11.1 NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O ELABORATU

INVESTITOR:

Občina KRANJSKA GORA
Kolodvorska 1b, 4280 KRANJSKA GORA

OBJEKT:

Gradnja mostu čez Kramarico na JP 690812

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE:

»11« HIDROLOŠKO HIDRAVLIČNI ELABORAT

ZA GRADNJO:

NOVOGRADNJA

IZDELOVALEC ELABORATA (žig in podpis odgovorne osebe):

APUS d.o.o.
Pribinova 5, 1000 LJUBLJANA
Direktor: **Tadej Jeršič**

ODGOVORNI IZDELOVALEC ELABORATA (osebni žig in podpis):

Aleš Zaletel, dipl.inž.grad., G - 4737

ALEŠ ZALETEL
dipl.inž.grad.
IZS PI G-4737

ŠTEVILKA ELABORATA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE ELABORATA:
Ap – 18/25, Ljubljana, maj 2025

11.2 KAZALO VSEBINE ELABORATA št.: Ap - 18/25

SPLOŠNI DEL

11.1 Naslovna stran z osnovnimi podatki o elaboratu
11.2 Kazalo vsebine elaborata

TEHNIČNI DEL

11.3 Tehnično poročilo

11.3.1 Problematika in opis stanja

11.3.2 Obstoječa dokumentacija in mnenja

11.3.3 Hidrološki opis vodozbirnega območja

11.3.4 Izračun povečanja vodnih količin zaradi podnebnih sprememb

11.3.5 Hidravlični model

11.3.6 Zaključek

11.4 Priloge

11.3 Tehnično poročilo

11.3.1 Problematika in opis stanja

Investitor, Občina Kranjska Gora, je naročila izvedbo hidrološko-hidravličnega elaborata vodotoka Kramarica na območju naselja Zgornja Radovna. Na tem območju je potrebna analiza predvidenega stanja po izgradnji mostu, pri tem je potrebno upoštevati vpliv podnebnih sprememb.

Obstoječo cestišče na JP 690812 poteka po dnu struge Kramarice, ki je pretežen del leta suha, na sredini struge je urejeno tlakovan prehod za vozila, ki pa je v deževnem obdobju neprevozen ob pojavu povečanih pretokov (Slika 1).

Hidrološki del analize bo določil maksimalne pretoke za povratno dobo 100 let, kar bo služilo kot osnova za nadaljnje projektiranje. Hidravlična analiza bo preverila vpliv načrtovanega posega na režim odtoka, kot tudi obrežnih zavarovanj, ki ščitijo brežine pred erozijo.

Cilj načrtovanih posegov in analiz je zagotoviti ustrezno pretočnost vodotoka Kramarica ter zagotoviti odpornost na vpliv visokih voda na okoliška zemljišča ter mostno konstrukcijo.



Slika 1: Obstoječe prečkanje vodotoka Kramarica na JP 690812 ob pojavu visokih vod.

11.3.2 Obstoječa dokumentacija in mnenja

V hidrološko hidravličnem elaboratu se je upoštevala naslednja dokumentacija:

- Geodetski načrt in zasnova mostu, GRADARHI Tadej Burger s.p., št. načrta 360/2024, februar 2024,
- Zahteva za dopolnitev vloge za izdajo mnenja o vplivu gradnje na vodni režim in stanje voda, DSRV, Sektor območja zgornje Save, Ulica Mirka Vadnova 5, 4000 Kranj, Številka: 35508-1738/2025-2, Datum: 17.3.2025.

11.3.3 Hidrološki opis vodozbirnega območja

Vodotok Krmarica se nahaja v dolini Krma, ki je najvzhodnejša izmed treh glavnih dolin v Triglavskem pogorju. Dolina Krma se razteza med Pokljuškimi vrhovi, kot sta Debela peč in Viševnik, ter vrhovi nad njo, kot sta Vernar in Rjavina. Vodotok je izrazito hudourniškega značaja in ob izteku doline ponikne. Njegove vode se v bližini zaselka Zgornja Radovna skupaj z vodami potoka Kotarica zberejo kot izvir reke Radovne.

