

PROJEKTIRANJE IN GRADNJA VIADUKTA SEJANCA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE VIADUCT SEJANCA

Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad.

dusan.rozic@ponting.si

Ponting

Leon Ruhitel, grad. teh.

leon.ruhitel@pomgrad.si

Pomgrad

Iztok Likar, univ. dipl. inž. grad.

iztok.likar@freyssinet-adria.si

Freyssinet Adria

Tadej Valenko, mag. inž. grad.

tadej.valenko@pomgrad.si

Pomgrad

Strokovni članek

UDK 624.012.45+624.21.037

(479.4Sejanca)

Povzetek | V prispevku sta prikazani zgodovina projektiranja in gradnje ter končna tehnična rešitev viadukta Sejanca na glavni cesti G1-2 Hajdina–Ormož. Viadukt je prednapeta AB-konstrukcija skupne dolžine 195 m, ki je zgrajen po tehnologiji gradnje z narivanjem. Začetki projektiranja viadukta segajo v leto 1999, ko so bili izdelani IDP, leta 2000 pa je bil prvi izvajalski razpis za gradnjo, ki je bil v letu 2001 razveljavljen. V letu 2009 je bila ponovno sklenjena izvajalska pogodba, gradnja pa je bila zaradi stečaja izvajalcev prekinjena. Leta 2018 je bil ponovni razpis za gradnjo viadukta. Izvajalec je po uvedbi v delo ugotovil, da pri elektrifikaciji in rekonstrukciji železniške proge niso bili upoštevani ustrezni odmiki od stebra v osi 6, tako da ni možno izvesti stebra v skladu s projektno dokumentacijo. Zaradi tega je projektant v dogovoru z naročnikom izdelal novo projektno dokumentacijo, na podlagi katere se je viadukt zgradil.

Ključne besede: most, prednapeta konstrukcija, tehnologija narivanja, potres, lončna ležišča

Summary | The article presents the history of design and construction as well as the final solution of the viaduct Sejanca on the main road G1–2 Hajdina – Ormož. The viaduct was design as prestressed concrete structure with the total length of 195.0 m, built with ILM. The design of the viaduct started in 1999, when the preliminary design was finished. The first public tender for construction was in 2000 and was cancelled in 2001. In 2009, a new contract for construction was signed, but the construction stopped due to contractor bankrupt. In 2018, a new invitation to tender was published. At the beginning of the construction the contractor found that the electrification and reconstruction of the railway line did not take into account the corresponding deviations from the pier in axis 6. Thus, the pier cannot be constructed in accordance with the design documentation. Because of this, the designer, in agreement with the client, created new design documentation, on the basis of which the viaduct was built.

Key words: bridge, prestressed structure, incremental launching method – ILM, seismic, pot bearing

1 • UVOD

Začetki projektiranja viadukta Sejanca, ki je del glavne ceste G1-2 Hajdina–Ormož segajo v leto 1999, ko so v Inženirskem biroju Ponting, d. o. o. (projektant), izdelali projektno dokumentacijo faze IDP/PZR, ki je bila osnova za prvi razpis za gradnjo konec leta 2000. Izbrano je bilo podjetje SCT, d. d., s katerim je bila podpisana pogodba, žal pa je vlada odsek črtala iz letnega programa, tako da je bila gradnja ustavljena. Leta 2008 je bila zaradi sprememb v zakonodaji – uvedba

Investitor DARS, d. d., je v letu 2018 objavil razpis za dokončanje gradnje viadukta Sejanca, katerega gradnja se je prekinila zaradi stečaja prvotnega izvajalca v letih 2009–2010. Na razpisu je del pridobilo podjetje Pomgrad, d. d., iz Murske Sobote (preglednica 1).

1.1 Obstoječe stanje

Izvajalec je po uvedbi v delo na terenu izvedel zakoličbo obstoječega stanja, na podlagi katere je ugotovil, da je bila v sklopu

Zaradi tega je bil predlagan premik podpore 6 za 3 m v smeri proti podpori 5. Hkrati pa je izvajalec predlagal spremembo lokacije naravnih postaje z lokacije za opornikom 7 na lokacijo za opornikom 1 zaradi novega, večjega razpona med osjo 6 in 7 in med tem časom naknadno elektrificirane proge.

Za izdelavo projektne dokumentacije PZI je bilo s strani izvajalca izbrano Podjetje Ponting, d. o. o. V sklopu izdelave novelirane projektne dokumentacije PZI so bile upoštevane tudi vse spremembe veljavne zakonodaje.



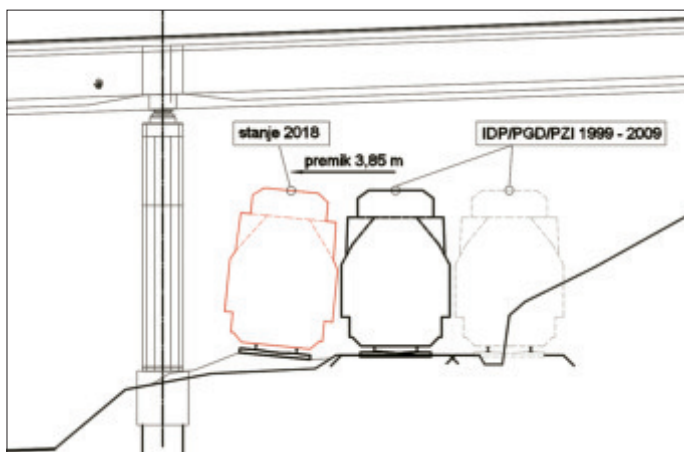
Slika 1 • Piloti vmesnih podpor septembra 2018.



Slika 2 • Opornik v osi 7 marca 2019.

Evrokodov – narejena novelacija projektne dokumentacije IDP/PZR, ki je bila podlaga za nov razpis za gradnjo. Izbrani izvajalec je

modernizacije železniške proge Pragersko–Hodoš leta 2015 izvedena rekonstrukcija železniške proge v območju prečkanja via-



Slika 3 • Premik tira železniške proge v letu 2015.

bil Vegrad, d. d., ki mu je uspelo v dveh letih izdelati samo pilote v vmesnih podporah 2–5 (slika 1) ter delno opornik v osi 7 (slika 2), nato pa je bila gradnja zaradi stečaja podjetja Vegrad prekinjena.

