1.0 SPLOŠNO

Investitor Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI) mora na glavni cesti G2-108/1181 v km 3,188 zgraditi novi most preko Kamniške Bistrice v Dolu, saj je stari most vodna ujma v avgustu 2023 porušila.
Ker gre za glavno cesto Ljubljana-Litija, ki je prometno močno obremenjena, se dela pri projektiranju in gradnji mostu preko Kamniške Bistrice izvajajo v sklopu intervencijskih ukrepov, ki jih je sprejela vlada RS za ublažitev posledic vodne ujme v avgustu 2023.

Most čez Kamniško Bistrico v Dolu se nahaja na državni cesti G2-108/1181 v km 3,188. Objekt prečka vodotok pod kotom 51°. Dolžina starega mostu med krajnima opornikoma je znašala 42,3 m, širina vozišča s hodniki je bila 9,60 m. Zgornja konstrukcija je bila masivna armiranobetonska plošča preko 3 polj. Most je bil obnovljen v letih 1991 in 1992 po poplavah konec leta 1990, ki so porušile desno brežno vmesno podporo.

Močno deževje v začetku avgusta 2023 je povzročilo erozijo obeh krajnih opornikov in porušitev ene izmed vmesnih podpor ter posledično porušitve prekladne plošče objekta. Zaradi zgoraj navedenega je objekt zaprt za vse udeležence v prometu. Z namenom odstranitve ovir v vodotoku je bil v času interventne sanacije most v celoti porušen in odstranjen.

Po porušitvi starega mostu je bil interventno izdelan izvedbeni načrt (IZN) za odstranitev porušenega objekta in za izvedbo začasnih montažnih objektov (MABEY) čez Kamniško Bistrico ter priključne ceste. V fazi IZN je bil izdelan tudi Načrt vodenja in zavarovanja prometa v času gradnje.

Obvoz je omogočen z dvema začasnima montažnima objektoma (Mabey Compact 200), ki sta nameščena na gorvodni strani obstoječega porušenega objekta.

Naloga projektanta je, da na osnovi najnovejših dognanj stroke, tehničnih predpisov, standardov in tehničnih smernic, ugotovitev iz strokovnih podlag in zahtev iz projektne naloge izdela projektno dokumentacijo za izgradnjo nadomestnega mostu, rehabilitacijo navezovalne ceste ter vodnogospodarske ureditve.

2.0 PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE

Glede na to, da je vodna ujma v avgustu 2023 porušila stari most na glavni cesti Ljubljana – Litija v Dolu in so bile ruševine mostu v jeseni 2023 v celoti odstranjene, obenem pa je bila izvedena deviacija glavne ceste preko dveh začasnih montažnih jeklenih mostov Mabey Compact 200 cca 50 m gorvodno od starega mostu, je potrebno novi objekt ponovno umestiti na lokacijo starega in ga zasnovati skladno s prostorskimi in hidravličnimi pogoji.

Zaradi navedenega je bila kot podlaga za načrtovanje uporabljena sledeča projektna dokumentacija:

1. Geodetski načrt območja novega mostu, izdelal DIMC d.o.o. v januarju 2024,
2. Geološko-geomehansko poročilo o pogojih temeljenja mostu preko Kamniške Bistrice v Dolu, izdelal AC&P d.o.o. v februarju 2024.

3. IDZ Večnamenske poti ob Kamniški Bistrici, izdelal EHO projekt d.o.o., št. proj. P-25/18-IDZ, april 2018,
4. DPP zasnova »Rehabilitacije mostu LJ0144 čez Kamniško Bistrico v Dolu na G2-108/1181 v km 3,188«, izdelal SPIT d.o.o. Nova Gorica, št. 003-46/24, februar 2024.

3.0 OBMOČJE OBRAVNAVE IN OPIS KLJUČNIH TOČK

Glavna cesta G2-108/1181 Ljubljana – Litija na območju med Beričevim in Dolom prečka Kamniško Bistrico v km 3,188 tik pod sotočjem z reko Pšato.

Glavna cesta poteka na obravnavanem območju nad ravnico ob Bistrici in Pšati in sicer po cestnem nasipu višine do cca 3,0 m. Na omenjeni ravnici na višini med cca 270,0 in 272,0 m n.v. je oblikovano razlivno polje Kamniške Bistrice, ki je na gorvodni strani omejeno s protipoplavnim nasipom na levem bregu in brez omejitve na desnem bregu v smeri proti Beričevemu.

Dolvodno od prečkanja z glavno cesto je struga na obeh bregovih omejena s protipoplavnimi nasipi, ki določajo hidravlične pogoje za oblikovanje obvodnih ureditev v tem prostoru.
Posebej je potrebno omeniti obstoječi most na lokalni cesti Beričevo-Videm, cca 200 m dolvodno od križanja z glavno cesto, ki predstavlja glavno oviro toku Kamniške Bistrice na tem območju.



Slika 1. Območje obravnave - most čez Kamniško Bistrico

Na širšem območju obravnavanega mostu prečkajo glavno cesto 3 nadzemni daljnovodi in sicer:
1. Daljnovod 400 kV Beričevo – Divača,
2. Daljnovod 2 x 400 kV Beričevo – Krško,
3. Daljnovod 2 x 110 kV Beričevo – Trbovlje.

Na gorvodni strani glavne ceste na ožjem območju mostu poteka tudi nadzemni lokalni distribucijski energetski vod.
Na dolvodni strani pa potekata vzdolž glavne ceste glavni telekomunikacijski vod in primarni vodovod za občino Dol, ki sta bila med povodnjo v avgustu 2023 pretrgana in začasno ustrezno nadomeščena.
Vendar pa morata oba omenjena voda po izgradnji novega mostu biti ponovno nameščena na novo mostno konstrukcijo, skladno s pogoji mnenje dajalcev.

4.0 UTEMELJITEV ZASNOVE IN OPIS KONSTRUKCIJE MOSTU

4.1 Hidravlične podloge za načrtovanje novega mostu

Na podlagi hidravlične analize vodotoka Kamniška Bistrica ob upoštevanju robnih pogojev v naravi, ki jih predstavljajo varovalni protipoplavni nasipi na levem bregu Bistrice na gorvodni strani ter varovalni nasipi, ki na dolvodni strani obojestransko usmerjajo tok vode v primeru visokih gladin, je izračunana merodajna gladina visokih voda s povratno dobo 100 let.
Poleg stoletnih vod, so bile izračunane tudi gladine za primer 500-letne povratne dobe in sicer:

a) Pretok Q100: gladina 273,18 m n.v.
b) Pretok Q500: gladina 274,11 m n.v.

