

OBNOVA ZELENOG MOSTA U ZAGREBU

# Građevina s posebnom aurom

PRIPREMIO:  
Branko Nadilo

Najveći je problem što se gotovo svi poslovi obavljaju uz redovit promet, a angažirani su i zaštitari kako se grafiti ne bi opet pojavili, premda se jednom tjedno poneki klinac pokušava popeti na luk

U Zagrebu se od prošle godine obnavlja jedan od poznatih gradskih simbola čiji je službeni naziv *Novi željeznički most* iako će ove godine (3. prosinca) navršiti punih 75 godina postojanja. Međutim, tako ga nitko ne zove, obično ga zovu samo Željeznički most, a ipak je najčešći naziv uvjetovan njegovom bojom – *Zeleni most*. Neki mladi Zagrepčani nazivaju ga i *Hendrixov most*, prema slavnom grafitu napisanom u dva navrata i posvećenom američkom glazbeniku Jimiju Hendrixu (1942.-1970.), legendi rocka i gitarističkom geniju. Štoviše, postojala je i inicijativa da most i službeno dobije to ime jer, primjerice, Hendrixova biografija *Room full of mirrors* ima na prvoj stranici fotografiju zagrebačkog mosta. Osim toga u akciji "legendarni europski grafiti" jednoga njemačkog *underground* foruma grafit je "Hendrix" svrstan na drugo mjesto. Nažalost most je poznat po tome što se na tom mjestu dogodilo više samoubojstava negoli na svim zagrebačkim mostovima, a po njegovom se luku običavaju često penjati raznovrsni ekshibicionisti. Navodno su zamijećeni i "skejteri", ali i biciklisti.

Most je pod imenom *Zeleni most na Savi* od 2011. preventivno zaštićeno kulturno dobro, a u odluci se posebno ističe njegova karakteristična zelena boja i lučna parabola koja se uzvisila iznad rijeke i kao da upućuje posjetitelje prema središtu grada i starom Zagrebu. Nije naodmet istaknuti da je poštanska marka s motivom mosta

prema glasovima građana iz zemlje i inozemstva proglašena najljepšom našom markom 2013.

Upravo je svojevrsna aura koja oduvijek prati taj neobični most razlog što smo njegovu rekonstrukciju i obnovu svrstali u gradilišta. Uvjereni smo da to najfotografiraniji zagrebački most svakako zaslužuje.



Nagrađena marka iz serije *Mostovi i vijadukti*



Tri mosta preko Save na kraju Savske ceste

## Prikaz nastanka i uporabe

Budući je *Zeleni most* građen pokraj staroga Željezničkog mosta i pokraj *Crvenog mosta*, još jednog mosta koji je ime dobio prema boji, i koji je upravo tijekom gradnje *Novoga željezničkog mosta* demontiran. Danas je to istočni most od tri što se jedan pokraj drugoga nalaze na kraju Savske ceste u Zagrebu. Mostovi su nastali na putu prema Karlovcu, pokraj gradske mitnice, na mjestu posebno uređenoga riječnog prijelaza, zvanog Kraljev brod.

Danas je to istočni od tri mosta što se nalaze na kraju Savske ceste u Zagrebu, a nastali su na mjestu posebno uređenoga riječnog prijelaza, zvanog Kraljev brod

Tamo je najvjerojatnije bila i prijevozna skela, a poslije i drveni most ili mostovi

preko plavišta, a jedan se cjelovit most preko rijeke, za koji se ne zna kada je izgrađen, sasvim sigurno nalazio na mjestu *Savskoga kolnog mosta*, poznatog i kao *Frkovičev*, koji je građen istodobno kada i *Zeleni most* i pušten u promet dan prije. Riječ je o prvoj većoj sprengutoj konstrukciji u svijetu, značajnoj i zbog zavarivanja debelih limova ( $\approx 100$  mm), koja je od 1975. zaštićeni spomenik tehničke kulture i spomeničke baštine. Zbog naraslog je prometa nešto zapadnije 1981. izgrađen *Jadranski most* (projektant Zvonimir Lončarić, dipl. ing. građ.), a kolni je most od *Univerzijade* 1987. isključivo pješački i sada je gotovo potpuno zapušten pa se rupe u kolniku odnosno pločniku krpaju čeličnim limovima, što baš i nije najsigurnije, a nije ni baš lijepa slika za jedno zaštićeno kulturno dobro.

#### Stari željeznički most

Stari je željeznički most izgrađen 1862., a nalazi se nekoliko metara uzvodno od sadašnjega *Zelenog mosta*. Pušten je u promet 1. listopada 1862., istodobno kada i željeznička pruga Zidani Most – Zagreb – Sisak na kojoj je bila jedna od najvećih i najsloženijih građevina, a vjerojatno i prvi suvremeni most preko rijeke Save na području Hrvatske. Ukupna je duljina rešetkastoga grednog mosta bila 253 m i širina 2,37 m te visina glavnog nosača 2,77 m preko osam polja, na razmacima stupova ( $27,18 + 6 \times 32,87 + 27,77$  m). Bio je to prvi jednokolosiječni željeznički most preko Save, a građen je tri godine. Rešetkasta je konstrukcija bila proizvedena u tvornici *W. Prick* u Beču, prema projektu izrađenom 1858. u Beču. Sastavni su dijelovi konstrukcije bili dopremljeni Dunavom i Savom do Siska, a potom kopnenim putem do Zagreba. Most je bio temeljen na drvenim pilotima koji su na vrhu bili roštiljno povezani drvenim gredama između kojih je bio nabačen kameni materijal povezan betonom. Svi su stupovi i upornjaci bili dozidani klesanim kamenom. Temelje i stupove izveli su domaći građevinski poduzetnici – Jakov Delač iz Skrada i Ante Šneller iz Donje Bistre. Radi brzine građenja, pokraj kamenih



Prijelaz vlaka preko staroga željezničkog mosta

stupova bila je izgrađena drvena skela na kojoj je most montiran istodobno kada su građeni i stupovi. Bio je izveden u zakovanoj izvedbi od kovanoga i lijevanog željeza.

