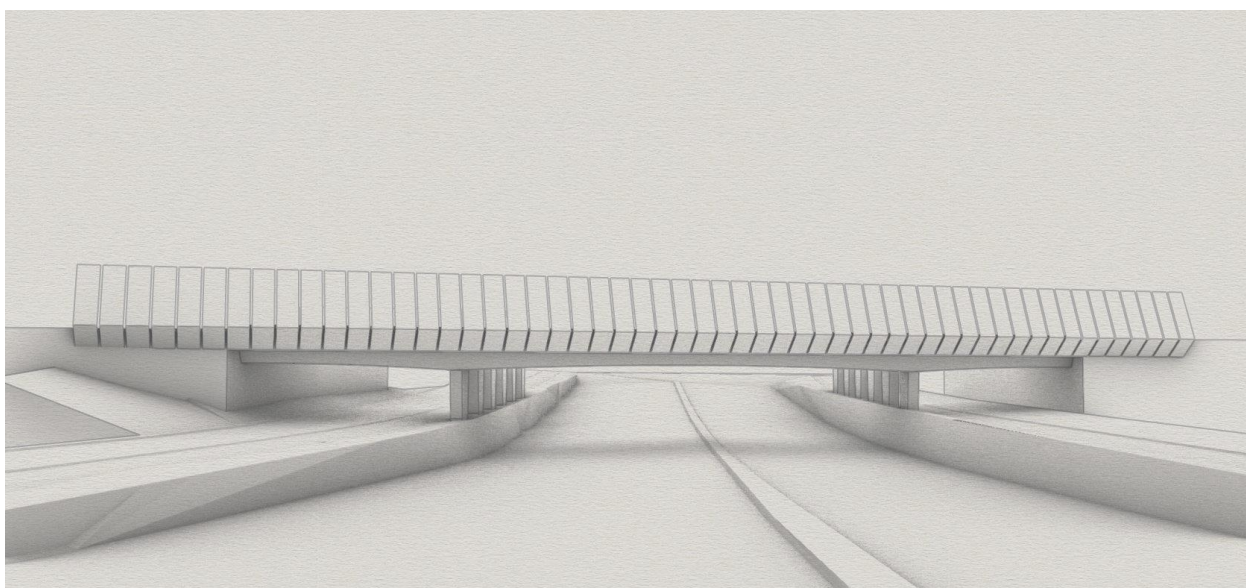


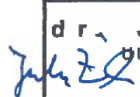


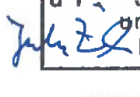



# Nadgradnja železniške infrastrukture na območju železniške postaje Ljubljana Podvoz Dunajska cesta

## Tehnično poročilo

<b>Pooblaščen inženir</b>	dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925) Andrej Pogačnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-0187)
<b>Projektant</b>	dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925) Dominik Klemenčič, mag. inž. grad.
<b>Številka načrta</b>	210333 /2.1
<b>Številka projekta</b>	210333
<b>Vrsta projekta</b>	Idejna zasnova
<b>Kraj in datum</b>	Ljubljana, december 2021
<b>Številka dokumenta</b>	00.TR.--.0001
<b>Različica</b>	01



## Kontrolni list

Številka načrta	210333 /2.1		
Številka dokumenta	00.TR.--.0001		
Naročnik	DRSI – Direkcija RS za infrastrukturo Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana		
Investitor	DRSI – Direkcija RS za infrastrukturo Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana		
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)		
	Dominik Klemenčič, mag. inž. grad.		Osebni žig in podpis
Pooblaščen inženir	dr. Jaka Zevnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-2925)		
	Andrej Pogačnik, univ. dipl. inž. grad. (IZS G-0187)		

Datum	Različica	Projektant	Pregledal	Odobril
24.12.2021	00	DK	JZ	AP
27.01.2022	01	DK	JZ	AP

## Kazalo vsebine

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE</b> .....	<b>6</b>
2.1	Podloge za projektiranje.....	6
2.2	Standardi in tehnične smernice.....	6
<b>3</b>	<b>ZASNOVA OBJEKTA</b> .....	<b>7</b>
3.1	Podpore .....	7
3.2	Prekladna konstrukcija .....	7
3.3	Prometna zasnova .....	7
3.4	Hodniki.....	11
3.5	Hidroizolacija .....	11
3.6	Opaži, obdelave in obloge vidnih betonskih površin .....	11
3.7	Nasipi in zasipi .....	11
3.8	Ureditev prostora in brežin ob objektu .....	11
<b>4</b>	<b>OPREMA OBJEKTA</b> .....	<b>12</b>
4.1	Odvodnjavanje.....	12
4.2	Napeljave preko objekta.....	12
4.3	Merilni čepi.....	12
4.4	Ograja .....	12
4.5	Razsvetljava .....	12
<b>5</b>	<b>MATERIALI</b> .....	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>POGOJI ZA IZVEDBO KONSTRUKCIJE</b> .....	<b>14</b>
6.1	Zagotavljanje in kontrola kvalitete .....	14
6.2	Pogoji za izvedbo betonskih konstrukcij.....	14
6.3	Pogoji za izvedbo jeklenih konstrukcij.....	14
<b>7</b>	<b>TEHNOLOGIJA GRADNJE</b> .....	<b>15</b>
7.1	Izvedba objekta .....	15
7.1.1	1. faza .....	15
7.1.2	2. faza .....	16
7.2	Spremljava gradnje.....	17
7.3	Ureditev gradbišča.....	17
<b>8</b>	<b>VPLIVI NA KONSTRUKCIJO</b> .....	<b>18</b>
8.1	Vpliv lastne teže konstrukcije .....	18
8.2	Vpliv stalne obtežbe .....	18
8.3	Vpliv zemeljskih pritiskov .....	18

8.4	Vpliv prometne obtežbe .....	18
8.4.1	Spremenljive prometne obtežbe .....	18
8.4.1.1	Vertikalna prometne obtežba .....	18
8.4.1.2	Horizontalna prometna obtežba .....	20
8.4.1.3	Skupine prometne obtežbe .....	21
8.4.2	Izredne prometne obtežbe .....	22
8.4.2.1	Iztirjenje vlaka .....	22
8.4.2.2	Trk težkega vozila s prekladno konstrukcijo .....	22
8.4.3	Obtežba prometa na krajne opornike in krilne zidove .....	22
8.5	Vpliv obtežbe snega .....	22
8.6	Vpliv obtežbe vetra .....	23
8.6.1	Tlak pri največji hitrosti vetra .....	23
8.6.2	Sila v navpični smeri (smer z) .....	24
8.6.3	Sila v prečni smeri (smer X) .....	25
8.6.4	Sila v vzdolžni smeri (smer y) .....	25
8.7	Vpliv spremembe temperature .....	25
8.7.1	Enakomerna temperaturna sprememba .....	26
8.7.2	Neenakomerna temperaturna sprememba .....	27
8.7.3	Kombiniranje vpliva enakomerne in neenakomerne temperaturne spremembe .....	28
8.8	Potresni vpliv .....	28
8.9	Vpliv relativnih pomikov podpor .....	29
8.10	Reologija betona .....	29
<b>9</b>	<b>ZAKLJUČNE OPOMBE .....</b>	<b>30</b>

## 1 UVOD

Predmet tehničnega poročila je izgradnja novega železniškega podvoza na Dunajski cesti v Ljubljani. Nov železniški podvoz bo omogočal izgradnjo šestih tirov, torej dva tira več kot obstoječi objekt. Statična zasnova novega objekta omogoča tudi vzpostavitev kretniških povezav med tiri na samem objektu.

Zahteva po možnosti vzpostavitve kretniških povezav med posameznimi tiri narekuje zasnovo nosilne konstrukcije, predvsem pa definira zgornjo koto le te. Zgornja kota nosilne konstrukcije novega objekta je gledano na zgornjo koto tirov bistveno nižje kot pri obstoječem objektu. Obstoječ objekt je namreč zasnovan tako, da nosilna konstrukcija med tiri posega do zgornje kote tirov, kar pa onemogoča izvedbo kretniških povezav. Kljub dvigu nivelete novih tirov bo za zagotovitev predpisanih prostih profilov na Dunajski cesti in kolesarskih povezavah potrebno izvesti poglobitev le teh. Razlog je tudi v večji širini novega objekta. Tako Dunajska cesta kot tudi obe kolesarski povezavi namreč potekajo v vertikalnem radiju.

## 2 OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE

### 2.1 Podloge za projektiranje

- [1] Tehnična dokumentacija obstoječega podvoza (Metalna Maribor, 1961)
- [2] Hiša, d.o.o. (2020). *Sanacija sidranja železniškega mostu v KM 565+095*. Št. načrta 117/19-GK, december 2020.
- [3] Geotočka, d.o.o. (2021). *Geodetski načrt*. Št. načrta MP-82-2021, november 2021.
- [4] Tiring, d.o.o. (2021). *Situacijski in višinski potek tirov*, december 2021

### 2.2 Standardi in tehnične smernice

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

### 3 ZASNOVA OBJEKTA

Železniški podvoz je zasnovan kot sovprežna prekladna konstrukcija s tremi razponi, podprta z armiranobetonskima krajnima opornikoma in dvema vmesnima podporama. Skupna dolžina preklade znaša 46,2 m, pri čemer sta krajna razpona dolžine 9,90 m oz. 9,70 m, vmesni razpon pa je dolžine 26,6 m. Skupna širina preklade znaša 34,55 m.

#### 3.1 Podpore

Tako krajna opornika kot tudi vmesne podpore so globoko temeljene z uvrtnimi armiranobetonskimi piloti. Piloti krajnih opornikov so premera  $\phi 100$  in dolžine 10,0 m, piloti vmesnih podpor pa premera  $\phi 120$  in dolžine 12,0 m. Pri posameznem oporniku je predvidenih 15 pilotov, pri posameznih vmesni podpori pa 12 pilotov.

Pilotna blazina pilotov krajnih opornikov je debeline 1,3 m, debelina stene opornika pa znaša od 1,5 m do 2,1 m. Višina krajnega opornika znaša 4,4 m, njegova skupna dolžina pa je 36,3 m. Krila so debeline 0,6 m, njihova dolžina pa znaša 7,15 m oz. 7,25 m.

