

## SEDAMDESETA OBLJETNICA MOSTOVA NA SAVI U ZAGREBU

### KRATAK PRIKAZ PRIJAŠNJIH MOSTOVA

Prije točno sedamdeset godina svečano su puštena u promet dva mosta preko rijeke Save na kraju Savske ceste, pokraj Zagreba kako se to onda govorilo. Početkom prosinca 1939. dovršeni su radovi na željezničkom i cestovnom (kolnom) mostu pa su tih dana i pušteni u promet. Tako je u subotu ujutro 2. prosinca 1939. dr. Vladko Maček, prvak HSS-a i potpredsjednik ondašnje vlade, uz nazočnost bana Banovine hrvatske dr. Ivana Šubašića, pustio u promet tzv. Novi kolni most. Sutradan, 3. prosinca 1939. vrpca je za novi željeznički most presjekao general Nedeljković kao kraljev zastupnik, a pustio ga je u promet ing. Bešić, ministar saobraćaja Kraljevine Jugoslavije. Nazočni su također bili dr. Vladko Maček i dr. Ivan Šubašić te mnogi drugi uzvanici, a svi su gosti na novi most

### SEVENTIETH ANNIVERSARY OF BRIDGES OVER THE SAVA IN ZAGREB

Seven decades ago, two steel girder bridges were ceremoniously opened to traffic one next to the other. The first one is a road bridge based on the design made by engineer Milivoj Frković, and the other one is a double track railway bridge. Earlier bridges are also briefly described: they were in fact the first Zagreb bridges on the Sava River, or better to say the bridges near Zagreb, as the actual city was at that time situated far away from its river. A more detailed account is given of the initial concept, design and construction of the so called New Railway Bridge, while a full article about the road bridge, which is the world's first major bridge with a composite deck structure, can be read at the research & engineering section of the journal. The railway bridge, with its superstructure topped with arch that used to be the biggest one at that time, is even today in use. On the other hand, the use of the road bridge was restricted two decades ago to pedestrian traffic only. The international bidding was organized for construction of the railway bridge. Some thirty bidders, two-thirds of them from Germany, submitted their proposals and the winning proposal, also from Germany, was selected. However, the decision was finally made to build the bridge according to the second best solution presented by engineers Valujev and Čerevkov from the Factory of Wagons, Machines and Bridges that used to operate in the town of Brod na Savi, today known as Slavonski Brod. This factory actually fabricated and assembled the steel structure for this bridge.

stigli vlakom s Glavnog kolodvora. O tim mostovima imamo posebne napise. O cestovnom mostu među

znanstvenostručnim člancima, a o željezničkom mostu u nastavku ovoga prikaza.



Slika 1. Pogled iz zraka na tri mosta preko Save na kraju Savske ceste u Zagrebu

Ta su dva nova mosta u to vrijeme, zajedno sa željezničkim i cestovnim mostom na Savi kod Podsuseda (građenog 1864., a nanovo izgrađenoga 1982.), bili jedini mostovi preko Save u Zagrebu i njegovoj okolini. Danas Zagreb ima 11 mostova, i desetak u najavama, ali se na tradicionalnom riječnom prijelazu na kraju Savske ceste, i stoljetnom jugozapadnom ulasku u grad, nalaze čak tri mosta, od kojih uz spomenuta dva izgrađena 1939., i Jadranski most izgrađen 1981. (projektant Zvonimir Lončarić, dipl. ing. građ.). (slika 1.). Na tom su mjestu bili i prvi mostovi preko Save izgrađeni u blizini Zagreba, a vjerojatno i prvi u cijelom toku rijeke Save kroz Hrvatsku. Ali tu su i prije bili mostovi koji su prethodili sadašnjima [1].

### Mostovi prije cestovnog mosta

Mostovima na kraju Savske ceste, na putu prema Karlovcu, pokraj gradske mitnice, prethodilo je postojanje posebnoga uređenoga riječnoga srednjovjekovnog prijelaza, zvanog *Kraljev brod*, gdje je, vjerojatno, najprije bila prijevozna skela, a poslije i drveni most ili mostovi što su preko inundacije vodili do skele. Prema pronađenim ostacima čini se da su postojala čak četiri takva drvena mosta, a cjelovit drveni most preko rijeke (ako je prije i postojao) sasvim se vjerojatno nalazio na mjestu cestovnoga mosta izgrađenog 1939. (znanog i kao Frkovićev most), koji je od 1975. zaštićeni spomenik tehničke kulturne i spomeničke baštine.



Slika 2. Stari cestovni most preko Save

S njegove se južne strane nalazi i obelisk kojim je označena negdašnja granica Napoleonovih ilirskih provincija.

Na mjestu sadašnjega mosta, koji je od *Univerzijade* 1987. isključivo pješački, a sada dosta zapušten, izgrađen je 1892. stalni cestovni most s kamenim stupovima temeljenim na dubokim kesonima, 16 do 17 m duboko u tlu. I upornjaci su također građeni na kesonima, do dubine 10 odnosno 12 m. Kameni klesanci stu-

pova bili su složeni u vodoravnim pravilnim slojevima, s fino obrađenim vanjskim plohami (slika 2.).