Vodozbirno območje Krmarice obsega približno 24,6 km² in vključuje območja vse do vrha Vernarja. Območje je delno gozdnato, z deloma skalnatim in srednje prepustnim površjem. Zaradi geološke sestave, nadmorske višine in izrazite strmosti terena je območje zelo občutljivo za nastanek hudourniških tokov, še posebej ob intenzivnih padavinah ali hitrem taljenju snega.

V bližini se nahaja vodomerna postaja Srednja Radovna, Agencije RS za Okolje (ARSO), katere podatki o pretokih niso uporabni zaradi kratkega niza merjenja podatkov (1956-1972).

Vodotok Kramarica ima nad dolinskim dnom zelo strmo vzdolžno niveleto, kot tudi stranske doline, s povprečnim naklonom nad 40 %, kar znatno vpliva na dinamiko odtoka, koncentracijo padavinskih voda in hitrost dotoka v dolvodne odseke. Zaradi hudourniškega značaja vodotoka in majhnega, vendar zelo odzivnega zaledja je bil za oceno visokovodnega pretoka s 100-letno povratno dobo (Q100) uporabljen empirični postopek po Kresnikovi metodi. Glede na naklon vodozbirnega območja in približno 50-odstotno gozdnatost zaledja je bil pri izračunu uporabljen empirični faktor $\alpha = 0,6$.

Na podlagi navedenih parametrov znaša izračunani pretok Q100 = 86,5 m³/s.

	F (km^2)	**Q100 (m^3/s)**
Most na JP 690812	26,4	86,5

Preglednica 1: Največja vrednost visokih vod s povratno dobo 100 let na obravnavanem območju po metodi Kresnika

Hidrološki izračun se nahaja v Prilogi 1.

11.3.4 Izračun povečanja vodnih količin zaradi podnebnih sprememb

Izbira obdobja preveritve

Minimalna življenjska doba za načrtovane mostne konstrukcije je 50 let, za obrežna zavarovanja pa 30 let. Zato je treba izvesti izračun povečanja ekstremnih padavin zaradi podnebnih sprememb vsaj do leta 2075.

Trend povratnih nivojev visokovodnih pretokov za RCP4.5 - osnove

Na podlagi prošnje so nam iz Agencije RS za okolje poslali tabelo vrednosti trenda povratnih nivojev visokovodnih pretokov za RCP4.5 z obrazložitvijo.

Za oceno sprememb hidroloških razmer do konca 21. stoletja so na Agenciji Republike Slovenije za okolje uporabili programsko orodje MIKE 11, ki ga agencija uporablja v sklopu hidrološkega prognostičnega sistema. Obstoječi hidrološki model so ustrezno prilagodili z izborom porečij in reprezentativnih vodomernih postaj, kjer razpolagajo z meritvami pretokov za obdobje 1981–2010. Izboru je ustrezalo 52 vodomernih postaj. Vhodni podatki v model so bile modelske padavine, temperatura zraka in evapotranspiracija šestih regionalnih podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX, ki so bili izbrani za območje Slovenije in zaradi sistematičnih napak pred uporabo ustrezno popravljeni. Za optimistični scenarij RCP2.6 so bile na voljo simulacije samo dveh modelov, za ostala dva scenarija, RCP4.5 in RCP8.5, pa tudi simulacije podnebnih spremenljivk šestih modelov, kar so obrazložili tudi na spletni strani *http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf*.

Pri analizi trendov povratnih nivojev visokovodnih pretokov so podobno kot pri obravnavi povratnih nivojev meteoroloških spremenljivk spremembe povratnih nivojev ocenili za celotno obravnavano obdobje 1981–2100 s pomočjo linearnega trenda. Linearen trend na enostaven način pove, kako se s časom spreminjajo vsi povratni nivoji za izbrano spremenljivko. Vrednosti trendov in intervalov zaupanja trendov za posamičen model so združili v oceno za celoten ansambel modelov, trend celotnega obdobja pa normirali na sredino porazdelitve najvišjih letnih vrednosti povratnih nivojev v obdobju 1981–2010.

