžni profil – gladini 100-letne vode z upoštevanjem zadrževalnika pri obstoječem in pri načrtovanem stanju

Priloga H: Vzdolžni profil – predlog ureditve

Priloga I: Karakteristični profili

Priloga J: Talni prag

Priloga K: Karta Grosupeljščice

Priloga L: Spremembe in dopolnitve dolgoročnega in srednjeročnega plana občine Grosuplje za obdobje 1996 – 2000, dopolnitve 2004

Priloga M: Preimenovanje prečnih profilov za HEC-RAS

Priloga N: Diplomaska naloga na zgoščenci

1 UVOD

Grosupeljščica je potok, v katerega se stekajo vode z obrobja Grosupeljskega polja. Ob večjem deževju kmalu prestopi bregove in poplavlja okoliške travnike in naselja. Je že reguliran potok, vendar pa trenutno stanje ne zagotavlja zaščite pred 100-letnimi visokimi vodami.

Najstarejši zabeleženi projekt poskusa regulacije Grosupeljščice, ki sem ga zasledila, je bil narejen leta 1959 pri Projektu nizke zgradbe. Kasneje pa so pri Vodni skupnosti Ljubljana - Sava od leta 1965 do konca sedemdesetih let po odsekih regulirali celotno strugo. Struga je bila dimenzionirana na eno do petletne vode, kar pa še vedno dopušča veliko možnost poplav. Zato je zahteva po ureditvi Grosupeljščice še vedno prisotna, predvsem pa zdaj, ko se naselje Grosuplje vedno bolj širi na poplavne ravnice potoka.

Bližina Ljubljane, dobre prometne povezave in podeželsko okolje privabljajo vedno več ljudi, da si izberejo Grosuplje za svoj dom. Gradnja novih stanovanjskih in gospodarskih objektov se širi predvsem na poplavno območje Grosupeljščice, kar zahteva obrambo pred poplavami, s tem pa povzroča krčenje poplavnih ravníc. S preprečitvijo inundacij gorvodno, se razmere ob poplavah poslabšajo dolvodno v Grosuplju. Manjše vode, ki včasih v samem Grosuplju niso poplavljalé, sedaj ogrožajo tudi naselje, saj so se nekoč razlile po travnikih preden so dosegle mesto, danes pa dobijo možnost razlivanja šele v mestu.

Del rešitve pred visokimi vodami je zadrževalnik Veliki potok, vendar pa bi ta akumuliral le vode, ki pridejo z vodozbirnega zaledja Velikega potoka nad pregrado. Problem ostanejo predvsem vode, ki se zlivajo kasneje v Grosupeljščico.

V projektu sem s pomočjo programa HEC-RAS in karte Grosupljega ocenila, kje pride do poplavljanja pri visokih vodah in kakšne ukrepe je možno izvesti, da naselje ne bi bilo več ogroženo. Upoštevati je bilo treba tudi predvideno gradnjo in jo ustrezno varovati. Problem je bil predvsem v tem, da je bilo težko širiti strugo, saj je okoli nje že veliko pozidanega, prav tako pa je že zelo malo območij, kjer se visoka voda lahko akumulira.

2 OPIS POREČJA GROSUPELJŠČICE

2.1 Osnovne značilnosti

Porečje Grosupeljščice tvori predvsem bolj ali manj zakrasel svet ter kamnine z razpoklinsko poroznostjo višje izdatnosti (IzVRS, 2005).

Tipi tal, ki prevladujejo na porečju Grosupeljščice, so distična in evtrična rjava ter rjava pokarbonatna tla. Pokrovnost je opredeljena večinoma kot listnati in mešani gozd, manj je pašnikov in kmetijskih površin drobno posestniške strukture ter urbaniziranega dela (mesto Grosuplje) (IzVRS, 2005).

Grosupeljščica ima v gornjem delu precej strmo povirje. V srednjem delu se padec terena in s tem tudi padec potoka umirita in pojavljati se začnejo poplavne ravnice. Teh je kar precej tudi na porečju levega pritoka (Breg s Črne doline) in desnega pritoka (Duplica) gorvodno od Grosuplje. Nizvodno od proge je Grosupeljščica izrazito ravninski vodotok z veliko meandri in poplavnimi ravnici, ki kot kraški vodotok ponikne na Radenskem polju (IzVRS, 2005).

2.2 Topografske in hidrografske značilnosti

Grosupeljščica je potok z več imeni. V zgornjem toku jo poimenujejo Veliki potok, blizu Grosupljega Stari breg, na območju Grosupljega nekako do Kolenčevega mlina Grosupeljščica, od tam navzdol pa Dobravka (priloga K). Z naraščanjem gospodarske in upravopolitične vloge Grosupljega pa se čedalje bolj uveljavlja ime Grosupeljščica za celotni potok, tako celo za tok na Radenskem polju (Meze, 1980).

V Veliki potok se steka z leve po Pasji dolini zahodno od Police majhen potoček s kraškim izvirov z zagatno steno. Voda v njem je le obdobjno, teče pa po mokrotni dolinici, ki se steka v široko, tudi mokrotno dolino Velikega potoka pri Drobniču. V izviru prihaja na površje tudi voda Brega, manjšega potoka, ki teče v više ležeči kraški kotanji z naseljem Polico. V to kotlino se s severovzhoda steka več manjših potočkov, ki ob visoki vodi poplavijo aluvialno ravnico dna kotanje ob Bregu in puščajo v njej na manjši površini v Ločju zamočvirjena tla.

Breg v jugozahodnem delu kotanje, na "Loki", ponika v treh manjših rupah, imenovanih Rupce (Meze, 1980).

V Stari breg se z leve, vzhodno od Potoka pri Perovem, izliva daljši potok Duplica, imenovan tudi Breg. Stalno vodo dobiva iz kraškega izvira Petrovec z večjo zagatno steno v strmem pobočju južno od vasi Peč. Dolina Duplice je do Skubčevega mlina ozka in globoka, nižje od mlina pa se razširi v akumulacijsko ravnico, ki jo visoke vode poplavijo. Na robu Senožeta, vzhodni del ravnice, so kraški izviri, ki povečajo vodo Duplici. Na desni strani Duplice pod hribom Ušivec je kraški izvir Kačjek, zajet za grosupeljski vodovod (Meze, 1980).

Pri Perovem se z desne zлива v Stari potok Breg, ki je zahodno od Dobja zaprt z nasipom za Ribnik. Nad Ribnikom je dolina Brega, imenovana Črna dolina, zelo mokrotna. Ima dva večja kraška izvira- eden je zajet za grosupeljski vodovod. Ravno tako je zajetje za vodovod južno od Dobja, kjer je manjši izvir (Meze, 1980).

Grosupeljščica teče od Grosupljega po široki akumulacijski dolini, imenovani Grosupeljsko polje. Jugozahodno od Gatine se v Grosupeljščico zлива Gatinski potok, na jugu Grosupeljskega polja pa se združi skupaj s Podlomščico (Meze, 1980).

S sotočjem Grosupeljščice in Podlomščice dobi potok ime Dobravka, ki teče naprej po Radenskem polju.

Dobravka ob vstopu v Radensko polje močno meandrira in južno od Boštanja ponikne v jamo, imenovano Veliko retje, ki sproti požira le majhne vode, močnejše pa jo zalijejo in iščejo pot naprej po strugi do požiralnika Beznica jugovzhodno od Zagradca. Ob zelo velikih vodah pa Dobravka pride vse do potoka Šica na južnem delu polja (Meze, 1980).

Preglednica 1: Hidrografske karakteristike vodozbirnega zaledja Grosupeljščice do železniške proge, 1.del (IzVRS, 2005)

OZN	PREREZ VODOTOKA	F (km ²)	F _k (km ²)	OLS (%)	L (km)
PPO1a	Veliki potok do Kozljevca (V1a)	2,68	-	41,08	2,5
PPO1b	Veliki potok od V1 do sotočja z Bregom (V1)	3,37	-	29,1	1,69
PPO2	Potok Breg do sotočja z Velikim potokom (V1)	2,44	-	28,8	2,27
PPO3	Veliki potok od V1 do pregrade (V2)	3,83	0,77	24,54	1,96
PPO3a	Veliki potok od V2 do sotočja s potokom s Police (V3)	0,06	-	14,83	0,23
PPO4	potok s Police do sotočja z Velikim potokom (V3)	2,66	2,16	25,65	0,86
PPO5	Veliki potok (Stari breg) od V3 do sotočja s potokom a z Boršta (V4)	0,71	-	13,99	1,02
PPO6	potok z Boršta do sotočja z Velikim potokom (V4)	0,97	-	18,05	1,59
PPO7	Veliki potok (Grosupeljščica) od V4 do sotočja z Duplico (V5)	0,27	-	9,05	0,51
PPO8	Duplica do sotočja z Grosupeljščico (V5)	6,00	2,84	15,89	3,79
PPO9	Grosupeljščica od V5 do sotočja s potokom iz Črne doline (V6)	0,37	-	14,87	0,71
PPO10	potok iz Črne doline (potok Breg) so sotočja z Grosupeljščico (V6)	2,65	-	21,13	3,08
PPO11	Grosupeljščica skozi Grosuplje (do železniške proge) od V6 do V7	2,35	-	8,22	2,35

PPO_i.....podpovodje *i*; *i*=1a, ..., 11 (glej sliko 1 in prilogo A, Hidrološka karta 1:25 000)

Preglednica 2: Hidrografske karakteristike vodozbirnega zaledja Grosupeljščice do železniške proge, 2. del (IzVRS, 2005)

OZN	PREREZ VODOTOKA	F (km ²)	F _k (km ²)	OLS (%)	L (km)	J (%)
V1a	Veliki potok do Kozljevca	2,68	-	41,08	2,5	5,8
V1	Veliki potok nad potokom z Brega	8,49	-	29,10	4,18	3,3
V2	Veliki potok nad pregrado	12,32	0,77	24,54	6,15	2,6
V3	Veliki potok pod potokom s Police	15,04	2,93	14,83	6,37	2,5
V4	Veliki potok (Stari breg) pod potokom z Boršta	16,72	5,77	13,99	7,37	2,14
V5	Veliki potok (Grosupeljščica) pod Duplico	22,99	5,77	9,05	7,91	1,94
V6	Grosupeljščica pod potokom iz Črne doline	26,01	5,77	14,87	8,62	1,72
V7	Grosupeljščica do železniške proge	28,36	5,77	8,22	11,53	1,24

V_i.....vozlišče *i*; *i*=1a, ..., 7 (glej sliko 1 in prilogo A, Hidrološka karta 1:25 000)

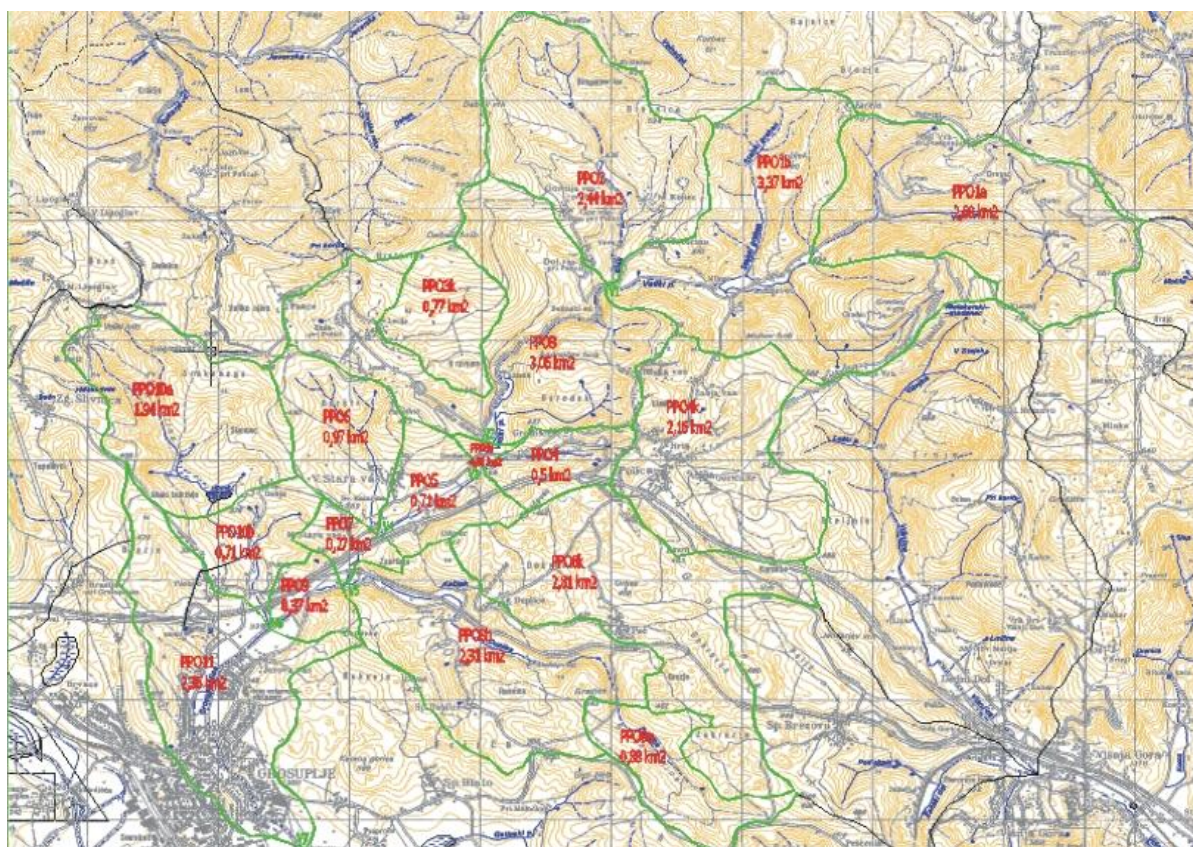
Hidrografske karakteristike povodja predstavljajo naslednji parametri:

- F..... celotna površina vodozbirnega zaledja do prereza vodotoka..... [km²]
F_k..... površina kraškega območja, ki se zaključuje z vrtačo oziroma ponoram,
do prereza vodotoka [km²]
OLS..... povprečni padec terena do prereza vodotoka [%]
L..... dolžina vodotoka do prereza vodotoka..... [km]
J..... povprečni padec vodotoka do prereza vodotoka [%]

Prispevne površine so določene glede na orografijo in ne upoštevajo podtalnih tokov.

Vrednosti vodozbirnega zaledja do posameznih prerezov vodotoka na obravnavanem območju so bile določene na podlagi hidrografskih razvodnic, kot jih je določil ARSO, in na podlagi kart rastrskih temeljnih topografskih načrtov merila 1:5 000.