Most je imao četiri otvora, približne veličine 55 m, a glavni mu je rasponski sklop bio metalni, od lijevanoga odnosno topljenoga željeza (*flusseisen*). Bila je to rešetkasta konstrukcija, s tzv. poluparabolilčnim oblikom nosača, zapravo slobodno poduprte čelične rešetke s drvenim spuštanim kolnikom. Nosiva je konstrukcija bila dimenzionirana na opterećenja dvojih zaprežnih kola (težine po 12 t) i jednoliko rasprostrto opterećenje od 400 kg/m<sup>2</sup>. U početku je pomost bio drveni, ali je 1909. zamijenjen armiranobetonskim montažnim pločama i asfaltnim kolnikom.

Bila je to jedina veza Zagreba s velikim područjem južno od Save, pa je mostom prolazio sav promet s hrvatskoga priobalja i Like, drugih krajeva i inozemstva.

Unatoč teškom stanju tek su 1933. počela proučavanja nekoliko inačica za preuređenje ovoga mosta. Jedna je mogućnost bila pojačavanje stare konstrukcije povećanjem presjeka pojedinih kritičnih štapova i proširivanje mosta dodavanjem hodnika s vanjske strane, a druga izvedba če-

lične konstrukcije na postojećim stupovima uz proširenje dodatkom hodnika. Postojala je dakako i varijanta gradnje novoga mosta s novim stupovima i novom rasponskom konstrukcijom s tri vozna traka i hodnicima).

U žestokim se stručnim raspravama najprije odustalo od prve varijante zbog skupoće i tehničkih problema, posebno zavarivanja stare i nove konstrukcije pod prometnim opterećenjem. Za drugu je varijantu bilo presudno to što su postojali izvrsni stupovi i upornjaci, a za treću varijantu zbuñuje što se nitko nije sjetio kako novi most ne mora nužno biti na istome mjestu, posebno stoga što je bilo sasvim jasno da Zagreb mora dobiti još nekoliko mostova.

Prihvaćeno je rješenje Milivoja Frkovića, dipl. ing. građ. (1887.-1946.) slavnog mostograditelja i autora mnogih mostova od kamena i opeke, ali i metala i armiranoga betona, poput mostova u Kosinju u Lici i na rijeci Kupi u Sisku. Istodobno je odlučeno da se stara rešetkasta konstrukcija preseli na novo mjesto. Prenesena je na Jakuševac i dugo je stajala u produžetku Držićeve ulice te bila u prometu sve do 1974. i gradnje *Mosta mladosti* (projektant Vojislav Draganić, dipl. ing. građ.). Taj je most zbog boje nazvan *Crveni most*, a služio je za promet vozila i pješaka između Turopolja i Sajmišta na lijevoj obali Save. Imao je drveni kolnik i bio je na drvenim stupovima koje je jednoga dana rijeka odnijela pa se metalna konstrukcija našla u vodi. Prije toga su trule daske kolnika bile prava opasnost za rijetke šetače.

Most je izvučen na obalu i tamo je godinama trunuo u travi. Kako nije bio pojedinačno kulturno dobro niti se nalazio unutar zaštićene zone, nitko se o njemu nije brinuo, a nije se znalo ni kome pripada. Navodno su postojali planovi da se njegova konstrukcija preseli na neko drugo mjesto (Jarun ili Čiče), ali od toga nije bilo ništa. Ostaci su mosta pot-

puno nestali prije nekoliko godina, vjerojatno su završili u starom željezu. Priča se da se u travi još mogu pronaći manji dijelovi metalne konstrukcije. Tako dugovječni *Crveni most* nije uspio dočekati 120 godina postojanja, koliko će za nekoliko godina imati stupovi ispod sadašnjega cestovnog mosta na kojima je nekad stajala ta dojmjljiva metalna konstrukcija [2],[3].

### Stari željeznički most

Još je stariji bio željeznički most koji se od cestovnoga nalazi stotinjak metara nizvodnije. Most je izgrađen i pušten u promet 1. listopada 1862., istodobno sa željezničkom prugom

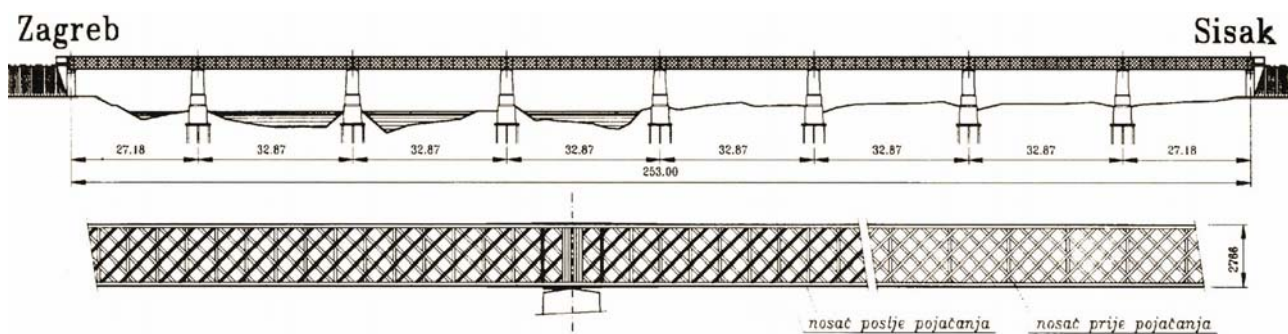
povi i upornjaci bili dozidani klesanim kamenom.

