

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 48-Kamna Gorica

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 48-Kamna Gorica**
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	7
6.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI 2D MODELA PRI KOMBINACIJI 1D-2D	8
7.0 ZAKLJUČEK.....	9



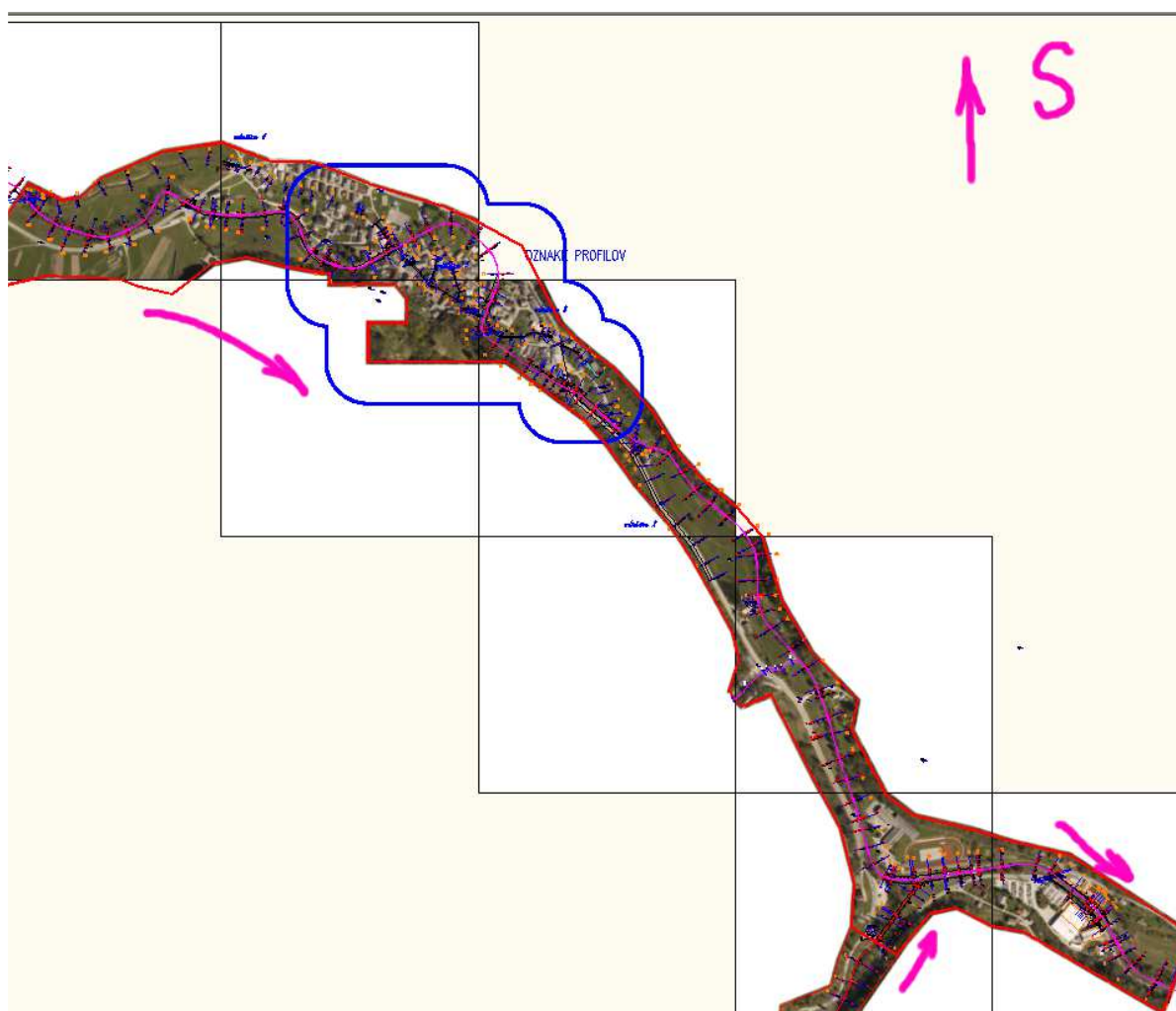
KAZALO SLIK

Slika 1:	OPVP 48 – Kamna Gorica	1
Slika 2:	Območje matematičnega modela Lipnice	2
Slika 3:	Hidrogram Lipnice v HP 15.....	4
Sliki 4 in 5:	Lipnica Q_{500} (vzdolžni prerez, trenutek konice)	7
Slika 6:	doseg Lipnice pri Q_{500}	8



1.0 UVOD

