

Neke zamjene starih ruševnih mostova novim

Mate Pezer

Ključne riječi

most preko potoka Žirovac,
most preko potoka Kupčina,
most u luci Rijeka,
rasponski sklop,
nosiva konstrukcija

Key words

bridge over the Žirovac creek,
bridge over the Kupčina creek,
bridge in the port of Rijeka,
bridge superstructure,
load-bearing structure

Mots clés

pont sur le ruisseau Žirovac,
pont sur le ruisseau Kupčina,
pont dans le port de Rijeka,
superstructure de pont,
structure portante

Ключевые слова

мост через поток Жировца,
мост через поток Купчина,
мост в порту Риека,
пролётная конструкция,
несущая конструкция

Schlüsselworte

Brücke über den Bach Žirovac,
Brücke über den Bach Kupčina,
Brücke im Hafen von Rijeka, Trägergefüge,
Tragkonstruktion

M. Pezer

Stručni rad

Neke zamjene starih ruševnih mostova novim

Polazeći od konstatacije da u hrvatskoj postoji na državnim cestama više malih mostova koji su oštećeni zbog dotrajalosti ili ratnih razaranja upozorava se da je potrebna njihova rekonstrukcija ili zamjena novim mostovima. Opisana su tri mosta: preko potoka Žirovac na državnoj cesti D-6 između Gline i Dvora na Uni, preko potoka Kupčina u Kostanjevcu i u luci Rijeka. Ukratko su prikazani stari mostovi i razlozi zbog kojih ih je trebalo zamijeniti novim, koji su potanko opisani.

M. Pezer

Professional paper

Replacement of old dilapidated bridges with new ones

The paper starts with the statement that a number of smaller bridges, either dilapidated or damaged in military operations, are still in use along national roads, and that these bridges must either be thoroughly repaired or replaced with new bridges. Three bridges are described: the bridge over the Žirovac creek on the national road D-6 between Glina and Dvor na Uni, the bridge over the Kupčina creek in Kostanjevac, and the bridge in the port of Rijeka. These old bridges are briefly depicted and a detailed account of reasons for their replacement is given.

M. Pezer

Ouvrage professionnel

Remplacement des ponts vieux et délabrés par les ponts nouveaux

L'ouvrage commence par l'affirmation que beaucoup de ponts de petit taille, délabrés ou endommagés dans la guerre, sont encore utilisés le long des routes nationales, et que ces ponts doivent être remis en bon état ou bien remplacés par de ponts nouveaux. Trois ponts sont décrits: le pont sur le ruisseau Žirovac sur la route nationale D-6 entre Glina et Dvor na Uni, le pont franchissant le ruisseau Kupčina à Kostanjevac, et le pont dans le port de Rijeka. Ces vieux ponts sont brièvement décrits et un compte rendu détaillé des raisons pour leur remplacement est fourni.

M. Пезер

Отраслевая работа

Некоторые замены старых ветхих мостов новыми

Исходя из констатации, что в Хорватии на государственных дорогах существует большее количество малых мостов, повреждённых из-за изношенности или военных разрушений предупреждается, что необходима их реконструкция или замена новыми мостами. В работе описаны три моста: через поток Жировца на дороге D-6 между Глиной и Двором на Уни, через поток Купчина в Костаньевце и в порту Риека. Короче описаны старые мосты и причины из-за которых их было бы необходимо заменить новыми, что в работе детально описано.

M. Pezer

Fachbericht

Einige Fälle der Ersetzung alter baufälliger Brücken durch neue

Ausgehend von der Feststellung dass es in Kroatien an den Reichsstrassen viele kleine Brücken gibt die durch Abnutzung oder Kriegszerstörung beschädigt sind weist man darauf hin dass deren Rekonstruktion oder Ersetzung durch neue nötig ist. Beschrieben sind drei Brücken: über den Bach Žirovac an der Reichsstrasse D-6 zwischen Glina und Dvor na Uni, über den Bach Kupčina in Kostanjevec und im Hafen von Rijeka. Die alten Brücken und die Gründe für deren Ersetzung sind in Kürze dargestellt und die neuen Brücken detailliert beschrieben.

Autor: **Mate Pezer**, dipl. ing. građ., Hidroelektra-projekt d.o.o., Zagreb

1 Uvod

Diljem Hrvatske na državnim cestama postoji mnogo malih, trošnih i oštećenih mostova koji zahtijevaju rekonstrukciju ili zamjenu novim mostovima. U ovome članku obradit ćemo tri mosta koja su zamijenjena novim mostovima te obrazložiti razloge zbog kojih je odabrana varijanta zamjene novim mostovima, a ne sanacija ili rekonstrukcija postojećih.