Rešetkasta je konstrukcija Savskog mosta kod Zagreba (tada Zagreb još nije bio grad na Savi) bila proizvedena u Tvornici strojeva *W. Prick* u Beču, prema projektu koji je 1858. izrađen u Budimpešti. Sastavni su dijelovi željezne konstrukcije bili Dunavom i Savom dopremljeni do Siska, a dalje kopnenim putem do Zagreba (slika 4.).

Da bi se dobilo na vremenu pokraj kamenih stupova bila je izgrađena skela na koju je montiran most, tako da je istodobno s kamenim stupovima na skelu montirana čelična kon-

stojala se od simetričnih zakivanih nosača od usporednih pojasa i gusto položenih štapova koji su cijelom duljinom imali stalnu visinu i širinu. Stari je most bio izveden u zakovanoj izvedbi od tzv. *pudlovanog* (kovanog) i lijevanog željeza, inače sklonog krutom lomu. To je inače čelik s velikim postotkom ugljika (više od 0,25%) i visokim udjelom sumpora i fosfora.

Čelična je konstrukcija bila u stalnoj uporabi sve do gradnje novoga mosta iako se 1892. razmatrala njezina zamjena jednom demontiranom konstrukcijom sa željezničke pruge Pragersko – Budim, koja je na dijelu



Slika 3. Pogled na stari željeznički most i prikaz ojačanja nosača

Zidani Most – Zagreb – Sisak na kojoj je bio jedna od najvećih i najsloženijih građevina. Ukupna je duljina rešetkastog mosta bila 253 m i širina 4,37 m, sa stupova preko osam raspona ( $27,18 + 6 \times 32,87 + 27,18$  m), a visina je glavnih nosača bila 2,77 m. Taj je prvi željeznički jednokolosiječni most preko rijeke Save (slika 3.) građen u razdoblju od 1859. do 1862. godine, a temelje su i stupove izgradili građevni poduzetnici – Jakov Delač iz Skrada i Ante Šneller iz Donje Dobre.

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. Stupovi su u riječnom koritu imali po 60 drvenih pilota, a u inundaciji 40, i bili su zabijani do dubine od 5 m. Svi su stu-

strukcija, a most je potom montiran poprečnim navlačenjem na kamene stupove. Čelična je rešetkasta konstrukcija bila teška 592,91 tona, a sa-

kroz Međimurje inače najstarija pruga u Hrvatskoj. Međutim 1893. obnovili su ga prema vlastitom projektu stručnjaci Mađarskih državnih



Slika 4. Detalj staroga željezničkog mosta

željeznica (MÁV), a separat je projekta nedavno pronađen u Slavonskom Brodu. Kako je most bio dimenzioniran za lokomotive male mase, s vremenom je došlo do pucanja elemenata na pojasima nosača. Zbog toga je izvedeno pojačanje mosne konstrukcije s faktorom sigurnosti koji je odgovarao prometu vlakova s teškim lokomotivama, ali sa smanjenom brzinom.

Drugo je veće pojačanje nosive konstrukcije izvedeno 1913. Tada je konstrukcija ojačana poprečnim okvirima (s ukupno 54 okvira), od čega po sedam u svim središnjim rasponima, a samo u prvom i osmom po šest. Takvo je stanje rešetkaste konstruk-

cije do 1935. dopuštalo promet i najtežim lokomotivama, ali ipak sa smanjenom brzinom. Te su lagane vožnje ometale sve jači promet, a posredno i razvoj grada.

Stari most je i nakon izgradnje novoga mosta nije bio srušen sve do 1950. zbog straha od ratnih stradanja većega mosta i mogućih prometnih zastoja. Tada je rešetkasta konstrukcija demontirana i uporabljena u druge svrhe. No kameni su stupovi ostali još dugo jer je ondašnja Uprava za vodoprivredu odobrenje za razgradnju i miniranje stupova dala tek 1962. U ljetnom je razdoblju iskorišten niska razina vode za vađenje preostalog kamena iz temelja. Ostaci te

melja stupova još mogu ponekad uočiti u koritu Save za niska vodostaja [4], [5].