Posamezni prerezi in podpovodja so prikazani v hidrološki karti obravnavanega območja v merilu M 1:25000 (priloga A).



Slika 1: Hidrološka karta (oznake na sliki so razložene na strani 4)

2.3 Hidrologija

2.3.1 Splošno

Za obravnavani odsek vodotoka ni bilo na razpolago ne merjenih padavin in ne merjenih pretokov. Podatki o padavinah so se vzeli za padavinsko postajo ARSO Ljubljana Bežigrad - najbližja padavinska postaja, in glede na te podatke so bili izračunani s programom HEC1 pretoki visokih vod (IzVRS, 2005).

Ker vrednosti izmerjenih dejanskih visokih vod ni na razpolago, so dejanske visoke vode, ki se tu upoštevajo, tiste vrednosti, ki naj bi odražale sedanje stanje pokrovnosti vodozbirnih območij, klimatskih značilnosti in urejenosti vodotokov – te vode niso nujno dejanske vode, ki bi že zabeleženo nastopile na tem območju (IzVRS, 2005).

Za določitev prikazanih vrednosti pretokov (preglednica 3) s povratno dobo 100 let pri različnih trajanjih padavin so bili kot vhodni podatki za model upoštevani podatki o obliki in velikosti korita in dolinskega dna (IzVRS, 2005).

Preglednica 3: Vrednosti verjetnih dejanskih visokih vod (m^3/s) s povratno dobo 100 let (IzVRS, 2005)

OZN	PREREZ VODOTOKA	F [km ²]	Q [m ³ /s]
KHV1	Veliki potok za sotočjem z Bregom	8,49	37
KHV2	Veliki potok do pregrade	12,32	37
KHV3	Veliki potok za sotočjem s potokom s Police	15,04	38
KHV4	Veliki potok (Stari breg) za sotočjem s potokom z Boršta	16,72	40
KH8V5	Duplica	6,00	14
KHV5	Veliki potok za sotočjem z Duplico	22,99	51
KHV6	Grosupeljščica nad Grosupljem	26,01	52
KHV7	Grosupeljščica do železniške proge	28,36	48

2.3.2 Zadrževalnik Veliki potok

Z zadrževalnikom naj bi zagotovili objektom ter komunalni in prometni infrastrukturi zaščito pred 100-letnimi poplavami (IzVRS, 2005).

Ko se je pri izračunu upošteval zadrževalnik, so se upoštevali taki pogoji kot pri dejanskih vodah le, da se del vode, ki priteče z zaledja zadrževalnika akumulira v zadrževalniku. Predpostavljeni iztok vode iz akumulacije je $10\text{m}^3/\text{s}$ in izhaja iz izračunov idejnega projekta za zadrževalnik Veliki potok. Vpliv zadrževalnika bi bil lahko večji, če bi bilo reguliranje izpusta optimalno (IzVRS, 2005).

Preglednica 4: Vrednosti verjetnih dejanskih vod s povratno dobo 100 let po izvedbi zadrževalnika Veliki potok (IzVRS, 2005)

OZN	PREREZ VODOTOKA	F	Sedanje stanje (brez reg. in zadrževalnika)	Izpust iz zadrževalnika: 10 m ³ /s
		[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
KHV5	Veliki potok za sotočjem z Duplico	22,99	51	34
KHV6	Grosupeljščica nad Grosupljem	26,01	52	38
KHV7	Grosupeljščica do železniške proge	28,36	48	40

Poseg v prostor le z regulacijo korita skozi Grosuplje na $40\text{m}^3/\text{s}$ bi zagotavljal varnost pred 40-letnimi visokimi vodami (IzVRS, 2005).

3 ODSEK GROSUPELJŠČICE SKOZI GROSUPLJE

3.1 Osnovne značilnosti Grosupeljščice

Obravnavani odsek zavzema Grosupeljščico (Veliki potok) od mostu na avtocesti za Novo mesto, ki je gorvodno od Grosupljega, do železniškega mostu pod Grosupljem. Odsek meri 3,2 km, povprečni padec pa je okoli 0,4%.

Grosupeljščica je v območju Grosupljega reguliran potok s trapeznim koritom. Struga je rahlo meandrirajoča oz. ravna - posledica regulacij. Skozi celotni odsek se pojavljajo nizki pragovi, ki pri nizkih vodah ustvarjajo večjo vodnatost in boljše pogoje za življenje vodne favne in flore v njem. V gornjem delu so brežine nekje utrjene s kamnometom, ki ga močno zarašča vegetacija. Po celotnem odseku so brežine porasle z visoko travo in jelšami ali vrbami, v zgornjem delu pa tudi z gostim grmovjem. Gosta zaraščenost struge predstavlja raznoliko podobo krajine in boljši življenjski prostor za obvodne živali, vendar pa je z vidika poplavne varnosti neugodna, saj voda počasi odteka in povzroča večjo poplavno ogroženost.

Najstarejši projekt regulacije Grosupeljščice, ki sem ga zasledila, je bil narejen že leta 1959 pri Projektu nizke zgradbe, nato pa se je skozi leta regulirala celotna struga, ki se vije skozi naselje oz. tudi gorvodno in dolvodno od naselja (arhiv Hidrotehnik).

Leta 1962 je bila na Zavodu za vodno gospodarstvo SRS izdelana študija o melioraciji Grosupeljskega in Radenskega polja, osnovana na vodnih odtokih, ki so pogostejši od dvajsetletnih. Narejenih je bilo pet variant regulacij, ki so predvidevale različne rešitve. Izbrali so ekonomsko najcenejši in najhitreje izvedljiv projekt. Korito so dimenzionirali na eno do petletne vode, kar pa predstavlja še veliko možnost poplav. Pomanjkljivost projekta je tudi v tem, da je jakost poplav na Radenskem polju sedaj večja kot pred regulacijami (Meze, 1980).

3.2 Raba tal

3.2.1 Območja stanovanjske rabe

V zgornjem delu odseka ob levem bregu potoka zasledimo novogradnjo hiš. Poleg že zgrajenih hiš je v načrtu, da se pozida še del obstoječega travnika. Približno 100m od novega naselja hiš se začne Jerova vas. Večje naselje v Grosupljem se začne čez cesto od Jerove vasi do travnika z nogometnim igriščem. Na eni strani naselje omejuje potok na drugi pa lokalna cesta. Drugo malo večje naselje hiš leži na levi strani lokalne ceste - od doma starejših občanov do Adamičeve ceste. Od šole naprej leži še eno stanovanjsko območje, ostala območja pa so predvsem mešane rabe.

3.2.2 Mešana območja

Dolvodno od pritoka potoka Breg v Grosupeljščico se zida nova trgovsko obrtna cona. Nekaj od tega je že zgrajenega, nekaj pa je še nepozidanih parcel. Od lokalne ceste naprej ob potoku je travnik, na katerem se gradi objekte servisnih in oskrbnih dejavnosti ter stanovanj. Del travnika je še nepozidanega, vendar pa je v načrtu, da se pozida celotno območje do osnovne šole. Večje območje mešane rabe se začne nad Adamičevo cesto in se konča nekaj 100m nad železniško progo. V tem območju so različne dejavnosti - od stanovanjskih objektov do servisnih in oskrbnih dejavnosti ter raznih storitvenih, proizvodnih in trgovskih dejavnosti. Na nepozidanem območju do železniške proge na desni strani naj bi se v prihodnjih letih zgradil trgovski center.

3.2.3 Območja javne infrastrukture

Ob Grosupeljščici med obema brvema je na levi strani travnik z nogometnim igriščem. Nasproti igrišča stoji leta 2000 zgrajena osnovna šola Brinje. Šola ima poleg telovadnice tudi zunanja igrišča. Druge javne infrastrukture ob Grosupeljščici ni.

3.2.4 Prometne površine

V zgornjem delu obravnavanega odseka prečka Grosupeljščico avtocesta proti Novemu mestu. Avtocesta nekaj časa teče vzporedno ob travniku zraven potoka, potem pa se oddalji od njega in zavije proti zahodu. Na levi strani je nekoliko odmaknjena od potoka lokalna cesta

proti Sp. Duplici. Zaradi lokalne ceste proti Jerovi vasi je bil del Grosupeljščice prestavljen – struga je od ceste odmaknjena za vsaj 4m. Grosupeljščico prečka več mostov, nekateri so dovolj visoki, da prevajajo visoke vode, drugi pa ob visokih vodah ne prepuščajo vse vode in ponavadi zadržujejo še plavje, ki ga prinese zgornji tok. V spodnjem delu odseka prečka potok železniška proga Ljubljana – Novo mesto, ki je toliko nadvišana nad osnovni teren, da zajezi visoke vode, ki poplavijo travnike in polja gorvodno. V prihodnjih letih naj bi se zgradila še dva mostova čez Grosupeljščico. Prvi most naj bi bil ca. 55m gorvodno od obstoječega mostu na Adamičevi cesti in naj bi nadomestil višje ležeči most čez Grosupeljščico. Drugi načrtovani most pa naj bi bil na koncu Rožne doline na Gasilski cesti.

3.3 Topografske in hidromorfološke značilnosti

3.3.1 Od mostu na avtocesti za Novo mesto do mostu P20

Ta odsek potoka se imenuje Stari breg. Je edini del, ki ni poseljen in kjer se voda lahko akumulira po celotni ravnici. Na desni strani potoka so travniki, na levi pa hrib, ob katerem je lokalna cesta za Sp. Duplice.

Zgornji del odseka se prične 20m nad mostom na avtocesti za Novo mesto (slika 2). Struga od mostu rahlo zavije v desno in teče proti cesti za Sp. Duplice. V strugo sta postavljena dva nizka pragova, po katerih lahko takoj sklepamo, da je bil odsek že reguliran. Za cesto teče potok Duplica, ki se zliva z leve strani v Stari breg v profilu P10. Ta potok ob močnejših padavinah prinese s seboj velike količine vode, ki se razlivajo po okoliških travnikih. Poplavno ravnico na levi omejujeta cesta in hrib, na desni pa avtocesta. Med potokom in avtocesto je travnik, ki ob velikih vodah služi kot akumulacijska ravnica. Nad profilom P14 je lesen most (slika 3), ki služi za potrebe tamkajšnjih lastnikov travnikov. Od mostu se desni breg dvigne in zmanjša poplavno ravnico. Na brežinah je opazen kamnomet, ki je posledica prejšnjih regulacij, vendar pa ga močno zarašča trava. Od lesenega mostu do konca tega odseka so postavljeni nizki pragovi.



Slika 2: Most na avtocesti proti Novemu mestu



Slika 3: Leseni most

Značilnost odseka je, da so brežine močno zaraščene s travo in grmovjem oz. drevjem. Dno struge je peščeno. Regulacije, ki so bile narejene na tem odseku, so bile namenjena za izboljšanje kmetijskih površin. Pred regulacijami je bil ta del močvirnat in neustrezen za kmetovanje. Tudi sedaj po regulacijah je ob potoku še vedno močvirnato rastje, drugje pa je kvaliteta zemljišč primerna za travnike, za obdelovanje polj pa verjetno še vedno preslaba.

3.3.2 Od mostu P20 do mostu na cesti Ob Grosupeljščici

Most na cesti, ki vodi do manjšega zaselka hiš na desni strani, je dokaj nov in prepušča veliko vode (slika 4). Nima nobenih opornikov, ki bi ob visokih vodah zadrževali plavje in tako povzročili zajezbo na zgornjem delu. Takoj od mostu se na levi strani pojavijo prve stanovanjske hiše (slika 5). Hiše so nove, nekatere še nedokončane, in stojijo na platoju, ki je dvignjen od prvotnega terena. Struga je tu ravna, na levi strani bregu, kjer so hiše, raste trava, sicer pa so brežine tako kot v zgornjem delu zelo poraščene. Po 200m potok naredi krajši zavoj v levo, v katerem se steka z desne strani potok Breg, ki priteče s Črne doline, nato pa teče spet po premi do naslednjega mostu. Skozi celoten odsek je zaslediti nizke lesene pragove. Za pritokom Brega na desni strani je kompleks novih objektov, ki povečini še niso dokončani, del zemljišča pa je še nepozidanega. Vsi objekti so dvignjeni nad osnovni teren in se raztezajo do naslednjega mostu. Na levi strani je Jerova vas, ki jo ločuje od potoka travnik.

Vsi objekti na tem odseku, razen Jerove vasi, so zgrajeni v zadnjih letih in so dvignjeni nad osnovnim terenom s platojem. Na tem delu se je nekoč velika poplavna ravnica sedaj skrčila le na levo stran.



Slika 4: Betonski most nad Jerovo vasjo



Slika 5: Kompleks novih stanovanjskih hiš zgrajenih na platoju za zaščito pred visoko vodo

3.3.4 Od mostu na cesti Ob Grosupeljščici do zgornje brvi P53

Betonski most, ki povezuje Jerovo vas z avtocesto, ima ob obeh straneh opornika, ki povzročata poslabšanje prevodnosti mostu (slika 6). Večje težave nastopijo ob visokih vodah, ko se ob opornikih zadrži plavje in prepreči odtok vode po strugi navzdol. Takšne razmere neugodno vplivajo gorvodno, dolvodno pa ugodno, ker se zmanjša količina poplavne vode.



Slika 6: Betonski most pri trgovsko obrtni coni

Od mostu je na levi strani struge naselje hiš dolgo približno 500m. Hiše so le nekaj metrov stran od struge in so ob večjih nalivih kmalu poplavljene. Na desni strani je travnik, na katerem je predvidena gradnja stanovanjsko poslovnih objektov. Dobrih 200m naprej je del tega kompleksa objektov že zgrajen (slika 7). Od potoka je ločen z zidom, ki je narejen z namenom, da ščiti objekte pred visoko vodo. Od izgradnje teh objektov se je poslabšalo stanje za prebivalce na drugi strani potoka, saj se sedaj več vode preliva na njihovo stran.



Slika 7: Novogradnja objektov pri osnovni šoli

Na tem območju se dobro vidijo regulacijski ukrepi izpred prejšnjih let. Struga je v zgornjem delu ravna, po 200m zavije levo in nato spet teče po premi. Narejenih je tudi nekaj nizkih pragov (slika 8). Ob bregovih raste trava in visoko drevje, ob brvi pa je tudi pas grmovja.



Slika 8: Reguliran odsek struge

3.3.5 Od zgornje brvi P53 do mostu P69

Obravnavani odsek je edini del v Grosupljem, ob katerem se lahko ob urejeni poti sprehodiš ob potoku (slika 9). Odsek je dolg okoli 650m.



