

Milan Gojković

STARI KAMENI MOSTOVI

·anatomija
·patologija
·zaštita
·sanacija
·konzervacija

Naučna Knjiga

75,00

Milan GOJKOVIĆ

II
februar 1995.

MUSTAFA
HUMO

STARI KAMENI MOSTOVI

- Anatomija
- Patologija
- Zaštita
- Sanacija
- Konzervacija

Naučna Knjiga

BEOGRAD, 1989.

Dr Milan Gojković, dipl. građ. inž.
redovni profesor Građevinskog fakulteta
Univerziteta u Beogradu

STARI KAMENI MOSTOVI
Anatomija, patologija, zaštita,
konzervacija, sanacija

Izdavač
IP „Naučna knjiga"
Beograd, Uzun-Mirkova 5

Recenzija:
Dr Jovan Nešković, dipl. arh.
redovni profesor Arhitektonskog
fakulteta u Beogradu
Dimitrije Ćertić, dipl. građ. inž.
profesor Fakulteta Tehničkih nauka
u Novom Sadu

Izdanje ove knjige finansijski je pomogla
Republička zajednica nauke Srbije

Za izdavača
Dr Blažo Perović

Urednik
Nikola Dončev

Tehnički urednik
Miloje Drinjaković

ISBN 86-23-41042-4

Tiraž: 2000 primeraka

Štampa:
Beogradski izdavačko-grafički zavod
Beograd, Bulevar vojvode Mišića 17

Ove redove posvećujem mnogim malo znanim i neznanim graditeljima mostova, neimarima i protomajstorima, koji su često koristeći primitivna i skromna sredstva, ponekad i pri svetlosti ubogih lojanica, stvarali dela neprolazne vrednosti.

PREDGOVOR

Dugogodišnji rad na istraživanju i proučavanju starih mostova u nas, i ne samo u nas, kao i obimni i mukotrpni rad na sanaciji, zaštiti i revitalizaciji većeg broja spomenika kulture ove vrste – uslovili su da se sva ta bogata građa i kroz dugi niz godina stečena iskustva skupe na jednom mestu i da se o svemu tome, makar i delimično, obavesti širi krug zainteresovanih. Ovo posebno i zbog toga što se u našem vremenu i prostoru sve više srećemo sa izuzetnim delima iz bogate baštine nekadašnjih mostogradnji, sa starim mostovima koji bez odlaganja traže određene intervencije. Ne mali je broj mostova koje je potrebno sanirati, prilagoditi novonastalim okolnostima, rekonstruisati i integrisati u obnovljene ili novoformirane – revitalizirane urbane sadržaje. A svaka ta i takva problematika, uglavnom svaka za sebe specifična i jedinstvena, posebno složena i kompleksna, traži određene zahvate direktno na objektu ili posredno preko određenih radnji. Izneta iskustva i rešenja pojedinih zahvata, po mišljenju autora ovoga „pisanija", su skroman ali i koristan leksikon za ovu vrstu radova, ali i sadržajan inspirator za još složenije i delikatnije zahvate na zaštiti starih mostova.

Više od trideset godina istraživačkog rada na starim mostovima i neumorno, a katkad i iscrpljujuće skupljanje građe o ovim jedinstvenim građevinama i dostignućima njihovih vrsnih graditelja, omogućili su da se formira solidan fond podataka iz ove materije. Ovaj rukopis je prilika da se jedan mali deo te bogate građe, na osnovu izraženih želja mnogih kolega kojima su mostovi osnovna profesionalna preokupacija – učini dostupnom našoj stručnoj javnosti. Veruje se da će i ostala građa u arhivi autora, kao i studije i konkretna relevantna istraživanja u ovoj oblasti, uskoro ugledati sveta i biti pristupačni onima koji se bave mostovima, kako starim, tako i savremenim.

Bogato graditeljsko nasleđe koje se manifestuje na starim mostovima, sa svim svojim specifičnostima i kompleksnostima, traži sistematizovan, pažljiv i visokostručan pristup njihovom tretmanu kao spomenicima kulture. Sanacija, odnosno revitalizacija jednog starog mosta je složen proces, u kojem treba zadovoljiti ne samo statičko konstrukcijske uslove i parametre, već i više od toga – uslove i stavove konzervatorske prakse, odnosno službe zaštite spomenika kulture i korektan odnos prema delima drevnih graditelja. Nije cilj samo čuvanje funkcionalnosti i stabilnosti mosta već i njegovo očuvanje kao kulturno-istorijskog spomenika. Iz tih razloga ova publikacija sadrži dragocene podatke i iskustva od značaja za zaštitu graditeljskog nasleđa ove vrste.

Stari mostovi su tokom svog dugog postojanja pretrpeli mnoge popravke i prepravke i većina je do naših dana stigla u izmenjenom obliku. Sve te manje i veće promene posledica su određenih sanacionih radova i prilagođavanja mosta tekućim potrebama društva. Kod većine objekata ove vrste teško se razaznaju osnovne postavke i koncepti prvobitnog rešenja. Iz tog razloga, između ostalog, tekst ima zadatak da odslika šta se sve dešavalo sa ovim objektima kroz vreme i kako su se sva zbivanja oko njih i na njima odrazila, odnosno kako su mostovi kroz sve to prošli. Šta im se sve dešavalo i desilo i sa kakvim su sve posledicama prošli kroz prohujala vremena bogata najrazličitijim događajima služeći čoveku.

Tekst je bogato ilustrovan crtežima i fotografijama iz arhive autora, literature i dokumentacija mnogih zavoda za zaštitu spomenika kulture. Svaka od priloženih ilustracija saopštava određene podatke i zajedno sa tekstom prikazuje celinu mosta. Za pojedine mostove i probleme u vezi sa njima detaljniji podaci mogu se naći u navedenoj literaturi. Činjenica je da mostovi nisu na isti način prezentirani, što je posledica različitosti njihovog stanja, složenosti problema intervencija i fonda pisanih radova i sačuvanih dokumenata o njima. No, i pored toga, celina knjige je tako koncipirana da omogućuje ne samo edukaciju već i integralni uvid u problematiku zaštite starih mostova.

Čitajući ovaj tekst, sagledavajući mnoga ostvarenja na polju mostogradnje u prošlosti, moraju se imati u vidu dve osnovne činjenice: prvo – mostovi iz obima ovih izlaganja, a i mnogi drugi svesno ispušteni, nastali su u vremenu kada se nije znalo za beton i čelik, kada je jedini materijal za građenje stamenih konstrukcija bio samo kamen; i drugo – stvaranje tih i takvih mostova imalo je osnovu u tradicionalnom načinu građenja i intuiciji graditelja. I sa tim i takvim osnovama to vreme i njegovi vrsni graditelji ostvarili su značajna dela koja su zadovoljavala sveukupne potrebe ondašnjeg čoveka i društva. Neka mi bude dopušteno da naglasim – da mnoga njihova dela i ostvarenja imaju, posle toliko prohujalih vekova pa i milenijuma, svoje mesto i funkciju i u životu savremenog čoveka. Njihova vrednost u poređenju sa stvaranjem savremene mostogradnje, koja svoja dela zasniva na tekovinama nauke XX veka, još više dolazi do izražaja, a posebno u poređenju sa nekim savremenim mostovima koji još na početku svoga življenja, neposredno posle puštanja u saobraćaj, zahtevaju određene sanacione mere, popravke i prilagođavanja uslovima postojanja.

Knjiga je namenjena građevinskim inženjerima i svim onima koji se bave zaštitom graditeljskog nasleđa. Veruje se da će knjiga biti od interesa i koristi i studentima usmerenim tokom svog školovanja na radove zaštite, kao i svima onima koji se sreću, ili se mogu sresti, u svome radu sa restauracijama, rekonstrukcijama i sanacijama utilitarnih građevina – pojedinačno ali i u sklopu određenih prostornih celina.

Činjenica je da su mnogi mostovi uspešno preživeli mnoge vekove pa i milenijume. U toku svoga dugog bitisanja na svojim plećima preveli su preko reka i prepreka, a u nekim primerima to i danas čine, veliko saobraćajno opterećenje, pa i danas višestruko koriste čoveku. Ako ništa drugo, njihovo viševekovno služenje čoveku neodložno traži da se prema njima odnosimo sa dužnim poštovanjem. Sve ovo podvlači i ističe misli velikog francuskog graditelja mostova Paul Séjournéa „...Loše je delo baciti na zemlju plodove svojih predaka... To nas umanjuje...". Ove misli treba da su prisutne u svakom vremenu i prilici kada se stari most ili bilo koja građevina iz graditeljskog nasleđa nađe u vihoru savremenog života i građevinskih poduhvata koje taj život uslovljava. To nas obavezuje.

Juna 1989. *Milan Gojković*

DEO 1.

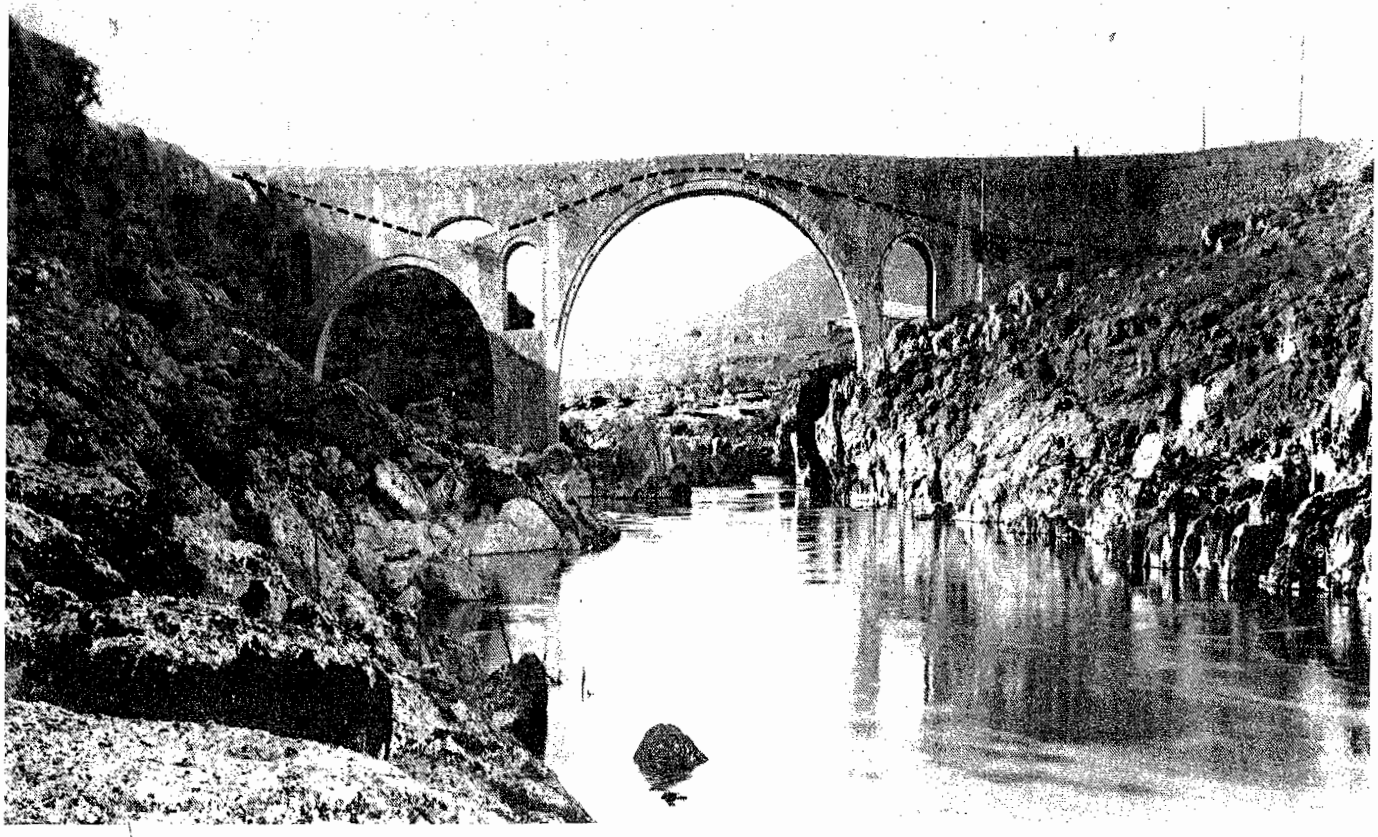
1. UVOD

S obzirom da je ova publikacija namenjena prvenstveno poslenicima službe zaštite spomenika kulture, posebno onima čija je preokupacija usmerena na zaštitu, odnosno sanaciju i revitalizaciju spomenika kulture utilitarnog karaktera – uglavnom mostova – nameće se potreba da se jedan deo materije usmeri ka razjašnjenju određenih pojmova vezanih za most kao građevinu, definiciji i funkciji pojedinih konstrukcijskih elemenata u jednom mostu od kamena, kamenom mostu kao celini. Razjašnjenje pojmova vezuje se uglavnom za stare kamene mostove, uz istovremeno apostrofiranje odlika i karakteristika spomenika kulture ove vrste, odnosno inženjerskih građevina građenih na vodi i u vodi. Ovo posebno i zbog toga što mnogi poslenici u službi zaštite, i ne samo u njoj, u svom redovnom stručnom obrazovanju nisu čuli ništa o mostovima, ili su čuli vrlo malo – nedovoljno za posao koji rade ili će raditi, s jedne strane, a s druge – da se dobije jedan opšti uvid u ovu vrstu ostvarenja drevnih graditelja. Revitalizacija i zaštita jednog starog mosta, kojom, pored ostalog, treba da se sačuva njegova autentičnost, složena je operacija u službi zaštite. To je proces uslovljen mnogim međusobno zavisnim faktorima različitog karaktera i intenziteta vezanim za njegovu dalju upotrebljivost, odnosno uspešnu novu funkciju u savremenim životnim tokovima.

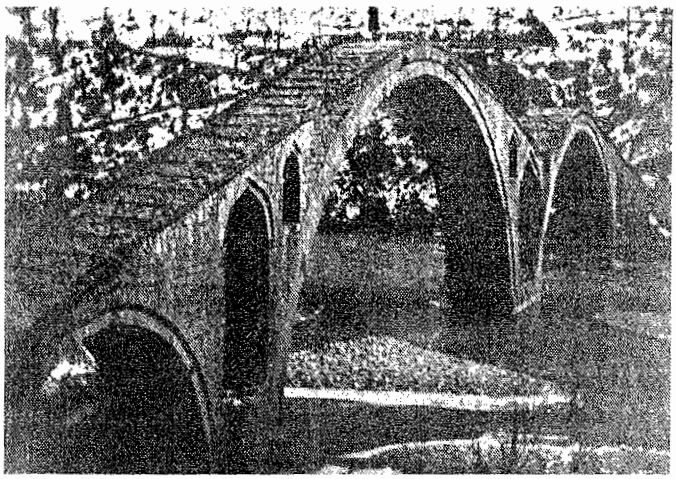
* * *

I bogata istorija građenja mostova, marginalno obrađena u istorijama arhitekture, i to uglavnom preko specifičnih primera, ima i te kako značajno mesto u evoluciji građenja, u graditeljskom nasleđu prošlosti jednog naroda ili jedne epohe. I u grupaciji spomenika kulture kao što su mostovi mogu se sresti objekti koji u sebi i na sebi sadrže mnogo onoga što obeležava i ističe određeni period građenja, umešnost i stvaralaštvo drevnih neimara – pojedinih „Škola građenja", pa kao takvi zaslužuju i imperativno traže adekvatnu zaštitu i revitalizaciju u našem vremenu.

Duga istorija građenja i evolucija mostova nastala je u mnogovekovnoj borbi čoveka da sredstvima koja su mu stajala na raspolaganju savlada prirodne prepreke i tako svoj život učini sadržajnijim. Nekad je ta borba bila lakša, a katkad i teža. Svaki nov materijal i novi postupak u građenju tražio je više napora, oštroumnosti i borbe čoveka sa prirodom. Ali je ta i takva njegova borba istovremeno



Sl. 1 – Vezirov most preko reke Morače kod Titograda, stara Podgorica – porušen u drugom svetskom ratu (crtkastom linijom naznačen je prvobitni oblik nivelete)

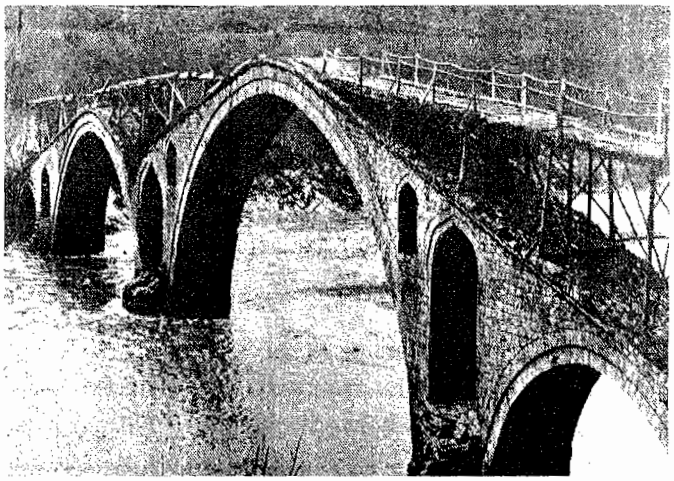


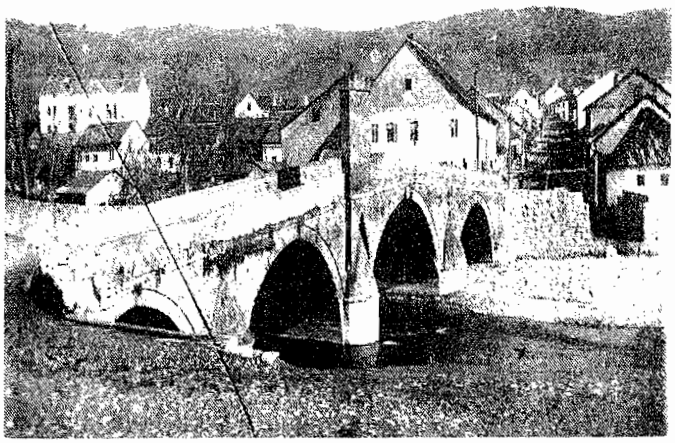
Sl. 2 – Vezirov most preko Drima kod Ljum Kule (Albanija) takođe porušen u drugom svetskom ratu – 1944. godine. Relativno mala širina (<4 m) i veliki nagibi nivelete zahtevali su dosta hrabrosti prilikom prelaska preko mosta (posebno u zimskim uslovima)

bogatila graditeljsku baštinu i podsticala kreativnost graditelja. Ne mali je put pređen od prvih mostova, mostova sa veličinom otvora od nekoliko stopa, pa do grandioznih konstrukcija sa otvorima od nekoliko stotina metara.

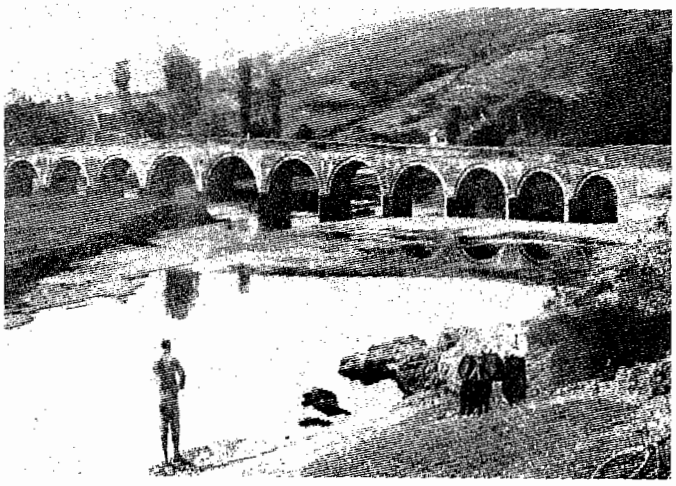
Stari kameni mostovi bogate čovekove istorije nastali su iz zahteva ondašnjih društava i njihovih potreba. Ponekad je njihovo građenje poveravano poznatim graditeljima, a ponekad su mostovi nastajali spontano, za lokalne potrebe, i gradili su ih „mali" graditelji iz naroda. I jedni i drugi uspešno reprezentuju svoje vreme i tadašnja društvena zbivanja i kao takvi zaslužuju određenu zaštitu. Sve

Sl. 3 – Most preko reke Đetinje u Titovom Užicu tzv. Kasapčića most – izgled sa nizvodne strane. Most je napravljen 1628. godine (vidi i sl. 163) a porušen u drugom svetskom ratu

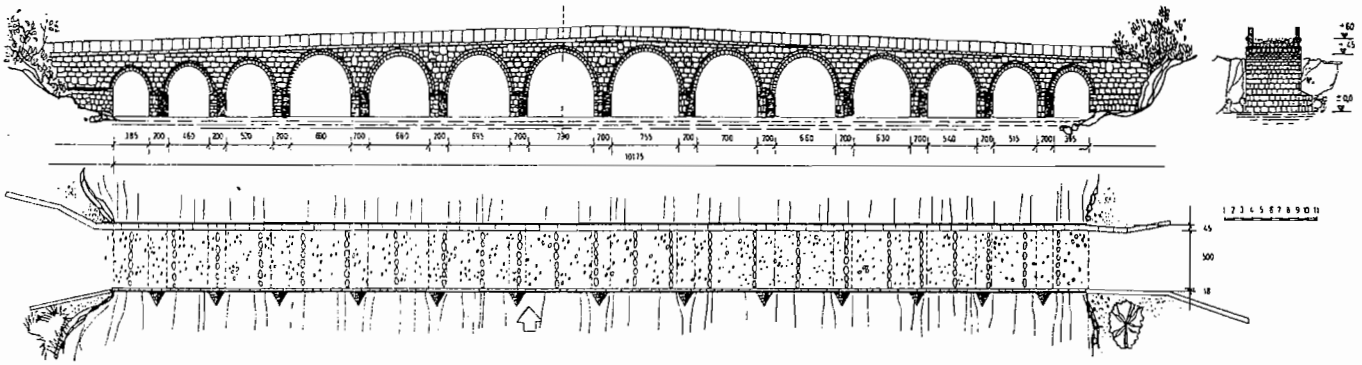




te građevine, posmatrane sa aspekta savremene mostogradnje, realizovane uglavnom u kamenu i ugrađene u određene prostore i sa svrsishodnom funkcijom – poseduju trajne vrednosti i od značaja su za graditeljsko nasleđe. Graditeljsko nasleđe ove vrste zasnovano je na posebno stvorenim pravilima i kanonima u stvaranju, na bogatim iskustvima tradicionalnog načina građenja. Koncipiranja i



Sl. 4 – Most preko reke bune u selu Buni (grafička rekonstrukcija) – porušen 1945. godine. Most se u literaturi pominje i kao Danijel pašina ćuprija (E. Čelebija). Kada je most građen nezna se. Neki autori identifikuju vreme građenja sa rimskom mostogradnjom. Međutim, po svoj prilici – na osnovu arhitektonsko konstrukcijskih karakteristika – most je tvorevina osmanske mostogradnje

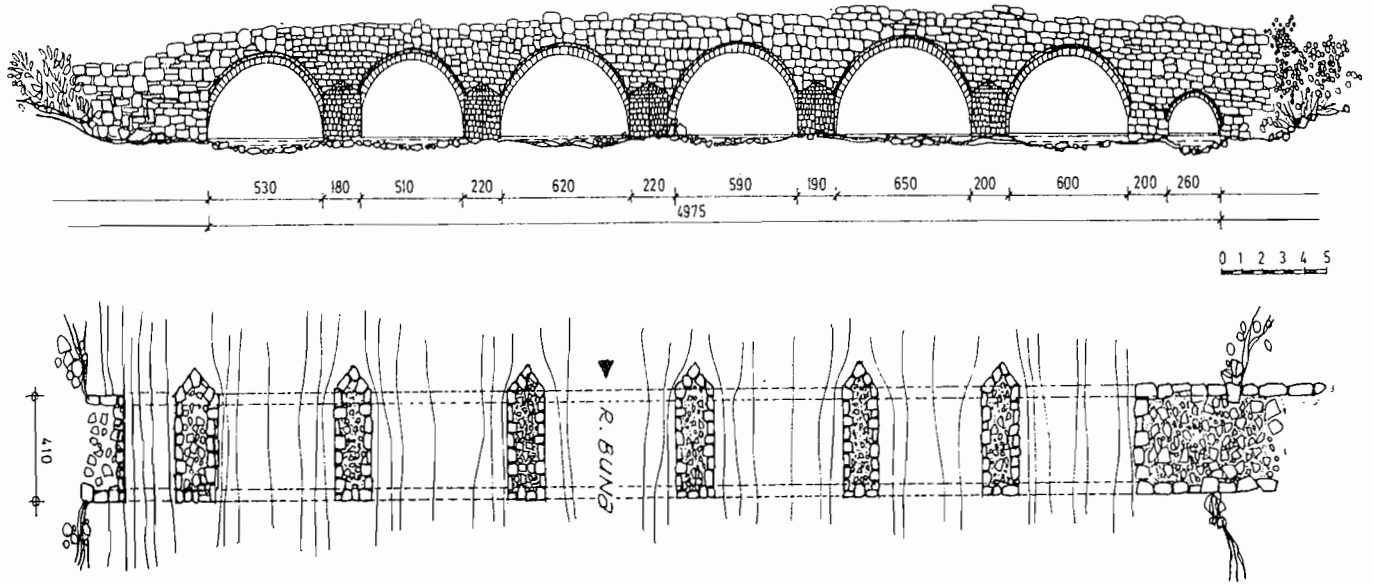


korišćeni sistemi realizovanih mostova su sinteza mnogih znanja i umenja ondašnjih graditelja, pa prilikom zaštite i revitalizacije ove činjenice moraju biti prisutne i adekvatno tretirane u preduzetim zahvatima na zaštiti i revitalizaciji.

Stari kameni mostovi koji su „stigli" do naših dana, u celini ili u ruinama, obuhvataju veliki vremenski period.



Sl. 5 – Kosorska ćuprija preko reke Bune u Kosoru – porušen u ratu 1945. godine. Istoričari ga ubrajaju među najstarije mostove u nas, pa čak da potiče iz vremena Rimljana. Međutim, po svoj prilici, i ovaj most je delo osmanske mostogradnje (možda građen na temeljima kakve starije mostovske konstrukcije)



od antičkih vremena, preko srednjeg veka i uglavnom do kraja XVIII veka, kada počinje građenje mostova na istinama Statike konstrukcija i Otpornosti materijala. Jedan ovako veliki vremenski period sadrži više razvojnih faza. Svaka faza, svaka grupacija, poseduje određene specifičnosti zavisne od odgovarajućih tadašnjih uslova stvaranja i društvenih zbivanja i nosi karakter vremena i podneblja u kojem je nastala. Shodno prihvaćenim stavovima istorije arhitekture zasnovanim na pozicijama istorijskog materijalizma, gde su sva dostignuća prošlosti vezana za određena društvena zbivanja, i stari kameni mostovi dobijaju adekvatnu podelu, odnosno dele se na:

a) predrimske mostove – gde se naziru grupacije: egipatski, mesopotamski, hetitski i kritsko-mikenski mostovi; zatim mostovi stare Grčke i mostovi Dalekog istoka, Kine;

b) rimske mostove – sa podgrupama: mostovi Etrurije, rimski mostovi za vreme Republike, i rimski mostovi iz vremena Imperije;*)

c) mostovi srednjeg veka – vizantijski mostovi, mostovi osmanske civilizacije i grupacija mostova nastala u tadašnjim državama izvan Vizantije i Osmanske imperije. Neosporno, uključivši prostore i izvan Balkanskog poluostrva, moguće je i dalje determinisanje i grupisanje ovih mostova; i

d) mostovi renesanse i grupacije mostova velikih graditelja *Peroneta* i *Paul Séjaurnea*.

Za naše, jugoslovenske prostore, odnosno Balkansko poluostrvo, od posebnog su značaja mostovi iz vremena ekspanzije Osmanske imperije i perioda direktno vezanog za ovu ekspanziju i njeno trajanje u ovim regijama. Međutim, ne treba izgubiti iz vida postojanje i te kako značajnih i za opštu istoriju mostova vrednih i sadržajnih mostogradnji koje su se razvijale na zapadu Evrope i Italiji odnosno na Istoku – u Persiji, Indiji i Kini.

Reljef Balkanskog poluostrva je od posebnog značaja za građenje puteva, odnosno mostova. Prožet planinskim sistemima i dolinama ima takvu konfiguraciju koja traži dosta umešnosti u građenju i puteva i mostova. Srednjevekovni putevi na svojim vekovima ustaljenim trasama zasnovanim još u najranijim vremenima, imali su da savladaju dve vrste prepreka – planinske masive i rečne tokove. Planinski masivi savladani su velikim usponima i oštrim krivinama, a rečni tokovi prelazima preko reka – od onih najjednostavnijih, gazova, pa sve do solidnih konstrukcija, kamenih mostova.

*) Osnivanje grada Rima (Roma quadrata) vezuje se za VII vek pre n.e. Rim je bio kraljevina do 509. godine pre n.e. Doba Republike trajalo je od 509. do 31. godine pre n.e. Period Rimskog carstva, Rimske imperije, trajao je od 31. godine pre n.e. do 476. godine n.e. Godine 395. Rimsko carstvo deli se na Zapadno (Rim) i Istočno (Carigrad). Carigrad je pao pod tursku vlast 1453. godine.

2. IZ ISTORIJE MOSTOVA

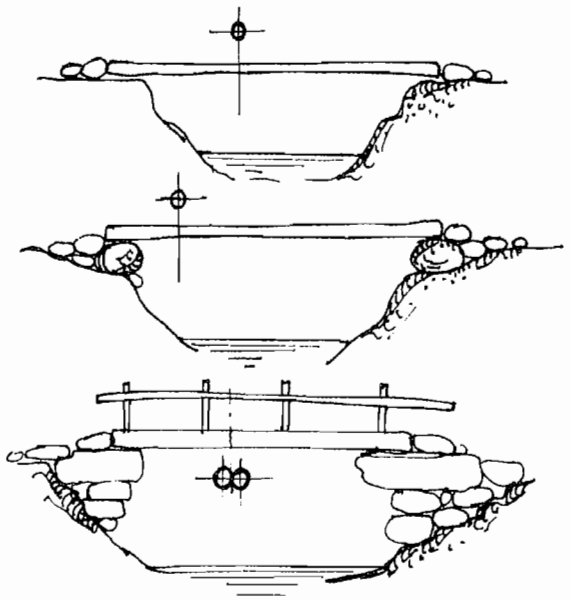
Istorija mostova je vrlo bogata i duga. Građenje prelaza preko prepreka vezuje se za najraniju čovekovu istoriju, za vreme kada je čovek počeo da pravi sebi oruđe potrebno za život i rad. Prve mostove čovek je gradio po uzoru na one koje je stvorila priroda „prostu gredu" od drveta, prirodno i bez ljudske ruke stvorenu „svodnu" konstrukciju i viseći most od lijana. Logična je i na mestu hipoteza da je čovek prvo naučio da gradi drvene mostove, najpre gredne i njemu slične „sisteme", jer je priroda tu bila najbolji učitelj.

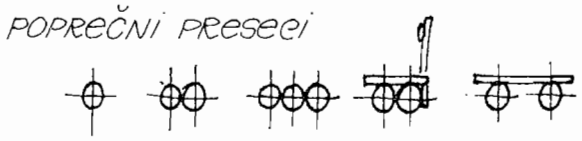
Usavršavajući svoj način života kroz vreme i menjajući na bolje svoje životne uslove, negde u bronzanom dobu, a i pre njega, čovek je počeo smišljeno da gradi svoje prve mostove – drvene mostove.

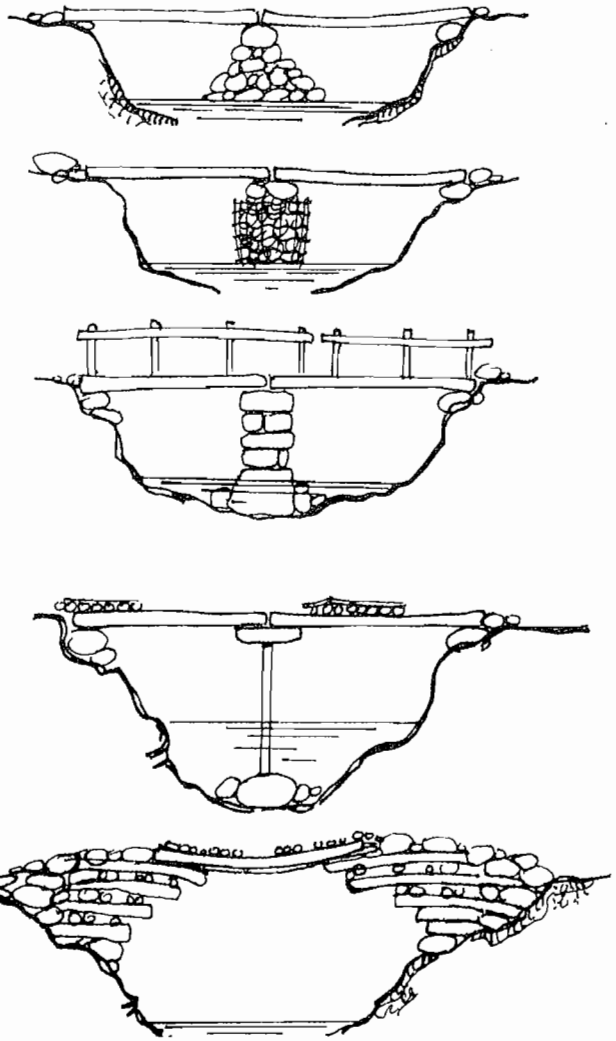
Postavljanjem jednog debla preko prepreke dobijao je brvno. Kada mu je brvno postalo nesigurno i uzano, postavljao je dva i tri debla jedno uz drugo i tako dobijao u bezbednosti prelaza preko tako napravljenog mosta. Da bi mu gazišna površina bila što povoljnija postavljao je, nešto kasnije, poprečne elemente – „talpe", kako se to danas kaže. U jednom vremenu došao je na ideju da međusobno razdvoji debla, odnosno brvna i da talpe „rade" sa određenim rasponom, što je neosporno bio progres u građenju mostova. U međuvremenu javio se problem kako savladati veće raspone, kako smanjiti „povijanje" i „ugibe" nosača, a to dovodi do upotrebe vertikalno postavljenog debla, do oblikovanja i primene srednjeg – rečnog stuba. I ovo je bila velika tekovina najranije mostogradnje.

Promenom i progresom životnih uslova, razvitkom zemljoradnje i stočarstva, pojavom razmene dobara – trgovinom i razvojem ratne strategije, dolazi do intenzivnijeg građenja mostova i stvaranja prvih smišljenih „pravila" za građenje. Ta su pravila najpre služila jednom plemenu, jednom regionu, a kasnije i šire – onoliko dugo koliko su bila praktična i korisna. Za ovaj vremenski period, za pojavu prvih – mada primitivnih civilizacija, vezuje se začetak smišljenog građenja mostova, prema određenim i tada formiranim pravilima građenja zasnovanim na tradiciji, tom osnovnom činiocu dobrog zanatstva.

Prvi smišljeni oblici i „sistemi" mostova, kako se to danas kaže, monotono se ponavljaju. Tada već formirana tradicija i jednolikost guše i sputavaju svaku originalnost. Ondašnji napredak u građenju bio je spor, skoro neprime-



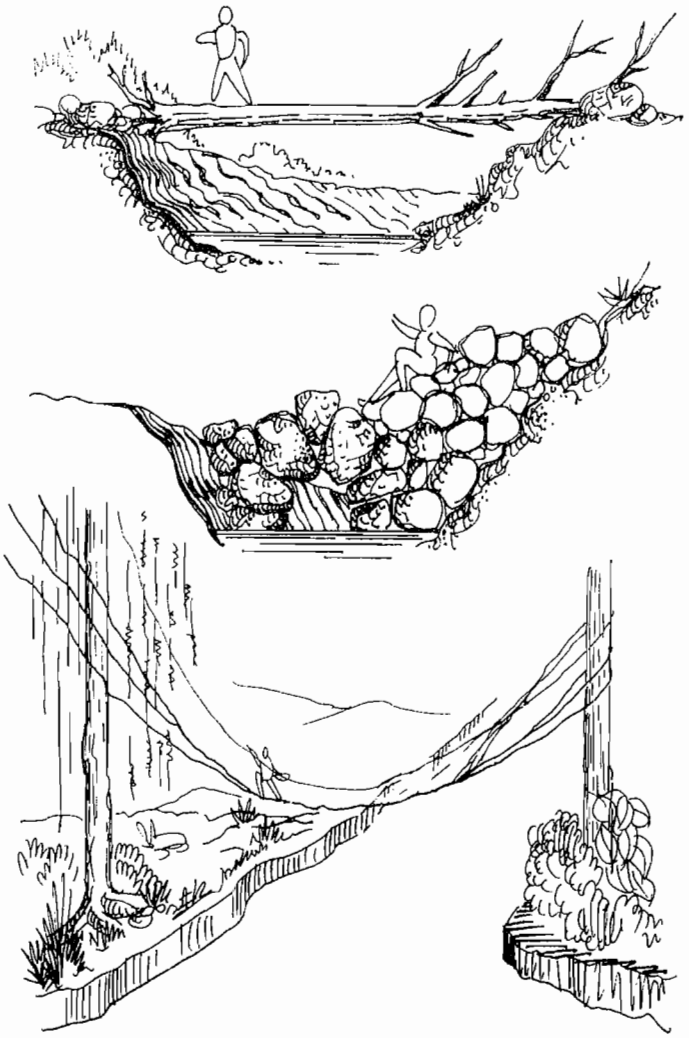


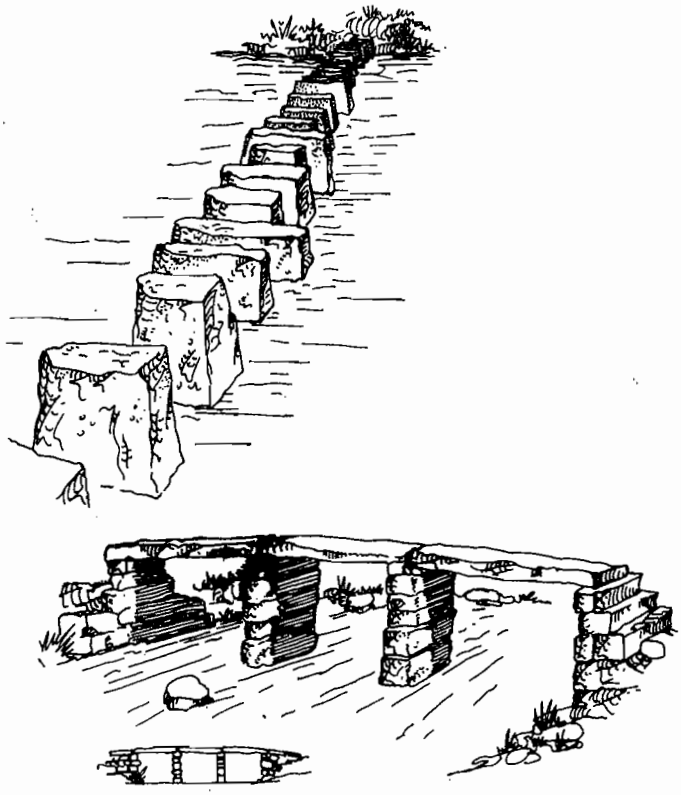


Sl. 6 – . . . Od brvna ka sve složenijim obilcima i sistemima . . .

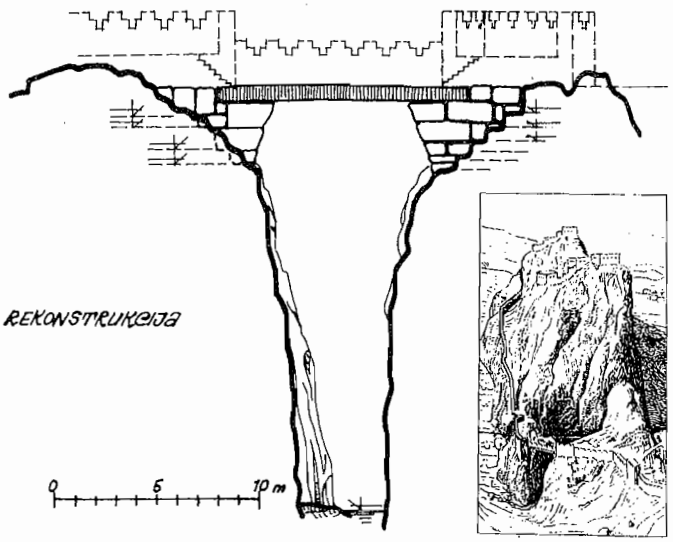


Sl. 7 – . . . Prvi i najbolji učitelj bila je priroda . . .





Sl. 8 – Dva primera prvih-primitivno izvedenih mostova od kamena: od niza blokova kamena u plitkom rečnom toku (u nas poznat i pod imenom „skakalnica") i od kamenih ploča preko srednjih stubova izvedenih od krupnih komada kamena pločastog oblika

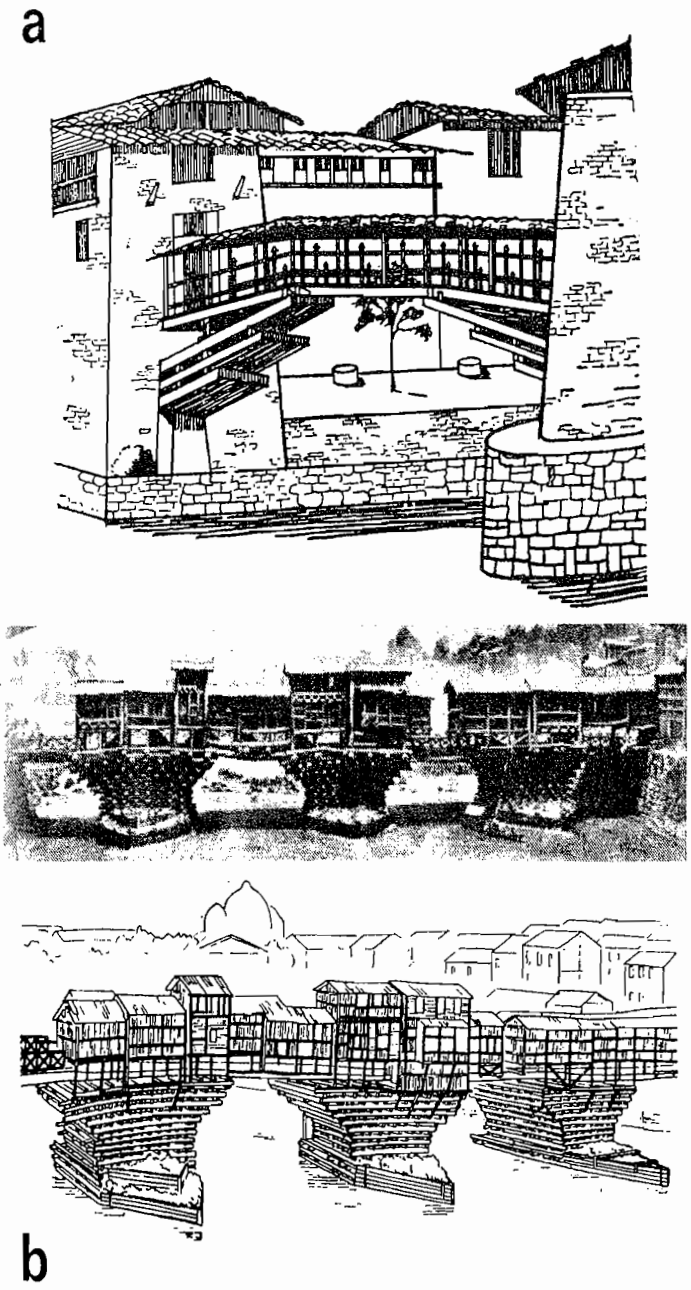


Sl. 9 – Grafička rekonstrukcija hetitskog mosta kod Bogazköy-a (Turska)

tan kroz duži vremenski period (na ondašnju stagnaciju umnogome je uticao stepen razvitka čoveka). Međutim, kasnije, u ratovima sa susednim plemenima, čovek dolazi do novih saznanja, meša se sa drugim narodima, a evidentnom i neumitnom evolucijom čoveka javlja se i progres u građenju mostova. Koriste se iskustva graditelja stečena kroz vreme sa širih regiona, kroz kontakte sa susedima i u dodiru sa neprijateljem, i konstrukcija mosta dobija sve novije i konstrukcijski povoljnije oblike. Mostovi postaju raznovrstniji i „bogatiji", za građenje se pored drveta koristi i kamen, najpre po ugledu na drvo a kasnije u sve složenijim formama. Kod većih mostova javlja se smišljena konstrukcija rečnog stuba, mostovi se prilagođavaju ondašnjim uslovima ratovanja i sve intenzivnijem komuniciranju među narodima, sve većoj trgovini, pa samim tim dobijaju u svojim kvalitetima.

Proces razvoja konstrukcija mosta bio je dugotrajan i spor. U jednom velikom vremenskom intervalu ništa se neobično nije događalo i u dispozicijama tadašnjih konstrukcija dominirao je gredni sistem, potpuna vladavina „proste grede". Klasičnu prostu gredu postepeno dopunjuje, a kasnije u mnogo primera smenjuje „konzolni sistem" nosača, odnosno mostovska konstrukcija kod koje su obalni stubovi formirani od niza konzola koje svojim prepustima (rasponima) teže sredini prepreke. Kod manjih rečnih tokova u potpunosti premošćuju prepreku, spajaju se na sredini reke, a kod većih širina – centralni deo dispozicije premošćuje se grednom ili ovoj sličnom konstrukcijom.

Sl. 10 – Karakteristične konstrukcije dalekog istoka: (a) konzolni most od kamenih ploča (Tibet); (b) drveni most sa više otvora (Kašmir-Indija)



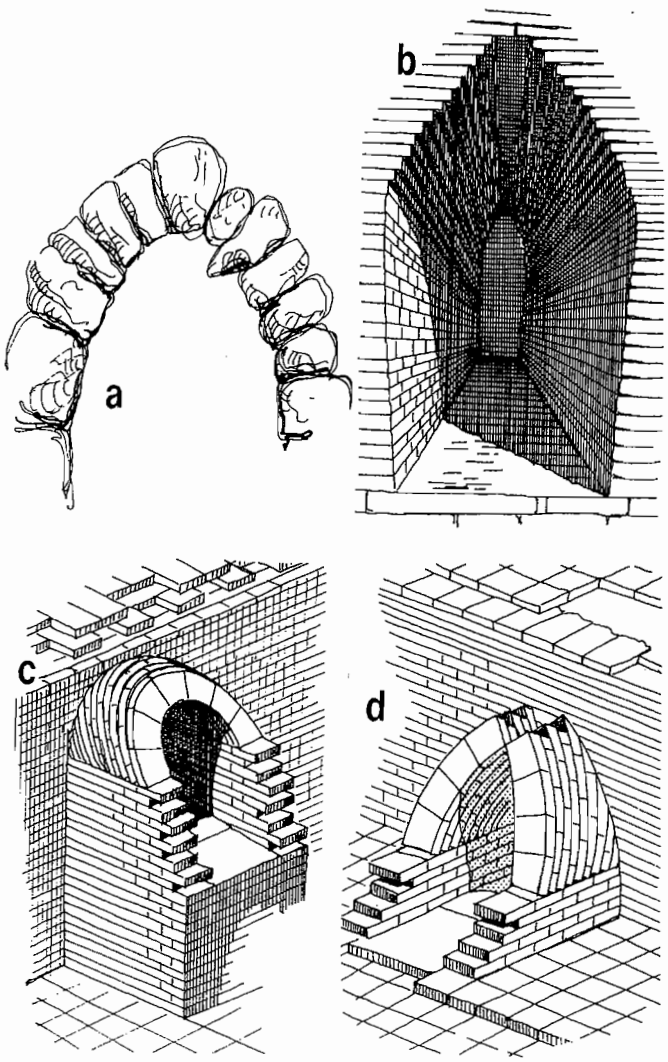
Ovakav sistem, gde je smišljenom integracijom određenog broja konzola premošćena reka, ili je veličina raspona svedena na manju – konstrukcijski povoljniju veličinu, formira „bogatiji" oblik otvora, otvor različit od onog koji se dobija grednim sistemom kao nosećom konstrukcijom (arhitravnom konstrukcijom). Ovaj konstrukcijski sistem ilustruje još jedan skok i progres u građenju mostova.

I gredni i konzolni sistem, kako nam saopštavaju istorijske činjenice, stari majstori su podjednako dobro koristili i primenjivali pri gradnji mostova kako od drveta tako i od pogodnih komada kamena.

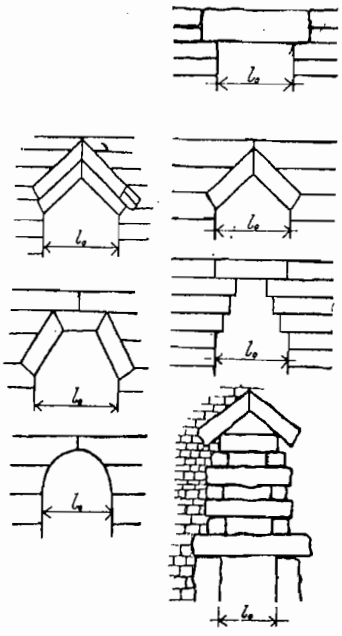
Veliki rečni tokovi u vreme antike i njenih potreba premošćavani su pontonskim mostovima, koji u bogatoj istoriji mostogradnje sa svojim specifičnostima predstvljaju posebno poglavnje. Prvi pontonski mostovi građeni su uz pomoć mešina ispunjenih slamom, na buradima i brodovima, preko kojih je redovno postavljana drvena konstrukcija.

Konstrukcija svoda onakva kakva je danas, sa svim svojim dobro znanim svojstvima, prešla je veliki put u svojoj evoluciji. Ako se pođe od postavke da građevinski materijali diktiraju principe građenja, onda se može pretpostaviti da je korišćenje sitnijih elemenata – ćerpića – uz bogatu maštu drevnih graditelja omogućilo stvaranje – nastajanje konstrukcije svoda. Neosporno je da je taj put nastajanja svoda bio dug, sa mnogim iskušenjima, ali je sigurno vodio cilju. Stari Sumiti, kako poručuju arheolozi i istoričari, bili su ti koji su načeli tajne konstrukcije svoda. Prve konstrukcije svodova, sa neminovnim usavršavanjem kroz vreme, postepeno nalaze primenu i u mostogradnji i postaju osnovni konstrukcijski – noseći element i u masivnim mostovima.

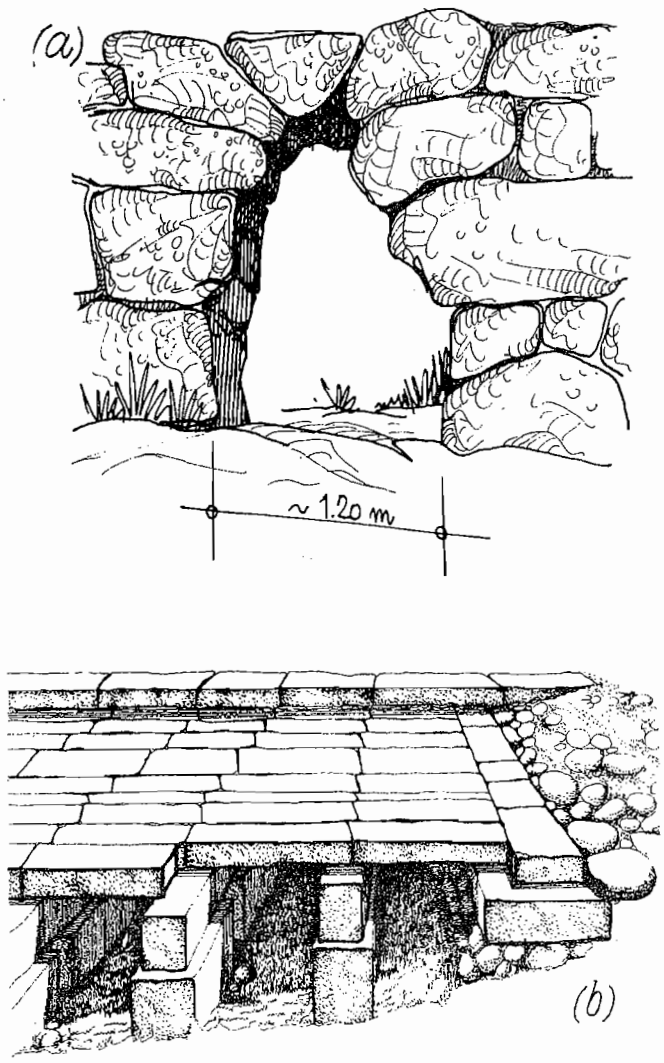
Primenom i korišćenjem konstrukcije svoda mostogradnja dobija novi impuls u stvaranju i oblikovanju kamenih mostova. Gredne konstrukcije postepeno gube primat, a u oblastima stare Etrurije, na tlu Evrope, uz obilje drveta i uz progres u građenju skela – konstrukcija svoda dobija sve svoje odlike a mostogradnja snažan zamah. Graditelji Etrurije koriste najpre svod primitivnih oblika, da bi on kasnije postajao sve pravilniji. Prvi primenjuju klinast oblik tesanika i radijalni pravac ležišnih spojnica. Kameni mostovi dobijaju za to vreme idealne i svrsishodne oblike i konstrukcijske karakteristike koje je krunisala i dovela do savršenstva rimska mostogradnja i njene tekovine. Graditelji masivnih svodova tadašnjeg vremena takođe su sva svoja stvaranja i svoje zamisli zasnivali na tradiciji i iskustvu i u takvom radu došli su do saznanja da bočni pritisak svoda, koji je dugo vremena bio tajna, treba da prihvate, prime, stubovi; da stub treba tako napraviti da može uspešno da primi horizontalni potisak svoda, tu osnovnu karakteristiku i odliku lučnih sistema. Rimska mostogradnja je uočila ovu odliku i umešno je stvarala konstrukcije sa stubovima manjih dimenzija. Iz ovakvog koncipiranja svoda rimska arhitektura uopšte, a mostogradnja posebno, dovedena je do savršenstva. Preko rimske mostogradnje, čiji se tragovi zapažaju na velikim pro-



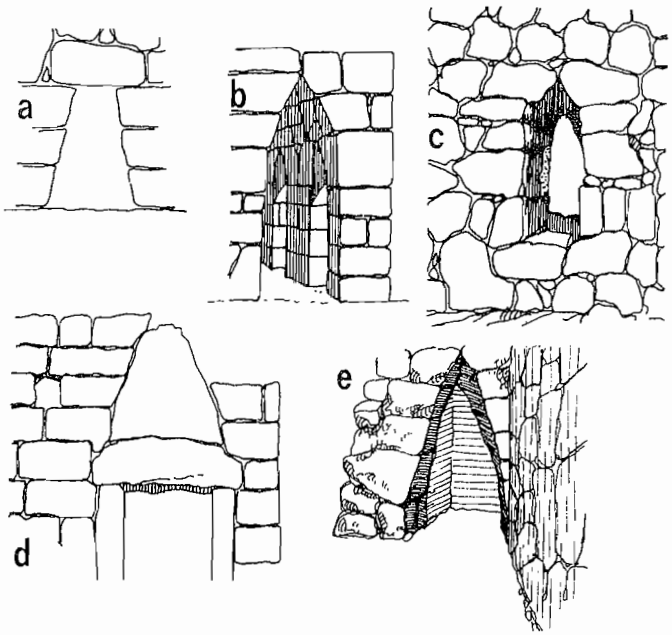
Sl. 11 – Konstrukcije lukova i svodova u Mesopotamiji: (a) „šiljasti svod" od grubo doteranog kamena iznad gradskog kanala u Nipuru, sumerski period; (b) konstrukcija „lažnog svoda" na grobnici u Uru; (c) konstrukcija „bačvastog svoda" sa nagnutim slojevima iznad gradskog kanala u Korsabadu, asirski period; (d) „šiljasti svod" sa nagnutim slojevima iznad kanala u Korsabadu



Sl. 12 – Primeri premošćavanja otvora u staroegipatskom građevinarstvu



Sl. 13– Dva primera antičke grčke mostogradnje: (a) „Kiklopski most" južno od Atine, na putu prema planini Parnas; (b) kameni most u svetilištu Brauron, u Artemisu (druga polovina V veka pre n.e.)



Sl. 14 – Primeri premošćavanja otvora u starogrčkom građevinarstvu: (a) detalj otvora u zidinama Mikene; (b) galerija u zidinama tvrđave u Tirinsu; (c) detalj otvora u zidu utvrđenja u Mikeni; (d) „Lavija vrata" na akropolisu u Mikeni; i (e) ulazna vrata u Arpinu

storima i čije je trajanje bilo dugo, konstrukcija svoda – već razrađena i oblikovana – dospela je u ostale kasnije mostogradnje.

Rimska mostogradnja je bila osnov i za sve ostale kasnije nastale kamene mostove na tlu Evrope i Bliskog istoka (mostogradnja Dalekog istoka, Kine, ima posebnu genezu razvoja). Iz ovog razloga ovde se grubo rezimiraju sva njena dostignuća, jer su od značaja za sve kasnije nastale mostogrdnje.

Za veće i značajnije mostove rimski graditelji koristili su kvalitetnije obrađen kamen i obrnuto, za manje važne mostove obrada kamena nije bila na visini. Za zidanje svodova korišćeni su krupni blokovi kamena (za mostove iz predavgustovog vremena* korišćeni su blokovi kamena veće širine nego visine). Za konstrukcije svodova korišćena je i dobro pečena opeka. Prve konstrukcije svodova zidane su u suvo bez maltera (veza između pojedinih komada kamena ostvarivana je metalnim sponama, trnovima). Tek od vremena kada su rimski graditelji saznali da krečni malter pomešan sa pucolanom, ili sa dobro usitnjenom opekom, daje kvalitetno spojno sredstvo, malter je počeo da se koristi i u građenju mostova.

Značajna tekovina rimskog građevinarstva jeste „rimski beton", „pseudo beton" – kako se naziva u literaturi. To je mešavina peska, šljunka i kreča sa dodatkom pucolana (praha iz Baje ili sa gradskih polja oko Vezuva). Ova smeša ima hidraulička svojstva – da vezuje i stvrdnjava u vodi.

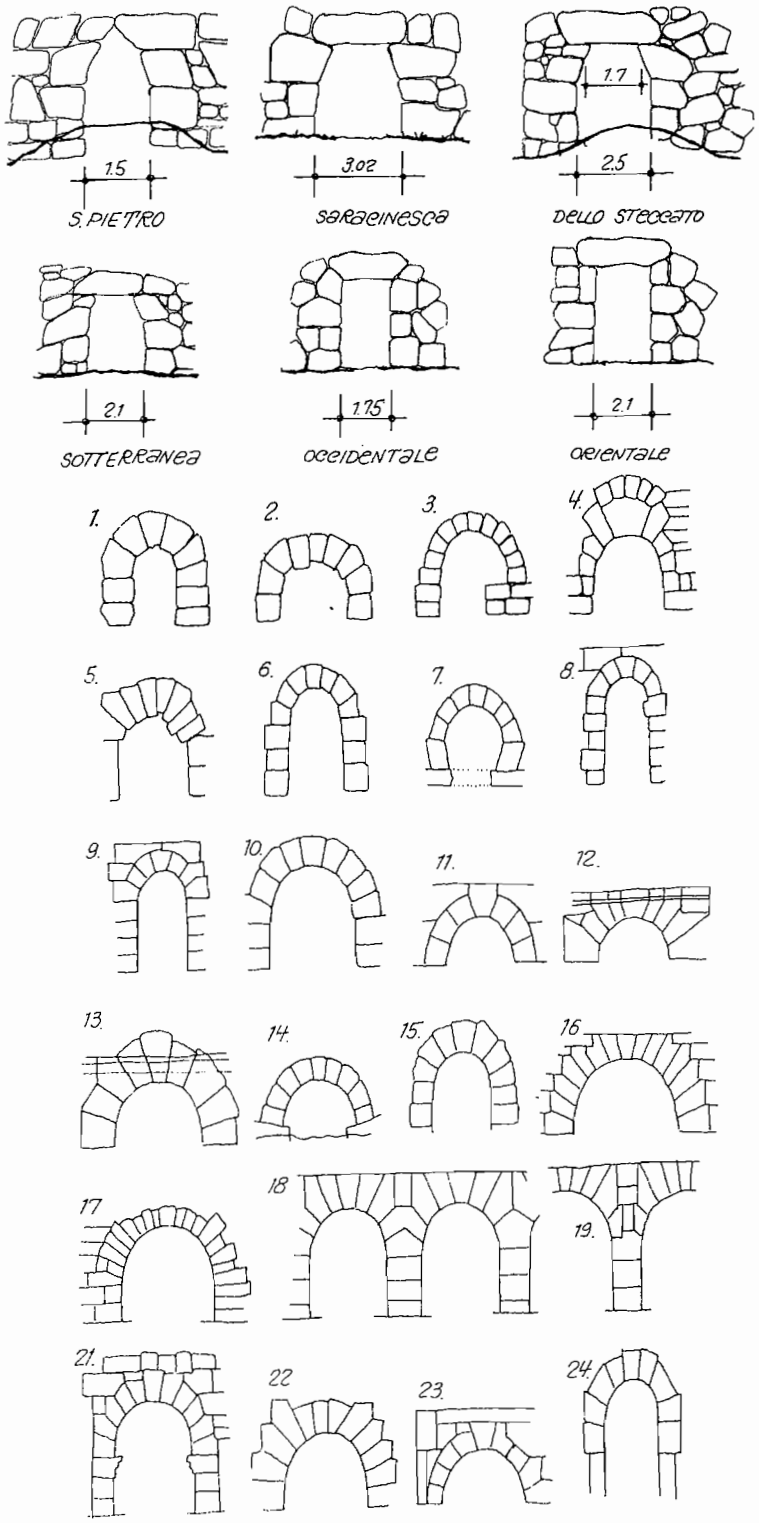
U rimskoj mostogradnji dominira polukružni oblik svoda. Principi građenja su: krupniji komadi kamena kroz celu debljinu svoda, što manji broj radijalnih spojnica minimalne debljine, bez maltera – u suvo, konstantna debljina svoda i posebna obrada vidnih površina svodova. Rimsku mostogradnju karakteriše i kvalitetna izrada svodnih skela.

Kod mostova sa više otvora srednji rečni stubovi, uglavnom velikih dimenzija, oblikovani su bez ali i sa kljunovima, uglavnom trouglastog preseka. Kod visokih stubova, kod akvadukata, rimska mostogradnja menja presek stuba po visini. Fundiranja su realizovana u otvorenoj temeljnoj jami, ili uz pomoć kamenog nabačaja, ili uz pomoć drvenih šipova i otvorenih sanduka od drveta („priboja"), sa ili bez crpljenja vode iz temeljne jame.

Poznata su i rimska fundiranja uz pomoć zagata (dvostrukog priboja sa međuprostorom ispunjenim glinom), kao na Trajanovom mostu preko Dunava (kod Kladova). Generalno pravilo, uočeno na većini ostvarenja rimske mostogradnje, je – da je širina stubova oko trećine veličine otvora mosta. Isto tako, kod temeljenja na šipovima razaznaju se slučajevi kada su glave šipova iznad vode, što je primenjivano kod drvenih mostova (na primer Cezarev most preko Rajne, građen 55–53. godine pre n.e.), i

*) Rimski car, imperator Caesar Augustus – od 27. godine pre n.e. do 14 godine n.e. U istoriji rimske kulture Avgustovo doba zauzima posebno mesto. To je „Zlatni vek" rimske umetnosti, začetak klasičnog rimskog stila koji je imao veliki uticaj na razvitak evropske kulture.

GRADSKE KAPIJE



Sl. 15 – Oblici svodova i lukova i ugrađenih blokova kamena (opus quadratum) na nekim rimskim i predrimskim građevinama: 1. Cloaca; 2. Ponticello; 3. Rim – kanalizacija; 4. Perugia; 5. i 6. Vulci – grobna arhitektura; 7. Scipioni; 8. potporni luci; 9–11. rimski luci; 12–14. Pompeja; 15. i 16. primeri antičkih mostovskih konstrukcija; 17. most S. Marinella; 18. Avgustov forum – Rim; 19. Boville – arena; 21. i 22. primeri sa amfiteatara; 23. amfiteatar – Nim; i 24. amfiteatar u Veroni

slučajevi primenjeni na kamenim mostovima, kada se glave šipova nalaze ispod vode i na njih su oslonjeni prvi slojevi kamena (oslonačka spojnica stuba) direktno ili preko konstrukcije drvenog roštilja.

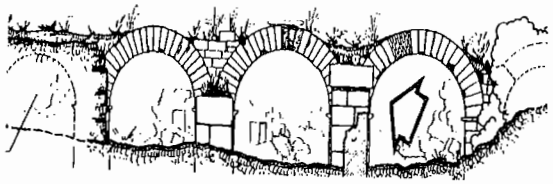
Rimska mostogradnja iz Avgustovog doba obogatila je mostogradnju olakšavajućim otvorima. Olakšavajući otvori redovno su postavljeni iznad rečnih stubova i imaju znatnu ulogu u konstrukcijsko-estetskim vrednostima mosta kao celine. Evidentirani su i primeri mostova sa skrivenim olakšavajućim otvorima.

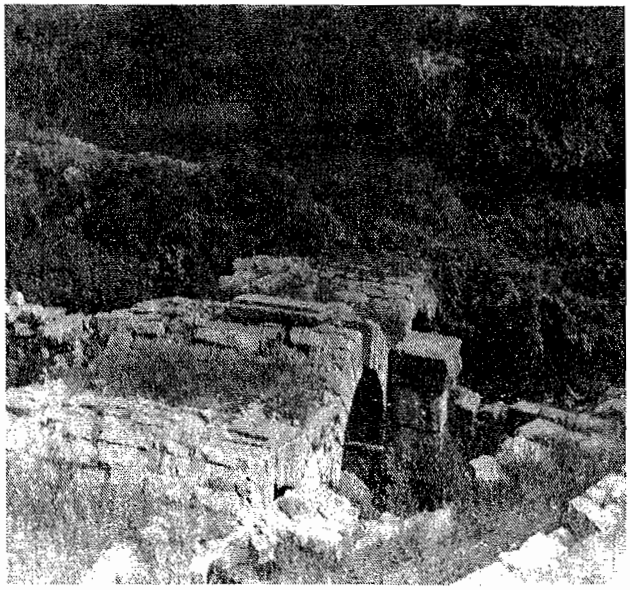
Čeoni i krilni zidovi imaju konstrukcijske karakteristike svojstvene rimskoj mostogradnji: krupni blokovi tesanog kamena, izražena slojevitost zidanja i dobro prevezivnje, suve spojnice i povezivanje blokova kamena metalnim sponama. Po pravilu, čeoni i krilni zidovi završavaju se vencem, prostijeg preseka, a kod značajnijih mostova sa složenom profilacijom. Velike površine čeonih zidova kod izvesnog broja mostova razbijene su plastičnim ukrasima – nišama, kontraforima ili pak reljefnom ornamentikom.

Uglavnom svi rimski mostovi poseduju zajednički konstrukcijsko-stilski imenitelj i za ondašnje vreme i stanje građevinske tehnike bili su solidno napravljeni. Mostovi građeni u većim mestima i na važnim putevima, mostovi vezani za određene ličnosti i njihova htenja u ondašnjim društvenim kretanjima, osim navedenog posedovali su i neuobičajene veličine pojedinih elemenata i vešto plasirane plastične i skulpturalne aplikacije, posebne arhitektonsko-koncepcijske ambicije graditelja da napravi nešto veće i do tada nestvoreno i tako udovolji i želji naredbodavca i sopstvenom kreativnom potencijalu. Jer ovi i ovakvi objekti, osim svoje funkcije, trebali su da budu dokaz veličine autoriteta i moći imperatora i kvalitetan reprezent znanja i umenja njegovog u većini primera za nas i naše vreme nepoznatog graditelja. Ovi izuzetni primeri rimske mostogradnje nisu samo pitoreksne građevine ili rariteti lokalne topogrfije, već u sebi i na sebi sadrže mnoštvo elemenata, koji odražavaju karakter ondašnjeg društva i fond saznanja ondašnjih društvenih formacija po svim komponentama života. Visok stručni domet i bogate kreativne sposobnosti drevnih graditelja rimske mostogradnje manifestuju se na mnogim do naših dana sačuvanim kamenim mostovima – i ne samo mostovima. Rezimirano: i rimska i predrimska epoha po mnogim komponentama pokazuju konstantan progres u građenju mostova.

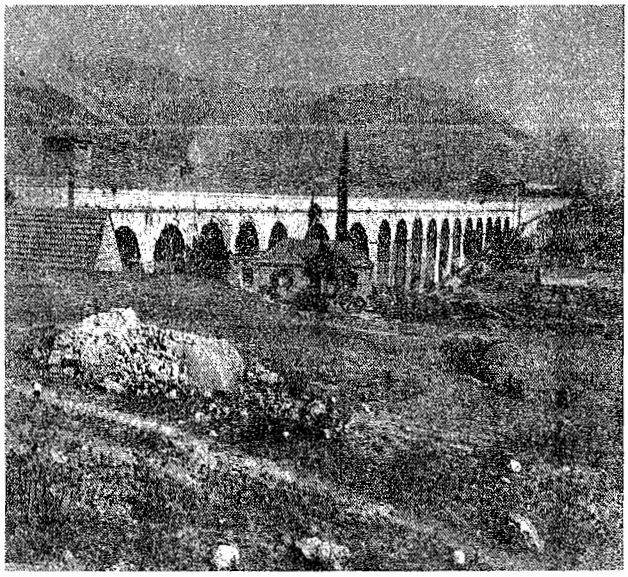
Eto to je, ukratko rečeno, nasledio srednji vek na polju mostogradnje posle raspada rimskog carstva.

Kasnija srednjevekovna mostogradnja, zahvaljujući uglavnom rimskom nasleđu, raspolagala je solidnim fondom znanja i tehničkih dostignuća na polju građenja kamenih mostova. Nije na odmet podvući da je to vreme znalo, između ostalog, za svodove velikih otvora, polumontažno građenje svodova, svrsishodnu primenu lakše svodne skele i njeno korišćenje više puta, primenu rimskog betona i kvalitetnih hidrauličkih veziva – maltera. Nastajanjem Vizantije i ondašnjim društvenim kretanjima ove tekovine se sele na Istok i Zapad, nastupa mešanje uticaja i principa u građenju mostova rimske mostogradnje i tradicionalnog načina građenja mostova dospelog sa Istoka. Mostogradnja Seldžuka, koja je sa Istoka donela mnoge sebi svojstvene oblike i principe, meša se najpre sa vi-

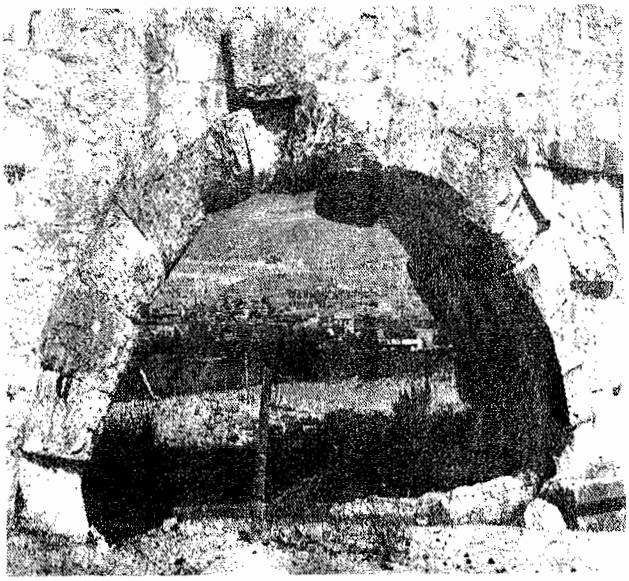




a



b



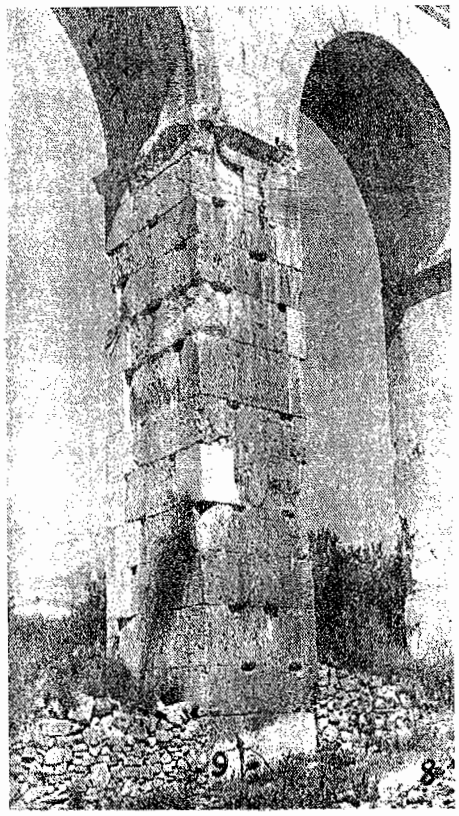
c

zantijskom, a kasnije i sa klasičnom antičkom mostogradnjom i iz ovako stvorenog konglomerata nastaje, što se posebno podvlači, oživalni oblik svoda. Međutim, ne treba izgubiti iz vida ni činjenicu da su srednjevekovne mostogradnje Zapada brižno negovale oživalni oblik svoda i da su vrlo rano počele da koriste segmentni oblik svoda. Odnosno, rimska mostogradnja i njene tekovine bile su solidan osnov i za nastajanje i stvaranja ove mostogradnje.

Na jasno formiranim tekovinama rimske i nešto kasnije vizantijske mostogradnje i na vekovima proveravanim principima u građenju mostova, zavisno od uslova rada i društvenih zbivanja, razvija se najpre otomanska, a nešto kansije i osmanska mostogradnja.

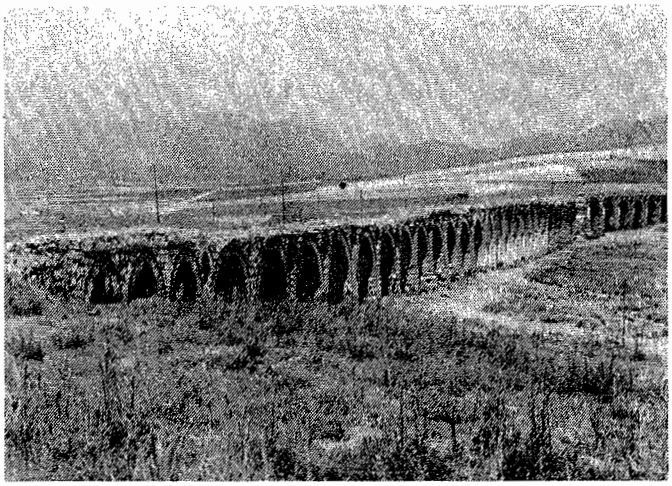
Dolaskom Turaka na Balkansko poluostrvo i svega onoga što je sa njima pristiglo u ove krajeve formira se jedna nova i sasvim specifična mostogradnja, koja se zasniva na uticaju osmanske mostogradnje ali i bogatoj tradiciji domaćih graditelja. Od druge polovine XIV veka Turci se sve više upliću u tkivo istorije balkanskih naroda i u prvim godinama svoje vladavine, a u nekim oblastima i kasnije, grade stalne mostove, i to najpre za potrebe rata, a kasnije, tokom stabilizacije svoje vlasti, i stalne mostovske konstrukcije uglavnom od kamena. O ovim mostovima ovde će biti najviše reči.

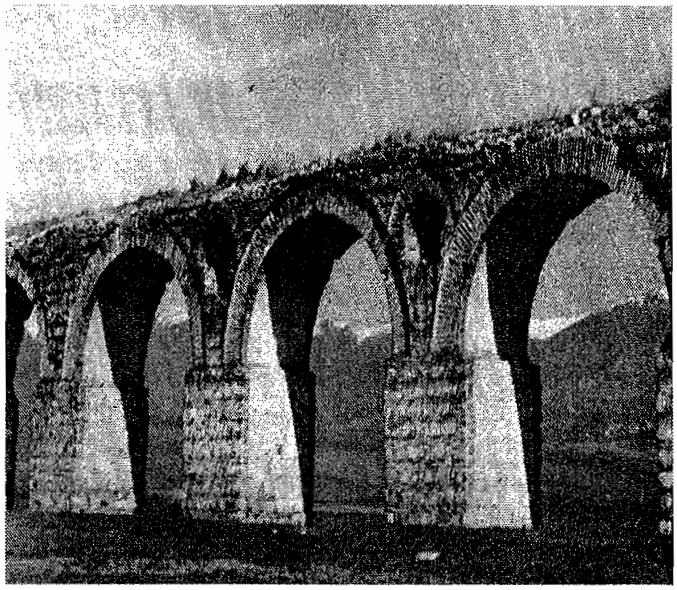
Turci su u građevinarstvu uopšte postigli zavidne uspehe i mnogi su gradovi, zahvaljujući toj činjenici, u nas i na Balkanskom poluostrvu dobili određenu fizionomiju, svoje ime i postanak, piše *prof. Dobrović*. To znači, a to stoji i to potvrđuju mnogi primeri, da je srednjevekovna mostogradnja na Balkanskom poluostrvu specifična i sa mnogim primesama osmanske mostogradnje i njenih gra-



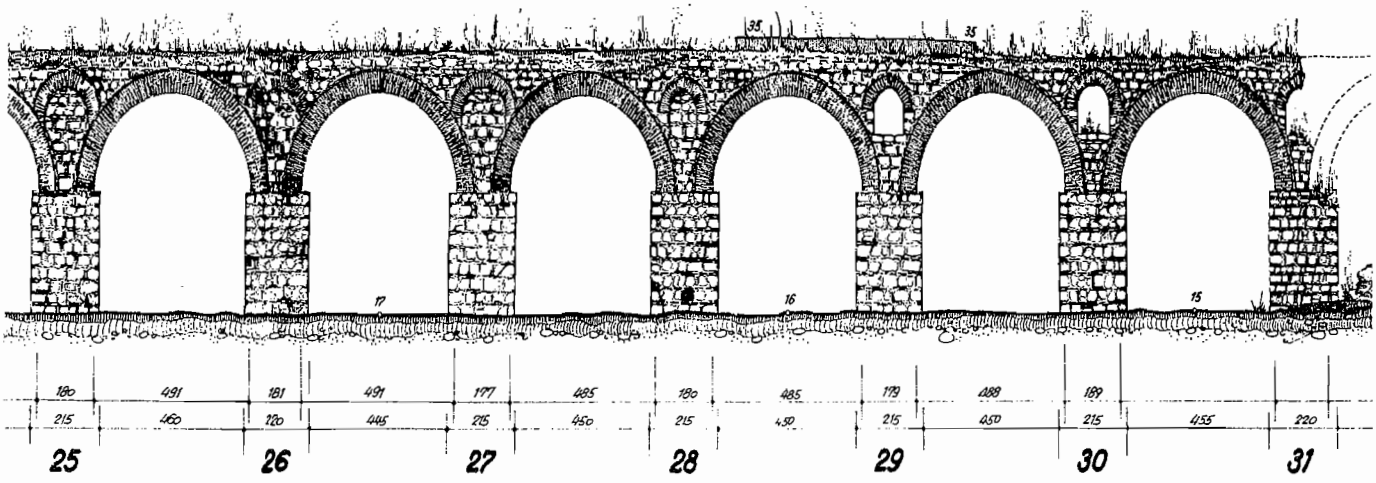
c

Sl. 16 – Primeri rimske mostogradnje na našem tlu: (a) ostaci mosta u rimskoj Saloni (kod Splita); (b) akvadukt „Mostine" na Dioklecijanovom vodovodu (Split); (c) detalji rimskog svoda i stuba na akvaduktu „Mostine"



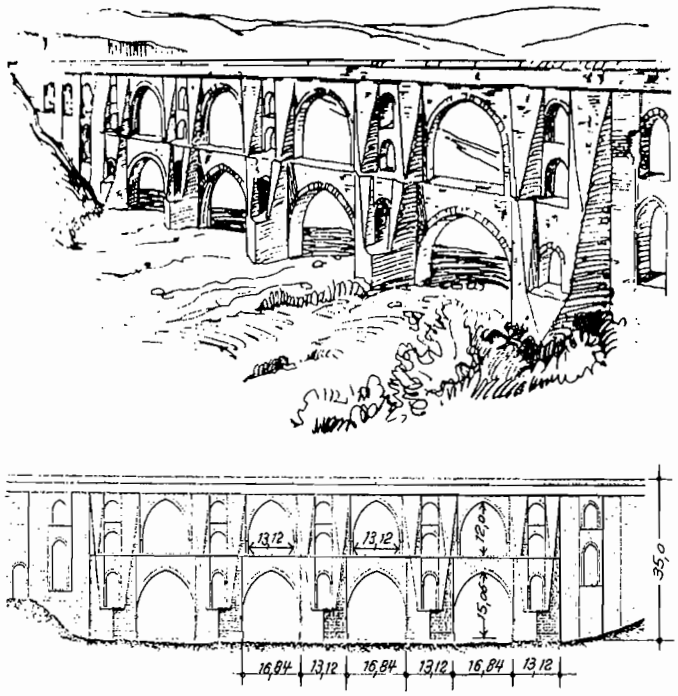


Sl. 17 – Detalji sa Justinijanovog akvadukta kod Skoplja (VI vek). Konstrukcija ima 54 otvora i ukupnu dužinu 385,8 m



ditelja. Pri tome su evidentni i uticaji lokalnih graditelja mostova.

Srednjevekovni mostovi na regijama zapadne Evrope reprezentuju posebnu celinu i njene osnove treba tražiti u rimskoj mostogradnji. Raspadanjem Rimskog carstva tekovine rimske mostogradnje ulaze u srednji vek sa velikim ali i znatno oštećenim fondom mostova. Period daljeg propadanja mostova nastavlja se sve do kraja VIII, odnosno početka IX veka, do vremena Karla Velikog, kada započinje najpre lagano a zatim sve intenzivnije građenje mostova i drugih objekata. Zna se, na primer, da je veliki drveni most u Majncu, koji je za svoje vreme predstavljao veliki graditeljski poduhvat, sagrađen po zahtevu Karla Velikog (most je stradao u požaru). Mostovi ovoga vremeña, osim osnovne funkcije, imali su strateški karakter i određena fortifikaciona svojstva. O njima se malo zna jer su stradali u tadašnjim burnim vremenima, mnogim međusobnim svađama i ratovima moćnih feudalaca ali i od uticaja prirodnih sila, posebno velikih voda. Neki od ovih mostova bili su građeni u kombinaciji drvo-kamen, odnosno donji stroj – stubovi mosta – bili su od kamena a noseća konstrukcija, često i sa pokretnim delom mosta, bila je od drveta. Međutim, u ovom vremenu građeni su i masivni mostovi od kamena, na primer most u Espalionu (Francuska), koji je stigao do naših dana u nešto izmenjenom obli-



Sl. 18 – Na Vizantijskom vodovodu za Istambul, na 14 km od grada, u dolini Burgasa – do naših dana stigla je jedinstvena konstrukcija akvadukta. Kako poručuju istoričari – akvadukt je sagrađen u prvoj polovini VI veka. Dvospratna građevina u svojoj kruni ima dužinu od 240 m i najveću visinu 35 m. U turskim izvorima akvadukt nosi ime „Mu' alak Kemer"

ku i koji svedoči da su u ovoj mostogradnji nastajala za istoriju mostova posebno sadržajna dela zasnovana na rimskim tekovinama, ali i sa znatnim uticajem domaćih graditelja, sa novim oblicima i konstrukcijskim rešenjima.

Početkom XI veka sve veća ekspanzija hrišćanstva i sve intenzivnije građenje sakralnih građevina odražava se i na mostogradnju. Viševekovna dominacija crkve ostavila je tragove na mnogim građevinama preko brojnih graditelja koji su dolazili iz njenih redova ili su svoja znanja od njih sticali. Prve grupe ovih graditelja javljaju se na tlu današnje Italije, zatim u Francuskoj i najzad u Engleskoj. Dalji progres u građenju nastao je posle krstaških ratova u XI i XII veku, prenošenjem i usvajanjem graditeljskih tradicija sa Istoka. Zaslugom mnogih redovnika nadahnutih ostvarenjima Rima i lepotom Orijenta, uz ondašnja društvena zbivanja na Zapadu i isticanje vrednosti rada čoveka pozitivno se odrazilo, između ostalog, i na građenje mostova. Mostovi sve više dobijaju na značaju, grade se uglavnom od postojanih materijala (kamena) i dostižu mnogoznačne kvalitete. I dalje imaju strateški karakter, pa shodno tome imaju elemente od značaja za odbranu. Prilikom građenja sve je prisutniji uticaj crkve, pa mnogi mostovi dobijaju elemente religioznog karaktera – kapele i kipove svetaca. Na potezu između gradova mostovi postaju prometna mesta, sastajališta i odmorišta, a u sklopu urbanih celina mostovi postaju gradske ulice, na mostovima se grade trgovine, dućani, ali i kuće za stanovanje. Postaju žarišta življenja, sve prometniji i neodvojivi deo životnih tokova. Tu se stanuje i živi, ljudi se bave zanatstvom i trgovinom. U ovom vremenu konstrukcija mosta, mada lagano, dobija u bogatstvu oblika i konstrukcijskim rešenjima.

Za razliku od rimskih mostova, koji su građeni i održavani posredstvom jedne centralističke organizacije, izgradnja srednjevekovnih mostova zasnivala se uglavnom, više ili manje, na radu i umeću individualnih graditelja, odnosno religioznih grupa graditelja sa određenim i ne malim uticajem ondašnjih društvenih struktura. Ostvarenja srednjevekovnih graditelja Zapada su u odnosu na prethodno stvaralaštvo bogatija, raznovrsnija i suptilnija – po komponenti oblika, maštovitija i konstrukcijski smelija u pogledu koncipiranja mosta kao građevine. I pored činjenice da je ova mostogradnja u svome početku „lutala", tražila sebe, ona je kasnije u vremenu i prostoru u kojem je egzistirala postajala sve jasnija i određenija, sa stabilnim i sadržajno višeznačnim vrednostima. U zrelima danima svoga postojanja, na izmaku svoga vremena, sa nekim svojim ostvarenjima može se izjednačiti i sa tekovinama grandiozne rimske mostogradnje.

Krajem XV veka pojavljuju se prvi pisani radovi vezani za nauke koje su od uticaja na građenje mostova. Pri tome je od značaja, da je Galilej još u XIII veku postavio osnove mehanike i prve postulate nauke o stabilnosti. Mnoge srednjevekovne pisane rasprave tematski su orijentisane na ratnu tehniku i strategiju, međutim, u njima se raspravljalo i o mostovima, kao nerazdvojenim delovima fortifikacionih celina. Istorija zna i beleži imena mnogih graditelja koji su svojim radom uneli novine u građenju mostova. Većina autora bavila se arhitekturom, ali se uspešno ogledala i u mostogradnji, pa su u svojim radovima postavljali čak i određena pravila za građenje mostova. U to vreme napuštaju se kruti okviri verskih dogmi i kritički prihvataju novine u građenju, koriste se ranija saznanja, ali koriguju i prilagođavaju novim iskustvima i razmišljanjima u konkretnim uslovima i okolnostima. Ističe se parametar estetičnosti i težište stvaranja usmerava se ka čoveku kao korisniku objekta. Ovaj period, gde se između ostalog ističe individualnost graditelja, u istoriji građenja poznat je pod imenom Renesansa.*

U istoriji mostova, za razliku od istorije arhitekture, teško je postaviti jasne granice između pojedinih perioda građenja mostova u srednjem veku, posebno za vremenski interval pod imenom Renesansa. Razloge treba tražiti u činjenici da su nove metode građenja, principe oblikovanja i koncipiranja mostova, graditelji sporo usvajali i prihvatali. I kada je toga bilo te su novine diktirane građenjem objekata druge vrste i namene, uslovljene potrebama i željama ondašnjeg društva. Graditelji mostova su ipak, nešto sporije, pratili ondašnja društvena zbivanja i nova dostignuća u struci i nauci uz i ovde prisutnu činjenicu služenja vlasteli, carevima, kraljevima i verskim glavarima, koji su svoju snagu i moć iskazivali između ostalog i na mostovima.

Oblasti zapadne Evrope, izuzimajući Italiju, ne mogu da se pohvale značajnijim dostignućima na polju građenja mostova u vreme Renesanse. U Italiji ona je cvetala od XIV do XVI veka, dok se na Zapadu primećuje tek u XVI veku i kasnije. Sredinom XVIII veka nastaje proces dekadencije uticaja Renesanse. Građevinarstvo, a mostovi posebno, sve više se podređuju funkciji dok se ostali parametri zanemaruju.

Rezimirano: antička a posebno rimska mostogradnja postavila je osnove građenja mostova i dugi niz godina bila je uzrok kasnijim graditlejima. U srednjem veku most kao konstrukcija gubi u monumentalnosti, ali dobija u obliku i suptilnosti stvaranja, uz konstantno prisutna fortifikaciona obeležja. Renesansa uvodi u građenje mostova nov impuls i proklamuje princip (A. Palladio): „ . . . mostovi moraju . . . da su lepi, funkcionalni i trajni . . .", princip koji i u savremenoj mostogradnji ima svoju punu vrednost.

Prvi pisani rad o mostovima, čiji je autor Hubert Gautier – arhitekt, inženjer i inspektor za mostove i puteve,

*) Period Renesanse na tlu Italije započinje sa Filipom Bruneleskijem (1377–1466) i L.B. Albertijem (1401–1472), nastavlja sa Bramanteom (1444–1514), Leonardom (1452–1519) i Mikelanđelom (1475–1564) i drugim graditeljima da bi vrhunac dostigao, posebno na polju mostogradnje, za vreme Paladia (1508–1580). Vredno je pomena da je Leonardo da Vinči ostavio crteže za građenje kamenog mosta preko Zlatnog Roga u Istanbulu, dužine oko 350 m. Most prema ovom projektu nije izveden. Međutim, mnogi istraživači, a među njima ima i inženjera, ukazuju da su Leonardove postavke u ovom projektu bile ne samo ispravne već i realne.

datira od 1714. godine i ima naslov „Traité des Ponts" (Rasprava o mostovima). U radu Gautier raspravlja o mostovima uopšte – vrstama, podelama, zavisnosti od konfiguraicja obala i veličine rečnog toka; o projektima i materijalima za građenje, o alatima, o fundiranju mostova i skelama za zidanje svodova; zatim o terminologiji u mostogradnji, stepenu sigurnosti mostova, kao i ondašnjim zakonskim odredbama vezanim za građenje mostova (i puteva) i o održavanju mostova.

Veliki progres za mostogradnju uopšte nastaje početkom XVIII veka, za vreme Luja XV, kada je u Parizu osnovana „Corps des Ponts et Chaussées" – prva „škola" za stručno obrazovanje graditelja. Prvi upravnik ove „škole" bio je Jacques Gabriel (1667–1742), sin graditelja mosta Royal preko Sene u Parizu. Tridesetak godina posle osnivanja ove „škole" ondašnji život i već formiran veliki fond tehničkih znanja nameće potrebu diferenciranja područja delanja u građevinarstvu, odnosno zvanja arhitekte i inženjera. Iz ovog razloga, što je za istoriju mostova posebno značajno, u Parizu je 1747. godine osnovana čuvena „Ecole des Ponts et Chaussées" (Škola za mostove i puteve). Osnivač ove po mnogo čemu značajne škole bio je Trudaine, a prvi direktor i učitelj tada već dobro poznat graditelj mostova Jean Rodolph Perronet (1708–1794). Za Perroneta može se slobodno reći da je otac savremene mostogradnje. Znao je i svojim đacima prenosio sva dobra svojstva segmentnog svoda, razumeo je igru reakcija svoda, odnosno svodova u odnosu na stub tako da je bitno smanjio dimenzije stuba, umesto masivnog u praksu je uveo stub složenog preseka, uveo je novine u načinu fundiranja, prvi je počeo smišljeno da primenjuje princip „korndvaša" kod svodova, smislio je sprave za crpljenje vode iz temeljne jame i za mešanje maltera, značajno je doprineo razvoju konstrukcije skele, jednom rečju – doveo je zidani most kao konstrukciju do savršenstva.

* * *

Upoređenje sačuvanih srednjevekovnih mostova u nas sa mostovima na zapadu Evrope i mostovima u Maloj Aziji, u Turskoj, pokazuje da mostovi u Jugoslaviji poseduju određene specifičnosti i da se u opštoj istoriji mostova mogu po mnogim komponentama svrstati negde na sredinu dostignuća mostogradnja Zapada i Istoka.

3. KAMENI MOSTOVI – OSNOVNI ELEMENTI*)

Most, po svojoj definiciji, je konstrukcija kojom put prelazi preko kakve prirodne (ili veštačke) prepreke. Kada je ta konstrukcija izvedena od kamena onda je to *kameni most,* a kada je konstrukcija napravljena od drveta to je drveni most. Za kamene mostove koristi se često i termin *masivni most,* ili – *zidani most.* Konstrukcija mosta, kao što je već rečeno, ima zadatak da uspešno prevede saobraćajnicu preko kakve prirodne ili veštačke prepreke koju treba bezbedno da premosti.

Akvaduktima se nazivaju konstrukcije mostova kojima se preko prepreke prevodi rečni tok, kanal ili vodovod, jednom rečju voda.

Mostovske konstrukcije formirane od većeg broja otvora preko kakve suve doline, skoro redovno na visokim stubovima, nazivaju se *vijaduktima.*

Pod pojmom *dispozicija mosta*, sa aspekta postojećih građevina, podrazumeva se u stvari njegov izgled u vertikalnoj projekciji obuhvatajući i širinu mosta. – Dakle, iz dispozicije mosta jasno se vide svi njegovi elementi: broj i veličina otvora i njihov oblik, odnos otvora prema obliku stubova, odnosno raspored otvora, niveleta, širina mosta, dužina i visine mosta, kao i svi ostali elementi od značaja za konkretan koncept premošćavanja reke.

Dispozicija mosta može da ima *glavne otvore* – otvore koji propuštaju osnovni deo rečnog toka, i *inundacione otvore* – otvore koji propuštaju samo katastrofalne, plavne vode.

Donji stroj mosta čine stubovi – rečni i obalni – i njihovi temelji. *Gornji stroj,* ili *superstruktura mosta,* je deo konstrukcije iznad stubova.

Niveleta mosta – po definiciji, kod drumskih mostova je geometrijsko mesto tačaka na sredini kolovozne površine, odnosno linija koja ide sredinom kolovoza (horizontalna projekcija nivelete je de facto podužna osa mosta). Kod starih mostova niveleta, skoro po pravilu, ima uspone prema sredini mosta, prema temenu glavnog otvora. Prelom nivelete je redovno zaobljen, mada to ne mora da bude pravilo.

Širina mosta je njegova korisna širina od jedne do druge ograde, od jednog do drugog ogradnog zida – pa-

*) U daljem tekstu sva su izlaganja preslikana uglavnom na postojeći fond starih mostova na Balkanskom poluostrvu. Drugim rečima, ovo poglavlje predstavlja sintezu mnogoznačnih karakteristika starih mostova na ovoj regiji.

rapeta. Kod starih kamenih mostova, po pravilu, širine pešačkih staza nisu posebno odvojene.

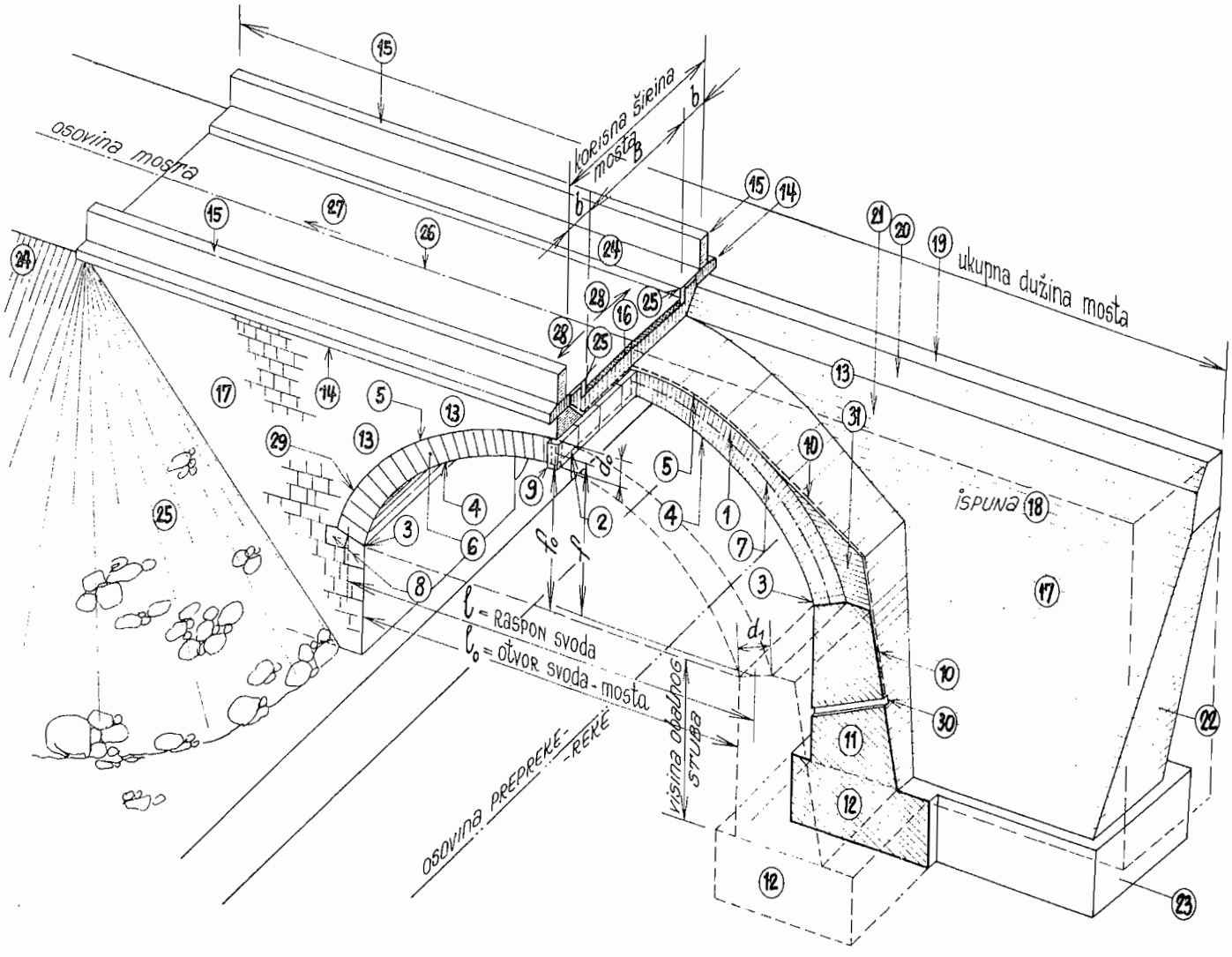
Poprečni presek mosta zavisi od korisne širine, konstrukcije ograde, od sistema glavnih nosača – svodova, kao i od potrebne bočne stabilnosti mostovske konstrukcije kao celine.