Most je bio u stalnoj uporabi sve do gradnje novoga mosta, iako se još 1892. razmatrala njegova zamjena s jednom demontiranom konstrukcijom sa željezničke pruge Pragersko – Budim. Umjesto toga 1893. izvedeno je jedno pojačanje konstrukcije, a druga je obavljena 1913. kada je konstrukcija ojačana poprečnim okvirima. Sve je to dopuštalo promet do gradnje novog mosta, ali sa znatno smanjenim brzinama (5 km/h), što je uvelike ometalo promet, ali i ograničavalo razvoj grada. Vjeruje se da je tim mostom tijekom 77 godina prošlo više od milijun vlakova. Posebna je zanimljivost što most nije srušen sve do 1950. zbog straha od ratnih stradanja novoga mosta. No kameni su stupovi ostali još dugo jer je ondašnja Uprava za vodoprivredu dala odobrenje za miniranje i uklanjanje tek 1962. Ostaci temelja stupova još se ponekad mogu uočiti za niskog vodostaja. I mi smo ih uspjeli uočiti i snimiti tijekom prvog posjeta gradilištu.

#### Pripreme za gradnju

Željeznički dvokolosiječni most preko rijeke Save u Zagrebu izgrađen je dakle krajem 1939. Pripreme su počele

još 1934. kada je željeznička uprava u Zagrebu zatražila od ondašnje Savske banovine i gradskog poglavarstva gradnju "dvokolosiječnog mosta" (kako se to onda govorilo). Dozvola je vrlo brzo dobivena, a novčanu je potporu osiguralo i ondašnje jugoslavensko Ministarstvo saobraćaja. Kako se korito Save stalno snižavalo, a to se i danas događa, udaljenost se obala na mjestu novoga mosta (inače predviđenog nizvodno do postojećeg) sa 100 m povećala na 130 m, pa je odlučeno da se razmak premosti jednim otvorom kako bi rijeka slobodnije tekla, a to je ujedno bio i zahtjev vodoprivredne uprave. Odlučeno je da se gradi novi most i da bude duži od postojećeg za pedesetak metara, a to je uvjetovano činjenicom da je povećana i visina mosta za 2,5 m kako bi Savskom, ali i cestom s južne strane mosta mogla prometovati cestovna vozila.

Kako se korito rijeke stalno snižavalo, udaljenost se obala stalno povećala pa je odlučeno da se razmak premosti jednim otvorom kako bi rijeka slobodnije tekla

Željeznička je uprava nakon dobivenih suglasnosti najprije izgradila stupove,

pa je tek nakon toga raspisala natječaj za idejno rješenje i izvedbu novog mosta. Kamene je stupove podigla domaća tvrtka ing. Helfmanna iz Zagreba tijekom 1936. godine. Glavni su armiranobetonski stupovi temeljeni u zatvorenim čeličnim kesonima (u dubinama od 11 m i 12 m), a desni stup i upornjak u armiranobetonskim kesonima (dubina 11 m). Samo je lijevi upornjak temeljen u otvorenoj jami, 5,5 m ispod razine ceste. Svi su stupovi i upornjaci bili s gornje strane obloženi kamenim blokovima.

Za izradu konstrukcije novoga željezničkog mosta bio je raspisan međunarodni natječaj koji je izazvao veliko zanimanje jer je novi most zbog velikog raspona bio zanimljiva i svima privlačna građevina.

Ukupno su pristigla 34 projektna rješenja, najviše iz Njemačke (21), samo tri s prostora bivše Jugoslavije, a svi su radovi bili izloženi u dvorani Tehničkog fakulteta u Zagrebu. Prvu je nagradu dobilo rješenje tvrtke *Maschinenfabrik Augsburg (MAM)* iz Nürnberga za rešetkasti most u klasičnoj izvedbi s četiri otvora tipa proste grede. Druga je nagrada pripala *Prvoj jugoslavenskoj tvornici vagona, strojeva i mostova d.d.* iz Broda na Savi (danas *Đuro Đaković d.d.* iz Slavonskog Broda) za projektno rješenje koje su izradili inženjeri Boris Valujev i Teofim Čerevkov iz *Mostovne radionice*. Radilo se o kontinuiranom punostijenom nosaču koji je u najvećem rasponu ojačan lukom. Treću je nagradu također dobilo još jedno rješenje pristiglo iz Njemačke.

