

PRILAGODBA POSTOJEĆE GEOMETRIJE KOLOSIJEKA PRILIKOM UGRADNJE ŽELJEZNIČKOG ČELIČNOG PROVIZORIJA NA ŽELJEZNIČKOJ PRUZI M604 OŠTARIJE – KNIN – SPLIT

ADAPTATION OF EXISTING TRACK GEOMETRY DURING THE INSTALLATION OF A TEMPORARY STEEL RAILWAY BRIDGE ON THE M604 OŠTARIJE – KNIN – SPLIT RAILWAY LINE

Ivan Dolibašić¹, Željko Lebo¹, Časlav Dunović¹, Ivan Lebo²

¹ Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, Zagreb, Hrvatska

² Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, Zagreb, Hrvatska, Student

SAŽETAK

U ovom radu prikazan je pristup prilagodbi postojeće geometrije kolosijeka za izvođenje radova na željezničkoj pruzi M604 Oštarije – Knin – Split koja je od značaja za međunarodni promet. Na spomenutoj željezničkoj pruzi u km 272+631,63 dotrajali postojeći svodni propust treba zamijeniti novim cestovnim armiranobetonskim podvožnjakom. S obzirom da je dionica od značaja za međunarodni promet, prometovanje se mora odvijati bez većih zastoja, stoga se na poziciji postojećeg svodnog propusta mora ugraditi željeznički čelični provizorij čija je svrha omogućiti nesmetano odvijanje željezničkog prometa za vrijeme radova na izgradnji novog armiranobetonskog podvožnjaka. Elementi geometrije postojećeg kolosijeka na poziciji potrebne ugradnje provizorija ne odgovaraju geometriji kolosijeka koji je moguće postaviti kroz provizorij, stoga je nužno pristupiti definiranju zone zahvata radova te prilagodbi geometrije kolosijeka kako bi trasa bila sigurna za odvijanje prometa te isti ne bi bio u prekidu.

Ključne riječi: željeznička pruga, geometrija kolosijeka, zona zahvata radova, radijus, nadvišenje, podvožnjak, željeznički čelični provizorij

ABSTRACT

This paper presents an approach to adapting the existing track geometry to facilitate construction works on the M604 Oštarije – Knin – Split railway line, which is of international significance. At kilometer 272+631.63 of the mentioned railway line, the existing deteriorated arch culvert needs to be replaced with a new reinforced concrete road underpass. Given that this section is crucial for international traffic, railway operations must continue with minimal disruptions. Therefore, a temporary steel railway bridge must be installed at the location of the existing arch culvert to ensure uninterrupted rail traffic during the construction of the new reinforced concrete underpass. The existing track geometry at the site where the temporary structure is to be installed does not conform to the track geometry that can be accommodated within the temporary bridge. Consequently, it is necessary to define the work zone and adjust the track geometry to ensure a safe and continuous railway operation without service interruptions.

Keywords: railway line, track geometry, intervention zone, radius, cant, underpass, temporary steel railway structure

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Na neelektrificiranoj jednokolosiječnoj željezničkoj pruzi M604 Oštarije – Knin – Split koja je od značaja za međunarodni promet, u km 272+631,63 dotrajali postojeći svodni propust treba zamijeniti novim armiranobetonskim podvožnjakom.



Slika 1 Podvožnjak Unešić [2]

Figure 1 The Unešić underpass [2]

Željeznički svodni propust sagrađen je 1876. godine, a isti je izveden iz kamena i betona (osnovni materijal je klesani kamen, a beton je korišten na pojedinim lokacijama za sanaciju svoda), s okomitim krilima, svijetlog otvora $L_0=3.00$ m, svijetle visine $h_0=3,03$ m i ukupne dužine $L_{uk}=7.00$ m te visine nadsloja iznad ekstrasosa svoda od 2,15 m. Postojeći svodni propust, služi kao podvožnjak kojim prolazni lokalna cesta LC 65054 širine 2,50 m.



Slika 2 Pogled na podvožnjak sa južne strane [2]

Figure 2 View of the underpass from the south side [2]

Željeznička pruga u navedenom kilometru ima uzdužni nagib nivelete 2,04 (20,40 ‰), nalazi

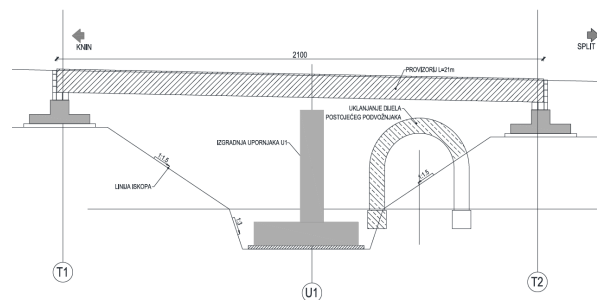
se u području kružnog luka radijusa $R=251$ m, te nadvišenja (vanjske tračnice) $h=135$ mm. Potrebno je ugraditi tipski željeznički čelični provizorij preko kojega bi se nesmetano odvijao željeznički promet tijekom izvedbe radova na izgradnji temelja upornjaka kao i samih upornjaka novog podvožnjaka [2].

1.1. DEMONTAŽA I RUŠENJE POSTOJEĆEG SVODNOG PROPUSTA

1.1. DEMOLITION AND REMOVAL OF THE EXISTING ARCHED CULVERT

S obzirom na to da se zahvat izvodio na jednokolosiječnoj željezničkoj pruzi koja je od značaja za međunarodni promet, radove na uklanjanju postojećeg svodnog propusta kao i izgradnju novog podvožnjaka bilo je nužno izvesti u najkraćem mogućem roku.

