

# SANACIJA LEŽIŠČ JEKLENEGA MOSTU ČEZ REKO SAVINJO V KM 522+446 ŽELEZNIŠKE PROGE LAŠKO–CELJE

## REPAIR OF STRUCTURAL BEARINGS OF STEEL BRIDGE OVER THE SAVINJA RIVER IN KM 522+446 RAILWAY LINE LAŠKO–CELJE

**Tadej Mirkac, univ. dipl. inž. grad., dipl. inž. arh.**

tadej.mirkac@dri.si

DRI upravljanje investicij, d. o. o.

Kotnikova 40, 1000 Ljubljana

**Gregor Gruden, univ. dipl. inž. grad.**

gregor.gruden@imk.si

IMK 55, d. o. o.

Mencingerjeva 7, 1000 Ljubljana

**Miha Maraž, univ. dipl. inž. grad.**

miha.maraz@freyssinet-adria.si

Freyssinet Adria SI, d. o. o.

Tovarniška cesta 26, 5270 Ajdovščina

**Strokovni članek**

UDK 624.074.1:625.1(497.4)

**Povzetek** | V sklopu obnove več kot 50 let starega dvotirnega jeklenega mostu čez reko Savinjo v km 522+446 železniške proge Laško–Celje sta se poleg izvedbe protikorozijske zaščite jeklene konstrukcije ter utrditve opornikov med drugim izvedla tudi sanacija in ojačitev ležišč. Dela so se opravljala izmenično pod prometno zaporo posamičnega tira. Glavni izzivi, s katerimi smo se morali spopasti, so bili zelo kratki roki izvedbe del ter sanacijam nenaklonjena bližajoča se zima. Prav tako je bil otežen dostop do 300-kilogramskih ležišč in relativno malo prostora za montažo potrebne opreme za dvig in bočno varovanje prekladne konstrukcije.

Ključne besede: železnica, jekleni most, ležišča, sanacija, utrditev

**Summary** | As part of the renovation of over 50 year old two track steel bridge over the Savinja river in km 522 446 railway line Laško – Celje, anti-corrosive protection of the steel structure and the reinforcement of the abutments as well as the repair and reinforcement of the structural bearings were carried out. During the works, the tracks were alternately closed. The main challenges we had to face were the very short schedule (deadline) and the coming winter. One of the biggest problems was difficult access to the 300 kg structural bearings and very little space for the lifting equipment.

Key words: railway, steel bridge, structural bearings, repair, reinforcement

## 1 • UVOD

Železniška proga Zidani Most–Celje je sestavni del železniške povezave Dunaja in Trsta, ki je bila zgrajena v letih 1846–1849. Proga je bila od takrat večkrat obnovljena, vendar tako obširne nadgradnje, kot poteka sedaj na železniškem odseku Zidani Most–Celje, ni bilo že vrsto let (MI, 2019).

V sklopu projekta nadgradnje proge so predvidene:

- izvedba nadgradnje treh odsekov železniške proge (Zidani Most–Rimske Toplice, Rimske Toplice–Laško in Laško–Celje),
- izvedba nadgradnje treh železniških postaj (Celje, potniška in tovarna, Laško in Rimske Toplice),
- gradnja novih peronov na postajah in izvennivjskih dostopov za potnike na peron,
- ukinitve nivojskega prehoda na postaji Rimske Toplice ter gradnja podvoza in povezovalnih cest pred postajo Rimske Toplice,
- ukinitve nivojskega prehoda na postaji Laško, ukinitve treh nivojskih prehodov na odseku Rimske Toplice–Laško ter gradnja podvoza in povezovalnih cest na območju naselja Marija Gradec,
- gradnja novega cestnega mostu čez Savinjo,
- postavitve ca. 3,5 km novih protihrupnih ograj,

- nadgradnja signalnovarnostnih in telekomunikacijskih naprav.