Pilotna greda pilotov vmesnih podpor ima prerez dimenzij 1,6 x 1,4 m in je skupne dolžine 33,85 m. Stena vmesnih podpor je debeline 0,8 m, višine 2,35 m oz. 2,25 m, njena skupna dolžina pa znaša 33,55 m. Stebri so trapezne oblike, širina ob vpetju v steno znaša 2,2 m, širina na zgornjih koti pa 2,65 m. Debelina stebrov je 0,7 m, višina v osi 2 znaša 2,5 m, v osi 3 pa 2,4 m.

#### 3.2 Prekladna konstrukcija

Sovprežna preklada je sestavljena iz šestih varjenih jeklenih škatel in armiranobetonske plošče. Dimenzije jeklenih škatle se vzdolž objekta spreminjajo. Višina škatle nad vmesnimi podporami znaša 1,05 m, pri krajnih opornikih in na sredini vmesnega razpona pa 0,75 m. Širina zgornje pasnice je vzdolž objekta enaka in znaša 3,7 m, širina spodnje pasnice pa se vzdolž objekta spreminja, in sicer nad vmesno podporo znaša 2,7 m, pri krajnih opornikih in na sredini vmesnega razpona pa 3,05 m. Višina vseh štirih stojin se prilagaja predhodno navedenim dimenzijam škatle.

Armirano betonska plošča je zaradi zagotovitve ustreznega odvodnjavanja v prečni smeri spremenljive debeline, in sicer se debelina s strešnimi nakloni spreminja od 25 cm do 30 cm.

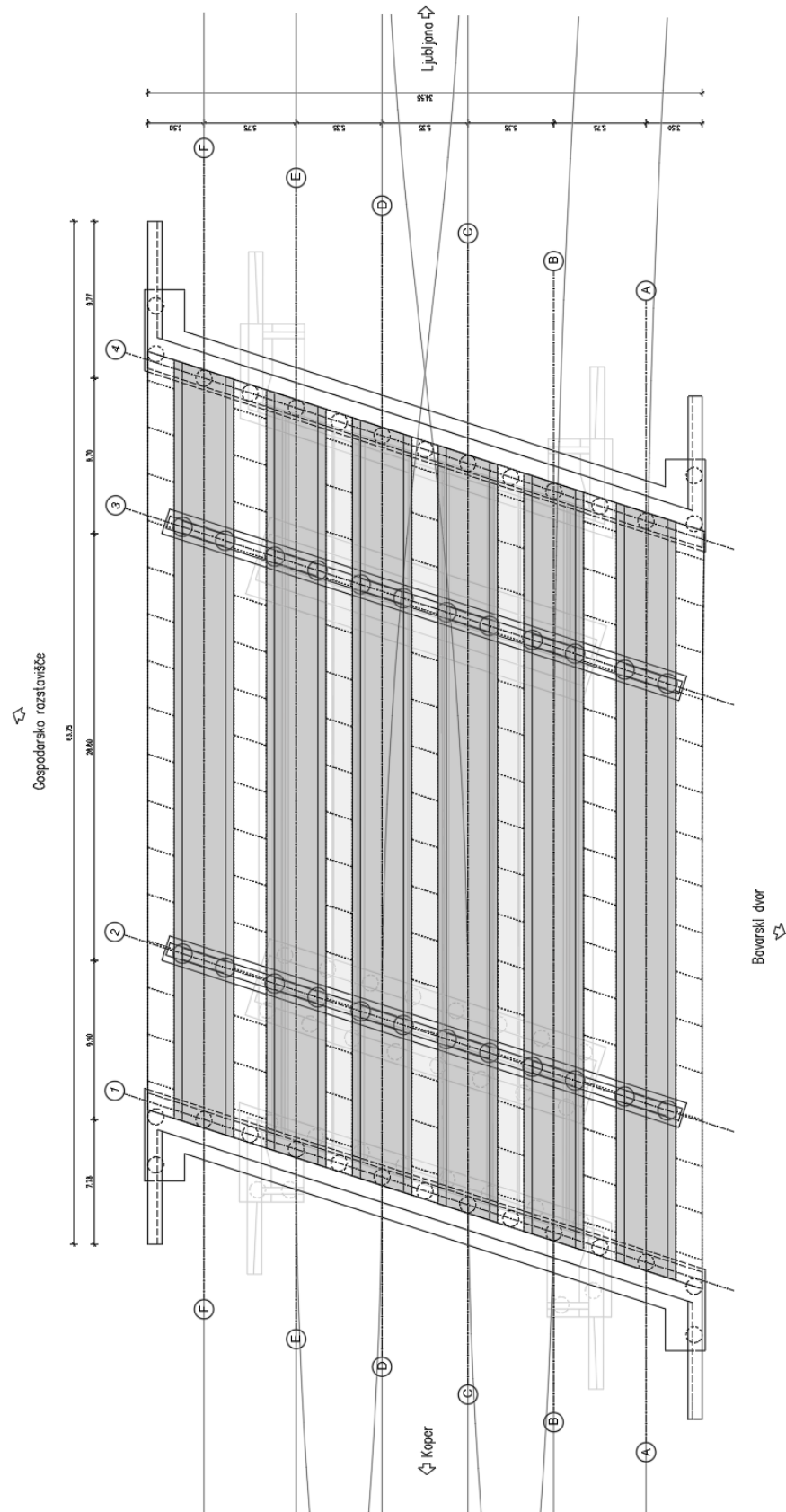
Kot opaž sovprežne plošče so med jeklenimi škatlami in na zunanji strani robnih škatel predvideni armiranobetonski prefabrikati debeline 12 cm. Prefabrikati na zunanjih robovih so dodatno podprti z jeklenimi konzolami, ki so vpete v robni jekleni škatli.

Jeklene škatle so togo vpete v krajna opornika, na vmesnih podporah pa so podprte s sferičnimi ležišči, ki omogočajo proste pomike preklade v vzdolžni smeri objekta. Na vsaki vmesni podpori je preklada podprta s po dvema ležiščema.

#### 3.3 Prometna zasnova

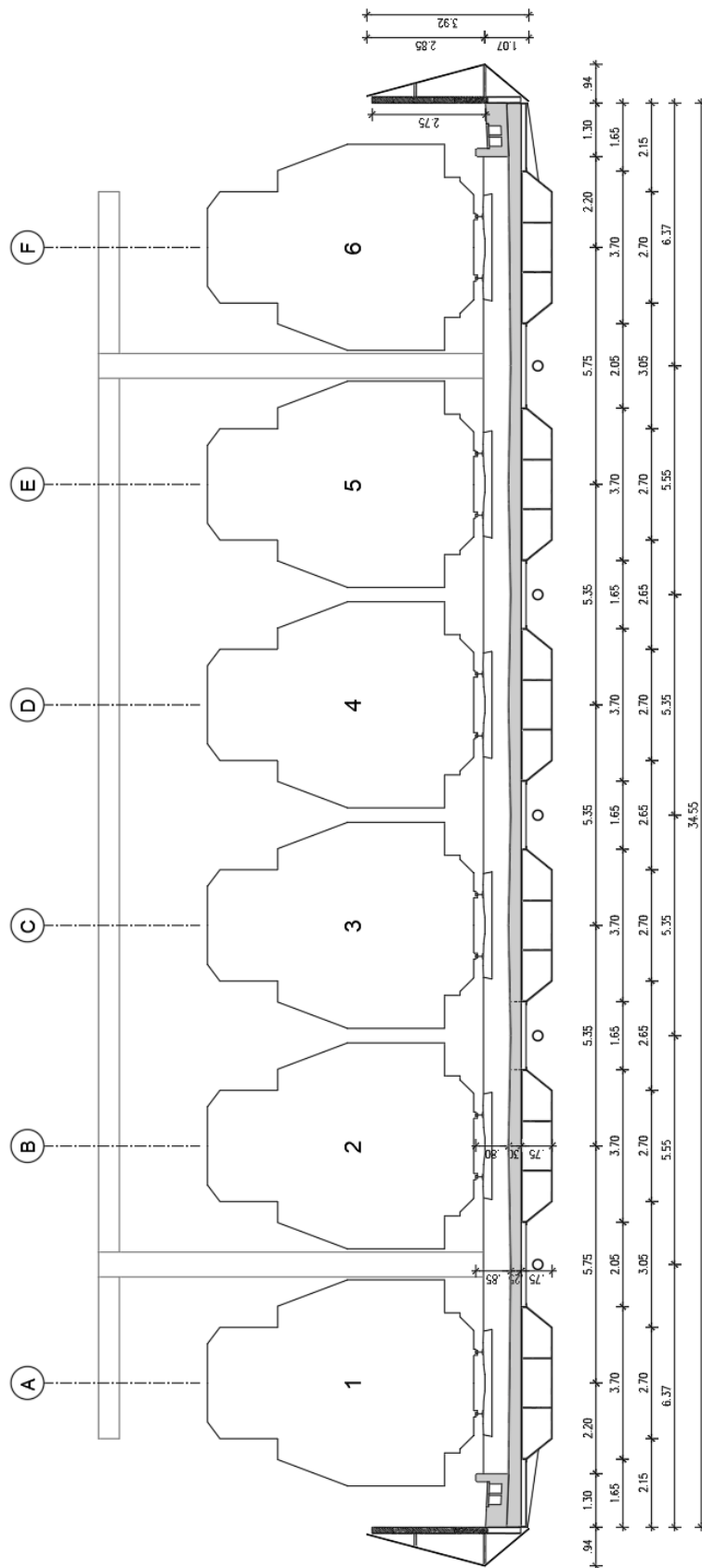
Južna tira (tira v oseh A in B) približno od polovice objekta dalje v smeri proti železniški postaji potekata v blagem radiju, čemur se prilagaja tudi širina prekladne plošče. Vsi ostali tiri na celotnem objektu pa potekajo v premi.

Niveleta tirov na območju objekta poteka v naklonu 0,8 %, čemur sledi tudi prekladna konstrukcija. Prečnega naklona v smeri pravokotno na tire preklada nima.