### Unatoč tome što je rješenje dobilo drugu nagradu, investitor je odlučio da se gradnja mosta s manjom izmjenom ipak povjeri tvornici u Brodu na Savi

Unatoč svemu, investitor je donio odluku da se gradnja mosta ipak povjeri *Prvoj jugoslavenskoj tvornici*, s manjom izmjenom koju je predložio Jure Erega, dipl. ing. građ. (1902.-1981.), ondašnji djelatnik Oblasnog odbora zagrebačke oblasti, poslije direktor tvornice u Slavanskom Brodu te profesor čeličnih konstrukcija na građevinskim fakultetima u Skoplju i Zagrebu. Naime, u predloženom su rješenju pete luka (Langerove grede iznad glavnog raspona) bile spuštene ispod nivele te mosta, a u izvedenom su rješenju podignute. Valja reći da je ing. Erega ujedno bio i glavni nadzorni inženjer na gradnji *Novoga željezničkog mosta*, ali i obližnjega *Savskoga kolnoga mosta*. Ujedno je 1936. bio dobitnik prve nagrade na međunarodnom natječaju za primjenu dotad nepoznate tehnologije zavarivanja upravo na cestovnome zagrebačkom mostu.

#### Gradnja mosta

Tako je nastao čelični most ukupne dužine 306 m preko četiri raspona (57,48 + 135,54 + 57,96 + 55 m). Čeličnu je konstrukciju za prva dva raspona od 1937. do 1939. izrađivala i u cijelosti montirala *Prva jugoslavenska tvornica mostova, vagona i strojeva*, a preostale je izradila *Splošna stavbna družba* iz Tezna pokraj Maribora, što se može pročitati i na posebnoj ploči na mostu. Osnovna konstrukcija mosta izvedena je u zakavanoj, a sekundarna u zavarenoj izvedbi. Težina je osnovne nosive konstrukcije

(glavni i poprečni nosači s vjetrovnom spregom) približno 2200 t, a ukupna težina cijele nosive čelične konstrukcije mosta 2800 t.

Jedna je od zanimljivosti povezanih s gradnjom mosta i činjenica da je sav ugrađeni i uporabljeni čelik (93,7 posto) bio s područja ondašnje Jugoslavije (*Kranjska industrijska družba – Željezara Jesenice* iz Slovenije).

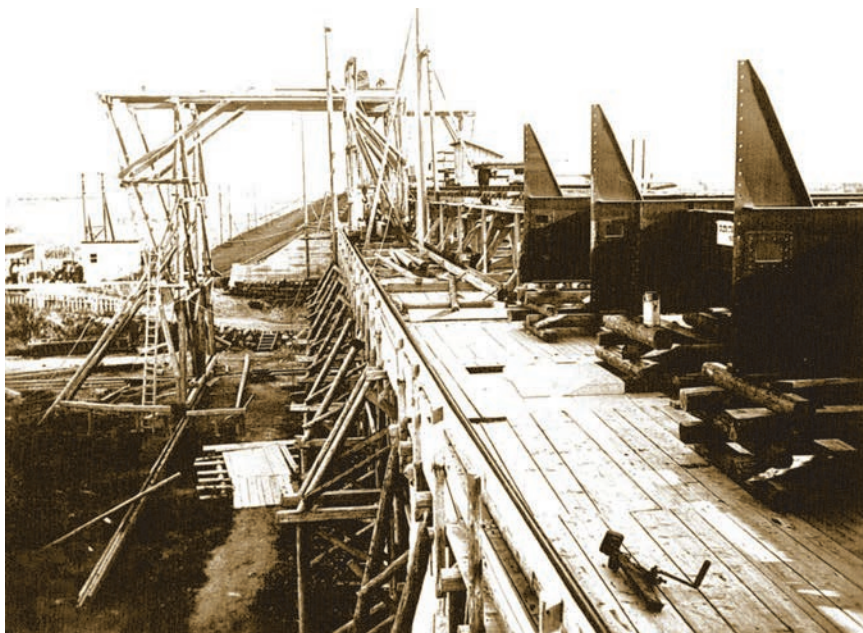
Kako se tada prvi put na ovim prostorima rabio čelik više čvrstoće, kontrolu je kvalitete materijala provodio prof. dr. Mirko Roš, rodom iz Zagreba, a tada zaposlen u EMPA u Zürichu, koji je također bio angažiran na gradnji susjednoga cestovnog mosta. Iako prva ispitivanja nisu dala zadovoljavajuće rezultate, stručna je komisija zaključila da se unatoč povišenim količinama ugljika i mangana most može izrađivati od tog materijala, posebno stoga što se radi o zakavanoj, a ne zavarenoj izvedbi. Inače su uporabljene različite vrste čelika koje su posebno laboratorijski ispitane. Kontrolu je kvalitete mosta provodio i prof. Artemije Šahnazarov s Tehničkog fakulteta u Zagrebu.

### Gradnja je drvene skele bio vrlo zahtjevan posao jer je neregulirana Sava gotovo svakodnevno mijenjala vodostaj koji je preko noći znao narasti i po nekoliko metara

Odmah nakon okončanog natječaja počela je gradnja drvene skele. To je bio vrlo složen i zahtjevan posao, posebno jer je u to doba neregulirana Sava gotovo svakodnevno mijenjala vodostaj. Nakon kiša, koje su najčešće padale u svibnju i lipnju, vodostaj je preko noći katkad narastao i po nekoliko metara, noseći pritom raznovrsni plivajući materijal. Stoga je skelu trebalo zaštititi, ali i omogućiti prolaz kišnog vala koji je nekad trajao i do tri tjedna. U zimskom je razdoblju osim visokih voda prijetio i led jer su zime bile vrlo hladne, a temperatura i do  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Stoga je drvena skela bila u koritu rijeke ojačana čeličnim re-



Crteži nagrađenoga (gore) i izvedenoga rješenja (dolje)



Ojačavanje skele u gradnji Novoga željezničkog mosta



Detalj probnog opterećenja novoizgrađenog mosta



Završno spajanje lukova na mostu

šetkastim gredama, a drveni su piloti bili zabijeni u dno rijeke.