Cilji projekta so:

- zagotovitev nosilnosti proge kategorije D4 (dovoljeni pritiski 22,5 t/os) namesto obstoječe kategorije C3 (20 t/os),
- povečanje prepustne zmogljivosti proge s 328 na 354 vlakov/dan,
- povečanje prevozne zmogljivosti proge z 20,56 na 24,41 milijona neto ton/leto,
- povečanje izkoriščenosti tovarnih vlakov,
- skrajšanje voznih časov vlakov,
- povečanje prometne varnosti,
- zmanjšanje stroškov vzdrževanja,
- učinkovitejše vodenje prometa,
- izpolnjevanje tehničnih specifikacij za interoperabilnost vseevropskega železniškega sistema za konvencionalne hitrosti.

V tem članku smo se osredotočili na predstavitev tehnične rešitve sanacije ležišč jeklenega mostu čez reko Savinjo v km 522+446 železniške proge Laško–Celje, kjer je bilo treba opraviti obsežna sanacijska in utrditvena dela tako ležišč kot ostalih elementov mostne konstrukcije. Vsa dela so se izvajala izmenično pod zaporo prometa posamičnega tira. Glavni izzivi, s katerimi smo se morali spopasti, so bili zelo kratki roki izvedbe del ter sanacijam nenaklonjena bližajoča se zima. Prav tako je bil otežen dostop do 300-kilogramskih

ležišč in relativno malo prostora za montažo potrebne opreme za dvig in bočno varovanje prekladne konstrukcije. Poudariti velja interdisciplinarno delo ter dobro medsebojno komunikacijo in sodelovanje inženirja, projektanta in izvajalca del.

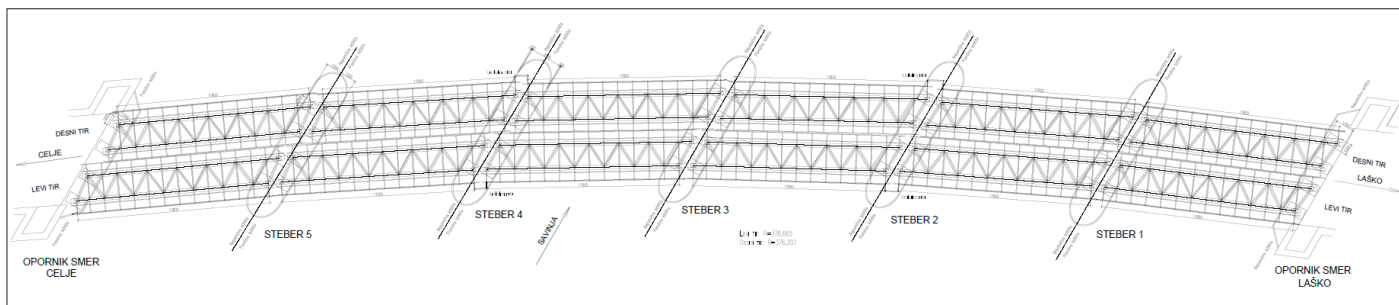
### 1.1 Opis konstrukcije

Most je lociran v kraju Tremerje v bližini Celja in prečka reko Savinjo pod približnim kotom 60° v skupni dolžini ca. 112,7 m in 6 razponih (sliki 1 in 2). Podporna konstrukcija je sestavljena iz dveh krajnih opornikov ter petih rečnih stebrov, ki so široki 16,2 m, dolgi 3,0 m, visoki pa ca. 8 m in so na robovih zaključeni s hidrodinamično zaokrožitvijo premera 3,0 m.