Slika 9: Na levi strani struge peš pot, na desni strani pa lokalna cesta

Na koncu naselja (profil P53) na levem bregu je čez potok nameščena brv (slika 10). Na levi strani od brvi se nahaja travnik. Čez travnika vodi potoka proti nogometnemu igrišču. Travniki in nogometno igrišče služita kot akumulacijska ravnica, ki jo zaključujeta cesta ter terasa ob igrišču (slika 11). Desno od brvi teče ob strugi sprehajalna pot. Nekaj metrov stran od potoka je igrišče z osnovno šolo. Objekti so na nasutem terenu. Sprehajalna pot ob potoku vodi mimo igrišč proti naselju hiš, kjer čez potok vodi še ena brv (slika 12). Na tem delu je na levi strani vhod na nogometno igrišče, ob katerem je postavljena hišica. Naprej ob strugi levo poteka cesta lokalna cesta od Jerove vasi proti Grosupljem. Na desni strani pa sledi potoku sprehajalna pot, ki vodi do makadamskega parkirišča ob mostu.



Slika 10: Brv, v ozadju novogradnja z zidom za zaščito pred visokimi vodami



Slika 11: Nogometno igrišče



Slika 12: Brv pri nogometnem igrišču



Slika 13: Pogled gorvodno od mostu na regulirano strugo

Struga od brvi dolvodno poteka v premi, ob nogometnem igrišču rahlo zavije levo in potuje ob cesti skoraj v ravni črti, na koncu pa zavije levo proti mostu (slika 13). Ob brežinah raste trava in visoko drevje. Odsek je reguliran in prestavljen od prvotnega poteka struge. Zadnja

prestavitev struge je bila konec sedemdesetih let, ko je bila narejena cesta proti Jerovi vasi. Prestavljena struga je dolga 185m s trapeznim koritom širine dna 4m.

3.3.6 Od mostu P69 do žel. mostu

Most na cesti proti Jerovi vasi je previden za odstranitev (slika 14). Novi most naj bi bil ca. 55m gorvodno od obstoječega mostu čez Grosupeljščico na Adamičevi cesti. Stari most ima majhno prepustnost, ki jo zmanjša še opornik na sredi, tudi širina samega cestišča je majhna – dva avtomobila se težko srečata. Od mostu dolvodno je na levi strani nasip, za katerim je del neposeljenega območja predvidenega za cesto, ki bo šla čez načrtovani most. Na desni strani so stanovanjski objekti, ločeni od potoka s potjo. Struga poteka od mostu 140 m v premi, nato zavije desno proti mostu na Adamičevi cesti (slika 15). Most je dovolj visok, da ne zajezuje visokih voda. Potok teče od mostu naprej v premi, nato rahlo zavije in nadaljuje svojo pot naravnost, proti betonskemu pragu (slika 16), pred katerim ostro zavije v desno, za njim pa čez nekaj metrov še enkrat ostro v levo. V tem delu odseka je na levi strani potoka makadamska cesta, ob kateri je parkirišče in proizvodno-trgovski objekt. Ko struga naredi levi zavoj in se začne prema, jo prečka še en betonski most (slika 17). V premi teče potok še 40 m od mostu, nato rahlo zavije v levo in nato v desno, potem pa se zadnjih 320 m v premi spusti do železniškega mostu (slika 18). Od mostu v Rožni dolini je 250 metrski odsek naselja, naprej proti železniški progi pa so polja in travniki. Železniška proga je toliko v nasipu, da ob visokih vodah zadržuje visoko vodo in naredi akumulacijo nad progo. Trenutno voda poplavi le polja in travnike, vendar pa je v planu poselitev desnega travnika, kar pomeni zmanjšanje poplavnega območja.

Brežine so v zgornjem delu tega odseka zaraščene predvsem z visoko travo, malo je tudi drevja in grmičevja. Dolvodno od mostu na Adamičevi cesti zaraščajo bregove potoka predvsem črne jelše. Ob betonskem pragu najdemo vrbe, ki obraščajo strugo vse do konca odseka. Od mostu v Rožni dolini dolvodno do profila P88 so zasajene breze, malo je tudi grmovja. Naprej od tega profila so brežine zaraščene z vrbami, del odseka pa je zaradi bližine objektov in zaraščenosti bregov neprehoden.



Slika 14: Most predviden za odstranitev



Slika 15: Most na Adamičevi cesti, dolvodno od mostu strugo zaraščajo črne jelše



Slika 16: Betonski prag



Slika 17: Most v Rožni dolini



Slika 18: Železniški most na progi Ljubljana - Novo mesto, pogled gorvodno

4 PROGRAM HEC-RAS

4.1 Splošno

Pri računu hidravlike smo uporabili računski model izdelan s programom HEC-RAS 3.1.3.

HEC-RAS je program, ki je bil izdelan pri U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center za račun hidravlike rek. Osnova današnjega HEC-RAS je bil HEC2, ki je bil narejen že v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Prve verzije programa HEC-RAS so računale le enodimenzionalni stalni tok. Kasneje so program izboljšali, odpravili vrsto problemov in hroščev ter kasneje, v verziji 3.0, dodali se izvedbo računa enodimenzionalnega nestalnega toka. Naslednje verzije naj bi poleg enodimenzionalnega stalnega in nestalnega toka omogočale tudi račun transporta plavin - zaenkrat je omogočeno le vrednotenje profilne premestitvene zmogljivosti.

4.2 Novosti in odpravljene napake v HEC-RAS 3.1.3

Najnovejša verzija programa HEC-RAS 3.1.3 je izboljšana verzija HEC-RAS-a 3.1.2. Odpravljenih je nekaj napak, večjih izboljšav pa v programu ni zaslediti. Kaj se je izboljšalo v programu, je opisano v HES RAS 3.1.3, Release Notes.

Spremembe, ki so bile narejene v novi verziji, so sledeče:

- Včasih se je primere stalnega in nestalnega toka namestilo med samo inštalacijo programa, sedaj pa se jih lahko inštalira tudi kasneje
- Program ima možnost varnostnega kopiranja podatkov. V prejšnjih verzijah jih je program shranil na HEC-RAS direktorij (C:\Program Files\HEC ...), sedaj jih shrani na lokalni direktorij
- Uporabnik si lahko ogleda Default Project Folder v meniju Program Setup

Odpravljenih je tudi nekaj programskih napak, ki so bile najdene v verziji 3.1.2:

- Program je javljal napako "Output DSS File: does not exist", če je bilo okno za izračun nestalnega toka še odprto, ko se je nanovo pognal program
- Čas nastanka razpoke pri pregradi je bil lahko pred začetnim časom simulacije

- Pri mostni odprtini oblike loka (high arch) program zahteva, da je razpon odprtine manjši od 6.1 m, pri večjih vrednostih program ne računa prav – prej je na to program samo opozoril, sedaj pa zahteva manjšo vrednost
- Prihajalo je do napake pri tiskanju izhodne tabele za mostove in prepuste
- Če je bila akumulacija na zgornjem ali spodnjem prečnem prerezu je program javljal napako in ni shranil novih podatkov
- Pritok talne vode pri računu nestalnega toka ni bil pravilno računano
- Če je bil hidravlični radij manj kot 0,3m, je bil Manningov koeficient računano kot, da bi bil hidravlični radij 0,3m
- Opcija razpoke (dam breach option) v pregradi ni delovala ustrezno, če smo datoteko ponovno odprli
- Momentna enačba v vozliščih ni bila pravilno računana, če je bila vključena možnost razdelitve pretoka
- Napake so se pojavljale pri pretoku skozi prepust
- Pojavljal se je problem pri analizi vpliva zmanjšanja poplavnega območja, če se analiza ni začela na zgornjem koncu odseka
- Odpravljene so nekatere slovnične napake in izboljšana sporočila, ki jih javlja program

5 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS – OBSTOJEČE STANJE

5.1 Splošno

Za izdelavo računskega modela v HEC-RAS-u potrebujemo geometrijske podatke potoka ter podatke o pretokih voda in robnih pogojih.

Geometrijski podatki obsegajo tlorisno situacijo in podatke o prečnih prerezih. Če imamo v situaciji prepuste, jih ravno tako lahko dodamo v hidravlični model.

V geometriji modela smo za obstoječe stanje upoštevali dosedanjo pozidavo, ki smo jo določili predvsem na podlagi ogleda terena in s pomočjo interaktivnega naravovarstvenega atlasa (<http://kremen.arso.gov.si/nvatlas/>, 12.06.2005), saj novih podatkov o dejanski poselitvi ni, geodetske karte pa so preveč zastarele, da bi si pomagali samo z njimi. Služile so le kot osnova, na kateri smo določali novo pozidavo. Nekateri podatke za višinske kote novjših objektov, ki so v večini dvignjeni nad osnovi teren s platojem, smo dobili na IzVRS, druge pa smo določili na terenu, nekaterih pa se ni dalo določiti, saj bi bila potrebna geodetska meritev celotnega dolinskega profila, kar pa ni bilo na voljo. Poleg tega smo imeli na voljo odlok o spremembah in dopolnitvah prostorskih sestavin dolgoročnega in srednjeročnega plana občine Grosuplje za obdobje od leta 1996-2000 z dopolnitvami 2004. Po ogledu terena smo ugotovili, da je veliko tega plana že uresničenega in da bo v prihodnjih letih le še malo sprememb.

Ker merjenih pretokov ni bilo, smo uporabili verjetne dejanske vode, izračunane s programom HEC1. Pri obstoječem stanju zadrževalnika Veliki potok nismo upoštevali. Pretok je tako večji kot pri predvidenih ukrepih, kjer se poleg regulacije korita upošteva tudi vpliv zadrževalnika.

Zaradi večjega pretoka in posledično večjega prelivanja na poplavne ravnice, smo za obstoječe stanje računali najprej s stalnim tokom, nato pa še s nestalnim tokom in nato

primerjali rezultate. Pri stalnem toku imamo konstanten pretok, pri nestalnem toku pa se pretok manjša na račun inundacij ter večja zaradi stranskih pritokov.

5.2 Stalni tok

5.2.1 Geometrija računskega modela

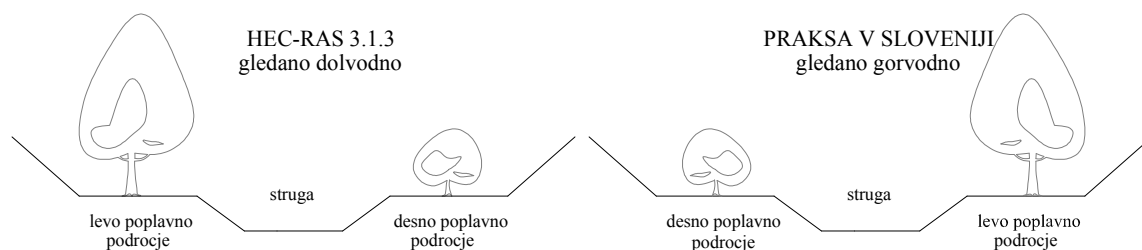
5.2.1.1 Tlorisni potek in prečni prerezi

Podatke o geometriji obravnavanega odseka smo dobili na IzVRS-ju. Bili so v AutoCad-ovi in Excelovi datoteki. V programu AutoCad je bila narisana situacija (v merilu 1:5000) s podatki o prečnih profilih.

S pomočjo risanja prem in radijev v os vodotoka smo lahko določili dolžino trase in razdalje med profili. Radiji krivin se gibljejo od 15m pa do 600m. V vsakem presečišču osi s profilnimi črtami in, kjer se je spremenila ukrivljenost vodotoka, smo odčitali koordinate teh točk. Na podlagi koordinat in velikosti radijev – za preme smo določili zelo velik radij (10000 m), da smo lahko vzeli za vse isto enačbo, smo z Excelom izračunali razdalje med posameznimi točkami ter tako določili stacionažo in razdalje med profili.

Vsak profil v tlorisu je vseboval točke, ki so bile označene s številkami. V Excelu so imele te točke podane X in Y koordinato in višino. S temi podatki smo lahko določili razdalje med točkami in njihove višine, kar smo potrebovali za prečne profile, ki smo jih nato vnesli v HEC-RAS. Prečne profile je bilo potrebno preimenovali, saj program upošteva, da se začnejo profili dolvodno in naraščajo proti toku (priloga M). Poleg podatkov o prečnih profilih je bilo potrebno podati tudi medsebojne razdalje med profili, ki smo jih določila že prej s pomočjo Excela.

Pri prečnih profilih je bilo potrebno tudi paziti, kako jih vnašamo v program. Vnašamo jih od leve proti desni gledano dolvodno, kar je ravno nasprotno načinu, ki ga uporabljamo v Sloveniji (slika 19) – leva stran je desni breg in desna stran je levi breg (gledano gorvodno).



Slika 19: Določitev leve in desne strani brežin v programu HEC-RAS in v Sloveniji

Grosupeljščica je že reguliran potok z nešteto nizkimi pragovi in brzicami. Profili, v katerih so pragovi oz. brzice, so označeni na situaciji s PP oz. PB. Točka spodnje kote praga oz. brzice je bila na situaciji ponavadi označena na niveletih in malo zamaknjena od ostalih točk. V HEC-RAS smo tako najprej vnesli podatke za zgornji del praga, nato pa za nekaj centimetrov dolvodno prestavili te iste podatke za brežine in znižali profil za toliko, kot je bila podana spodnja kota praga. Na nekaterih profilu je bilo označeno, da je prag oz. brzica v tem profilu, a podatka za spodnjo koto ni bilo. V takih primerih smo upoštevali kot, da stopnje ni. Nizki pragovi in brzice imajo večjo vlogo pri manjših pretokih, pri visokih vodah pa je njihov vpliv zanemarljiv, zato nimajo večje vloge pri računu poplavne ogroženosti Grosupljega.

Zaradi same naloge, ki se ukvarja predvsem s poplavno ogroženostjo naselja in ustrezno ureditvijo potoka, je bilo potrebno določiti dolinske profile. Teh podatkov ni bilo, zato smo višinske kote določili na podlagi karte Grosupljega, ki smo jo dobili v digitalni obliki na IzVRS-ju. Zaradi pomanjkanja podatkov smo območja pozidanih površin v HEC-RASU izločili. Med objekti je hitrost toka zelo majhna – skoraj nična, takemu toku rečemo nesodelujoči mrtvi tok. V teh območjih se voda le zadržuje. Z izločitvijo takih območij smo z računom na varni strani, saj predpostavimo, da se voda, ki se dejansko sicer akumulira na teh območjih, teče naprej po območju in povzroča višjo gladino.

