






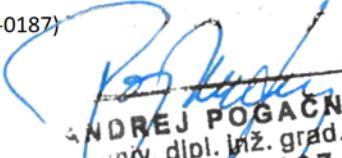
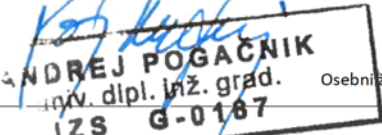
Brv čez Savo v Medvodah

Tehnično poročilo

| | |
|----------------------|--|
| Pooblaščen inženirja | dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925) Andrej Pogačnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-0187) |
| Projektanta | dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925) Dominik Klemenčič, mag. inž. grad. |
| Številka načrta | 8512_B |
| Številka projekta | 8512 |
| Vrsta projekta | Projekt za izvedbo |
| Kraj in datum | Ljubljana, 11. september 2020 |
| Številka dokumenta | 00.TR.--.0001 |
| Različica | 02 |



Kontrolni list

| | |
|-----------------------|---|
| Številka načrta | 8512_B |
| Številka dokumenta | 00.TR.--.0001 |
| Naročnik | LUZ, d.d. Verovškova ulica 64, 1000 Ljubljana |
| Investitor | Občina Medvode Cesta komandanta Staneta 12, 1215 Medvode |
| Projektant načrta | ELEA iC projektiranje in svetovanje d.o.o. Dunajska cesta 21, SI-1000 Ljubljana, Slovenija T +386 (1) 474 10 00, F +386 (1) 474 10 01 info@elea.si, www.elea.si |
| Projektant | dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925)   Osební žig in podpis |
| | Dominik Klemenčič, mag. inž. grad.  Osební žig in podpis |
| Pooblaščená inženirja | dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925)   Osební žig in podpis Andrej Pogačnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-0187)   Osební žig in podpis |

| Datum | Različica | Projektant | Pregledal | Odobril |
|-------------|-----------|------------|-----------|---------|
| 11.9.2020 | 00 | JZ | MP | AP |
| 4. 6. 2021 | 01 | JZ, DK | JZ | AP |
| 31. 8. 2021 | 02 | JZ, DK | JZ | AP |
| | | | | |
| | | | | |

Kazalo vsebine

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Uvod | 6 |
| 2 | Osnove za projektiranje..... | 7 |
| 2.1 | Projektna naloga..... | 7 |
| 2.2 | Prostorska izhodišča | 7 |
| 2.3 | Poročila | 7 |
| 2.4 | Načrti | 7 |
| 2.5 | Projektni pogoji | 7 |
| 2.6 | Standardi in tehnične smernice..... | 8 |
| 2.6.1 | Projektiranje konstrukcij..... | 8 |
| 2.6.2 | Zaščita pred delovanjem strele | 8 |
| 3 | Geotehnični model in lastnosti temeljnih tal..... | 10 |
| 3.1 | Geografske razmere | 10 |
| 3.2 | Stratigrafski in litološki podatki | 10 |
| 3.3 | Tektonika | 10 |
| 3.4 | Terenske raziskave..... | 10 |
| 3.5 | Hidrogeološke razmere | 11 |
| 3.5.1 | Prepustnost kamnin | 11 |
| 3.5.2 | Vodovarstvena območja..... | 11 |
| 3.6 | Geomehanske lastnosti materialov | 11 |
| 3.7 | Kategorije izkopov | 12 |
| 3.8 | Pogoji temeljenja..... | 12 |
| 4 | Povzetek projektnih pogojev | 13 |
| 4.1 | Zavod za ribištvo Slovenije | 13 |
| 4.2 | Direkcija Republike Slovenije za vode | 13 |
| 4.3 | Javni zavod Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine | 13 |
| 5 | Zasnova objekta | 14 |
| 5.1 | Podpore | 14 |
| 5.2 | Ločna konstrukcija | 14 |
| 5.3 | Preklada priključne rampe..... | 15 |
| 5.4 | Začasne konstrukcije | 15 |
| 5.5 | Prometna zasnova | 15 |
| 5.5.1 | Svetli profil..... | 16 |
| 5.5.2 | Karakteristični prečni prerez na objektu | 16 |
| 6 | Oprema objekta | 17 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6.1 | Voziščna konstrukcija | 17 |
| 6.2 | Odvodnjavanje..... | 18 |
| 6.3 | Napeljave prek objekta..... | 18 |
| 6.4 | Ozemljitev konstrukcije | 18 |
| 6.4.1 | Sistem zunanje zaščite pred delovanjem strele | 18 |
| 6.4.2 | Ozemljitveni sistem | 18 |
| 6.4.3 | Sistem izenačitve potenciala | 19 |
| 6.5 | Merilni čepi..... | 19 |
| 7 | Materiali in razred izvedbe | 20 |
| 7.1 | Zagotavljanje in kontrola kvalitete | 21 |
| 7.2 | Pogoji za izvedbo betonskih konstrukcij..... | 21 |
| 7.2.1 | Splošni pogoji..... | 21 |
| 7.2.2 | Osnovne zahteve za pripravo betonskih mešanic | 21 |
| 7.2.3 | Postopek vgrajevanja betona | 22 |
| 7.2.4 | Betoniranje v vročem vremenu | 22 |
| 7.2.5 | Betoniranje v hladnem vremenu | 22 |
| 7.2.6 | Nega svežega betona..... | 23 |
| 7.2.7 | Nega svežega betona v hladnih pogojih | 23 |
| 7.2.8 | Odstranjevanje opaža | 24 |
| 7.3 | Pogoji za izvedbo jeklenih konstrukcij | 24 |
| 7.4 | Nasipi in zasipi | 25 |
| 8 | Tehnologija gradnje..... | 26 |
| 8.1 | Izvedba konstrukcije brvi..... | 26 |
| 8.1.1 | Glavni razpon brvi..... | 26 |
| 8.1.2 | Piloti..... | 27 |
| 8.1.3 | Geotehnična sidra..... | 28 |
| 8.1.4 | Napenjanje nosilnih kablov za vlečenje glavnega razpona..... | 29 |
| 8.1.5 | Sovprežna preklada glavnega razpona in preklada priključne rampe | 30 |
| 8.1.6 | Prednapetje vešalk | 30 |
| 8.2 | Spremljava gradnje..... | 30 |
| 8.3 | Ureditev gradbišča..... | 30 |
| 9 | Vplivi na konstrukcijo | 31 |
| 9.1 | Stalna obtežba | 31 |
| 9.1.1 | Lastna teža | 31 |
| 9.1.2 | Oprema objekta..... | 31 |
| 9.2 | Prometna obtežba | 31 |
| 9.3 | Obtežba vetra | 31 |

| | | |
|-------|--|----|
| 9.4 | Toplotni vplivi | 32 |
| 9.5 | Potresna obtežba..... | 32 |
| 9.5.1 | Razred duktilnosti in faktor obnašanja | 33 |
| 9.6 | Kombinacije vplivov | 33 |
| 9.6.1 | Mejno stanje nosilnosti | 34 |
| 9.6.2 | Mejno stanje uporabnosti | 34 |

1 Uvod

Sedanje stanje kolesarskih povezav v Občini Medvode je razmeroma slabo, saj posamezni deli kolesarske infrastrukture med seboj niso povezani in ne zagotavljajo povezave mestnega središča z zaledjem. Obstoječe površine so pogosto ozke in imajo poškodovano voziščno konstrukcijo, kar nadalje zmanjšuje njihovo uporabno vrednost.

Z izgradnjo novih, varnih in urejenih kolesarskih poti želi Občina Medvode spodbujati zdrav način življenja, uporabo koles za dnevne migracije ter zmanjšati obremenjenost središča Medvod z motornimi vozili. Načrtovana kolesarska pot Medvode Preska – Medvode središče – Pirniče – Vikrče bo uporabnike iz zalednih naselij pripeljala do vseh ključnih storitev v središču Občine Medvode: knjižnice, stavbe Občine Medvode, trgovskih centrov, tržnice z večnamensko ploščadjo in mestnim parkom, banke, pošte, železniške postaje, postaje Ljubljanskega potniškega prometa, kmetijske zadruge ter kulturnega doma.

Brv se nahaja med odsekoma Medvode Preska – Medvode središče ter Medvode središče – Pirniče – Vikrče. Krajna opornika sta na desnem bregu Save umeščena med profila M2 v km 0'0 + 10'00 in M3 v km 0'0 + 23'73, na levem pa med profila L17 v km 0'3+20'00 in L16 v km 0'3 + 0'00.

2 Osnove za projektiranje

2.1 Projektna naloga

- [1] Občina Medvode (2018). *Projektna naloga za izdelavo projektne dokumentacije (IZP, DGD in PZI). Kolesarska pot Medvode (Preska) – Medvode – Prniče – Vikrče*. Dokument št. 371-293/2017-10, oktober 2018.

2.2 Prostorska izhodišča

- [2] Občina Medvode (2018). *Odlok o Občinskem prostorskem načrtu Občine Medvode*. Uradni list RS, št. 45/2018, 4. 7. 2018.
- [3] Občina Medvode (2020). *Odlok o spremembah in dopolnitvah Odloka o Občinskem prostorskem načrtu Občine Medvode*. Uradni list RS, št. 81/2020, 1. 6. 2018.

2.3 Poročila

- [4] Geologija Idrija, d.o.o. (2020). *Brv čez Savo v Medvodah. Geološko in geomehansko poročilo*. Št. poročila 4271-141/2019-04, januar 2020.
- [5] iS projekt, d.o.o. (2015). *Analiza poplavnosti v občini Medvode za potrebe OPN. Obstoječe stanje*. Št. poročila 25-S/12, marec 2015.
- [6] iS projekt, d.o.o. (2016). *Analiza poplavnosti v občini Medvode za potrebe OPN. Predvidena ureditev*. Št. poročila 52-S/14, september 2015.
- [7] iS projekt, d.o.o. (2019). *Analiza poplavnosti za brv čez Savo*. Št. poročila 29-S/19, november 2019.

2.4 Načrti

- [8] LUZ, d.d. (2019). *Geodetski načrt*. Št. načrta LUZ-2019/2036, junij 2019.
- [9] LUZ, d.d. (2020). *Kolesarske poti Medvode (Preska) – Medvode – Pirniče – Vikrče. Načrt kolesarskih površin*. Št. načrta 8512/P, 16. 4. 2020.
- [10] Appia, d.o.o. (2019). *Kolesarske poti Medvode (Preska) – Medvode – Pirniče – Vikrče. Načrt kolesarskih površin*. Št. načrta AP016-19, 19. 10. 2020.

2.5 Projektni pogoji

- [11] DARS, d.d. (2019). *Projektni pogoji za izdelavo projektne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja za »Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah«*. Projektni pogoji št. 7.0.2./2019-PTPP/VD-2054, 12. 8. 2019.
- [12] Direkcija republike Slovenije za infrastrukturo (2019). *Projektni pogoji k načrtovani ureditvi kolesarskih in peš površin ter brvi v Medvodah*. Projektni pogoji št. 37167-1909/2019-10 (1502), 10. 9. 2019.
- [13] Direkcija republike Slovenije za vodo (2019). *Projektni pogoji. Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah*. Projektni pogoji št. 35506-2247/2019-2, 9. 9. 2019.