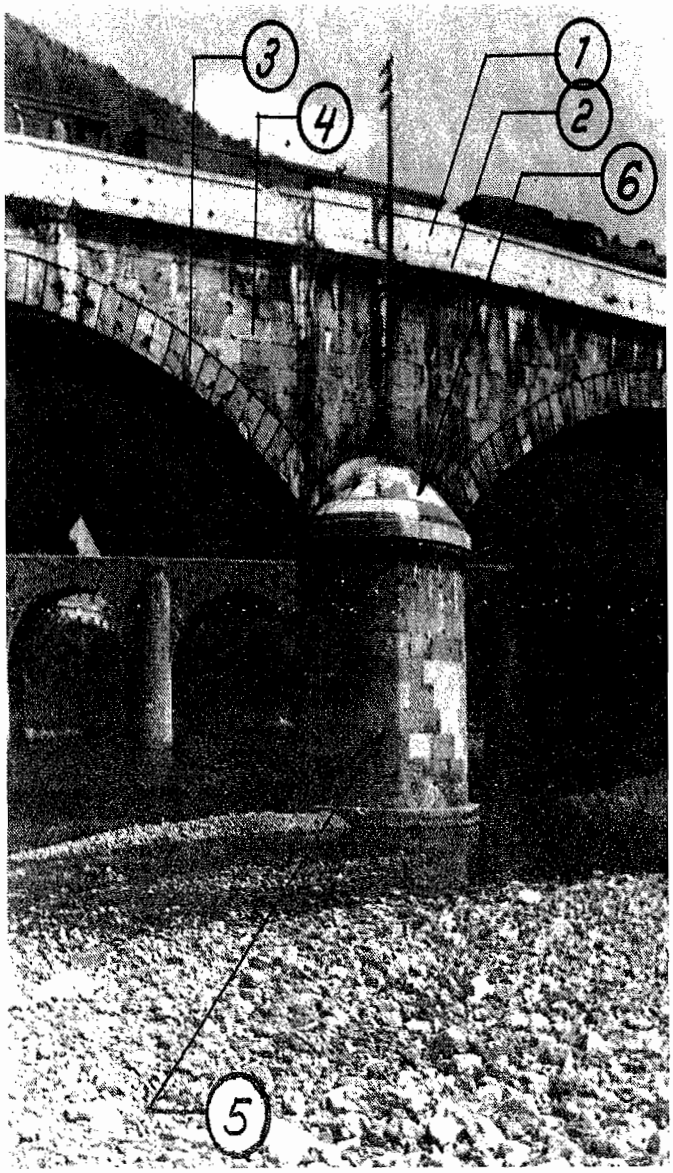
Jedna od osnovnih odlika kamenih mostova je veliko „stalno opterećenje", veliki statički uticaji od sopstvene težine mostovske konstrukcije (velike mase). Kako je na kamenim mostovima glavni nosač svod, statički sistem – uklješten luk, osim vertikalnih ovaj sistem uzrokuje i horizontalne reakcije, horizontalni potisak svoda (horizontalne sile zavise od stinjenosti svoda – veća stinjenost veći horizontalni potisak i obratno). Zbog postojanja horizontalnog potiska svoda stubovi mosta su masivni, jer svojim masama prenose ove horizontalne potiske preko temelja na zemljište.

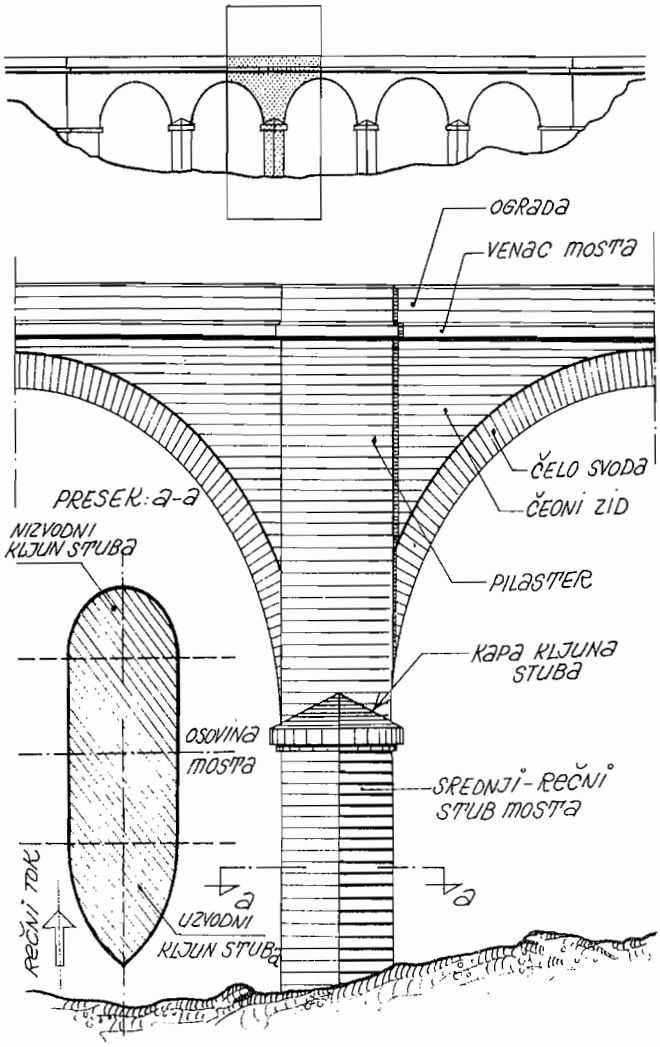
Osnovni element jednog kamenog mosta je *svod* (statički sistem: uklješten luk). Kada je širina veća od debljine – to je svod, i obrnuto – kada je debljina (visina) veća od širine to je luk. Svod kao konstrukcijski element definisan je svojim otvorom, odnosno rasponom i strelom svoda. Svod kao konstrukcijski sistem karakterišu znatna naprezanja ugrađenog materijala od uticaja normalnih sila. Ostali statički uticaji, momenti i transverzalne sile, koji su posledica uglavnom korisnog – pokretnog opterećenja, od manjeg su značaja za veličine napona u pojedinim presecima svoda. (Momenti savijanja zavise od raspona svoda. Čim su rasponi veći, veći su i momenti savijanja, i obrnuto. Veličine transverzalnih sila su redovno bez značaja.)

Na aksonometrijskom izgledu kamenog mosta sa jednim otvorom (sl. 19) prikazani su njegovi osnovni elementi. To su: (1) *konstrukcija svoda* koja je definisana *otvorom* (l_0), odnosno *rasponom* (l) i *strelom svoda* (f_0) ili (f). Odnos strele svoda prema otvoru (f_0/l_0) naziva se *stinjenost* ili *plitkost svoda*. Ukoliko je odnos f/l manji, utoliko je stinjenost svoda veća i obrnuto. Odnos između kvadrata raspona i strele svoda (l^2/f) naziva se *smelost konstrukcije svoda* (kod kamenih mostova ovaj odnos je ≦ 500). Na konstrukciji svoda razlikuje se *teme svoda* (2), presek u osi simetrije svoda, i *oslonački presek, oporac svoda* (3) preko kojeg se svod oslanja na *obalni stub* ili *upornjak* (11). *Donja svodna površina* ili *intrados* (4) je površina prema prepreci, površini rečnog toka, – za razliku od *gornje svodne površine* ili *ekstradosa* (5), koja je orijentisana prema kolovoznoj površini. Od oblika donje svodne linije zavisi *oblik svoda*. Gornja i donja svodna linija definišu *debljinu svoda*. Debljina svoda može biti konstantna, kao što je slučaj kod većine starih mostova, ali i promenljiva. Naj-

Sl. 19 – Aksonometrijski izgled kamenog mosta sa jednim otvorom







Sl. 20 – Elementi mosta sa više otvora – srednji, rečni stub (na slici je: (1) ograda; (2) venac; (3) čelo svoda; (4) čeoni zid; (5) srednji-rečni stub; i (6) kapa kljuna stuba)

manja je debljina svoda obično u temenu (d_0), a najveća na oporcu (d_1). Kriva linija koja spaja težišta pojedinih poprečnih preseka svoda je *težišna* ili *središna linija svoda* (7). Vidne površine svoda, površine koje su sastavni deo izgleda mosta, nazivaju se *čela svoda* (6).

Konstrukcija svoda (1), preko oslonačkih preseka (3), oslanja se na obalni stub ili *upornjak* (11) i preko *temelja upornjaka* (12) prenosi opterećenje na zemljište. Krupni komadi kamena na koje se direktno oslanja konstrukcija svoda nazivaju se *kamen ramenik* (8). Tesanik, blok kamena, u temenu svoda, kamen koji se poslednji ugrađuje prilikom zidanja, je *kamen završac* ili *ključni kamen, ključ* (9). *Arhivoltom* svoda, odnosno mosta (29) naziva se ispad čeonog zida u odnosu na čelo svoda ili obrnuto.

Preko svoda i jednog dela upornjaka kao i na *čeonim* (13) i *krilnom zidovima* (17), na strani prema nasipu, postavlja se izolacija (10), čiji je zadatak da eventualnu atmosfersku vodu, koja može da prodre kroz ispunu mosta, odvede kroz specijalno projektovane kanale za odvodnjavanje – *barbakane* (30). Da bi izolacija imala kontinualan pad, na delu između gornje svodne površine i upornjaka izvodi se *nadzidak* (31). Iznad svoda i između čeonih (13) i krilnih zidova (17) je *ispuna mosta* (18). Čeoni i krilni zidovi mogu biti monolitno vezani (kao na sl. 19) ili razdvojeni vertikalnom spojnicom, razdelnicom (čeoni zidovi se oslanjaju na svod i upornjake, a krilni zidovi imaju posebne temelje). Gornja površina čeonog, odnosno krilnog zida je *kruna čeonog*, odnosno *kruna krilnog zida* (19), koja preko nagiba, obično 1:1 (20), prelazi u naličje (21), nagnutu površinu čeonog, odnosno krilnog zida. Krilni zid može da se završi vertikalno ili u nagibu 5:1 (22), kao na sl. 19, kako bi se smanjila dužina temelja zida (i zida). *Temelji krilnog zida* označeni su sa (23).

Preko čeonih i krilnih zidova ugrađuje se sloj posebno oblikovanih tesanika – *venac mosta* (14), a preko njega se postavlja *ograda mosta* (15). *Zemljani trup, nasip* (24) završava se neposredno uz most konusnim završetkom koji se naziva *kegla nasipa* (25). *Korisna širina mosta* sastoji se od *korisne širine kolovoza* (B) i *širina peščanih staza* (b). Površina po kojoj se obavlja saobraćaj, *kolovozna konstrukcija* (16), odvojena je od *pešačkih staza* (24) *ivičnjacima* (25). *Niveleta* mosta je označena sa (26). Kolovozna površina može da ima *podužni pad* (27), obično od sredine mosta ka upornjacima, i *poprečne padove* (28).

Dužina mosta je rastojanje između krajnjih tačaka na njegovoj konstrukciji.

Kod mostova sa većim rasponom svoda, da bi se smanjila težina ispune i sopstvena težina mosta, izvode se *olakšavajući otvori*, koji mogu biti vidljivi u izgledu ali i skriveni, nevidljivi. Skoro po pravilu zasvedeni su polukružnim svodovima.

Kameni mostovi sa dva i više otvora imaju i *srednji* ili *rečni stub* (sl. 20). Rečnim stubovima u koritu reke daje se poseban oblik u horizontalnom preseku, kako bi se smanjilo turbulentno kretanje vode oko stuba i omogućilo efikasnije proticanje vode i nanosa ispod mosta. Na uzvodnoj strani stuba, delu stuba koji je direktno izložen udarima rečnog toka, nalazi se *uzvodni kljun stuba*, a na nizvodnoj (ne uvek) *nizvodni kljun stuba*. Kljun stuba završava se posebno oblikovanom *kapom kljuna stuba*.

Ovako bi trebalo da izgleda i da ima sve ove elemente jedna savremena konstrukcija mosta od kamena. No, u anatomiji starih kamenih mostova primetna su veća i manja odstupanja koja se podvlače u kontekstu daljih izlaganja.

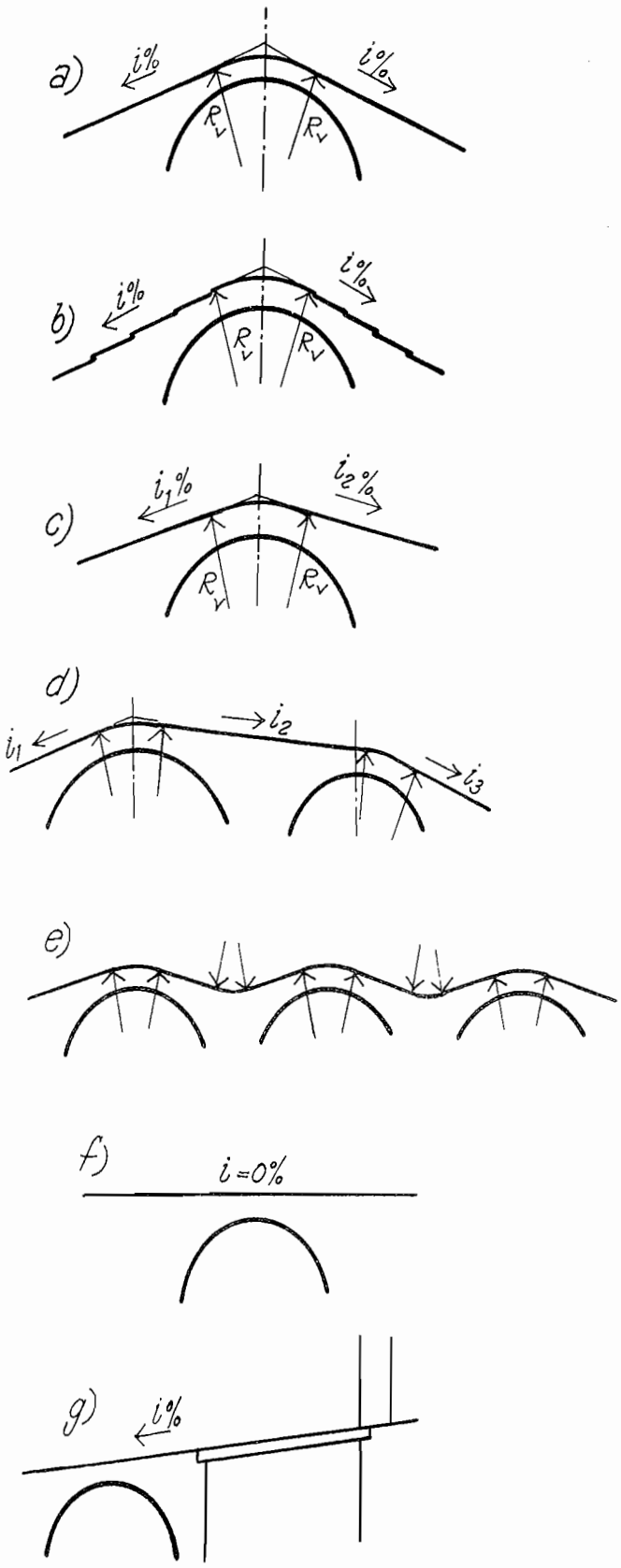
3.1. NIVELETE

Posebno značajni elementi na brojnim starim kamenim mostovima, iz kojih rezultiraju mnoge kako konstrukcijske tako i vizuelne karakteristike ovih građevina, su: linije intradosa i ekstradosa svoda ili svodova i *oblik nivelete*. Kod mostova sa više otvora značajan faktor prilikom koncipiranja konstrukcije je – red i raspored otvora, njihov međusobni odnos, oblik svoda ili svodova i oblik nivelete. Jedinstvo i saglasnost oblika između linija svoda ili svodova i nivelete, odnosno oblika ograde i venca koji po pravilu prate niveletu, čini osnov vizuelnog i konstrukcijskog koncepta prilikom oblikovanja starih kamenih mostova. To je činjenica.

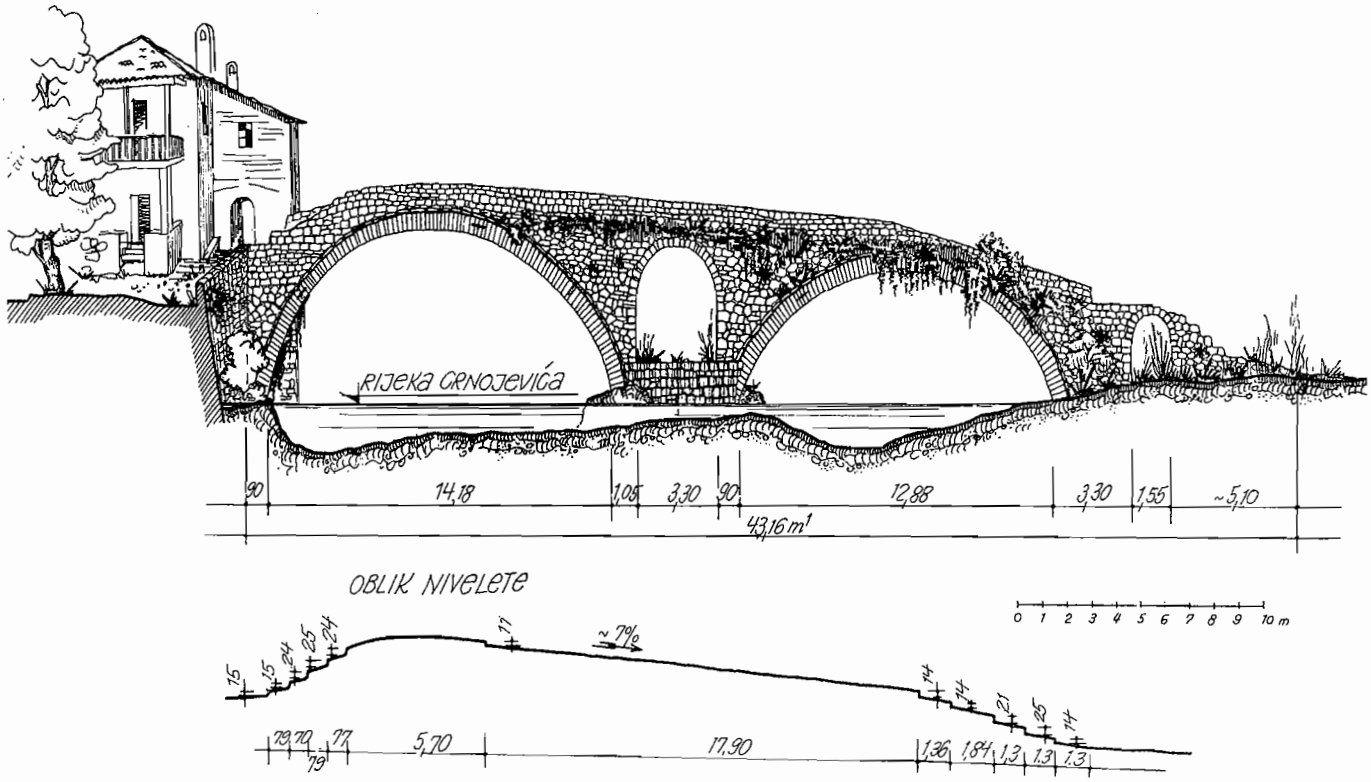
Na pitanje – koji su parametri bili od uticaja na oblikovanje nivelete starih mostova – odgovor treba tražiti u činjenici da niveleta mosta bitno odstupa od oblika nivelete na putu uopšte i prilazima mostu posebno. Ova razlika je posledica topografskih karakteristika poprečnog profila reke koju je trebalo premostiti i korišćenog koncepta konstrukcije za njeno premošćavanje. Nisu retki primeri da iz usvojenog oblika nivelete rezultira koncept premošćavanja i dispozicija konstrukcije kao takve, i obrnuto. Oblik nivelete i veličine i raspored otvora su u uzajamnoj i uzročnoj vezi. Umeće drevnih graditelja i njihova tehnička kultura, kako to ilustruju brojni primeri, uspešno su integrisali ova dva elementa prilikom građenja kamenih mostova.

Prema sačuvanom fondu starih kamenih mostova u nas, a i šire, u graditeljskom nasleđu ove vrste mogu se sresti sledeći oblici nivelete:

-- Simetrično oblikovana konveksna niveleta, uglavnom sa velikim usponima prema temenu glavnog svoda (u dispoziciji) – sl. 21a. Zaobljenje preloma nivelete izvedeno je na relativno maloj dužini neposredno oko temena svoda – vertikalnom krivinom poluprečnika veličine bliske poluprečniku ekstradosa svoda. Ima primera da je zaobljenje adekvatno krivini ekstradosa svoda. Kao po-

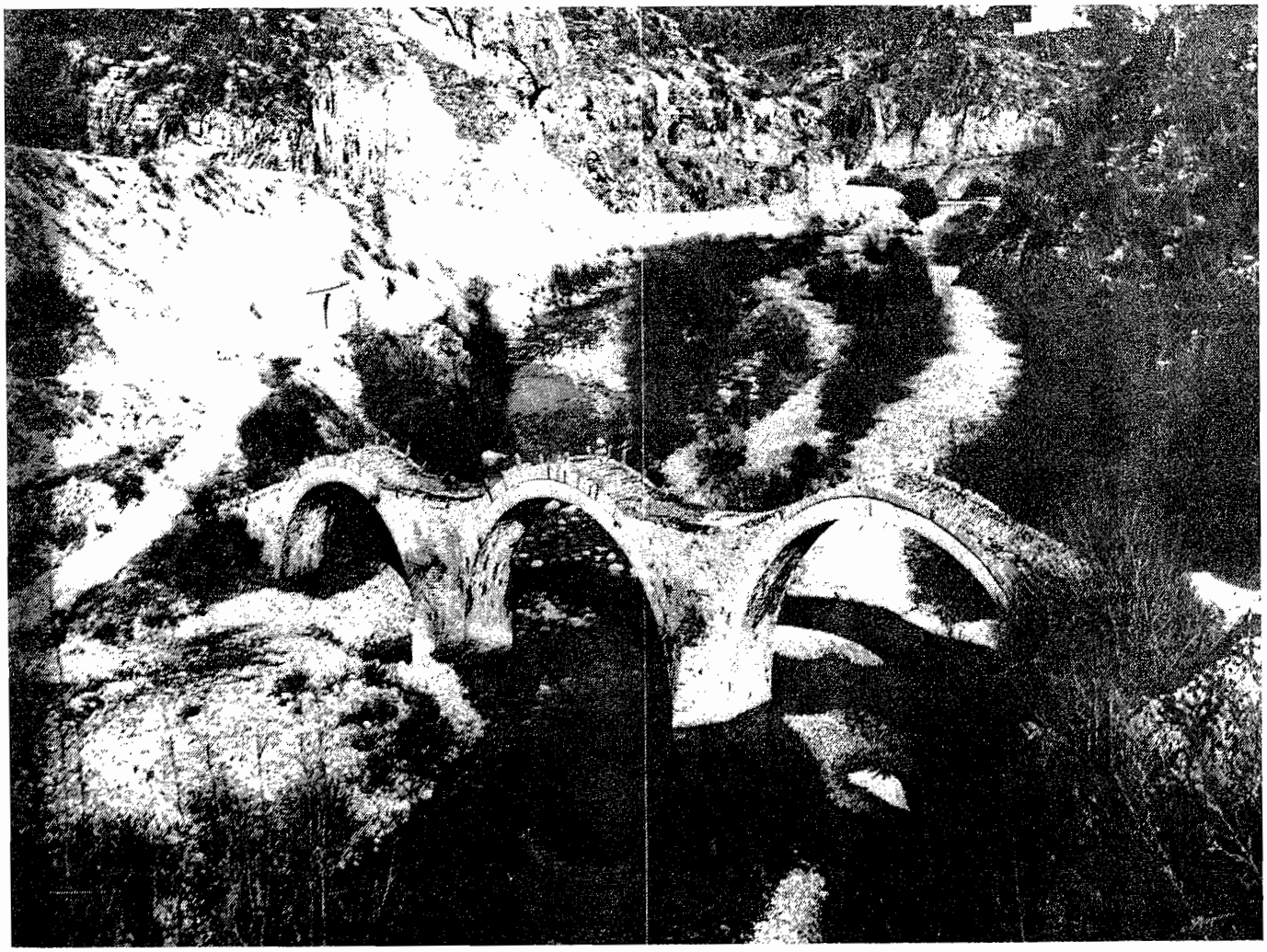


Sl. 21 – Registrovani oblici nivelete



Sl. 22 – Primer mosta sa složenim oblikom nivelete – most preko Rijeke Crnojevića u istoimenom mestu (most je sagradio knez Danilo I u spomen svome ocu Stanku S. Petroviću, 1855. godine)

Sl. 23 – Primeri mostova sa isprelamanom niveletom (sa „izgubljenim padovima"): most Kalogeriko ili Plakida (preko reke Vickos, severna Grčka), građen 1814. godine; vidi i ćuprije pod imenom „Vezirov most", kod Ljum Kule u Albaniji (sl.2) i „Terzijski most" kod Đakovice (sl. 153)



dvarijanta ovom obliku nivelete, veliki nagibi ublažavani su kaskadama (sl. 21b), tako da se ovaj oblik može definisati kao „stepenasto" oblikovana niveleta *(Stari Bar, Rijeka Crnojevića)*. Usponi prema sredini mosta, temenu glavnog svoda, na nekim starim mostovima imaju nagib i do 28%.

Mnogi mostovi oblikovani su sa asimetričnom niveletom, takođe sa jednim konveksnim i uglavnom zaobljenim prelomom (sl. 21c). Ovakav oblik proizišao je iz visinskih razlika obala, odnosno prilaza mostu, ali i iz željenog asimetričnog položaja preloma (kod mostova sa više otvora). Ovde se javlja i podvarijanta sa dva konveksna preloma nivelete, odnosno sa međupravom između ova dva preloma (sl. 21d). Ova međuprava može biti u horizontali ili u nagibu. Može se postaviti pravilo – simetričan oblik nivelete uslovljava simetrični koncept premošćavanja i obrnuto.

– Konkavno-konveksni oblici nivelete, odnosno oblici nivelete sa „izgubljenim padovima", takođe su evidentni na nekim mostovima (južne regije Jugoslavije. Albanija, severna Grčka) – sl. 21e. Ovakav oblik nivelete je rezultat želje graditelja za što manjom težinom ispune, odnosno za što povoljnijim opterećenjem rečnih stubova. I ovakvi oblici nivelete imaju podvarijante – simetričnu i asimetričnu, sa kontinualnim ali i sa stepenastim padovima, odnosno usponima;

– Horizontalna ili horizontali bliska niveleta (sl. 21f) retko se javlja. Ukoliko se i sretne to je uglavnom kod mostova sa jednim otvorom. Ovo se objašnjava činjenicom da su drevni neimari znali da horizontalni oblik nivelete stvara nepovoljni estetski doživljaj, stvara utisak monotonije, asocira na sleganje i popuštanje i stvara probleme oko odvodnjavanja. Horizontalnost nivelete na većoj dužini mosta, kod mostova sa više otvora, bliže je stvaranju rimskog građevinarstva i tekovinama savremene mostogradnje. U srednjem veku retko se može sresti.

– Niveleta u jednostranom padu, odnosno usponu nalazi se uglavnom na mostovima u sklopu gradskih utvrđenja, kod fortifikacionih objekata (sl. 21g).

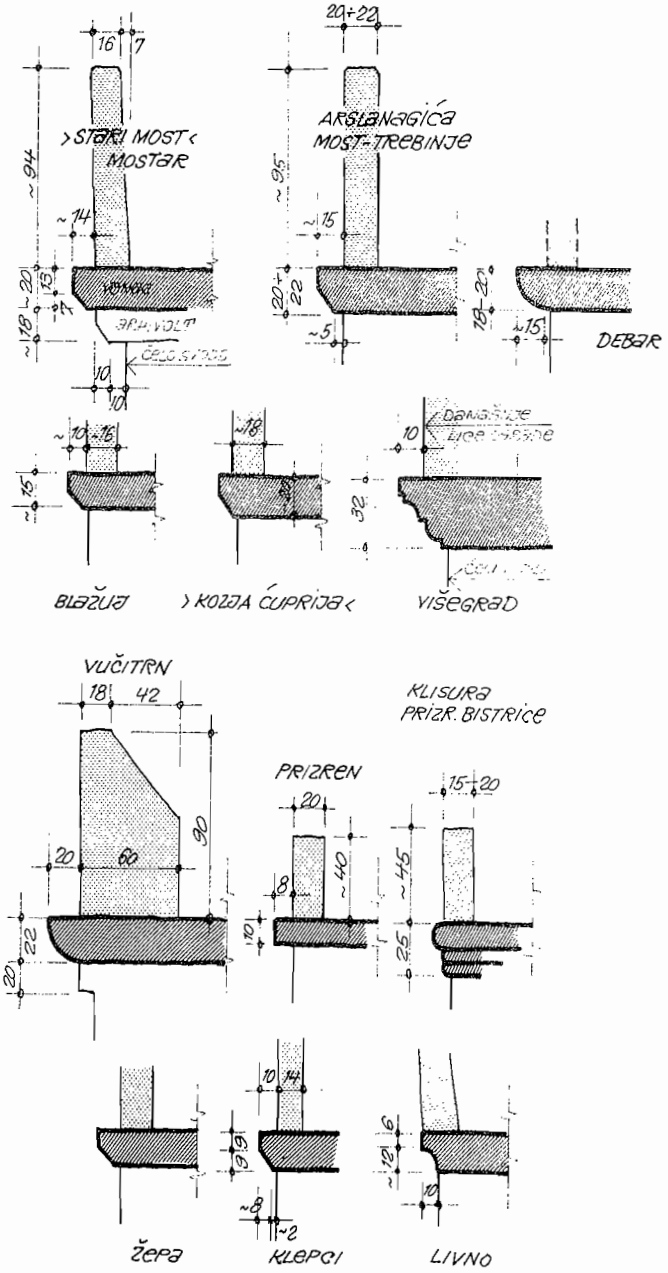
Uglavnom na svim srednjevekovnim mostovima u nas i na Balkanskom poluostrvu niveleta je u pravcu. Horizontalni prelom nivelete, u većini primera pod pravim uglom, ukoliko postoji lociran je na obali, na delu između prilazne konstrukcije i osnovnog dela mosta *(Višegrad, Moštanica kod Nikšića)*.

3.2. OGRADE I VENCI

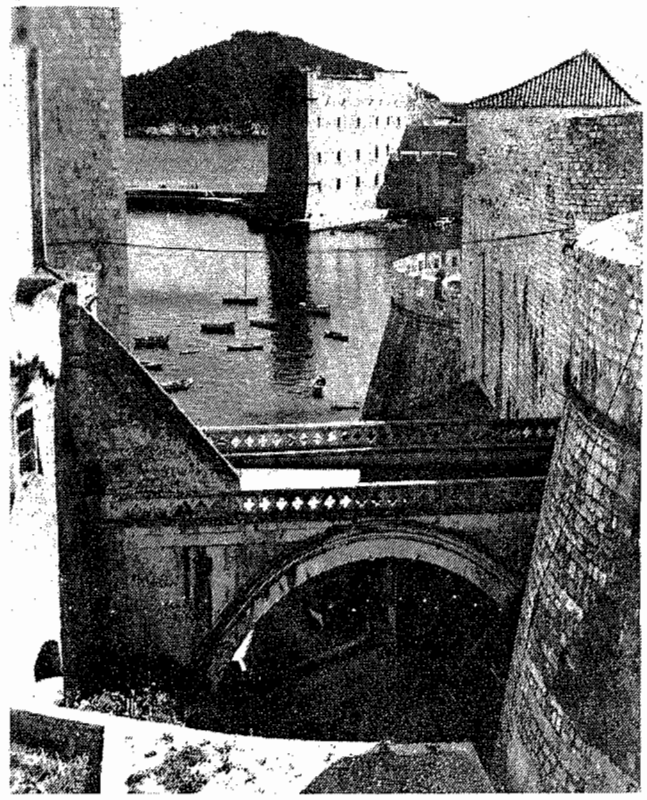
Korisna širina mosta, odnosno kolovoza redovno je definisana ogradnim – parapetnim zidovima. Ovo nije uvek pravilo. Ima manjih ali i većih mostova koji su izvedeni bez ograde, pa su u nekim primerima i vremenskim uslovima, kako kazuju hroničari, putnici trebali da imaju dosta hrabrosti da bi prešli preko mosta.

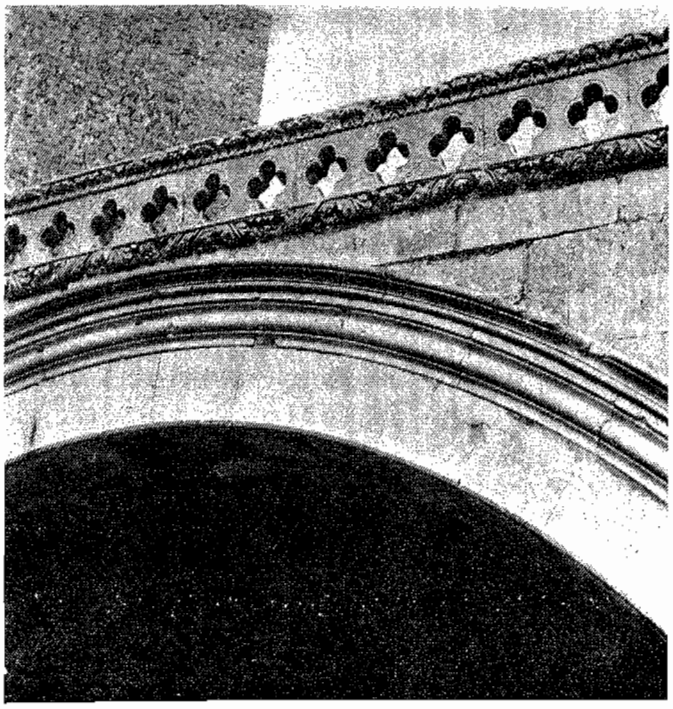
Najčešće korišćena konstrukcija ograde bila je od nasatice ugrađenih ploča od kamena, tzv. „korkaluk" ograda. Glavna odlika korkaluk ograda je mala debljina uz svu potrebnu sigurnost. Ploče ograde su međusobno a i sa vencem vezivane uz pomoć čeličnih trnova i pijavica zalivenih olovom. Visine ovih ograda variraju od 90 do 95 cm, a debljine ploča od 20 do 25 cm (visina 1 1/4 aršina a debljina od 1/4 do 1/3 aršina). Kod nekih mostova ploče ograde imaju na strani prema kolovozu blago zakošenu bočnu površinu. Na manjim mostovima korkaluk ograda je i manje visine i manje debljine. Dodirne spojnice ogradnih ploča, što se može smatrati kao pravilo, redovno su upravne na liniju venca, odnosno krune ogradnog zida. Početne ploče na nekim mostovima naglašene su specifičnim oblikom.

Konstrukcija masivne ograde od zida sa dva lica, debljine 35 do 40 cm, sledeći je isto tako često upotrebljavan

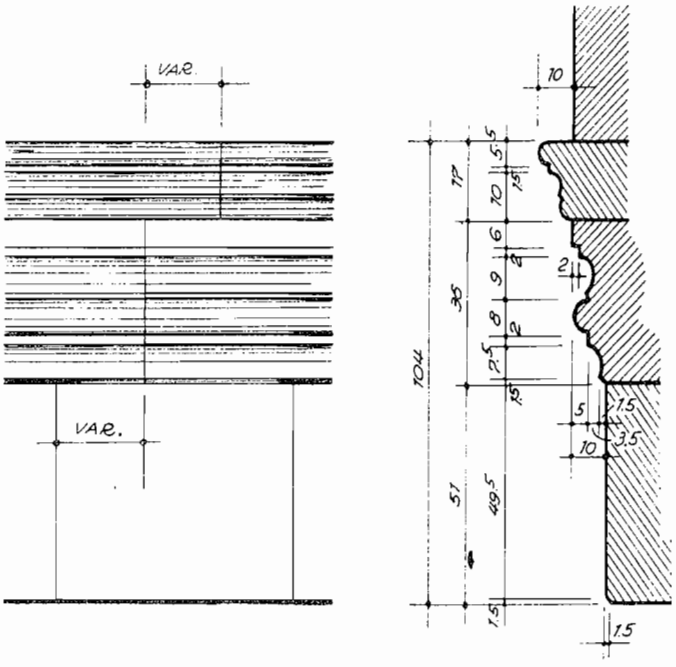


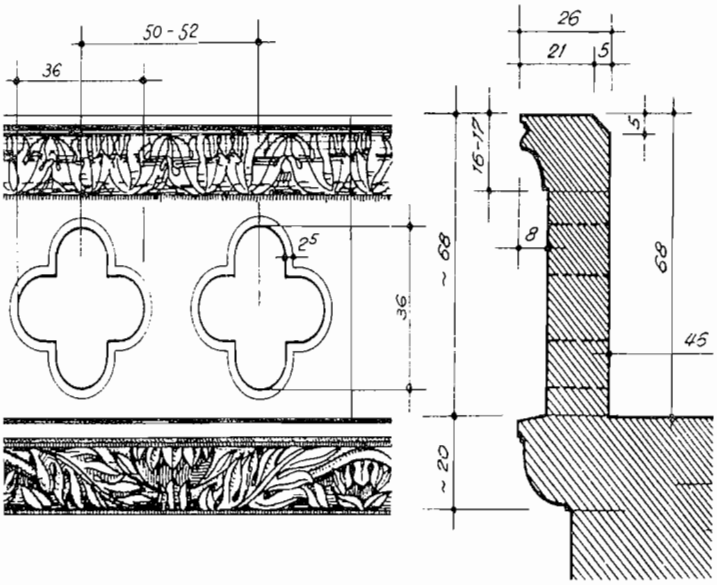
Sl. 24 – Ograde i venci – poprečni preseci





Sl. 25 – Detalj ograde, venca i čela svoda na dubrovačkom mostu – Revelin





tip ograde koji se može sresti na kamenim mostovima. U mnogim primerima vidne površine ograde ozidane su na isti način kao i čeoni zidovi. Ima slučajeva kada je lice čeonog zida i lice ograde jedna monolitna površina, a ima i primera kada su ova dva elementa razdvojena vencem. Ne retki su primeri da su krune ogradnih zidova izvedene od krupnijih komada pločastog kamena.

Treći i najsloženiji tip ograde javlja se na mostovima u *Dubrovniku*, iz zlatnog doba Dubrovačke republike. To su takođe masivni zidovi, ali sa posebno oblikovanom i izvedenom perforacijom i obiljem dekorativnih elemenata (sl. 25).

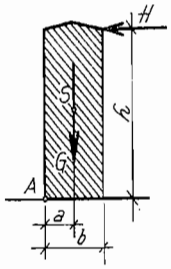
Linija krune ograde i linija venca po pravilu prate oblik nivelete u vertikalnoj projekciji. To znači da konstrukcija ograde i venca predstavljaju završni i apostrofirani deo superstrukture mosta.

Konstrukcija venca na većem broju starih kamenih mostova je značajan faktor u dispoziciji mosta kao celine i ima uticaj na njegove estetične vrednosti. Zajedno sa konstrukcijom ograde i njenim konturama podvlače ravan kolovoza i zajedno sa linijama svoda, ili svodova, formiraju izgled mosta specifičnih odlika. Na starim kamenim mostovima nalaze se različite konstrukcije venca: jednostavnog – pravougaonog poprečnog preseka, proste profilaci-

je – vertikalna i kosa ravan, profilacije sa ravnim i krivim površinama, i složene profilacije i sa vešto apliciranim dekorativnim elementima (v. sl. 24 i 25).

Venac je, po pravilu, izveden od krupnih komada kamena pločastog oblika (širine cca 90 cm i dužine do 2,0 m – kao u *Mostaru)* i istovremeno je i završni element čeonih zidova i osnova za konstrukciju ograde. Na većem broju mostova gornja površina venca je u ravni kolovoza – deo je kolovozne površine.

Još od najranijih dana kameni mostovi bili su stecište puteva, mesta vezana za mnoga ondašnja društvena i religiozna zbivanja, pozicije od značaja za odbranu i ratnu strategiju, mesta za kontrolu prelaza i carinu trgovačkih tokova. Ovo su razlozi da mnogi srednjevekovni mostovi, u okviru svoje funkcije, konstrukcije i arhitekture, imaju ili su imali ulazne kapije, carinarnice, stražarske kućice, a u nekim primerima *(Mostar)* i mesta za vršenje religioznih obreda, na mnogim mostovima postoje posebna mesta za odmor, razonodu i razmenu mišljenja *(Višegrad).* Iz ovih razloga na mnogim mostovima postoje kamene klupe, odmorišta – sofe, elementi sa zapisima o vremenu građenja i naredbodavcu, odnosno utemeljivaču mosta, tzv *mihrabi.* Ovi elementi su uklopljeni u ogradne zidove i locirani su na, ili oko sredine mosta i redovno iznad rečnog stuba. Međutim, ima primera kada se nalaze i na početku mosta.



Sl. 26 – Statička shema ograde

Stabilnost masivnih ograda od kamena postiže se njihovom masom, težinom. Ako su u karakterističnim presecima naponi u dopuštenim granicama (za konkretan materijal), i ako je zagarantovana stabilnost ograde na preturanje (sa koeficijentom sigurnosti od 1,5 do 2) i na klizanje, tada su dimenzije ogradnog zida dobre. Na primer (sl. 26) za ogradni zid preseka $b \times h$ (ispituje se 1 m zida) je:

– veličina napona u oslonačkoj spojnici

$$\sigma_{1,2}=\frac{G}{b}\pm\frac{M}{W}=\frac{bh\gamma_z}{b}\pm\frac{H\cdot b\cdot 6}{b^2}=\frac{h}{b}\left(\gamma_z b\pm\frac{6H}{b}\right)\leqq{}_{dop}\sigma.$$

Ovde je: $G=b\cdot h\cdot 1{,}0\cdot\gamma_z$=težina 1 m^1 zida ($\gamma_z$=zapreminska masa zida), $M=H\cdot h$ (H=veličina horizontalne sile) i $W=\frac{1{,}00\cdot b^2}{6}$=otporni moment preseka, $\sigma_{1,2}$=veličina napona i ${}_{dop}\sigma$ =dopušten napon za zid od kamena;

– za preturanje zida oko tačke A (sl. 26) i uslova $G\cdot a=n\cdot H\cdot h$ i odavde za $n=1{,}5\Rightarrow a=\frac{1{,}5\cdot H\cdot h}{G}$ (gde je $b=2a$).

3.3. KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Kolovozne konstrukcije građene su uglavnom u zavisnosti od oblika nivelete, odnosno veličine njenog nagiba i važnosti mosta. Po pravilu, kolovozna konstrukcija na mostu znatno je kvalitetnija nego na prilazima, na putu do mosta. Uglavnom na svim jugoslovenskim starim kamenim mostovima, a i na ostalim regijama Balkanskog poluostrva, kolovozna konstrukcija je „turska kaldrma", kako se u nas naziva.

Kolovoz, odnosno turska kaldrma izvedena je od obrađenog ali i od lomljenog kamena, na nekim primerima i od krupnih oblutaka, u sloju od krečnog maltera. Zavisno od značaja mosta i nagiba niveleta kvalitet obrade kamena za kaldrmu i vrsta maltera varira – od nepravilnog oblika i sa spojnicama znatne debljine. do lepo obrađenih komada uglavnom paralelopipednog oblika i sa spojnicama minimalne debljine *(Mostar – sl. 27).* Ima primera gde je malter kaldrme spravljen sa krečom i dodatkom sitno tucane opeke, ili sa dodatkom „crvenice" (zemljani materijal sa velikim procentom oksida), neka vrsta hidrauličkog maltera, pa je tako praktično dobijena vodonepropustljiva kolovozna konstrukcija.

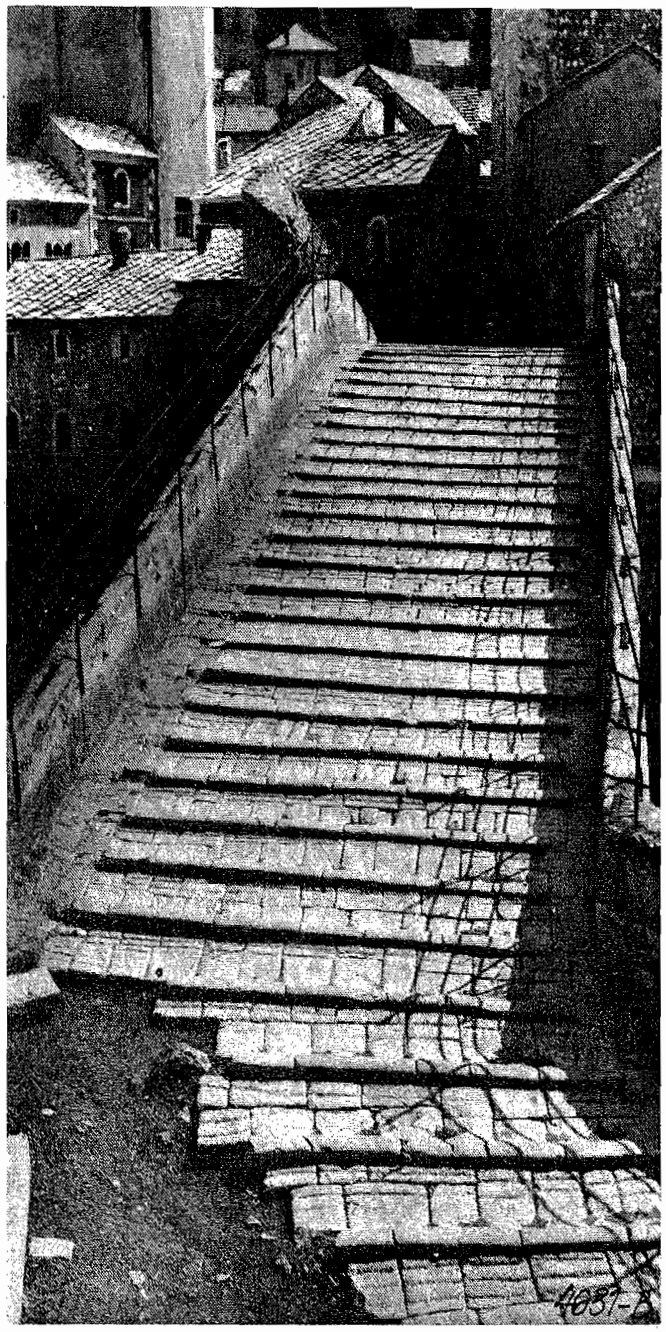
Uglavnom sve kolovozne površine na starim mostovima izvedene su bez posebno naglašenih pešačkih staza i bez izrazitih poprečnih padova. Ukoliko na nekom mostu postoje poprečni padovi oni su novijeg datuma.

Na sačuvanom fondu starih mostova razaznaju se sledeći tipovi kolovoza:

– kolovozi od lomljenog i grubo doteranog kamena; od oblutaka, na nekim primerima i od pločastog lomljenog kamena – sa nepravilnim i slobodno oblikovanim spojnicama na kolovoznoj površini;

– kolovozne površine izvedene od doteranog kamena sa manje-više pravilnim rasporedom spojnica ujednačene debljine; i

– kolovozne konstrukcije sa poprečnim pragovima, uglavnom na mostovima sa velikim nagibima nivelete, na razmaku od „dužine koraka" (oko 70 do 80 cm, odnosno 1 aršina) i upravno na osu mosta. Izgrađeni su od krupnijeg i kvalitetnije obrađenog kamena. Uočene su dve varijante: – sa površinom praga u ravni kolovozne površine, i – kada su van ravni kolovoza za 3 do 5 cm (radi lakšeg prelaza preko mosta sa velikim nagibom nivelete), videti sl. 27. Pravilnost rasporeda ovih pragova u osnovi nije



Sl. 27 – Detalj kolovoza na Starom mostu preko Neretve u Mostaru

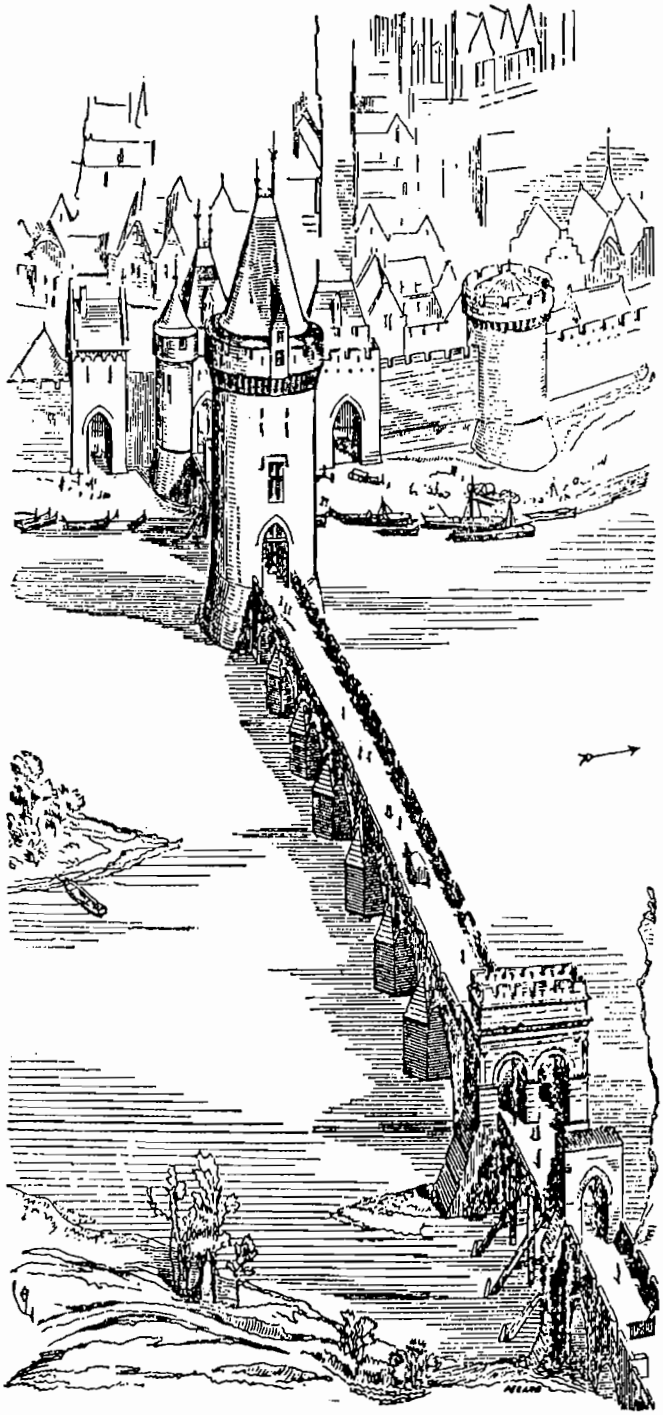
potpuna – primećuju se znatna odstupanja i po položaju i po razmaku. Primetna je i težnja graditelja, kod nekih mostova, da se pravci pragova na ulazu na most usmere prema centru horizontalne krivine (ukoliko ista postoji).

Uglavnom sve kolovozne površine oivičene su krupnim pločastim komadima kamena koji pripadaju konstrukciji venca. Kod kolovoza gde je prag iznad kolovozne površine, na nekim mostovima prag se prekida na 25 do 30 cm od unutrašnjeg lica ograde i tako je formirana neka vrsta „rigola" za efikasnije odvođenje atmosferske vode (videti sl. 27).

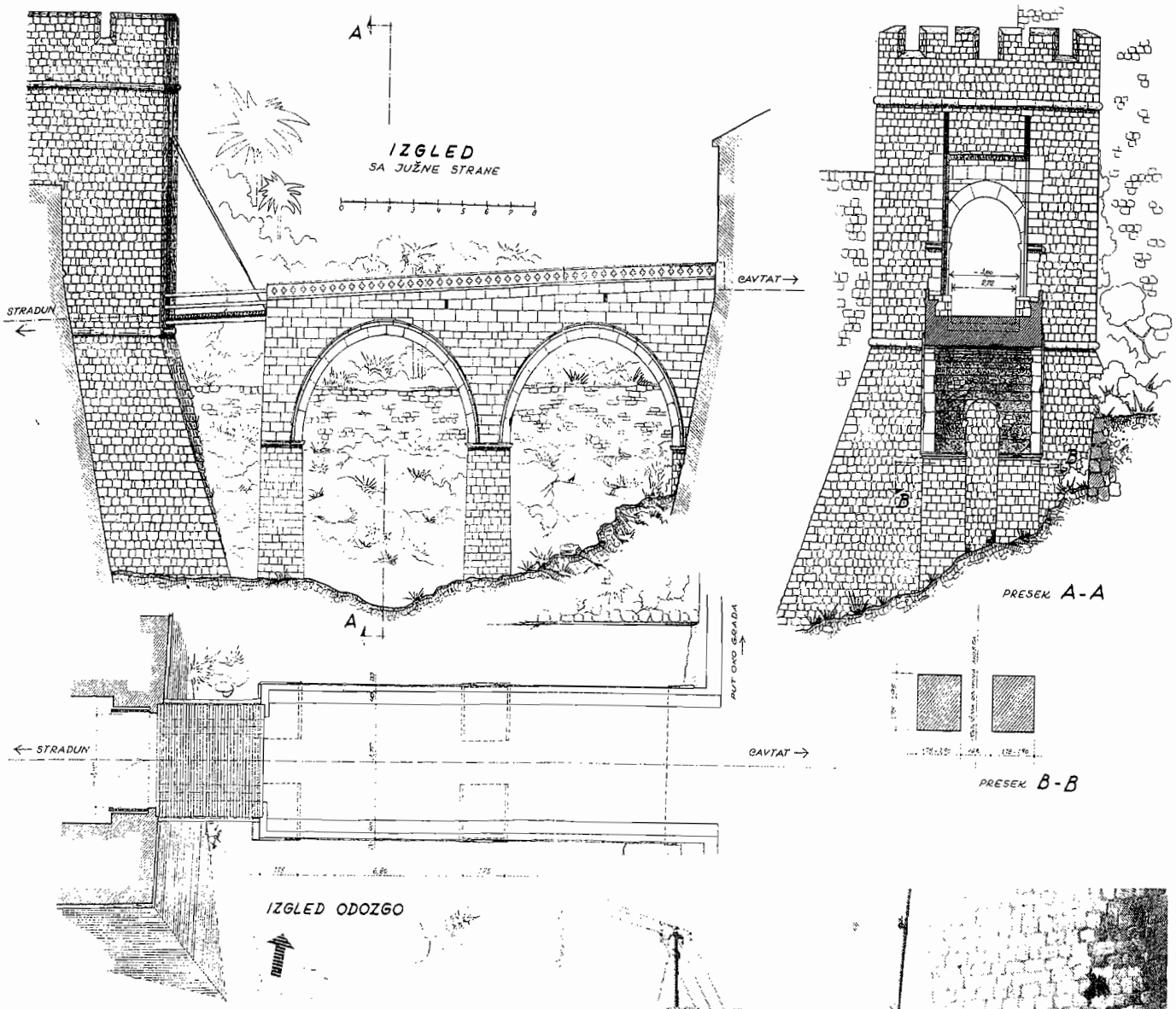
Kolovozne konstrukcije sa ukrasnim elementima takođe su prisutne na starim mostovima. Ovi dekorativni elementi, rozete prostijeg oblika i jednostavnije geometrijske forme – bilo na jednom, centralnom delu ili na celoj površini – izvedene su od krupnijih i bolje obrađenih komada kamena, ali i u kombinaciji sa kamenom različitih boja i tonova.

Evidentne su kolovozne površine gde je duž mosta, po osi kolovoza, ugrađen krupniji kamen. Isto tako ima primera da se na temenu ili oko temena svoda, ili svodova, saobraćaj odvijao po gornjoj svodnoj površini.

Na ne malom broju srednjevekovnih mostova kolovozna konstrukcija bila je prekinuta pokretnim delom mosta, uglavnom pokretnom drvenom konstrukcijom, ili delimično sužena posebnim nadgradnjama – kapijama, odbram-



Sl. 28 – Primer mosta sa fortifikacionim svojstvima – odbranbenim kulama, kapijama i pokretnom drvenom konstrukcijom (most je napravljen na ostacima rimske konstrukcije). Premošćavao je reku Charente u Saintesu, Francuska. Porušen je krajem prošlog veka

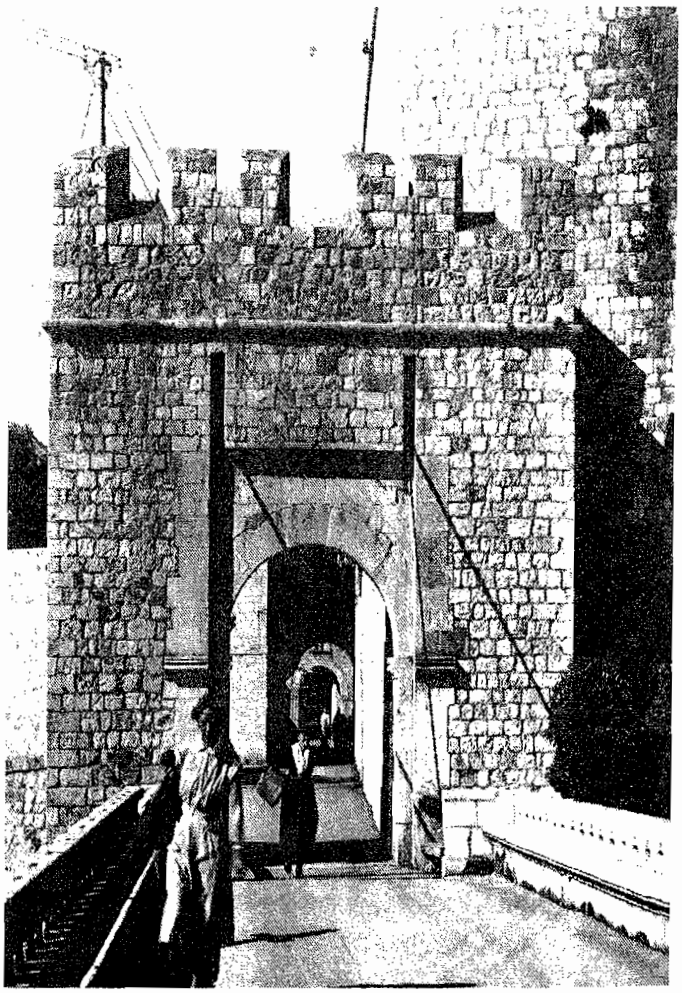


Sl. 29 — Dispozicija mosta „Vrata od Ploča" u Dubrovniku

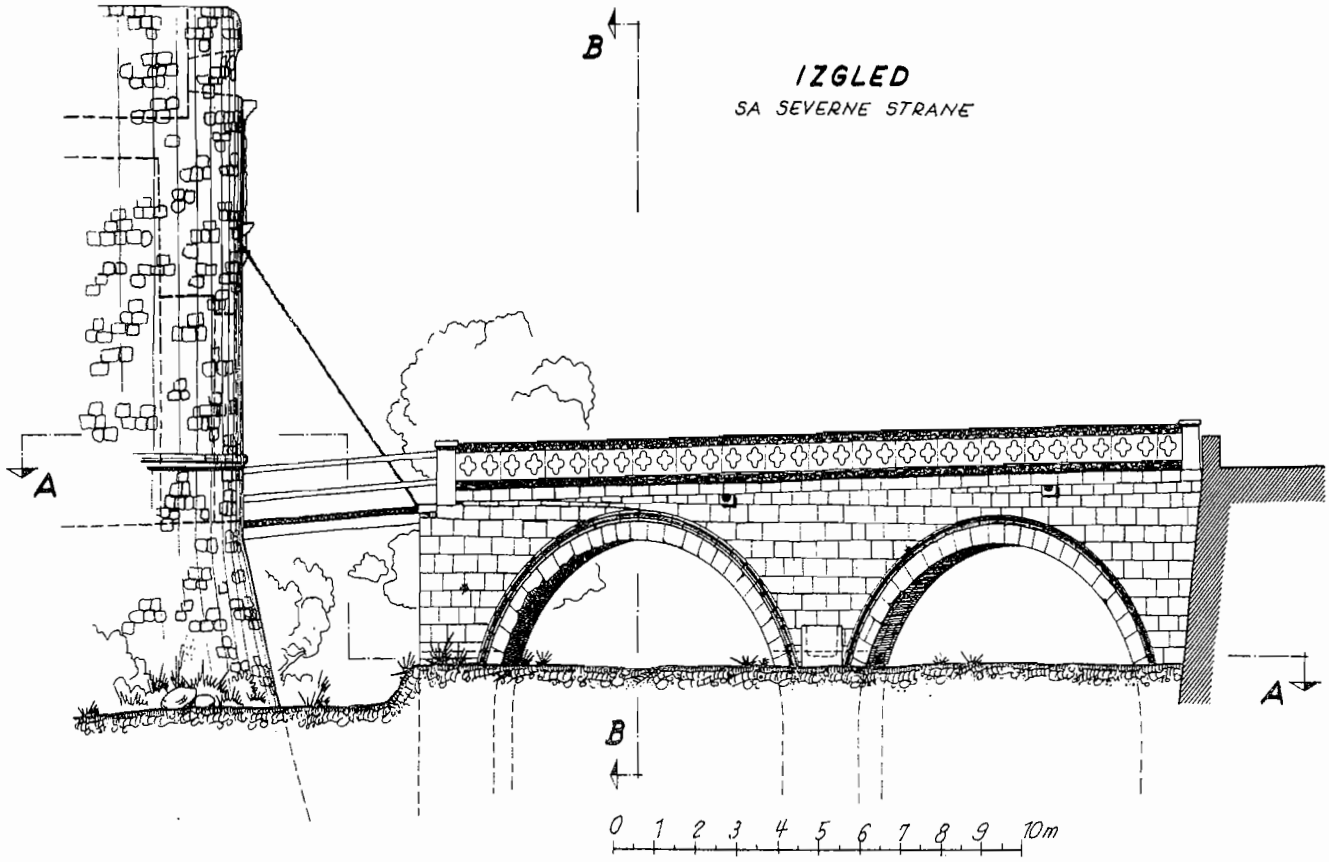
benim kulama, ali i namernim horizontalnim prelomima nivelete. Svi ovi elementi na mostu izgrađeni su iz odbrambenih razloga, jer su mostovi u onom vremenu bili mesta gde se neprijatelj morao zaustaviti, ili su bili u sklopu gradskih utvrđenja, odnosno kapija kao značajan fortifikacioni objekat. Ovakvi mostovi više se sreću na zapadu Evrope, ali se mogu sresti i u drugim krajevima. U nas, ovakve konstrukcije mostova, najbolje su sačuvane u Dubrovniku.

Kod ovakvih mostova pokretna drvena konstrukcija, kao sastavni i nerazdvojni deo integralnog koncepta premošćavanja, relativno malog raspona ali specifično konstruisana, dizala se i spuštala posebnim mehanizmom i tako zatvarala, odnosno otvarala otvor gradske kapije, ulaza u grad.

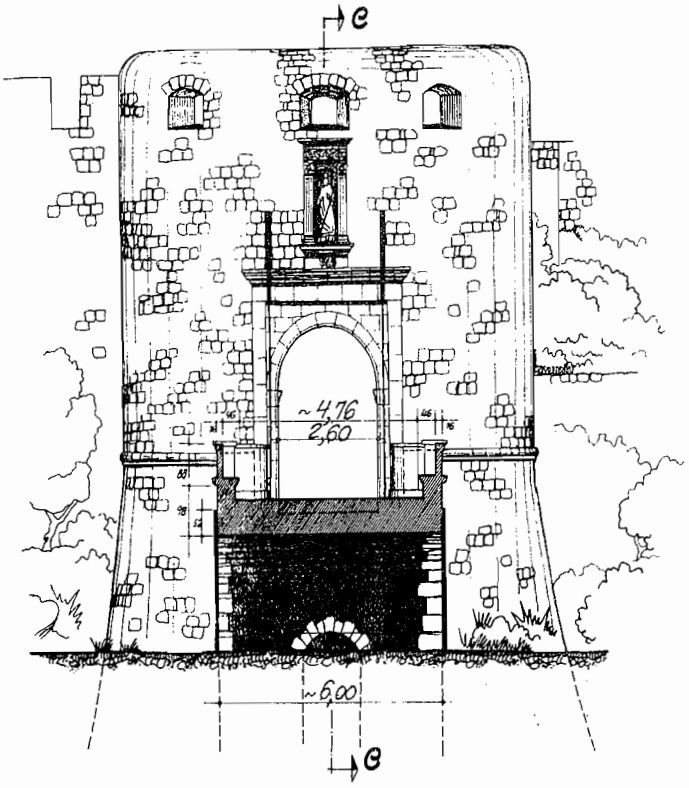
Jedan broj srednjevekovnih mostova na kolovoznoj konstrukciji imao je stražarnice, u nekim primerima carinarnice (na Balkanskom poluostrvu posebno i u Maloj Aziji, ali i na Istoku), gde se vršila kontrola saobraćajnih tokova, naplaćivala mostarina i carina.



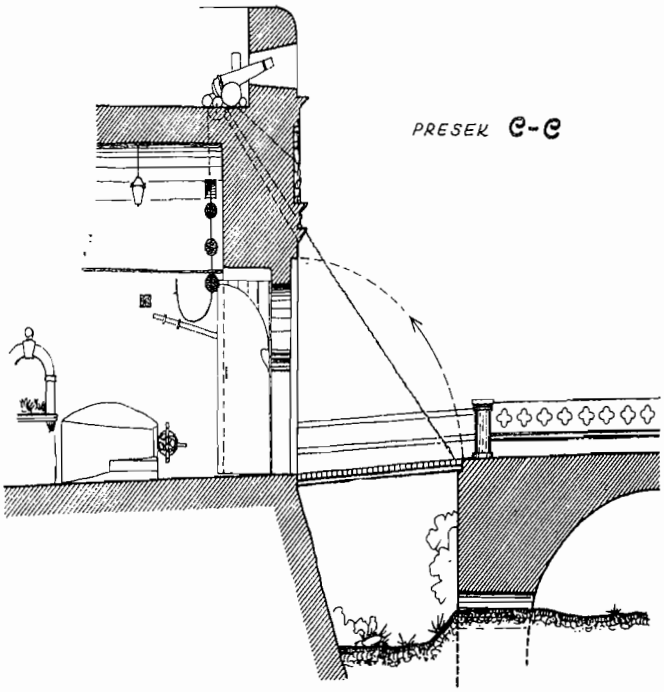
Mihrabi u osmanskoj mostogradnji a i na mostovima u drugim oblastima su posebno konstruisani i oblikovani ukrasni elementi postavljeni na znalački odabranim mestima, nosili su i nose natpisne ploče sa podacima o vremenu građenja i hvalospeve o njegovom utemeljivaču (investitoru, kako se to danas kaže), a retko o njegovom graditelju. Tu se odmah, na nekim primerima, nalazila sofa za odmor putnika, jer su mostovi služili ne samo za prelaz preko prepreke, već i kao mesta za odmor, razmenu mišljenja i trgovinu. Srednjevekovni mostovi na Zapadu, a posebno oni koje su gradile pojedine verske družine, kako je već rečeno, imali su kapele i druga verska obeležja, pa su, osim za navedene funkcije, služili i za manje verske obrede.

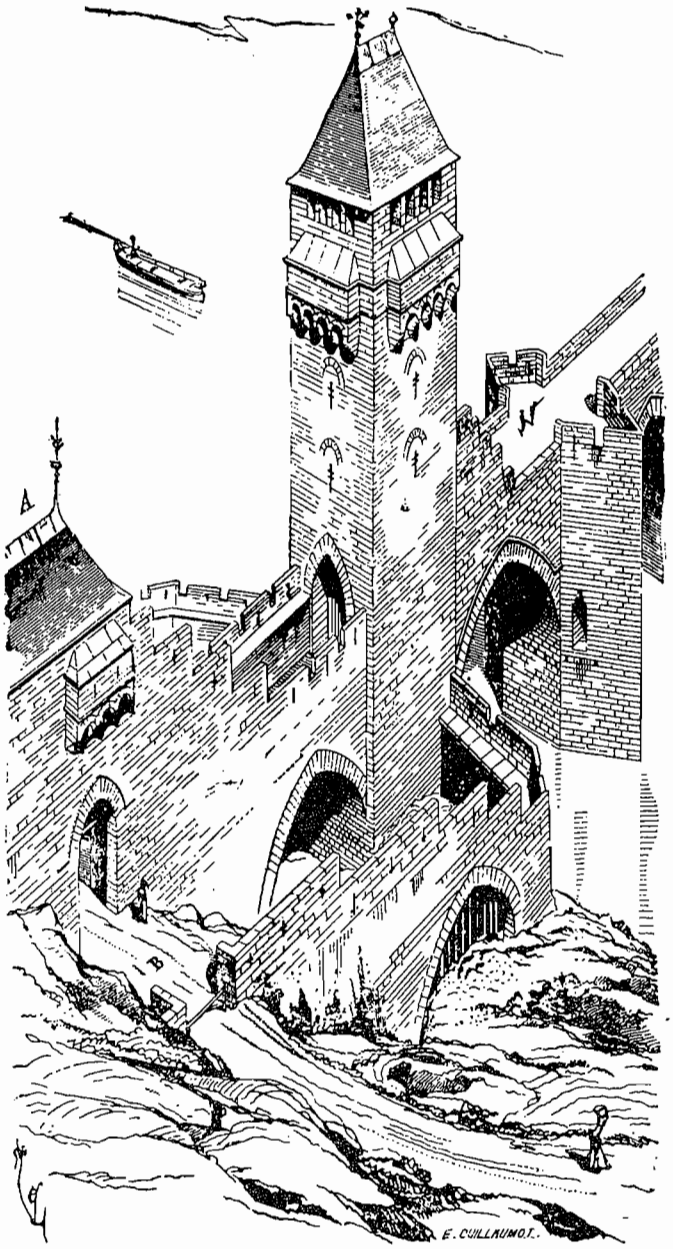


Sl. 30 – Dispozicija mosta ispred vrata od Pila – Dubrovnik



POPREČNI PRESEK **B-B**





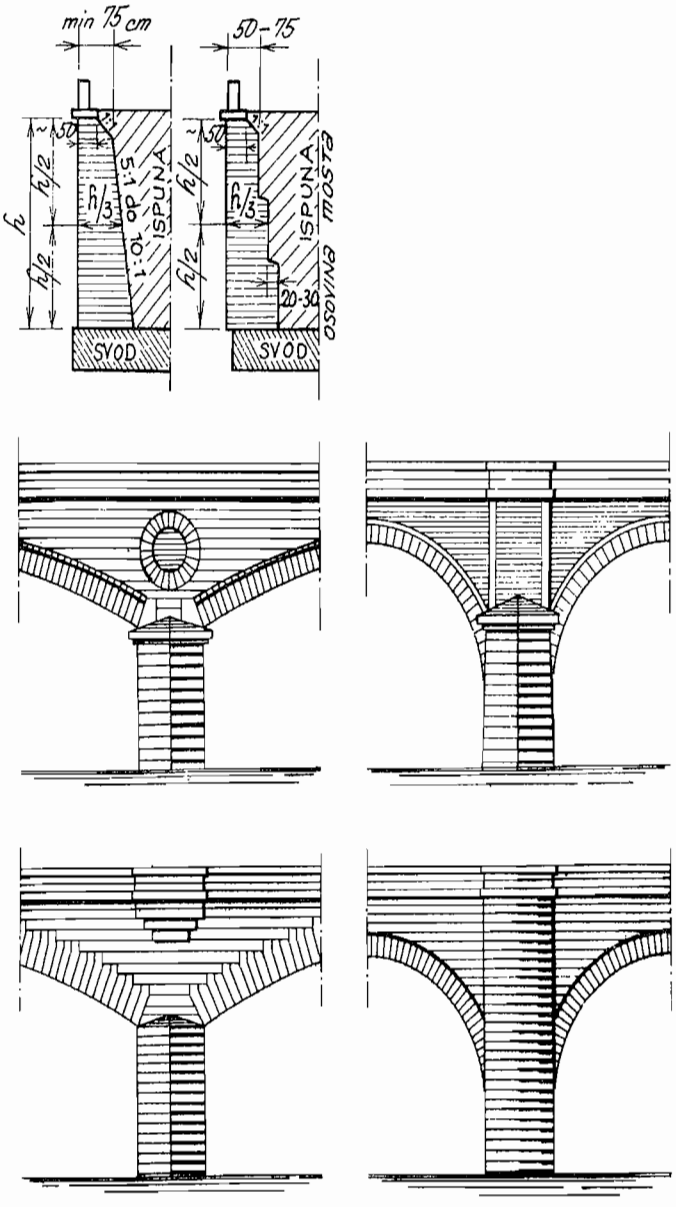
Sl. 31 – Ulazna kula sa kapijama na levoj obali mosta preko reke Lot u Cahorsu (Francuska, v. i sl. 227). Most je napravljen početkom XIV veka.

3.4. ČEONI ZIDOVI (ILI TIMPANI)

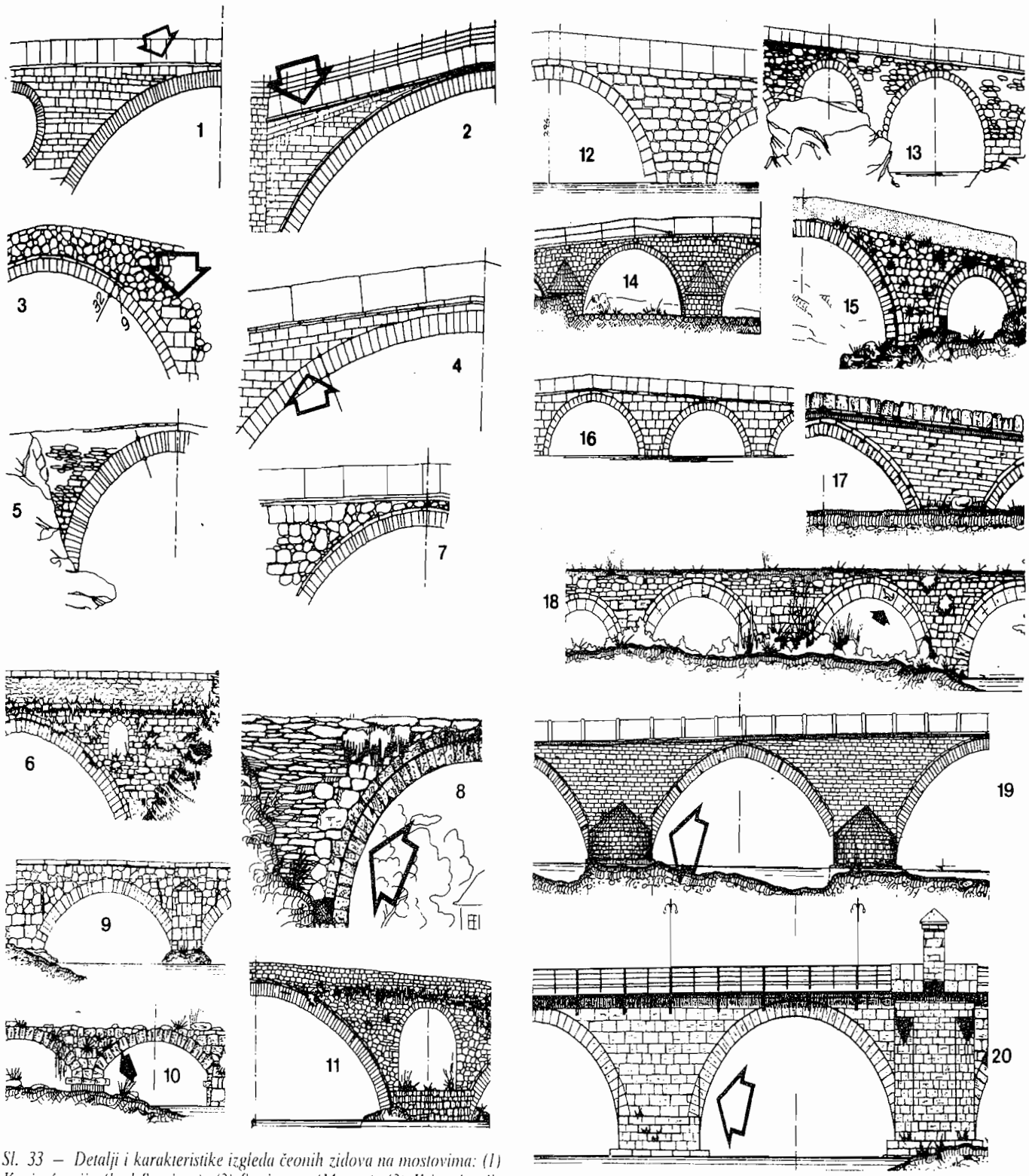
Čeoni zidovi, definisani oblicima linija ekstradosa svoda ili svodova i konstrukcijom venca, imaju bitnu ulogu u dispoziciji jednog kamenog mosta. Funkcija im je da oslanjajući se na svod i delove upornjaka drže ispunu mosta, što znači da su osim sopstvene težine opterećeni još i horizontalnim potiskom od ispune, ukoliko je ona rastresita. Pre adekvatnog statičkog ispitivanja, dovoljno je ako se u polovini visine za debljinu zida uzme trećina te visine. Pri tome, širina krune čeonog zida ne treba da je manja od 50 do 75 cm. Lice čeonog zida je, po pravilu, vertikalno, a naličje, strana prema ispuni je – kod manjih visina vertikalna, ili se izvodi u nagibu (5:1 do 10:1), ili sa stepenastim pojačanjem.

Čeoni zidovi zidaju se posle popuštanja svodne skele i izvršenog sleganja svoda, da bi se neželjene deformacije svele na minimum. Kako čeoni zidovi opterećuju svod, oni se grade, ukoliko je to izvodljivo, od zapremisnki lakšeg kamena (manji uticaji na svod). U komponovanju izgleda mosta čeoni zidovi imaju veliki uticaj. To znači da ne treba odbacivati mogućnost da se za čeone zidove, a posebno njihove vidne površine, koristi kamen druge boje, poseban način obrade kamena, ili u odnosu na ostale delove mosta drugačiji način zidanja, variranje debljine slojeva zida i slično. Izrada pilastra (rizalita) i drugih umesnih i svrsishodnih plastičnih ukrasa može umnogome da poboljša izgled vidnih površina mosta.

Ovo su stavovi i načela savremene mostogradnje. O čeonim zidovima na starim kamenim mostovima može se govoriti samo na osnovu njihovog izgleda i pojedinačnog uvida u konstrukciju prilikom radova na saniranju. Na



Sl. 32 – Čeoni zidovi – preseci i izgledi



Sl. 33 – Detalji i karakteristike izgleda čeonih zidova na mostovima: (1) Kozja ćuprija (kod Sarajeva); (2) Stari most (Mostar); (3) Kriva ćuprija (Mostar); (4) Klepci (kod Čapljine); (5) Grčki most (kod Goražde); (6) Jokčiski most (Kratovo); (7) Livno; (8) most kod Ivanjice; (9) Jalkovec; (10) selo Pločice (Konavlje); (11) Rijeka Crnojevića; (12) Čaršijski most (Travnik); (13) Ocrkavlje; (14) most preko Sutorine (kod Hercegnovog); (15) Stari Bar; (16) Blažuj (kod Sarajeva); (17) Vojinovića most (Vučitrn); (18) selo Žač (kod Budisavaca); (19) preko Vardara kod Tetova; i (20) Skoplje

osnovu viđenog vidne površine čeonih zidova u odnosu na čelo svoda mogu se svrstati u tri grupe:

– vertikalno lice čeonog zida je u istoj ravni sa čelom svoda,

– lice zida je u istoj ravni sa čelom arhivolta kod mostova gde postoji konstrukcija arhivolta, i

– čelo svoda je povučeno, nije u istoj ravni sa vertikalnim površinama čeonih zidova, tako da ispad lica zida u odnosu na čelo svoda formira arhivolt svoda.

U ravni kolovozne površine konstrukcije čeonih zidova, po pravilu, završavaju se krupnim komadima bolje obrađenog pločastog kamena, odnosno konstrukcijom venca mosta.

Inače, na starim mostovima vidne površine čeonih zidova zidane su, zavisno od značaja i veličine mosta, tesanim, grubo tesanim i doteranim kamenom paralelopipednog oblika i različite krupnoće, sa ravno ali i sa grubo

obrađenim vidnim površinama ugrađenog kamena. Međutim, ima primera da su konstrukcije čeonih zidova i od lomljenog kamena uglavnom pločastog oblika. Nije moguće utvrditi zakonitosti u zidanju i pravcu pružanja slojeva, jer ima primera gde je pravilnost (horizontalnost) slojeva jasno izražena, ali ima i mostova gde je heterogenost slojeva i po obliku i po dimenzijama znatna. Na većini čeonih zidova donji niži slojevi su veće visine, sa krupnijim komadima kamena. Gornji slojevi – prema ekstradosu svoda i vencu – pokazuju određene specifičnosti, odnosno: vezi između čeonog zida i čela svoda, odnosno arhivolta nije poklanjana posebna pažnja, evidentan je veći broj sitnijih – klinastih komada kamena, završavanje slojeva po krivini (svoda), klinasto završavanje slojeva zbog nagiba venca odnosno nivelete, sa primerima gde se slojevi pružaju paralelno sa vencem, i slično.

Mnoge strukture izgleda čeonih zidova ukazuju na određene principe u građenju. Tako je, na primer, na *Starom mostu* u *Mostaru* i *Kozjoj Ćupriji kod Sarajeva* vidljiva završna linija krune čeonog zida koja je, najverovatnije korekcijom glavnog graditelja, protomajstora, pretrpela određene izmene kako bi se ublažio pad nivelete. Ova korekcija manifestuje se i u sada jasno vidljivim „korekcionim slojevima".

Veličine i oblici ugrađenog kamena isto tako ukazuju da je kamen obrađivan na gradilištu prilikom zidanja. Princip prevezivanja nije rigorozno poštovan: ima primera „pasovanja" prema već ugrađenom bloku, slučajeva nagle promene debljine sloja, različitosti kvaliteta obrade i zidanja pojedinih površina kod većih mostova, sitnijih naknadnih popravljanja – što sve navodi na zaključak da je radove izvodilo više majstorskih družina i da su njihovo znanje i umešnost bili različiti.

S obzirom na kvalitet ispune mosta, o kojoj će biti još reči, realno se može pretpostaviti, a to su potvrdila i neka terenska istraživanja, da konstrukcije čeonih zidova nisu jasno odvojene od ispune mosta, nemaju jasnu debljinu (kako se to radi u savremenoj mostogradnji). U stvari čeoni zid predstavlja u najvećem broju primera zid monolitno vezan sa koherentnom ispunom mosta.

Čeoni zidovi zidani su sa krečnim malterom. Debljina spojnica zavisi od kvaliteta obrade uzidanog kamena – od 2 do 3 mm pa naviše.

Vidne površine čeonih zidova u jednom broju primera izvedene su sa određenim „ukrasnim" aplikacijama. Uočavaju se uglavnom tri vrste ovih dekorativnih elemenata:

– kružne rozete u ravni čeonih zidova kojima je prekinuta slojevitost zidanja;

– niše, „slepi otvori", gde je igrom položaja vidnih površina niše, njenog „svoda" i čeonog zida ostvaren željeni vizuelni efekat i „razbijene" velike zidne površine. Ovi ukrasni elementi uklesani su u vidne površine čeonih zidova (ne prekidaju slojevitost); i

– ugrađivanje olakšavajućih otvora. O olakšavajućim otvorima, kao dekorativnim elementima, biće kasnije više reči.

Još jednom se podvlači da se na osnovu strukture lica čeonih zidova mogu izvesti mnogi korisni zaključci – vreme i „škola" građenja, kvaliteti ondašnjih majstorskih družina, stanje i kvaliteti tadašnje mostogradnje i drugo.

3.5. ISPUNA MOSTA

Pisati i govoriti o ispuni srednjevekovnih mostova na osnovu vizuelnih razmatranja je koliko nezahvalno toliko i nedopustivo. Međutim, dalja izlaganja o ispuni zasnovana su na do sada sprovedenim sondažnim istraživanjima (prilikom sanacija), uvidu u ispune prilikom dislokacije nekih mostova i uvidu u ispune delimično porušenih mostova. Polazeći od ovakvih analiza ispune i njenih konstrukcijskih karakteristika mogu se postaviti sigurne teze.

Na većini starih kamenih mostova ispuna je građena od kamenog materijala – od sitnijeg i krupnijeg lomljenog kamena, krupnog šljunka i oblutaka i krečnog maltera (spravljenog sa vrućim krečom). Međutim, ima primera starih mostova gde je ispuna u krečnom malteru (spravljenom sa krupnim peskom). Ovako formirana ispuna u stvari je monolitna masa, nevelike čvrstoće, čije su vidne površine obložene čeonim zidovima, što znači da nema klasičnog oblika čeonog zida kakav je prikazan na sl. 32.

Primer Starog mosta preko Neretve u Mostaru, sa smanjenom masom odnosno težinom ispune, pokazuje veliko znanje i umeće njegovog graditelja, a i stanje tehnike građenja mostova u tome vremenu. Izvedena ispitivanja pokazuju da je, osim po dva skrivena olakšavajuća otvora (svaki zapremine cca 13,3 m^3) sa svake strane svoda, ispuna mosta olakšana nizom smišljeno razmeštenih šupljina (vel. cca 1,0 × 0,40 × 0,50 m). Na ovaj način težina ispune svedena je za ono vreme na najmanju moguću meru. Istraživanja su isto tako pokazala da na određenim delovima ovoga mosta postoji klasična konstrukcija čeonih zidova.

I na drugim većim starim mostovima konstatovane su skrivene šupljine u ispuni mosta *(Skoplje, Višegrad)*.

Na jednom broju, uglavnom manjih i „mlađih" mostova, ispuna je izgrađena od lepo složenog lomljenog kamena u suvo, bez maltera, i uz pomoć kamene sitneži i krupnog peska. Kod nekih mostova, da bi komadi kamena bolje „legli" u masu ispune, korišćena je i zemlja, odnosno peskovito-zemljani materijal umesto maltera. Kod ovako građenih mostova može se postaviti grubo pravilo da od ukupne širine mosta jedna trećina otpada na ispunu a ostalo na konstrukcije čeonih zidova, građenih od kamena u krečnom malteru.

3.6. IZOLACIJE

Na starim kamenim mostovima nema izolacije (kakva je uobičajena u savremenoj mostogradnji), tako da su sve stare mostovske konstrukcije uglavnom vodopropustljive. Po neki izuzetak, ako se tako može reći, srešće se uglavnom kod većih mostova (Mostar). U takvim primerima „izolaciju" predstavlja sloj krečnog maltera sa dodatkom sitno tucane opeke ili kakvih drugih „aditiva", koji takav malter čine vodonepropustljivim.

Prilikom radova na saniranju starih mostova, kada je to moguće i svrsishodno, ugrađuje se nova izolacija. Položaj i kvalitet nove izolacije umnogome zavisi od stanja građevine i njenih kontura, odnosno njene spomeničke vrednosti i značaja. Najpovoljnije je izolaciju postaviti preko svoda, unutrašnjih površina čeonih zidova i novoizvedenih nadzidaka, zbog kontinuiteta padova — kada je to moguće, ili neposredno ispod kolovozne konstrukcije, preko dovoljno debelog sloja betona. I u jednom i u drugom slučaju sa površine izolacije eventualnu vodu treba najkraćim putem izvesti iz konstrukcije mosta — pogodnim slivnicima, cevima ili barbakanama (otvorima povoljnog preseka).

Izolacija može biti (ugrađuje se obavezno preko prethodno izrađenog izravnjavajućeg sloja — od betona ili odgovarajućeg kvalitetnog maltera):

— od sloja asfaltnog mastiksa debljine 1.5 do 2 cm (asfaltni mastiks: fino samleven asfaltni kamen, asfaltno brašno, pomešan sa prirodnim ili veštačkim bitumenom);

— asfaltnim filcom, „kondor" folijama, sa kvalitetnom izradom preklopa, nastavaka (zaliveni vrućom asfaltnom masom);

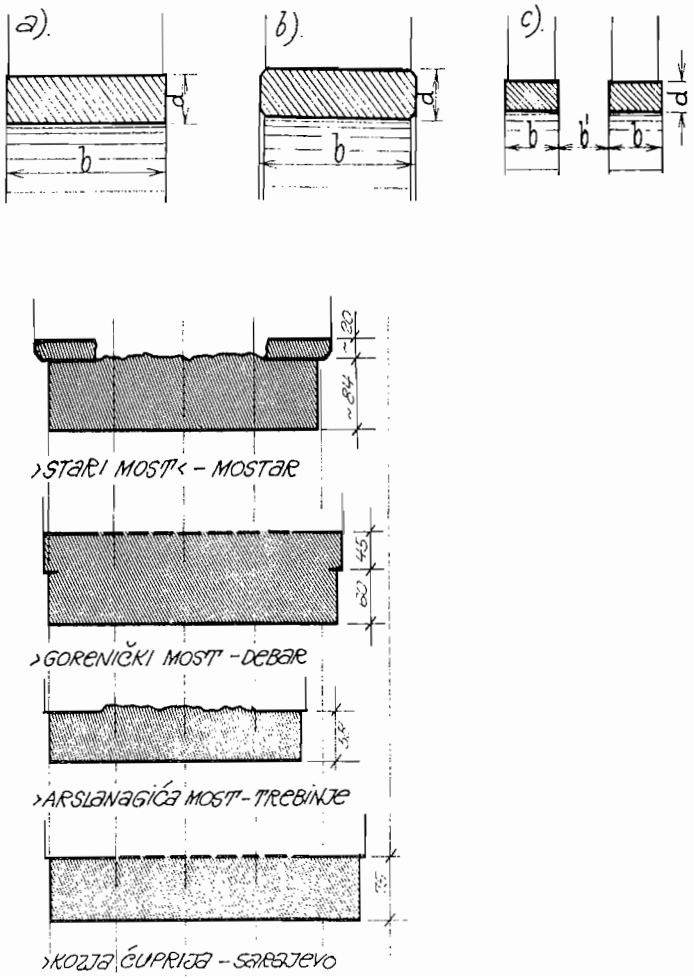
— od više premaza bitumenom i sa više slojeva terisane hartije; i

— olovnim folijama (najskuplji oblik izolacije). Olovne folije treba ugraditi između slojeva terisane hartije (zaštita olova od uticaja alkalija).

Svaku od ovih izolacija treba zaštititi sa gornje strane slojem maltera (što je bolje) ili betona debljine 4—6 cm i slojem čistog peska između ove zaštite i izolacije.

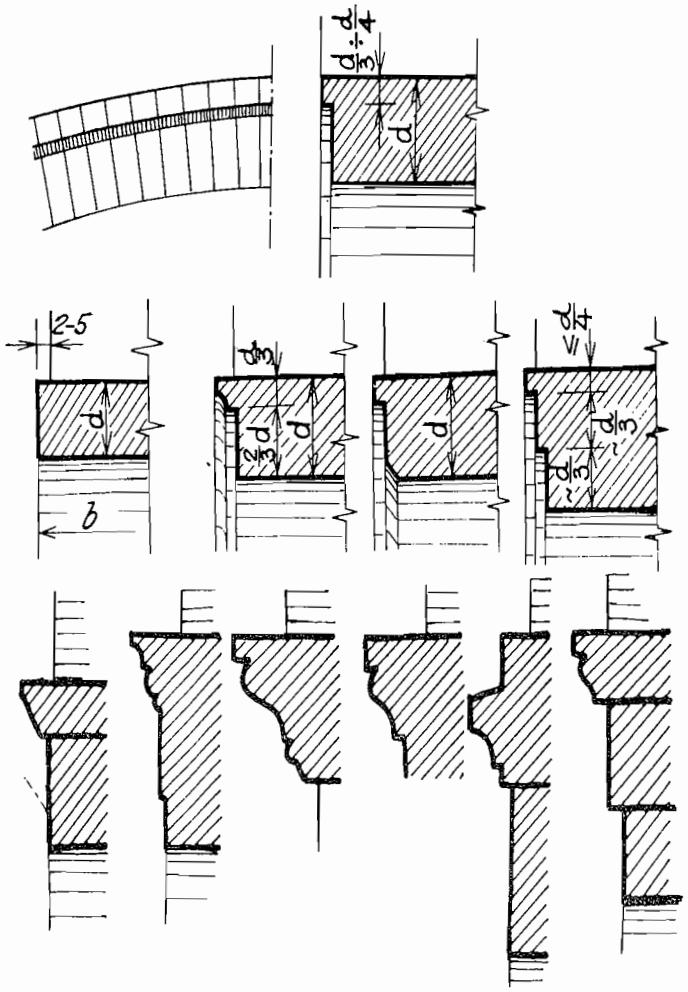
3.7. SVODOVI

Kod kamenih mostova uopšte svod je najdelikatniji i istovremeno i osnovni konstrukcijski element. Svod sa ostalim elementima mosta daje karakter dispoziciji, čini bit koncepta premošćavanja i formira težište dispozicije kojem su svi ostali elementi podređeni. Kod mostova sa jednim otvorom posebno, a i kod objekata sa više otvora takođe, konstrukcija svoda je dominantni deo dispozicije, element kojem konvergiraju svi ostali potezi oblikovanja jedne mostovske konstrukcije. Ovo je i razlog da se svodovima u ovom tekstu poklanja više pažnje i prostora.



Sl. 34 — Poprečni preseci svodova — uopšte i na nekim našim starim mostovima

Jedna od osnovnih karakteristika svoda je njegov poprečni presek. Veličina i oblik poprečnog preseka zavisi od: veličine raspona, odnosno otvora i oblika svoda, intenziteta stalnog i pokretnog opterećenja i od širine mosta. Kod kamenih mostova poprečni presek je redovno pravougaonik (sl. 34).



Sl. 35 – Poprečni preseci arhivolta

U slučajevima kada je debljina svoda znatna a želi se njegov povoljniji estetski izraz, pogodnim konstrukcijskim zahvatima smanjuje se debljina čela svoda. Ovo fiktivno smanjenje čela svoda u izgledu mosta postiže se ispadima, vencima, koji u ortogonalnoj projekciji prate oblik svoda i koji svojim položajem u odnosu na čelo svoda i bočnom senkom vizuelno smanjuju njegovu debljinu i pozitivno utiču na estetične vrednosti mosta kao celine. Ovi i ovako izvedeni ispadi nazivaju se arhivoltima. Na sl. 35 dati su neki primeri iz savremene mostogradnje.*)

3.7.1. OBLIK SVODA

Oblik svoda u ortogonalnoj projekciji definiše se prema obliku donje svodne linije, prema obliku linije intradosa.

Tako, na primer, za svod čija donja svodna linija ima oblik polukruga kaže se da je to svod polukružnog oblika. Kada intrados ima segmentni oblik kaže se da je to svod segmentnog oblika. Osim ova dva u mostogradnji našeg vremena koriste se još i eliptični (postoji više varijacija) oblici svodova, u svemu kako je to dato na sl. 36. Na istoj slici su dati i oblici svodova zapaženi na mnogim primerima srednjevekovnih mostova (uklopljeni u određene proporcijske sheme).

Kod polukružnih i eliptičnih oblika svodova statički oslonac svoda leži na $f_0/2$, što znači da se stvarna oslonačka spojnica svoda ne poklapa sa oslonačkom spojnicom čela svoda u izgledu. Na ovome mestu svod statički prestaje da radi kao svod i preostali deo krivine intradosa pripada konstrukciji stuba. Čelo svoda u ovakvim primerima oblikuje se prema zahtevima dispozicije građevine kao celine i integralni je deo izgleda mosta.

Pravac radijalnih spojnica je prema centru krivine linije intradosa. Kod oblika intradosa iz više centara krivine (sl. 36, c-e) pravac spojnica je prema odgovarajućem centru krivine.