Zaradi zastarelosti karte je dejansko veliko več površin, ki so na karti predstavljale nepozidane površine, sedaj pozidanih. Na podlagi ogleda terena, naknadnih podatkov o višinskih kotah določenih delov novejšje pozidave in DOF posnetkov, smo pozidane površine naknadno izločili iz računa tako, da smo "odrezali" del profila, kjer so objekti.

5.2.1.2 Mostovi

Ko imamo zrisane prečne prereze, lahko v situacijo dodamo še mostove. Za vnos mostu potrebujemo štiri prečne profile. Geometrija znotraj mostu je kombinacija srednjih dveh prečnih profilov ter geometrije mostu. Prvi in zadnji profil postavimo gorvodno oz. dolvodno od mostu, kjer se ne čuti več vpliva objekta. V geometrijo mostu vnesemo podatek o oddaljenosti zgornjega profila od mostu, širino mostu, koeficient v standardni prelivni enačbi, ki se bo uporabil v primeru prelivanja čez mostno ploščo, ter podatke o geometriji mostu za gorvodno in dolvodno stran. Če ima most mostne opornike, jih vnesemo v mostno konstrukcijo in določimo njihove dimenzije.

5.2.1.3 Neaktivna območja toka

Neaktivna območja se določijo s funkcijo ineffective flow areas. Ta funkcija se uporabi tam, kjer se voda nahaja, vendar pa zaradi hitre zožitve oz. razširitve ni velikih hitrosti oz. so skoraj nične. Funkcija se uporabi predvsem pri mostnih konstrukcijah in pri profilih, v katerih se tok zelo razširi oziroma zoži od prejšnjega profila.

5.2.1.4 Manningov koeficient

Ker na razpolago ni bilo podatkov o visokih vodah, da bi lahko umerili hidravlični računski model, smo določili Manningove koeficiente izgub zaradi hrapavosti s pomočjo literature.

Program omogoča, da lahko določimo več različnih Manningovih koeficientov v enem prečnem prerezu. Ni nujno, da so le tri različne vrednosti Manningovega koeficienta (za levo in desno poplavno območje ter za strugo), ampak se lahko spreminja horizontalno (obstaja tudi možnost spreminjanja v vertikalni smeri). Ker so brežine močno zaraščene, smo za brežine dali drugačno vrednost n_g kot za dno struge.

Po ogledu terena smo za posamezne odseke določili koeficiente hrapavosti. Tam kjer je več grmovja in dreves, je koeficient večji, tam pa kjer brežine zarašča samo trava, pa manjši. Vrednost se giblje od 0,1 do 0,035. Za dno struge smo predpostavili $n_g = 0,03$, za poplavne ravnice pa 0,05 (v poletnem času na njih raste predvsem visoka trava).

Taka določitev Manningovega koeficienta je zelo približna. Da bi videli, kako pomembna je prava določitev tega koeficienta, smo ga povečali oz. zmanjšali za 20%. V povprečju so

razlike v gladini pri povečanem/pomanjšanem Manningovemu koeficientu v primerjavi z dejanskim večje/manjše za okoli 10cm (priloga D). Takšne razlike so dokaj velike glede na to, da koeficient spremenimo le za 20% (npr. iz 0,05 na 0,06). Že pri sami ocenitvi, ali vzamemo večjo ali manjšo vrednost v tabeli pri določenem tipu terena, varira za 20%, če pa še ustrezno ne ocenimo terena, nam lahko da končni rezultat dosti drugačne vrednosti kot če bi izbrali ustrežnejši koeficient. Pri izbiri dejanskega koeficienta smo se zato raje odločili za večje vrednosti in tako pri izračunu upoštevali določen faktor varnosti.

5.2.1.5 Koeficient zožitve in razširitve

Hidravlične izgube zaradi zožitve in razširitve toka so po celotnem odseku konstantne. Za zožitev je vrednost koeficienta 0,1, za razširitev pa 0,3. Drugačne vrednosti koeficientov so le pri mostnih konstrukcijah. Za vse štiri profile, ki jih potrebujemo za mostno konstrukcijo, vzamemo koeficient zožitve 0,3, razširitve pa 0,5.

5.2.2 Robni pogoji in pretok

Dejanskih izmerjenih 100-letnih pretokov, ki bi že nastopili na tem območju, ni, zato smo vzeli izračunane verjetne dejanske pretoke. Največji izračunan pretok je na območju Grosupeljščice nad Grosupljem in znaša $52\text{m}^3/\text{s}$.

Ker nimamo merjenih podatkov o gladini, za spodnji robni pogoj predpostavimo gladino. Da ne bi prišlo do večjih napak pri ocenitvi, dolvodno dodamo še dodatne profile. Tako se napaka zaradi ocenitve gladine v spodnjem profilu ne opazi več na obravnavanem odseku (od železniške proge gorvodno).

Ker se računa z mešanim režimom toka, je potrebno poleg spodnjega robnega pogoja podati tudi zgornji robni pogoj. Za zgornji robni pogoj izberemo kritično globino.

5.2.3 Rezultati – stalni tok

Iz rezultatov HEC RAS-a je razvidno, da Grosupeljščica pri stalnem pretoku $52\text{m}^3/\text{s}$ prestopi bregove na celotnem obravnavanem odseku. V zgornjem delu poplavi travnik ob levem in desnem bregu. Na desni strani zajezi vodo avtocesta, na levi pa jo na določenih odsekih zadrži lokalna cesta, sicer pa voda seže do hribovitega terena. Od lesenega mostu dovodno je desni

breg tako visok, da voda preliva le levi breg. Novogradnja stanovanjskih hiš ob levem bregu potoka je na platoju, ki je toliko dvignjen nad osnovni teren, da ga visoka voda ne prelije, neposeljeno okoliško območje pa je pod vodo. Del trgovsko obrtne cone, ki leži od pritoka Bregu dolvodno, je pri tako visokih vodah poplavljen, kljub temu da je zidan na višjem terenu od prvotnega. Poplavljen je del objektov ob potoku, objekti, ki pa so bolj oddaljeni od potoka pa so na višjem terenu tako, da jih voda ne preplavi. Trgovsko obrtna cona je še v gradnji, nekatere parcele še niso pozidane, vendar pa je ravno tako kot pri že obstoječih potrebno pred gradnjo nasuti teren za zaščito pred visoko vodo. Visoka voda poplavi tudi del Jerove vasi. Most je v celoti preplavljen, ravno tako tudi naselje levo od Grosupeljščice in travnik nasproti njega. V trenutnem stanju, ko še poteka gradnja objektov na tem travniku, je preplavljen tudi že zgrajeni del, saj kljub temu da je narejen zaščitni zid ob Grosupeljščici, pride voda zadaj za trenutno še nedokončanem zidu - kasneje naj bi zid ščitil celotno novogradnjo. Osnovna šola Brinje je postavljena na umetno zgrajeno teraso, ki je višja od osnovnega terena za več kot en meter, zato je poplavljen le območje igrišč, sama zgradba pa ne. Voda poplavi tudi območje travnika in nogometnega igrišča nasproti šole. Preplavljeni sta obe brvi in most, ki je predviden za odstranitev. Voda poplavlja celotni pas objektov ob Grosupeljščici vse do železniške proge. Izračunana 100-letna voda je tako velika, da poplavlja tudi objekte, ki so zgrajeni na umetno dvignjenem terenu za zaščito pred visokimi vodami. Obstoječe mostove tako visoka voda preplavi, izjema so le nekateri novejši mostovi in pa železniški most.

V prilogi E je vzdolžni prerez obravnavanega odseka. V njem so vrisani levi in desni breg, dno potoka, pragovi, mostovi in okoliški teren, na katerem so objekti – včasih da breg struge napačni pogled na to ali je del objektov poplavljen ali ni, kajti novejša gradnja ob potoku je večinoma zgrajena na umetno dvignjenih terasah za zaščito pred visoko vodo, ter vrisana je še gladina vode pri pretoku $52\text{m}^3/\text{s}$. Kakšno je poplavno območje pri 100-letni vodi, je razvidno iz priloge B.

5.3 Nestalni tok

Ker na obravnavanem območju prihaja na eni strani do večjega prelivanja visoke vode na poplavne ravnice in s tem zmanjšanja pretoka, na drugi strani pa do povečanja pretoka vode na račun stranskih pritokov in meteornih vod, smo računali še z nestalnim tokom. Pri računu z

nestalnim tokom se pretok časovno spreminja. Nas so zanimale maksimalne vrednosti pretokov.

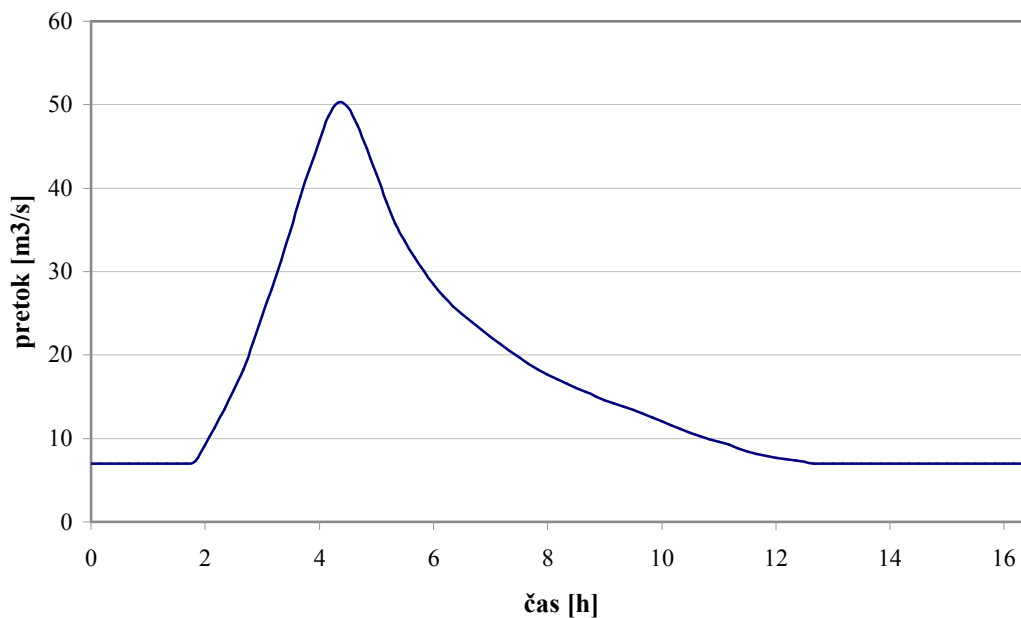
5.3.1 Geometrija računskega modela

Geometrija za nestalni tok se ni dosti spremenila od geometrije za stalni tok. Zaradi podatkov o začetnih pogojih, ki smo jih imeli na voljo, smo zgornje profile do vključno P8 izločili iz računa - podatek za hidrogram pretokov je bil izračunan za P10, kjer se v Veliki potok izliva Duplica. Ker nas zanimajo razmere dolvodno od teh profilov, to ni imelo vpliva na samo nalogo.

5.3.2 Robni in začetni pogoji

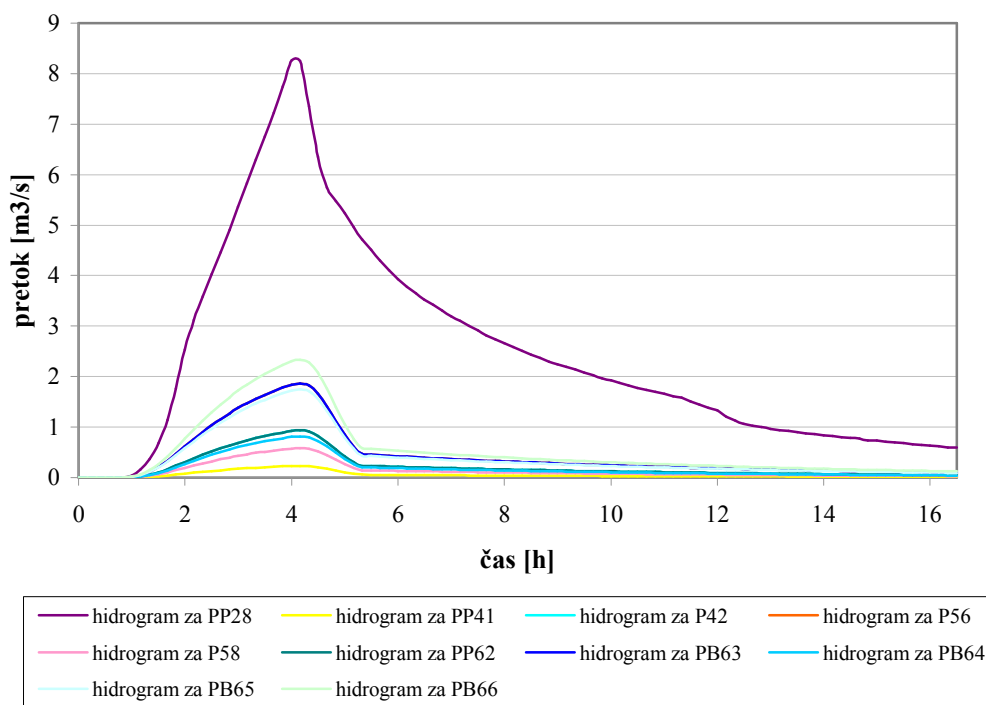
Ker ni bilo na razpolago merjenih podatkov hidrograma pretoka, smo vzeli za podatek izračunani hidrogram pretoka za verjetne dejanske vode. Hidrogram pretoka je bil izračunan s programom HEC1 in temelji na sintetičnem enotnem hidrogramu po SCS metodi. V izračunu so se upoštevali podatki o obliki in velikosti korita in dolinskega dna. Za minimalni pretok smo vzeli $7\text{m}^3/\text{s}$, saj je pri manjših vrednostih program javljal napako.

Hidrogram pretoka je izračunan v profilu, kjer se v Veliki potok zliva Duplica – profil P10. Zato smo zgornje profile izločili iz geometrije in kot zgornji robni pogoj vzeli izračunani hidrogram pretoka v profilu P10. Za spodnji robni pogoj smo vzeli normalni padec $I = 0,004$. Ponavadi se vzame vrednost energijskega padca, če pa ni znan, se lahko, kot smo naredili v našem primeru, vzame padec dna struge. Za začetni pogoj smo vzeli pretok $7\text{m}^3/\text{s}$ – začetna vrednost v hidrogramu pretoka (slika 20).