Na osnovi dogovora z odg. hidravlikom je bila izbrana višina spodnjega roba konstrukcije cca 20 cm nad gladino Q500 in sicer 274,30 m n.v., kar torej omogoča varnostno višino nad Q100 cca 1,10 m.
Drugi pomemben dejavnik dobre hidravlične prevodnosti struge pod objektom predstavljajo ustrezno razmaknjena podporna mesta mostu, pri čemer velja, da se je potrebno, če je le mogoče, izogniti vmesnim podporam mostu v osnovni strugi vodotoka.
Ob upoštevanju zgornjega kriterija in ob zavedanju, da se glavna cesta in vodotok križata pod ostrim kotom 51^{o}, znaša glavna razpetina mostu cca 40,0 m.
Glede na to, da so temena protipoplavnih nasipov na dolvodni strani razmaknjena več kot 65,0 m, je potrebno pri mostni konstrukciji dodatno predvideti krajna polja takih dolžin, da se bodo temena obeh nasipov lahko zaključila ob krajnih opornikih mostu in s tem omogočila nemoten pretok visokih voda iz osnovne struge in obojestranskih razlivnih površin pod mostom v osnovno strugo z obojestranskimi varovalnimi nasipi.
Tako je izbrana dolžina mostu s 3 polji 20,0 + 40,0 + 20,0 = 80,0 m.

4.2 Potek ceste na območju mostu

Zaradi zagotavljanja ustrezne varnostne višine objekta glede na poplavne gladine s povratno dobo 100 let in izbrane dolžine srednjega polja 40,0 m, kar zahteva znatno višino nosilne konstrukcije, je potrebno niveleto cestišča na območju prehoda preko mostu znatno dvigniti in sicer za cca 1,0 do 1,2 m. Zaradi dviga nivelete na mestu prehoda preko vodotoka je potrebno prilagoditev vozišča glavne ceste izvesti na dolžini 325 m, kar pomeni, da bo poseg v cesto segal preko lokacij priključkov začasne deviacije glavne ceste.

Niveleta vozišča poteka v temenu dviga v konveksni vertikalni zaokrožitvi z radijem RV = 6000 m, nato obojestransko v vertikalni premi s padcem 1,144% proti Beričevemu in 1,815% proti Dolu, nakar se prehod na obstoječo niveleto izvede v konkavnem radiju Rv = 4.000 m obojestransko.

Horizontalno poteka trasa glavne ceste v premi na celotni dolžini posega, t.j. 325 m.

Prečni nagib vozišča glavne ceste od meje obdelave 1 do P8 je enostranski in sicer s padcem 2,5% v levo stran ceste. Od P8 do P11 (krajni opornik 1) je predvideno vijačenje iz enostranskega prečnega nagiba v strešni prečni nagib, pri čemer ostaja prečni sklon leve polovice ceste nespremenljiv 2,5%, prečni sklon desne polovice ceste pa se zmanjšuje do 0,00% in se nato prevesi v prečni sklon s padcem proti desnemu robu vozišča.
Strešni prečni nagib je predviden na celotni dolžini mostu med prečnimi profili P11 in P16 (med krajnimi oporniki mostu) s padcem 2,50% od osi ceste proti robu cestišča.
Od P16 do P19 je predvideno vijačenje s strešnega prečnega naklona v enostranski prečni naklon na podoben način kot na vstopni strani tako, da od profila P19 dalje poteka cesta ponovno v enotnem prečnem sklonu 2,50% s padcem v levo stran.

Projektna hitrost na glavni cesti v območju mostu znaša 90 km/h.

4.3 Zasnova nosilne prekladne konstrukcije mostu

Novi most preko Kamniške Bistrice je zasnovan kot kontinuirna prednapeta vozišča konstrukcija preko treh polj z elastomernimi ležišči na krajnih opornikih in s skupno dolžino 20,0 + 40,0 + 20,0 = 80,0 m.
Prekladna konstrukcija je AB plošča debeline 40-45 cm z dvema vzdolžnima nosilcema spremenljive širine 160 cm do 2,00 m in skupne višine 200 cm na medsebojnem razmiku 5,00 m. Plošča je v prečni smeri na zunanjih robovih zaključena z enakima konzolama dolžine 2,45 m. s spremenljivo debelino od 25 do 45 cm.
Širina objekta skupaj z robnimi venci je 12,60 m, širina same prekladne konstrukcije pa znaša 11,90 m.
Prekladna konstrukcija je naknadno prednapeta s 14 kabli, v vsakem vzdolžnem nosilcu srednjega polja s po 7 kabli 22 ϕ 0,6¨ s skupnim prerezom enega kabla 22 x 1,50 cm2 = 33,00 cm2. V krajnih poljih je vsak vzdolžni nosilec napet le s po petimi (5) kabli enakega prečnega prereza.
Potek kablov v vsakem vzdolžnem nosilcu:

a) Trije (3) parabolični kabli tipa K1 potekajo po celotni dolžini objekta in se napenjajo obojestransko,
b) Dva (2) parabolična kabla potekata preko levega (prvega) krajnega polja in sredinskega polja in se napenjata enostransko na levem krajnem oporniku (os 1 - smer Ljubljana),
c) Dva (2) parabolična kabla sta vodena preko sredinskega in desnega (tretjega) krajnega polja in se napenjata enostransko na desnem krajnem oporniku (os 4 - smer Litija).

<u>Podporni sistem</u>
Podporno konstrukcijo sestavljata dve vmesni podpori in 2 krajna opornika.
Vmesni podpori sestavljata po dva stebra oktagonalne oblike širine 1,10 m in dolžine 3,40 m na osnem razmiku 6,36 m. Na konceh sta oblikovana v prirezan konus zaradi preprečitve zastajanja plavja. Postavljena sta v smeri toka vode, torej vzporedno z osjo struge Kamniške Bistrice in pod kotom 51^{o} glede na os ceste na objektu. Stebri so višine do 5,66 m oz. 5,53 m in so zgoraj polno vpeti v prekladno konstrukcijo t.j. v vzdolžna prednapeta nosilca, spodaj pa v temeljno gredo nad piloti s širino prečnega prereza 1,80 m, višine 1,40 m ter dolžine 10,70 m.

Krajna opornika sta masivni AB stenasti konstrukciji debeline 1,60 m in dolžine 10,50 m, ki sta nad piloti v višini 1,00 m razširjeni na skupno dolžino 11,70 m. Oporni ka sta obojestransko

zaključena z vzporednimi konzolnimi krili debeline 0,50 m in z dolžino 6,75 m, merjeno od osi opornika.

Temeljenje

Objekt je temeljen globoko v hribinski podlagi: permokarbonski skrilavec in peščenjak.
Vmesna stebra sta temeljena na 4 uvrtanih betonskih pilotih d=150 cm na osnem razmiku 2,97 m in z dolžino 8,0 m.
Krajna opornika sta temeljena globoko na po 3 uvrtanih pilotih debeline D=150 cm dolžine 12,00 m na medsebojnem razmiku 5,0 m.
Karakteristična nosilnost (MSU) pilota d=150 cm znaša:

a) Piloti v skupini na razmiku 3,0 m z dolžino 8,00 m: 12.400 kN
b) Piloti v skupini na razmiku 5,0 m z dolžino 12,0 m: 13.771 kN

Varnostna višina za poplavne vode

Prekladna konstrukcija mostu je dvignjena nad poplavne vode Kamniške Bistrice, zaradi česar je niveleta ceste na prehodu preko reke dvignjena za cca 1,2 m glede na višino vozišča na starem, porušenem mostu.
Spodnji rob konstrukcije se v temenu vertikalne zaokrožitve nahaja na koti 274,335 m n.v., kar zanaša 22 cm nad gladino Q500 (274,11 m n.v.) oziroma 1,16 m nad gladino Q100 (273,18 m n.v.).

