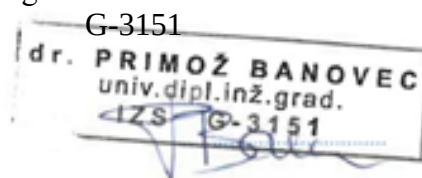




E	NASLOVNA STRAN
<u>Naročnik:</u>	OBČINA KOMENDA Zajčeva cesta 23 1218 Komenda
<u>Objekt:</u>	MOST NA PŠATI V MOSTAH
<u>Elaborat:</u>	Hidrološko-hidravlična študija
<u>Vrsta projektne dokumentacije:</u>	VDJK – vzdrževalna dela v javno korist
<u>Projektant:</u>	IKB, d.o.o. Cesta v Gorice 36 1000 Ljubljana
<u>Odgovorni izdelovalec elaborata:</u>	INŠTITUT ZA VODARSTVO, D.O.O. HAJDRIHOVA 28A 1000 LJUBLJANA
<u>Direktor:</u>	dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad.
<u>Odgovorni vodja elaborata:</u>	dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad.
<u>Številka projekta:</u>	06-24
<u>Številka elaborata /načrta:</u>	P645/24
<u>Datum:</u>	V Ljubljani, december 2024



E.1 Pregledni list o elaboratu

Naročnik:	Občina Komenda, Zajčeva cesta 23, 1218 Komenda
Naslov projekta:	Most na Pšati v Mostah
Številka projekta:	06-24
Številka elaborata:	P645/24
Faza:	Končno poročilo
Ključne besede:	vodne količine, 1D hidravlični model HEC-RAS, križanje, predlog zasnove križanja, vpliv, omilitveni ukrepi
Povzetek:	V okviru projekta je bila izdelana podrobnejša analiza vpliva obstoječega mostu na Pšati v Mostah na hidravlične karakteristike in podan predlog ukrepov. Načrtuje se zamenjava obstoječega mostu. Hidrološka izhodišča in vodne količine smo povzeli iz predhodno izvedene hidrološko - hidravlične študije za območje občine Komenda, ki je še v izdelavi. V sklopu analize smo podali krajši povzetek hidroloških izhodišč in rezultatov. V prvem delu smo oblikovali 1D hidravlični model (HEC-RAS), na podlagi katerega smo analizirali vpliv obstoječega križanja na hidravlične karakteristike. V drugem delu smo na podlagi izhodišč za umeščanje premostitev (izhodišča Direkcije RS za vode) in rezultatov hidravličnega modela podali usmeritve/izhodišča za zasnovo novega križanja, in sicer z vidika poplav in vplivanja na poplavne razmere. Predlagano zasnovo smo modelno preverili.
Datum:	December 2024
Izvajalec:	INŠTITUT ZA VODARSTVO, d.o.o., Hajdrihova 28a, 1000 Ljubljana
Nosilec naloge:	dr. Primož BANOVEC, univ. dipl. inž. grad.
Sodelavci:	Alja Banovec, študentka gradbeništva Andrej Cverle, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

E.2	Kazalo vsebine
------------	-----------------------

Kazalo vsebine

1	<i>IZHODIŠČA IN OPIS OBMOČJA</i>	4
2	<i>KRAJŠI POVZETEK HIDROLOŠKIH IZHODIŠČ PREDHODNE ŠTUDIJE</i>	5
2	<i>HIDRAVLICNI MODEL KRIŽANJA (OBSTOJEČE STANJE) – MODEL HEC-RAS</i>	10
3	<i>PREDLOG ZASNOVE KRIŽANJA Z ANALIZO VPLIVA</i>	14
4	<i>ZAKLJUČKI IN POVZETKI ANALIZ</i>	22
5	<i>LITERATURA</i>	23

Kazalo slik

Slika 1:	Prikaz lokacije analiziranega križanja in prispevnih površin do le-tega	5
Slika 2:	Vršni pretoki Pšate pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mostu	9
Slika 3:	Izhodišče geometrije reke, uporabljeno pri izdelavi modela v programu HEC-HMS	11
Slika 4:	Prikaz modela v programskem okolju HEC-RAS	11
Slika 5:	Modelne gladine obstoječega stanja na nivoju prečnega prereza	12
Slika 6:	Prikaz gladin pri obravnavanih dogodkih v primeru trenutnega stanja	12
Slika 7:	Predlog spremembe nivelete Pšate mimo analiziranega križanja	14
Slika 8:	Situativni prikaz predlaganih ureditev	16
Slika 9:	Shematičen prikaz zasnove križanja	17
Slika 10:	Primerjava modelnih gladin obstoječega stanja križanja in stanja z upoštevanjem predlaganega načina izvedbe novega križanja	17
Slika 11:	Modelne gladine za povratni dobi 10 in 100 let z in brez vpliva podnebnih sprememb za načrtovano stanje	18
Slika 12:	Prikaz modelnih gladin na nivoju prečnega prereza (prerez pri križanju) za načrtovano stanje	19
Slika 13:	Modelno poplavno stanje na odseku mimo analiziranega križanja (PD 100 in 500 – let)	20

Kazalo tabel

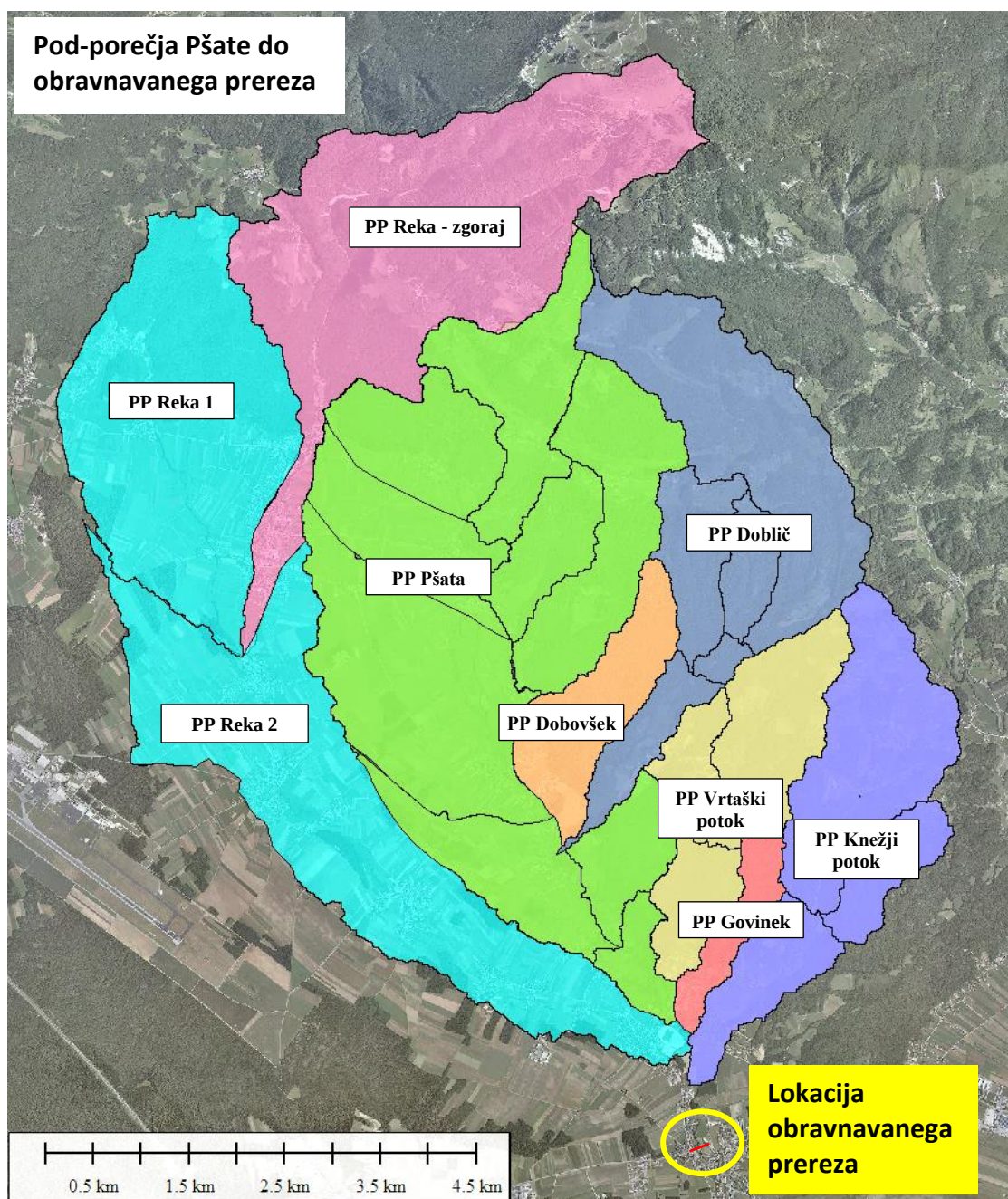
Tabela 1:	Površina upoštevanih pod-porečij	6
Tabela 2:	Modelne padavine za obravnavano porečje Pšate	8
Tabela 3:	Vršni pretoki Pšate pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mosti	9
Tabela 4:	Zbirni prikaz hidravličnih izhodišč	10
Tabela 5:	Primerjava modelni gladin na lokaciji križanja	12