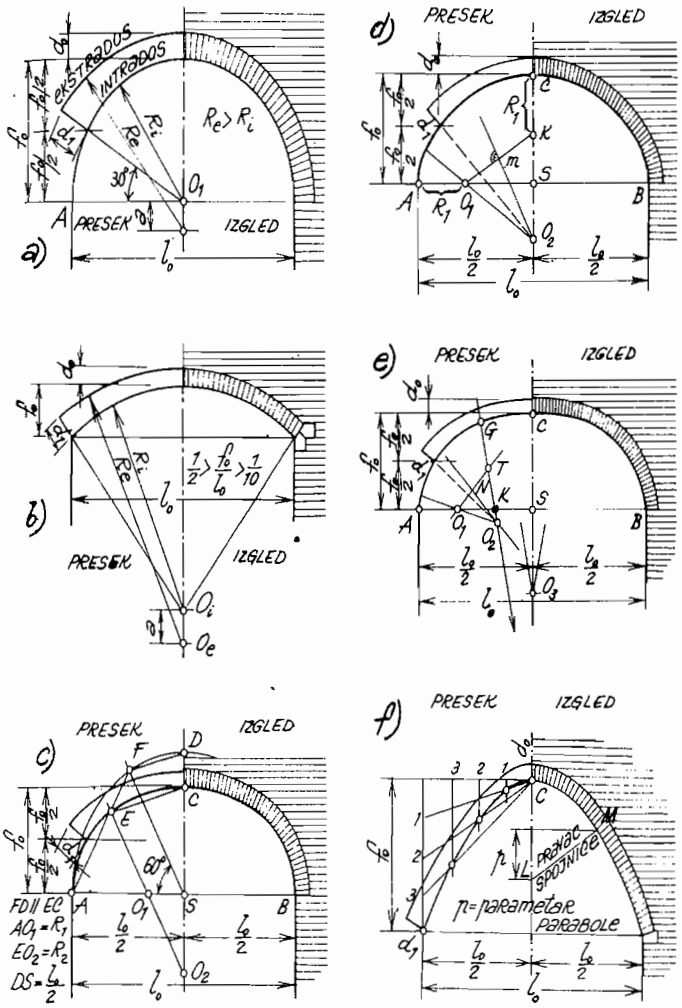
Ovo su samo neki stavovi iz graditeljskog repertoara savremene mostogradnje. Dati su kao neophodni za bolje shvatanje oblika svodova starih mostova.

Činjenica je da su oblici svodova mnogih starih kamenih mostova – vremenom, uticajem sleganja i deformacija oslonaca, i ne retko zbog grešaka tokom zidanja – promenili svoj izvorni oblik. Međutim, o njihovim oblicima može se govoriti sa dovoljno argumenata, jer njihove današnje konture i pored mnogih promena sadrže ipak sebi svojstvene karakteristike.

Sačuvani fond starih mostova pokazuje da su stari graditelji najčešće koristili polukružni oblik svoda, što je posledica njegove mnogovekovne provere na velikom broju građevina i lakog izvođenja. Na jednom broju mostova primenjen je oživalni oblik, „prelomljeni svod" kako se često čuje. U srednjevekovnoj mostogradnji sreće se i segmentni oblik svoda, sa stinjenošću oko 1/3. Primena segmentnog oblika, generalno posmatrano, može se smatrati kao izuzetak nastao pod specifičnim uslovima – zbog veličine otvora i karakteristika profila na mestu premošćavanja. Na manjem broju mostova u nas, na Istoku češće, korišćeni su i drugi oblici svodova svojstveni islamskoj arhitekturi, posebno iznad otvora dekorativnog karaktera.

Deformisane linije intradosa na nekim mostovima navode pojedine autore na tvrđenje da svod ima eliptičan oblik. Međutim, identifikacija linije intradosa sa elipsom (sa odnosom poluprečnika ≈1) nije na mestu, jer su mnogi ovakvi oblici (stigli do naših dana) nastali sleganjem temena svoda, odnosno popuštanjem svodne skele tokom građenja. Inače, može se postaviti teza da je mnogim starim majstorima bio nepoznat, ili neuhvatljiv, „rad" skele tokom zidanja svoda. Ovome treba dodati i činjenicu da je srednjevekovnoj mostogradnji na Balkanskom poluostrvu bio uglavnom stran eliptičan oblik svoda.

*) O konstrukciji arhivolta u srednjevekovnoj mostogradnji videti i poglavlje 3.7.2. Debljina svoda.



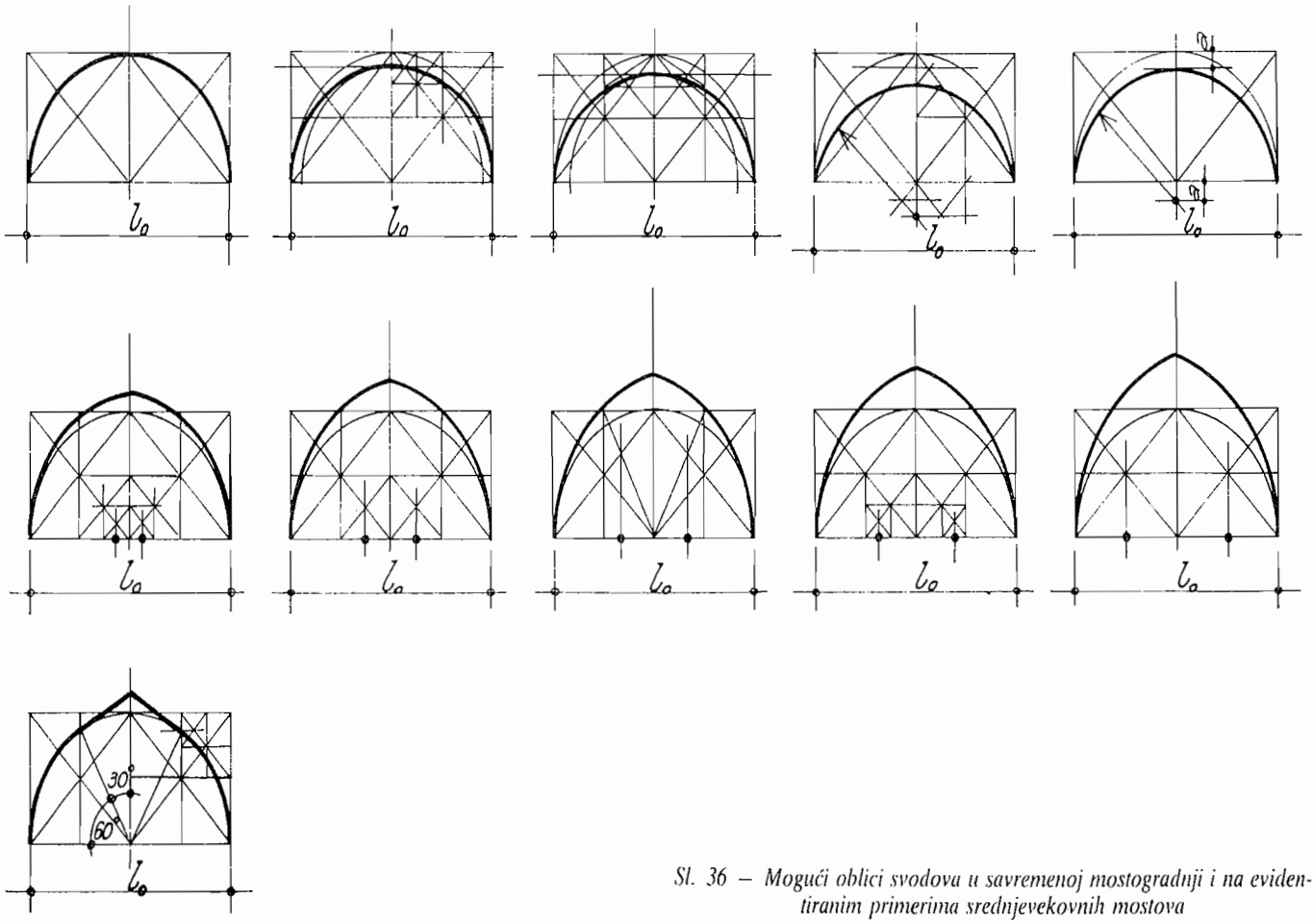
Kod mostova sa više otvora konstatuje se na nekim primerima korišćenje različitih oblika svodova. Za ovo su mogla da postoje dva razloga: – da su svodove gradile različite majstorske družine, ili – da su namerno korišćeni različiti oblici svodova, što je svojstveno islamskoj arhitekturi.

3.7.2. DEBLJINA SVODA

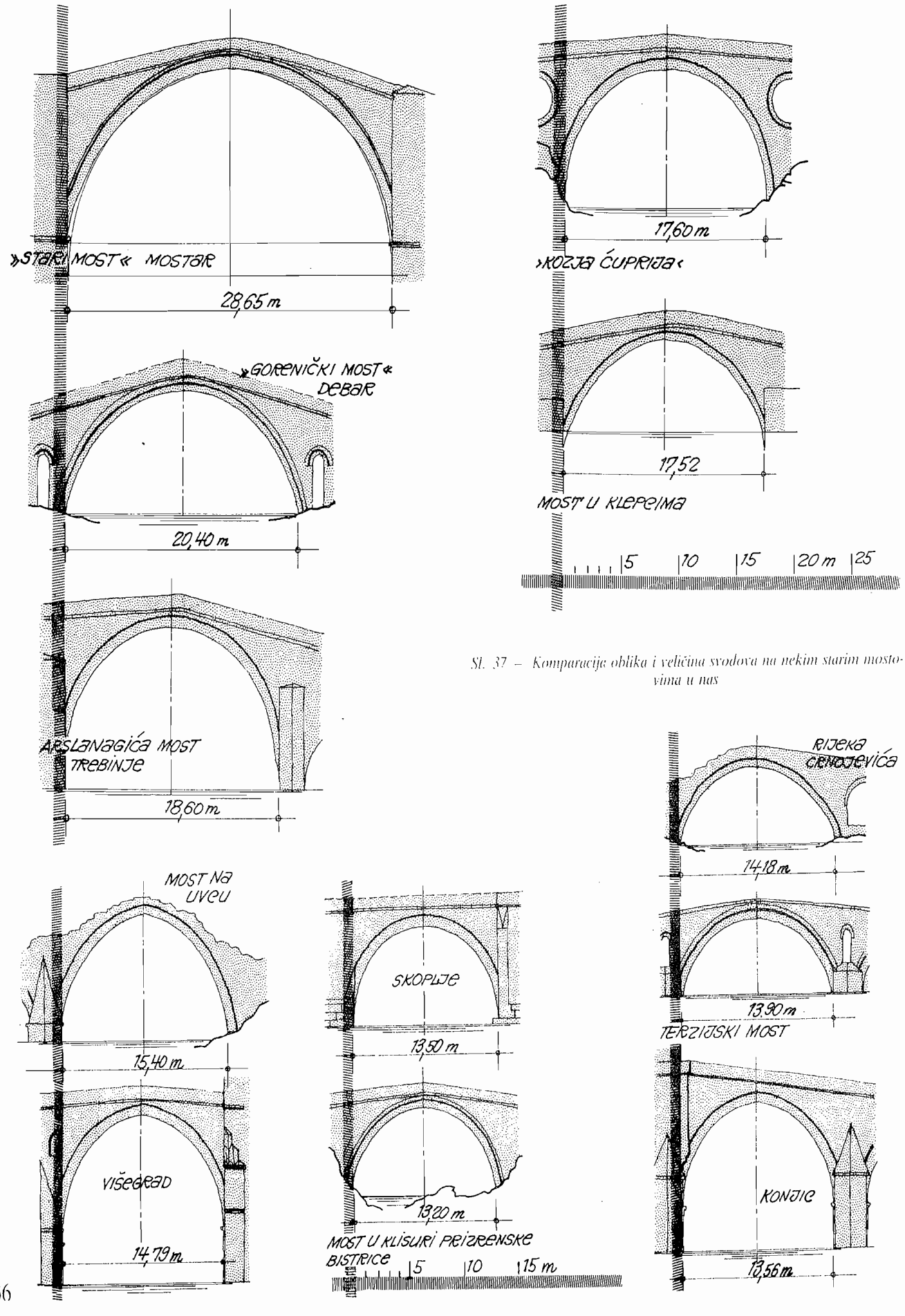
Opšta karakteristika svodova starih mostova je da imaju konstantnu debljinu. Međutim, evidentno je da su u donjim delovimna svodne konstrukcije, bliže oporcima, ugrađeni krupniji blokovi kamena. Podvlači se, osim navedenog, da je konstrukcija arhivolta na većini primera sastavni deo svoda, da su čeoni zidovi monolitno vezani sa svodom, kao i da je ispuna mosta monolitna masa koja jednim delom radi spregnuto sa svodom, pa je teško razlučiti šta sve radi kao svod. (De facto svod radi sa promenljivom debljinom. Ova razlika nije velika ali je evidentna.)

Kod polukružnih i njima bliskih oblika ne može se postaviti određena zakonitost debljine čela svoda zavisno od raspona. Menja se od slučaja do slučaja. Međutim, primetno je da su debljine čela kod oživalnog oblika svoda manje u odnosu na polurkužne i njima bliske oblike (kod otvora do i oko 10 m – $d_o \approx l_o/20$).

Konstrukcija svoda na većini starih kamenih mostova naglašena je arhivoltom. Oblik arhivolta u vertikalnoj rav-



Sl. 36 – Mogući oblici svodova u savremenoj mostogradnji i na evidentiranim primerima srednjevekovnih mostova



Sl. 37 – Komparacije oblika i veličina svodova na nekim starim mostovima u nas

ni identičan je obliku ekstradosa svoda. Mogu se sresti uglavnom tri tipa konstrukcije arhivolta:

– najčešći, kada je ravan čela svoda povučena u odnosu na čeoni zid (na takvim primerima slojevi čeonog zida završavaju se po krivini arhivolta);

– konstrukcija arhivolta od sloja tesanog kamena pločastog oblika, bez ili sa jednostavnom profilacijom. Po pravilu, čelo arhivolta je u ravni čeonog zida; i

– arhivolti veće debljine sagrađeni od krupnijih blokova obrađenog kamena kod kojih odnos između debljine čela arhivolta i čela svoda varira od 3:1 do 4:3 (na jugu zemlje). Ovoj grupaciji pripadaju i arhivolti na mostovima u Dubrovniku sa složenom profilacijom prefinjene izrade.

3.7.3. STATIČKO ISPITIVANJE

Statička analiza svoda prilikom projektovanja može biti dvojaka:

– grafičkim postupkom po tzv. *teoriji potporne linije*, prema kojoj se svod tretira kao kruto telo i koja za manje raspone *(l≦20 m)* daje sasvim zadovoljavajuće rezultate u praksi, i

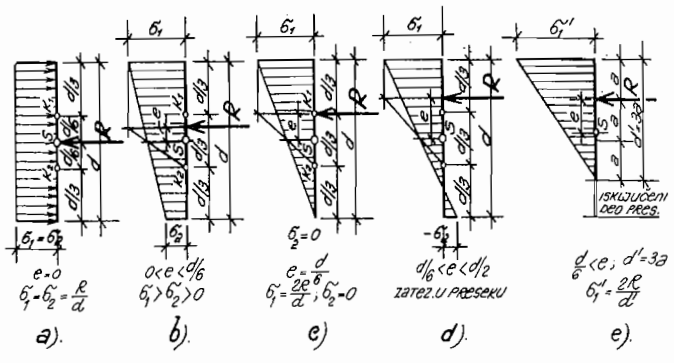
– prema priznatim *metodama teorije elastičnosti*, odnosno teorije konstrukcija, koja konstrukciju svoda analizira kao elastično telo.

Suština grafičke metode, odnosno metode ispitivanja svoda po *teoriji potporne linije*, sastoji se u tome što se za posmatrano opterećenje unapred usvoje tri tačke – tzv. *fiktivni zglobovi* – kroz koje mora da prođe potporna linija. Tako se statički neodređen sistem, uklješten luk, svodi na statički određen sistem – na luk sa tri zgloba. Kao što je rečeno, za svodove manjeg raspona relativno lako se dobijaju zadovoljavajući rezultati. Ovaj postupak može se koristiti i za veće raspone, ali kao orijentacioni podatak o naponskom stanju u pojedinim presecima svoda.

S obzirom da se ovde razmatra *problematika starih kamenih mostova*, mostova sa svodovima uglavnom veličine otvora do i oko 20 m, to se pažnja čitaoca usmerava na prvu teoriju, na *proračun svodova po teoriji potporne linije*.

Prilikom statičke analize polazne postavke su: poznat oblik i karakteristične dimenzije svoda (d_a *i* d_l); geometrija čeonih zidova, odnosno kvalitet ispune mosta i oblik nivelete; kvalitet ugrađenog materijala, odnosno njihove zapreminske mase i intenzitet korisnog opterećenja (ako most služi isključivo za pešački saobraćaj korisno opterećenje treba uzeti 500 kg/m² osnove, a ako most služi i za motorni saobraćaj – korisno opterećenje treba uzeti prema važećoj regulativi za opterećenje drumskih mostova).

Pre nego što se da suština postupka proračuna, potrebno je definisati pojmove: *potporna linija svoda* i *središna* ili *težišna linija svoda*.

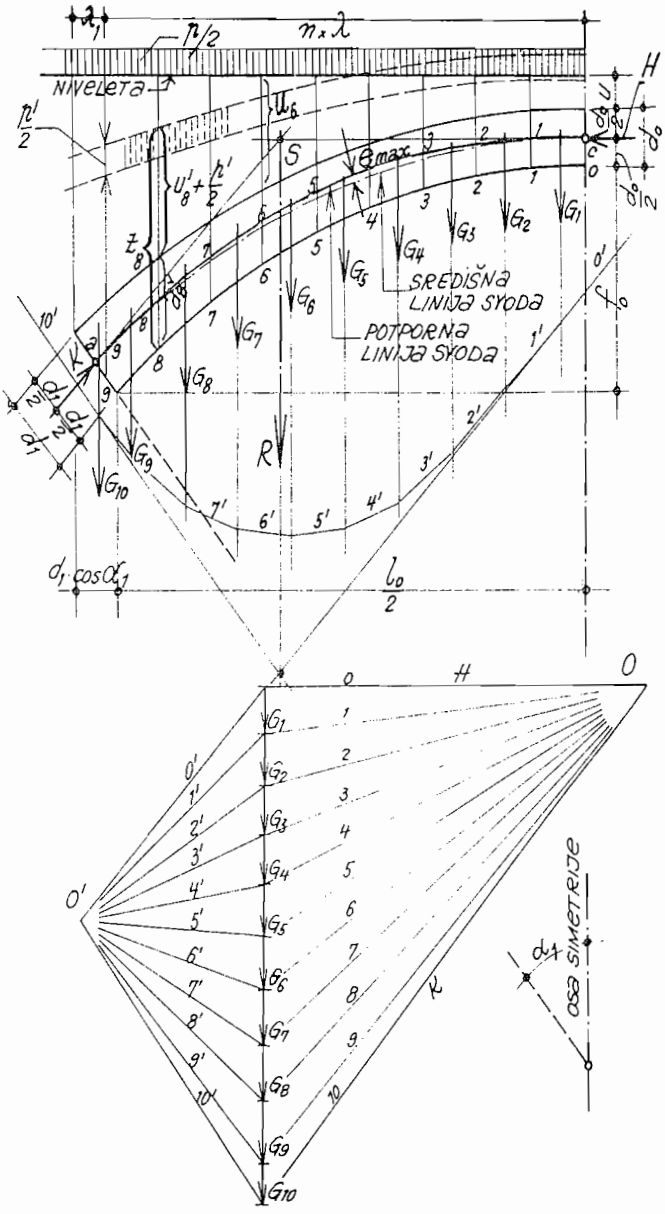


Sl. 38 – Dijagrami napona u zavisnosti od položaja normalne sile u preseku

Središna ili *težišna linija svoda* je ona linija koja spaja težišta poprečnih preseka dužinom svoda. Zavisi od geometrijskih karakteristika svoda i ne mora i skoro se nikad ne poklapa sa potpornom linijom (osim kod svodova odnosno lukova idealnih oblika).

Pod uticajem spoljnih sila (sopstvena težina svoda, težina ispune iznad svoda, težina kolovoza, težina čeonih

Sl. 39 – Grafičko ispitivanje oblika svoda



– Milan Gojković: *Kamene konstrukcije*, izdanje ICS, Beograd 1976.

zidova i ograde = stalno opterećenje „g" + pokretno, saobraćajno opterećenje = korisno opterećenje „p") u pojedinim poprečnim presecima svoda javljaju se unutrašnje sile – naponi. U svakom preseku dijagram napona je različit, odnosno naponi mogu biti ravnomerno ili neravnomerno raspoređeni po preseku (sl. 38), u zavisnosti od položaja rezultante spoljnih sila *(R)*. Napadna tačka rezultante spoljnih sila je istovremeno i napadna tačka rezultante unutrašnjih sila, napona – po zakonu akcije i reakcije. Ako se ove napadne tačke u pojedinim presecima svoda, odnosno luka spoje jednom linijom (krivom), onda se ta linija naziva – *linija pritisaka* ili *potporna linija svoda odnosno luka.*

Kako se iz prednjeg vidi, potporna linija može da ima različite oblike *zavisno od sheme opterećenja.* Ako je potporna linija po obliku bliska središnoj liniji, nalazi se u jezgru preseka (srednjoj trećini preseka), tada su naponi pritiska povoljno raspoređeni po preseku.

Statička analiza se obično provodi u dva dela: *ispitivanje oblika svoda* i *ispitivanje stabilnosti svoda.*

Ispitivanje oblika svoda može da ukaže i ukazuje na moguće rezultate ispitivanja njegove stabilnosti.

Ispitivanje oblika svoda treba da pokaže povoljnost oblika svoda u vertikalnoj projekciji. Oblik svoda je dobar ako su pri svakom mogućem opterećenju naponi pritiska ravnomerno raspoređeni po preseku, odnosno kada se oblik potporne linije poklapa sa oblikom središne linije. Međutim, to je teško postići (osim za idealan oblik svoda), pa se smatra – ako potporna linija za neko *srednje opterećenje (g+p/2)* odstupa od središne linije za $e \leqslant d/20$, gde je d = debljina svoda u posmatranom preseku, svod ima povoljan oblik. Odnosno, za takav oblik svoda i zadato opterećenje može se očekivati povoljan raspored normalnih napona po preseku.

Grafički postupak ispitivanja oblika svoda dat je na sl. 39 i sastoji se u sledećem:

– zbog simetrije, crta se samo 1/2 svoda u preglednoj razmeri – do ose simetrije;

– iscrtana polovina svoda podeli se u n lamela veličine $\lambda \approx 1{,}0$ do 1,5 m (manje λ – veća tačnost);

– veličina sila G_1, G_2, . . . G_n dobijaju se preko redukovanih vrednosti $u' = u \cdot \frac{\gamma_u}{\gamma_c}$ i $\frac{p'}{2} = \frac{p}{2} \cdot \frac{1}{\gamma_c}$, gde je: γ_u=zapreminska masa ispune; γ_c=zapreminska masa svoda; u=visina ispune iznad svoda i $\frac{p}{2}$=zadato srednje opterećenje. Račun se uz pomoć crteža (sl. 39) sprovodi tabelarno, za svaki presek od *0* do *n;*

– ako se z_n označe visine trapeza onda je

$$z_0 = d_0 + u'_0 + u'/2;\ z_1 = d'_1 + u'_1 + \frac{p'}{2};\ \ldots\ z_n = d''_n + u'_n + p/2$$

a veličine sila su

$$G_1 = \frac{z_0 + z_1}{2} \cdot \lambda \cdot \gamma_c;\ G_2 = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot \lambda \cdot \gamma_c;\ \ldots$$

$$G_n = \frac{z_{n-1} + z_n}{2} \cdot \lambda \cdot \gamma_c;$$

– sa ovako sračunatim silama G_n, sa napadnom tačkom u težištu odgovarajućeg trapeza, crta se plan sila (sa proizvoljno izabranom polnom tačkom *0'*, odnosno polnim zracima *0', 1', 2', . . . n'*);

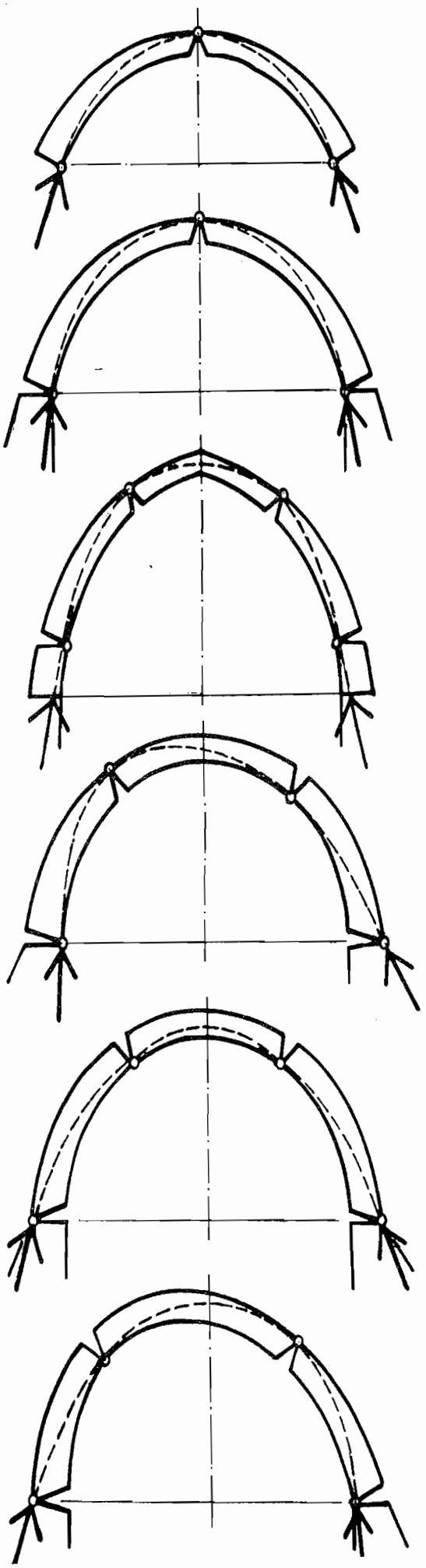
– veličina horizontalne sile H, horizontalni potisak svoda, i reakcija K – za zadato opterećenje – dobija se iz plana sila, tako, što se napadne tačke ovih sila usvajaju u *težištima temenog odnosno oslonačkog preseka.* To su u stvari i *fiktivni zglobovi* – tačke *c* i *a.*

Polazeći od usvojenog položaja fiktivnih zglobova određuje se na planu položaja tačka *S*, odnosno, na planu sila veličine sila H i K a samim tim i položaj nove polne tačke *0.* Iscrtavanjem novih polnih zrakova *0, 1, 2, 3, . . . n* i njihovim prenošenjem na plan položaja crta se novi poligon i to od tačke *c* do tačke *a*, sl. 39, a to je u stvari *potporna linija svoda* – za usvojeno opterećenje:

– Na kraju, na crtežu je potrebno konstatovati položaj potporne linije u odnosu na težišnu liniju svoda. Ukoliko je maksimalno odstupanje $e \leqslant d/20$, može se očekivati za zadato opterećenje povoljna naponska slika u pojedinim presecima svoda (pritisak).

Proračun stabilnosti svoda, kako je već pomenuto, svodi se usvajanjem fiktivnih zglobova na ispitivanje statički određenog sistema – na analizu „luka na tri zgloba". Po ovoj metodi moraju da se unapred usvoje tri tačke kroz koje mora da prođe linija pritisaka, odnosno potporna linija. To su ustvari fiktivni zglobovi.

Prilikom statičkog ispitivanja – analize starih svodova od kamena moguće su praktično tri faze u kojima se može naći svod. To su – *faza klasične ravnoteže* – slučaj kada svod „radi" u svemu kako je projektovan i uspešno nosi zadato opterećenje, bez deformacija i u granicama dopuštenog naprezanja ugrađenog materijala; faza – kada svod radi kao *deformisana konstrukcija* sa kontinualnom ali u odnosu na projektovanu deformisanom središnom linijom i sa naprezanjima koja uspešno prihvata ugrađeni materijal svoda; i treća faza – *lom konstrukcije* svoda, odnosno stanje kada dolazi do sloma usled velikih spoljnih uticaja (sila). U ovoj fazi na intradosu, odnosno ekstradosu svoda, praktično se formiraju zglobovi. U prvoj fazi potporna linija ima uglavnom pravilan oblik i njen položaj oscilira, zavisno od položaja opterećenja, oko središne linije – uglavnom u srednjoj trećini širine preseka (preseci su uglavnom pritisnuti, što odgovara kvalitetu i prirodi ugrađenog materijala). Faza deformisane konstrukcije svoda slična je prethodnoj sa evidentnom mogućnošću da se, zbog nepovoljnog odnosa oblika središne i potporne linije, u pojedinim presecima svoda mogu javiti i naponi zatezanja, odnosno povećani naponi pritiska (is-



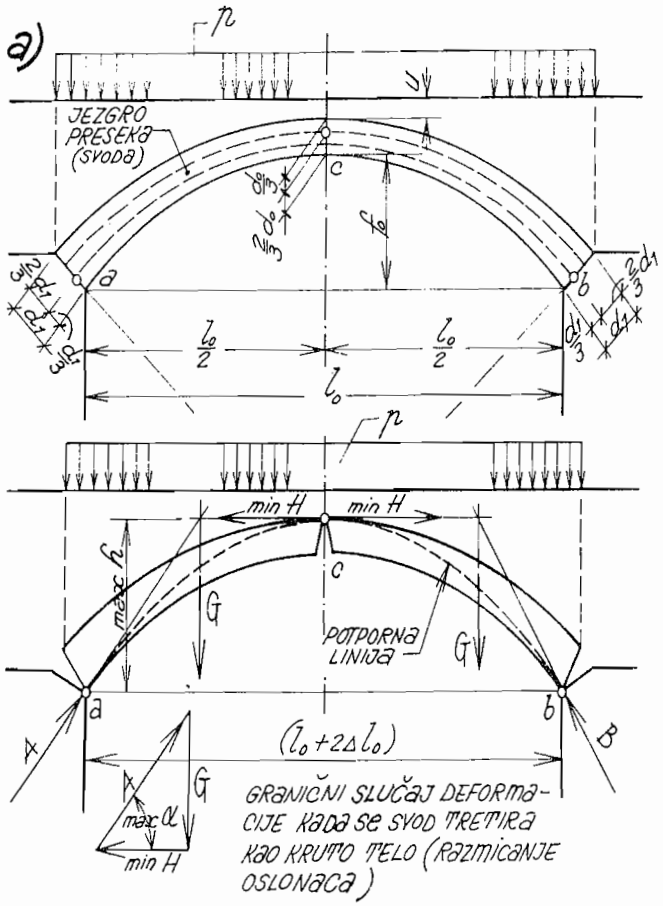
Sl. 40 – Mogući lokaliteti lomova kod masivnih svodova

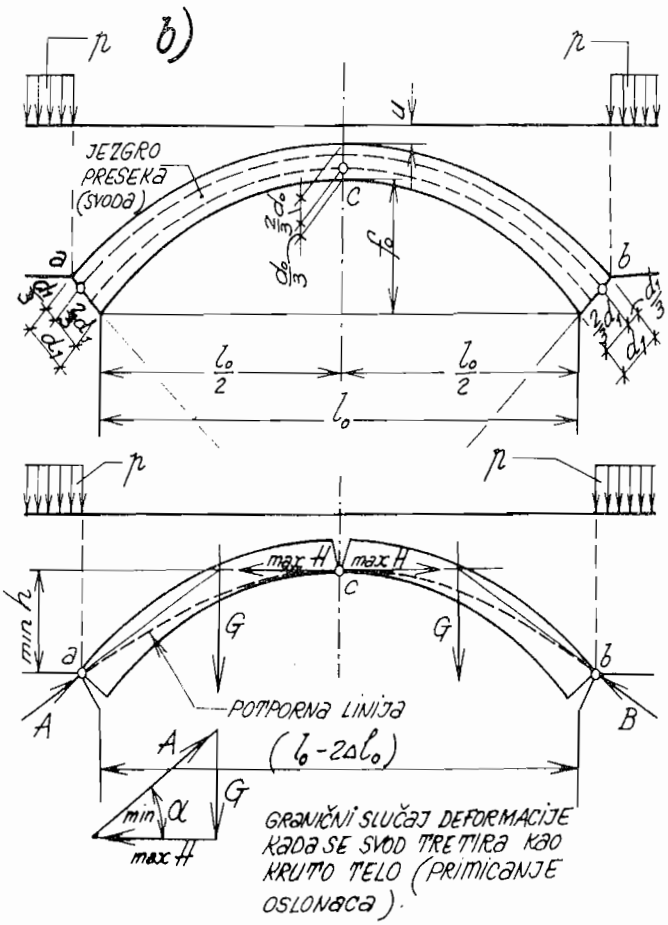
isključenjem zategnute zone preseka, videti sl. 38e). I u trećoj fazi – u fazi sloma konstrukcije svoda (kolapsu) – stabilnost se zasniva na čvrstoći ugrađenog materijala i novoformiranom statičkom sistemu, statičkom sistemu sa zglobovima.

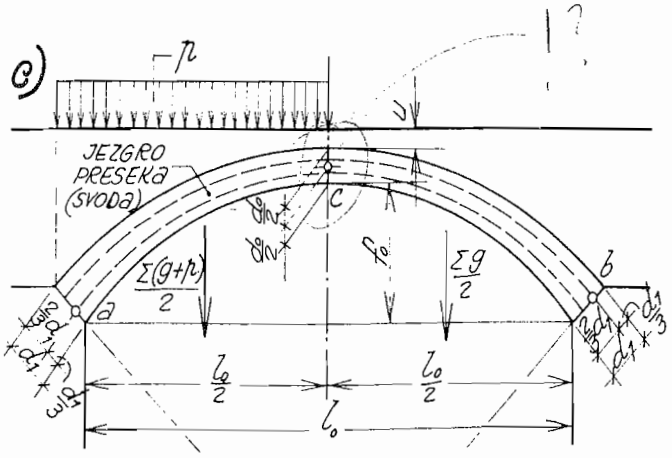
Do sloma u jednoj spojnici, preseku svoda, do otvaranja spojnice i formiranja zgloba (na intradosu ili ekstradosu) neće doći ako je: čvrstoća materijala na klizanje dovoljna da primi uticaje od poprečne sile u preseku (do klizanja ne može doći sve dok je ugao trenja u spojnici veći od ugla između aksijalne sile R i normale na spojnicu); u posmatranom preseku nema napona zatezanja ili ako ih ima oni su u dopuštenim granicama (povećani naponi pritiska, isključenjem zategnute zone preseka, ostaju u dopuštenim granicama). Međutim, udaljavanjem potporne linije od središne linije svoda odnosno u slučajevima kada normalna sila izađe iz srednje trećine preseka, što je nepovoljno, i kada ugrađeni materijal ne može da primi napone zatezanja odnosno uvećane napone pritiska (koji nastaju isključenjem zategnute zone preseka) – nastupa drobljenje, lom ugrađenog materijala – spojnica se otvara na zategnutom delu preseka a na pritisnutoj ivici svoda formira se zglob. Tako deformisana konstrukcija svoda jeste zglobni sistem i statički se mora analizirati kao sistem krutih ploča međusobno spojenih zglobovima (poporna linija ide od zgloba do zgloba, nepravilna je, i statička analiza je samim tim i kompleksnija). Moguće deformacije, lomovi svoda, mogu biti posve različiti. Od dispozicije lokaliteta lomova zavisi i statički sistem koji se obuhvata adekvatnim statičkim proračunom. Na sl. 40 prikazane su neke mogućnosti kolapsa kamenih svodova.

Kao što se iz sl. 40 vidi lomovi mogu biti različiti – simetrično ali i nesimetrično raspoređeni u konstrukciji svoda. Statička analiza svodova sa više od tri zgloba razlikuje se od uobičajenih, nešto je složenija, ali uz relevantne parametre i analize dovodi do pouzdanog rezultata. Takav proračun, osim uobičajenog, obuhvata moguće promene dimenzija nosećeg sistema, promene broja i lokaliteta zglobova, variranje oblika središne – težišne linije svoda, i slično, odnosno svaki slučaj opterećenja mora se posmatrati posebno.

Princip izbora fiktivnih zglobova prikazan na sl. 41. – zasniva se na dva granična i u praksi uobičajena slučaja ponašanja jednog svoda. Naime, ako se uzme da je svod opterećen punim korisnim opterećenjem p i pod pretpostavkom da oporci svoda popuste, da dođe do razmicanja oslonca (sl. 41a), deformacijom svoda formiraće se zglobovi i to u tački c na ekstradosu i u tačkama a i b na intradosu (stvaranjem pukotina). Potporna linija mora da prođe kroz ova tri zgloba (tačke kod kojih je $_{max}h$ i $_{max}\alpha$) i u ovom slučaju to je *minimalna potporna linija* jer joj odgovara min H. Drugi granični slučaj je na primeru kada se javlja *maksimalna potporna linija* odnosno maksimalna veličina horizontalnog potiska – max H. Ovaj slučaj nastupa kada se most optereti opterećenjem p levo i desno







Sl. 41 – Grafičko ispitivanje stabilnosti svodova – princip izbora fiktivnih zglobova

od svoda odnosno kada može da nastupi primicanje oslonaca (smanjenje raspona), sl. 41b. Tada je vertikalno rastojanje najmanje ($_{min}h$ i $_{min}\alpha$) jer se zglobovi formiraju – u temenu na intradosu a na osloncima, tačke *a* i *b*, na ekstradosu svoda.

Na osnovu napred datih graničnih slučajeva deformacija kao i opštih uslova stabilnosti svoda, usvajaju se prilikom proračuna tačke kroz koje treba da prođe potporna linija – *usvajaju se fiktivni zglobovi*. Kao što se iz sl. 41 vidi, iz graničnih deformacija, potporna linija prolazi kroz tačku otvorene spojnice, kroz deformacijom formiran zglob (teorijski, pritisak se prenosi preko tačke, pa usled velike pritiskujuće sile i male površine nastupa drobljenje materijala što samim tim može da dovede do rušenja svoda). Iz prednjeg se zaključuje – da bi u karakterističnim presecima dobili zadovoljavajuće naponsko stanje (bez zatezanja u preseku) – *fiktivne zglobove treba usvojiti na granici jezgra odgovarajućeg preseka odnosno na trećini visine preseka* (v. sl. 38). Usvajajući fiktivne zglobove na trećinama visina preseka, na granici jezgra preseka, sl. 41. statički neodređeni sistem svoda, uklješten luk, svodi se na *statički određeni sistem* – na luk sa tri zgloba.

Razmatranjem dva granična slučaja, pod a) i pod b) – v. sl. 41 – dolazi se do položaja fiktivnih zglobova za nesimetrično opterećenje – u svemu kako je to dato na sl. 41, pod c).

Dugogodišnja iskustva u građenju kamenih mostova pokazuju da je dovoljno ispitati stabilnost svoda za tri moguća granična slučaja opterećenja, i to:

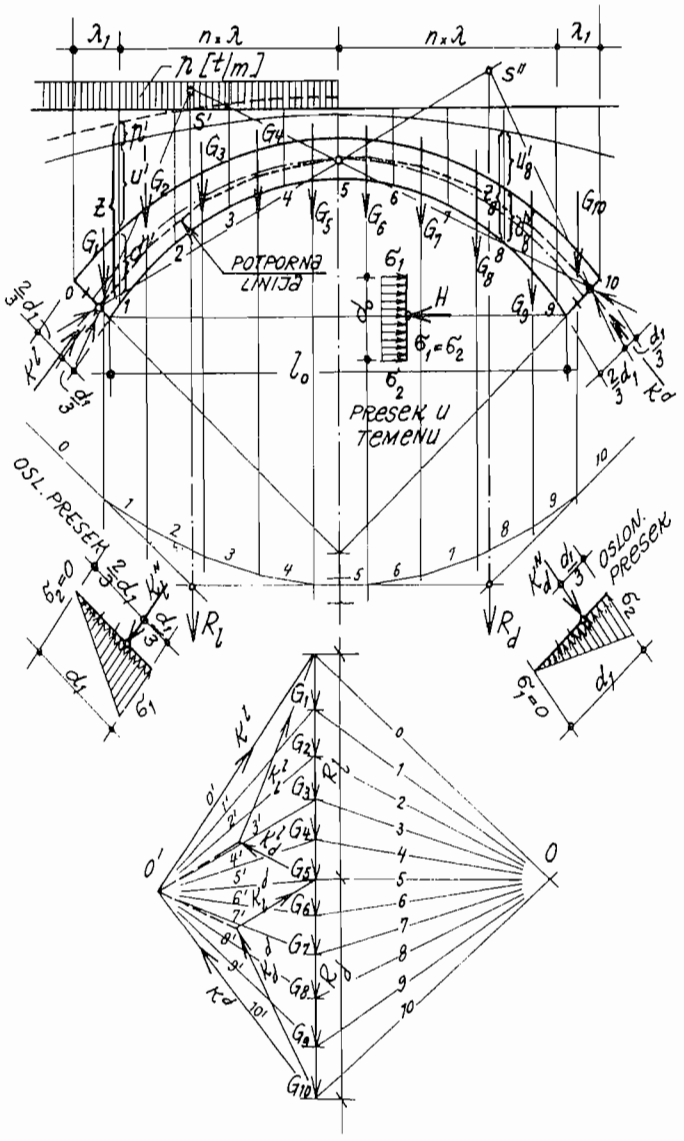
1. Svod je opterećen punim saobraćajnim opterećenjem *p* preko celog raspona – *za simetrično opterećenje*. Fiktivni zglobovi usvajaju se u svemu kako je dato na sl. 41a. Prilikom grafičke analize, crta se samo jedna polovina svoda, do ose simetrije. Potporna linija treba da ostane u jezgru preseka, normalni naponi u posmatranim presecima moraju biti manji od dopuštenih i ugao nagiba potporne linije, prema preseku, mora biti manji od ugla trenja za odgovarajući materijal ugrađen u konstrukciju svoda;

2. Svod je opterećen samo sopstvenom težinom a levo i desno punim saobraćajnim opterećenjem *p*, v. sl. 41b. I u ovom slučaju svod se crta do ose simetrije a fiktivni

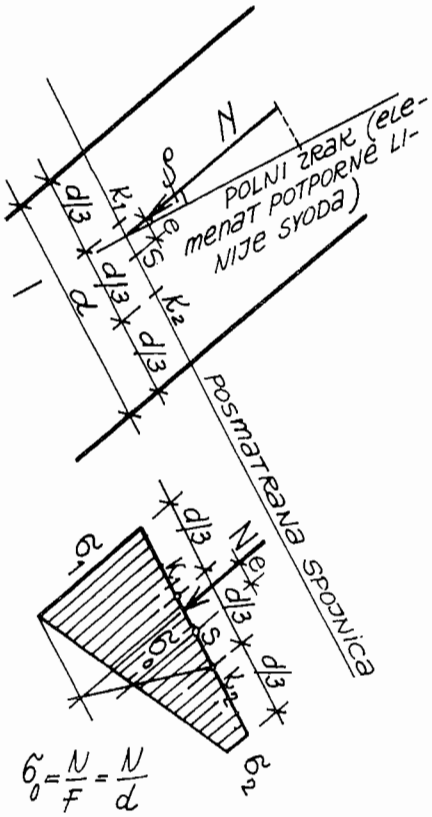
zglobovi usvajaju kako je to dato na slici. Potporna linija mora da zadovolji iste uslove kao pod 1); i

3. Svod je na jednoj polovini opterećen punim saobraćajnim opterećenjem p a na drugoj opterećen je samo sopstvenom težinom – *za nesimetrično opterećenje* svoda. Za ovaj slučaj opterećenja potporna linija treba da prođe kroz fiktivne zglobove, u svemu prema sl. 41c). Ovde se, za ovaj slučaj opterećenja, daje postupak grafičke analize (za prednja dva opterećenja postupak je isti – samo se crta do ose simetrije).

Postupak se sastoji u sledećem: zbog nesimetričnog opterećenja iscrtava se ceo svod, zatim se konstrukcija svoda izdeli u lamele i sračuna težina svake lamele, odnosno veličina sila G_n (u svemu isto kao i kod ispitivanja oblika svoda, v. sl. 39). Sa usvojenim položajem fiktivnih zglobova, sl. 42, grafičkim putem nalaze se rezultante R_l i R_d odnosno reakcije svoda – sile K_l i K_d (adekvatno postupku za proračun lukova na tri zgloba). Plan sila K_l, K_d, G_1, G_2 . . . G_n određuje nov pol $0'$ i nove polne zrake $0'$, $1'$, $2'$ . . . n'. Ovi novi polni zraci su de facto elementi



Sl. 42 – Grafički postrupak prilikom ispitivanja stabilnosti svoda – za nesimetrično opterećenje



Sl. 43 – Dijagram normalnih napona

potporne linije za zadato opterećenje. Iscrtavanjem zrakova $0'$, $1'$, $2'$ . . . n' na planu položaja, dobija se njen oblik i odnos prema središnoj liniji svoda a samim tim i potrebni elementi, očitavaju se sa crteža, za konstrukciju dijagrama napona u posmatranom preseku. Na primer, za posmatranu spojnicu koja seče određeni polni zrak treba očitati veličinu sile, sa plana sila koji se crta u određenoj razmeri, i veličini ekscentriciteta u odnosu na središnu liniju – sl. 43. Sa ovim vrednostima na poznat način dobijaju se veličine napona σ_1 i σ_2, koji se upoređuju sa dopuštenim naponima za ugrađeni materijal u konstrukciju svoda. Obično je dovoljno sračunati veličine napona u oslonačkim presecima, u temenom preseku, i u presecima u četvrtinama raspona.

Ovde se daju još neke napomene koje mogu biti od koristi prilikom proračuna stabilnosti svodova. Za svodove uglavnom svih starih mostova zajedničko je – velike mase, veliko stalno opterećenje, i neznatno korisno-pokretno opterećenje. Iz razloga što je onovremensko korisno-pokretno opterećenje bilo malo, mnogi stari mostovi uspešno se koriste i za sadašnje-savremeno pokretno opterećenje.

Napominje se da i konstrukcija svoda ima uticaj na veličine naprezanja. Naime, nije svejedno da li je svod ozidan tesanim, doteranim ili lomljenim kamenom, da li su radijalne spojnice veće ili manje debljine. Može se postaviti pravilo: ukoliko je svod ozidan kvalitetnije obrađenim kamenom (tesanim) i sa tanjim spojnicama utoliko je njegova otpornost na opterećenje veća i njegovo ponašanje pod opterećenjem pravilnije. I obrnuto.

Na konstrukcijama starih kamenih mostova ne može se jasno odvojiti rad čeonih zidova (timpana) i ispune mosta, a u nekim primerima i kolovozne konstrukcije (Stari most u Mostaru, na primer) – od rada svoda. To znači da i ovi elementi – nekad više a nekad manje, zavisno od konstrukcijskih karakteristika – učestvuju u radu svoda. Drugim rečima, provedene statičke analize i pored svoje rigoroznosti ne daju pravu sliku o naponskim stanjima u pojedinim presecima svoda. Naprezanja ugrađenog materijala mogu biti, a u mnogim primerima i jesu, znatno manja od sračunatih, jer u statičkom radu svoda učestvuje i nadgradnja iznad svoda (čeoni zidovi, posebno ispuna mosta kada je ista koherentna masa – izvedena u malteru).

Zavisno od položaja pokretnog opterećenja potporna linija svoda „šeta" po preseku, menja se od slučaja do slučaja (opterećenja). Isto tako evidentna je pomerljivost „zglobova", tačaka kroz koje prolazi potporna linija (nehomogenost građe svoda, postojanost prslina i pukotina, neadekvatnost položaja „zgloba" sa poprečnim presekom i slično), što ima za posledicu da su stvarna naponska stanja različita uglavnom manja – povoljnija od sračunatih. Statičke analize polaze uglavnom od idealizovanog stanja u konstrukciji svoda (homogenost, „zglob" u jednom preseku i sl.). Međutim, stvarno stanje je puno složenije. To znači da u nekim primerima – zavisno od značaja i stanja konstrukcije – statički proračun treba provesti za više mogućih faza, za više mogućih okolnosti u kojima se može naći konstrukcija svoda. A jedna takva analiza može biti i složena i obimna.

I najzad, adekvatne statičke analize uz sve napred navedene polazne pretpostavke mogu se sprovesti korišćenjem savremene računske tehnike – računara.

3.7.4. DOPUŠTENI NAPONI

Veličina dopuštenih napona za određivanje nosivosti kamenih, odnosno bolje rečeno zidanih mostova, posebno je kompleksan problem. Nosivost elemenata ovakvih konstrukcija, pod pretpostavkom da su materijali ispravno ugrađeni i da imaju određen kvalitet, zavisi od dva osnovna materijala: kamena i maltera. Od ova dva materijala od presudne važnosti je slabija komponenta – malter.

Kamen kao materijal za zidane mostove posmatran kroz parametar čvrstoće na pritisak pokazuje znatne razlike, kako međusobno za jednu istu vrstu stene tako i između različitih vrsta stena. Za zidane mostove važna je čvrstoća na pritisak. No treba imati u vidu da je čvrstoća kamena na savijanje cca 10 puta manje od čvrstoće na pritisak i da je čvrstoća na zatezanje za nekih 20 puta manja od čvrstoće na pritisak. U donjoj tabeli, prema podacima iz literature, dat je pregled čvrstoća kamena na pritisak za vrste koje se najčešće koriste (ili su se koristile):

Vrsta stene	Čvrstoća u kN/cm²
Granit	srednja 15–max 25
Sijenit	17–26
Diorit	20–26
Daciti	min. 11-sred. 16-max. 31
Rioliti, kvarcporfiriti	13–18
Dijabazi	srednja 23
Krečnjak	između 6 i 18
Peščar	između 6 i 20
Dolomiti	između 12 i 35
Bigar	između 2 i 11
Konglomerati, breče	između 5 i 16
Mermeri	od 5 do 20
Serpentin	oko 15
Gnajs	od 11 do 20
Opeka (zavisno od marke)	od 0,7 do 2

Za zidane konstrukcije je od važnosti i prianjanje maltera za kamen. U pravilu, prijanjanje je veće što je površina kamena rapavija i kamen porozniji. Primera radi (takođe prema podacima iz literature) prijanjanje je:

– kod granita cca 200 N/cm², i

– kod krečnjaka oko 250 N/cm².

Malteri kao slabija komponenta u jednom zidanom konstrukcijskom elementu takođe pokazuju veliko „rasipanje" mehaničkih karakteristika. Činjenica je da srednjevekovni malteri u ne malo primera imaju veću čvrstoću od današnjih cementnih maltera (spravljani sa krečom kao vezivom i dodacima: crvenicom, tucanom opekom i različitim organskim supstancama). Primera radi, prema Felmiju, čvrstoća maltera na Trajanovom mostu preko Dunava (građen 104. godine n.e.) je oko 3,00 kN/cm².

Svi postojeći uglavnom stari malteri, a to isto važi i za novije cementne i produžne, odnosno krečne maltere, svrstavaju se u grupe po „markama" (pri tome čvrstoća na pritisak u kN/cm² odnosno u barima označava i marku maltera). U donjoj tabeli dat je pregled čvrstoća, odnosno marki maltera:

Marka maltera	Čvrstoća na pritisak [$\beta_{pr.}$]	Čvrstoća na zatezanje pri savijanju [$\beta_{sav.}$]
5	5	3
25	25	10
50	50	17
100	100	24
200	200	~ 36

β=čvrstoća na pritisak posle 28 dana u kp/cm².

Kvalitet obrade kamena koji se može sresti i koji se koristi u elementima zidanih konstrukcija jeste:

Lomljeni kamen je kamen nepravilnog oblika, onakav kakav je dobijen iz majdana – bez ikakve obrade. U zidu se nalazi tako da mu je najveća površina u stvari ležišna površina. Konstrukcijski element od ovakvog kamena ima nepravilne spojnice debljine i do nekoliko cm. Lomljeni kamen, zavisno od prirode stene od koje je dobijen,

može da ima i izrazito pločasti oblik – pločasti lomljeni kamen. Kod ovih elemenata spojnice imaju manju debljinu (što je povoljnije);

Doterani kamen, pod ovim pojmom podrazumevaju se komadi pogodne veličine čija je obrada izvršena isključivo čekićem. Kod upotrebe pločastih komada obradom se dobija pločasti doterani kamen;

Polutesan kamen je kamen koji je obrađen samo na svojoj vidnoj površini i delimično na ležišnim i dodirnim površinama (na dubini ležišne spojnice od 10 do 15 cm); i

Tesani kamen je kamen koji je obrađen na svim površinama. Pri tome ležišne i dodirne površine mogu biti različito obrađene. Što je površina ravnije obrađena to je debljina spojnice maltera manja i obrnuto (primera radi, kod štokovanih površina debljina maltera u spojnicama je od 2 do 5 mm).

Dopušteni naponi (u N/cm²) koji se koriste u savremenoj praksi zidanih konstrukcija (sa spojnicama ispunjenim malterom) dati su u sledećoj tabeli. Koliko je autoru ovih redova poznato ti naponi nisu definisani odgovarajućim propisima, već su rezultat prakse i podataka iz literature. Pri tome važe kriterijumi: masivni zidovi i stubovi su kada je $d \geq H/6$ *ili* ≥ 60 *cm;* vitki zidovi i stubovi su kada je $6 < H/d \leq 15$ (u praksi zidanih mostova vitki stubovi su retko korišćeni; u prednjim izrazima je: H=visina stuba i d=debljina zida).

Tablica dopuštenih napona za konstrukcijske elemente od kamena [u N/cm²]

Vrsta stene od koje je dobijen kamen za zidanje	Konstrukcijski elementi od tesanog kamena					Zidovi, svodovi i masivni stubovi		
	ležišni kvaderi	zidovi	svodovi	masivni stubovi	vitki stubovi	pločasti lomljeni kamen	doterani kamen	lomljeni kamen i ciklopski zidovi
Cementni malter u razmeri 1:3 i 1:4								
Granit, sijenit i slične stene	600	500	400	300	100	300	250	200
Jedri peščari i jedri krečnjaci	300	250	200	150	80	150	120	100
Peščari sa krečnim vezivom, slabiji krečnjaci i stene	150	120	100	100	50	100	80	60
Vulkanski tufovi i slične stene	–	80	60	60	–	60	40	30

Tablica dopuštenih napona u zidovima od opeke (prema PTP-7) kada je

$$\frac{\text{visina zida}}{\text{debljina zida}} < 4$$

[u N/cm²]

Marka opeke	Cementni malter	Produžni malter	Krečni malter	Glineni malter
200	220	180	–	–
150	160	140	100	–
110	–	110	80	–
70	–	80	60	50

Napomene:
* Marka opeke =čvrstoća na pritisak u kp/cm² odnosno u barima;
* Klasifikacija stubova (definiše se odnosom širine prema visini); < 8 masivni, 8–15 vitki, i >15 vrlo vitki;

* Dopušten napon na zatezanje od savijanja ≤1/10 dopuštenog napona na pritisak;

* Dopušten napon na smicanje:

– za zidove u cementnom malteru ≤1/10 dopuštenog napona na pritisak

– za zidove u produžnom malteru ≤1/10 dopuštenog napona na pritisak s tim da veličina ovog napona bude ≤1/10 N/cm²;

* Ako se ivični napon računa sa isključenjem napona na zatezanje, za pravougaoni presek, maksimalni ekscentricitet je $b/3$, *gde je* b=širina ispitivane spojnice (ili ≤$b/6$ od pritisnute ivice).

Tablica dopuštenih napona u zidovima od opeke (PTP-7) za odnose

$$\frac{\text{visina zida}}{\text{debljina zida}} \geq 4$$

Marka opeke	Malter	Dopušten napon (N/cm²) pri odnosu 4	5	6	8	10	12
200	cementni	220	160	130	110	90	80
	produžni	180	130	110	90	80	70
150	cementni	160	110	90	70	60	50
	produžni	140	100	80	60	50	40
	krečni	100	70	50	30	20	–
110	produžni	110	80	60	40	30	20
	krečni	80	60	40	20	10	–
70	produžni	80	60	40	20	10	–
	krečni	60	40	20	10	–	–
	glineni	50	40	20	–	–	–

pri tome dopusteni napon na pritisak ≤1/5 utvrđene minimalne pojedinačne čvrstoće opeke.

* * *

S obzirom da se malter nalazi u spojnicama koje mogu da imaju različite debljine, i to:

– minimalnu (do 10 mm) kod tesanog kamena,

– nešto veću, do 20 mm, kod doteranog kamena, i

– debljinu do nekoliko cm – kod konstrukcijskih elemenata od lomljenog kamena, kao i da je malter u zidanoj konstrukciji u prostornom naponskom stanju, i uzimajući u obzir činjenicu da je čvrstoća kamena daleko veća od maltera (i do 20 puta), tablica dopuštenih napona za *uslovljeno opterećenje kod starih mostova* dobija se uve-

ćanjem napona datih u tablici na str 43. za cca 30% do 35%.

Data tablica dopuštenih napona važi za konstrukcijske elemente od prirodnog kamena ozidane malterom „marke veće od 200". odnosno:

za masivne zidove i stubove ≥200 N/cm²,

za svodove ≥300 N/cm²,

a sve pod pretpostavkom da je malter u spojnicama kompaktan, zdrav i neoštećen.

Tablica dopuštenih napona za ispitivanje stabilnosti zidanih mostova u poosebnim uslovima i okolnostima (Pod posebnim uslovima i okolnostima podrazumeva se veliko opterećenje, opterećenje veće od uobičajenog, vozila težine do 20 t. i za kolapsno odnosno predkolapsno stanje mosta). [u N/cm²]

Vrsta stene od koje je dobijen kamen za zidanje	Konsttrukcijski elementi od tesanog kamena					Zidovi, svodovi i masivni stubovi		
	ležišni kvaderi	zidovi	svodovi	masivni stubovi	vitki stubovi	pločasti lomljeni kamen	doterani kamen	lomljeni kamen i cikl. zidanje
1. Granit. sijenit i slične stene sa čvrstoćom ≧ 15 kN/cm²	800	650	550	400	140	400	350	280
2. Jedri krečnjaci i jedri peščari i uopšte stene sa čvrstoćom ≧ 12 kN/cm²	500	350	300	220	100	220	180	140
3. Slabiji peščari i krečnjaci i slične stene sa čvrstoćom ≧ 9 kN/cm²	250	160	140	140	70	140	120	90
4. Za stene čvrstoće ≧ 6 kN/cm²	—	120	100	100	—	100	80	60

Napomene uz prednju tablicu:

– Čvrstoća jednog masivnog zida, odnosno svoda u celini zavisi od kvaliteta upotrebljenog maltera. Ako se čvrstoća jednog konstrukcijskog elementa – zida, svoda, masivnog stuba – identifikuje sa čvrstoćom maltera, tada minimalna čvrstoća treba da je ≧200. Dopušteni naponi na pritisak dati su u gornjoj tabeli;

– Dopušteni napon na zatezanje od savijanja ≤*1/10* dopuštenog napona na pritisak, pri čemu maksimalni ivični napon na zatezanje ne može biti veći od 30 N/cm²;

– Dopušteni napon na smicanje ≦1/12 dopuštenog napona na pritisak, s tim da veličina ovog napona ne pređe vrednost 25 N/cm²;

– Za čvrstoće konstrukcijskih elemenata sa markom maltera manjom od 200 a većom od 100, napone iz prve dve horizontalne kolone treba smanjiti za 15%. Kriterijum za dopuštene napone na zatezanje od savijanja i od smicanja je kao napred, s tim da je maksimalni ivični napon na zatezanje 25 N/cm², a na smicanje ≦ 20 N/cm²;

– Za konstrukcijske elemente kod kojih je čvrstoća maltera veća od 50 a manja od 100 dopuštene napone iz prednje tablice treba smanjiti za 30%. Kriterijum za dopuštene napone na zatezanje od savijanja i smicanja je kao napred, s tim da je maksimalni ivični napon na zatezanje 20 N/cm², a na smicanje 16 N/cm². Za zidove i masivne stubove zidane lomljenim kamenom u krečnom malteru može se uzeti σ_{dop} =60 N/cm², a za svodove, zidove i masivne stubove ozidane pločastim lomljenim kamenom i sa krečnim malterom σ_{dop}=90 N/cm²;

– Ako se ivični napon računa sa isključenjem napona na zatezanje, za pravougaoni poprečni presek maksimalni ekscentricitet je *b/3,* gde je *b*=širina ispitivane spojnice (ili =*b/6* od pritisnute ivice preseka).

Prilikom ispitivanja napona u posebno kritičnim presecima, ukoliko je povećani napoń na pritisak sa isključenjem napona zatezanja (zategnute zone preseka) ≦ od napona datog u prednjoj tabeli, smatra se da je presek napregnut u dopuštenim granicama bez obzira na veličinu napona zatezanja. Pri tome mora da bude zadovoljen kriterijum da je maksimalni ekscentricitet ≦*b/3.*

U slučaju da je napon zatezanja od savijanja veći od 1/10 dopuštenog napona na pritisak (30 odnosno 25 odnosno 20 N/cm²), a da se radi o jednom (kod zidova), odnosno dva ispitivana preseka (kod svodova), dobijenu veličinu napona zatezanja treba uporediti sa vrednošću 0.5 $\beta_{sav.}$ – zatezanja pri savijanju za određenu marku maltera. Ukoliko je odnos

$$\frac{0.5\beta_{sav.}}{\text{sračunati napon zatezanja}} \leqq 2$$

može se smatrati da presek ima dovoljno sigurnost. Pri tome napon na pritisak mora da ostane u dopuštenim granicama, odnosno $\sigma_{prit} \leqq_{dop} \sigma_{prit.}$

Tablica dopuštenih napšona u masivnim zidovima i svodovima od opeke za ispitivanje stabilnosti zidanih mostova u posebnim uslovima i okolnostima

važi za odnose: $\frac{\text{visina zida}}{\text{debljina zida}} < 4$

Osnovni dopušteni naponi iz tablice na str. 43 (prema PTP-7) uvećana za 35%

Marka opeke	Dopušten napon u N/cm²			
	cementni malter M>100	produžni malter M>50	krečni malter M>25	glineni malter
200	300	240	–	–
150	220	180	130	–
110	–	150	110	–
70	–	110	80	65

– Dopušten napon na zatezanje od savijanja ≤1/10 dopuštenog napona na pritisak;

– Dopušteni napon na smicanje:

- za zidove u cementnom malteru=1/10
- za zidove u produžnom malteru=1/12
- za zidove u krečnom malteru =1/15

} dopuštenog napona na pritisak

– Ako se ivični napon računa sa isključenjem napona na zatezanje, za pravougaoni poprečni presek, maksimalni ekscentricitet normalne sile ≤*b/3*, gde je *b*=širina ispitivane spojnice (ili ≤*b/6* od pritisnute ivice preseka).

* * *

Nosivost konstrukcijskih elemenata od prirodnog kamena (a i od opeke) menja se vremenom. Ove promene su spore ali evidentne.

Na trajnost i nosivost utiču: voda, temperaturne promene, atmosferilije, hemijski uticaji, početna svojstva kamena (pukotine, čvrstoća), način obrade kamena, način zidanja (kvalitet), kvalitet maltera, izloženost spojnica agresivnim uticajima i slično.

* * *

Prilikom projektovanja sanacionih radova u nearmiranom betonu treba koristiti dopuštene napone date u donjoj tabeli.

Dopušteni naponi pritisak [N/cm²] za nearmirani beton

Vrsta napona	Marka betona			
	15	20	30	>30
Središni napon pritiska σ_c	250	350	600	$0.2 \cdot f_k$
Ivični napon pritiska σ_r	350	500	800	$0.25 \cdot f_k$

Napomene:

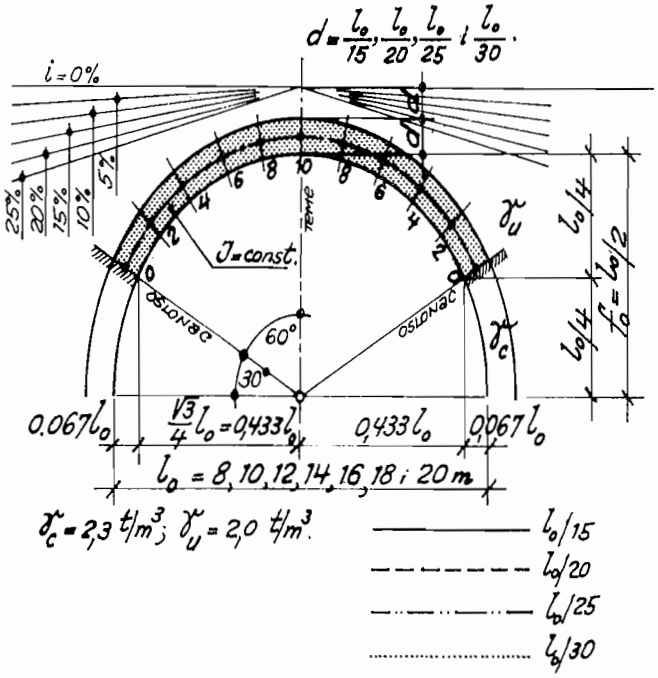
* Dopušten ivični napon zatezanja od savijanja u nearmiranom betonu je 10% od vrednosti dopuštenih napona iz gornje tabele;

* Ivični napon zatezanja nearmiranih elemenata opterećenih na složeno savijanje ne smeju biti veći od 1/5 ivičnih napona pritiska koji se istovremeno pojavljuju u preseku; i

* Dopušteni ivični naponi zatezanja u nearmiranom betonu odnose se samo na preseke van radnih spojnica.

3.7.5. NAPONSKA STANJA SVODOVA

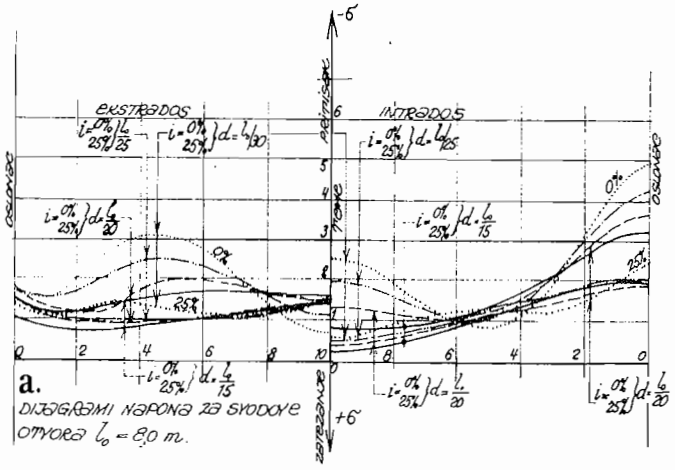
Poznata je činjenica da se prve teorije vezane za proračun svodova javljaju na Zapadu, u Francuskoj, krajem XVII i u XVIII veku. U regione Balkanskog poluostrva ove teorije došle su mnogo kasnije, tako da se manje-više za sve mostove sagrađene i u toku XVIII veka može sa sigurnošću tvrditi da su nastali na tekovinama tradicionalnog načina građenja, na principima stvaranim kroz vreme

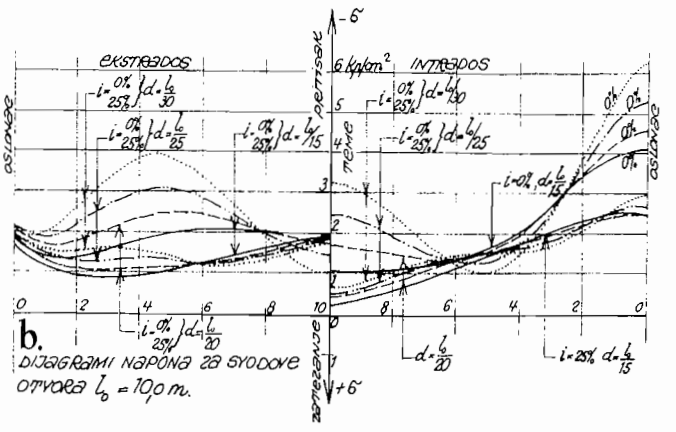


Sl. 44 – Polazne veličine za proračun polukružnih svodova

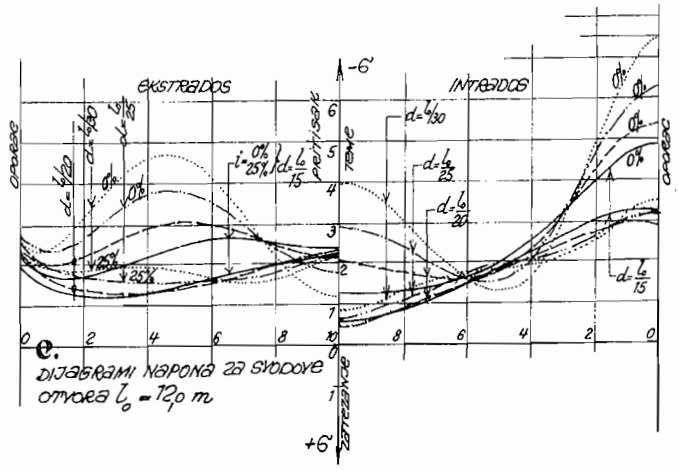
i iskustvo, na skromnim teorijskim znanjima starih neimara (uglavnom iz matematike i geometrije).

Detaljno sprovedene statičke analize i istraživanja svodova na starim kamenim mostovima daju uvid u stvarna naponska stanja starih svodova. Na primer, za svodove polukružnog oblika sa veličinama otvora od 8,0 do 20,0 m, sa promenljivim parametrima (konstantna debljina svoda varira od $l_0/15$ do $l_0/30$) i promenljivim nagibima

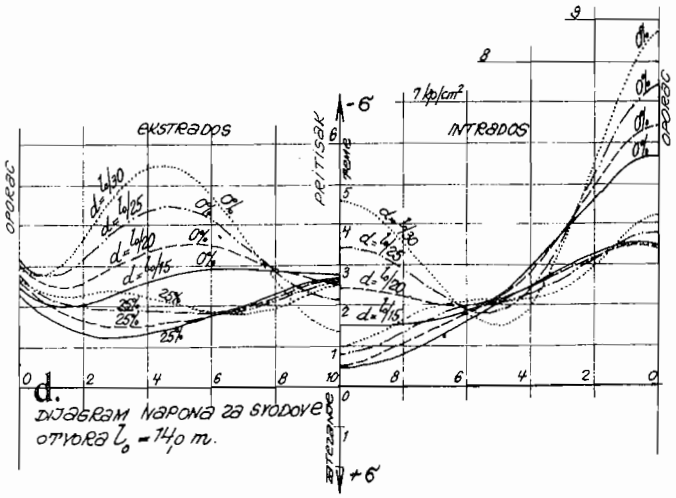




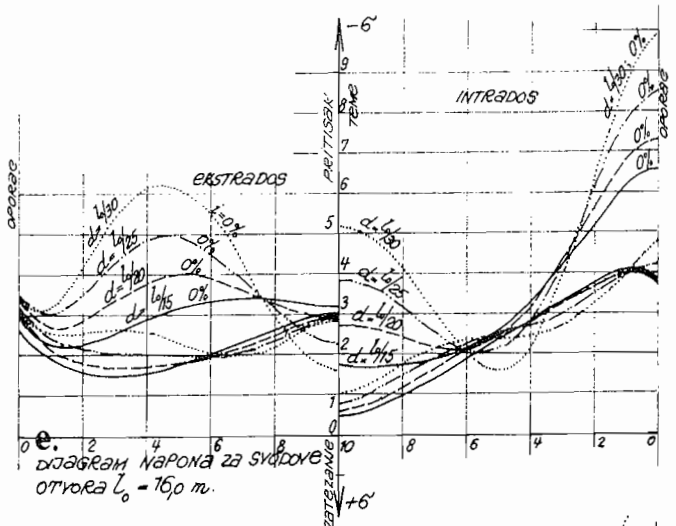
Sl. 45 . . .



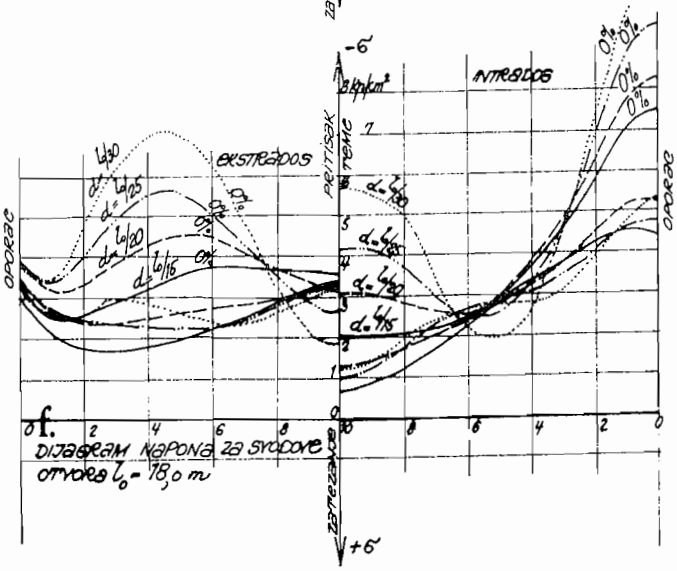
e. DIJAGRAMI NAPONA ZA SVODOVE OTVORA $l_0 = 12{,}0$ m



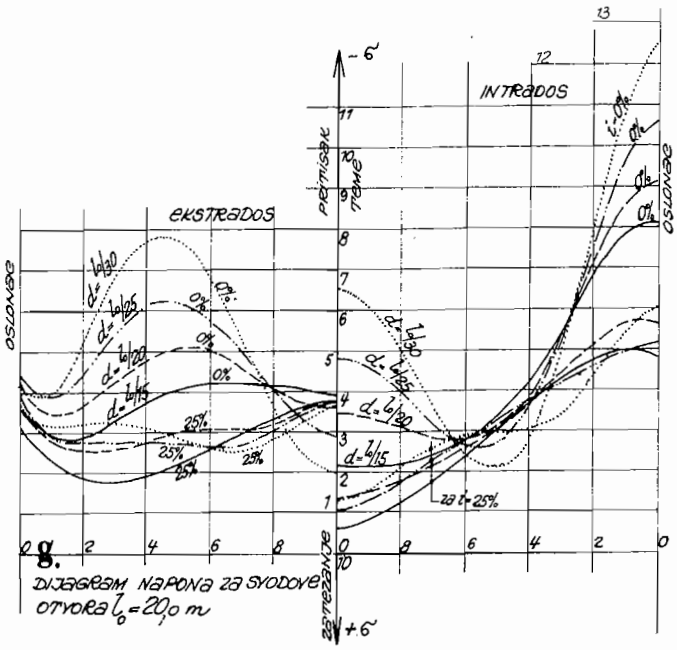
d. DIJAGRAM NAPONA ZA SVODOVE OTVORA $l_0 = 14{,}0$ m.



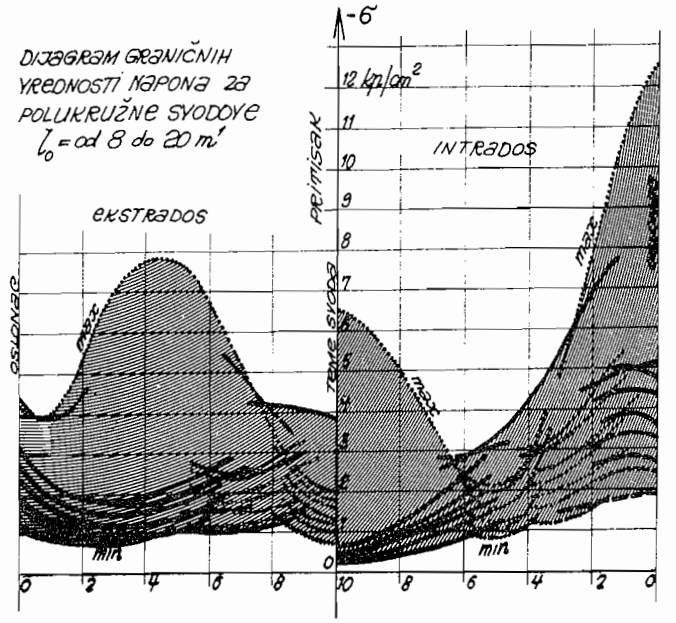
e. DIJAGRAM NAPONA ZA SVODOVE OTVORA $l_0 = 16{,}0$ m.



f. DIJAGRAM NAPONA ZA SVODOVE OTVORA $l_0 = 18{,}0$ m



g. DIJAGRAM NAPONA ZA SVODOVE OTVORA $l_0 = 20{,}0$ m

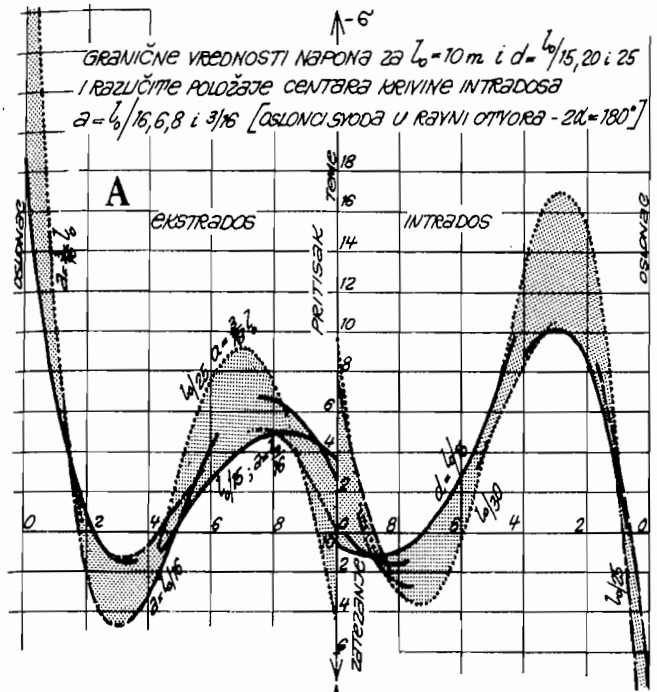


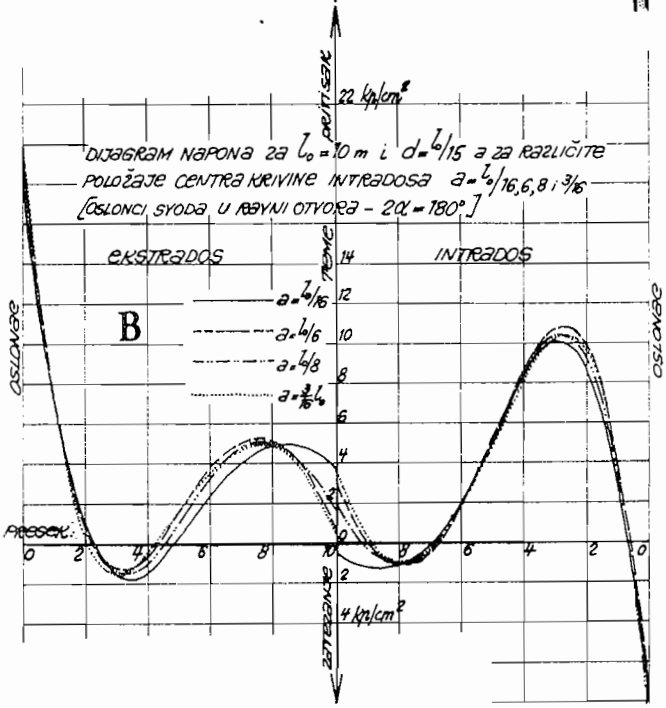
Sl. 45 – Dijagrami napona za polukružne svodove različitih veličina otvora

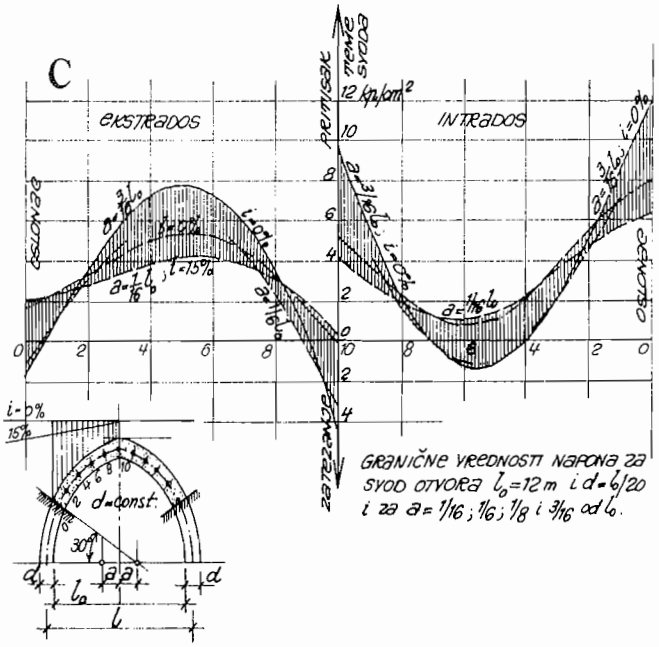
nivelete od 0% do 25%, sa uklještenjem svoda na $f_0/2$ – u svemu sa podacima prema sl. 44 – dobijeni su sledeći rezultati (račun sproveden na računaru IBM):

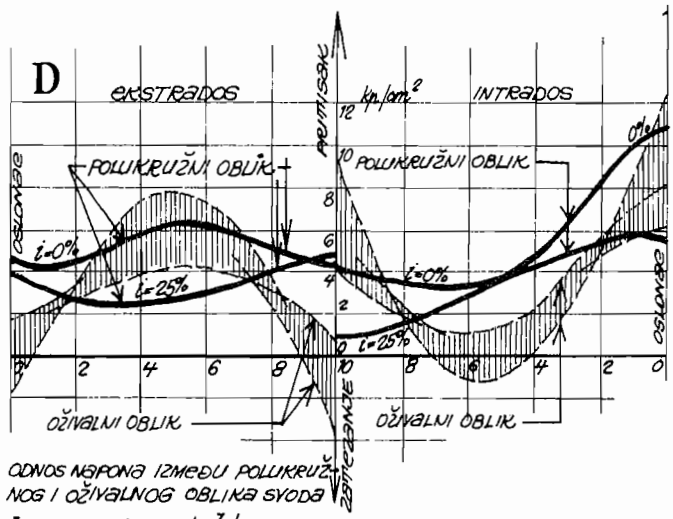
– Kao što se iz sl. 45 vidi preseci svoda su stalno pritisnuti, što nije bez značaja (isto važi i za segmentne svodove sa stinjenošću $=1/3{,}46$). Veličine napona su relativno male – do 80 N/cm² na ekstradosu i 125 N/cm² na intradosu. Ukoliko je debljina svoda manja, veličine napona pokazuju veće oscilacije. Ovo navodi na zaključak da su stari graditelji znalački određivali dimenzije svodova s obzirom na kvalitet i vrstu ugrađenog materijala – posebno maltera.

Slična analiza sprovedena je za svodove oživalnog oblika, odnosno za svodove sa oštrim prelomom u temenu i sa oblikom središne linije iz dva centra krivine. Analiza je sprovedena sa variranjem pojedinih veličina (sl. 46-c): razmaka centara krivine *(a)* shodno konstatovanim proporcijskim dijagramima, sa različitim ali konstantnim deb-

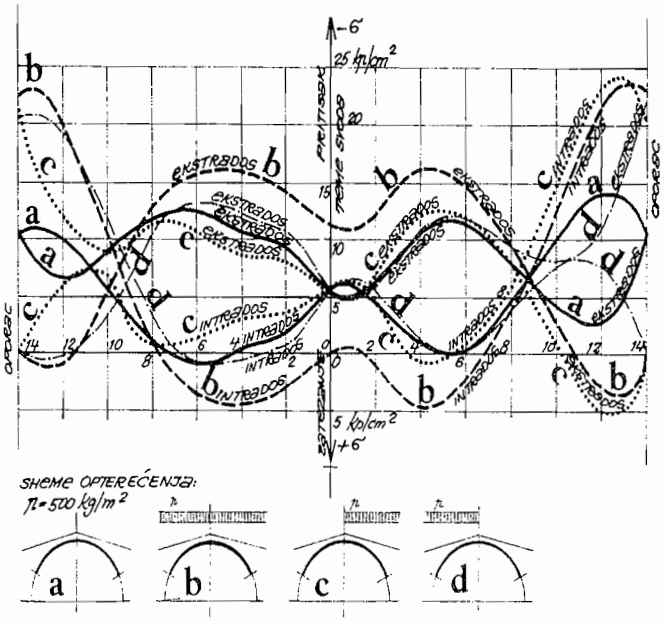


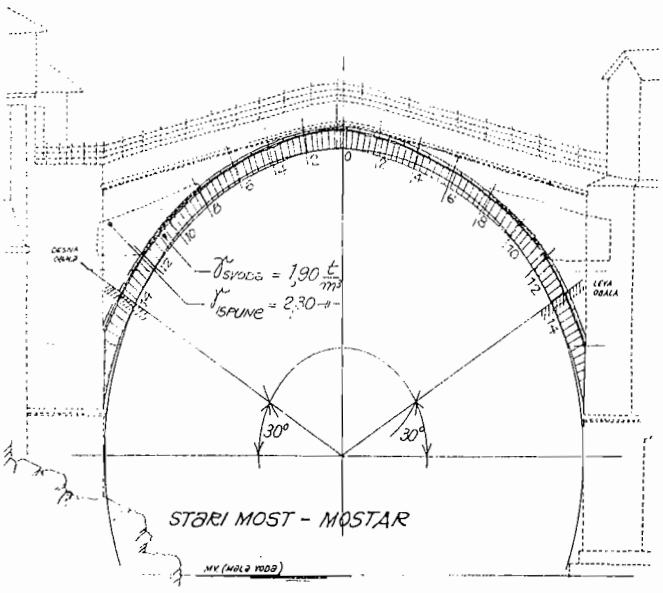






Sl. 46 – Granične vrednosti napona za svodove oživalnog oblika i različitih karakteristika





Sl. 47 – Dijagrami napona za svod Starog mosta u Mostaru

ljinama svodova, sa statičkim osloncima u ravni raspona ali i pod ∢ 30° (prema horizontali). Analiza je takođe provedena na računaru IBM, a na osnovama stavova teorije konstrukcija. Kao što se iz priloženih dijagrama vidi, linija napona pokazuje intenzivnije oscilacije i velike napone pritiska (na ekstradosu) i zatezanja (na intradosu) u oslonačkim presecima (dijagrami A i B). U slučaju da su oslonačke spojnice u ravni otvora, u horizontali (što je i normalno), i u slučaju da je oslonačka spojnica pod uglom od 30° prema horizontali, adekvatno postavkama za polukružni oblik svoda, linije veličina napona pokazuju mirniji tok, manje skokove (dijagram C).

Komparativni dijagram (D) prikazuje odnos veličina napona za jedan svod identičnih karakteristika ali sa različitim oblicima – polukružni i oživalni oblik svodne linije. Kako se iz dijagrama vidi, polukružni oblik svoda je po komponenti naprezanja materijala znatno povoljniji.

Konstrukcija svoda na *Starom mostu* preko reke Neretve u *Mostaru*, jedinstvena po veličini otvora i viđenim deformacijama oblika središne linije, gde je statička analiza sprovedena po napred prikazanoj „teoriji potporne linije" (ovaj postupak posebno je pogodan za nepravilno deformisane svodove) – sl. 47, ukazuje:

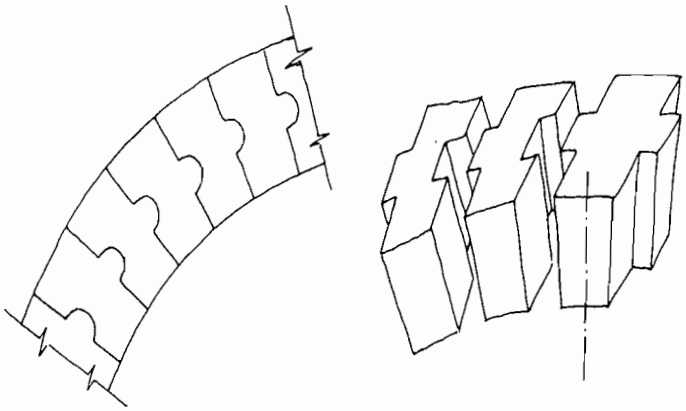
– da su najveći naponi pritiska reda od 240 do 250 N/cm², a naponi zatezanja do 50 N/cm². Međutim, kako je ispuna na ovom mostu monolitna masa „vezana" sa svodom, kao i prisutnost kvalitetne i specifično izvedene kolovozne konstrukcije koja takođe sadejstvuje u „radu" svoda, stvarni naponi u svodu su sigurno manji od napred sračunatih. Ova i ovakva konstatacija važi i za neke druge srednjevekovne mostove.

3.7.6. KONSTRUKCIJA

Umešnost, dovitljivost, idejnost i kreativnost starih graditelja posebno se manifestuje i na konstrukcijskim pojedinostima starih svodova. Neosporno da su mnogi tehnološki postupci nasleđeni od ranijih mostogradnji, ali i činjenica je da su ih srednjevekovni neimari uspešno koristili i negovali, pa, u nekim primerima, i usavršavali.

Opšta karakteristika uglavnom svih starih svodova je da su izvedeni sa klinastim oblikom tesanika i sa relativno malom i konstantnom debljinom spojnica. Ovo je imalo za posledicu da se svodove koristi lako obradiv kamen – krečnjak i siga. Tesanici svodova, po pravilu, kod većih svodova ugrađeni su kroz celu njegovu debljinu. Najkrupniji blokovi su bliže oporcima, pa se prema temenu svoda njihova krupnoća smanjuje. Dužina tesanika u pravcu poprečno na svod takođe se menja – veća je bliže oporcima. Osim prednjeg, na mnogim svodovima ima odstupanja, koristi se neujednačena krupnoća kamena sa manje kvalitetnom obradom, neravnomerno se smenjuju deblji i tanji slojevi, korišćenje pločastog kamena i slično.

Jedan broj konstrukcija svodova izveden je sa poprečnim zategama od kovanog gvožđa. Ove zatege, ugrađene na rastojanju od 1,50 do 2,0 m, imaju zadatak da prihvate eventualne zatežuće sile u pravcu širine svoda i, najverovatnije, počele su da se koriste posle saznanja da neki već izvedeni svodovi dobijaju kroz vreme podužne pukotine.



Sl. 48 – Za međusobno spajanje blokova kamena u jednom svodu a posebno kod lukova stari neimari su koristili „zupčastu vezu" izvedenu u kamenu. Ovaj detalj ima korene u rimskoj mostogradnji

Pojedine konstrukcije svodova ozidane su i tako što su samo vidne površine svoda, čela svoda, građene od tesanog kamena, dok je za ostalo zidanje korišćen kamen sa manje kvalitetnom obradom ili čak i pločasti lomljeni i grubo doterani kamen.

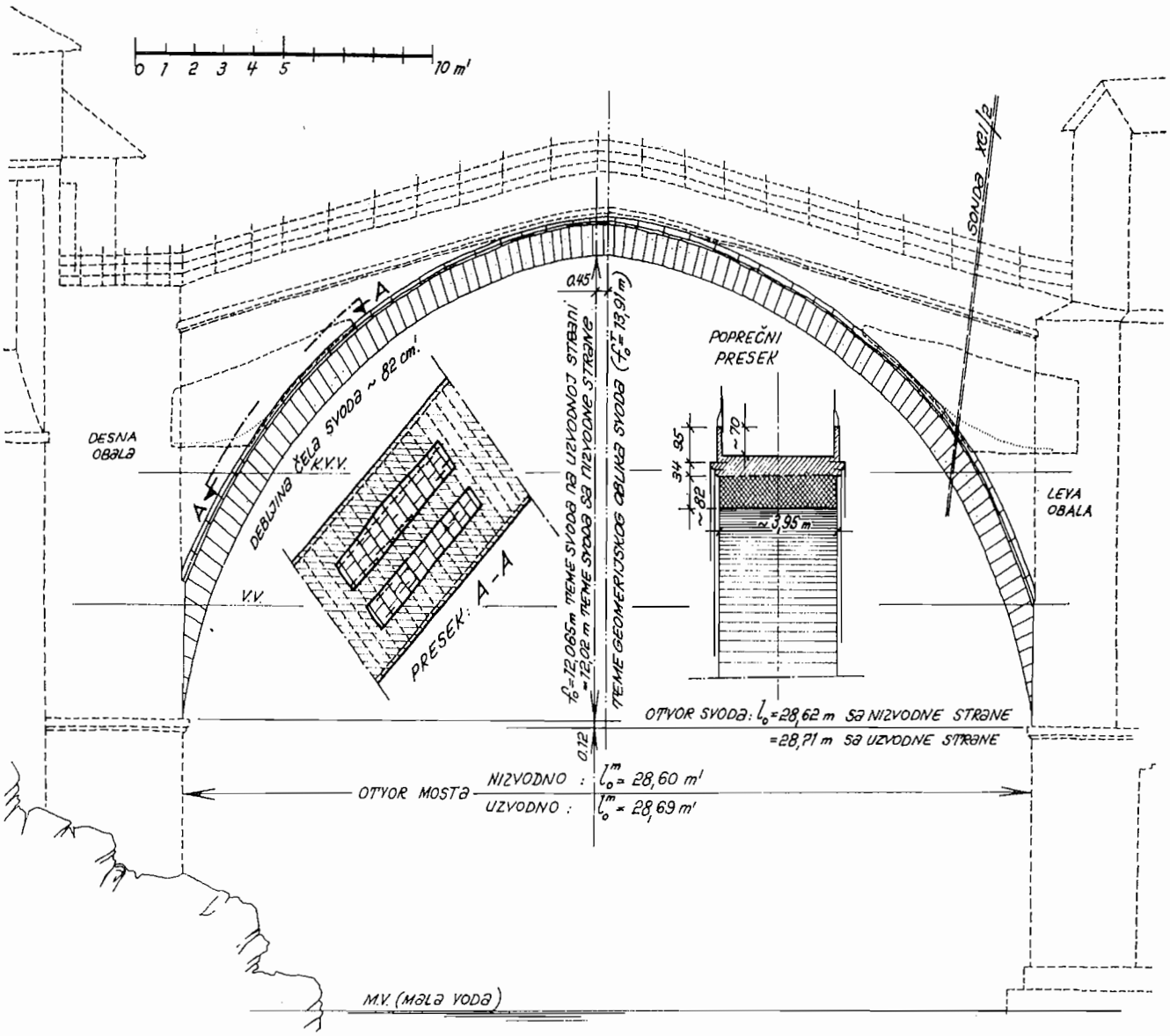
Kao što je već pomenuto, konstrukcije mnogih većih ali i manjih svodova poseduju određene specifičnosti. Na primeru svoda *Starog mosta u Mostaru* podvlače se ove pojedinosti pa na osnovu njih nije teško shvatiti svo umeće i veštinu građenja starih neimara.

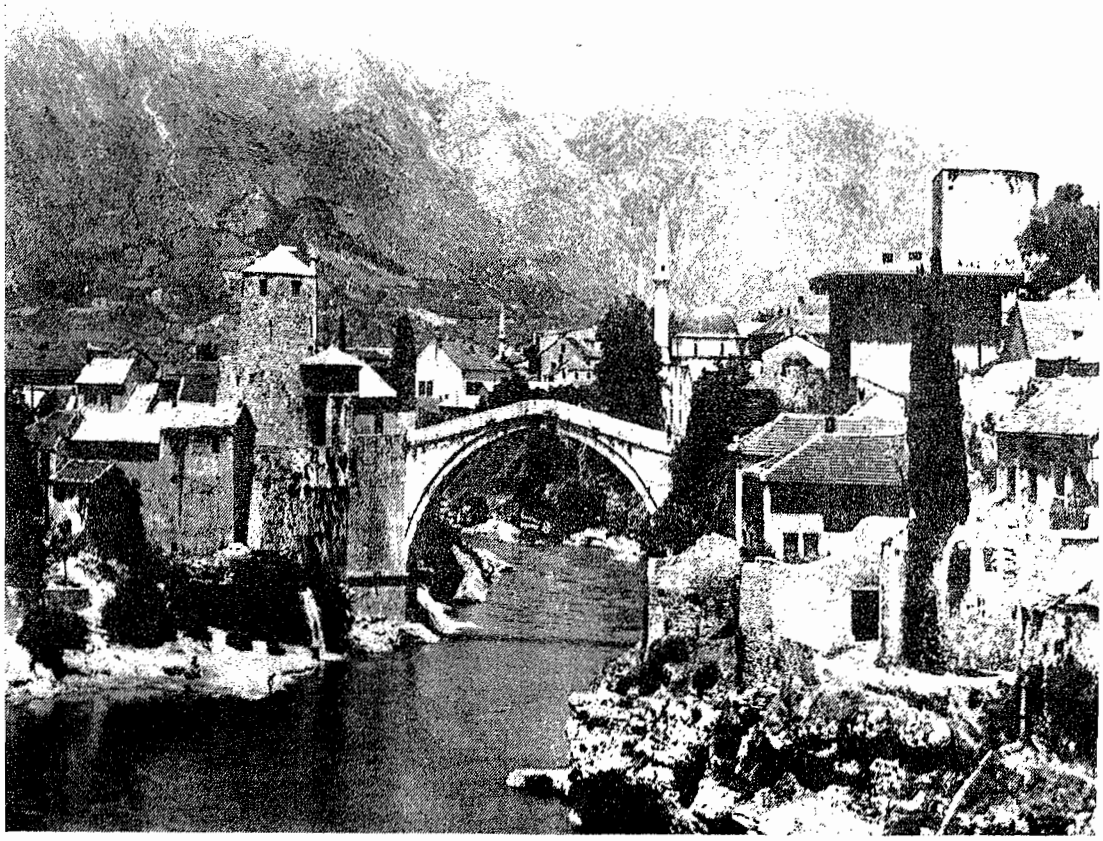
Kao što je poznato i istorijski evidentno *Stari most* preko Neretve sagrađen je 1566. godine po planovima i idejama vrhovnog graditelja Osmanske imperije *Kodže Mimar Sinana* (1490–1588)*). Most je gradio njegov učenik a kasnije i saradnik Hajrudin, po naređenju sultana *Sulejmana Veličanstvenog* (nadzor je bio poveren nadzorniku hercegovačkih mukata *Zatim Mehmedu* i kadiji grada Mostara). Gradnja mosta trajala je jednu građevinsku sezonu.

