

INŠTITUT
ZA VODE
REPUBLIKE
SLOVENIJE

Institute
for Water of
the Republic
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.
Water for Life, Knowledge for Water.*

Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega vpliva poplav v RS

Naslov naloge:

**Hidravlična študija visokih vod na porečju Lipnice - za
OPVP 45-Kropa**
vmesno poročilo

Vodja naloge:

Mladen Ajdič, univ.dipl.inž.grad.

LJUBLJANA, DECEMBER 2013

PROGRAM: Program dela IzVRS za leto 2013

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih
podlag za izvajanje poplavne direktive
(2007/60/ES)

I/2/1 Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart
razredov poplavne nevarnosti za 7 območij
pomembnega vpliva poplav v RS

NASLOV NALOGE: **Hidravlična študija visokih vod na porečju
Lipnice - za OPVP 45-Kropa**
vmesno poročilo

ŠIFRA NALOGE:

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE
Hajdrihova 28c
1000, Ljubljana

AVTOR(JI): Mladen Ajdič, univ.dipl.inž.grad.

SODELAVCI: Tina Mazi, univ.dipl.inž.grad.
Mitja Peček, univ.dipl.inž.vod. in kom. inž.

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, december 2013



VSEBINA:

VSEBINA.....	I
KAZALO SLIK.....	II
1.0 UVOD.....	1
2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE	3
3.0 GEODETSKE PODLAGE	5
4.0 MATEMATIČNI MODEL	5
5.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI 1D MODELA PRI KOMBINACIJI 1D-2D	6
6.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI 2D MODELA PRI KOMBINACIJI 1D-2D	8
7.0 ZAKLJUČEK.....	9



KAZALO SLIK

Slika 1:	OPVP 45 – Kropa.....	1
Slika 2:	Območje matematičnega modela Kroparice.....	2
Slika 3:	Hidrogram Kroparice v HP 37 (pod Hrenovcem)	4
Sliki 4 in 5:	Kroparica Q_{500} (vzdolžni prerez, trenutek konice)	7
Slika 6:	doseg Kroparice pri Q_{500}	8



1.0 UVOD

Obravnavano področje pomembnega vpliva poplav obsega območje starega mestnega jedra Kroepe, skupaj z industrijskimi objekti (Uko, Plamen). Kropa leži ob vzhodnem vznožju planote Jelovica, območje pa se razteza vzdolž toka Kroparice v dolžini 1430 m, od profila P43 do P103 matematičnega 1D modela. Glavni vodotok Kroparica ima še nekaj (6) pritokov iz stranskih grap, ki so vključeni v model. Na spodnjem delu doline, izven OPVP, se Kroparica izliva v glavni vodotok Lipnica, ta pa 5 km dolvodno v reko Savo. Območje OPVP je na spodnji sliki zamejeno z modro črto, področje znotraj rdeče mejne črte pa predstavlja območje LIDAR snemanja in posledično območje matematičnega modela.