Obravnavano področje pomembnega vpliva poplav obsega območje osrednjega mestnega jedra Kamne Gorice, ki leži v ozki dolini potoka Lipnica pod severnimi obronki Jelovice. Območje se razteza vzdolž toka Lipnice v dolžini 1027 m, od profila P58 do P94 matematičnega 1D modela. Glavni vodotok Lipnica ima še 3 pritoke iz stranskih grap, ki so vključeni v model. Na spodnjem delu doline, izven OPVP, se Lipnici priključi še Kroparica v P27+18 m, nato pa tečeta skupaj kot Lipnica 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 48 – Kamna Gorica

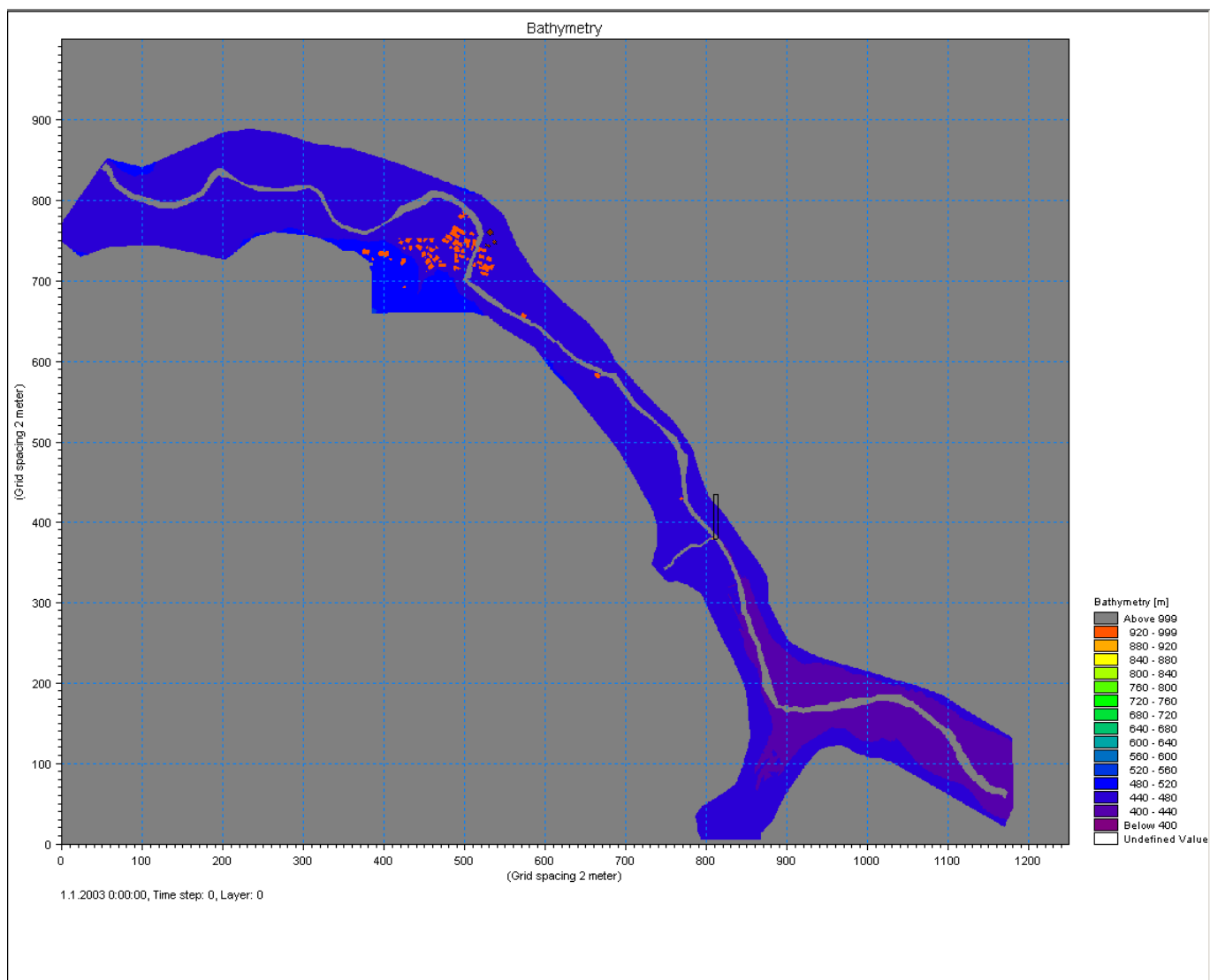
Lipnica ima urejeno strugo, mostovi (8) prevajajo visoke vode. Pri visokih vodah povzročata manjše probleme zadnja dva omenjena pritoka.