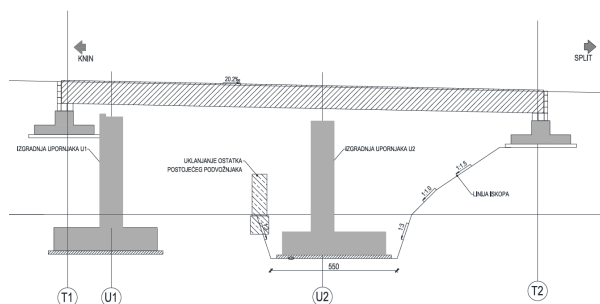
Rušenje postojećeg svodnog propusta započelo je demontažom postojeće kolosiječne rešetke nakon koje se pristupilo iskupu postojećeg nasipa povrh pozicije budućeg upornjaka U1 (u smjeru Knina) poradi izgradnje armiranobetonskih temelja provizorija i ugradnje samog željezničkog čeličnog provizorija za 1. fazu radova.



Slika 3 Položaj provizorija u 1. fazi radova [2]

Figure 3 The location of the temporary structure in phase 1. of the works [2]

Nakon izvedbe armiranobetonskih temelja provizorija i ugradnje provizorija nastavilo se sa izvedbom radova na iskupu materijala ispod željezničkog provizorija prema unaprijed određenim nagibima terena. Tijekom iskopa bilo je potrebno srušiti i ukloniti dio postojećeg svodnog propusta dok se rušenju ostatka propusta pristupilo nakon premještanja željezničkog čeličnog provizorija u položaj povrh budućeg upornjaka U2 (u smjeru Splita) za 2. fazu radova.



Slika 4 Položaj provizorija u 2. fazi radova [2]

Figure 4 The location of the temporary structure in phase 2. of the works [2]

1.2. ŽELJEZNIČKI ČELIČNI PROVIZORIJ

1.2. TEMPORARY STEEL RAILWAY STRUCTURE

Željeznički čelični provizorij je tipska konstrukcija raspona $L=21,00$ m, konstruiran od četiri čelična valjana profila IPB 1000 koji su međusobno povezani poprečnim nosačima vijčano i zavareno. Provizorij se oslanja na unaprijed izgrađene privremene armirano betonske temelje dimenzija $400 \times 260 \times 40$ cm izvedene od betona C25/30 armirane u gornjoj i donjoj zoni armaturnom mrežom Q785 koje leže na podložnom betonu C12/15 debljine 10 cm. Provizorij se preko elastomernih ležajeva oslanja na armirano betonske temelje.

Konstrukcija čeličnog provizorija takvog tipa definira elemente gornjeg ustroja kolosijeka, tj. definira minimalni radijus koji se može položiti kroz provizorij, a sve kako bi se zadovoljili potrebni uvjeti za prolazak vijenca kotača (bandaža) željezničkog vozila te na taj način osiguralo sigurno odvijanje željezničkog prometa.



Slika 5 Poprečni pogled - tipski željeznički provizorij [11]

Figure 5 Cross-sectional view - typical railway temporary structure [11]



Slika 6 Uzdužni pogled - tipski željeznički provizorij [11]

Figure 6 Longitudinal view - typical railway temporary structure [11]

1.3. POTREBNA PRILAGODBA GEOMETRIJE KOLOSIJEKA

1.3. NECESSARY ADJUSTMENT OF THE TRACK GEOMETRY

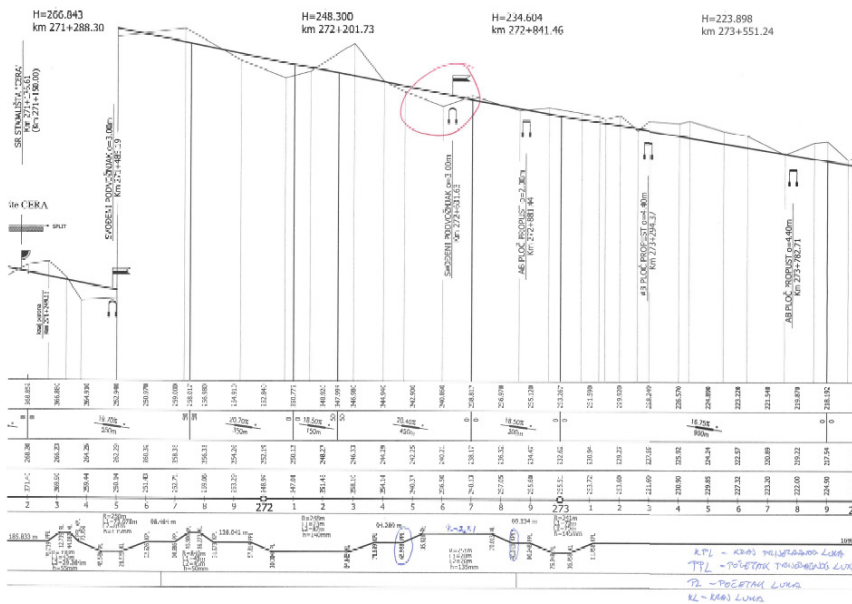
Kod ovakvog načina ugradnje tipskog željezničkog čeličnog provizorija čija konstrukcija unaprijed određuje minimalni radijus koji se može položiti, potrebno je prilagoditi postojeći kolosijek u zoni ugradnje koji je izveden preko svodnog propusta u radijusu kružnog luka $R=251$ m na minimalni radijus kružnog luka željezničkog provizorija od $R=325$ m. Postojeći kolosijek na mjestu radova se nalazi u kružnom luku radijusa zakrivljenosti $R=251$ m te punom nadvišenju vanjske tračnice od $h=135$ mm.