Da bi se montaža mogla nesmetano obavljati, trebalo je osigurati kretanje radnika i dovoz materijala, pa je skela bila široka po dva metra sa svake strane mosta. Na skeli je bila montirana portalna dizalica koja je obuhvatila most po širini i po visini. Na skeli je inače bila položena osnovna čelična konstrukcija. Za dovoz materijala na gradilište služila je željeznička pruga i postojeći most. Za istovar materijala i prijenos na trasu mosta bila je montirana još jedna portalna dizalica koja je elemente mosta

dizala sa željezničkih vagona i prenosila na skelu.

Montaža se mosta obavljala tako da su najprije montirane grede s poprečnim nosačima i spregovima u donjem pojasu, a međusobna je veza ostvarena montažnim vijcima. Tek kada bi geodetski bila utvrđena postignuta geometrija konstrukcije mosta i osigurano nadvišenje, pristupilo se zakivanju montažnih spojeva. Slijedila je montaža luka sa spregom u gornjoj ravnini i vješaljka. Luk je montiran istodobno s lijeve i desne strane. Na kraju je došao na red tjemeni dio luka koji je izrađen na samom

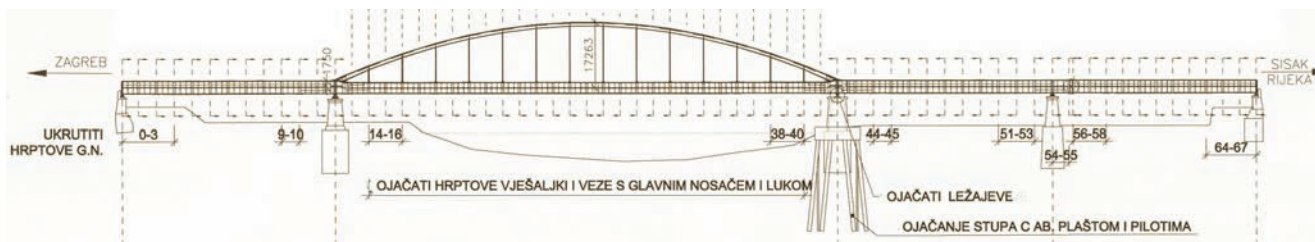
gradilištu. Tako je izbjegnuto unošenje dodatnih napona u vješaljke i luk. Postupnim je otpuštanjem oslobođena skela i konstrukcija je postala samonosiva. Otpuštanje nije bilo tako jednostavno kao danas kada se hidrauličnim dizalicama može upravljati i kompjutorski. Ipak cjelokupna je montaža izvedena vrlo uspješno uz ondašnje tehničke mogućnosti.

Postupnim otpuštanjem skele, konstrukcija je postala samonosiva, a to nije jednostavno kao danas kada se hidrauličnim dizalicama može i kompjutorski upravljati

Svečanom je puštanju u promet mosta prethodilo probno opterećenje izvedene građevine s osam tada najtežih lokomotiva, a svaka je težila 160 t.

### Projekt obnove

Prema programskom zadatku HŽ Infrastruktura d.d., projekt je ojačanja rasponske konstrukcije dvokolosiječnoga željezničkog mosta u Zagrebu izradio



Uzdužni presjek mosta (iz projektne dokumentacije)

*Metal-Projekt* d.o.o. iz Zagreba, a voditelj je projekta Boris Vranješ, dipl. ing. građ. Taj se projekt inače nadovezuje na zaključke iz projekta kategorizacije nosivosti, koji je 2009. također izradio *Metal-Projekt* i tada je most svrstan u kategoriju nosivosti B1. Sada su određeni minimalni zahvati na nosivoj čeličnoj konstrukciji, nužni za povećanje kategorije nosivosti.

U projektu se most naziva Željeznički most *Sava* i nalazi se na katastarskim česticama 5646 k.o. Trnje i 3419/1 k.o. Klara.