Materiali

Betoni:

- beton hodnikov in robnih vencev C30/37, XC4, XD3, XF4, PV-II, Dmax 16 mm, VB3
- beton prekladne konstrukcije: C35/45, XC2, XD1, XF3, PV-II, Dmax 32 mm, VB3
- beton stebrov: C35/45, XC2, XD1, XF3, PV-II, Dmax 32 mm, VB3
- beton krajnih opornikov s krili: C30/37, XC2, XD1, XF3, PV-II, Dmax 32 mm, VB3
- beton temeljnih in pilotnih blazin: C30/37, XC2, PV-II, Dmax 32 mm, VB0,
- prehodne plošče: C25/30, XC2, PV-II, Dmax 32 mm, VB0
- beton pilotov: C25/30, XC2, PV-I, Dmax 32 mm, VB0
- podložni beton: C12/15

Zaščitne plasti armature:

- beton hodnikov in robnih vencev a = 4,5 cm in 3,5 cm (spodaj)
- beton prekladne konstrukcije: a = 4,5 cm
- beton stebrov: a = 4,5 cm
- beton krajnih opornikov s krili: a = 5,0 cm
- beton temeljnih in pilotnih blazin, prehodnih plošč: a = 5,0 cm,
- beton pilotov: a = 9,0 cm,

Jeklo

- kabli za prednapenjanje: jeklo kvalitete fsy/fsk = 160/186 kN/cm2 z deklarirano nizko relaksacijo pod 2.5 % pri 0,70 fsk po 1000 urah

- jeklo za armiranje: rebrasta armatura B 500 B - visoko duktilno jeklo

4.4 Karakteristični prerez cestišča na objektu

Robna širina za varovalno ograjo za pešce	1 x 0,25	=	0,25 m
Enosmerna kolesarska steza z robnimi pasovi	1 x 1,50	=	1,50 m
JVO – H1W4 brez distančnika z zaščitno letvijo za kolesa	1 x 0,30	=	0,30 m
Varnostna širina	1 x 0,50	=	0,50 m
Robni pas	1 x 0,25	=	0,25 m
Vozna pasova	2 x 3,50	=	7,00 m
Robni pas	1 x 0,25	=	0,25 m
Varnostna širina	1 x 0,50	=	0,50 m
JVO – H1W4 brez distančnika z zaščitno letvijo za kolesa	1 x 0,30	=	0,30 m
Enosmerna kolesarska steza z robnimi pasovi	1 x 1,50	=	1,50 m
Robna širina za varovalno ograjo za pešce	1 x 0,25	=	0,25 m
Skupna širina cestišča na objektu		=	12,60 m

Širina prekladne konstrukcije brez robnih vencev	=	11,90 m
Širina zunanjih hodnikov z robnimi venci	=	2,55 m
Širina asfaltnega vozišča na objektu	=	7,50 m

5.0 PREDVIDENA OPREMA OBJEKTA

Prehodne plošče

Prehodne plošče so enojne z dolžino 3,70 m. Debelina prehodnih plošč je 25 cm, slonijo pa na kratkih konzolah, ki so izvedene na zaledni steni krajnega opornika.
Vzdolžni naklon prehodnih plošč znaša 10% glede na vzdolžno niveleto vozišča.

Krila in brežine

Krila so vzporedna, njihova dolžina sledi naklonu priključnih nasipov glavne ceste 2:3.
Krila so dolžine 6,75 m merjeno od osi opornika. Debelina kril je 50 cm.

Zasipni klini in zasipi objekta

Zasip objekta se izvede s kamnitim nevezanim materialom. Stopnja komprimacije ustreza zahtevam za zasipni klin in znaša do globine 2,0 m pod niveleto glavne ceste 98% po Proctorju z modulom EV2 = 60 MPa. Karakteristike kamnitega zasipnega materiala so:
kot not. trenja φ= 36° in specifična teža γ=21,0 kN/m3.

Dilatacije

Na stiku prekladne konstrukcije s krajnim opornikom je izračunan merodajen pomik prekladne konstrukcije, ki znaša +-46 mm.
Izberemo jekleno glavnikasto dilatacijo D100 mm.

Ležišča

Na krajnih opornikih sta predvideni po 2 ležišči z zagotovljenim vzdolžnim pomikom 72 mm in z vertikalno nosilnostjo N > 3900 kN.

Izbrana so sidrana elastomerna ležišča dimenzij 400/500/128/72 mm, katerih skupna višina s sidrnimi ploščami znaša minimalno 168 mm.

Izbrana ležišča ne morejo prevzeti največje potresne prečne sile, ki jo je potrebno zagotoviti na mestu krajnega opornika, zato je na ležiščni površini krajnega opornika predviden AB potresnik, ki je dimenzioniran na potrebno potresno prečno silo in bo lahko zadržal prečni pomik konstrukcije, ko se bo vzdolžno rebro prekladne konstrukcije naslonilo nanj. Špranja med prekladno konstrukcijo in potresnikom se izvede v širini 1,0 cm.

Ograje

Vse varnostne ograje, ki se vgradijo na objekt, morajo biti izdelane skladno s standardom SIST EN 1317 in dobavljene z ustrezno Izjavo o lastnostih.

- *Jeklena varnostna ograja (JVO)*

Na obeh objektih se na zunanjih robovih objekta (na zunanjih hodnikih) vgradi jeklena varnostna ograja z nivojem zadrževanja H1 in delovno širino W4 (130 cm) brez distančnika.

Varnostna ograja ima proti kolesarski stezi zaščitno vzdolžno jekleno cev, ki preprečuje trk kolesa v stebriček ograje.

Vse jeklene varnostne ograje morajo biti vroče cinkane z minimalno debelino cinkovega nanosa 80 μm.

- *Varovalna ograja za pešce*

Na zunanjih strani hodnikov objekta se na robnih vencih postavijo jeklene varovalne ograje za kolesarje z vertikalnimi polnili skupne višine 130 cm nad nivojem hodnika. Vsi elementi varovalnih ograj za pešce morajo biti vroče cinkani z minimalno debelino cinkovega nanosa 80 μm.

Hodniki z robnimi venci

Hodniki z robnimi venci na zunanjih straneh obeh objektov so skupne širine 2,55 m. Širina robnih vencev je 35 cm. Uporabijo se granitni robniki dimenzij 20/13 cm, ki so sidrani v AB konstrukcijo hodnika.

Merilni čepi

Na hodnikih objekta se vgradijo merilni čepi za spremljavo pomikov konstrukcije. Merilni čepi se vgradijo obojestransko na zunanji strani varovalnih ograj in sicer nad podporami (4 kosi) ter v sredini svetle razpetine posameznih polj (3 kosi). Skupaj se vgradi 2 x 7 = 14 merilnih čepov.

Asfaltno vozišče na objektu

Vozišča konstrukcija na objektu sestoji iz naslednjih slojev:

- Obrabni asfaltni sloj: AC 11 surf B50/70, A2, Z2 v debelini 4 cm,
- Zaščitni sloj: AC 8 surf PmB 45/80-65 A2, Z4 v debelini 3 cm.