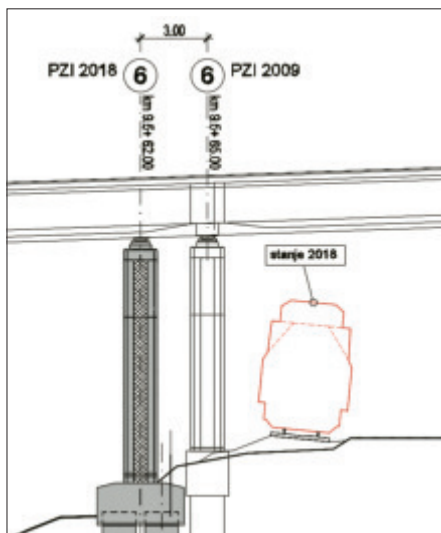
dukta Sejanca tako, da se je obstoječi železniški tir premaknil k projektirani podpori št. 6 viadukta Sejanca za 3,85 m, zato ni bilo možno izvesti stebra v skladu z obstoječo projektno dokumentacijo PZI (slika 3).

Naziv	Viadukt Sejanca
Lokacija	G1-2 Hajdina–Ormož
Naročnik/Investitor	DARS, d. d.
Projektant	Ponting, d. o. o. – novelacija projekta, faza PZI
Izvajalec	Pomgrad, d. d.
Inženir	DRI upravljanje investicij, d. o. o.

Preglednica 1 • Osnovni podatki o viaduktu in sodelujočih.

2 • ZASNOVA IN ZNAČILNOSTI SPREMENJENE KONSTRUKCIJE

- Sprememba nivoja zadrževanja varnostne ograje s H2 na H4b. Zaradi širine nove odbojne ograje, ki je širša od predvidene



Slika 4 • Prestavitev stebra v osi 6.

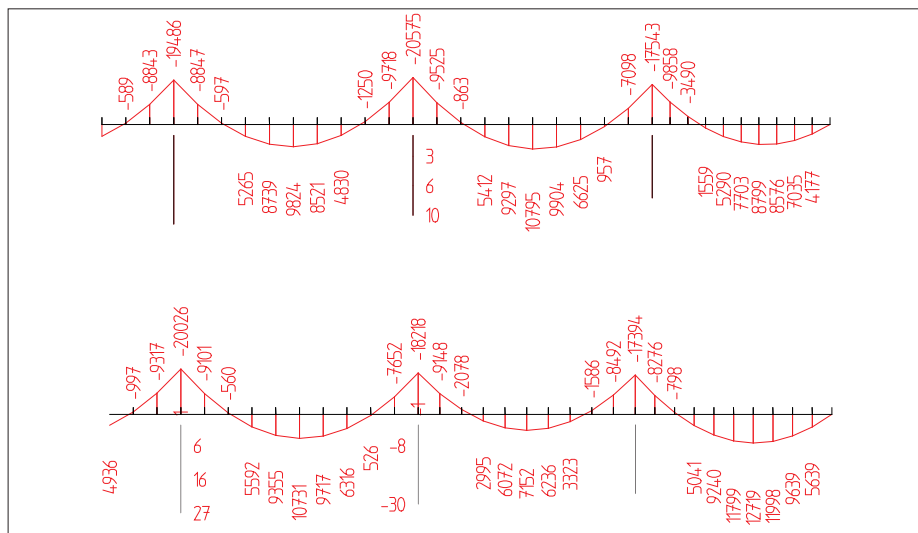
Trasa nove glavne ceste Gorišnica–Ormož poteka v ravnini potokov Pesnice in Sejanca. Nato se dvigne do priključka Ormož, ki je v gričevju med Mihovci in Ormožem, severno od železniške proge Pragersko–Ormož. Na tem mestu je viadukt Sejanca, ki premošča potok Sejanca in železniško povezavo na višini 8–18 m nad terenom ter v dolžini slabih 200 m. Predvidena tehnologija gradnje je z narivanjem, vlečenjem konstrukcije iz smeri opornika v osi 1.

Nosilna konstrukcija je zasnovana kot kontinuirana prednapeta betonska konstrukcija votlega škatlastega prereza s poševnima stojinama z razponi $26 + 3 \times 35 + 32 + 29 = 192$ m.

Pod objektom poteka železniška povezava Pragersko–Ormož, ki je bila v letu 2015 v sklopu modernizacije elektrificirana, hkrati pa se je os tira premaknila za 3,85 m proti stebri v osi 6. Zaradi tega izvedba podpore na predvidenem mestu ni bila možna, zato je bilo treba podporo premakniti za 3,0 m v smeri podpore 5 (slika 4).

2.1 Vpliv prestavitve stebra na notranje statične veličine

Zaradi prestavitve podpore v osi 6 za 3,0 m v smeri podpore 5 se spremeni idealno razmerje med tipičnim in krajnim razponom pri kontinuirnih gredah s konstantno togostjo, ki znaša $1,00 : 0,75$, kar znaša pri viaduktu Sejanca $35,0 : 26,0$ m. Pri spremenjeni dispoziciji je razmerje razponov $32,0 : 29,0$ m oz. $1,0 : 0,90$.



Slika 5 • Vpliv spremenjene lege podpor na upogibne momente.

Sprememba razpona ima vpliv v zadnjem (krajnem) razponu, kjer so se upogibni momenti povečali iz 8800 kNm na 12.700 kNm ali za 44 %, v sosednjem kontinuirnem razponu pa so se upogibni momenti zmanjšali z 10.800 kNm na 7150 kNm oz. za 34 % (slika 5). Podobna razmerja veljajo tudi za ostale obtežbe.

2.2 Lokacija narivne postaje

Zaradi prestavitve stebra v osi 6 so se spremenili pogoji v zadnjih dveh poljih prekladne konstrukcije. Posledično bi bili upogibni momenti v prekladni konstrukciji v polju 6 večji za ca. 44 % in bi zahtevali dodatne kable. Da ne bi bilo treba celotne prekladne konstrukcije narivati čez elektrificirano železniško progo, se je lokacija narivne postaje prestavila za opornik v osi 1. Značilnosti te odločitve so:

- narivanje navzgor v vzponu 3,5 % zahteva večje potisne sile, ocenjeno 10 % G (ca. 3,8 MN) pri prvem potisku in 5,0–6,0 % (ca. 2,0 MN) med narivanjem;
- zadrževanje konstrukcije je omogočeno s sistemom narivanja;
- večje horizontalne sile v fazi narivanja, ki delujejo na stebre in so manjše od potresnih obremenitev;
- ni zahtev po dodatnih kablilih za prednapenjanje v prvih dveh taktih.

