

MOST PREKO DONAVE V NOVEM SADU – MEDNARODNI NATEČAJ IN PRVONAGRAJENA REŠITEV

BRIDGE OVER DANUBE IN NOVI SAD, SERBIA – INTERNATIONAL DESIGN COMPETITION AND FIRST AWARDED SOLUTION

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.,

viktor.markelj@ponting.si

Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad.,

dusan.rozic@ponting.si

PONTING, d. o. o., Maribor

Strokovni članek

UDK: 624.21

Povzetek | Septembra 2008 je mesto Novi Sad razpisalo mednarodni natečaj za idejno rešitev ter izdelavo idejnega projekta za novi most preko Donave v Novem Sadu. Zmaga na natečaju je zagotavljala pridobitev naročila za idejni projekt mostu in mestne štiripasovne ceste dolžine 1,5 km, predora pod Petrovaradinsko trdnjavo ter pripadajočih načrtov in študij. Natečajno gradivo je prevzelo 18 kandidatov, do roka pa je prispelo 6 rešitev. Med temi je mednarodna komisija izbrala kot najboljšo rešitev mostu preko Donave podjetje Ponting, d. o. o., iz Maribora. Rešitev predvideva gredni sovprežni most dolžine 420 m ter širine 25 m z glavnim razponom dolžine 188 m, kjer je gredi dodan nizek ojačitveni lok. Prispevek opisuje potek natečaja in zmagovalno rešitev mostu.

Summary | In September 2008, the city of Novi Sad announced an international design competition for conceptual solutions and preliminary design for the new bridge over the Danube River in Novi Sad. Winning this competition provided the contract for the project of the bridge and the city four-laned road length of 1.5 km, tunnel under the Petrovaradin fortress, related designs and studies. There were 18 candidates for competition entry, until deadline 6 solution was elaborated. The best design solution proposed by Ponting d.o.o. Maribor, was chosen among them by international jury. The solution provides composite girder bridge with length of 420 m, width of 25.0 m and the main span length of 188 m. The design can be classified as tied-arch girder bridge with one arch in central plane. The contribution describes the course of the contest and the winning solution to the bridge.

1 • UVOD

Mesto Novi Sad je septembra 2008 razpisalo mednarodni natečaj za idejno rešitev ter izdelavo idejnega projekta za novi most preko Donave v Novem Sadu. Zmaga na natečaju je zagotavljala pridobitev naročila za idejni projekt mostu in mestne štiripasovne ceste

dolžine 1,5 km, predora pod Petrovaradinsko trdnjavo ter pripadajočih načrtov in študij upravičenosti, študije vplivov na okolje, študije vplivov na kulturno-zgodovinski kompleks Petrovaradinske trdnjave ter priprava razpisa za nadaljnje faze projekta in gradnje mostu.

Razpis je predstavljal še poseben izziv zaradi enkratne lokacije premostitve, saj je nova premostitev predvidena na lokaciji nekdanjega železniškega mostu Franca Jožefa iz leta 1883 (slika 1) z uporabo preostalih stebrov tega mostu (slika 2). Trasa stare železnice z mostom in predorom poteka natančno pod znamenito in zaščiteno Petrovaradinsko trdnjavo, kar poleg izvirnosti pomeni tudi veliko odgovornost zaradi občutljivosti te lokacije.



Slika 1 • Most Franca Jožefa (1883–1945)



Slika 2 • Obstoječi stebri – 2009

2 • NATEČAJ IN RAZPIS ZA NOVI MOST



Natečaj je bil objavljen septembra 2008 kot dvodelni natečaj z razpisom. Natečajno gradivo je prevzelo 18 kandidatov, do roka v decembru 2009 pa je prispelo 6 rešitev. Rešitve so prišle iz Srbije, Velike Britanije, Madžarske, Nemčije in Slovenije.

Prvi anonimni natečajni del se je odprl 5. 12. 2008. V tem delu so se ocenjevali podana zasnova mostu in druge tehnične rešitve.