Za potrebe izvedbe radova postojeću geometriju kolosijeka nužno je prilagoditi uvjetima prometovanja sukladno zahtjevima ovlaštenika za sigurnost prometa i održavanje željezničkih pruga iz nadležne željezničke infrastrukturne uprave što uključuje korekciju geometrije kolosijeka u zoni zahvata radova na zahtijevanu visinu nadvišenja od $h=0$ mm.

2. DEFINIRANJE ZONE ZAHVATA

2. DEFINING THE INTERVENTION ZONE

Postojeći svodni propust na jednokolosiječnoj željezničkoj pruzi M604 Oštarije – Knin – Split je u km 272+631,63. Zona zahvata radova poradi prilagodbe geometrije postojećeg kolosijeka koji je u kružnoj krivini radijusa $R=251$ m, zbog potrebe premještanja željezničkog čeličnog



Slika 7 Preslika uzdužnog profila kolosijeka [HZI]

Figure 7 Copy of the longitudinal track profile [HZI]

provizorija uvjetovanog izvedbom temelja upornjaka kao i samog upornjaka budućeg armiranobetonskog podvožnjaka, a sukladno uvjetima važećeg i obavezujućeg pravilnika o održavanju gornjeg ustroja željezničkih pruga HŽ (Pravilnik 314), za vožnju željezničkih vozila, minimalne je duljine $L=50$ m za radijus kružnog luka $R=325$ m koji je ujedno i minimalni radijus kojim je moguće položiti kolosijek kroz tipski željeznički čelični provizorija duljine $L=21$ m.

Ugradnjom željezničkog provizorija, zona zahvata radova prilagođenog radijusa kružnog luka $R=325$ m, te nadvišenja $h=0$ mm, stacionažno se proteže od samog podvožnjaka koji je u $272+631,63$ pa do $272+606,00$ u smjeru Knina te do $272+656,00$ u smjeru Splita, što ukupno čini $L=50$ m zone zahvata radova pri ugradnji provizorija.

3. PRILAGODBA NADVIŠENJA VANJSKE TRAČNICE KOLOSIJEKA

3. ADJUSTMENT OF THE CANT OF THE OUTER TRACK RAIL

Prijelazne rampe uobičajeno se izvode kao ravnocrtne rampe s jednolikim nagibom. Nagib prijelazne rampe nadvišenja ovisi o najvećoj dopuštenoj brzini vlakova u luku, a za postojeće pruge određuje se prema izrazu:

$$\text{Normalni } 1:n = 1:8V_{\max} \quad (1)$$

$$\text{Minimalni } 1:n = 1:6,5V_{\max} \quad (2)$$

Najveći dopušteni projektirani nagib prijelazne rampe nadvišenja iznosi 1:400, a najmanji 1:2000 dok je za novoizgrađene i rekonstruirane pruge najveći dopušteni projektirani nagib prijelazne rampe nadvišenja 1:500 [8].

Duljine ravnocrtnih prijelaznih rampi nadvišenja određuju se na sljedeći način:

$$\text{Normalna } L = 8 \cdot h \cdot \frac{V_{\max}}{1000} \quad (m) \quad (3)$$

$$\text{Minimalna } L_{\min} = 6,5 \cdot h \cdot \frac{V_{\max}}{1000} \quad (m) \quad (4)$$

Za nove i rekonstruirane pruge

$$L = 10 \cdot h \cdot \frac{V_{\max}}{1000} \quad (m) \quad (5)$$

gdje je L duljina ravnocrtne prijelazne rampe (m), h nadvišenje vanjske tračnice u kružnom luku (mm), V_{\max} najveća dopuštena brzina vlakova (km/h) [8].

Za konkretan slučaj, duljina postojeće prijelazne rampe nadvišenja koja je smještena u prijelaznim krivinama iznosi ukupno $L=70$ m, što je vidljivo iz uzdužnog profila (Slika 7). Na "A" strani (stacionažno ispred podvožnjaka, smjer Knin) za prethodno definiranu zonu zahvata radova (od podvožnjaka do $272+606,00$) početak prijelazne rampe za smanjenje postojećeg

nadvišenja sa $h=135$ mm na zahtijevanih $h=0$ mm sukladno izrazu (4), trebao bi započeti u km 272+536,00 čime se dobiva potrebna duljina prijelazne rampe od 65,81m.

Duljine ravnocrtnih rampi nadvišenja zaokružuju se na 5m naviše [8]. Sukladno pravilniku, potrebna duljina rampe iznosi $L=70$ m. Obzirom da je postojeći kolosijek u punom nadvišenju stacionažno do 272+535,92, preostaje nam ukupno 0,08 m kolosijeka u punom nadvišenju.

Najmanja dužina čistog punog luka iznosi 10m kod pruga normalnog kolosijeka, a 6m kod pruga uskog kolosijeka. [8]. Preostala duljina kolosijeka u punom luku nije dostatna stoga se prijelazna rampa za smanjenje nadvišenja ne može izvesti na ovakav način.