Slika 20: Hidrogram pretoka podan v začetnem profilu P10

Na obravnavanem odseku Grosupeljščice se zlivajo vanjo še potok Breg in meteorne vode, zato smo v izračunu upoštevala tudi te pritoke. V profilu PP28 smo upoštevali pritok Brega, in sicer smo v tem profilu upoštevali hidrogram stranskega pritoka (lateral inflow hydrograph). K temu hidrogramu smo še prišteli vode, ki padejo na območje podpovodja PPO9, t.j. gorvodno od tega profila. Padavine, ki padejo na območje podpovodja PPO11 (priloga A), smo razdelili na več stranskih pritokov. V situaciji smo imeli podatke o lokacijah pritokov meteornih vod in o velikosti ceveh. Glede na te podatke smo razdelili celoten hidrogram pretoka na tem območju in posamezne hidrograme stranskih pritokov vnesli v program (slika 21).



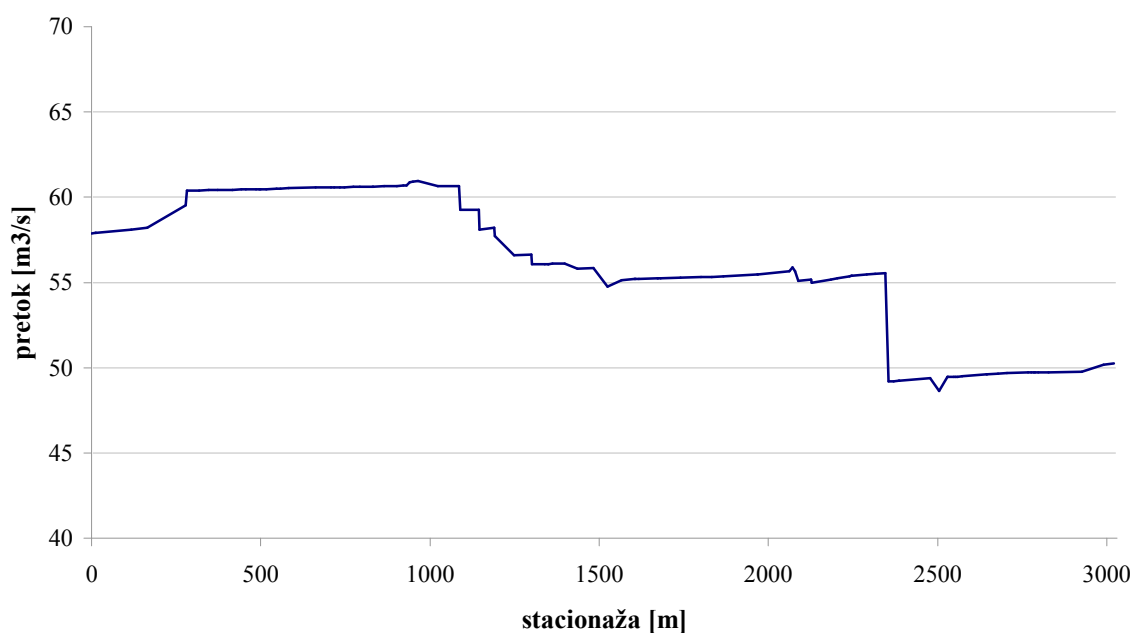
Slika 21: Hidrogrami pretoka za stranske vtoke, ki se stekajo v Grosupeljščico (potok Breg in meteorne vode)

5.3.3 Primerjava rezultatov izračuna nestalnega toka s stalnim

Ko smo računali z nestalnim tokom, nam je program javljal kar nekaj napak. Potrebno je bilo tudi upoštevati, da prihaja v nekaterih profilih do deročega toka, zato smo računali z mešanim režimom. Najprej smo računali s celotno geometrijo, vendar pa je račun postal nestabilen. Da bi ugotovili, kje prihaja do napake, smo poskušali z različnimi spremembami v geometriji in v robnih pogojih. Ko smo zaradi podatkov o robnih pogojih, izločili prvih 8 profilov, spremenili minimalne vrednosti pri hidrogramu odtoka in zmanjšali padec, do napak ni več prihajalo. Za minimalni pretok pri hidrogramu odtoka smo vzeli $7\text{m}^3/\text{s}$ - pri manjših vrednostih je postal račun nestabilen. Program je občutljiv tudi na robne pogoje - velikost padca dna vodotoka. Ko smo računali s časovnim intervalom ene ure, je pri 0.4% račun postal nestabilen. Pri zmanjšanju padca dna na 0.3%, smo napako odpravili. Ko pa smo časovni interval računa zmanjšali iz ene ure na 10 minut, se je račun izvršil tudi pri večjemu padcu.

Pri računu s stalnim tokom smo vzeli največji izračunani pretok na tem območju ($52\text{m}^3/\text{s}$), za izračun pri nestalnem toku pa smo vzeli hidrograme pretokov. Program je pri nestalnem toku izračunal maksimalne pretoke v posameznih profilih. Vrednost pretokov se giblje od 48 do

61m³/s (slika 22). Maksimalna vrednost pretoka v začetnem profilu je 50,25m³/s. Dolvodno do profila PP28 se pretok zmanjša zaradi inundacije na 49,19m³/s. Potok Breg se steka v Grosupeljščico v profilu P34 in poveča pretok na 55,53m³/s. Dolvodno se pretok giblje od 54 do 61m³/s. Največji pretoki, nad 60m³/s, so med profiloma P92 in PB66. Gorvodno od tega območja je več pritokov meteorne vode, ki povečajo pretok, kasneje pa se ta voda zaradi goste poselitve nima kam razlivati. Možnost inundacije dobi šele dolvodno od profila P92, ko se pričnejo travniki in njive. Pretok pade na manj kot 58m³/s.



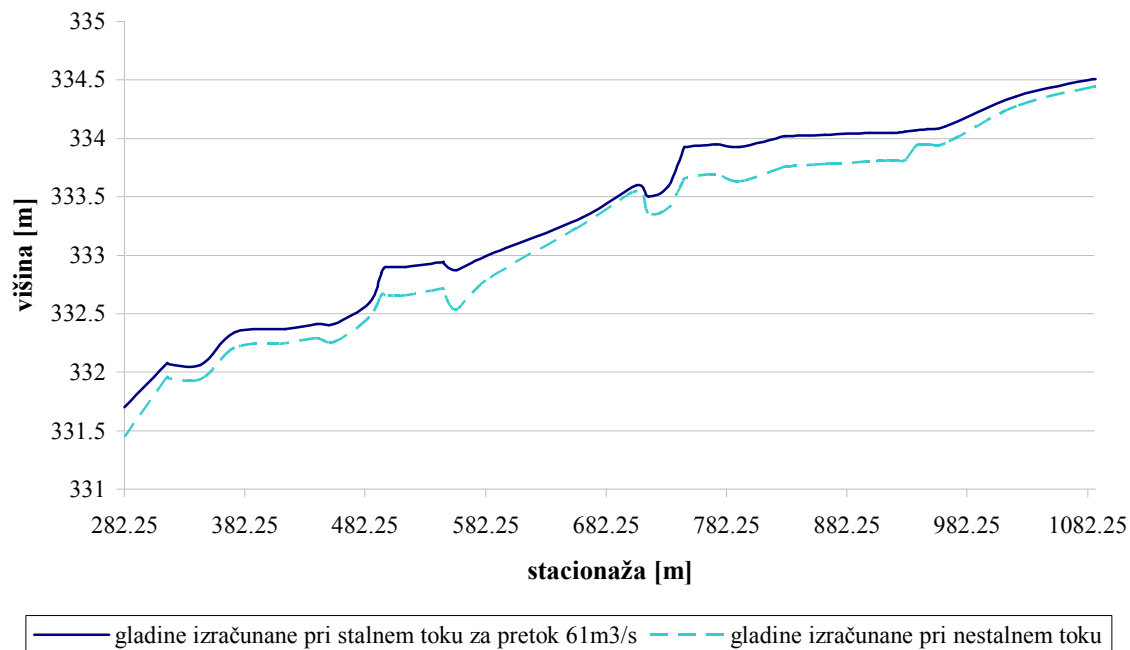
Slika 22: Maksimalne vrednosti pretokov izračunane z nestalnim tokom

Vrednosti pretokov izračunanih s programom HEC-RAS in programom HEC1 (računan na IzVRS) se med seboj dosti razlikujejo. V profilu, kjer se steka v potok Breg, smo dobili pretok 55,53m³/s, pri računu s HEC1 pa je pretok 52 m³/s. Ravno tako so razlike v spodnjem profilu (P97), s HEC-RAS-om dobimo izračunan pretok 57,89m³/s, s HEC1 pa 48m³/s. Do odstopanj pride zaradi različnih vhodnih podatkov in načina računa. V HEC1 se potovanje vala računa po Muskingamovi metodi 8 točk, kjer za vsako podpovodje, po katerem teče potok, vzame le en prečni prerez korita s poplavnim območjem opisanim z osmimi točkami, hrapavostjo korita za posamezen del korita ter padcem dna korita oziroma energijske črte. Ker

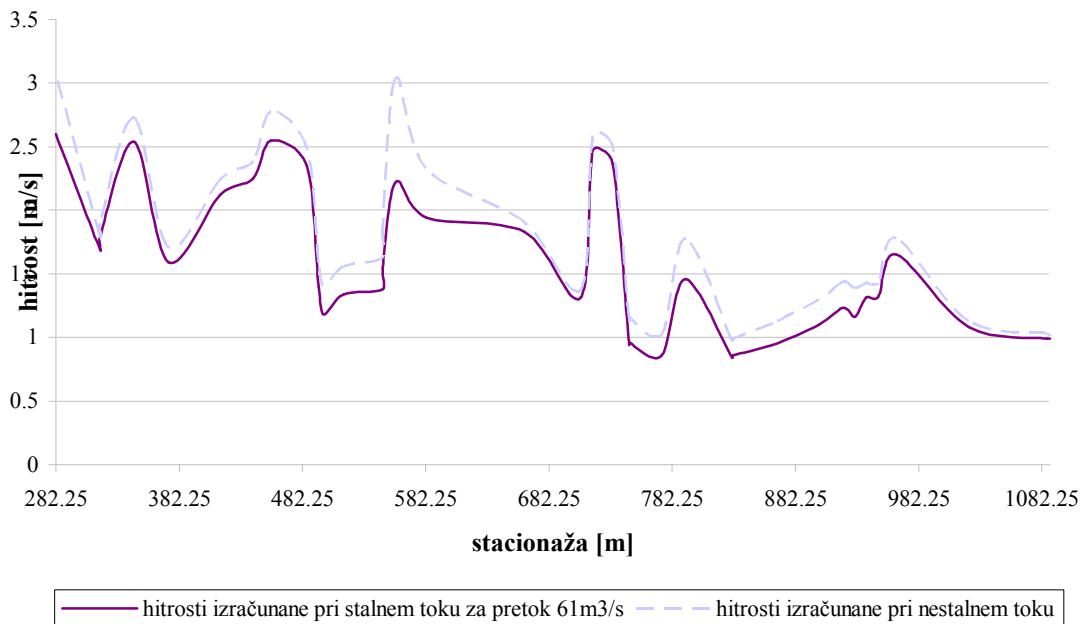
je eno podpovodje lahko veliko in se karakteristike struge s poplavnim delom lahko močno spreminjajo, je takšen način manj natančen kot, če bi imeli več prečnih profilov. Verjetno bi se v tem primeru rezultati med seboj bolj ujemali.

Primerjava gladin pri izračunu s stalnim in nestalnim tokom je v prilogi E. V zgornjem delu potoka, pred pritokom Brega, so pretoki pri izračunu z nestalnim tokom manjši od $52\text{m}^3/\text{s}$, posledično so tudi gladine pri izračunu nestalnega toka na tem delu nižje od gladin pri izračunu s stalnim tokom. Velike razlike v gladinah so predvsem pred mostom P20 – več kot pol metra. Ko s pritokom Brega naraste pretok na $55\text{m}^3/\text{s}$, se gladina rahlo dvigne, a ne višje od gladine izračunane pri stalnem toku, povečajo se hitrosti. Dolvodno, kjer se pretok poveča na $61\text{m}^3/\text{s}$, ni večjih razlik v gladinah (največ za 12cm), ravno tako kot v zgornjem odseku pa se povečajo hitrosti. V spodnjem delu od profila P92 do železniške proge, kjer se voda razliva po travnikih, se gladina izračunana z nestalnim tokom zmanjša za 20cm.

Na območju od profila P92 do PB66, kjer je razlika v pretokih pri nestalnem toku in stalnem toku okoli $9\text{m}^3/\text{s}$, je razlika v gladinah majhna (manj kot 10cm, nekje pa je celo gladina izračunana s stalnim tokom višja). Zanimalo nas je, kakšna je razlika v gladinah na tem območju, če računamo z enakim pretokom. Namesto pretoka $52\text{m}^3/\text{s}$ smo za izračun pri stalnem toku vzeli pretok $61\text{m}^3/\text{s}$ (vrednosti za pretok pri nestalnem toku se na tem odseku gibljejo od 60 do $61\text{m}^3/\text{s}$) in primerjali izračunane gladine z gladinami pri nestalnem toku (slika 23). Gladine izračunane s stalnim tokom so višje od gladin pri nestalnem toku. Razlike se gibljejo od 6 do 27cm. Iz slike 24 je razvidno, da so hitrosti izračunane pri nestalnem toku večje od hitrosti izračunanih s stalnim tokom.



Slika 23: Primerjava gladin za pretok 61m³/s izračunanih s stalnim in nestalnim tokom



Slika 24: Primerjava hitrosti za pretok 61m³/s izračunanih s stalnim in nestalnim tokom

Kateri izračun naj bi uporabili, je odvisno, ali si želimo enostavnejši in hitrejši izračun, ali pa natančnejšega. Kljub temu da smo pri izračunu z nestalnim tokom uporabili več podatkov in so se pretoki po odseku spreminjali, pa pri primerjavi s stalnim tokom za pretok $52\text{m}^3/\text{s}$ ni večjih razlik v gladinah. Glede na rezultate s prejšnje strani smo ugotovili, da je gladina pri enakih pretokih izračunana s stalnim tokom višja od gladine izračunane z nestalnim tokom. S tem smo z računom stalnega toka na varni strani projektiranja, vendar pa takšno dimenzioniranje ni ekonomično. Mi smo se vseeno odločili, da bomo rajši na varni strani projektiranja in smo v nadaljevanju računali s stalnim tokom.