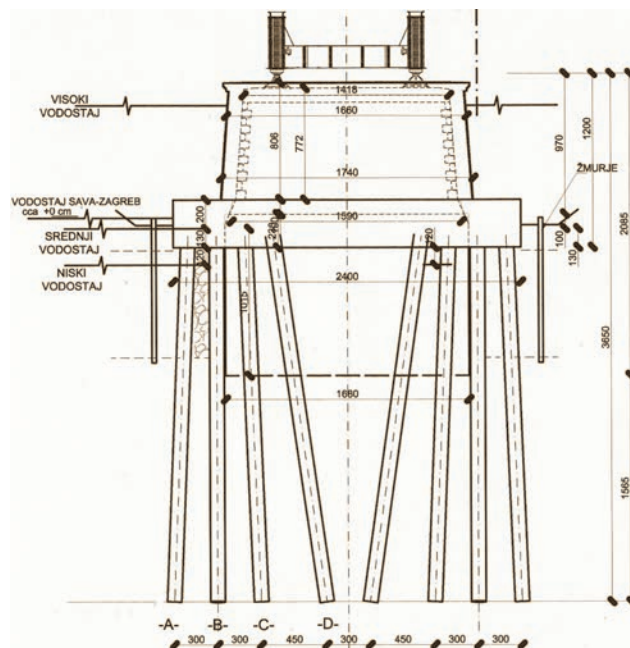
U tehničkom je opisu naveden detaljan opis mosta koji je kontinuirana greda ojačana lukom (Langerova greda) u glavnom otvoru. Navedeni su i svi dijelovi gornjeg ustroja. Glavni su nosači dva kontinuirana punostijena nosača promjenjive visine (3 m u srednjem rasponu i 3,6 m na preostalima) koji su u međusobnom razmaku 9,6 m, a poprečni je presjek glavnih nosača sastavljeni otvoreni sanduk. Lukovi su poligonalnog oblika i slijede oblik kvadratne parabole s visinom od osi glavnog nosača u tjemenu od približno 17,3 m, a poprečni presjek luka je također sastavljeni otvoreni sanduk. Veza između luka i grede ostvarena je s 14 parova vertikalnih čeličnih vješaljki. Sekundarni se uzdužni nosači, inače punostijeni zavareni I-profil, nalaze ispod svakog kolosijeka, a poprečnih je punostijeni nosača, također zavarenih I-profila, ukupno 68. Gornji vjetrovni spreg prati ravninu konstrukcije luka i izveden je kao Virendeelov nosač preko 13 polja. Spregovi su sekundarnih uzdužnih nosača postavljeni između pojaseva gornjih sekundarnih uzdužnih nosača, kočni su spregovi postavljeni na razini donjih pojaseva sekundarnih uzdužnih

nosača, a donji je vjetrovni spreg izveden u obliku rešetke i nalazi se u razini donjeg pojasa glavnog nosača.

Donji se ustroj sastoji od dva upornjaka i tri stupa. Na srednjem stupu (C) na desnoj obali korita smješteni su uzdužno nepokretni ležajevi, a na preostalim su stupovima i upornjacima uzdužno pokretni valjkasti ležajevi. Ležaj na stupu C je na uzvodnoj strani nepomičan, a na nizvodnoj pomičan u poprečnom smjeru.

Cijela je konstrukcija izvedena u zakovanoj izvedbi, ali su neki elementi poput sastavljenih I-nosača, izrađeni u radionicama u zakovanoj izvedbi. Prema podacima iz izvornog projekta, glavni su nosači, lukovi i krajnje vješaljke izrađeni od čelika St52 (što odgovara čeliku S355J0), svi ostali elementi od čelika St37 (što odgovara čeliku S235JR), a zakovice od čelika St44, za čelik veće kvalitete i St35 za slabiji.

Prva je sanacija mosta provedena u razdoblju od 1956. do 1958. prema projektu koji je izradio *Projektirni biro JŽ-a* u Zagrebu, a htjelo se postići istu razinu sigurnosti koju je konstrukcija imala prije ratnih oštećenja. Sanacijom su bile obuhvaćene perforacije hrptnih limova glavnih nosača, oštećenja pri tjemenu



Poprečni presjek glavnog stupa (iz projektne dokumentacije)

uzvodnog luka i pete nizvodnog luka, brojne perforacije i oštećenja limova vješaljki, uništena prečka sjevernog portala te druga oštećenja... Uništeni su dijelovi zamijenjeni, a oštećeni pokriveni vezicama.

Prva je sanacija mosta provedena od 1956. do 1958., a htjelo se postići istu razinu sigurnosti koju je konstrukcija imala prije ratnih oštećenja

Druga je sanacija izvedena 1961. prema projektu *Metal-Projekta*, nakon uočeni pukotina u hrptovima sekundarnih uzdužnih nosača, ali i nepovoljnoga zavarenog detalja čvornih limova vjetrovnog sprega na poprečne nosače. Tada je izveden kontinuitet nad oslon-



Pobijanje pilota uz stup mosta

cima sekundarnih uzdužnih nosača pa su im ojačani donji pojasevi u krajnjim poljima. Ujedno su dodatnim lamelama ojačani donji pojasevi i poprečni nosači. Sadašnja je obnova potaknuta svojedobnom kategorizacijom nosivosti kada je cijeli most svrstan u kategoriju B1 (dopušteno opterećenje po osovini 18 tona i po metru 5 tona). U tu je kategoriju svrstan i stup s nepomičnim ležajevima (stup C), uz uvjet da vlak vozi samo jednim kolosijekom kada je razina vode 1 m iznad ruba korita. Naime taj se stup našao na samom rubu korita i razina se tla oko njega snizila za gotovo dva metra. Za stup je predviđeno ojačavanje nadzemnoga temeljnog dijela ugradnjom pilota s naglavnom gredom jer se na njega prenosi ukupna horizontalna sila kočenja i pokretanja vlaka na mostu koja je danas prema propisima višestruko veća od one uzete u izvornom projektu. Ujedno i nepomični ležajevi nemaju dovoljnu nosivost za ta nova djelovanja pa je dijelove ležajeva

bilo potrebno zamijeniti.

Na sadašnju obnovu i ojačavanje *Zelenog mosta* utjecala su ponajprije znatno povećana stvarna i propisana prometna opterećenja, potreba za većim brzinama te sanacija oštećenja gornjeg i donjeg ustroja. Dodatne su prepreke za sanaciju bile u činjenici da se radi o zaštićenom kulturnom dobru gdje nisu moguće vidljive intervencije, ali i činjenica da se svi radovi moraju obaviti bez zaustavljanja prometa i da su mogući samo minimalni zastoji. Stoga su projek-

tom razrađena ojačanja za povećanje nosivosti na kategoriju D2 kao i D4 te za povećanja dopuštene brzine vožnje na 80 km/h. Investitor je na kraju na cijeloj dužini odabrao varijantu sanacije za povećanje kategorije nosivosti D4 kao i shemu opterećenja UIC71.