Slika 1: OPVP 45 – Kropa

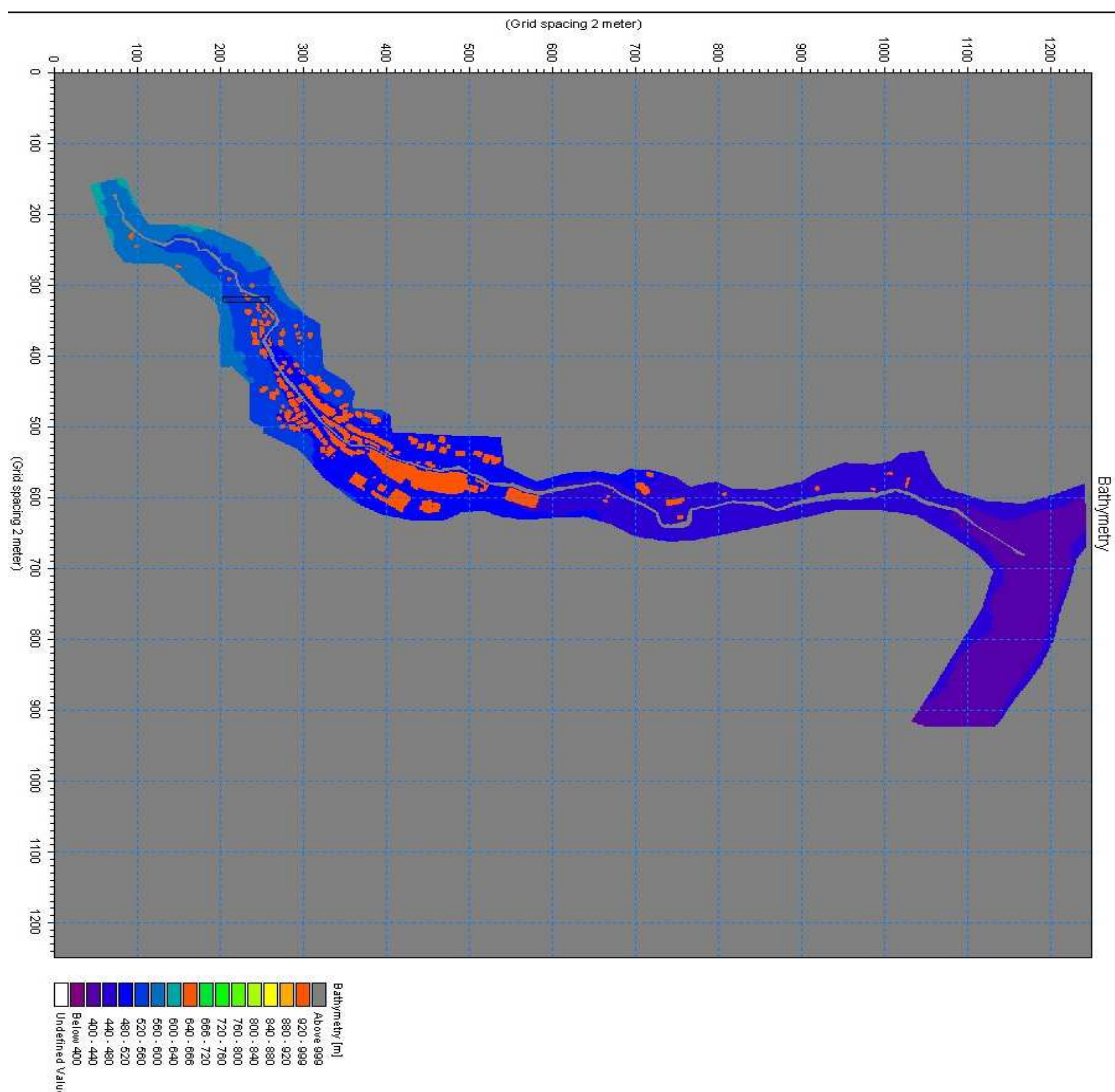
Kroparica je značilen hudournik, ki skupaj s hudourniškimi pritoki ob velikih nalivih prihrumi po strmih pobočjih in s seboj prinese veliko plavin in proda. Mostovi (8) v glavnem prevajajo visoke vode, problem nastopi zaradi zaplavljanja struge in posledično zamažitve mostnih odprtin. Sama struga Kroparice je skozi naselje in dolvodno do Lipnice urejena.

Zaledje Kroparice na začetku OPVP, oziroma na začetku hidravličnega modela (HP37 - pod Hrenovcem), obsega 10.8 km², na koncu OPVP (hidrološki profil HP47) pa obsega 13.18 km². Korigirane maksimalne vrednosti pretokov za začetni HP37 so:

$$\begin{aligned} Q_{10} &= 14.8 \text{ m}^3/\text{s} \text{ oz. } Q_{10} = 17.7 \text{ m}^3/\text{s} \text{ na koncu OPVP (HP47)} \\ Q_{100} &= 19 \text{ m}^3/\text{s} \text{ oz. } Q_{100} = 28 \text{ m}^3/\text{s} \text{ na koncu OPVP (HP47)} \\ Q_{500} &= 22 \text{ m}^3/\text{s} \text{ oz. } Q_{500} = 36 \text{ m}^3/\text{s} \text{ na koncu OPVP (HP47)} \end{aligned}$$



Maksimalne vrednosti pretokov za posamezne povratne dobe so razvidne iz hidrološkega poročila, kjer je narejena študija poplavnega vala s časom trajanja 48 ur.



Slika 2: Območje matematičnega modela Kroparice

Obravnavano OPVP obsega tok Kroparice v dolžini 1430 m, od profila P43 do P103. Območje matematičnega modeliranja pa sega do Lipnice. Na zgornji sliki 2 je v modrih niansah prikazano območje modela (batimetrija). Z rdečo je označeno območje, ki ga model ne obravnava (izločene celice - objekti).