Sedanje vrednosti povratnih nivojev so znane iz meritev pretoka ali iz modelskih ocen (projektni pretok). Trend podan v relativni obliki omogoča, da katerikoli povratni nivo za izbrano prihodnje obdobje izračunamo iz vrednosti povratnih nivojev za sedanjost. V priloženi excelovi preglednici so prikazali rezultate trendov povratnih nivojev za vsa obravnavana merilna mesta na površinskih vodah, ki so bila vključena v modelske izračune za oceno podnebnih sprememb. Rezultate so podali za tri obravnavane scenarije izpustov toplogrednih plinov: RCP2.6, RCP4.5 in RCP8.5. Poleg trenda za celotno obdobje (trend je podan v odstotkih na desetletje) so naredili še preračune za tri obdobja v prihodnosti: 2011–

2040, 2041–2070 in 2071–2100 glede na referenčno obdobje 1981–2010. Poleg srednje vrednosti trenda (mediane) sta podani še spodnja in zgornja meja 90-odstotnega intervala zaupanja, ki so ga izračunali iz ansambla šestih modelov, ter statistična zanesljivost trenda. Vrednost 1 pomeni visoko zanesljivost, vrednost -1 nizko zanesljivost, vrednost 0 pa statistično neznačilne spremembe.

Trend povratnih nivojev visokovodnih pretokov reke Savinje in pritokov za RCP4.5

Iz tabele vrednosti trenda povratnih nivojev visokovodnih pretokov za RCP4.5 smo povzeli podatke o trendu naraščanja visokih voda za reko Savo Dolinjko do Bleda. Za merilno mesto Blejski most za scenarij RCP 4.5 znaša spodnja meja intervala zaupanja -1,4 %/desetletje, mediana trenda 1,0 %/desetletje in zgornja meja intervala zaupanja 3,7 %/desetletje, zanesljivost pa 0, kar pomeni statistično neznačilno spremembo.

Ker trendi naraščanja visokih voda za VP Blejski most kažejo neznačilno spremembo napovedovanja, izberemo mediano trenda 1,0 %/desetletje. Pri predvideni življenjski dobi premostitvenih objektov 50 let, to za obdobje 2025 (leto izdelave hidrološke študije) do leta 2075 znese povečanje visokovodnih pretokov za 5%. Izračunano vrednost povečanja smo aplicirali na rezultate hidrološke ga izračuna po Kersniku iz prejšnjega poglavja. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

	F (km^2)	**Q100 (m^3/s)**
Most na JP 690812	26,4	90,8

Preglednica 2: Največja vrednost visokih vod s povratno dobo 100 let na obravnavanem območju po metodi Kresnika z upoštevanjem podnebnih sprememb

Za izračunan hidrološki profil mostu na Krmarici je bil uporabljen visokovodni pretoki s povratno dobo 100 let z upoštevanjem podnebnih sprememb. Ta vrednost predstavlja osnovo za dimenzioniranje pretočnega profila na obravnavanem območju.