E.3**Tehnično poročilo****1 IZHODIŠČA IN OPIS OBMOČJA**

V skladu z Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur.l. RS 89/2008), je občina Komenda v letu 2024 naročila novelacijo hidrološko-hidravlične študije celotnega porečja Pašte s pritoki, z oblikovanjem poplavnih kart znotraj meja občine. Zaradi stanja mostu na Pšati (Moste) po poplavnem dogodku lani avgusta, je občina Komenda dodatno naročila tudi strokovne podlage za zamenjavo mostu. V sklopu teh strokovnih podlag in projektov, je potrebno izdelati tudi hidrološko-hidravlično študijo, kjer se definira oziroma poda umeritve za zasnovo novega mostu. Hidrološka izhodišča temeljijo na podlagi noveliranih vrednosti, torej z upoštevanjem lanskega poplavnega dogodka.

2 KRAJŠI POVZETEK HIDROLOŠKIH IZHODIŠČ PREDHODNE ŠTUDIJE

V prvem delu študije smo določili modelne pretoke visokih voda Pšate, in sicer v primeru povratne dobe 10, 100 in 500 – let ter dodatno še za povratno dobo 100 – let z upoštevanjem podnebnih sprememb. Hidrološka izhodišča s postavitvijo hidrološkega modela se je izvedlo v sklopu predhodne študije oziroma študije, ki je v fazi izdelave in potrjevanja na DRSV. Na tem mestu bomo podali nekoliko daljši povzetek hidroloških obdelav, rezultate pa podali na lokaciji prereza, ki se nahaja na lokaciji obstoječega mostu čez vodotok Pšata v Mostah (Slika 1). Na tem mestu je načrtovana zamenjava mostu.



Slika 1: Prikaz lokacije analiziranega križanja in prispevnih površin do le-tega

2.1 HIDROLOŠKI MODEL – POVZETEK PREDHODNE ŠTUDIJE

Za potrebe študije se je obravnavalo celotno zaledje vodotoka Pšata s pritoki do obravnavanega križanja.

2.1.1 Postavitev hidrološkega modela

Za izračun poplavnih valov Pšate in njenih pritokov v odvisnosti od povratne dobe padavinskih dogodkov se je uporabilo orodje HEC-HMS. Porečje Pšate do obravnavanega križanja smo zaradi večje natančnosti modela razdelili na osem pod-porečij glede na manjše vodotoke, ki tvorijo rečni sistem Pšate (Tabela 1). Slednje smo razdelili na pod-porečja z bolj enotnimi lastnostmi (naklon, CN-faktor, oblika doline). Velikost porečja je znašala 61,1 km².

Tabela 1: Površina upoštevanih pod-porečij

Vodotok (pod-porečje)	Površina [km ²]	Oznaka podporečja v elektronski oddaji	Površina [km ²]
PP Doblč	7.5043	PP Dobl 1	4.598
		PP Dobl 2	0.636
		PP Dobl 3	0.1803
		PP Dobl 4	1.223
		PP Dobl 5	0.867
PP Dobovšek	1.996	PP Dobov 1	1.996
PP Govinek	0.827	PP Gov 1	0.827
PP Knežji potok	5.493	PP Knez 1	3.288
		PP Knez 2	0.943
		PP Knez 3	1.262
PP Pšata	18.126	PP Psata 1	2.365
		PP Psata 2	1.86
		PP Psata 3	1.176
		PP Psata 4	1.817
		PP Psata 5	2.91
		PP Psata 6	4.478
		PP Psata 7	1.866
		PP Psata 8	1.073
		PP Psata 9	0.581
PP Reka	13.277	PP Reka 1	7.357
		PP Reka 2	5.92
PP Reka - zgoraj	10.117	PP Ucja 1	10.117
PP Vrtaški potok	3.77	PP Vrt 1	2.096
		PP Vrt 2	0.729
		PP Vrt 3	0.945

Za izračun padavinskih izgub smo uporabili SCS metodo, s pomočjo katere presežek padavin, ki površinsko odteče, ocenimo kot funkcijo odtočnega potenciala, predhodne vlažnosti

zemljine in rabe tal. Odtočni potencial je odvisen od prevladujočega tipa tal, ki je bil za celotno Slovenijo določen v sklopu projekta Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji (CRP Konkurenčnost Slovenije 2006-2013, 2012). Rezultate omenjenega projekta smo uporabili za določitev odtočnega potenciala porečja Pšate do izbranega prereza.

Vrednosti koeficienta CN smo določili s pomočjo USACE tabel (US Army Corps of Engineers, 2000), v katerih je CN izražen v odvisnosti od rabe tal, odtočnega potenciala in hidroloških pogojev. Slednji so neposredno povezani z gostoto vegetacije, površinsko hrapavostjo tal in podobnimi faktorji. Za slabe hidrološke pogoje velja, da obstajajo določeni faktorji, ki zmanjšujejo infiltracijo in s tem povečujejo površinski odtok, za dobre pa, da omenjeni faktorji povečujejo infiltracijo in posledično zmanjšujejo površinski odtok. Modelne vrednosti koeficienta CN na porečju Pšate so bolj podrobno predstavljene v sklopu predhodne študije. Koeficient CN je tudi eden bolj občutljivih hidroloških parametrov in je predmet umerjanja. Umerjanje se je izvedlo v sklopu predhodne študije.

Model je bil razvejan, tako da smo znotraj modela poleg pod-porečij uporabili tudi komponente vozlišč (angl. »Junctions«) in povezav/propagacija (angl. »Reach«). S tem je model izkazoval bolj realne modelne rezultate. Opis hidrološkega modela in njegovih komponent je del predhodne študije.

2.1.2 Meteorološki model

Podatke o padavinah z različnimi povratnimi dobami se je pridobilo iz projekta CROSSRISK. Vrednosti padavin smo z vidika upoštevanja lanskega dogodka še dodatno povišali. Slednjo smo izvedli na način analize dnevnih vrednosti na postaji Letališče Jožeta Pučnika, in sicer do leta 2018 in do leta 2023. Za procent izkazanega dviga dnevnih vrednosti smo povečali celoten niz padavin iz projekta CROSSRISK. Analiza v primeru povratne dobe 10 – let pokaže dvig osnovnih padavin (CROSSRISK) za 6 %, v primeru povratne dobe 100 – let za 8.3 % in za povratno dobo 500 – let za 10 %. Dobljene vrednosti so bile modelne vrednosti za analizo obstoječega stanja. V primeri upoštevanja podnebnih sprememb smo modelne padavine še dodatni povišali. Upoštevali smo scenarij RCP 4.5 z dvigom temperature do konca stoletja za 2°C. Dvig padavin je sledil naslednjemu protokolu in sicer:

- za kratke nalive, do 1 ure - 10,5 %/°C,
- za nalive do vključno dolžine 1 dneva - 7 %/°C,
- za 2-dnevne padavine - 3,5 %/°C.

Modelne padavine za posamezne povratne dobe in za različna trajanja prikazuje Tabela 2. Slednja tabela izkazuje tudi pripadajoč kvartil razporeditve padavin (opis v nadaljevanju).