Konstrukcija svoda premošćuje Neretvu sa jednim svodom otvora vel. 28,62 m, odnosno 28,71 m (veličina otvora a isto tako i strela svoda različita je na uzvodnoj i nizvodnoj strani). Donja svodna linija u odnosu na pravilan oživalni oblik ima nešto izmenjenu siluetu. Konstrukcija svoda je konstantne debljine – cca 90 cm – a čela svoda su u dispoziciji mosta naglašena arhivoltima posebne konstrukcije (svojstvene turskim graditeljima). Čela arhivolta su u istoj ravni sa čeonim zidovima. Širina svoda je promenljiva – od 3,95 do 4,00 m. Sve ove nepravilnosti

Jure Radić: *Kongresna publikacija Jugoslovenskog društva građevinskih konstruktera* – VI kongres, Bled, 1978, str. 225–251.

*) Milan Gojković: *VI kongres Jugoslovenskog društva građevinskih konstruktera,* Bled, 1978, str. 75–80.





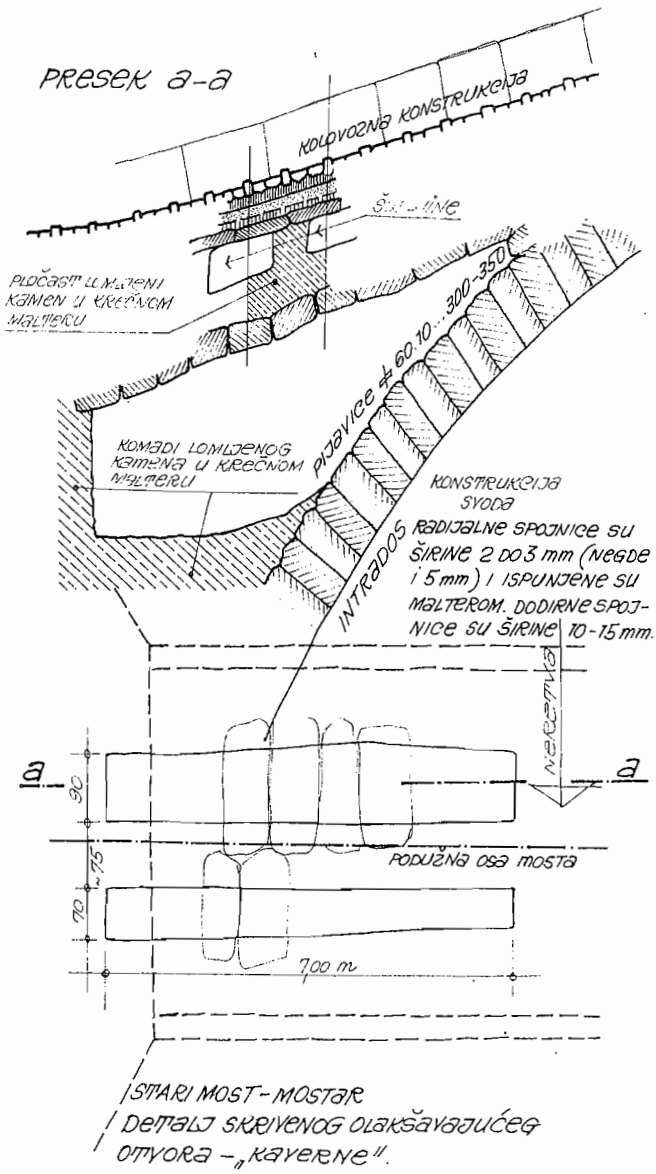
Sl. 49 – Osnovne karakteristike Starog mosta u Mostaru

u geometriji svoda posledica su neminovnih grešaka prilikom građenja, kao i deformacija – kako onih nastalih kroz vreme, tako i tokom građenja (deformabilnost svodne skele). Uzgred rečeno, deformacija intradosa kao posledica nekvalitetno izrađene skele prisutna je na mnogim mostovima.

Osnovna konstrukcijska karakteristika svoda na ovome mostu, a i na mnogim drugim svodovima, je – da je izveden sa klinastim oblikom tesanika i sa relativno malom i konstantnom debljinom spojnica. Tesanici svoda znatne krupnoće izrađeni su od krečnjačke stene heterogene po svom mineraloškom i petrografskom sastavu. Znatan broj tesanika u svodu (oko 78%) izrađen je od krečnjačke stene, koja je u Mostaru i njegovoj okolini poznata pod imenom „tenelija". To je tipičan oolitski krečnjak formiran od finih oolita kalcijum karbonata, ujednačene krupnoće, međusobno povezan istom komponentom*). Pored ovog krečnjaka u konstrukciju svoda ugrađeni su i komadi od nešto gušćeg krečnjaka, sa većom čvrstoćom i zapreminskom masom – u ovim krajevima poznat pod imenom „miljevina", kao i varijeteti ovih stena. Korišćena stena omogućila je relativno laku obradu kamena – potrebnih tesanika za konstrukciju svoda.

U konstrukciju svoda Starog mosta ugrađeno je 456 komada kamena različite krupnoće. Tesanici svoda, svojom visinom, formiraju debljinu svoda. Najkrupniji komadi (vel. 206/50/90 cm) ugrađeni su na oporcima, a zatim se krupnoća tesanika smanjuje, tako da su oko temene zone svoda ugrađeni sitniji komadi kamena. Vredno je podvući da na delu oko oporaca svoda ima slojeva sa dva i tri tesanika. I dužine blokova tesanika se postepeno smanjuju – od oporaca ka temenu svoda.

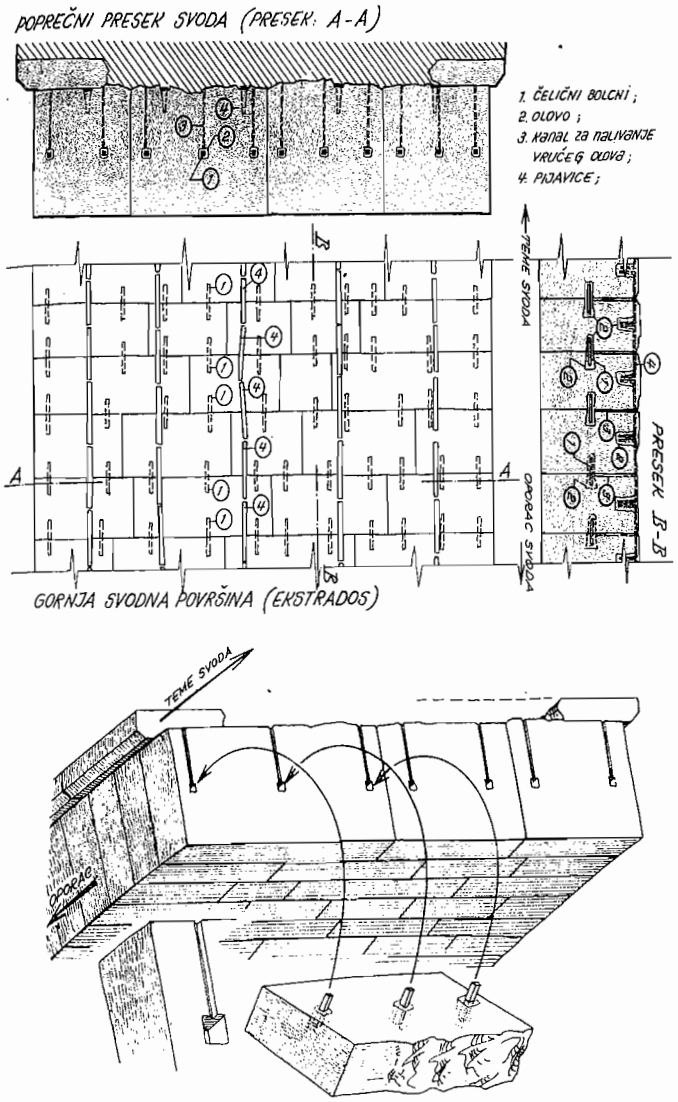
Konstrukcija svoda na Starom mostu u Mostaru, a i na drugim svodovima, izvedena je na taj način što su slojevi svoda, a i blokovi kamena u jednom sloju, međusobno vezivani gvozdenim trnovima (bolcnovima) i sponama (pijavicama). U svakoj radijalnoj spojnici, kao veza između dva susedna sloja, ugrađeni su metalni trnovi od kovanog gvožđa (dimenzija 30 × 30 do 40 × 40 mm i dužine 160 do 200 mm). Trnovi su ugrađeni upravno na ravan spojnice i zaliveni su olovom (veza kamen-gvožđe). Veza između pojedinih tesanika svoda, na površini ekstradosa, izvedena je uz pomoć metalnih spona – pijavica – takođe zalivenih olovom. Karakteristično je da svaka pijavica ima svoje mesto, svoj žljeb, i da se nadovezuju jedna na drugu u neprekidnom nizu duž ekstradosa. Rupe za metalne delove u konstrukciji svoda, za gvozdene trnove, izvedene su uglavnom u obliku na „lastin rep" i ukazuju kvalitetom izrade da su jedne bile izvedene van svoda, prilikom obrade tesanika, kada su ovi trnovi (bolcnovi) uz pomoć olova bili i fiksirani, a da su druge nastale prilikom ugrađivanja – „pasovanja" bloka kamena. Ove druge su i nepravilnije



Sl. 50 – Stari most (Mostar): detalj skrivenog olakšavajućeg otvora – „kaverne". Presek i pogled na šupljinu



*) Luka Marić: *O kamenu od koga je sadjelan Stari most u Mostaru*, Novi ljetopis srpskog kulturnog društva Prosvjeta. 2, Zagreb 1972, str. 63–64.



Sl. 51 – Detalj zidanja konstrukcije svoda Starog mosta u Mostaru (i većine starih svodova iz ovog vremena)

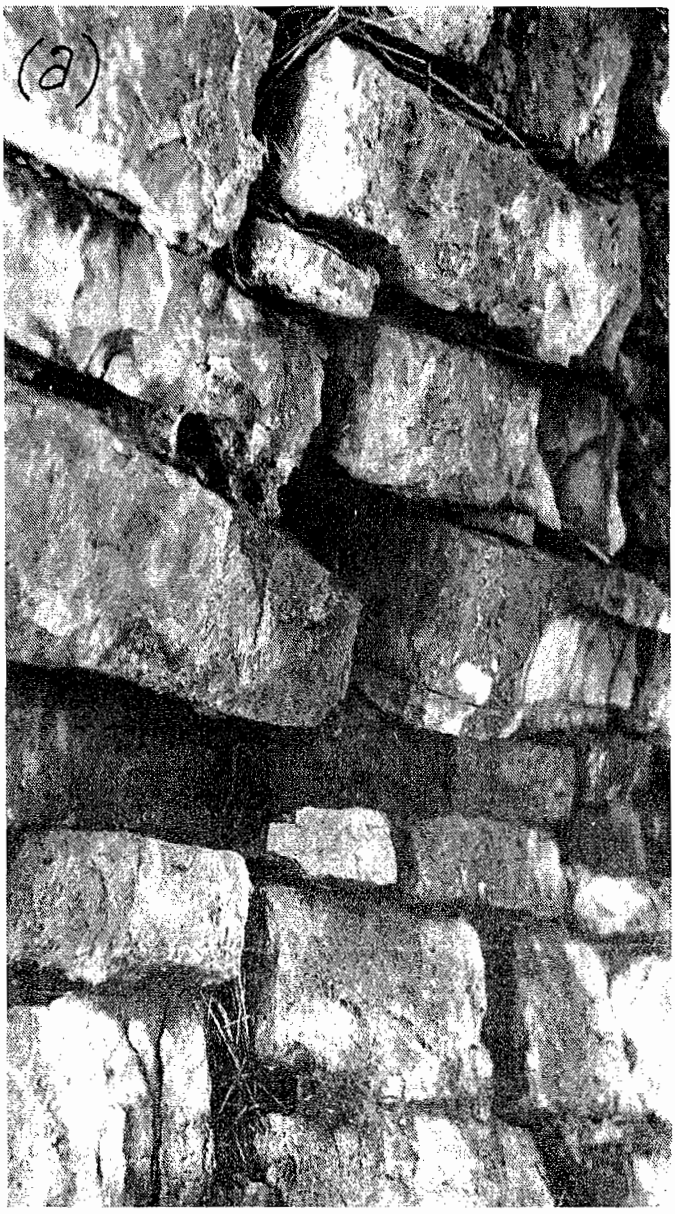
i pokazuju tragove prilagođavanja. Rupe i žljebovi, koji su nalivani vrućim olovom na samoj konstrukciji svoda, međusobno su bili povezani kanalima trouglastog preseka, koji su služili za nalivanje olovom – za doticaj tečnog olova.

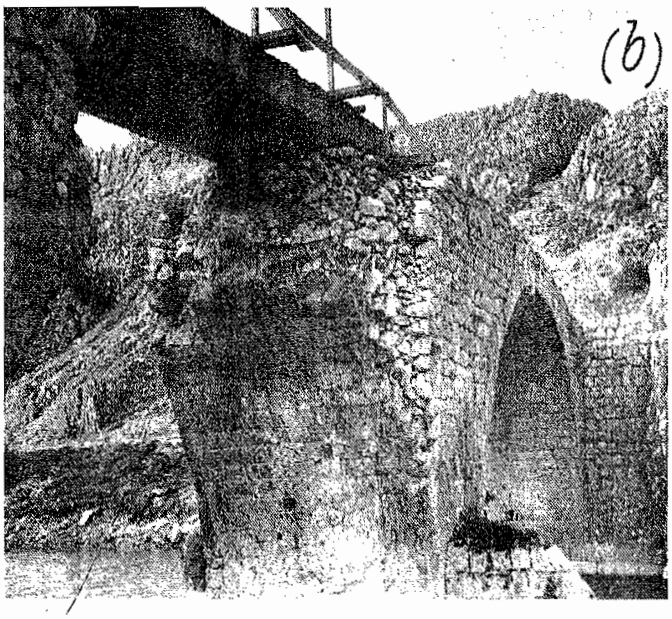
Spojnice u konstrukciji svoda, gde su dodirne u odnosu na ležište nešto većih debljina, ispunjene su finim krečnim malterom. Praznine u spojnicama, nastale kao posledica nekvalitetnog zidanja, odnosno primene maltera sa nedovoljnom athezijom za kamen, prilikom nalivanja tečnim olovom, kod ostvarivanja veze kamen-metalni elementi, ispunjene su olovom. Ova činjenica je mnoge autore navela na pogrešan zaključak – da su stari graditelji za zidanje svodova umesto maltera upotrebljavali olovo.

*
* * *

Na osnovu istraživanja konstrukcije svoda na mostu u Mostaru (a i na drugim svodovima), konstatovano je:

– da je zidanje svodova izvođeno simetrično u odnosu na teme, obostrano i istovremeno od oporaca ka temenu;





Sl. 52 – (a) Detalj intradosa svoda ozidanog doteranim pločastim kamenom – primer sa mosta u selu Mostaći (kod Trebinja); (b) Konstrukcija svoda, čeoni zidovi i ispuna mosta zvanog Ovčiji brod kod Nevesinja

– da posledice nepravilnosti u širini svoda i obliku linije intradosa treba tražiti u izvođenju i u konstrukciji skele;

– da je međusobno vezivanje tesanika u celinu svoda izvođeno uz pomoć metalnih elemenata – trnova i pijavica – i uz zalivanje sa vrućim olovom;

– da su na već ozidani sloj svoda, sa prethodno pripremljenim rupama za trnove, ugrađivani blokovi kamena sa već ugrađenim trnovima;

– da je procenat ispunjavanja spojnica olovom zavisio od ispunjenosti spojnice krečnim malterom (i njenog nagiba prema horizontali) i da je slučajnog karaktera;

– da je obradi kamena poklanjana posebna pažnja, kako bi se dobile spojnice što manjih dimenzija, kao i

– da su u konstrukciju svoda ugrađeni blokovi kamena težine i do 2 t.

Sve deformacije ili oštećenja svodova posledica su različitih uticaja. Sve ove posledice mogu se grupisati kako sledi:

* deformacije nastale tokom zidanja usled deformabilnosti skele i sleganja svoda ili od sleganja i razmicanja oslonaca;

* deformacije nastale kroz vreme od uticaja prodiranja atmosferske vode kroz kolovoz, ispunu i konstrukciju svoda. Naime, prodiranjem ove vode ispiran je malter u spojnicama, a u nekim primerima ova je voda uticala i na uzidani kamen, što je zbog postojanja normalne sile u svodu izazivalo skraćenje ose svoda, središne linije, a samim tim i njegove deformacije;

* deformacije nastale usled skraćenja ose svoda i pomeranja njegovih oslonaca uticale su na prskanje slabijih blokova kamena, na konhoidalna otkidanja, na stvaranje pukotina i prslina;

* nepovoljni uticaji flore koji su raščenjem i ekspanzijom razarali konstrukciju i uticali na deformaciju svoda;

* uticaji velikih voda kod svodova gde su oslonačke spojnice zahvatale ove vode; i

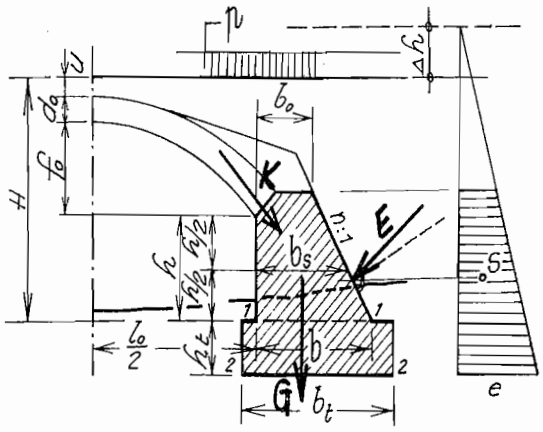
* mehanički uticaji u vihoru ratnih zbivanja kao posledice ljudske bezobzirnosti.

Povećana saobraćajna opterećenja na starim mostovima uključenim u savremene saobraćajne tokove i uslove nemaju veliki uticaj na svodove (veliko stalno opterećenje).

3.8. OBALNI STUBOVI

Po svojoj definiciji, obalni stubovi – upornjaci su konstrukcijski elementi koji imaju zadatak da pokretno i stalno opterećenje od konstrukcije svoda, odnosno mosta sigurno prenesu na zemljište, na tlo, i da pri tome naprezanje zemljišta ostane u dopuštenim granicama. Svojom masom i zapreminom, svojom težinom; obalni stub prima reakciju svoda, njegov horizontalni potisak posebno, kao i potisak zemlje sa strane prema obali, prema nasipu ako on postoji.

Klasičan oblik obalnog stuba i sile koje na njega deluju prikazan je na sl. 53. Statičko ispitivanje sastoji se u analizi mogućeg naponskog stanja za svaki mogući slučaj opterećenja. Stub se posmatra kao kruto telo, a račun



Sl. 53 – Pretpostavljanje oblika obalnog stuba

sprovodi uglavnom grafičkim postupkom za dovoljan broj spojnica (najmanje za spojnicu 1–1 i temeljnu spojnicu 2–2). Prilikom ove analize treba da je:

– veličina normalnih napona u dopuštenim granicama za konstatovani materijal;

– napon u temeljnoj spojnici u dozvoljenim granicama za konkretnu vrstu zemljišta;

– osigurana stabilnost spojnica na klizanje (ugao između rezultante i normale na posmatranu spojnicu mora da je manji od ugla trenja za dati materijal); i

– stub siguran od preturanja za svaki mogući slučaj opterećenja.

Obalni stubovi starih mostova (a isto to važi i za rečne stubove) poseduju određene specifičnosti – počev od oblika i dimenzija, pa sve do najrazličitijih konstrukcijskih detalja. Tokom svog dugog veka stubovi starih mostova najviše su bili izloženi nepovoljnim uticajima kroz vreme. Na njima se mogu videti tragovi mnogih popravki.

Šta sve može karakter i režim reke da uradi najbolje se vidi na primeru Vojinovića mosta u Vučitrnu, gde je reka Sitnica promenila korito i danas teče na nekoliko kilometara dalje od mosta (most je ostao na suvom).

Obalni stubovi većine starih mostova izvedeni su sa paralelnim krilnim zidovima monolitno vezanim sa stubom, odnosno sa čeonim zidovima mosta. Osim navedenog, mnogi oblici krilnih zidova prilagođeni su prilazima mostu, odnosno konstrukciji obala. Međutim, ima primera obalnih stubova i sa kosim krilnim zidovima, radi efikasnijeg usmerenja rečnog toka u otvor mosta.

Obalni stubovi relativno velike visine, na primeru Starog mosta u Mostaru, izvedeni su kao masivne – olakšane konstrukcije, sa šupljinama znatnih dimenzija, i tako su krilni zidovi oslobođeni aktivnog potiska nasipa iza obal-

nog stuba. Ili primer obalnog stuba sa vidljivim olakšavajućim otvorima, kao na Arslanagića mostu.

Na mostovima sa više otvora, a u nekim primerima i kod mostova sa jednim otvorom, ravan oporca svoda skoro redovno je naglašena jednim horizontalnim vencem.

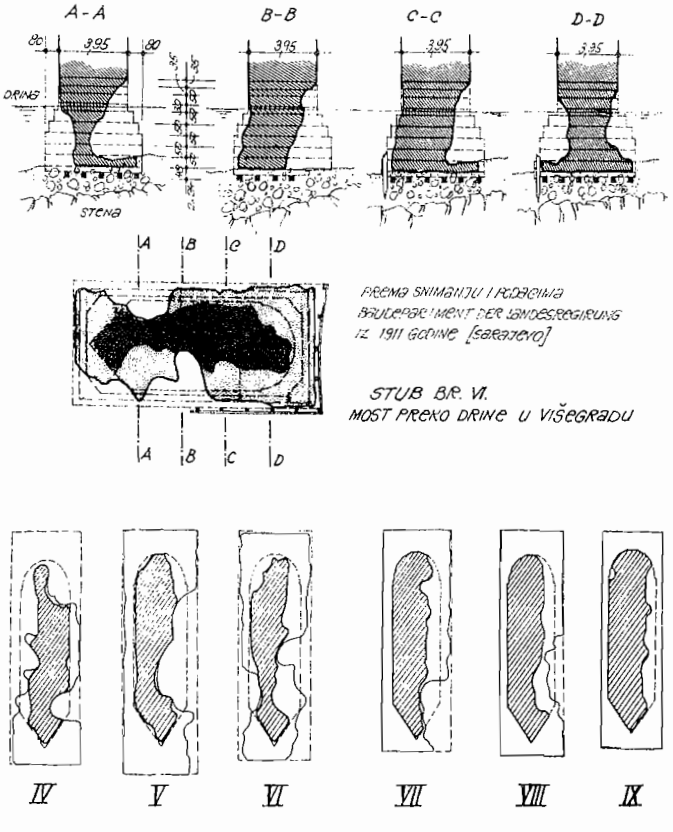
3.9. SREDNJI – REČNI STUBOVI

Srednji ili rečni stubovi na masivnim mostovima imaju višestruki značaj. Oni treba sigurno da prenesu opterećenje od superstrukture mosta na rečno dno, a uz to moraju da udovolje uslovima i režimu rečnog toka i svojim oblikom, koji je značajan faktor u oblikovanju mosta kao celine, da se uspešno uklope u arhitekturu te celine. Ovo su načela savremene mostogradnje. Međutim i na mnogim starim mostovima nalaze se i sreću isti ovi principi i načela, što ukazuje da su i stari neimari znali koje sve parametre treba da zadovolji konstrukcija jednog rečnog stuba.

Na fondu sačuvanih starih mostova uočavaju se uglavnom dva tipa oblikovanja rečnih stubova:

– rečni stubovi čije konture formiraju intradosi svodova, kod mostova sa manjom visinom, i

– rečni stubovi sa izraženom visinom, stubovi sa jasno i eksplicitno izraženim elementima – temelj, stub i kljun stuba (videti sl. 33).



Sl. 54 – Oštećenja rečnih stubova Višegradskog mosta preko reke Drine: (a) oštećenje stuba VI; (b) oštećenje stubova IV do VIII (horizontalni preseci)

Širine stubova u pravcu otvora ne pokazuju određenu pravilnost, što se tumači teškoćama prisutnim kod izvođenja. Međutim, i pored toga grubo se izdvajaju mostovi sa manje-više konstantnom širinom stubova, ali i mostovi sa stubovima različitih i smišljeno usvojenih širina, uglavnom zavisnih od veličine otvora i saglasnih usvojenom konceptu premošćavanja. Ovde se podvlači da velika širina rečnih stubova umnogome utiče na % suženja proticajnog profila na mestu premošćavanja, a samim tim dovodi i do uspora rečnog toka, povećane brzine vode i erozije rečnog dna, do turbulencije oko temelja stuba – a sve to nepovoljno utiče na mostovsku konstrukciju.

Do kakvih sve posledica može da dovede smanjenje proticajnog profila najbolje ilustruje stari most preko reke Drine u Višegradu. Velika širina stubova i znatan % sužavanja proticajnog profila (21,2%), stvaranje uspora i povećanje ionako velike brzine vode, pokretanje i kotrljanje peska i šljunka sa rečnog dna i turbulentno kretanje vode oko stuba – erodirali su ne samo dno reke već i konstrukciju stuba. Kakvo je stanje tih stubova bilo prilikom sanacije izvedene 1911. godine vidi se na sl. 54.

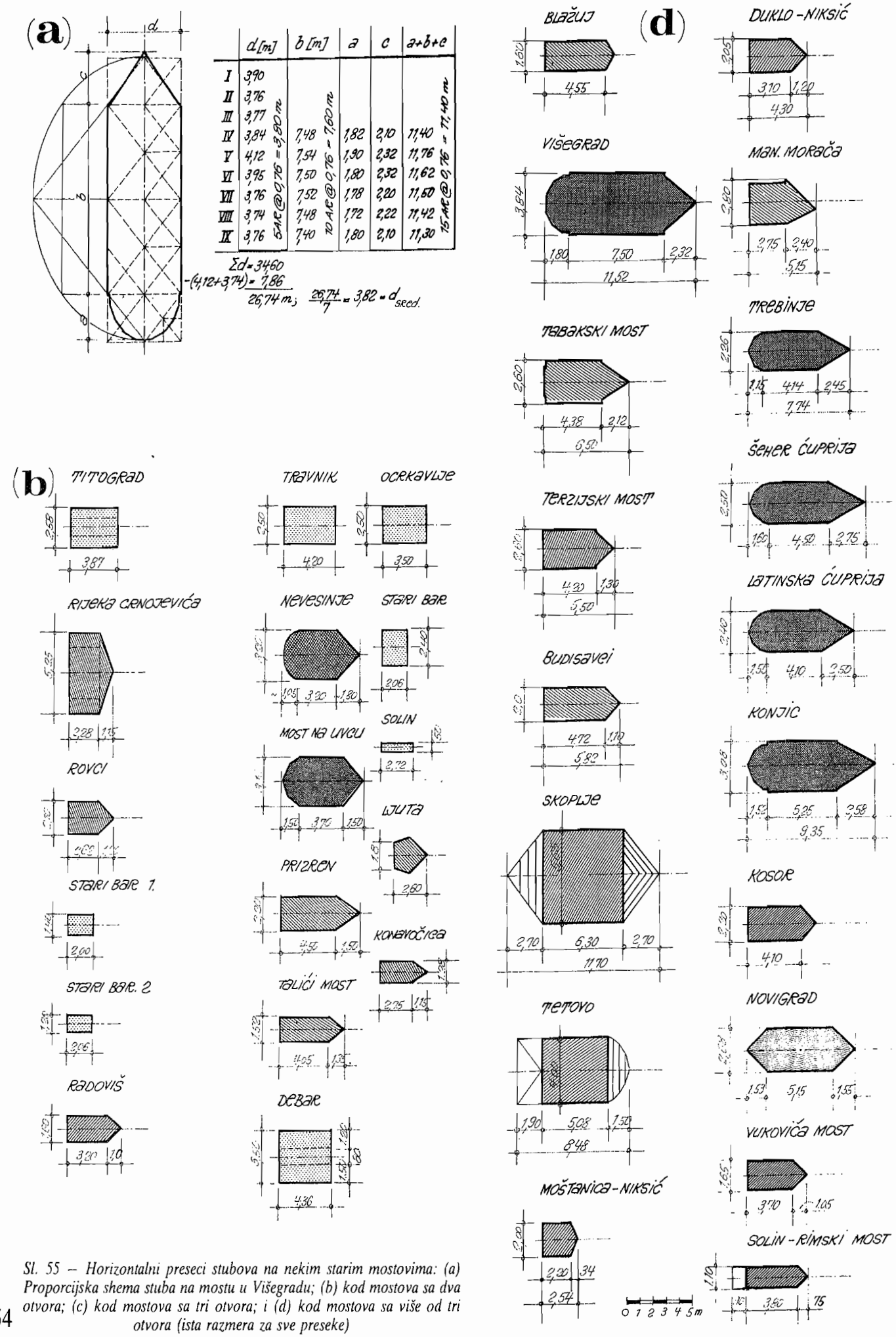
Činjenica je da je veliki broj starih mostova stradao od posledica napred navedenih uticaja. Kod plitkog fundiranja uticaj podlokavanja temelja, zavisan od navedenih faktora, bio je presudan za stabilnost mosta.

Horizontalni preseci rečnih stubova su vrlo raznovrsni, pokazuju bogatstvo oblika, i kreću se od prostih, jednostavnih, pa sve do složenih preseka (sl. 55). Ovaj fond oblika ukazuje na evoluciju oblika stuba kroz vreme i spremnost graditelja da stubu da što povoljnije konture i tako umanji, ili svede na minimum, nepovoljne uticaje rečnog toka (a poučen iskustvima sa već izvedenih mostova). Povoljna rešenja horizontalnih preseka rečnih stubova, sa aspekta savremene mostogradnje, sreću se još na predrimskim mostovima. Rimska mostogradnja, posebno ona posle Avgusta, dovela je oblik stuba skoro do optimuma. Ove tekovine nasledio je srednji vek i njegovi graditelji su i te kako dobro znali da oblik horizontalnog preseka stuba ima uticaje na kretanje rečnog toka oko stuba i sve ono što iz ovog kretanja proističe.

Radi preglednog i kvalitetnog upoređenja stvaranja starih graditelja i principa građenja savremene mostogradnje, na sl. 56 dati su korišćeni oblici rečnih stubova i rezultati eksperimentalnih ispitivanja Yarnell-a, koji je utvrdio i konstatovao zavisnost koeficijenta proticanja vode „K" od oblika horizontalnog preseka stuba (što je „K" veće horizontalni presek stuba je povoljniji i obrnuto. Inače, veličina koeficijenta „K" zavisi od % sužavanja rečnog toka, oblika stuba, oblika kljuna stuba i pravca stuba prema smeru rečnog toka).

Sačuvani fond srednjevekovne mostogradnje prezentira mnoštvo oblika rečnih stubova u kojem se razaznaju i ističu:

* stubovi sa uglavnom pravougaonim horizontalnim presekom – bez kljunova;



Sl. 55 – Horizontalni preseci stubova na nekim starim mostovima: (a) Proporcijska shema stuba na mostu u Višegradu; (b) kod mostova sa dva otvora; (c) kod mostova sa tri otvora; i (d) kod mostova sa više od tri otvora (ista razmera za sve preseke)

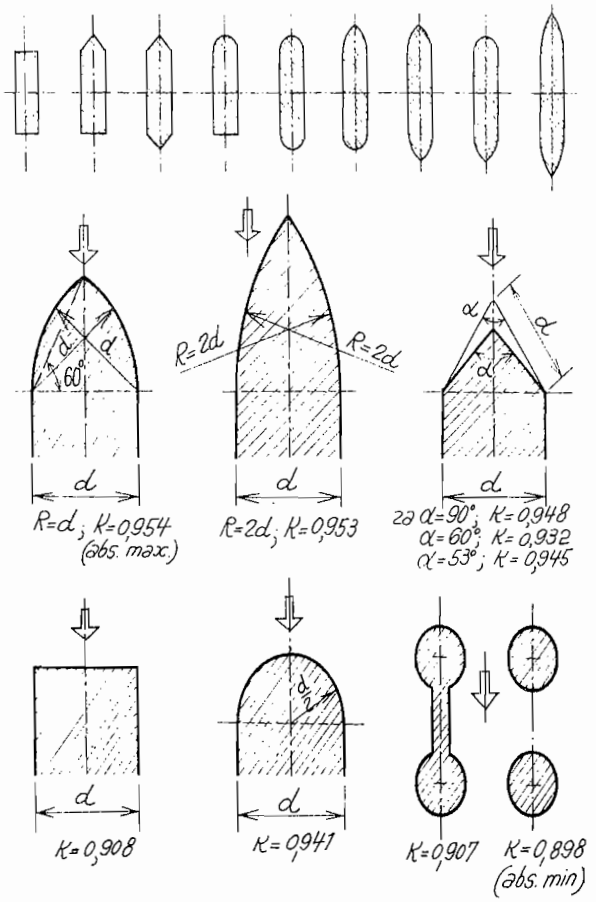
* stubovi sa kljunom trouglastog preseka samo na uzvodnoj strani (najbrojnija grupacija). Ovde su primetne i dve podgrupe: kljunovi sa tupim uglom (>90°) i kljunovi sa oštrim uglom (<90°), koji su najbrojniji (najviše su korišćeni kljunovi sa uglom između 60° i 88°);

* stubovi sa obostrano izvedenim kljunovima i na uzvodnoj i na nizvodnoj strani. I ovde su evidentne dve podgrupe: prva kada su oba kljuna identičnog preseka, i druga, kada su horizontalni preseci kljunova međusobno različito oblikovani.

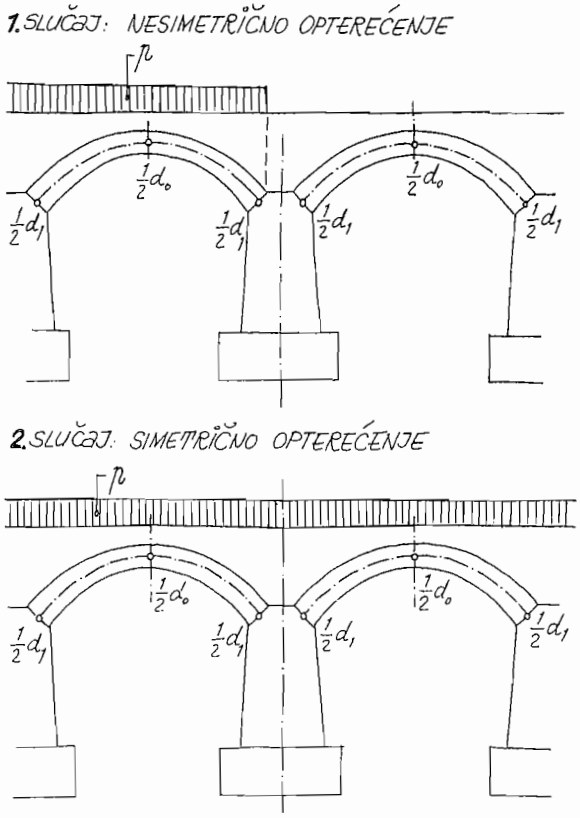
Konstrukcija kljuna stuba po visini takođe pokazuje znatne razlike i skoro redovno, mada to nije pravilo, završava se jednim profilisanim vencem u ravni koja leži u preseku linije ekstradosa svoda, odnosno arhivolta i ovog venca. Konstrukcije kljunova završavaju se karakteristično oblikovanim elementima – kapama kljunova stubova. Kape kljunova kreću se od izduženog piramidalnog oblika, kada su od kljuna stuba odvojene vencem, do oblika blago nagnutih površina apostrofiranih profilisanom ivicom, sa stepenasto oblikovanom kapom, kao i sa drugim – jednostavnijim oblicima.

Vredno je pomena da na nekim mostovima nema konstrukcijske veze (ostvarene prevezivanjem slojeva) između kljunova rečnih stubova i čeonih zidova. Konstrukcije kljunova su jednostavno „prilepljene" za prethodno ozidani čeoni zid.

O srednjim – rečnim stubovima posebnih oblika i konstrukcijskih karakteristika, stubovima koji nose posebne dekorativne elemente (sofe, mihrabe, stražare) bilo je već reči. Po pravilu, ovi stubovi imaju veće dimenzije.



Sl. 56 – Mogući horizontalni preseci rečnih stubova



Sl. 57 – Položaj fiktivnih zglobova kod ispitivanja rečnih stubova

Statičko ispitivanje srednjih – rečnih stubova vrši se pod pretpostavkom da su oni kruta tela (kao što je napred rečeno). Statičku analizu treba sprovesti za dva slučaja opterećenja, i to (sl. 57):

1. za nesimetrično opterećenje – levi svod je opterećen punim saobraćajnim opterećenjem p, a desni svod samo opterećenjem od sopstvene težine, i

2. za simetrično opterećenje – oba svoda i deo stuba opterećeni su osim sopstvenom težinom i punim saobraćajnim opterećenjem p.

Račun se sprovodi uglavnom grafičkim postupkom. Položaj fiktivnih zglobova uzima se u sredinama, težištima karakterističnih preseka, a pravci i veličine reakcija dobijaju se iz plana sila na napred pokazani način.

Za posmatrani oblik, dimenzije i materijal rečnog stuba treba da su zadovoljeni sledeći uslovi stabilnosti:

– da u svakom preseku stuba i u temeljnoj spojnici normalni naponi (σ_1 i σ_2) moraju biti manji od dopuštenih (za konkretan materijal);

– da nema opasnosti od klizanja u posmatranoj spojnici (kao i kod obalnih stubova); i

– da nema opasnosti od preturanja.

3.10. OLAKŠAVAJUĆI OTVORI

Olakšavajući otvori na zidanim mostovima, po svojoj definiciji, imaju zadatak da smanje težinu ispune mosta. Po svom lokalitetu dele se na: olakšavajuće otvore iznad svoda ili svodova, i olakšavajuće otvore iznad rečnih stubova (videti sl. 33). Oblikuju se uz pomoć sekundarnih stubova, odnosno oporaca i svodova. Rečni stub u kombinaciji sa olakšavajućim otvorom i specifičnom konstrukcijom kljuna stuba (a nekad i pilastra) – daje superstrukturi mosta poseban karakter i predstavlja poseban arhitektonski detalj u dispoziciji celine. Ovo su između ostalog i načela savremene mostogradnje.

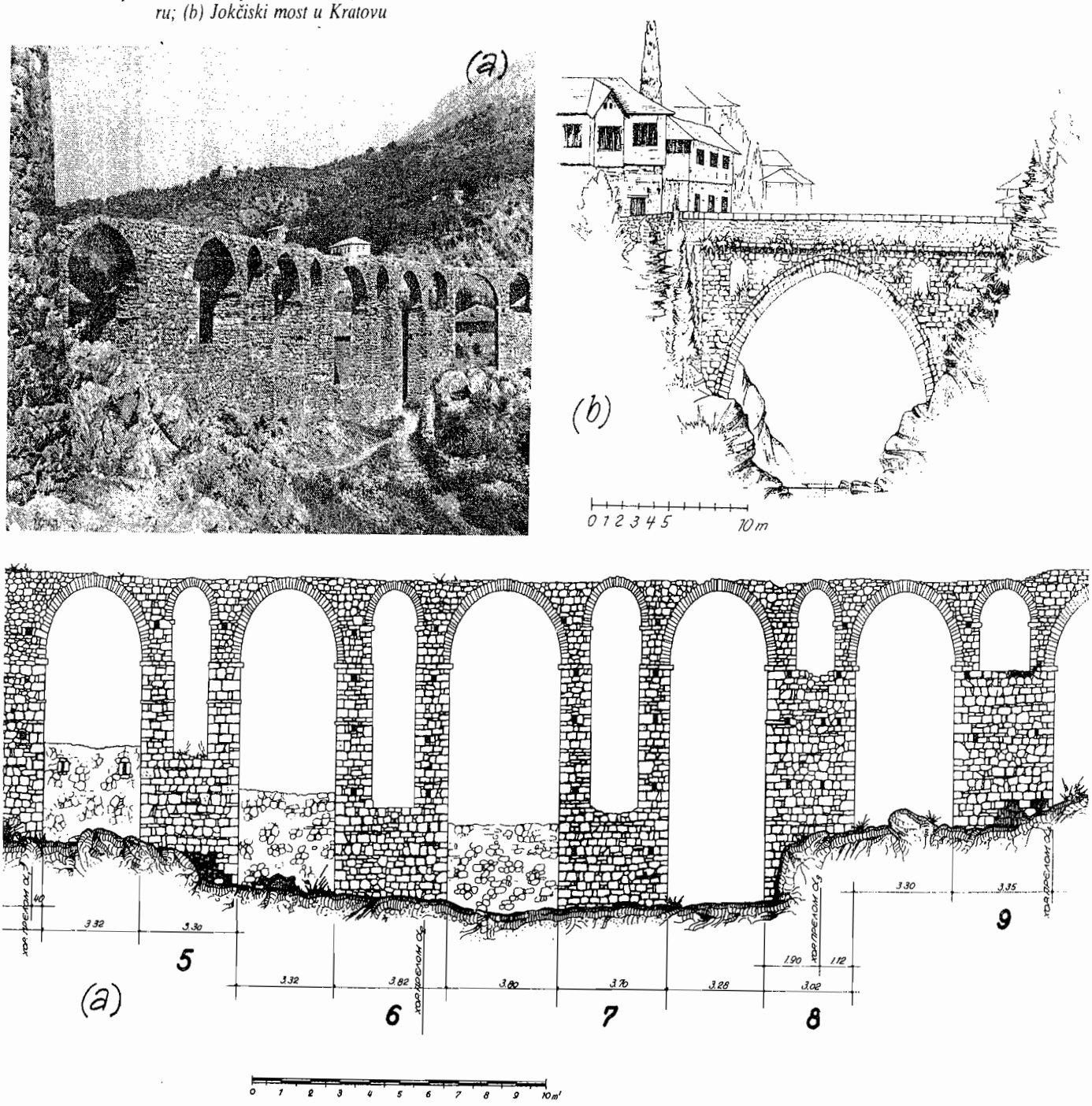
I stari graditelji su znali o čemu nas obaveštava njihova bogata baština, gde je potrebno i kako ugraditi ove otvore, odakle „izvaditi" suvišne i za most nepotrebne mase i tako smanjiti utrošak materijala i uticaj težine na noseće elemente mosta. Ako se ovome doda da su drevni neimari ovim elementima davali i određenu funkconalnost – propuštanje eventualnih velikih voda i uspešno uklapanje u izabrani koncept premošćavanja, onda je njihovo umeće potpuno.

Generalno posmatrano na starim kamenim mostovima od najstarijih vremena uočavaju se:

– skriveni olakšavajući otvori kada imaju isključivo statički karakter, i

– vidljivi olakšavajući otvori koji osim statičkog (osim smanjenja mase stuba umanjuju i pritisak velike vode na površinu stuba) imaju i estetični karakter, koji pred-

Sl. 58 – Neki primeri olakšavajućih otvora: (a) Akvadukt u Starom Baru; (b) Jokčiski most u Kratovu



stavllja bitnu komponentu u arhitekturi celine, integralni su deo celine mostovske konstrukcije.

Grupacija vidljivih olakšavajućih otvora prema svom položaju u konstrukciji sadrži dve podgrupe: otvore za olakšanje ispune mosta i otvore za olakšanje konstrukcije stuba.

Oblici olakšavajućih otvora su vrlo različiti. Počev od kružnog (pun krug, kao na Kozjoj ćupriji kod Sarajeva) i polukružnog oblika (intrados u obliku polukruga ili olakšavajući otvor zasveden polukružnim svodom), pa preko pravouganog oblika otvora sa manjom stranom u pravcu mosta – takođe zasveden polukružnim ali i oživalnim (ređe) oblikom svoda, sve do olakšavajućeg otvora u obliku četvrtine kruga (sreću se uglavnom na južnim regijama Balkanskog poluostrva).

Konstrukcija starog akvadukta u Skoplju (po svoj prilici tvorevina vizantijske mostogradnje) i konstrukcija akvadukta u Starom Baru (sl. 58) – jedinstveni su primeri umešnog, svrsishodnog i veštog manipulisanja ovim elementima na ovakvim objektima.

Inače, sve što je rečeno u statičko-konstrukcijskom pogledu za prethodne elemente važi i za olakšavajuće otvore.

3.11 PRILAZNE KONSTRUKCIJE

Veliki broj starih mostova pokazuje smišljeno vođenje trase puta do mosta i od mosta, a sve u težnji da se dobije potpuna optimalnost dužine i visine mostovske konstrukcije. U zavisnosti od konfiguracije obala reke i značaja mosta izdvajaju se uglavnom dva tipa:

* prilazi sa kratkim rampama u pravcu i sa usponima prema sredini mosta, i

* prilazi sa oštrim krivinama ili čak i pod pravim uglom, takođe sa usponima, što je zadovoljavalo ondašnje uslove saobraćaja.

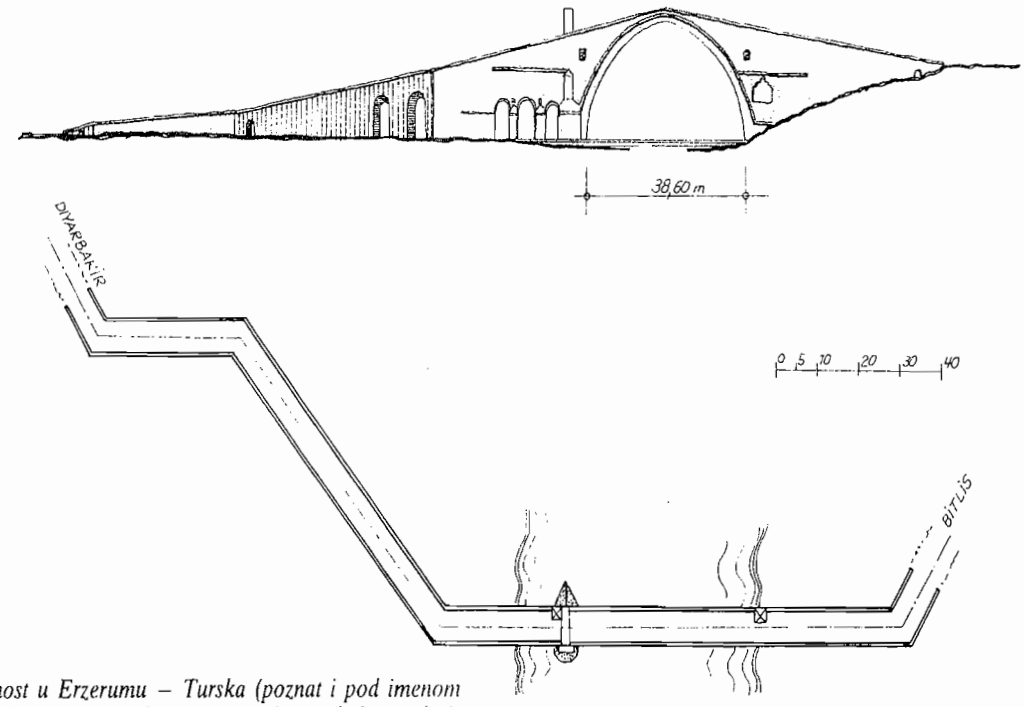
Generalno se može reći da su prilazi starim mostovima u stvari njegovi sastavni elementi. Ovo naročito u primerima kada su prilazi posebno izvedene konstrukcije u sklopu opšte dispozicije prelaza preko reke, što znači da se spomenici kulture utilitarnog karaktera – mostovi, moraju tretirati kao celina formirana od osnovnog dela – mostovske konstrukcije kojom se prelazi preko reke, preko prepreke, i – prilazne konstrukcije, odnosno „rampe" kojom se dolazi do osnovnog dela mosta. Klasičan primer ovakvog koncepta premošćavanja dat je na sl. 59 (videti i sl. 143, most preko Drine u Višegradu).

3.12. FUNDIRANJE

O fundiranju starih mostova govori se sa aspekta stečenih saznanja prilikom radova na njihovoj sanaciji, rekonstrukciji i dislokaciji, uvida u ostatke srušenih mostova, kao i na osnovu vrlo oskudnih pisanih podataka. Do naših dana stigli su samo oni sistemi fundiranja koji su odoleli mnogim nepovoljnostima kroz vreme i na kojima se uočava solidnost i ispravnost primenjenog rešenja i visoko kvalitetna realizacija. Sačuvani primeri pokazuju uglavnom sledeće sisteme temeljenja:

* direktno fundiranje na primerima gde se most oslanja na stenovite materijale, odnosno kvalitetno noseće tlo;

* fundiranje na kamenom nabačaju izvedenom pod zaštitom zagata ili bez njega;

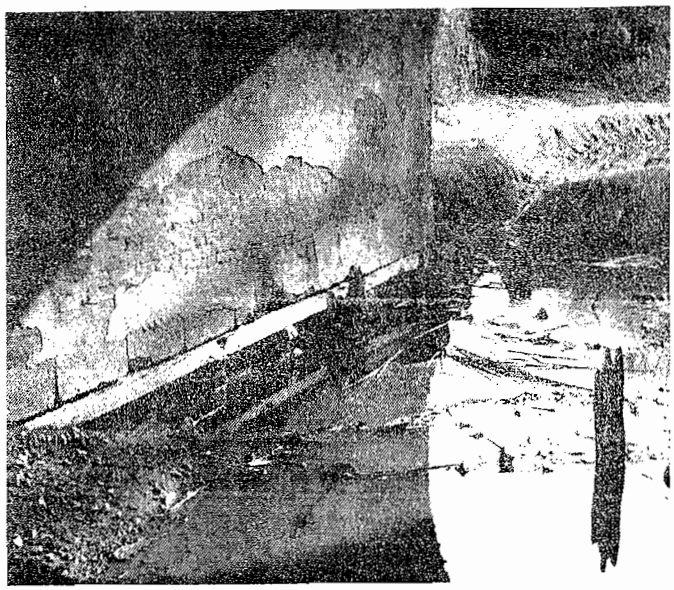


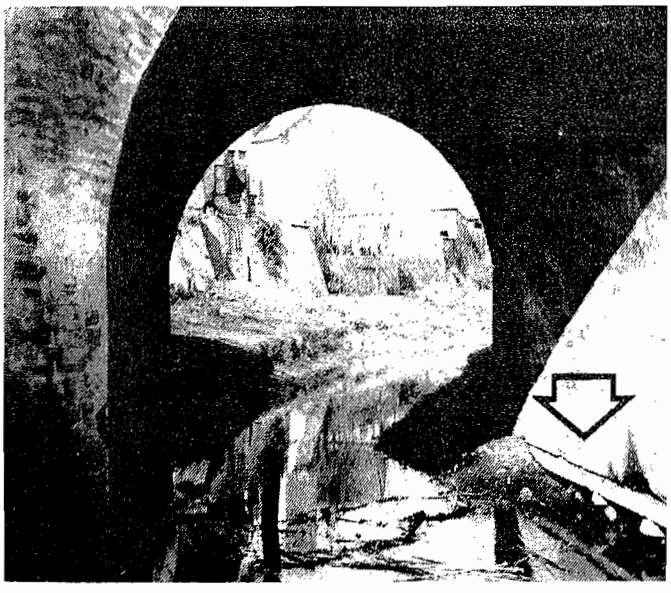
Sl. 59 – Seldžučki most u Erzerumu – Turska (poznat i pod imenom „Malabadi ćuprija"). O vremenu građenja postoje dva podatka – da je građen 1245. odnosno 1147. godine, što je verovatnije (videti i sl. 218)

* fundiranje uz pomoć zagata, nabačaja od lomljenog kamena i specijalno izrađenog roštilja od tvrdog drveta; i

* fundiranje pomoću sistema zabijenih kratkih drvenih šipova, sa ili bez roštilja, i uz pomoć nabačaja od kamena (između šipova).

Sistem direktnog fundiranja korišćen je u slučajevima kada se noseći, uglavnom stenoviti materijal nalazio na površini, ili neznatnoj dubini, i bez prisustva podzemne vode. Fundiranje primenom kamenog nabačaja primenjivano je u slučajevima kada je temeljenje mosta trebalo izvršiti u relativno plitkom rečnom toku. Preko kamenog nabačaja, slobodno formiranog ili uz pomoć zagata, postavljana je stopa temelja. Sistem fundiranja uz pomoć zagata, nabačaja od kamena i drvenog roštilja, takođe je korišćen u rečnim tokovima sa malom dubinom vode. Prvi sloj kamena temeljene stope, uglavnom velike krupnoće, ugrađivan je preko drvenog roštilja, tako da mu je gornja površina bila iznad radne vode (male vode). Za veće dubine rečnog toka u vodi je najpre izgrađen drveni sanduk, drveni zagat (od kratkih šipova zabijenih u dno reke i drvenih talpi), koji je ispunjen kamenom i preko kojeg je postavljan roštilj, uglavnom od hrastovih greda, na koji se oslanjala temeljna spojnica stuba. Za veće dubine vode i kada je noseći sloj bio na većoj dubini, korišćeno je fundiranje uz pomoć drvenih šipova – kratkih hrastovih kolaca – zabijenih u dno reke. Naime, posle izrade „sanduka" – zagata, kao i kod prethodnog fundiranja, u dno reke zabijani su šipovi (kolci) dužine obično „dva ili tri čoveka". Između šipova, na slobodnoj dužini, ugrađivan je krupan lomljeni kamen. Posle podrezivanja šipova na potrebnu kotu, kotu temeljne spojnice, postavljan je prvi sloj kamena temeljne stope. Evidentirani su primeri gde je između kamena i glave šipa ugrađeno olovo, što se objašnja-





Sl. 60 – Detalj temelja mosta preko reke Karašice u Valpovu (građen 1800. godine)



Sl. 61 – Detalji temeljne stope rečnog stuba br. VI – Drinske ćuprije u Višegradu, v. sl. 143 (snimljeno juna 1980. godine za vreme radova na sanaciji temelja). Na slici se vide kaskade temeljne stope i posledice erozije rečnog toka (radnik stoji na sloju novougrađenog betona. Ispod njegovih nogu je pumpa za crpljenje vode iz temeljne jame)



Sl. 62 – Detalji temeljne spojnice stuba br. VI – ćuprije Mehmed paše Sokolovića u Višegradu (snimljeno za vreme sanacionih radova, juna 1980.). Na slici je sondažna jama koja prolazi kroz temeljnu spojnicu i ulazi u šljunčani sloj

a *b* *c*

d

va težnjom za što intimnijom vezom šip-kamen. Takođe ima primera da je između šipova i temeljne stope ugrađen hrastov roštilj.

Stope temelja rečnih stubova izvedene su od vrlo krupnih blokova tesanog kamena (ima primera gde je veličina tesanika 190/80/50 do 60 cm) i imaju uglavnom pravougaoni oblik. Međutim, ima primera gde stopa na uzvodnoj strani ima kljun trouglastog oblika, ali i primera gde stopa ima obostrano izvedene kljunove. Ugrađeni kamen je lepo obrađen tako da su spojnice minimalnih debljina. Međusobna veza između blokova izvedena je gvozdenim sponama (zalivene olovom). Takođe ima primera da je prilikom građenja temelja korišćena neka vrsta hidrauličkog maltera (sa dodatkom elemenata sa pucolanskim svojstvima).

Generalno rečeno, stope temelja rečnih stubova starih mostova su masivni i kruti monoliti, koji svojom masom, težinom i svojom krutošću omogućuju blagovremenu stabilizaciju primenjenog sistema fundiranja i ravnomerno prenošenje opterećenja sa konstrukcije mosta na temeljnu spojnicu, na tlo.

3.13. MATERIJALI

Za građenje srednjevokivnih mostova korišćena su dva osnovna materijala – kamen i krečni malter. Od kamena najčešće je korišćena krečnjačka stena različitih kvaliteta, ali u nekim primerima i druge vrste stena. Za konstrukcije svodova, u mnogim slučajevima, korišćena je porozna kalcijum karbonatna stena različittih varijeteta, poznata i pod imenom bigar ili siga. Skoro po pravilu za dobijanje kamena pogodnog oblika korišćene su lako obradljive stene.

Vrsta stene	Povoljne osobine	Nepovoljne osobine
granit sijenit	Svežina, naročito feldspata. Sitnozrnost. Ujednačena veličina zrna. Malo ravnomerno raspoređenog liskuna. Obilje minerala kvarca. Debeli banci i retke i pravilno raspoređene prsline.	Izgubljena svežina mase. Feldspat u procesu raspadanja – može nožem da se zapara. Mnogo liskuna koncentrisanog u pojedinim zonama.
diorit gabro	Ravnomeran raspored sastojaka. Svežina mase. Sitnozrnost. Granitska zrnasta struktura kod gabra. Pravilno lučenje.	Nedostatak lučenja ili sfenoidalno lučenje. Krupnozrnost. Gabrovska struktura (ljuspasto-zrnasta).
kvarc--porfir, porfir i porfirit	Malo svežih i krupnih sastojaka. Osnovna masa kristalasta i sveža. Ne paraju se nožem i imaju gladak prelom. Debeli banci.	Mnogo krupnih sastojaka. Raspadnuti feldspati. Zadahnuti mirišu na glinu. Ljušturasto cepanje. Crvena boja porfira i porfirita.
riolit trahit andezit	Fenokristali sitni i ujednačene veličine. Osnovna masa mikrokristalasta. Tamna boja andezita.	Poroznost. Jako izraženo lučenje. Otvorena boja andezita.
bazalt dijabaz	Jedar i zatvorene (crne) boje. Malo olivina i nefelina. Bez staklaste mase. Gladak prelom. Debeli banci ili prizme.	Porozan. Otvorene boje. Mnogo olivina i nefelina. Rapav ili iverast prelom. Sferoidalno lučenje. Bele (sunčane) pege.
tuf	Kvarcni cement. Mala i srednja poroznost.	Glinovit i krečni cement. Velika poroznost.
gnajs	Svež feldspat. Malo liskuna. Dosta kvarca. Slabo izražena škriljavost. Ravne površine. Debeli banci.	Mnogo liskuna. Raspadnut feldspat. Slaba vezanost. Neravnomerna slojevitost. Škriljavost.
peščari	Što više kvarcnih zrnaca. Kvarcni cement. Dobro izražena slojevitost u debelim bancima.	Feldspat i liskun. Mnogo glinovitog cementa. Skriljavost.
krečnjak dolomit	Jedar. Čvrst. Zadahnut ne odaje miris na glinu. Debeli banci. Pravilne i udaljene poprečne prsline.	Zemljasta struktura. Zagasite boje. Miris na glinu. Tanki slojevi i ploče. Nepravilne i bliske poprečne prsline.

Po komponenti obrade na starim kamenim mostovima uočavaju se blokovi tesanog kamena – uglavnom za konstrukcije svodova i čeonih zidova, doteran i grubo doteran kamen – kod sporednijih konstrukcijskih elemenata i na manje važnim, značajnim, mostovima. Lomljeni kamen, obični i pločasto lomljeni kamen, koristio se uglavnom za izradu ispuna. No ima primera kada je lomljeni kamen korićen i za izradu pojedinih delova konstrukcije, pa i mosta kao celine.

Za jednu kamenu konstrukciju od posebne je važnosti izbor vrste kamena. Data tabela daje pregled nekih vrsta stena, sa povoljnim, odnosno nepovoljnim osobinama, od kojih se dobija kvalitetan kamen za građenje.

Podvlači se da prilikom „vađenja" kamena iz majdana (kamenoloma), pa bilo da se radi o novom mostu ili kamenu potrebnom za određene sanacione radove, kamen treba vaditi „cepanjem". Ovo se posebno odnosi na kamen koji se kasnije obrađuje (kada se kamen vadi „pucanjem" – miniranjem postoji mogućnost pojava prslina prilikom njegove obrade, odnosno, fine i za oko nevidljive „fisure" u kamenu, kao posledica miniranja, postaju vidljive pa čak i štetne, prilikom njegove obrade).

Za zidanje kamenih mostova upotrebljavan je krečni malter*). Malter je spravljan pomoću vrućeg kreča (ne uvek) i čistog kvarcnog peska. Krupnoća peska varira u zavisnosti od debljina spojnica. Na nekim mostovima nađeni su malteri spravljeni sa peskom krupnoće i do 2 mm. Na mnogim objektima konstatovane su i specifične vrste maltera – krečni malter sa dodatkom fino usitnjene opeke ili crepa, ili krečni malter sa dodatkom zemlje „crvenice" („tera rosa"), odnosno krečni malteri sa aditivima pucolanskih svojstava, a to su de facto malteri sa hidrauličkim svojstvima, sa mogućnostima da stvrdnjavaju u vodi. Ovim malterima pripadaju i krečni malter sa dodatkom murge (talog od maslinovog ulja) i krečni malter sa dodatkom jaja (uticaj želatina), koji takođe imaju hidraulička svojstva.

Osim ova dva materijala korišćeno je kovano gvožđe i olovo – za medusobnu vezu kamenih blokova i drvo – za izradu skela i santrača (santrač – konstrukcijski element od drveta, u obliku roštilja, koji je služio prilikom zidanja masivnih zidova i stubova). To je neka vrsta „armiranobetonskog serklaža u savremenim konstrukcijama, koji ima zadatak u masi zida, odnosno stuba da izravna deo ozidane mase, da omogući ravnomernije prenošenje opterećenja i da poveže mase zida u celinu.

*) V. Đurović: *Neke konstrukcije iz nedavne prošlosti našeg gradevinarstva (od XVI do XIX veka)*, Naše gradevinarstvo, br. 5, str. 699, 1953. godina.

DEO 2.

ISKUSTVA SA ZAŠTITE

1. UZROCI NASTALIH OŠTEĆENJA

Stari kameni mostovi imaju tu zlu sudbinu da služe čoveku vekovima a kada popuste usled nepovoljnih uticaja ili nehatom čoveka, jer se u pravilu adekvatno ne održavaju – bivaju napušteni i prepušteni zubu vremena i ćudima prirode. Veliki je broj takvih mostova. Međutim, ne malo je primera kamenih mostova da iako građeni u jedno drugo i daleko vreme i za saobraćajno opterećenje koje je i do 100-puta manje od današnjeg, kako po vrsti, intenzitetu tako i po učestalosti – da oni i dalje uspešno služe i na svojim ostarelim plećima nose i to novo opterećenje. Ovu činjenicu potvrđuje veliki broj starih kamenih mostova a između njih i mostovi na tzv. Carigradskom drumu, na relaciji Evropa – Azija, u Trakiji i Anadoliji, a u nas između ostalih dobro znana Višegradska ćuprija preko reke Drine.

Mnogi stari kameni mostovi uspešno se prilagođavaju novonastalim uslovima saobraćaja i vekovima odoljevaju mnogim nepovoljnim uticajima ubrajajući tu i mnoge ratne strahote. Dostojni su svedoci vremena kada se drugačije živelo, mislilo, radilo i gradilo i prezentiraju idealnu sintezu estetičnih, konstrukcijskih i utilitarnih vrednosti najvišeg reda jedne ranije i te kako značajne i sadržajne mostogradnje.

Kao što je poznato, uspešna egzistencija jednog spomenika kulture utilitarnog karaktera uopšte, a starih kamenih mostova posebno, zavisi od velikog broja faktora. Mnogi od ovih faktora sa većim i manjim intenzitetom, kroz duži ili kraći vremenski period, nepovoljno se odražavaju na građevinu – na most – i neposredni su ili indirektni uzroci nastalih oštećenja. Pri tome, ne treba zaboraviti da se oštećenja mogu javiti kako na superstrukturi mosta tako i na donjem stroju mosta, njegovoj infrastrukturi, i da nastale destrukcije i deformacije mogu biti posledica i više jednovremenih nepovoljnih uticaja, ili da je jedan faktor ili grupa faktora uzrokovala pojavu drugih destruktivnih uticaja.

Kod masivnih – zidanih mostova zbog prisutnih konstrukcijskih karakteristika u mnogim primerima teško je decidirano definisati – razlučiti uzroke nastalih promena na građevini. Iz tog razloga važno je izvršiti adekvatnu analizu i to počev od vidnih i jasnih oštećenja, pa tek onda preći na hipoteze i pretpostavke za oštećenja koja mogu biti posledica relevantnih faktora vezanih za temelje mosta, za njegove oku skrivene elemente.

U odnosu na stare kamene mostove, te specifične spomenike graditeljskog nasleđa i verne svedoke stvaralaštva prohujalih mostogradnji, nepoželjni faktori odnosno štetni uticaji uglavnom zasnovani na vizuelno konstatovanim pomeranjima, deformacijama i destrukcijama materijala odnosno konstrukcijskih elemenata – mogu se svrstati, kako sledi:

a) Oštećenja nastala kao posledica uvećenog saobraćajnog opterećenja odnosno udara vozila (kolovozne konstrukcije, venci, ogradni zidovi – parapeti);

b) Uticaji urbanizacije i savremenih vodoprivrednih zahvata;

c) Oštećenja nastala atmosferskim i klimatskim uticajima odnosno prodiranjem atmosferske ili kakve druge vode kroz kolovoznu konstrukciju;

d) Oštećenja nastala kao posledica uticaja faktora fizičke i hemijske prirode (vegetacija, velike vode, led, štetni gasovi u atmosferi u kombinaciji sa kišnicom, i slično);

Milan Gojković: *Neki aspekti i iskustva sa sanacija, konzervacija i rekonstrukcija spomenika kulture utilitarnog karaktera*, 2. Jugoslovensko savetovanje o sanaciji zgrada, Maribor, 1986, str. 67–75.

e) Oštećenja nastala usled sleganja temelja i promena na temeljnim konstrukcijama; i

f) Oštećenja nastala kao posledica primene – ugrađivanja nekvalitetnog materijala.

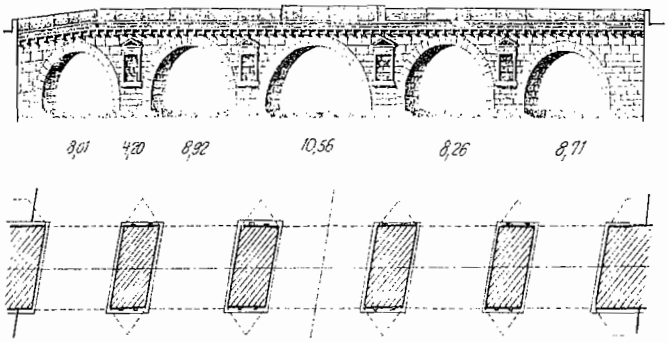
Ne retki su primeri u savremenoj praksi zaštite, kako je već pomenuto, da je stari most jednostavno ugrožen grupacijom nepovoljnih uticaja nastalih kroz duži vremenski period. Međutim, moguća su i oštećenja u kraćem vremenu, uglavnom uzrokovana nemarnošću čoveka ili u ratnim zbivanjima koja su, po pravilu, svoje strahote i rušilačke besove ostavila baš na ovim objektima.

1.1. SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE

Vreme kada su građeni ovi mostovi bilo je vreme pešaka, tovarnih konja i kola sa stočnom zapregom. U ne malom broju primera, posebno na mostovima magistralnih saobraćajnica (koje su kao takve stigle i do naših dana), na mostovima sa većom korisnom širinom, ove građevine danas služe i za najteža saobraćajna opterećenja motornim vozilima. Nekad za kola sa stočnom vučom a danas, u pojedinim primerima, i za najteža motorna vozila (za šlepere). Kada se prednjem doda da ima starih mostova preko kojih pređe i više od 10000 vozila tokom 24 časa – tada je agresivnost savremenog saobraćajnog opterećenja na ove drevne građevine značajna i potpuna. Nepovoljnosti izazvane ovim uticajima manifestuju se uvećanjem naprezanja ugrađenog materijala od povećanog opterećenja i evidentnim dinamičkim faktorima, udarima vozila.

Uvećano saobraćajno opterećenje i dvosmerni saobraćaj ugrožavaju uglavnom korisnu širinu mosta oštećenjem

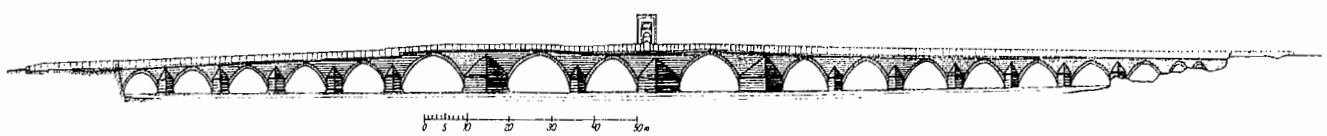


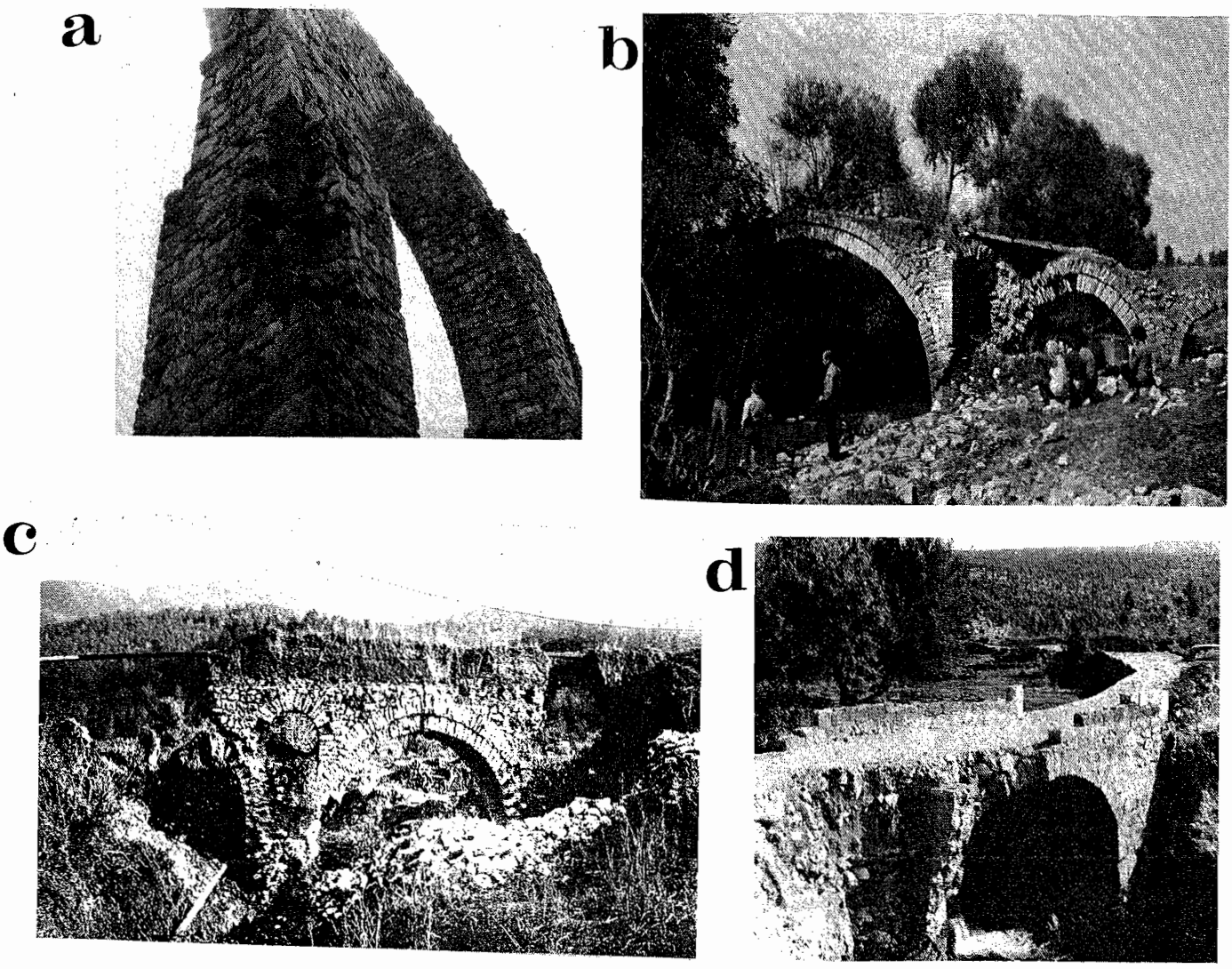


Sl. 63 – Most preko reke Mareccio u Rimininju, nekada kod Riminije (Italija), na trasi antičkog puta Via Flaminia, sa pet otvora ($_{max}l_n$=10,56m) i dužine cca 69 m – napravljen je 20. godine naše ere. Most je poznat i pod imenom Tiberijev most jer je građenje završeno u njegovo vreme. U literaturi se pominje i kao Avgustov most jer je građenje mosta započeto za vreme rimskog cara Avgusta. Most i danas posle toliko vekova uspešno služi čoveku i preko njega prelaze i najteža motorna vozila bez posebnih teškoća. Postoje beleške da je most popravljan u VI, XIV i XVI veku

Sl. 64 – Mustaf pašina ćuprija preko reke Marice u današnjem Svilengradu (Bugarska) napravljena je 1521. godine. Prema turskim izvorima most je sagradio dobroznani turski graditelj Kodža Mimar Sinan. Konstrukcija mosta – dužine cca 300 m, sa dvadeset otvora i korisne širine 6,0 m, iako građena za saobraćaj sa stočnom zapregom, u jedno drugo i nama daleko vreme (početak XVI veka), uspešno nosi i sadašnje – savremeno saobraćajno opterećenje, opterećenje i najtežih motornih vozila na saobraćajnici koja spaja Evropu i Aziju (ovaj put na relaciji Istambul–Jedrene koristi još uvek nekoliko starih mostova). Sličan primer postoji i u nas, v.sl. 69 i 143, most preko reke Drine u Višegradu, ćuprija Mehmed paše Sokolovića (1571–1577), na svojim „osterelim plećima" uspešno nosi ne tako malo savremeno opterećenje na pravcu Beograd–Sarajevo i Dubrovnik







Sl. 65 – Primeri lošeg održavanja mostova odnosno neblagovremene intervencije na lokalnim oštećenjima. Malo i manje oštećenje vremenom utiče na sve intenzivniju destrukciju elemenata mosta. Primeri: (a) sa akvadukta u Starom Baru; (b) primer mosta iz sela Buljbe (kod Orahovca); (c) most na starom putu Valona–Tepelene (Albanija); (d) primer mosta na prilazu manastiru Krka (Dalmacija); i (e) ostaci (1961) Suzijevog mosta preko reke Bistrice (kod Tabakhane) u Prizrenu – danas ne postoje

kolovozne površine i njenih ekstremiteta – ivičnjaka, venca i ogradnih zidova. Od posebnog je značaja oštećenje kolovoza jer neravnine na kolovozu uzrokuju uvećanje udara vozila, intenzivnije dinamičko opterećenje koje se nepovoljno odražava i na ostale elemente mosta. Osim navedenog udari vozila oštećuju parapetne zidove, trenjem brazdaju ploče „korkaluka" i udarima drobe kamen u kolovoznoj konstrukciji. U ne malom broju primera štetno utiču na konstrukciju superstrukture mosta u celini.

Redovno održavanje starih mostova po pravilu ne postoji. Korisnici ovih građevina, a to su uprave za puteve, SIZ-ovi za saobraćaj i drugi – smatraju da su ovi objekti „bogom dani" i da ih treba eksploatisati do besvesti i bez minimuma održavanja. Eventualnoj popravci i sanaciji pristupa se tek posle destrukcija i oštećenja koja utiču na saobraćaj. Ili, što nije retkost u našoj praksi, da se od saobraćaja ili neblagovremenog održavanja oštećen most napusti i sagradi novi. Tom prilikom, stari most, oštećena konstrukcija, ostavlja se bez intervencija a poznato je da napuštena i oštećena konstrukcija mnogo brže propada. Po pravilu, pošto je korišćenjem uništila most putna služba ga ostavlja službi zaštite da ga ona dovede u ispravno stanje.

1.2. SAVREMENA URBANIZACIJA I NOVOGRADNJA

Savremena urbanizacija i novogradnja u ruralnim sredinama ne retko ruši sve pred sobom i ne poštuje integritet starih mostova. Međutim, oni, ako su preživeli svoje vreme, mogu i kao takvi biti dragoceni detalj u daljoj urbanizaciji jedne sredine, jednog grada.

Ovaj faktor obuhvata i izgradnju novih – savremenih saobraćajnica. Stari most i stari put sa nepovoljnim konstrukcijsko saobraćajnim elementima uslovljavaju a u mnogo primera i imperativno traže novu saobraćajnicu. To je na mestu. Međutim, u mnogo primera nova saobraćajnica se locira neposredno uz staru – a to je nepovoljno za stari most. Narušava se njegov integritet i kroz vreme i preko konstrukcijsko arhitektonskih svojstava stečen identitet. Ne vodi se dovoljno računa o osnovnom i neophodnom integritetu spomenika kulture, o njegovom značaju i svojstvima. Guše se njegovi obrisi, gasi njegova viševekovna funkcija i, po pravilu, ostavlja zubu vremena i mnogim nepovoljnim uticajima koji dovode do njegovog uništenja. Građenjem novog mosta u neposrednoj blizini stare konstrukcije ugrožavaju se njegove spomeničke vrednosti. To je neosporna činjenica.

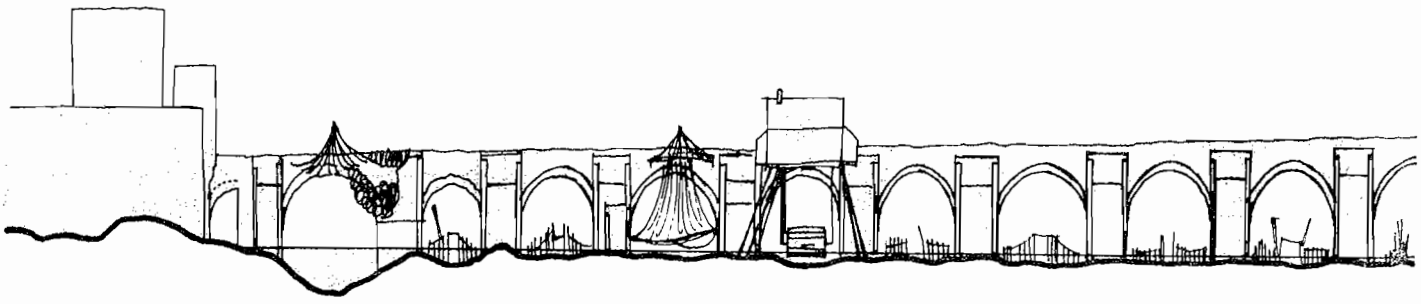
Građenje novog mosta neposredno uz stari – napušteni, što se najčešće radi jer je to najjednostavnije, nije na mestu jer „guši" i „jaše" staru konstrukciju – grubo i nedopustivo ugrožava njegovu viševekovnu uspešnu egzistenciju. Umesto da se obrisi starog mosta i spomenički karakter građevine iskoriste kao „ukras", arhitektonski akcent novog objekta odnosno sredine – radi se suprotno. Sa malo dobre volje i ne mnogo više uloženih sredstava u sveopštim kvalitetima novog mosta, nove trase, dobija se mnogo više. U veštim rukama savremenog graditelja ovi i ovakvi objekti ostaju kao jedinstveni kulturno-istorijski spomenici, skladno i umešno uklopljeni u savremene građevinske zahvate i životne tokove. Ne bi „Ponte Vecchio" u Firenci i dalje aktivno živeo, „Karlov most" preko Vltave bio okosnica Praga, ni Miljacka bez svog đerdana od mostova – da se u te građevine nije pravovremeno ulagalo i da nisu našli svoje mesto i funkciju u savremenom životu.

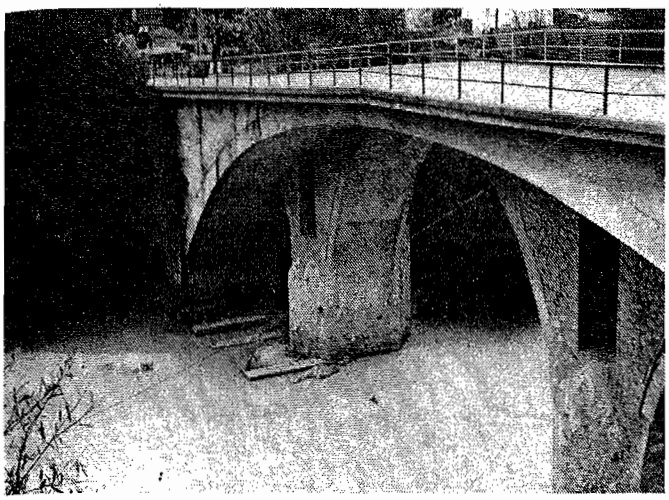
Prilikom napuštanja starog mosta, kada je to neminovno i svrsishodno, novi most treba locirati dovoljno daleko od starog (ali i ne suviše). Koliko novi most treba odmaći od starog pitanje je posebne analize i zavisi od slučaja do slučaja, od niza parametara kompleksnog karaktera. Neko posebno pravilo ne može se postaviti. No, dosadašnja iskustva ukazuju da oba mosta treba da su na dovoljnom rastojanju i pri tome da su sagledljivi, da se stari vidi sa novog i obratno. Minimalno rastojanje, mada to ne može biti pravilo, treba da je jednako ili veće od ukupne dužine mosta.

Ovom faktoru mogu se bez rezerve priključiti i neodgovarajuća a u mnogo primera nestručna i gruba proširenja starih mostova, proširenja po svaku cenu i u jednostranom interesu. Dodavanje novog materijala, menjanje siluete i volumena celine je nedopustivo u slučajevima kada se radi o mostovima posebnog značaja i specifičnih karakteristika.

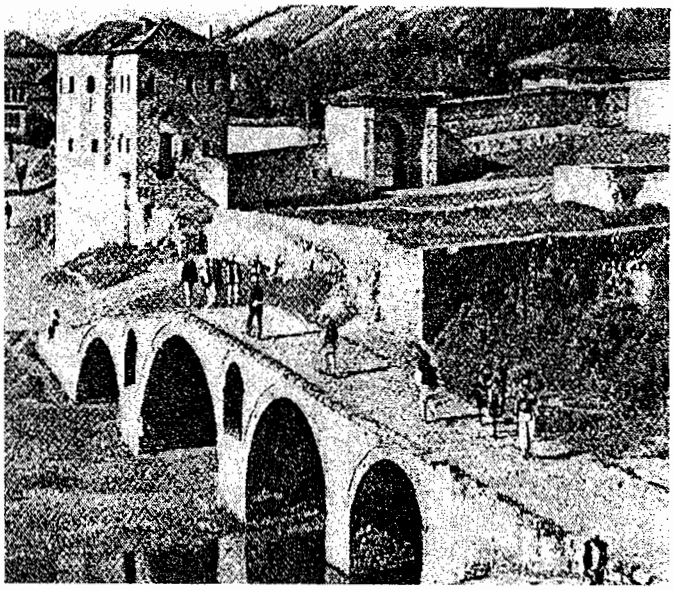
Ne retki su primeri da se urbanizacijom, izgradnjom grada, pojedini delovi mosta i celi otvori zatrpavaju, „otimaju" od mosta. Na taj način se umanjuju njegove izvorne funkcije, smanjuje se njegov proticajni profil, što može da dovede do pogubnih rezultata, u krajnjoj liniji i do rušenja pod određenim okolnostima. Ovome treba dodati i potpuna zatrpavanja, a katkad i rušenja, kako bi se stvorili prostori za savremenu urbanizaciju. Vešta i znalački kreirana savremena urbanizacija lako i jednostavno uklapa staro u novo, koristi staro da bi istakla novo i savremeno. Stari most je zahvalan i snažan urbanistički motiv u savremenom urbanom stvaranju. To je činjenica. Spomenički kompleksi i mikrourbanističke celine sa starim mostom u težištu pružaju jedinstvene doživljaje od značaja ne samo za fizionomiju jednog naselja, ili grada, već i mnogo više

Sl. 66 – Stari kameni most u Pont de l'Arche (Francuska) preko reke Seine, ukupne dužine oko 340 m sa 24 polukružnih svodova otvora veličine od 3 do 12 m, porušen je 1855. godine zbog građenja novog mosta. Most je građen u XIII veku tako što su parcijalno pojedini delovi ranijeg drvenog mosta zamenjivani kamenom konstrukcijom (zna se da je drveni most na ovom profilu sagradio, između 862. i 866. godine, francuski kralj Karlo Ćelavi). Izvornu dispoziciju kamene konstrukcije karakterišu relativno visoki rečni stubovi, polukružni svodovi kao i veći broj vodenica na mostu. Most je popravljan 1346, 1417, 1639. i 1712. godine



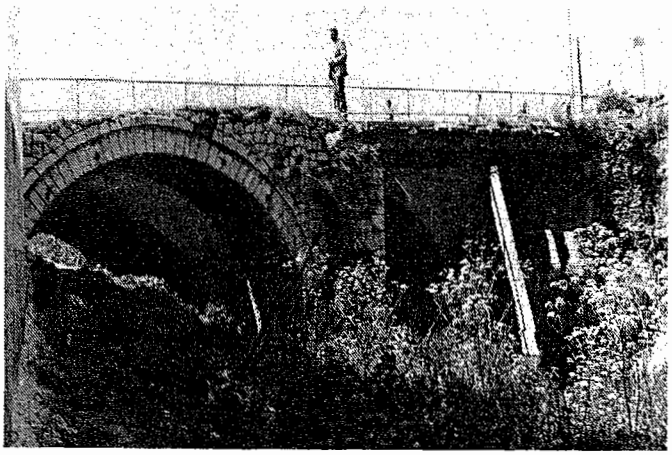


a

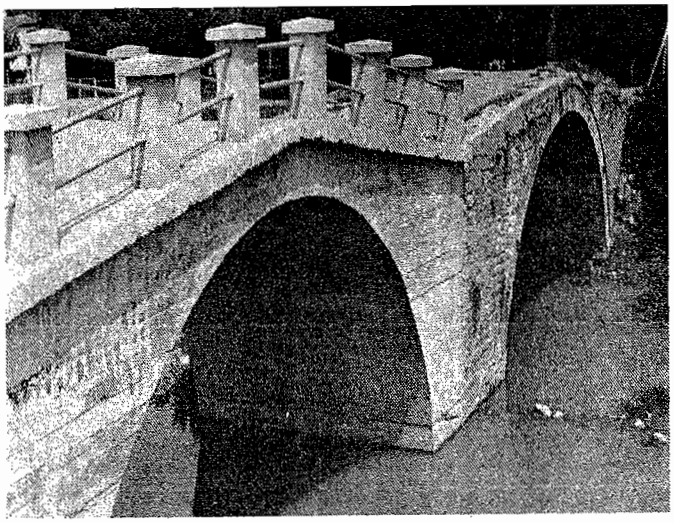


c

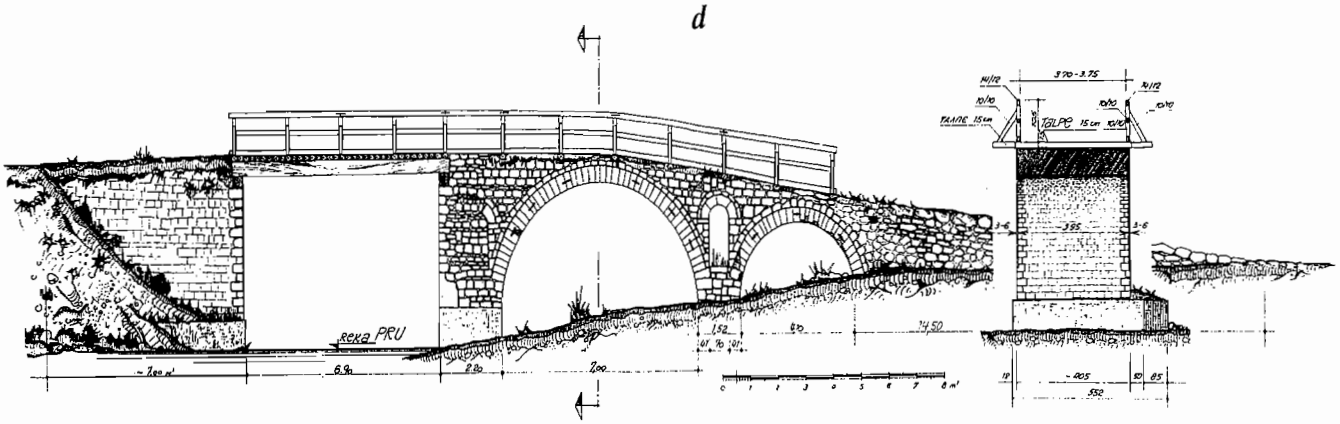
Sl. 67 – Primeri nedopustivog tretmana starih mostova: prilikom građenja savremenog mosta neposredno uz stari – (a) preko reke Arde u Srednogorici (Bugarska) i (b) Talići most u Đakovici (novom konstrukcijom praktično je uništen stari most); (c) rušenje starog mosta da bi se izgradio nov – primer iz Đakovice (neposredno uz nov hotel); i (d) produženje starog mosta dodavanjem betonske konstrukcije (primer mosta u Klini)

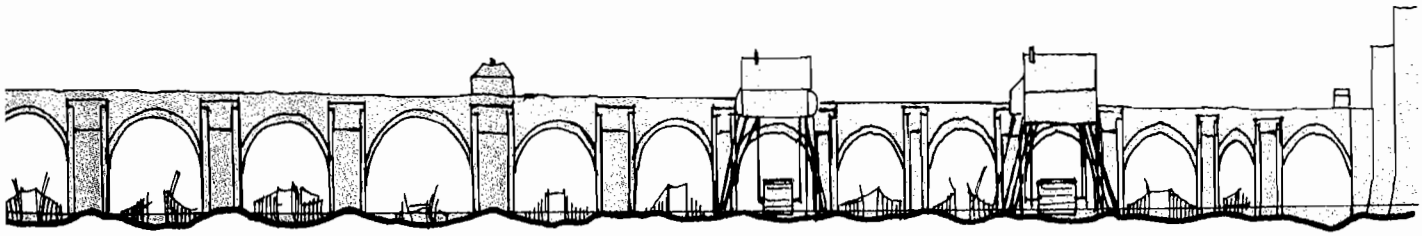


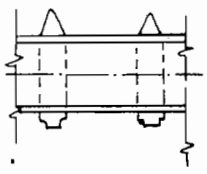
b

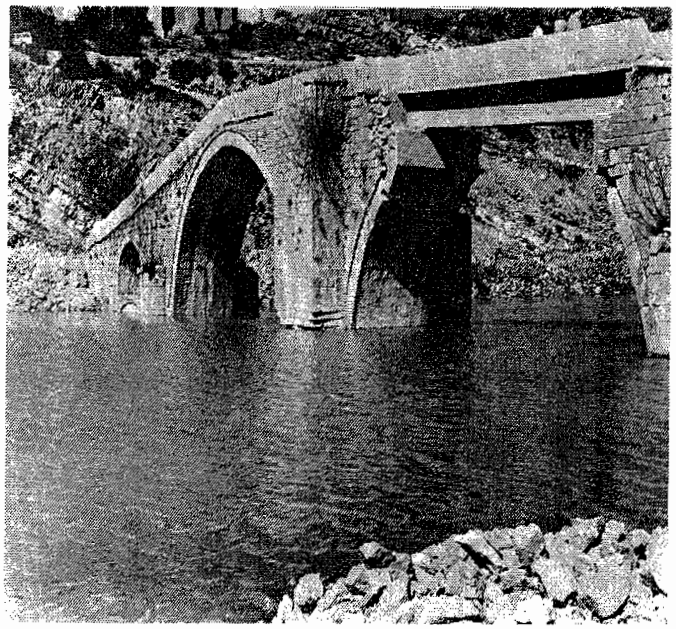


d









Sl. 68 – Arslanagića most kod Trebinja (XVI vek) u toku potapanja (probnog punjenja akumulacije koja je ugrozila njegov integritet), vidi i sl. 97

od toga. Posebno prijatne doživljaje na savremenom putu putnik utiske pogledom na stari most, na staru konstrukciju, koja mu podvlači i ističe vreme u kome on živi i stvara. To znači staro ne treba rušiti, izbrisati za navek, već ga ostaviti da kazuje svoje vreme i sveopštu kulturu svoga vremena.

Tehnička revolucija i neminovni progres društva traže građenje novih hidroenergeskih izvora, stvaranje većih i manjih akumulacija, veštačkih jezera. Ovi i ovakvi građevinski zahvati u dosta primera traže velika potapanja, često i starih mostova. Kako spasti jedan ovako ugrožen spomenik kulture? Ostaviti ga pod vodom posle detaljno sprovedenih istražnih radova ili ga premestiti na novu lokaciju? Prilikom ove i ovakve zaštite postavlja se opravdano pitanje – da li iz ovakvih akumulacija uvek i sve treba spasavati, dislocirati? Šta se gubi a šta dobija ovakvom zaštitom spomenika kulture utilitarnog karaktera. Konačno rešenje treba doneti posle svestrane i detaljne analize, posle razmatranja postavljenog problema sa svih aspekata.

1.3. ATMOSFERSKI UTICAJI I KLIMATSKI USLOVI

Većina starih mostova izvedena je, što je i normalno, bez izolacije i posebnog sistema za odvodnjavanje, – u onom smislu kako se to danas radi, ili su ti sistemi, ukoliko i postoje, zapušteni i neefikasni. Ova činjenica ima za posledicu prodiranje atmosferske vode kroz konstrukciju mosta a posebno kroz njegove noseće elemente – svod ili svodove. Prodiranjem vode kroz konstrukcijske elemente, rastvaranjem pojedinih čestica, a posebno slobodnog kreča, ugrađeni materijal postaje porozniji pa samim tim narušavaju se njegove osnovne elasto-mehaničke karakteristike, što za stabilnost mosta nije bez značaja. S druge strane, u oštrim klimatskim uslovima, ugrađeni i ovako degradirani materijali podložni su uticaju mraza, što u nekim primerima može da dovede do znatnih oštećenja. Inače, voda koja „luta" kroz konstrukciju mosta može da uzrokuje mnoge nepovoljnosti.

Isto tako preko nekih konstrukcija starih mostova, u nekom kasnijem vremenu, provedene su vodovodne cevi. Ima primera kada se ti vodovodi ne održavaju kako treba i kada propuštaju određene količine vode (na sastavcima cevi, havarije vodovoda) koja dospeva u konstrukciju mosta. Ova voda takođe štetno deluje na most.

Mnogi štetni uticaji intenziviraju se prisustvom vode u unutrašnjosti mosta – uvećavaju deformacije i pospešuju stvaranje prslina.

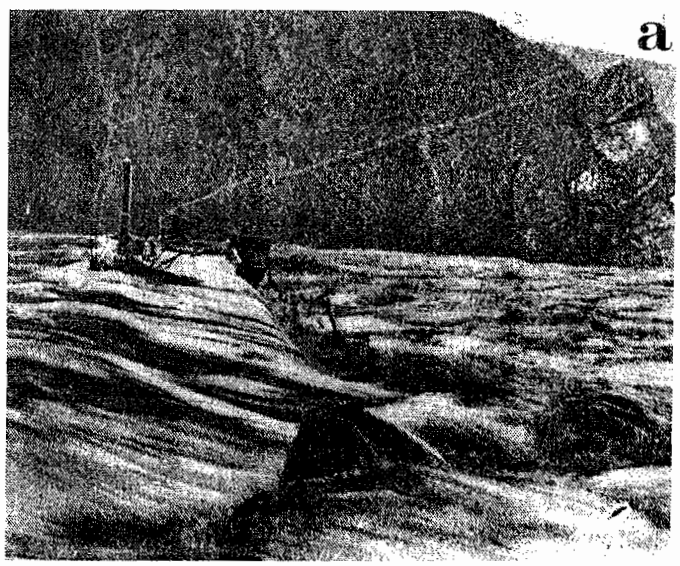
1.4. UTICAJI FIZIČKE I HEMIJSKE PRIRODE

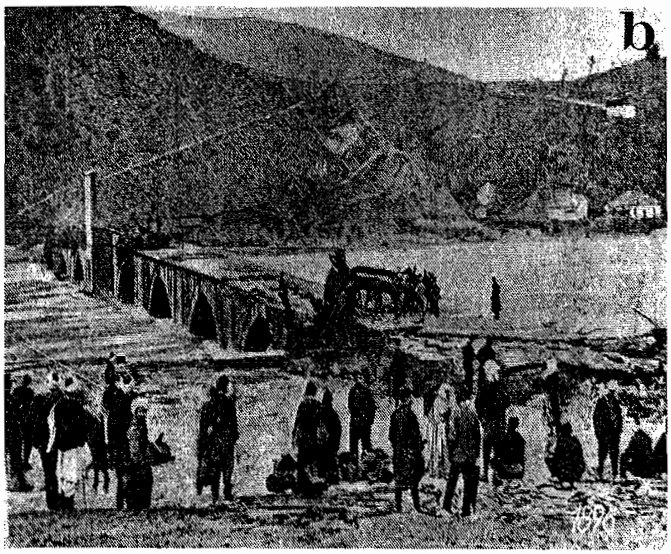
Uticaji fizičke i hemijske prirode deluju na most preko više faktora, odnosno:

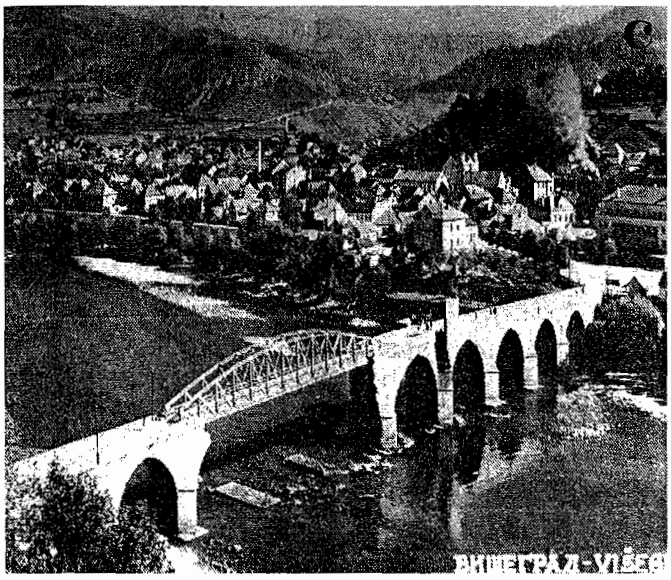
* *Uticaji rečnog toka* manifestuju se uglavnom erozijom vode. Mnogo je primera u dugoj istoriji mostova da je erozija dna reke direktno ugrozila a ne retko i svela na nulu njegovu stabilnost. Kako su stari mostovi uglavnom plitko fundirani to je erozija dna reke delovala i deluje pogubno na njegove vitalne elemente – stubove. Kod bržih rečnih tokova pokretanjem rečnog nanosa, što je takođe evidentno, formiraju se oko rečnih stubova posebni „mehanizmi" erozije koji mogu da budu od uticaja i na samu masu rečnog odnosno obalnog stuba.