Hidravlični izračun je bil izveden s programom MIKE FLOOD, ki združuje 1D modeliranje (MIKE 11) z 2D modeliranjem (MIKE 21). Za izdelavo 1D modela smo uporabili prečne profile izmerjene na terenu in sicer 176 profilov na Kroparici, ter 8 objektov (mostov).

Samo računsko območje je veliko 2.500 m x 2.500 m, s spodnjim levim kotom na Gauss-Kruegerjevih koordinatah Y=438.000 in X=127.000. Za potrebe računa je območje razdeljeno na 1250 x 1250 celic (kvadratov) velikosti 2 m.

V topografijo so vključeni vsi objekti, ki se nahajajo ob strugi oz. na območju poplav. Pri združitvi 1D in 2D modela smo vključili vse topografske značilnosti terena in vseh strug.



2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE

Za območje porečja Lipnice (Kroparice) je bila izdelana hidrološka študija visokih voda z določitvijo »dejanskih« maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v nekaterih ključnih prerezih Lipnice in njenih pritokih ter ključnih prerezih Kroparice in njenih pritokih in sicer za potrebe izdelave kart razredov poplavne nevarnosti za območji pomembnega vpliva poplav (OPVP) 45-Krope in 48-Kamne Gorice. Določitev hidroloških območij je sledilo izhodišču, da morajo hidrološke obdelave visokih vod zajeti celotno prispevno območje Lipnice. Podatki in rezultati so prikazani za hidrološke prereze za celotno porečje Lipnice. Za namen hidravličnega modeliranja na območjih OPVP so podani vhodni hidrogrami.

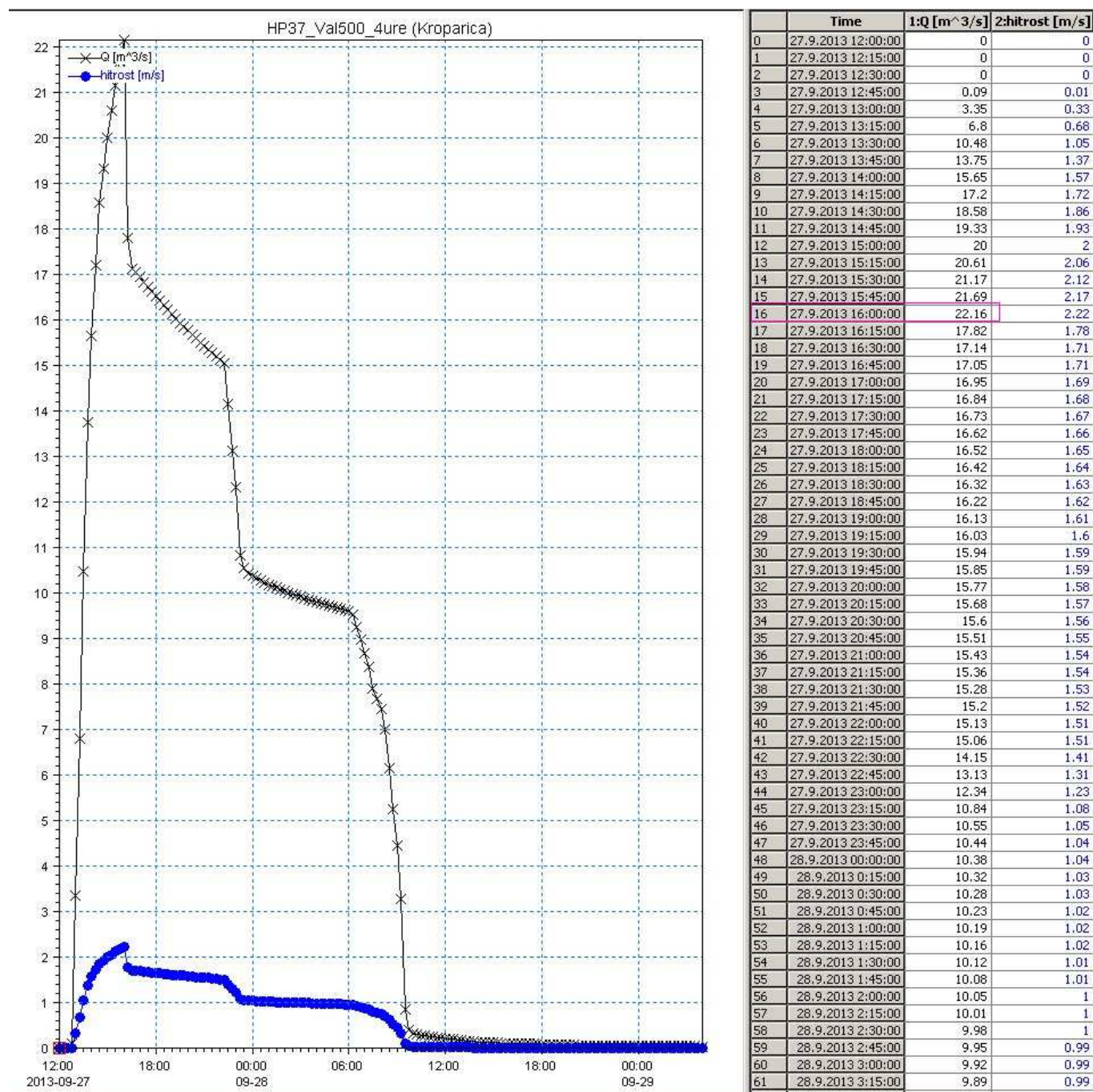
Za potrebe obdelave so bili pridobljeni in analizirani meteorološki in hidrološki podatki Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Analiza padavin (maksimalne dnevne padavine, maksimalne padavine z različnim trajanjem 5 minut do 24 ur) je obravnavala 19 padavinskih postaj od tega 5 ombroagrafov. Opredeljeno je prispevno območje Lipnice in njenih pritokov, določena so bila posamezna prispevna območja, dolžine vodotokov ter padci terena in padci vodotokov. Celotno prispevno območje Lipnice in njenih pritokov je bilo opredeljeno na podlagi kart TTN 1:5.000 (GURS). Pokrovnost tal je bila določena s pomočjo podatkovnega sloja Corine Land Cover za Slovenijo. Odtočni potencial zemljine je bil ocenjen na podlagi rezultatov študije "Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250000" (Biotehniška fakulteta UL, 2009). Glede na pokrovnost tal in odtočni potencial je bil določen izhodiščni parameter CN (številka krivulje) za določitev padavinskih izgub po SCS metodi.