- [14] Elektro Gorenjska, podjetje za distribucijo električne energije, d.d. (2019). *Projektni pogoji. Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah*. Projektni pogoji št. 629427, 12. 8. 2019.
- [15] Eles, d.o.o. (2019). *Projektni pogoji. Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah*. Projektni pogoji št. S19-086/594/rk, 1. 8. 2019.
- [16] Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (2019). *Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah – strokovno mnenje v postopku pridobitve gradbenega dovoljenja*. Projektni pogoji št. 3-11-912/2-0-19/NH.AG.AP, 12. 8. 2019.
- [17] Občina Medvode (2019). *Projektni pogoji za izdelavo dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja glede prometne ureditve in posega v varovalni pas javne ceste s priključkom na javno cesto*. Projektni pogoji št. 351-847/2019-2, 6. 8. 2019.
- [18] Plinovodi, d.o.o. (2019). *Občina Medvode - Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah na zemljišču s parc. št. 464/31, k. o. 1973 Medvode – projektni pogoji*. Projektni pogoji št. S19-392/P-MP/RKP, 29. 8. 2019.
- [19] Zavod za ribištvo Slovenije (2019). *Projektni pogoji za gradnjo objekta »Ureditev kolesarskih, peš površin in brvi v Medvodah«*. Projektni pogoji št. 4202-117/2019/2, 28. 8. 2019.
- [20] T-2, d.o.o. (2019). *Mnenje št. 496/2019 k projektnim rešitvam*. Mnenje št. 496/2019, 7. 8. 2019.
- [21] Telekom Slovenije, d.d. (2019). *Mnenje št. 76545-LJ/2761-BS k DGD*. Mnenje št. 76545-LJ/2761-BS, 19. 8. 2019.
- [22] Telemach, d.o.o. (2019). *Mnenje k projektni dokumentaciji*. Mnenje št. luz27/19-DK, 19. 8. 2019.
- [23] Komunala Kranj, javno podjetje, d.o.o. (2019). *Vodovodni projektni pogoji št. 063/2019 k idejni zasnovi projekta št. 8512, pripravljen v biroju LUZ, d.d., Ljubljana*. Projektni pogoji št. 063/2019, 7. 8. 2019.
- [24] Javno podjetje Vodovod Kanalizacija Snaga, d.o.o. (2019). *Projektni pogoji - kanalizacija*. Projektni pogoji št. S-1514-19K, 5. 9. 2019.
- [25] Zavod za varstvo kulturne dediščine (2019). *Kulturnovarstveni pogoji*. Projektni pogoji št. 35102-0776/2019-2, 2. 8. 2019.

2.6 Standardi in tehnične smernice

2.6.1 Projektiranje konstrukcij

Upoštevani so vsi v Republiki Sloveniji veljavni standardi in tehnične smernice, ki obravnavajo projektiranje inženirskih objektov.

2.6.2 Zaščita pred delovanjem strele

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele, Uradni list RS, št. 28/2009 in 2/2012

Zaščita pred delovanjem strele. Tehnična smernica TSG-N-003:2013.

SIST EN 62305-1: Zaščita pred delovanjem strele - 1. del: Splošna načela

SIST EN 62305-2: Zaščita pred delovanjem strele - 2. del: Vodenje rizika

SIST EN 62305-3: Zaščita pred delovanjem strele - 3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja

SIST EN 62305-4: Zaščita pred delovanjem strele - 4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah

3 Geotehnični model in lastnosti temeljnih tal

3.1 Geografske razmere

Predvidena gradnja se nahaja v Medvodah v osrednjem delu Kranjsko – Sorškega polja tik pred sotočjem Save in Sore. Levi breg reke Save predstavljajo kmetijske površine s travniki, medtem ko je desni breg urbaniziran. Nadmorska višina predmetne lokacije na levem bregu je približno 310 m, na desnem pa približno 311 m.

3.2 Stratigrafski in litološki podatki

Sorško polje obsega približno 35 km² površine. Večinoma je pokrito z mlajšim pleistocenskim prodrom. Iz prodne ravnice se dvigajo starejše pleistocenske nizke valovite terase (Žejski hrib pri Jeprci, terasa med Zbiljami in Svetjem), ki so prekrite z debelo plastjo gline s prodniki. Pod prodrom, ki prekriva ravne dele polja, leži konglomerat, ki na površje prehaja v soteski Save. Iz konglomerata sta tudi terasi Žejski hrib pri Jeprci in terasa med Zbiljami in Svetjem. Iz glinaste prereprine, debele več metrov, je le njihova površinska plast.

Debelina plasti proda je v povprečju do 10 m, le v ozkem delu med Drulovko, Jeprco in Senico, kjer poteka stara, s prodrom zasuta struga reke Save, je prodni zasip debel od 35 m do 45 m. Med Jeprco, Gorenjo vasjo, Senico, Ladjo, Svetjem in Žejami je bil zaradi vplivov toka reke Save erodiran ves konglomerat, nastalo široko strugo pa je reka zasula s plastjo mlajšepleistocenskih prodov v debelini približno 35 m.

Podlaga pleistocenskega proda in konglomerata je iz terciarne (oligocenske) peščene gline, peščenjaka in kompaktnega konglomerata. Terciarni plasti ležijo v osrednjem delu Sorškega polja od 65 m do 120 m globoko pod površjem, na južnem in jugovzhodnem robu polja pa prihajajo na površje. Izdanki terciarnih plasti so na levem bregu Sore med Retečami in Zgornjo Senico, v Goričanah in v Ladji ter na levem bregu Sore pod Svetjem.

Debelina prodnega zasipa upada od severa proti jugu. Na predmetni lokaciji tik pred sotočjem Save in Sore je debelina prodnega zasipa med 3,1 m in 5,8 m. Matično kamninsko podlago gradi sivica oligocenske starosti. Kamnino predstavlja siv peščen meljevec. Na levem bregu reke Save se sivica nahaja na globini 3,1 m, na desnem bregu pa na globini 5,8 m. Aluvialne naplavine so v vrhnjem delu prekrite z umetnim nasipom oziroma zaglinjenim gruščem.

3.3 Tektonika

Kranjsko Sorško polje, kamor spada obravnavana lokacija, je nasuta z do 100 m debelimi kvartarnimi (holocenskimi in pleistocenskimi) sedimenti. V strukturno geološki rajonizaciji spada k Ljubljanski kotlini.

Temeljna tla po svoji sestavi na levem bregu reke Save glede na SIST EN 1998-1 ustrezajo tipu tal A (skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala, $v_{s,30} > 800$ m/s). Na desnem bregu Save temeljna tla ustrezajo tipu tal E (površinska aluvialna plast debeline od 5 m do 20 m leži na bolj togem materialu z $v_{s,30} > 800$ m/s).

3.4 Terenske raziskave

V okviru geološko-geomehanskih preiskav terena ta bili izvedeni 2 sondažni vrtini z oznakama V1 (levi breg) in V2 (desni breg) globine 5 m oziroma 8 m. V vrtinah je bilo skupaj izvedenih 6 standardnih penetracijskih preizkusov

(SPT),), s katerimi je bilo preverjeno konsistenčno in gostotno stanje zemljin ter penetrabilnost hribin. V vrtini V2 je bil izveden tudi nalivalni preizkus.

3.5 Hidrogeološke razmere

Sorško polje je po svoji zgradbi tektonska udorina, ki je na debelo zapolnjena s poroznim konglomeratom in prodom. Podlago kotanje predstavljajo neprepustne lapornate gline (sivica). V konglomeratu in prodru so akumulirane velike količine podzemne vode. Gladina podzemne vode v vodonosniku Sorškega polja močno niha glede na padavine, v osnovi pa jo določa gladine reke Save. Na obravnavani lokaciji v Medvodah se je podzemna voda v času izvajanja preiskav nahajala na nadmorski višini približno 306'30 m oziroma približno 5'20 m pod površjem

3.5.1 Prepustnost kamnin

S hidrogeološkega stališča sedimente in kamnine na obravnavanem območju uvrščamo v tri skupine:

- prepustne plasti z medzrnsko poroznostjo: kvartarni rečni prod,
- prepustne plasti z medzrnsko in kraško poroznostjo :konglomerat kvartarne starosti,
- slabo prepustne plasti: umetni nasipi nehomogene sestave in zaglinjen grušč (plasti, ki prekrivajo aluvialne naplavine),
- neprepustne plasti: lapornata glina ali sivica.

Prepustnost sedimentov je bila določena na podlagi rezultatov črpalnega poskusa v vrtini V2. Povprečna vrednost koeficienta prepustnost, določena na podlagi rezultatov črpalnega poskusa v vrtini V2, znaša $5 \cdot 12 \times 10^{-5}$.

3.5.2 Vodovarstvena območja

Obravnavana lokacija se ne nahaja na vodovarstvenem območju.

3.6 Geomehanske lastnosti materialov

Umetni nasip, ki ga sestavlja deponiran zemeljski (izkopni) material (glina, prod, zaglinjen grušč), se pojavlja na brežini reke Save. Gre za nekontrolirano odložen nesortiran in neutrjen zemeljski material. Zaradi neprepustnega materiala, ki je vgrajen v nasip, je površinski teren na levem bregu reke zamočvirjen. Debelina umetnega nasipa v vrtini V1 znaša 1'3 m, v vrtini V2 pa 1'0 m.

Peščeno-meljast prod spada med mešane zemljine. Ta sloj je dobro vodoprepusten. Začasne vkope v aluvialnem sloju se lahko oblikuje v naklonu 1:1. Izkopan prodno peščeno meljast material je primeren za vgrajevanje v nasipe, vendar ga je pred ponovno vgradnjo treba zmleti.

Raščeno kamninsko podlago (sivico) predstavlja siv peščen meljevec. V vrtini V1 se pojavi na globini 3'1 m, v vrtini V2 pa na globini 5'8 m. Sivica predstavlja vodoneprepustno hribino.

Tabela 1: Najpomembnejše geomehanske lastnosti plasti tal

| Plast | Kategorija izkopa | γ [kN/m ³] | φ [°] | c [kPa] | M_E [MPa] | $k^{(3)}$ [m/s] |
|---|----------------------|----------------------------------|------------------|--------------|----------------|-----------------------|
| Sloj 0 Umeten nasip | 3 | 18'5 19'0 | 25 30 | 0 1 | 1 15 | |
| Sloj 1 Peščeno-meljast prod | 3 | 20'5 21'5 | 38 40 | 0 | 23 31 | 5'12×10 ⁻⁵ |
| Sloj 2 Raščena kamninska podlaga (sivica) | 4 | 21'0 | 37 | 20 30 | 200 250 | |

γ ... specifična teža, φ ... strižni kot, c ... kohezija, M_E ... modul stisljivosti, k ... vodoprepustnost

3.7 Kategorije izkopov

Glede na petstopenjsko lestvico Direkcije RS za infrastrukturo se izkop v umetnem nasipu in aluvialnem sloju peščeno-meljastega proda uvršča v 3. kategorijo (drobnozrnata vezljiva in grobozrnata nevezljiva zemljina), izkop v sivici pa v 4. kategorijo izkopa (mehka kamnina).

3.8 Pogoji temeljenja

Brv bo temeljena na uvrtenih pilotih. Njihov zgornji del dolžine približno 5'80 m bo segal skozi obstoječ umetni nasip in peščeno-meljast prod, medtem ko bo spodnji vpet v podlago iz sivice. Dolžina vpetja v raščeno kamninsko podlago (sivica, sloj 2) mora znašati najmanj eno tretjino celotne dolžine pilota. V primerih, kjer je globina do raščene podlage večja od 10 m, mora dolžina vpetja znašati najmanj petkratnik premera pilota.