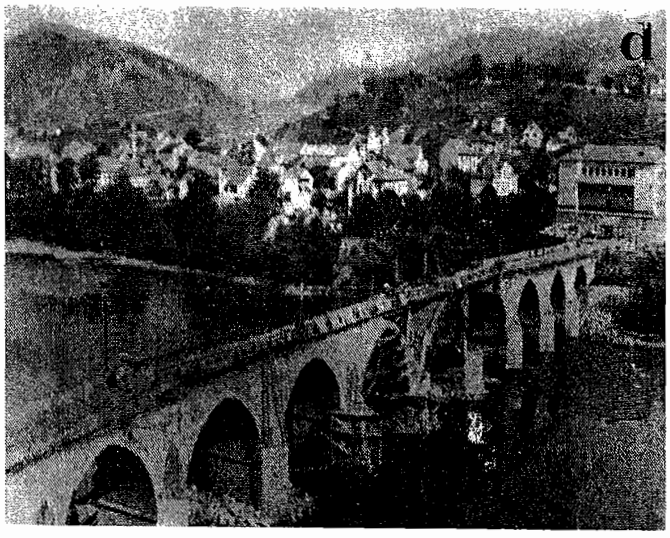
Uticaj rečnog toka posebno u uslovima velikih i katastrofalno velikih voda takođe nepovoljno utiču na most. Bilo je primera da su ove vode potpuno porušile – praktično „odnele" konstrukciju mosta.

* Mnoga *ratna rušenja* i pustošenja, a u mnogim primerima i uticaji od zemljotresa, ostavili su trag i na kame-

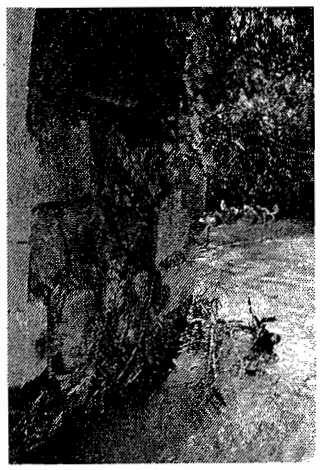






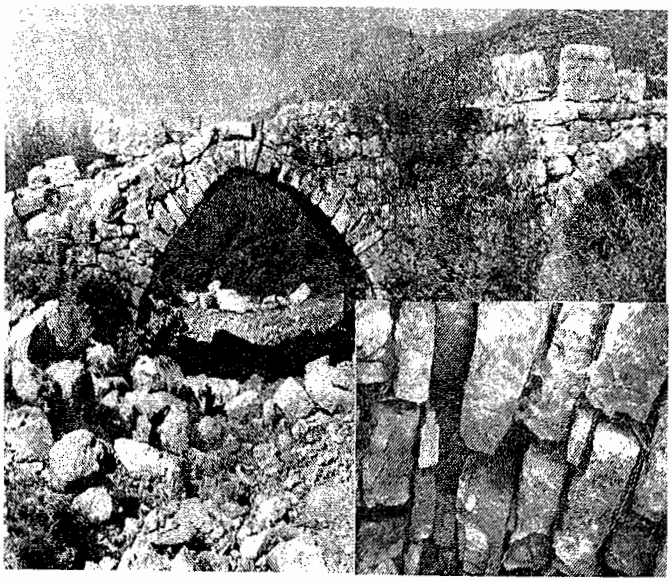


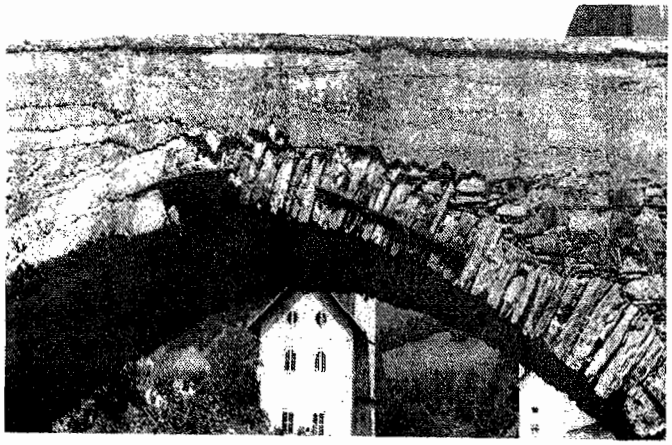
Sl. 69 – Ćuprija Mehmed paše Sokolovića preko reke Drine u Višegradu (1571–1577). Graditelj mosta bio je Kodža Mimar Sinan (1490–1588): (a) izgled mosta za vreme katastrofalno velike vode 1896. godine; (b) pogled na most neposredno posle povlačenja ove velike vode (voda je „odnela" samo korkaluk ogradu); (c) izgled mosta 1935. godine (porušena dva rečna stuba u ratu 1914. godine), sa provizornom čeličnom konstrukcijom; i (d) pogled na most za vreme sanacionih radova 1953. godine



Sl. 70 – Neki od primera razaranja: (a) oštećenja uzvodnog kljuna rečnog stuba kao posledica bujnog rasta flore, ekspanzija korena biljke pospešena erozijom vode iz rečnog toka (detalj sa mosta u selu Žač, kod Budisavaca); (b) razarajući uticaj flore na Starom Mostu u Mostaru; (c) primer ispranosti spojnica u konstrukciji svoda ozidanog pločastim doteranim kamenom (selo Mostaći, kod Trebinja); (d) oštećenje čela svoda uticajem deformacija i klasičan primer nedopustivog „krpljenja" konstrukcije betonom (Železniki, Slovenija).







nim mostovima. Ova oštećenja se manifestuju preko većih i manjih prslina i pukotina posebno izraženih na „krutim" konstrukcijama. U ratu delimično srušena konstrukcija, skoro po pravilu, ostajala je duže vremena otvorena – izložena agresiji atmosferskih uticaja. A to je nepovoljno za most.

* *Vegetacija* kao posledica neadekvatnog održavanja može da nanese mostu znatna oštećenja. Svojim rastom i ekspanzijom u masi konstrukcije u stanju je da razori i elemente velikih dimenzija. S druge strane, pojedine biljke – košćela, na primer, imaju sposobnost da se uvlače i u najsitnije pore i šupljine u kamenu, u konstrukciji mosta. Kasnijim raščenjem razaraju materijal i pospešuju agresiju ostalih nepovoljnih faktora.

* *Štetni gasovi* u atmosferi, posebno ugljendioksid (CO_2) i sumpordioksid (SO_2), u kombinaciji sa atmosferskom vodom (kišnicom) takođe razorno deluju na kamen odnosno most. Ova se oštećenja manifestuju uglavnom hemijskim raspadanjem kamena zavisno od njegovog mineraloškog sastava odnosno vrste korišćene stene.

1.5. OŠTEĆENJA NASTALA USLED SLEGANJA STUBOVA I DEFORMACIJA (PROMENA) NA TEMELJNIM KONSTRUKCIJAMA

Oštećenja nastala usled sleganja stubova i deformacija (promena) na temeljnim konstrukcijama od posebnog su značaja za most kao konstrukcijsku celinu. Oštećenja temelja nastaju: podlokavanjem stope temelja kao celine, što je opasnije, ili sleganjem odnosno pomeranjem temelja usled zbijanja tla, ili formiranja šupljine bilo u tlu bilo u konstrukciji temelja odnosno prekoračenjem dopuštenog naprezanja ugrađenog materijala odnosno tla. Ovome treba dodati i faktor – starenje materijala (odnosi se uglavnom na drvo, drvene roštilje i šipove, raspadanje maltera a ponekad i kamena i koroziju elemenata od čelika). Najčešće uočene promene su:

– vertikalno sleganje temelja odnosno stuba (ili stubova),

– sleganje i rotacija ili samo rotacija temelja bilo oko podužne ili poprečne ose ili kombinovano, i

– umanjen stepen uklještenja u tlo stuba odnosno stope temelja (erozijom rečnog dna).

Ove i ovakve promene reperkutuju se nepovoljno na konstrukciju superstrukture mosta. Posredno uzrokuju promene i oštećenja koja se lako vizuelno zapažaju – odnosno:

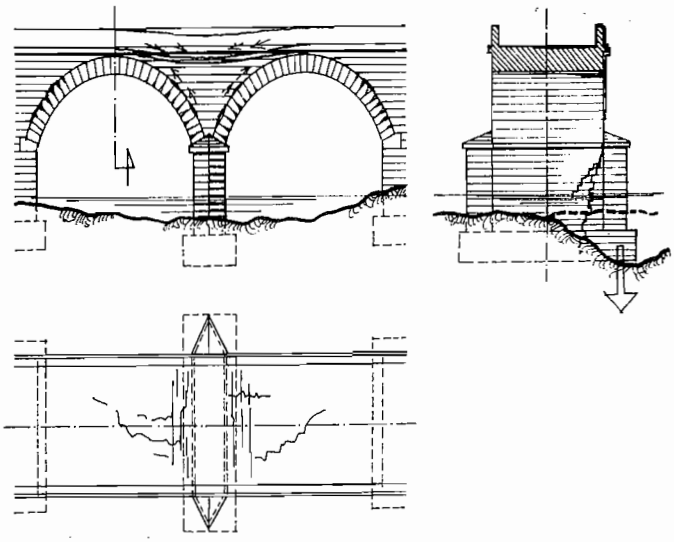
– deformacije nivelete mosta i linija venca i krune parapetnih zidova;

– oštećenja čeonih zidova; i

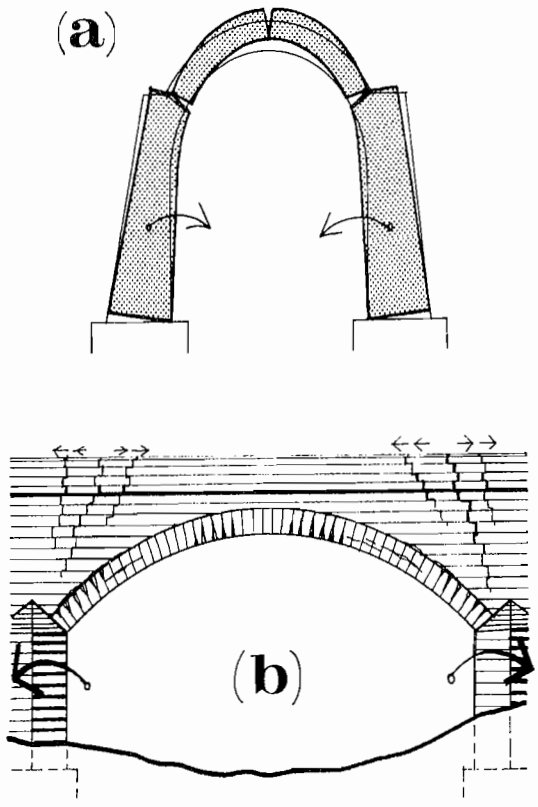
– pojavu deformacija i prslina na superstrukturi mosta (kod većih deformacija temelja).

Na primeru mosta sa dva otvora, sl. 71, kao posledica podlokavanja – sleganja jednog dela rečnog stuba i rotacija njegovog temelja oko podužne ose mosta – bez posebnih teškoća se konstatuje:

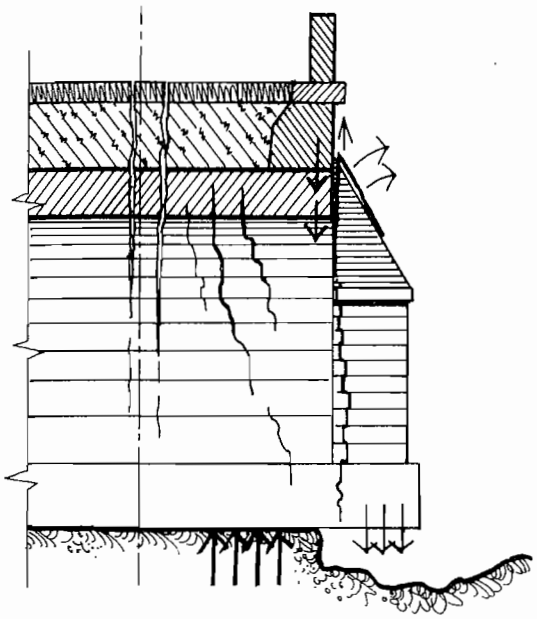
* rotacija temelja odnosno sleganje ili tendencija sleganja nizvodnog dela rečnog stuba;



Sl. 71 – Formiranje pukotina kao posledica podlokavanja – sleganja rečnog stuba



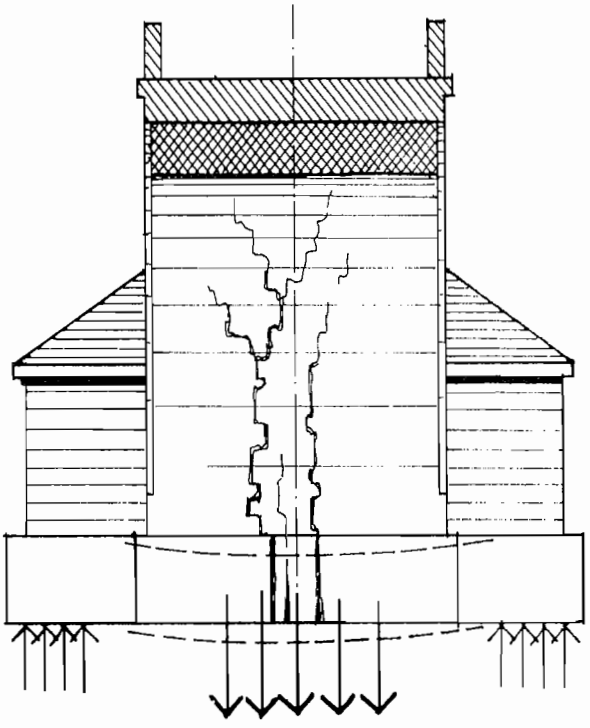
Sl. 72 – Posledica popuštanja oporaca svoda: (a) oporci svoda imaju tendenciju okretanja prema otvoru; (b) oporci svoda pomeranjem uvećavaju njegov raspon



Sl. 73 – Posledica delimičnog podlokavanja rečnog stuba (njegovog kljuna)

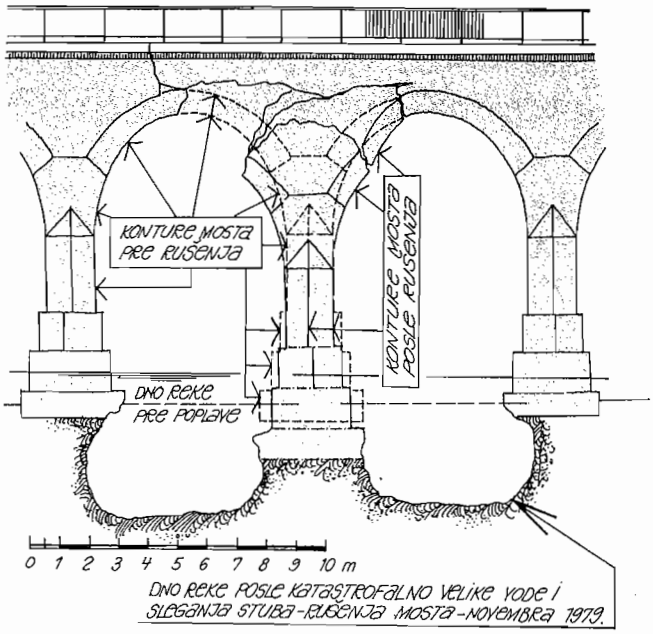
* promena oblika potporne linije svodova – na delu sleganja stuba potporna linija pomera se bliže ekstradosu, na intradosu se javlja povećano zatezanje; u nekim primerima pojava radijalnih pukotina. Kod većih deformacija i usled drobljenja maltera (ali i kamena) može da nastupi i pomeranje tesanika. U zonama suprotnih oslonaca svodova javlja se zatezanje na ekstradosu svodova a kod većih deformacija moguća je pojava prslina;

* od stvorenih radijalnih prslina na svodu, na intradosu u blizini rečnog stuba, gde se javlja najveći ekscentricitet (između potporne i središne linije), moguće prsline i pukotine pružaju se u različitim pravcima, bez posebnog reda i rasporeda;



Sl. 74 – Posledice delimičnog podlokavanja rečnog stuba





Sl. 75 – Havarija mosta preko reke Cijevne na putu Titograd–Golubovci. (Masivna konstrukcija od nearmiranog betona napravljena 1946. godine. Most premošćuje reku sa devet otvora veličine po 6,50 m. Identična ili slična situacija moguća je i kod masivnih kamenih mostova). Uzrok ove havarije je katastrofalno velika voda (21. XI. 1979) koja je podlokala rečni stub, uzrokovala njegovo sleganje za cca 1,00 m i podužnu rotaciju temelja odnosno stuba, usled čega je nastao lom susednih svodova. Preko ostataka čeonih zidova i neoštećenih delova svodova formirana je nova potporna linija odnosno „svod preko dva otvora", što je sprečilo dalje rušenje (velike deformacije) susednih rečnih stubova (od uticaja jednostranog potiska svoda)

* u zoni veze čelo svoda – čeoni zid, na mestu povećanog zatezanja intradosa, javljaju se značajnija pomeranja odnosno prsline, pukotine.

Popuštanjem oporaca svoda – produbljavanjem korita reke dužinom stubova i smanjenjem uklještenja usled erozivnog uticaja rečnog toka – nastupaju oštećenja svoda i njegove nadgradnje.

Tako u primeru sa sl. 72 (a) – kada oporci svoda imaju tendenciju okretanja – prevrtanja prema otvoru, smanjuju otvor svoda, nastaju oštećenja:

– pojava zatezanja u temenu u ekstradosa odnosno na intradosu na mestima oslonačkih spojnica, što uslovljava pojavu smicanja na mestu veze između čeonog zida i čela svoda. Kod intenzivnijih deformacija dužinom radijalnih spojnica, poprečno na svod, pojavljuju se pukotine. Isto važi i za vezu između svoda i čeonog zida.

Kada je moguć suprotni uticaj, odnosno u primerima kada deformacije oporaca imaju tendenciju povećanja otvora svoda, kao na primeru (b) sa sl. 72. potporna linija svoda takođe menja svoj oblik pa nastupa:

– pojava povećanog naprezanja na zatezanje u i oko temena intradosa i u zoni ekstradosa u blizini oslonačkih spojnica svoda. I ovde dolazi do pojave smicanja između čeonog zida i čela svoda što se prenosi i na venac odnosno parapet mosta. Kod većih deformacija oporaca u navedenim zonama javljaju se pukotine, otvaraju se spojnice svoda, i nastupa intenzivnije oštećenje čeonih zidova, pa čak i njihovo obrušavanje, rušenje. Kod plitkih svodova moguća je pojava prslina duž čela svoda, paralelno sa osom svoda.

Za slučaj da nastupi jednovremeno podlokavanje više rečnih stubova, kod mostova sa više otvora, može da nastupi zajednička deformacija, grupno oštećenje u više otvora. Osim sleganja oslonaca i tendencije kljunova da se odvoje od mase stubova moguća je pojava prslina i pukotina u svodu, svodovima, paralelno sa podužnom osom mosta, sl. 73.

I delimično – lokalno podlokavanje temelja stubova mosta smanjuje njegovu nosivost i štetno se reperkutuje na konstrukciju superstrukture. Priroda i intenzitet oštećenja umnogome zavisi od položaja podlokavanja i kvaliteta ugrađenog materijala odnosno konstrukcijskih kvaliteta mosta kao celine.

Tako u primeru sa sl. 73. kod delimičnog podlokavanja rečnog stuba, kljun rečnog stuba radi kao konzola. Presečne sile kod jednog ovako opterećenog elementa mogu biti tako velike da uzrokuju pojavu prsline – pukotine koja se širi „prema gore".

Pojava prslina koja se prema „gore" gube, smanjuju, može da bude uzrokovana delimičnim podlokavanjem po dužini stuba – oko njegove sredine – tako da temeljna stopa, a i deo konstrukcije mosta, radi na savijanje. Zbog male čvrstoće zidne mase na zatezanje i velikog opterećenja neminovna je pojava prslina – pukotina, u svemu kako je to pokazano na sl. 74.

Konsolidacija nasipa iza obalnog stuba ili njegova ponovna izrada – naknadno zbijanje tla ili pak povećanje aktivnog zemljanog potiska usled velikog saobraćajnog opterećenja – može da uzrokuje pomeranje obalnog stuba prema otvoru mosta. Pojava je posebno izražena ako je obalni stub fundiran na šipovima zabijenim u stišljivo tlo. Štetne pojave manifestuju se u:

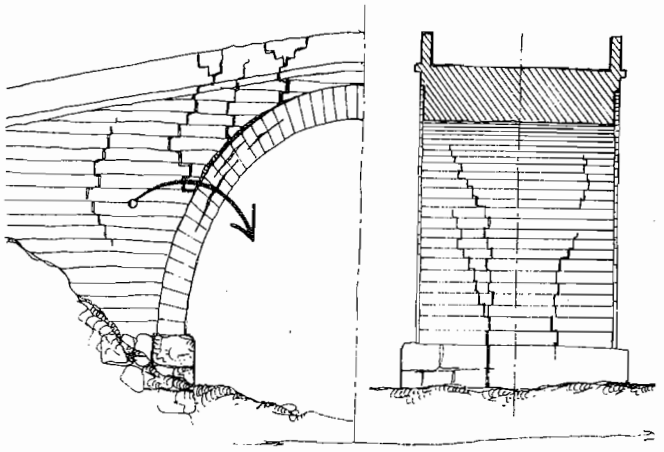
– tendenciji okretanja jednog dela stuba,

– pojavi prslina i deformacija na čeonim zidovima, sa mogućnošću da prsline dođu i do krune parapeta,

– pojavi smicanja između čela svoda i čeonog zida, i

– pojavi pukotina duž čela svoda, lomom tesanika u konstrukciji svoda – u svemu kako je to shematski prikazano na sl. 76.

Međutim, vidne deformacije i prsline na superstrukturi jednog kamenog mosta ne moraju biti isključivo posledica oštećenja na temeljima mosta.

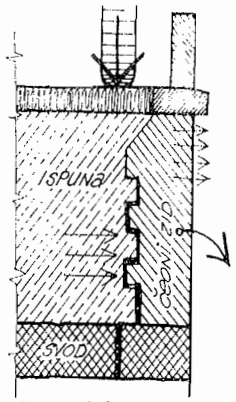


Sl. 76 – Posledice pomeranja obalnog stuba–upornjaka prema otvoru mosta

Na primer, zavisno od kvaliteta ispune mosta (koja može biti koherentna, u malteru, ali i od nasutog – nevezanog materijala), uvećano vertikalno opterećenje (od saobraćaja) povećava horizontalni potisak na čeoni zid. Ovo povećano opterećenje štetno deluje na zid, opterećuje ga na savijanje i teži da ga pomeri u polje. Ovo opterećenje uzrokuje pojavu deformacija redovno praćenu prslinama odnosno pospešuje „odvajanje" čeonog zida od ispune mosta, u podužnom pravcu, sl. 77. Isto tako, pojava prslina između čela svoda i čeonog zida posledica je uslovljenog opterećenja ali i različite krutosti elemenata – konstrukcije svoda i čeonih zidova.

Inače, deformacije i oštećenje čeonih zidova mogu da nastupe i od udara vozila u venac i parapet mosta. Isto tako, ukoliko atmosferska voda dospe u ispunu mosta (rđavo odvodnjavanje) horizontalni potisak na čeone zidove uvećava se za hidrostatički pritisak.

Neravnomerno prenošenje povećanog saobraćajnog opterećenja, koje se preko ispune prenosi na svod, može štetno da utiče i na svod – pojavom podužnih prslina.



Sl. 77 – Posledica deformacije čeonih zidova

Inače, uticaj deformacija čeonih zidova na svod zavisi od odnosa krutosti ova dva konstrukcijska elementa. Veća krutost čeonog zida veći uticaj na svod i obratno. Inače, ove deformacije mogu da uzrokuju i stvaranje podužnih pukotina u svodu.

Kao što je pomenuto, poprečne prsline na konstrukciji svoda na – intradosu i ekstradosu – posledica su povećanog korisnog opterećenja i većih brzina vozila (a posebno udara vozila usled oštećenog kolovoza). Pojava prslina javlja se usled savijanja a potpomognuta je destrukcijom maltera u spojnicama svoda (prodiranjem vode i drobljenjem materijala, veliki pritisci).

Dijagonalne – kose prsline u konstrukciji jednog svoda nastaju združenim štetnim faktorima koji uzrokuju pojavu poprečnih i podužnih prslina.

1.6. OŠTEĆENJA KAO POSLEDICA PRIMENE NEADEKVATNOG MATERIJALA I LOŠEG IZVOĐENJA

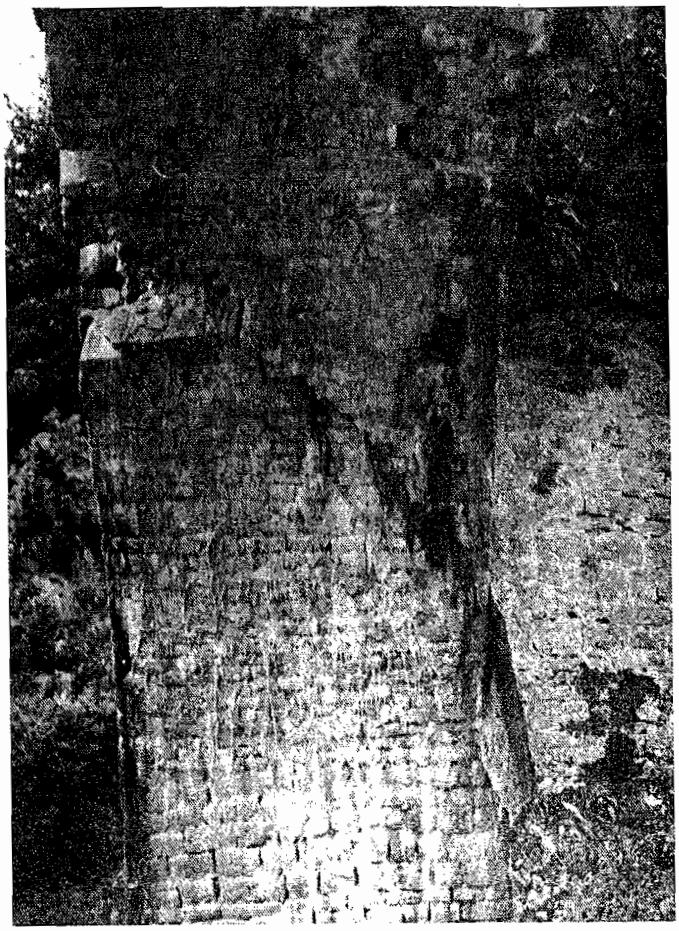
Kao i kod svih objekata i za stare kamene mostove je od posebne važnosti:

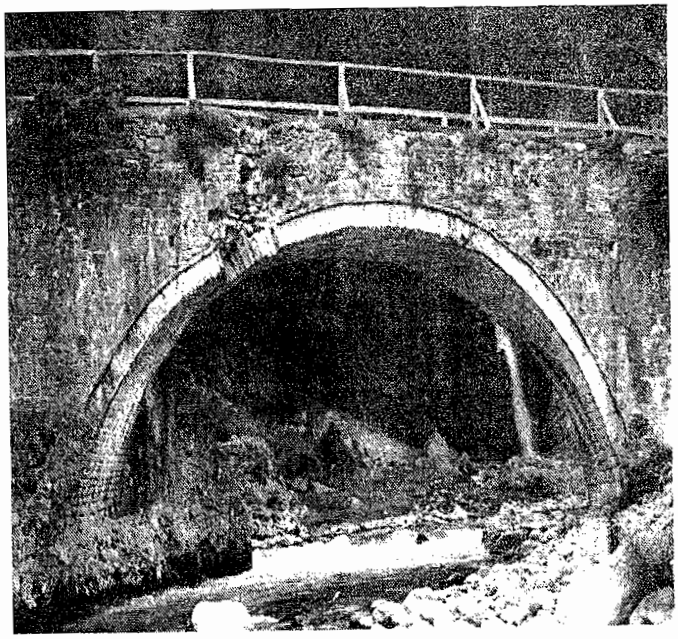
– da je ugrađen kvalitetan materijal (kamen, malter, drvo, gvožđe),

– da je konstrukcijski sistem znalački izabran i da je ugrađivanje – zidanje izvedeno pravilno i sa puno pažnje, i

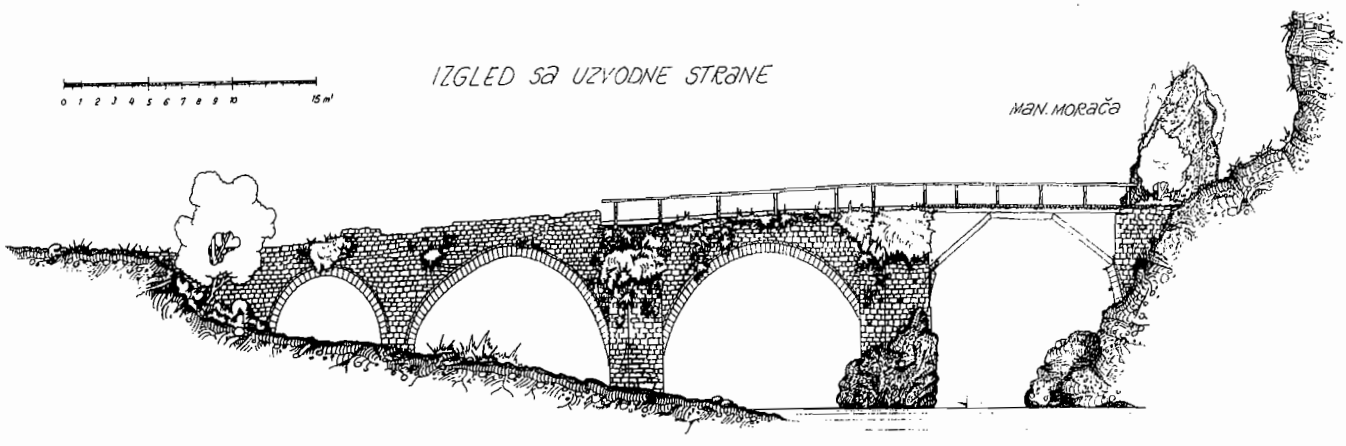
– da se građevina redovno održava (što u većini primera nije slučaj).

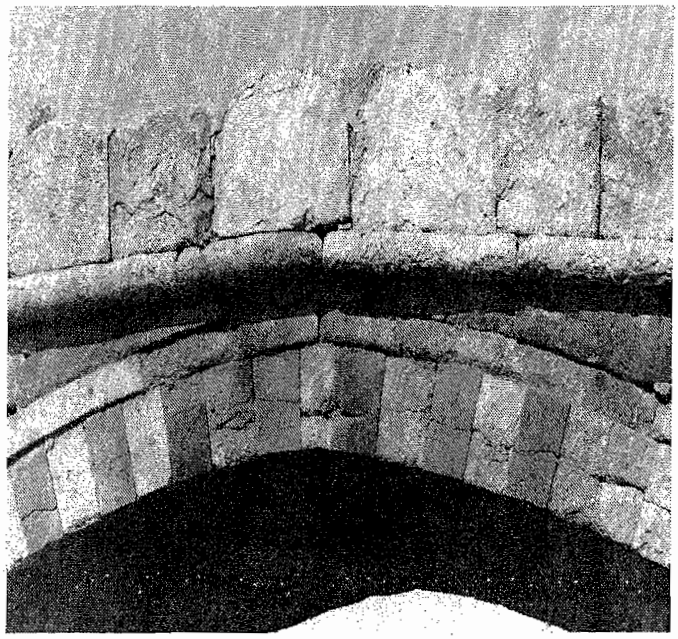
Kvalitet ugrađenog materijala odnosno očuvanost građevine kao celine umnogome zavisi od dobrote materijala – kamena, maltera, drveta, gvožđa. Na većim i značajni-





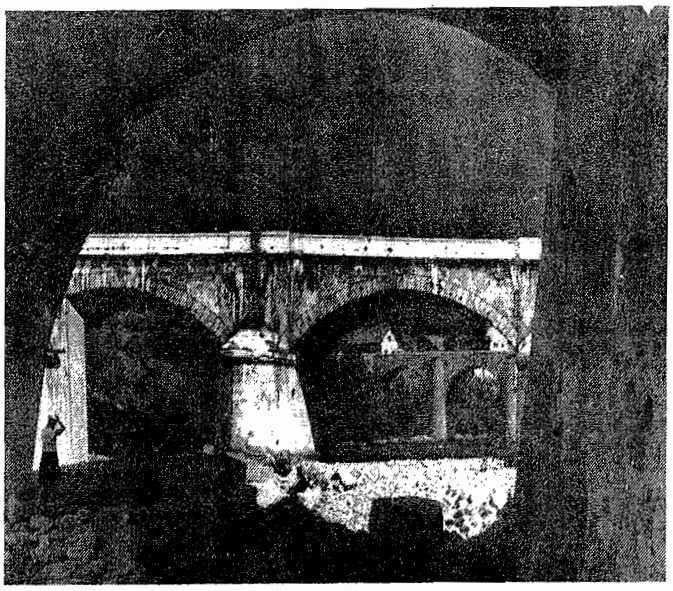
Sl. 78 – Kaluđerski most preko reke Morače kod manastira Morače. Pukotina na čelu svoda, sa komadima kamena koji nedostaju, produžuje se dijagonalno po intradosu – posledica uticaja združenih štetnih faktora (usled složenih deformacija oporaca svoda)





Sl. 79 – Vojinovića most u Vučitrnu (XVI): primer korozije vertikalnih ploča korkaluka i venca kao posledica uticaja „kiselih" kišnica potpomognutih i drugim nepovoljnim klimatskim faktorima. Pukotina dužinom čela svoda posledica je pomeranje srednjih–rečnih stubova ćuprije odnosno njihovih temelja

jim starim mostovima lako se konstatuje da je u konstrukciju ugrađen kvalitetan materijal, da je znalački odabran. Međutim, evidentna je ugroženost materijala, njegova degradacija kao posledica dugog vremena trajanja odnosno agresivnosti atmosferskih uticaja i fizičkih – spoljnih faktora. Na primer, zagađenost vazduha i atmosferske prilike – o kojima je već bilo reči – i mehanički uticaji najrazličitijeg karaktera – uglavnom su činioci koji nepovoljno utiču na ugrađeni materijal a preko njega i na konstrukciju mosta kao građevinsku celinu.



Sl. 80 – Susret „generacija" u Zidanom mostu: u prvom planu – konture otvora savremenog armiranobetonskog mosta na pruzi Zidani Most–Zagreb; u drugom planu – kameni most (tri otvora po 22,40 m), sa kraja XIX veka, na pruzi Zidani Most–Celje (preko Savinje); i sasvim u pozadini – obrisi drumskog mosta, takođe od kamena, sagrađenog 1825/26. godine (graditelj inž. Fridericus Byloff)

Napominje se da su stari masivni mostovi, i zidani mostovi uopšte, kao konstrukcije osetljivi na moguća pomeranja – posebno temelja. Kao konstrukcijski sistem korektno se ponašaju ako su solidno fundirani (nema pomeranja), ako je ostvareno uspešno prenošenje opterećenja sa jednog elementa na drugi odnosno sa jednog bloka kamena na drugi, kao i ako je ostvarena konstrukcijska homogenost mosta kao celine.

Na primer, na mestima gde je malter u spojnicama uništen, degradiran, konstrukcijski element dobija deformacije i određena pomeranja. Ako blok ugrađenog kamena nije kvalitetno odrađen, pojedina mesta na tesaniku predstavljaju „tvrde" tačke koje mogu da uzrokuju dalju pojavu prslina. Odnosno na tim tačkama javlja se najpre koncentracija opterećenja, zatim drobljenje materijala što uzrokuje nove deformacije i prsline.

U radu na zaštiti, sanaciji i konzervaciji starih kamenih mostova treba računati i sa starošću materijala odnosno konstrukcije. Starenje materijala i konstrukcije kao takve uslovljava raspodelu opterećenja različitu od osnovne, u nekim primerima i sasvim suprotnu od one koju je želeo drevni neimar.

* * *

Sa ovim i ovakvim uticajima i posledicama u svom dugom bitisanju sreću se ili su se sreli stari kameni mostovi. Sa nekima više, sa nekima manje. U pojedinim primerima oni su bili fatalni za njihov dalji opstanak. Mnogi su nestali ili oronuli, manje ili više, a ne mali broj je napušten i prepušten zubu vremena, ćudima prirode i daljem razornom delovanju štetnih uticaja. Mnogi su nemarno i neadekvatno sanirani – onoliko koliko je potrebno da služe samo određeno vreme. O mnogima se vodi računa samo u vremenu kada im preti neposredna opasnost. A to nije u redu. Oni mostovi koji su sastavni deo savremenih saobraćajnih tokova održavaju se povremeno, sa minimalnim ulaganjima, koliko da dočekaju vreme građenja novog mosta – a to ne sme i ne treba da bude politika čuvanja ovih i ovakvih spomenika kulture. Jer činjenica je, a potvrđena je praksom, da mnogi mostovi i pored određenih nepovoljnosti u odnosu na naše vreme mogu i dalje uspešno da služe ukoliko se ispravno pristupi njihovom održavanju. I ne samo to, već prezentiraju vredan raritet prošlosti i značajan arhitektonski usputni ukras saobraćajnice.

U kontekstu daljih izlaganja izneti su neki primeri iz jugoslovenske ali i strane prakse zaštite, preduzetih radova na sanaciji i konzervaciji starih mostova, s ciljem da ukažu korisnicima ove knjige šta se sve može i kako uraditi za dobro ovih objekata – na njihovoj zaštiti, sanaciji i konzervaciji.

Ovde je potrebno podvući da sanacioni radovi, i uopšte ma kakve intervencije, na jednom starom mostu traže određene predradnje – zavisno od intenziteta i vrste nastalog oštećenja odnosno obima radova i značaja mosta. Ovo znači da osim neophodnih istorijskih činjenica i podataka od značaja za most – treba:

* tačno utvrditi vrstu i veličinu oštećenja odnosno uzroke i uticaje koji su prouzrokovali ovo oštećenje; i

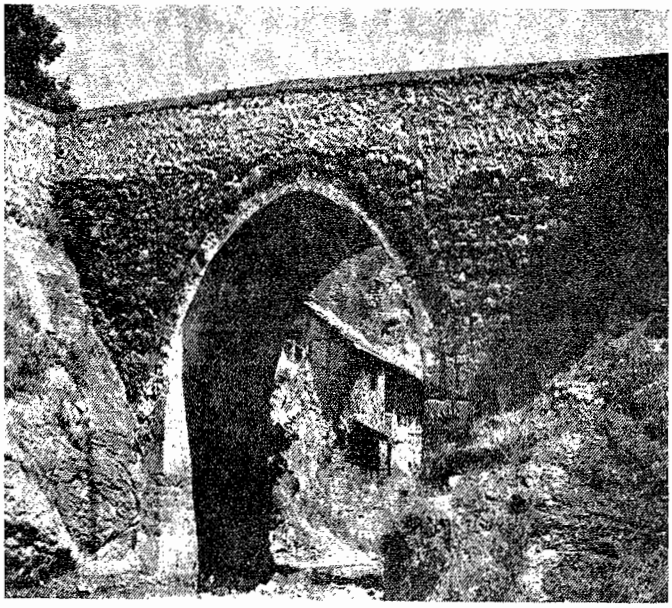
* konstatovati vreme nastajanja i intenzitet oštećenja u određenim uslovima i okolnostima i njihov integralni uticaj na stabilnost celine – i konsrukcijske ali i arhitektonske odnosno uticaj na spomeničke i estetične kvalitete celine mostovske konstrukcije.

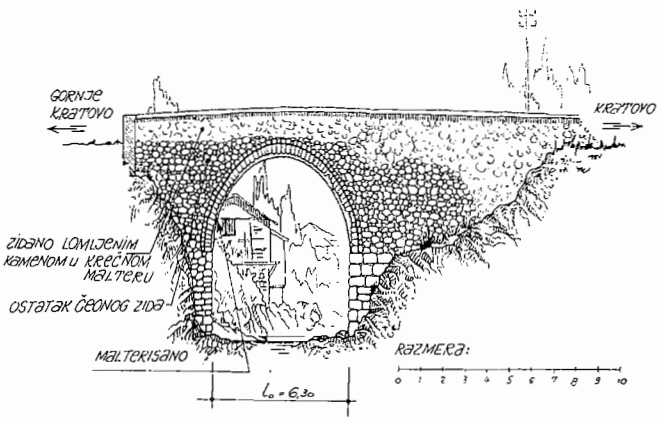
Navedeni podaci i značaj mosta kao spomenika kulture, ili mosta kao određenog faktora u savremenom životu društva – što nije retkost, iniciraće način odnosno načine sanacije i konzervacije uzimajući u obzir sve relevantne faktore. Ovde treba dodati da sve ove radnje treba usmeriti i na istraživački karakter odnosno projektom predvideti potrebne istraživačke radnje vezane za most, za određen spomenik kulture – pa bilo da se radi o rekonstrukciji ili sanaciji.

Isto tako stoji, da osim potrebnih sanacionih radova treba težiti i naći mostu i svrsishodnu funkciju. Mnogo je bolje i za most korisnije da on nečemu služi, tada se efikasnije održava i konstantno je pod kontrolom čoveka. A to nije bez značaja.

2. METODE ZAŠTITE MOSTOVA

„Zaštita" kulturno istorijskih spomenika kao što su mostovi može biti posve različita. Direktno je zavisna od više parametara – počev od njegovog kulturno-istorijskog značaja, stanja u kome se nalazi, i učinka nepovoljnih uslova koji ugrožavaju njegov integritet. Šta i kako treba zaštiti rezultira, kako je u kontekstu ovog „pisanija" na više mesta naznačeno, iz skupa različitih faktora – istorijskih, naučnih, društveno-ekonomskih i uslova savremenog življenja. Prilikom konkretnog poduhvata – optimalnost i adekvatnost zaštite pod određenim uslovima i okolnostima





Sl. 81 – Most preko Kratovske (Tabačke) reke u Kratovu – klasičan je primer neadekvatne sanacije. Oštećen intrados je omalterisan (?) a oštećenja čeonih zidova i masivna ograda zamenjeni su zidom od lomljenog kamena u krečnom malteru (radovi su izvedeni za vreme rata 1942/44.)

treba da je primarna uz puno poštovanje spomeničkih vrednosti mosta.

Dosadašnja praksa u radu sa ovim i ovakvim objektima diferencira sledeće metode zaštite:

2.1. PISANIM DOKUMENTIMA

Ovaj vid zaštite podrazumeva integralno prikupljanje „građe" o mostu. Što znači, na jednom mestu – u pisanoj formi – treba sakupiti podatke o:

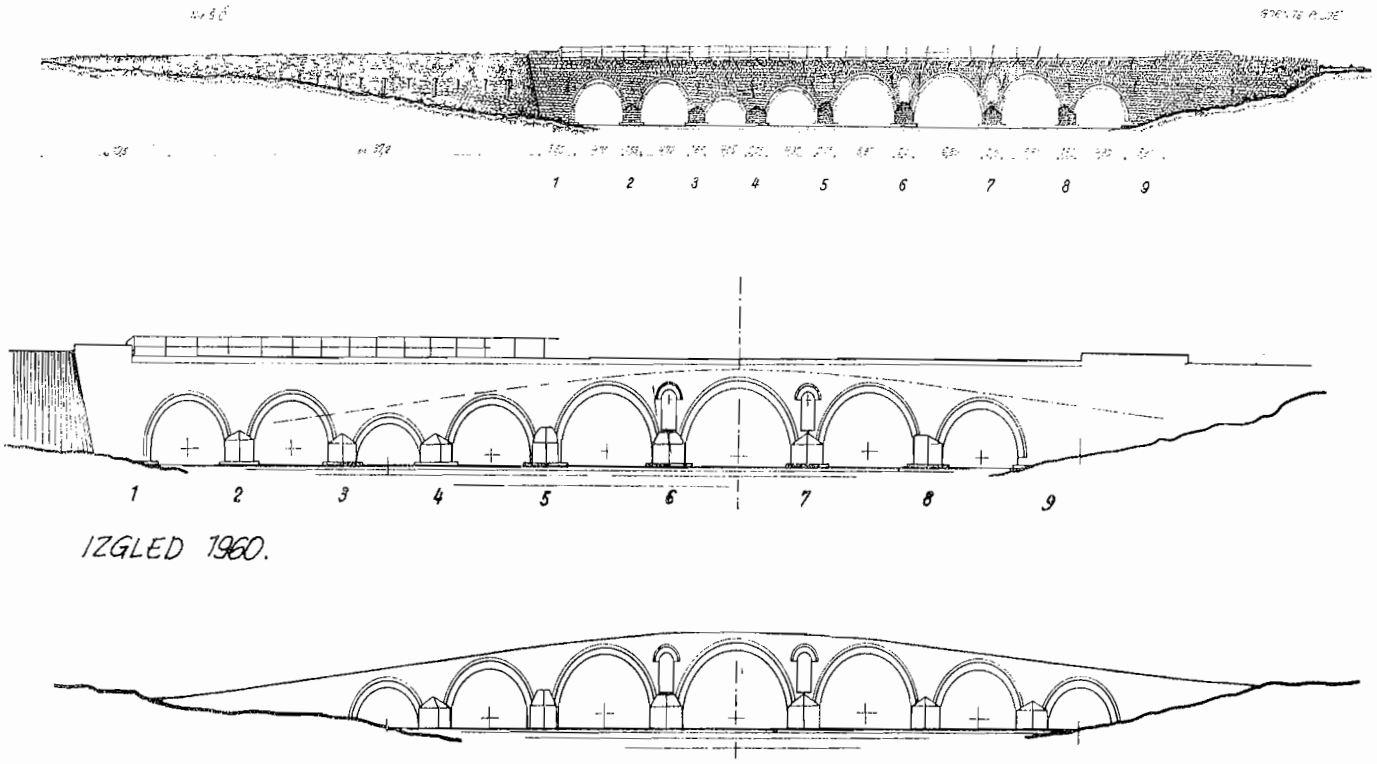
– Vremenu građenja, naredbodavcu odnosno legatoru, graditelju ili majstorskoj družini koja je gradila most, i o legendama vezanim za nastajanje mosta, za njegovog naredbodavca, neimara i samo građenje. Jednom rečju, treba sakupiti relevantne istorijske činjenice. Ovi podaci, ukoliko postoje, nalaze se uglavnom u literaturi i arhivama (gradskim, verskim i ličnim) ali ne treba prenebegavati ni razgovore sa starijim ljudima, stanovništvom iz njegove neposredne okoline koji su na neki način „vezani" za konkretnu građevinu. Neosporno, da se svi ovi podaci moraju podvrći strogoj kritici i proveri autentičnosti;

– Tehnički podaci treba da sadrže sve one elemente koji formiraju „sliku" ćuprije. Obuhvataju: izradu crteža-planova postojeće konstrukcije u sve tri projekcije i sa onoliko detalja koliko je potrebno da se uoče sve karakteristike građevine, kako konstrukcijske tako i arhitektonske. Tehnički podaci biće sadržajniji ukoliko je moguće pronaći stare–originalne crteže, što je u mnogim primerima praktično neostvarljivo. No, treba pokušati. U svakom slučaju treba izraditi tehničke snimke postojeće konstrukcije i po mogućstvu, ako za to postoje razlozi, registrovati osnovni–stari deo mosta od onih kasnije dograđenih elemenata i delova. Najkvalitetniji izgledi mosta, i detalji pojedinih njegovih elemenata, dobijaju se fotogrametrijskim postupkom. Neosporno da su potrebni i korisni podaci i o saobraćajnici koja vodi do mosta.

Grupacija tehničkih podataka obuhvata i istraživanja vrste i kvaliteta ugrađenog materijala odnosno korišćene tehnologije građenja. Obuhvatajući istovremeno i primenjen način fundiranja. Ovi se elementi ponekad bez teškoća vizuelno konstatuju ali ima primera, kada je to svrsishodno i potrebno, da se mogu sagledati tek posle određenih laboratorijskih istraživanja ili posredstvom sondažnih ispitivanja;

– Fotodokumentacija takođe treba da zabeleži određene podatke. Jedan njen deo može da ima umetnički karakter ali ne izgubiti iz vida potrebnu dokumentarnu fotografiju – fotose koji registruju određene podatke o mostu.

Iz ovako obrađene dokumentacije dobija se potpuna slika o mostu. Ako se ovi i ovakvi podaci sistematizuju i skupe na jednom mestu – štampaju i tako učine pristupačnim široj javnosti – onda je to „Zaštita" mosta putem



Sl. 82 – Most zvani Duklo preko reke Zete kod Nikšića napravljen je 1807. godine (građenje mosta vezuje se za bogatog turčina Hadži Ismaila). Na dispoziciji mosta sa osam otvora, iz 1960. godine, uočavaju se dve veće intervencije – dodavanje dva otvora i korekcija nivelete, koje su izmenile njegov izvorni oblik (posledica pomeranja matice reke): (a) izgled mosta 1960. godine; (b) verovatna–prvobitna koncepcija

pisanih dokumenata. Fond podataka o mostu je solidan, sačuvani su relevantni dokumenti o graditeljskoj baštini ovoga tipa, i mogu se uspešno koristiti u nekim kasnijim istraživanjima. Ne postoji opasnost da se most trajno izgubi. Moguća je kasnije rekonstrukcija za slučaj kakve havarije mosta i ostaje kao „pisani spomenik" u slučaju njegovog uništenja nehatom ili nebrigom čoveka.

2.2. SANACIJA I KONZERVACIJA

Svaka građevina kroz vreme imprerativno traži određen intenzitet održavanja. Ovo pogotovo ako se most nalazi u funkciji, u javnom (ili lokalnom) saobraćaju. Kako to sa starim mostovima nije uvek slučaj to se u određenom vremenu preduzimaju određeni sanacioni odnosno konzervatorski radovi. Ovde je, u ovom tekstu, najviše reči o ovom vidu zaštite starih mostova. Osim opštih razmatranja datih pod naslovom „Rekonstrukcije, sanacije, kozervacije" ovaj vid „Zaštite" mostova ilustrovan je brojnim primerima iz prakse.

2.3. DISLOKACIJE

Jedan od načina zaštite jeste i dislokacija mosta. Posebno u slučajevima kada je građevina ugrožena novoformiranom akumulacijom (za potrebe navodnjavanja ili elektroprivrede) ili savremenim građevinskim zahvatima najrazličitijeg karaktera a ćupriju nije moguće uklopiti u ove zahvate. Pri takvom zahvatu treba stalno imati u vidu činjenicu da se dislokacijom spomenika kulture ovakvog karaktera trajno gubi ambijent u kome je on nastao. A to nije bez značaja. Isto tako, što se lako zaključuje iz kasnije citiranih primera, ovakav vid „zaštite" skopčan je s mnogim problemima kompleksnog karaktera (videti i str.).

2.4. IZGRADNJA NOVOG MOSTA

Poseban vid „Zaštite" stare ćuprije koja je još uvek u saobraćaju postiže se izgradnjom novog–savremenog mosta. Na taj način stari most se oslobađa od teškog motornog saobraćaja, čuva se i štiti njegov integritet. Međutim, ovakvim vidom zaštite može da nastane druga opasnost – da se takav most prepusti zubu vremena (ukoliko se potpuno isključi iz saobraćaja). Optimum ovakvog vida zaštite postiže se ukoliko se mostu da i određeni sadržaj – pešački saobraćaj, saobraćaj lakim motornim vozilima i slično, ili se pak uklopi u određeni ambijent gradskog tkiva ili inkorporira kao usputna arhitektura na modernoj saobraćajnici, sa određenim sadržajem.

Neosporno da ova četiri osnovna vida „Zaštite" starih mostova u svojoj praksi mogu biti više i manje modifikovani – zavisno od slučaja do slučaja. Nekog posebnog pravila nema.

Činjenica je da se prilikom „Zaštite" starih mostova nailazi na najrazličitije otpore i stanovišta u pristupu konkretnim zahvatima – problemima sanacije i konzervacije. Kao osnovni problem i ciljevi zaštite koji su često konfrontirani suprotnim zahtevima i mišljenjima i kojih se, uz kvalitetno i kvantitetno poznavanje načela i principa zaštite starih mostova, treba držati su:

– čuvanje integriteta starog mosta i prostorne celine u kojoj se most nalazi i njihovo uključivanje u savremene i humane životne tokove sa svrsishodnom i određenom funkcijom;

– dalja uspešna egzistencija mosta kao elementa bogatog graditeljskog nasleđa u obimu njegovih mogućnosti bez štetnih posledica za sigurnost ljudi i određenih saobraćajnih tokova;

– uklapanje jedne istorijske građevine u stare ali i nove urbane sredine uz čuvanje i poštovanje prirode, kaktera, značaja i spomeničkih vrednosti odnosnog mosta.

3. REKONSTRUKCIJE, SANACIJE, KONZERVACIJE

Rekonstrukcija mosta jedne ranije epohe uopšte, pa bilo da se radi o objektu koji je delimično očuvan, na kome su se sačuvali ili se naziru njegovi izvorni obrisi i kvaliteti, ili je uticajem zuba vremena i drugim za njega fatalnim uticajima potpuno uništen – zavisi od niza parametara odnosno činjenica. Svi ovi parametri i uopšte uzev sva ta problematika kompleksnog je karaktera i tek posle detaljnog sagledavanja, kako detalja tako i suštine buduće rekonstrukcije, integrišu se relevantni faktori u traženo rešenje. Dispozicija rešenja rekonstrukcije mora se zasnivati na detaljnoj i svestranoj analizi svih tih parametara i pravilno postaviti u projektu kako sa aspekta savremene mostogradnje tako i uz obavezno i potpuno respektovanje stvaralaštva drevnih neimara. Samo takva rešenja vode sigurnom uspehu ovih jedinstvenih zahvata zaštite, pa bilo da se radi o mostu u jednom određenom regionu odnosno na lokalitetu u gradskom tkivu, specifičnom urbanom kompleksu, ili pak na otvorenom putu, što je ređi slučaj.

Na primer, prilikom radova a i projektovanja sanacija i konzervacija ne retki su primeri da treba ugraditi novi materijal – nov kamen, ili pak – prezidati konstrukcijske elemente koji su u derutnom stanju ili sa velikim i za dalju uspešnu funkciju spomenika nedopustivim deformacijama. Nov kamen se uvek bira identičan prethodnom odnosno po ugledu na postojeći, već ugrađeni. Što znači, po spomenik je najbolje da se pronađe prvobitni majdan, kamenolom, iz kojeg je vađen kamen u vreme njegovog zidanja. Ovo nije uvek moguće. U takvim primerima bira se kamen što sličniji već ugrađenom i najbolje je – odlučiti se za makroskopsku identifikaciju po petrografskim komponentama, tražiti kamen sa što više sličnih odnosno identičnih elemenata sa već ugrađenim kamenom. Kod značajnijih objekata i za slučaj potrebe za većom količinom kamena – korisno je potražiti savet geologa (petrografa). Veći radovi ne isključuju potrebu odgovarajućeg ispitivanja materijala u za tu vrstu posla kvalifikovanim laboratorijama. Isto tako, većina utilitarnih srednjevekovnih spomenika kulture zidana je uz pomoć maltera. Uglavnom su to krečni malteri spravljeni sa vrućim krečom (ne uvek), a u dosta primera, krečni malteri spravljeni i sa dodatkom aditiva pucolanskih svojstava (zemlja crvenica, tucana opeka, organske materije, i slično). Takvi i tako spravljeni malteri imali su i imaju između ostalog i određena hidraulička svojstva (sličnosti sa današnjim cementnim malterima). Međutim, prilikom sanacionih radova, skoro po pravilu, koriste se savremeni malteri, malteri gde je osnovno spojno sredstvo cement. Ovde se ukazuje na evidentnu razliku između krečnog i cementnog maltera – što je od značaja za radove sanacije. Tako, na primer, krečni malter za vezivo koristi kreč a cementni malter silikatno vezivo – cement. Kao što je poznato, kreč se dobija pečenjem krečnjaka koji pomešan sa vodom daje kalcijum karbonat, kalcit, – dok se cement proizvodi od lapora (sa dodacima) posebnim tehnološkim postupkom. Krečni malter je elastičniji, „mekši" – dok je cementni malter „krući", ima veću čvrstoću. Sa cementnim malterom se teže radi. Ovo sve znači, da su elastomehaničke karakteristike krečnog maltera bliže adekvatnim karakteristikama krečnjaka, kamena od kojeg je građena većina objekata graditeljske baštine. A ova činjenica nije bez značaja. Uvek je bolje da razlike između kamena i maltera budu što manje (veća homogenost konstrukcijskog elementa). Iz tih i takvih razloga za zidanje kamenom dobijenim od karbonatskih stena treba upotrebiti krečni odnosno produžni malter. Cementni malter treba koristiti kod jače opterećenih elemenata, za zidanje tvrdim kamenom i kod elemenata koji su ili mogu biti u dodiru sa vodom (rečni stubovi).

Svakom projektovanju a projektovanju rekonstrukcija i revitalizacije spomenika kulture utilitarnog karaktera, mostova posebno, neminovno je – postavka problema i izrada odnosno usvajanje idejnog rešenja. Glavna poluga u uspešnom rešavanju postavljenog zadatka je kvalitetna analiza svega u vezi sa problemom koji se rešava. Bez kvalitetne analize i uz stalno prisustvo cilja – šta i kako treba projektovati – nema uspelog i dobrog rešenja, posebno u mostogradnji. Analiza mora biti usmerena prema kvalitetnoj materijalizaciji sveukupnih uslova i podataka u datim uslovima i pod određenim okolnostima.

Glavni projekt, statički proračun i drugo sledi tek posle usvajanja idejnog rešenja, idejnog projekta, i ima za cilj: da razradi postavke idejnog rešenja, da ih pripremi odnosno obradi u kvalitetu potrebnom za izvršenje. Pri tome statika treba – da prihvati, proveri, promeni, utvrdi i odredi meru ili mere predviđene idejnim rešenjem mosta.

Detaljna analiza mora u potpunosti da sagleda suštinu problema i podloge odnosno podatke koji su osnova za optimalno rešavanje i rešenje postavljenog zadatka. Sve ove elemente treba svrsishodno i kvalitetno inkorporirati u koncept premošćavanja, u idejno rešenje mosta. Prilikom izrade idejnog projekta rekonstrukcije osnovni – polazni podaci su:

– dovoljno kvalitetne i sa konstrukcijsko tehničkog aspekta proanalizirane poznate i autentične istorijske činjenice i fakta;

S. M. Nenadović: *Zaštita graditeljskog nasleda I*, Arhitektonski fakultet – Beograd, 1980.

J. Nešković: *Revitalizacija spomenika kulture*, Arhitektonski fakultet – Beograd, 1986.

– kvalitetni podaci poprečnog profila reke ili preprekе, konfiguracija obala, i geomehaničkih karakteristika dna reke. Ovome treba dodati podatke o režimu rečnog toka, pokretljivosti rečnog dna, velikim i malim vodama;

– autentični materijalni ostaci stare konstrukcije i njeni kvaliteti (verodostojna materijalno–istorijska fakta);

– principi srednjevekovnog stvaranja u oblasti mostova a proverenih na bezbroj do naših dana sačuvanih primera;

– cilj projektovanja. Šta se želi projektom da postigne. Kakve sve funkcije i sadržaje treba da ima most odnosno rekonstrukcija. Kakve sadržaje treba da dobije neposredna okolina u kojoj je most;

– uslovi realizacije poduhvata; i

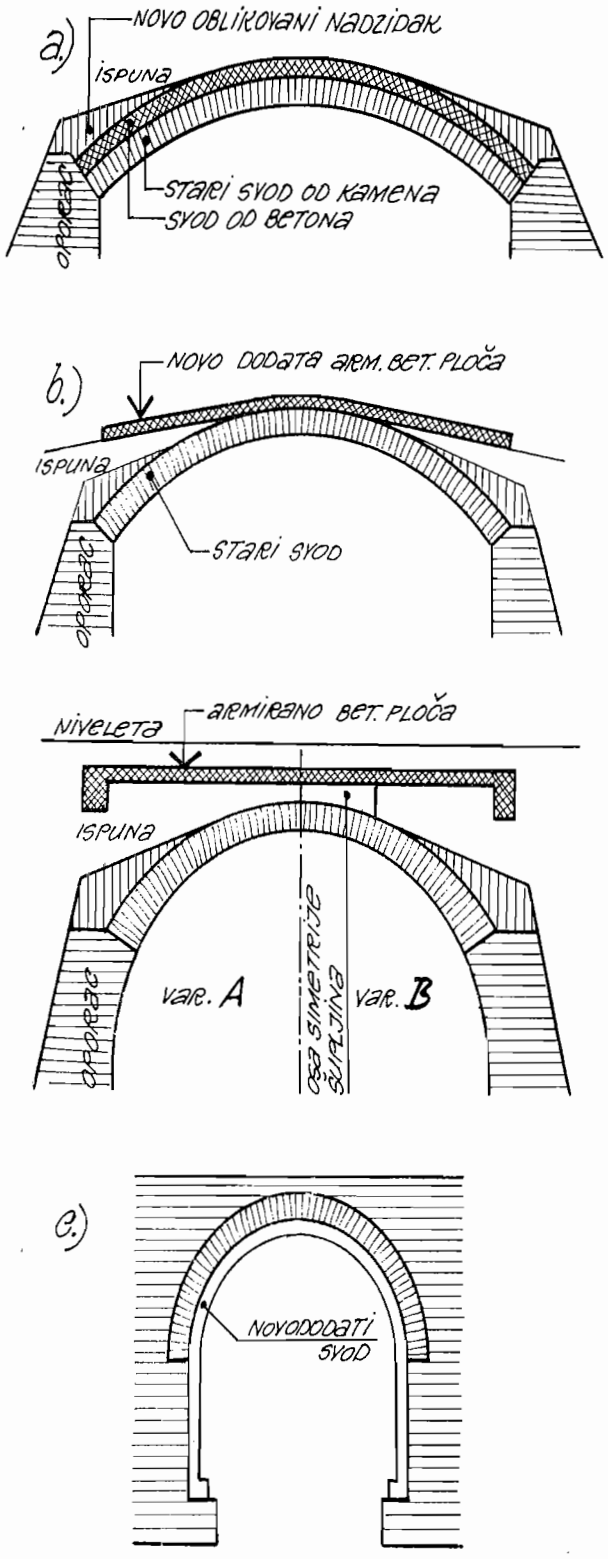
– uslovi održavanja novoizvedene rekonstrukcije kroz vreme.

3.1. NEKE MOGUĆNOSTI OJAČANJA STARIH SVODOVA

Kako je već rečeno, stari kameni mostovi građeni su u jedno drugo vreme, u vreme kada su koncipirani i oblikovani na osnovu tradicije i tradicionalnog načina građenja i za jedno u odnosu na današnje daleko manje opterećenje. Iz navedenih razloga mnogi od njih zahvaljujući dimenzijama svojih elemenata, posebno svodova, mogu i pored svoje starosti uspešno da prime i novo a u nekim primerima i daleko veće korisno opterećenje od onog za koje su građeni (most preko Drine u Višegradu, na primer). Međutim, u mnogim slučajevima potrebno je ove mostove ojačati i osposobiti za veće opterećenje. Isto tako, u nekim primerima, kada je most usled dugog postojanja i služenja čoveka kao i uticajem zuba vremena više i manje oštećen – neminovne su intervencije i zahtevi za zaustavljanje njegove dalje degradacije, odnosno sanacija i ojačanje mosta za njegovo dalje uspešno postojanje. Neosporno je, da potrebne mere ojačanja odnosno sanacije pojedinih elemenata mosta, i mosta kao konstrukcijske celine, umnogome zavise od njegovog konstrukcijskog rešenja, njegove dispozicije i koncepcije, i kvaliteta ugrađenog materijala odnosno vrste materijala kojim će se izvršiti konkretno ojačanje. Zavisno od stanja i višeznačnih kvaliteta konstrukcije koju treba sanirati moguća rešenja su brojna i raznovrsna. Međutim može se postaviti kao „pravilo“ da je u najvećem broju primera potrebno konsolidovati svod odnosno svodove i njihove oslonce – stubove, upornjake – koristeći se savremenim građevinskim materijalima, betonom i armiranim betonom uglavnom. Ova i ovakva rešenja su konstrukcijski ispravna i ekonomski povoljna i sa konzervatorskog aspekta prezentiraju zadovoljavajuća rešenja.

Neke mogućnosti iz bogatog repertoara ojačanja odnosno sanacija starih kamenih mostova shematski su prikazane na sl. 83. Tako je na slici:

a) preko postojećeg starog svoda, posle skidanja odgovarajućeg dela ispune i kolovozne konstrukcije, postavlja se jedna komplementarna konstrukcija svoda od betona ili armiranog betona – pod uslovom da se istá može sigurno osloniti na obalne stubove, na postojeće upornjake, što je posebno važno. Da bi ove dve konstrukcije – stara od kamena i nova od betona – radile zajedno, osim



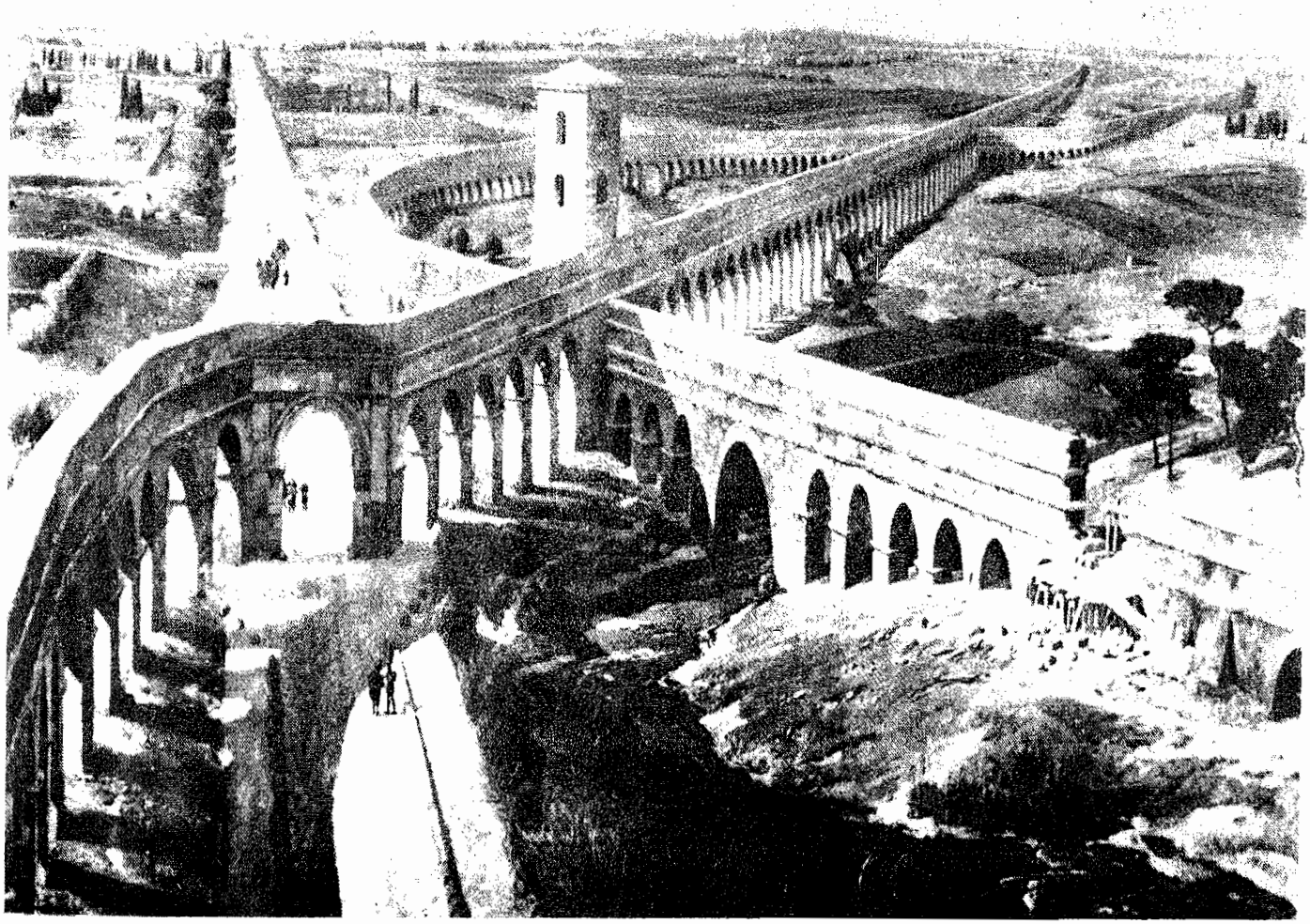
Sl. 83 – Neke mogućnosti za ojačanje starih mostova

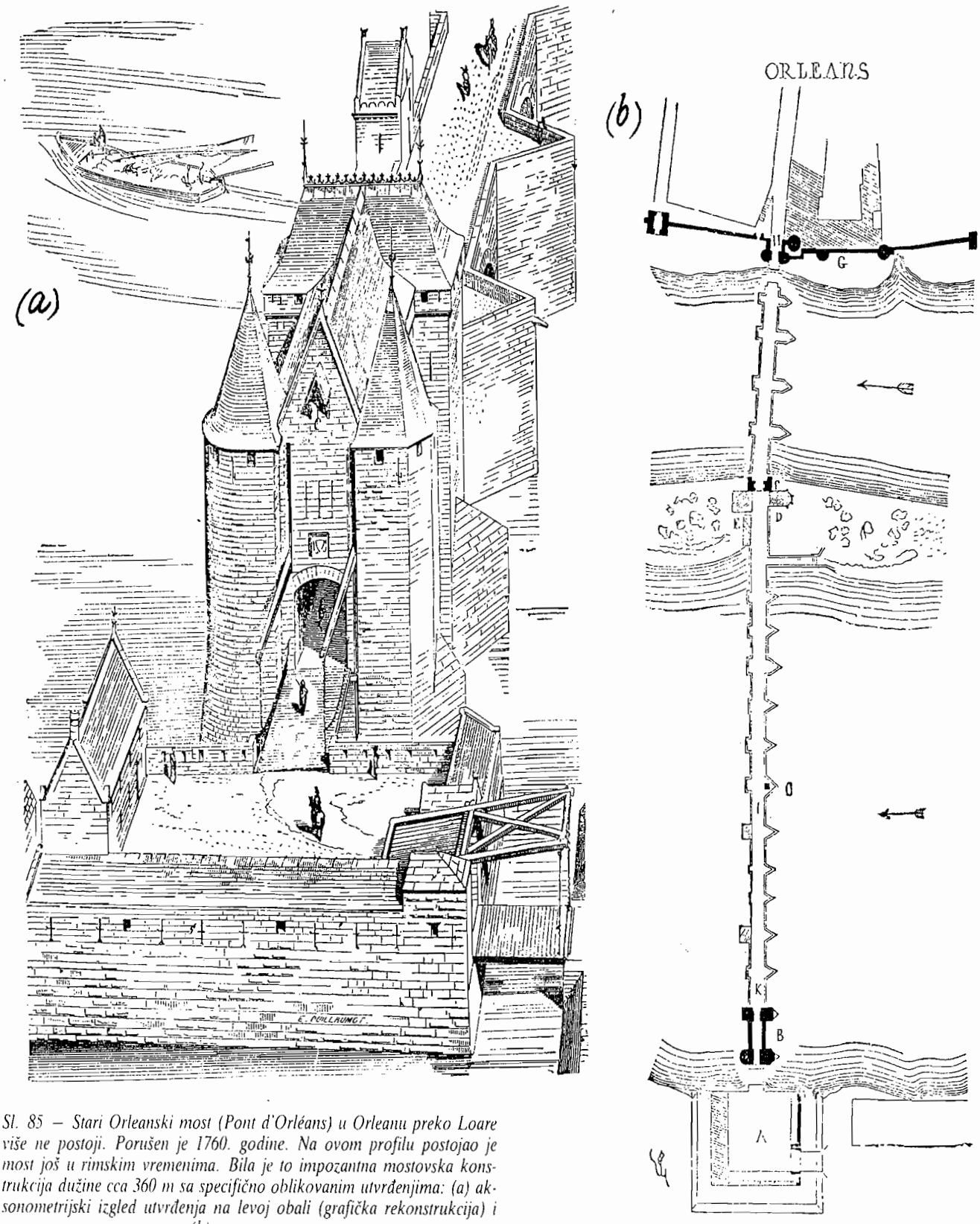
neophodne međusobne veze moraju da imaju identične deformacije. Ovo znači, da ove dve konstrukcije u korespodentnim tačkama imaju deformacije obrnuto proporcionalne proizvodu između modula elastičnosti materijala i momenta inercija *(EJ)*. Odnosno, pod pretpostavkom da postoji kvalitetna veza između ove dve konstrukcije, a treba i mora da postoji, i činjenice da su stinjenosti oba svoda identične (iste veličine raspona i strele) evidentna je zakonitost — da se odnos opterećenja ima kao i odnos proizvoda između modula elastičnosti i momenta inercije (odnosno $q_o/q_n = E_oJ_o/E_nJ_n$ gde se indeks *n* odnosi na novododatu konstrukciju od betona a indeks *o* na staru konstrukciju svoda od kamena). Ovaj odnos dopušta da se dovoljno tano odrede potrebne dimenzije novododatog svoda (zavisno od opterećenja);

b) za slučaj da postojeći upornjaci nisu sposobni da prime dodatni horizontalni potisak novododatog svoda ojačanje se može postići apliciranjem pločastog armirano-betonskog nosača — kolenastog, prelomljenog ili pravog, ravnog. Efikasnost ovakvog ojačanja je znatno manja od slučaja navedenog pod a). Kod veće visine ispune iznad temena svoda ploča se može odići od temena svoda, kako je to pokazano na varijanti A, sl. 83. Oba prednja rešenja, zbog prirode upotrebljenog statičkog sistema ploče (gredni sistem) uvećavaju opterećenje u zoni oko temena svoda od kamena, što je nepovoljno. Iz tog razloga, na varijanti B, kada je to moguće, dobro je ostaviti prazninu, šupljinu, ili ovaj deo ispune izradi od mekšeg—stišljivijeg materijala (nesmetana deformacija ploče) odnosno opterećenje sa ploče preneti na deo svoda bliže oporcima. Kod oba rešenja, na var. A i B, ako se novododata ploča izvede sa „zubom" deluje i kao „zatega" (indirektno) što je povoljno u slučajevima kada oslonci ne prihvataju uspešno horizontalni potisak svoda (za slučaj da su upornjaci svoda slabi, deformisani ili su u derutnom stanju — najpre treba njih sanirati);

c) Kada dopuštaju lokalni uslovi odnosno uslovljava vrsta i stanje stare konstrukcije i kada to nije oportuno konzervatorskim merilima ili je pak neminovno — ojačanje svoda može se izvesti sa njegove donje strane (ovakvim postupkom sanirani su svodovi nekih akvadukata u okolini Rima, konstrukcije koje potiču iz rimske mostogradnje). Novododata konstrukcikja svoda oslanja se, po

Sl. 84 — Uspela grafička rekonstrukcija raskrsnice akvadukata jugoistočno od Rima (prvih osam vodovoda dovodili su cca 10^6 m^3 pitke vode dnevno u Rim). Svodovi na desnoj strani slike nose vodovode: Marcia (građen 144. godine pre n.e; dužine 93 km), Julia (40—33. godine pre n.e dužine 19 km) i Tepula (125. godine pre n.e.). Na levoj strani su vodovodi: Claudia (47. godine n.e.) i Novus (sagrađen 52. godine n.e.)





Sl. 85 – Stari Orleanski most (Pont d'Orléans) u Orleanu preko Loare više ne postoji. Porušen je 1760. godine. Na ovom profilu postojao je most još u rimskim vremenima. Bila je to impozantna mostovska konstrukcija dužine cca 360 m sa specifično oblikovanim utvrđenjima: (a) aksonometrijski izgled utvrđenja na levoj obali (grafička rekonstrukcija) i (b) osnova mosta

pravilu, na novododate stubove, zidna platna, postavljena neposredno uz postojeći stub (pri tome, skoro redovno, širina novododatog svoda je manja od širine starog svoda, svoda koji se poduhvata). Ovaj stub je moguće, u većini slučajeva, osloniti na već postojeći temelj stare konstrukcije.

Oštećenja svodova koja se manifestuju stvaranjem pukotina i prslina njegovom dužinom, paralelno sa podužnom osom mosta, mogu se sanirati na dva načina; – ugrađivanjem poprečnih zatega od čelika ili, ako je to moguće (na primer, prilikom vađenja–zamene ispune mosta) – izradom poprečnih zatega na ekstradosu svoda od armiranog betona. Inače, kako je već rečeno, ove i ovakve pukotine su između već pomenutog posledica horizontalnog potiska ispune na čeone zidove mosta.

Osim navedenih intervencija moguće su i mnoge druge vrste radova, kako na konsolidaciji svoda, svodova, tako i na drugim elementima mosta. Primenljivost usvojene

vrste i intenziteta radova i rezultati preduzetih intervencija zavise od mnogih parametara što se iz navedenih izlaganja lako zaključuje.

Kao zaključak nameće se – što se detaljnije i sveobuhvatnije sagledaju uzroci nastalih oštećenja u konkretnim uslovima to se lakše nalaze adekvatni postupci za njihovo uspešno otklanjanje, kvalitetnija realizacija preduzetih radova.

* * *

Služba zaštite spomenika kulture ove vrste, u jednom broju primera, prilikom optimizacije konzervatorskih zahvata određenih celina i njihove prezentacije, suočava se i sa problemom rekonstrukcije nestalih mostova. Rekonstrukcija srušenih–nestalih mostova, tom prilikom, može da se zasniva na materijalnim ostacima ili, što je češći i nepovoljniji slučaj, na čisto verbalnim odnosno pisanim podacima. Kod masivnih – zidanih mostova moguće je i ima primera da se rekonstrukcija bazira na izvesnim materijalnim ostacima, ali ne uvek, koji su i osnova za buduću rekonstrukciju. Ovo se odnosi kako na materijalnu tako i na čisto grafičku rekonstrukciju, kada je to svrsishodno. Jedan primer grafičke rekonstrukcije ilustrovan je na sl. 84. i sl. 85.

Problem rekonstrukcije može se rešiti dvojako. Ili, projektovati rekonstrukciju na bazi autentičnih istorijskih podataka, oskudnih polaznih elemenata u mnogo primera uz svestrano sagledavanje vremena i onovremenskih tehnologija građenja (mostova) na određenom prostoru, u određenom regionu – što je bolje i svrsishodnije, ili – projektovati novu savremenu mostovsku konstrukciju koja će svojim dizajnom i ugrađenim materijalom decidirano jasno odstupiti od ambijenta odnosne sredine. Prvo rešenje je kvalitetnije – dopunjuje na određeni način konkretan prostor i podvlači njegove kulturno-istorijske kvalitete. Međutim, drugo – savremeno rešenje mosta – ima samo funkcionalne odnosno ekonomske efekte. Kako je pokazala dosadašnja praksa zaštite mostova – verodostojno ponavljanje jedne istorijske građevine ukazuje na ispravnost prilaza rešenju ovih i ovakvih problema. Činjenica je, da mnoge urbane celine, gradska jezgra i gradovi sa bogatom graditeljskom tradicijom, zahvaljujući ovako rekonstruisanom mostu (ili mostovima), tom osnovnom elementu koji daje ton i karakter jednoj takvoj celini – sadrže jedinstvene i nemerljive urbanističke sadržaje i estetične vrednosti najvišeg reda. Ne malo je takvih primera.

4. MOGUĆA OŠTEĆENJA I ZAŠTITA KAMENA

Stari kameni mostovi i konstrukcije od kamena uopšte, po prirodi stvari, sagrađene su od prirodnog kamena.* U pravilu, ove i ovakve konstrukcije locirane su u slobodnom prostoru, na putevima, pa postojanost ugrađenog kamena zavisi: od vrste upotrebljene stene i kvaliteta obrade odnosno od mogućeg uvećavanja opterećenja kamena ali i od klimatskih odnosno atmosferskih uticaja. Pri tome, nepovoljni uticaji koji deluju na postojanost kamena i od značaja su za njegovu degradaciju mogu biti: fizičke, hemijske i biohemijske prirode odnosno kamen propada pod uticajem insolacije, atmosferilija i flore. Razaranje kamena tokom vremena jeste proizvod kompleksnih uticaja. Fizički – raskidaju kohezionu vezu mase kamena, a hemijski faktori – menjaju hemizam kamena odnosno njegov mineraloški sastav, svojstva kamena. Fizička degradacija pospešuje hemijsko raspadanje kamena.

Uticaji *fizičke prirode* na vremensko propadanje kamena obuhvataju: temperaturne promene, uticaj mraza, uticaj vode – u rečnom toku, atmosferske i podzemne, eolsku eroziju, kao i sve moguće prirodne i druge antropogene mehaničke uticaje. Svaki od ovih uticaja na sebi svojstven način utiče na postojanost kamena. Neki više drugi manje. Ne retki su primeri da je kamen istovremeno izložen skupini od više nepovoljnih uticaja.

Temperaturne promene utiču na kamen tako što usled nejednakog zagrevanja izazivaju fino skupljanje odnosno širenje kamena, kamene mase, što prouzrokuje stvaranje mikronskih prslina. Ove se prsline, zbog istovremenog uticaja drugih nepovoljnih faktora, vremenom uvećavaju i postaju vidljive. Voda u porama prilikom zagrevanja više se širi od kamena. Isto tako, usled viševekovnog temperaturnog variranja (u našim klimatskim uslovima i od −30°C do +40°C), kamen kao materijal se „zamara" pa je sve manje otporan na ostale nepovoljne uticaje. A ovo vodi njegovoj degradaciji.

Stvaranjem mikro i makro prslina u kamenu pruža se mogućnost prodiranja atmosferske vode (kapilarne vode) a mržnjenjem ove vode, stvaranjem leda, uvećavaju se pritisci unutar mase kamena – povećanjem zapremine (na 0°C za 1/11; od 1 cm^3 vode smrzavanjem nastaje 1,1 cm^3 leda) – što u krajnjoj liniji dovodi do razaranja i mehaničke degradacije i najčvršćih stena. Pri svemu navedenom, treba imati na umu da suve stene, kamen sa manjom vlaž-

* Sastavni deo zemljine kore je stena a deo stene je kamen.

nošću, bolje podnosi nepovoljne uticaje mraza. Iz napred iznetog lako se izvodi zaključak da je praktično neporozan kamen, subkapilarno porozan kamen, otporan na štetan uticaj mraza. Posebno su osetljivi na uticaj mraza neki peščari, tufovi, porozni i laporoviti krečnjaci.

Uticaj atmosferske vode na kamen ima izrazito hemijski karakter. Permanentno kvašenje i sušenje kamena, posebno na fasadnim i neravnim površinama – uslovljava njegovo širenje odnosno skupljanje i uzrokuje osetno smanjenje njegove čvrstoće i fizičko tehničkih svojstava (na primer, % promene je za: granit od 0,0004 do 0,009% a za kvarcni peščar od 0,01 do 0,044%). Isto važi i za uticaje podzemnih voda na određenim delovima kamene konstrukcije. Pored navedenog, atmosferska voda štetno deluje na kamen tako – što sa sobom nosi rastvorene mineralne supstance i lociranjem istih u prsline blokova kamena omogućava stvaranje novih minerala. A stvaranje, iskristalisavanje, novih minerala znatno uvećava pritiske unutar mase kamena što takođe dovodi do oštećenja (slično uticaju mraza).

Vremensko propadanje kamena po *komponenti hemije,* uticajem hemijskih faktora, može biti dvojako: *rastvaranjem* bez ostataka i *razlaganjem* putem ispiranja rastvorljivih komponenti u masi kamena kojom prilikom se kao krajnji produkti javljaju otporniji ostaci. Površine kamena dobijenog od karbonatnih stena mogu vrlo brzo da pokažu tragove korozije od uticaja rastvaranja. Kod poroznog kamena proces rastvaranja dešava se unutar mase kamena i taloženjem ovog rastvora na površini slabi veza između pojedinih čestica, dolazi do pada čvrstoće i nastaje dezintegracija kamena. Razlaganje je dug proces propadanja kamena i karakterističan je za silikatne stene.**

Na intenzitet aerozagađenja u urbanim i industrijskim sredinama ne utiču samo izvori zagađenja, već i meteorološki i klimatski faktori, posebno vetar. Najznačajniji zagađivači su ugljendioksid (CO_2)*, sumpordioksid (SO_2)* i čađ. Ove supstance u vazduhu, u kišnici i magli, stvaraju kiseline koje su korozivne za mnoge materijale – pa i za kamen (kišnica može biti manje i više „kisela" zavisno od sadržaja CO_2 i SO_2 kao i drugih supstanci. Što veća kiselost kišnice to veći uticaj na propadanje kamena). Uticajem ove i ovakve kiseline u krečnjačkom kamenu ali i u mermerima, u prslinama se formiraju kristali gipsa – uz pomoć sumporne kiseline iz kišnice i karbonatnih*** supstanci iz krečnjaka odnosno mermera, koji destruktivno deluju na kamen.

Prednjim uticajima treba dodati i mehaničke degradacije kamena nastale usled mehaničkih udara kao posledica nehata ljudi, nepravilnog kretanja vozila, kao i udara čestica nošenih vodom ili vetrom (erozija kamena).

Kamen koji je direktno izložen habanju, površine pešačkih staza i kolovozne konstrukcije, treba da ima dovoljnu otpornost i na ovaj uticaj. Podvlači se, da su na habanje posebno neotporni krečnjaci i mermeri (primer Starog mosta u Mostaru).

Za hemijsku degradaciju kamena od primarnog su uticaja atmosferilije. Atmosferske vode, slobodan kiseonik, posebno u urbanim sredinama, od pogubnog su uticaja na kamen. Slobodan kiseonik deluje oksidaciono, sa vodom posebno intenzivno, i tom prilikom stvaraju se zavisno od vrste stene – mrkožuti hidroksid*) gvožđa, u obliku mrlja i skrama, posebno na mestima prslina i pukotina. Hidratisanjem kamena naziva se proces hemijskog raspadanja stena. To je u stvari stvaranje hidrata oduzimanjem baza primarnim silikatima. Razlikuje se: kaolinizacija – zahvata uglavnom feldspate, serpentinizacija – kod krečnjaka i nekih ultrabazičnih magmatskih stena, i hloritizacija – kod stena sa primesama biotita, amfibola i piroksena. Fizičko-hemijska svojstva kamena opadaju procesom hidratacije.

Kod polimeralnih stena, dolomiti i laporoviti krečnjaci, korodiraju vidne površine kamena usled hemijskih uticaja. Kod ovih i ovakvih blokova kamena kišnica utiče na formiranje neravnih i hrapavih površina. Ove promene nastaju kao posledica rastvaranja i odnošenja pojedinih (rastvorljivih) sastojaka kamena**). Slično oštećenje manifestuje se i na peščarima sa heterogenim rasporedom spojnog sredstva u masi kamena.

Na primer, važni agensi prilikom razaranja kamena su rastvorljive soli. Pojavljuju se na vidnim površinama kamena kao iscvetavanje (eflorescencija) ali i neposredno ispod površine (subeflorescencija). Posledica su njihovog postojanja u masi kamena ali i razloga penetracije iz atmosfere uticajem kapilarne vode. Ova pojava se manifestuje uglavnom na granici između suve i vlažne zone – konstrukcijskih elemenata izvedenih od kamena. Degradacija kamena posledica je kristalizacije rastvorljivih soli u porama kamena i njihovog reagovanja na temperaturne promene i relativnu vlažnost atmosfere. Slična pojava uticaju mraza na kamen. Kada je porozan kamen u direktnom kontaktu sa betonom moguća je pojava rastvorljivih soli – karbonata ($NaCO_3$).

Na degradaciju skoro svih vrsta kamena utiče i biljni svet (flora) uglavnom biohemijskim i mehaničkim procesima. Površinskom razaranju kamena doprinose lišaji, alge i mahovina, tako – što se biohemijskim procesom

*) Prema objavljenim podacima (S. Kuković), samo od sagorevanja goriva u motornim vozilima u atmosferu Beograda izbaci se godišnje – oko 726000 tona CO_2 i oko 484 tona SO_2 (Nenad Bilbija, *Tehnička topografija,* Beograd, Naučna knjiga 1984. – str. 90).

**) Silikati su sastojci eruptivnih stena.

***) Karbonati su soli ugljenične kiseline (H_2CO_3).

*) Hidroksidi su spojevi oksida sa vodom. Oksidi su spojevi elemenata sa kiseonikom (to su sporedni sastojci u stenama).

**) U krečnjacima i mermerima često se sreće kalcit ($CaCO_3$). Lako se rastvara u vodi gde ima dovoljno ugljenične kiseline (H_2CO_3) i tako stvara kalcijski kiseli karbonat ili kalcijum hidrokarbonat. U povoljnim uslovima, na intradosu svodova i lukova, formira sige, stalaktite i stalagmite, bigar i sedru [$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \leftrightarrows Ca(HCO_3)_2$].

– Nenad Bilbija: *Tehnička petrografija,* Beograd, Naučna knjiga, 1984;

– Luka Marić: *Petrografija za studente arhitekture, građevinarstva, likovne i primenjene umetnosti,* Školska knjiga, Zagreb, 1951;

hrane njegovim mineralima i tako vegetiraju. Krupnije biljke takođe ugrožavaju integritet ugrađenog kamena ali i, što je puno značajnije, stabilnost elemenata kamene konstrukcije. Ovo se manifestuje fizičko hemijskim raspadanjem kamena i razaranjem elementa raščenjem biljke, ekspanzijom volumena drveta. Prilikom raščenja biljke prouzrokuju se znatna naponska stanja u konstrukcijama od kamena. Pri tome, biljka odnosno njen koren prodire uglavnom duž otvorenih kontinuiteta konstrukcijskog elementa. U krajnjoj liniji mogu da ugroze i stabilnost elemenata ali i konstrukcije kao celine. Svemu ovome treba dodati da svojom aktivnošću i rastom – flora proizvodi više vrsta kiselina koje ne samo što štetno deluju na kamen, nego istovremeno omogućuju razaranje i agresiju drugih za kamen nepovoljnih uticaja.

Da se nešto dešava sa kamenom, posebno na vidnim površinama starih konstrukcija, zaključuje se na osnovu njegove boje. Tako vidne površine kamenih blokova, od karbonatnih stena tamnijih boja, postaju „svetlije" – kamen bledi pod uticajem atmosferilija (uticajem kišnice pojedine mineralne supstance kamena se raspadaju). Kod delova konstrukcije koji su zaklonjeni dolazi do „tamnog patiniranja" – usled taloženja vetrom nanešene prašine, gareža, u pore ugrađenog kamena (najefikasnije se odstranjuje peskarenjem).

Kod kamena koji sadrži i minimalni procenat minerala sa dvovalentnim gvožđem, usled uticaja atmosferilija, stvaraju se na vidnim površinama mrke mrlje, minerali limonita (pirit je sulfid*) gvožđa ($FeSO_2$) i vrlo je štetan mineral u svim stenama. Raspada se u limonit i sumpornu kiselinu koja razara okolne minerale u kamenu). Ove i ovakve mrlje se javljaju i kada je za međusobno spajanje komada kamena (tokom zidanja), posebno svetlijih boja, upotrebljeno gvožđe (rđanjem spona, trnova i sličnog). Prilikom rđanja elemenata od gvožđa, kod hidroksidacije gvožđa, usled povećanja zapremine limonita (za 6 do 8 puta u odnosu na gvožđe) može da nastane mehaničko oštećenje kamena, nastaje „otkidanje" delova kamena (posebno u slučajevima kada su elementi od gvožđa ugrađeni blizu vidnih–slobodnih površina kamena).

Uticaj faune na kamen manifestuje se uglavnom zagađenjem i prljanjem njegovih vidnih površina. Ovde se prvenstveno misli na ptičiji svet – na ptice. Ptičiji izmet sadrži određene fosforaste i azotne kiseline koje štetno deluju na kamen ili, kod kamena od karbonatnih stena, hemijski reaguju obrazujući kalcijumfosfate i neke nitrate.

Kao posledica neadekvatne obrade kamena, posebno kamena dobijenog od grubozrnih i nehomogenih stena, javljaju se mikroprsline (dužinom dodira zrna). Pod uticajem atmosferilija ove se prsline uvećavaju – produženjem i proširenjem – tako da postaju vidljive. Povećanje ovih prslina i nastajanje novih može da bude i posledica naponskog stanja u bloku kamena odnosno sila koje se u konstrukciji javljaju i kao takve prenose se na posmatrani kamen. Ovo upućuje na zaključak, da je vrsta i kvalitet obrade kamena od značaja za njegovu postojanost u konstrukciji.

Kada se za dobijanje građevinskog kamena koriste stene zrnaste strukture (neke magmatske stene, peščar i slično), i njihova obrada se izvodi „zubačom" ili „štokovanjem" – što je nepovoljnije, može da se tokom vremena na vidnim površinama kamena pojavi „korica" debljine 3 do 4 mm. Ova se korica, po pravilu, prskanjem odvaja–otpada od kamena i na njegovim vidnim površinama ostavlja vidljiva i za oko ružna oštećenja.

Ljuspasto raspadanje vidnih površina kamena, dobijenog od stena sa većom koncentracijom ljuspastih i pločastih minerala, može se pojaviti na mestima gde je omogućeno duže zadržavanje vode (kod nekih magmatskih stena i kod laporovitih krečnjaka). Tada se na vidnim površinama kamena obrazuju neravnine, što je nedopustivo – jer ubrzava dalje, sve intenzivnije raspadanje kamena. Inače, združenim uticajem insolacije i atmosferilija, kroz duži vremenski period, slabi veza između pojedinih čestica kamena i oni se vremenom krune, raspadaju (zrnaste stene, slabije vezani peščari, na primer).

Kada se beton oblaže kamenom odnosno kada se iza lica zida od kamena nalazi beton može da nastane oštećenje – prljanje vidnih površina kamena rastvorom koji prodire kroz spojnice. Naime, kada u cementu ima više slobodnog kalcijum-oksida (CaO) onda se on zajedno sa vodom izlučuje na vidnim površinama i tako prlja i oštećuje kamen.

Sve ovo ukazuje da prilikom izbora stene od koje će se dobiti građevinski kamen pogodnog oblika – treba obratiti dovoljno pažnje. Što znači – birati kamen, bilo za građenje novog ili sanaciju starog objekta, koji je otporan na sve napred navedene štetne uticaje. Određena pravila i načela prilikom izbora kamena za građenje proklamovao je još Vitruvije (čuveni i dobro znani rimski pisac, živeo je u doba Gaja Julija Cezara i cara Augusta, I vek pre n.e.), koji piše*) (u svom čuvenom delu „Vitruvi de Architecture libri decem"): „. . .Sve te meke vrste imaju dobro svojstvo što se to kamenje pri građenju lako obrađuje (Vitruvije razvrstava stene po kvalitetu, prema tvrdoći i obradljivosti, prim. M.G.) . . . ako se ugradi na zaštićenim mestima lako podnosi teret, a ako je na nezaštićenim i otvorenim mestima lomi se i raspada u dodiru sa mrazom; pored morske obale izjede ga so . . . Ko želi dobro da gradi, kamen treba da izvadi (iz majdana, prim. M.G.) dve godine pre nego se počne graditi, i to leti a ne zimi, pa ga ostaviti da leži na otvorenom mestu. Ono kamenje koje za te dve godine oštete vremenske nepogode neka se polaže u temelje. Ostalo koje ostane neoštećeno moći će izdržati, ako se uzida nad zemljom, jer ga je priroda isprobala. Na to treba paziti ne samo kod tesanog kamena nego i kod zidanja lomljenim kamenom. . .".

*) Sulfidi su spojevi metala ili metaloida sa sumporom. U dodiru sa atmosferilijama oksidiraju dajući pri tome okside i sumpornu kiselinu (H_2SO_4) koja razara kako kamen tako i minerale.