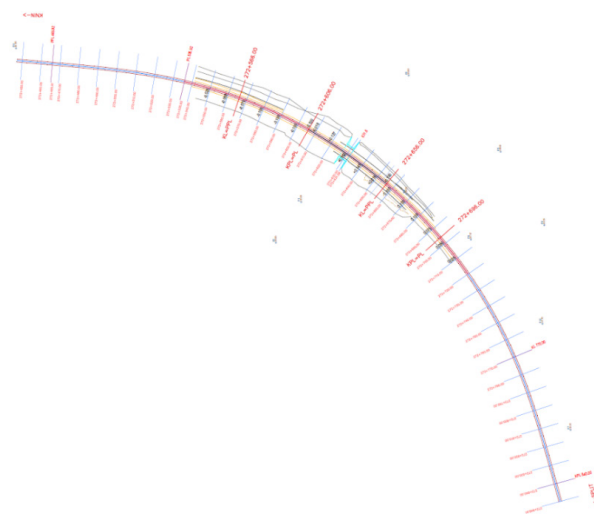
Na "B" strani (stacionažno iza podvožnjaka, smjer Split) za prethodno definiranu zonu zahvata radova (od podvožnjaka do km 272+656,00) početak prijelazne rampe za smanjenje postojećeg nadvišenja sa $h=135$ mm na zahtijevanih $h=0$ mm sukladno izrazu (4), trebao bi započeti u km 272+726,00 čime se dobiva potrebna duljina prijelazne rampe od 65,81m, a zaokruživši na 5m naviše, duljina rampe iznosi $L=70$ m. Vidljivo iz uzdužnog profila (Slika 7), lom nivelete kolosijeka nalazi se stacionažno u 272+700,00. Obzirom da lom nivelete onemogućuje izvedbu prijelaznih lukova, prijelaznu rampu za smanjenje nadvišenja nije moguće izvesti u navedenoj zoni zahvata radova. Od loma nivelete do KL u 272+770,00 nema dovoljno duljine za izvedbu rampe nadvišenja stoga je potrebno prilagoditi zonu zahvata kako bi mogli uzeti u obzir sve elemente postojećeg kolosijeka.

4. OSVRT NA DEFINIRANE PARAMETRE ANALIZE

4. OVERVIEW OF THE DEFINED ANALYSIS PARAMETERS

Iz navedene analize vidljivo je da prijelaznu rampu za smanjenje nadvišenja nije moguće izvesti u elementima kružnog luka postojećeg kolosijeka radijusa $R=251$ m stoga je potrebno unutar zone zahvata pripremnih radova za ugradnju tipskog željezničkog čeličnog

provizorija uzeti kompletnu kružnu krivinu (kružni luk) s postojećim prijelaznim krivinama (prijelaznicama luka). Prema postojećoj situaciji, ispred PPL-a i iza KPL-a kolosijek je u pravcu kroz koji je moguće izvesti spuštanje nivelete kolosijeka (denivelacijsku rampu) u zahvatu koji obuhvaćaju pripremi radovi [1]. Prema navedenim analizama, definirane granice zone zahvata radova stacionažno se protežu u smjeru Knina do km 272+436,00 te u smjeru Splita do km 272+870,00 što ukupno iznosi $L=434$ m.



Slika 8 Situacija zone zahvata prilagodbe radijusa za ugradnju provizorija [1]

Figure 8 Situation of the radius adjustment zone for temporary restoration installation [1]

5. KONCIPIRANJE POTREBNIH RADOVA ZA PRILAGODBU GEOMETRIJE KOLOSIJEKA KOD IZVEDBE NOVOG PODVOŽNJAKA

5. DESIGNING THE NECESSARY WORKS FOR ADJUSTING THE TRACK GEOMETRY WHEN CONSTRUCTING A NEW UNDERPASS

Prije početka radova na prilagodbi kolosijeka, postojeće stanje kolosijeka po smjeru i visini je potrebno geodetski snimiti uz definiranje i označavanje točaka osiguranja koje je potrebno postaviti s vanjske strane kolosijeka u svim elementima kružne i prijelazne krivine (kružnog i prijelaznog luka). Nadalje, za svakih 10 m kolosijeka (stacionažno), potrebno je definirati

i prikazati postojeće podatke o visini i smjeru kolosijeka kao i svake točke osiguranja. Podatci o smjeru kolosijeka u točkama osiguranja su udaljenosti koje su isključivo okomite na os kolosijeka kako bi se smanjila mogućnost pogreške u fazi izvedbe radova. Točke osiguranja kolosijeka po smjeru i visini nužne su tijekom izvedbe radova za potrebna tekuća mjerenja i samu kontrolu, a po završetku radova za izvedbu geometrije kolosijeka u stanje prije početka radova.

Prilagodbu visine kolosijeka za potrebe ugradnje željezničkog provizorija potrebno je izvršiti na način da niveletu postojećeg kolosijeka spustimo za 100 mm, zatim postojeće nadvišenje u kružnom luku od $h=135$ mm izvedemo na $h=0$ mm, tj. bez nadvišenja te prilagodimo radijus krivine u zoni ugradnje željezničkog provizorija. Neposredno prije početka radova na prilagodbi geometrije kolosijeka, potrebno je propisno označiti gradilište sukladno uvjetima važećeg i obavezujućeg zakona o građenju, te pravilnika za prometovanje željezničkih vozila [5 i 6]. Također, nužno je uvesti laganu vožnju u cijeloj zoni zahvata koja se u slučajevima kada u lukovima nije izvedeno najveće nadvišenje određuje prema izrazima:

$$V_{norm} = \sqrt{\frac{R}{8,75} \cdot (h + 35)} \quad (6)$$

$$V_{max} = \sqrt{\frac{R}{8,40} \cdot (h + 39)} \quad (7)$$

$$V_{izuzetno} = \sqrt{\frac{R}{8,10} \cdot (h + 42)} \quad (8)$$

gdje je V dopuštena brzina kretanja vozila u luku (km/h), R radijus zakrivljenosti luka (m), h nadvišenje vanjske tračnice u luku (mm) [8].