Za posamezna prispevna območja je bil izdelan hidrološki model površinskega odtoka z različico programa HEC-HMS 3.5. Visokovodni valovi so bili izvrednoteni z metodo sintetičnega enotnega hidrograma po metodi SCS. Za modeliranje transformacije visokovodnega vala je bila uporabljena metoda Muskingum-Cunge. Na osnovi verjetnostne analize padavin in izdelanega hidrološkega modela so bili izračunani maksimalni odtoki v odvisnosti od padavin s povratno dobo 10, 100 in 500 let.

V študiji so obravnavane sledeče vsebine:

- opis hidrografskih, topografskih in drugih značilnosti porečja,
- analiza meteoroloških in hidroloških podatkov,
- izračun "dejanskih" pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v izbranih hidroloških prerezih za različno trajanje padavin.

Glede na predhodno hidrološko študijo Lipnice (VGI, 1996), so vrednosti visokih vod v pričujoči študiji višje.



Slika 3: Hidrogram Kroparice v HP 37 (pod Hrenovcem)



3.0 GEODETSKE PODLAGE

Za izdelavo 1D modela so bili uporabljeni podatki geodetskega terestičnega snemanja prečnih prereзов Kroparice. Za 2D model so bili uporabljeni LIDAR podatki, ki so bili posneti za širše območje ob Lipnici in Kroparici oz. njenih pritokov. Gostota točk je znašala 10 točk/m² z višinsko natančnostjo snemanja 7.5 cm.

4.0 MATEMATIČNI MODEL

Opis izdelave modela

Za določevanje in računanje toka vode po strugi Kroparice ter toka poplavnih vod po poplavnem območju smo uporabili program MIKE FLOOD (Danish Hydraulic Institute, www.dhigroup.com). Program omogoča združeno 2D modeliranje vodnega toka poplavnih območij v kombinaciji (MIKE21) z 1D modelom rečnega toka (MIKE11). Za določitev geometrije območja (batimetrijo) potrebujemo posnetek terena (koordinate točk X, Y in Z). Na podlagi LIDAR posnetka terena (klasificirani podatki oblaka točk) je bila izdelana računska mreža z ločljivostjo 1 m. Kasneje se je izvedla še pretvorba z interpolacijo velikega števila posnetih točk ločljivosti 1 m v manjše število točk z manjšo ločljivostjo zaradi same velikosti obravnavanega območja. Za računanje vodnega toka po poplavnem območju so bile v našem modelu uporabljene računske celice ločljivosti, torej velikosti, 2x2 m. Območja, ki ne sodelujejo v računu poplavnih vod (objekti), so bila izločena v sami batimetriji.