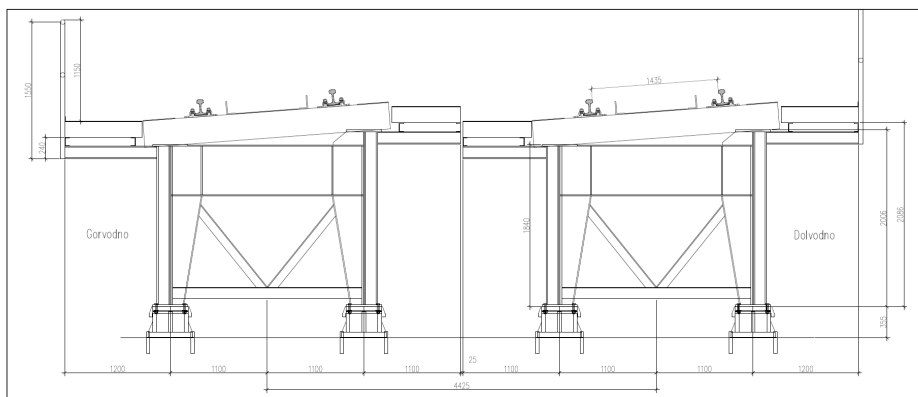
Ločeni prekladni konstrukciji za levi in desni tir sta povezani le na vrhu s krovnimi jeklenimi pločevinami (slika 3). Posamezna prekladna konstrukcija je sestavljena iz šestih prostoležečih jeklenih preklad razpona 17,8 m, ki so nad podporami medsebojno povezane s konzolnimi previsi. Vsako polje prekade je sestavljeno iz dveh glavnih jeklenih polnostenskih nosilcev višine 1870 oziroma 2035 mm, ki sta medsebojno povezana s prečnimi trapeznimi okvirji in rebri. Nad ležišči so v prečni osi nameščeni poševni portali z diagonalnimi palicami za prenos bočnih sil na ležišča. Na mestih prečnih reber so na glavne nosilce pritrjeni konzolni nosilci hodnikov in ograje. Na glavne nosilce so pritrjeni leseni hrastovi pragovi, preko konzolnih hodnikov pa so na vzdolžne sekundarne nosilce pritrjene jeklene pločevine.



Slika 1 • Pogled na most v km 522+446 z desnega brega Savinje.



Slika 2 • Tloris jeklenega mostu.



Slika 3 • Prečni prerez jeklene prekladne konstrukcije v osi ležišč.

## 1.2 Ležišča

Posamezna polja prekladne konstrukcije nalagajo na podpore preko 2 parov jeklenih

litih ležišč (slika 4). V smeri proti Laškemu so nameščena nepomična členkasta ležišča, v smeri proti Celju pa pomična – valjčna



Slika 4 • Nepomično ležišče (levo) in pomično ležišče (desno) pred sanacijo.

## 2 • IZVEDBENI NAČRT SANACIJE LEŽIŠČ

### 2.1 Stanje ležišč pred sanacijo

V juliju in avgustu 2018 je Inštitut za metalne konstrukcije (IMK) iz Ljubljane opravil strokovni pregled mostu in ležišč. Med bistvenimi ugotovitvami pregleda so bile ugotovitve glede stanja ležišč. Pri treh ležiščih na levem tiru in šestih ležiščih na desnem tiru je bila ugotovljena zračnost med ležišči in glavnimi vzdolžnimi I-nosilci velikosti 2–9 mm (slika 5).

Pri večini ležišč na levem in desnem tiru je bila prisotna zračnost v utorih nalegan-

ja vbetoniranih strižnih čepov Ø40 mm. Pri vseh nepomičnih ležiščih na levem in desnem tiru so bile svinčene plošče med ležišči in betonsko podlago izrazito izpodrinjene, kar je posledica delovanja interakcije mostu in neprekinjeno zavarjenega tira (NZZ) pri neustrezni izvedbi naleganja strižnih čepov Ø40 mm na ležišča (slika 6).

Manj izrazito so bile svinčene plošče izpodrinjene tudi pri nekaterih pomičnih ležiščih. Podobno problematiko vplivov NZZ na

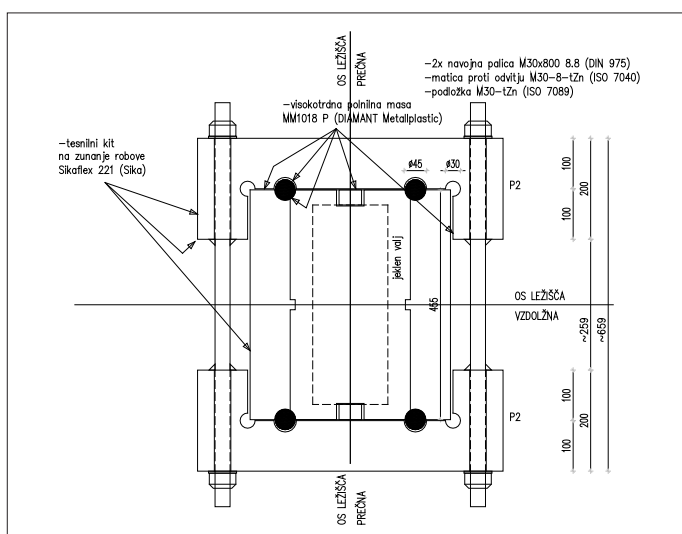
delovanje ležišč je bila zaznana že pri nekaterih drugih objektih v preteklosti.