*) *Vitruvijevih deset knjiga o arhitekturi,* prevod dr Matija Lopac, Sarajevo, 1951. godine.

4.1. POTREBNE MERE SANACIJE

Činjenica je, neosporna, da sve vrste kamena kroz vreme menjaju svoje osnovne karakteristike. Pri tome, intenzitet promene zavisi od pravilnog izbora stene za dobijanje kamena s obzirom na lokalne uslove, vrste i kvaliteta obrade vidnih površina kamena, intenziteta i kvantiteta agresivnih uticaja, načina vađenja kamena iz majdana (cepanjem ili miniranjem, što je nepovoljnije) i drugih uticaja. Za najveći broj starih kamenih mostova i kamenih konstrukcija uopšte korišćen je krečnjak, peščar, mermer i neke magmatske stene, uglavnom iz lokalnih kamenoloma (ali i iz poznatijih nalazišta). Uticajem različitih nepovoljnih faktora pojedini blokovi kamena u konstrukciji su više i manje oštećeni – u svemu kako je to napred rečeno. Sve to ukazuje da se zaštiti kamena uopšte, ili prilikom sanacija, zavisno od vrste i starosti građevine, mora posvetiti odgovarajuća pažnja.

Najjednostavnija zaštita i održavanje vidnih površina kamenih konstrukcija, zavisno od vrste, lokaliteta i namene, je – povremeno čišćenje od nanete prašine, gareži, čađi i sličnog. Ovo čišćenje može se sprovesti dvojako: – pranjem toplom vodom uz pomoć četaka ili mehaničkim postupkom. Mehanički postupak može biti sa metalnim (čeličnim) četkama, specijalnim i za ovu vrstu posla ozubljenim alatkama i peskarenjem (čišćenjem površina uz pomoć kvarcnog peska pod pritiskom). No, ovakvim radom – čišćenjem, mora se računati na izvesno odstranjivanje raspadnutih ili delimično raspadnutih slojeva kamena. Za čišćenje poliranih površina kamena ne preporučuje se mehanički postupak.

Hemijsko čićenje vidnih površina kamena primenjuje se prilikom odstranjivanja mrlja organskog i metalnog porekla. Naime, ova i ovakva oštećenja odstranjuju se odgovarajućim hemijskim sredstvima. Na primer, za većinu mrlja organskog porekla uspešno se koristi hlorno belilo i vodonikperoksid, zatim aceton, amilacetat i špiritus. Za skidanje mrlja od metalnih oksida primenjuju se hemijske supstance koje ih rastvaraju ili redukuju na bezbojne soli. Kao što se iz prethodnog vidi, za hemijsko čišćenje koriste se različiti postupci i rastvori. Pri tome voditi računa da se za čišćenje granita, kvarcita i kvarcnog peščara (kisele stene) ne koriste bazični a za čišćenje krečnjaka i mermera (karbonatne stene) kiseli rastvori i deterdženti. No, preporučuje se – pre korišćenja jednog sredstva treba izvršiti dovoljan broj proba.

Mrlje formirane taloženjem ispranog kalcijum karbonata na kamenu dobijenom od magmatskih stena (iz upotrebljenog spojnog sredstva) odstranjuju se uz pomoć razblažene sone kiseline. Posle korišćenja sone kiseline vidne površine kamena treba dobro isprati toplom vodom. Ovaj postupak se ne preporučuje za karbonatne stene (jer sona kiselina na njih razorno deluje). Za čišćenje ovih stena treba koristiti kalcijum hlorid ili natrijumsku sodu. Postupak rada se sastoji u sledećem: preko oštećene površine kamena naneti strugotinu (od drveta) natopljenu kalcijum hloridom ili natrijumskom sodom i tako je ostaviti da stoji 24 časa. Zatim tom istom smešom treba dobro očistiti površine kamena.

Za hemijsko prepariranje kamena u cilju njegove zaštite mogu se upotrebiti fluati (Mg, Al, Ca) koji ispunjavaju pore i obrazuju nerastvorne skrame po površini i štite kamen od atmosferilija*). Međutim, u radu sa ovim rastvorima treba biti obazriv jer postojeća vlaga u kamenu kao i voda koja može da dospe u kamen iz unutrašnjosti zidne mase, posebno kod poroznog kamena, može da dovede do nepoželjnih posledica zbog uticaja mraza. Iz ovog razloga porozniji kamen treba štititi sa dve ili više supstanci – koje dublje prodiru u njegove pore i pukotine. Prodiranjem ove tekućine unutar mase kamena, odgovarajućom hemijskom reakcijom, stvaraju se nerastvorne soli – koje uspešno štite kamen.

Kod znatnije oštećenih blokova kamena, prslinama i pukotinama kao posledica određenog naponskog stanja, u cilju monolitizacije mase kamena sanacija se može izvršiti ubrizgavanjem (injektiranjem) prostudirane mešavine krečnog i cementnog mleka uz dodavanje kamene prašine i bentonita (stvaranje emulzije sa znatnom viskoznošću zbog efikasnijeg prodiranja i u najfinije prsline).

Oštećenja kamena nastala uticajem bakterija i pojavom sulfata, na površini i neposredno ispod površine kamena, odstranjuju se odgovarajućim antisepticima – natapanjem. Lišajevi i njima srodne stvari uspešno se odstranjuju spaljivanjem (pomoću „letlampe"; prilikom takvog rada temperatura mora ostati u granicama neopasnim za kamen).

U novije vreme za sanaciju kamena i kamenih površina koriste se raztličite vrste silikona koje na vidnim površinama formiraju hidrofobni sloj, skramu. Svojstva ove zaštite moraju biti takva – da istovremeno štite kamen od prodiranja vode i istovremeno omogućuju provetravanje kamena, njegovo pravilno „disanje" (isparavanje zaostale vode).

Posebno se podvlači i napominje – pre upotrebe ma kog zaštitnog sredstva – treba izvršiti dovoljan broj proba i time utvrditi efikasnost zaštite s obzirom na vrstu i konkretne uslove rada odnosno vrstu kamena i oštećenja koje treba sanirati.

Blok kamena u konstrukciji prožet većim i manjim pukotinama i prslinama, ili grupacija blokova, što je bolje, sanira se uglavnom injektiranjem. Tom prilikom vodi se računa da penetrirana injekciona masa osim neophodne athezije ima iste ili slične elastomehaničke karakteristike kao i kamen, što se utvrđuje uglavnom probanjem. Injektiranje se provodi prostudiranom smešom injekcione mase, dovoljno viskoznom da prodre i u najfinije pukotine,

*) M. Janjić, *Kamena spomen-obeležja u Srbiji,* Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Vesnik, Knjiga VII, Beograd, 1967. godine.

postupkom koji treba i mora da sanira oštećeni kamen monolitizacijom njegove mase, njegovog volumena.

U posebnim slučajevima, kod jako oštećenih komada kamena pristupa se njihovoj zameni, ekstrakciji oštećenog komada kamena iz zidne mase. Zamena može biti delimična ili potpuna, što je bolje. Prilikom zamene zamenjeni kamen treba da je identičnog petrografskog sastava kao oštećeni – zamenjeni blok kamena. Najbolje je, ako je to moguće, za zamenu koristiti kamen dobijen od iste stene, izvađen iz istog kamenoloma kao i kod primarnog građenja. Zamena prirodnog kamena betonom, ili veštačkim kamenom, nedopustiva je. Ovakva intervencija niti je saglasna prihvaćenim stavovima konzervatorske prakse i principima estetike a ni mineraloškopetrografskim svojstvima ugrađenog materijala.

5. PRIMERI IZ PRAKSE

5.1 REKONSTRUKCIJA MOSTA PREKO REKE BISTRICE kod manastira Sv. Arhanđeli (kod Prizrena)

U ovom primeru bio je postavljen problem: povezati kulturno-istorijski kompleks manastira sv. Arhanđeli, na levoj obali reke Bistrice, sa magistralnim putem Prizren–Brezovica (i dalje za Tetovo). Od polaznih, autentičnih, podataka znalo se da je ovde postojao most i da je bio lociran neposredno uz ostatke severne kapije manastira. Potvrda ove hipoteze rezultirala je iz neznatnih i bezobličnih ostataka neke ranije mostovske konstrukcije, koji su uočeni na desnoj obali reke. Postavljeni uslovi projektovanja (od strane službe Zaštite) tražili su most od kamena sa konturama i konstrukcijskim karakteristikama prilagođen adekvatnim konstrukcijama na ovom području i saglasan ostacima građevina manastirskog kompleksa. Pri tome traženo je poštovanje ustaljenih i u praksi prihvaćenih principa konzervacije i restauracije kulturno-istorijskih spomenika graditeljske baštine. Isto tako, projektni zadatak je tražio i svu potrebnu funkcionalnost mosta u okvirima turističke privrede ovog regiona i navedenog kulturno -istorijskog lokaliteta.

Uočeni ostaci nekog ranijeg mosta i položaj Severne kapije manastira diktirali su položaj novog mosta. Tu nije bilo dvoumljenja. Podvlači se, da je ta lokacija i optimalno mesto za prelaz preko reke, što potvrđuje, i na ovom primeru, veliku umešnost starih graditelja – da se reka premosti na najpovoljnijem mestu i na stabilnom poprečnom profilu reke.

Izrada mogućeg dispozicionog rešenja podređena je dobro znanoj veštini građenja drevnih neimara i oblikovno konstrukcijskim karakteristikama postojećih starih mostova na istoj reci i u neposrednoj blizini. I to, cca 5 km nizvodnije, u Prizrenu – mostu sa tri otvora, i mostu na

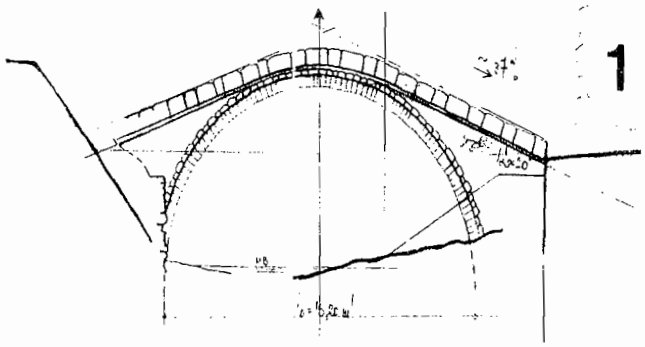
Milan Gojković i Milosav Lukić, *Rekonstrukcija srednjevekovnog mosta preko reke Bistrice kod Prizrena,* Starine Kosova VI–VII, Priština, 1972/73, str. 161–174.

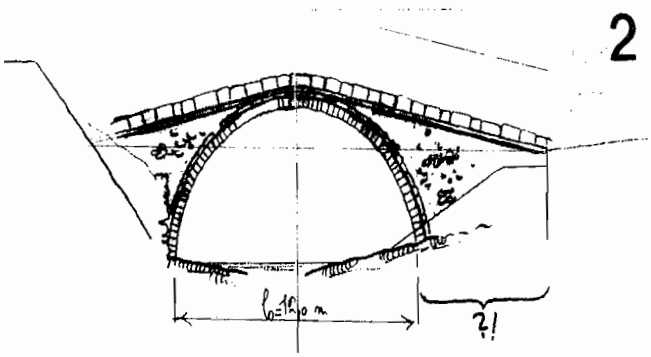
oko 1 km uzvodno od manastira, objektu koji premošćuje reku Bistricu sa jednim otvorom. Oba ova mosta pripadaju vremenskom periodu koji se uglavnom poklapa sa vremenom građenja manastira sv. Arhanđeli.

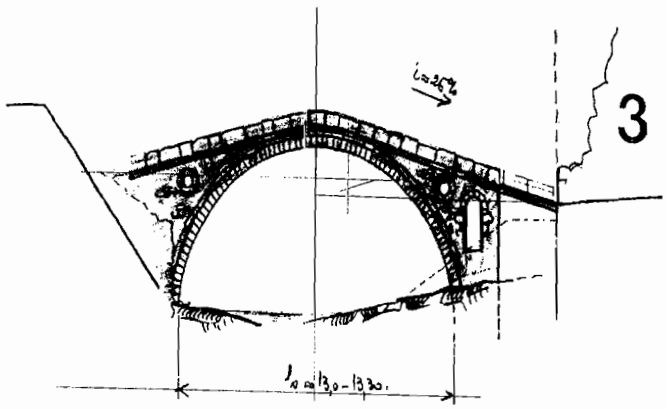
Na izbor korisne širine mosta, posle mnogih dvoumljenja i razmišljanja, presudno je uticala korisna širina Severne kapije manastira kao i buduća funkcionalnost građevine. Ovako određena korisna širina mosta, možda nešto manja od prvobitne, ima svoj kvalitet jer se uklapa u ostatke ulazne–Severne kapije i doprinosi eleganciji konačno usvojenog rešenja rekonstrukcije.

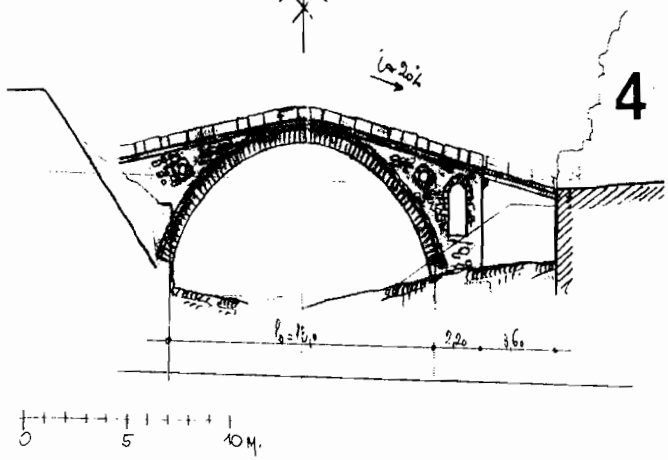
Sledeći potez u projektovanju bio je – traženje optimalnog rešenja dispozicije mosta. Rešenje je moralo da udovolji: – zamišljenoj prezentaciji ovog kulturno-istorijskog spomenika; – da funkcionalno odgovori prilazu Severnoj kapiji i da uspešno propusti velike vode reke Bistrice; – da se uklapa u savremene konzervatorske zahvate i sačuvane srednjevekovne infrastrukturne objekte saobraćajnica u ovom regionu; – da se rešenje prilagodi ondašnjem načinu građenja i stvaralaštvu starih neimara; – da se dopunom ambijenta i ansambla manastirskog kompleksa formira povoljan estetični sadržaj konkretne materijalne stvarnosti koji će tražiti minimum vremena prilagođavanja na već ustaljen izgled ostataka manastira (bez mosta); – da vremenom i patinom na rekonstruisanoj građevini sveukupne arhitektonske vrednosti manastira i njegove neposredne okoline dobiju u intenzitetu kao i da rešenje zadovolji osnovne postavke kvalitetne kompozicije, estetike i ekonomije.

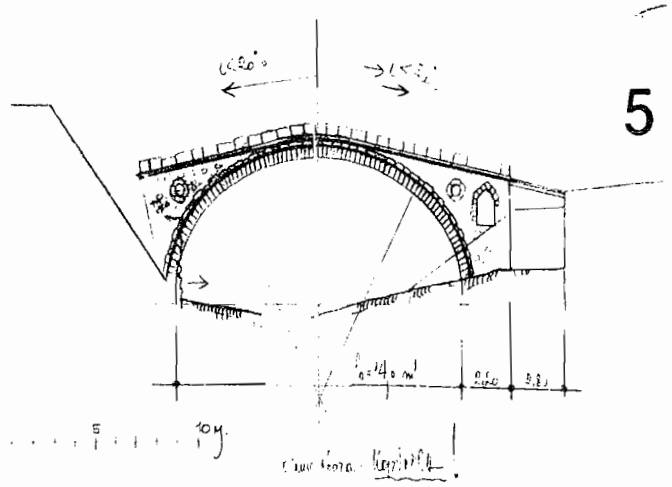
Integralnim sagledavanjem prostornog ansambla oko Severne kapije i u kontekstu napred navedenih zahteva iscrtavana su moguća rešenja mosta u identičnoj razmeri. Sve ovako sprovedene analize konvergirale su rešenju mo-

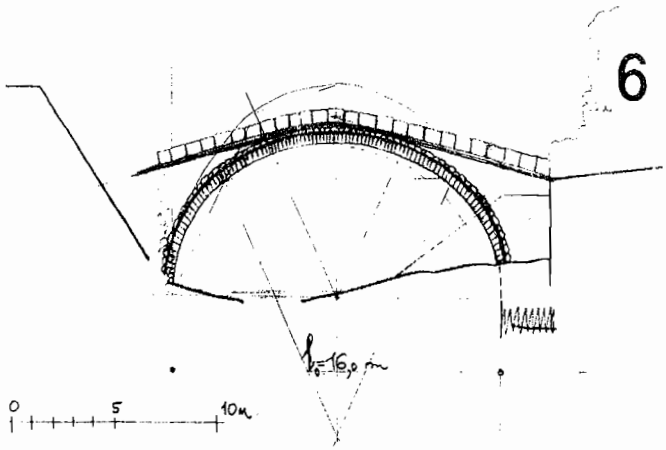




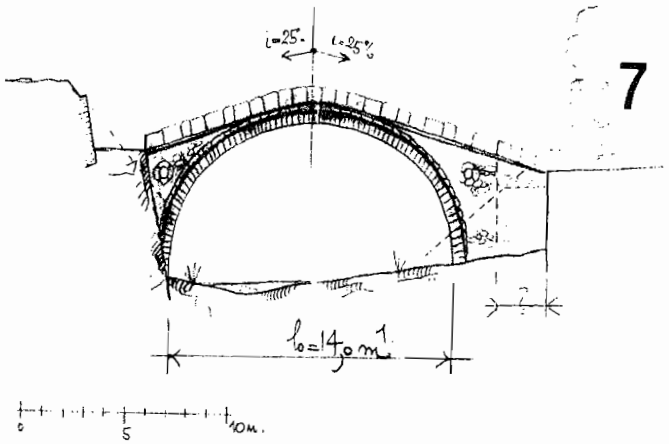




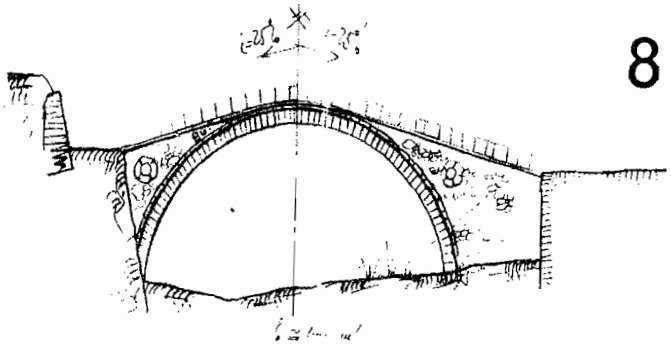




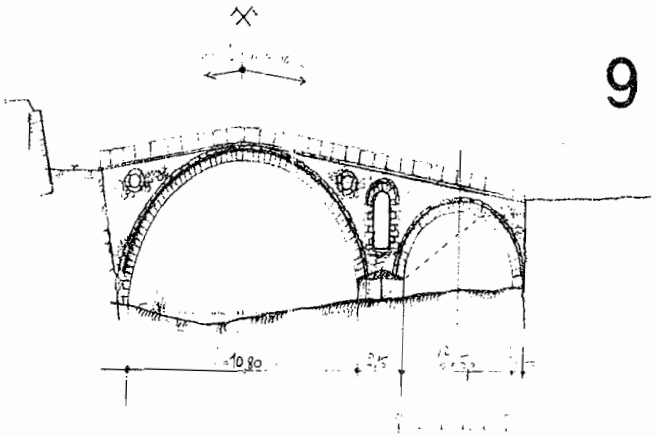
7



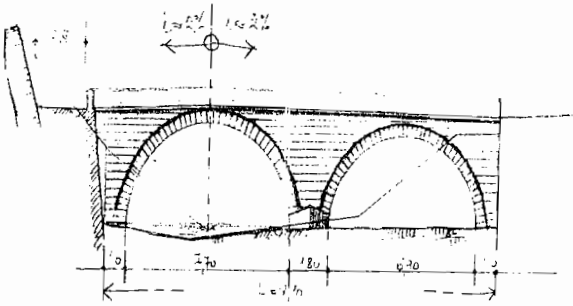
8



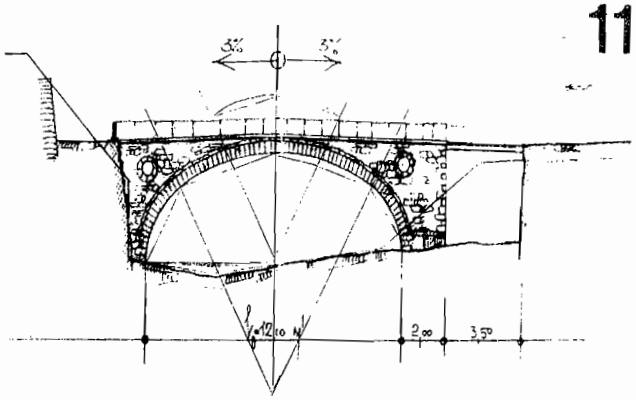
9



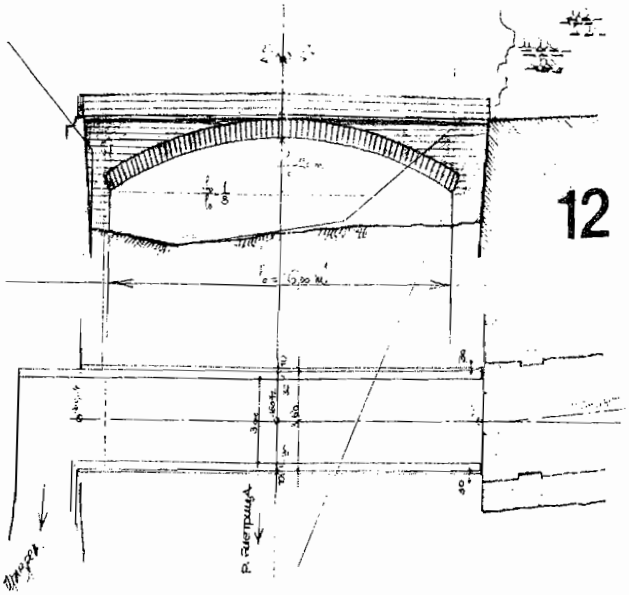
10



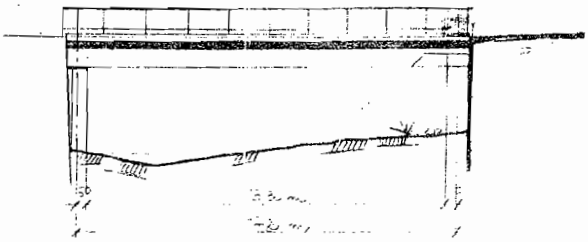
11



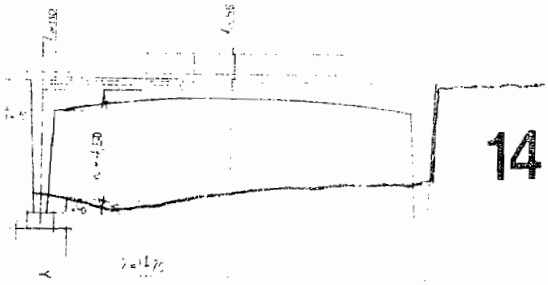
12

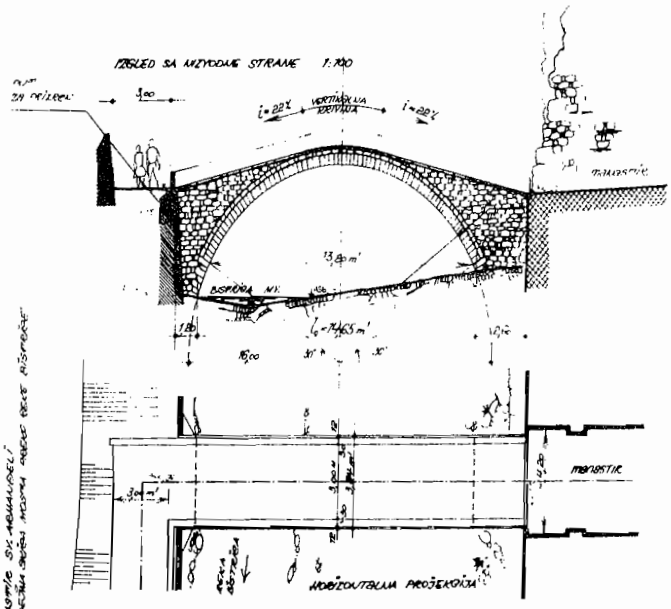


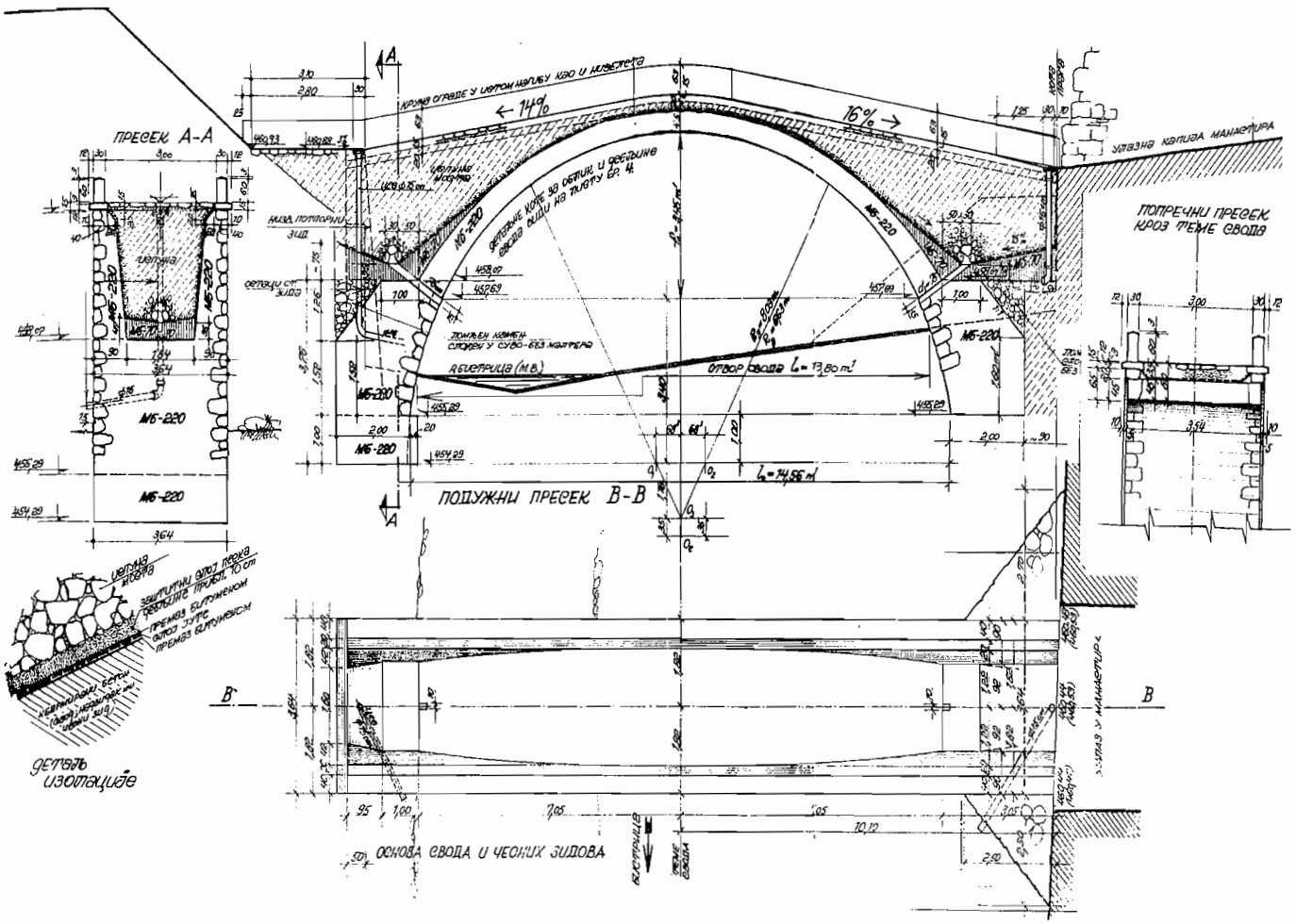
13



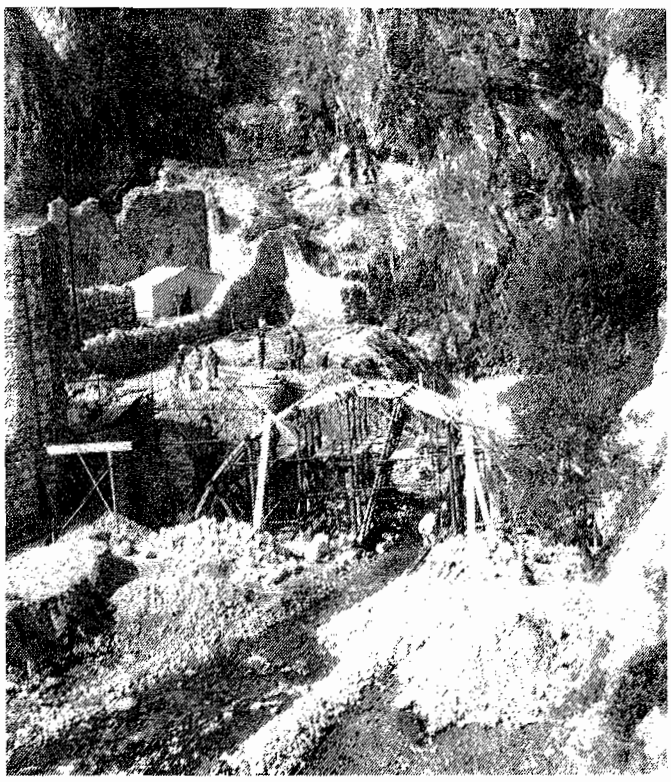
14

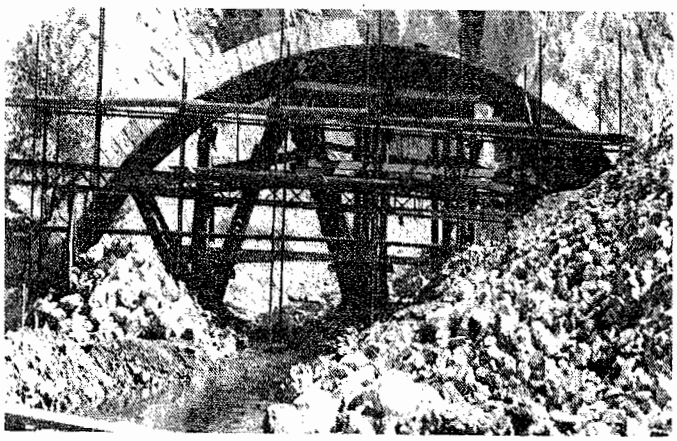


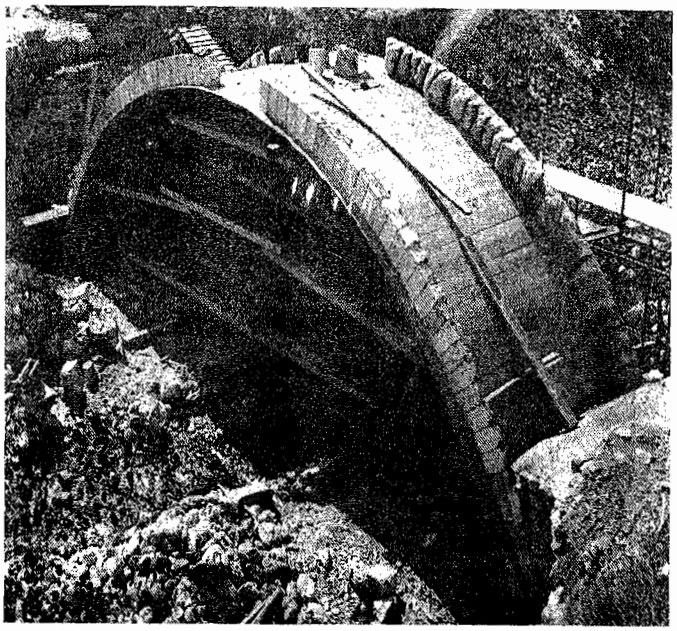




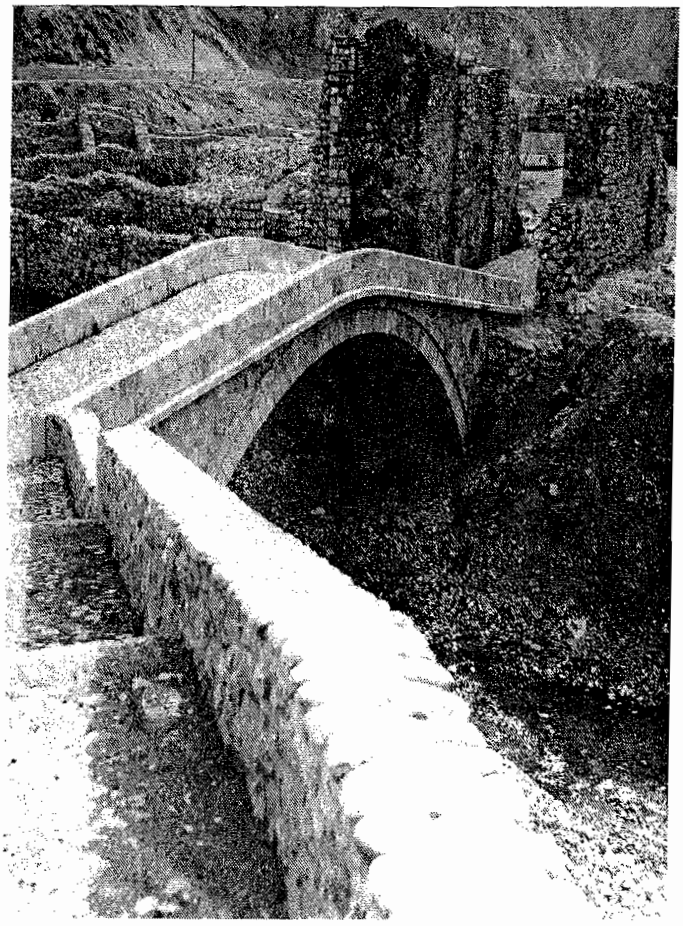
Sl. 86 – Most preko reke Bistrice kod Prizrena (man. Sv. Arhandeli): (a) geneza nastanka idejnog rešenja; (b) usvojeno idejno rešenje; (c) detalj glavnog projekta rekonstrukcije

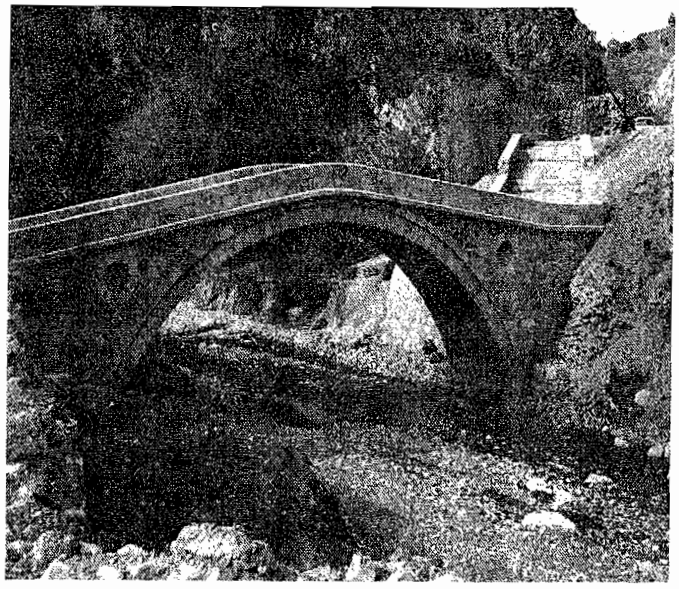






Sl. 87 – Detalji sa radova na rekonstrukciji





Sl. 88 – Izgled mosta sa uzvodne strane posle završnih radova na rekonstrukciji

sta sa jednim otvorom i sa eliptičnim odnosno korpastim oblikom donje svodne linije (intradosa). Prilikom ovih razmatranja izrađeno je 14 varijantnih rešenja uključujući tu i dve savremene mostovske konstrukcije.

Na jednom sastanku za ovu vrstu posla meritornih stručnjaka (S. Nenadović, V. Đurić, V. Korać, N. Katanić, M. Ivanović i autor ovog projekta), uz detaljno sagledavanje materijalnih ostataka manastirskog kompleksa i uz puno respektovanje istorijskih činjenica, kao i svrhu i cilj postavljenog zadatka, a na osnovu mogućih i korektno prezentiranih varijantnih rešenja – date su smernice za izradu konačnog rešenja.

Na osnovu svega napred rečenog i zaključaka Komisije izrađen je glavni projekt rekonstrukcije mosta preko reke Bistrice. Osnovne karakteristike usvojenog rešenja odnosno projekta su: korito reke premošćeno je sa jednim otvorom – veličine 13,8 m – zasvedenim svodom eliptičnog oblika. Sve vidne površine mosta projektovane su od polutesanog i lepo doteranog kamena dok je sve drugo od nearmiranog betona. Vidna površina mosta apostrofirana je arhivoltom svoda, vencem koji prati konveksno oblikovanu niveletu, simetrično postavljenim kružnim rozetama u odnosu na teme svoda) i rustičnom obradom vidnih površina kamena. Većina ovih elemenata imala je za cilj – da izgled i koncepciju mosta prilagode i približe stvaralaštvu srednjevekovnih graditelja mostova. Korisna širina mosta veličine 3,00 m definisana je masivnim parapetnim zidovima.

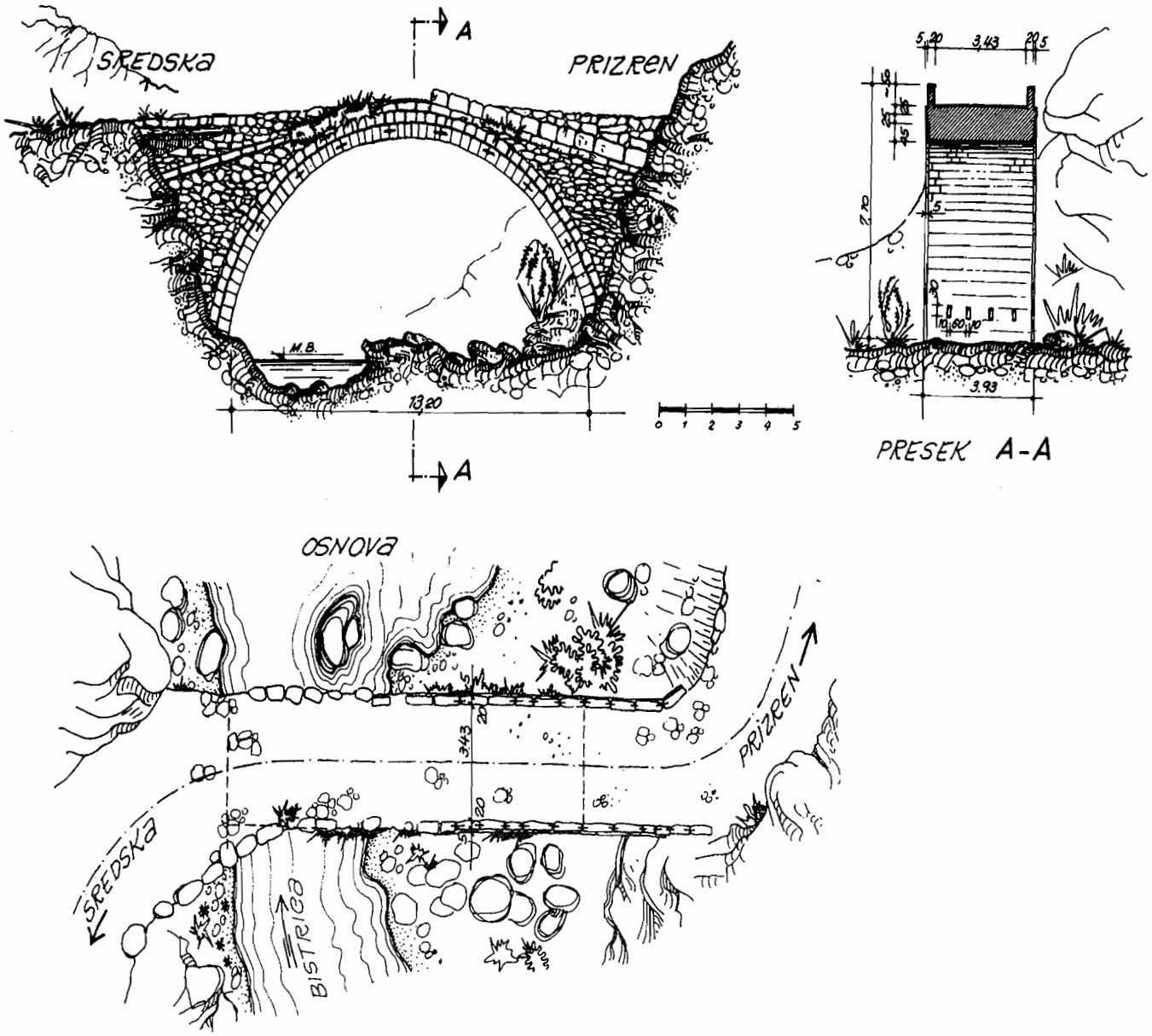
Po ovom glavnom projektu, prethodno revidovanom, građenje odnosno rekonstrukcija mosta započeta je polovinom 1967. a završena u jesen 1968. godine. Radove je izveo Pokrajinski zavod za zaštitu spomenika kulture u Prištini, u svojoj režiji, što se posebno ističe. Šef gradilišta bio je Milosav Lukić, tehničar.

Kao što se iz svega napred rečenog vidi, a proteklo vreme je potvrdilo, rekonstrukcija ovog mosta udovoljila je ustaljenim i priznatim konzervatorskim postavkama u pogledu oblikovanja i savremenim tehnološkim procesima prilikom realizacije. Vreme je pokazalo da su pristupi rekonstrukciji i sama rekonstrukcija optimalno provedeni. Ovu činjenicu najbolje ilustruje jedan novinski napis: „...u kompleksu manastira sv. Arhanđeli najbolje se očuvao stari kameni most...“

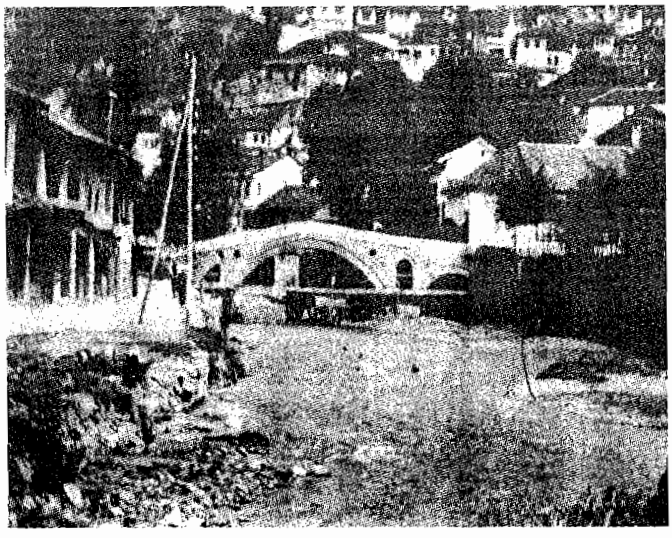
5.2. REKONSTRUKCIJA MOSTA PREKO REKE BISTRICE U PRIZRENU

Stari kameni most preko reke Bistrice u Prizrenu prema podacima iz literature sagrađen je u XVIII veku. Međutim, evidentna je prisutnost indikativnih faktora koji građenje mosta lociraju u XV odnosno XVI vek. Katastrofalno velike vode reke Bistrice od 18/19 novembra 1979. godine prosto su raznele ovaj most, izbile ga iz poprečnog profila reke gde je vekovima stajao. Posledicu rušenja mosta treba tražiti u katastrofalno velikoj vodi i neuobičajeno velikom nanosu te vode i „otetom“ otvoru mosta (naime, desni otvor mosta regulacijom i proširenjem ulice u nekom vremenu bio je zatrpan) odnosno spletu nepovoljnosti najvišeg reda.

S obzirom na kulturno-istorijske vrednosti mosta i njegovog značaja u specifičnom i jedinstvenom urbanističkom



Sl. 89 – Most u klisuri Prizrenske Bistrice, nedaleko od man. Sv. Arhanđeli, pripada grupaciji srednjevekovnih mostova u ovoj regiji nastalih nekako u isto vreme. Kada je most građen ne zna se. Kao što se iz slike vidi, u neko ranije vreme, strmi padovi nivelete ublaženi su nadzidivanjem ispune odnosno izdizanjem prvobitne kolovozne površine

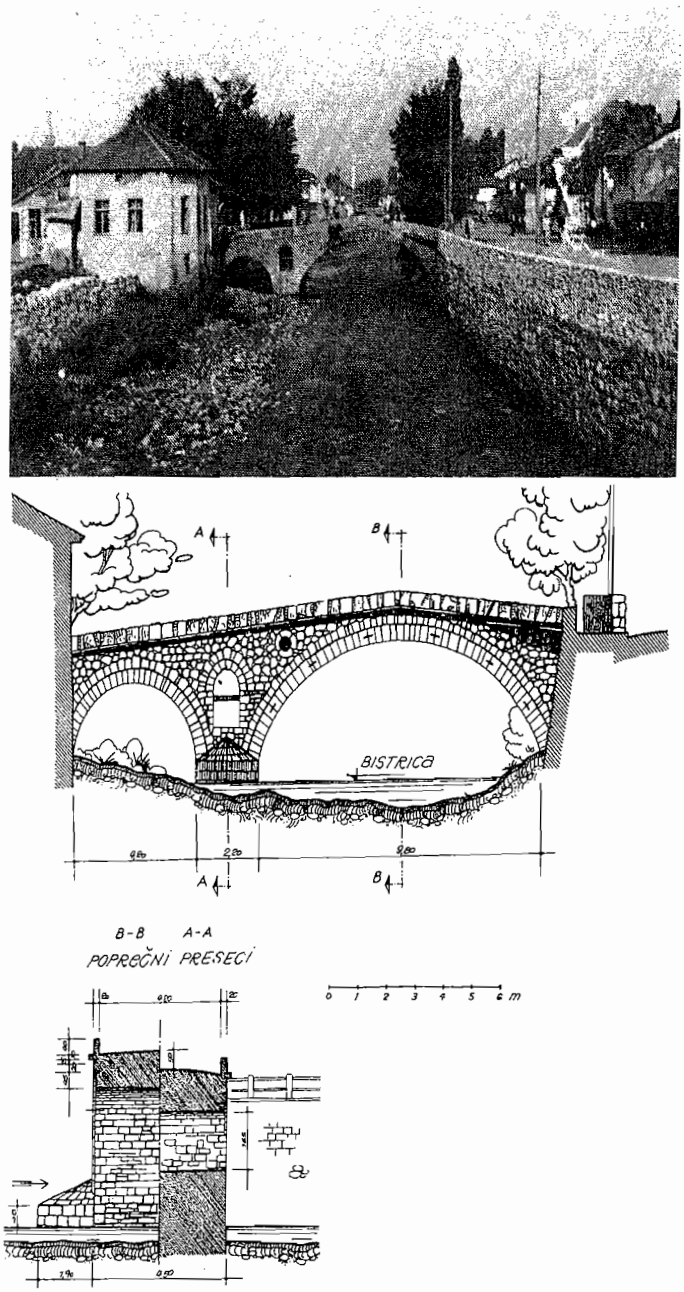


Sl. 90 – Most preko reke Bistrice u Prizrenu – nizvodni izgled pre izgradnje kejskih zidova

miljeu grada Prizrena, pred gradske „oce" i Službu zaštite postavio se problem što hitnije obnove odnosno rekonstrukcije srušenog starog mosta.

Proces obnove pošao je najboljim putem. Najpre je održano dvodnevno savetovanje (februara 1980) kome je prisustvovalo osim Prizrenaca vezanih za grad i zbivanja u gradu i veliki broj stručnjaka različitih profila iz Jugoslavije, a među njima i mnogi iz službe Zaštite (iz skoro 40 ustanova). Na savetovanju su razmatrani uzroci i posledice prohujale stihije velike vode Bistrice. Između mnogih značajnih i sadržajnih zaključaka za ove redove je značajno: „...što hitnije pristupiti rekonstrukciji porušenog kamenog mosta i otvaranju njegove celine...". Podvlači se, da su tema i zaključci ovog savetovanja u stvari bili osnova za buduću rekonstrukciju.

Zatim je sledila najpre izrada idejnog (juna 1980) a potom glavnog projekta (januara 1982). Osnove za izradu idejnog projekta bile su: – ostaci mosta zaštićeni postojećim kejskim zidovima, njegovi zatrpani delovi; i – tehnički podaci arhive bivšeg Jugoslovenskog instituta za zaštitu spomenika kulture kao i stari fotosi mosta. Rekonstrukcija vertikalne projekcije mosta, njegovog izgleda – a to je de



Sl. 91 – Uzvodni izgled mosta posle gradenja kejskih zidova i zatrpavanja otvora do desne obale

facto i osnova projekta – rezultirala je iz detaljne analize postojećih podataka i uvida u fond starih mostova u ovom delu naše zemlje, a i šire. Na osnovu ondašnjih principa stvaranja, projektovanja mostova, koristeći se aršinom kao mernom jedinicom – sigurno je rekonstruisan oblik nivelete, kote nivelete. A niveleta je reper za koji se vezuju svi ostali, uglavnom manje važni detalji rekonstrukcije. Posebnu teškoću, koja je posle detaljne analize uspešno rešena, predstavljala je rekonstrukcija oblika intradosa glavnog svoda zbog svojih nepravilnosti (kao posledica nastalih grešaka i deformacija skele tokom primarnog građenja). Prilikom projektovanja usvojen je princip – da sve vidne površine mosta budu izvedene od kamena, sa starom tehnikom zidanja i obrade kamena, a sve što je skriveno od oka posmatrača na način kako to predviđa i praktikuje savremena mostogradnja. Vrsta stene za dobijanje pogodnih komada kamena izabrana je prema kamenu na ostacima mosta.

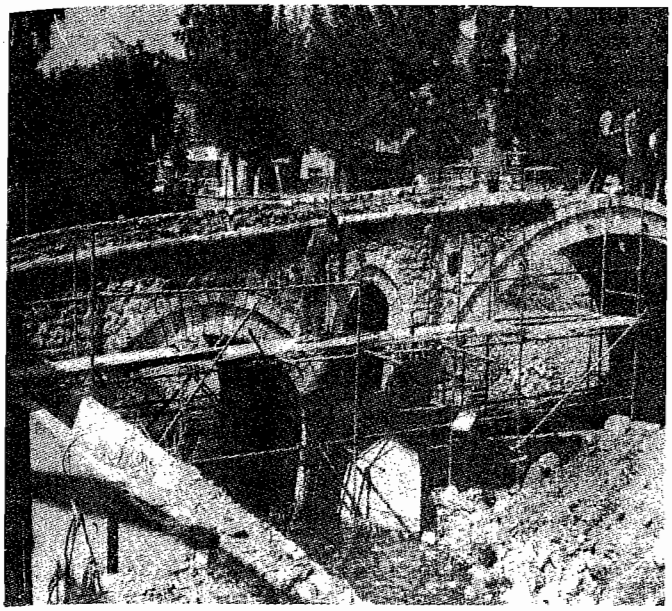
Idejni projekt je do detalja respektovao zaključke navedenog savetovanja. S obzirom na uslov da se otkopaju skriveni delovi mosta a sa ciljem optimizacije rešenja, posebno zahteva proticajnog profila i težnje za intenziviranjem estetičnih vrednosti mosta kao celine, idejni projekat je ponudio četiri rešenja. Sva ponuđena rešenja, zasnovana između ostalog i na radikalnim zahvatima na obalama i intervencijama u saobraćajnim tokovima grada, podvrgnuta su reviziji (Komisiju za reviziju je obrazovala SO Prizren). Usvojeno je rešenje koje predviđa kaskadno pomeranje postojećih kejskih zidova, zidova obaloutvrde, na dužini koja daje kvalitetne vizure – optimalnu sagledljivost mosta i povoljnu hidrauliku proticaja vode ispod mosta. S obzirom na potrebe grada saobraćajni tokovi su ostali kakvi jesu. Usvojeno idejno rešenje kvalitetno reprezentuje konstrukciju kao celinu i vreme kada je most nastao, no, sa neminovnim ustupcima savremenim životnim tokovima. Ovi ustupci, u ovom primeru, praktično su zanemarljivi.



Sl. 92 – Pogled na centar starog Prizrena (sa Sinan pašinom džamijom, početak XIII veka, i mostom „okovanim" kejskim zidovima)

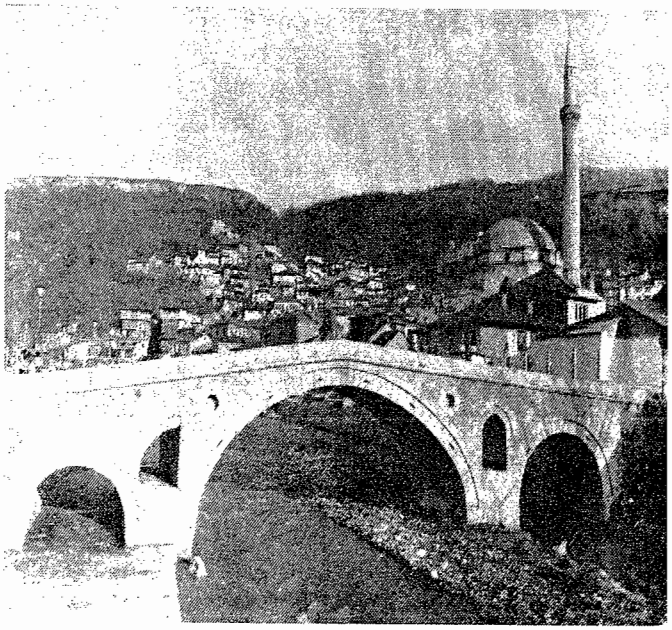


Sl. 93 – Ostaci mosta posle rušilačkog uticaja katastrofalno velike vode (18/19. XI 1979.) – oporac mosta na levoj obali



Sl. 94 – Detalji sa radova na rekonstrukciji





Sl. 95 – Izgled mosta neposredno pred završetak radova na rekonstrukciji (uzvodna strna) i posle završenih radova (nizvodna strana)

Izrada glavnog projekta bila je stvar tehnike i vremena (jer su bile solidne predradnje), sa napomenom, da su zbog prirode i vrste radova mnogi detalji ostavljeni da se reše prilikom građenja, prilikom realizacije projektovane rekonstrukcije. Ovo se posebno odnosi na desni–zatrpani deo mosta, gde je mnoge detalje trebalo rešiti tokom i posle otkopavanja. Glavni projekt je, između ostalog, predviđao: dublje fundiranje rečnog stuba, obuhvatio je sve potrebne statičke analize kao i potrebne količine radova.

Radovi na rekonstrukciji, posle izrade i usvajanja glavnog projekta, započeti su 1. aprila 1982. godine (izvođač radova je započeo sa iskopom temelja oktobra 1981, međutim velike vode Bistrice poplavile su gradilište i prekinule radove). Radovi su se odvijali u svemu prema projektu i usvojenoj dinamici građenja. Vidne površine zidane su polutesanim kamenom u svemu kako su to radili i stari graditelji ali sa upotrebom cementnog maltera (za razliku od starih neimara koji su koristili krečni malter). Ispuna mosta izvedena je od nearmiranog betona. Za delikatnije elemente, kljun rečnog stuba i za ukrasne rozete, na primer, kamen je obrađen prema modelu (u razm. 1:1) i probno montiran (na obali), tako da nije bilo problema prilikom ugrađivanja.

Zidanju svoda odnosno svodova posvećena je posebna pažnja. Kako su radnici izvođača prvi put radili na ovakvim radovima, to im je mali svod bio neka vrsta predradnje, obuke – uigravanja ekipe, za zidanje svoda centralnog otvora. Prilikom izrade skele za glavni svod ista je imala nadvišenje veličine 2,5 cm (rekonstrukcija glavnog svoda bila je prilično složena uglavnom zbog njegove geometrije. Na primer, razlika između uzvodne i nizvodne veličine otvora bila je 0,63 m). Vredno je podvući, da su svi zidarski radovi permanentno kontrolisani a posebno zidanje glavnog svoda (pravilno nanošenje opterećenja na svodnu skelu).

Iskopavanja zatrpanog dela mosta na desnoj obali, tokom radova, neočekivano su ukazala na asimetriju mosta kao celine, na u našim uslovima retko viđenu konstrukciju olakšavajućeg otvora i na znatno manju veličinu zatrpanog otvora (nego što se očekivalo). Ovo je imalo za posledicu određenu korekciju glavnog projekta na delu mosta prema desnoj obali, a posebno, s obzirom na novoprojektovane zidove obaloutvrda obrađene glavnim projektom. Naime, iskopavanjem novostvoreni uslovi imperativno su tražili rekonstrukciju kejskih zidova na dužini od cca 46 m, kako bi most mogao da se sagleda u svoj svojoj veličini i dobili povoljniji proticajni profili za srednje i velike vode reke Bistrice. Naknadno izrađen glavni projekt „Otvaranja mosta" vodio je računa i o malim vodama reke Bistrice, o stvaranju jednog posebnog sadržaja neposredno uz most.

Ostali radovi prilikom rekonstrukcije, kao što su: zidanje čeonih zidova, venaca, ograde i kolovozne konstrukcije, izvedeni su u svemu kako to nalažu proklamovani i u praksi usvojeni principi složene konzervatorske problematike i načela savremene mostogradnje. Ovde je po-

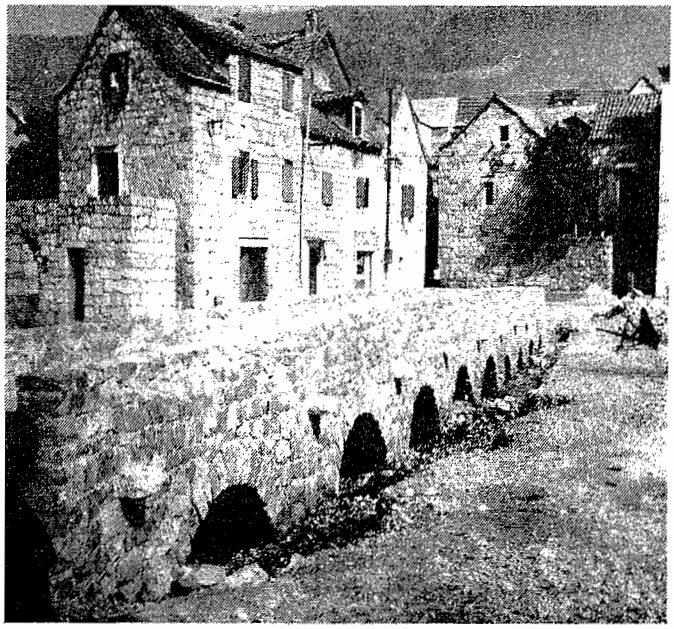
trebno napomenuti, da niveleta mosta od temena glavnog svoda prema desnoj obali nije realizovana u originalnom – starom nagibu. Položaj starog–prvobitnog venca a samim tim i nivelete, na vidnim površinama mosta apostrofiran je slojem pločastog doteranog kamena (u ravni čeonog zida).

Posebno se ističe da su radovi na rekonstrukciji starog mosta u Prizrenu, ukupne dužine 25,1 m, sa tri otvora veličine 4,20+9,88+2,62 m – zahvaljujući izuzetno dobroj saradnji između izvođača radova (kome je ovo bio prvi posao ovakve vrste) i službe Zaštite spomenika kulture odnosno SO Prizren i blagovremeno i kvalitetno obavljenim svim potrebnim predradnjama – ukupno trajali 210 dana – što je u našim jugoslovenskim uslovima i te kako značajno.

Adaptacija čula posmatrača na manje više pravilne linije kontura rekonstruisanog mosta, na novo formirane zidne površine, na površine i volumene bez tragova zuba vremena – tražiće i traže jedan određeni vremenski period prilagođavanja. Veruje se, da će samo kratkotrajno, kod onih koji su navikli na njegov vremenom ruiniran izgled, sadržaj novostvorene materijalne stvarnosti formirati određena perceptivna kolebanja.

5.3. KAŠTEL GOMILICA kod Splita

Kaštel Gomilica u XVII veku bilo je u stvari utvrđeno seosko imanje okruženo morem koje je sa kopnom bilo spojeno kamenim mostom. Ovaj kameni most je na delu do ulazne odbrambene kule imao pokretni deo od drveta. Vremenom morski rukavac je zatrpan a kameni most je porušen. Na osnovu postojećih relevantnih činjenica, pisanih i materijalnih podataka, Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture u Splitu izveo je radove na rekonstrukciji. Most je obnovljen u svemu kako je izgledao pre svoga rušenja. Na priloženoj fotografiji dat je izgled mosta neposredno pred završetak radova na rekonstrukciji.



Sl. 96 – Kaštel Gomilica (kod Splita) – rekonstrukcija starog kamenog mosta koji je u svoje vreme spajao Kaštel sa kopnom. Veza između kamenog mosta i odbrambene kule (u srednjem veku) bila je peko pokretnog drvenog mosta

5.4. ARSLANAGIĆA MOST kod Trebinja

Realizacijom projekta hidroenergetskog iskorišćenja reke Trebišnjice bio je ugrožen između ostalih spomenika kulture i opstanak Arslanagića mosta. Posle dugotrajnih i mukotrpnih razmatranja*) zaključeno je – da građevinu treba premestiti na novo mesto, van akumulacionog bazena i tako je spasiti od potapanja.

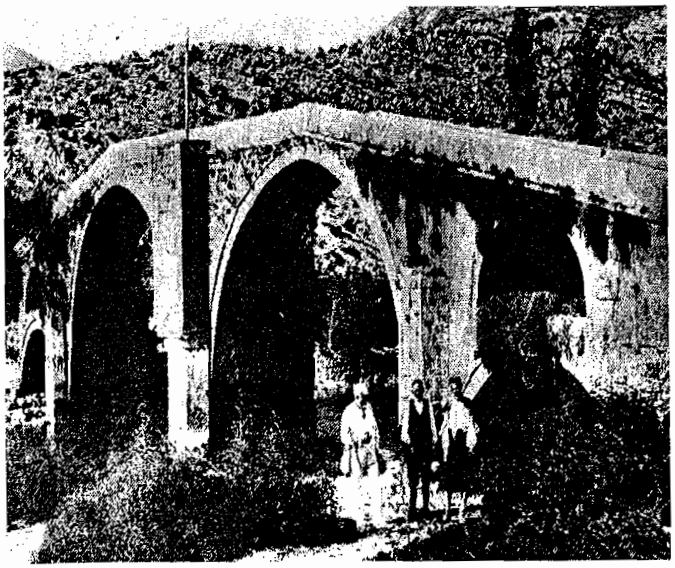
Pre svog izmeštanja most je premošćavao korito reke Trebišnjice na nekih 3,5 km uzvodno od Trebinja, u selu zvanom Arslanagića most. Nalazio se na starom srednjevekovnom putu, koji je iz Dubrovnika i Herceg Novog, preko Trebinja, vodio za severne i istočne delove Balkanskog poluostrva. Izgradnja mosta datira, kako to potvrđuju istorijske činjenice, negde između 1563. i 1575. godine.

Arslanagića most ukupne dužine 92,55 m premošćava korito reke sa četiri otvora različite veličine zasvedena polukružnim svodovima. Na konstrukciji mosta konstatovane su posebne, neuobičajene i jedinstvene karakteristike kako u pogledu konstrukcije tako i po komponenti arhitekture. Po eleganciji oblika njegovih elemenata, odnosno skulpturalnom oblikovanju masa i volumena i kvalitetnoj kompoziciji celine, koja posebno ističe njegovu estetsku sadržajnost, zauzima zavidno mesto na lestvici lepih starih mostova od kamena.

Estetske vrednosti mosta manifestuju se u potpunoj asimetriji masa i oblika, koji su srećno i znalački uklopljeni u asimetričan poprečni profil reke. Perceptivna jasnoća asimetrije, koja se uklapa u odgovarajuće zakone estetike, rezultira iz dominirajućeg dela dispozicije koji je jasan, nedvosmislen i kome su ostali elementi koncepcije podređeni. Osnovni deo dispozicije poseduje primarnu formu, formu matricu, kojoj su podređene sve ostale forme uz neminovan faktor promene ali uz konstantnu proporciju. U suptilno izbalansiranim estetskim kvalitetima Arslanagića mosta objektivno je prisutna i određena originalnost, specifičnost i autentičnost estetskog izraza njegovih ili njegovog graditelja.

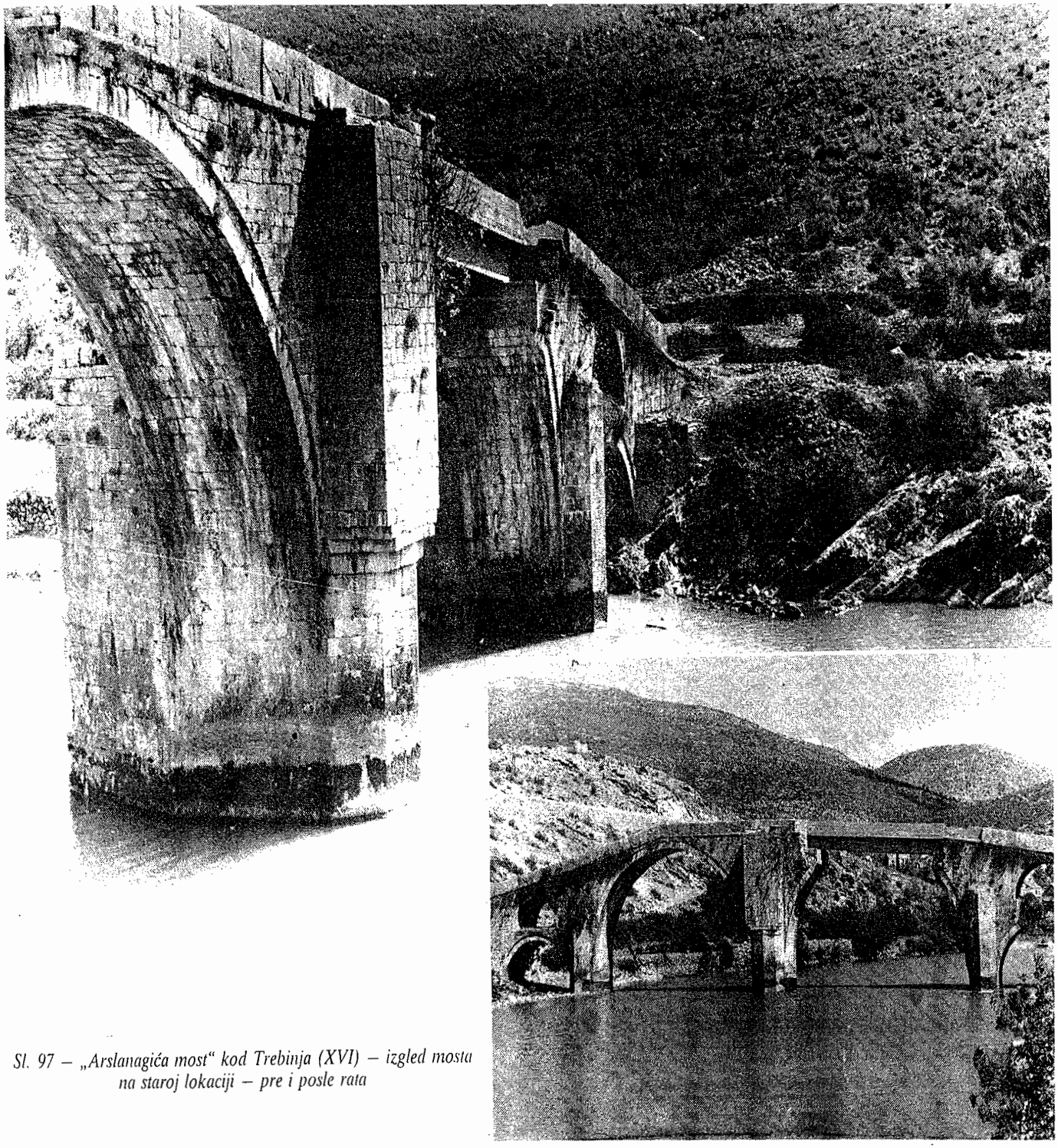
Posle neophodnih priprema radovi na spasavanju mosta počeli su krajem 1966. godine. Posle obeležavanja blo-

*) Aziz Defterdarević, *Pravni aspekti spasavanja starih mostova na Trebišnjici, Žepi i Drini,* Naše Starine XII, Sarajevo, 1969.

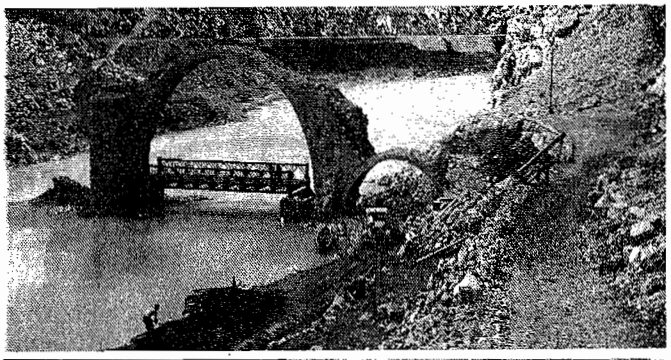


kova kamena koji pripadaju vidnim površinama mosta, sama demontaža je sprovedena tako, što je svaki blok kamena kao posebna konstrukcijska jedinica bio demontiran i transportovan do mesta lagerovanja, do deponije, koja se nalazila u neposrednoj blizini buduće – nove lokacije mosta. Demontirani materijal bio je lagerovan isključivo po površini.

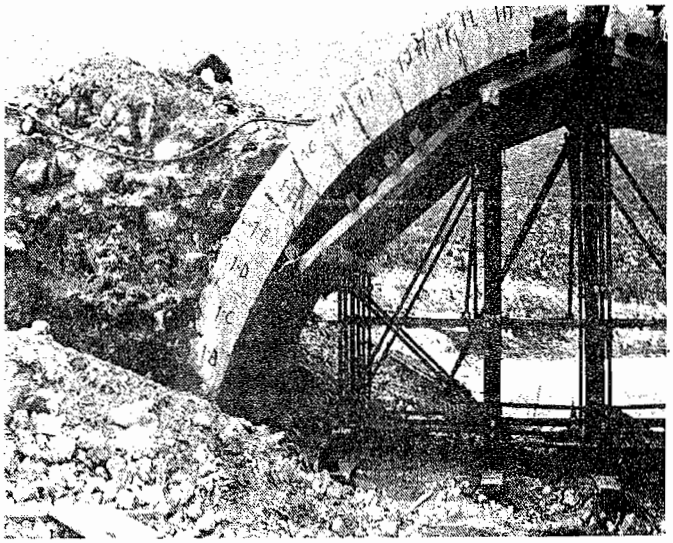
Posebnu problematiku prilikom rekonstrukcije predstavljao je izbor nove lokacije, izbor novog poprečnog profila prepreke, preko kojeg treba postaviti most. Optimalna prostorna integracija mosta, uz neophodno vođenje računa o njegovim estetskim vrednostima kao celine i uklapanju u jedan nov ambijent nađena je na istoj reci, nešto nizvodnije – u samom Trebinju. Ovde je mostu nađena i određena funkcionalnost, jednostavne a samim tim i ekonomične mogućnosti fundiranja a povoljna konfigura-

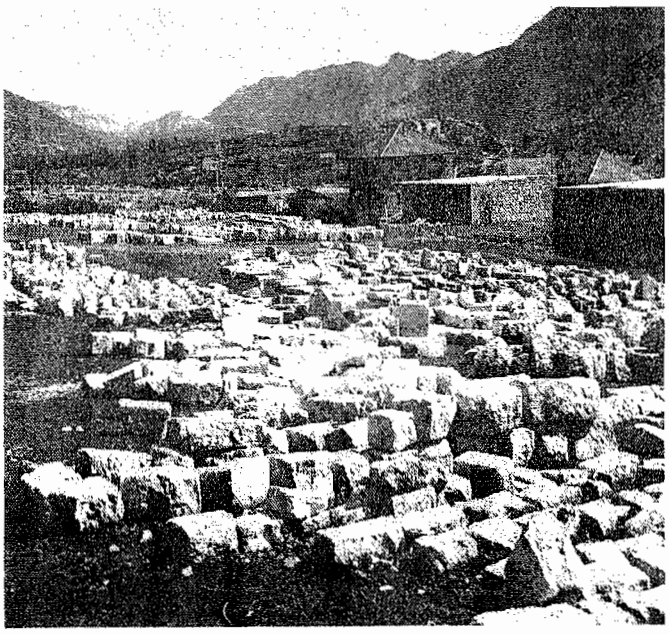


Sl. 97 – „Arslanagića most" kod Trebinja (XVI) – izgled mosta na staroj lokaciji – pre i posle rata

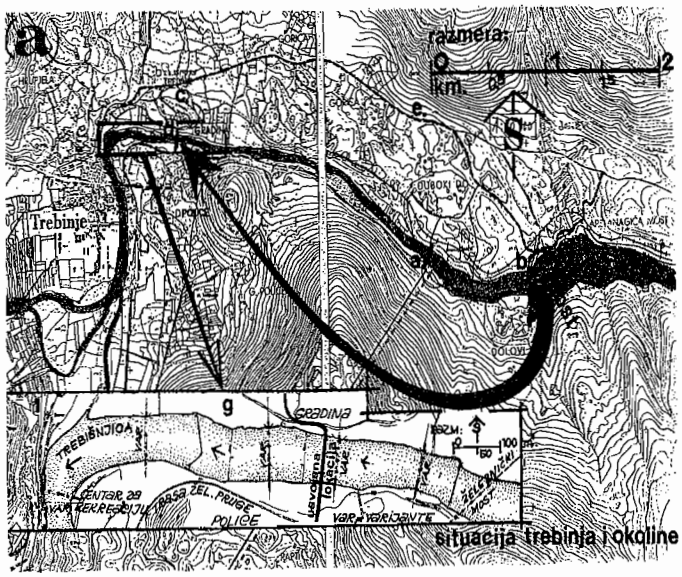




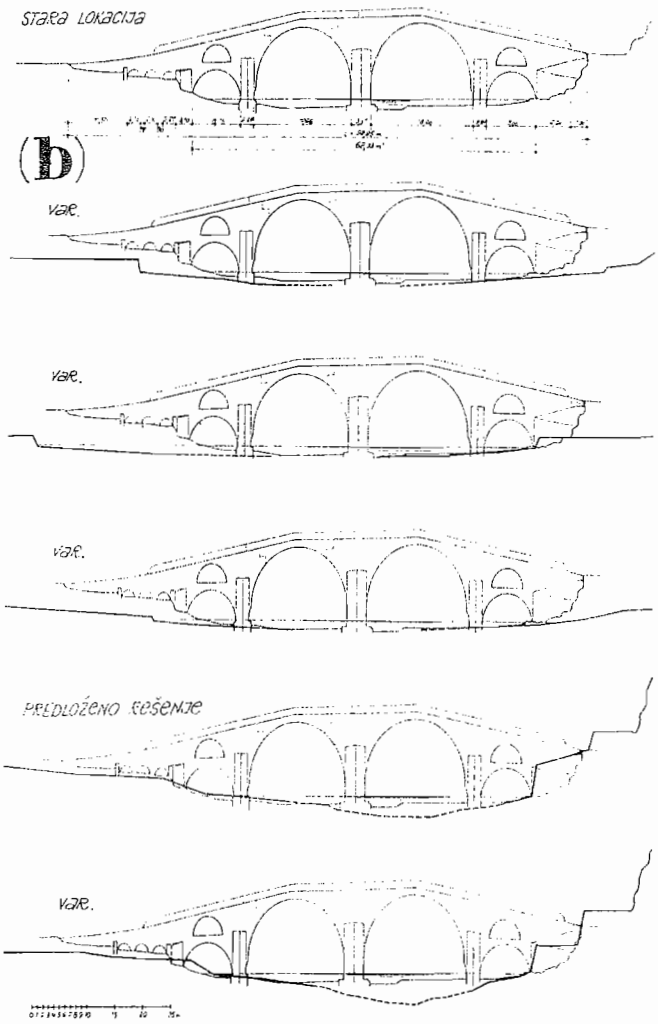


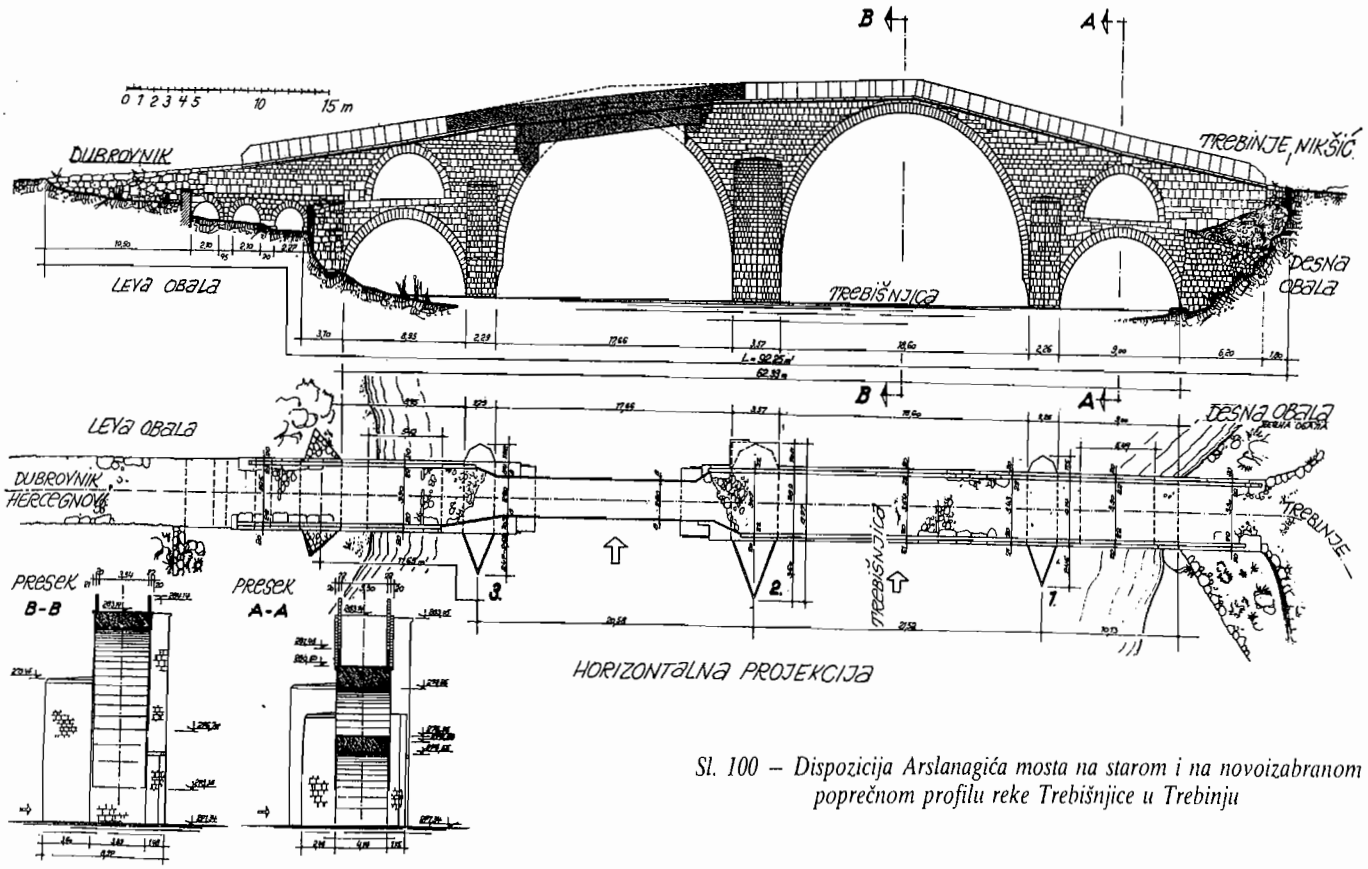


Sl. 98 – Detalji sa radova na demontiranju mosta i izgled deponije demontiranih tesanika

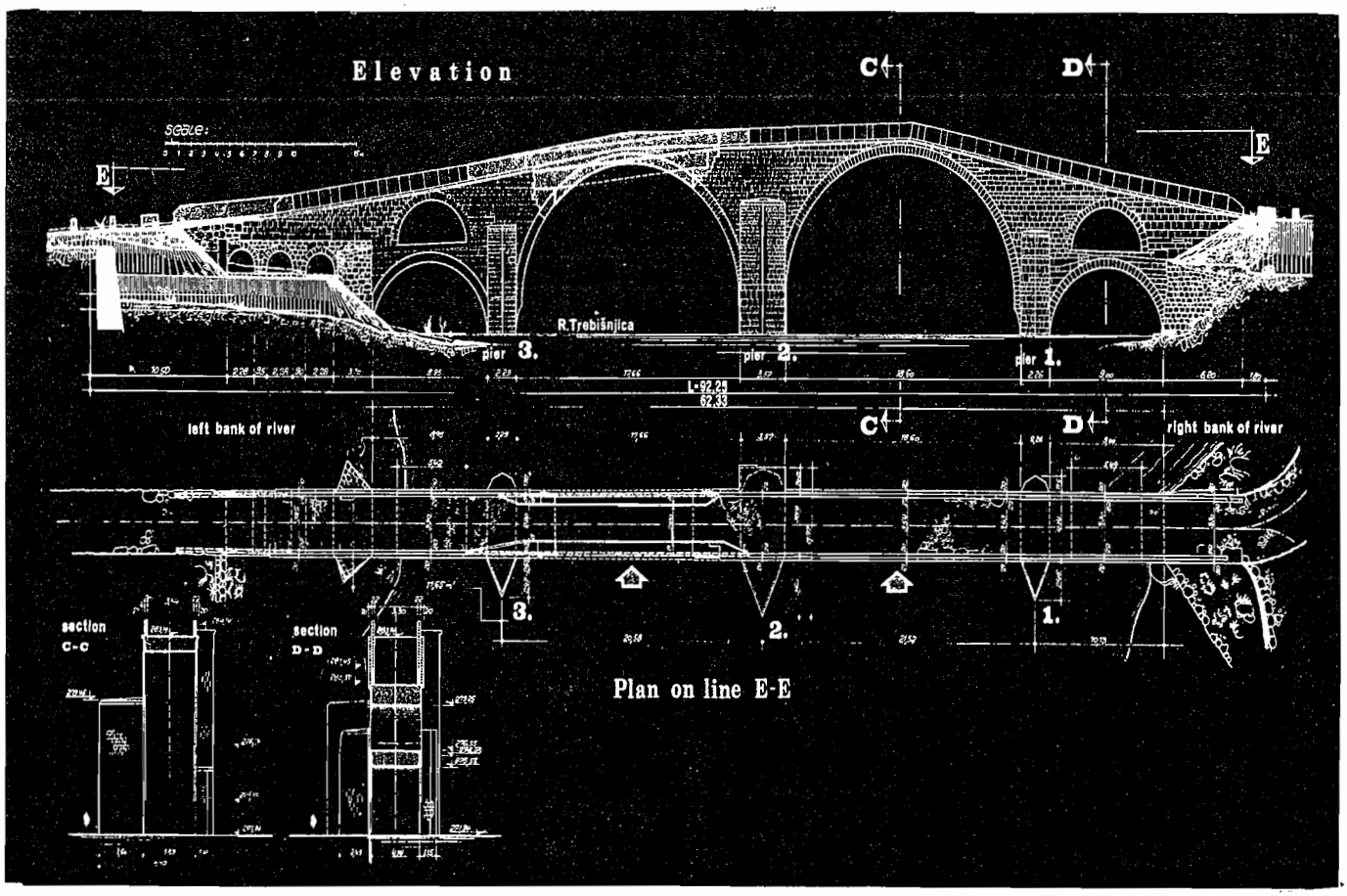


Sl. 99 – Traženje pogodnog profila za dislokaciju mosta i dispozicija objekta na usvojenom poprečnom profilu Trebišnjice (u Trebinju): (a) Situacija Trebinja i njegove okoline – a) brana „Gorica"; b) stara–prvobitna lokacija mosta; c) deponija demontiranog kamena; d) novousvojena lokacija mosta; e) put Trebinje–selo Arslanagića most; f) akumulacija „Gorica"; i g) zona mogućih lokacija za izmeštanje mosta; (b) novi poprečni profili sa ucrtanom siluetom mosta



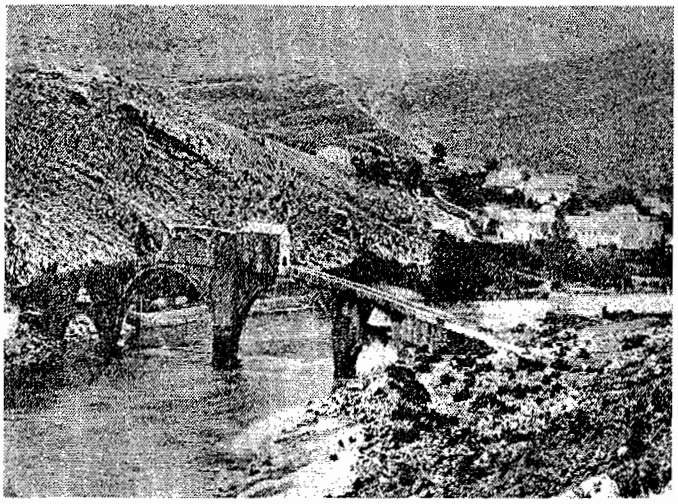


Sl. 100 – Dispozicija Arslanagića mosta na starom i na novoizabranom poprečnom profilu reke Trebišnjice u Trebinju

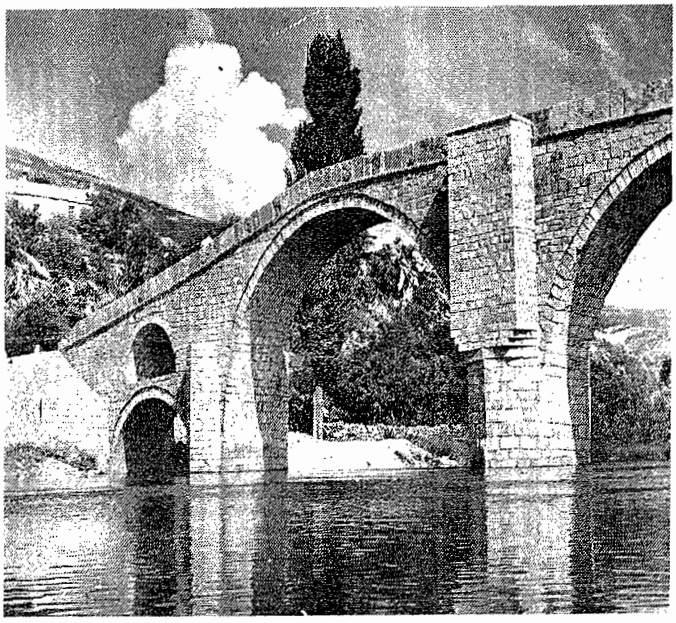


cija obala omogućila je kvalitetno uklapanje ortogonalne projekcije u izabrani profil. Osim prednjeg, izborom usvojene lokacije stvorene su povoljne mogućnosti za specifičnu urbanizaciju dela grada oko mosta.

Prilikom rekonstrukcije usvojen je princip da sve vidne površine budu izvedene adekvatno primarnoj – demontiranoj konstrukciji a srušeni deo mosta, koji je na staroj lokaciji bio zamenjen armiranobetonskom konstrukcijom, trebalo je rekonstruisati u svemu kako je izgledao i pre rušenja. Sve ostale konstrukcijske elemente, a koji su skriveni od oka posmatrača, trebalo je izvesti u svemu kako se to radi u savremenoj mostogradnji. Na osnovu

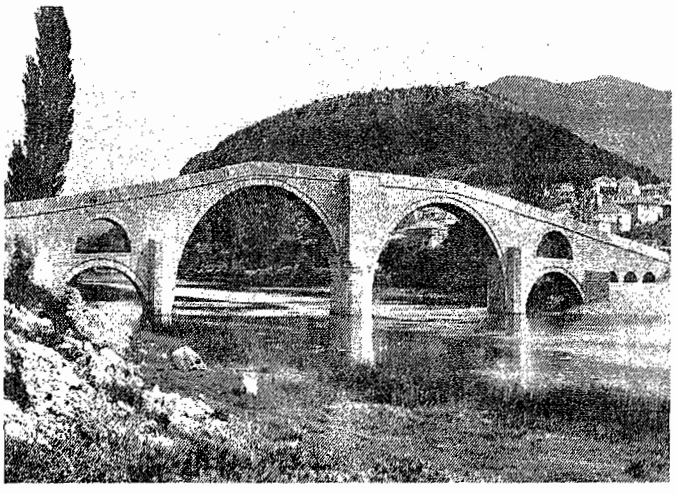


a

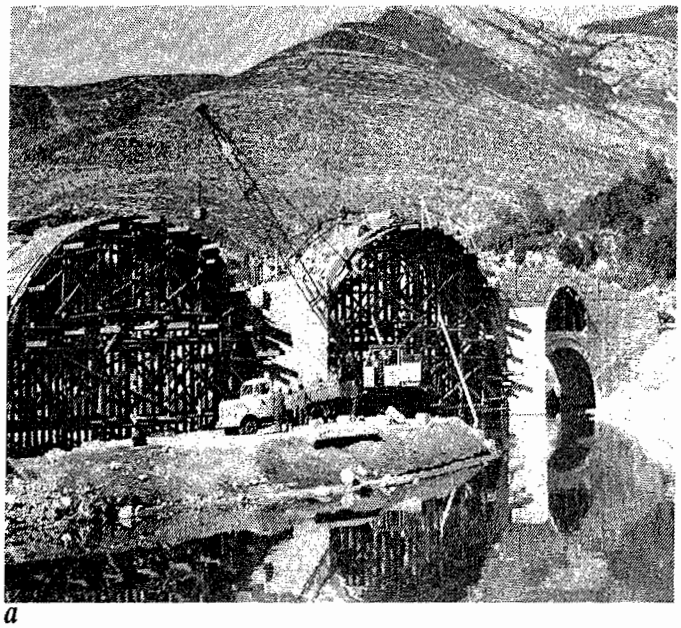


b

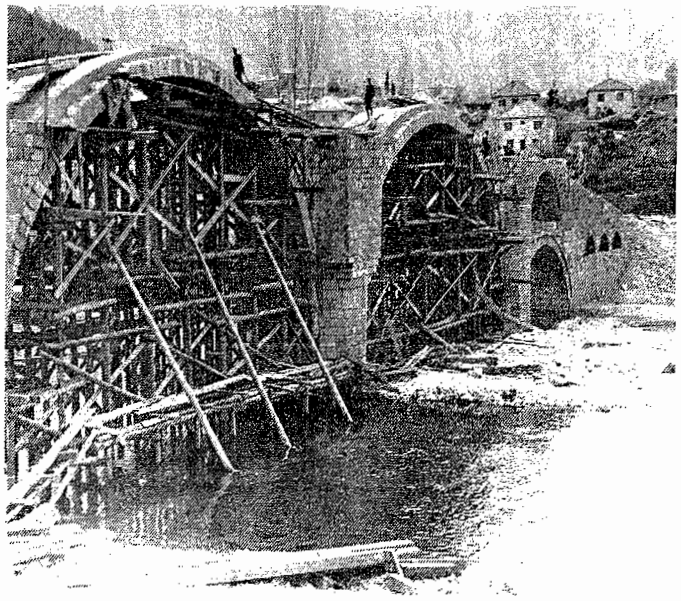
c



Sl. 101 – „Arslanagića most" (XVI): (a) jedna od najstarijih fotografija sa stražarskom kućicom (karaulom) iznad glavnog rečnog stuba; (b) i (c) izgledi mosta posle rekonstrukcije na novoj lokaciji (u Trebinju) – izvedene 1967/68. godine

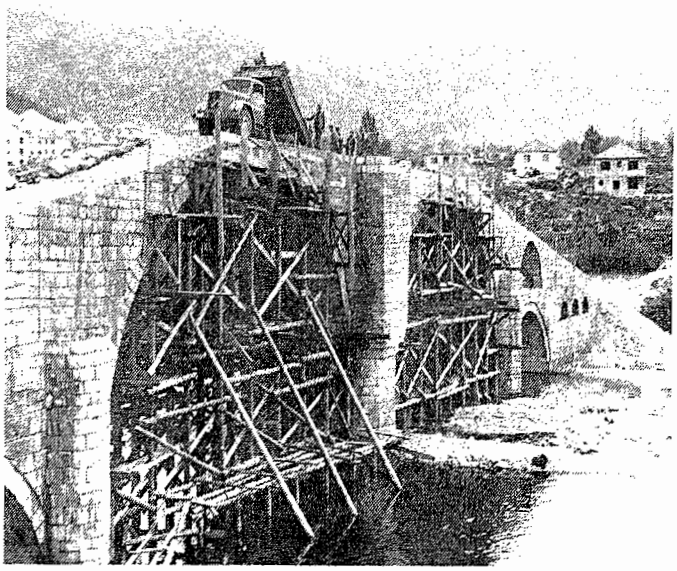


a

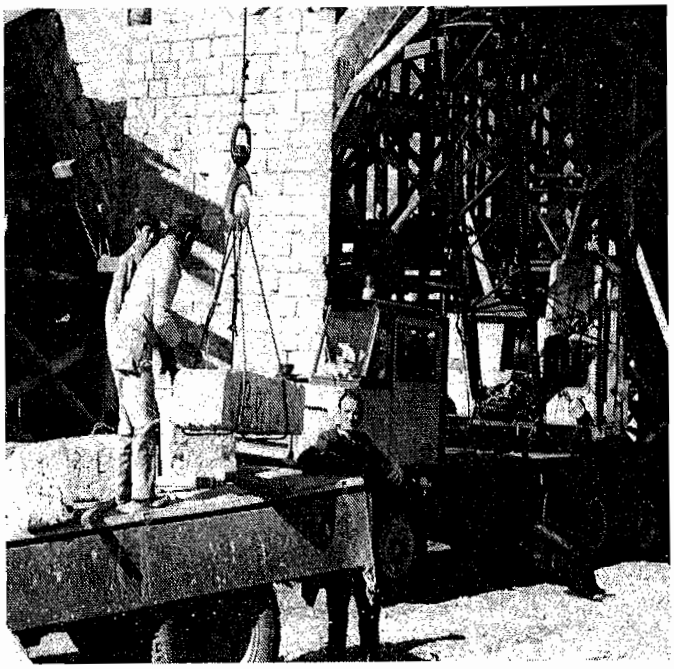


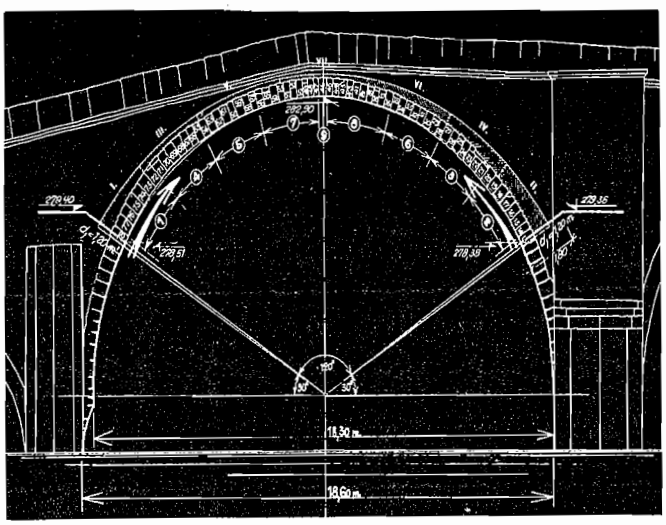
b

c



Sl. 102 – Detalji sa gradilišta za vreme radova na rekonstrukciji: a) pogled na most sa uzvodne strane pre početka zidanja svodova; b) ozidani svodovi; c) završavanje ispune; i d) ugrađivanje tesanika uz pomoć autodizalice





Sl. 103 – Detalj velikog svoda sa redosledom ugrađivanja kampada

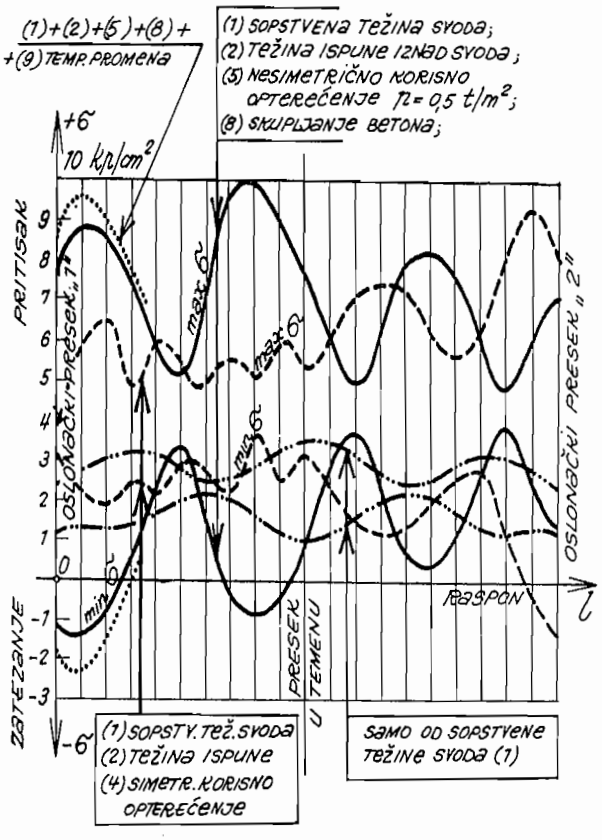
prednjeg, glavni projekat je tražio da sve vidne površine mosta budu ozidane od demontiranog kamena uz upotrebu cementnog maltera a da ispuna bude od nearmiranog betona.