2 Most preko potoka Žirovac

2.1 Općenito

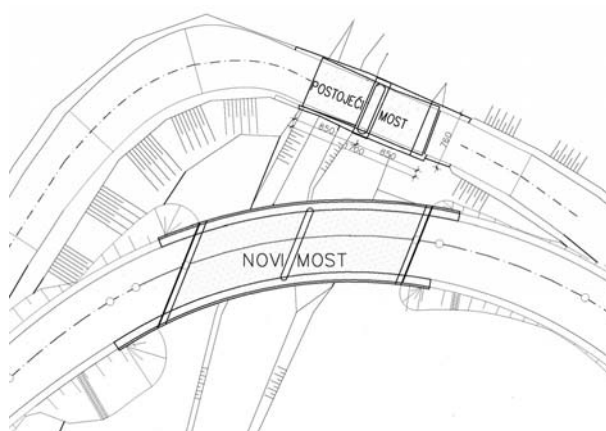
Most preko potoka Žirovac nalazi se u Banovini na državnoj cesti D-6 između Gline i Dvora na Uni. Stari je most armiranobetonska konstrukcija plitko temeljena. Gornji rasponski sklop čini kontinuirana armiranobetonska ploča $d = 35$ cm s dva polja po 8,5 m, oslonjena na srednji betonski stup i potkovaste upornjake. No most je bio zapušten i neadekvatno održavan, a povrh toga doživio je i teška razaranja u Domovinskom ratu kad je bio miniran, ali ne i srušen (slika 1.). Na slici vidimo oštećenja konstrukcije koja su nastala zbog neodržavanja i miniranja te bušenja po stupištima koja su trebala poslužiti kao minske komore.



Slika 1. Stari most

Također, postoje nedostaci prometnice: pristupna cesta starog mosta (slika 2.) široka je samo 6 m i nedovoljna je kao i proširenja koja su dodana u zavoju, prijelazna krivina gotovo da i ne postoji, prilazna cesta staromu mostu ima vrlo oštar i opasan zavoj zbog kojeg je brzina bila ograničena na 20 km/h. I debljina kolničke ploče od 35 cm je ispod preporučenih vrijednosti za dotični raspon. Kao što vidimo oštećenja su takvog karaktera da bi sanacija starog mosta bila vrlo skupo rješenje, a k tome ne bi bila i dovoljna jer i sam postojeći most i pristupne ceste ne odgovaraju normama koji se traže za prometnicu 2. kategorije. Zbog svega toga kao najbolje i najisplati-

vije rješenje odabrana je varijanta s novim mostom. Novi most izgrađen je neposredno uz stari (slike 2. i 3.).



Slika 2. Situacija novog i starog mosta



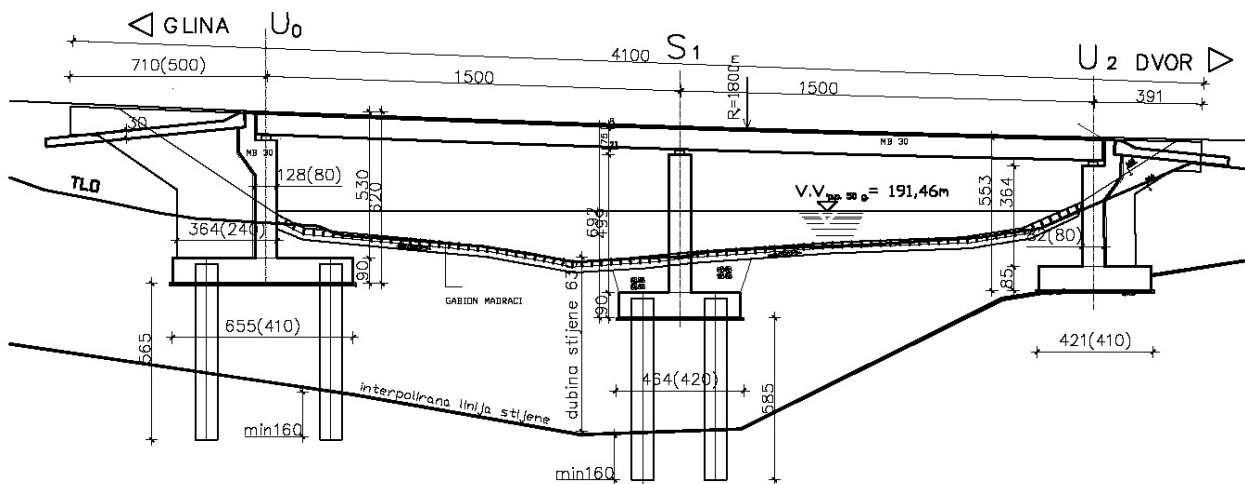
Slika 3. Pogled na novi i stari most

Pri odabiru koncepcije novog mosta nastojalo se da most zadovolji sve potrebne uvjete te da se niveletom i tlocrtnim elementima uklopi u postojeću prometnicu. Također vodilo se računa o tome da se most što je više moguće prilagodi terenu radi okoliša u kojem se nalazi.