To znači da se u glavnom nosaču moraju mijenjati ležajevi zglobova u 4. rasponu te ugraditi dodatno donje uzdužno ukrućenje hrpta na osam mjesta i dodatno gornje uzdužno ukrućenje hrpta na jednom mjestu. Za ojačanje luka u krajnjim poljima gornjega vjetrovnog sprega (Vierendeel okvir) potrebno je ugraditi romboidnu štapnu ispunu, na krajevima štapne portale dok je na nekim dijelovima luka potrebno ojačati donje pojaseve dodatnim lamelama. Za vješaljke je predviđeno ojačanje svih veza s glavnim nosačem i lukom te ojačavanje poprečnih presjeka vješaljki. Ojačanje sekundarnih uzdužnih nosača provodi se uređenjem gornjega pružnog ustroja i visokovrijednim vijcima priklju-

čaka na poprečne nosače, a dodatnim se lamelama ojačavaju pojasevi prije neojačanim nosačima, dok na dva se mjesta ojačava hrbat nosača uz oslonac. Nije predviđeno ojačanje donjeg vjetrovnog sprega već samo uređenje njegove odvodnje. Predviđeni su i dodatni kočni spregovi te ojačavanje oba uzdužno nepomična ležaja.

Sva se ojačavanja izvode dodavanjem novih elemenata, postojeći se elementi ne uklanjaju niti oslabljuju. Sve se veze postojeće i nove konstrukcije izvode isključivo zakovicama ili visokovrijednim vijcima. Priključenje novih elemenata na postojeću konstrukciju obavlja se tako da uglavnom nema zahvata na zakovicama, a u slučaju da se uklanjaju, na njihovo se mjesto ugrađuju nove zakovice ili dosjedni vijci. U uporabi su nužni i redoviti stvarni i detaljni stručni pregledi konstrukcija, a posebnu pozornost valja obratiti na mjesta mogućih pukotina.

### Ojačavanja se izvode dodavanjem novih elemenata, a sve se veze izvode isključivo zakovicama ili visokovrijednim dosjednim vijcima

Prema važećim propisima, potrebno je nakon završetka radova provesti ispitivanje probnim opterećenjem, a veličina opterećenja mora odgovarati izvedenoj kategoriji ojačanja ili shemi opterećenja s rasporedom na mostu koji će uzrokovati ekstremne utjecaje. Ispitivanje probnim opterećenjem treba obuhvatiti i mjerenje naprezanja i pomaka konstrukcije te izradu kontrolnog proračuna s kojim će se usporediti rezultati ispitivanja. Ujedno je prije i nakon ispitivanja potrebno dodatno pregledati konstrukciju.

### Posjet gradilištu

Gradilište smo, igrom slučaja, posjetili sredinom lipnja i krajem kolovoza. Prvi put što je to bila prigoda za razgovor i da nas gradilištem provede glavni inže-



Zeleni most snimljen s Novoga kolnog mosta tijekom prvog posjeta

njer gradilišta Ivan Jakovljević, dipl. ing. građ. iz *Pružnih građevina* d.o.o., a drugi put da vidimo koliko se toga u međuvremenu promijenilo. Za našeg prvog posjeta Sava je bila vrlo niska, čak su se uočavali tragovi temeljenja starog mosta, a drugi je put nabujala žuta rijeka, ojačana brojnim kišama, gotovo plavila naglavnu gredu novog pilotima ojačanog stupa mosta.

Gradilište ima prilično dug i neobičan naslov (*Rekonstrukcija i održavanje željezničkog mosta "Sava" u Zagrebu u km 427 + 754,67 pruge M302 Zagreb Gk – Rijeka i u km 421 + 036 pruge M104 Zagreb Gk – Sisak – Novska*). Otvoreno je 12. ožujka 2013. i na gradilištu je nekad i do stotinjak radnika. Radove na

čeličnoj konstrukciji obavljaju *Pružne građevine*, a građevinske radove na ojačavanju stupa glavnog raspona (stup C) *Hidroelektra Niskogradnja* d.d. koja zapravo obavlja jednu četvrtinu ukupnih radova. Na gradilištu su dosad u dva navrata bili visoki vodostaji u studenome prošle godine i u veljači 2014. Bilo je sve poplavljeno. Tada se nije moglo raditi na ojačanju stupa, ali se rad na čeličnoj konstrukciji nije prekidaao. Veće je probleme u tim radovima predstavljala zima, ali se rokovi nisu mijenjali.

Od glavnog smo inženjera doznali da su najprije oko stupa pobijeni piloti (ukupno 24, promjera 1000 mm, do dubine od 25 m), a potom je izgrađena naglavna greda i oko stupa armiranobetonski

plašt. Kako je most zaštićen kao kulturno dobro, trebalo je za svaku promjenu dobiti suglasnost Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode. Dobivena je dozvola da se ojačani stup ne oblaže kamenom, a vraćena je i izvorna nijansa zaštićene boje mosta. Time je uklonjen i slavni "Hendrix", ali i svi ostali grafiti. No bili su prisiljeni angažirati i zaštitare da se grafiti ne bi opet pojavili, premda se jednom tjedno poneki klinac pokušava popeti na luk.