### 2.2 Načrt sanacije ležišč

Na podlagi ugotovitev pregleda je bil izdelan izvedbeni načrt sanacije in ojačitev ležišč z upoštevanjem vplivov interakcije prekladne konstrukcije mostu in NZZ (slike 7–10). Odprava zračnosti v ležiščih je bila predvidena z začasno demontažo ležišč, čiščenjem podlage in kvalitetnim podlivanjem. Za zagotovitev ustrezne nosilnosti strižnih čepov je bila predvidena izvedba dodatnih jarmov okoli strižnih čepov, s katerimi je bila dosežena aktivacija vseh štirih čepov pri prenosu horizontalnih obremenitev na ležiščih zaradi vplivov NZZ.



Slika 6 • Izpodrinjena svinečna plošča pod ležiščem in zračnost med strižnimi čepi Ø40 in ležiščem.



Slika 8 • Načrt sanacije pomičnih ležišč – tloris.



### 3.2 Dvig prekladne konstrukcije

Pred dvigom prekladne konstrukcije in odstranitvijo ležišč je bilo treba mostno konstrukcijo ločiti na posamezna prostoležeča polja, kar pomeni ločitev tirnic in pragov, odstranitev pohodnih pločevin na prehodih med polji, ločitev varovalnih ograj na krovu in ostalih povezovalnih elementov med posameznimi nosilci. Sočasno smo v bližini ležišč nameščali ustrezno dimenzionirane montažne zadrževalce pomikov in hidravlično opremo za dvig (slika 11). Prekladna konstrukcija se je dvigala postopoma po predhodno ločenih posameznih poljih za ~10 cm in je ostala dvignjena in bočno ter vzdolžno varovana do ponovne vgradnje obnovljenih ležišč. V času dviga so potekale kontrolne geodetske meritve.

### 3.3 Odstranitev ležišč in odvoz na sanacijo

Ležišča smo pred odstranitvijo nedvoumno označili, tako da sta vedno bili točno znani lokacija in orientacija posameznega ležišča.

Posamezna ležišča so se pred dvigom povezala na preklado s pakirnimi trakovi ter se s pomočjo minibagra odstranila s stebrov. Pri tem je bilo treba posebno pozornost nameniti temu, da se ne poškodujejo ali izruvajo strižni čepi na stebrih (slika 12). Masa posameznega ležišča je bila približno 300 kg. Ležišča smo po odstranitvi odpeljali na peskanje in izvedbo protikorozijske zaščite.

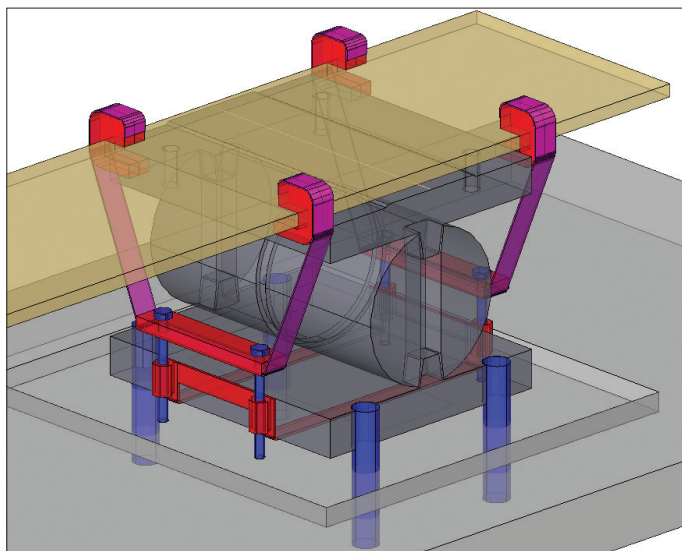
### 3.4 Priprava podlage in mostne konstrukcije za vgradnjo obnovljenih ležišč