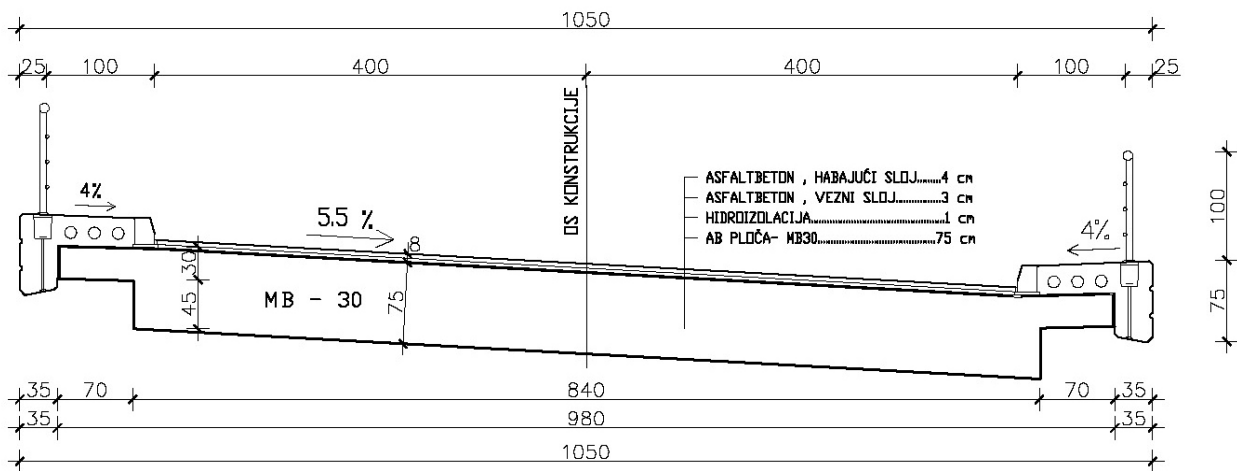
2.2 Rasponski sklop

Most se nalazi u vertikalnoj ($R_v = 1800$ m) i horizontalnoj ($R_h = 60$ m) krivini i pod kutom od 60° siječe potok Žirovac što je stvaralo dodatne zahtjeve pri projektiranju i izvođenju mosta. U uzdužnom smjeru most sadrži dva raspona po 15 m, što je zajedno s krilima upornjaka 41,0 m (slika 4.). Najveći je uzdužni pad 3,9% kod upornjaka U0, a najmanji 2,2% kod upornjaka U2. Poprečni nagib kolničkoga traka je konstantan i iznosi 5,5%.

U poprečnom smjeru most sadrži dva kolnička traka širine po 4,0 m i dvije pješačke staze sa obje strane širine 1,0 m s ukupnom širinom mosta od 10,5 m (slika 5.).



Slika 4. Uzdužni presjek



Slika 5. Poprečni presjek

Glavna rasponska konstrukcija je monolitna armiranobetonska ploča konstantne debljine $d = 75$ cm, izvedena na licu mjesta, s konzolnim istakama na obje strane mosta $d = 30$ cm, a oslonjena na elastomerne ležajeve.

2.3 Donji ustroj

Upornjaci su armiranobetonske monolitne konstrukcije, potkovastog oblika, izvedene na licu mjesta koje s temeljnom pločom i pilotima čine jedinstvenu cjelinu (slike 3. i 5.). Oblik upornjaka U0 i U2 diktira trasa ceste i korito potoka Žirovac, odnosno krivina u kojoj se most nalazi. Debljina prednjeg zida upornjaka je 80 cm, a krila $d = 40$ cm.

Stup je armiranobetonski zid $d = 80$ cm na krajevima zaobljen, širine 8,0 m i visine 4,90 – 5,33 m, koji se oslanja preko temeljne ploče na pilote.

2.4 Geomehantičke značajke tla i temeljenje

Malo, ali svakako nedovoljno podataka o tlu, bilo je dostupno projektantu novog mosta jer se zbog miniranosti

terena nisu mogli obaviti kvalitetni istražni radovi. Prvotno je most trebao biti temeljen plitko, no pri izvođenju došlo je do spoznaje o nedovoljnoj nosivosti tla u površinskom dijelu, dok se na dubini od 2 m do 6 m nalazi stijena pod kutom od oko 30° . Nakon te spoznaje, odlučeno je da se izvede duboko temeljenje s bušenim pilotima $\varnothing 80$ cm koji bi se upustili u stijenu najmanje 1,6 m. To se napravilo na stupištima U0 i S1, dok se stupište U2 s temeljnom pločom izravno oslonja na stijenu. Na stupištu U0 nalazi se 7 pilota raspoređenih ispod temeljne ploče, dok se na stupištu S1 nalaze 4 pilota. Piloti su prosječne duljine otprilike 6 m.

2.5 Oprema mosta

Odvodnja oborinske vode riješena je s dva slivnika koji će se smjestiti uz niži rubnjak neposredno prije stupa S1 i upornjaka U2. Vijenac s pješačkom stazom čini jedinstvenu monolitnu cjelinu izvedenu na licu mjesta, koja se sidri u ploču i postavlja na gotovu hidroizolaciju. Ograda je od valjanih profila visine 100 cm usidrenih u armiranobetonski vijenac. Postavljena je na obje strane

mosta u duljini 41,2 m. Na krajevima rasponske konstrukcije ugradit će se prijelazne naprave za preuzimanje pomaka od ± 35 mm.