2.3 Prilagoditve konstrukcije veljavni predpisom

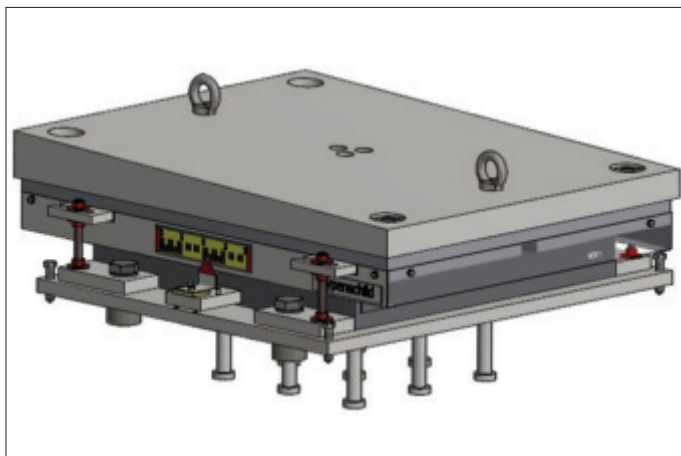
Projektna dokumentacija je bila prilagojena veljavni zakonodaji in smernicam, ki jih je izdal investitor:

v osnovnem projektu za 15 cm, je treba robni venec s 35 cm razširiti na 50 cm, s čimer se zagotovi ustrezna širina hodnika za vzdrževanje, ki je minimalne širine 75 cm.

- Sprememba sheme prometne obtežbe z DIN FB 101 na SIST EN 1991-2.
- Upoštevanje zahtev glede potresnih obremenitev v skladu s SIST EN 1998 za konstrukcije ter SIST EN 1337 za ležišča.

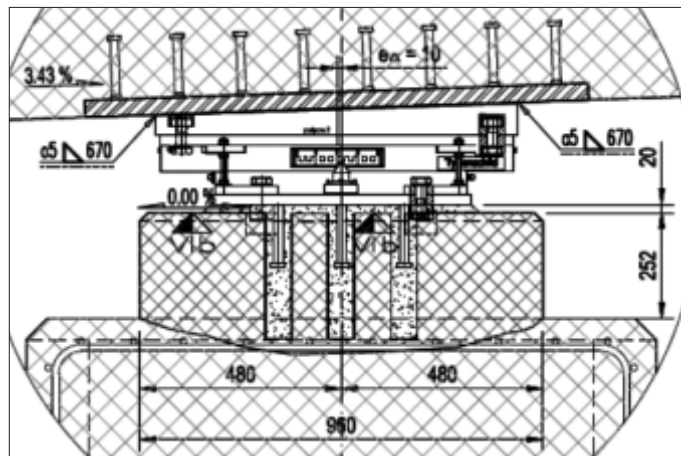
Tehnologija narivanja je glede vgradnje ležišč specifična, ker se med gradnjo uporabljajo začasna ležišča, ki pa jih je potem za fazo uporabe treba zamenjati s stalnimi ležišči. Slovenija je na potresnem območju $\geq 0,1g$, tako da v skladu s SIST EN1998, posebej pa SIST EN 1337-1 v skladu s točko 5.2, ni dovoljen prenos horizontalnih sil, ki so posledica dinamičnih obremenitev preko trenja, kot smo v preteklosti prakticirali. Način vgradnje ležišč, kjer se zahteva sidranje (to mora biti praksa pri vseh mostovih v Sloveniji), pri narivanih konstrukcijah ne more biti identičen vgradnji ležišč pri konstrukcijah, zgrajenih po drugih tehnologijah, ker ni možno naknadno vgraditi sidrnih elementov v že zgrajeno konstrukcijo.

Zaradi tega smo v preteklosti poiskali rešitve, ki omogočajo tudi takšno izvedbo in je predlagana tudi za viadukt Sejanca. Ideja te rešitve je v tem, da se na stebri ležišča vgradi v predhodno puščene utore v ležiščni blazini, v prekladno konstrukcijo pa se vgradi večja sidrna plošča, na katero se privari



Slika 6 • Lončno enostransko pomično ležišče.

ležišče, ki ima zaradi tega dodatno zgornjo ploščo (sliki 6 in 7). Rega med sidrno ploščo in ležiščem se zapolni z injekcijsko



Slika 7 • Shema vgradnje stalnega ležišča.

malto, preko katere se prenašajo navpične obremenitve. Vodoravne obremenitve pa se prenašajo preko bočnih pločevin, ki so

privarjene na sidrno ploščo, vgrajeno v prekladno konstrukcijo, ter dodatno ploščo, na katero je privijačeno ležišče.

3 • POTEK GRADNJE



Slika 8 • Pogled iz zraka na zaraščeno gradbišče.

3.1 Priprava gradbišča za dokončanje objekta

Ob pričetku del za dokončanje objekta, ki jih je izvajalo podjetje Pomgrad, d. d., je bilo treba najprej očistiti in pregledati obstoječe



Slika 9 • Gradbišče po odstranitvi rasti in izkopu obstoječih elementov viadukta.

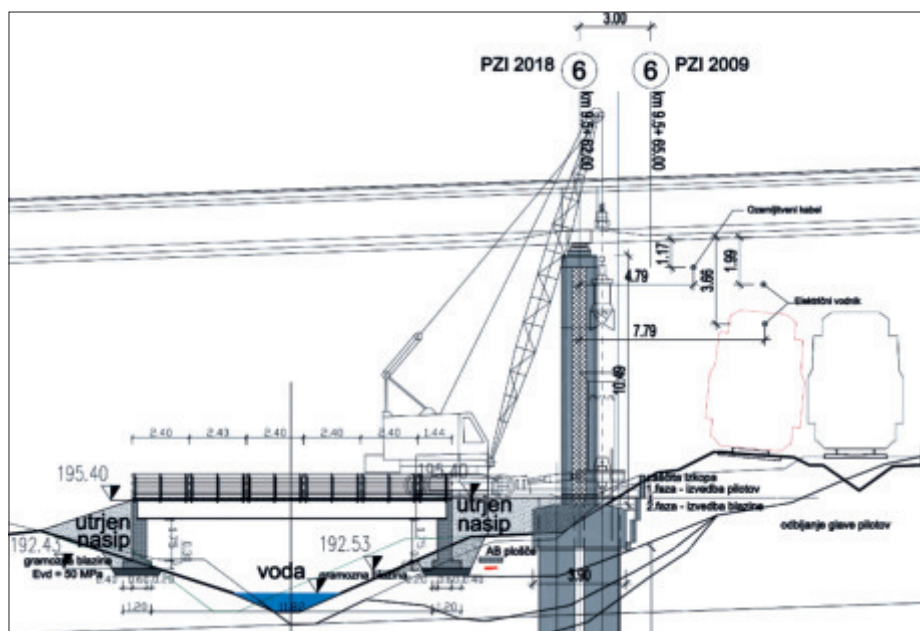
elemente, ki so bili izvedeni v predhodnih poskusih gradnje viadukta. Dostope do gradbišča je bilo treba ponovno urediti, odstraniti rastje, ki je prekrilo gradbišče, ter izkopati