Kuvertirane ocene so čakale do odpiranja 2. faze, ki je vsebovala elemente razpisa s formalnimi pogoji, referencami, bančnimi garancijami ter cenami za izdelavo idejnega projekta in študij. Mednarodna komisija je podelila dve nagradi in štiri enakovredne odkupe, ki so prikazani v preglednici 1. Oznake šifer so bile dodeljene interno po predelih mesta Novi Sad.

Kot najboljšo rešitev je komisija izbrala projekt mostu podjetja Ponting, d. o. o., iz Maribora, ki je v skupnem nastopu sodeloval še s podjetji CPV, a. d., iz Novega Sada za cestne rešitve ter z družbo DDC svetovanje inženiring, d. o. o., iz Ljubljane, ki je bila zadolžena za pripadajoče študije. Poleg navedenih družb, ki so sestavljale »joint venture«, so vključeni tudi družbi Filos, d. o. o., iz Beograda za gradbene konstrukcije ter družba IRGO Consulting, d. o. o., iz Ljubljane kot projektant predora. Glavni podatki o prvonagrajeni rešitvi so v preglednici 2.

Int. Šifra/Tip konstr.	Rešitev	Nagrada	Ponudnik
LIMAN Greda z ojačilnim lokom		1. nagrada	Ponting + CPV + DDC s podizvajalci Filos in IRGO
SALAJKA Greda s spremenljivim nivojem hodnikov		2. nagrada	Unitef – CEH (Madžarska in Nemčija)
GRBAVICA Greda z ločenimi hodniki, ob obalah obešenimi na zatege		odkup	OVE ARUP London
ROTKVARIJA Greda s poš. zategami in enim pilonom		odkup	Eurogardi NS + Gradj. Fakultet Bg+ Gradj. Fakultet NS

CENTAR Valovanje zgornjih in spodnjih lokov		odkup	Mosprojekt BG + Delfin inženjering BG
PODBARA Čista gredna rešitev		odkup	Saab. Institut CIP Beograd

Preglednica 1 • Razporeditev konstruktorskih rešitev mostu s ponudniki

Avtorska skupina prvonagrajene rešitve je bila naslednja: Viktor Markej (Ponting), prof. Peter

Gabrijelčič (Fakulteta za arhitekturo), Dušan Rožič (Ponting), Darko Radović (Filos), Marina

Komad (CPV), dr. Vojkan Jovičić (IRGO), Miha Marinič (Ponting).

Mednarodna žirija za izbor najboljše rešitve je bila sestavljena interdisciplinarno ter so jo predstavljali naslednji člani: župan mesta Igor Pavličić, njegov namestnik mr. Saša Igić, članica mestnega sveta za urbanizem in zaščito življenjskega okolja dr. Jelena Atanacković-Jeličić, pokrajinski sekretar za arhitekturo in urbanizem Dušanka Sremački, nekdanji pokrajinski funkcionar mr. Mirko Čanadanović, arhitekt Darko Polić, umetnostna zgodovinarica Donka Stančić, arhitekt Srđan Crkvenjakov, rektorica novosadske univerze dr. Radmila Marinković-Nedučin, arhitekt Boris Podrecca z Dunaja in konstruktor prof. dr. Klaus Bollinger iz Frankfurta.

Objekt:	Novi most preko Donave na obstoječih stebrih nekdanjega mostu Franca Jožefa v Novem Sadu
Naročnik:	Zavod za izgradnjo mesta, Novi Sad
Projekt mosta:	Ponting, d. o. o., Maribor
Projekt trase:	AD CPV, Novi Sad
Projekt predora:	IRGO Consulting, d. o. o., Ljubljana
Prip. študije:	DDC, d. o. o., Ljubljana
Velikost:	Glavni most dolžine 422 m, širina 25 m, A = 10.550 m ² , predor dolžine 360 m
Investicija:	Glavni most 21 milijonov EUR, celotna vrednost 47 milijonov EUR