Dolžina pilotov mora biti prilagojena lokaciji in koti delovnega platoja.

4 Povzetek projektnih pogojev

4.1 Zavod za ribištvo Slovenije

- 1) V obdobju med 1. oktobrom tekočega leta in 30. junijem naslednjega leta so zaradi drsti rib prepovedana dela na območju vodnih in priobalnih zemljišč Save, ki lahko negativno vplivajo na kakovost vode in vodni režim (npr. kaljenje vode).
- 2) Posegi v stalno omočeni del struge Save niso sprejemljivi.
- 3) Popolna odstranitev obrežne vegetacije je sprejemljiva le tik ob opornikih brvi. V primeru odstranjevanja zarasti ob vodotoku izven najožjega območja brvi, npr. zaradi dostopa s stroji, naj se vegetacijo še v isti rastni sezoni nadomesti z avtohtono drevesno in grmovnato obrežno zarastjo (vrbovi in jelševi potaknjenci premera vsaj od 3 cm do 5 cm) po celotni brežini Save. Zgolj zatravitev z avtohtonimi vrstami trave na območju brežin ne zadostuje. Na brežinah se mora ohranjati sklenjena zarast tako na kroni brežine kot tudi na nagnjenem delu do nivoja srednjih do višjih pretokov.
- 4) Ribiški družini Medvode in Zavodu za ribištvo Slovenije mora biti ob predhodnem dogovoru omogočena prisotnost pri izvedbi vseh načrtovanih posegov.

4.2 Direkcija Republike Slovenije za vode

- 1) Načrtovana mora biti odstranitev vseh ostankov gradbenega materiala in kakršnih koli odpadkov na primerno deponijo. Med gradnjo in po njej se na območju vodnega zemljišča ali v sami strugi vodotoka ne sme odlagati nobena vrsta materiala, ki se uporablja pri gradnji.
- 2) Gradbena dela, ki so potrebna za izvedbo ureditvenih del na območju struge vodotoka, 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, fekalij in drugih škodljivih in/ali strupenih snovi v vodotoke, podzemni vodonosnik ali na območje vodnega zemljišča. Vsi gradbeni stroji, ki bodo izvajali dela v vodnem in obvodnem prostoru, morajo uporabljati biološko razgradljivo olje.
- 3) V primeru betoniranja je treba preprečiti izcejanje strupenih betonskih odplak v vodo. Vsa predvidena betoniranja se izvajajo »v suhem«, kar pomeni vodotesno opaženje prostorov, kjer se bo vgrajeval beton.
- 4) Vode, potrebne za izvedbo gradbenih del, se ne sme zajemati iz vodotokov.
- 5) Odlaganje odpadnega gradbenega, rušitvenega in izkopnega materiala na priobalna in vodna zemljišča, na brežine, v pretočne profile vodotokov ter na mesta, kjer bi lahko prišlo do splazitve ali erodiranja, ni dovoljeno.
- 6) Med gradnjo ne sme biti oviran pretok visokih vod.
- 7) Po končani gradnji je treba odstraniti vse za potrebe gradnje postavljene provizorije in odstraniti vse ostanke začasnih deponij. Z gradnjo prizadete površine je potrebno takoj po posegu primerno biotehnično zaščititi oziroma sanirati.

4.3 Javni zavod Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine

- 1) Pri izvedbi izkopa za pilote in vrtanju za geotehnična sidra mora biti prisoten arheolog. Izkopan material oziroma jedra vrtin se shrani, pregleda in interpretira ga arheolog in geolog.

5 Zasnova objekta

Glavni razpon brvi čez Savo je zasnovan kot ločna konstrukcija dolžine 83'20 m z dvema linijama mrežno razporejenih vešalk, na katere je obešena sovprežna preklada. Na levem bregu je zaradi višinske razlike glede na desni breg predvidena 32'80 m dolga armiranobetonska priključna rampa s tremi razponi dolžin 9'80 m, 10 m in 11'46 m. Skupna dolžina brvi znaša 116'46 m.

Premostitev v območju glavnega razpona poteka v premi, medtem ko ima priključna rampa na levem bregu horizontalni radij 20 m. V vertikalni smeri je v osrednjem delu glavnega razpona predvidena konveksna zaokrožitev z radijem 800 m. Največji vzdolžni naklon brvi je 4'0 %.

5.1 Podpore

Podpori glavnega razpona predstavljata krajni opornik v osi 1 in steber v obliki črke V v osi 2. Obe podpori sta globoko temeljeni, vsaka na paru uvrtnih armiranobetonskih pilotov premera 120 cm in dolžine 8'00 m. Osni razmak med pilotoma znaša 7'00 m v osi 1 in 4'30 m v osi 2, medtem ko so vrhovi pilotov na koti 308'99 m oziroma 307'79 m. Pilotni gredi ov osi 1 in 2 sta dimenzij 1'50 m × 1'50 m × 8'80 m oziroma 1'90 m × 1'50 m × 6'80 m.

Krajni opornik v osi 1, ki je skoraj v celoti vkopan v teren, je zasnovan kot 8'12 m dolga armiranobetonska stena debeline 1'2 m s krili dolžine 1'80 m. Njena višina v osi opornika in objekta znaša 1'846 m. Debelina kril se spreminja od 0'90 m ob vpetju v steno do 0'30 m na prostem robu. Podpora v osi 2 ima obliko črke V, pri čemer sta stebra na vrhu povezana z nosilcem. Zunanja ploskev vsakega od stebrov je polkrožne oblike. Podpora je široka 1'7 m, višina stebra v smeri pravokotno na njegovo os pa je 1'35 m. Višina nosilca med poševnima stebroma je 1'0 m. Višina V podpore z gredo je zaradi vzdolžnega naklona preklade spremenljiva, v osi opornika in objekta pa znaša 3'392 m. Zgornji ploskvi podpor v oseh 1 in 2 sledita obliki prečnega prereza in vzdolžnemu naklonu preklade.

Priključna rampa je podprta z dvema okroglima stebroma premera 60 cm v oseh 3 in 4 ter točkovnim temeljem v osi 5. Višina stebrov znaša 2'08 m oziroma 1'39 m, vsak od njiju pa je vpet v 6 m dolg uvrtni pilot premera 100 cm. Zgornji koti pilotov v osi 3 in 4 znašata 309'61 m oziroma 309'90 m.

Točkovni temelj v osi 5 je sestavljen iz 3 m dolge stene, na kateri sloni priključna rampa, in temeljne plošče tlorisnih dimenzij 4'0 m × 4'5 m in debeline 0'5 m. Spodnja kota temeljne plošče je 309'19 m.

5.2 Ločna konstrukcija

Primarno nosilno konstrukcijo glavnega razpona predstavljata medsebojno povezana jeklena loka iz vroče valjanih cevi 406'4×10. Na koncih obeh lokov se na dolžini 12 m zaradi večjih obremenitev debelina stene poveča na 12'5 mm. Loka sta nagnjena, na sredini razpona znaša medsebojna osna razdalja 2'012 m, med tem ko razdalja med sidriščema na desnem in levem bregu znaša 7'178 m oziroma 7'000 m. Prečne povezave med loki se izvedejo v obliki vroče valjanih pravokotnih škatlastih profilov 400×200×10. Tovrstna zasnova povečuje stabilnost konstrukcije.

Ločna konstrukcija je razmeroma vitka, saj znaša višina puščice 9'84 m, kar je 12 % razpona. Puščica je bila izbrana tako, da ob učinkovitosti konstrukcije omogoča čim večji estetski učinek v prostoru, ki ga zaznamuje ravnica Kranjskega in Sorškega polja.

Na loka je prek dveh linij mrežno razporejenih vešalk obešena prekladna konstrukcija skupne širine 4'5 m. Za prvi in zadnji par vešalk so predvidene natezne palice iz nerjavečega jekla z vilicami Macalloy M36 (premer 34 mm, projektna natezna nosilnost 376 kN), za vse ostale pa Macalloy M30 (premer 28 mm, projektna natezna nosilnost

257 kN). Preklada je sovprežna. Sestavljata jo vzdolžna nosilca UPE400, ki sta s sidrišči ločne konstrukcije povezana z nateznimi vezmi z vilicami Macalloy Architectural compression strut M85 (osrednji del iz vroče valjane cevi 244'5×16). Preklada tako predstavlja natezno vez loka. Natezna vez na osnovi profila HEB260 je zagotovljena tudi med soležnima sidriščema lokov.

Vzdolžna nosilca sta med seboj povezana z varjenimi prečniki na medsebojnem razmaku 1'25 m. Višina T profila prečnika je 180 mm, širina pa 170 mm. Prečnika, ki se nahajata ob spoju med nateznimi vezmi M85 in vzdolžnima nosilcema preklade imata tako pasnico kot stojino debelo 20 mm, medtem ko imajo preostali prečniki pasnico debelo 15 mm, stojino pa 10 mm.

Na prečnike je položena trapezna pločevina Tata Steel ComFloor 51/150/1'20 v pozitivni legi, kar omogoča izvedbo betoniranja 176 mm debele sovprežne plošče preklade brez začasnih podpor. Za zagotovitev strižne povezave med prečniki in ploščo so predvideni čepi premera 19 mm in višine 125 mm. Sovprežna plošča je vpeta v krajni opornik v osi 1 in v armiranobetonsko priključno rampo, zato objekt nima dilatacij.

5.3 Preklada priključne rampe

Preklado priključne rampe predstavlja armiranobetonska plošča, ki je na robu debela 39 cm, v osrednjem delu pa 60 cm.

5.4 Začasne konstrukcije

V primeru premika glavnega razpona v končno lego z vlečenjem po nosilnih kablilih, napetih prek deviatorjev na podporah v oseh 1 in 2, sidranih v tla, je predvidena izvedba začasne sidrne grede, geotehničnih sider ter jeklenega menjalnika.

Začasna pilotna greda na levem bregu, na kateri se izvaja napenjanje nosilnih kablov, je dolžine 10'50 m, njena širina in višina pa sta enaki 1'00 m. Temeljena je na paru pilotov premera 80 cm in dolžine 6'00 m. Sidrana je z 10 paličnimi geotehničnimi sidri DYWIDAG R51-800 (R51N) dolžine 18 m (prečni prerez 1.150 mm², sila na meji tečenja $F_{yk} = 640$ kN, nosilnost $F_u = 800$ kN). Sidra se med seboj razlikujejo po naklonu glede na horizontalo, saj potekajo pod kotom 25°, 30° oziroma 35°.

Na desnem bregu se v osi 1 izvede 12 začasnih sider, ki so povezana z jeklenim menjalnikom, sestavljenega iz dveh profilov HEA500 z ojačitvami. Na menjalnik, ki je dolg 12'10 m, se pritrjuje tudi pasivni sidrišči nosilnih kablov za vlečenje glavnega razpona brvi.

Nosilna kabla za vlečenje sta 13-vrvna EN 10138-3-Y1860S7-15'7 in imata prečni prerez 1.950 mm², kar omogoča nosilnost oziroma prednapetje 2.878 kN. Pri izračunih smo upoštevali 6 mm zdrsa kablov ob zaklinjanju ter 3 % izgube na sidriščih.

5.5 Prometna zasnova

Os trase kolesarske steze v območju glavnega razpona mostu poteka v premi, medtem ko ima priključna rampa na levem bregu horizontalni radij 20 m.