Beton na mestu ležišča se je očistil z visokotlačnim vodnim curkom in poglobil na koto, ki je omogočala ustrezno debelino podlitja ležišč (ca. 30 do 45 mm), da se ohrani enaka nivoleta prekladne konstrukcije kot pred sanacijo (slika 13). Po izvedeni poglobitvi betonskih kap stebrov so se spodnja stična površina spodnje pasnice glavnih nosilcev z ležiščem in prosti konci vgrajenih strižnih čepov speskali. Naležne površine med prekladno konstrukcijo

in med posameznimi deli ležišča so se nato zaščitile z osnovnim premazom debeline minimalno 30  $\mu\text{m}$ .

### 3.5 Izvedba protikorozijske zaščite ležišč

Za izvedbo protikorozijske zaščite ležišč smo uporabili sistem treh premazov dvokomponentnih barv proizvajalca JOTUN, ki zagotavljajo ustrezno in trajno zaščito za zelo visoki razred atmosferske korozivnosti C5i-H (trajnost >15 let). Ležišča so se najprej razmastila in speskala ter ustrezno odprašila in premestila v ogrevano barvalno komoro, kjer so se takoj zaščitile kontaktne površine med deli ležišč, ki se niso smele barvati. Nato se je nanesele osnovni sloj barve od 30 do 50  $\mu\text{m}$ . Pred vsakim nanosom barve smo kontrolirali pogoje okolja (temperatura, vlaga, točka rosišča). Nanos barv je potekal po sistemu »airless« pršenja v treh nanosih, 130  $\mu\text{m}$  + 130  $\mu\text{m}$  + 60  $\mu\text{m}$  = min. 320  $\mu\text{m}$ . Vsakemu nanosu barve je sledilo sušenje pri povišani



Slika 14 • Vešala za zagotavljanje tesnjenja ležišč ob pasnico pred podlivanjem.



Slika 15 • Montaža objemnih jarmov in opaz na podlivanje ležišč.





Slika 16 • Končno stanje obnovljenih ležišč (protikorozijska zaščita preklade še ni zaključena).



Slika 17 • Kontrola temperature in vlažnosti v barvalni komori.

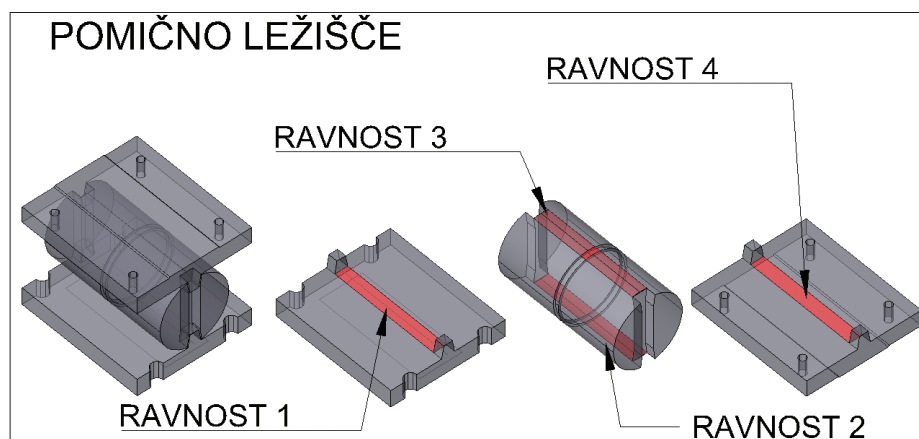
temperaturi (30 °C+), ca. od 15 do 20 ur, končni sloj pa se je sušil v komori minimalno 3 dni, skladno s tehničnimi zahtevami proizvajalca barv. Debelina nanosov se je sproti kontrolirala z elektronskim merilcem debeline barve. Objemni jekleni jarmi so bili zaščiteni z vročim cinkanjem v minimalni debelini 100 µm.