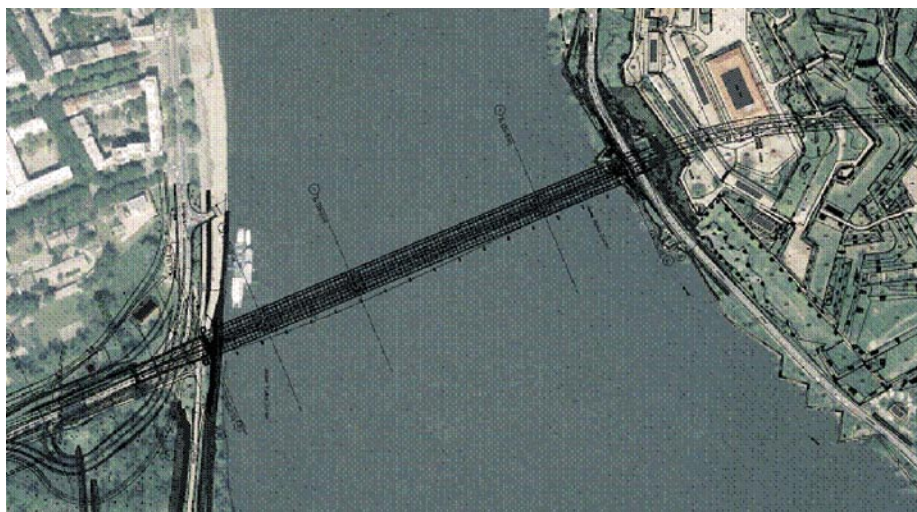
Preglednica 2 • Podatki o prvonagrajeni rešitvi mostu

3 • OPIS PRVONAGRAJENE REŠITVE

3.1 Zasnova

Lokacija mostu je določena z lego preostalih stebrov nekdanjega mosta Franca Jožefa v Donavi ter z lego obstoječega predora za nekdanjo železniško progo Budimpešta–Zemun (sliki 3 in 4). Most, ki je bil zgrajen leta 1883 za potrebe omenjene železniške proge, je bil dokončno porušen konec druge svetovne vojne. Po tem je bil zrušen še eden od stebrov zaradi povečanja plovne poti po Donavi. Čeprav razdalji 92 m ter 188 m med tremi preostalimi stebri v Donavi nista obetali statično primernih rešitev, smo iskali najprej v smeri uporabe obstoječih podpor.

Rešitev je poleg opisanih obstoječih stebrov bila pogojevana z varovanjem zaščitene kulturno-zgodovinskega objekta Petrovaradinske trdnjave, predvsem kar se tiče vedute iz smeri



Slika 3 • Situacija premostitve Donave ob Petrovaradinski trdnjavi

mesta preko Donave na trdnjavo. Posebna omejitev pa je bil tudi plovni profil, ki ni dopuščal večjih konstrukcij pod niveleto ceste, omejeno z največjimi dopustnimi nakloni.

Znotraj vseh teh omejitev smo izbrali gredni statični sistem, ki je po togosti ustrežal izbranim razponom, razen v glavnem razponu, kjer gredi daje dodatno togost t. i. ojačitveni lok. Ker bi lok iznad vozišča lahko ogrožal zaščitene vedute, smo iskali rešitev za izvedbo čim nižjega loka. To se je pokazalo v inovativni rešitvi tricelčnega prečnega prereza, ki omogoča enostavno povečanje togosti grede z dvigom višine srednje celice. To možnost povečanja togosti grede smo uporabili v glavnem razponu ter s tem omogočili uporabo nižjega loka (slika 5).