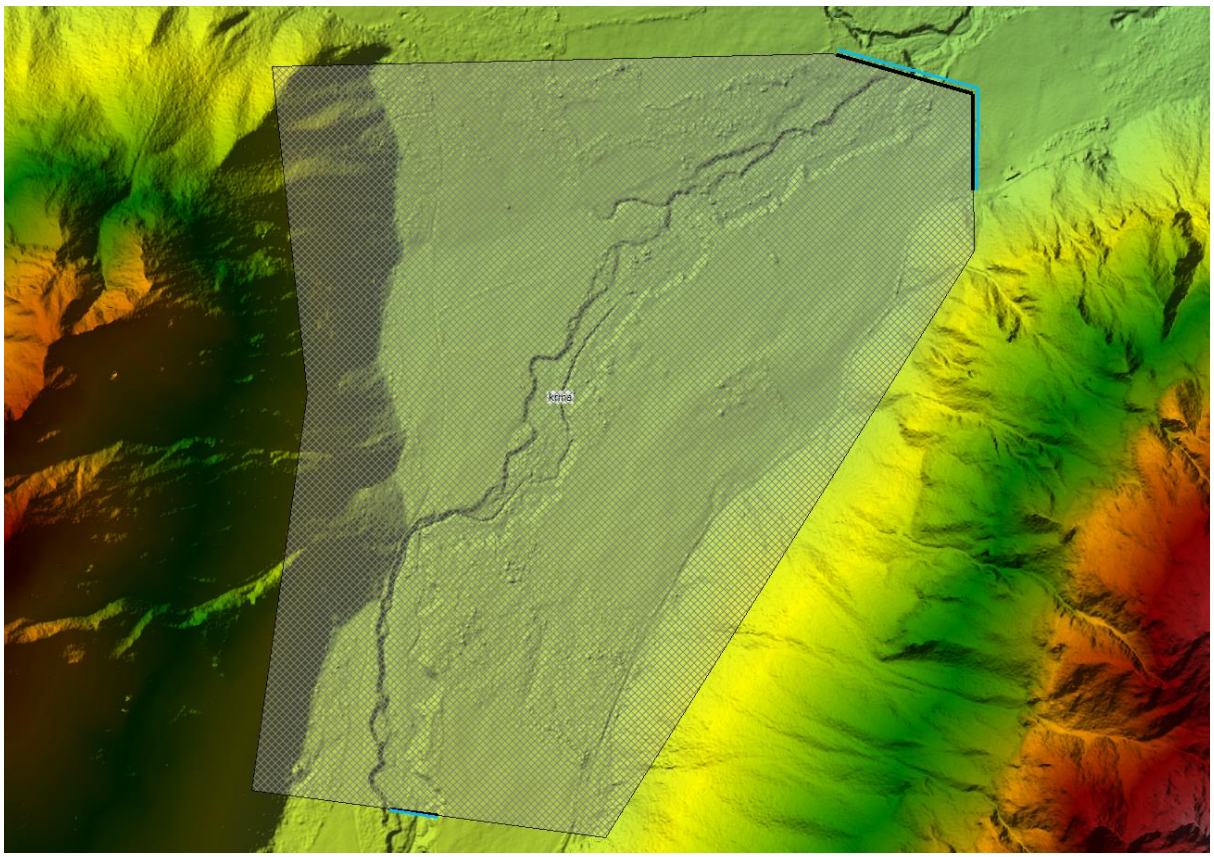
11.3.5 Hidravlični model

Hidravlična analiza visokih vod je bila izdelana z uporabo dvodimenzijskega hidravličnega modela s simulacijo nestalnega toka.

Hidravlični izračun je izveden z računalniškim programom HEC-RAS 6.5. Izdelan je bil enovit hidravlični model, ki zavzema širše vplivno območje mostu preko Krmarice.

Batimetrija struge se je pripravila na podlagi prejetega geodetskega načrta izdelanega za potrebe načrta DGD (GRADARHI Tadej Burger s.p., februar 2024), za širše območje se je uporabil Lidar posnetek, ki je na voljo na portalu eVode (datum zajema: 25.02.2025).

Kot zgornji robni pogoj je bil podan sintetični trapezni hidrogram za karakteristični pretok. Na spodnjem robnem pogoju se je določil pogoj normalne globine. Hrapavost se je določilo z Manningovim koeficientom ng in sicer na podlagi dejanske pokrovnosti obravnavanega območja.