Za računanje 1D toka po strugi Kroparice so bili uporabljeni njeni prečni prerezi. Uporabljeni so bili najnovejši podatki (snemanje septembra 2013). V območju uporabljenih prečnih prereзов je matematični model združen, torej model 1D-2D. Modela sta povezana preko bočnih prelivov, na koncu 1D modela pa je le-ta lahko povezan s preostalim 2D modelom preko standardnega preliva.

Določitev robnih pogojev

Zgornji robni pogoj hidravličnega modela Kroparice predstavlja časovna serija pretoka $Q(t)$. Ta v našem modelu predstavlja izbrani val 48-urnega trajanja in različnih (3) povratnih dob. Omenjeni val doseže konico po 4 urah in predstavlja najneugodnejši val z najvišjim pretokom. Pomembna je najvišja konica pretoka in ne volumen izbranega vala.

Vhodni podatki tako za 1D kot 2D model so bili torej hidrogrami odtoka Kroparice v njenem HP 37 ter na njenih pritokih. Odtok iz vmesnih prispevnih površin, ki prihajajo direktno v strugo (ne kot pritok), so bili v modelu vnešeni kot linijsko porazdeljen pretok (dotok po odseku zvezno narašča).

S predhodnimi računi v modelu je bilo ugotovljeno, da zadošča nastavitev intervala računa $dt=0.2$ oz 0.3 sek. Ob omenjenem pogoju "dt" in obsežnosti območja račun poteka nekaj ur (6) - s hitrim procesorjem računalnika z dovolj spomina.

Osnova za določitev spodnjih robnih pogojev $Q(h)$ oz. H je na spodnji strani modela ocenjena višina poplavne vode, ali pa pretočna krivulja obravnavanega prečnega prereza. Višina spodnje vode za začetek računa je lahko dobljena tudi kot rezultat predhodnih študij, meritev višin poplavnih vod na terenu, ali pa zgolj kot ocena, ki se popravlja po potrebi glede na rezultat izračuna. V našem modelu je spodnji rob dovolj oddaljen od območja, ki nas je zanimalo, da morebitna nerealna globina ni predstavljala motnje v