3.2 Tehnični opis rešitve

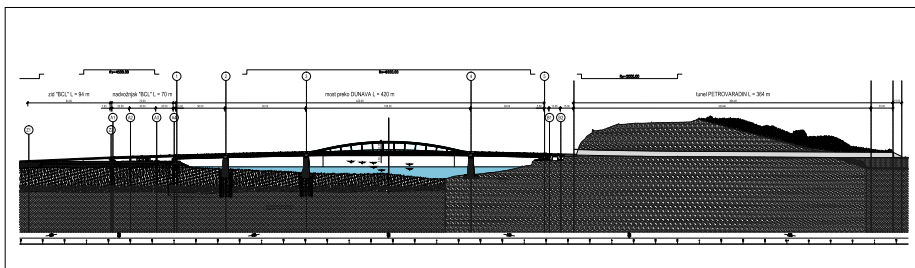
3.2.1 Prekladna konstrukcija

Vzdolžna dispozicija rešitve glavnega mostu je narekovala gredo z naslednjimi statičnim razponi: $56 + 92 + 188 + 84 = 420$ m. Širina celotnega mostu znaša 25 m, kar omogoča vodenje štiripasovne ceste (2-krat 7,0 m), obojestranskega hodnika za pešce in kolesarje ter prostor za konstrukcijo v srednjem pasu med vozišči.

Statični sistem je kontinuirana sovprežna greda z dodatno ojačitvijo v glavnem razponu, ki jo predstavlja en centralno postavljen lok (slika 6). Prečni prerez konstrukcije je tricelčni škatla višine 3,5 m, pri čemer izstopa srednja celica. Višina te celice se namreč spreminja od 4,0 m do 6,20 m. Na ta način dobimo značilno gubo ali izrastek, ki pod lokom spremlja njegovo obliko. Ta izrastek nam daje prej omenjeno dodatno togost grede v srednjem razponu.

Prečni prerez je sovprežen, sestavljen iz jeklene škatle ter voziščne plošče AB (slika 7). Jeklena škatlasta konstrukcija je širine 9,00 m in ima tri celice oz. 4 stojine. Krajni stojini sta višine 3,5 m, višina vmesnih stojin pa – kot že rečeno – minimalno 4,0 m. Srednji stojini, ki na razmiku 2,0 m tvorita notranjo celico, se podaljšujeta v ločno konstrukcijo ter v že prej omenjeno gubasto ojačitev.

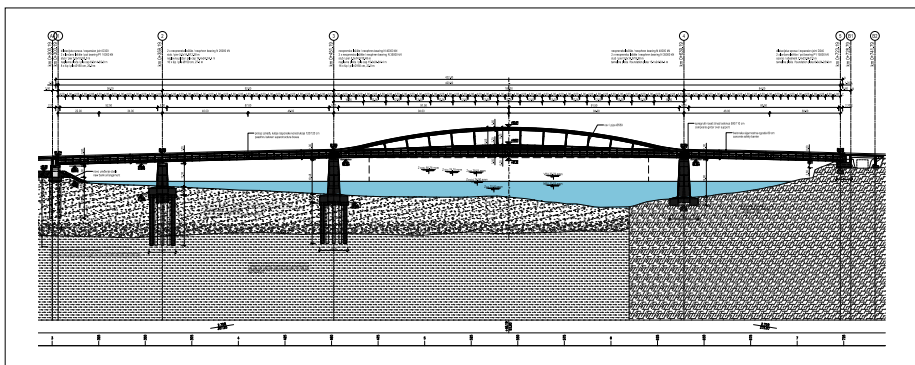
Jeklena škatla ima za zagotavljanje stabilnosti pločevin vzdolžne ojačitve oblike U ter prečne ojačitve v obliki nosilcev T. Razmik prečnih ojačitev je 4,00 m, razmik vzdolžnih pa se spreminja od napetosti in debelin pločevin. Na obeh straneh škatle se v rastru prečnih ojačitev priključujejo prečni konzolni okvirji dolžine 7,6 m, ki prenašajo konzolno obremenitev v zgornjo in spodnjo pasnico.