Slika 6. Pogled na most – istok

2.6 Izvedba

Izvođenje mosta počelo je u vrlo nepovoljnim uvjetima, početkom 12. prosinca 2003. Česte oborine, niske temperature i ono najvažnije, visoke vode potoka Žirovac znatno su otežavale izvođenje radova. K tome je pri samoj izvedbi mosta došlo do neočekivanih okolnosti za izvođača (već navedena promjena temeljenja), no izvođač i nadzor bili su na visini zadatka te su u suradnji s projektantom sve probleme efikasno rješavali. Nakon izvedbe donjega ustroja mosta, izvođač je izišao iz vode, vremenski su se uvjeti poboljšali te je gradnja mosta vrlo uspješno privredena kraju, što se vidi i iz slike 6.

Sudionici izrade mosta

Projektant:	Mate Pezer, dipl. ing. građ. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Suradnik:	Helena Meštrović, građ. tehn. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Izvođač:	Carin d.o.o.
Nadzor:	Zlatko Mihalinec, ing. građ. IGH d.d. Zagreb
Investitor:	Hrvatske ceste d.o.o. (Domagoj Broz, dipl. ing. građ.)

3 Most preko potoka Kupčina u Kostanjevcu

3.1 Općenito

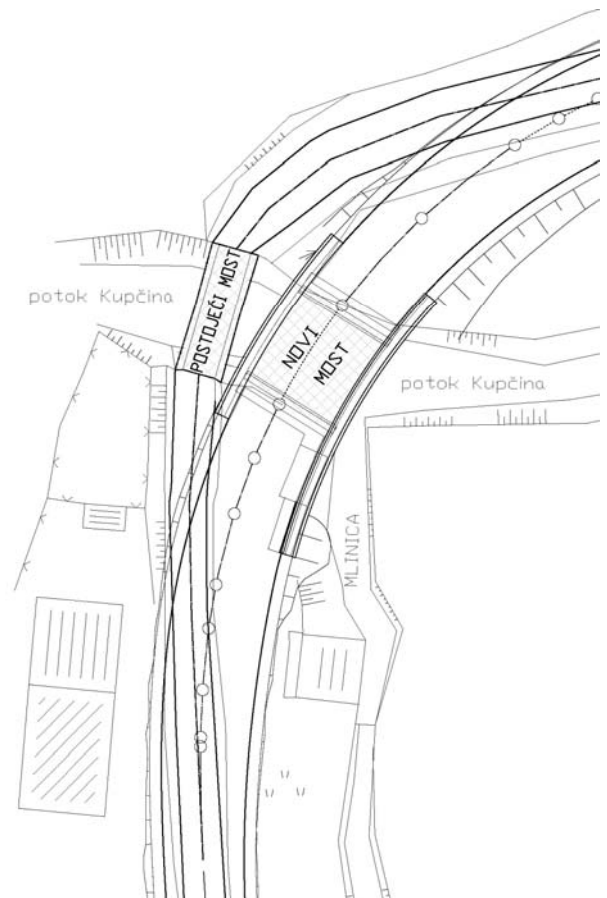
Most preko potoka Kupčine nalazi se u Žumberku na državnoj cesti D-505 u mjestu Kostanjevac (Krašić) između Jastrebarskog i Bregane. Stari most (slika 7.) je čelična konstrukcija, raspona 10 m i širine 3,8 m. Glavni nosivi sklop čine dva čelična nosača $h = 40$ cm, povezana poprečnim nosačima i obložena čeličnim limovima koje služe kao vozna ploha mosta. Nosači su preko drvenih klada oslonjeni na kamene upornjake.

Ni širina mosta ni oštar zavoj koji je pred mostom ne zadovoljavaju norme za promet državnom cestom. Također, da bi se radio isti, a paralelni most do postojećeg, gdje bi svaki služio za jedan smjer, nije bilo moguće. Njegova nosivost ne zadovoljava vrijedeće pravilnike za



Slika 7. Stari most

prometno opterećenje. (Moramo još napomenuti da nosiva konstrukcija odskakuje od svojih oslonaca pri prelasku većih vozila: kamiona, autobusa.) Ojačanja i proširenja kolničke konstrukcije preskupa su i neracionalna, ponajprije zbog stanja i koncepta čelične konstrukcije te oslanjanja na kamene upornjake. Kao najprihvatljivije rješenje odabrana je varijanta s novim mostom. Nakon završetka novog mosta stari je uklonjen (slika 8.).



Slika 8. Situacija novog i starog most

Novi je most izveden neposredno uz stari. Pri odabiru koncepcije mosta vodilo se računa o tome da most zadovolji sve posebne uvjete te da se niveletom i tlocrtnim elementima uklopi u postojeću prometnicu. Most se nalazi u horizontalnoj krivini ($R_h = 58$ m) i pod kutom od 80° siječe potok Kupčinu (slika 8.).