B. Nadilo

### IZVORI

- [1] Crnobrnja, N.: *Zagrebački savski mostovi*, Građevinar, 57 (2005.), 12., str. 977-985
- [2] Erega, J.: *Gradnja kolnog mosta preko Save kod Zagreba*, Građevinski vjesnik, IX. (1940.), 6-7., str. 61-81
- [3] Tonković, K.: Kolni most na Savskoj cesti u Zagrebu, Ceste i mostovi, 30. (1984.), 3., str. 142-145
- [4] Tonković, K.: *Željeznički most kod Savske ceste u Zagrebu*, Ceste i mostovi 30. (1984.), 3., str. 146-148
- [5] Horvat, Z.: *Zagrebački željeznički nadvožnjaci i mostovi*, HŽ - Hrvatske željeznice, Zagreb, 2003.

## IZGRADNJA NOVOGA ŽELJEZNIČKOGA (ZELENOG) MOSTA

Vjekoslav Leko, dipl. ing. građ., *Leko-biro* d.o.o., Slavonski Brod

### 1 Uvod

Željeznički most preko rijeke Save sa dva kolosijeka, nazvan i Novi zagrebački željeznički most ili *Zeleni most*, pušten je u promet 3. prosinca 1939. Osnovni je razlog njegove izgradnje bio u tome što je stari jednokolosiječni most bio dotrajavao i što nije mogao prihvatiti novo osovinsko opterećenje željezničkih vagona, posebno parnih lokomotiva koje su s tenderom (teretna kola za ugljen) bila teška do 160 tona. Stari je most naime bio građen za znatno manja osovinska opterećenja i manje brzine vlakova. No tijekom više od sedam desetljeća iskorištavanja bio je znatno dotrajavao i unatoč izvedenim pojačanjima i smanjenim brzinama (od 5 km/h) nije mogao udovoljiti sigurnosti redovitoga prometa. Ipak računa se da je u 77 godina postojanja preko njega u oba smjera prošlo više od milijun vlakova i da je prevezeno robe od 7,35 milijuna tona, a ukupno čak 12,2 milijun tona. Time je zaista bila dostignuta gornja granica opterećenje za jednokolosiječni most i prugu, inače prvi željeznički

most preko Save, a vjerojatno i prvi suvremeni most uopće preko te rijeke na području Hrvatske.

Stoga je zbog sigurnosti prometa 26. ožujka 1934. željeznička uprava u Zagrebu odlučila od banske uprave ondašnje Savske banovine i zagrebačkoga gradskog poglavarstva zatražiti gradnju novoga željezničkog mosta sa dva kolosijeka ili „dvokolotračnoga mosta“ kako se to onda govorilo. Dozvola je dobivena vrlo brzo, a novčanu je potporu osiguralo i ondašnje Ministarstvo saobraćaja Kraljevine Jugoslavije. Velike se zasluge za gradnju novoga mosta, ali i za rješavanje mnogih drugih problema vezanih za modernizaciju zagrebačkoga željezničkog čvora, pripisuju ondašnjem direktoru željezničke uprave ing. Mati Šnelleru, inače unuku Ante Šnelleru, negdašnjega graditelja stupova staroga mosta [1].

### 2 Pripreme gradnje i karakteristike odabranog rješenja

Budući da se korito rijeke Save na području Zagreba stalno snižavalo, a to se događa i danas, temelje je sta-

roga mosta valjalo osigurati nabačanjem od kamenih i betonskih blokova. Time je korito za malu i srednju vodu bilo suženo, pa je udaljenost obala na potezu uz most bila proširena sa 100 m na 135 m. Stoga je odlučeno da se razmak obala premosti jednim otvorom kako bi rijeka slobodnije tekla jer je na tom mjestu već poprimala svojstva riječne bujice.

Može se pretpostaviti da je uvođenje velikoga raspona bilo potaknuto i određenim prestižem jer je u to doba u Beogradu bio izgrađen cestovni viseći most preko rijeke Save dug 411 m (75 + 261 + 75 m) koji je srušen tijekom II. svjetskog rata.

Takav je zahtjev, koji je bio uključen i u regulatornu osnovu grada Zagreba u predjelu rijeke Save, bila postavila i vodoprivredna uprava. Ujedno je odlučeno da se izgrade novi nasipi te da most bude duži od postojećega pedesetak metara. Naime povećana je i visina mosta za 2,5 m kako bi Savskom cestom, ali i cestom s južne strane mosta, mogla prolaziti cestovna vozila.

Željeznička je uprava udovoljila zahtjevu za gradnju novoga mosta pa je najprije dala izraditi stupove, a potom raspisala natječaj za idejno rješenje i izvedbu nove rasponske konstrukcije. Taj je unaprijed određeni raspored stupova znatno ograničio projektantske mogućnosti i uvjetovao primjenu posebnih nosivih sklopova. Kamene je stupove, 13 m uzvodno od staroga mosta, podigla domaća tvrtka ing. A. Helfmanna iz Zagreba tijekom 1936. godine. Glavni su armiranobetonski stupovi temeljeni na zatvorenim čeličnim kesonima na dubini od 12 m (lijevi) i 11 m (desni) i s gornje strane obloženi klesanim kamenim kockama. Stup u inundacijskom području i desni upornjak fundirani su s pomoću zatvorenih armiranobetonskih kesona na dubini od 11 m. Samo je lijevi upornjak fundiran u otvorenoj jami na dubini od 5,2 m ispod razine buduće obalne ceste.