6 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS – OBSTOJEČE STANJE Z UPOŠTEVANJEM ZADRŽEVALNIKA VELIKI POTOK (STALNI TOK)

6.1 Splošno

Zadrževalnik Veliki potok naj bi akumuliral le del vode, ki naj bi prišle iz zaledja Veliki potok nad pregrado. Predpostavljeni iztok iz zadrževalnika naj bi bil $10\text{m}^3/\text{s}$, kar izhaja iz idejnega projekta za zadrževalnik Veliki potok (IzVRS, 2005).

Izgradnja samega zadrževalnika ne zadošča za zaščito pred visokimi vodami. V naslednjem izračunu je razvidno, koliko se zniža gladina 100-letne vode z upoštevanjem zadrževalnika in da je potrebno poleg zadrževalnika izvesti še druge ukrepe za zaščito pred poplavami.

6.2 Podatki za izračun

Geometrija ostaja enaka geometriji pri prejšnjem izračunu za stalni tok.

Za spodnji robni pogoj predpostavimo gladino, za zgornji robni pogoj pa damo kritično globino.

Vrednost za pretok smo vzeli izračunano verjetno dejansko vodo s povratno dobo 100 let za stanje po izgradnji zadrževalnika. Največja vrednost znaša v območju Grosupeljščice nad železniško progo – $40\text{m}^3/\text{s}$ (IzVRS, 2005).

6.3 Primerjava rezultatov obstoječega stanja brez oz. z zadrževalnikom

Ko upoštevamo pri računu zadrževalnik, se maksimalni pretok zniža iz $52\text{m}^3/\text{s}$ na $40\text{m}^3/\text{s}$. Razlika v gladini je v povprečju okoli 20cm (priloga F), vendar to še zdaleč ne zadošča, da bi samo zadrževalnik ščitil naselje pred visokimi vodami. Nezaščitena območja pred visoko vodo ostajajo naselje nad nogometnim igriščem ter skoraj celotni del objektov od nogometnega igrišča navzdol.

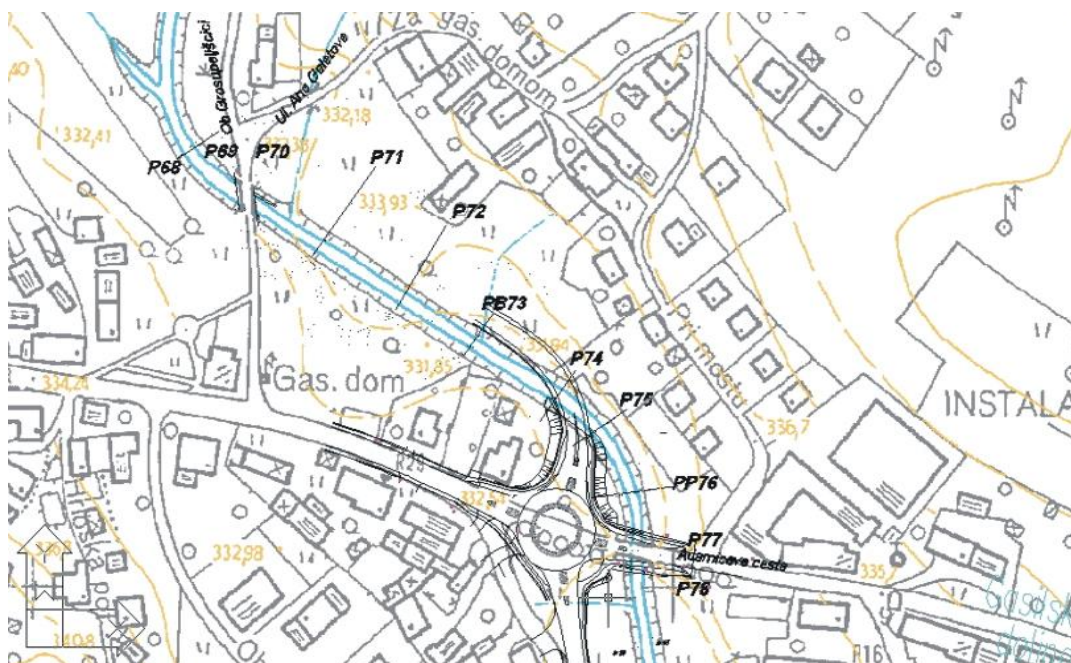
Kljub zmanjšanju pretoka za $12\text{m}^3/\text{s}$, mostovi še vedno zajezujejo visoke vode. Zajezitve so tako velike, da bo potrebno povečati prepuste, če hočemo zmanjšati poplave gorvodno. Most, ob katerem se zajezitev zaradi zmanjšanja pretoka zniža toliko, da ga ni potrebno povečati, je edino most P42 na cesti Ob Grosupeljščici zraven nove trgovsko obrtne cone. Zajezitev se toliko zmanjša, da voda ne poplavlja okoliških objektov, poplavlja le travnike na levi strani. Ostale mostove, ki z zajezitvijo ogrožajo objekte, bo potrebno povečati oz. nadomestiti z novimi, brvi pa naj bi odstranili in po jih možnosti nadomestili na primernejšem območju, kjer zajezitev ne bi ogrožala naselja.

7 IZDELAVA RAČUNSKEGA MODELA S PROGRAMOM HEC RAS – NAČRTOVANO STANJE (STALNI TOK)

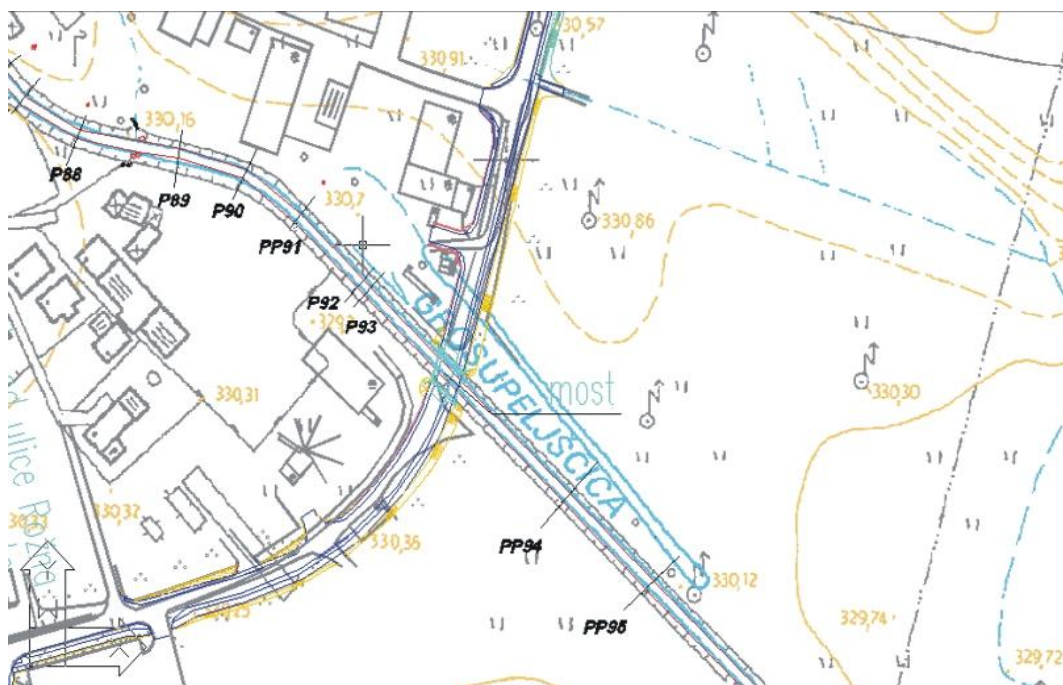
7.1 Splošno

Pri načrtovanem stanju upoštevamo predvideno poselitev, ki je v planu Občine Grosuplje za obdobje od leta 1996 – 2000 z dopolnitvami za leto 2004 (priloga L), in načrtovane mostove čez Grosupeljščico.

Del predvidene poselitve je v zgornjem delu območja od profila P18 do mostu. Od mostu naprej, kjer je že nekaj stanovanjskih hiš, naj bi bilo manjše naselje, ki ga na desni strani meji potok na levi pa lokalna cesta. Dokončale naj bi se tudi sedanje novogradnje – od pritoka Bregu do osnovne šole. Gradilo naj bi se tudi na obrobju Rožne doline do železniške proge. V načrtu je gradnja dveh mostov. Most iz Grosuplja proti Jerovi vasi bo odstranjen, dolvodno pa bo zgrajen nov most (slika 25). Nov most bo tudi na koncu Rožne doline na Gasilski cesti (slika 26).



Slika 25: Prestavljeni most (profila P74 in P75) bo na lokaciji med sedanjim mostom (P69 in P70), ki bo odstranjen, in mostom na Adamičevi cesti (P77 in P78)



Slika 26: Predvideni most bo povezoval Gasilsko in Adamičevo cesto

7.2 Geometrija računskega modela

Podatki o geometriji za načrtovano stanje so taki kot pri obstoječem stanju, le da se v geometrijo še vnesejo podatki o predvideni poselitvi in o novih mostovih.

Kjer je predvidena poselitev, smo v program vnesli funkcijo za nasipe (levees). Levo oz. desno od nasipa ni vode (razen v primeru, če voda preseže višino nasipa) - s tem je obravnavana poselitev zaščitena.

Pri predvidenem stanju uredimo potok tako, da so vsi objekti zaščiteni pred visoko vodo. Nasip oz. zid ni najboljša rešitev, vendar pa je na nekaterih odsekih to edini možni ukrep. Potrebno je tudi povečati mostne odprtine, saj večino mostov ne prepušča dovolj vode in povzroča zaježitev gorvodno. To je edino ugodno, če je potrebno varovati objekte dolvodno od mostu, saj se s tem zmanjšamo pretok. V našem primeru pa zaježitve povzročijo poslabšanje vodnih razmer, zato je ena od rešitev povečanje mostnih odprtin. Brvi, ki

povzročata zajezitev, smo odstranili. Ukrepi narejeni v sami strugi so izravnava nivelete dna in lokalne širitve struge. Breg, na katerem je predvidena širitev, naj bi se očistil zarasti - zmanjšanje Manningovega koeficienta. K zvečanju pretočnosti bi pripomoglo tudi čiščenje celotne struge, vendar pa je to preveč drastičen poseg v naravo, zato se za to varianto nismo odločili.

7.3 Robni pogoji in pretok

Robni pogoji in pretok ostanejo taki kot pri obstoječem stanju z upoštevanjem zadrževalnika.

7.4 Rezultati

7.4.1 Splošno

Iz vzdolžnega profila (priloga G) je razvidno, da kljub razširitvi struge voda še vedno na nekaterih mestih prestopi bregove.

V zgornjem delu voda prestopi bregove in poplavlja travnik, na katerem naj bi se gradili stanovanjski objekti. Že zgrajene stanovanjske hiše stojijo na umetno dvignjenem terenu, ki jih ščiti pred visoko vodo. Takšna rešitev bi bila ustrezna tudi za načrtovano gradnjo. Objekti v trgovsko obrtni coni nasproti Jerove vasi so dovolj visoko, da jih poplavna voda ne doseže. Drugače je na še nepozidanih parcelah. Preden se bo na njih gradilo, jih bo potrebno dvigniti na višino terena trenutnih objektov. Z razširitvijo struge od profila P43 do PP55 se je gladina vode toliko znižala, da naselje na tem območje ni več ogroženo pred visoko vodo. V območju med obema brvema se struga ni širila, kajti na tem delu lahko pride do poplavljanja. Voda se ob velikih pretokih zadrži na travniku in igriščih in tako zmanjša poplave dolvodno. Od profila PB63 do konca odseka se je struga razširila, vendar pa kljub širitvi pride na nekaterih odsekih do poplav. Kjer je voda poplavila naselja, je potrebno zgraditi nasipe oz. zid. Ob levem bregu od profila PP62 do P69 ni podatkov, na kakšni višini so zgrajeni objekti. Iz terena je razvidno, da so hiše grajene v hrib. Ker pa ni meritev, bom na tem območju predpostavila nasip oz. zid, kasneje pa naj bi se s pomočjo dolinskih profilov ugotovilo, ali je res potreben. Na desnem bregu voda poplavi naselje od profila PB64 do P77 (do mostu na Adamičevi cesti). Ker je premalo prostora za gradnjo nasipa, je potrebno narediti zid. Na

območju od mostu v Rožni dolini (profil P85) do načrtovanega mostu na Gasilski cesti je potrebno varovati oba bregova. Zaradi malo prostora med potokom in stavbami je potrebno narediti zid. Ogrožen je tudi travnik do železniške proge, na katerem naj bi se v prihodnjih letih gradilo.

7.4.2 Primerjava z obstoječim stanjem

Zaradi razširitve struge in izravnave nivelete dna, se je znižala gladina vode pri načrtovanem stanju. Z znižanjem gladine pa so se spremenile tudi druge količine. Ogleдали si bomo, kakšen vpliv imajo regulacije na hitrost vode.

Enačba za hitrost se glasi: $v = 1/n_g \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ [m/s].

Iz enačbe je razvidno, da je hitrost vode odvisna od zaraščenosti struge, hidravličnega radija ter energijskega padca.

V zgornjem odseku med profiloma P15 in PP19 se je hitrost vode pri načrtovanem stanju zmanjšala, gladina pa se je zvišala v primerjavi z obstoječim stanjem (preglednica 5, priloga G). Do dviga gladine ni prišlo zaradi regulacije struge – z regulacijo bi se gladina morala zmanjšati, ampak ker smo upoštevali načrtovano gradnjo, ki zmanjša poplavno območje in s tem dvig gladine. Do zvišanja gladine zaradi načrtovane gradnje je prišlo tudi med PP21 in PP36.