Radovi na rekonstrukciji Arslanagića mosta počeli su marta meseca 1970. godine. Iskop temelja izveden je u dve faze izradom zagata od nasutog materijala. Sve temeljne stope fundirane su na steni i izvedene su od armiranog betona u svemu kako se to radi u savremenoj mostogradnji. Kote gornjih površina temelja postavljene su dovoljno duboko ispod nivoa male vode. Zidanje vidnih površina mosta sa demontiranim kamenom, koji je nekoliko godina ležao na deponiji, izvedeno je u svemu prema stavovima i načelima konzervatorske prakse i primenu savremenih principa za zidanje tesanim kamenom. Koristeći ranije postavljene oznake na blokovima kamena, fotogrametrijski snimak i veliki broj fotosa sa stare lokacije mosta i uz permanentne kontrole zidarski radovi su se odvijali bez teškoća. Pre početka radova na zidanju a isto tako i tokom zidanja, posebno kod zidanja svodova, vršena su sva potrebna laboratorijska ispitivanja. Rezultati ovih ispitivanja kretali su se u zadovoljavajućim granicama. Tokom zidanja vidnih površina mosta i zidanja svodova sprovedena je sistematska kontrola visinskih kota.

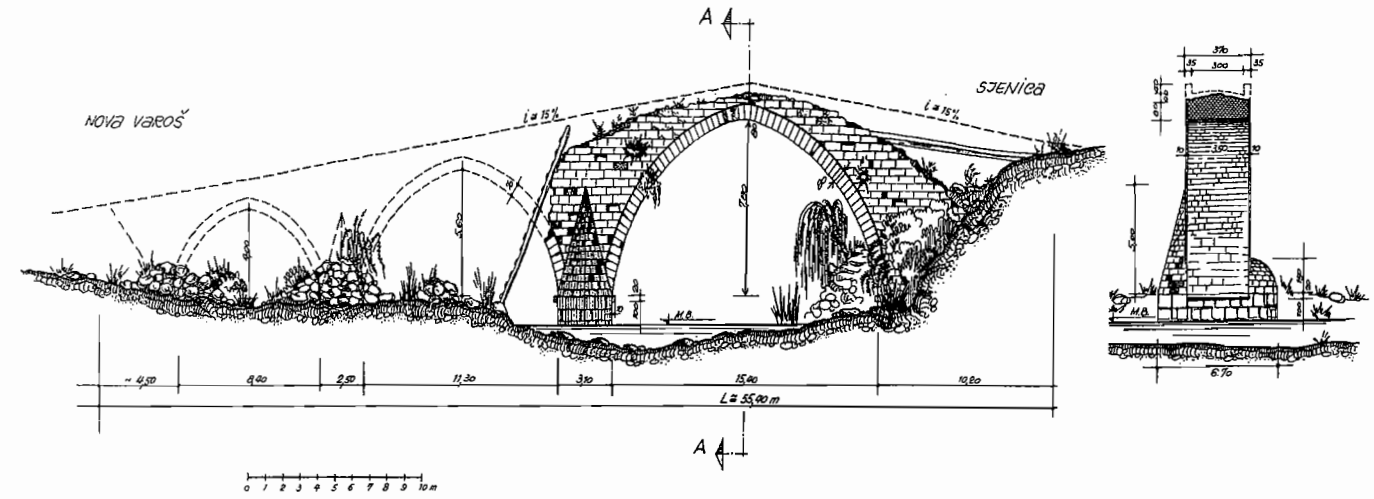
Paralelno sa izvođenjem radova na zidanju vidnih površina izvođeno je i ugrađivanje nearmiranog betona u ispunu mosta a prema unapred usvojenoj shemi napredovanja radova. Sa posebnom pažnjom izvedeni su radovi na zidanju velikih svodova, gde se tražila sigurna realizacija linije intradosa i njena potpuna adekvatnost izvornom obliku. Uspešno zidanje svodova okončano je polovinom novembra 1971. Sve sprovedene kontrole posle popuštanja svodnih skela potvrdile su da realizovana linija intradosa ima zadovoljavajući oblik. Kod daljeg napredovanja radova stalno je vođeno računa da konstrukcije svodova ravnomerno, simetrično i postepeno primaju novo stalno opterećenje.

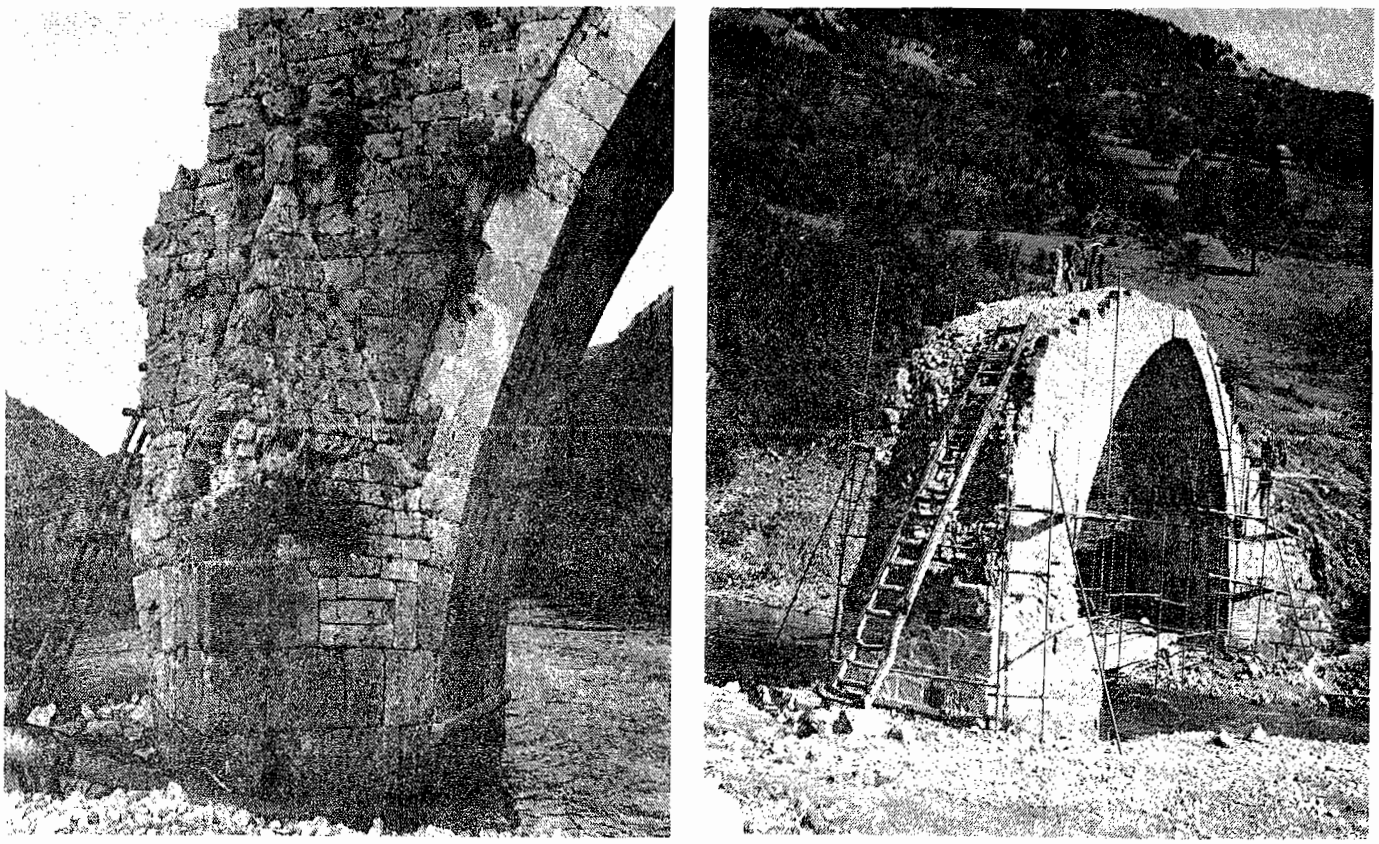
Ograda, venac i kolovozna konstrukcija na mostu izvedeni su, sa nekim manjim izmenama, u svemu isto kako su to radili i stari graditelji. Kod rešenja uklapanja siluete mosta postavio se i problem neznatnog produženja ograde iz razloga bezbednosti saobraćaja. Ovo produženje ograde je bez uticaja na arhitekturu mosta kao celine.

Sredinom 1972. godine radovi na rekonstrukciji Arslanagića mosta bili su privedeni svom uspešnom završetku, kako zaključuje meritorna komisija u svom konačnom izveštaju. Savremene metode građenja primenjene su tamo gde se to nije kosilo sa ustaljenim principima konzervacije

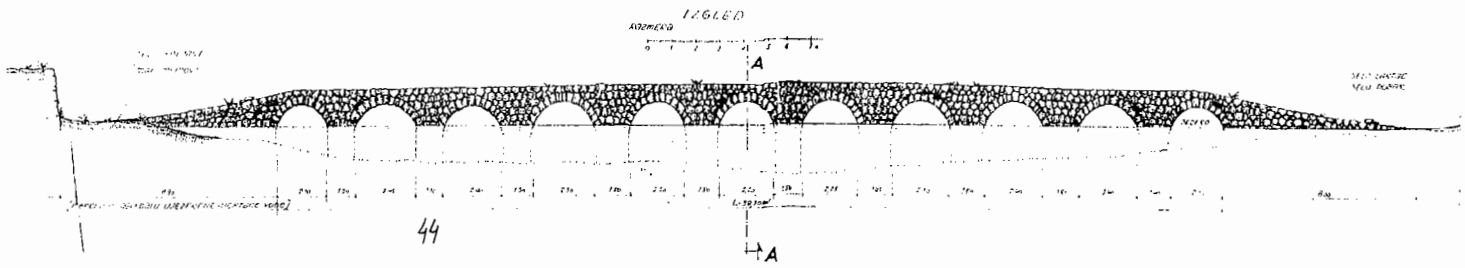


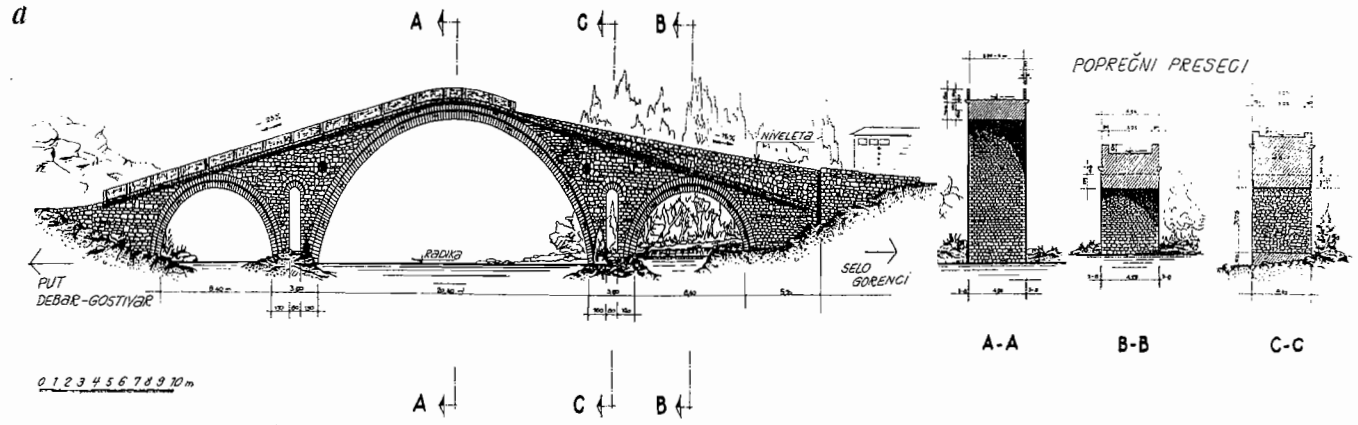
Sl. 104 – Naponska slika za različite-moguće slučajeve opterećenja svoda

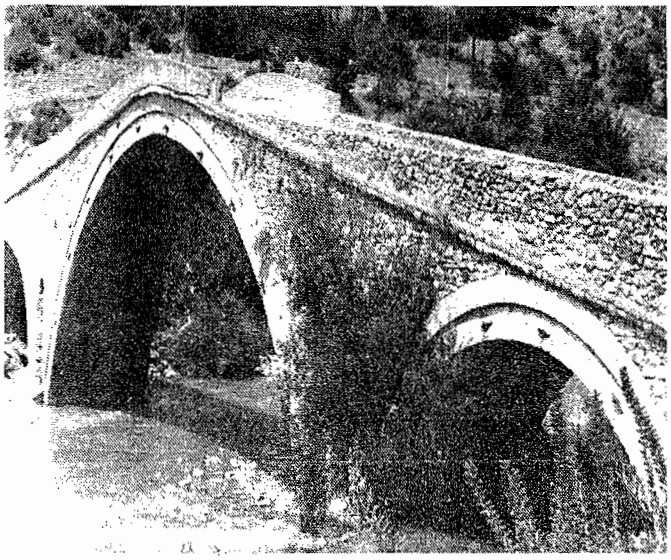


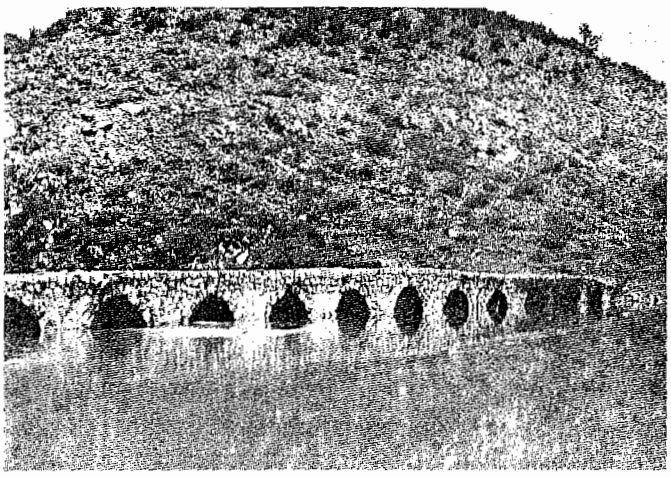


Sl. 105 – Potopljeni ostaci starog kamenog mosta u selu Žvale (kod Nove Varoši) – na fotografiji, detalji sa radova na pripremi mosta za potapanje

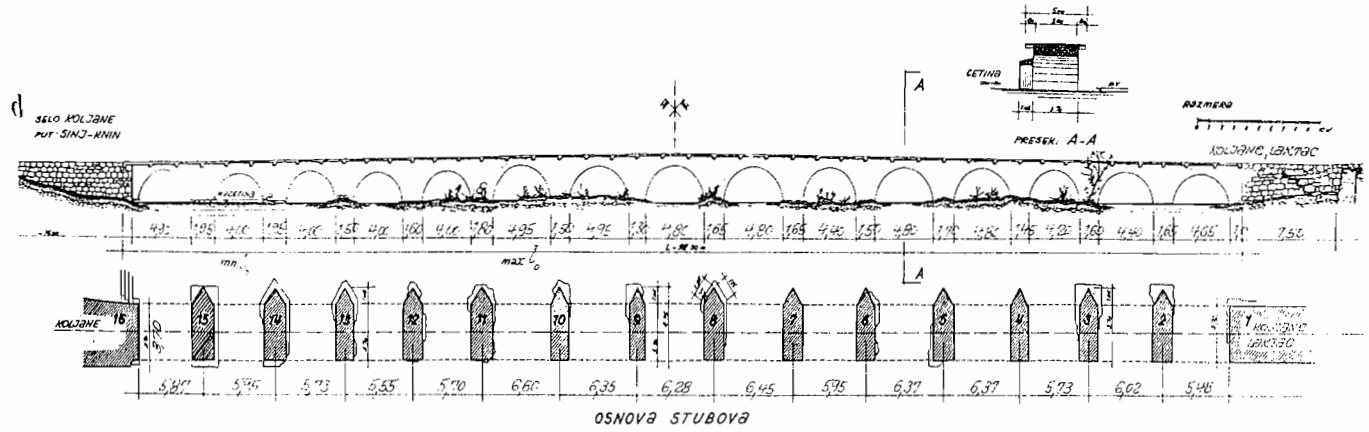


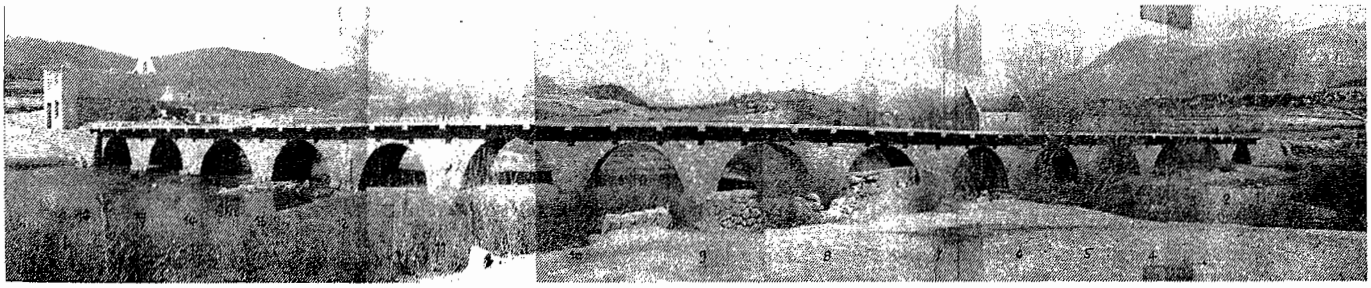






Sl. 106 – Potopljeni mostovi: (a) Goreničkа ćuprija preko Radike kod Debra; (b) Vukovića most preko Cetine u selu Koljanima; (c) most kod manastira Dragović (dolina Cetine)





rekonstrukcije. Sve radnje i radovi vezani za prenošenje i rekonstrukciju mosta izvedeni su sa puno pažnje i odgovornosti kako bi sva svojstva i karakteristike građevine ostala neokrnjena. Novo stvorene estetske vrednosti mosta direktno su zavisne i naglašene i njegovim novo stvorenim mimoestetskim kvalitetima, koji se manifestuju u njegovoj prakičnosti, funkciji u javnom saobraćaju Trebinja kao i posebno stvorenih mogućnosti za dalju nadgradnju ovog lepog grada.

* * *

O dislokaciji starih kamenih mostova u našoj javnosti bilo je dosta reči. Vodeći primeri iz jugoslovenske prakse Zaštite su – Arslanagića most i most na Žepi. Postavlja se umesno pitanje da li uvek i po svaku cenu treba jedan kulturno isptorijski somenik utilitarnog karaktera – most – spasavati i premeštati na novu lokaicju, pa bilo da je on ugrožen potapanjem ili kakvim drugim uticajem? Šta se jednim ovakvim činom dobija a šta gubi sa aspekta Zaštite?

Dislokacijom jednog mosta, na primer, čuva se njegova arhitektura i konstrukcija, to veliko i značajno umeće drevnih graditelja ali se nepovratno gubi ambijent i sredina gde je objekat nastao i stasao. A to nije bez značaja. Na koncept premošćavanja jedne prepreke, kako ranije tako i danas, znatan uticaj ima ambijent, sredina, odnosno konfiguracija obala i karakteristike neposredne okoline. Tome treba dodati i uslove fundiranja koji su takođe od značaja. Prema tome, arhitektura i konstrukcija nisu samo plod želje za uspešnim prelazom preko reke već umnogome rezultiraju i iz sveukupnih uslova profila koji treba premostiti odnosno karakteristika ambijenta gde se most gradi. A to se sve prenošenjem mosta na novu lokaciju gubi. Studiozna i visokokvalitetna analiza obavezno treba da prati svaki ovakav poduhvat i da se samo preko nje i na osnovu njenih rezultata i zaključaka sagleda ispravnost i opravdanost jednog ovakvog rešenja – kako sa aspekta kvaliteta Zaštite tako i ekonomije. Ne treba sve i svašta prenositi – a toga ima.

* * *

Na primer, ***ostaci starog kamenog mosta preko reke Uvac,*** u selu Žvale (kod Nove Varoši), između sela Ursule i Radijevići, potopljeni su akumulacijom limskih hidroelektrana (HE Sjenica) – 1978. godine. Pre potapanja izvršeno je potrebno snimanje mosta, izrađena je i sređena tehnička dokumentacija, derutni ostaci mosta su prezidani i sva oštećenja su na adekvatan način sanirana. Tako snimljen i saniran most je zatim potopljen. Inače, pre rušenja, bila je to lepa i skladna asimetrična mostovska konstrukcija sa tri otvora – iz perioda delanja i uticaja turske mostogradnje u ovim krajevima. Po svoj prilici sagrađen je negde u XVI veku. S obzirom na sveukupne okolnosti kao i stanja mosta pre potapanja ovo je bio, po svoj prilici – jedini način zaštite mosta u novonastalim uslovima.

„Gorenička ćuprija", preko reke Radike kod Debra, takođe pripada grupaciji lepših starih mostova u nas. Izgradnjom hidroelektrane dalje postojanje mosta bilo je ugroženo i njegovo spasavanje izvedeno je tako – što je most demontiran, demontirani materijal je deponovan i čeka neko sretnije vreme da bude ugrađen prilikom rekonstrukcije mosta na nekom pogodnom lokalitetu.

„Vukovića most" preko reke Cetine u selu Koljanima prema svojim karakteristikama ali i nekim pisanim dokumentima građen je u XVIII veku, vremenu kada su Turci bili u ovim krajevima. U posleratnom periodu most je proširen armiranim betonom i na njemu su izvedeni obimni sanacioni radovi. Most je potopljen izgradnjom HE Peruća, 1960. godine.

Most u sklopu manastira Dragović (koji se pominje u istorijskim spisima XVII veka) služio je manastiru i manastirskoj bratiji. Po svojim odlikama most se može datovati sa XVIII vekom. I ovaj most je potopljen akumulacijom HE Peruća, 1960. godine.

Autoru ovih redova nije poznato dali su pre potapanja mostova u dolini Cetine izvršena određena istraživanja. No, ukoliko nisu – ova dva mosta su praktično izgubljena za istoriju mostova i graditeljsku baštinu ove vrste. A to je nedopustivo. Potapanje jednog starog mosta nije posebno „grešan" čin, posebno u primerima kada se radi o građevini koja nema odgovarajuće vrednosti. Međutim, nije na mestu most potopiti a pre toga ne preduzeti mere da se o njemu sazna sve potrebno, ne istraže sve njegove vrednosti pa ma kakvog intenziteta i karaktera one bile. Kao zaključak – pre donošenja odluke o potapanju i samog čina potapanja moraju da prethode svestrane analize od strane za tu vrstu poslova meritornih lica.

– Milan Gojković, *Arslanagića most kod Trebinja,* Zbornik zaštite spomenika kulture, XIV, Beograd 1963, 21–38.

– Milan Gojković, *Arslanagića most – spasavanje i rekonstrukcija,* Zbornik zaštite spomenika kulture, XXII/XXIII, Beograd 1972–1973, 71–88.

– Milan Gojković, *Spasavanje i rekonstrukcija Arslanagića mosta,* Simpozijum – Greške, sanacije i iskustva u investiranju, projektovanju, građenju i eksploataciji građevinskih objekata, Cavtat 1976, M2.

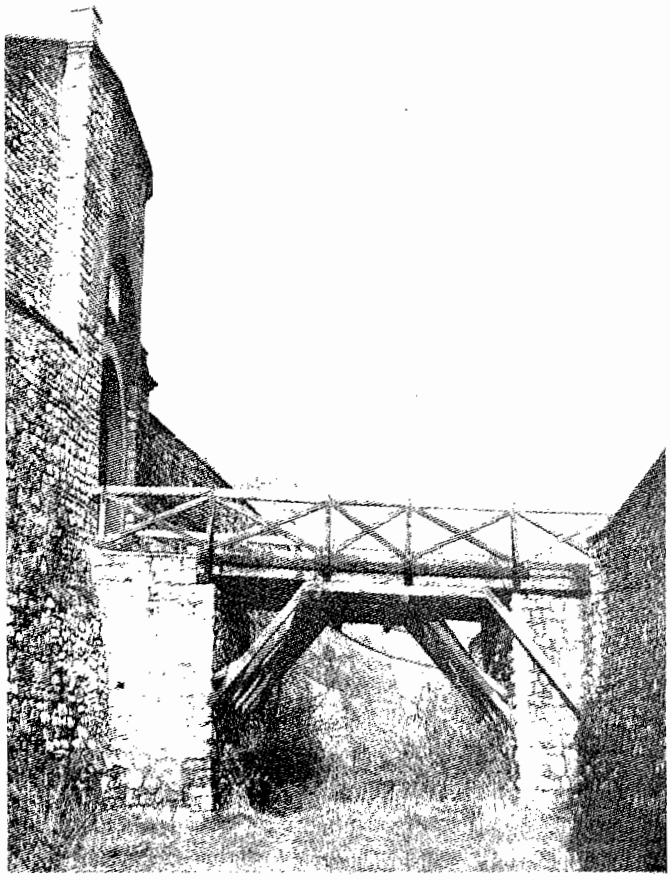
– Grupa autora, *Arslanagića most* – Trebinje, Trebinje 1972. (posebna publikacija povodom prenošenja mosta 1970–1972. godine).

– Dž. Čelić i M. Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini,* Sarajevo 1969.

5.5. DRVENI MOST NA ULAZU U SKOPSKO KALE

Prilikom radova na sanaciji i revitalizaciji skopske srednjevekovne tvrđave – Skopsko kale – otkopan je gradski rov ispred ulaza u stari grad, pred turskom kapijom. Projektnim zadatkom traženo je – da se na osnovu dimenzija gradskog rova i na osnovu neznatnih ostataka neke ranije konstrukcije mosta izradi projekt rekonstrukcije starog mosta (sredinom 1968. godine).

Problematika rekonstrukcije mosta bila je posve jednostavna jer je postojao veliki broj autentičnih podataka koji su usmeravali projektovanje optimalnom rešenju. Nije bilo dvoumljenja u izboru materijala jer su nađeni ostaci konstrukcijskih elemenata ranijeg mosta od drveta kao i otvori u zidovima koji su inicirali geometriju objekta odnosno rešenja pojedinih detalja. Na osnovu prednjeg usvojeno je drvo kao materijal, i to tesana hrastova građa, što su redovno koristili stari graditelji mostova u ovakvim primerima.



Sl. 107 – Drveni most ispred severoistočne kapije skopskog Kalea, Gornjeg grada – izgled posle rekonstrukcije izvedene 1970. godine

Korisnu širinu mosta diktirala je širina ulazne Kapije uz koju je neposredno lociran most (korisna širina je 3,90 m). Postojeći otvori u zidnim platnima, njihov oblik, dimenzije i raspored uslovili su dispoziciono rešenje – sistema dvojno podupiralo. Vredno je podvući, da je ovaj sistem bio poznat starim graditeljima i rado su ga koristili i primenjivali u svrsishodnim situacijama. Usvojene geometrijske nepravilnosti u projektu (u odnosu na savremeni način projektovanja i građenja) rezultirale su iz ostataka obalnih stubova mosta, rasporeda otvora u zidnim platnima (u koje se oslanjaju pojedini elementi) i kota kolovozne površine. Ove činjenice uticale su na raspored glavnih nosača (mosnica) u osnovi, odnose i položaje ravni kosnika, i na ostale elemente usvojenog projekta rekonstrukcije.

Radovi na rekonstrukciji mosta izvedeni su u toku 1968. godine.

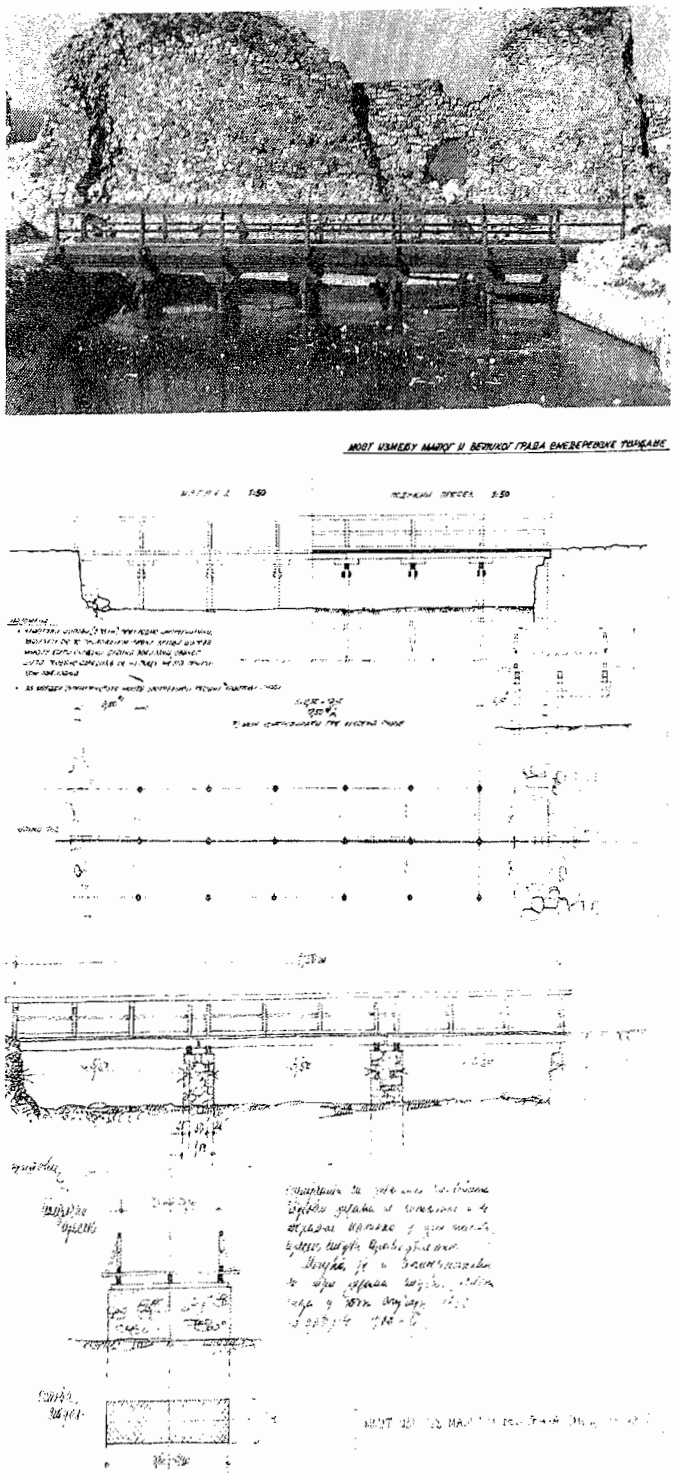
Kao što se iz svega napred izloženog vidi, nije bilo mnogo lutanja prilikom projektovanja. Veliki broj autentičnih podataka, delimični a istovremeno pouzdani ostaci ranije konstrukcije mosta i kvalitetno poznavanje stvaralaštva starih neimara u ovoj oblasti građevinarstva – usmerili su rešenje dispozicije mosta koje se, vrlo verovatno, ne razlikuje od prvobitne konstrukcije mosta.

5.6. REKONSTRUKCIJA MOSTA U SKLOPU SMEDEREVSKE TVRĐAVE

Arheološka odkopavanja i istraživanja Smederevske tvrđave konstatovala su jedno ranije postojanje mosta preko gradskog rova, između Malog i Velikog grada. Tehnologija daljeg istraživanja i revitalizacija ovog jedinstvenog spomenika kulture u nas imperativno su tražili rekonstrukciju ovog srednjevekovnog mosta.

Od polaznih podataka prilikom izrade projekta rekonstrukcije raspolagalo se sa: kotom i dimenzijama praga ulazne kapije u Mali grad i ostacima drvenih šipova u gradskom rovu koji je trebalo premostiti. Ostaci drvenih šipova i njihov raspored (u osnovi) nedvosmisleno su ukazivali da je na ovome profilu postojala drvena konstrukcija mosta, drveni most. Postojanje mosta na ovome profilu potvrđuje i jedna stara gravira, no ona daje samo grubu lokaciju – bez iniciranja ma kakvih detalja.

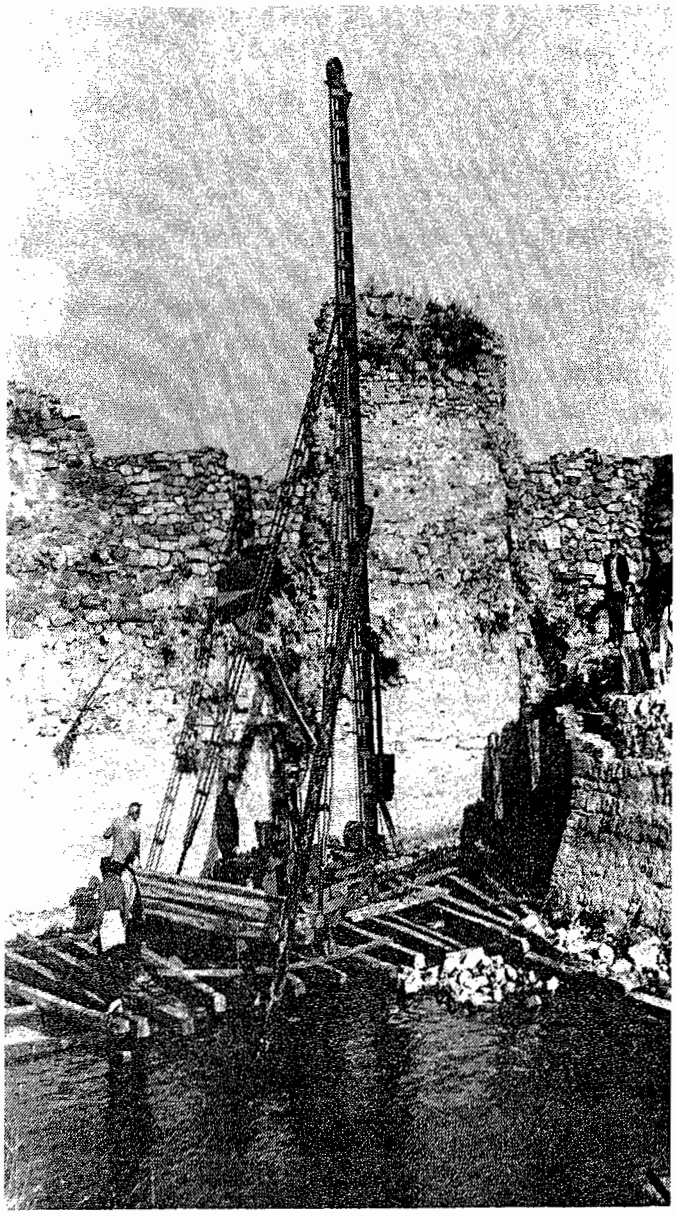
Podužnu osu i širinu mosta nije bilo teško odrediti jer se raspolagalo sa dovoljno sigurnih elemenata. Prilikom izbora koncepta premošćavanja odnosno izbora mogućeg dispozicionog rešenja razmatrane su tri moguće varijante. Posle detaljne analize usvojeno je rešenje sa rasponima koje su diktirali ostaci stubova mosta. Naime, usvojena je drvena konstrukcija sa otvorima adekvatnim po veličini



Sl. 108 – Izgled drvenog mosta između Malog i Velikog grada Smederevske tvrđave – rekonstrukcija

srednjevekovnom rešenju (sa rasponima grednih nosača vel. 2.50m). Dispoziciju usvojenog rešenja čine proste grede na sedlima, koje se preko grede poklapače oslanjaju na stubove od drveta, na drvene jarmove, – što u svemu odgovara stvaranju starih graditelja mostova. I u ovom primeru, za izradu mosta predviđena je tesana hrastova građa.

Dimenzije pojedinih elemenata mosta više su rezultirale iz konstrukcijsko estetskih razloga nego što je to tražio statički proračun. Inače, usvojene dimenzije pojedinih preseka proverene su i na savremeno, današnje – moguće saobraćajno opterećenje.

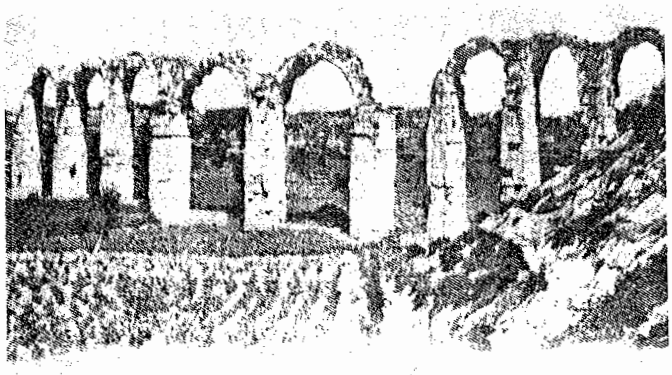


Sl. 109 – Detalj sa izvođenja radova na zabijanju šipova

Posle izrade i usvajanja idejnog rešenja usledila je izrada glavnog projekta, što je praktično bio rutinski posao. Rekonstrukcija mosta izvedena je tokom građevinske sezone 1976. godine.

5.7. AKVADUKT „MOSTINE“ na splitskom vodovodu

Osnove današnjeg splitskog vodovoda, sagrađenog za potrebe Dioklecijanove palate u Splitu – krajem III veka odnosno tačnije rečeno u vremenu od 284. do 305. godine, postavilo je rimsko građevinarstvo. Ovo grandiozno inženjersko delo sa evidentnim popravkama i dogradnjama Split i danas koristi za snabdevanje pijaćom vodom. Vodo-

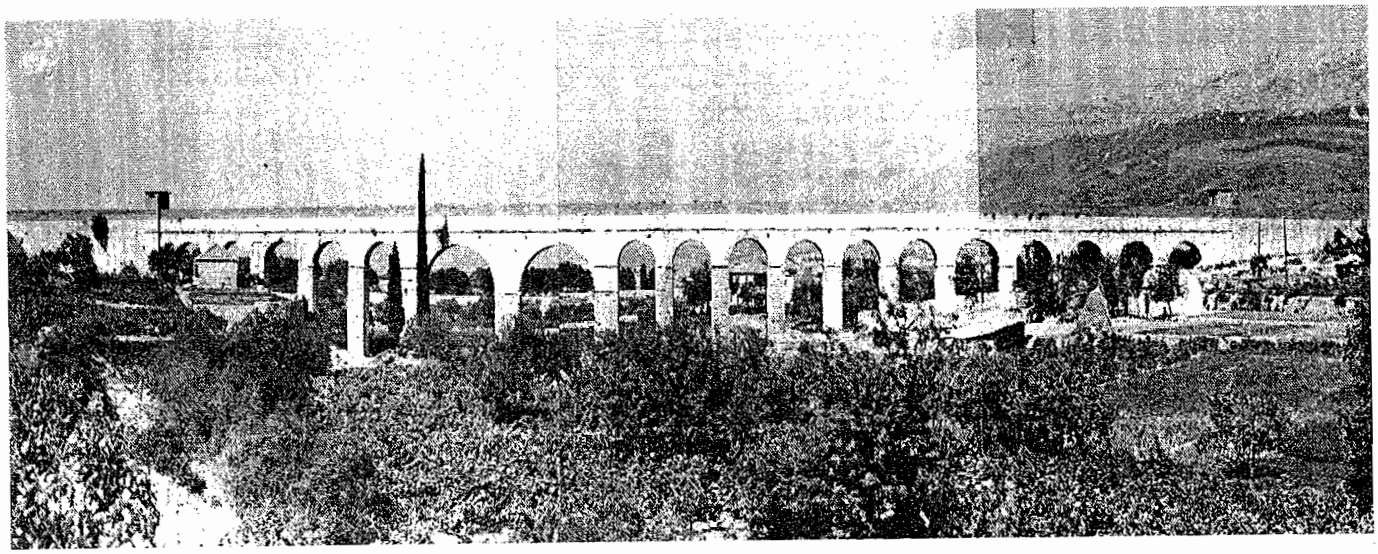


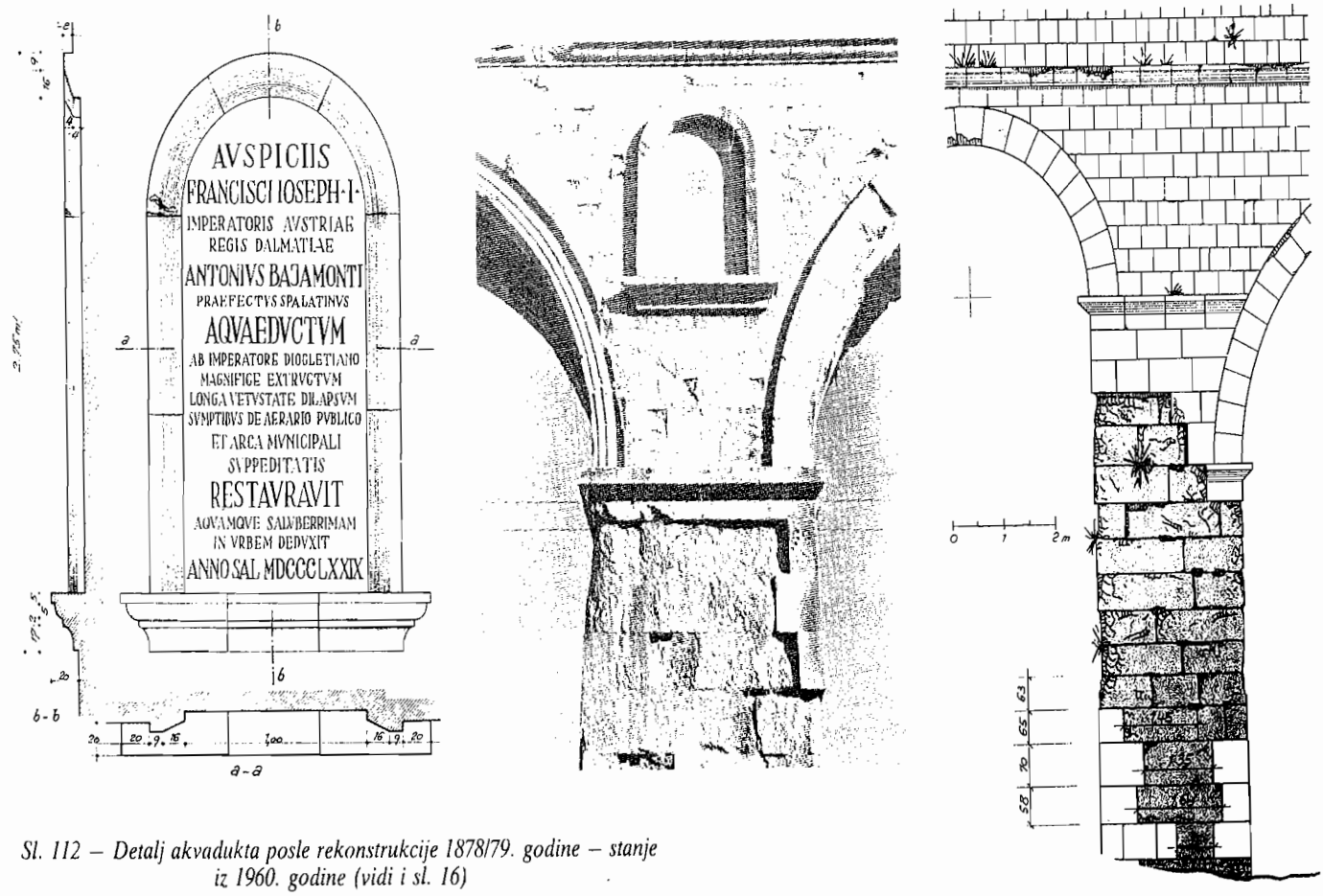
Sl. 110 – Izgled konstrukcije akvadukta pre sanacionih radova izvedenih 1878/79. godine

vod je uništen u srednjem veku, tačnije, u VII veku prilikom najezde Avara. Više stotina godina bio je van upotrebe, da bi generalno bio popravljen – obnovljen i osposobljen za svoju osnovnu funkciju 1878–1879. godine. Od više objekata na ovom vodovodu, s obzirom na karakter izlaganja, pažnja čitaoca se zadržava na objektu-akvaduktu zvanom „Mostine", poznatog i pod imenom „Suhi most".

Sadašnja dispozicija konstrukcije akvadukta ukupne dužine 234,30 m ima 18 otvora od kojih se dva centralna izdvajaju svojom veličinom – ne odgovara originalnom konceptu. Naime, osnova rimske – originalne dispozicije

Sl. 111 – Izgled akvadukta 1960. godine





Sl. 112 – Detalj akvadukta posle rekonstrukcije 1878/79. godine – stanje iz 1960. godine (vidi i sl. 16)

koja je imala 24 otvora (a možda i više?) pretrpela je radikalne izmene. Prilikom obnove (1878–79) iskorišćeni su sačuvani rimski svodovi – ukupno devet (i odgovarajući broj stubova), konstruisani i oblikovani sa svim dobro znanim karaktristikama rimskog građevinarstva, a ostali porušeni delovi konstrukcije zamenjeni su: paralelnim krilnim zidovima odnosno masivnom zidanom konstrukcijom i jednim brojem novo ozidanih svodova i stubova. Prilikom ove obnove, čiji se rezultati i danas jasno vide, upotrebljeni su za zidanje nešto sitniji komadi kamena oblikovani i obrađeni, a to važi i za pojedine konstrukcijske elemente superstrukture akvadukta, uglavnom na osnovu adekvatnih i dobro očuvanih elemenata na Dioklecijanovoj palati u Splitu. Ova konstatacija se posebno odnosi na detalje venaca i čela svodova.

Ovaj jedinstveni primer sanacije odnosno restauracije jedne antičke građevine utilitarnog karaktera na našem tlu, realizovan krajem XIX veka, jasno ukazuje na jedno drugo vreme i sasvim u odnosu na današnja shvatanja Zaštite drugačiji tretman jednog spomenika kulture. Osnovne karakteristike ove sanacije su:

– nepoštovanje primarnog koncepta premošćavanja i načela odnosno pravila građenja i stvaranja rimskih graditelja;

– prilično neuko i nekvalitetno podražavanje, „preslikavanje" konstrukcijskih elemenata sa jedne građevine druge vrste i namene na akvadukt; i

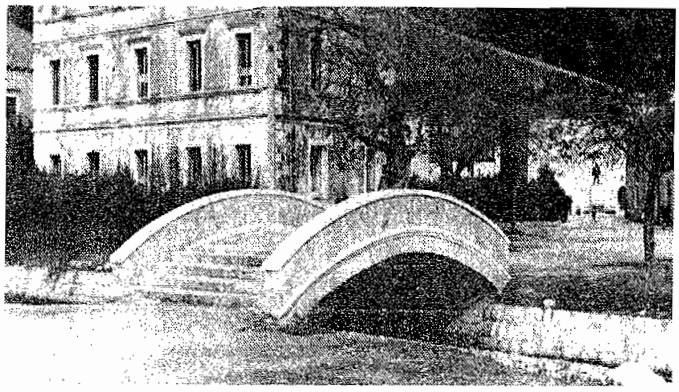
– ne baš solidan kvalitet izvedenih radova.

Rekonstrukcije ostalih objekata na ovom vodovodu nose pečat vremena (kraj XIX veka) i prostora u kome su nastali.

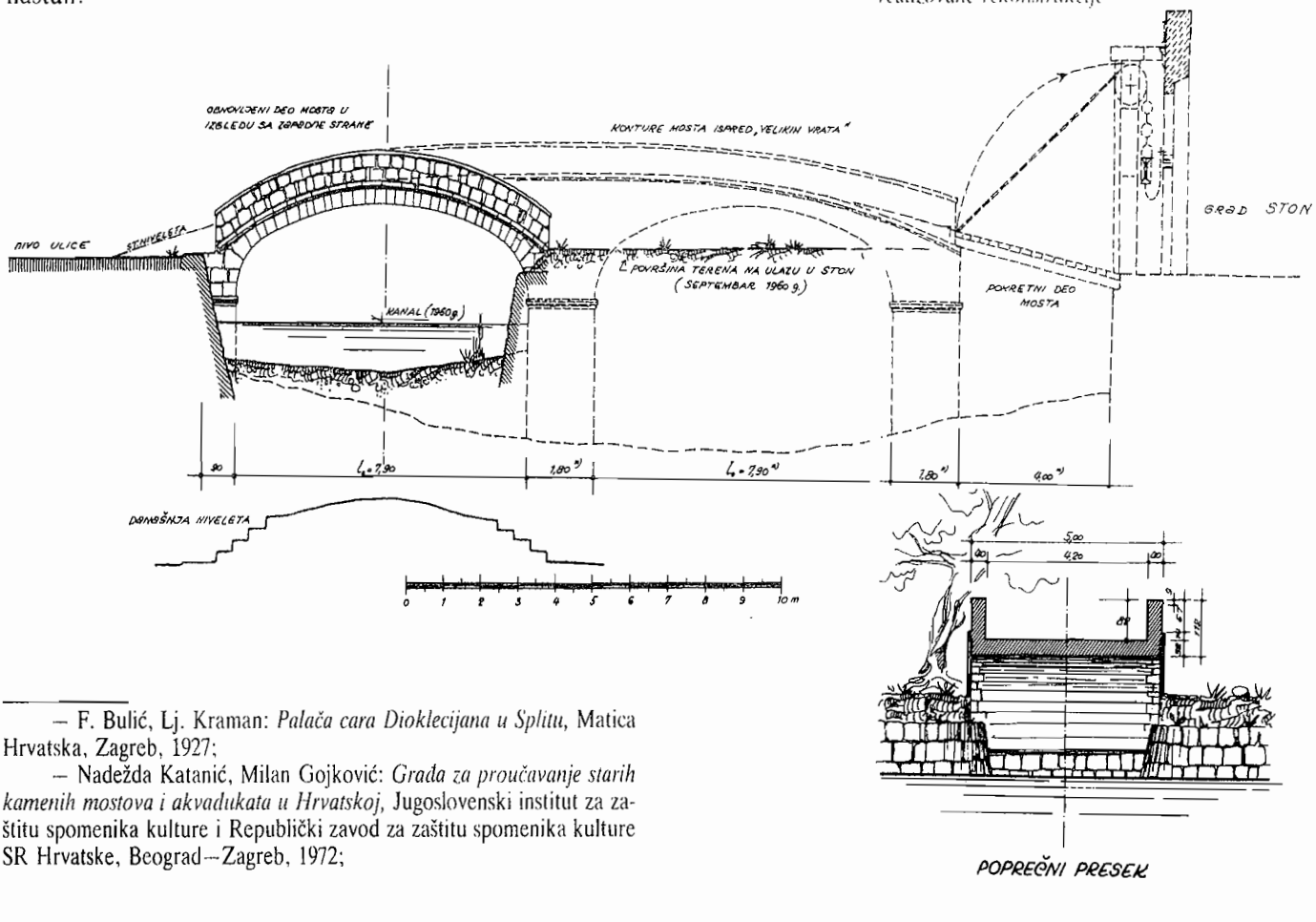
5.8. MOST U STONU

Primer delimično izvedene rekonstrukcije mosta, prikazane na sl. 113, je ispred tzv. „Velikih vrata" u Stonu (ili „Poljskih vrata", na strani prema današnjim stonskim solanama). Građenje ovog mosta, porušenog krajem XIX veka, identifikuje se sa vremenom građenja dubrovačkih mostova (XV vek). Bio je to most sa dva otvora zasvedena masivnim svodovima a otvor na strani prema gradskim vratima (koja danas ne postoje) premošćen je pokretnom drvenom konstrukcijom.

U okviru obnove pojedinih elemenata stonskih utvrda, Konzervatorski zavod u Dubrovniku izveo je delimičnu rekonstrukciju mosta ispred bivših „Velikih vrata" na



Sl. 113 – Grafička rekonstrukcija mosta u Stonu sa detaljem parcijalno realizovane rekonstrukcije



– F. Bulić, Lj. Kraman: *Palača cara Dioklecijana u Splitu*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1927;

– Nadežda Katanić, Milan Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Hrvatskoj*, Jugoslovenski institut za zaštitu spomenika kulture i Republički zavod za zaštitu spomenika kulture SR Hrvatske, Beograd–Zagreb, 1972;

jugozapadnom delu grada. Delimično izvedena rekonstrukcija mosta (prema planovima arh. S. Benića) uklapa se u celovitu rekonstrukciju – koja se predviđa u neko bolje vreme. Rekonstruisani svod kao deo buduće celine mosta izveden je po principu – sve ono što je vidljivo od tesanog i lepo doteranog kamena a ostalo, oku posmatrača nepristupačno, od savremenog materijala, od betona.

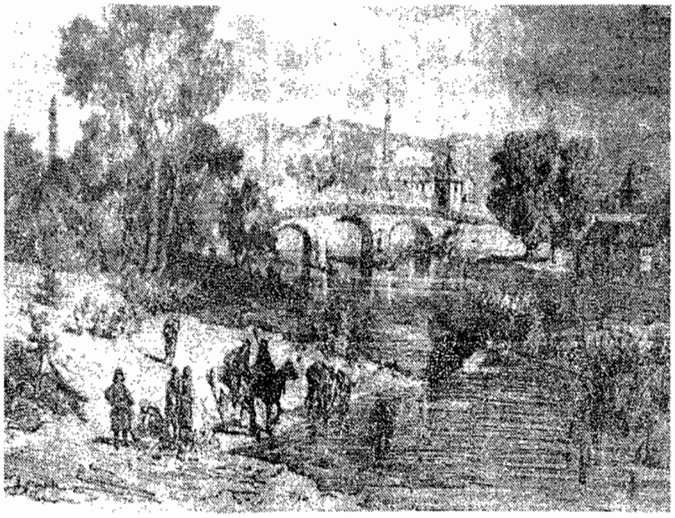
– Lukša Beritić: *Utvrđenja grada Dubrovnika,* JAZU, Zagreb, 1955;

– N. Katanić i M. Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Hrvatskoj,* Jugoslovenski institut i Republički zavod za zaštitu spomenika kulture, Beograd – Zagreb, 1972, str. 182–188.



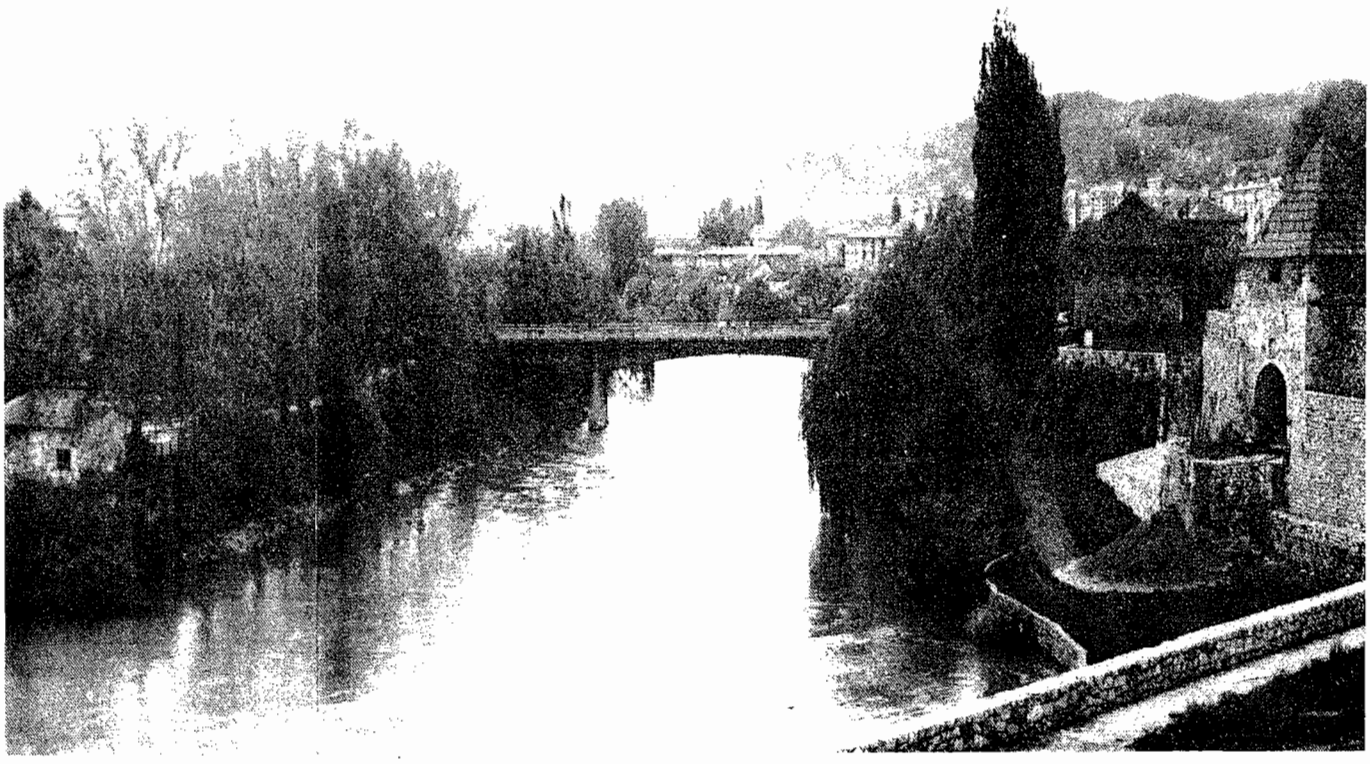
5.9. REKONSTRUKCIJA (PROJEKT) MOSTA PREKO VRBASA u Banja Luci

Posebno kompleksan i sa gledišta Zaštite i revitalizacije interesantan problem je pokušaj rekonstrukcije drvenog mosta preko reke Vrbasa, kod Kastela u Banja Luci. Kao što je poznato, krajem XVI veka, tačnije pre 1587. godine, zaslugom i uticajem beglerbega Ferhad paše Sokolovića koji je „podigao" današnju Kastel na levoj obali – sagrađen je i most preko Vrbasa. Ovaj most je služio sve do austrijske okupacije ovih krajeva.



Sl. 115 – Stare gravire Banja Luke sa izgledom porušenog mosta

Sl. 114 – Pogled na poprečni profil Vrbasa gde je nekada postojala ćuprija beglerbega Ferhad paše Sokolovića



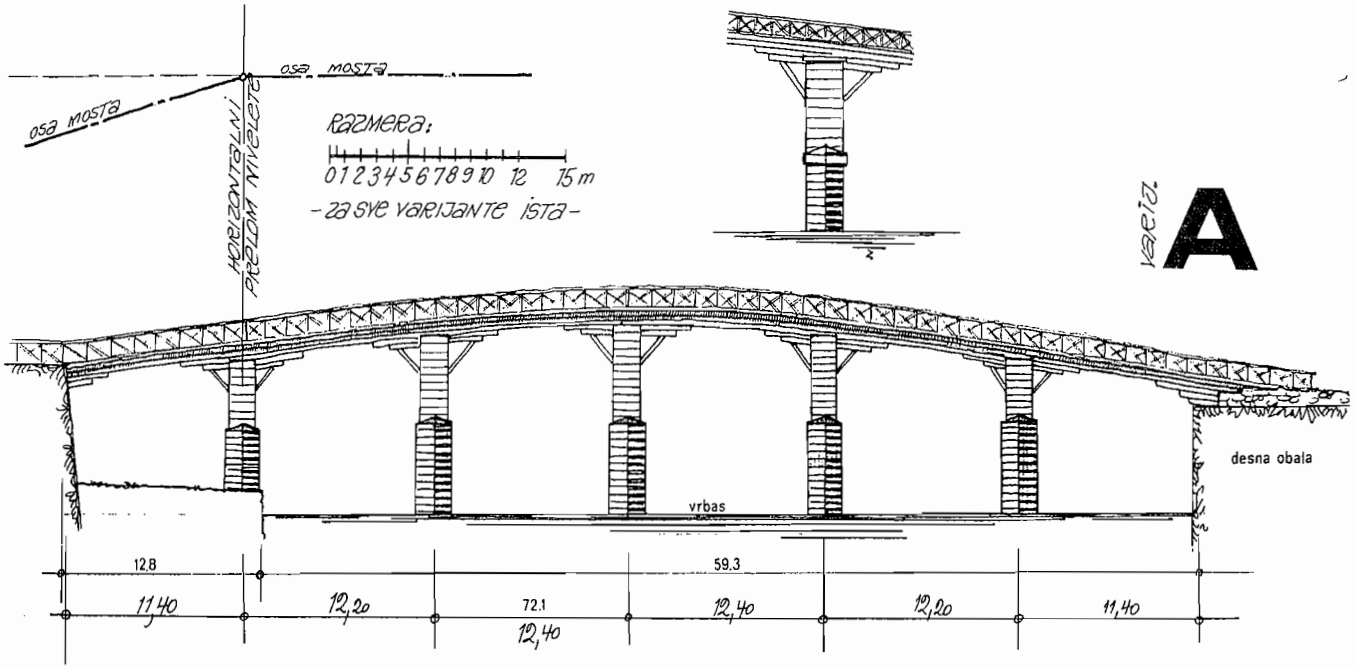
Početkom 1981. godine, inicijativom Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Banja Luci, pokrenut je postupak za obnovu odnosno, bolje rečeno, rekonstrukciju ovog istorijskog mosta. Od polaznih podataka za izradu ove studije znalo se: – da je to bila drvena konstrukcija neuobičajenih konstrukcijskih karakteristika i da je imala više otvora; – za ostatke desnog obalnog stuba; – za tačno definisani poprečni profil reke na kome je most postojao (naspram postojeće ulazne kule Kastela); – za inicirani oblik nivelete u vertikalnoj i horizontalnoj projekciji (na osnovu materijalnih ostataka); – snimljene poprečne profile reke u osi mosta; – geomehaničke karakteristike dna reke (na osnovu podataka sa građenja uzvodnog armiranobetonskog mosta); – i za projektni zadatak službe Zaštite spomenika kulture. Prilikom početnih razmatranja o mogućoj dispoziciji mosta, doneta je odluka da se podvodno istraži dno reke u profilu mosta kako bi se dobili sigurniji podaci o broju – položaju rečnih stubova. Tom prilikom nađeni su tragovi dva rečna stuba (na međusobnom rastojanju od 14,50 m) odnosno provedena istraživanja dna reke su ukazala da su u profilu mosta postojala tri ili četiri rečna stuba. Pre tri nego četiri. Ovo su bili dragoceni podaci za dalja istraživanja.

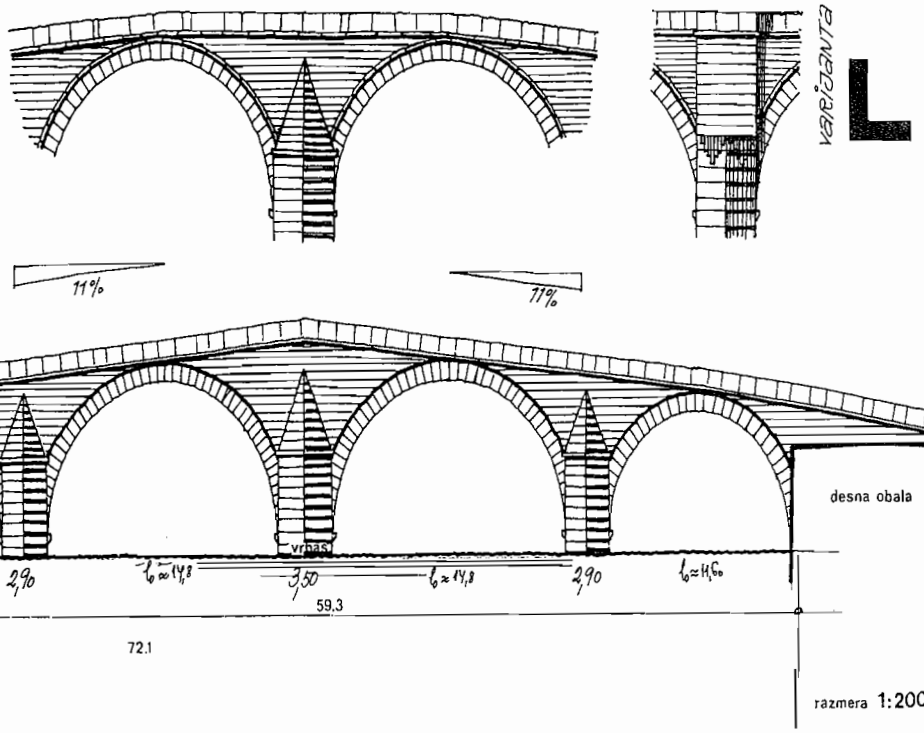
Fond polaznih podataka raspolagao je i sa dva stara crteža – gravire mosta. Prema jednoj, koja predstavlja izgled mosta sa nizvodne strane, nedvosmisleno rezultira da su rečni stubovi – tri – bili od kamena a gornji stroj, superstruktura mosta, bila je specifična drvena konstrukcija sa krivolinijskim intradosom. I druga gravira ilustruje most sa tri rečna stuba odnosno četiri otvora i sa ne baš jasno izraženom vrstom konstrukcije svodova – superstrukture mosta (osim „korpastog" oblika intradosa). Oba grafička prikaza sigurno ukazuju na oblik nivelete, sa blagim usponima prema sredini mosta, i karakteristike ograde – drvena ograda sa vertikalnim stubićima i dijagonalnom ispunom.

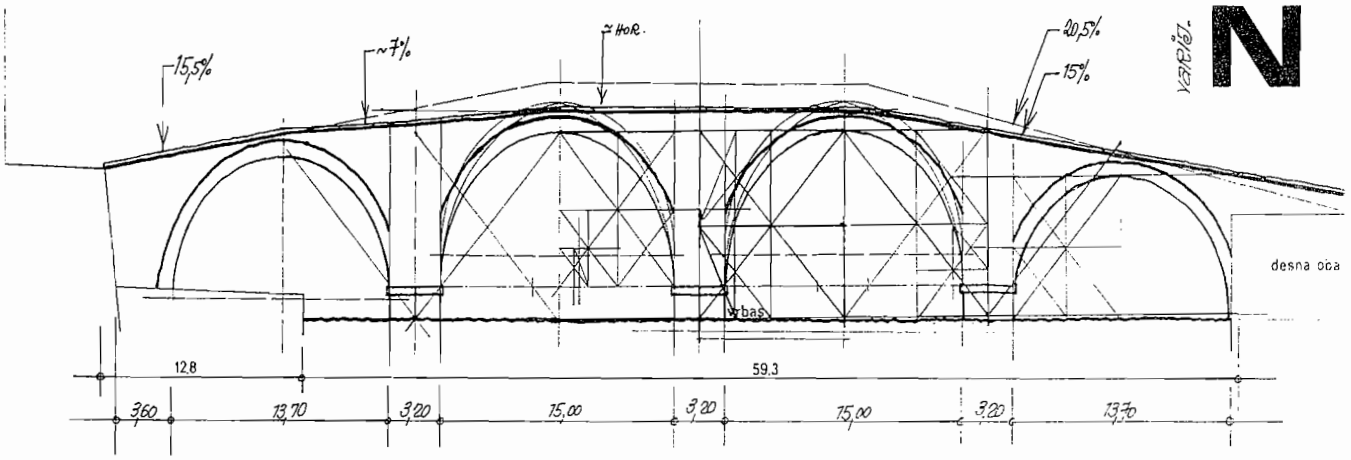
Na osnovu svih ovih podataka i uz poznavanje baštine srednjevekovne mostogradnje u nas, u ovim regijama, prišlo se traženju optimalnog i za konkretne uslove grada adekvatnog rešenja. Najpre je definisana korisna širina mosta a zatim i oblik nivelete. Usvojena širina (5,30 m odnosno 7 aršina +2×0,15 =5,00m) uglavnom odgovara pisanom istorijskom podatku „ . . . i imao je korisnu širinu od 5,00 m . . ." a ova širina zadovoljava i potrebe grada za intenzivan pešački saobraćaj i eventualno, u posebnim uslovima, i za prolaz motornih vozila. Oblik nivelete rezultirao je uglavnom iz citiranih grafičkih priloga, kota na prilazima mostu i odnosa osa ostataka obalnog stuba i prolaza kroz ulaznu kulu Kastela, sa horizontalnim prelomom nivelete.

U prvoj fazi analize traženo je rešenje na osnovu podataka o otvorima sa austrijske situacije grada (plana Kastela sa kraja XIX veka). Moguće rešenje je u stvari gredna drvena konstrukcija preko pet srednjih – rečnih stubova od kamena. Ovo rešenje je pokazalo mnoge nepovoljnosti, pa je dalji rad usmeren na konstrukciju sa četiri otvora odnosno tri rečna stuba i sa složenom drvenom konstrukcijom superstrukture mosta, analogno poznatim istorijskim podacima. Rečni stubovi oblikovani su kao masivne kamene konstrukcije a gornji stroj mosta, njegova superstruktura, kao specifična i srednjevekovnoj mostogradnji dobro znana drvena konstrukcija – konzolnim prepuštanjem nosećih elemenata od drveta prema sredini otvora.

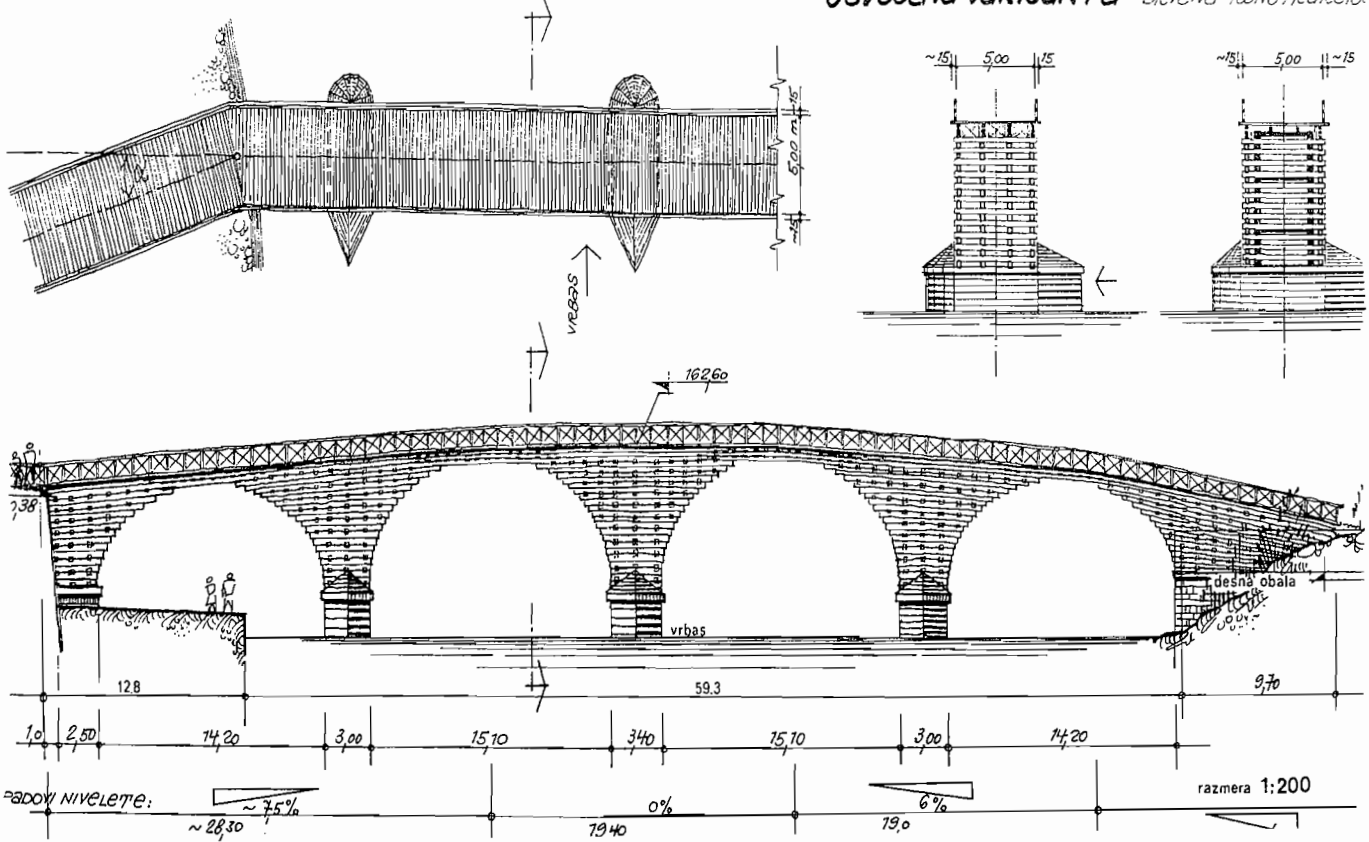
U ovoj fazi razmatrano je osam mogućih rešenja sa određenim varijantama. Variran je: oblik nivelete, položaj rečnih stubova i njihove oblikovne karakteristike, oblik linije intradosa u otvorima i variranje veličina otvora na osnovu proporcijskih odnosa, ujednačavanje rasporeda masa (u izgledu), apostrofiranje pojedinih delova i elemenata mosta, a u jednom rešenju prezentirana je drvena konstrukcija mosta u celini – a sve u težnji da se dođe do

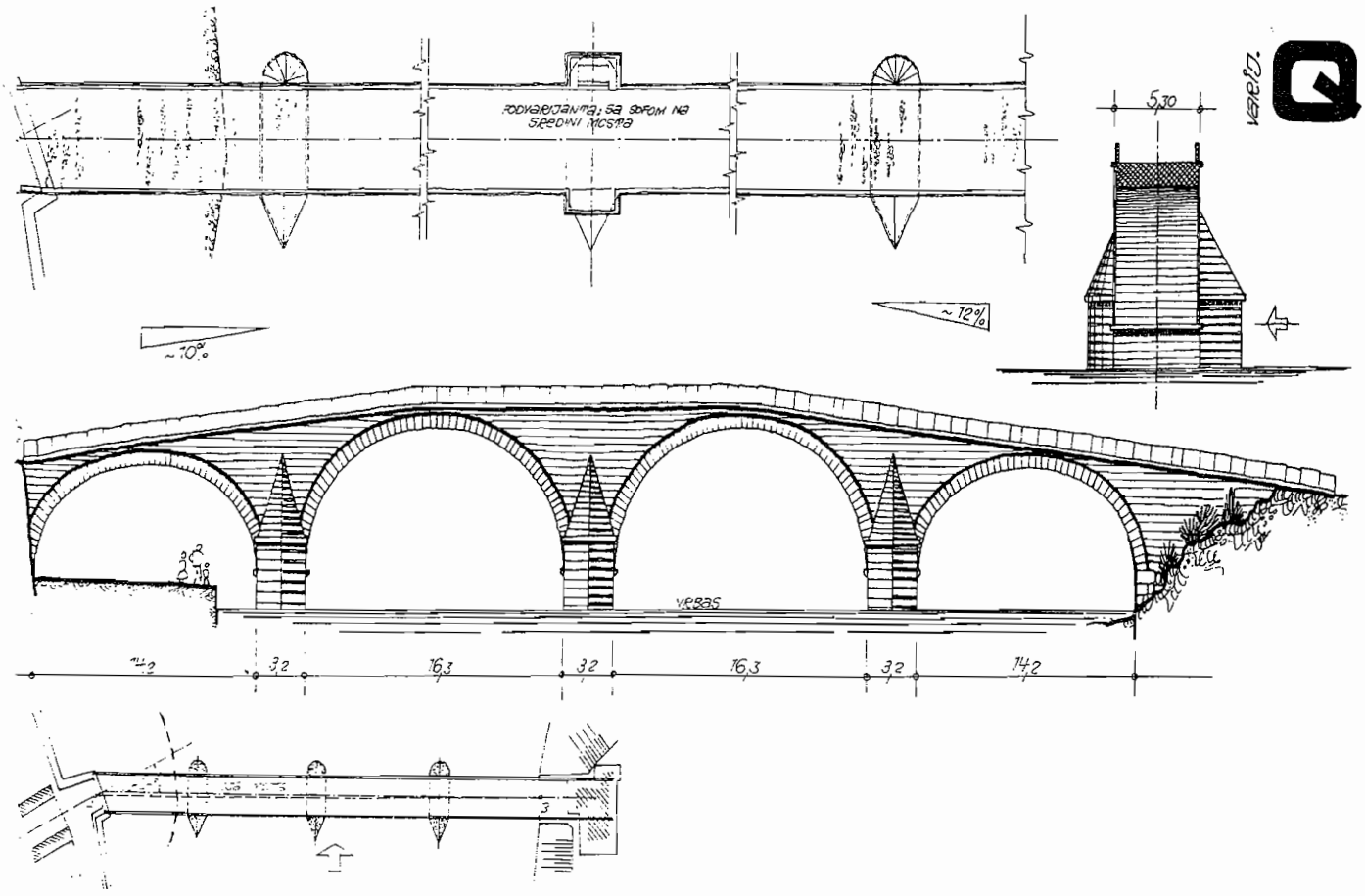




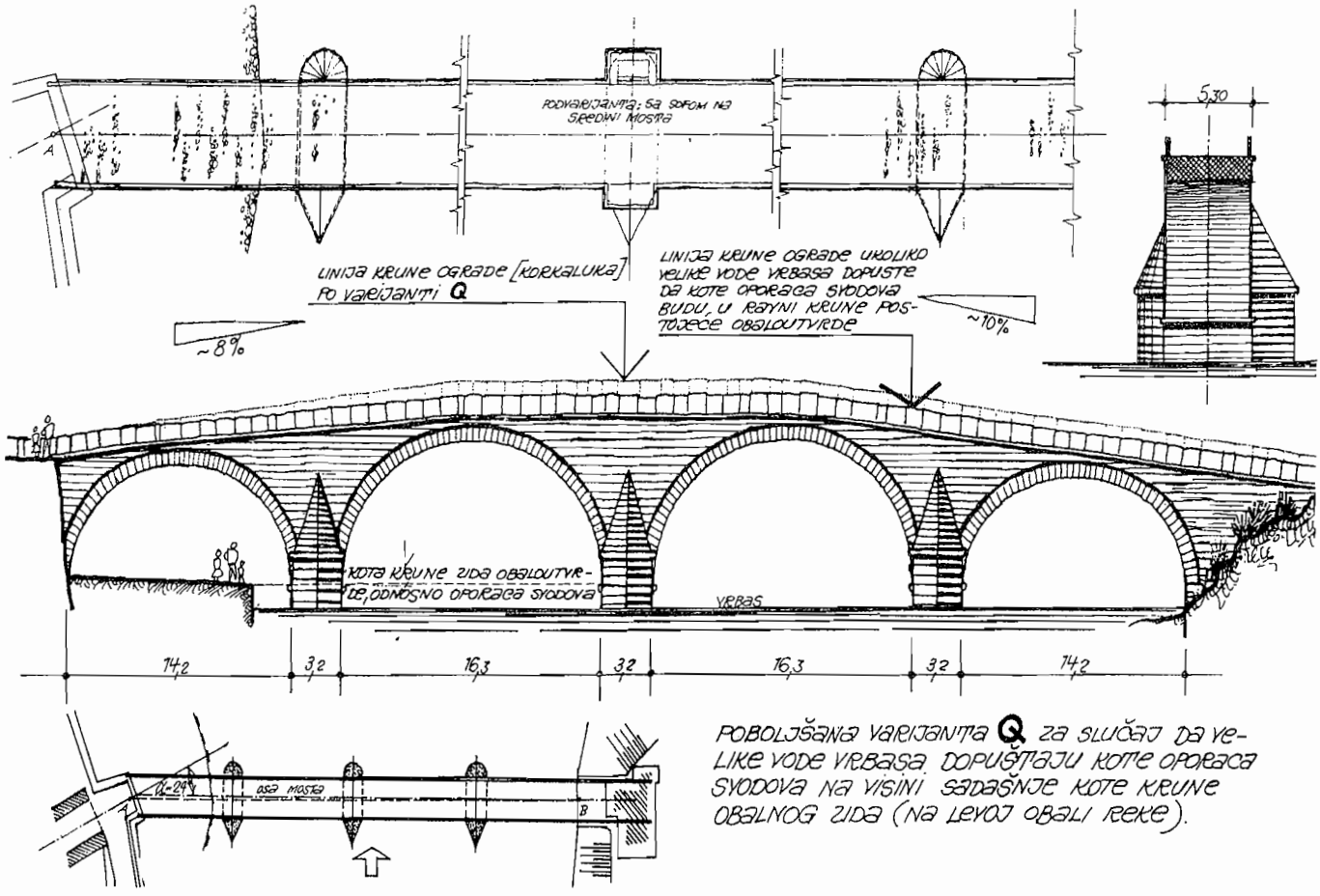


USVOJENA VARIJANTA - DRVENA KONSTRUKCIJA





Sl. 116 – Neka od varijantnih rešenja rekonstrukcije – iz idejnog projekta



Sl. 117 – Predloženo rešenje rekonstrukcije (iz projekta)

optimalnog rešenja. Sve varijante grafički su prikazane u identičnoj razmeri.

Dalje analize zadržale su se na podacima Husein-bega Ferhadpašića, koji piše (u Kadićevoj hronici): „ . . . kao podloga su mu dva kamena stuba . . .“ Ova dispozicija nudi tri otvora koja su praktično na granici rešenja mosta kao drvene konstrukcije i sa posebnim teškoćama kod veze sa obalnim stubovima, prilazima mosta.

Imajući pred sobom sva varijantna rešenja i objektivno ceneći kvalitete svake varijante posebno i uz puno respektovanje poznatih istorijskih činjenica – predloženo je rešenje koje sadrži najviše elemenata identičnih srušenom mostu, dispozicija koja je najbliža istini pa čak, po mišljenju autora, verodostojno ponovljena Ferhad pašina ćuprija preko Vrbasa. To je u stvari složena drvena konstrukcija sa četiri otvora „korpastog“ oblika, varijanta čija je geometrija i čije su konstrukcijske karakteristike saglasne principima i načelima stvaranja starih majstora primenjenih na ovaj konkretan primer.

Predloženo rešenje je istovremeno dalo i podvarijantu – da samo vidne površine mosta budu izvedene od drveta, po ugledu na nekadašnju konstrukciju, a ostalo da se napravi od armiranog betona.

Podvlači se, da je ova „studija“ predložila Službi zaštite da napred usvojeno „idejno rešenje za rekonstrukciju mosta“, prilikom revizije, izloži *oštroj* javnoj kritici meritornih kulturnih i javnih radnika Banja Luke. Ovaj predlog smatra se posebnim kvalitetom poduhvata oko rekonstrukcije mosta. Osim grafičkih prikaza pojedinih varijantnih i usvojenog – predloženog rešenja inicirane su i dve osnovne teze za raspravu na sednici Revizione komisije. Te teze su:

– Adekvatnost kontura mosta i vrste materijala – drveta po predloženom rešenju u odnosu na poznate istorijske činjenice. Kvalitet prilagođavanja kontura mosta poprečnom profilu Vrbasa ispred Kastela i njegova saglasnost urbanističkim postavkama grada. I razmatranje ponuđenog rešenja sa aspekta „Kako je izgledala Ferhad pašina ćuprija preko Vrbasa u Banja Luci“; i

– Složena drvena konsrukcija od tesane hrastove građe zahteva, osim svrsishodnog projektovanja i posebno kvalitetne izrade, permanentno i ne tako ekonomično održavanje mosta kroz vreme.

Dalja razmatranja nastavljena su s ciljem optimizacije rešenja ovog jedinstvenog poduhvata. Usmerena su na ispitivanje mogućnosti da se realizacija rekonstrukcije izvede mostom od kamena, kamenim mostom, odnosno analizirana je opravdanost jednog takvog rešenja. S obzirom na konfiguraciju poprečnog profila reke inicirano je rešenje sa četiri otvora. Počelo se sa polukružnim otvorima, sa jasno izraženim linijama intradosa, i sa centralnim delom koncepta u i oko sredine mosta, iznad centralnog rečnog stuba – pa su dalje, kroz više varijantnih i podvarijantnih rešenja varirani oblici pojedinih elemenata, a sve u težnji da se opšta arhitektura celine i pojedinih detalja, što više približi srednjevekovnoj mostogradnji na ovoj regiji. Ovoj grupaciji mogućih rešenja dodato je i jedno savremeno rešenje u kamenu (sa tri otvora).

Razmatrajući ovu seriju dispozicija, kamenih mostova, optimalno rešenje konvergiralo je – kao i kod drvenih mostova – konceptu premošćavanja sa četiri otvora. Ovo rešenje ističe se svojim kvalitetima zasnovanim na poznatim tekovinama srednjevekovne mostogradnje, na bitnim elementima te i takve mostogradnje, odnosno – to je masivna konstrukcija od kamena koja arhitekturom celine i oblikovnim detaljima asocira na najlepše mostove iz perioda XVI–XVII veka.

Dali je Ferhad paša Sokolović sagradio drveni ili kameni most posebno je pitanje. Sigurna je činjenica, da je za njegovo vreme napravljen most sa četiri otvora. No, odluka – da li graditi drveni ili kameni most ne zavisi samo od istorijskih činjenica, iako su one primarne, već se moraju uzeti u razmatranje i drugi i te kako značajni i relevantni faktori koji utiču na građenje jednog ovakvog objekta. Studija je, i u ovom delu, predložila jedno rešenje koje ponavlja konstrukciju od pre više vekova, sagrađenu u jedno drugo vreme, i koja je – ko zna kako i kada nestala.

Revizionoj komisiji projekta rekonstrukcije posebno je predočeno da i predloženo rešenje – u kamenu – između ostalog razmotri i sa aspekta:

– adekvatnost predloženog rešenja u odnosu na poznate istorijske činjenice posebno po komponenti materijala,

– uklapanje volumena ćuprije u dati ambijent podno Kastela i urbanističkim planovima grada, kao i odnos ovakvog rešenja prema meritornim principima zaštite, i

– jednostavnost i ekonomija održavanja mosta kroz vreme.

Da bi ova „Studija“ bila potpuna po sadržaju i kompleksnosti postavljenog zadatka i da bi sagledala sve mogućnosti premošćavanja – predočena su i četiri varijantna rešenja koja korito reke premošćuju savremenim armiranobetonskim konstrukcijama (čelik kao materijal, s obzirom na ambijent prostora, ne dolazi u obzir). Nije teško izvesti zaključak, za slučaj aplikaicje savremene konstrkcije mosta u dati prostor, da na ovome profilu pod datim uslovima i okolnostima – dolazi u obzir samo koncept koji će reku premostiti u jednom otvoru.

Svestrano sprovedena analiza predloženih varijantnih rešenja, svrstanih u tri grupe, izlučuje tri moguća rešenja. Za svaku grupaciju po jedno. Od ova tri rešenja – u drvetu, kamenu i savremena konstrukcija – *„studija“ je predložila Zavodu za zaštitu spomenika kulture kameni most kao rešenje rekonstrukcije.* Ovo iz razloga jer most od kamena optimalno zadovoljava: – istorijske činjenice, – funkcionalnost, – ekonomičnost poduhvata (održavanje posebno), i – estetične vrednosti najvišeg reda, kako mosta tako i ambijenta u kome taj most treba sagraditi.

Postupak optimizacije najpovoljnijeg rešenja sastojao se u sledećem: najpre je odbačeno savremeno rešenje u betonu, jer nije primarno premostiti reku – već svrsishod-

nom rekonstrukcijom nadopuniti ambijent oko Kastela i revalitizirati njegova fortifikaciona odnosno tvrđavsko-urbana svojstva. U sledećem koraku izbora trebalo je odlučiti: drvena konstrukcija mosta ili kamena ćuprija. Oba rešenja premošćuju reku sa četiri otvora, sa manje više sličnom siluetom odnosno dispozicijom; oba međusobno konkurentna rešenja sadrže mnoge elemente i principe svojstvene srednjevekovnom građenju mostova u nas. Estetske i funkcionalne vrednosti oba ova rešenja, integralno posmatrano, uglavnom su ujednačene, iako svako za sebe ističe svoje kvalitete i varijacije što je posledica vrste korišćenog materijala. Drveni most karakteriše prefinjenost konstrukcijske sinteze; drvo kao materijal – kod mostova posebno – zbog prirode tvari psihički deluje kao privremeni materijal pa samim tim to prenosi na čoveka i formira emociju da je to privremena građevina. Međutim, kamena ćuprija deluje stameno i monumentalno. Bliska je vremenu građenja Kastela a konturno adekvatna srušenoj Ferhad pašinoj ćupriji. Svojstva ugrađenog materijala zajedno sa konceptom premošćavanja stvaraju posebne impresije i sa Kastelom formiraju estetične vrednosti najvišeg reda. Ako se ovome dodaju – intenziviranje estetskog sadržaja materijalne stvarnosti ovog dela Banja Luke i postojanost kroz vreme, mali skoro ništavni troškovi održavanja, onda su prednosti na strani kamene ćuprije.

Iz svega napred rečenog, Službi zaštite je predloženo, „ovom studijom", da se rekonstrukcija izvede kao kameni most. U datim uslovima i okolnostima ovo je optimalno a samim tim i korektno rešenje rekonstrukcije. Veruje se, da ovo i ovakvo rešenje traži minimum vremena na adaptaciju čula posmatrača, na novo stvoreni sadržaj Kastela, i da će naći svoje puno mesto u životu grada i Kastela, posebno.

Početkom 1982. godine održan je u Banja Luci jedan prošireni sastanak na kome je osim poslenika Zavoda za zaštitu i autora ove studije bilo prisutno oko 20-ak javnih radnika Banja Luke. Na sastanku je razmatrana problematika rekonstrukcije mosta odnosno teze, predlozi i detalji napred izložene „studije". Zaključak ovog skupa bio je – prihvatiti predlog idejnog rešenja koje je prezentirala studija odnosno *usvaja se kamena konstrukcija mosta* kao rešenje. Međutim, dalja javna diskusija po pitanju „datog predloga" (a samim tim i rad na izradi idejnog a kasnije i glavnog projekta rekonstrukcije) prekinuta je posledicama zemljotresa koji je zadesio ovo područje.

Veruje se, da će se rad na ovom problemu nastaviti kada se za to budu stekle povoljne okolnosti.

– Naše Starine, *Godišnjak zemaljskog zavoda za zaštitu spomenika kulture BiH*, Sarajevo, 1953.

– Hamdija Kreševljaković, *Hanovi i karavansaraji u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1957.

– Džemal Čelić, *Ferhadija u Banja Luci*, brošure u ediciji spomenici kulture, Sarajevo, 1968.

– Džemal Čelić, *Most pred kastelom u Banja Luci*, u rukopisu kod Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Banja Luci, oktobar, 1973.

5.10. MOST PREKO NERETVE u Konjicu

Stari kameni most preko reke Neretve u Konjicu, na tzv. „Mostarskoj džadi", prema istorijskim podacima sagrađen je 1682/83. godine. Opšte je prihvaćeno predanje da je most zadužbina vezira Ahmet paše Sokolovića. Ćuprija u Konjicu ubraja se u vrhunska dostignuća srednjevekovne mostogradnje u nas. Ukupna dužina mosta sa šest otvora različitih veličina je oko 102 m.

Most je miniran i delimično porušen, početkom 1945. godine, prilikom povlačenja nemačke vojske. Preko porušenog dela napravljena je najpre provizorna drvena konstrukcija a kasnije, neposredno posle rata, srušen je preostali deo superstrukture mosta i preko kamenih stubova sagrađena je armiranobetonska konstrukcija.

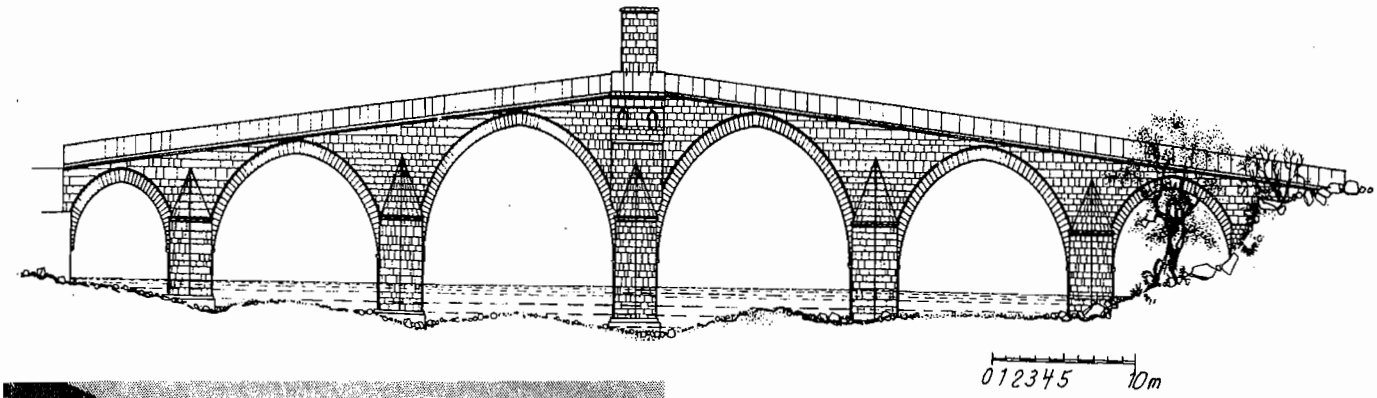
Krajem 1976. i tokom 1977. godine, na inicijativu Regionalnog zavoda za zaštitu spomenika kulture u Mostaru, preduzete su mere za rekonstrukciju stare ćuprije u Konjicu. Naime, urbanističkim planom Konjica predviđeno je oživljavanje istorijskih celina, stare čaršije, a samim tim i rekonstrukcije starog mosta, kako bi ovaj deo grada dobio svoj nekadašnji izgled i poseban estetski i urbanistički sadržaj.

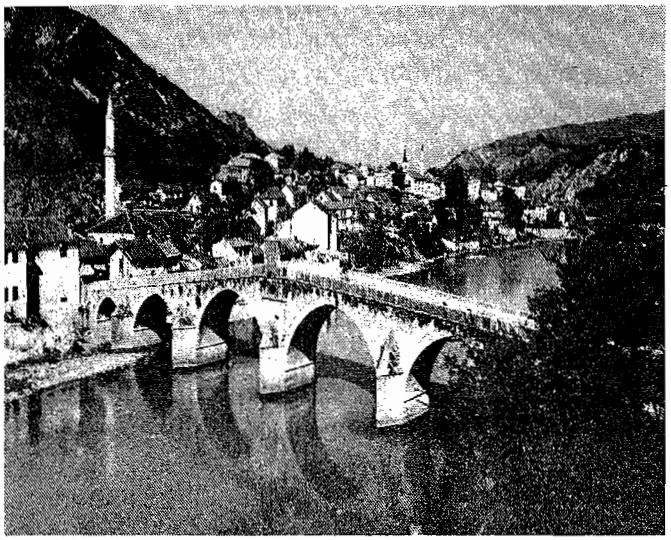
Na osnovu postojećih tehničkih i istorijskih podataka, detaljnog snimka ostataka mosta, a posebno tehničkih podataka iz ostavštine pok. prof. Milivoja Frkovića, izrađena je studija ondosno idejni projekt za rekonstrukciju ove po mnogim komponentama jedinstvene srednjevekovne ćuprije (1977. godine). Poštujući proklamovane principe rekonstrukcije i revitalizacije, osnove idejnog projekta zasnovane su na sledećim principima: – silueta mosta definisana je na osnovu postojećih i autentičnih podataka i uz korišćenje postojećeg fonda stvaranja-građenja i rada starih graditelja na ovakvim objektima u ovom regionu, i šire; – za građenje mosta je predviđena ista vrsta stene i adekvatna obrada kamena kako su to radili i stari graditelji; – sve ono što nije dostupno okup posmatrača predviđeno je od savremenih materijala i na osnovu načela današnje mostogradnje; – duž mosta a ispod kolovozne konstrukcije predviđeni su prostori za prevođenje instalacija; i – strogo poštovanje prvobitnih dimenzija pojedinih elemenata i konture volumena mosta kao celine. Sastavni deo idejnog projekta je i odgovarajući predračun radova (poduhvata).

Na reviziji idejnog projekta rekonstrukcije (u Konjicu, 1977) – usvojene su sve njegove postavke i rešenja i data je saglasnost za izradu glavnog projekta. Međutim, usled nedostataka potrebnih finansijskih sredstava dalji rad na

– Džemal Čelić i Mehmed Mujezinović: *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969, str. 178–183;

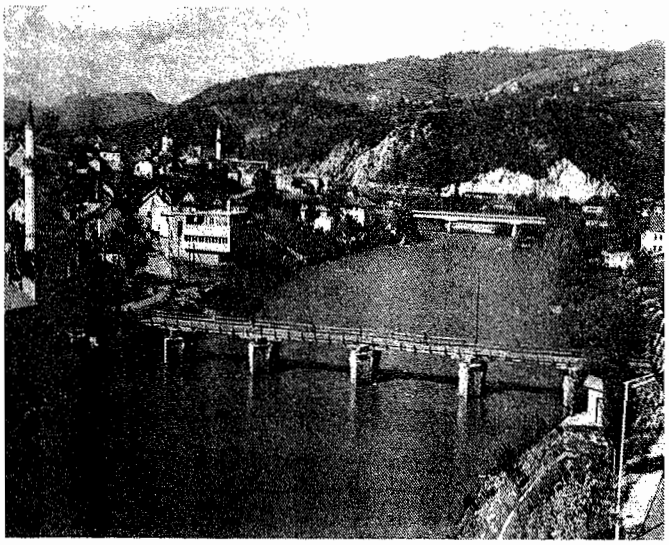
– Jure Radić: *Neka obeležja naših starih kamenih mostova*, časopis „Ceste i mostovi", br. 7–8/1978, str. 229–234;





Sl. 118 – Stari kameni most preko reke Neretve u Konjicu (1682/83) – izgled sa uzvodne strane pre rušenja

ovom zamašnom poslu je obustavljen (glavni projekt za jednu ovakvu rekonstruckiju mora da sadrži: potrebna geomehanička ispitivanja dna reke u profilu mosta i ispitivanja postojećeg stanja stubova sa meritornom interpretacijom konstatovanog stanja; tehnički izveštaj sa svim potrebnim objašnjenjima-analizama za usvojena rešenja; sve potrebne preseke u preglednoj razmeri, najbolje 1:50, sa svim za realizaciju poduhvata potrebnim kotama; sve potrebne detalje pojedinih elemenata mosta – mihraba, ograde, venca i sl, u razmeri 1:10 i 1:20; potrebne detalje za obradu kamena; projekt skele za zidanje svodova; projekt tehnologije izvođenja sa posebnim akcentom na deo koji se odnosi na svodove; izbor majdana i uputstva za vađenje i obradu kamena odnosno za potrebna prethodna laboratorijska ispitivanja kamena; detaljan statički proračun; predmer i posebno detaljno obrađen predračun radova, tehnički opis i uslovi izvođenja radova; projekt uređenja prilaza mostu; i troškovnik vođenja odgovarajuće dokumentacije prilikom izvođenja radova).