Za izradu nosive konstrukcije novoga savskoga željezničkog mosta, koji je zbog velikoga raspona bio dojmљiva građevina, raspisan je poseban međunarodni natječaj. Ukupno su pristigla 34 projektna rješenja, a najviše je ponuda dobiveno iz Njemačke, čak 21, dok su samo 3 bile iz ondašnje Jugoslavije. Svi su natječajni radovi bili izloženi u dvorani Tehničkog fakulteta u Zagrebu, a na brojne su posjetitelje poseban dojam ostavile lijepe uljene perspektive mosta velikih dimenzija.

Prvu je nagradu dobila ponuda (pod šifrom *Fachwerkbogen*) tvrtke *Maschinenfabrik Augsburg* iz Nürnber-

ga (MAN) za projekt rešetkastoga mosta u klasičnoj izvedbi s četiri otvora tipa proste grede. Druga je nagrada (pod šifrom *Strossmayer*) pripala *Prvoj jugoslavenskoj tvornici vagona, strojeva i mostova* d.d. iz

postojećem je rješenju peta luka i grede bila spuštена ispod nivelete mosta, a to je izmijenjeno prema prijedlogu ing. Jure Erege (slika 2.) koji je poslije II. svjetskog rata bio profesor na Građevinskom fakultetu



Slika 1. Skica drugonagrađenoga rješenja

Broda na Savi (danas *Đuro Đaković* d.d. u Slavanskom Brodu), autora inženjera Borisa Valujeva i Trofima Čerevkova iz *Mostovne radionice*. Radilo se o kontinuiranom punostijenom nosaču koji je u najvećem rasponu ojačan lukom (slika 1.). Treću je nagradu također dobilo rješenje pristiglo iz Njemačke.

u Skoplju, a potom (1955.-1972.) i na AGG-u odnosno Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

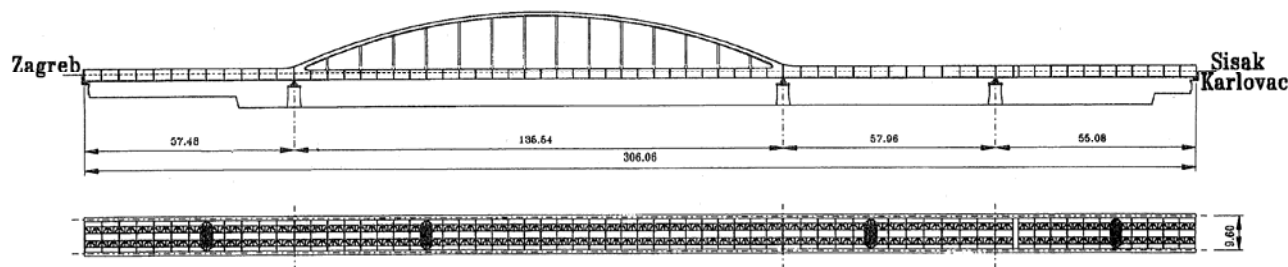
Glavnu nosivu konstrukciju mosta tvore kontinuirani punostijeni nosači različite visine u srednjem otvoru (3 m i na kraju 3,6 m) koji su u glavnom rasponu ojačani lukom tipa Langerove grede. Luk je parabola raspona



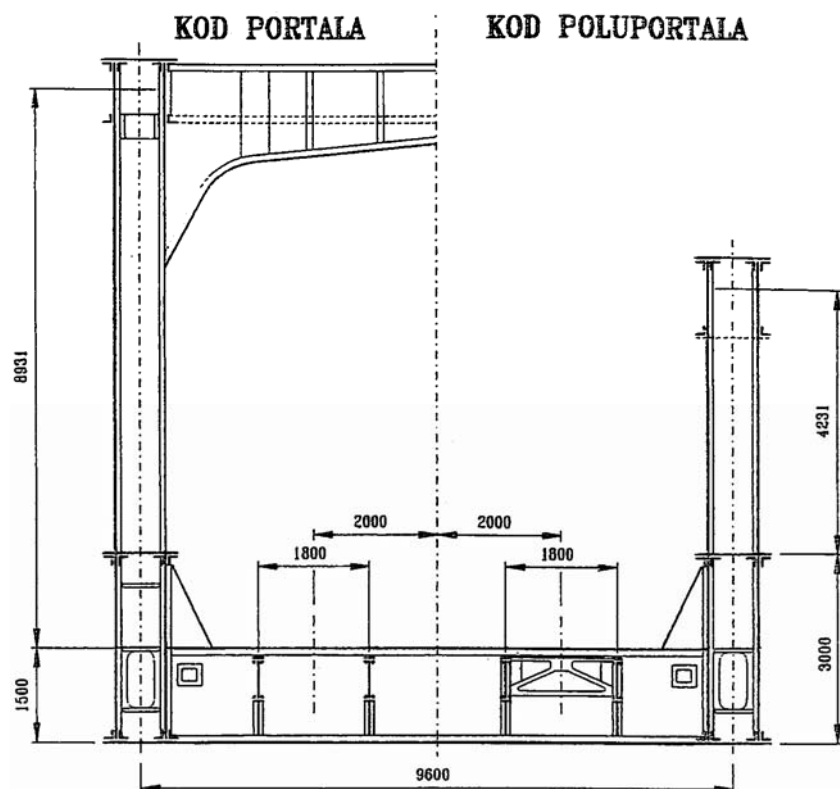
Slika 2. Skica prerađenoga i izvedenog rješenja