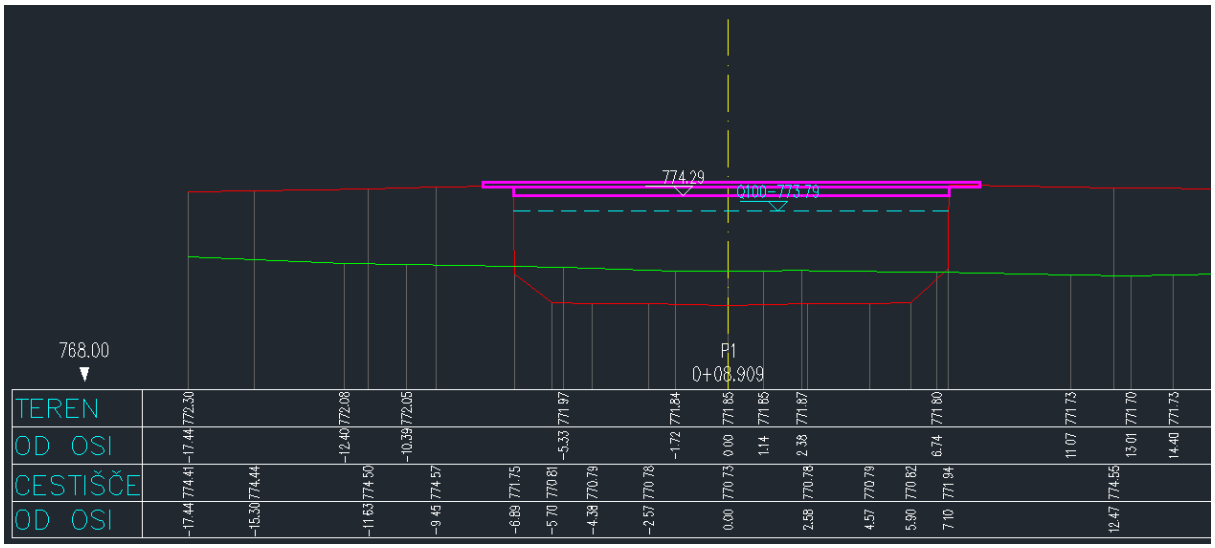


Slika 2: Prikaz območja hidravličnega modeliranja (OHM).

Hidravlična analiza območja za predvideno stanje

Izveden je bil račun z enovitim modelom upoštevaje visoke vode s 100 letno povratno dobo z upoštevanjem podnebnih sprememb. Hidravlični model je upošteval konstrukcijo predvidenega mostu z nasipnimi brežinami ceste, pripravljena je bila ustrezna batimetija ki odraža predvideno stanje.

Predviden most se nahaja na isti lokaciji kot obstoječe prečkanje struge vodotoka Krmarice. Armirano betonski most je zasnovan kot nosilec preko dveh krajnih opornikih s krilnimi zidovi. Most je zasnovan **brez vmesne podpore**. Svetla razdalja med predvidenimi krilnimi zidovi znaša 14,00 m. Spodnja kota mostne plošče v osi vodotoka znaša **774,29 m n.m.**