Niveleta ima v območju glavnega razpona vertikalni konveksni radij 800 m. Priključni tangenti na začetku in koncu imata naklon 4 %. Največji naklon nivelete priključne rampe na levem bregu znaša 4 %. Preklada nima prečnega naklona.

5.5.1 Svetli profil

Konstrukcija zagotavlja svetli profil od 1'00 m do 1'865 m nad pričakovanim pretokom Q100. Izjemi sta manjše območje ob krajnem oporniku na desnem bregu ter stik s priključno rampo na levem bregu, ki sta potrebni zaradi navezave na obstoječo prometno infrastrukturo oziroma na traso kolesarske steze.

5.5.2 Karakteristični prečni prerez na objektu

Karakteristični prečni prerez na objektu je predstavljen v tabeli 2.

Tabela 2: Karakteristični prečni prerez na objektu

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| Prostor za sidrišča vešalk | 115 mm |
| Prostor za ograjo | 385 mm |
| Površina za pešce in kolesarje | 3.500 mm |
| Prostor za ograjo | 385 mm |
| Prostor za sidrišča vešalk | 115 mm |
| Skupaj | 4.500 mm |

6 Oprema objekta

Oprema objekta je predstavljena v tabeli 3.

Tabela 3: Oprema objekta

| Element | Opis |
|-------------------|--|
| Zaključek objekta | Dilatacije niso predvidene. |
| Ležišča | Ležišča niso predvidena. |
| Odvodnjavanje | Vzdolžni naklon in prečna linijska kanaleta ob navezavi na traso. |
| Prehodne plošče | Cementna stabilizacija v dveh plasteh. |
| Zaščitna ograja | Jeklena ograja višine 120 cm z mrežnim polnilom iz nerjavečega jekla, ki je napeto med prednapeti vzdolžni vrvi. |
| Razsvetljava | Predvidena je varnostna in arhitekturna osvetlitev, skrita v ročaju ograje. |

6.1 Voziščna konstrukcija

Voziščno konstrukcijo predstavlja tankoslojni premaz na osnovi poliuretanskih smol (tabela 4). Predviden je odtenek sive barve, izbor potrjuje projektant na podlagi vzorca. Obrabna plast mora zagotavljati odpornost proti zdrsu: vrednost PTV v skladu s SIST EN 13036-4 mora biti večja od 70.

Tabela 4: Sestava tlaka

| Plast | Opis |
|----------------|---|
| Finalna plast: | <p>Tesnilni sloj iz vodotesnega dvokomponentnega nesvetlečega barvnega poliuretanskega premaza, ki ne porumeni (npr. Sikafloor-359 N). Nanos mora biti žilavo-elastičen, barvno stabilen ter odporen na mehanske in kemične vplive.</p> <p>Predvidena sta do dva nanosa, pri čemer poraba znaša od 0'7-0'9 kg/m².</p> |
| Obrabna plast: | <p>Dvokomponentna barvna samorazlivna poliuretanska smola brez topil (npr. Sikafloor-376) s polnilom iz kremenčevega peska F 34 (0'06-0'3 mm) v masnem razmerju 1:0'5. Nanos mora omogočati premoščanje razpok do temperature -20 °C in mora biti vodotesen ter odporen na mehanske in kemične vplive.</p> <p>Najmanjša dopustna debelina plasti je 4 mm, pri čemer se zaradi vzdolžnega naklona preklade do 4 % nanaša v več plasteh (najmanj 2) do končne debeline. Poraba materiala je 1'8-2'0 kg/m² pripravljene mešanice. Svež premaz se v presežku posuje s kremenčevim peskom 0'7-1'2 mm (6'0-8'0 kg/m²). Odvečen pesek se po strjevanju nanosa odstrani z industrijskim sesalcem.</p> |
| Osnovna plast: | Brezbarven dvokomponenten temeljni premaz z nizko stopnjo viskoznosti na osnovi epoksidnih smol, npr. Sikafloor-161 (en nanos, 0'4 kg/m ²). Svež premaz se posuje z 1 kg/m ² kremenčevega peska 0'4-0'8 mm. |
| Podlaga: | <p>Podlaga se pripravi s peskanjem, odstranjene morajo biti slabo oprijete plasti, umazanija, olja, masti ter cementna kožica do odprte teksture betona. Robna območja se dodatno ročno obdelata s strojno opremo.</p> <p>Odtržna trdnost podlage ne sme biti manjša od 1'5 MPa, tlačna trdnost pa ne manjša od 25 MPa.</p> |

6.2 Odvodnjavanje

Meteorna voda se s cestišča odvaja z vzdolžnim naklonom nato pa se zbira v kanaletah Hauraton Recyfix PRO 150, tip 01, ki sta predvideni na obeh koncih objekta. Kanaleti sta iz umetne mase (PEHD) in imata prečni prerez 212/210 mm. Rešetka je litoželezna z vzdolžnimi rebri, pri prehodu vozila ali pešca ne sme povzročati hrupa. Zaščita proti oksidaciji je zagotovljena s postopkom KTL. Zahtevan razred obremenitve je C 250 v skladu s SIST EN 1433.

Kanaletu dopolnjuje kompatibilen peskolov s plastičnim vedrom Hauraton RECYFIX PRO 150. Izvod iz kanalete prek 360° drenažne cevi Ø200 mm poteka v drenažno rebro iz prodca 16/32, ovitega v geotekstil (60/60 cm, dolžina 10 m).

6.3 Napeljave prek objekta

Napeljave prek objekta niso predvidene.

6.4 Ozemljitev konstrukcije

Brv bo zgrajena iz kovinskih cevi in profilov z varjenimi ali mozničenimi spoji, kar zagotavlja potrebne dobre galvanske povezave med kovinskimi deli. Strelovodno zaščito zagotavlja kovinski nosilni lok. Vsi spoji bodo zagotavljali nizkoomske povezave in zaščito pred nevarno napetostjo dotika in koraka. Na mestih dilatacij med elementi se izvede galvanska povezava iz galvanizirane bakrene pletenice.

6.4.1 Sistem zunanje zaščite pred delovanjem strele

Lovilni sistem predstavljajo elementi nosilne konstrukcije brvi, in sicer nosilni kovinski lok. Ta služi kot mesto udara in zagotavlja ščiteno območje na pohodni oziroma povozni površini.

Strelovodni odvodi so električno prevodne povezave med lovilnim in ozemljitvenim sistemom. Strelovodni odvod omogoča kar najkrajšo možno pot streli in je naravno nadaljevanje lovilnega sistema. Ta bo v našem primeru kovinska konstrukcija objekta od lovilnega sistema do temeljnega in zemeljskega ozemljila. Glede na vrsto objekta je predviden zaščitni nivo IV.

6.4.2 Ozemljitveni sistem

Ozemljitveni sistem je nadaljevanje lovilnega sistema in sistema odvodov. Njegova naloga je speljati tok strele v zemljo. Ozemljitveni vodnik bo povezan na koncih glavnega nosilnega loka, in sicer na obeh straneh, na začetku in koncu. Ozemljitveni vodnik mora biti privarjen na kovinsko konstrukcijo in galvansko zaščiten proti koroziji. Izveden bo iz nerjavečega jekla RF 30x3'5 mm in bo do izpusta v zemljo potekal po armiranobetonskih elementih. Na ozemljitveni vodnik se poveže tudi jekleno armaturo.

Ozemljitveni vodnik je treba položiti v plast zemljine z nizko specifično upornostjo. Minimalna globina vkopa traku je 0'8 m.

Po izvedenih delih se izvede meritve ozemljitvene upornosti in po potrebi doda krake ozemljitvenega traku, ali pa vgradi ozemljitvene sonde. Željena je ozemljitvena upornost pod 10 Ω. Ozemljitveni sistem se poveže v združen ozemljitveni sistem javne razsvetljave ali drugih objektov v bližini.

6.4.3 Sistem izenačitve potenciala

Sistem izenačitve potencialov zagotavlja, da pri udaru strele v ščiten objekt ne bo prišlo do osebam ali napravam nevarnih potencialnih razlik. S sistemom izenačitve potencialov je treba neposredno zajeti vse kovinske dele objekta, posredno pa tudi vse aktivne vodnike električnih naprav. Vse kovinske dele v objektu moramo povezati z izenačitveno zbiralko ali drugim kovinskim delom, ki je sam povezan z ozemljilom.

V našem primeru je treba izvesti izenačitve potenciala le na tistih delih konstrukcije, ki sami po sebi niso vijačeni ali varjeni. Med elementi se izvede galvanska povezava iz galvanizirane bakrene pletenice preseka 16 mm². Vsi spoji bodo izvedeni z varjenjem oziroma vijačenjem, pri čemer je minimalna dimenzija vijaka M10. Varjeni spoji so ustrezno zaščiteni proti koroziji. Za spoj valjanca s Cu vrvjo so uporabljene za to namenjene križne sponke. Vidni deli temeljnega ozemljila morajo biti zaščiteni pred mehanskimi poškodbami in zaščiteni pred korozijo.

6.5 Merilni čepi

Za potrebe monitoringa se namesti 18 merilnih čepov, od tega 10 na armiranobetonskih elementih, 8 pa na jekleni konstrukciji glavnega razpona.

Po dva merilna čepa se namestita v steno krajnega opornika v osi 1, gredo podpore v osi 2 ter na začasno sidrno gredo na levem bregu Save. Priključna rampa je opremljena s paroma merilnih čepov (na levem in desnem robu) na sredini dolžine in na koncu.

Jekleno konstrukcijo se z merilnimi čepi opremi na dveh sidriščih lokov (na začetku in koncu razpona, diagonalno), na temenu dolvodnega loka, na koncih srednje tretjine gorvodnega loka ter na temenu dolvodnega nosilca preklade in na koncih srednje tretjine gorvodnega nosilca preklade.

7 Materiali in razred izvedbe

Zahtevane kvalitete materialov so predstavljene v tabeli 5.

Tabela 5: Materiali za izvedbo konstrukcij

| Element | Material |
|---------------------------|---|
| Podložni beton | C16/20 X0 |
| Izravnalni beton | C16/20 X0 |
| Naklonski beton | C16/20 X0 |
| Piloti | C30/37 XC2 CI 0'30 PV-I D _{max} 32 S4 Krovna plast 100 mm. |
| Pilotne grede | C30/37 XC2 CI 0.30 PV-I D _{max} 32 S4 Krovna plast 50 mm. |
| Točkovni temelji | C30/37 XC2 CI 0.30 PV-I D _{max} 32 S4 Krovna plast 50 mm. |
| Krajni opornik v osi 1 | C30/37 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 16 S Krovna plast 50 mm. Vidni beton VB4 v skladu s SIST EN 13670/A101. |
| Steber v osi 2 | C50/60 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 16 S4 Krovna plast 45 mm. Vidni beton VB4 v skladu s SIST EN 13670/A101. |
| Stebra v oseh 3 in 4 | C50/60 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 32 S4 Krovna plast 45 mm. Vidni beton VB3 v skladu s SIST EN 13670/A101. |
| Stena v osi 5 | C30/37 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 32 S4 Krovna plast 50 mm. |
| Preklada rampe | C40/50 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 16 S4 Krovna plast 45 mm. Vidni beton VB4 v skladu s SIST EN 13670/A101. |
| Sovprežna preklada | C40/50 XC4 XD1 XF3 CI 0.30 PV-II D _{max} 16 S4 Krovna plast 45 mm. |
| Preklada glavnega razpona | S 355 J2+N v skladu s SIST EN 10025-3 |
| Ločna konstrukcija | S 355 J2+N v skladu s SIST EN 10025-3 |
| Čelne pločevine | S 355 J2+N+Z15 v skladu s SIST EN 10025-3 |
| Vešalke | Nerjavno jeklo S 520 v skladu s SIST EN 10088-3 |
| Ročaj in polnilo ograje | Nerjavno jeklo 1.4401 v skladu s SIST EN 10088-3 |
| Trapezna pločevina | S 280 GD+Z275 v skladu s SIST EN 10346 |
| Mozniki | S 235 J2+C450 v skladu s SIST EN 1994-1-1 Varjenje v skladu s SIST EN ISO 14555. |
| Pomožne konstrukcije | S355 J2 v skladu s SIST EN 10025-2 |
| Jeklo za armiranje | B 500 B v skladu si SIST EN 10080 |
| Jeklo za prednapenjanje | EN 10138-3-Y1860S7-15,7 v skladu s prEN 10138 |

Sovprežna preklada in priključna rampa se izvedeta z betonom z omejenim krčenjem, pri čemer se zahteva 25 % redukcija krčenja v primerjavi z vrednostmi, določenimi s standardom SIST EN 1992-1-1.