gradbene jame, v katerih so bili obstoječi piloti in temeljna plošča opornika v osi 1 (sliki 8 in 9). Izvedla se je tudi ponovna zakoličba objekta, pri čemer je bilo ugotovljeno odstopanje med umestitvijo železniške proge pri projektih PZI in lokacijo proge v naravi, saj je bila ta med elektrifikacijo in rekonstrukcijo premaknjena. Stebra v osi 6 tako ni bilo možno izvesti, ker odmiki od proge niso bili ustrezni, in je bila potrebna sprememba projektov, ki jih je po naročilu investitorja izdelalo podjetje Ponting.

3.2 Temeljenje objekta

Po pripravi gradbišča za nadaljevanje gradnje se je izvedlo globoko temeljenje objekta. Objekt je temeljen na pilotih Benotto, ki imajo premer 150 cm in segajo med 8 in 12 m v globino. Piloti v oseh 3, 4, 5 in 7 so bili že izvedeni in jih je bilo treba le sanirati, preostale pilote pa je bilo treba izvesti v celoti. Zaradi prestavitve stebra v osi 6 je bil otežen dostop do lokacije pilotov v tej osi, saj se nahaja med železniško progo in potokom. Težava se je reševala z začasnim mostom čez potok Sejanco (sliki 10 in 11). Za začasni most sta se ob brežinah potoka zgradila betonska opornika, preko katerih so se položili 14 m dolgi jekleni nosilci HEB 800. Začasni objekt se je pozneje uporabljal tudi za transport opažev in betona do stebra 6.

Pred izvedbo pilotov v osi 1 je bilo na gradbišče treba dostaviti in vgraditi gramoz za nasip, na katerem sta opornik in delavnica za narivanje. Za preprečitev pomikanja delavnice v času gradnje viadukta je bilo prav tako potrebno globoko temeljenje. Pri



Slika 10 • Začasni most čez potok Sejanca.



Slika 11 • Izvedba pilotov Benotto v osi 6.

temeljenju delavnice se je uporabilo 12 pilotov premera 80 cm, ki segajo 11 m v globino.

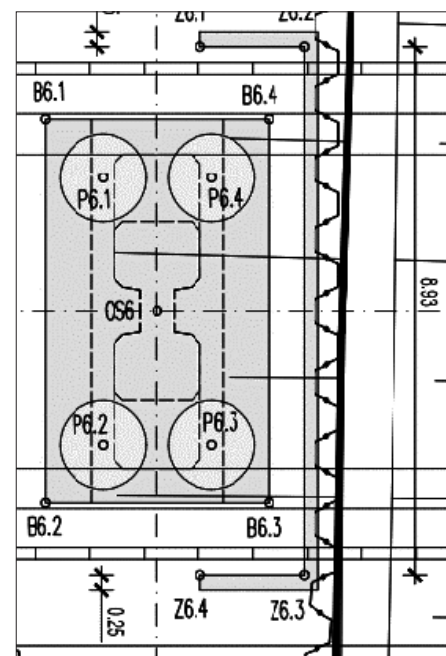
3.3 Spodnja konstrukcija

Na dokončane pilote so se izvedle temeljne blazine podpor. Na vmesnih podporah v oseh 2–5 so pravokotne oblike, obe stranici merita 6,5 m, visoke pa so 2 m. Ves čas gradnje temeljnih plošč so se iz gradbenih jam črpale podtalne vode, ki so segale nad dno plošč. V osi 6 se je zaradi bližine železniške proge zgradil podporni zid, ki je preprečeval porušitev in posedanje ustroja proge v gradbeno jamo (sliki 12 in 13).

Stebri objekta segajo od 9,5 m do 13,0 m v višino in so dimenzij 1,5 m v vzdolžni smeri ter 3 m v prečni smeri, vendar se v zadnjih 3 m, kjer prekladna konstrukcija nalega nanje preko ležišč, razširijo. Betonaže so potekale v treh fazah (slike 14, 15 in 16):

1. faza – do višine 5 m,
2. faza – preostanek stebra do razširitve,
3. faza – razširitev stebra.

Pred pričetkom gradnje prekladne konstrukcije po sistemu postopnega narivanja sta se dogradila še temeljna plošča opornika in delavnica za narivanje v osi 1 (sliki 17 in 18). Temeljna plošča opornika, preko katere se izvaja narivanje vseh taktov prekladne konstrukcije, je temeljena na sedmih pilotih in meri 2 m v globino. Za izbrano tehnologijo grajenja mostov se je ob oporniku zgradila še narivna



Slika 12 • Podporni zid v osi 6.

delavnica, v kateri se zgradijo posamezni segmenti prekladne konstrukcije. Za dela, ki so se opravljala v osi 1 med gradnjo, je bil postavljen žerjav, s pomočjo katerega so se izvajali transporti materialov in opreme ob gradnji viadukta.

Temeljno ploščo opornika v osi 7, ki jo je izvedel Vegrad, je bilo treba sanirati. Okrog opornika se je najprej odstranila plast zemljine, ki se je s pobočja usula nanj (slika 19). Po odstranitvi zemljine je sledilo čiščenje konstrukcije s pomočjo visokotlačnega čistilnika (slika 20). Ker se je s projektom sanacije opornika predvidelo dobetoniranje in prilagoditev konstrukcije novim PZI-projektom, je sledilo sidranje armature v opornik, pri čemer so se izvrtale odprtine, v katere so se s pomočjo injekcijske malte vgradila sidra (slika 21). Stene in krila opornikov so bili dograjeni po končanem narivanju prekladne konstrukcije.