Zaledje Lipnice na začetku OPVP (HP18) obsega ca 19.8 km², na koncu OPVP (hidrološki profil HP19) pa obsega ca 20.3 km². Korigirane maksimalne vrednosti pretokov za začetni HP18 so (glej tudi sliko 3):



$Q_{10} = 25.4 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. $Q_{10} = 26.2 \text{ m}^3/\text{s}$ na koncu OPVP (HP19)
 $Q_{100} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. $Q_{100} = 43.4 \text{ m}^3/\text{s}$ na koncu OPVP (HP19)
 $Q_{500} = 53 \text{ m}^3/\text{s}$ oz. $Q_{500} = 56.6 \text{ m}^3/\text{s}$ na koncu OPVP (HP19)

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 Lipnice

Obravnavano OPVP obsega tok Lipnice v dolžini 1027 m, od profila P58 do P94. Območje matematičnega modeliranja pa sega do sotočja s Kroparico. 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 154 profilov na Lipnici, 8 profilov na Rečici ter 8 objektov (mostov).



Samo računsko območje je veliko 2.500 m x 2.000 m, s spodnjim levim kotom na Gauss-Kruegerjevih koordinatah Y=437.500 in X=129.000. Za potrebe računa je območje razdeljeno na 1250 x 1000 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 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 ombrografov. 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. Odtokni 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 odtokni 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 izrednoteni 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 hidrografske, topografske 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.