Tabela 2: Modelne padavine za obravnavano porečje Pšate

	min	h	Q10	Q10 p.s.	Q100	Q100 p.s.	Q500	Q500 p.s.
1. linearno	60	1	45	48	71	77	92	100
	90	1.5	52	56	83	90	107	116
	120	2	57	62	92	100	119	129
2. kvartil	180	3	67	72	105	114	135	146
	240	4	73	79	115	124	147	159
	300	5	78	85	122	133	155	168
	360	6	83	90	128	139	161	175
3. kvartil	540	9	94	102	141	153	175	190
	720	12	104	113	152	164	187	203
4. kvartil	900	15	112	122	164	177	201	218
	1080	18	120	130	173	188	213	231
	1440	24	130	141	188	204	232	251
5. kvartil	2880	48	160	174	229	248	279	303
	4320	72	178	193	253	275	309	335
	5760	96	192	208	273	296	332	360
	7200	120	204	221	287	311	349	378

p.s. = podnebne spremembe

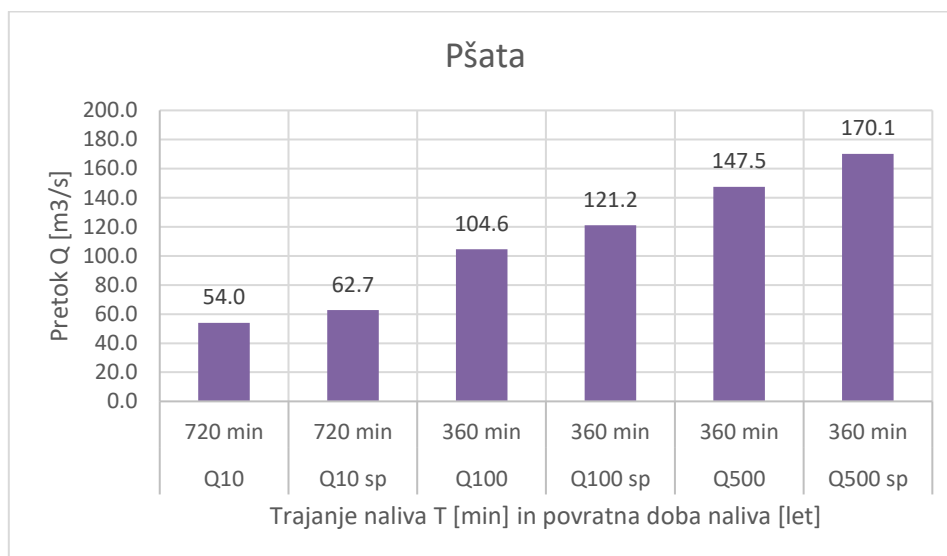
Za čim bolj realno porazdelitev ekstremnih padavin znotraj padavinskega dogodka, smo uporabili Huffo-vo razporeditev padavin, ki so bile za padavinske postaje v Sloveniji izvrednotene znotraj magistrskega dela (Dolšak, D., 2015). Razporeditev je podana brezdimenzijsko, za uporabo pa smo uporabili razporeditev s postaje Brnik, ki je najbližja. Ker smo analize izvajali za čas trajanja nalivov med 1 in 120 h, smo upoštevali razporeditve iz vse štirih kvartilov. Uporabili smo 50 percentilne razporeditve (pričakovana vrednost – okoli polovica padavin pade do polovice časa celotnega naliva). Za krajše nalive (manj kot 3 ure) smo uporabili enakomerno razporeditev padavin.

2.1.3 Izračun površinskega odtoka in rezultati izdelanega hidrološkega modela

Za modeliranje hidrološkega stanja se je uporabilo program HEC-HMS, s katerim smo izračunali poplavne valove in pripadajoče vršne pretoke na opazovanem prerezu. Za izbrano lokacijo se je analiziralo padavine z različnim trajanjem, na podlagi njihove medsebojne primerjave pa se je določilo najbolj neugoden čas trajanja padavin torej čas, ki je povzročil najvišje/vršne pretoke.

2.1.4 Vršni pretoki Pšate na prerezu menjave mostu

Analizirali smo vršna stanja s povratno dobo 10, 100 in 500 let ter vršna stanja s povratno dobo 10, 100 in 500 let z vplivom podnebnih sprememb. Vršni pretok s pripadajočim kritičnim nalivom za vseh 6 povratnih dob prikazuje Slika 2 in Tabela 3.



Slika 2: Vršni pretoki Pšate pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mostu

Tabela 3: Vršni pretoki Pšate pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mosti

		Q10	Q10 p.s.	Q100	Q100 p.s.	Q500	Q500 p.s.
Pšata	T [min]	720	720	360	360	360	360
	Q [m³/s]	54.0	62.7	104.6	121.2	147.5	170.1

Ker se analiza izvaja z 1D hidravličnim modelom (HEC-RAS), z namenom preverbe vpliva mostu, smo analize izvajali s stacionarnim tokom. Posledično poplavnih valov nismo potrebovali, ampak je zadostoval podatek o vršnem pretoku za posamezno povratno dobo (Slika 2 in Tabela 3). Poplavni valovi Pšate so del predhodne študije.

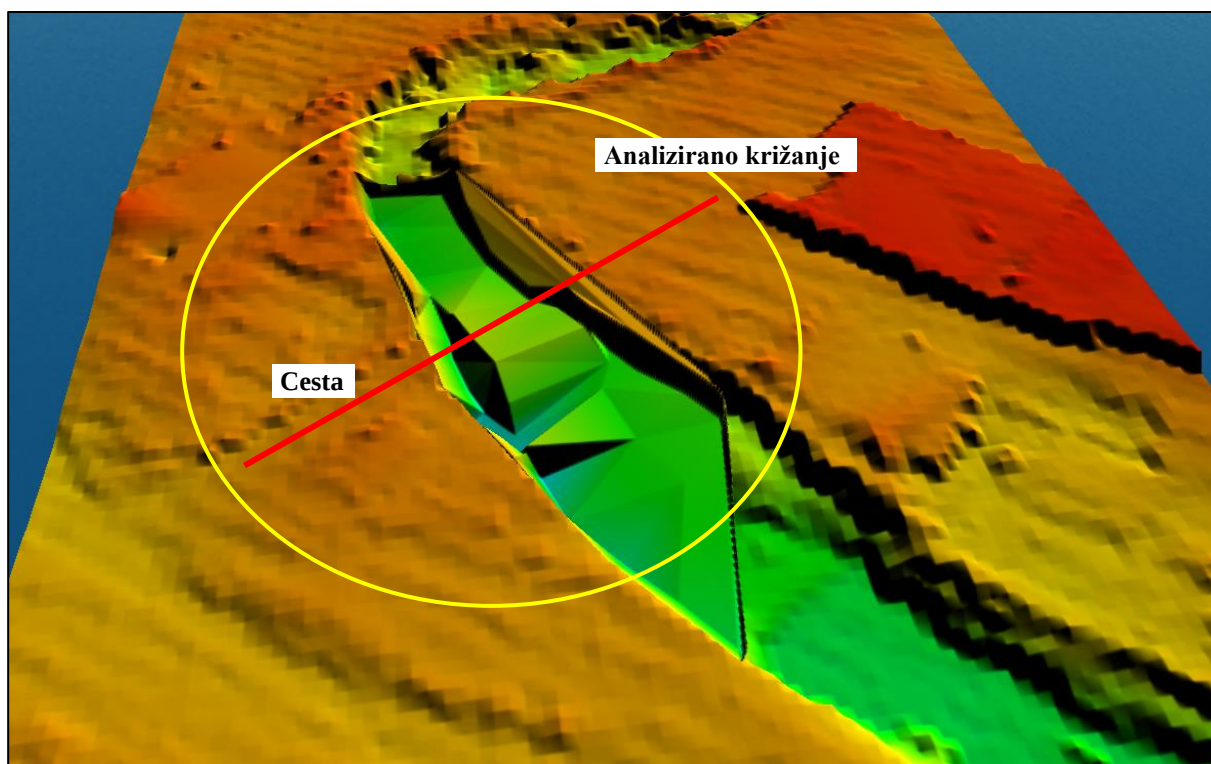
3 HIDRAVLIČNI MODEL KRIŽANJA (OBSTOJEČE STANJE) – MODEL HEC-RAS

Za potrebe analize vpliva križanja na gladino in ostale hidravlične karakteristike smo v modelu HEC-RAS postavili 1D hidravlični model. Upoštevali smo stacionarno stanje. Analiziran odsek prikazuje Slika 3. Modelno geometrijo znotraj prečnih profilov smo oblikovali na podlagi pridobljenega geodetskega posnetka. Za koeficient hrapavosti smo uporabili vrednost 0.045 v strugi in 0.055 na poplavnih površinah (glede na obstoječo rabo in zarast, ki je razvidna iz orto-foto posnetka in zabeležena na terenskem ogledu). Na območju mostu smo povišali koeficient zožitve/razširitve iz 0.1/0.3 na 0.3/0.5. Za spodnji robni pogoj smo uporabili normalno globino (konstanten padec 0.0034), kar pripada okvirnemu padcu struge dolvodno od modela. Geometrijo mostu smo prav tako povzeli iz geodetskega posnetka. Ker smo upoštevali stacionarno stanje smo v modelu upoštevali »zgolj« vršne pretoke, ki jih prikazuje Tabela 3. Zbirne podatke hidravličnih izhodišč pa prikazuje Tabela 4.