Slika 13 • Temeljna blazina v osi 6.



Slika 14 • Opaž spodnjega dela stebra.



Slika 15 • Opaž vmesnega dela stebra.



Slika 16 • Opaž razširjenega zgornjega dela stebra.



Slika 17 • Gradnja opornika v osi 1.



Slika 18 • Gradnja narivne delavnice v osi 1.



Slika 19 • Delno zasut opornik v osi 7.



Slika 20 • Čiščenje betonskih površin z vodnim curkom.



Slika 21 • Vrtanje lukenj za sidrno armaturo.

4 • TEHNOLOGIJA GRADNJE – SISTEM POSTOPNEGA NARIVANJA – VLEČENJE

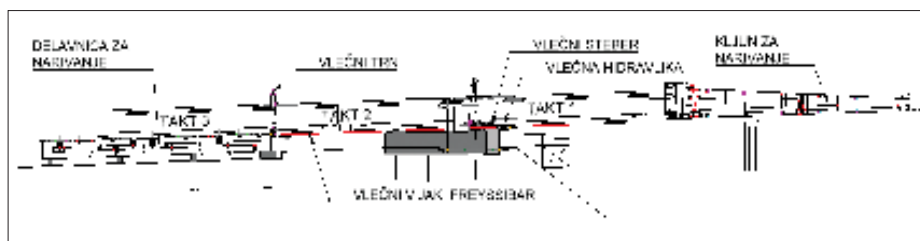
Narivanje prekladne konstrukcije je za glavnega izvajalca del Pomgrad, d. d., izvajalo podjetje Freyssinet Adria SI, d. o. o., ki razpolaga z vso potrebno opremo za gradnjo prekladne konstrukcije z narivanjem – točneje, vlečenje.

Prekladna konstrukcija je v konstantnem vzdolžnem naklonu 3,43 %. Klasična dvizno-potisna tehnologija, kjer se z dvigom preklade zagotovi zadostno trenje za potisk preklade, pri takem vzdolžnem naklonu ni več primerna. Zato je bil uporabljen alternativni sistem vlečenja s pomočjo palic z navojem in votlih hidravličnih cilindrov.

4.1 Osnovni elementi tehnologije narivanja

Sila vlečenja se na preklado prenaša z navojnimi palicami iz visokovrednega jekla Freyssibar FB50, ki se vpenjajo v prekladno konstrukcijo preko posebnega jeklenega vlečnega trna, ki prebada prekladno konstrukcijo kot moznik. Na drugi strani gredo vlečni vijaki

cilindrov in jeklenih HEB-nosilcev različnih dimenzij, na katere se pritrdi opaž prekladne konstrukcije.



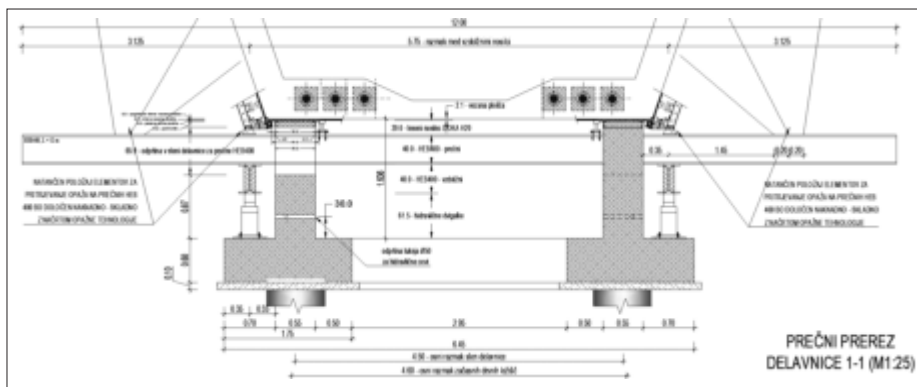
Slika 22 • Shema osnovnih elementov tehnologije vlečenja.

skozi votle hidravlične cilindre, ki se opirajo na začasni vlečni stebel, ta pa na krajni opornik (slika 22).

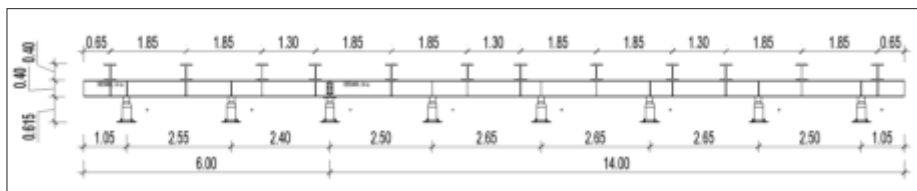
4.1.1 Delavnica za narivanje

Delavnico za narivanje sestavljajo armiranobetonska temeljna brana z drsnimi stenami, jeklena podkonstrukcija in opaž prekladne konstrukcije (slika 23). Dolžina delavnice in opaža je bila prilagojena najdaljšemu taktu. Jeklena podkonstrukcija predstavlja sistem za dviganje in spuščanje opaža in je sestavljena iz hidravličnih

Drzne stene delavnice potekajo v premi navzgor skladno z vzdolžnim naklonom prekladne konstrukcije in so na vrhu obložene z jeklenimi drsnimi ploščami debeline 20 mm, ki morajo slediti niveleti dna prekladne konstrukcije z veliko natančnostjo s čim manj odstopanji. V stenah delavnice so pravokotne luknje, ki služijo za prehod prečnih jeklenih profilov (HEB400, L = 12 m), ki nalegajo na dva glavna vzdolžna jeklena nosilca (HEB400, L = 14+6 m), ta pa sta podprta z ustreznim številom hidravličnih dvigalk (slika 24) us-



Slika 23 • Delavnica za narivanje – prečni prerez.



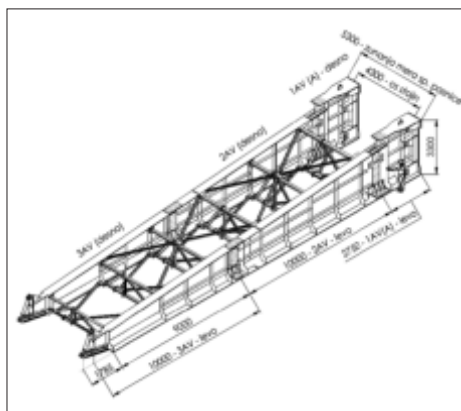
Slika 24 • Vzdolžni nosilec HEB400 ter razpored prečnih nosilcev in dvizhnih cilindrov.