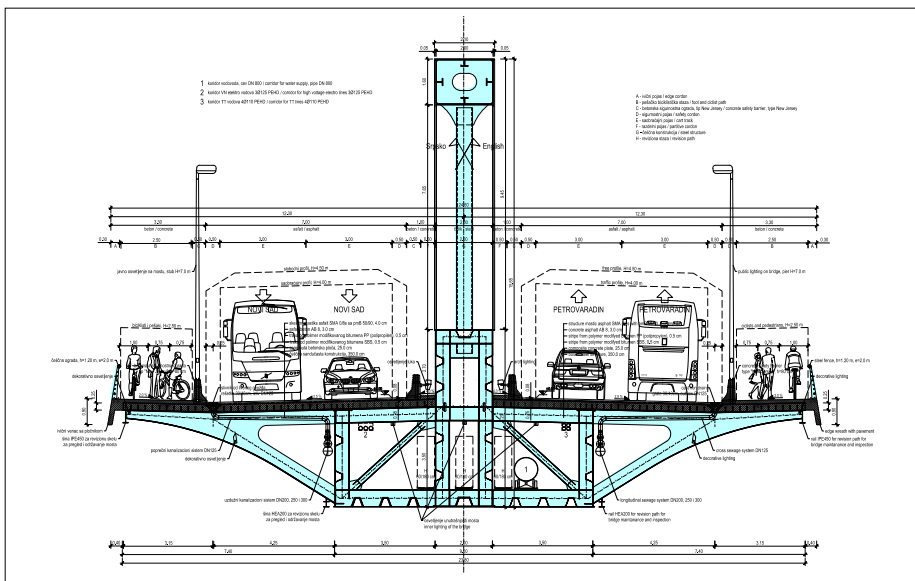
Slika 4 • Po prečkanju Donave gre trasa naravnost v predor pod Petrovaradinsko trdnjavo



Slika 5 • Inovativna zasnova ojačitvenega loka je dala atraktivno zunanjo obliko



Slika 6 • Vzdolžni prerez glavnega mostu z razponi 56 + 92 + 188 + 84 = 420 m



Slika 7 • Prečni prerez skozi gredo in lok v sredi glavnega razpona

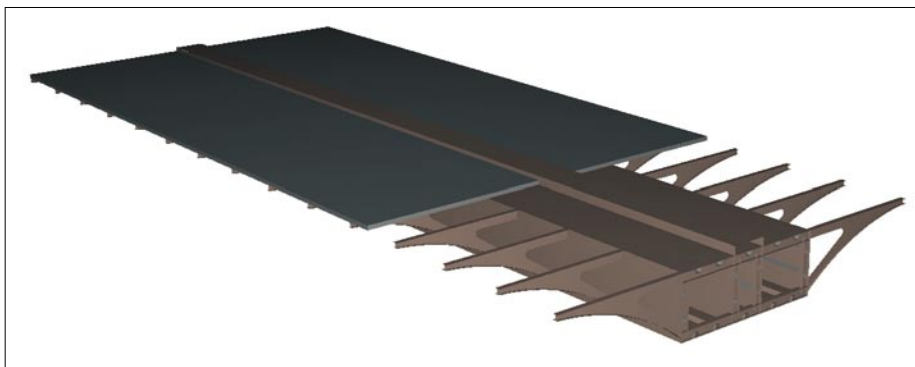
3.2.2 Podporna konstrukcija in temeljenje

Vse tri obstoječe podpore v Donavi se ohranijo ter rekonstruirajo za novi most. Dve podpori proti levemu bregu sta temeljeni v gramoznem materialu, ki leži na 30 m globoki laporni osnovi. Podpora, ki je bližje desnemu bregu, je temeljena direktno v skalno osnovo, ki tvori podlago tudi za Petrovaradinsko trdnjavo. Tej skalni tvorbi iz diabaza se je morala ukloniti tudi Donava na svoji poti, zato se ravno na tem mestu reka zoži in predstavlja idealno mesto za njeno prečkanje.