Tabela 4: Zbirni prikaz hidravličnih izhodišč

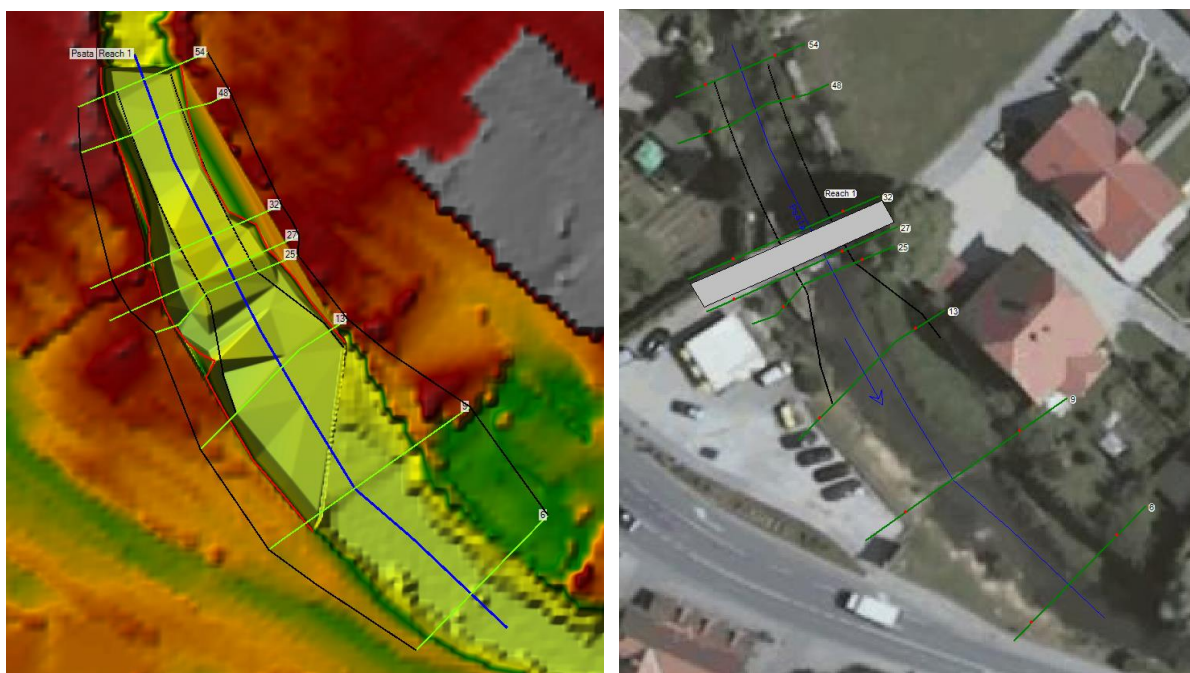
Model			HEC-RAS (1D; stacionarno stanje)		
Geometrija			Geodetski posnetek (struga, most)		
Pretok (zgornji robni pogoj)					
Q10 54,0 m3/s	Q10 p.s 62,7 m3/s	Q100 104,6 m3/s	Q100 p.s. 121,2 m3/s	Q500 147,5 m3/s	Q500 p.s. 170,1 m3/s
Spodnji robni pogoj			Normalna globina (padec 0.0034)		
Koeficient zožitve/razširitve			0.1/0.3; na območju mostu 0.3/0.5		
Koeficient hrapavosti (ng)			0.045 (struga) in 0.055 (poplavna območja)		

V prvem delu smo postavili hidravlični model obstoječega stanja, in sicer z upoštevanjem natočnih pretokov kot jih izkazuje model predhodne študije na območju križanja. Zbirne modelne gladine na lokaciji križanja (prerez gorvodno od križanja) prikazuje Tabela 5.



Slika 3: Izhodišče geometrije reke, uporabljeno pri izdelavi modela v programu HEC-HMS

Geometrijo prečnega prereza sestavlja potek terena vodnega korita določena z geodetskimi meritvami in LIDAR posnetek na območju brežin in okolice. Prikaz strukture modela v programu HEC-RAS prikazuje Slika 4.

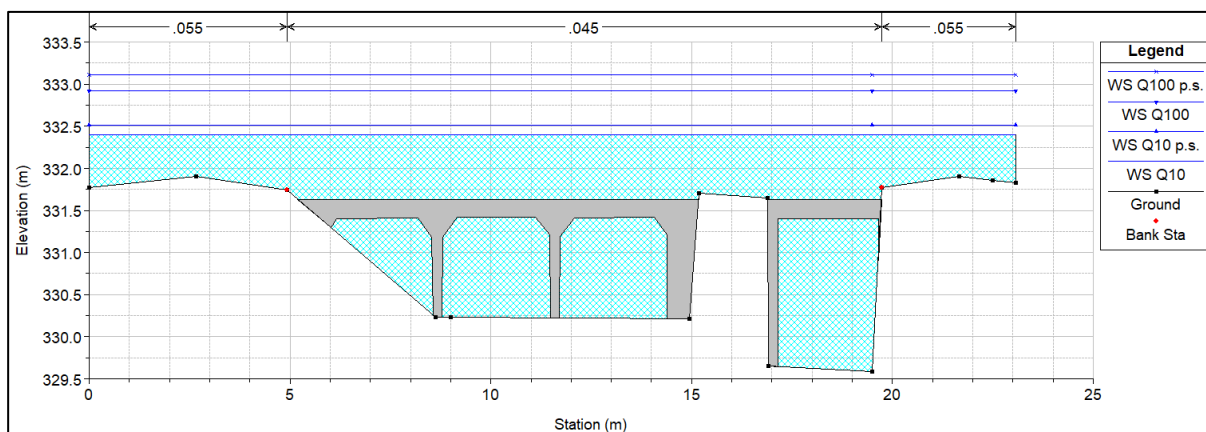


Slika 4: Prikaz modela v programskem okolju HEC-RAS

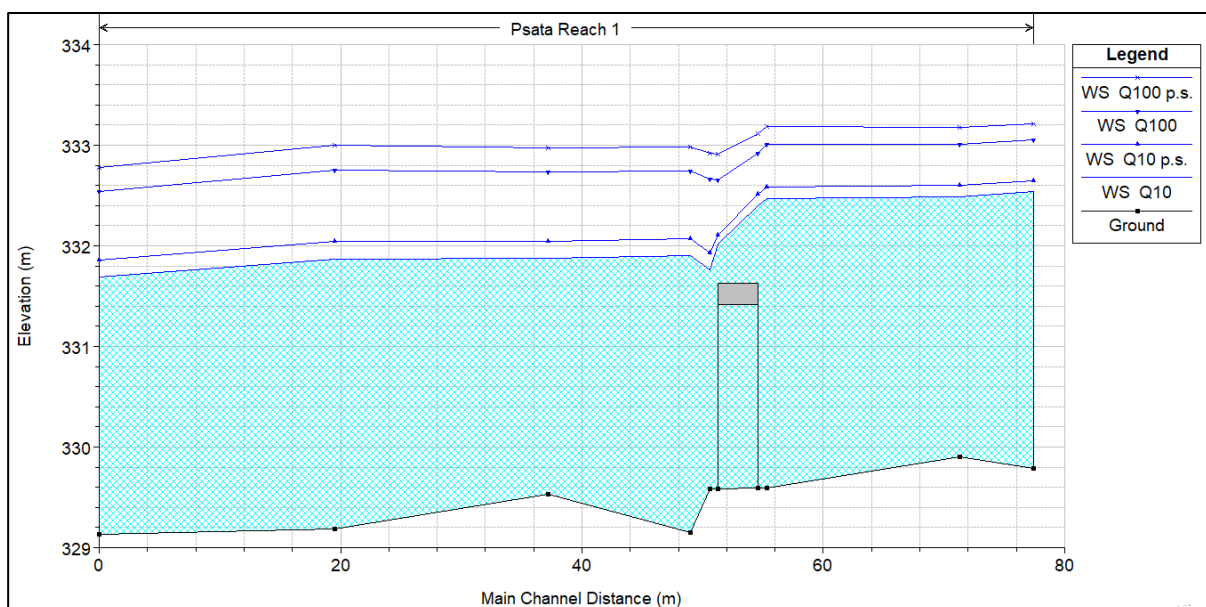
Tabela 5: Primerjava modelni gladin na lokaciji križanja

	Modelna gladina – model HEC-RAS [m.n.m.]	Modelni pretok [m ³ /s]
Q10	332,3	54,0
Q10 p.s.	332,5	62,7
Q100	332,9	104,6
Q100 p.s.	333,2	121,2

Na podlagi predstavljenih hidravličnih izhodišč in izvrednotenih modelnih pretokov smo izvedli analizo vodnega toka skozi obstoječ most. Modelne gladine na lokaciji obstoječega mostu (gorvodni profil) prikazuje Tabela 5. Modelne gladine (Slika 5) prikazujemo tudi v prikazu prečnega profila.