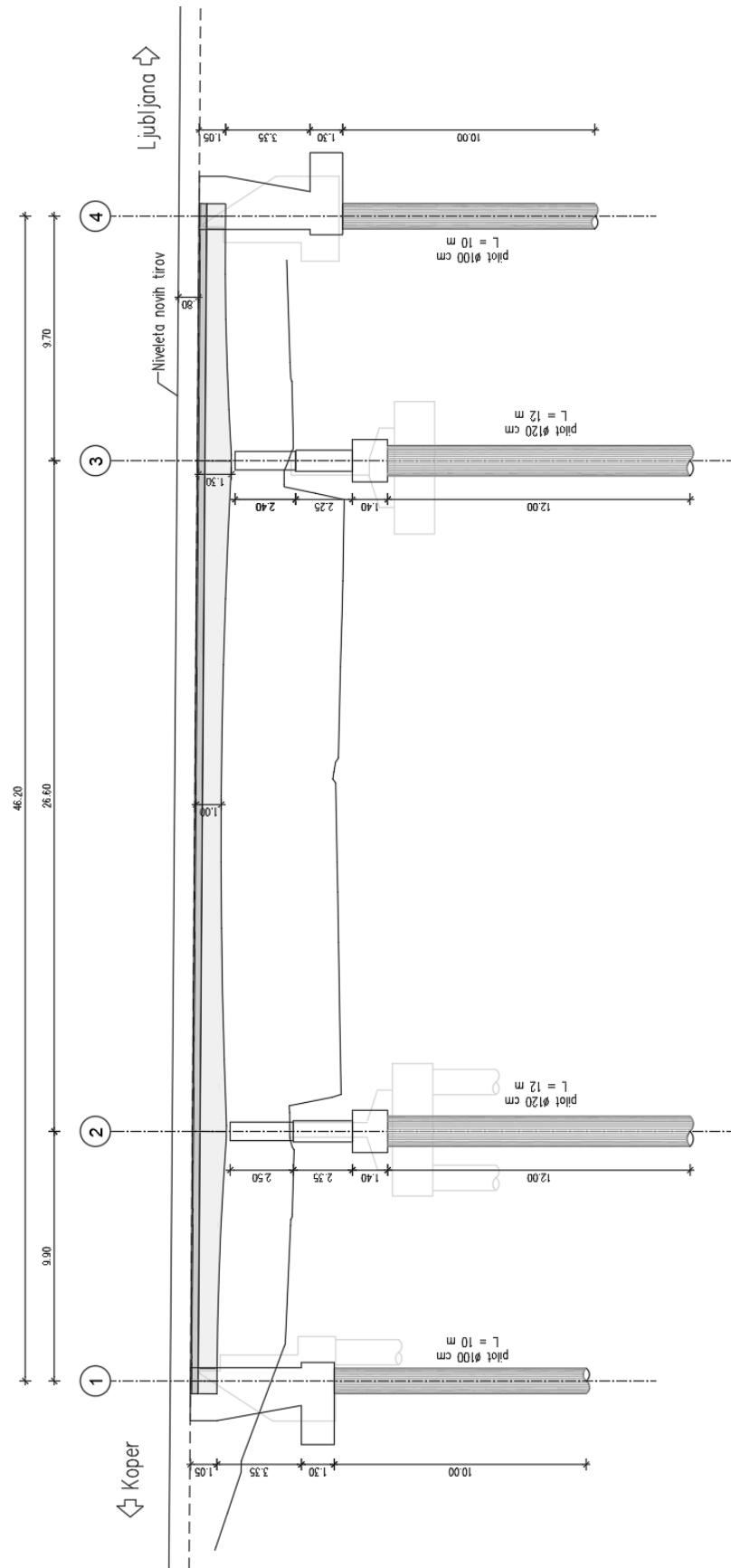


Slika 1: Tloris objekta





Slika 2: Karakteristični prečni prerez v polju



Slika 3: Vz dolžni prere z v osi C

### 3.4 Hodniki

Na obeh robovih se prekladna konstrukcija zaključi s hodnikom. V obeh hodnikih je predvidena dvoprekatna kineta za potek SVTK. Celotna širina hodnika znaša 1,30 m, njegov notranji rob pa je od osi najbližjega tira oddaljen 2,2 m.

Hodnik so izdelani kot armiranobetonski prefabrikati iz betona odpornega na mraz in sol. Pohodna površina hodnika je metličena. Kineta je pokrita z armiranobetonskimi pokrovi širine 60 cm.

### 3.5 Hidroizolacija

Kot hidroizolacija prekladne konstrukcije je predvidena brizgana hidroizolacija na osnovi MMA (meta Meril Akrilata), primerna za vgradnjo na beton z povečano vlažnostjo (manj od 6 %). Kot zaščita hidroizolacije se izvede elastomerna blazina v debelini 20 mm, ki služi tudi kot zaščita tolčenca in zmanjšuje hrup.

Zasute površine objekta so zasnovane po tehnologiji bele kadi, zato izvedba hidroizolacije le teh ni potrebna.

### 3.6 Opaži, obdelave in obloge vidnih betonskih površin

Vse vidne betonske površine se izvede v vidnem betonu VB3 v skladu s SIST EN 13670/A101. Velja tako za elemente betonirane na mestu, kot tudi za prefabrikate.

### 3.7 Nasipi in zasipi

Za nasipe in zasipe se lahko uporabi izkopan material v kolikor ta izkazuje ustrezne lastnosti. 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 °. Ob enem material ne sme vsebovati komponent, ki nabrekajo ali reagirajo z apnom in/ali cementom. Dreniranje zasipov se doseže z vgradnjo materiala z ustrezno prepustnostjo.

Nasipi in zasipi se izvajajo v slojih, ki se jih sproti utrjuje. Debelina posameznega sloja lahko znaša največ 30 cm.

### 3.8 Ureditev prostora in brežin ob objektu

Brežine ob krajnih opornikih potekajo v naklonu 1:2 ter se prilagajajo obstoječemu terenu. Brežine se homusirajo in zatravijo. Zbijanje brežin se izvaja z lahкими komprimacijskimi sredstvi.

## 4 OPREMA OBJEKTA

### 4.1 Odvodnjavanje

Meteorno vodo s prekladne konstrukcije se odvaja z vzdolžnim in prečnimi nakloni. Vzdolžni naklon je enak naklonu tirov in znaša 0,8 %, prečni nakloni pa znašajo približno 2,0 %. Zbrana voda se preko izlivnikov s kroglično rešetko in vzdolžnih vodov vodi do krajnega odpornika v osi 4. Med posameznima tiroma so predvideni po 4 izlivniki, in sicer pri obeh vmesnih podporah, sredini vmesnega razpona in pri oporniku v osi 4. Za vzdolžne vode so izbrane cevi iz umetne mase.

### 4.2 Napeljave preko objekta

V obeh hodnikih je predvidena dvoprekatna kineta, v kateri se nadaljuje SVTK iz trase.

Na objektu se nahaja portal vozne mreže, ki je preko armiranobetonskega nastavka sidran v preklado.

### 4.3 Merilni čepi

Za potrebe monitoringa v času gradnje in uporabe objekta se namesti 40 merilnih čepov, od tega po 20 na jeklenih elementih in po 20 na armiranobetonskih elementih.

Po 4 merilni čepi se namestijo na vsaki zunanji steni krajnih opornikov in stenah vmesnih podpor, in sicer po 2 v vsaki fazi gradnje. Po 2 merilna čepa se predvidita tudi na vsaki gredi pilotnih sten za varovanje gradbene jame.

Na zunanjih jeklenih škatlah posamezne faze gradnje se namesti 5 merilnih čepov, in sicer nad vsako podporo in v sredini vmesnega razpona.

### 4.4 Ograja

Ograja je arhitekturno oblikovna in zasnovana kot panelna fasada na jekleni podkonstrukciji. Kot panel je predvidena v ravni liniji zbigana pločevina iz kortena debeline 3,0 mm. Širina panela znaša 1,0 m, razvita dolžina pa 4,35 m. Za vertikalno podkonstrukcijo posameznega panela je predviden profil HEA 160, ki omogoča tudi naknadno namestitev panelov protihrupne ograje. Podkonstrukcija je sidrana v armiranobetonsko ploščo s predhodno vgrajenimi sidri, kot protikorozijska zaščita podkonstrukcije pa je predvideno vroče cinkanje.

### 4.5 Razsvetljava

Steze za pešce in kolesarje so na območju pod objektom razsvetljene.

## 5 MATERIALI

Materiali uporabljeni na objektu so izbrani tako, da omogočajo zahtevano nosilnost, trdnost in trajnost konstrukcije tekom celotne projektne življenjske dobe.

Karakteristike izbranih betonov armiranobetonskih elementov so prikazane v preglednici. Za vse armiranobetonske elemente je uporabljena armatura B 500B (razred duktilnosti B).

Element	Trdnost betona	Razred izpostavljenosti	Vsebnost kloridov	Prodor vode	D <sub>max</sub> [mm]	Konsistenca	Krovni sloj [mm]
Podložni beton	C16/20	XC0	/	/	12	/	/
Piloti	C30/37	XC2	CI 0.30	PV-II	32	S4	100
Pilotne blazine	C30/37	XC2	CI 0.30	PV-II	32	S4	50
Pilotni gredi	C30/37	XC2	CI 0.30	PV-II	32	S4	50
Opornika	C30/37	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	32	S4	50
Krila	C30/37	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	32	S4	50
Steni podpor	C40/50	XC4, XD3, XF4	CI 0.30	PV-II	32	S4	50
Stebri podpor	C50/60	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	32	S4	45
Prefabrikati plošče	C50/60	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	16	S4	35
Prekladna plošča	C50/60	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	32	S4	45
Hodniki	C25/30	XC4, XD1, XF3	CI 0.30	PV-II	22	S4	45

Za jekleno prekladno konstrukcije je izbrano jeklo kvalitete S 355 J2+N.

Za jeklo podkonstrukcije ograje je izbrano jeklo kvalitete S235 J2.

## 6 POGOJI ZA IZVEDBO KONSTRUKCIJE

### 6.1 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 potrdira projektant in tehnična služba investitorja ali nadzora.

### 6.2 Pogoji za izvedbo betonskih konstrukcij

Razred izvedbe armiranobetonskih elementov je EXC3 v skladu s SIST EN 13670.

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 vgrajevanje 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.