Razred izvedbe za jekleno konstrukcijo je EXC 3 v skladu s SIST EN 1090-2, za krajna opornika in druge armiranobetonske elemente pa EXC2 v skladu s SIST EN 13670. Vse vidne nadzemne betonske površine, ki niso

prekrite z oblogo, se izvede v vidnem betonu VB4 (priključna rampa, podpori v oseh 1 in 2) oziroma VB3 (okrogla stebra v oseh 3 in 4) v skladu s SIST EN 13670/A101.

7.1 Zagotavljanje in kontrola kvalitete

Zahteva se stalen strokovni nadzor. Izvajalec je pred pričetkom del dolžan pripraviti načrt kontrole kvalitete, ki mora predpisati vrsto in pogostost preiskav. Program potrditve projektant in tehnična služba investitorja ali nadzora.

7.2 Pogoji za izvedbo betonskih konstrukcij

Pri projektiranju betona se upošteva določila standardov SIST EN 206-1 in SIST 1026. Izvajalec mora izdelati tudi projekt betona, s katerim se opredeli recepture za betonske mešanice, tehnologijo vgrajevanja in nego svežega betona. Projekt betona morata potrditi nadzor in projektant.

Izvajalec je dolžan izdelati tudi načrt opaženja armiranobetonskih elementov. Za elemente, kjer je predvidena izvedba v vidnem betonu, razporeditev opažnih plošč potrjuje projektant,

7.2.1 Splošni pogoji

- 1) Betoniranje se izvaja, ko temperatura ozračja na mestu vgrajevanja betona ne pade pod 5 °C in ne preseže 30 °C v brezvetrju. Če so razmere slabše, se pri vgradnji betona izvaja posebne ukrepe.
- 2) Pred vgrajevanjem svežega betona se opaž ali druge površine, ki bodo v stiku s svežim betonom, očistiti nesnage (odrezkov žice, žagovine ipd.). Z natančno izvedbo in tesnjenjem opaža je treba zagotoviti vodoneprepustnost opaža.
- 3) Neposredno po betoniranju je treba beton zaščititi pred prehitrim sušenjem, ohlajanjem, padavinami in mehanskimi poškodbami, ki lahko spremenijo notranjo strukturo in sprijemnost betona. Za ustrezno zaščito betona se šteje prekritje betona s ponjavami kot so z vodno nasičena tkanina (geotekstil) ali nepropustna membrana (PVC ali PET).
- 4) Posebno pozornost je treba posvetiti izvedbi konstrukcij iz vidnega betona, t.j. gladkosti in poroznosti površine betona, debelini zaščitnega sloja nad armaturo, stičnim sredstvom za zagotavljanje vodotesnosti konstrukcije ter dopustni širini razpok.
- 5) Pri vgrajevanju betona, potrebnih lastnosti opaža in postopku odstranjevanja opaža se upošteva vse zahteve, ki izhajajo iz predpisanega razreda vidnega betona.

7.2.2 Osnovne zahteve za pripravo betonskih mešanic

- 1) Cement za pripravo betona mora biti skladičen s standardom SIST EN 197-1.
- 2) Agregat za pripravo betona skladno mora biti skladičen s SIST EN 12620. Pri tem je treba upoštevati primerno izbiro zrnivosti in deleža finih delcev za doseganje predpisanega razreda vidnega betona.
- 3) Pitna voda za pripravo betona mora biti skladna z zahtevami SIST EN 1008.
- 4) Dodatki betonu se smejo uporabljati, če so v skladu s SIST EN 934-2.

7.2.3 Postopek vgrajevanja betona

- 1) Pred in med vgradnjo svežega betona je treba kontrolirati in zagotavljati predpisano debelino zaščitne plasti.
- 2) Višina prostega pada betona iz žleba avtomešalca ali cevi črpalke ne sme presegati 1'5 m.
- 3) Mazalno mešanico mora črpalka izprazniti izven opaža.
- 4) Debelina slojev za vgradnjo betona je določena v projektu betona. Pri vidnem betonu smejo biti sloji debeli največ 30 cm.
- 5) Vgrajevanje betona mora biti organizirano tako, da se z naslednjo šaržo betonira najkasneje v eni uri, da ne bi prišlo do hladnih stikov. Če je temperatura zraka pod 15 °C, se ta čas lahko podaljša na 90 minut.
- 6) Med stresanjem betona v opaž se z betonom ne sme škropiti po višje ležeči armaturi.
- 7) Med vibriranjem beton ne sme iztekati skozi stike med elementi opaža.
- 8) Med vibriranjem posameznega sloja se iglo potiska tudi v nižje ležeč sloj, da se ta ponovno vibrira. Obenem se s tem zagotovi dober stik dveh slojev.
- 9) Beton se po 1'5 ure do 3 ur po vgradnji dodatno naknadno vibrira. S tem se poveča zgodnjo trdnost betona in gostoto ter doseže zaprtje finih por.
- 10) Prosto površino betona se začne negovati takoj, ko je primerna za to (ko postane motna in se ne sveti), nikakor pa ne šele po zaključku betoniranja.

7.2.4 Betoniranje v vročem vremenu

Za vroče se šteje obdobje, ko so dnevne temperature višje od 21 °C. Če obstaja verjetnost, da bi temperatura svežega betona presegla 30°C, je treba uvesti ukrepe, ki temperaturo betona zadržijo pod to vrednostjo:

- 1) hlajenje vode oziroma posameznih sestavin betona,
- 2) dodajanjem zmletega ledu v betonsko mešanico.

S tem se prepreči padec konsistence betona in pojav površinskih razpok.

7.2.5 Betoniranje v hladnem vremenu

Za hladno se šteje obdobje, ko se temperatura zraka kadarkoli tekom dneva spusti pod 0°C, ali ko srednje dnevne temperature več kot tri dni zapored padejo pod +5 °C. Srednja dnevna temperatura je povprečje najvišje in najnižje izmerjene temperature od polnoči do polnoči. Pri betoniranju v hladnem vremenu se upošteva naslednje:

- 1) Z vseh površin, ki bodo prišle v stik z betonom, se odstrani sneg in led.
- 2) Opaži morajo biti ustrezno ogreti in zaščiteni pred izgubo toplote. Po potrebi se jih ogreva, vendar le toliko, da se vzdržuje začetno temperaturo vgrajenega betona.
- 3) Najnižja dovoljena temperatura betona pri vgradnji in negi je odvisna od najmanjše dimenzije prereza in temperature zraka (glej tudi tabelo 6 in poglavje 7.2.7).

Tabela 6: Najnižja dovoljena temperatura betona pri vgradnji in negi betona glede na najmanjšo dimenzijo prereza v °C

| Temperatura zraka T | Najmanjša dimenzija prereza elementa d | | | |
|--|--|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| | $d \leq 30$ cm | $30 \text{ cm} < d \leq 90$ cm | $90 \text{ cm} < d \leq 180$ cm | $d > 180$ cm |
| $-1 \text{ °C} \leq T \leq 5 \text{ °C}$ | 16 | 13 | 10 | 7 |
| $-18 \text{ °C} \leq T \leq -1 \text{ °C}$ | 18 | 16 | 13 | 10 |
| $T < -18 \text{ °C}$ | 21 | 18 | 16 | 13 |

7.2.6 Nega svežega betona

Neposredno po betoniranju je treba beton zaščititi pred prehitrim sušenjem, ohlajanjem, padavinami in mehanskimi poškodbami, ki lahko spremenijo notranjo strukturo in prijemnost betona med vezanjem in začetnim strjevanjem. Z ustrezno nego se v strujočem se betonu zagotavlja potrebna količina vode, ki omogoča hidratacijo. Ukrepe za preprečitev izsuševanja je treba izvajati, če je po odstranitvi zaščite:

- 1) beton toplejši od 15 °C, temperatura zraka pa je višja od 10 °C;
- 2) temperatura zraka višja od 10 °C, vlažnost pa nižja od 40 %;
- 3) element ali zaprt prostor, kjer se element nahaja, suho ogrevan z grelci;
- 4) ob visoki temperaturi betona prisoten močan veter.

Za ustrezno zaščito betona pred izsuševanjem se štejejo naslednji ukrepi:

- 1) prekritje s tkanino (geotekstilom), nasičeno z vodo,
- 2) prekritje z vodonepropustno folijo (PVC ali PET),
- 3) obrizg betonske površine s kemičnim sredstvom, ki preprečuje izsuševanje.

Najkrajši čas negovanja betona je 7 dni oziroma čas, v katerem beton doseže 50 % projektirane tlačne trdnosti. V primeru vodotesnega betona mora nega trajati vsaj 10 dni, pri čemer mora beton doseči vsaj 70 % projektirane tlačne trdnosti. Za vodotesne betone je treba v prvih 10 dneh po betoniranju obvezno uporabiti zaščito pred izsuševanjem s tkanino, nasičeno z vodo, ter dodatnim prekritjem z vodoneprepustno folijo.

V primeru padavin se sveže površine zaščititi z vodonepropustno folijo, da se prepreči spiranje.

7.2.7 Nega svežega betona v hladnih pogojih

V hladnih pogojih je treba zagotoviti primerno začetno temperaturo svežega betona, ki jo med nego in v postopku strjevanja vzdržujemo. Zaščita betona mora trajati najmanj 3 dni oziroma dokler ni dosežena za tlačna trdnost, ki zagotavlja ustrezno nosilnost konstrukcije. Pomembno je, da se prepreči hitro ohlajanje betona v prvih 24 urah po zaključku betoniranja. V tabeli 7 so podani dovoljeni padci temperature betona glede na najmanjšo dimenzijo prereza elementa.

Prekomerno ohlajanje svežega betona je mogoče preprečiti:

- 1) s prekritjem s toplotnoizolacijskimi ploščami (stiropor, mineralna volna, gradbena folija),
- 2) z uporabo toplotno izoliranega opaža,
- 3) z nega z vodno paro,
- 4) z ogrevanjem elementov v zaprtih ogrevanih prostorih.