6. PRIPREMNA FAZA RADOVA

6. PREPARATORY PHASE OF THE WORKS

Prije same ugradnje željezničkog provizorija potrebno je kolosijek u zoni radova postaviti u prethodno definirane elemente.



Slika 9 Prikaz strojnog prosijavanja zastorne prizme [13]

Figure 9 Demonstration of machine screening of curtain prism [13]

Priprema i postava kolosijeka u zadane elemente podrazumijeva demontažu postojećih naprava za povećanje bočnog otpora kolosijeka, strojno prosijavanje tucaničkog kolosiječnog zastora uz spuštanje postojeće nivelete kolosijeka i smanjenje nadvišenja u kompletnoj krivini te strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i visini sa izvedbom nadvišenja u postojećem luku $h=0$ mm uz ugradnju tucaničkog kamenog materijala i oblikovanje zastorne prizme.

Nadalje, tijekom radova je potrebno izvršiti prilagodbu radijusa postojećeg kolosijeka na potrebni $R=325$ m, sa rezanjem tračnica te izradom klasičnih tračničkih spojeva kao i potrebnim isijecanjem viška tračnica tijekom radova na prilagodbi radijusa. Rezanje tračnica i izradu klasičnih spojeva potrebno je izvesti u km 272+610,00 i km 272+643,00 kao pripremu za izvedbu 1. faze radova na postavljanju željezničkog čeličnog provizorija u položaj za izvedbu upornjaka U1 (Slika 3) novog armiranobetonskog podvožnjaka. Prije samog početka rezanja tračnica postojećeg kolosijeka, neophodno je provjeriti blizinu AT ili ET zavara, te ukoliko je njihova udaljenost nedovoljno velika, potrebno je odrediti novo mjesto reza.

Radove na prilagodbi radijusa zakrivljenosti potrebno je izvršiti bočnim pomicanjem kolosijeka u nekoliko prolaza strojem za uređivanje kolosijeka po smjeru i visini (podbijačica), uz pripremu podloge zasijecanjem tucaničke zastorne prizme u visini donjeg ruba

MATHE SPRAVE PROTIV UZDUŽNOG PUTOVANJA TRAČNICA

Slika 10 MATHE sprave protiv uzdužnog putovanja tračnica [13]

Figure 10 MATHE Longitudinal movement of the rails [13]

praga s unutarnje strane kolosijeka, a pritom pazeći da ne dođe do pomaka (zakošenja) pragova u odnosu na os kolosijeka [1].

Nakon reguliranja kolosijeka po smjeru i visini, tako prilagođen kolosijek mjeren u GRT-u (gornji rub tračnice) niži je minimalno za 100 mm od postojećeg kolosijeka stacionažno od km 272+465,92 (PPL) do km 272+840,00 (KPL). Obzirom na klasični sastav na mjestu reza, potrebno je ugraditi naprave za sprječavanje uzdužnog putovanja tračnica tipa "Mathe" (Slika 10) ispred i iza zone zahvata radova stacionažno od km 272+606,00 do km 272+546,00 u smjeru Knina te stacionažno od 272+656,00 do km 272+716,00 u smjeru Splita [1].

Prilikom rasporeda i ugradnje naprava protiv pomicanja (putovanja) tračnica pridržavati se važećih propisa, normi i priložene sheme ugradnje. Potrebno je ugraditi naprave za povećanje bočnog otpora kolosijeka, sukladno rasporedu koji je bio prije demontaže, na dijelu kolosijeka od PPL-a u km 272+465,92 do km 272+606,00 i od km 272+656,00 do KPL-a u km 272+840,00 kao osiguranje kolosijeka od bočnih deformacija kolosijeka kod visokih temperatura. Ovako izveden kolosijek pripravan je za izvedbu radova na ugradnji provizorija.

Tako izveden kolosijek za ugradnju željezničkog čeličnog provizorija, neophodno je kontrolirati, pregledavati, mjeriti i održavati sukladno uputama HŽI. Kolosijek treba za cijelo vrijeme radova biti u tolerantnim vrijednostima (prethodno

navedenim) čime je omogućena njegova eksploatacija.

7. UGRADNJA ŽELJEZNIČKOG PROVIZORIJA

7. INSTALLATION OF THE TEMPORARY STRUCTURE

Po završetku prilagodbe kolosijeka prema unaprijed definiranim elementima, kreće se ka postavljanju željezničkog provizorija za svaku od faza radova. Za izvedbu 1. faze radova, željeznički provizorij se postavlja u položaj za izvedbu upornjaka U1 (Slika 3). Vršiti se demontaža kolosijeka u prethodno definiranoj zoni zahvata sa uklanjanjem tračnica i kolosiječnog pribora na privremenu deponiju ispred i iza zone radova kao i uklanjanje postojećih drvenih pragova u zoni ugradnje provizorija, kako bi se mogli nesmetano odvijati radovi na iskopu i pripremi za ugradnju temelja provizorija.