### 6.3 Pogoji za izvedbo jeklenih konstrukcij

Razred izvedbe za jekleno prekladno konstrukcijo je EXC4 v skladu s SIST EN 1090-2. Zaščita pred korozijo se zagotovi z barvanjem, zahtevan razred zaščite je C5.08 vh v skladu s SIST EN ISO 12944.

## 7 TEHNOLOGIJA GRADNJE

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

### 7.1 Izvedba objekta

Ker je v vsakem trenutku gradnje potrebno zagotoviti polno funkcionalnost vsaj dveh železniških tirov, se bo rušenje obstoječega in gradnja novega objekta izvajala v dveh ločenih fazah. Obstoječi objekt se poruši v celoti, z izjemo vseh pilotov in pilotnih blazin vmesnih podpor.

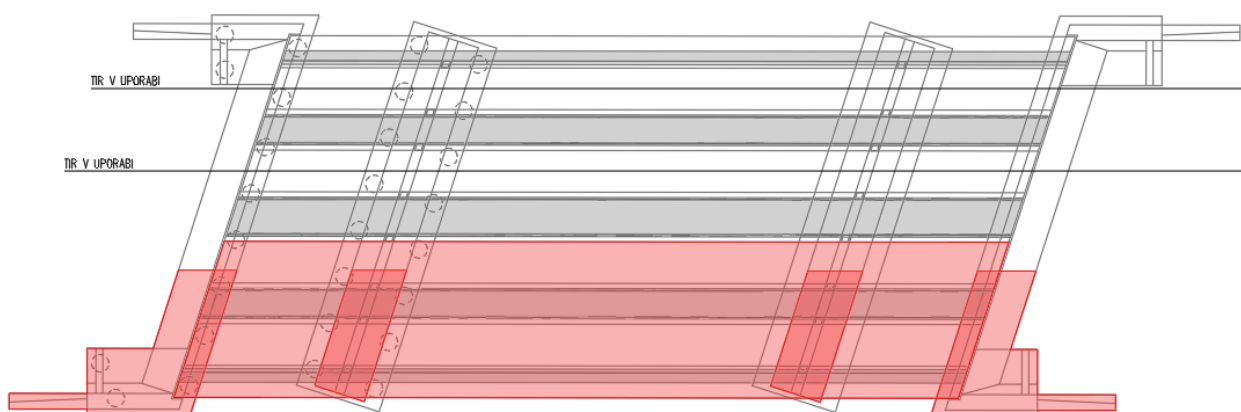
#### 7.1.1 1. faza

V 1. fazi se bo izvedlo rušitev obstoječega in gradnjo novega objekta na južni strani.

Prekladna konstrukcija obstoječega objekta je sestavljena iz 5 glavnih nosilcev, med katerimi je izvedena prednapeta armiranobetonska plošča, kot podlaga za gramozno gredo in tire. V 1. fazi je predvidena rušitev južnih dveh tirov, pri čemer se porušita armiranobetonski plošči obeh in zunanji ter en notranji nosilec prekladne konstrukcije. Najprej se poruši armiranobetonska plošča, sledi odstranitev prečnikov med glavnimi nosilci, nato pa se izvede še dvig vsakega nosilca posebej. Pred dvigom posameznega nosilca se lahko izvede tudi odstranitev jeklenih stebrov. Rušenje objekta nad Dunajsko cesto in dvig nosilcev mora potekati ob polni zapori Dunajske ceste. Rušenje mora potekati na način, da notranji nosilec ob tiru v uporabi ostane nepoškodovan.

Pred rušenjem prekladne konstrukcije je potrebno odstraniti del konstrukcije sanacije sidranja obstoječega objekta. Konstrukcija sanacije sidranja je sestavljena iz štirih zvarjencev, pri čemer vsak izmed njih prevzema obremenitve enega tira oz. polovico obremenitev enega glavnega nosilca. V prvi fazi rušitve se en zvarjenec tako odstrani v celoti, en zvarjenec pa zgolj deloma. Da se zagotovi ustrezno prevzemanje obremenitev, se spodnji nosilec zvarjenca, ki se zgolj deloma poruši, poveže z spodnjim nosilcem sosednjega zvarjenca. Povezava se izvede z varjenjem dodatnega nosilca HEB260.

Pred rušenjem krajnih opornikov in vmesnih podpor se izvedeta pilotni steni, ki služita kot varovanje gradbene jame na obeh straneh objekta. Porušijo se vsi elementi krajnih opornikov in vmesnih podpor, z izjemo vseh pilotov in pa pilotnih blazin vmesnih podpor.



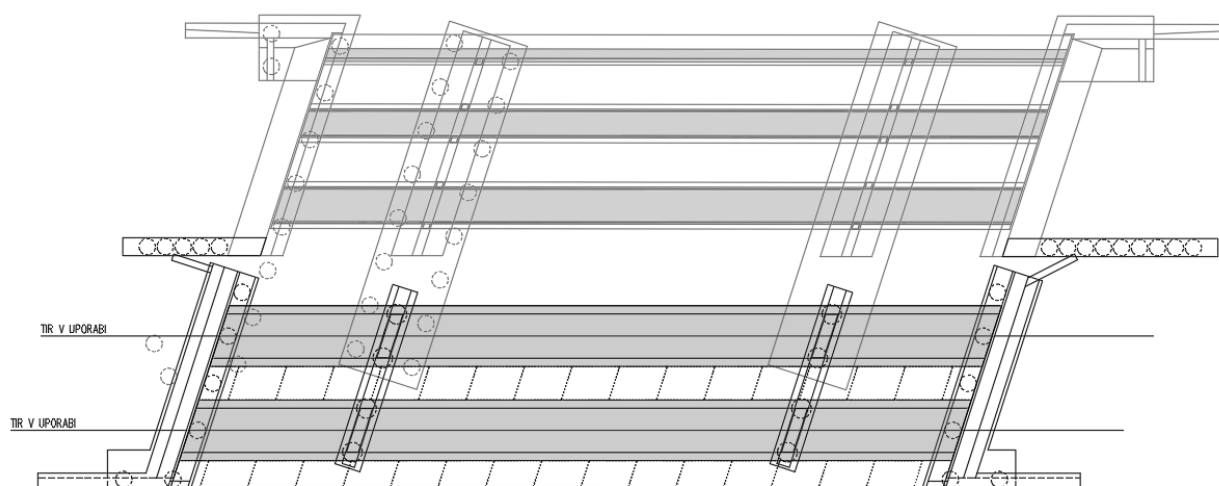
Slika 4: Del preklade in podpor, ki se rušijo v 1. fazi

Ob objektu na zahodni strani poteka kolektor, zato je potrebno izkop izvesti v strmem naklonu. Varovanje izkopa se izvede s torkret betonom in pasivnimi geotehničnimi sidri.

Sledi izvedba krajnih in vmesnih podpor južnega dela novega objekta. Da se lahko izvede pilote vmesnih podpor, je potrebno izvesti še prevrtanje obstoječih pilotnih blazin. Pri obeh krajnih opornikih se izvedejo tudi začasna krila, ki imajo funkcijo varovanja gradbene jame.

Ko beton krajnih in vmesnih podpor doseže zadostno trdnost se prične z izvedbo prekladne konstrukcije, in sicer na način, da se najprej z dvigali namesti jeklene škatle, nato pa se izvede še betoniranje prekladne plošče. Betoniranje preklade plošče se prične pri krajnih opornikih in poteka simetrično proti sredini glavnega razpona. Kot opaž plošče so predvideni armiranobetonski prefabrikati, skupaj s katerimi se vgradijo tudi izlivniki. V 1. fazi se prekladna plošča izvede do notranjega roba notranje jeklene škatle. Vzdolž tega roba se izvede tudi začasna armiranobetonska stena, ki omogoča kasnejšo izvedbo gramozne grede.

Sledi izvedba odvodnjavanja in hidroizolacije plošče, montaža prefabrikatov hodnika, polaganje elastomerne blazine in montaža panelne ograje. 1. faza gradnje se zaključi z izvedbo gramozne grede in prestavitvijo tirov na izvedeni del novega objekta.



Slika 5: Stanje po končani 1. fazi gradnje

### 7.1.2 2. faza

Ko je vzpostavljen železniški promet na že zgrajenem delu novega objekta, se prične z odstranitvijo preostalih tirov na obstoječem objektu.

Poruši se preostanek prekladne konstrukcije obstoječega objekta in konstrukcije sanacije sidranja. Rušenje poteka na povsem enak način kot je to predpisano za 1. fazo. Sledi rušenje opornikov in vmesnih podpor in pa delna rušitev pilotne stene. Poruši se del pilotne grede in pilot tik ob oporniku. Pilota ni potrebno porušiti v celoti, temveč zgolj zgornjih 5,0 m, ki sicer onemogočajo izgradnjo novega opornika. Izkopi ter njihovo varovanje na zahodni strani objekta se izvede na enak način kot v 1. fazi.

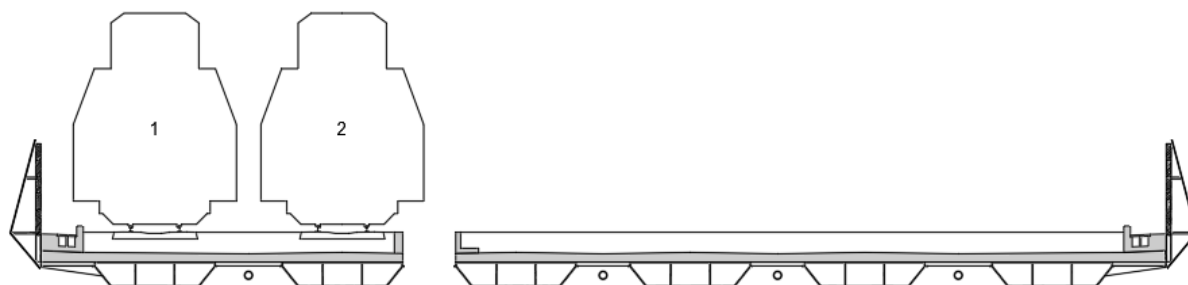
Sledi izvedba krajnih opornikov in prekladne konstrukcije, ki se izvaja na enak način kot v 1. fazi, s to razliko, da se betoniranje plošče izvaja v dveh delih. V prvem delu se plošča zabetonira do roba jeklene škatle v osi 3. Sledi izvedba odvodnjavanja, hidroizolacije plošče, montaža prefabrikatov hodnika, polaganje elastomerne blazine ter montaže



panelne ograje. Ko beton doseže zadostno trdnost se izvede gramozna greda, s čimer se zagotovi, da ima prekladna konstrukcija 2. faze enak poves kot prekladna konstrukcija 1. faze. Sledi montaža prefabrikatov plošče in betoniranje veznega segmenta. Za dokončanje preklade se na delu veznega segmenta izvede še odvodnjavanje, hidroizolacija in polaganje elastomerne blazine. Sledi izvedba manjkajočega dela gramozne grede in vzpostavitev tirov na severnem delu objekta.