### 3.6 Vgradnja saniranih ležišč

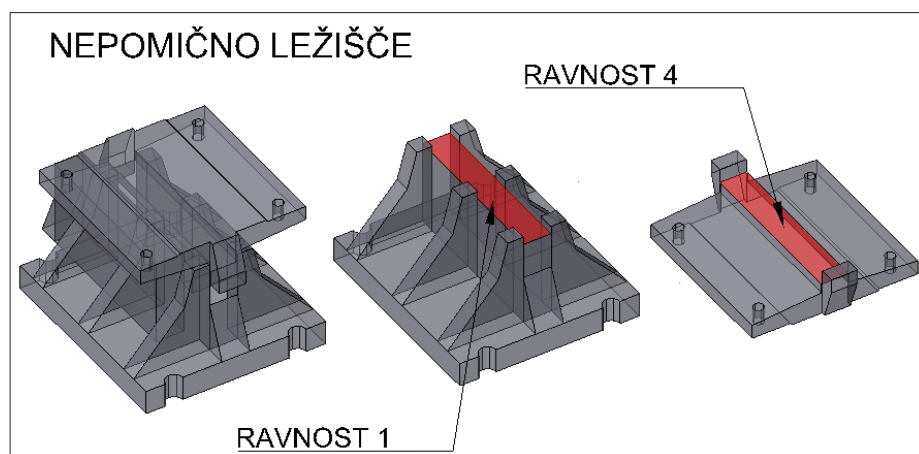
Ključno za ponovno vgradnjo ležišč je bilo, da se zagotovi popolno naleganje komponent ležišča brez zračnosti v nepodlitnem stanju na enaki višini kot v izhodiščnem stanju. Ležišča smo odložili na končno pozicijo in jih s pomočjo posebnih vešalk pritisnili na spodnjo pasnico mostnih nosilcev (slika 14). Še pred tem je bilo treba na pasnice nosilcev privijačiti zgornje plošče ležišč. Špranja na robovih zgornje plošče in pasnice nosilcev se je zapolnila s podložnimi ploščami Inox, ki

privijejo na spodnjo ploščo ležišča (slika 15). Za lepilo med jarmi, strižnimi trni in ležišči smo uporabili metal-polimer visokih trdnosti Diamant MM1018P.

Sledilo je podlivanje ležišč z neskrčljivo podlívno malto Sikagrout 334 v predvideni debelini 30 do 45 mm. Podlivanje ležišč levega objekta je potekalo konec novembra 2019, ko temperature niso bile več primerne za ustrezno vgrajevanje podlívne mase ( $T < 5^{\circ}\text{C}$ ), zato smo morali zagotoviti ustrezno segrete vhodne materiale in ogrevanje območja podlivanja pred vgradnjo podlívne mase in zlasti po njej. Okrog ležišč smo izdelali »grelne kore« iz filca in PVC-folije ter notranjost le-teh ogrevali z električnimi grelci. Na ta način je



Slika 18 • Merjenje ravnosti in hrapavosti na pomičnih (valjčnih) ležiščih.



Slika 19 • Merjenje ravnosti in hrapavosti nepomičnih ležiščih.

so se v utore zgornjih plošč ležišč nalepile z metal-polimerom.

Ko smo obesili vsa ležišča posameznega polja preklade, je sledil spust preklade na končno višino, ležišča pa so ostala v visečem položaju, a ujeta med strižne trne. Sledila je montaža objemnih jarmov, ki se nalepijo in

bila zagotovljena ustrezna rast tlačne trdnosti podlívne mase, ki se je pred obremenitvijo – spustom mostu na ležišča – kontrolirala s tehnološkimi prizmicami. Zahtevana tlačna trdnost podlívne mase za spust preklade na ležišča je bila 30 MPa. Po obremenitvi ležišč je sledilo še dopolnjevanje protikorozijske