	Time	1:Q [m ³ /s]	2:hitrost [m/s]
0	27.9.2013 12:00:00	0	0
1	27.9.2013 12:15:00	0	0
2	27.9.2013 12:30:00	0	0
3	27.9.2013 12:45:00	0.01	0
4	27.9.2013 13:00:00	0.64	0
5	27.9.2013 13:15:00	3.5	0.05
6	27.9.2013 13:30:00	7.29	0.16
7	27.9.2013 13:45:00	12.95	0.32
8	27.9.2013 14:00:00	17.77	0.5
9	27.9.2013 14:15:00	22.5	0.65
10	27.9.2013 14:30:00	28.04	0.78
11	27.9.2013 14:45:00	32.97	0.93
12	27.9.2013 15:00:00	37.47	1.09
13	27.9.2013 15:15:00	40.76	1.22
14	27.9.2013 15:30:00	43.89	1.35
15	27.9.2013 15:45:00	46.86	1.45
16	27.9.2013 16:00:00	49.58	1.53
17	27.9.2013 16:15:00	50.62	1.57
18	27.9.2013 16:30:00	46.85	1.47
19	27.9.2013 16:45:00	39.45	1.29
20	27.9.2013 17:00:00	35.41	1.22
21	27.9.2013 17:15:00	35.03	1.2
22	27.9.2013 17:30:00	34.69	1.19
23	27.9.2013 17:45:00	34.33	1.19
24	27.9.2013 18:00:00	33.98	1.18
25	27.9.2013 18:15:00	33.63	1.16
26	27.9.2013 18:30:00	33.29	1.15
27	27.9.2013 18:45:00	32.96	1.14
28	27.9.2013 19:00:00	32.63	1.13
29	27.9.2013 19:15:00	32.31	1.12
30	27.9.2013 19:30:00	31.96	1.11
31	27.9.2013 19:45:00	31.58	1.1
32	27.9.2013 20:00:00	31.2	1.09
33	27.9.2013 20:15:00	30.86	1.07
34	27.9.2013 20:30:00	30.55	1.06
35	27.9.2013 20:45:00	30.26	1.04
36	27.9.2013 21:00:00	29.98	1.03
37	27.9.2013 21:15:00	29.66	0.99
38	27.9.2013 21:30:00	29.35	0.96
39	27.9.2013 21:45:00	29.04	0.94
40	27.9.2013 22:00:00	28.73	0.9
41	27.9.2013 22:15:00	28.41	0.86
42	27.9.2013 22:30:00	28.04	0.82
43	27.9.2013 22:45:00	27.61	0.77
44	27.9.2013 23:00:00	27.04	0.72
45	27.9.2013 23:15:00	26.32	0.65
46	27.9.2013 23:30:00	25.96	0.57
47	27.9.2013 23:45:00	25.71	0.49
48	28.9.2013 00:00:00	25.51	0.37
49	28.9.2013 0:15:00	25.33	0.29
50	28.9.2013 0:30:00	25.16	0.22
51	28.9.2013 0:45:00	24.79	0.17
52	28.9.2013 1:00:00	24.28	0.16
53	28.9.2013 1:15:00	23.78	0.13
54	28.9.2013 1:30:00	23.24	0.11
55	28.9.2013 1:45:00	22.38	0.1
56	28.9.2013 2:00:00	21.25	0.09
57	28.9.2013 2:15:00	20.15	0.09
58	28.9.2013 2:30:00	19.08	0.09
59	28.9.2013 2:45:00	17.49	0.08
60	28.9.2013 3:00:00	15.49	0.08
61	28.9.2013 3:15:00	13.76	0.08

Slika 3: Hidrogram Lipnice v HP 15



3.0 GEODETSKE PODLAGE

Za izdelavo 1D modela so bili uporabljeni podatki geodetskega terestičnega snemanja prečnih prereзов Lipnice. 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 Lipnice 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 Lipnice 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 4.25 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 Lipnice v njenem HP 15 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 $dt=0.3$ 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