3.2 Nosiva konstrukcija

Most je okvirna konstrukcija najvećega raspona 9,8 m koji je zajedno s krilima upornjaka dugačak 18,2 m. (slika 9.). Maksimalni uzdužni pad je 0,89%; poprečni je nagib kolničkoga traka konstantan i iznosi 5,5%.

U poprečnom smjeru most ima dva kolnička traka širine po 3,5 m i dvije pješačke staze s obje strane širine 1,0 m s ukupnom širinom mosta od 9,5 m (slika 10.).

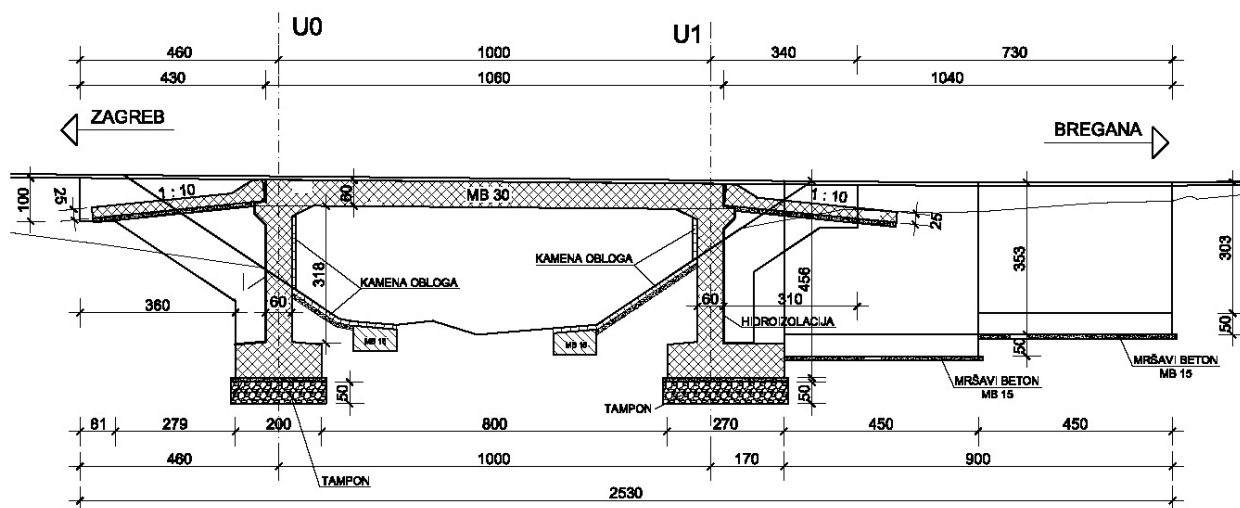
Kolnička konstrukcija je puna armiranobetonska ploča visine 60-85 cm, potpuno monolitizirana sa zidovima upornjaka s kojima čini okvirni statički sustav.

Upornjaci su armiranobetonske monolitne konstrukcije, potkovastog oblika, izvedene na licu mjesta. Debljina prednjeg zida upornjaka je 60 cm, a svako krilo je $d = 30$ cm (slika 9.).

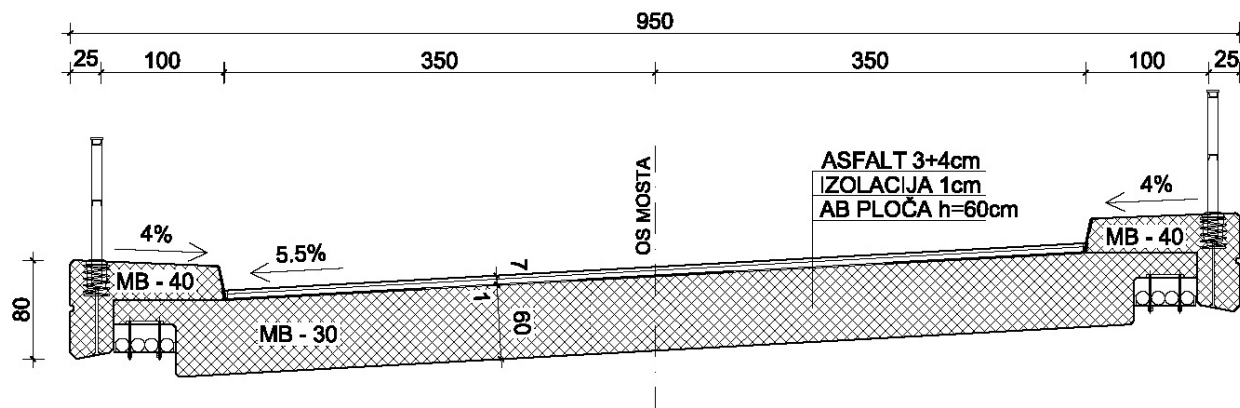
Na temelju izvedenih istražnih radova i geostatičke analize utvrđena je nosivost tla od 199 kN/m^2 , materijal za temeljenje je slabo građurani šljunak i sva su slijeganja nastala za gradnje mosta.