Kod ugradnje provizorija potrebno je paziti na smjer i visinu kolosijeka na samom provizoriju u odnosu na smjer i visinu kolosijeka ispred i iza provizorija. Nužno je pristupiti montaži postojećih demontiranih tračnica na ugrađeni provizorij kao i montaži dijelova kolosijeka ispred i iza ugrađenog provizorija. Spoj postojećeg i prilagođenog kolosijeka potrebno je izvesti uz izradu klasičnog spoja kako bi se osigurala ujednačena (prilagođena) zakrivljenost i niveleta kolosijeka na samom provizoriju i kolosijeku ispred i iza provizorija.



Slika 11 Početak radova na iskopu - 1. faza radova [11]

Figure 11 Start of excavation works - 1st phase of works [11]



Slika 12 Dovršetak radova na iskopu nasipa - 1. faza radova [11]

Figure 12 Completion of embankment excavation works - 1st phase of works [11]

Tako ugrađen željeznički provizorij omogućava nesmetano odvijanje željezničkog prometa za vrijeme izvođenja radova na upornjaku U1 (Slika 3) armiranobetonskog podvožnjaka. Sljedećoj, 2. fazi radova, u kojoj se željeznički provizorij postavlja u položaj za izvedbu upornjaka U2 (slika 4), pristupa se po završetku prethodne faze. Vršiti se demontaža kolosijeka u prethodno definiranoj zoni zahvata faze 1. Uz istu je potrebno dodatno demontirati postojeći kolosijek sa uklanjanjem kolosiječnog pribora i tračnica kao i uklanjanje postojećih drvenih pragova u zoni ugradnje tipskog provizorija. Po završetku spomenutih pripremnih radova na demontaži kolosijeka, potrebno je ukloniti tipski provizorij iz pozicije za 1. fazu radova kako bi se mogli nesmetano odvijati radovi na iskopu materijala

i pripremi za ugradnju temelja provizorija za 2. fazu radova.



Slika 13 Ugrađen provizorij u 1. fazi radova [11]

Figure 13 Temporary structure installed in the 1st phase of works [11]



Slika 14 Provizorij u 2. fazi radova [11]

Figure 14 Temporary structure in the 2nd phase of works [11]

Ugradnja tipskog provizorija za radove na 2. fazi slijedi po završetku pripreme temelja provizorija. Kod ugradnje provizorija potrebno je paziti na smjer i visinu kolosijeka na samom provizoriju u odnosu na smjer i visinu kolosijeka ispred i iza provizorija. Nužno je pristupiti montaži postojećih demontiranih tračnica na ugrađeni provizorij kao i dijelove kolosijeka ispred i iza ugrađenog provizorija gdje se montiraju pragovi, tračnice i kolosiječni pribor demontirani na početku radova. Spoj starog i prilagođenog kolosijeka potrebno je izvesti uz izradu klasičnog spoja tako da bude ujednačena (prilagođena) zakrivljenost i niveleta kolosijeka na provizoriju, ispred i iza provizorija.



Slika 15 Početak demontaže provizorija - kraj 2. faze radova [11]

Figure 15 Start of dismantling of temporary structures - end of the 2nd phase of works [11]



Slika 16 Demontaža provizorija - završetak radova na izradi novih upornjaka [11]

Figure 16 Dismantling of temporary structures - completion of work on the construction of new abutments [11]

8. ZAVRŠNA FAZA RADOVA 8. FINAL PHASE OF THE WORKS

U završnoj fazi radova, željeznički provizorij se demontira i kreće se sa montažom kolosiječne rešetke na unaprijed pripremljenu tucaničku podlogu koja je minimalno 45 – 50 cm ispod GRT-a kolosijeka prije početka radova u zoni zahvata na izgradnji novog podvožnjaka. Ispred i iza zone zahvata radova, potrebno je demontirati ugrađene sprave protiv uzdužnog putovanja tračnica tipa "Mathe" (slika 10). Nadalje, bočnim pomicanjem kolosijeka u nekoliko prolaza "podbijačice" uz pripremu podloge zasijecanjem zastorne prizme u visini donjeg ruba praga s vanjske strane kolosijeka, a pri tom pazeći da ne dođe do zakošenja pragova u odnosu na os kolosijeka, kolosijek se postavlja na projektiranu os (niveletu prije početka radova). Po postavi kolosijeka u zadanu os,

slijedi reguliranje kolosijeka po smjeru i visini. Kolosijek se visinski regulira do visine koja je 20mm ispod GRT-a izmjerene prije početka radova uz izvedbu nadvišenja vanjske tračnice od $h=135$ mm u punom luku te izradom prijelaznih rampi nadvišenja u prijelaznim krivinama (lukovima) u prijelaznicama i u punom luku od $h=135$ mm te obaveznu ugradnju (dopunu) tucaničkog materijala i oblikovanje zastorne prizme kao pripremu za DTT (dugi trak tračnica). Spojeve tračnica izvedeni su zavarivanjem AT (aluminotermijskim) postupkom prema uputi 336 za zavarivanje tračnica aluminotermijskim postupkom te uputi 330 o ugradnji i održavanju tračnica i skretnica u dugim tračničkim trakovima. Također je potrebno ugraditi naprave za povećanje bočnog otpora u kolosijeku sukladno rasporedu koji je bio neposredno prije demontaže postojećeg kolosijeka, a kao osiguranje kolosijeka od bočnih deformacija kod visokih temperatura.