Pri izvedbi stika betonov krajnih opornikov, vmesnih podpor in veznega segmenta prekladne plošče obeh faz gradnje bo potrebna popolna zapora tirov. Za izvedbo stika krajnih opornikov in vmesnih podpor je predvidena zapora tirov za 48 ur, in sicer 24 ur za spojitev pilotnih blazin in pilotih gred, ter 24 ur za spojitev sten opornikov in stene vmesnih podpor. Za izvedbo veznega segmenta plošče prekladne konstrukcije je predvidena zapora tirov za 48 ur.

Da se zagotovi ustrezno obnašanje tirov se mora po izvedbi zasipov na severnem delu objekta porušiti pilotna greda obeh pilotnih sten ter delno tudi začasna krila za varovanje gradbene jame. Najmanjša razdalja med zgornjo koto novih tirov in piloti pilotnih sten oz. preostankom začasnih kril tako znaša 1,50 m.



Slika 6: Prekladna konstrukcija pred izvedbo veznega segmenta

## 7.2 Spremljava gradnje

Med gradnjo se mora zagotoviti spremljavo geometrije in deformacij konstrukcije. Posebno pozornost je potrebno nameniti kontroli povesov prekladne konstrukcije in pomikom pilotne stene za varovanje gradbene jame.

## 7.3 Ureditev gradbišča

Med izvajanjem del je potrebno preprečiti morebitno onesnaževanje okolja zaradi transporta, skladiščenja ali uporabe tekočih goriv in drugih nevarnih snovi.

Po končani gradnji je potrebno vse površine, prizadete med gradnjo, ustrezno urediti oz. povrniti v obstoječe stanje.

## 8 VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

### 8.1 Vpliv lastne teže konstrukcije

Lastna teža elementov konstrukcije je v programu za numerično analizo samodejno upoštevana v skladu s SIST EN 1991-1-1. Specifične teže uporabljenih materialov so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Specifična teža materialov

Material	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Armirani beton	25,0
Konstruktivno jeklo	78,6

### 8.2 Vpliv stalne obtežbe

Obtežba gramoznega nasutja (gramozna greda) višine 0,65 m znaša 12,7 kN/m<sup>2</sup>. Teža prednapetih betonskih pragov s pritrditvijo tirnic na enoto dolžine znaša 4,8 kN/m, teža dveh tirnic tipa UIC 60 pa 1,2 kN/m.

V skladu s SIST EN 1991-1-1 je pri železniških mostovih potrebno upoštevati zgornjo in spodnjo karakteristično vrednost debeline gramozne grede, in sicer se upošteva odstopanje  $\pm 30$  % od nazivne debeline.

Teža robnih vencev znaša 16,8 kN/m<sup>2</sup>, za težo ograje pa se upošteva vrednost 4,3 kN/m. Teža portala vozne mreže znaša 15 kN. Teže vodov ne upoštevamo, saj je v primerjavi z ostalimi stalnimi obtežbami zanemarljiva.

### 8.3 Vpliv zemeljskih pritiskov

Pri izračunu zemeljskih pritiskov se upošteva material s strižnim kotom  $\varphi = 30^\circ$ , kohezijo  $c = 0$  kN/m<sup>2</sup> in specifično težo  $\gamma = 21$  kN/m<sup>3</sup>.

### 8.4 Vpliv prometne obtežbe

Prometna obtežba je določena v skladu s SIST EN 1991-2, poglavje 6, v katerem je obravnavana obtežba železniških mostov, ki jo delimo na spremenljive in izredne prometne obtežbe. Prometna obtežba povzroča tudi horizontalni zemeljski pritisk na krajne opornike.

Obtežba železniškega prometa je dinamična obtežba, kar se lahko zajame z dinamično analizo ali pa z upoštevanjem dinamičnega faktorja  $\Phi$  v okviru statične analize. Na podlagi diagrama 6.9 iz navedenega standarda ocenimo, da dinamične analiza konstrukcije ni potrebno izvesti.

#### 8.4.1 Spremenljive prometne obtežbe

##### 8.4.1.1 Vertikalna prometne obtežba

Upoštevani so naslednji obtežni modeli:

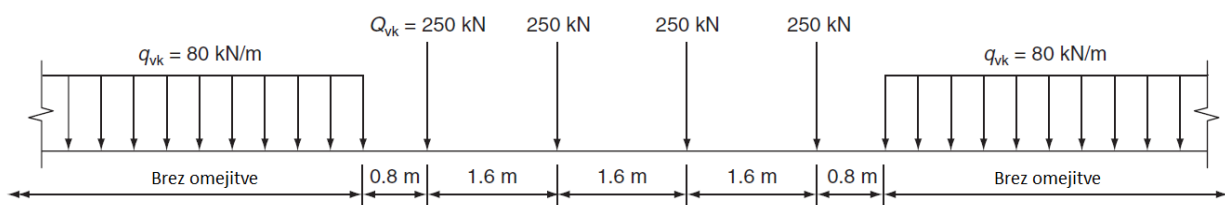
- Obtežni model 71 (UIC 71), ki predstavlja statično obtežbo normalnega železniškega prometa.
- Obtežni model SW/0, ki predstavlja statično obtežbo normalnega železniškega prometa pri kontinuirnem statičnem sistemu.
- Obtežni model SW/2, ki predstavlja statično obtežbo težkega železniškega prometa.

Obtežnega modela HSLM ne upoštevamo, saj predstavlja statično obtežbo potniških vlakov pri hitrostih večjih od 200 km/h. Predvidena hitrost vlakov na obravnavanem mostu znaša največ 80 km/h.

Obtežnega modela »nenatorvorjen vlak« ne upoštevamo, saj se uporablja za kontrolo bočne stabilnosti konstrukcije v kombinaciji s prevladujočim vplivom vetra. Bočna stabilnost za obravnavano konstrukcijo ni problematična.

### **Obtežni model 71 (UIC 71)**

V analizi je upoštevanih več možnih pozicij obtežbe, pri čemer so koncentrirane sile upoštevane v celoti, enakomerno porazdeljena obtežba pa zgolj na najneugodnejših delih glede na obravnavan učinek vpliva.

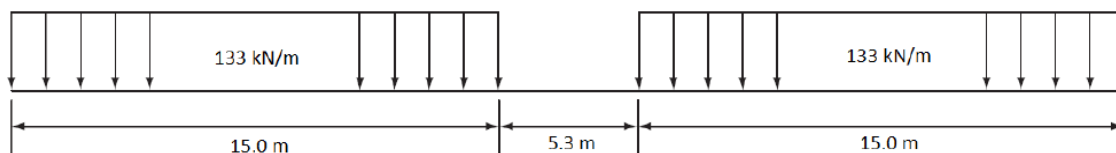


Slika 7: Obtežni model 71

Prikazane karakteristične vrednosti obtežbe je potrebno množiti s faktorjem  $\alpha$ , s katerim se upošteva lažji oz. težji železniški promet. Ker obravnavamo objekt, ki je del mednarodne tovarne mreže, upoštevamo vrednost  $\alpha = 1,21$ , s čimer se zajame vpliv povečevanja prometne obtežbe v prihodnosti.

### **Obtežni model SW/0**

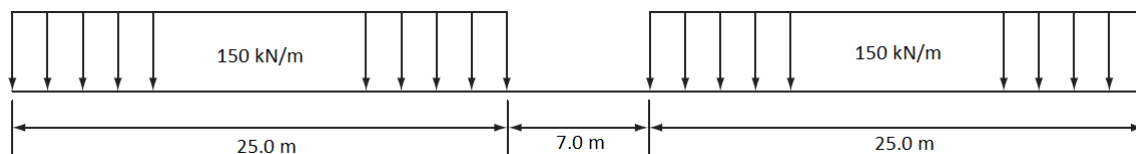
V analizi je enakomerno porazdeljena obtežba upoštevana kot celota, vendar na najneugodnejšem delu glede na obravnavan učinek vpliva. Prikazane karakteristične vrednosti obtežbe se množijo s faktorjem  $\alpha$ .



Slika 8: Obtežni model SW/0

### **Obtežni model SW/2**

V analizi je enakomerno porazdeljena obtežba upoštevana kot celota, vendar na najneugodnejšem delu glede na obravnavan učinek vpliva. Prikazane karakteristične vrednosti obtežbe se ne množijo s faktorjem  $\alpha$ .



Slika 9: Obtežni model SW/2

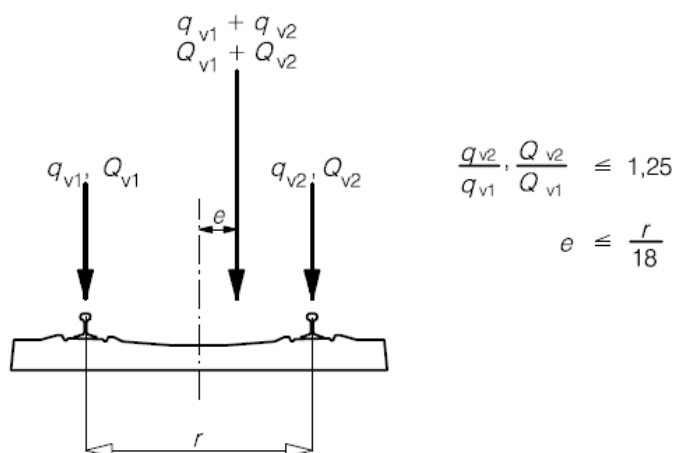
**Ekscentričnost vertikalne obtežbe**

Ekscentričnost vertikalne obtežbe je potrebno upoštevati pri obtežnih modelih 71 in SW/0. Pri kontroli utrujanja se ekscentričnost obtežbe lahko zanemari.