3.4 Oprema mosta

Vijenac s pješačkom stazom čini jedinstvenu monolitnu cjelinu izvedenu na licu mjesta koja se sidri u ploču i postavlja na gotovu hidroizolaciju. Ograda je od valjanih profila visine 100 cm usidrenih u armiranobetonski vijenac. Postavljena je na obje strane mosta u duljini od 18,6 m. Kompletan donji ustroj mosta bit će obložen kamenim pločama kao i korito potoka u duljini od 5 m ispred i iza mosta.



Slika 9. Uzdužni presjek



Slika 10. Poprečni presjek

3.5 Izvedba

Izvođenje mosta počelo je u povoljnim uvjetima kad su vode potoka Kupčine niske. Izvedba mosta prošla je vrlo uspješno što se vidi na slici 11.



Slika 11. Novi most

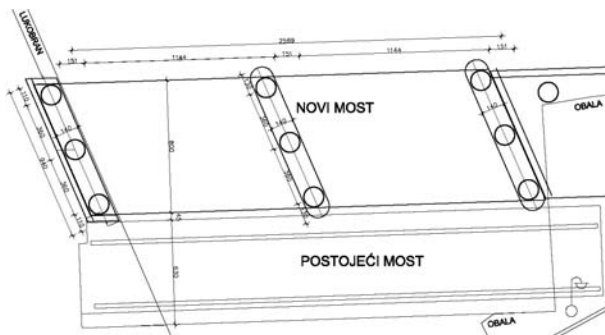
Sudionici izrade mosta

Projektant:	Mate Pezer, dipl. ing. građ. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Glavni projektant:	Edvin Bralić, dipl. ing. građ. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Suradnik:	Vilko Vodopivec, građ. tehn. – Hidroelektra-projekt d.o.o.
Izvođač:	Karlovačke ceste d.o.o.
Investitor:	Hrvatske ceste d.o.o.

4 Novi most u luci Rijeka

4.1 Općenito

Novi most u Luci Rijeka nalazi se na spoju obale i Riječkog lukobrana. Napravljen je odmah do postojećeg mosta (slika 12.) koji za razliku od prethodnih dvaju, nije stavljen izvan funkcije nego i dalje služi za pješački promet



Slika 12. Tlocrt starog i novog mosta

i promet interventnih vozila. Stari je most (slika 13.) rešetkasta čelična konstrukcija raspona oko 27 m, širine

4,0 m (svijetla širina 3,5 m). Sastoji se od dva rešetkasta nosača međusobno povezana poprečnim nosačima na kojima se nalaze tračnice za željeznički promet te asfaltirano povezoje čime je omogućen i promet cestovnim vozilima.

Naknadno je dodan hodnik, širine približno 120 cm, sa sjeverne strane mosta. Prvotno je bio pokretni most koji se horizontalno rotirao oko upornjaka na kopnoj strani, no već odavno nije u funkciji. Most je zaštićen kao spomenik kulture te se nije smio uklanjati ni mijenjati (slika 13.).



Slika 13. Stari most

No kako svojom širinom nije zadovoljavao dovoljnu propusnost vozila i pješaka, odabrana je varijanta s novim mostom koji će služiti za cestovni promet, a stari most kao što je već navedeno, služi za pješački i interventni promet.



Slika 14. Novi most

Novi se most nalazi u vertikalnom i horizontalnom pravcu, pod kutom od 70° siječe prolaz između lukobrana i kopna kroz koji protječe more za plime i oseke (slika 14.). Ograničavajući uvjeti utjecali su na konačan izgled mosta. Ti su uvjeti vezani uz stari most te uz visinu mosta iznad mora i protočnost mora kroz prolaz. Novi most mora minimalno zaklanjati pogled na stari most, a ograda novog mosta mora biti „prozračna“, što je značilo da novi most ne smije biti izdignut iznad starog, nego mo-