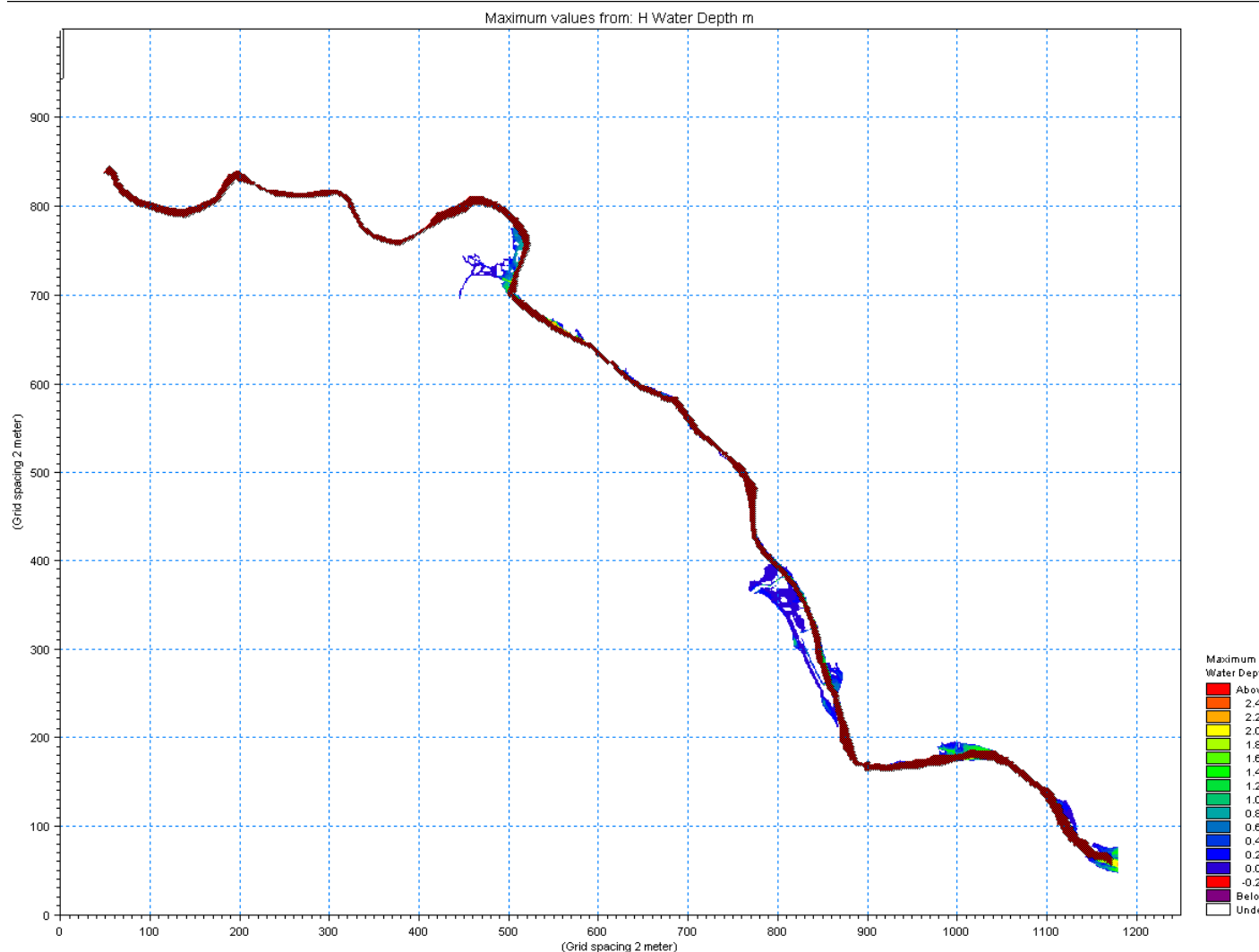
samem hidravličnem računu. Model v območju, ki nas je zanimalo, namreč takrat ne pokaže nobene razlike globine vode, četudi je globina v spodnjem prerezu previsoka za trenutni računani pretok (zajezitev), ali prenizka (depresija).

Za strugo obravnavane Lipnice je bil upoštevan enotni Manningov koeficient hrapavosti $n_g=0.05$. Za poplavno območje je bila pri računanju gladin poplavnih vod uporabljena hrapavost $n_g=0.067$ ($M=15$).

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



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



Slika 6: doseg Lipnice pri Q_{500}

Na sliki je prikazano območje dosegov visokih vod pri pretoku Q_{500} . V modrem odtenku je zarisan doseg Lipnice s pritoki, v rdečem pa struga Lipnice, 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. Z matematičnim modelom bomo še nadaljevali začete simulacije različnih možnih dogodkov.