Najveći je problem gradilišta činjenica da se gotovo svi poslovi (više od 90 %) obavljaju uz redovit promet. Manja su zatvaranja prometa bila tek u nekoliko navrata od pola sata do najviše 40 minuta.

Dobivena je suglasnost da se ojačani stup ne oblaže kamenom, a prema etalonu vraćena je i izvorna nijansa zaštićene boje mosta

Do našeg su prvog posjeta bili obavljani svi radovi na sekundarnim uzdužnim nosačima, izvedeni svi novi kočni spregovi, ukručeni hrptovi glavnog nosača kod svih ležajeva te ojačane sve vješaljke i njihove veze s glavnim nosačem i lukom. U planu je ojačavanje gornjega vjetrovnog sprega, a sve su intervencija izvedene zakovicama i visokovrijednim dosjednim vijcima.



Južni upornjak mosta (desno dolje ostaci upornjaka starog mosta)



Radovi na ojačavanju stupa C



Ostaci temeljenja starog mosta



Pogled na prugu i most s pozicije južnog upornjaka

Određenih je problema na gradilištu bilo zbog činjenice da je *Hidroelektra Nisko-gradnja* u poslovnim problemima, ali svi su dosadašnji radovi obavljani solidno i na vrijeme. Osim ugovorenih radova, u planu je i zamjena kolosijeka na mostu, a gradonačelnik je Zagreba Milan Bandić obećao i uvođenje rasvjete, navodno se već radi i projekt. Svakako bi bila korisna neka stalna čuvarska služba, ali za to ipak nema nikakvih naznaka.

Na kraju smo od glavnog inženjera Ivana Jakovljevića, kojega inače znamo s obnove Jankomirskog mosta, doznali da se nakon završetka radova planira hidrauličko podizanje mosta radi zamjene dijelova nepokretnih ležajeva. Potom slijedi probno opterećenje, a to je uobičajeno lokomotiva s deset vagona nakrcanih kamenom.

Zajedno smo prošetali gradilištem. Najprije smo obišli stup koji je ojačan i učvršćen pilotima. Za njegovu je gradnju nasut i dio rijeke, a nakon završetka radova sve mora biti vraćeno u prijašnje stanje. Usput smo razgovarali i o njegovoj tvrtki koja danas ima čak 2200 radnika i trenutno je najveća građevinska tvrtka u Hrvatskoj, ali joj budućnost dobrim dijelom ovisi o angažiranju strateškog partnera.

Uočili smo da je na tom dijelu most zaštićen drvenom skelom kako od radova na otvorenoj čeličnoj konstrukciji ne bi stradali radnici i prolaznici. Poslije smo se popeli uz južni upornjak, uz koji je smještena uprava gradilišta, pokraj još uočljivog

upornjaka starog mosta koji je znatno niži. Prošetali smo potom cijelim mostom i snimali dio radova na čeličnoj konstrukciji, čak smo doživjeli i prolaz jednog vlaka koji na mostu, zbog sigurnosti, vozi 20 km/h. Nakon odlaska s gradilišta posjetili smo i sjeverni upornjak *Zelenog mosta*.

Za drugog smo posjeta sreli nešto manje radnika, posebno oko ojačanog stupa, ali je skela i dalje bila na njemu. No već je na prvi pogled uočljivo da su mnogi radovi na čeličnoj konstrukciji

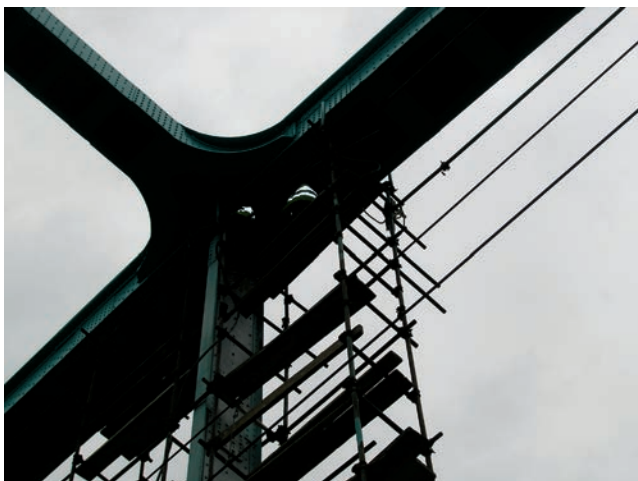
obavljani i da je sada na mostu mnogo manje skela. Bili smo zadivljeni disciplinom i strpljivošću radnika jer je za našeg kratkog posjeta mostom prošlo nekoliko vlakova.

Naknadno smo nakratko telefonom razgovarali s Margaretom Krakan Čop, dipl. ing. građ., voditeljicom projekta na *Zelenom mostu* u ime HŽ Infrastrukture. Rekla nam je samo kako je jako zadovoljna i brzinom i kvalitetom obavljenih radova i da zapravo sve teče kako je planirano.