**Slika 5: Modelne gladine obstoječega stanja na nivoju prečnega prereza**

Za lažji prikaz stanja gladin v primeru vseh štirih povratnih dob prikazujemo le-te še na nivoju vzdolžnega prereza. Stanje gladin v vzdolžnem prerezu prikazuje Slika 6.

**Slika 6: Prikaz gladin pri obravnavanih dogodkih v primeru trenutnega stanja**

Modelni rezultati izkazujejo, da je most že v primeru povratne dobe 10 – let prelit z globinami več kot 0.5 m. Na mostu se tako vzpostavi tlačni režim (odtok skozi mostne odprtine), kot

tudi režim prelivanja (preko preklade – kot preliv preko širokega pragu). Slednje ni posledica »zgolj« mostu, ampak (pretežno) omejene prevodnosti struge Pšate skozi celotno naselje Komenda. Drugače povrdano, pričakovani vršni pretoki Pšate močni presegajo prevodno sposobnost vodotoka. Slednje se je »potrdilo« tudi v preteklih poplavnih dogodkih, kjer je območje precej poplavljen tako v letu 2007, kot tudi v letu 2023. Zgolj s povečevanjem svetle površine (novega) mostu, poplavne problematike naselja Komenda ne bomo rešili.

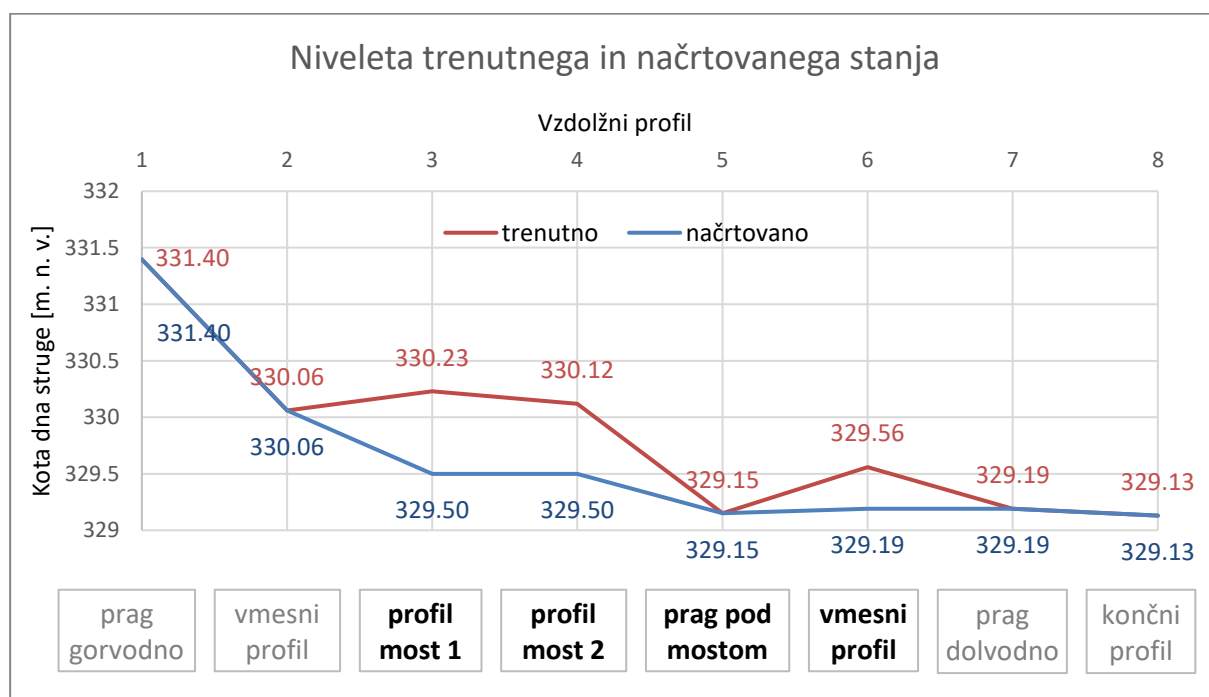
Predlog zasnove novega križanja z analizo vpliva bomo podali v nadaljevanju.

4 PREDLOG ZASNOVE KRIŽANJA Z ANALIZO VPLIVA

Na podlagi usmeritev/smernic za umeščanje premostitev, ki jih podaja Direkcija RS za vode (Splošne smernice s področja upravljanja z vodami - za OPN in DPN), je v obveznih izhodiščih pod točko 8 zapisano: »*Gradnja premostitev in drugih objektov na vodnem ter priobalnem zemljišču se načrtuje tako, da se zaradi posegov ne povečuje poplavna ogroženost in niso potrebne druge prostorske ureditve na porečju, ter da se s posegom ne poslabšujeta stanje voda in vodni režim.*« Slednja izhodišča so na podoben način zajeta tudi v projektnih pogojev za potrebe pridobitve vodnega soglasja/mnenja. Glede na predstavljena dejstva/izhodišča in modelne rezultate obstoječega križanja predlagamo, da se pri zasnovi novega mostu (nadomestne gradnje) upošteva sledeča priporočila:

- Ureditev nivelete na odseku mimo križanja

Z vidika izboljšanja prevodnosti odseka mimo križanja in s tem povečevanja odmikov med preklado mostu in modelno gladino predlagamo, da se na odseku mimo križanja prilagodi niveleto vodotoka Pšata. Tako predlagamo, da se krona obstoječega pragu (neposredno na lokaciji zadevnega križanja) iz obstoječe kote 330,12 m.n.m. zniža na koto 329,5 m.n.m. Gre za okoli 0.6 metrsko znižanje pragu, kar bo ugodno vplivalo na izkazane modelne gladine. S tem še vedno ohranimo prag dolvodno od mostu, vendar z znižano globino. Predlagamo še, da se niveleto dna Pšate uredi še v profilu dolvodno. Predlog novelacije nivelete Pšate mimo odseka zadevnega križanja prikazuje Slika 7.



Slika 7: Predlog spremembe nivelete Pšate mimo analiziranega križanja

- ***Ureditev profila križanja***

Predlagamo, da se profil križanja preoblikuje v trapezno obliko s širino dna 7 m in naklonom brežin 1:1. Brežina naj se »izklini« na spodnjem robu prekladne konstrukcije (celotna širina tako znaša cca. 10 m). Geometrijo na območju križanja (celoten odsek) naj se ustrezno naveže na gorvodni in dolvodni obstoječ profil.

- ***Ureditev križanja***

Glede na obstoječe stanje je križanje »urejeno« kot most z dvema opornikoma z okvirnimi dimenzijami odprtin 2,65×1,18 m. Predlagamo, da se križanje preuredi kot premostitev, kjer se na lokaciji križanja uredi razširjeno korito (dimenzije so podane v prejšnji alineji), vodotok pa se premosti »samo« s prekladno konstrukcijo (brez vmesnih podpor), brez večjih stranskih krilnih zidov. Predlagamo, da znaša spodnji rob konstrukcije vsaj 332,12 m.n.v. Predlagana kota spodnjega roba konstrukcije je za okoli 0,72 m dvignjena nad obstoječo koto spodnjega roba konstrukcije (331,4 m.n.v.). Višina prekladne konstrukcije oziroma SRK je povzeta iz predlagane zasnove projektanta mostu. Zaradi precejšnjega neskladja med prevodnostjo celotnega odseka in pričakovanimi visokimi pretoki, most ne more izkazovati željenih odmikov med modelno koto s povratno dobo 100 – let in SRK. Posledično se je višina prekladne konstrukcije maksimizirala, dodatno dvigovanje le-te pa je oteženo zaradi ostalih omejitev v prostoru (navezave na obstoječo cesto, ureditev cestnih priključkov, stroški izvedbe,...). Problematiko bomo bolj podrobno opisali v nadaljevanju.