Slika 25 • Pogled na končano delavnico za narivanje.

trezne kapacitete in hoda (8+8 kos., kapaciteta. 62 ton, 12 cm hoda). Razpored nosilcev

je prilagojen sistemskemu opažu (slika 25), ki se namesti na jekleno podkonstrukcijo.



Slika 26 • Kljun za narivanje.



4.1.2 Kljun za narivanje

Uporabljena je bila skrajšana varianta kljuna, katerega lastnik je podjetje Freyssinet, dolžine 22,75 m (skupaj z dviznimi sanmi spredaj 23,55 m), 530 cm širine (osno 430 cm) in maksimalne višine 330 cm. Skupna teža sestavljenega kljuna je ca. 50 ton.

Kljun se je deloma zmontiral na delovnem platoju, večinoma pa na začetni lokaciji v delavnici in na začasnih podporah. Zaradi situacije na terenu (nasip) se je za montažo uporabilo 200-tonsko avtodvigalo z obremenitvijo 17,5 tone na ročici 28 m. Kljun se je na prekladno konstrukcijo pritrdil kontaktno z zobatimi čelnimi pločevinami in visokovrednimi navojnimi palicami Freyssibar premera 50 mm ($2 \times (6+2) = 16$ vijakov), ki so se po betonaži 1. segmenta prednapeli na 1250 kN (spodaj) oziroma 1290 kN (zgoraj). S tem se je zagotovilo stalno stanje kompresije v stiku kljuna z betonom.

4.1.3 Vlečni hidravlični cilindri

Freyssinet Adria med drugim razpolaga z opremo za vlečenje prekladne konstrukcije z »neskončnim« vijakom, kar je eden od podtipov tehnologije narivanja. Uporabljeni so bili štirje votli vlečni hidravlični cilindra kapacitete 1500 kN pri 700 barih in hoda 60 cm. Skupna vlečna sila je bila 6000 kN (slika 27).

4.1.4 Vlečni vijaki Freyssibar

Za vlečne palice so se uporabile navojne palice iz visokovrednega jekla tipa Freyssibar FB50 z nominalnim premerom 50 mm (razred jekla 835/1030 N/mm², $F_{pk} = 2022$ kN, $F_{p0,1\%} = 1640$ kN, $F_{dop.} = 1475$ kN ($0,8 \times F_{p0,1\%}$)). Palice dolžine 5,8 m se spajajo s tipskimi spojkami, vnos sile pa poteka preko sidrnih plošč in sferičnih matic (slika 27).



Slika 27 • Vlečni votli hidravlični cilindri z vijaki Freyssibar.

4.1.5 Vlečni trn

Vlečni trn je jekleni element za prenos sil iz vlečnih palic v prekladno konstrukcijo, ki

narivanja/vlečenja. Uporabljale so se lesene vezane opažne plošče debeline 9 mm na delavnici za narivanje in armirane elasto-



Slika 28 • Dela vlečnih trnov, ki segata izpod spodnje plošče prekladne konstrukcije.

se vpne skozi ojačane odprtine v spodnji in zgornji plošči prečnega prereza na koncu posamezne kampade. Na spodnji strani sega trn s prekladne konstrukcije (slika 28), na razdalji 20 cm od dna prekladne konstrukcije pa ima luknje za pritrdjevanje dveh vlečnih vijakov Freyssibar. Na viaduktu Sejanca sta se uporabljala 2 vlečna trna za vlečenje s 4 vijaki.

4.1.6 Drsne plošče

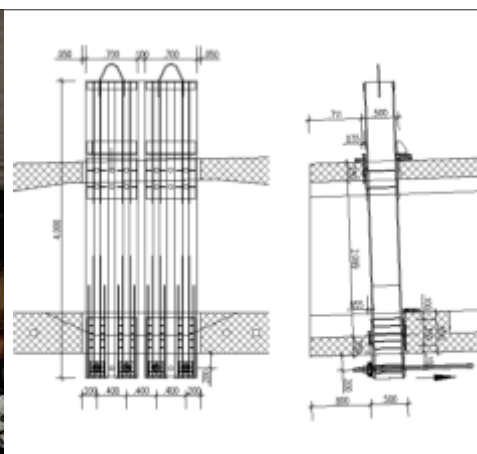
Drsne plošče med prekladno konstrukcijo, začasnimi ležišči in delavnico za narivanje so ključnega pomena za uspešno izvedbo

merne podložne plošče debeline 13 mm, ki so na eni strani prevlečene z 1,5 mm debelo ploščo PTFE (teflon) (slika 29). PTFE-površina se namaže z mastjo, plošča pa se položi z namazano PTFE-stranjo na začasna drsna ležišča. Guma na zgornji strani podložne plošče poskrbi za dober oprijem na dnu prekladne konstrukcije. Med vlečenjem preklade se krožno izmenično podlaga plošče na začasna ležišča. Z ustrezno frekvenco podlaganja je treba zagotoviti konstantno podloženost prekladne konstrukcije. Sproti in po potrebi se med postopkom narivanja plošče dodatno mažejo z mastjo.

4.1.7 Začasna ležišča in bočna vodila

Za potrebe vlečenja viadukta se na podporah/stebrih preko stalnih ležiščnih blokov izdelajo začasni ležiščni AB-bloki. Skladno s PZI je treba dosledno upoštevati podane višinske kote prednjega in zadnjega roba začasnih ležiščnih blokov, saj ti določajo višinsko linijo potovanja prekladne konstrukcije preko podpor v fazi narivanja. Preko ustrezno izvedenih začasnih ležiščnih blazin AB se položi elastomerna podloga debeline 2 cm, nanjo pa se položi začasno jekleno drsno ležišče.