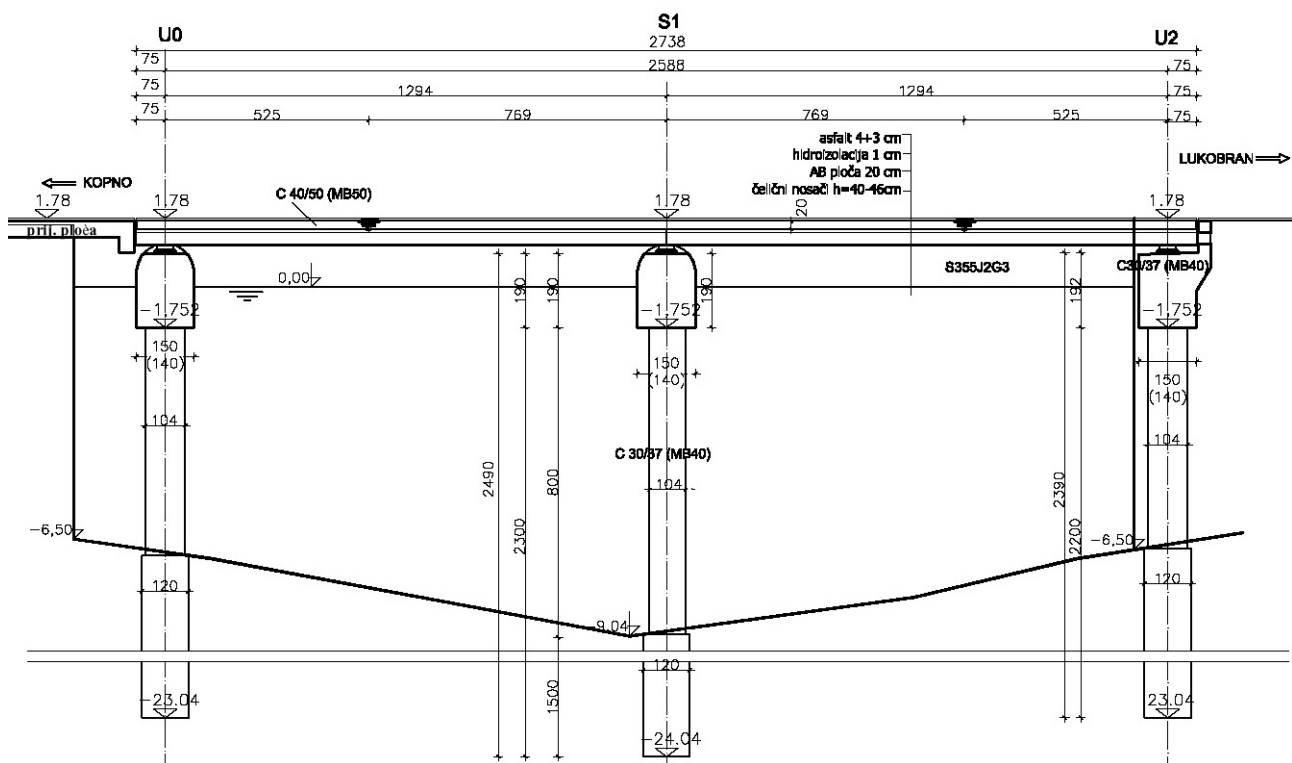
raju biti u razini (na 1,78 m). Drugi je uvjet: visina mosta iznad mora koja je određena ekstremnom razinom mora za period od jedne godine i iznosi 0,95 m. Kad se oduzmu visine asfalta, hidroizolacije, ležaja, ležajnih ploča i klupčica preostaje nam oko 58 cm za nosivu konstrukciju da bi se premostio 30 m svijetli otvor s jedne obale na drugu. Osim toga investitora je tražio da se proračunom predvidi najkvalitetniji čelik ST44, a da se ugrađuje ST52 prema DIN17100, te da se predvidi najveće prometno opterećenje V 600 + 300, zbog prolaza teških kamiona i dizalica u lučkom prometu. Zbog svega toga dodano je još jedno stupište u sredini raspona. Odabran je spregnuti presjek gornjeg ustroja te je na

specifičan način riješena prijelazna ploča. Zbog vrlo agresivnog okoliša i čestog ispiranja ležaja morskom vodom, odabrani su elastomerni ležaji koji su jednostavno zamjenjivi ako propadnu, a koji su svojim „gumenim“ sastavom otporniji na sol.

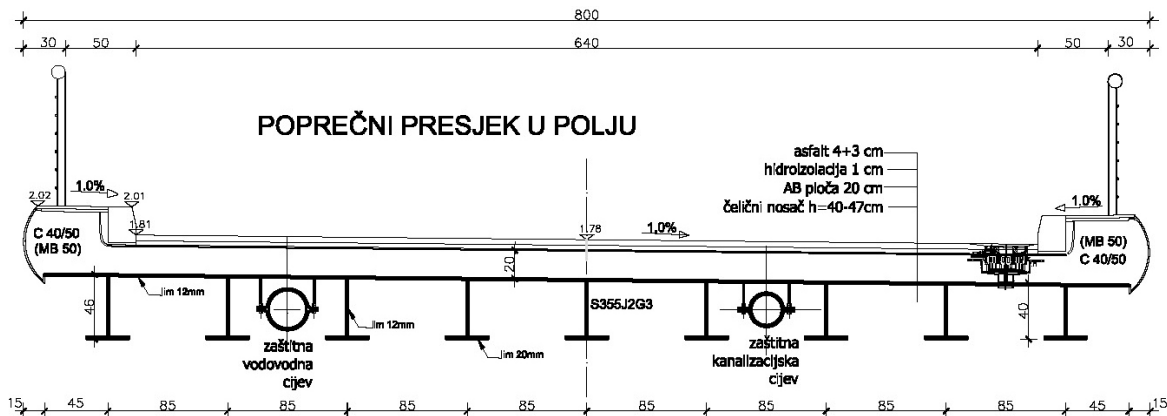
4.2 Rasponski sklop

U uzdužnom smjeru most sadrži dva raspona po 13 m (slika 15.). Poprečni je nagib kolničkoga traka konstantan i iznosi 1,0%.