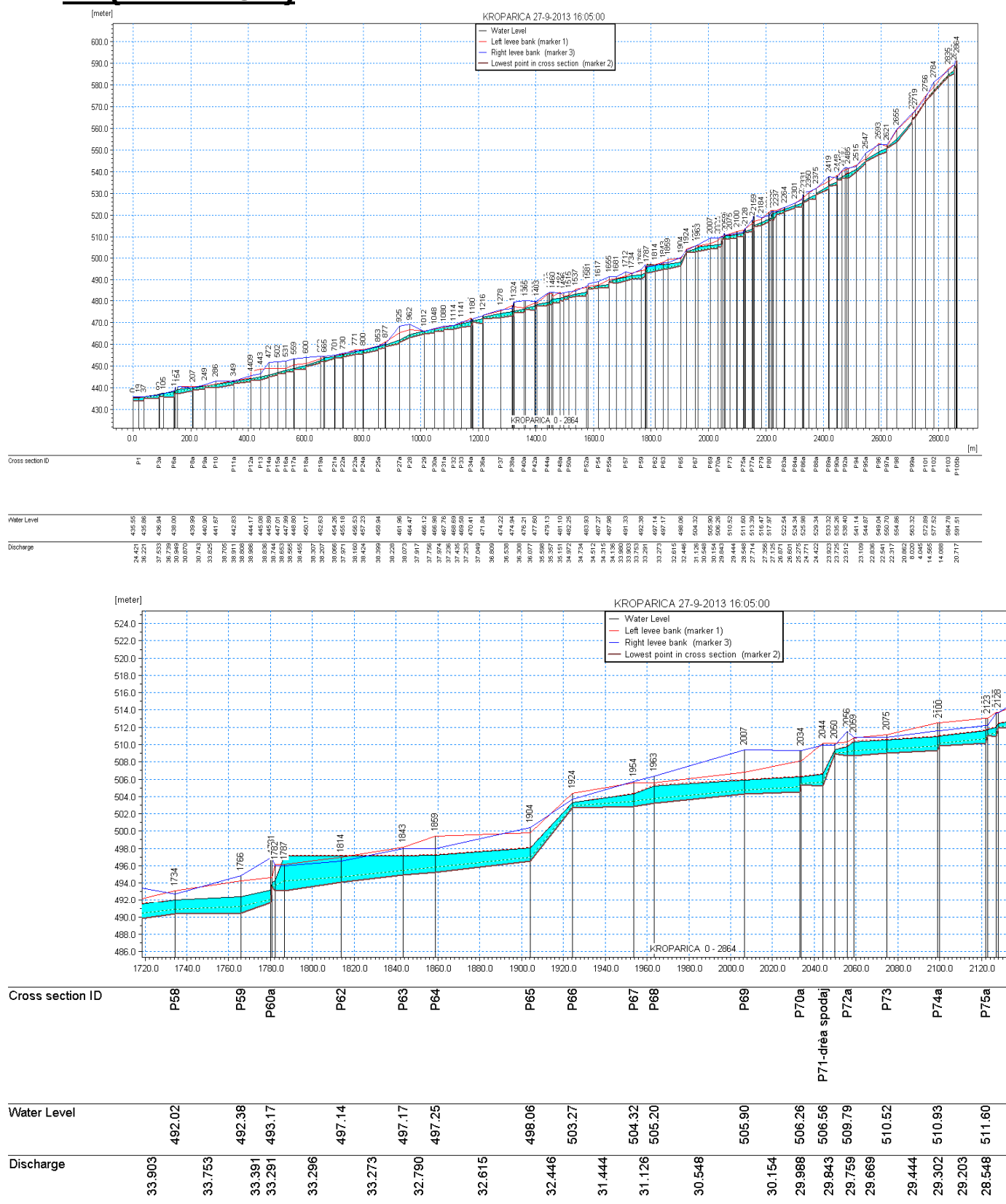
samem hidravličnem računu. Model v območju, ki nas je zanimalo, namreč takrat ne pokaže nobene razlike globine vode, četudi je globina v spodnjem prerezu previsoka za trenutni računani pretok (zajezitev), ali prenizka (depresija).

Za strugo obravnavane Kroparice je bil upoštevan enotni Manningov koeficient hrapavosti $n_g=0.055 - 0.07$. Zaradi velikega vzdolžnega padca in posledično velikih hitrosti smo namerno povečali koeficient hrapavosti, saj smo s tem zmanjšali hitrost in omogočili stabilnejši izračun modela. Zaradi hudourniških nanosov in večjih količin plavin je povečanje koeficienta hrapavosti tudi smiselno, saj povečanje pomeni bolj neugodno situacijo pri simulaciji dejanskih poplav.

Za poplavno območje je bila pri računanju gladin poplavnih vod uporabljena hrapavost $n_g=0.067$ ($M=15$).