Investitor je donio odluku da se gradnja mosta ipak povjeri *Prvoj jugoslavenskoj tvornici vagona, strojeva i mostova*, s manjom izmjenom prema natječajnom rješenju. Naime, u

$l = 135,54$  m sa strelicom  $f = 15$  m. Veza između luka i grede ostvarena je sa 14 odnosno ukupno 28 komada vertikalnih čeličnih vješaljki ili potpornih stupova. Naime, u statičkom



Slika 3. Uzdužni presjek i tlocrt Novoga željezničkog mosta



Slika 4. Poprečni presjek željezničkog mosta

pogledu vješaljke se ponašaju kao vlačne, a u manjem dijelu kao tlačne zbog promjenljivoga pokretnog opterećenja.

Rasponi mosta su  $57,48 + 135,54 + 57,96 + 55,08$  m, a ukupna dužina  $306,06$  m, dok je međusobni razmak glavnih nosača  $9,6$  m. Kolosijeci su položeni na razmaku  $4$  m (slike 3. i 4.) [1], [2].

### 3 Izgradnja mosta

Čeličnu je konstrukciju od 1937. do 1939. izrađivala i montirala Prva jugoslavenska tvornica mostova, vagona i strojeva, a dio je konstrukcije izveden zajedno sa *Splošnom stavbom* iz Tezna pokraj Maribora

Glavni su nosači izrađeni od čelika St 52, spregovi protiv vjetra, poprečna ukrućenja, vješaljke i kolnički nosači od čelika St 37, a zakovice od čelika St 44, s tim što je osnovna konstrukcija izvedena u zakvanoj, a sekundarna u zavarenoj izvedbi. Sva su ležišta pokretna na valjcima,

osim jednoga nepokretnog ležišta na drugom riječnom stupu. Težina je osnovne konstrukcije (glavni i poprečni nosači s vjetrovnim spregom)  $2206,156$  t, a ukupna težina cijele čelične konstrukcije mosta  $2813,768$  t.

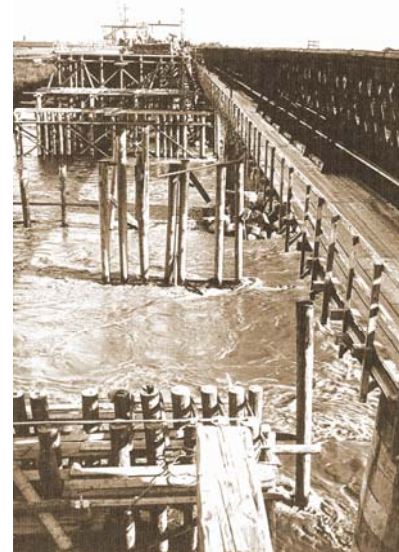
Jedna je od zanimljivosti povezanih s gradnjom mosta i činjenica da je  $93,7$  posto ugrađenoga i uporabljivog čelika bilo s područja ondašnje Jugoslavije (*Kranjska industrijska družba - Željezara Jesenice* iz Slovenije), a samo  $6,3$  posto materijala dopremljeno je iz inozemstva:  $61,105$  t limova iz valjaonice Vitkovicke u Češkoj,  $67,025$  t kutnika i U profila iz valjaonica *Donawitz* u Austriji,  $13,070$  t U profila tvrtke *Romajzer* u Mađarskoj i  $47,505$  t lijevanog čelika za ležajeve iz Gelsenkirchena u Njemačkoj.

Kako se tada prvi put na ovim prostorima rabio čelik visoke čvrstoće St 52, kontrolu je kvalitete materijala provodio prof. dr. Mirko Roš iz Züricha, koji je ujedno bio angažiran na gradnji susjednoga cestovnog

mosta. Prve pošiljke materijala u studenom 1937. nisu nakon provedenih laboratorijskih ispitivanja dale zadovoljavajuće rezultate pa se materijal morao odbaciti. Ni druge provjere za pošiljke u proljeće 1938. također nisu davale povoljne rezultate. Nakon toga je stručna komisija zaključila da se unatoč povišenim količinama ugljika (C) i mangana (Mn) može od tog materijala izraditi konstrukcija jer se radi o zakvanoj, a ne zavarenoj izvedbi.