Hidroizolacija vozišče plošče

- Izvedba hladnega 2x epoksidnega premaza z vmesnim posipom kremenčevega peska s porabo 2 x (0,4 – 0,5 kg/m2). Granulacija kremenčevega peska znaša 0,2 do 0,7 mm s porabo 0,7 kg/m2,

- Nanos vroče bitumenske lepilne zmesi, poraba 2,0 – 2,5 kg/m2,
- Vgradnja bitumenskih trakov s stekleno tkanino debeline 5 mm s preklopi, poraba 1,10 m2/m2,

Hidroizolacija zasutih površin

Zasute površine betonov se ne ščitijo s klasično črno hidroizolacijo, pač pa se AB konstrukcija krajnih in vmesnih podpor izvede po principu »bele kadi«. Za izvedbo po principu »bele kadi« uporabimo vodotesni beton ustreznega razreda omočljivosti PV-II. Vse delovne stike in prekinitve betonaže se varuje z ekspanzijskim gumijastim tesnilnim trakom, ki se ga pritrjuje na otrdeli beton z ustreznim lepilom.

Vidne betonske površine

Skladno s standardom SIST EN 13670:2010 in nacionalnim dodatkom SIST EN 13670:2010/A101:2010 se predvidi posebna obdelava opornikov, vmesnih podpor ter spodnje in bočnih površin prekladne konstrukcije z bočno stranjo robnih vencev (vidne površine) z oznako VB3. Površine so neobdelane in v naravni barvi betona. Površina mora biti enotne barve in brez madežev. Opažne plošče naj bodo enako velike in enake oblike. Vse vidne robove je potrebno posneti s trikotno letvijo 3 x 3 cm.
Zasute površine se obdelajo na nivoju VB0.

Napeljave na objektu

Napeljave na objektu se projektirajo v skladu s TSC 07.
Preko objekta se vodijo telekomunikacije in vodovod in sicer na desni strani, v smeri proti Dolu.

a) TK vodi

Predvidoma se za potrebe vodenja TK vodov predvidijo cevi 3 x 2 ϕ 50 mm, ki se vgradijo v hodnike na desni strani objekta (dolvodna stran), ki se na konceh navezujeta na dva prehodna jaška iz betonskih cevi ϕ80 cm, od tod pa na obstoječe linije ob vznožju cestnega nasipa.

b) SN vodi

Ob intervencijskem ukrepu vzpostavitve začasne prevoznosti glavne ceste na lokaciji porušenega mostu je bila izvedena tudi začasna povezava v povodnji 2023 pretrganega SN voda, ki poteka po desnem bregu Kamniške Bistrice.
Zaradi kasnejše odstranitve začasnih nasipov deviacije glavne ceste in morebitnih težav z izklopi napajanja na omenjenem SN vodu se izvede nova povezava s podbijanjem zaščitne cevi pod obstoječim začasnim nasipom in pod obstoječim nasipom glavne ceste tako, da se prevezava SN voda lahko izvede pred odstranitvijo začasnih nasipov.

c) Vodovodna napeljava

Preko objekta poteka tudi primarni vodovod za potrebe vodne oskrbe občine Dol pri Ljubljani. Vodovodna napeljava na mostu sestoji iz predizoliranih cevi DN 200 mm s prehodnim jaškom ob vznožju cestnega nasipa na strani krajnega opornika na strani Šentjakob, od koder se naveže na obstoječo vodovodno napeljavo.
Na strani Dol se vodovodna cev v cestnem nasipu oddvoji od objekta in se naveže na obstoječo napeljavo ob vznožju cestnega nasipa.

6.0 ODVODNJA OBJEKTA

6.1 Predvideni ukrepi v okviru ureditve odvodnje padavinske vode

Niveleta vozišča poteka v temenu dviga v konveksni vertikalni zaokrožitvi z radijem RV = 6000 m. Teme vertikalne krivine je oddaljeno 20 m od osi opornika "1", med cestnima pofiloma P11 in P12. Vzdolžni naklon v smeri proti oporniku "1" niha od i=0,19% do i=0,22% na dilataciji. V nasprotni smeri na odseku dolžine 60,8 m vzdolžni profil niha od i=0,19% do i=0,98% na dilataciji ob oporniku "2". Prečni sklon cestišča na območju mostu je strešni s padcem 2,5% proti robu cestišča.

Vse padavinske vode s predmetnega mostu morajo biti speljane in očiščene izključno na način kot to predvideva Uredba o emisiji snovi pri odvodnjavanju padavinske vode z javnih cest (Uradni list RS št. 47/05) in Uredbo o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS št. 64/12, 64/14 in 98/15). P

Odvajanje padavinskih vod iz cest obravnava uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Uradni list RS, št. 47/05). Člen 4. Pravilnika predvideva, da je pred odvajanjem v vode ali v javno kanalizacijo treba zagotoviti za padavinsko odpadno vodo, ki odteka s cestišča, točkovno odvajanje padavinske odpadne vode preko iztoka usedalnika, lovilca olj, zadrževalnika padavinske odpadne vode ali čistilne naprave odpadne padavinske odpadne vode. Med ostalimi pogoji je točkovno dovajanje potrebno zagotoviti za javne ceste, ki prečkajo medzrnske in razpoklinske vodonosnike, če je dnevno povprečje pretoka vozil večje od 12.000 EOV/dan.

Iz podatkov analize prometa je na odseku Šentjakob-Ribče PLDP 12563 vozil. Skladno z uredbo je vse padavinske vode z mostu potrebno zajeti ter pred izpustom v recipient ustrezno očistiti.. Srednji nizki pretok Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Bišče je Q_{nps}=3200 l/s. Skupni kritični odtok iz območja levega in desnega viadukta je Q_{KR}=5,6 l/s. Glede, da je Q_{KR}< $1/10 \cdot Q_{nps}$ pred izpustom odpadne vode v vodotok ni potrebno delati zadrževalnega bazena.

Padavinsko odpadno vodo je potrebno očistiti v čistilni napravi padavinske odpadne vode, pri čemer je treba zagotoviti čiščenje samo za količine odpadne vode kritičnega naliva. Za izračun količine odpadne vode kritičnega naliva se upošteva čas trajanja padavin 15 minut in intenzivnost padavin 15 l/s.ha. Kritični dotok iz mostu in odseka ceste med profiloma P15 in P26 je Q_{KR}=5,6 l/s.

Hidravlični izračun kanalizacije smo izvedli ob upoštevanju naslednjih predpostavk:

- Za merodajne padavinske podatke smo privzeli karakteristične intenzitete za nalive območja padavinske postaje Ljubljana iz projekta CROSSRISK.
- Za izračun kanalizacije na premostitvenih objektih mostovih je upoštevan naliv povratne dobe T=5 let, trajanja t=5 min, q_5=423,3 l/s/ha.
- Za izračun kanalizacije na cesti je upoštevan naliv povratne dobe T=2 leti, trajanja t=5 min, q_2=316,8 l/s/ha.
- **V izračunu je upoštevano zvišanje intenzitete padavin zaradi vpliva podnebnih sprememb za 10%.**

V numeričnem hidravličnem profilu so prikazani vsi relevantni podatki, na osnovi katerih je določena niveleta cevi, ozirom določen vzdolžni profil in izbrane dimenzije kanalov.