V fazi narivanja se prekladna konstrukcija drži v ustrezni vzdolžni smeri z začasnimi bočnimi vodili, ki imajo velik pomen zlasti pri prekladah

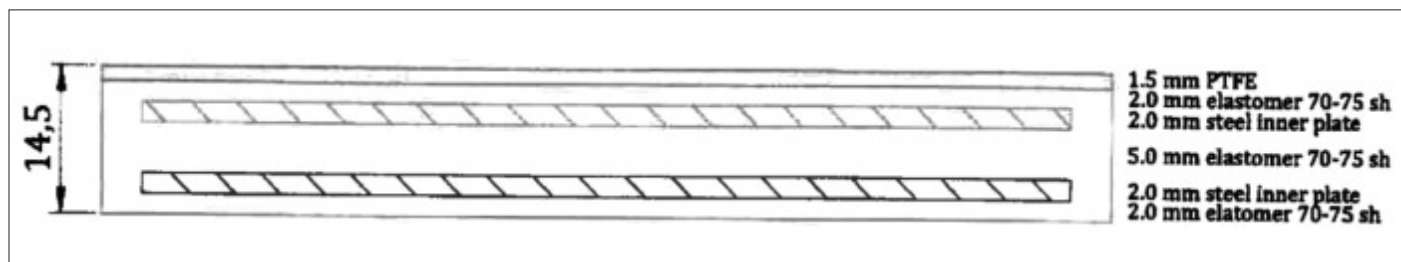


z vodoravno krivino. V primeru viadukta Sejanca, ki se nariva v premi, so se jeklena bočna vodila pritrdjevala na začasne ležiščne bloke (slika 30). Na izhodu iz delavnice za narivanje pa so bila izvedena betonska bočna vodila.

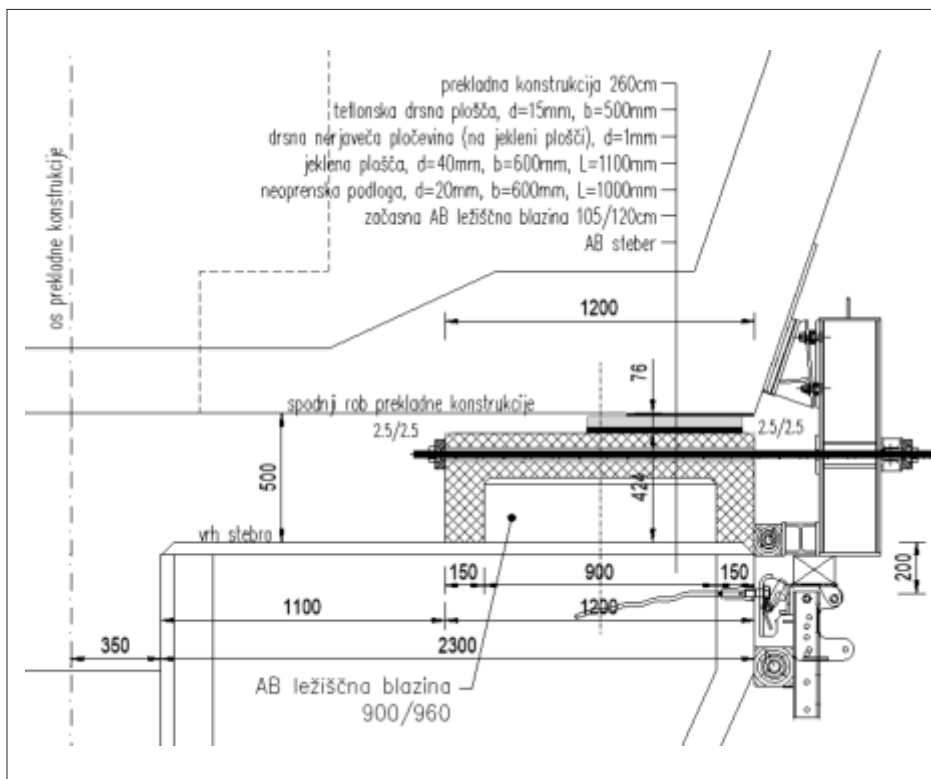
4.2 Potek izvedbe del

4.2.1 Takti

Zgornja konstrukcija objekta je kontinuirni nosilec preko 6 polj z razponom 26,0 + 3x35,0 + 32,0 + 29,0 m. Uporabljena je bila tehnologija vlečenja v 11 taktih dolžin 19,75 + 18,50 + 15,50 + 7x17,5 + 18,25 m. Narivanje se začne na predhodno pripravljeni spodnji



Slika 29 • Prečni presek elastomerne drsne plošče.



Slika 30 • Prečni prerez začasnega ležiščnega bloka z bočnim vodilom.

konstrukciji (delavnica za narivanje, opornik v osi 1, stebri v oseh 2 do 6 ter opornik v osi 7). Tipični sedemdnevni takt je potekal v običajnem zaporedju:

- Ponedeljek: napenjanje kablov, spuščanje delavnice in narivanje. Dvig zunanjega opaža s hidravliko, čiščenje opaža in točno uravnavanje.
- Torek: polaganje armature spodnje plošče in stojin – sten.
- Sreda: betoniranje spodnje plošče in stojin sten. Strjevanje in negovanje betona.
- Četrtek: odmik notranjega opaža sten, montiranje opažnih miz za zgornjo ploščo. Polaganje armature zgornje plošče in konzol.
- Petek: polaganje armature zgornje plošče in konzol. Betoniranje voziščne (zgornje) plošče s konzolami, strjevanje in negovanje betona.

- Sobota, nedelja: strjevanje in negovanje betona.

4.2.2 Narivanje – vlečenje

Vlečenje je potekalo z naslednjo opremo:

- 4 votli hidravlični cilindri (150 t/kos);
- 6 x vlečna jeklena vrv za prednapenjanje premera 15,7 mm in prečnega preseka 150 mm², sidrana v spodnjo ploščo 1. takta (izvlek 1. takta);
- posebne glave in zagozde za preprijemanje žice za prednapenjanje (izvlek 1. takta);
- 2–4 »vlečne« Freyssibar palice Ø50 (sestavljene iz palic dolžine 5,8 m – najdaljši sestavljeni vijak 4 x 5,8 m = 23,2 m)
- 2 x vlečni trn
- hidravlična črpalka ($p_{max} = 700$ bar).

Ker je naklon narivanja večji od koeficienta trenja med teflonskimi ploščami in začasnimi drsnimi ležišči, je treba preklado med narivanjem in v mirovanju varovati zaradi povratnega zdrsa, kar se pri povratnih hodih vlečnih cilindrov doseže z izmeničnim vračanjem le-teh. Prav tako se premik vlečnih trnov nazaj na naslednjo kampado izve izmenično – prvi trn se premešča, preklada pa je vpeta na drugem trnu. Ko se trn namesti na novi lokaciji, se ponovno montira vlečne vijake FB50 ter reakcijo prevzame na novi poziciji. Sledilo je premeščanje drugega trna.