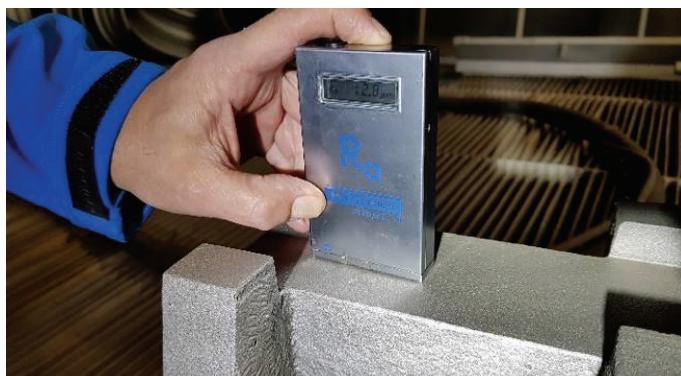
zaščite vijakov in kitanje stikov med podlivno maso in objemnimi jarmi s trajnoelastičnim kitom (slika 16).

### 3.7 Notranja kontrola kvalitete

Notranjo kontrolo protikorozijske zaščite je opravil izvajalec sanacije ležišč Freyssinet Adria SI, d. o. o., zunanjo kontrolo za naročnika pa ZAG Ljubljana. V okviru notranje kontrole protikorozijske zaščite je potekala kontrola

pogojev okolja med barvanjem in sušenjem barve ter debeline posameznih nanosov. Prav tako se je izvajala kontrola hrapavosti in kontrola ravnosti posameznih naležnih površin (slike 18 do 20). Kljub vsemu je bilo treba nekatere kontaktne površine dodatno pobrusiti, saj je prišlo (v preteklosti) do pojava lokalnih neravnosti zaradi zračnosti in udarjanja med deli ležišč pri prehodih vlakov čez most.

Pri izvedbi podlivanja se je vodil zapisnik s kontrolo pogojev okolja in materiala (temperatura zraka, podlage in vhodnih materialov), ob tem pa so se odvezemali vzorci podlivnih malt oziroma mas v obliki prizmic 40 x 40 x 160 mm, ki so jih preizkušali v akreditiranem laboratoriju. Pri vsakem podlivanju (dnevno) so se jemali vzorci za končno tlačno trdnost in tehnološki vzorci za potrebe spuščanja mostu na ležišča.



Slika 20 • Merjenje ravnosti (levo) in hrapavosti (desno) na kontaktnih površinah med deli ležišč.

## 4 • ZAKLJUČEK

Sanacija ležišč je bila s požrtvovalnostjo in angažiranostjo inženirja (DRI upravljanje investicij, d. o. o.), projektanta (GI ZRMK, d. o. o., in IMK 55, d. o. o.) ter izvajalca (JV KOLE-

KTOR KOLING, d. o. o., in FREYSSINET ADRIA SI, d. o. o.) končana (za posamezni tir) vsega v dobrih petih tednih, skupaj s tehnološko pripravo pa v dveh mesecih. Kljub slabemu

vremenu in nizkim temperaturam, neugodnih za izvedbo sanacij, so bila dela strokovno, pravočasno in uspešno dokončana, mostu pa sta zagotovljeni nadaljnja funkcionalnost in varnost. K uspešnosti izvedbe sta veliko pripomogla dobra medsebojna komunikacija in sodelovanje izvajalca, projektanta in inženirja.



Slika 21 • Most pred sanacijo.



Slika 22 • Most po sanaciji.

## 5 • LITERATURA

GI ZRMK, d. o. o., IZN: 3/3.2-4 Most v km 522+446, št: 3642/LC\_3/3.2-4, Ljubljana, julij 2015.

IMK INŽENIRING, d. o. o., IZN: 3/3.2-4 Most v km 522+446, št: P-30638, Ljubljana, avgust 2018.

JV KOLEKTOR KOLING, d. o. o., FREYSSINET ADRIA SI, d. o. o., TEE: 153/17 – TEE – LA – CE – D.3 – KK – dodatek 2A, Celje, november 2018.

MI, Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo, Krajsamo razdalje, <http://www.krajsamorazdalje.si/projekti/nadgradnja-zelezniške-proge-zidani-most-celje>, dostop 9. 10. 2019.