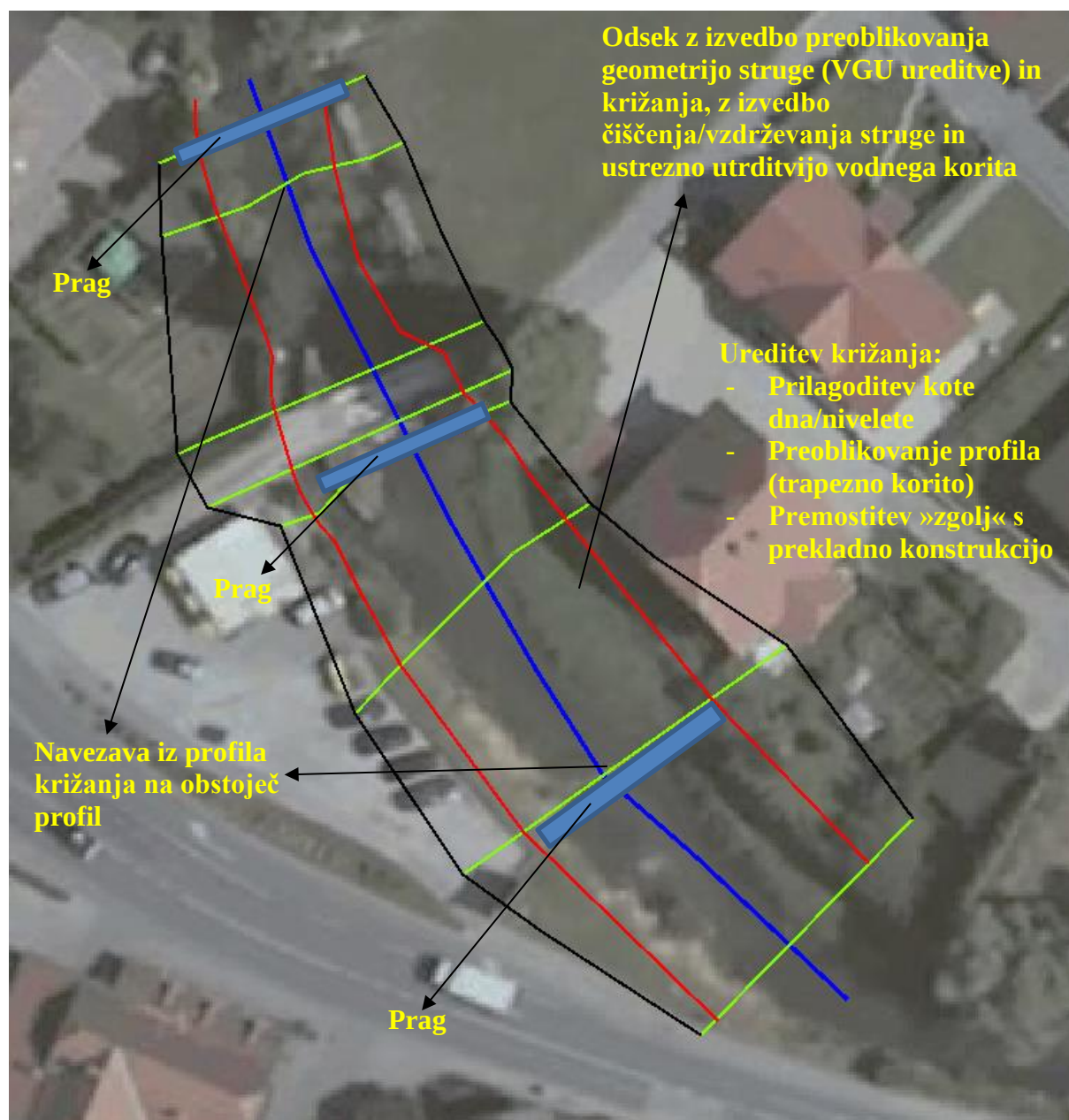
- ***Prilagoditev elementov konstrukcije zaradi neugodnega stanja pri povratni dobi 100 let***

V sklopu obravnavanih projektnih rešitev, gladin pri povratni dobi 100 let ni mogoče znižati na raven »normalnega« funkcioniranja premostitvene konstrukcije (bolj podroben opis v nadaljevanju). Kljub zadevanju vodnega toka ob zgornji rob konstrukcije in prelivanju le-te, lahko znatno zmanjšamo nevarnost za nastanek večjih poškodb na mostu z načrtno izbiro ograje in načinom njene pritrditve. »Globoko« pritrjene ograje z gosto razporeditvijo stebričkov v primeru prelivanja mostu ustavljajo vodni tok in plavje, kar povzroča še dodatno zajezbo. Ograje, ki so »močno« pritrjene na most, lahko ob velikih obremenitvah resno poškodujejo njegovo konstrukcijo ter, kot že omenjeno, povzročijo dodaten dvig vode gorvodno. Posledično predlagamo, naj bo ograja zasnovana kot »najšibkejši« člen sistema, z možnostjo »položitve« v primeru večjih sil. Ograja naj bo zasnovana na način maksimizacije prepuščanja vodnega toka. Na takšen način bo potencialni/morebiten bistven vpliv ograje v primeru visokih voda omejen.

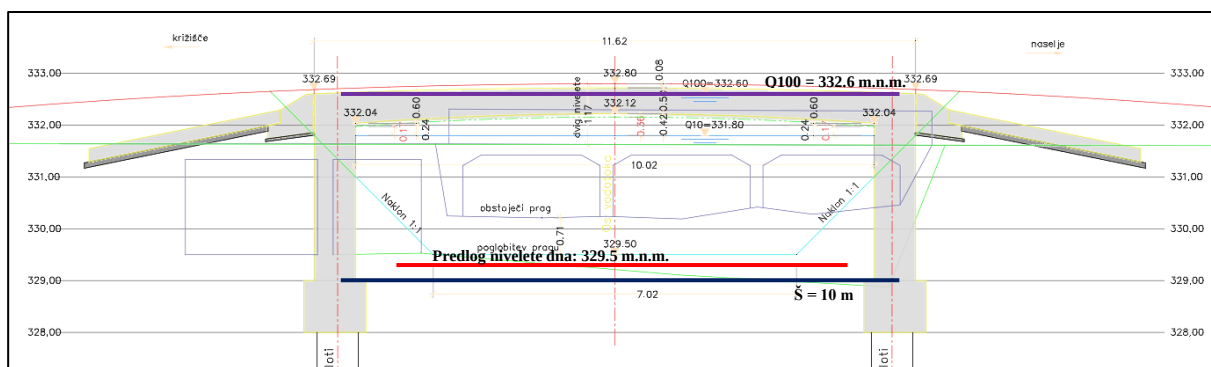
- Na obravnavanem odseku naj se v sklopu preureditve struge le-ta tudi očisti zarasti in ustrezno utrdi

Na odseku so predlagane vodnogospodarske ureditve (vključno s preoblikovanjem križanja) z namenom povečanje prevodnosti. Tako se naj v sklopu izvedbe na tem odseku izvedejo tudi vzdrževalna dela čiščenja zarasti.

Opisane smernice situativno prikazuje Slika 8. Zasnovo križanja na nivoju prečnega prereza pa Slika 9.

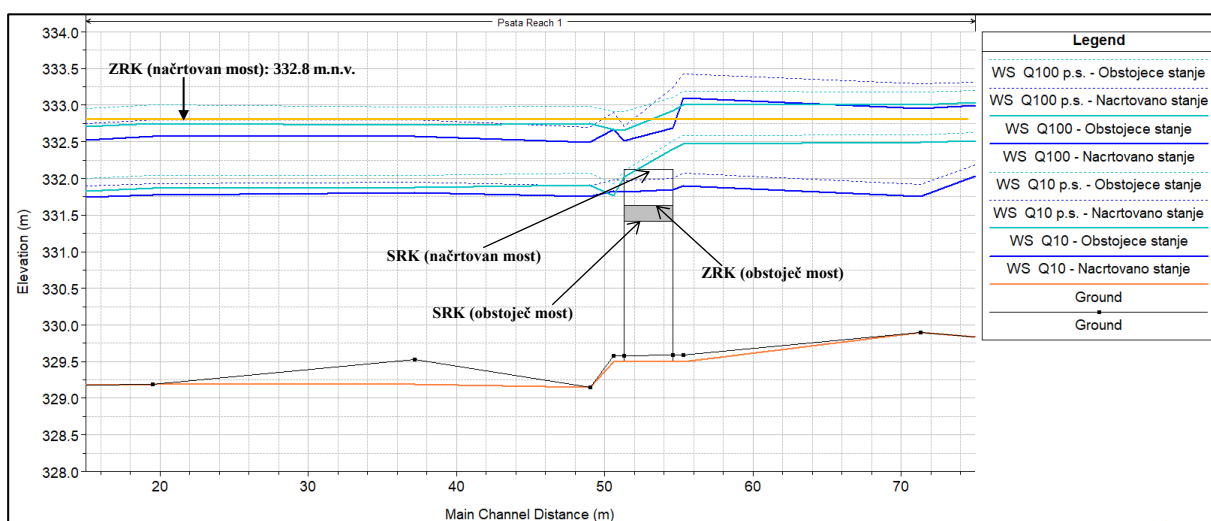


Slika 8: Situativni prikaz predlaganih ureditev



Slika 9: Shematičen prikaz zasnove križanja

Na podlagi podanih izhodišč smo preoblikovali model in izvedli modelno analizo za stanje v primeru povratne dobe 10 in 100 - let z in brez vpliva podnebnih sprememb. Modelne gladine za obstoječe in načrtovano stanje prikazuje na nivoju prečnega prereza prikazuje Slika 10.