Za dimenzioniranje požiralnikov so upoštevani naslednji kriteriji:

- Za dimenzioniranje požiralnikov je upoštevan naliv povratne dobe T=5 let (q_{5min}=423,3 l/s/ha
- Za izračun pretoka vode v območju požiralnika je upoštevan Manningov koeficient hrapavosti za gladek asfalt ob robniku; i > 1,0%; n=0,013, za i<1,0% pa n=0,018.

- V izračunu je upoštevana 50% zamašitev vtočne rešetke.

V hidravličnem izračunu je narejena kontrola širine toka ob robu objekta. Na območju temena vertikalne krivine je vzdolžni naklon majhen i=0,22%. Prečni naklon je konstanten i=2,5%. Širina prispevnega območja, ki gravitira priti robu vozišča je 6,27 m. Razmik požiralnikov je določen glede na prevodnost koritnice in kapaciteto rešetke, da prestreže dotočne vode. Za vsak posamezni požiralnik je določena prispevna površina ter dotok. V izračunu je upoštevana učinkovitost zajema vode na posamezni rešetki. Del vode, ki ni zajet, je upoštevan v količini vode, ki odteka proti dolvodnemu požiralniku.

V izračunu je upoštevan kriterij da je maksimalna širina vodnega ogledala na voznemu pasu Bw=1,0 m. Širina robnega pasu je 25 cm tako da je maksimalna skupna širina vodnega toka ob robniku 1,25 m. Hidravlična prevodnost ob širini vodnega ogledala niha od Q=3,6 l/s do Q=10,7 l/s na koncu mostu ob oporniku "2". Predvidena je vgradnja mostnih požiralnikov dim 30x50 cm. Na odseku od temena vertikalne krivine do opornika "1" sta nameščena dva cestna požiralnika. Prvi "MP-1 je nameščen 1,49 cm od osi opornika "1" na slednji MP-2 na odmiku 5,0 m. Požiralnika zajameta Qp=1,97 l/s, oziroma 1,71 l/s. Učinkovitost zajema je 55% do 58%. Dolvodno proti Oporniku "1" odteka del neprestreženega dotok Q=1,23 m. Širina toka ob robniku je 1,24 m (MP-2) oziroma 1,15 m (MP 1). Od temena v smeri mostnega opornika "2" so nameščeni 4 mostni požiralniki na povprečnem medsebojnem razmiku 15m. Zadnji požiralnik MP6 je nameščen 62 cm od osi krajnega opornika "2". Požiralniki zajamejo od Qp=2,16 l/s do Qp=3,29 l/s. Učinkovitost zajema niha od 51 % do 56%. Širina vodnega ogledala ob robniku niha od 1,14 m do 1,25m.

Dolvodno proti mostnem oporniku "2" odteka Q_{DO}=3,09 l/s.

Predvidena je vgradnja mostnih požiralnikov z horizontalnim iztokom DN150. Iztočna cev se namesti pravokotno na os mostu. Na iztočno cev se vgradi koleno 90°, ki se potem naveže na GRP cev DN160. Os rešetke poteka vzporedno z granitnim robnikom na odmiku 18,5 cm. Os cevi je zamaknjena 50 cm od osi požiralnika. Poteka pod hodnikom mostu.

Med požiralniki se ob robniku vgradijo cevi za pronicajočo vodo iz nerjavečega jekla DN76. V prekladni konstrukcije se izvede deviacija pronicojoče cevi z dvema kolenoma 22,5°. Na prehodu skozi spodnji rob prekladne konstrukcije se vgradi univerzalna spojka iz nerjavečega jekla. Pronicajoče cevi se potem priključijo na horizontalno GRP cev DN200. Predvidena je vgradnja 17 pronicajočih cevi na robovih vozišča; povprečen razmik med pronicajočimi cevmi je 3,75 m.

Skupna dolžina GRP cevi DN200 je 80,31 m. Povprečen medsebojni razmik med pronicajočimi cevmi je 3,75 m. Vgradi se skupaj 34 pronicajočih cevi.

Meteorna kanalizacija se izvaja iz GRP cevi DN200. Dolžina GRP cevi na mostu je 80,31 m. Niveleta kanalizacije poteka v konstantnem padcu proti mostnem oporniku "2", i=1,0 %. Višina od temena cevi do spodnjega roba prekladne konstrukcije na požiralniku MP1 je 31 cm, na MP6 81 cm.

Takšna globina omogoča priključek mostnega požiralnika na montažno sedlo, ki se vgradi na GRP cev DN200. Pretok niha od Q=1,71 l/s do 16,33 l/s. Hitrost toka niha od v=0,55 m/s na začetku objekta do v=1,04 m/s ob oporniku "2".

Vzdolžna kanalizacija se izvede iz poliestrskih cevi armiranih s steklenimi vlakni (GRP) profila DN200 (D_z 220 mm) nazivne togosti SN 10.000 (10,0 kN/m^2). Nominalna dolžina cevi je L=6,0 m. Ob končni obdelavi proizvajalec običajno odseka po 10 cm cevi na vsakem koncu. Zaradi tega je v projektu upoštevana efektivna dolžina cevi L=5,8 m. Predvideno je, da se mostni izlivniki na vzdolžno cev povežejo preko preko montažnega sedla, ki se vgradi na licu mesta. Na ta način se poenostavi izvedba in zmanjša število obes.

Vsaka cev je pritrjena na dve objemki na povprečnem razmiku 2,9 m. Na začetku, v sredini in koncu GRP cevi se vgradijo fiksne objemke. Vmes se vgradijo drsne objemke. Pred opornikom "2" se izza fiksne objemke vgradi kompenzacijski kos iz rebraste gume dolžine 40 cm, ki omogoča premik ±12 cm. Povprečen koeficient termalne ekspanzije poliestrskih cevi je 2,0 do 2,5 krat večji od koeficienta termalne ekspanzije armiranega betona. Ob temperaturni spremembi DT=60 °C se GRP cev dolžine 6,0 m raztegne cca 3,6 mm več kot prekladna AB konstrukcija. Dolžina cevi na most med fiksnimi objemkami je 79,1 m. Skupni premik GRP cevi je večji kot AB konstrukcija za 47,5 mm. Raztezki se kompenzirajo na spojkah.

Na prehodu skozi AB steno opornika "2" se v opaž vgradi zaščitna PVC cev dolžine 50cm. Po prehodu skozi opornik se vgradi prehodni gumijasti kos za prehod iz GRP cevi DN220 na PVC cev DN200. Na odseku izza opornika pod hodnikom se PVC cev vgradi v zaščitno PEHD rebrasto cev DN315 mm dolžine 6,0 m. Pred prehodom skozi opornik se vgradi fiksna objemka, ki se pritrdi na steno opornika.
V nadaljevanju PVC cev poteka naravnost pod asfaltno koritnico. Cestni revizijski jašek RJ 1.3 je nameščen 25,25 m od zunanjega roba opornika "2". Jašek je nameščen v bankini, tako da pokrov na vstopnem oknu jaška sega do robnika. Na meteornem kanalu, ki odvaja padavinsko vodo iz mostu, se 4,0 m pred cestnim revizijski jaškom izvede deviacija preko dveh lokov 15°. To je bilo nujno, da bi se izognili stebrom jeklene varnostne ograje.