V preglednici so prikazane obremenitve posamezne tirnice v primeru, ko se obtežba modelira za vsako tirnico ločeno in torzijski moment v primeru, ko se obtežba posameznih tirnic modelira kot ena obtežba. Prikazane karakteristične vrednosti obtežbe se množijo s faktorjem  $\alpha$ .

Preglednica 2: Karakteristične vrednosti obremenitev obtežnih modelov 71 in SW/0 v primeru ekscentričnosti

Obtežni model	Tirnica 1		Tirnica 2		Moment	
	$Q_{vk,1}$ [kN]	$q_{vk,1}$ [kN/m]	$Q_{vk,2}$ [kN]	$q_{vk,2}$ [kN/m]	$M_{Qk}$ [kNm]	$M_{qk}$ [kNm/m]
71	111,1	35,6	138,9	44,4	20,8	6,7
SW/0	/	59,1	/	73,9	/	11,0



Slika 10: Ekscentričnost vertikalne obtežbe

**Dinamični faktor**

Dinamični faktor, s katerim v statični analizi upoštevamo povečanje napetosti in vibracij zaradi dinamične obtežbe prometa, v primeru standardnega vzdrževanja proge znaša  $\Phi_3 = 1,17$ . V primeru, ko je na mostu predvidena več kot ena proga, se dinamični faktor ne reducira. Upošteva se pri vseh obtežnih modelih vertikalne prometne obtežbe.

**8.4.1.2 Horizontalna prometna obtežba**

Kot horizontalno prometno obtežbo se upošteva bočne sile ter sile zaradi pospeševanja in zaviranja. Centrifugalne sile se ne upoštevajo, saj tiri na objektu potekajo brez horizontalnega radija.

**Bočne sile**

Za bočno silo, ki deluje na zgornji koti tirnice in prečno na os proge, se upošteva karakteristično vrednost 100 kN. Vedno deluje v kombinaciji z vertikalno prometno obtežbo in se pri tem množi s faktorjem  $\alpha$ , razen pri obtežnem modelu SW/2. Dinamičnega faktorja  $\Phi$  in redukcijskega faktorja  $f$  se ne upošteva.

**Sile zaradi pospeševanja in zaviranja**

Sile pospeševanja in zaviranja delujejo na zgornji koti tirnice in vzdolž osi proge. Upoštevajo se kot enakomerno porazdeljena obtežba vzdolž vplivne dolžine. Delujejo v kombinaciji z vertikalno prometno obtežbo in se pri tem množijo s faktorjem  $\alpha$ , razen pri obtežnem modelu SW/2. Dinamičnega faktorja  $\Phi$  in redukcijskega faktorja  $f$  se ne upošteva. Upoštevano je tudi, da lahko sočasno na različnih progah delujejo sile zaradi pospeševanja ali pa sile zaradi zaviranja.

Sile zaradi pospeševanja

Karakteristična vrednost enakomerno porazdeljene obtežbe zaradi pospeševanja vlaka, ki je enaka za vse obtežne modele, v obravnavanem primeru znaša 22,0 kN/m.

Sile zaradi zaviranja

Karakteristična vrednost enakomerno porazdeljene obtežbe zaradi zaviranja vlaka v obravnavanem primeru za obtežna modela 71 in SW/0 znaša 20,0 kN/m, za obtežni model SW/2 pa 35,0 kN/m.

**8.4.1.3 Skupine prometne obtežbe**

V preglednici so prikazane skupine prometne obtežbe, ki jih v skladu s SIST EN 1991-2 kombiniramo z ostalimi neprometnimi vrstami obtežbe. Pri tem se vedno upošteva eno izmed skupin obtežbe. Skupine prometne obtežbe sicer predstavljajo kombinacijo karakterističnih vrednosti vertikalne, prečne in vzdolžne prometne obtežbe.

Preglednica 3: Upoštevane skupine prometne obtežbe

Število obteženih prog	Skupina obtežbe	Vertikalna obtežba		Horizontalna obtežba	
		71 in SW/0	SW/2	Pospeševanje in zaviranje	Bočne sile
1	gr11	1,0		1,0	0,5
1	gr12	1,0		0,5	1,0
1	gr13	0,5		1,0	0,5
1	gr14	0,5		0,5	1,0
1	gr16		1,0	1,0	0,5
1	gr17		1,0	1,0	0,5
2	gr21	1,0		1,0	0,5
2	gr22	1,0		0,5	1,0
2	gr23	0,5		1,0	0,5
2	gr24	0,5		0,5	1,0
2	gr26	1,0	1,0	1,0	0,5
2	gr27	1,0	1,0	0,5	1,0
≥ 3	gr31 – gr61	0,75		0,75	0,75

Skupine prometne obtežbe gr13, gr14, gr23 in gr24 se upoštevajo v primeru, ko vertikalna obtežba povzroča ugoden vpliv glede na vplive horizontalne obtežbe.

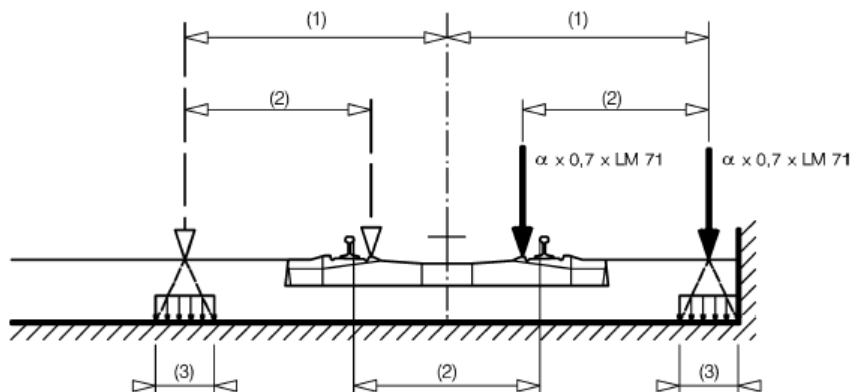
Obtežba težkega prometa SW/2 lahko deluje zgolj na eni progi hkrati oz. se kombinira z obtežbo LM 71 in SW/0 na eni dodatni progi. Obtežbe SW/2 se torej v primeru obtežbe na treh ali več progah ne upošteva.

## 8.4.2 Izredne prometne obtežbe

Upoštevani sta izredna obtežba zaradi iztirjenja vlaka in pa izredna obtežba trka težkega vozila s preklado.

### 8.4.2.1 Iztirjenje vlaka

Na robnih tirih so predvidene varnostne tirnice, zato v skladu s SIST EN 1991-2 ni potrebno upoštevati projektne situacije II, ki predvideva iztirjenje vlaka na robno območje prekladne konstrukcije. Na preostalih tirih je upoštevana projektna situacija I, ki predvideva, da iztirjen vlak ostane na območju tira.



Slika 11: Nezgodna obtežba iztirjenja vlaka – projektna situacija I

Pri projektni situaciji I je potrebno zagotoviti, da ne pride do porušitve glavnih delov nosile konstrukcije, lokalne poškodbe pa so dovoljene. Za razdaljo med obtežbo v prečni smeri se upošteva razmak tirov, ki v obravnavanem primeru znaša  $s = 1,5$  m (2). Obtežba je lahko od osi tira oddaljena največ  $1,5 \cdot s$  (1). V primeru gramozne grede na konstrukcijo deluje kot ploskovna obtežba na širini 0,45 m (3).

### 8.4.2.2 Trk težkega vozila s prekladno konstrukcijo

Trk težkega vozila s prekladno konstrukcijo se upošteva v skladu s SIST EN 1991-1-7. Najmanjša svetla višina med cestiščem in spodnjim robom prekladne konstrukcije znaša 4,5 m, ker je manj od 5,0 m, ki predstavlja spodnjo mejo, do katere je potrebno upoštevati polno vrednost ekvivalentne statične obtežbe trka. Za vozne površine v urbanem okolju se upošteva silo 250 kN, ki je vzporedna s smerjo prometa in deluje na kvadratni površini s stranico 0,25 m. Na spodnji strani preklade se sila trka upošteva pod kotom  $10^\circ$  glede na horizontalo.

## 8.4.3 Obtežba prometa na krajne opornike in krilne zidove

Horizontalni zemeljski pritiski na opornike in krilne zidove se določijo za obtežne modele 71, SW/0 in SW/2 ter se razen pri obtežnem modelu SW/2 množijo s faktorjem  $\alpha$ . Dinamičnega faktorja  $\Phi$  se ne upošteva.

## 8.5 Vpliv obtežbe snega

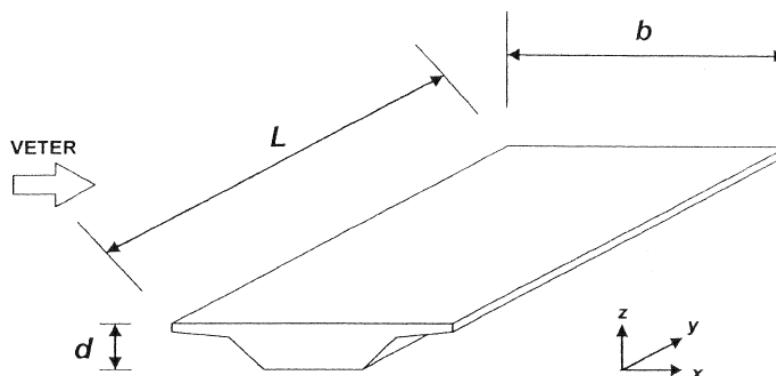
Ker v standardih obtežba snega na mostovih ni posebej obravnavana, kot obtežbo snega upoštevamo karakteristično obtežbo snega na tleh  $s_k$ , ki je odvisna od lokacije objekta (cone) in nadmorske višine, na kateri se nahaja objekt. Za

cono A2 in nadmorsko višino 295 m v skladu z nacionalnim dodatkom k standardu SIST EN 1991-1-3 enakomerna ploskovna obtežba znaša:

$$s_k = 1,293 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{A}{728} \right)^2 \right] = 1,293 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{295}{728} \right)^2 \right] = 1,51 \text{ kN/m}^2.$$

## 8.6 Vpliv obtežbe vetra

Standard SIST EN 1991-1-4 in njegov nacionalni dodatek, ki podajata navodila za določitev obtežbe vetra, ne vsebujeta meril in postopkov za račun dinamičnega odziva, zato vpliv vetra upoštevamo kot navidezno statično ter nepomično obtežbo.