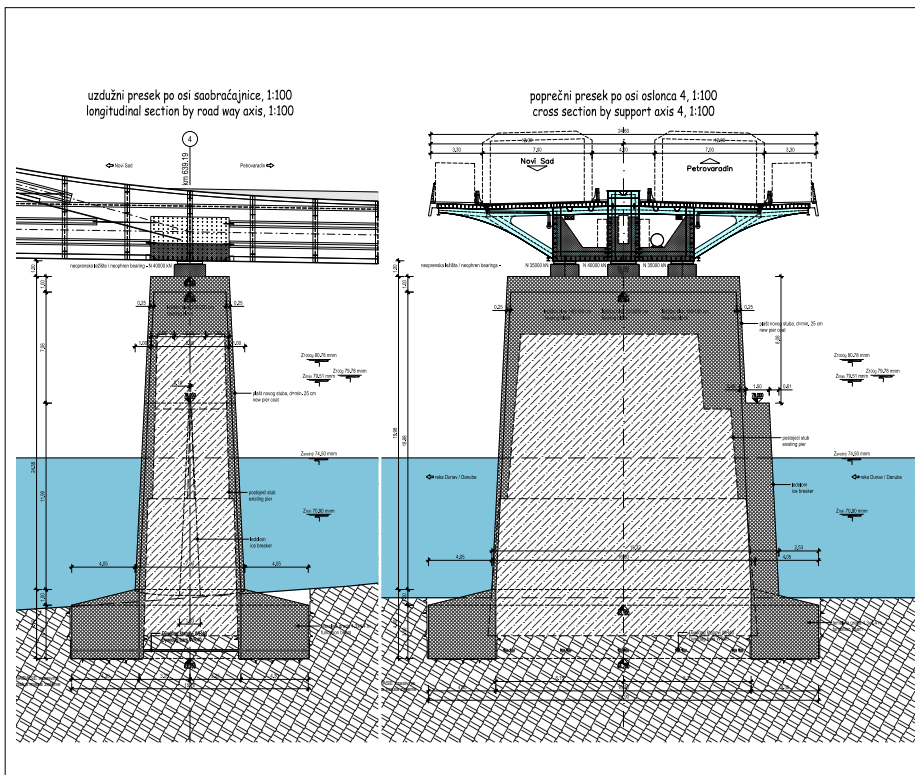
Beton obstoječih podpor je dobro ohranjen. Mogoče je razlog za to tudi dejstvo, da je beton nearmirani in ni bil obremenjen z ekspanzijo zaradi korozije. Ker bodo stebri in temelji z novim mostom prenašali dodatne obremenitve, rekonstrukcija predvideva izdelavo pilotov do laporne osnove ter novi plašč okoli obstoječih stebrov iz armiranega betona. Na stebri v smeri desnega brega, ki je temeljen v diabazni osnovi, piloti niso potrebni (slika 9).

Rekonstrukcija in ojačenje temeljev sta predvidena z globokim temeljenjem za podpore v osi 2 in 3, kjer se nahaja gramozna plast v debelini 20 do 25 m pod dnom reke. Tu je uporabljeno 16 pilotov premera 1,5 m, ki so postavljeni po obodu okoli ovalne blazine. Piloti so na dnu blazine v prečni smeri skozi obstoječo konstrukcijo povezani s palicami Dywidag, kar služi kot zatega za horizontalno projekcijo sil. Blazina in ostala dela pod vodo se izvedejo znotraj začasnih jeklenih zagatnih sten, postavljenih okoli rečne podpore (slika 11).

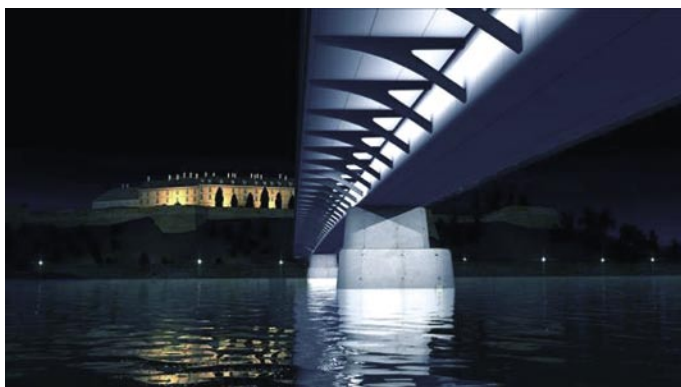
Podpora 4, ki je temeljena v diabazni skali, se ojača z dobetoniranjem plitvega temelja okoli obstoječe konstrukcije (slika 9). Glede na materiale (peski, gramoz, skala), ki sestavljajo geološki prostor, je primerna tehnologija za sanacijo in ojačevanje temeljenja tudi injekt-