Čiščenje odseka cevi od sredine mostu proti oporniku "1" se izvaja preko čistilnega kosa, ki se namesti med cestnima profiloma P13 in P14, 11,15 m od profila P13. Čisti se odsek kanala dolžine 43,4 m. Čistilni kos se izvede iz GRP sedla DN200/160, ki se namesti v nasprotni smeri toka vode. GRP cev DN160 se nadaljuje naravnost čez AB konstrukcijo hodnika. Cev se rotira za 5,5° glede na vertikalo. To omogoča vgradnjo LŽ pokrova DN300 nad koncem cevi. Okvir pokrova se namesti ob granitnem robniku. Dolvodni odsek kanal se čisti iz cestnega revizijskega jaška, ki je nameščen med profiloma P16 in P17. Iz omenjenega jaška se čisti odsek kanala dolžine 62 m.

6.2 Predvideni ukrepi v okviru ureditve odvodnje padavinske vode

Na mostu se kanalizacija izvaja iz poliestrskih cevi armiranih s steklenimi vlakni (GRP) profilov DN200 (Dz 220 mm) nazivne togosti SN 10.000 (10,0 kN/m2) skladno s standardom EN 15383. Nominalna dolžina cevi je L=6,0 m. Cevi se spajajo s spojkami v katere je vgrajeno EPDM tesnilo. Priključki požiralnikov se izvajajo preko montažnega sedla s priključkom pod kotom 45°, ki se nalepi (laminira) nad izsekano luknjo na temenu cevi. Za izdelavo luknje se uporabi krožna žaga s karbidnim robom ali diamantnim rezilom. Priključni lok sedla 45° je narejen iz dveh segmentov GRP cevi DN160. Na izpustno cev mostovnega požiralnika DN150 se GRP cev DN160 spoji preko prehodne spojke iz nerjavečega jekla (A2) za cevi različnega premera (DN160/168).

Cevi za pronicajočo vodo se izvajajo iz cevi DN75 (76,1/2 mm). Zaradi zamika horizontalnih cevi se del cevi, ki se vgradi v prekladno konstrukcijo, izvede v obliki modificirane črke "S". Skupna dolžina je 620 mm, od česar je dolžina dveh lokov 22,5° 149 mm. Cev se zaključi na spodnjem robu prekladne konstrukcije. Na čepu za PVC kanalizacijske cevi DN160 se s kronskim svedrom DN80 ekscentrično zavrta luknja. Čep se natakne na jekleno cev in pritrdi za dno opaža prekladne plošče. Po izvedeni betonaži ostane prostor za pritrditev spodnjega del pronicajoče cevi preko CE spojke. Na temenu vzdolžne cev DRP DN200 se s kronskim svedrom zavrta luknja Ø90 mm, vgradi gumijasto tesnilo in vtisne cev. Vtočni del ponikovalne cevi je pokrit s perforirano pločevino dim 200x200x6 mm. Luknje v plošči Ø 7mm se izvrtajo na medsebojnem razmiku 15 mm. Ves material je iz nerjavečega jekla kvalitete A4.

Cevi so obešene na jeklene obese, sestavljene iz objemke cevi, ki je ločena od cevi s trakom elastomera in vezalne palice Ø16 mm. Nosilne palice se postavijo vertikalno. Na prekladno konstrukcijo se zavrtajo luknje, in vgradijo kemična sidra M16. Navojna palica kemičnega sidra se spoji z obeso preko spojne matice. Vsi kovinski elementi obes so iz nerjavečega jekla, kvalitete AISI 316 (DIN 1.4401, ISO A4).

Med obesama je maksimalni razmik 290 cm, kar pomeni, da je vsaka cev obešena na dve obesi. Fiksne obese se postavijo na razmiku 39 m.

Mostni izlivnik je na montažno sedlo povezan z vmesno GRP cevjo DN160, ki se spaja z objemko iz nerjavečega jekla tip CE. Mostni izlivnik s horizontalnim iztokom in LŽ koleno 90° se zabetonirata v AB konstrukcijo hodnika mostu.
Cev se zaključi na spodnjem robu prekladne konstrukcije. Na čepu za PVC kanalizacijske cevi DN250 se s kronskim svedrom DN160 ekscentrično zavrta luknja. Čep se natakne na koleno in pritrdi za dno opaža prekladne plošče. Po izvedeni betonaži ostane prostor za pritrditev spodnjega del pronicajoče cevi preko CE spojke. Priključek na horizontalno cev odvodno cev se izvede preko GRP sedla DN200/160. Na odcep sedla, ki se izvede pod kotom 45° se laminira vertikalni kos cevi pod koto višine 30 cm nad temenom cevi. Priključek na koleno pritrjeno na horizontalni iztok iz požiralnika se izvede iz vmesne GRP cevi DN160.
Vzdolž robnika se vgradi drenažni žleb debeline 3,0 cm širine 15 cm, ki omogoča odvajanje precejnih voda do pronicajočih cevi oziroma požiralnikov. Žleb se izvede iz prodca 8/16 mm vezanega z epoksidno smolo.

7.0 UREDITEV PRIMARNEGA VODOVODA PREKO OBJEKTA

Obstoječi primarni vodovod poteka vzporedno s peto nasipa desnega roba ceste. Ob porušitvi mostu je bil uničen tudi odsek vodovoda dolžine ca 79 m, ki je bil pritrjen na robni venec mostu. Pred prehodom na most je na desni brežini Kamniške Bistrice narejen revizijski jašek za namestitev ventila DN200. Na levi brežini je v zemlji vgrajen ventil DN200. Nad ventilom je izveden protipoplavni nasip. Ventil je vgrajen na globini 2,93 m. V nadaljevanju obstoječi vodovod poteka ob peti nasipa. Na oddaljenosti 130 m je vgrajen sekcijski ventil, s katerim je mogoče izolirati odsek vodovoda, ki poteka čez most.
Globina vodovoda na obstoječem revizijskem jašku je 2,64 m. Krajni opornik ob desni brežini vodotoka je zamaknjen za ca 24 m glede na stanje pred porušitvijo. Zaradi tega je potrebno na lokaciji jaška izvesti deviacijo protipoplavnega nasipa, ki bi bil na višini 1,9 m nad vstopnim

oknom revizijskega jaška. Zaradi tega ni bilo smiselno navezati novi vodovod na obstoječi revizijski jašek. Novi jašek se zamakne za ca 8,0 m od obstoječega, tako da je pozicioniran zunaj protipoplavnega nasipa in nasipa ceste. Na desnem bregu struge se opusti odsek vodovoda dolžine 25 m, na levem bregu pa 21,3 m.
Predvidena je izvedba novega vodovoda v skupni dolžini L=137,6 m. Dolžina vodovoda, ki poteka nad terenom, obešen na prekladno konstrukcijo mostu je L=88,0 m. Dolžina odseka vodovoda, ki je termoizoliran je 94,5 m.