Za gradnju mosta upotrebljavane su različite vrste čelika koji je posebno laboratorijski ispitan na vremensku trajnost. Uzorci materijala su ispitani pri žarenju od  $600$  °C. Kontrolu kvalitete mosta provodio je prof. Artemije Šahnazarov s Tehničkog fakulteta u Zagrebu.

Odmah nakon okončanog natječaja počela je gradnja drvene skele koja će prihvatiti čeličnu konstrukciju tijekom montaže mosta (slika 5.).



Slika 5. Gradnja drvene skele

Upravo se gradnja skele pokazala vrlo složenim i zahtjevnim poslom, posebno zato što u to vrijeme Sava nije bila dovoljno regulirana pa se vodostaj mijenjao gotovo svakodnevno. Nakon kiša, koje su bile najčešće u svibnju i lipnju, vodostaj je rijeke preko noći znao narasti po nekoliko metara, a pritom je nosio i raznovr-

ni plivajući materijal. Stoga je skelu trebalo zaštititi, a ujedno omogućiti prolaz kišnog vala koji je ponekad trajao dva do tri tjedna. U zimskom je razdoblju osim visokih voda prijetio i led jer su zime bile vrlo hladne, a temperature su padale i do  $-20^{\circ}\text{C}$ . Stoga je drvena skela bila u koritu rijeke ojačana čeličnim rešetkastim gredama. Drveni su piloti bili zabilježeni u dno rijeke.

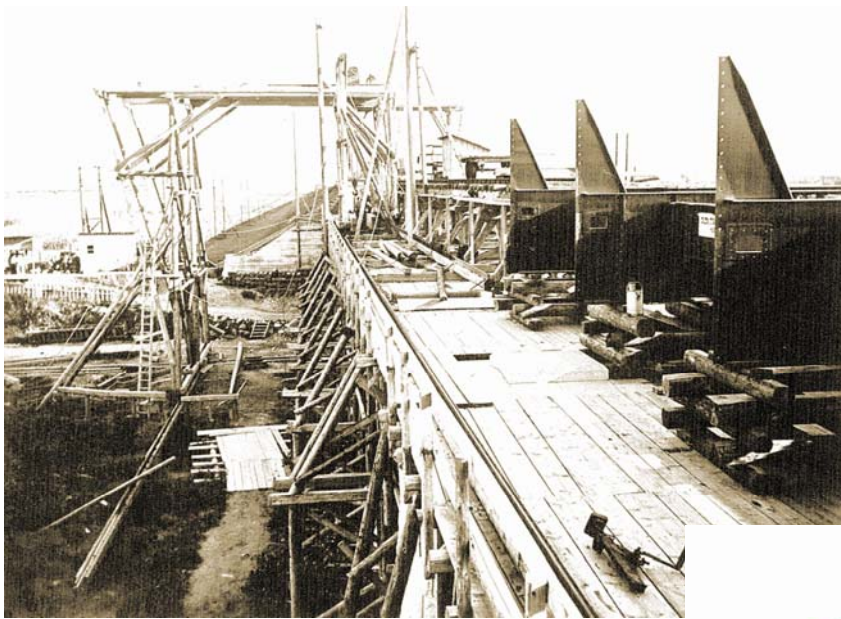
Da bi se montaža mogla nesmetano obavljati trebalo je osigurati kretanje radnika i dovoz materijala, pa je skela bila široka po dva metra sa svake strane mosta (slika 6.). Na skeli je bila montirana portalna dizalica koja je obuhvatila most po širini i po visini. Potom se na skeli počela polagati osnovna čelična konstrukcija (slika 7.). Za dovoz materijala na gradilište poslužila je željeznička pruga i pos-

tojeći most. Za istovar materijala i prijenos na trasu mosta također je montirana još jedna portalna dizalica koja je skidala elemente mosta sa željezničkih vagona i prenosila ih na skelu.

Montaža se mosta obavljala tako da su prvo montirane grede s poprečnim nosačima i spregovima u donjem pojasu. 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 licu mjesta (metoda „pas stick“). Tako je izbjegnuto unošenje dodatnih napona u vješaljke i luk (slika 8.).

Postupnim je otpuštanjem oslobođena skela i konstrukcija je postala samonosiva. Otpuštanje nije bilo tako jednostavno kao danas kada se hid-



Slika 6. Proširenje drvene skele



Slika 7. Polaganje dijelova čelične konstrukcije na skelu



Slika 8. Pred spajanje luka u tjemenu

raulčnim dizalicama može upravljati i kompjutorski. Ipak cjelokupna je montaža izvedena vrlo uspješno uz ondašnje tehničke mogućnosti. Slijedili su završni radovi zajedno s ličenjem konstrukcije.

Svečanom je puštanju u promet mosta prethodilo probno opterećenje izvedene građevine s osam tada najtežih lokomotiva, a svaka je težila 160 t (slika 9.).