Slika 8 • 3D-skica sovprežne mostne grede (tricelična jeklena škatla z voziščno ploščo AB)



Slika 9 • Prerez mostu skozi rečno podporo



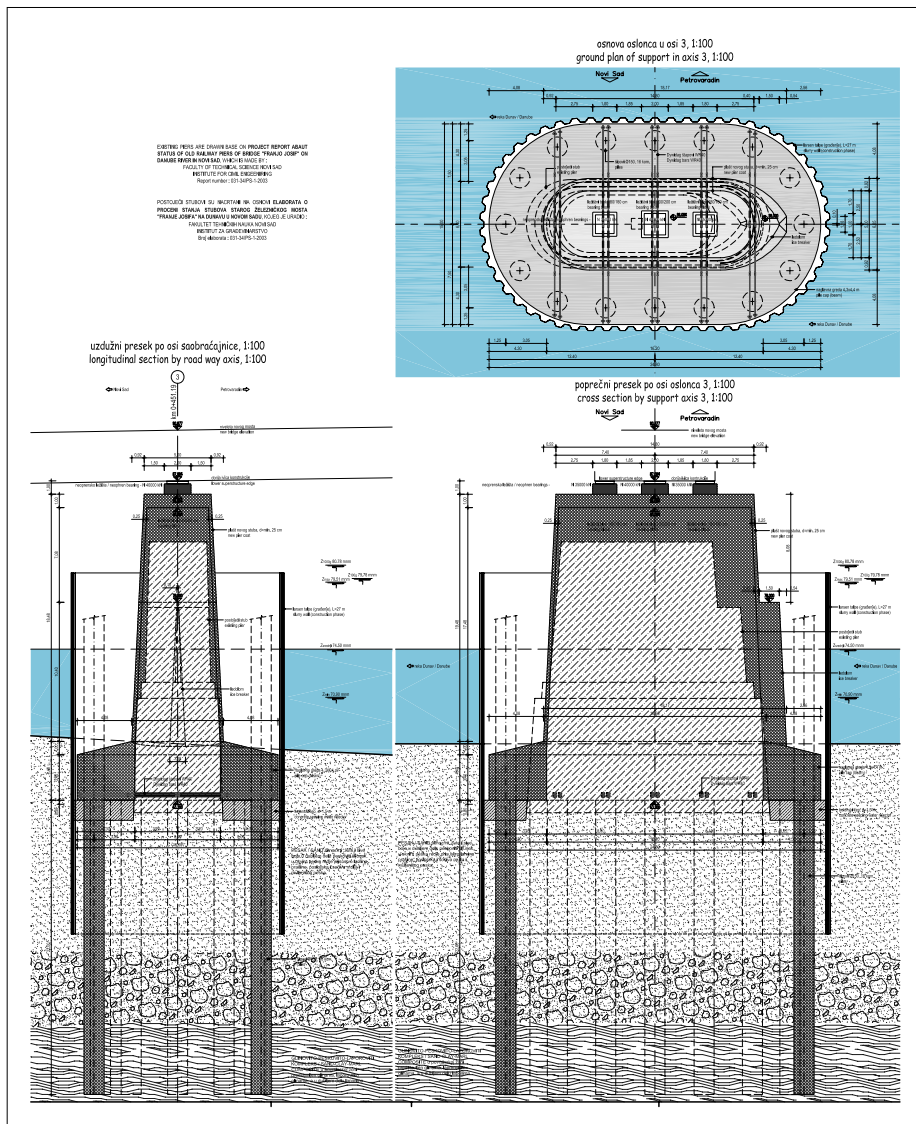
Slika 10 • Videz mostu od spodaj z rečnimi podporami