Tabela 7: Dopusten padec temperature betona po 24 urah glede na najmanjšo dimenzijo prereza

| Najmanjša dimenzija prereza elementa d | Dopusten padec temperature po 24 h |
|--|------------------------------------|
| $d \leq 30$ cm | 28 °C |
| $30 \text{ cm} < d \leq 90$ cm | 22 °C |
| $90 \text{ cm} < d \leq 180$ cm | 17 °C |
| $d > 180$ cm | 11 °C |

7.2.8 Odstranjevanje opaža

Čas, ki mora preteči od betoniranja do odstranjevanja opaža z betonskih elementov, je odvisen od njihove pomembnosti in zunanje temperature. Trdnost betona pri odstranitvi vertikalnih opažev mora biti dovolj visoka, da ne pride do poškodb betonske površine.

Časovni potek odstranjevanja opaža mora biti določen v projektu betona, pri čemer je treba upoštevati naslednje minimalne zahteve:

- 1) Opaž krajnega opornika v osi 1 ter opaž podpore v osi 2 se lahko odstrani po 5 dneh, pri čemer mora tlačna trdnost betona dosegati 70% projektirane vrednosti.
- 2) Opaž stebrov v oseh 3 in 4 ter opaž točkovnega temelja v osi 5 se lahko odstrani po 5 dneh, pri čemer mora tlačna trdnost betona dosegati 70 % projektirane vrednosti.
- 3) Opaž plošče priključne rampe se lahko odstrani po 21 dneh, pri čemer mora tlačna trdnost betona dosegati 95 % projektirane vrednosti.

7.3 Pogoji za izvedbo jeklenih konstrukcij

Razred izvedbe za jekleno konstrukcijo je EXC 3 v skladu s SIST EN 1090-2. Za tolerance se upošteva razred 2, pri čemer je treba upoštevati, da so mere, podane v tem načrtu, netolerirane. Vrsta in obseg neporušnih preiskav zvarov mora biti v skladu s SIST EN 1090-2. Za zware se zahteva razred izvedbe B v skladu s SIST EN ISO 5817.

Izvajalec je ob upoštevanju projektne dokumentacije za izvedbo in v sodelovanju s projektantom dolžan pripraviti naslednjo tehnološko in delavniško dokumentacijo :

- 1) delavniški načrt za jeklene konstrukcije, pri čemer se mora upoštevati nadvišanje, določeno s projektno dokumentacijo za izvedbo,
- 2) načrt varjenja,
- 3) načrt kontrole kvalitete,
- 4) načrt protikorozijske zaščite, ki mora biti usklajen s fazami izdelave konstrukcije,
- 5) načrt transporta, premikov in deponiranja segmentov konstrukcije,
- 6) načrte tehnologije gradnje, vključno z vsemi načrti začasnih konstrukcij,
- 7) predhodna in končna dokazila o kvaliteti izvedbe.

Izvajalec varilskih del mora glede usposobljenosti osebja izpolnjevati zahteve standarda SIST EN ISO 3834. Izdelan mora biti načrt varjenja v skladu s SIST EN ISO 3834, pri čemer morajo biti v skladu s SIST EN ISO 15614 za posamezne varilne postopke izdelane specifikacije WPS (opis varilnega postopka) in odobritve WPAR (odobritev varilnega

postopka). Jekleno konstrukcijo lahko varijo le varilci z uspešno opravljenim preizkusom za uporabljen način in položaj varjenja v skladu s standardom SIST EN 9606-1.

Jekleni elementi konstrukcije so pred korozijo zaščiteni z barvanjem. Zahtevan razred zaščite je C5.08 vh v skladu s SIST EN ISO 12944. Zaključni sloj je v odtenku sive barve, npr. RAL 7024, ki ga bo po predložitvi vzorcev izbral projektant v sodelovanju z naročnikom. Deli jeklene konstrukcije, ki se vgrajujejo v armiranobetonske elemente, morajo biti brez protikorozijske zaščite.

7.4 Nasipi in zasipi

Za nasipe in zasipe se, v kolikor izkazuje ustrezne lastnosti, lahko uporabi izkopen material. Pred uporabo morajo biti izvedene preiskave, s katerimi se dokaže njegova vgradljivost, pri čemer mora biti material ustrezno granuliran, strižni kot pa mora znašati najmanj 30 °. Obenem material ne sme vsebovati komponent, ki nabrekajo ali reagirajo z apnom in/ali s cementom. Dreniranje zasipov se doseže z vgradnjo materiala z ustrezno prepustnostjo.

Nasipi in zasipi se izvajajo v slojih, ki se jih sproti utruje. Debelina posameznega sloja lahko znaša največ 30 cm. Zahtevana nosilnost oziroma vrednosti deformacijskih modulov, dosežene na planumu, so za različna mesta vgradnje določene v tabeli 8. Minimalna dosežena vrednost deformacijskega modula je lahko do 20 % manjša od zahtevane vrednosti.

Zgoščenost v nevezano nosilno plast vgrajene zmesi zrn mora znašati v povprečju najmanj 98 % glede na največjo gostoto zmesi zrn po modificiranem postopku po Proctorju v skladu s SIST EN 13286-2. Spodnja mejna vrednost zgoščenosti lahko od povprečja odstopa največ 3 %.

Tabela 8: Zahtevana nosilnost in vrednosti deformacijskih modulov na planumu

| Element | E_{v2} | E_{v2} / E_{v1} | E_{vd} |
|--|------------------------|-------------------|-----------------------|
| Pod točkovnimi temelji, drobljena ali mešana zmes kamnitih zrn | $\geq 120 \text{ MPa}$ | $\leq 2'0$ | $\geq 55 \text{ MPa}$ |
| Pod točkovnimi temelji, naravna zmes kamnitih zrn | $\geq 100 \text{ MPa}$ | $\leq 2'2$ | $\geq 45 \text{ MPa}$ |
| Nasip do višine 0'60 m iz zmesi naravnih zaobljenih kamnitih zrn | $\geq 80 \text{ MPa}$ | $\leq 3'0$ | $\geq 40 \text{ MPa}$ |
| Nasip nad višino 0'60 m iz zrnate kamnine | $\geq 60 \text{ MPa}$ | $\leq 2'2$ | $\geq 25 \text{ MPa}$ |
| Zasip | $\geq 60 \text{ MPa}$ | $\leq 2'2$ | $\geq 25 \text{ MPa}$ |
| Zasip za začasno sidrno gredo | $\geq 80 \text{ MPa}$ | $\leq 2'2$ | $\geq 35 \text{ MPa}$ |

E_{v1} ... deformacijski modul, E_{v2} ... deformacijski modul pri ponovni obremenitvi, E_{vd} ... dinamični deformacijski modul

8 Tehnologija gradnje

Gradnja mora potekati v smislu ohranjanja kulturne dediščine, ohranjanja narave, varstva okolja in naravnih dobrin ter varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami.

8.1 Izvedba konstrukcije brvi

Konstrukcija se izvaja v več fazah, ki so odvisne od izbrane tehnologije premika glavnega razpona brvi iz začasne delavnice na levem bregu Save v končno lego na podporah v oseh 1 in 2. V primeru vlečenja glavnega razpona po nosilnih kablji, napetih prek deviatorjev na podporah v oseh 1 in 2, sidranih v tla, se brv gradi po naslednjih korakih:

- 1) Izvedba pilotov.
- 2) Izvedba začasne sidrne grede in geotehničnih sider na obeh bregovih.
- 3) Izvedba pilotnih gred in prve faze stene krajnega opornika v osi 1 ter poševnih stebrov podpore v osi 2.
- 4) Montaža jeklenega menjalnika v osi 1, nameščanje deviatorjev na ležišča loka in napetje nosilnih kablov za vlečenje glavnega razpona.
- 5) Vlečenje glavnega razpona.
- 6) Odstranitev nosilnih kablov za vlečenje, jeklenega menjalnika, skrajšanje geotehničnih sider in porušitev začasne pilotne grede.
- 7) Izvedba kril in stene krajnega opornika v osi 1 do končne višine ter izvedba nosilca med poševnima stebroma podpore v osi 2.
- 8) Izvedba okroglih stebrov v oseh 3 in 4 ter temelja v osi 5.
- 9) Izvedba sovprežne preklade glavnega razpona.
- 10) Izvedba priključne rampe.
- 11) Dodatno prednapetje vešalk.

V primeru izvedbe celotnega premika s pomočjo dvigala se opustijo koraki, povetani z izvedbo začasnih konstrukcij, potrebnih za vlečenje:

- 1) Izvedba pilotov.
- 2) Izvedba pilotnih gred in prve faze stene krajnega opornika v osi 1 ter poševnih stebrov podpore v osi 2.
- 3) Izvedba kril in stene krajnega opornika v osi 1 do končne višine ter izvedba nosilca med poševnima stebroma podpore v osi 2.
- 4) Izvedba okroglih stebrov v oseh 3 in 4 ter temelja v osi 5.
- 5) Izvedba sovprežne preklade glavnega razpona.
- 6) Izvedba priključne rampe.
- 7) Dodatno prednapetje vešalk.

Izvajalec je dolžan projektanta obvestiti o datumu izvajanja posameznih faz gradnje.

8.1.1 Glavni razpon brvi

Segmenti jeklene konstrukcije glavnega razpona se izdelajo v stalni delavnici, in sicer v gabaritih, ki omogočajo transport po cesti. Končna montaža z varjenjem se izvaja na delovnem platuju na levem bregu Save v neposredni bližini končne lokacije. Širina preklade 4'50 m omogoča dostavo segmentov polne širine na gradbišče.

Pri izdelavi konstrukcije je treba upoštevati nadvišanje preklade in loka (130 mm) in prečnikov preklade (15 mm).

Predlagani sta dve možnosti za premik glavnega razpona brvi na podpore:

1) Vlečenje po nosilnih kablilih, napetih prek deviatorjev na podporah v oseh 1 in 2, sidranih v tla

Sprednji del ločne konstrukcije, na katerega so začasno nameščene sani z varovali, se z dvigali namesti na nosilna kabla, medtem ko se zadnji del med vlečenjem podpira z dvigalom. Vlečenje se izvaja z desnega brega. Poleg jeklenice za vlečenje so predvidene še tri varnostne jeklenice, napeljene z levega brega: ena služi za nadzorovanje hitrosti pomikanja ločne konstrukcije, drugi dve pa za bočno stabilizacijo.

Med vlečenjem morata biti na aktivni sidrišči kablov nameščeni hidravlični napenjalki z manometrom, kar omogoča spremljanje in morebitno korekcijo sile v kablilih. Odnos med povosom in silo v nosilnih kablilih glede na položaj ločne konstrukcije med vlečenjem je prikazan v poročilu o dokazu mehanske odpornosti in stabilnosti brvi.

V kolikor med vlečenjem pride do bistvenega odstopanja povesa kablov in/ali sile v kablilih glede na računsko določene vrednosti, se sila v kablilih korigira s pomočjo napenjalk, nameščenih na aktivnih sidriščih. Problematična sta predvsem prevelika sila v kablilih in prevelik povos kablov, pri čemer sta sila in povos obratno sorazmerna. V primeru bistveno prevelike sile v kablilih lahko pride do porušitve katerega od nosilnih elementov, v primeru bistveno prevelikega povesa kablov pa do prevelikega vzdolžnega naklona ločne konstrukcije, kar lahko vodi do izgube stabilnosti.

Preveliko silo v kablilih se zmanjša s podaljševanjem kablov oziroma s korekcijo izvlečenega dela kablov na napenjalkah. Prevelik povos kablov se zmanjša z dodatnim napenjanjem kablov. Pri tem je treba upoštevati omejitve glede največje dopustne sile v kablilih.