Skele za rad na ojačavanju vješaljki





Detalj radova na luku mosta



Most i gradilište u daljini s pozicije sjevernog upornjaka

Kontaktna je mreža stalno uključena pa je posao vrlo opasan, posebno jer se obavlja na visinama, ali radi se jako dobro i kvalitetno

Slično tvrdi i dr. sc. Mario Ille, glavni nadzorni inženjer iz *Instituta IGH d.d.*, koji je međutim zadivljen glavnim izvođačem i smatra da to nitko drugi ne bi mogao napraviti. Naime sve ovisi o prometu, kontaktna je mreža stalno uključena, a to je i opasno, posebno i stoga što se radi na visinama. Radi se jako dobro i kvalitetno i dojam je zaista izvrstan, a riječ je o jednoj lijepoj i specifičnoj konstrukciji. To je zahtjevan i neobičajan posao, a preostalo je još približno 45 radnih dana, dakle približno dva mjeseca. Inženjer Ille bio je svojedobno nadzorni inženjer na mostu Jakuševac, ali to je bilo mnogo drukčije jer se radilo bez prometa. Unatoč tome nije bilo ni jednog incidenta iako je na gradilištu stalno prisutno između 30 i 45 radnika. Bilo je određenih rasprava s Gradskim zavodom za zaštitu spomenika kulture jer je zbog nepostojanja originalnog kamena izvedena betonska simulacija obnove. No problem je bio i u tome što bi novi kamen nepovoljno utjecao na nosivost stupa. Na kraju je dopuštena betonska obloga s imitacijom izgleda ostalih stupova, a izvođač je obećao ispjeskariti sve stupove i upornjake,

tako da će svi biti približno iste boje. Inače zaštitari su odredili i nijansu sadašnje boje mosta prema etalonu pohranjenom u Zavodu.

Na kraju smo telefonom razgovarali i s projektantom ing. Borisom Vranješom, cijenjenim stručnjakom za čelične konstrukcije. I on je zadovoljan kvalitetom dosad obavljenih radova na mostu. Pohvalio je susretljivost Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture, posebno pročelnika Silvija Novaka, prof., koji je prihvatio sve argumente stručnjaka vezane uz kamen za oblogu stupa. Naime, radilo se o granitu iz Arandelovca, a ta tvrtka, iako postoji, sličan kamen

ne proizvodi već desetljećima. Umjesto dugotrajnog traganja za nekom zamjenom, ponudili su betonsku varijantu i to je prihvaćeno bez većih otpora, no vjerojatno su ipak presudili problemi s nosivošću.

I ing. Vranješ se slaže da bi zaštitarska služba na mostu bila dobrodošla, ali zadovoljan je što su se sada sanduci glavnih nosača i lukova zaštićeni čeličnom mrežom jer su bili ispunjeni velikom količinom ptičjeg izmeta.

Razgovarajući s njim o nastanku mosta, upozoreni smo da nikako ne napišemo kako je projektant prof. Jure Erega. To mu je inače bio i profesor, bio je uklju-



Ojačani stup snimljen tijekom drugog posjeta



Prolazak vlaka preko mosta tijekom radova

čen u gradnju mosta, ali unatoč nekim usvojenim izmjenama, nije bio projektant. To prof. Erega nije nikada ni tvrdio, već su to jednostavno neki napisali, a poslije se ponavljalo. Nesporni su projektanti inženjeri Boris Valujev i Teofim Čerevkov, izbjeglice iz carske Rusije nakon Oktobarske revolucije koji su radili u *Mostovnoj radionici* tvornice u Slavonskom Brodu. Valja reći da su upravo inženjeri izbjegli iz Rusije imali iznimno važan utjecaj na naše tehničke znanosti, a posebno na građevinarstvo. Dovoljno se sjetiti prof. dr. Stjepana Prokofjeviča Timošenka, osnivača Zavoda za tehničku mehaniku koji je za kratkog boravka u Zagrebu ostavio neizbrisiv trag. Ne treba zaboraviti ni one koji su ga naslijedili, posebno prof. dr. Konstantina Čališeva, ali ni prof. dr. Vasilija Andrejeva koji je došao nešto poslije. Zanimljivo je oblikovanje stope luka koji su izradili projektanti Valujev i Čerevkov, a zadivljuje i njihov izračun koji se onda obavljao "pješke", što je zahtjevan posao i za računalno projektiranje. Napomenuo je da su projektanti, zbog simetrije i pojednostavljenja pro-

računa, na krajnjem južnom rasponu izveli i jedan zglob koji se sada također restaurira. Njihov je rad vrlo pregledan i jasan. Spomenuo je i prof. dr. Mirka Roša, profesora na Tehničkoj visokoj

školi u Zürichu, čiji je laboratorij kontrolirao kvalitetu čelika iz Jesenica. Zahvaljujući upravo dobroj kvaliteti čelika bila je olakšana sadašnja rekonstrukcija.

Na kraju su u sklopu rekonstrukcije i održavanja *Zelenog mosta* izvedeni i radovi cjelokupne antikorozivne zaštite. Izvedena je demontaža i montaža svih postojećih kabela telekomunikacijskih, optičkih, sigurnosno-signalnih, ali i 10 KV, i svi su ti radovi završeni 2013. Trenutačno se obavljaju radovi na zamjeni mosne građe te ugradnji dilatacijskih sprava i pješačkih staza. Ukupna je vrijednost investicije približno 43,5 milijuna kuna.

### Napomena na kraju

Bilo je to sve što smo zabilježili o jednom neobičnom gradilištu, obnovi jednog mosta koji je sastavni dio zagrebačkog identiteta. Osim zadovoljstva što će most uskoro ponovno zasjati u svojoj svojoj ljepoti, treba svakako istaknuti i činjenicu da će vlakovi preko nje ga prolaziti znatno brže. A to će, vjerujemo, pridonijeti i prometnom poboljšanju, ali i dugo očekivanom gospodarskom oporavku.



Pogled s kolnog mosta tijekom drugog posjeta