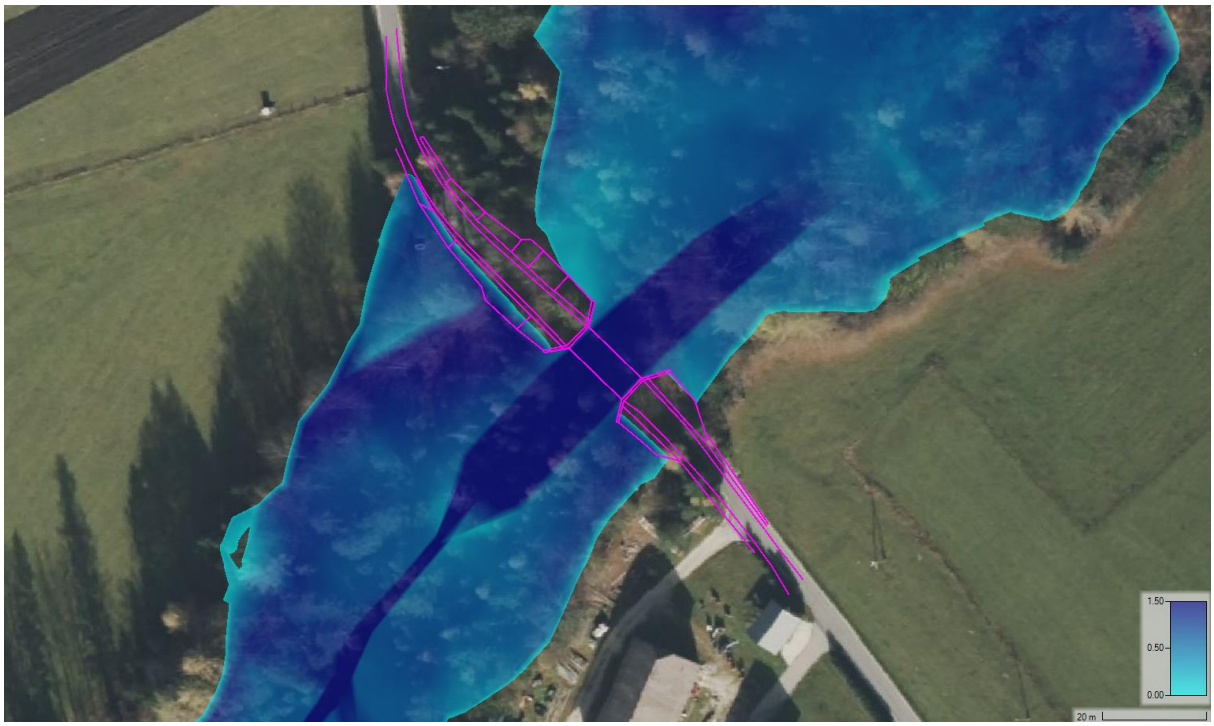


Slika 3: Pretočni profil z vrisano mostno konstrukcijo ter prikazano koto Q100.

Pri pretoku s 100 letno povratno dobo (Q100) kota vode v profilu predvidenega mostu (P1) znaša 774,29 m n.m. Predviden most prevaja vodo z varnostno višino 0,50 m. Leva nasipna brežina (cesta) je višja od 774,29 m n.v., tako da je voda ne preliva, desna brežina je za cca 0,5 m višja, tako da s tega vidika ni problematična.

Najvišje hitrosti vode na območju mostu znašajo 3 do 4 m/s. Tak vpliv sega še cca. 30 m dovodno od previdenega mostu, zato predlagamo ustrezno protierozijsko zaščito na tem območju - predlagamo kombinacijo tlakovanja dna z izvedbo talnega pragu.

Rezultat hidravličnega modela je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Rezultat hidravličnega modela za Q100 – prikaz globin vode.

11.3.6 Zaključek

V predmetnem elaboratu je bila opisana problematika projekta in opisane hidrografske značilnosti vodozbirnega območja. Na to se je izvedel hidravlični izračun predvidenega stanja z upoštevanjem vpliva mostu.

Na podlagi hidravličnega modela ugotavljamo, da se predviden most prevaja visoke vode s 100 letno povratno dobo (Q00) z upoštevanjem podnebnih sprememb s 0,5 m varnostne višine.

Zasnova mostne konstrukcije in širina pretočnega profila tako ustrezata zahtevam za zagotavljanje pretočnosti tudi ob upoštevanju podnebnih sprememb. Odpornost objekta bo zagotovljena z izvedbo predlaganih protierozijskih ukrepov na obravnavanem območju.

11.4 Priloge

11.4.1 Priloga 1 : Hidrološki izračun po metodi Kresnika

IZRAČUN PRIČAKOVANIH VISOKIH VODA priloga **1**

- hidravlični račun s Kresnikovim empiričnim obrazcem

vodotok:

Krmarica

odsek, kraj:

JP 690812

osnovni podatki o zlivnem območju:

F =	24.60	km2	površina prispevnega območja
alfa =	0.60		odtočni koeficient

Qvv =	**86.51**	**m3/s**	= alfa x F x 32 / (0,5 + Fexp1/2)
Q50 =	72.75	m3/s	= Qvv x 0,841
Q20 =	57.87	m3/s	= Qvv x 0,669