Med vlečenjem je treba paziti tudi na višinsko lego konstrukcije na strani podpiranja z dvigalom. Vrednosti potrebne minimalne absolutne višine ločne konstrukcije na strani podpiranja z dvigalom so glede na pozicijo ločne konstrukcije navedene v poročilu o dokazu mehanske odpornosti in stabilnosti brvi.

Projektna sila v geotehničnem sidru je 478 kN, medtem ko največja dopustna sila znaša 500 kN. Projektna obremenitev in obenem največja dopustna sila na aktivnem sidrišču nosilnega kabla znaša 1651 kN, na pasivnem pa 1883 kN.

2) Namestitev s pomočjo dvigala visoke nosilnosti

Konstrukcijo glavnega razpona je na podpori v oseh 1 in 2 mogoče namestiti tudi s pomočjo dvigala, npr. Liebherr 1600/2, konfiguracija SLDB. Za sestavljanje in demontažo glavnega dvigala je potrebno pomožno dvigalo, npr. Liebherr LTM 1200-5.1 z največjo kapaciteto 200 t. Za raznos obtežbe glavnega dvigala z gosenic v tla je treba predvideti namestitev lesenih pragov in na podlagi obtežbe izvesti dimenzioniranje temelja.

8.1.2 Piloti

Pred izvedbo uvrtenih pilotov se pripravi delovni plato. Na levem bregu je za pilota podpore v osi 2 umeščen na koto 309'3 m, za pilota v oseh 3 in 4 pa na koto 309'6 m oziroma 309'9 m. Delovni plato na desnem bregu se pripravi na koti 310'5 m, za pilota začasne sidrne grede na levem bregu pa na koti 310'6 m. Sledi izkop, vgradnja armaturnih košev ter kontraktorsko betoniranje pilotov.

Pri dimenzioniranju pilotov je bila upoštevana sestava tal, predstavljena v poglavju 3. V primeru, da pride do bistvenih odstopanj med predvideno in dejansko geološko sestavo tal, je izvajalec to dolžan sporočiti projektantu.

Vse pilote je treba izvesti točno po načrtu. Pri tem se upošteva tudi naslednja določila:

- 1) Za izvedbo pilotov se zagotovi stabilno podlago brez nagiba in posedkov.

- 2) Izkopan material se mora redno popisovati, določiti je treba tudi višinske kote posameznih plasti. Določiti je treba koto začetka hribine sivice.
- 3) Pilot se zakoliči in izvede točno na mestu, predvidenem po načrtu. Dopustno odstopanje je ± 1 cm v katerikoli horizontalni smeri.
- 4) Pilot se mora izvesti popolnoma vertikalno. Dopustno odstopanje naklona osi pilota od vertikale je 0'8 %.
- 5) Ustreznost materiala v območju vpetja konice pilota potrdi geomehanski nadzor. V primeru, da pride do bistvenih odstopanj med predvideno in dejansko geološko sestavo tal v območju vpetja konice pilota, je izvajalec to dolžan sporočiti projektantu.
- 6) V izvrtano vrtino za pilot je treba nemudoma vstaviti armaturni koš in pilot zabetonirati. Vrtina ne sme ostati odprta več kot nekaj ur, saj je spodnji del pilota vgrajen v sivico, katere lastnosti se lahko ob prisotnosti vode zelo hitro poslabšajo. Sivica se ob daljši prisotnosti vode namreč razmoči, nabrekne ter razpade.
- 7) Pred pričetkom betoniranja je izvajalec dolžan dokazati kvaliteto betona, ki jo potrdi zunanja kontrola.
- 8) Med betoniranjem je za vsak pilot posebej treba meriti količino vgrajenega betona. Ta meritev naj se vrši po odsekih višine od 1'5 m do 2'0 m in sumarno. Tako bo ugotovljeno morebitno vtiskanje betonske mase v sosednji teren in olajšana kontrola zalitja pilota.
- 9) Pilote v oseh 1 in 2 ter pilota začasne sidrne grede se zabetonira 80 cm nad predvideno koto vrha pilota, jalov del vrtine pa se zasuje s čim bolj nekoherentnim materialom. Ob izkopu za izvedbo pilotne grede se vrh pilota odbije do predvidene kote.
- 10) Pilota v oseh 3 in 4 se zabetonira 20 cm pod predvideno koto vrha pilota, jalov del vrtine pa se zasuje s čim bolj nekoherentnim materialom. Ob izkopu za izvedbo stebrov rampe je treba odbiti vrh pilota do predvidene kote.

O vsem delu je treba voditi zapisnik, in sicer za vsak pilot posebej. Ta zapisnik, ki je sestavni del gradbenega dnevnika, sopodpišeta izvajalec del in nadzorni organ investitorja.

Kontrola zveznosti pilota se izvede na vseh pilotih, na 4 pilotih pa se izvede tudi dinamični preizkus. Na pilotih, ki so predvideni za izvedbo dinamičnega preizkusa, se izdelata začasen armiranobetonski nastavek, ki se ga po končanem testu odkleše.

8.1.3 Geotehnična sidra

Po izvedbi pilotov in začasne sidrne grede na levem bregu sledi izvedba paličnih sider DYWIDAG R51-800 (R51N) dolžine 18 m. Izvedejo se na obeh bregovih, in sicer 10 na levem bregu ter 12 na desnem bregu. Sidra se med seboj razlikujejo po naklonu glede na horizontalo, saj potekajo pod kotom 25°, 30° oziroma 35°. Kot izvedbe posameznega sidra je razviden iz grafičnih prilog k načrtu. Pri sidrih na desnem bregu se zahteva visoka natančnost izvedbe: dopustno odstopanje položaja sider na jekleni gredi na strani podložne pločevine znaša ± 10 mm v obeh smereh pravokotno glede na os sidra.

Premjer vrtine za sidra mora biti najmanj 115 mm. Izdelata se jo z globinskim kladivom ustreznega premera in cevitevijo vrtine ali pa z žrtveno vrtalno glavo na samouvrtanem sidru.

O vrtanju vrtin za sidra se vodi zapisnik, pri čemer je treba beležiti sestavo tal in prisotnost vode. V pripravljeno vrtino se nemudoma vgradi sidro, ki se ga tudi injektira. Vrtina ne sme ostati odprta več kot nekaj ur, saj so spodnji deli

sider vgrajeni v sivico, katere lastnosti se lahko ob prisotnosti vode zelo hitro poslabšajo. Sivica se ob daljši prisotnosti vode namreč razmoči, nabrekne ter razpade.

Sidra se lahko stikuje zgolj z originalnimi spojkami, ki morajo imeti najmanj enake materialne lastnosti kot sidro. Zunanji premer spojk mora biti manjši od premera vrtalne glave, da se omogoči prehod injekcijske mase. Na sidru se uporabi distančnike premera 95 mm.

Sidrna plošča dimenzij 200/200/35 mm mora biti v polnem stiku za armiranobetonsko oziroma jekleno gredo in privita z matico z momentnim ključem. Podlaganje sidrne plošče z lesom ali drugimi materiali ni dovoljeno. Uporabi se lahko ravna sidrna plošča, matice pa morajo biti zaradi naklona sider glede na gredo obvezno konveksno oblikovane.

Na vsakem bregu se pred izvedbo vseh sider izvede po dva celovita preizkusa ustreznosti sider (skupaj 4 testna sidra). Izvlečni oziroma natezni preizkus sidra se izvede v skladu z določili SIST EN 14490 in EN ISO 22477-5, metoda 3, in sicer do sile 500 kN. Na levem bregu se preizkus izvede na sredinskih sidrih, ki sta vgrajeni pod kotom 30° glede na horizontalo. Izvedba preizkusa na obeh sidrih hkrati ni dovoljena. Preizkus drugega sidra se sme izvesti šele, ko je sidro, ki je bilo preizkušeno prvo, popolnoma razbremenjeno. V nasprotnem primeru namreč lahko pride do porušitve sidrne grede.

Testni sidri na desnem bregu skupaj določijo geomehanik, projektant ter inženir. Preizkusa se izvede s pomočjo prefabriciranih armiranobetonskimi podstavki.

Vsa ostala sidra morajo biti preverjena z odobritvenim preizkusom, ki potrdi, da sidro izpolnjuje projektne zahteve. Odobritveni preizkus se izvede na silo 500 kN. Odobritveni preizkus sider armiranobetonske grede se mora izvesti za vsako sidro posebej in ne na dveh ali več sidrih hkrati.

Preizkuse sider se lahko izvaja šele, ko se injekcijska masa strdi, oziroma po najmanj 10 dneh. Beton pilotov in beton začasne sidrne grede mora imeti v trenutku izvajanja preizkusov sider najmanj projektirano tlačno trdnost. Med izvajanjem preizkusov mora biti greda na zaledni strani obvezno zasuta z ustreznim materialom, ki mora glede zgoščenosti in nosilnosti izpolnjevati zahteve, navedene v poglavju 7.4.

Izvajalec mora za izvlečne in odobritvene preizkuse sider zagotoviti certificirano preizkusno opremo z manometrom, katerega kalibracija ne sme biti starejša od 6 mesecev.

V kolikor je s preizkusom sidra dosežena njegova nosilnost, mora izvajalec o tem obvestiti projektanta. Uporaba takih sider v fazi montaže brvi ni dovoljena.

Predvidenih je 6 merskih sider, ki se jih opremi z merilci sidrnih sil, kar omogoča spremljavo obnašanja sider med montažo brvi. Lokacijo merskih sider se določi na objektu in jo potrdi projektant.

Vsa sidra so začasna in po končani montaži brvi izgubijo svojo funkcijo, zato se jih ob zaključku del ustrezno skrajša.

8.1.4 Napenjanje nosilnih kablov za vlečenje glavnega razpona

Po izvedbi prve faze krajnega opornika v osi 1 in stebrov podpore v osi 2 z ležišči sidrišča loka se nanje namesti deviatorje kablov, nato pa sledi montaža jeklenega menjalnika v osi 1 in 13-vrvnih nosilnih kablov EN 10138-3-Y1860S7-15'7. Posamezne vrvi nosilnih kablov se razporedi tako, da potekajo ena poleg druge, kar omogoča nameščanje sani. Aktivni sidrišči obeh kablov se nahajata na začasni armiranobetonski sidrni gredi na levem bregu. Kabla se napenjata sočasno v dveh fazah:

- 1) V prvi fazi se oba nosilna kabla napne s silo 1.650 kN, ki predstavlja največjo projektno silo na aktivnem sidrišču kabla v fazi montaže brvi. Napetost v kablu pri tej sili znaša 850 MPa. Na ta način se izvede preizkus celotnega sistema. Obremenitev kabla na pasivnem sidrišču na desnem bregu je v fazi preizkusa 1883 kN.

Preizkus naj poteka kot ustreznostni preizkus za prednapeta geotehnična sidra. Izvede naj se v skladu z določili standarda EN ISO 22477-5, metoda 1. Poves nosilnih kablov mora pri navedeni sili znašati 80 mm, horizontalni pomik začasne sidrne grede 18 mm, horizontalni pomik jeklenega menjalnika na mestih nosilnih kablov pa 13 mm. V kolikor je odziv sistema bistveno drugačen od navedenega, je treba o tem obvestiti projektanta in počakati na nadaljnja navodila.