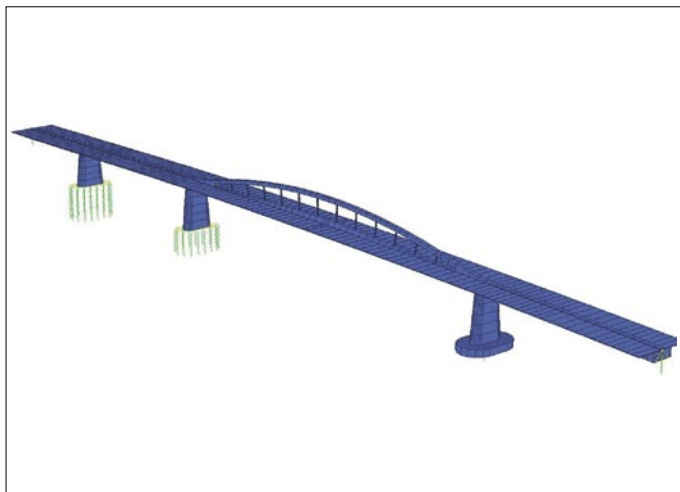
ranje, kar pa bo določeno v višjih fazah po dodatno izvedenih preiskavah.

3.3 Statična analiza

Analiza je bila narejena v skladu z evrokodi ter nemškimi nacionalnimi dodatki, zbranimi v Fachberichte, FB 101, FB 102, FB 103 in FB 104. Za analizo vzdolžne smeri je bil narejen računalniški 3D-model konstrukcije iz linijskih elementov s pomočjo programa Bentley RM Bridge (slika 12). Prečna smer ter lokalni elementi pa so bili analizirani s pomočjo ploskovnih končnih elementov in programom Sofistik (slika 13).



Slika 11 • Obstoječe podpore v Donavi ojačamo s plaščem AB ter obodnimi piloti



Slika 12 • Linijski 3D-model glavnega mostu (Bentley RM Bridge)



Slika 13 • Jekleni del sovprežne konstrukcije na grednem delu (rač. model za Sofistik)

4 • SKLEP

Pri snovanju natečajne rešitve smo se zavedali zahtevnosti in potreb izjemne in popolnoma enkratne lokacije, kjer iztek mostu s predorom prebije izreden kulturno-zgodovinski spomenik. Iskali smo nevtralnno in trdnjavi oblikovno podrejeno rešitev, ki pa bi istočasno bila prepoznavna in ne popolnoma anonimna gredna rešitev. Po analizi tipologij

sosednjih mostov ter možnih rešitev na tej lokaciji smo izbrali gredni nosilec z nizkim ojačitvenim lokom. Že sama tehnična rešitev pa vsebuje tudi inovativne elemente, kar je pri najstarejšem statičnem sistemu – loku, še posebej težko. Mednarodna komisija je s podelitvijo prve nagrade potrdila pravilnost razmišljanja in zasnove.

Na osnovi prikazane prvonagrajene rešitve (slika 14) lahko zaključimo, da smo slovenski gradbeni inženirji-konstruktorji kakor tudi preostali del ekipe, arhitekt in konstruktorji predorov, lahko konkurenčni tudi na mednarodnem področju. Intenzivno načrtovanje, projektiranje in gradnja zahtevnih konstrukcij in objektov v zadnjih letih so pripomogli, da so znanje, kreativnost, izkušnje in samozavest stroke dosegli kritični nivo, ki omogoča konkurenčnost tudi na svetovni ravni.



Slika 14 • Nekaj prikazov zmagovalne rešitve novega mostu preko Donave

5 • VIRI

Zavod za izgradnju grada, Konkursna dokumentacija međunarodni konkurs za idejno rešenje, idejni projekat, studiju opravdanosti i studije uticaja za izgradnju novog mosta preko Dunava u Novom Sadu, Novi Sad, septembar 2008.

Zavod za izgradnju grada, Izveštaj o zajedničkoj sednici žirija i Komisije (šifra javne nabavke NM-5829), ZIG Novi Sad, 15. 1. 2009.

Ponting, d. o. o., Novi most preko Dunava na postojećim stubovima nekadašnjeg mosta Franje Josifa, Natečajna rešitev za mednarodni natečaj, Maribor, december 2008.