8.0 PREDVIDENA UREDITEV TERENA POD IN OB OBJEKTU

Po porušitvi starega mostu v povodnji avgusta 2023 je bila vzpostavljena deviacija glavne ceste Ljubljana - Litija gorvodno od starega mostu s postavitvijo dveh začasnih jeklenih mostov Mabey Compact 200 s temelji in ustreznimi začasnimi cestnimi nasipi. Preko deviacije glavne ceste je omogočen dvosmerni promet.
Po vzpostavitvi deviacije je bila izvedena odstranitev ostankov obstoječega mostu s temelji vred in izvedeni so bili izkopi terena na območju starega mostu do kote cca 270,00 – 271,00 m n.v., kar predstavlja okvirno višino osnovnega terena ob samem koritu Kamniške Bistrice. Omenjeni izkopi so bili izvedeni kot priprava terena za vzpostavitev pogojev na lokaciji mostu za čim prejšnji pričetek gradnje novega objekta.
Ob odstranitvi starega mostu in priključnih nasipov ob njegovih krajnih opornikih sta bila delno porušena in odstranjena tudi zaščitna protipoplavna nasipa vzdolž korita Kamniške Bistrice na dolvodni strani od mostu v dolžini cca 20 – 40 m.
Obstoječi protipoplavni nasipi so izvedeni s krono širine od 2,5 do 3,5 m in brežinami v naklonu 1: 2,5 ali položneje ter zatravljeni. Kota krone nasipov se nahaja na kotah med 272,50 m do 273,20 m n.v. kolikor znaša tudi gladina Q100 na območju mostu.

Na mestu porušenih protipoplavnih nasipov je potrebno po izgradnji mostu in priključnih nasipov ob krajnih opornikih porušene nasipe nadomestiti z novimi in jih priključiti na priključne nasipe ob krajnih opornikih novega objekta v dolžinah: desni breg 40 m in levi breg 20,0 m. Ob izgradnji novih nasipov se oblikuje krona nasipa širine 3,50 m ter brežine v naklonu 2:3, utrjene kot rolirana brežina (obloga brežine s kamni v suho), ki z oddaljenostjo od objekta postopoma prehajajo v blažje naklone 1:2,5 brez utrditve.
Brežine priključnih nasipov ob krajnih opornikih novega mostu se obložijo s kamni v suho, srednjega premera 40 cm. (rolirana brežina) do višine 274,12 m n.v., kolikor znaša gladina Q500.

Pod samim objektom se teren ob koritu struge do priključnih nasipov ob opornikih utrdi na višini od 271,50 m – 271,70 m n.v. na desnem bregu, oziroma od 271,40 m – 271,60 m n.v. na levem bregu. Na ta način se v krajnih poljih objekta oblikujejo inundacijske površine, ki omogočajo čim bolj neoviran pretok visokih poplavnih voda pod objektom iz gorvodnih poplavljenih površin ob Pšati in Bistrici v dolvodno omejeno korito Kamniške Bistrice s protipoplavnimi nasipi.

Na gorvodni strani se ob krajnih opornikih izvedejo stopnice za dostop na utrjen plato širine 1,50 m pod mostom ob krajnih opornikih za potrebe pregleda ležišč. Plato je izveden kot obloga temeljev opornika iz kamna v betonu C16/20. Stopnice so širine 120 cm in so izvedene iz

kamna, v betonu C16/20. Širina stopne ploskve stopnic znaša 30 cm, višina stopnic pa je prilagojena naklonu brežine priključnega nasipa 2:3.

Pomembno opozorilo:

Na zahtevo Zavoda za varstvo narave je potrebno nove zelene površine ob mostu urediti skladno s spodnjimi zahtevami, ki predstavljajo omilitvene ukrepe zaradi grobih posegov v naravo ob izgradnji novega mostu in sicer:

1. Vsa dela na brežinah in v brežinah reke Kamniške Bistrice izvesti v času od 01.07. do 01.02., to je v času izven drsti kvalifikacijskih vrst rib in obloustk. Sleherne vibracije in tresljaji, ki spremljajo izvedbo posega v habitatu ali neposredni bližini habitata (v dolvodni smeri proti sotočju) tako kvalifikacijskih vrst, kot preostalih z Uredbo zavarovanih vrst (citiranih v tem mnenju) povzročajo bistveno motnjo tako v času sezonske drsti in migracij na mesta drstišč;

2. Izvedba obeh vmesnih podpor (armirano betonskih stebrov, postavljenih v smeri toka vode) se izvaja tako, da se posega v obrežni pas vodotoka v minimalnem obsegu. Ob obeh podporah gledano v smer toka, naj se v dnu leve in desne brežine Kamniške Bistrice izvede gosta zasaditev vrbovih potaknjencev (Salix spp.) . Takšna linija potaknjencev bo formirala v bodoče del sklenjenega zastora priobrežnega pasu tudi v delu vodotoka, ki teče pod mostno konstrukcijo;

3. Obe brežini Kamniške Bistrice s katere je bila odstranjena avtohtona drevesna in grmovna vegetacija obrežnega in priobrežnega pasu, naj se na gosto zasadita (po dolžini in višini) z vrstami: vrba (Salix spp.), siva jelša (Alnus inciana), črna jelša (A. glutinosa), veliki jesen (Fraxinus exce/sior), v kombinaciji s plodonosnimi vrstami avtohtonih grmovnih vrst, kot mdr. trdoleska (Eonymus europaeus), črni bezeg (Sambucus nigra), rdeči dren (Camus sanguinea). Na tak način se bo v najkrajšem možnem času obnovil zastor avtohtone vegetacije obrežja na obravnavanem odseku Kamniške Bistrice, kar bo prispevalo k formaciji ugodnih mikroklimatskih razmer ob vodotoku, v vodotoku in na vodotoku, preprečevalo ekstreme v dnevnem nihanju temperature - ta temperaturna nihanja lahko zlasti drastično vplivajo na vodne organizme v času nizkih vodostajev (anoksija) ter prispevalo k višji abundanci žuželčje favne (vzpostavilo ugodnejše prehranske razmere);

4. Med izvedbo del v brežinah naj se prevzame vse ukrepe za preprečevanje izcejanja v vodotok in njegovega kaljenja (opažanje) .

9.0 RAČUNSKA NALIZA KONSTRUKCIJE

Analiza konstrukcije je bila izvedena v programskem orodju SCIA Engineer 2021, ki je namenjen statični in dinamični analizi gradbenih konstrukcij in je osnovan na metodi končnih elementov. Omogoča analizo ravninskih in prostorskih okvirjev, plošč, sten in lupin. Poleg določitve notranjih statičnih količin omogoča dimenzioniranje jeklenih in betonskih ter prednapetih konstrukcij, pri čemer omogoča enostavnejše podajanje prometnih obtežb z generacijo možnih položajev le-teh ter generacijo ustreznih obtežnih slučajev.
Hkrati program omogoča analizo konstrukcije skladno z napredovanjem del v času gradnje v zaporednih delovnih fazah z dograjevanjem prečnega prereza oz. konstrukcije (sovprežni prerezi beton-beton ali jeklo-beton) ter časovni vpliv gradnje na napetostno stanje v konstrukciji.