Slika 31 • Narivanje 2. takta.

TAKT	L [m]	ΣG [t]	Vlečni pritisk [bar]	Število vlečnih cilindrov	Vlečna sila [t]	$F_{VLEP}/\Sigma G$ [%]	Koeficient lepenja [%]
Kljun	23,54	-	-	-	-	-	-
Takt 1	19,25	519	170	2	73	14,0%	10,6%
Takt 2	18,50	913	270	2	115	12,6%	9,2%
Takt 3	15,50	1244	380	2	162	13,1%	9,6%
Takt 4	17,50	1617	400	2	171	10,6%	7,1%
Takt 5	17,50	1990	450	2	192	9,7%	6,2%
Takt 6	17,50	2363	550	2	235	9,9%	6,5%
Takt 7	17,50	2736	350	3	224	8,2%	4,8%
Takt 8	17,50	3109	440	3	282	9,1%	5,6%
Takt 9	17,50	3482	480	3	308	8,8%	5,4%
Takt 10	17,50	3855	500	3	320	8,3%	4,9%
Takt 11	18,25	4243	600	3	385	9,1%	5,6%
Povprečni koeficient lepenja:							6,9%

Preglednica 2 • Vlečne sile in koeficienti lepenja po posameznih taktih.

TAKT	L [m]	ΣG [t]	Vlečni pritisk [bar]	Število vlečnih cilindrov	Vlečna sila [t]	$F_{VTR}/\Sigma G$ [%]	Koeficient trenja [%]
Kljun	23,54	-	-	-	-	-	-
Takt 1	19,25	519	100	2	43	8,2%	4,8%
Takt 2	18,50	913	130	2	56	6,1%	2,7%
Takt 3	15,50	1244	180	2	77	6,2%	2,8%
Takt 4	17,50	1617	210	2	90	5,5%	2,1%
Takt 5	17,50	1990	270	2	115	5,8%	2,4%
Takt 6	17,50	2363	300	2	128	5,4%	2,0%
Takt 7	17,50	2736	350	2	150	5,5%	2,0%
Takt 8	17,50	3109	360	2	154	4,9%	1,5%
Takt 9	17,50	3482	400	2	171	4,9%	1,5%
Takt 10	17,50	3855	450	2	192	5,0%	1,6%
Takt 11	18,25	4243	330	3	211	5,0%	1,6%
Povprečni koeficient trenja:							2,3%

Preglednica 3 • Vlečne sile in koeficienti trenja po posameznih taktih.

5 • ZAKLJUČKI

Zgodovina projektiranja in gradnje viadukta Sejanca je dolga že skoraj 20 let. V tem času so se menjali projektanti in izvajalci, preživeli smo krizo, ki jo je najbolj občutilo gradbeništvo s propadom večine izvajalskih podjetij, spreminjala se je zakonodaja.

Investitorju DARS, d. d., je z razpisom za dokončanje gradnje viadukta Sejanca (slika

32), objavljenem v letu 2018 z Izvajalcem Pomgrad, d. d., le uspelo zaključiti sago gradnje tega objekta, ki bo sestavni del glavne ceste G1-2 Hajdina–Ormož. Gradnja je potekala po metodi postopnega narivanja. Zaradi večjega vzdolžnega naklona narivanja navzgor je bila uporabljena tehnologija vlečenja z »neskončnim« vijakom, saj klasič-

4.2.3 Obremenitve med vlečenjem

Potrebna kapaciteta vlečenja je bila predhodno dimenzionirana glede na naklon narivanja in težo prekladne konstrukcije z upoštevanjem materialnih karakteristik kontaktnih površin in empiričnih podatkov o koeficientih trenja in lepenja pri predhodno izvedenih projektih. Med narivanjem so se beležili potrebni pritiski v hidravličnem sistemu, ki so bili potrebni za izvedbo vlečenja. Odločilni primer oziroma največja vlečna sila je potrebna na začetku posameznega vlečenja, ki se po prvem premiku (lepenje) postopoma zmanjšuje do končne vrednosti, ko premagujemo le še silo trenja in silo zaradi vzdolžnega naklona. Postopen prehod med maksimalno silo lepenja in silo trenja kaže na to, da potrebuje mast na drsnih stikih nekaj časa, da v polni meri opravi svojo drsno funkcijo, kar je gotovo tudi posledica tedenskega mirovanja med posameznimi narivanji. Največjo obremenitev za vlečno opremo predstavlja premik zadnjega takta iz delavnice za narivanje.

Dimenzioniranje kapacitet vlečne hidravlike je zaradi morebitnih nepredvidenih situacij običajno konservativno. Kot je razvidno iz preglednice 2, je bil dejanski koeficient lepenja pri začetnem premiku zadnjega takta precej nižje od konservativno ocenjenih 8 do 10 %, enako velja tudi za koeficient trenja (preglednica 3), ki smo ga konservativno ocenili na 3 do 4 %.

na dvizžno-potisna metoda ni bila primerna. Metoda vlečenja se je pokazala za uspešno in primerno metodo, ki omogoča tudi hkratno varovanje zaradi povratnega zdarsa prekladne konstrukcije.

Pri projektiranju in gradnji je bilo treba rešiti zaplet zaradi premika železnice ter detajle pri vgradnji sidranih ležišč pri konstrukcijah, grajenih po tehnologiji narivanja.



Slika 32 • Viadukt v fazi gradnje.

6 • LITERATURA

- Freyssinet Adria SI, d. o. o., TE – Prednapenjanje, 2018.
- Freyssinet Adria SI, d. o. o., TE – Tehnologija narivanja prekladne konstrukcije na viaduktu Sejanca, 2018.
- Pomgrad, d. d., Ponting, d. o. o., Freyssinet Adria SI, d. o. o., in DRI, d. o. o., foto arhiv, 2019.
- Pomgrad, d. d., TE – Delovni plato za izvedbo podpore 6, 2018.
- Pomgrad, d. d., TE – Izvedba pilotov, 2018.
- Pomgrad, d. d., TE – Opaži in delovni odri stebrov, 2018.
- Pomgrad, d. d., TE – Sanacija pilotne blazine opornika v osi 7, 2018.
- Ponting, d. o. o., Viadukt Sejanca, Projektna dokumentacija faza IDP, PZI, Maribor 1999, 2008, 2019.