Nužno je izvršiti oslobađanje napona u DTT-u u ukupnoj dužini zone zahvata uz završno zavarivanje tračnica AT postupkom. Potreban stupanj temperature za predmetno klimatsko područje $t_p=+27,5$ °C. Definitivno strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i visini uz oblikovanje zastorne prizme izvodi se nakon oslobađanja napona u DTT-u. Ugraditi sigurnosne tračnice na novom podvožnjaku sa izradom i ugradnjom klina na krajevima savijenih tračnica predviđeno projektnom dokumentacijom. Obavezno je po završetku radova izraditi geodetsku snimku izvedenog stanja kolosijeka i pripremiti kolosijek za tehnički pregled.



Slika 17 Prikaz strojnog reguliranja kolosijeka po smjeru i visini [12]

Figure 17 Illustration of mechanical track adjustment by direction and height [12]



Slika 18 Prikaz strojnog planiranja zastorne prizme [13]

Figure 18 Machine planning display of a curtain prism [13]

9. ZAKLJUČAK

9. CONCLUSION

Općenito za kolosijek bilo koje željezničke pruge u vidu njegove eksploatacije, potrebno je osigurati stabilnost i uporabljivost kako bi željeznička vozila prometovala sigurno i uz redovno propisanu brzinu. Kako bi geometrija kolosijeka ostala u dozvoljenim granicama, kolosijek je potrebno redovito održavati. Na dijelovima kolosijeka gdje se pojavi veće trošenje kolosiječnih elemenata ili druge nepravilnosti, potrebno je iste ukloniti. Na dijelu gdje elementi kolosijeka ukazuju na potrebnu zamjenu građiva uzrokovanih istrošenošću ili drugim potrebama za ojačanjem kolosiječne konstrukcije, nužno je odrediti potrebnu dužinu zahvata radova.

Iz primjera navedenog u ovom radu, vidimo da je dotrajali svodni propust potrebno zamijeniti novim armiranobetonskim podvožnjakom. Za navedene radove točnije zbog ugradnje privremenog tipskog čeličnog provizorija poradi izvođenja radova na upornjacima budućeg armiranobetonskog podvožnjaka prvotno je definirana zona radova od ukupno 50m`. Analizirajući geometriju postojećeg kolosijeka uz uvjete propisane od strane ovlaštenika za sigurnost prometa i održavanje željezničkih pruga iz nadležne željezničke infrastrukturne uprave zaključuje se da je predložena duljina zahvata radova nedostatna za sigurno prometovanje željezničkih vozila za vrijeme izvođenja radova. Kako bi osigurali sigurno i nesmetano

prometovanje tijekom radova u propisanim tehničkim uvjetima te zbog složene geometrije kolosijeka u zoni potrebnih radova i potrebne prilagodbe postojećeg kolosijeka kod ugradnje provizorija, pristupilo se analizi u vidu prilagodbe postojeće geometrije kolosijeka te je ukupna zona zahvata radova znatno veća od predviđene i iznosi $L = 434$ m.

Definiranju potrebne zone zahvata radova može se pristupiti nakon sagledavanja svih potrebnih elemenata kolosijeka uz uvid u dostupnu tehnologiju strojeva i alata potrebnih za izvođenje radova na specifičnim radovima kao što je prilagodba geometrije kolosijeka specifičnim uvjetima prometovanja pružnih vozila.

10. REFERENCE

10. REFERENCES

- [1.] Geoplan d.o.o., mr.sc. Željko Lebo, dipl. ing. građ., Ivan Dolibašić, struč.spec.ing. aedif., Ivan Lebo, građ.teh., Građevinski elaborat: Elaborat prilagodbe geometrije kolosijeka za ugradnju provizorija duljine $L=21$ m kod izgradnje novog podvožnjaka u km 272+631,63 na pruzi M604 Oštarije – Knin – Split, Zagreb, ožujak 2022.
- [2.] BBD-Bridge & Building Design d.o.o., Ana Smolić, dipl.ing.građ., Gordan Matjačić, dipl.ing.građ., Izvedbeni projekt: Izgradnja novog podvožnjaka na pruzi M604 Oštarije – Knin – Split u km 272+632, Zagreb, veljača 2021.
- [3.] Zakon o željeznici NN 32/19
- [4.] Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava NN 82/13
- [5.] Pravilnik o načinu i uvjetima za sigurno odvijanje i upravljanje željezničkim prometom NN 107/16
- [6.] Pravilnik o signalima, signalnim znakovima i signalnim oznakama u željezničkom prometu NN 94/15
- [7.] Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge NN 128/08
- [8.] Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja željezničkih pruga HŽ (Pravilnik 314)
- [9.] Pravilnik o održavanju donjeg ustroja željezničkih pruga HŽ (Pravilnik 315)

- [10.] Uputa 330 o ugradnji i održavanju tračnica i skretnica u dugom traku
- [11.] Vlasnik fotografija Ivan Ribarić, Cenoza promet d.o.o.
- [12.] Vlasnik fotografija Anto Dolibašić građ. teh.
- [13.] Vlasnik fotografija Ivan Dolibašić, mag. ing.aedif.