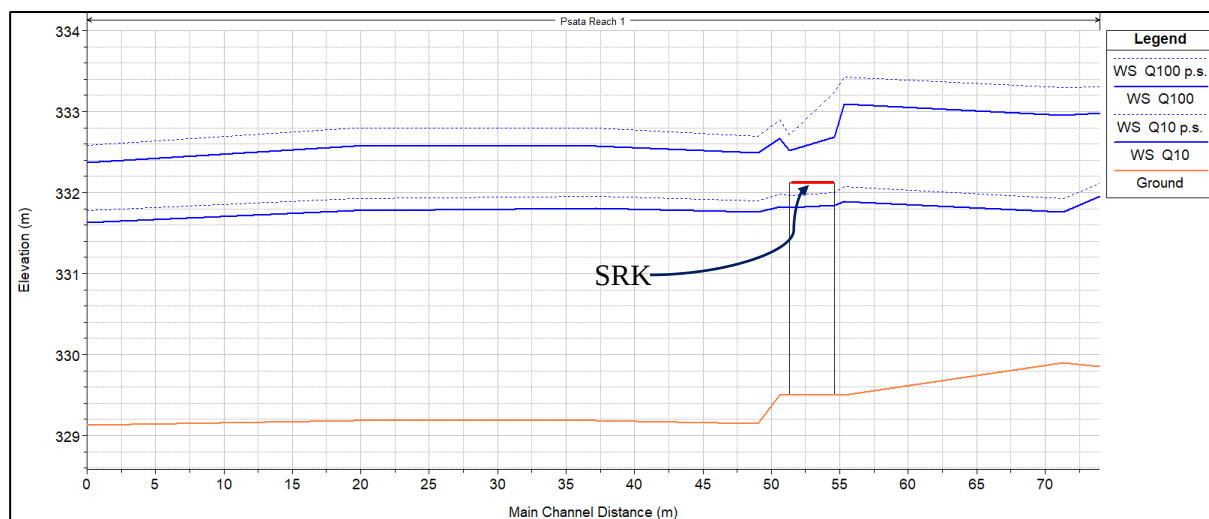


Slika 10: Primerjava modelnih gladin obstoječega stanja križanja in stanja z upoštevanjem predlaganega načina izvedbe novega križanja

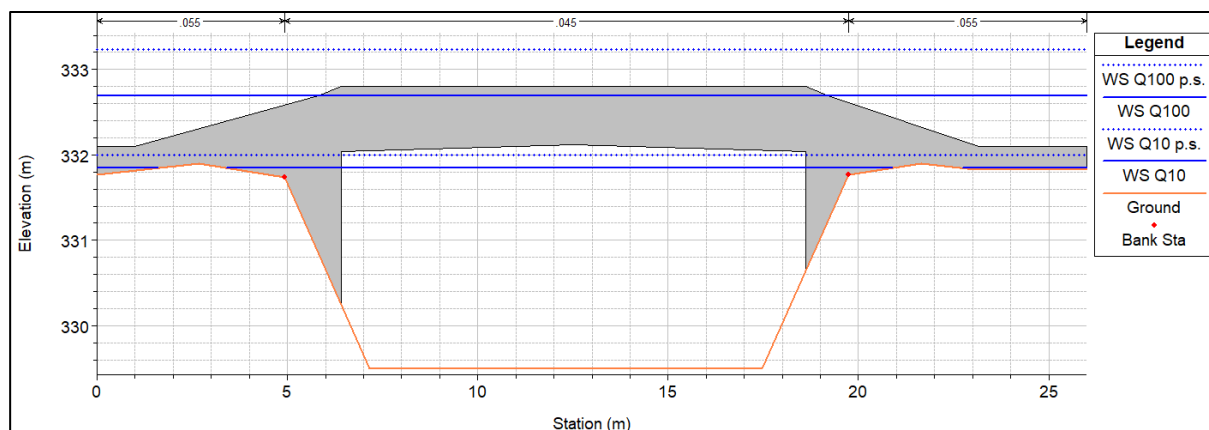
Primerjava na nivoju vzdolžnega prereza izkazuje, da s predlagano rešitvijo ugodno vplivamo na gladinsko stanje na območju križanja, ki ne povzroča več prelivanja v primeru pretokov s povratno dobo 10-let. V primeru povratne dobe 10 – let model tako izkazuje bistveno izboljšanje gladinskega stanja, saj pride, zaradi večje prevodnosti načrtovanega mostu, do znižanja gladin (glede na obstoječe stanje). Sledenje je ugodno, saj je gorvodni vpliv zajeze precej manjši, zniža se tudi potencialno prelivanje visokih voda iz struge Pšate na poplavno območje. Ker ima Pšata na odseku skozi naselje Komenda prevodnost nekje na nivoju povratne dobe 10 – let, je zagotavljanje prevodnosti načrtovanemu mostu do te povratne dobe pomembna in potrebna. S tem most dodatno ne vpliva na poslabšanje poplavnega stanja. Ohrani se zvezna prevodnost odseka.

Pretoki s povratno dobo 100 let so tudi pri načrtovanem stanju še vedno »problematični«. Model izkazuje, da se pri tej povratni dobi vodni tok zadane ob mostno konstrukcijo, v primeru upoštevanega vpliva podnebnih sprememb pa je konstrukcija prelita. V tem primeru je stanje podobno kot v primeru obstoječega. Nekaj poslabšanja je sicer izkazanega gorvodno, vendar pa je gladinsko stanje načrtovanega stanja dovedno bolj ugodno. Kljub izkazanemu delnemu vplivu mostu, pa ostale prostorske omejitve preprečuje dodatno dvigovanje mostu. Poleg tega se most nahaja na odseku, kjer v primeru višjih povratnih dob od 10 – let pride do širšega poplavljanja reke Pšate. Poplavni tok Pšate most obteka (Slika 13), kar pa bo izkazano tudi v primeru dodatnega dvigovanja prekladne konstrukcije načrtovanega mostu. Načrtovan most tako ni »ozko« grlo celotnega odseka, saj ima celoten odsek (pogojno) zvezno prevodnost »zgolj« do povratnih dob 10 – let, pri višjih povratnih dobah pa pride do širšega prelivanja. Načrtovan most tako bistveno ne poslabšuje izkazanega poplavnega stanja pri višjih povratnih dobah (nad 10 – let), ki je že po obstoječem stanju precej slabo.

Stanje modelnih gladin v vzdolžnem prerezu (samo načrtovano stanje) in v prečnem prerezu (samo načrtovano stanje) križanja prikazujeta Slika 11 in Slika 12.



Slika 11: Modelne gladine za povratni dobi 10 in 100 let z in brez vpliva podnebnih sprememb za načrtovano stanje



Slika 12: Prikaz modelnih gladin na nivoju prečnega prereza (prerez pri križanju) za načrtovano stanje

Glede na podano analizo predlagana zasnova križanja nudi ustrezno prevodnost (z izkazano varnostjo) pri povratni dobi 10 let. Z ureditvijo odseka in preureditvijo križanja se prevodnost odseka mimo križanja tako bistveno izboljša. Z načrtovanim križanjem pa tako ohranjamo obstoječo zvezno prevodnost odseka Pšate skozi naselje Komenda, ki znaša nekje do pretokov s povratno dobo 10 – let.