Preglednica 5: Primerjava gladin in hitrosti pri obstoječem in načrtovanem stanju za pretok $40 \text{ m}^3/\text{s}$ – od profila P15 do PP19

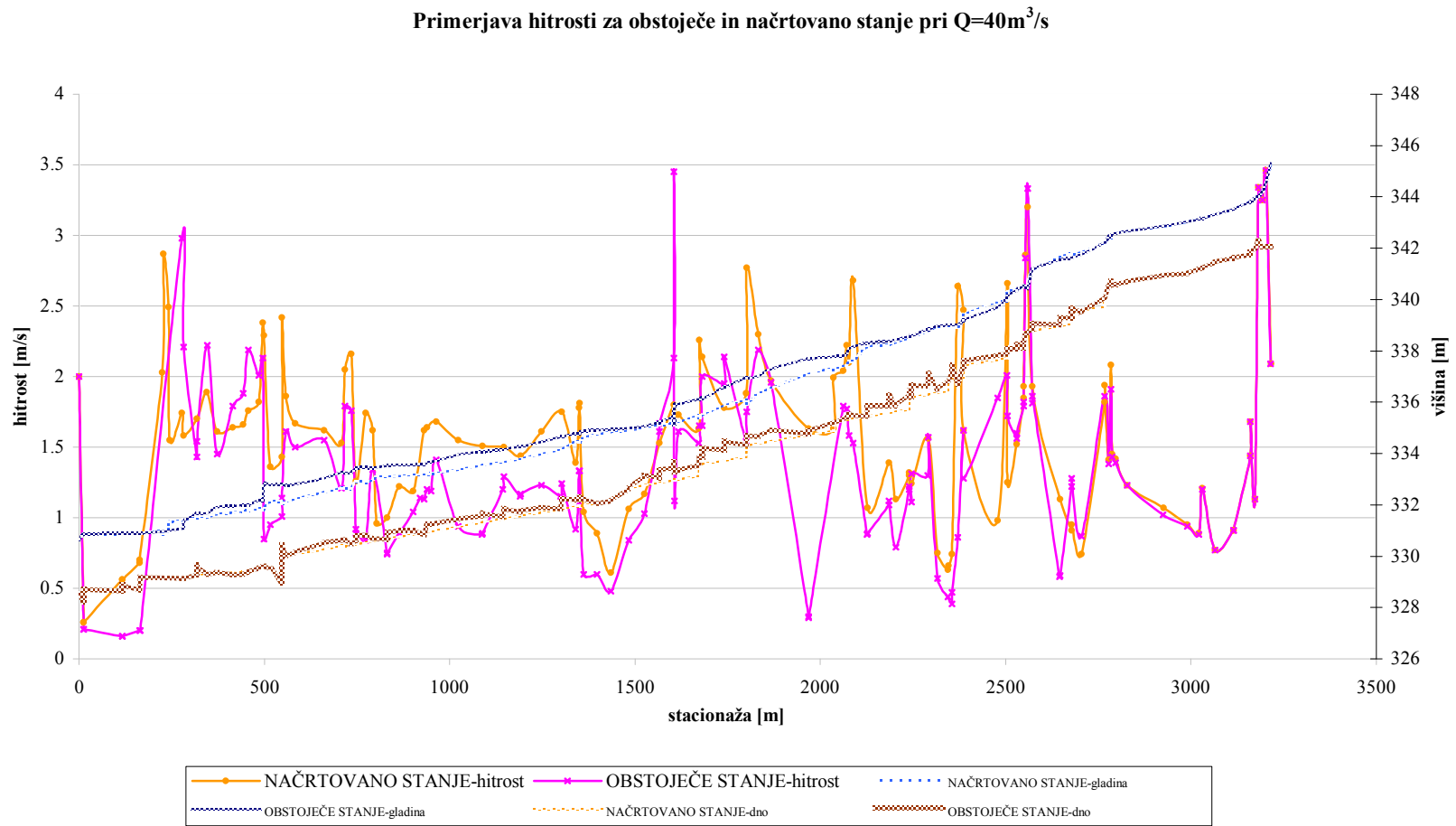
PROFIL	oznaka profila v HEC RASu	Plan	kota dna [m]	višina gladine vode [m]	energijski padec [m/m]	hitrost vode v strugi [m/s]	Froudovo število (za strugo) [-]	hidravlični radij struge R [m]
P15	76	načrtovano stanje	340.12	342.19	0.014311	1.94	0.53	1.25
P15	76	obstoječe stanje	340.12	342.24	0.013412	1.86	0.51	1.26
P15	75.8	načrtovano stanje	339.72	342.2	0.011339	1.82	0.47	1.31
PP16	75	načrtovano stanje	339.56	341.85	0.001921	0.74	0.19	1.42
PP16	75	obstoječe stanje	339.5	341.75	0.002732	0.87	0.23	1.37
PP17	74.1	načrtovano stanje	339.5	341.78	0.003054	0.95	0.24	1.51
PP17	74.1	obstoječe stanje	339.66	341.62	0.006292	1.28	0.34	1.34
PP17	74	načrtovano stanje	339.05	341.78	0.002858	0.91	0.22	1.6
PP17	74	obstoječe stanje	339.27	341.61	0.005795	1.22	0.31	1.44
PP18	73.1	obstoječe stanje	339.29	341.56	0.001124	0.59	0.15	1.49
PP18	73	načrtovano stanje	338.97	341.66	0.003627	1.13	0.27	1.64
PP18	73	obstoječe stanje	339.01	341.55	0.001003	0.58	0.14	1.56
PP19	72.1	obstoječe stanje	339.07	341.19	0.008855	1.86	0.46	1.52
PP19	72	načrtovano stanje	338.79	341.12	0.009002	1.93	0.47	1.55
PP19	72	obstoječe stanje	338.84	341.19	0.007787	1.81	0.44	1.58

Vpliv razširitve struge med profiloma P43 in PP55 se pozna tudi gorvodno (priloga G). Znižala se je zaježitev pred mostom in povečale so se hitrosti. Ob mostu se hitrost vode močno poveča. Do večjega povečanja hitrosti pride tudi v profilih, kjer so postavljeni pragovi (slika 27).

Iz slike 27 je razvidno, da so v povprečju hitrosti pri obstoječem stanju manjše kot pri načrtovanem. Izjeme so le na določenih odsekih. Veliko hitrost dobi voda pri obstoječem stanju ob brvi (P53, PP54), ko skoči iz 1,12m/s na 3,45m/s in mirni tok preide v deročega (preglednica 6). Gladina vode pade na tem delu za skoraj 90cm.

Preglednica 6: Povečanje hitrosti in padec gladine vode ob brvi pri obstoječem stanju za pretok 40m³/s

PROFIL	oznaka profila v HEC RASu	kota dna [m]	višina gladine vode [m]	energijski padec [m/m]	hitrost vode v strugi [m/s]	Froudovo število [-]	hidravlični radij struge R [m]
PP52	46.1	333.82	336.1	0.006043	1.65	0.39	0.39
PP52	46	333.55	336.11	0.004768	1.53	0.35	0.35
profil 10m pred brvjo	45.5	333.34	335.91	0.005369	1.61	0.38	0.38
P53	45	333.25	335.9	0.00407	1.12	0.29	0.29
BRV	44.5						
PP54	44.1	333.67	335.15	0.019052	3.45	1.08	1.08
PP54	44	333.43	335.42	0.013387	2.13	0.57	0.57
PP55	43.1	333.36	335.22	0.008489	1.67	0.44	0.44
PP55	43	333.06	335.22	0.007178	1.61	0.41	0.41
PP56	42	333.16	335.07	0.003418	1.03	0.28	0.28



Slika 27: Primerjava hitrosti za obstoječe in načrtovano stanje pri pretoku $40\text{m}^3/\text{s}$ – na grafu je še prikazano dno struge in gladina vode

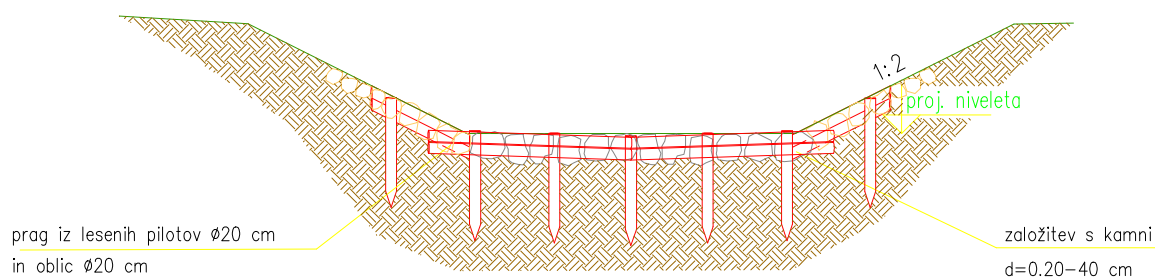
8 PREDLOG UREDITVE GROSUPELJŠČICE

8.1 Splošno

Ureditev Grosupeljščice temelji na več različnih ukrepih. En sam ukrep ne bi zadostoval za poplavno varnost naselja. Ker se na nekaterih mestih ne da razširiti struge za toliko, da bi vso visoko vodo spravili v korito, se na takih odsekih postavi nasip oz. zid. Problem predstavljajo tudi mostovi, ki ne prevajajo visokih voda.

8.2 Izravnava nivelete dna in razširitev struge

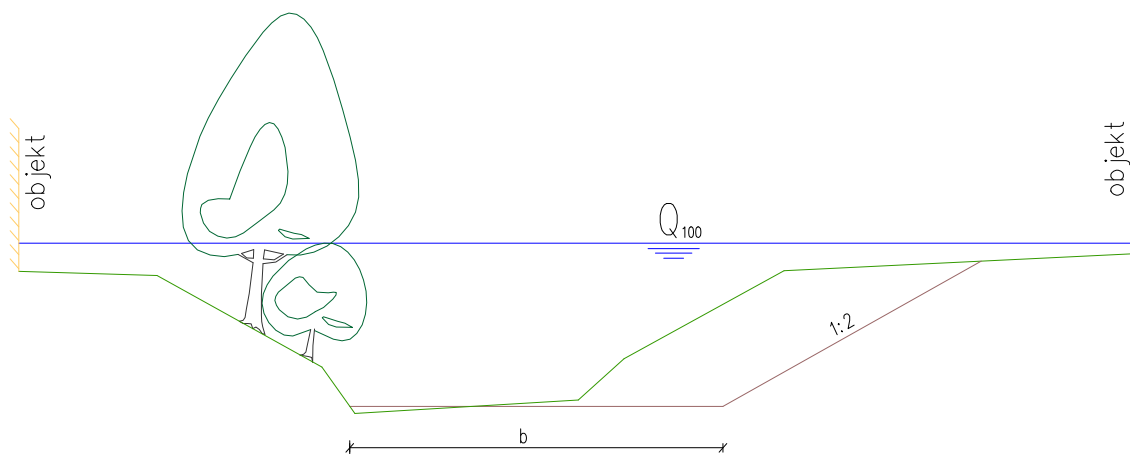
Od lesenega mostu dolvodno (profil P15) do profila PP91 smo izravnali niveleto dna struge. Dno poteka v padcu 2,45‰. Skozi odsek smo uredili stopnje višine 45cm. Na določene odseke smo postavili talne pragove, ki so bili v strugi tudi že pred ureditvijo (prilogi H in J, slika 28). Namen talnih pragov je običajno stabilizacija dna - onemogočajo spodjedanje dna, do česar v našem primeru ne prihaja. Mi smo jih uredili v strugo zaradi rib. Talni pragovi povzročajo neenakomerno porazdelitev hitrosti vode pri manjših pretokih, mešanje vode z zrakom in s tem tudi več kisika za ribe. Na visoke vode talni pragovi nimajo velikega vpliva, zato jih v računu nismo upoštevali. Z njimi nismo nič naredili glede poplavne varnosti, smo pa izboljšali kakovost potoka, saj se s tem omogočijo pogoji za življenje določenim živalskim in rastlinskim vrstam ter poveča se samočistilna sposobnost vodotoka.



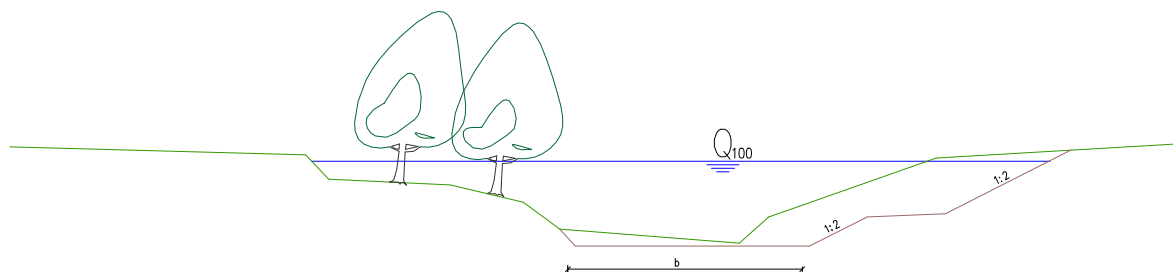
Slika 28: Talni prag

Razširitev korita je predvidena po skoraj celotnem odseku, ki gre skozi naselje. Korito se širi le na eno stran bregu, druga stran pa ostane nespremenjena. Na tisti strani bregu, ki jo širimo, odstranimo zarast – grmičevje in drevje, sicer pa ohranimo prvotno vegetacijo.

Od profila PP96 do P70 strugo lahko razširimo na 6m. S tem se struga razširi za okoli 1 do 2 metra. Naklon brežin je v razmerju 1:2. Od profila PP96 do profila P93, kjer se začnejo objekti, imamo sestavljen prečni prerez na razširjenem delu brega (slika 30). Zaradi bližine objektov od profila P93 do P82 strugo širimo z enostavnim trapeznim prečnim prerezem (slika 29). Naprej do profila P70 je toliko prostora ob potoku, da je lahko sestavljen prečni prerez. Od profila P68 do PB63 strugo razširimo na 7m z naklonom brežin 1:2 . Strugo naprej do profila PP55 ne širimo, saj v tem delu lahko voda preplavlja bregove in se akumulira na okoliških igriščih. Na odseku PP55 do pragu pred profilom P43 širimo strugo na 7m, zaradi bližine naselja uredimo brežine z naklonom 1:1.5.



Slika 29: Primer širitve korita na levo stran bregu – enostavni prečni prerez



Slika 30: Primer širitve struge s sestavljenim prečnim prerezom na levi strani

Zaradi zajeze nad železniško progo se gladina 100-letne vode, kljub temu da smo strugo razširili, ni znižala. Spremembe v gladini se poznajo šele pri manjših pretokih, ko z razširitvijo struge spravimo vodo, ki bi brez regulacije poplavljala, v korito. Do profila P82 je razlika v gladinah vode glede na obstoječe stanje do 30cm. Na odseku, kjer imamo sestavljen prečni prerez, pa se gladina zniža tudi do pol metra. Vpliv znižanja gladine se pozna tudi gorvodno na odseku, kjer nismo širili struge. Ker voda kljub razširitvi struge poplavlja bregove, bo potrebno zgraditi nasipe, ki pa bodo na račun ostalih regulacij manjši in s tem manj moteči za okolico. Na odseku, kjer smo širili strugo za 7m, ni potrebno nasipov, saj smo že s samo razširitvijo spravili visoko vodo v korito.