Slika 12: Smeri za vplive vetra in dimenzije preklade

### 8.6.1 Tlak pri največji hitrosti vetra

Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra  $q_p(z)$ , ki predstavlja osnovo za določitev vpliva vetra za vse tri smeri, se določi na podlagi enačbe:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

Pri tem sta:

$c_e(z)$  – faktor izpostavljenosti in

$q_b$  – osnovni tlak vetra.

Ker sta faktor hribovitosti  $c_o$  in turbulenčni faktor  $k_1$  enaka 1,0, lahko faktor izpostavljenosti  $c_e(z)$  določimo kot funkcijo kategorije terena in višine nad terenom. Za kategorijo terena III (področja z običajnim rastlinjem ali stavbami ali s posameznimi ovirami na razdalji največ 20 višin ovir) in višino nad terenom 4,0 m znaša 1,3.

Osnovni tlak vetra se določi kot funkcija gostote zraka  $\rho$  in osnovne hitrosti vetra  $v_b$ :

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

Pri tem so:

$c_{dir}$  – faktor smeri vetra; upoštevamo priporočeno vrednost 1,0,

$c_{season}$  – faktor letnega časa; upoštevamo priporočeno vrednost 1,0 in

$v_{b,0}$  – temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra; za cono 1 ter nadmorsko višino manjšo od 800 m se upošteva vrednost 20 m/s.

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20 = 20 \text{ m/s}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,3 \cdot 0,25 = 0,33 \text{ kN/m}^2$$

### 8.6.2 Sila v navpični smeri (smer z)

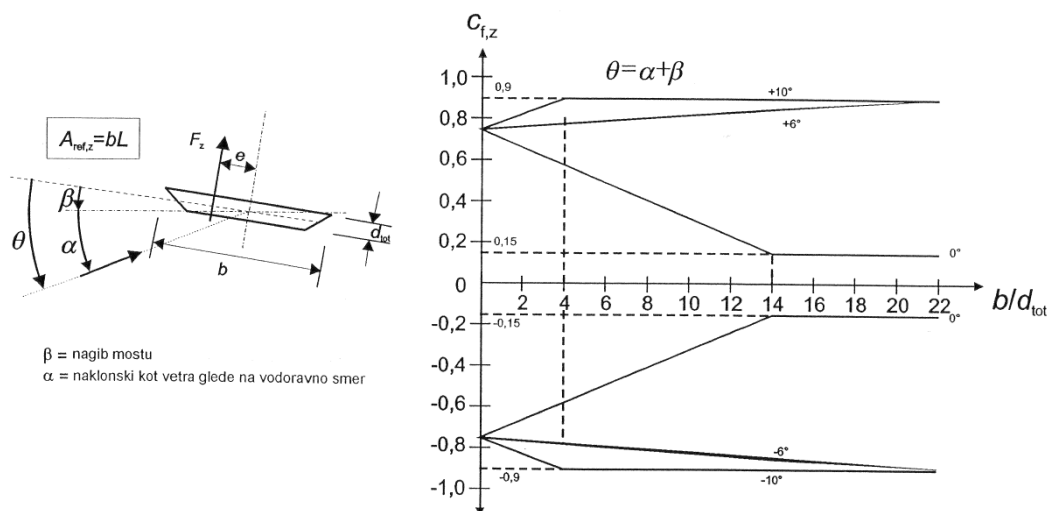
$$F_{wk,z} = c_{f,z} \cdot q_p(z) \cdot A_{ref,z}$$

Pri tem so:

$A_{ref,z}$  – referenčna površina v smeri z in

$c_{f,z}$  – koeficient sile v smeri z.

$$A_{ref,z} = 1 \text{ m} \cdot b / 1 \text{ m} = 1 \cdot 36,1 / 1 = 36,10 \text{ m}^2 / \text{m}$$



Slika 13: Koeficient sile  $c_{f,z}$  za mostove s prečnim nagibom in poševnim vetrom

Koeficient sile v smeri z je odvisen od kota med delovanjem vetra in ravnino mostu ter od razmerja mer širino b in totalno višino mostu  $d_{tot}$ :

$$\alpha + \beta = \pm 5^\circ \text{ in } b/d_{tot} = 36,1 / (1,25 + 0,6) = 19,5 \rightarrow c_{f,z} = \pm 0,9$$

$$F_{wk,z} = \pm 0,9 \cdot 0,33 \cdot 36,1 = \pm 10,7 \text{ kN/m}$$

Če ni točnih podatkov, se lahko za ekscentričnost sile upošteva  $e = b/4$ .

$$M_{wk,y} = F_{wk,z} \cdot e = 10,7 \cdot \frac{36,1}{4} = 96,6 \text{ kNm/m}$$



### 8.6.3 Sila v prečni smeri (smer X)

$$F_{wk,x} = c_s c_d \cdot c_{f,x} \cdot q_p(z) \cdot A_{ref,x}$$

Pri tem so:

$A_{ref,x}$  – referenčna površina v smeri x,

$c_{f,x}$  – koeficient sile v smeri x in

$c_s c_d$  – konstrukcijski faktor, ki je enak produktu faktorja velikosti  $c_s$  (upošteva zmanjšanje obtežbe vetra zaradi nesočasnega pojavljanja največjih tlakov pri sunkih vetra na celotni ploskvi) in dinamičnega faktorja  $c_d$  (upošteva povečanje obtežbe vetra zaradi nihanja konstrukcije).

#### Brez upoštevanja prometa

$$A_{ref,x} = 1 \text{ m} \cdot d_{tot}/1 \text{ m} = 1 \cdot (1,25 + 0,6)/1 = 1,85 \text{ m}^2/\text{m}$$

Koeficient sile v smeri x je odvisen od razmerja mer širino b in totalno višino mostu  $d_{tot}$ :

$$b/d_{tot} = 36,1/1,85 = 19,5 \rightarrow c_{f,x} = 1,3$$

Za konstrukcijski faktor  $c_s c_d$  predpostavimo vrednost 1,0. Faktor velikosti  $c_s$  in dinamični faktor  $c_d$  se kompenzirata, zaradi česar je konstrukcijski faktor določen z računskim postopkom običajno zelo blizu predpostavljene vrednosti oz. v nekaterih primerih celo manjši od 1,0.

$$F_{wk,x} = 1,0 \cdot 1,3 \cdot 0,33 \cdot 1,85 = 0,79 \text{ kN/m}$$

#### Z upoštevanjem prometa

$$A_{ref,x} = 1 \text{ m} \cdot d_{tot}/1 \text{ m} = 1 \cdot (1,25 + 4,0)/1 = 5,25 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$b/d_{tot} = 36,1/5,25 = 6,9 \rightarrow c_{f,x} = 1,0$$

$$F_{wk,x} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,33 \cdot 5,25 = 1,73 \text{ kN/m}$$

Pri kombinaciji prometne obtežbe z obtežbo vetra je potrebno kombinacijsko vrednost  $\psi_0 F_{wk}$  omejiti na  $F_w^*$ , ki se določi na podlagi  $v_{b,0}^{**} = 25 \text{ m/s}$ . Ker se v obravnavanem primeru za določitev  $F_{wk}$  upošteva  $v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$ , je razvidno, da je pogoj izpolnjen.

### 8.6.4 Sila v vzdolžni smeri (smer y)

V skladu s SIST EN 1991-1-4 se upošteva 25 % sile vetra v prečni smeri (smer x):

#### Brez upoštevanjem prometa

$$F_{wk,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 0,79 = 0,20 \text{ kN/m}$$

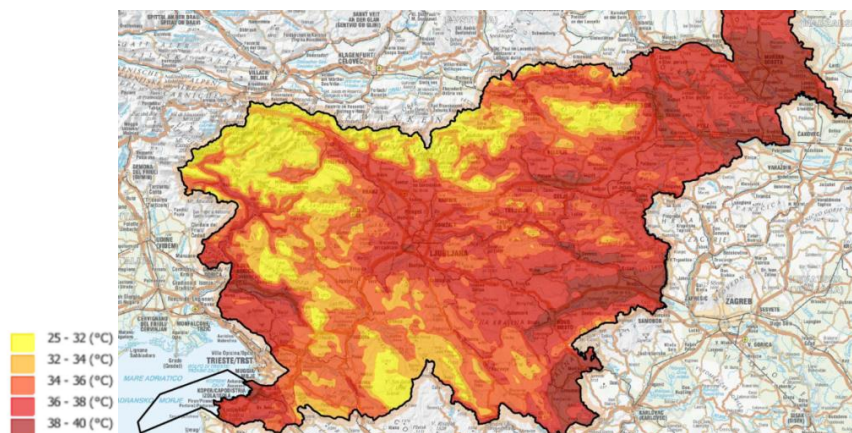
#### Z upoštevanjem prometa

$$F_{wk,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 1,73 = 0,43 \text{ kN/m}$$

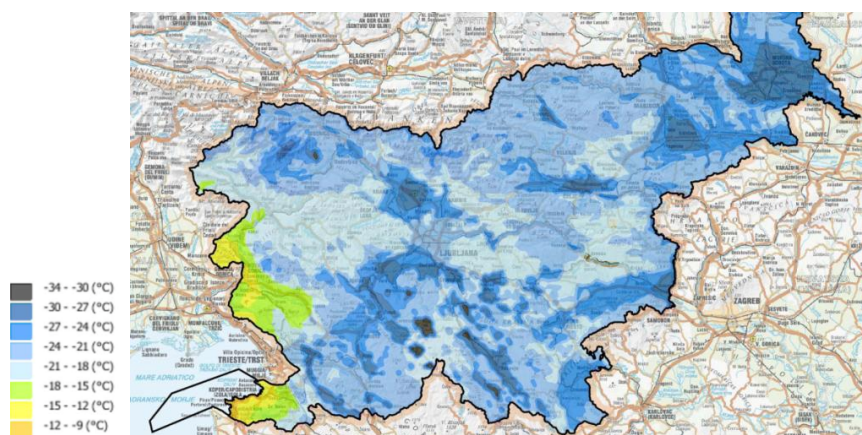
## 8.7 Vpliv spremembe temperature

Vplive temperaturnih sprememb določimo v skladu s standardom SIST EN 1991-1-5 ter njegovim nacionalnim dodatkom. V prekladi upoštevamo vpliv enakomerne in neenakomerne temperaturne spremembe, v elementih

krajnih opornikov in podpor, ki niso pretežno zasuti, pa zgolj vpliv neenakomerne temperaturne spremembe. V elementih krajnih opornikov in podpor, ki so pretežno zasuti, sprememba temperature ni prisotna.