AUTORI · AUTHORS

• **Ivan Dolibašić** - Rođen je 13. 07. 1991. godine u Slavanskom brodu (RH). Srednju Građevinsku tehničku školu završio u Zagrebu. Stručni i diplomski studij završio na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, a diplomirao je 2020 godine izradom i obranom diplomskog rada na temu „Rekonstrukcija kolodvora Ogulin“. Ovlašteni je inženjer građevinarstva te je član hrvatske komore inženjera građevinarstva (HKIG) kao i član Hrvatskog geotehničkog društva (HGD). Od 2016. do 2017. godine zaposlen je u tvrtki Damjanović d.o.o. iz Zagreba i obavljao je poslove voditelja gradilišta. Od 2017. do 2021. radi u tvrtki Pružne građevine d.o.o. kao samostalni inženjer za remont/šef gradilišta na gradilištu u Ogulinu. Godine 2021. zapošljava se na Graditeljski odjel Tehničkog veleučilišta u Zagrebu gdje radi do danas. U nastavno suradničko zvanje asistenta izabran je 2021. godine, a u nastavno zvanje predavača iz područja tehničkih znanosti, polje građevinarstvo izabran je 2024. godine. Trenutno radi u nastavi na kolegijima Tehnička mehanika, Mehanika tla i Geotehnika na Stručnom prijediplomskom studiju graditeljstva, te na kolegiju Suvremene metode u geotehnici na Stručnom diplomskom studiju graditeljstva.

Korespondencija · Correspondence

idolibasi@tvz.hr

• **Željko Lebo** - Rođen je 28. 10. 1966. godine u Mostaru (BiH). Osnovnu i srednju građevinsku tehničku školu završio je u Posušju (BiH). Diplomirao je 1993., magistrirao 2011. i doktorirao 2024. godine na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Po završetku diplomskog studija zapošljava se i radi kao

inženjer na građevinskim poslovima od 1993. do 1997., a kasnije kao asistent u nastavi na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U jesen 2003. godine prelazi u radni odnos na Tehničko veleučilište u Zagrebu (TVZ) gdje radi u nastavi do danas. Trenutno radi kao nastavnik i nositelj kolegija Tehnička mehanika, Proračun konstrukcija, Geotehnika, Mehanika tla na Stručnom prijediplomskom studiju graditeljstva, te kao nositelj kolegija Geotehnologija i Tuneli na Stručnom diplomskom studiju graditeljstva. Obavljao je dužnosti Predstojnika Zavoda za niskogradnju, Pročelnika Graditeljskog odjela na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, član je Upravnog vijeća Veleučilišta TVZ-a i predsjednik Nadzornog odbora Instituta Tehničkog veleučilišta u Zagrebu (iTVZ d.o.o.).

Ovlašteni je inženjer građevinarstva i stalni sudski vještak za građevinarstvo i procjenu nekretnina. Sudjelovao je kao projektant, konzultant i nadzorni inženjer u realizaciji preko 300 stručnih projekata u RH i inozemstvu iz područja građevinarstva. Kao autor i koautor objavio je 45 znanstveno stručnih radova u domaćim i stranim publikacijama. Autor je udžbenika Tehnička mehanika. Mentorirao je preko 60 studenata na prijediplomskom i diplomskom studiju. Član je Skupštine Hrvatske komore inženjera građevinarstva (HKIG), Tehničkog odbora TO-221 u Hrvatskom zavodu za norme (HZN), Hrvatskog geotehničkog društva (HGD), te niza drugih domaćih i stranih strukovnih udruženja i organizacija (ISRM, ISSMGE,...).

Korespondencija · Correspondence

zlebo@tvz.hr

• **Časlav Dunović** - Diplomirao je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2001. godine. Zaposlenik je Tehničkog veleučilišta u Zagrebu na radnom mjestu višeg predavača, na grupi predmeta iz znanstvene grane Organizacija građenja. 2011. godine stekao je akademski stupanj magistra znanosti iz znanstvenog područja tehničkih znanosti, znanstveno polje građevinarstvo, znanstvene grane organizacija građenja. 2007. godine, certificiran je prema "International Project Management Assosiation" 4-L-C sustava

certificiranja sposobnosti upravljanja projektima, Certified project manager – IPMA Level C. Rješenjem Županijskog suda u Zagrebu, od 2013. godine, imenovan je stalnim sudskim vještakom za graditeljstvo. U periodu od 2008. godine, obavljao je razne funkcije na TVZ-u: 2008.–2012. – Predstojnik Zavoda za organizaciju građenja i arhitekturu 2009.–2014. – Voditelj Politehničkog specijalističkog diplomskog stručnog studija – Specijalizacija graditeljstvo 2014. – Prodekan za financije, nabavu i investicije. Koautor je 14 znanstvenih i stručnih članaka, skripte “Planiranje projekata uz pomoć programskog alata Microsoft Project 2007” – priručnik Tehničkog veleučilišta u Zagrebu, te koautor poglavlja u međunarodnom udžbeniku “Integrated Design and Management of Construction Projects”, financiranom od strane Europske komisije. Bio je mentor na više od 70 (sedamdeset) završnih radova, te na više od 40 (četrdeset) diplomskih radova. U stručnom radu, u periodu od 2001 – do danas, radio je na brojnim stručnim projektima (cca. 40 projekata) na različitim funkcijama: stručni suradnik, član tima za upravljanje kvalitetom, vremenom i financijama, tehnički koordinator nadzorne službe, voditelj projekta, nadzorni inženjer i konzultant. U periodu od 2010.–do danas, radio je na brojnim sudskim vještačenjima (15 vještačenja) u funkciji stalnog sudskog vještaka, te člana vijeća za rješavanje sporova prema FIDIC ugovorima.

Korespondencija • *Correspondence*

cdunovic@tvz.hr