Program vključuje tudi generator obtežb vetra in snega po predpisih Eurocode, DIN, NEN in CNS. Vključuje tako analizo drugega reda, kot tudi analizo tretjega reda za okvirne konstrukcije, omogoča modeliranje lokalnih nalinearnosti (npr. nelinearne podpore in sprostitve vozlišč, izključno natezni elementi…), dinamično analizo, račun vplivov pomične prometne obtežbe, račun prednapetih armiranobetonskih konstrukcij z upoštevanjem izgub zaradi relaksacije kablov, ukrivljenosti kabelske linije, izgube zaradi elastične deformacije ter izgube zaradi krčenja in lezenja betona, upoštevajoč faznost gradnje konstrukcije
V modulu za beton lahko izračunamo potrebno armaturo poljubnih prerezov, ki jo upoštevajoč definirane maksimalne širine razpok program računsko določi ob upoštevanju izhodiščne armature iz kontrole MSN.
Računske kontrole in dimenzioniranja elementov konstrukcije lahko izvajamo po različnih svetovnih predpisih kot so Eurocode, DIN, AISC, Önorm in druge.

Obtežbe smo upoštevali po predpisih SIST EN 1991 (lastna teža, dodatna stalna obtežba, krčenje in lezenje betona, prometni in temperaturni vplivi), SIST EN 1998 (potres). Upoštevali smo tudi vse ostale predpise in navodila, kot jih podajajo TSC 07. Upoštevana je prometna obremenitev LM1 z največjo dovoljeno maso vozila 600 + 300 kN.

10.0 NAČIN GRADNJE TER FAZNOST IZVEDBE

Objekt spada v skladu s SIST EN 13670 in SIST EN 13670:2010/A101 v:
- 3. Izvedbeni razred (EXC-3),
- 2. razred geometrijskih toleranc

Jeklene dele (ograje) je potrebno izvesti v skladu s SIST EN 1090-1, razred EXC-2.
Objekt je zasnovan kot kontinuirana konstrukcija preko treh polj. Prekladna konstrukcija je polno vpeta v vmesne podpornike na prostih koncih pa nalega na štiri elastomerna ležišča. Celotna prekladna konstrukcija bo izvedena v eni sami fazi, ki je sestavljena iz naslednjih postopkov:

- postavitev opažnega odra,
- izvedba opaža,
- postavitev armature in kablov,
- betoniranje,
- čakanje najmanj 7 dni, da beton doseže karakteristično tlačno trdnost vsaj f_{ck} = 28 MPa,
- izvedba napenjanja prečnega prereza.

Pred postavitvijo nosilnega odra za izvedbo prekladne konstrukcije mostu, je potrebno izvesti pilote na krajnih opornikih in vmesnih podporah.
Ker se piloti vmesnih podpor nahajajo pod nivojem struge vodotoka, jih bo potrebno izvesti z zabitjem zagatnic na vodni strani, da se prepreči vdor vode v gradbeno jamo. Vso morebitno dotekajočo vodo bo potrebno med gradnjo črpati iz gradbene jame.
Izkope za krajni opornik v osi 1 se proti trenutni deviaciji glavne ceste preko dveh začasnih jeklenih mostov ravno tako zaščiti z zagatnicami.

Po zaščiti gradbene jame z zagatnimi stenami se pristopi k izvedbi delovnega platoja za pilote, ki se ga utrdi do višine 60 cm nad nivojem vrha pilotov. Pilote se izvede do vrha delovnega platoje, nato pa se beton le-teh poruši na zgornji višini 60 cm.
Sledi izdelava opažev, armature ter betonaže obeh krajnih opornikov in vmesnih podpor. Vsa dela lahko potekajo istočasno.
Predvidoma se hkrati izvede del opornika in temeljne grede za krila. Po otrditvi betona in odstranitvi opaža se ta del delno zasuje z utrjevanjem. Sledi izvedba naslednjega dela opornika do platoja za ležišča, ki se ga izvede hkrati s pripadajočim delom kril. Tudi ta del se po odstranitvi opažev zasuje. Zadnji del opornika, ki zajema zaledno steno zadaj za prekladno

konstrukcijo in stranski steni ob ležiščih se izvedejo šele po končanju prednapenjanja prekladne konstrukcije, končni zasip pa po končanju opornika in kril.
Zagatnice ob oporniku, ki se izvedejo predvsem za varovanje začasnega nasipa za Mabey v času izkopa za krajni opornik, se lahko odstranijo takoj, ko je opornik zasut do končne ureditve in odstranitev ne vpliva na stabilnost nasipa za Mabey oz. začasno prevoznost.

Sledi postavitev delovnega odra za izvedbo prekladne konstrukcije. Delovni oder srednjega polja se lahko zagotovi z uporabo Hunebeck paličnih nosilcev dolžine cca 38,0 m z višino cca 2,40 m, ki se lahko podpirajo na temeljni gredi vmesnih podpor.
Sledi izvedba opaža preklade, postavitev armature in kablov ter betonaža.

Opozorilo:
Opaž prekladne konstrukcije je potrebno nadvišati za velikost povesa opaža v sredini posameznega polja zaradi njegove podajnosti.

Za betonažo prekladne konstrukcije se uporabi cement z nizko stopnjo razvite hidratacijske toplote, pri čemer se betonaža preklade začne v sredini vmesnega polja z istočasnim napredovanjem v dveh smereh proti vmesnim in nato proti krajnim opornikom.
Predvidi se kontinuirna betonaža preklade brez prekinitev.

Po zaključku betonaže prekladne konstrukcije se izvede prednapetje le-te po otrditvi betona preklade na vsaj 30 Mpa tlačne trdnosti, nato pa še injektiranje kablov v zaščitnih ceveh. Po otrditvi injekcijske mase se lahko pristopi k odstranitvi opaža in nosilnega odra preklade.

Po zaključku betonaže prekladne konstrukcije in ustreznem zmanjšanju vlage v njej, se lahko izvede hidroizolacija voziščne plošče ter na njej betonaža hodnikov in robnih vencev. Sledi montaža opreme in vgradnja asfaltnih slojev, dilatacij in ostale opreme.

Izvajalec mora pred pričetkom del izdelati detajlni tehnološki elaborat postopka gradnje z vsemi varnostnimi ukrepi. Pri tem mora upoštevati smernice oziroma pogoje vseh pristojnih soglasodajalcev in predpise s področja varstva voda, narave in kulturne dediščine. Gradbena dela, ki so potrebna za izvedbo ureditvenih del na območju strug vodotokov, se izvajajo tako, da bo preprečeno onesnaževanje vode s strupenimi snovmi, ki se uporabljajo v gradbeništvu. Med gradnjo mora biti preprečeno izcejanje goriva, olj, zaščitnih premazov in drugih škodljivih in/ali strupenih snovi v vodotoke, podzemni vodonosnik ali na območje vodnega zemljišča.