U poprečnom smjeru most sadrži dva kolnička traka širine po 3,2 m i dva zaštitna pojasa po 0,5 m s ukupnom širinom mosta od 8,0 m (slika 16.).



Slika 15. Uzdužni presjek



Slika 16. Poprečni presjek

Glavni raspon čini spregnuta konstrukcija od armiranobetonske ploče visine $d = 20$ cm i 9 čeličnih I-nosača promjenjive visine $h = 40-46$ cm oslonjenih na elasto-merne ležaje.

4.3 Donji ustroj

Upornjaci i stupište su armiranobetonske monolitne konstrukcije koje se sastoje od naglavne grede i tri bušena pilota $\varnothing 120$ cm koji ispod tla imaju funkciju dubokih temelja, a iznad površine tla funkciju stupova. Zbog nepravilnog oblika obale te njezine nedovoljne širine bilo je potrebno izvesti „modificiranu“ prijelaznu ploču na kopnoj strani mosta. Ona je dijelom oslonjena na tlo, a svojim konzolnim dijelom na pilot $\varnothing 120$ cm i prilagođena kutu pružanja upornjaka U0. Prijelazna je ploča debljine 40 cm, a po svojim rubovima ojačana je gredama 40×80 cm. Na bočnoj je strani prijelazne ploče bilo potrebno rubnu gredu spustiti ispod najniže stoljetne razine mora zbog urbanističkih zahtjeva.

4.4 Geomehaničke značajke tla i temeljenje

Na temelju rezultata istraživanja ustanovljeno je da je mikrolokacija izgrađena od umjetnog pokrova i osnovne stijene. Pokrov se sastoji od nasipa i marinskih sedimenta, a osnovna je stijena od vapnenaca gornje krede. Debljina nasipa je 25,5 m, a marinski sedimenti se prostiru do dubine 65,0 m gdje su u dodiru s osnovnom stijenom. Razina podzemne vode jednaka je razini mora. Visina gornje plohe tla je 1,70 m iznad srednje razine mora. Zbog maritimnih uvjeta (dubine mora 8 m), neujednačenosti temeljnog tla i jednostavnosti izvedbe, odabrano je dubinsko temeljenje na lebdećim bušenim pilotima. Svako stupno mjesto ima tri pilota $\varnothing 120$ cm povezana naglavnom gredom. Dubina temeljenja je 15 m, s time da piloti vire 8 m iznad tla. Na dijelu iznad površine tla zbog tehnologije izvedbe promjer stupova je smanjen s $\varnothing 120$ cm na $\varnothing 103,8$ cm (slika 15.).

4.5 Oprema mosta

Odvodnja oborinske vode riješena je s dva slivnika koji će se smjestiti uz niži rubnjak na sredini obaju raspona. Vijenac sa zaštitnim pojasom čini jedinstvenu monolitnu cjelinu izvedenu na licu mjesta koja je obložena metalnom oblogom od nehrđajućeg čelika, koja je poslužila

i kao izgubljena oplata. Rubnjaci su od bijelog kamena s nadvišenjem od 20 cm u odnosu na kolnik. Ograda je izrađena od nehrđajućeg čelika visine 100 cm usidrena u armiranobetonski vijenac. Horizontalne su ispune od nategnute čelične užadi na razmaku 12 cm postavljene na obje strane mosta. Na krajevima rasponske konstrukcije ugrađene su prijelazne naprave za preuzimanje pomaka od ± 35 mm.

4.6 Izvedba

Izvedba je zbog morskih uvjeta rada, pogotovo na pilotima i naglavnim gredama, imala određene probleme. Zbog izuzetne profesionalnosti nadzornog inženjera, oni su se uspješno rješavali na razini projektant - izvođač. Također izrada i montaža čelične konstrukcije prošla je bez ikakvih problema. Ostatak izvedbe mosta uspješno je priveden kraju.

Sudionici izrade mosta

Projektant mosta:	Mate Pezer, dipl. ing. građ. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Suradnik:	Neven Crnobrnja, dipl. ing. građ. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Suradnik:	Jasna Žižak, građ. tehn. Hidroelektra-projekt d.o.o.
Projektant temelja:	Dr. sc. Željko Arbanas, dipl. ing. građ. IGH d.d. Rijeka
Izvođač:	GP Krk d.d.
Nadzor:	Nebojša Grzunov, dipl. ing. građ. IGH d.d. Rijeka
Investitor:	Grad Rijeka

5 Zaključak

Prikazana su tri različita slučaja starih mostova koji su ili svojim oštećenjima, ili nedovoljnom nosivošću, ili gabaritima bili nedostadni za kvalitetnu uporabu. Pokazalo se da su se novi mostovi vrlo dobro uklopili u postojeću infrastrukturu te da nije nužno uvijek forsirati sanacije i rekonstrukcije postojećih mostova iako se na prvi pogled čine puno jeftinim i jednostavnim rješenjima. Opisani primjeri pokazuju da su novi mostovi najčešće najkvalitetnija i dugoročno najisplativija rješenja.

IZVORI

[1] Glavni i izvedbeni projekti mostova