- 2) V drugi fazi sledi zmanjšanje sile v nosilnih kablji na 1.200 kN. Napetost v kablu pri tej sili znaša 615 MPa, poves pa 120 mm. Sistem je s tem pripravljen za vlečenje glavnega razpona brvi.

Beton vseh armiranobetonskih elementov mora v času napenjanja doseči projektirano tlačno trdnost.

8.1.5 Sovprežna preklada glavnega razpona in preklada priključne rampe

Po namestitvi ločne konstrukcije glavnega razpona v njeno končno lego sledi izvedba kril in stene krajnega opornika v osi 1 do končne višine ter nosilca med poševnima stebroma podpore v osi 2, s čimer se doseže integralizacija ločne konstrukcije s podporama. Ko beton navedenih elementov doseže projektirano tlačno trdnost, sledi betoniranje sovprežne preklade glavnega razpona. Izvaja se od sredine razpona proti krajnima opornikoma, pri čemer mora zalivanje z betonom potekati simetrično. V času betoniranja preklade in vse do trenutka, ko beton doseže zadostno trdnost (najmanj 14 dni), je treba zagotoviti linijsko podpiranje trapezne pločevine tik ob podporah.

Betoniranje plošče priključne rampe se izvede na nepomičnem opažu v eni fazi, vendar šele po betoniranju glavnega razpona.

8.1.6 Prednapetje vešalk

Para vešalk 1 in 4 se napne z dodatno silo 30 kN, tako da skupna sila v vsaki vešalki v času napenjanja znaša 76 kN. Napenjanje parov vešalk se izvaja sočasno, pri čemer mora biti starost betona sovprežne preklade najmanj 21 dni.

8.2 Spremljava gradnje

Med gradnjo se mora zagotoviti spremljavo geometrije in deformacij konstrukcije brvi. Posebno pozornost je treba nameniti kontroli povesov nosilnih kablov za vlečenje brvi. Prečni nagib brvi v skrajnih točkah se med vlečenjem nadzira z libelo (prozorna cev, napolnjena s kontrastno tekočino).

8.3 Ureditev gradbišča

Pri ureditvi gradbišča je treba upoštevati določila projektnih pogojev. Povzetek ključnih zahtev je predstavljen v poglavju 4.

Ključnega pomena je, da se prepreči vsakršno onesnaževanje okolja zaradi transporta, skladiščenja ali uporabe tekočih goriv in drugih nevarnih snovi. Vse stroje se deponira izven brežin vodotoka. Po zaključku del se vse površine, prizadete z gradnjo, ustrezno uredi, oziroma se jih povrne v začetno stanje.

9 Vplivi na konstrukcijo

9.1 Stalna obtežba

9.1.1 Lastna teža

Lastna teža elementov konstrukcije je v programu za numerično analizo samodejno upoštevana v skladu s SIST EN 1991. Kratek pregled prostorninske teže posameznih gradbenih materialov je prikazan v tabeli 9.

Tabela 9: Nazivne vrednosti prostorninske teže gradbenih materialov

| Material | Prostorninska teža [kN/m ³] |
|---------------------|--|
| Beton | 24'0 kN/m ³ ⁽¹⁾ |
| Armiran beton | 25'0 kN/m ³ ⁽¹⁾ |
| Konstruktivno jeklo | 78'5 kN/m ³ |

⁽¹⁾ Teža svežega betona se poveča za 1'0 kN/m³.

9.1.2 Oprema objekta

Teža opreme objekta je bila upoštevana v skladu s podatki, navedenimi v tabeli 10

Tabela 10: Oprema objekta

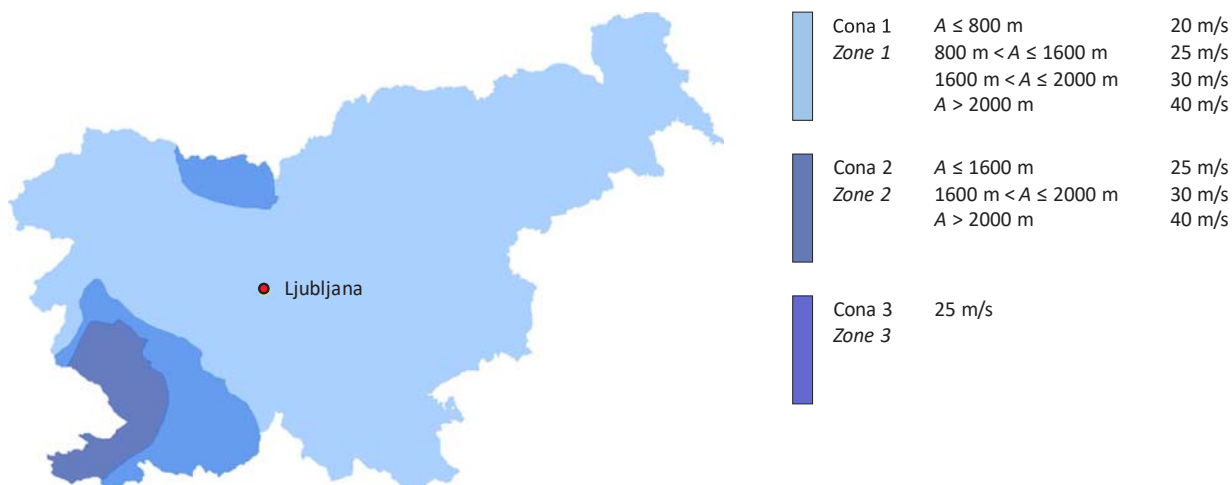
| Element | Teža |
|-----------------------|------------------------|
| Ograja levo | 0'3 kN/m |
| Ograja desno | 0'3 kN/m |
| Voziščna konstrukcija | 0'52 kN/m ² |

9.2 Prometna obtežba

Prometna obtežba je bila upoštevana v skladu s SIST EN 1991-2. Glede na to, da vozilom dostop na brv ne bo fizično preprečen, smo zajeli tudi vplive standardnega servisnega vozila.

9.3 Obtežba vetra

V skladu z nacionalnim dodatkom k standardu SIST EN 1991-1-4 se objekt nahaja v coni 1 (glej tudi sliko 1), in sicer na nadmorski višini 310 m. Referenčna hitrost vetra tako znaša $v_{b,0} = 20$ m/s.



Slika 1: Referenčna hitrost vetra v Sloveniji

9.4 Toplotni vplivi

Temperaturni vplivi so bili določeni v skladu standardom SIST EN 1991-1-5 ter pripadajočim nacionalnim dodatkom. Parametri za določitev vpliva temperaturnih sprememb na konstrukcijske elemente so prikazani v tabeli 11.

Tabela 11: Parametri za določitev vpliva temperaturnih sprememb

| | | |
|--|-----------|--------|
| Začetna temperatura | T_0 | 10 °C |
| Najvišja dnevna temperatura zraka s povratno dobo 50 let | T_{max} | 38 °C |
| Najnižja dnevna temperatura zraka s povratno dobo 50 let | T_{min} | -27 °C |

9.5 Potresna obtežba

Vodoravni projektni pospešek temeljnih tal za povratno dobo 475 let na izbrani lokaciji glede na SIST EN 1998-1 znaša (glej tudi sliko 2)

$$a_g = 0{,}225g,$$

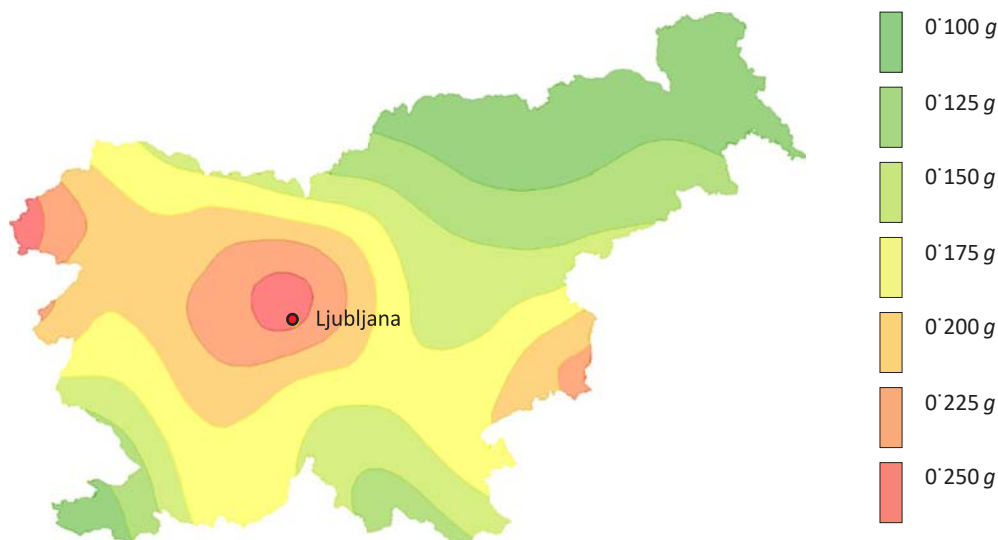
medtem ko navpično komponento lahko v skladu s členom 3.2.2.3(1) standarda SIST EN 1998-1 določimo kot

$$a_{vg} = 0{,}9a_g = 0{,}203g.$$

Ker je

$$a_{vg} < 0{,}250g,$$

lahko v skladu s členom 4.3.3.5.2(1) standarda SIST EN 1998-1 navpično komponento potresne obtežbe zanemarimo.



Slika 2: Projektni pospeški temeljnih tal za povratno dobo 475 let

Temeljna tla lahko na podlagi člena 3.1.2(1) standarda SIST EN 1998-1 ter poročila [4] na levem bregu uvrstimo v kategorijo A, na desnem pa v kategorijo E. Pri dimenzioniranju smo konservativno upoštevali slabšo kategorijo tal E. Sam objekt v skladu členom 4.2.5 (4) standarda SIST EN 1998-1 ustreza razredu pomembnosti II, čemur lahko pripišemo faktor pomembnosti

$$\gamma_I = 1.0.$$

Vodoravni projektni pospešek temeljnih tal tako ob upoštevanju faktorja tal (člen 3.2.2.2(2) v SIST EN 1998-1)

$$S = 1.40.$$

znaša

$$a_g = \gamma_I a_g S = 3.090 \text{ m/s}^2.$$

9.5.1 Razred duktilnosti in faktor obnašanja

Za dimenzioniranje je bil izbran razred duktilnosti DCM. Glede na lastnosti konstrukcije je bil izbran faktor obnašanja

$$q = 1.20.$$

9.6 Kombinacije vplivov

Kombinacije vplivov za mejni stanji nosilnosti (MSN) in uporabnosti (MSU) so skupaj z ustreznimi varnostnimi in faktorji ψ_0 , ψ_1 in ψ_2 definirane v SIST EN 1990. V nadaljevanju so $G_{k,j}$ in $Q_{k,i}$ karakteristične vrednosti stalnih in koristnih vplivov, P je vpliv prednapetja, A_d predstavlja projektno vrednost nezgodnega vpliva, A_{Ed} pa projektno vrednost vpliva potresa.

9.6.1 Mejno stanje nosilnosti

V mejnem stanju nosilnosti smo upoštevali stalna in začasna projektna stanja:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i},$$

nezgodna projektna stanja:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ ali } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

in potresna projektna stanja:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}.$$

9.6.2 Mejno stanje uporabnosti

V mejnem stanju uporabnosti smo upoštevali karakteristično kombinacijo:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i},$$

pogosto kombinacijo:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ter navidezno stalno kombinacijo:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}.$$