Slika 14: Karta najvišjih temperatur



Slika 15: Karta najnižjih temperatur

### 8.7.1 Enakomerna temperaturna sprememba

Osnova za določitev enakomerne temperaturne spremembe je podatek o najvišji in najnižji temperaturi zraka, merjeno v senci in s povratno dobo 50 let. Za območje Ljubljane znašata:

$$T_{\max,50} = +38,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

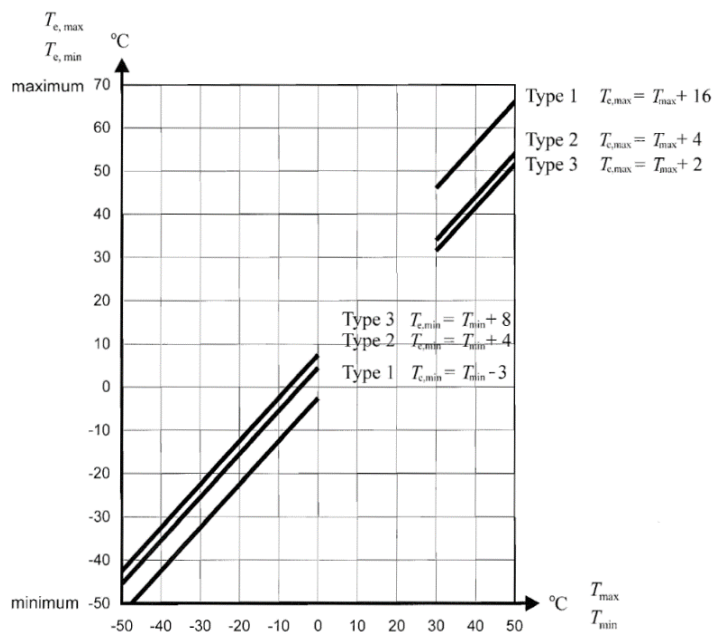
$$T_{\min,50} = -21,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Življenjska doba obravnavanega objekta mora znašati 100 let. Pretvorba vrednosti najvišje in najnižje temperature zraka na daljšo povratno dobo se izvede v skladu z dodatkom A k standardu SIST EN 1991-1-5.

$$T_{\max,100} = +39,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min,100} = -24,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Efektivni vrednosti temperature v mostu  $T_{e,\max}$  in  $T_{e,\min}$  sta odvisni od tipa nosilne konstrukcije.



Slika 16: Zveze med zunanjo temperaturo zraka v senci ( $T_{min}/T_{max}$ ) in temperaturo mostu ( $T_{e,min}/T_{e,max}$ )

Preklado v skladu s SIST EN 1991-1-5 uvrstimo v tip 2 (sovprežna preklada). Efektivni vrednosti temperature sta:

$$T_{e,max} = T_{max} + 4^{\circ}C = 39,6^{\circ}C + 4^{\circ}C = 43,6^{\circ}C$$

$$T_{e,min} = T_{min} + 4^{\circ}C = -24,3^{\circ}C + 4^{\circ}C = -20,3^{\circ}C$$

Za temperaturo mostu pri njegovi izgradnji  $T_0$  upoštevamo vrednost  $10^{\circ}C$ . Vrednosti enakomerne temperaturne spremembe v prekladi tako znašata:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 43,6 - 10,0 = 33,6^{\circ}C$$

$$\Delta T_{N,con} = T_{e,min} - T_0 = -20,3 - 10,0 = -30,3^{\circ}C$$

Za dimenzionirane ležišč in dilatacij se pri prekladi upošteva še dodatno povečanje enakomerne temperaturne spremembe (vrednosti veljajo v primeru nepoznavanja temperature vgradnje):

$$\Delta T_{N,exp,b} = \Delta T_{N,exp} + 20$$

$$\Delta T_{N,con,b} = \Delta T_{N,con} - 20$$

### 8.7.2 Neenakomerna temperaturna sprememba

Vpliv neenakomerne temperaturne spremembe v prekladi in elementih krajnih opornikov upoštevamo po pristopu št. 1, ki predvideva obremenitev s temperaturnim gradientom po višini elementa. Vrednosti temperaturnih sprememb v prekladi je potrebno pri tem korigirati še s faktorjem  $k_{sur}$ , ki je odvisen od debeline zaključnega sloja.

Vrednosti neenakomerne temperaturne spremembe v prekladi znašata:

$$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}C \cdot k_{sur} = 15^{\circ}C \cdot 0,8 = 12,0^{\circ}C$$

$$\Delta T_{M,cool} = (-18^{\circ}C) \cdot k_{sur} = (-18^{\circ}C) \cdot 1,2 = -21,6^{\circ}C$$

Vrednosti neenakomerne temperaturne spremembe v stenah krajnih opornikov in vmesnih podpor znašata:

$$\Delta T_{M,heat} = 15,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = -15,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vrednosti neenakomerne temperaturne spremembe v stebrih vmesnih podpor znašata:

$$\Delta T_{M,heat} = 5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = -5,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vse predhodno navedene temperaturne spremembe v betonskih elementih v izračunih reduciramo s faktorjem 0,6, s čimer zajamemo vpliv razpokanosti betona.

### 8.7.3 Kombiniranje vpliva enakomerne in neenakomerne temperaturne spremembe

Enakomerno in neenakomerno temperaturno spremembo kombiniramo na naslednja dva načina:

$$\Delta T_{M,max} = \Delta T_{M,heat} (\text{ali } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \cdot \Delta T_{N,exp} (\text{ali } \Delta T_{N,con})$$

$$\Delta T_{N,max} = \omega_M \cdot \Delta T_{M,heat} (\text{ali } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} (\text{ali } \Delta T_{N,con})$$

Pri tem dobimo s prvim izrazom največje upogibne deformacije, z drugim pa največje osne deformacije. Priporočeni vrednosti za kombinacijska faktorja sta  $\omega_N = 0,35$  in  $\omega_M = 0,75$ .

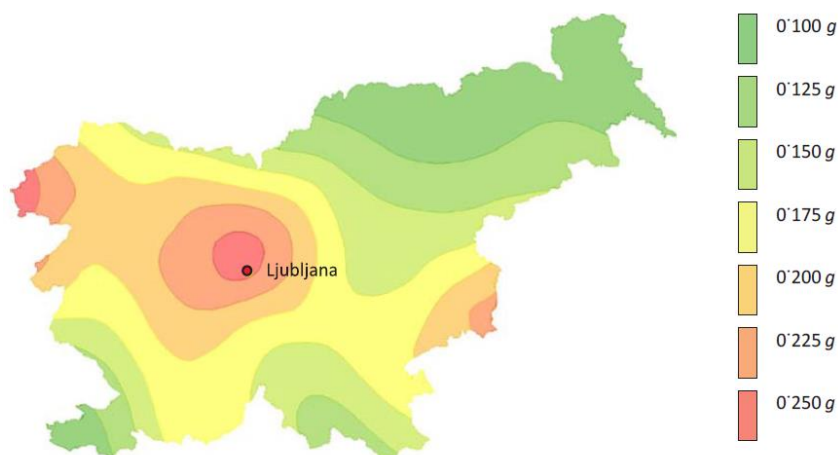
## 8.8 Potresni vpliv

Potresni vpliv določimo v skladu z standardom SIST EN 1998-1 in SIST EN 1998-2. Vodoravni projektni pospešek temeljnih tal za povratno dobo 475 let na izbrani lokaciji znaša:

$$a_g = 0,25 \text{ g}$$

Vertikalni projektni pospešek temeljnih tal pa je enak:

$$a_{gv} = 0,9 \cdot a_g = 0,225 \text{ g}$$



Slika 17: Projektni pospešek temeljnih tal za povratno dobo 475 let

Temeljna tla spadajo v tip tal C, za katerega se kot faktor temeljnih tal upošteva vrednost 1,15.

Glede na pomembnost mostov v smislu nevarnosti za človeška življenja v primeru njihove porušitve, ekonomske škode ter v smislu zagotavljanja komunikacijskih povezav v času tik po potresu, razvrščamo mostove v tri razrede pomembnosti. Obravnavano most uvrstimo v razred pomembnosti III (visoka pomembnost), za katerega se upošteva vrednost  $\gamma_I = 1,3$ .

Za dimenzioniranje je izbran razred duktilnosti DCM, faktor obnašanja pa je odvisen od elementa konstrukcije. Za temelje ter krajne opornike se upošteva vrednost 1,0, za vse ostale elemente nosilne konstrukcije pa vrednost 1,5.

Kot masa se upošteva celotna lastna in stalna obtežba, ter navidezno stalni del sprejemljive obtežbe. Pri železniških mostovih se upošteva  $\psi_{2,1} = 0,3$  in pa obtežba zgolj na enem tiru.

## 8.9 Vpliv relativnih pomikov podpor

Upoštevamo možnost diferenčnih posedkom med posameznimi podporami preklade. Kot možen posedek pilotov, ki se upošteva v kombinacijah za mejno stanje nosilnosti, upoštevamo vrednost 10 mm, kot verjeten posedek pilotov, ki se upošteva v kombinacijah za mejno stanje uporabnosti, pa vrednost 5 mm.

## 8.10 Reologija betona

Vpliv lezenja in krčenja betona na obremenitve in pomike posameznih elementov nosilne konstrukcije je upoštevan neposredno v programu SOFISTIK.

## 9 ZAKLJUČNE OPOMBE

V primeru kakršnih koli odstopanj od v projektni dokumentaciji navedenih podatkov oz. zahtev se je potrebno posvetovati s projektantom gradbenih konstrukcij.