Slika 9. Pokusno opterećenje mosta

Gradnjom je mosta bilo nužno izgraditi i nasip za premošćivanje Savske ceste te u nastavku prema Zapadnom i današnjem Glavnom kolodvoru. U tom je dijelu ugrađeno 250.000 m<sup>3</sup> nasipa za proširenu dvokolosiječnu prugu u dužini od 3,24 km. Stari je podvožnjak na Svakoju cesti (kod staroga restorana *Pavelić*, poslije *Grozd*, a danas kineski restoran *Zlatni zmaj*) srušen te izgrađen nov, širi i viši, ispod kojega i danas teče cestovni i pješački promet.

Troškovi izgradnje mosta s prilaznim nasipima iznosili su približno 53 milijuna ondašnjih dinara, od čega je za konstrukciju mosta bilo 25,6 milijuna. U konstrukciju je ugrađeno 2.206.156 kg čelika, a na to je utrošeno 276.664 komada zakovica. Za skelu je bilo utrošeno 41.563.472 m<sup>3</sup> drvene građe

Prvi je željeznički most na Savi bio u uporabi do 1939. odnosno do puštanja u promet novoga mosta. Ipak njegovo je rušenje odgođeno jer se približavao II. svjetski rat i prijetila je opasnost od bombardiranja i prekida prometa pa je zadržan kao rezerva. To se srećom nije dogodilo iako je novi most mitraljirala saveznička avijacija, ali je konstrukcija bila dovoljno jaka da je promet preko mosta mogao teći barem po jednom kolosijeku. Nakon rata prošlo je mno-

go vremena dok oštećena konstrukcija nije popravljena jer je bilo teškoća u dobavi čeličnog materijala, posebno čelika St 52.

Demontaža staroga mosta započela je 1950., a obavili su je djelatnici *Mosne radionice* (danas *HŽ-ova tvrtka Pružne građevine d.o.o.*) i *Glavne željezničke radionice* (danas *TŽV Gredelj d.o.o.*). Rušenje kamenih stupova obavljeno je tek 1962., dakle 23 godine nakon što je novi željeznički most pušten u promet.

Novi je željeznički most, popularni *Zeleni most*, i danas u prometu, a dugo je vremena bio jedina željeznička

značajna konstruktivna svojstva, a njegova je montaža izvedena znalački i vrlo precizno.

Most je uvršten u evidenciju zaštitene kulturne baštine i njegov je osеbujan obris danas jedan od prepoznatljivih zagrebačkih simbola. Uostalom zaštićena je i njegova neobična boja kojom je bio osvježen uz šezdesetu obljetnicu postojanja. No valja reći, unatoč njegovoj bespriekornoj konstrukciji, da je i prije izgradnje, a i poslije [2], bilo prigovora na masivnost i glomaznost, posebno u usporedbi s niskim i skladnim obližnjim cestovnim mostom. Zamjerao mu se



Slika 10. Sadašnji snimak kolosijeka na zagrebačkom željezničkom mostu

veza s hrvatskim jugom, posebno sa Splitom i Rijekom (slika 10.). Razvojem grada postao je zanimljiv i za lokalni i za gradski prijevoz [1], [3], [4].

#### 4 Zaključak

Željeznički most preko rijeke Save u Zagrebu izveden je u vrlo kratkom roku, a troškovi su gradnje, i s današnjeg gledišta, bili toliko niski da su postali uzor mnogim europskim graditeljima. U vrijeme izgradnje to je bio najveći raspon luka na svim željezničkim mostovima u Europi. Bio je ujedno i primjer tadašnjim razvijenim industrijaliziranim zemljama što hrvatski graditelji mogu učiniti vlastitim znanjem i mogućnostima. To je posebno naglasio i prof. dr. Mirko Roš [4] koji je istaknuo da dodatno ojačani željeznički most preko Save kod Zagreba pokazuje

i veliki otvor koji bi onemogućavao brz i lagan popravak u slučaju havarije ili dvojbene sigurnosti, posebno stoga što bi, sve do 1968. i gradnje željezničkog mosta kod Mićevca, bio prekinut cjelokupni željeznički promet s Hrvatskim primorjem, Likom i Dalmacijom.

#### IZVORI

- [1] Horvat, Z.: *Zagrebački željeznički nadvožnjaci i mostovi*, HŽ - Hrvatske željeznice, Zagreb, 2003.
- [2] Tonković, K.: *Željeznički most kod Savske ceste u Zagrebu*, Ceste i mostovi 30 (1984.), 3., str. 146-148
- [3] Horvatić D., Šavor Z., *Metalni mostovi*, knjiga 2, HDGK, Zagreb, 1998.
- [4] Crnobrnja, N.: *Zagrebački savski mostovi*, *Gradevinar*, 57 (2005.), 12., str. 977-985
- [5] Roš, M.: *Zwei neue beachtenswerte Brücken Jugoslawiens*, *Schweizerische Bauzeitung*, 115 (1940.), 22, str. 247-251 i 264-266