Kot že omenjeno, ima v primeru višjih povratnih dob križanje še vedno določeno stopnjo prevodnosti, vendar model izkazuje stik prekladne konstrukcije z gladino. Tako model izkazuje »polno« svetlo odprtino v primeru povratne dobe 100 – let (z »dotikanjem« preklade) in prelivanje preklade v primeru povratne 100 – let z upoštevanjem podnebnih sprememb. Pričakuje se (v splošnem), da naj bi imela nova križanja (vsaj) 0.5 m varnostnega odmika od modelne gladine v primeru povratne dobe 100 – let z izkazom odpornosti na pretoke s povratno dobo 100 – let z upoštevanjem podnebnih sprememb. Slednje pa je na zadevni lokaciji močno oteženo, saj prostorske omejitve ne dopuščajo dodatnega povečanja mostu. Kot smo že prej omenili, so dimenzije mostu maksimizirane (dvig SRK z vplivi na priključne rampe/dovozi, razpon mostu brez izvedbe vmesnih podpor, širina vodnega korita na lokaciji mostu, vpliv na niveleto,...). Poleg tega ponovno izpostavimo dejstvo, da celoten odsek Pšate nima prevodnosti na nivoju povratne dobe 100 – let. Skozi naselje Komenda je mejna prevodnost Pšate nekje na nivoju povratne dobe 10 – let, pa tudi pri tej povratni dobi model izkazuje posamezna prelivanja. Novo križanje ima v primeru povratne dobe 10 – let izkazano ustrezno prevodnost (vsaj na nivoju preostalega dela odseka), tako da se ohranja zvezna prevodnost. Pri višjih povratnih dobah (100 in 500 – let) pa je na celotnem odseku Pšate skozi naselje Komenda izkazano širše prelivanje in poplavljanja večjega dela naselja Komenda (slednje se je zgodilo že leta 2007, še bolj intenzivno pa lani avgusta). Slednje prikazuje tudi Slika 13, kjer je izkazano gorvodno in dolvodno (širše) prelivanje. S tega vidika

tudi ožji odsek mimo načrtovanega križanja (tudi brez križanja) nima prevodnosti na nivoju povratne dobe 100 in 500 – let. V tem primeru je zagotavljanje varnostnega nadvišanja oteženo. S tem se ohranja obstoječa zvezna prevodnost odseka vsaj do povratne dobe 10 – let. Glede na izvedene analize je slednje izpolnjeno. Dodatno izpostavimo še dejstvo, da na analiziranem odseku ni predvidenih večjih regulacijskih del na potoku (npr. projekt SPU ukrepov), tako da načrtovan most v prihodnosti ne bo predstavljal »ozkega grla«. Na potoku (predvsem v zaledju njegovih pritokov) so predvideni suhi zadrževalniki, s katerimi se bo nižalo natočne pretoke. Slednje bo ugodno vplivalo na poplavno stanje dolvodno, vključno z odsekom mimo načrtovanega mostu. V primeru znižanja pretokov (delovanje zadrževalnikov), se bo povišalo tudi varnostno nadvišanje načrtovanega križanja.



Slika 13: Modelno poplavno stanje na odseku mimo analiziranega križanja (PD 100 in 500 – let)

Glede na predstavljena dejstva smo mnenja, da je zasnova mostu ustrezna in kot taka maksimizirana. Most ima ustrezno prevodnost v primeru povratnih dob 10 – let, kar obstoječ most nima, saj pride že pri teh pretokih do prelitja konstrukcije. S tega vidika je zamenjava obstoječega mostu, ki je močno pod-dimenzioniran, potrebna oziroma nujna. Stik konstrukcije z gladino visokih voda (načrtovano stanje) se izkazuje v primeru povratne dobe 100 – let (brez varnosti). Pri višjih povratnih dobah je preklada prelita (načrtovano stanje). Kot že omenjeno je območje naselja Komenda pri povratnih dobah 100 in 500 – let povsem

»zalito«, tako da ni pričakovati, da bo mostna konstrukcija izkazovala ustrezno prevodnost. V tem primeru bi bilo potrebno prekladno konstrukcijo močno dvigniti, kar pa zaradi ostalih omejitev (prostorskih, tehničnih) ni mogoče. Most tako ne zmanjšuje obstoječe zvezne prevodnosti odseka Pšate mimo križanja, ki je nekje na nivoju povratne dobe 10 – let.

Kot že omenjeno smo mnenja, da je predlagana zasnova križanja oziroma ureditve celotnega odseka ustrezna in v največji možni meri (kolikor to dopuščajo omejitve v prostoru, ki niso vezane zgolj na vidik poplav) upošteva podane usmeritve iz projektnih pogojev. Nova zasnova mostu vsekakor bistveno izboljšuje prevodnost obstoječega mostu, kar se kaže na zmanjšanju gorvodnega vpliva (pojav zajeze) v primeru povratne dobe 10 – let. Zasnova novega mostu s prevodnostjo (vsaj) na nivoju prevodnosti celotnega odseka je dimenzijsko maksimizirana in po našem mnenju ustrezna in sprejemljiva.

5 ZAKLJUČKI IN POVZETKI ANALIZ

Analiza odseka se je izvedla za potrebe zamenjave obstoječega križanja na vodotoku Pšata, ki ima zelo omejeno prevodnost, ki ne dosega zvezne prevodnosti odseka. Prevodnost odseka je v območju povratne dobe 10 – let, obstoječ most pa že pri tej povratni dobi izkazuje gorvodni vpliv. Vodne količine so se povzele iz prehodne študije, v sklopu katere se je izvedla sorazmerno podrobna hidrološka študija Pšate s pritoki.

Vpliv obstoječega križanja na hidravlične karakteristike se je izvedel z uporabo 1D hidravličnega modela HEC-RAS, kjer se je uporabil stacionarni tok. Za geometrijo struge Pšate in križanja se je uporabil geodetski posnetek, bregov pa LIDAR podatek.

Analiza je pokazala, da obstoječa zasnova mostu izkazuje precejšnjo pod-dimenzioniranost. Tudi v primeru povratne dobe 10 – let, ki je mejna povratna doba prevodnosti Pšate na daljšem odseku skozi naselje Pšata.

Tako smo v drugem delu študije predlagali zasnovo križanja, kjer smo sorazmerno povečali svetlo odprtino in prerez na območju križanja, spremenili potek nivelete, eliminirali vmesne podpore in dvignili spodnji rob prekladne konstrukcije. Z modelom smo ovrednotili tudi vpliva križanja na modelne gladine. Glede na podano analizo, predlagana zasnova križanja nudi (po našem mnenju) ustrezno prevodnost, vpliv križanja pa bo zaradi bistvenega povečanja prevodnosti glede na obstoječe stanje precej zmanjšan. Še posebej se bo to kazalo v zmanjšanju gorvodnega vpliva (pojav zajeze), z vračanje poplavnega stanja na »nivo« poplavnega stanja pred izvedbo ceste s križanjem, v primeru povratne dobe 10 – let. Slednja povratna doba je tudi »tarčna«, saj predstavljajo pretoki s povratno dobo 10 – let mejne pretoke za celoten odsek Pšate skozi naselje Komenda. Most bo imel tako ustrezno/pričakovano prevodnost do povratnih dob 10 – let. Pri višjih povratnih dobah bo prišlo do stika preklade z gladinami in tudi do prelivanje preklade. Glede na ostale omejitve v prostoru ter tudi z vidika poplav (vpliv nasipa, ki ga »ustvari« cestišče zaradi navezave na (preveč) dvignjeno prekladno konstrukcijo; obstoječa prevodnost širšega odseka) so predlagani gabariti nove zasnove mostu maksimizirani in kot taki (po našem mnenju) ustrezni.

6 LITERATURA

DRSV, Atlas voda. Dostopno na spletu: <http://www.evode.gov.si/atlas-voda/>

Kozjek, K., Vertačnik, G., 2020. Časovno in prostorsko glajeni povratni nivoji ekstremnih nalivov. Vetrnica – glasilo Slovenskega meteorološkega društva. Dostopno na spletu (Vetrnica 12-13/19 - oktober 2020 - str. 77-85) <http://www.meteo-drustvo.si/glasilo/arhiv-vetrnica/>

Novelacija hidrološko-hidravlične študije za območje Občine Komenda. Naročnik: Občina Komenda. Izvajalec: Inštitut za vodarstvo, d.o.o. Št. projekta: P632/24, Ljubljana, oktober 2024

Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur.l. RS, št.60/2007). Dostopno na spletu: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=81148>

Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji. Ciljni raziskovalni program "Konkurenčnost Slovenije 2006 - 2013" v letu 2010. Raziskovalni projekt št. V4-1066. Naročnik: Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Izvajalci: Biotehniška fakulteta; Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Inštitut za vode RS. Ljubljana, 2012.

Dostopno na spletu: <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-TWDYUIZR/>

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur.l. RS, št. 89/2008). Dostopno na spletu: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=88381>

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. [67/02](#), [2/04](#) – ZZdrI-A, [41/04](#) – ZVO-1, [57/08](#), [57/12](#), [100/13](#) in [40/14](#)).

Dostopno na spletu: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244>