Brežine struge zavarujemo pred bočno erozijo s kamnometom. Stabilnost posameznega kamna v kamnometu je odvisna od naklona brežine, kota notranjega trenja, sile vzgona, teže kamna in potisne sile. Potisna sila je izražena s pomočjo strižnih napetosti:

$$\tau = \rho \cdot g \cdot h \cdot I \quad [\text{N/m}^2] \quad (1)$$

Enačba za začetek premika posameznega kamna velikosti d [m], vgrajenega v brežini, se glasi:

$$\theta = \tau_{b \max} / (\rho \cdot g \cdot (s-1) \cdot d) \quad [-] \quad (2)$$

θ ... brezdimenzijska strižna sila [-]

$s = \rho_w / \rho_F \approx 2,65$... relativna gostota plavin glede na gostoto vode [-]

h_{\max} ... maksimalna pretočna globina [m]

Kritična brezdimenzijska strižna napetost $\theta_{o,cr}$ je 0,047.

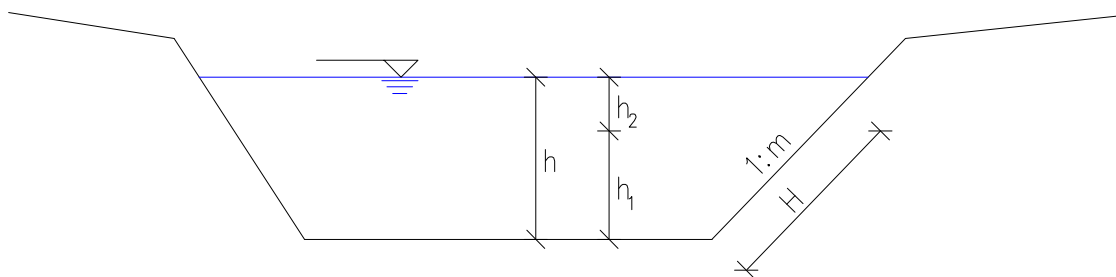
Kritična brezdimenzijska strižna napetost na brežini se izračuna po enačbi:

$$\theta_{b,cr} = \theta_{o,cr} (1 - \sin^2 \alpha / \sin^2 \varphi)^{1/2} \quad (3)$$

kjer so α ... nagib brežine [°]

φ ... kot notranjega trenja materiala brežine vodotoka [°]

V našem primeru imamo brežine z naklonoma $26,6^\circ$ in $33,7^\circ$. Zato bomo računali za posebej za odsek, kjer je naklon $26,6^\circ$ (od PP96 do PB63) oz. naklon $33,7^\circ$ (od PP55 do P43). Vrednost za strižni kot v kamnometu vzamemo 41° . Poleg debeline kamna v kamnometu pa izračunamo še višino zavarovanja brežine h_1 . Brežine zavarujemo do določene višine s kamnometom, višje pa jih zarašča trava. Računamo po enačbi za strižno napetost. Privzeta strižna mejna napetost za dobro zatravitev je 30 N/m^2 .



Slika 31: Višina zavarovanja brežine h_1 s kamnometom

Odsek od PP96 do PB63:

Debelina kamna v kamnometu:

$$d = h_{\max} \cdot I / ((s-1) \theta_{b,cr}) \quad (4)$$

$$\alpha = 26,6^\circ$$

$$h_{\max} = 2,5\text{m}$$

$$I = 2,45\text{‰}$$

$$\theta_{b,cr} = \theta_{o,cr} (1 - \sin^2 \alpha / \sin^2 \varphi)^{1/2} = 0,047(1 - \sin^2 26,6^\circ / \sin^2 41^\circ)^{1/2} = 0,0344$$

$$d = 2,5\text{m} \cdot 0,00245 / ((2,65 - 1) \cdot 0,0344)$$

$d = 0,11\text{m}$... debelina kamna v kamnometu

Višina zavarovanja:

$$h_1 = h - h_2 \tag{5}$$

$$h_2 = 30\text{N/m}^2 / (1000\text{kg/m}^3 \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 0,00245)$$

$$h_2 = 1,22\text{m}$$

$$h_1 = 1,28\text{m}$$

Zavarovanje po brežini:

$$H = (h_1^2 + (mh_1)^2)^{1/2} = ((1,28\text{m})^2 + (2 \cdot 1,28\text{m})^2)^{1/2}$$

$$H = 2,86 \approx 2,9\text{m} \dots \text{zavarovanje spodnjega dela brežine}$$

Odsek od PP55 do P43:

Debelina kamna v kamnometu:

$$d = h_{\max} \cdot I / ((s-1) \theta_{b,cr})$$

$$\alpha = 33,7^\circ$$

$$h_{\max} = 2,5\text{m}$$

$$I = 2,45\text{‰}$$

$$\theta_{b,cr} = \theta_{o,cr} (1 - \sin^2 \alpha / \sin^2 \varphi)^{1/2} = 0,047(1 - \sin^2 33,7^\circ / \sin^2 41^\circ)^{1/2} = 0,0251$$

$$d = 2,5\text{m} \cdot 0,0245 / ((2,65 - 1) \cdot 0,0251)$$

$d = 0,15\text{m}$... debelina kamna v kamnomet

Višina zavarovanja:

$$h_1 = h - h_2$$

$$h_2 = 30\text{N/m}^2 / (1000\text{kg/m}^3 \cdot 10\text{m/s}^2 \cdot 0,00245)$$

$$h_2 = 1,22\text{m}$$

$$h_1 = 1,28\text{m}$$

Zavarovanje po brežini:

$$H = (h_1^2 + (mh_1)^2)^{1/2} = ((1,28\text{m})^2 + (1,5 \cdot 1,28\text{m})^2)^{1/2}$$

$H = 2,30\text{m}$... zavarovanje spodnjega dela brežine

Debelino kamna smo izračunali 15cm oz. manj. Tako majhnih dimenzij se ponavadi ne vgrajuje, zato izberemo kamen dimenzije 30cm za celoten odsek, kjer nameravamo zaščititi brežino s kamnometom.

8.3 Ureditev mostov

Mostove, ki ne prevajajo visokih voda, je treba zamenjati. Problem predstavljata dva mostova, in sicer most na cesti Ob Grosupeljščici (med profiloma P70 in P69) ter most v Rožni dolini. Prvi most naj bi se prestavil nekaj metrov dolvodno, kar je že v načrtu in sem ga tudi upoštevala pri načrtovani gradnji. Za predvideni most je že narejeno hidravlično poročilo. Dimenzioniran naj bi bil za prevajanje 100-letnih visokih voda. Most v Rožni dolini bi bilo potrebno nadomestiti z višjim. Spodnja kota konstrukcije mostu naj bi bila za najmanj 50cm nad gladino 100-letne vode. Glede na hidravlični izračun naj bi bil tako novi most za skoraj 1m višji od prvotnega.

Pred razširitvijo struge sta zaježbo povzročali tudi brvi pri nogometnem igrišču. Po ureditvi struge, se je vodna gladina za toliko znižala, da zaježbe praktično ni več. Zaradi povezave med obema bregovoma, ki jo nudita brvi za pešce, sem se odločila, da se ne odstranita.

8.4 Nasipi in zidovi

Zgornje ureditve niso dovolj, da bi zaščitili mesto pred 100-letno visoko vodo. Z razširitvijo struge smo le na odseku od profila PP55 do profila P43 zagotovili poplavno varnost objektom. Na drugih območjih razširitve struge se je gladina znižala, vendar pa ne toliko, da ne bi več prihajalo do poplav. Na teh območjih predvidimo nasipe oz. zid (priloge C, H in I). Takšna ureditev ne spada k moderni ureditvi vodotokov, ki naj bi bila čimbolj naravna in čimmanj moteča za okolico, vendar pa je to žal edina možna varianta na teh odsekih. Ker se je zaradi drugih ukrepov gladina vode zmanjšala, pa so nasipi nižji in tako bolj sprejemljivi za okolico.

V zgornjem delu odseka nad Jerovo vasjo, kjer so hiše zgrajene na umetno dvignjenem terenu in jih visoka voda ne ogroža, bi predvidela za načrtovane objekte, da se ravno tako zgradijo na dvignjenem terenu. S tem ne bi bila potrebna gradnja ekonomsko manj ugodnega nasipa. Trgovsko obrtna cona dolvodno od pritoka Bregu je zgrajena na višjem terenu od prvotnega. Nasuti teren je višji od gladine 100-letne visoke vode, zato na tem območju ni potrebno delati nasipov. Del območja predstavlja še nepozidane parcele, ki so trenutno na višini osnovnega terena, vendar pa bi se morale pred pozidavo nasuti na višino že dvignjenega terena. Ker ne vemo na kakšni koti so hiše v območju pod osnovno šolo, predvidimo na tem delu zid. Z dodatnimi geodetskimi meritvami bi lahko ugotovili, ali je zid upravičen, ali pa so hiše dovolj visoko, da jih ne doseže visoka voda. Ravno tako nimamo podatkov o višinskih kotah objektov na območju od PP62 do P70. Zato predpostavimo na obeh straneh, kjer se voda preliva čez bregove, zid. V primeru ugotovitve, da so objekti varni pred visoko vodo, pa zidu ne upoštevamo. Objekti od P70 do P77 na levi strani niso ogroženi, na desni strani pa ob potoku uredimo zid. Območje od Adamičeve ceste do mostu v Rožni dolini je na terenu višjemu od gladine 100-letne vode. Od mostu naprej pa območje zavarujemo z zidom. Zid poteka do konca Rožne doline oz. do načrtovanega mostu skozi Grosupeljščico. Od mostu do železniške proge je še dovolj prostora, da namesto zidu varujemo na desni strani obstoječo in načrtovano gradnjo z nasipom, na levi strani pa pustimo vodi, da se razliva po poljih.

9 ZAKLJUČKI

Korito Grosupeljščice je danes dimenzionirano na 2 do 5-letne vode. Takšna regulacija povzroča pogoste poplave in zaradi zidanja objektov v okolici potoka tudi vedno večjo gmotno škodo. Zaradi zahtev po večji poplavni varnosti, je potrebno na novo regulirati strugo, in sicer z upoštevanjem 100-letnih voda. Poleg same ureditve potoka je predviden zadrževalnik, ki bi znižal 100-letni pretok. Z izgradnjo zadrževalnika bi bili posegi v strugo manjši, višina nasipov pa nižja.

Pri ocenitvi poplavne varnosti smo računali z hidravličnim računskim modelom izdelanim s programom HEC-RAS. Pri izračunu s 100-letnim pretokom, kjer se zadrževalnik ne upošteva, je razvidno, da voda poplavi celoten pas ozemlja ob potoku. Pred vodo niso zaščiteni niti nekateri novejši objekti, ki so grajeni na dvignjenem terenu z namenom, da jih visoka voda ne bi poplavela. Na kakšno visoko vodo so višine dvignjenega terena določene ne vemo, vendar pa so glede na naše izračune poddimenzionirane za 100-letno vodo. Z upoštevanjem zadrževalnika se gladina vode zniža, nekatere, predvsem novejše, gradnje voda ne poplavi več, problem ostane predvsem stara gradnja, ki smo jo zaščitili pred visoko vodo z regulacijo korita ter s preureditvijo mostov in gradnjo nasipov. Ker se v prihodnjih letih namerava še zidati ob Grosupeljščici, smo načrtovano gradnjo upoštevali v izračunu in tudi predlagali, na kakšen način bi jo ustrezno zaščitili pred poplavami.

Primarna naloga v projektu je bila zaščititi naselje pred visoko vodo, vendar pa smo zaradi vse večje težnje po sonaravnem reguliranju potokov upoštevali tudi, kako regulacije vplivajo na okolje in človeka. Če bi strugo celotno očistili zarasti, bi se gladina vode drastično znižala. Tak ukrep je ekonomsko ugoden, vendar pa bi bil z ekološkega vidika tak potok nesprejemljiv. Potok je velikim živalim in rastlinju življenjski prostor, ki pa bi s čiščenjem struge postal nezanimiv za določene živali. S spremembo biotopa bi se celoten vpliv potoka na okolje poslabšal. Druga varianta bi bila lahko tudi, da bi pustili obstoječo strugo takšno kot je in bi zaščitili naselje le z nasipi in zidovi. Takšen pristop bi res najmanj škodoval na samo strugo in življenje v njej, vendar pa bi tako potok zgradili in ga oddaljili ljudem. Voda in njena okolica ugodno vpliva na človeka, zato smo se za nasipe oz. zidove odločili le tam, kjer

se ni dalo urediti drugače. Z razširitvijo struge smo zmanjšali gladino visoke vode in tako tudi zmanjšali višino nasipov, kjer so bili potrebni.

Ker nismo imeli podatkov o dolinskih profilih in smo jih določili na podlagi karte merila 1:5000, se za določene odseke ne ve točno, ali voda res poplavlja objekte. Pred samo ureditvijo je tako treba narediti še nekaj geodetskih meritev in na podlagi ponovnega hidravličnega izračuna določiti, ali so nasipi na obravnavanem območju res potrebni.

VIRI

Gray, D. M. 1970. Handbook of the principles of hydrology. Port Washington, N.Y., Water Information Center

HEC-RAS 3.1.3 Release Notes 2005: 9.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-download.html> (04.06.2005).

Prestavitev Grosupeljščice. Glavni projekt. 1977. Ljubljana, Vodnogospodarsko podjetje Hidrotehnik: 2 f.

Hidrotehnično poročilo za rekonstrukcijo križišča – most na lokalni cesti ob Grosupeljščici. Načrt vodnogospodarske ureditve. 2004. Ljubljana, IZVO d.o.o.

Zadrževalnik Veliki Potok – analiza stanja Grosupeljščice v Grosupljem. Hidrološki del. Idejna zasnova. 2005. Ljubljana. Inštitut za vode RS: 12 f.

Meze, D. 1980. Poplavna področja v Grosupeljski kotlini = Flood Areas in the Grosuplje Basin (central Slovenia). Geografski zbornik XX: 37-92.

Mikoš, M. 2000. Urejanje vodotokov - skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 182 str.

Mikoš, M., Mastnak M. 1998. Navodila za program HEC-RAS, verzija 2.1. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 97 str.

Odlok o spremembah in dopolnitvah prostorskih sestavin dolgoročnega in srednjeročnega plana Občine Grosuplje za obdobje od leta 1996-200, dopolnitev 2004. UL RS št. 87/04: 10680-10685.

Steinman, F. 1999. Hidravlika, 1. ponatis. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hidrotehnična smer FGG: 295 str.

Stele, M. 2002/03. Seminar iz urejanja voda. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 117 str.

Atlas Slovenije. Druga, popravljena in dopolnjena izdaja. 1992. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga in Geodetski zavod Slovenije: 383 str.