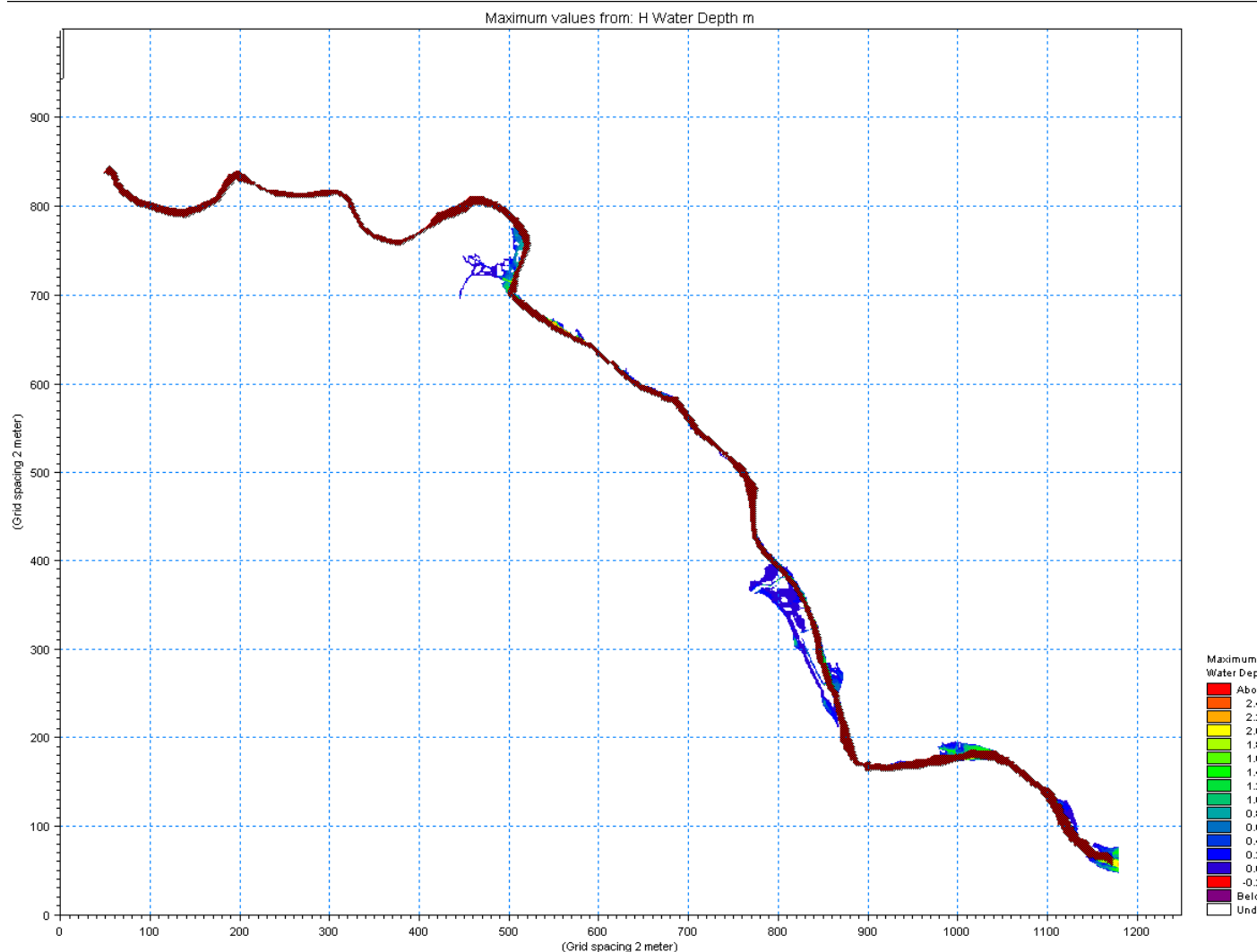
5.0 HIDRAVLIČNI IZRAČUNI 1D MODELA pri kombinaciji 1D-2D (MIKE FLOW)



Sliki 4 in 5: Kroparica Q_{500} (vzdolžni prerez, trenutek konice)



6.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI 2D MODELA pri kombinaciji 1D-2D (MIKE FLOW)



Slika 6: doseg Kroparice pri Q_{500}

Na sliki je prikazano območje dosegov visokih vod pri pretoku Q_{500} . V modrem odtenku je zarisan doseg Kroparice s pritoki, v rdečem pa struga Kroparice, ki je pri samem računu po poplavnem območju izločena ("land value"). Njena struga je naknadno vnešena v sliko zaradi nazornosti.



7.0 ZAKLJUČEK

Obravnavani matematični model še ni zaključen, je še v fazi umerjanja podatkov. Rezultati izračunov različnih poplavnih vod za izmerjeno "čisto" strugo so sicer narejeni in znani. Smisel matematičnega hidravličnega modela za račun poplavnih vod je simulacija različnih scenarijev. Iz podatkov zadnjih poplavnih dogodkov na obravnavanem območju septembra 2007 je znano, da si je Kroparica naredila novo strugo, spodjedla je osrednji trg, nekaj brežin in hiš, odnesla je cesto na več koncih. S pritoki vred je bil nanešen prod, skupaj z večjimi skalami, struga se je zasula in nadvišala med P72 in P79, s plavjem se je popolnoma zatrpal most v P72. Sedanja geometrija posnete struge se razlikuje od tiste iz časa poplavnega dogodka 2007, zasutega mosta ni več, sedaj je zgrajen nov in višji. Brežine so popravljene, teren je ponekod spremenjen. Težko je ponoviti enako stanje, geometrija struge je zdaj "čista". Z matematičnim modelom bomo še nadaljevali začete simulacije različnih možnih dogodkov.