Sl. 119 – Današnji izgled ostataka mosta u Konjicu

5.11. MOST NA ŽEPI

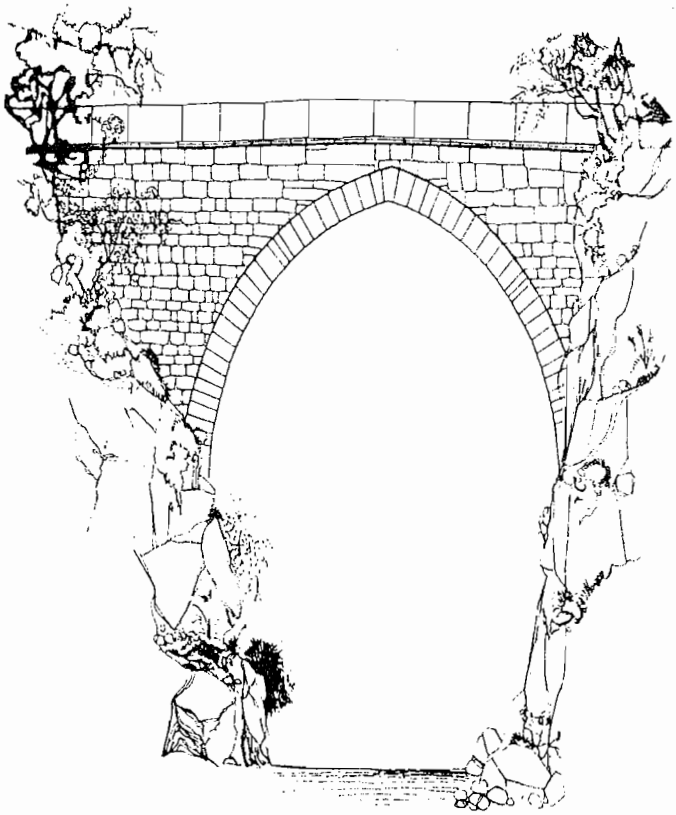
Most preko reke Žepe, neposredno iznad njenog ušća u Drinu, sagrađen je ubrzo, nekako u isto vreme, posle građenja čuvenog Drinskog mosta u Višegradu – dobro znane ćuprije Mehmed paše Sokolovića. Što znači negde u poslednjoj četvrtini XVI veka. Most je po svoj prilici sagradio jedan od učenika-saradnika velikog graditelja Kodže Mimar Sinana pod čijim rukovodstvom je napravljena i ćuprija u Višegradu, možda Mustafa čauš (bio je nadzornik na građenju Višegradske ćuprije).

Kanjonski profil reke Žepe premošćen je sa jednim otvorom veličine 10,20 m i zasveden je svodom oživalnog oblika sa oštrim prelomom u temenu. Debljina čela svoda je 75 cm i naglašena je arhivoltom, ispadom čeonog zida prema čelu svoda, veličine oko 4 cm. Korisna širina mosta definisana korakaluk ogradom (debljina ploča 20 cm) je 3,40 m. Širina svoda je 3,74 m. Most ima ukupnu dužinu 21,60 m.

Izgradnjom hidroelektrane Bajina Bašta odnosno stvaranjem akumulacije bio je ugrožen integritet mosta i njegova zaštita, posle mnogih diskusija i sastanaka, sastojala se u tome da se most premesti na novu lokaciju izvan domašaja voda akumulacionog jezera hidroelektrane.

Osnovni problem zaštite mosta, osim onih vezanih za novac, sastojao se u tome gde naći novu lokaciju mosta a da se pri tome sačuvaju sve njegove vrednosti. Posle mnogih razmatranja i analiza pogodan profil je nađen na istoj reci, nešto uzvodnije, u mestu Žepa, na profilu zvanom Spasin Hrid, nedaleko od Redžeb-pašine kule (građene



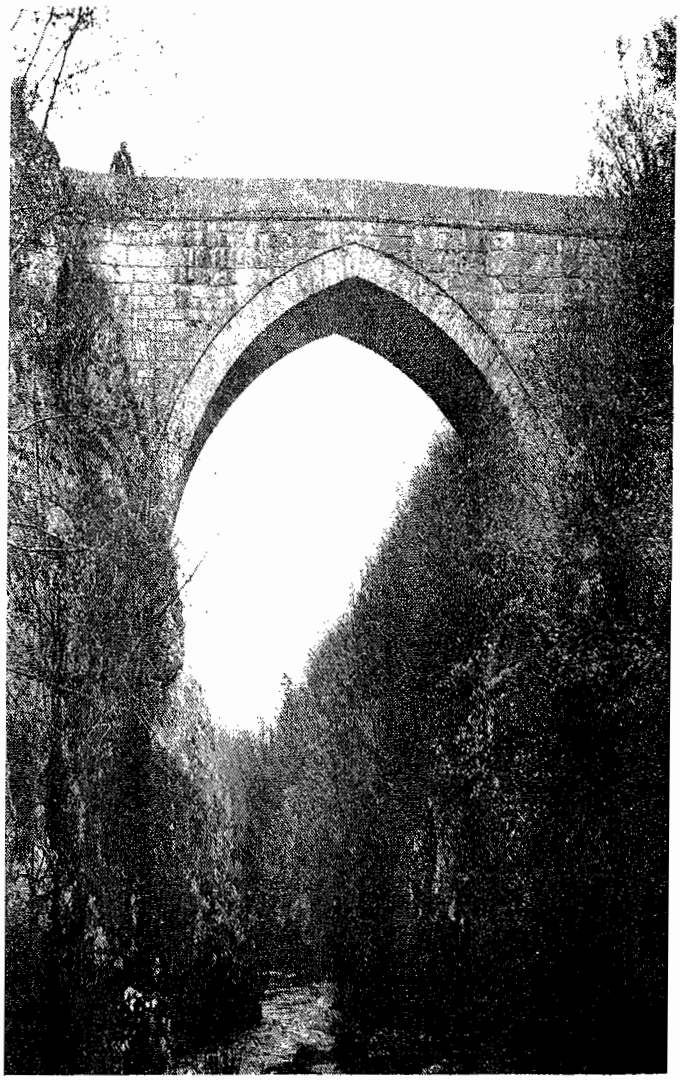


Sl. 120 – Most na Žepi – izgled sa uzvodne strane na staroj lokaciji

približno u istom vremenu kada i most). Prilikom dislokacije jednog mosta uopšte, poseban problem je izbor novog poprečnog profila prepreke. Ovde, u ovom primeru, stekao se niz po most povoljnih okolnosti. Naime, nađen je profil na istoj reci i u blizini primarne lokacije, konfiguracija obala i profila praktično je adekvatna staroj, i nađena je mostu čak i sadržajnija funkcionalnost nego što je to bio slučaj na prvoj lokaciji. Posle usvajanja nove lokacije izvršena su sva potrebna snimanja i izrađeni su projekti demontaže i rekonstrukcije mosta (na novoj lokaciji).

Tokom juna 1966. godine, posle neophodnih pripremnih radova i obeležavanja pojedinih tesanika, sa posebnom pažnjom započeti su radovi na demontaži i transportu demontiranog materijala (na novu lokaciju, daljinu od cca 5 km). Posebno se podvlači, da su radovi na demontaži bili ubrzani, trajali su tridesetak dana, jer je započeto sa punjenjem akumulacije (odugovlačenjem sa donošenjem konačnih i ispravnih odluka služba HE je težila da most potopi), kao i činjenica da je transport demontiranog materijala obavljen po putu nepodobnim za kretanje motornih vozila.

Radovi na rekonstrukciji mosta počeli su avgusta 1967. godine a završeni su krajem septembra iste godine.



Sl. 121 – Most na Žepi – izgled mosta posle premeštanja, na novoj lokaciji

Prilikom radova zastupljeni su poznati principi rekonstrukcije ovih i ovakvih objekata. Naime, sve vidne površine ozidane su od demontiranog kamena, sa težnjom da svaki tesanik zauzme isto mesto kao i na staroj lokaciji, a sve ono što je skriveno od oka posmatrača shodno načelima i pravilima savremene mostogradnje.

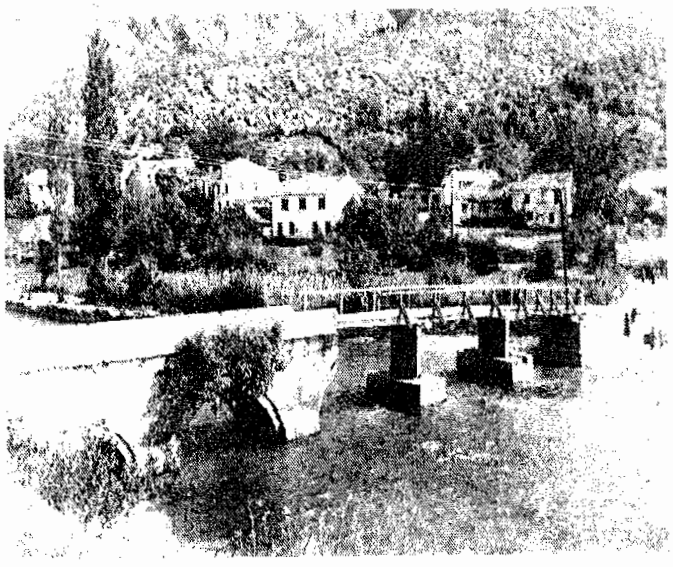
— Dž. Čelić i M. Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969, str. 163–168;
— Aziz Defterdarević, *Pravni aspekti spasavanja starih mostova na Trebišnjici, Žepi i Drini*, Naše starine XII, Srajevo, 1969, str. 61–92;
— Ivo Andrić, Most na Žepi,

5.12. KARAĐOZ-BEGOVA ĆUPRIJA u Blagaju

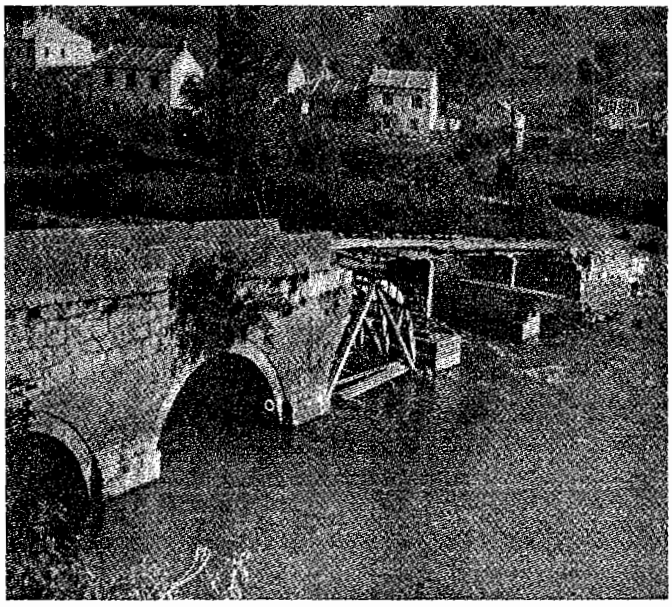
Karađoz-begova ćuprija, na starom putu za Stolac, premošćuje reku Bunu sa pet otvora. Prema autentičnim istorijskim podacima sagrađena je polovinom XVI veka. Most je više puta rušen i popravljan a posebno je mnogo stradao krajem rata (1945), kada su miniranjem porušena tri njegova otvora. Provizorna drvena konstrukcija na mesto srušenih otvora služila je nekih dvadesetak godina, kada je — na inicijativu Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Mostaru došlo do restauracije mosta, do ponovnog zidanja srušenog dela građevine.

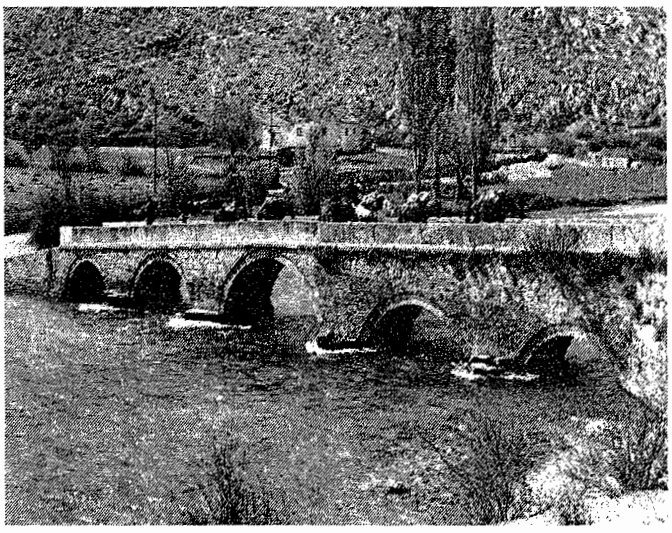
Prilikom rekonstrukcije srušenog svoda korišćen je grubo tesani kamen u svemu po ugledu na sačuvane delove mosta (oolitska krečnjačka stena, u ovim krajevima poznata pod imenom „tenelija"). Vidne površine čeonih zidova ozidane su kamenom a sama konstrukcija je od nearmiranog betona. Inače, prilikom radova na restauraciji ovoga mosta poštovani su usvojeni i provereni principi konzervatorske službe u nas, odnosno — sve ono što se ne vidi izvedeno je prema pravilima i načelima savremene mostogradnje.

Dž. Čelić i M. Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969, str. 205–209.

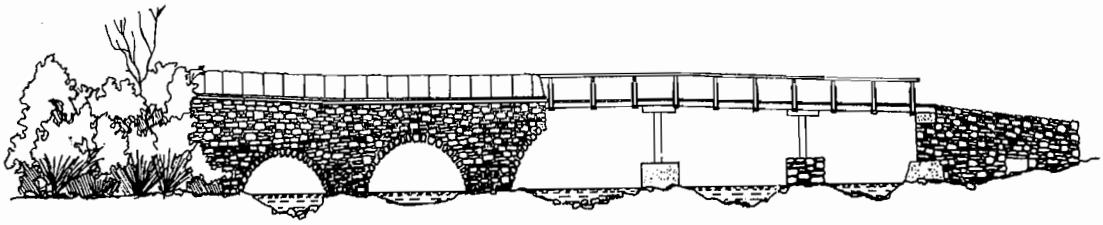


Sl. 122 – Izgled Karađoz-begove ćuprije u Blagaju (XVI) pre sanacionih radova





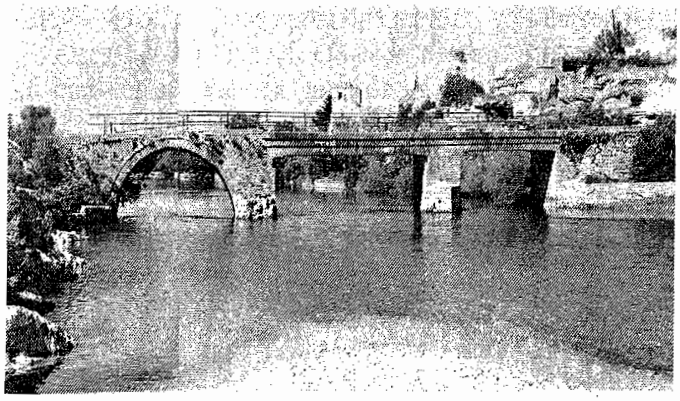
Sl. 123 – Izgled Karađoz-begove ćuprije posle sanacionih radova



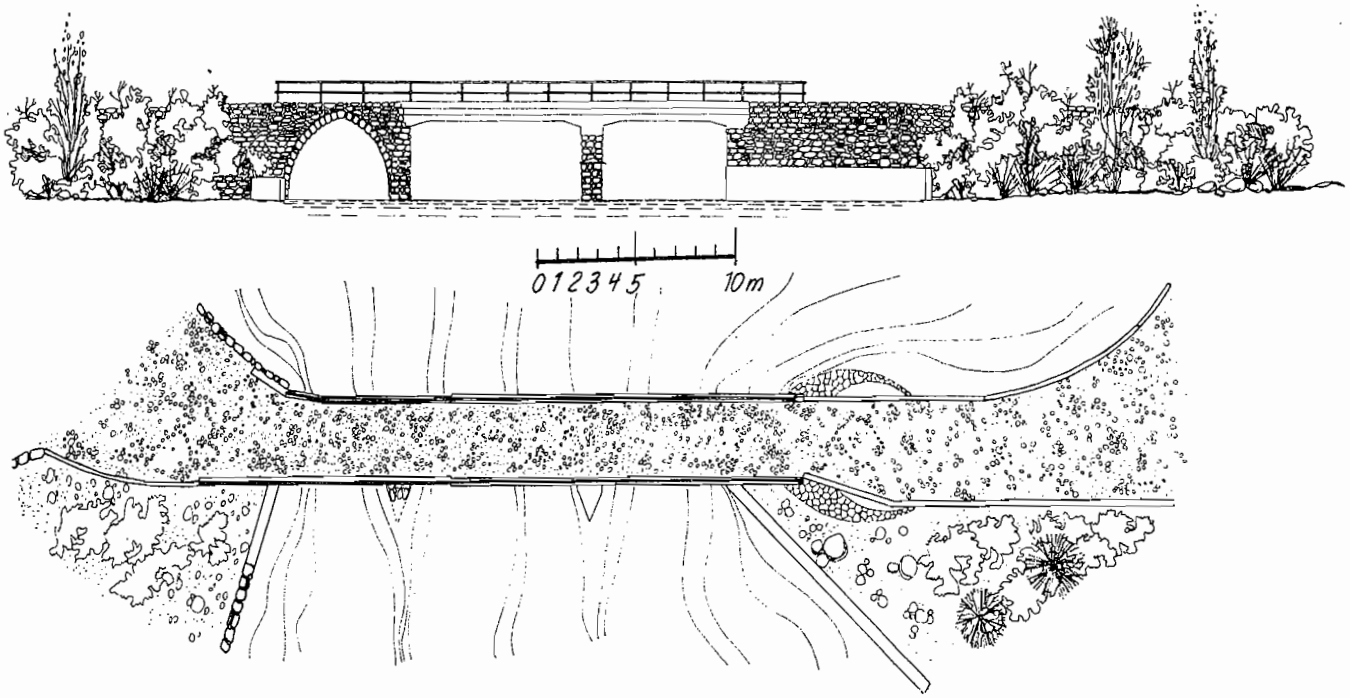
5.13. LEHINA ĆUPRIJA u Blagaju

Nizvodno od Karađoz-begove ćuprije locirana je tzv. Lehina ćuprija. Korito reke Bune u svom izvornom konceptu bilo je premošćeno sa četiri otvora – rešenjem koje je svojstveno mostogradnji ove regije u prošlim vremenima. Most je sagrađen najverovatnije u XVI eventualno u XVII veku. Ovde se citira kao primer – kako ne treba postupati sa spomenikom kulture ovakve vrste i karaktera.

Još 1890. godine srušena su dva svoda odnosno jedan rečni stub. Srušeni deo mosta zamenjen je najpre provi-



Sl. 124 – Lehina ćuprija u Blagaju – primer neadekvatne sanacije (armiranim betonom)

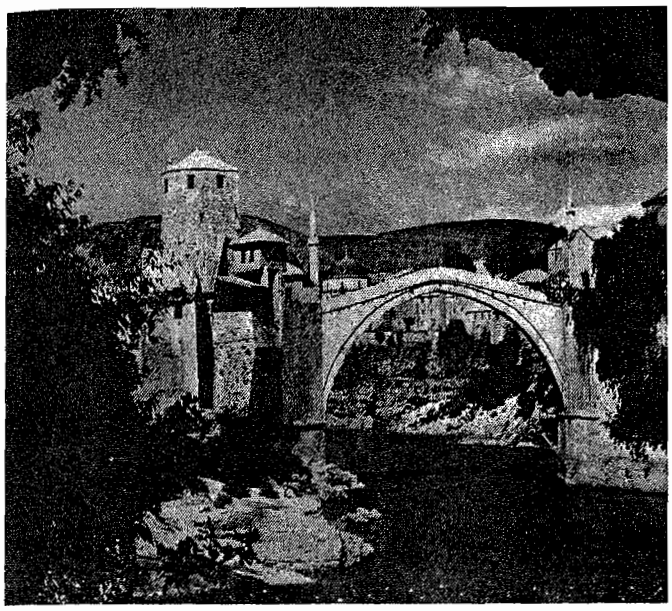


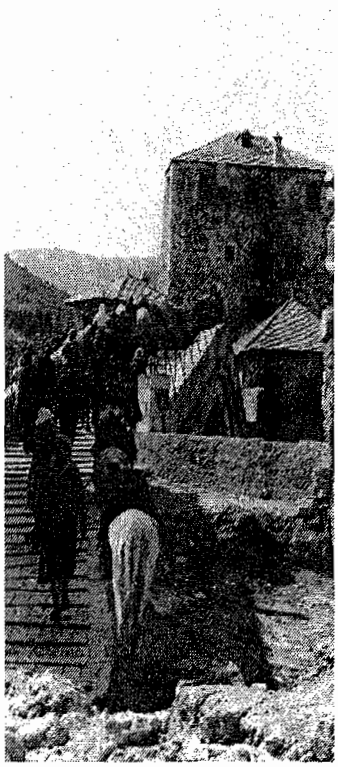
zornom drvenom konstrukcijom da bi kasnije, u vremenu između dva poslednja rata, drvena konstrukcija bila zamenjena armiranobetonskom konstrukcijom. Tom prilikom otvor uz desnu obalu nestao je u radovima obaloutvrde, zazidan je. I niveleta mosta pretrpela je korenite izmene, prilagođena je uslovima motornog saobraćaja. Ovo je eklatantan primer pogrešnog i posve nedopuštenog odnosa prema spomeniku kulture – kao što je stari most. Troškovi ove i ovakve sanacije možda su u svom vremenu bili i manji, što je posebno pitanje (jer u neposrednoj blizini ima kvalitetnog kamena), ali nekorektan odnos prema konstrukciji od kamena je veliki i nažalost dugotrajan.

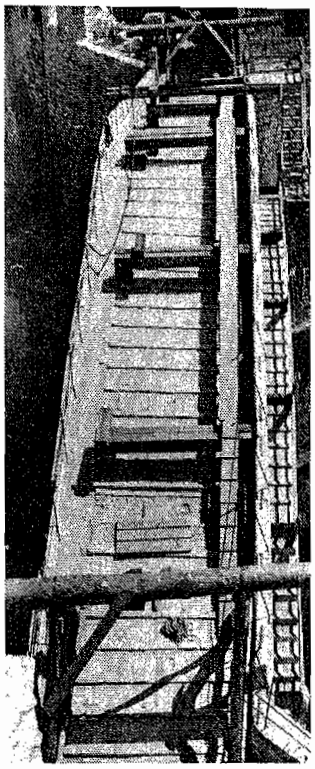
5.14. „STARI MOST“ u Mostaru

„Stari most“ preko reke Neretve u Mostaru, jedinstven po svojim konstrukcijskim i estetskim vrednostima u nas, i ne samo u nas, sagrađen je 1566. godine. Svojim obrisima, arhitetkonskim detaljima i konstrukcijskim odlikama reprezentuje visok domet srednjevekovne mostogradnje u svome vremenu i na ovom tlu. Most je građen po naređenju sultana Sulejmana Veličanstvenog a njegov graditelj bio je, prema verodostojnim istorijskim izvorima, Hajrudin – učenik a kasnije i saradnik velikog turskog neimara Kodže Mimar Sinana. Stari most premošćuje reku u jednom otvoru veličine 28,71 odnosno 28,62 m (veličine otvora na uzvodnoj odnosno nizvodnoj strani mosta međusobno su različite). Korisna širina mosta 4,05 m.

Dž. Čelić i M. Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969, str. 210–211.

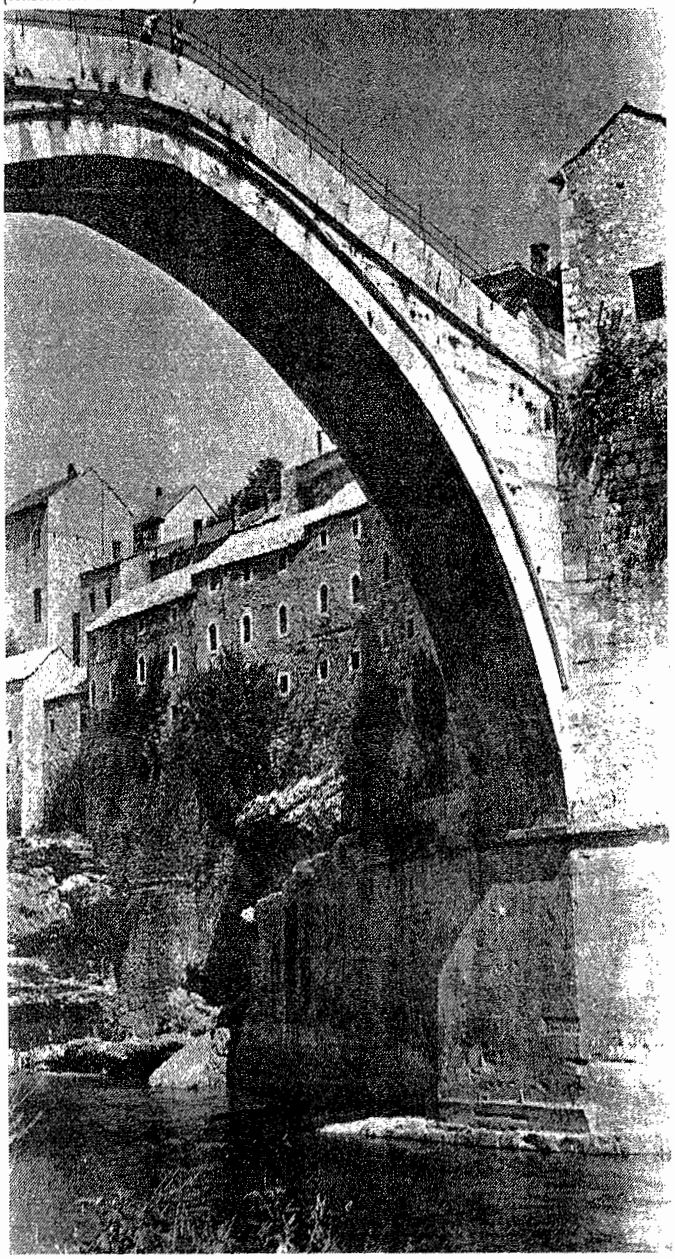




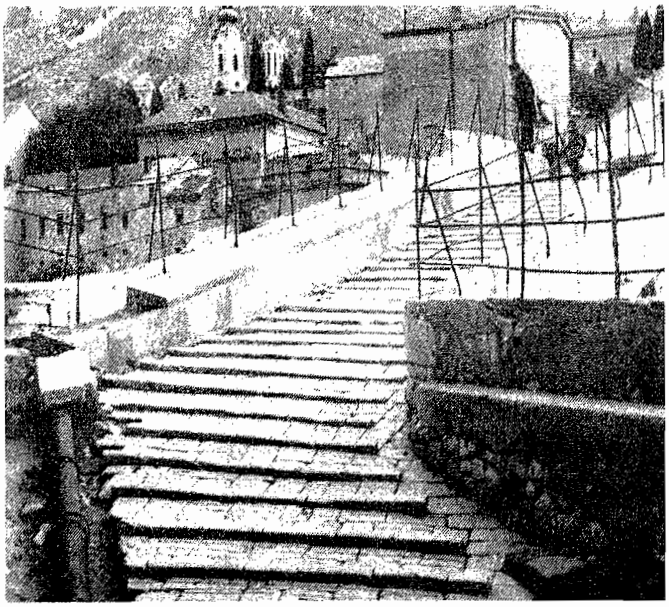


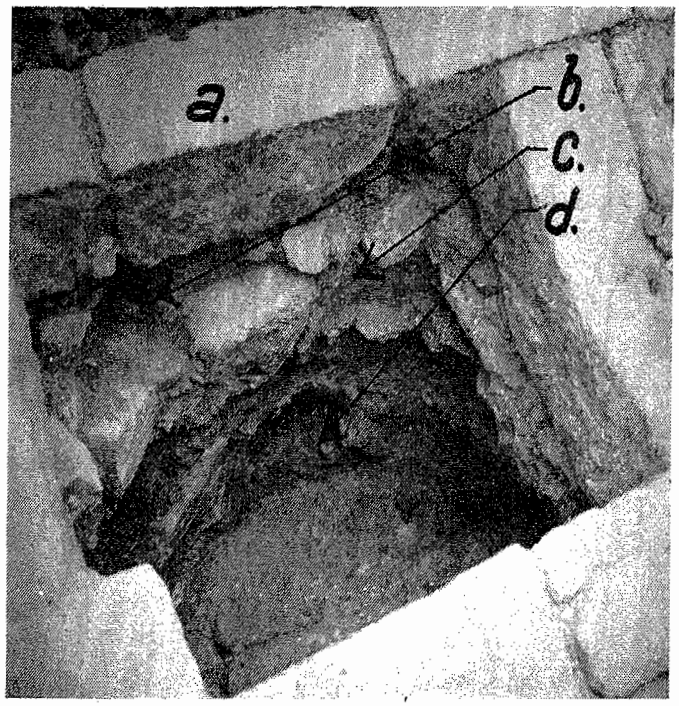
Sl. 125 – Stari most preko Neretve u Mostaru (1566): (1) izgled sa nizvodne strane; (2) detalj levog upornjaka; (3) prilaz mostu sa leve obale; (4) izgled mosta odozgo, za vreme radova na sanaciji; (5) detalj natpisa; (6) pogled na kolovoznu konstrukciju i vodovodnu cev (koja je za vreme

(nastavak na str. 116)









sanacionih radova uklonjena); i (7) sondažna jama u kolovoznoj konstrukciji (a. Kaldrma, b. krečni malter sa dodatkom „crvenice", c. komadi pločastog lomljenog kamena u krečnom malteru (sa crvenicom), i d. ispuna mosta – komadi lomljenog kamena u krečnom malteru)

Regionalni zavod za zaštitu spomenika kulture u Mostaru, krajem 1954. godine, na osnovu indikacija i nepovoljnih zbivanja vezanih za most preuzeo je potrebne mere koje će detaljno ispitati stanje ćuprije i dati smernice za njegovu sanaciju i konzervaciju. Ovo je učinjeno putem Komisije sastavljene od eminentnih stručnjaka kojima je ova materija bliska. U saradnji sa Zavodom za zaštitu spomenika kulture i gradskim službama komisija je prikupila sve potrebne podatke, odnosno: meritorne istorijske činjenice vezane za most i sprovela detaljna tehnička snimanja i istraživanja – kako mosta kao celine tako i svakog njegovog detalja. Tom prilikom otkriven je kamenolom (u okolini Mostara) odakle je vađen kamen za građenje mosta, konstatovane su specifične konstrukcijske pojedinosti („kaverne", olakšavajući otvori iznad svoda, na primer) i izvršena su sva potrebna geološka istraživanja obala i dna reke u i oko profila mosta. Na osnovu svih ovih po obimu potrebnih i neophodnih istražnih radova – iscrtani su planovi i potrebni detalji mosta i sprovedene sve potrebe analize čiji su rezultati: verodostojni podaci o konstrukciji i stanju mosta, ondašnjoj neimarskoj veštini građenja ovih i ovakvih objekata, o sistemu konstrukcije i naponskim stanjima u određenim presecima, stepenu sigurnosti objekta s obzirom na konstatovano stanje oštećenosti ugrađenog materijala, funkcija mosta u javnom saobraćaju Mostara (uglavnom pešačkom), kao i dalje uspešne egzistencije ovog jedinstvenog i posebno značajnog spomenika kulture.

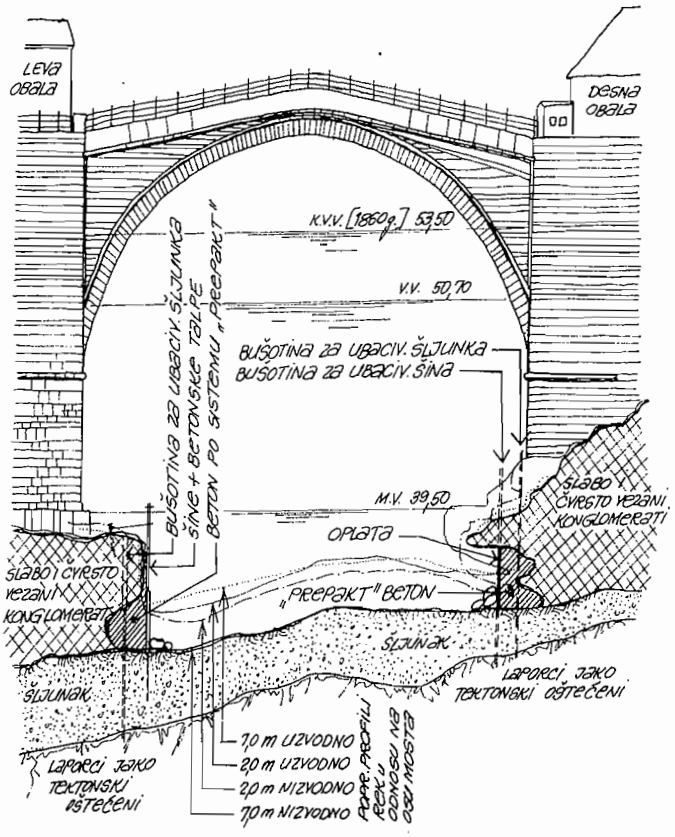
S obzirom na kompleksnost problema konstatovanog stanja, obimnosti i posebnih specifičnosti budućih radova na sanaciji i konzervaciji Starog mosta, Komisija je predložila, što je služba Zašite i usvojila, da se budući radovi i sve ono što uz njih ide – podele u dve faze: radove na sanaciji fundamenta, temelja mosta, i radove na sanaciji i konzervaciji superstrukture mosta.

Radovi I faze: Sanacija temelja

Izvršenim istražnim radovima konstatovano je – temeljenje mosta (obalnih stubova) izvedeno je direktno na slojevima nevezanih, slabo i čvrsto vezanih šljunkova. Ovi i ovakvi sedimenti protkani su mestimično nevezanim ili slabo vezanim peskovima i sa geomehaničkog aspekta predstavljaju slabo vezane ili čvrste konglomerate (u normalnim uslovima to je kvalitetno tlo). Dugogodišnja erozija reke Neretve mestimično je podlokala slojeve čvrsto vezanog konglomerata – ispiranjem slabo vezanih materijala. Na taj način ispod i oko stubova mosta stvorile su se pećine na strani prema rečnom koritu, otvorene kaverne, dubine i visine i do nekoliko metara.

Sprovedeni istražni radovi konstatovali su: da je levi stub mosta fundiran na slabo vezanom konglomeratu (prilikom sondažnih bušenja dobijeni su rastresiti uzroci), a desni stub – ima temelj na čvrstom sloju konglomerata, „ploči" debljine preko dva metra. Međutim, ispod ovog sloja evidentirana je šupljina-kaverna dubine do oko 4 metra. Ove za most nepovoljne činjenice zahtevale su što hitnije radove na sanaciji temelja.

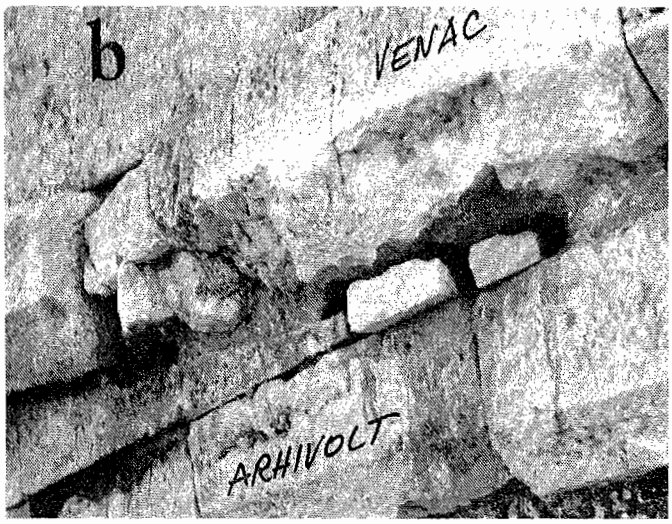
Posle izrade odgovarajućeg projekta sanacije temelja pristupljeno je radovima na realizaciji, krajem 1956. godi-

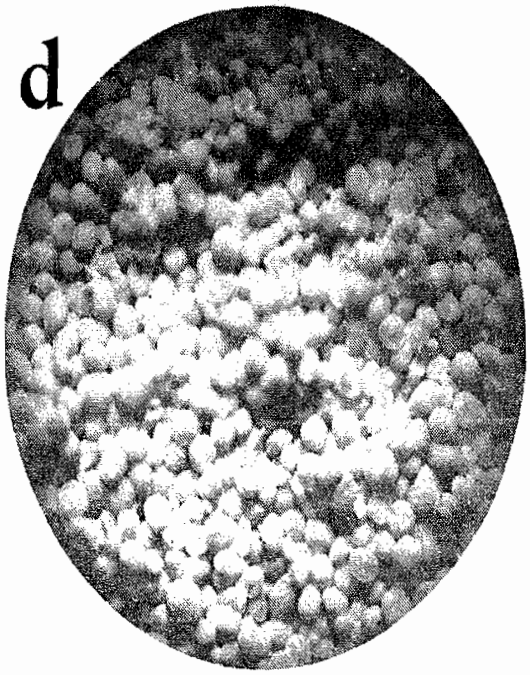


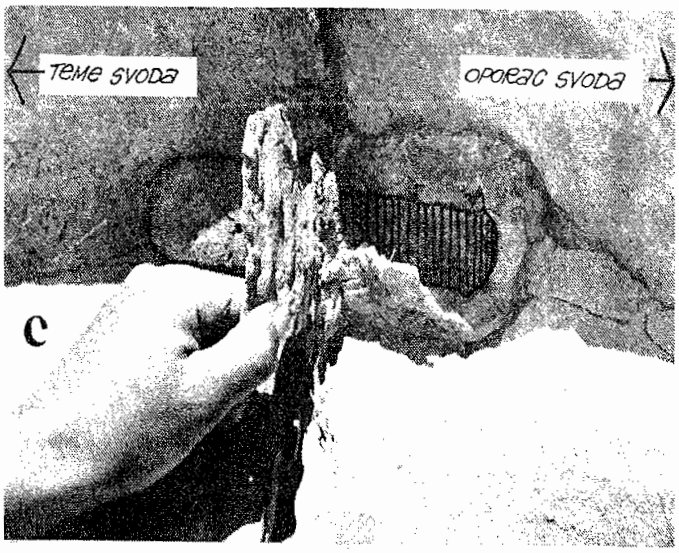
Sl. 126 – Shematski prikaz sanacionih radova na temeljima obalnih stubova – oporaca

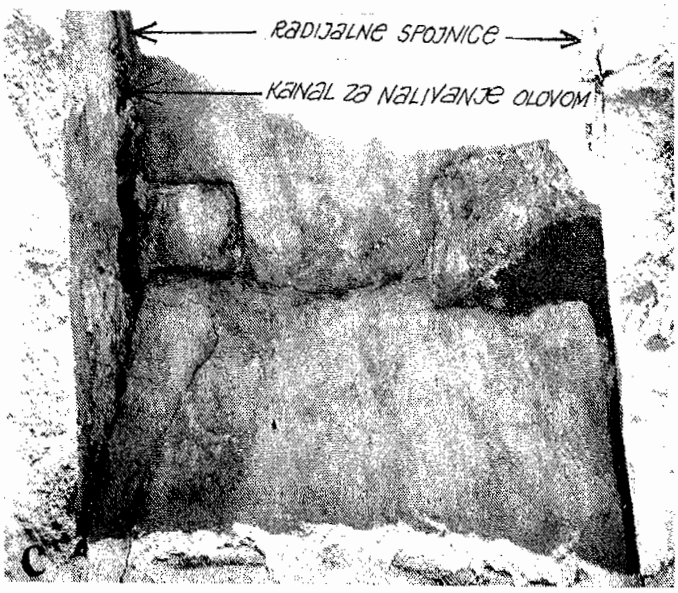
– Milan Vasić: *O gradnji Starog mosta u Mostaru,* Balcanica VIII, Beograd, 1977.













Sl. 127 – Stari most (Mostar): (a) pogled na intrados svoda; (b) detalj oštećenja venca i arhivolta; (c) detalj srčanika (trna) zalivenog olovom (u konstrukciji svoda) posle „otkidanja" vidnog dela tesanika; (d) mikroskopski snimak kamena poznatog pod imenom „tenelija"; i (e) pogled na šupljinu, „kavernu", u ispuni mosta

ne. Suština radova na sanaciji temelja sastojala su u sledećem: da se podlokani prostori, konstatovane šupljine-kaverne, ispune „prepakt" betonom (diskontinuiranim injektiranim betonom). Naime, uz prethodno zatvaranje tih šupljina adekvatnom oplatom, sa strane rečnog toka, iste su zapunjene kroz posebno izrađeno bušotine krupnim šljunkom. Posle zatrpavanja, popunjavanja, posebnim postupkom izvedeno je injektiranje ovog materijala cementnom emulzijom. Tako je dobijen projektom predviđen prepakt beton. Osim navedenog izvedena su i dodatna injektiranja obala, izrada injekcionih zavesa, oko delova zapunjenih prostora prepakt betonom.

Međutim, kasnija ispitivanja izvedenih radova na sanaciji temelja nisu pokazala zadovoljavajuće i očekivane rezultate. Ovo se objašnjava time što je za vreme radova na injektiranju bilo prisutno strujanje vode u odnosnom volumenu kao i neadekvatnom primenom smese i postupka injektiranja. No, i pored navedenog konstatovano je izvesno poboljšanje-ispunjavanjem šupljina ispod obalnih stubova mosta. Radovi na saniranju temelja, i pored mnogih nepovoljnosti, završeni su krajem 1957. godine.

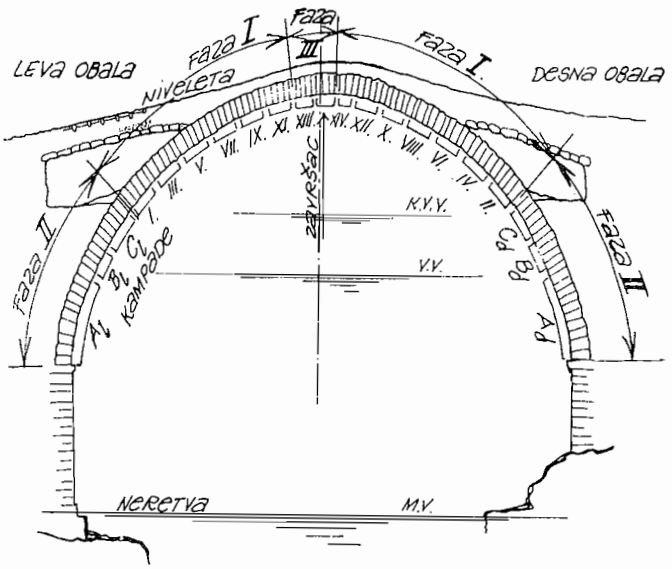
Radovi II faze – injektiranje svoda

Svod Starog mosta jedinstven je po komponenti konstrukcije u graditeljskom nasleđu. Veličinom otvora (28,67 m), oblikom intradosa (korpast, eliptičan oblik blizak polukrugu; sa f_0=12,02 m) i debljinom svoda (cca 80 cm), v.sl.49, 50. i sl. 51. – ukazuje na veliko umeće njegovog graditelja. U svod je ugrađeno 456 kom. tesanika izrađenih od oolitskog krečnjaka (u narodu ovog kraja poznat pod imenom „tenelija").

Detaljnim pregledom (sa lake skele) na svodu su konstatovane mnogobrojne prsline i pukotine, kao posledica: dugog veka mosta, dugotrajnog ispiranja krečnog maltera u spojnicama i neravnomerne raspodele pritisaka u preseku, u radijalnim spojnicama. Osnovna postavka i princip sanacionih radova ove faze sastojao se u tome – da se konsolidacijom konstrukcije svoda putem injektiranja njegove mase sva vremenom nastala oštećenja isključe odnosno svedu na minimum. Usvojen princip sanacije injektiranjem uslovio je mnoga prethodna uglavnom laboratorijska ispitivanja, jer se projektom tražila velika fluidnost emulzije (veliki broj finih pukotina) i injektiranje pod malim pritiscima. Isto tako, vrednost modula elastičnosti injekcione mase morao je da odgovara današnjem modulu krečnog maltera u spojnicama svoda (radi bolje i efikasnije ravnomernosti prenošenja pritiskujuće sile sistema). Radovi na injektiranju svoda nisu smeli da menjaju boju kamena na njegovim vidnim površinama, što je takođe bio uslov.

Obimna i znalački sprovedena prethodna laboratorijska istraživanja, pod uslovima što bližim stvarnom stanju konstrukcije svoda, pokazala su (laboratorijska injektiranja vršena su pod pritiscima od 0,5 do 2 bara, pod istim uslovima kojima će se vršiti injektiranje svoda): – da se injektiranju mora pristupiti sa puno pažnje i odgovornosti; – da injekciona masa ne prodire u kamen (nema opasnosti od prljanja vidnih površina); – da je od posebne važnosti da se pre injektiranja kamen zasiti vodom kao i da se sama radnja injektiranja odvija kontinualno, bez prekida; – da injektiranje jednog dela svoda, jedne kampade, treba da traje što kraće sa istovremenim ubrizgavanjem emulzije na više mesta; – da prilikom rada na injektiranju treba početi od najređe smese (suva supstanca: voda = 1:4) pa istu postepeno progušnjavati; – da uređaj za injektiranje treba tako dimenzionisati da u svakoj situaciji omogućuje kontinuirani rad; i – da je najpogodnija smesa za injektiranje sastava: 82,5% cementa + 2,5% bentonita + 15% kamenog brašna (od oolitskog krećnjaka, od „tenelije").

Projekat je predvideo da se injektiranje izvrši u tri faze, simetrično prema temenu svoda, u svemu kako je to prikazano na sl. 128. Veličine pojedinih kampada bile su uslovljene brojem stega (stege su imale zadatak da spreče

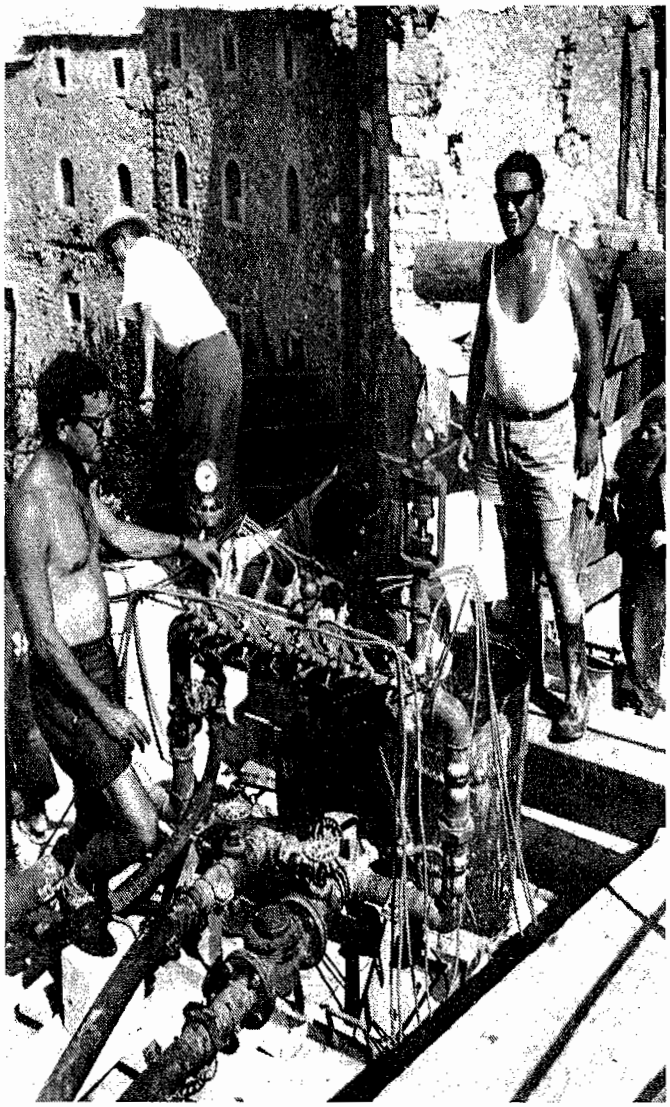


Sl. 128 – Projektovane faze injektiranja svoda

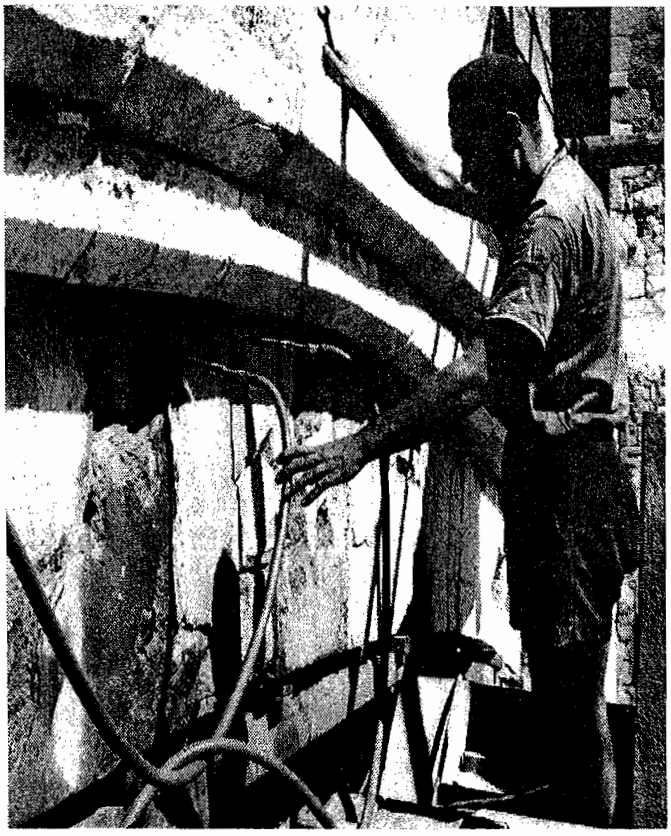
neželjene deformacije svoda usled apliciranja pritiska potrebnog za penetraciju emulzije) i injekcionih uređaja. Redosled radova na injektiranju sastojao se u sledećem: (1) plansko bušenje rupa (Ø 20 mm, dubine 40 do 85 cm) za smeštaj pakera; (2) postavljanje stega (po četiri montažne stege za svaku kampadu koje su primale silu od 100 kN); (3) ispiranje pukotina i spojnica vodom pod pritiskom od 3 bara (radi lakšeg prodiranja injekcione smese i njene bolje athezije za kamen); (4) zatvaranje spojnica i pukotina (da ne bi injekciona masa isticala iz delova koji se injektiraju); (5) stavljanje kampade pod pritisak vode u cilju kontrole zatvaranja spojnica i pukotina (tom prilikom merena je vodopropusnost pri različitim pritiscima); i (6) kontinuirano injektiranje jedne kampade svoda (izvodi se posle proverenog rada uređaja za injektiranje i potrebnog zasićenja kampade vodom).

Za vreme radova na injektiranju konstrukcija svoda bila je poduhvaćena odgovarajućom skelom. Zadatak skele bio je da se rastereti svod odnosno da skela uspešno primi težinu svoda i deo konstrukcije koju svod nosi (kako

a



b



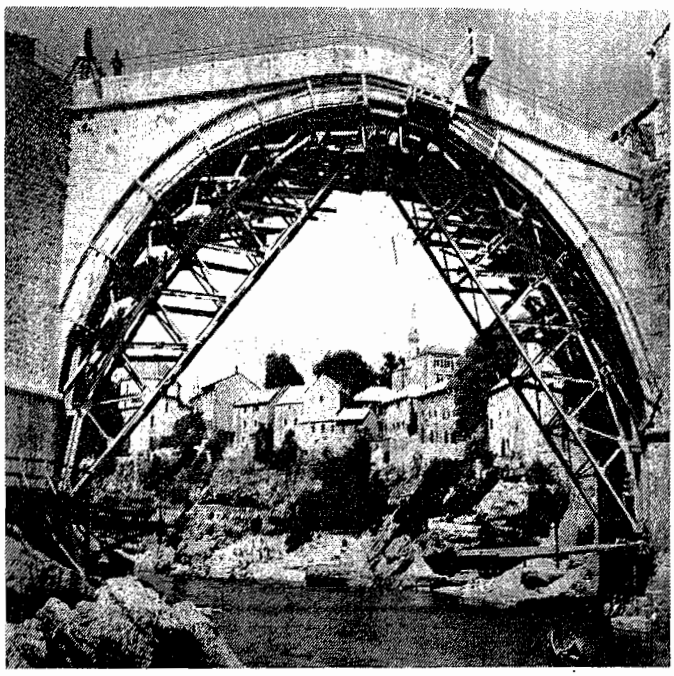
c



Sl. 129 – (a) „komandni most" preko kojeg su „pakeri" snabdevani smešom za injektiranje; (b) „pakeri" uključeni u radijalne spojnice; (c) prsline ispunjene emulzijom (na mestu plombiranja oštećenog tesanika)

je skela bila sistema luk na tri zgloba, to je pre početka injektiranja u temeni zglob skele aplicirana odgovarajuća horizontalna sila. Apliciranjem ove sile izvršeno je rasterećenje svoda). Injektiranjem rasterećene konstrukcije svoda, posle spuštanja svodne skele, injektirane mase su statički aktivirane.

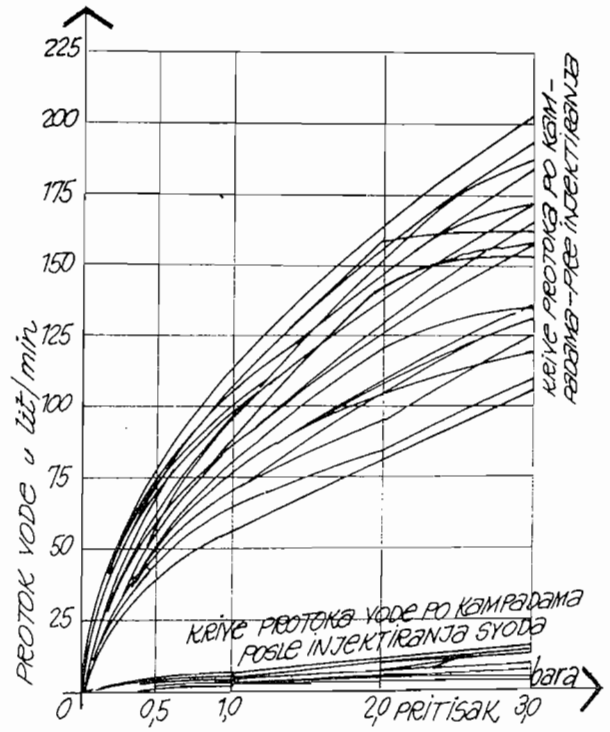
Projektovani proces injektiranja i poreď brižljivih i obimnih prethodnih analiza bio je izvođaču radova nedovoljno poznat, a sadržavao je i mnoge specifičnosti, – pa je prva deonica svoda, prva kampada, smatrana probnom kampadom. Na ovoj deonici kontrolisani su svi projektovani zahvati, izvršene svrsishodne korekture postupka i eksplicitno jasno definisan dalji postupak rada. Na probnoj deonici je i utvrđen kriterijum za završetak injektiranja



Sl. 130 – Svodna skela za potrebe injektiranja svoda

pojedinih bušotina (kada nastupi sedimentacija smese u plastičnoj cevi, dovodu emulzije).

Po utvrđenom postupku na „probnoj" kampadi injektirani su svi ostali delovi svoda. Kao kontrola kvaliteta izvršenog injektiranja poslužio je kriterijum vodopropusnosti pre i posle injektiranja. Naime na svim kampadama meren je protok vode pri pritiscima od 0,5, 1,2 i 3 bara i to pre injektiranja i posle injektiranja. Rezultati ovih ispitivanja (Sl. 131) pokazuju da su protoci vode posle injektiranja smanjeni za oko 12 do 30 puta, što ukazuje na kvalitetno zapunjavanje prslina i pukotina u konstrukciji svoda Starog mosta u Mostaru. Skela je popuštena 15 dana posle injektiranja poslednje kampade (u temenu svoda).



Sl. 131 – Dijagram protoka vode kroz pojedine kampade pre i posle injektiranja svoda

Za injektiranje svoda utrošeno je: 13550 kgr cementa, 2190 kgr kamenog brašna, 375 kgr bentonita, i 28950 litara vode (kada se na osnovu ovih količina sračuna zapremina injektiranih šupljina onda se dobija vrednost od cca $7m^3$, što ukazuje da je u konstrukciji svoda bilo mnogo pukotina, otvorenih praznih spojnica i šupljina).

Osim radova na injektiranju koji su ovom prilikom izvedeni izvrešno je i delimično zamenjivanje oštećenih kamenih blokova na čelima svoda, kao i veći broj drugih konzervatorskih radova na mostu kao celini. Radovi na injektiranju svoda započeti su u proleće 1963. godine a završeni su 5 novembra iste godine.

Ovde je potrebno podvući da je sanacija svoda Starog mosta uspešno realizovana zahvaljujući kvalitetnom radu Komisije, koja je najpre ispravno konstatovala uzroke i kvantitet oštećenja a zatim koristila adekvatne puteve da dođe do optimalnog rešenja sanacije ovog jedinstvenog spomenika kulture u nas.

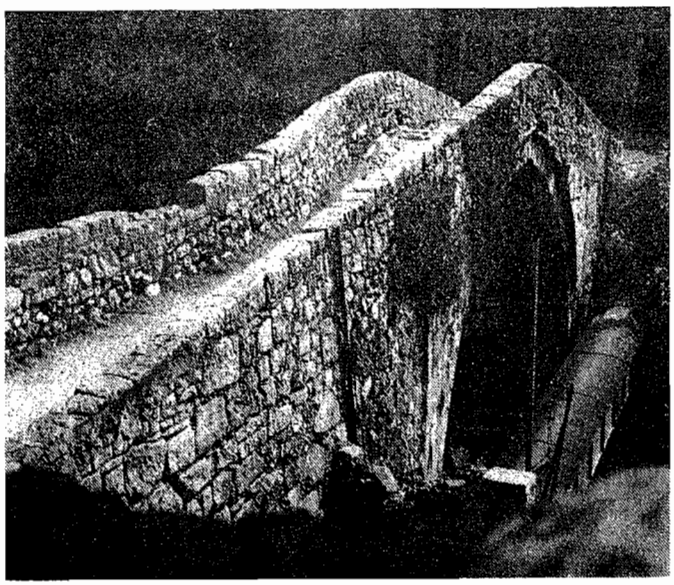
5.15. KRIVA ĆUPRIJA preko Radobolje u Mostaru

Neposredno uzvodno od ušća Radobolje u Neretvu, u Mostaru, reka je premošćena mostom sa jednim polukružnim otvorom veličine 8,42 m – u narodu poznatom pod imenom „Kriva ćuprija". Prema nekim, istorijskim podacima most je sagrađen polovinom XVI veka, nekih desetak godina pre građenja Starog mosta (preko Neretve).

Most je u svom dugom veku više puta popravljan. Primetno je, da su mnoge od tih popravki nestručno izvedene što se lako uočava na građevini. Evidentne i primetne deformacije propraćene većim i manjim prslinama, podlokavanja obalnih stubova i krilnih zidova, vidna oštećenja kolovoza, čeonih i ogradnih zidova – uslovili su radikalne sanacione radove izvedene tokom 1967. godine.

Prilikom ovih sanacionih radova uklonjeni su tragovi ranijih popravki, uglavnom zidanja izvedena lomljenim kamenom, i ista zamenjena obrađenim kamenom po ugledu na sačuvane elemente mosta. Tom prilikom obnovljena je i ograda mosta.

Džemal Čelić i Mehmed Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969, str. 200–203.

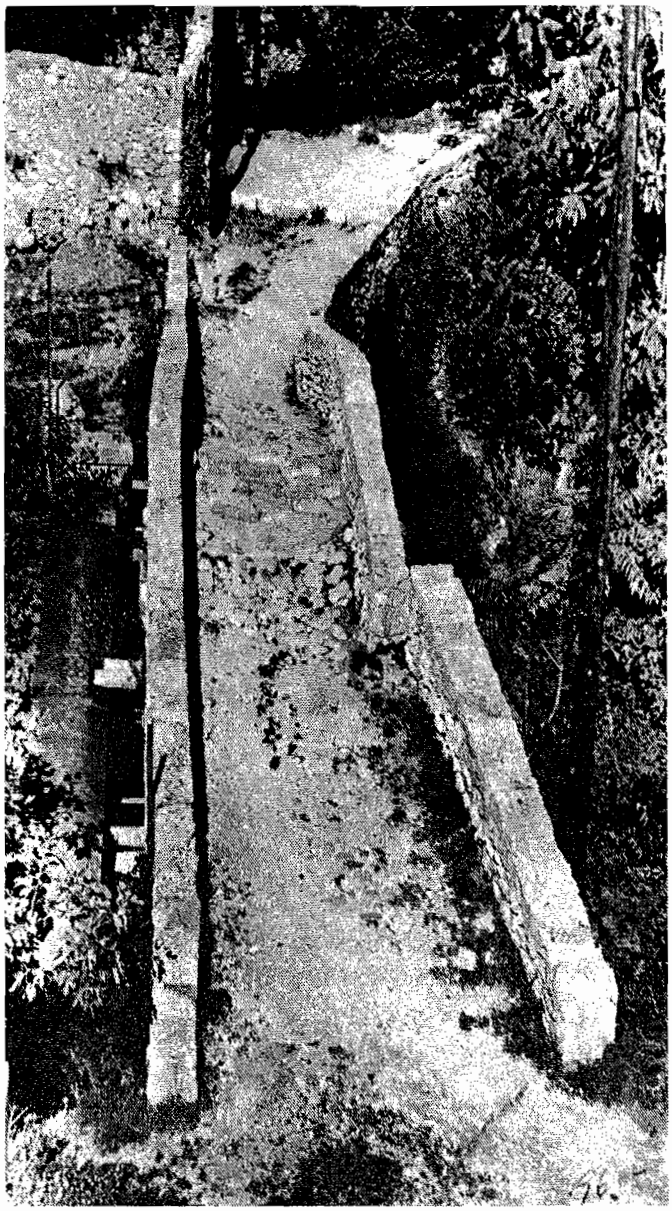


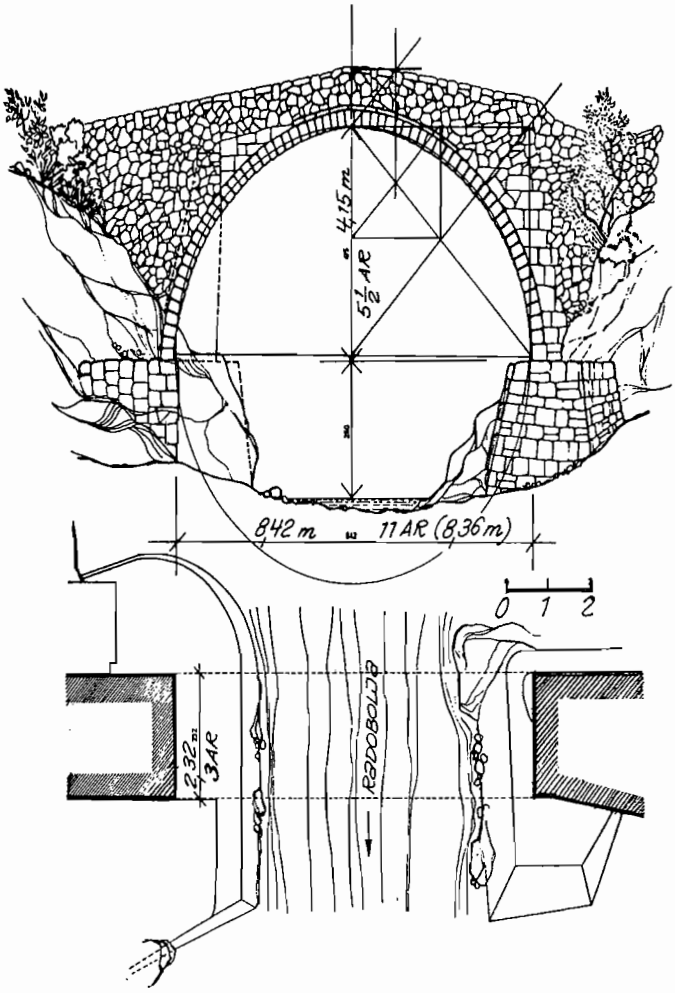
– Mirko Kujačić, *Konzervacija Starog mosta u Mostaru*, Naše starine VII, Sarajevo, 1960;

– D. Krsmanovć, H. Dolarović i Z. Langof, *Sanacija Starog mosta u Mostaru*, Naše starine XI, Sarajevo, 1967.

– Milan Gojković: *Konstrukcijske karakteristike svoda na Starom mostu u Mostaru*, Kongresna publikacija VI kongresa građevinskih konstruktera Jugoslavije, Bled, 1978, str. 75–80.

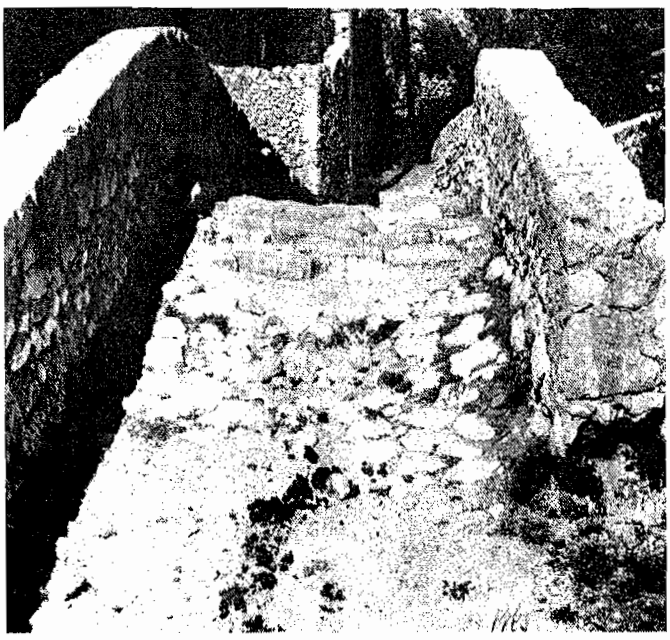
– Luka Marić: *O kamenu od koga je sadjelan Stari most u Mostaru*, Novi ljetopis srpskog kulturnog društva Prosvjeta. 2, Zagreb, 1972, str. 63–64.





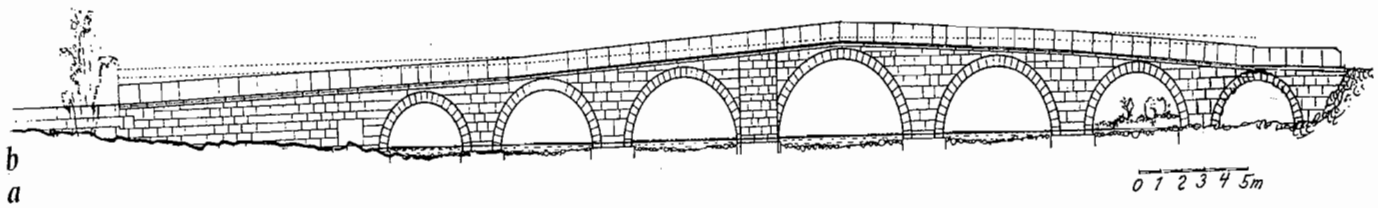
Sl. 132 – Kriva ćuprija preko Radobolje u Mostaru

5.16. MOST U PLANDIŠTU kod Blažuja (Sarajevo)

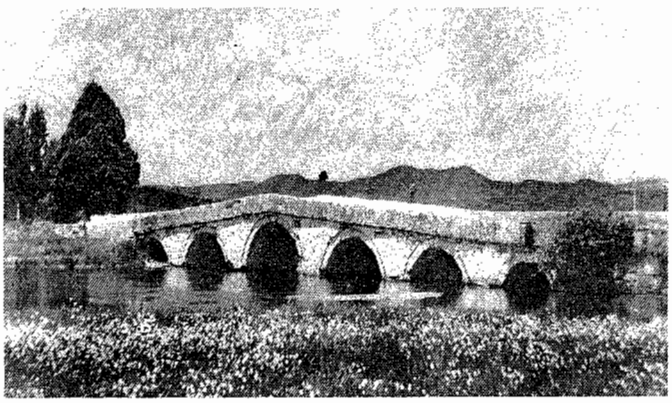


Na starom putu koji je od Carigrada preko Sarajeva vodio za severozapadnu Bosnu, preko reke Bosne nedaleko od Sarajeva (a danas praktično u Sarajevu), na lokalitetu zvanom Plandište, sagrađen je polovinom XVI veka (pre 1550. godine) kameni most. Ravničarski tok reke Bosne, neposredno ispod njenog izvora, premošćen je mostovskom konstrukcijom sa sedam relativno malih otvora zasvedenih polukružnim svodovima, sa mnogim elementima svojstvenim ondašnjoj turskoj mostogradnji. Ne isključuje se mogućnost, s obzirom na geometriju građevine i trase starih puteva, da je most nastao na temeljima neke ranije ćuprije a možda i na ostacima mosta iz rimskih vremena.

Pre desetak godina na mostu su uočena izvesna oštećenja – rečnih stubova, svodova, posebno pojedinih tesanika, parapeta i kolovozne konstrukcije – što je imperativno tražilo određene konzervatorske zahvate odnosno sanaciono-restauratorske radove. S obzirom na konstatovano stanje ćuprije potrebni sanacioni radovi podeljeni su



b
a

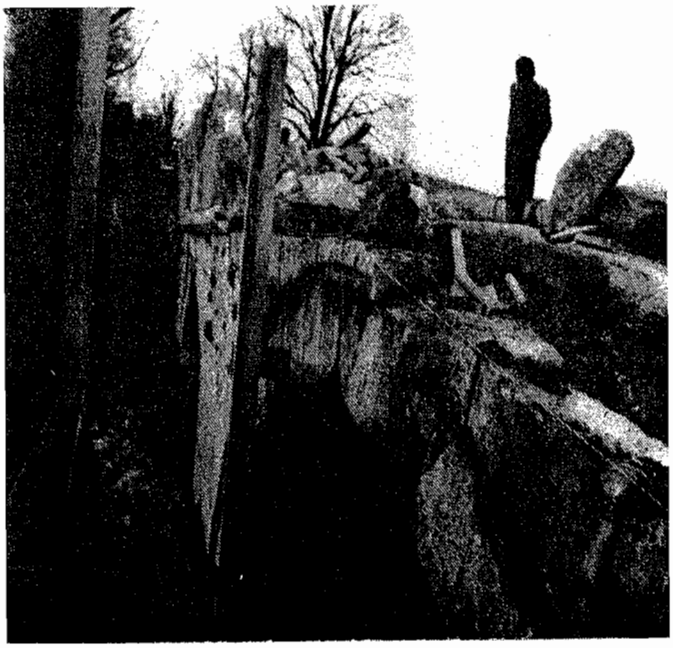


Sl. 133 – Most preko Bosne kod Sarajeva (XVI): (a) uzvodni izgled – pre radova; (b) nizvodni izgled sa otkrivenim svodom



Sl. 134 – Detalj oštećenja rečnog stuba (nizvodna strana)

a





b

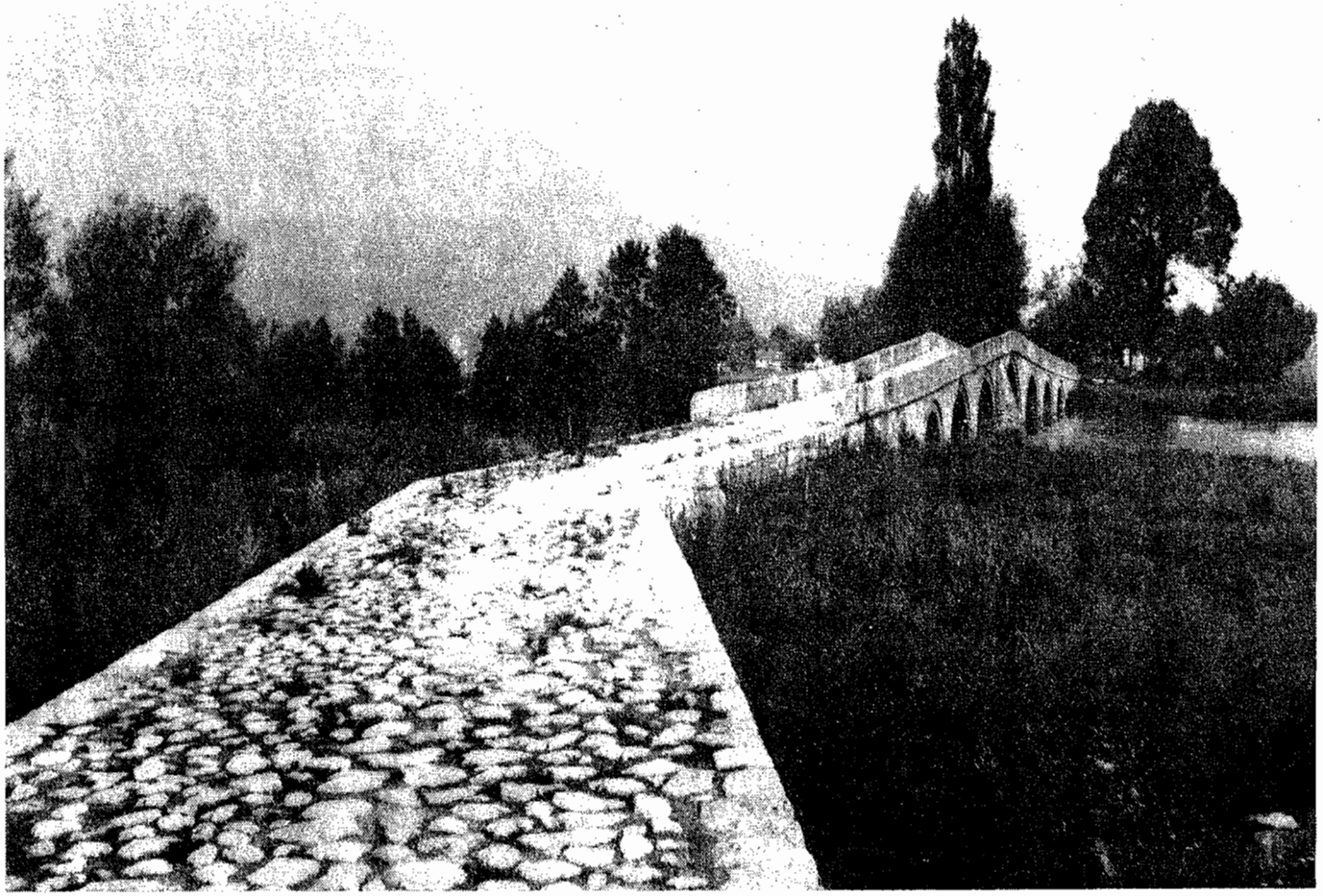
Sl. 135 – Detalji sa radova na sanaciji: (a) prezidivanje venca; (b) sanacija ekstradosa, čeonog zida i venca; (c) vađenje iz ispune mosta; (d) prezidivanje krune čeonog zida

c d





Sl. 136 – Izgled mosta posle izvedenih sanacionih radova



u dve faze: – *u prvoj fazi* trebalo je most osloboditi flore, koja je razarajuće delovala na pojedine njegove elemente; zaštititi konstrukciju superstrukture od štetnog uticaja atmosferske vode; zameniti oštećene blokove kamena zdravim odnosno restaurirati čeone zidove, korkaluk ogradu i kolovoznu konstrukciju ćuprije; – *u drugoj fazi* posle odgovarajućeg ispitivanja i istraživanja stanja rečnih stubova treba preuzeti adekvatne radove na sanaciji temelja (obzirom na malu visinu vode u toku letnjih dana, vizuelno je konstatovano da su stubovi fundirani na kamenom nabačaju – što treba potvrditi istraživanjem).

Posle izrade i revizije odgovarajućeg projekta tokom 1985. godine izvedeni su radovi prve faze. Ovi radovi su obuhvatili: demontiranje kolovozne konstrukcije i vađenje postojeće ispune mosta; čišćenje ekstradosa svodova i naličja čeonih zidova uz istovremeno zamenjivanje oštećenih blokova kamena i sanaciju lokalnih oštećenja; izradu nove izolacije i njene odgovarajuće zaštite sa ugrađivanjem potrebnog broja slivnika, lokaliteta za odvođenje atmosferske vode koja bi eventualno mogla da dopre u ispunu mosta; restauraciju odnosno rekonstrukciju kolovozne konstrukcije, nove kaldrme na sloju peska (zdravi komadi kamena sa prethodno demontiranog kolovoza vraćeni su na svoje mesto); i potrebni konzervatorsko-restauratorski radovi na parapetnim zidovima, na korkaluk ogradi. Prilikom sanacionih radova na ogradi mosta zamenjene su oštećene i ugrađene nove kamene ploče (od sedre) na mestima gde su iste nedostajale. Svi ovi radovi izvedeni su pod direktnim nadzorom i u organizaciji Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture u Sarajevu (pod rukovodstvom arh. Dženane Golović).

Prilikom čišćenja mosta, odstranjivanje rastinja na i oko mosta, na levoj obali reke Bosne, otkriven je još jedan otvor mosta koji je u oštećenom stanju svojevremeno zatrpan. Ovaj nalaz ukazuje da je izvorni koncept mosta bila ustvari simetrična konstrukcija sa sedam otvora u kojoj je, u osi simetrije dispozicije, dominirao centalni i istovremeno najveći otvor mosta (vel. 5,70 m) i najviša kota nivelete odnosno vertikalna konveksna krivina nivelete.

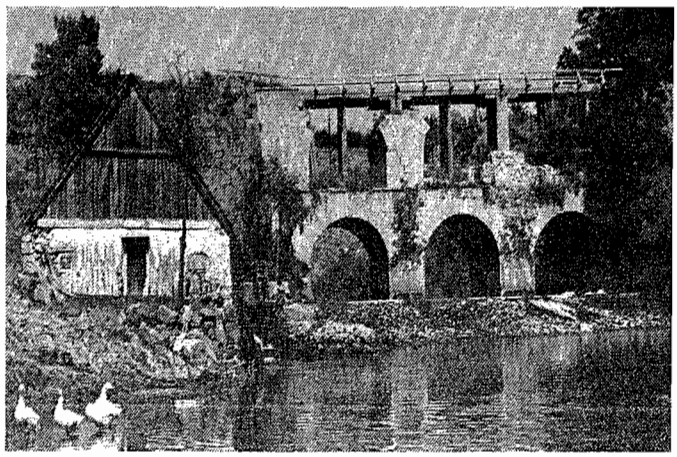
Veruje se, da će se ubrzo nastaviti sanacioni radovi druge faze odnosno odgovarajući zahvati na konsolidaciji temelja rečnih stubova ove jedinstvene ćuprije.

5.17. MOST PREKO TOUNJČICE u Tounju

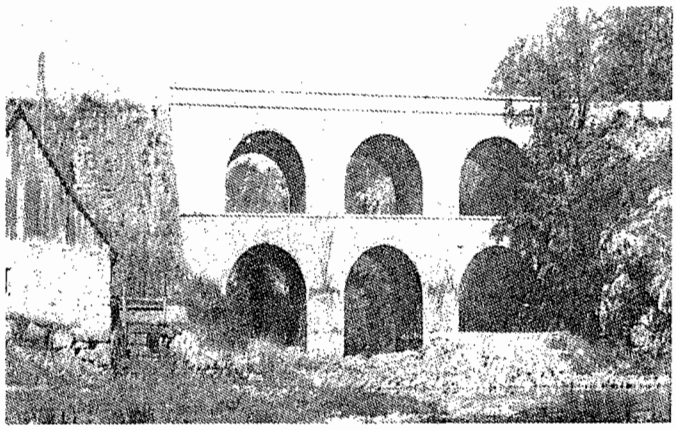
Tounjski most je jedini dvospratni most u nas. Nalazi se na tzv. Jozefinskoj cesti (Karlovac–Senj) i premošćuje reku Tounjčicu sa po tri otvora u svakoj etaži (vel. otvora 5,6 m). Jedinstvena pitoreksna građevina, ukrašena skulpturama i natpisnim pločama,*) ubraja se u značajne spomenike kulture. Donji sprat mosta sagrađen je 1775–79. godine (graditelj pukovnik Vinko Strupi) a gornji sprat, prilikom korekcije nivelete puta, dodat je 1836 do 1845. godine (graditelj Josip Kajetan Knežić).

Za vreme poslednjeg rata porušen je veći deo gornjeg sprata mosta. U prvo vreme porušeni deo bio je premošćen provizornom drvenom konstrukcijom a 1956. godine odlučeno je da se most obnovi u svom izvornom obliku.

Na osnovu podataka sa originalnih – starih crteža, starih fotografija i mera uzetih sa ostataka konstrukcije – projektovana je rekonstrukcija i sanacija mosta.**) Prema ovim planovima izvedena je obnova porušenog dela mosta. Pre radova na restauraciji gornjeg sprata detaljno je pregledan donji sprat i izvedeni su potrebni sanacioni radovi. Pre početka zidanja prikupljeni su komadi kamena sa stare konstrukcije, probrani su blokovi koji su mogli ponovo da se upotrebe, da se uzidaju, a novi kamen biran



a



b

*) Prevodi natpisnih ploča glase (prema K. Tonkoviću):

prva: „U spomen strme ceste, kojom je trećeg maja 1775. rimski imperator Josip II, otac domovine prvi došao i milostivo zapovijedio da se nova sagradi.

Presretni izvođač pukovnik Struppi"

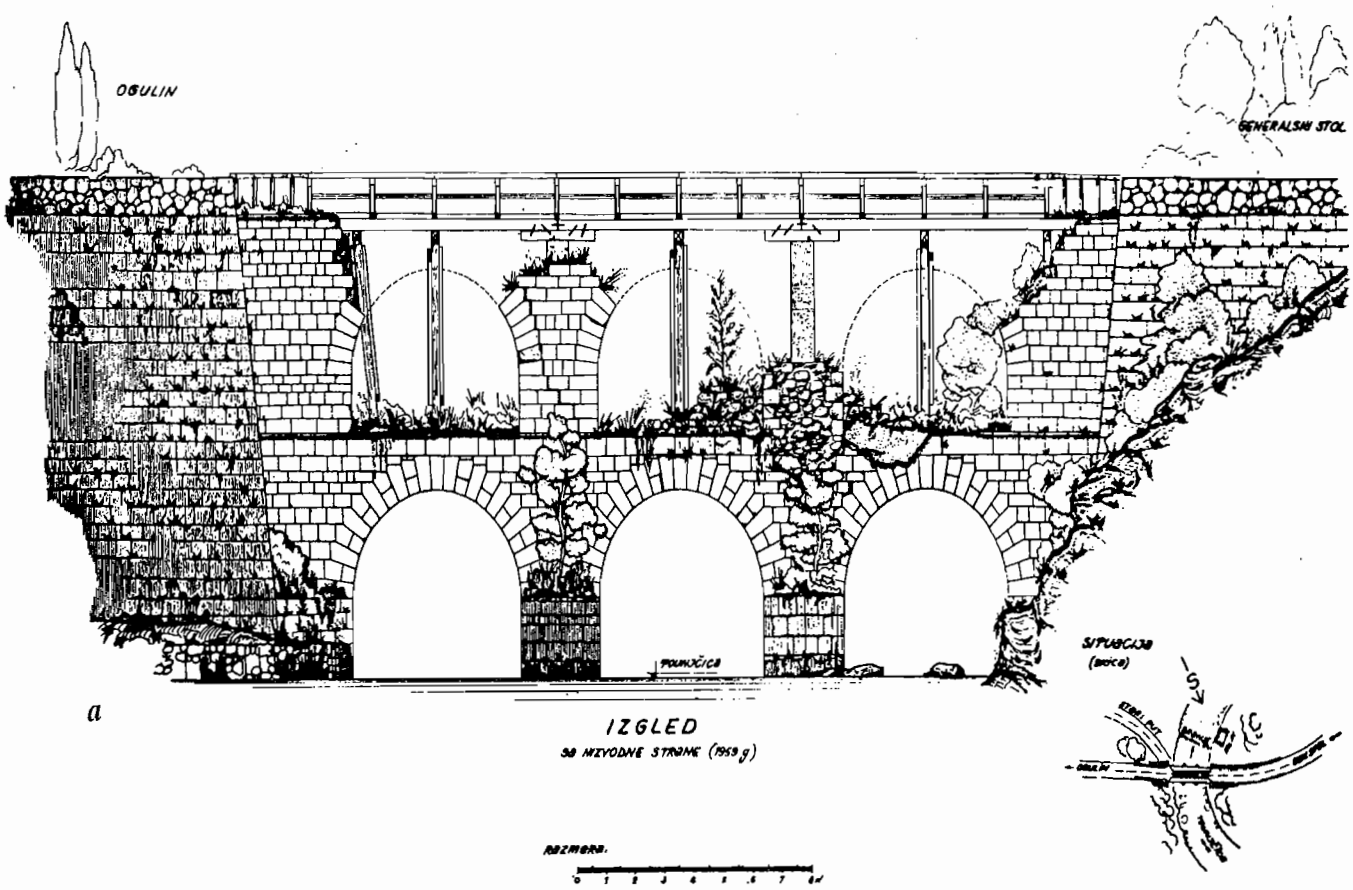
druga: „Ferdinand I, imperator Austrije, pobožni, sretni, uzvišeni, mostu od božanskog Josipa II rimskog imperatora podignutom među strmim obalama, nadogradio je novi lakši prilaz i čitavu cestu obnovio 1836.

Po Kajetinu Knežiću vrhovnom zapovjedniku graničara"

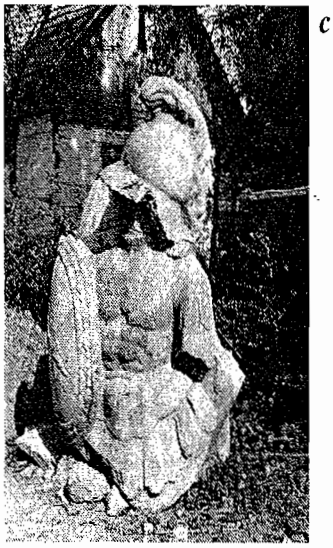
**) Projekt sanacije izrađen je na Građevinskom fakultetu u Zagrebu (prof. K. Tonković). Radove je izvelo preduzeće Hidroelektra iz Zagreba.

– Kruno Tonković; *Zbornik radova II Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,* Zagreb, 1975, str. 108, 129–131;

– Jure Radić: *Prilog proučavanju mostova ogulinskog područja,* Izgradnja br. 12, Beograd, 1985;



a



c

Sl. 137 – Most preko Tounjčice u Tounju: (a) pre restauracije – izgled sa nizvodne strane; (b) posle sanacionih-restauratorskih radova; i (c) oštećen kip sa mosta

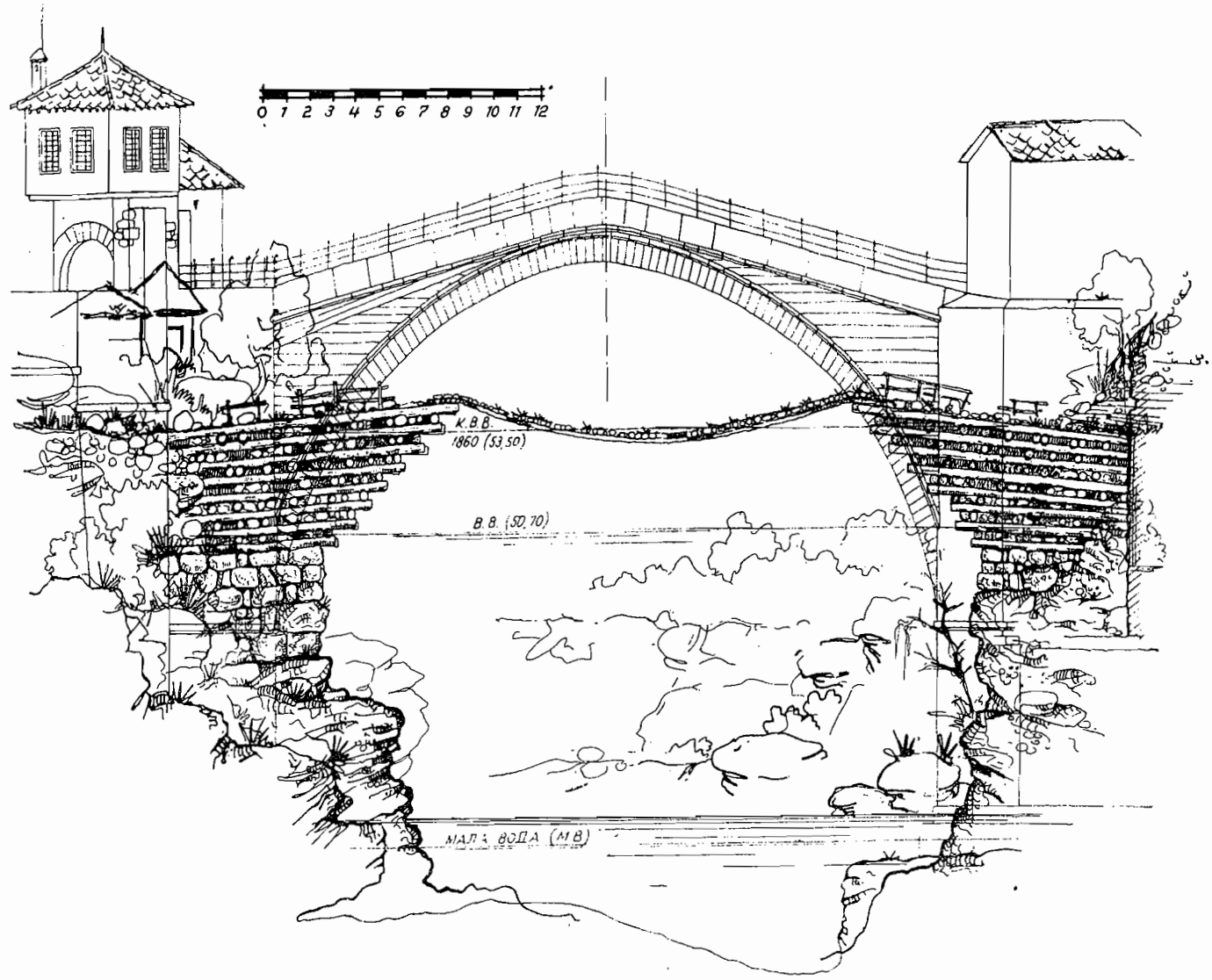
je tako da se po boji i petrografskom sastavu ne razlikuje od već ugrađenog kamena (jurski krečnjak). Principijelno, težilo se da se na vidnim površinama mosta ugradi što manji broj novih blokova kamena. Inače, primenjen je kvalitet obrade kamena i način zidanja u svemu isti kako je to rađeno polovinom XIX veka.

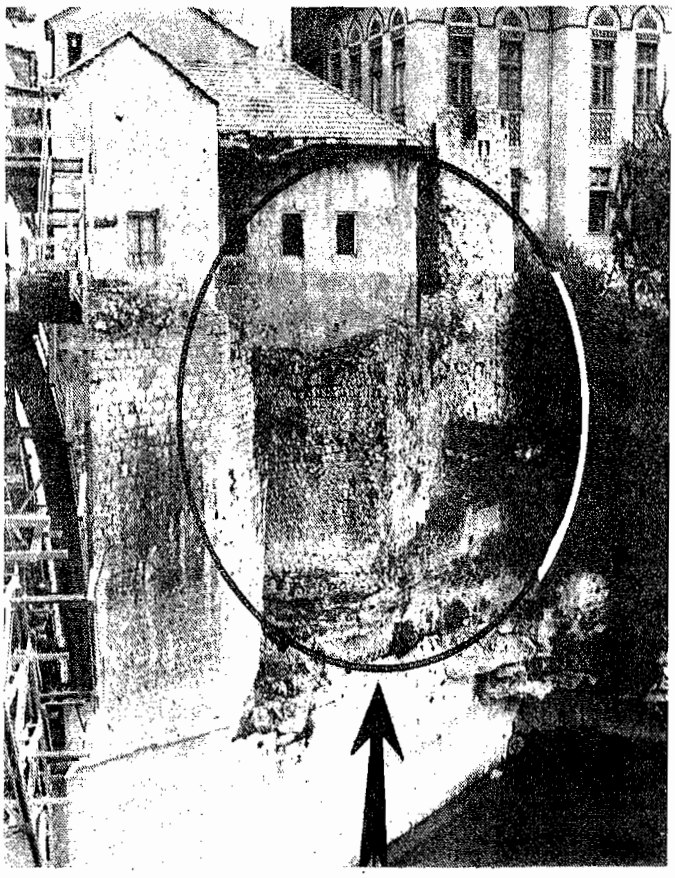
Most je obnovljen u izvornom obliku 1973. godine. Ostalo je još da se izrade nedostajuće skulpture i natpisne ploče (za koje postoji dovoljno podataka). I ovde je zastupljen princip da sve što se vidi bude izvedeno po ugledu na staro a ono što je skriveno od oka posmatrača – prema načelima i stavovima savremene mostogradnje.

5.18. LANČANI MOST PREKO REKE NERETVE u Mostaru

Kao što je poznato i istorijski evidentirano Stari most preko reke Neretve u Mostaru sagrađen je 1566. godine. Međutim, istorijski je dokazano – da je naselje sa mostom na ovom lokalitetu postojalo i pre gradnje Starog mosta, još sredinom XV veka. Isto tako je poznato, da je još od rimskih vremena, a i kasnije, ovuda prolazio put od Jadranskog mora (Narone) i dalje, preko Konjica i Romanije, spuštao se u dolinu reke Drine.

Postavljen je bio zadatak – da li je moguće rekonstruisati izgled i karakteristike ovoga mosta. Na osnovu brojnih pisanih podataka i dokumenata nije bilo teško izvesti zaključak – da se ovaj most nalazio neposredno nizvodno od sadašnjeg Starog mosta. No, kako nas od vremena građenja „lančanog mosta" deli više od pet vekova, i kako je poprečni profil reke sigurno kroz to vreme promenio svoje karakteritike – to ova hipoteza o lokalitetu mosta i pored navedenog ima svoju vrednost, jer se oslanja na autentične istorijske podatke i logične zaključke. I dalje, pisani podaci mnogih putopisaca ukazuju na činjenicu – konstrukcija mosta bila je delimično od drveta a noseći elementi bili su lanci znatne veličine (i težine); –





Sl. 138 – Lančani most preko reke Neretve u Mostaru – grafička rekonstrukcija (sa fotosima tragova oporca lančanog mosta)



konstrukcija mosta imala je znatna pomeranja kako u vertikalnoj tako i u horizontalnoj ravni; – i manju visinu nivelete (u odnosu na sadašnji Stari most).

Sa ovim i ovako iskristalisanim podacima zasnovanim uglavnom na pisanim istorijskim izvorima, poprečnog profila Neretve na mestu premošćavanja i uvida u stanje i stvaralački opus srednjevekovne mostogradnje toga vremena uopšte – rekonstruisan je izgled lančanog mosta, u svemu kako je to prikazano na sl. 138. Naime, po svemu sudeći most je morao da ima dva obalna stuba od drveta složene konstrukcije i srednji – noseći deo mosta od dva (ili više) gvozdena lanca, sa kolovoznom konstrukcijom takođe od drveta.

Na osnovu svega rečenog, rekonstruisan koncept premošćavanja oslanja se na relativno skromne i ograničene podatke. Veruje se da je blizak ako ne i identičan mostu iz vremena pre građenja Starog mosta. Neosporno, da bi dalja istraživanja u ovome pravcu potvrdila ili negirala, korigovala, prednju hipotezu.

Milan Gojković, *Jedna hipoteza o izgledu i konstrukciji mosta preko Neretve u Mostaru pre građenja Starog mosta,* Zbornik zaštite spomenika kulture, knj. XVII, Beograd, 1966, str. 51–64;

5.19. MOST PREKO VARDARA u Skopju

Stari kameni most preko Vardara u centalnom delu grada, između trga Maršala Tita i Stare Čaršije, ubraja se u značajnije spomenike kulture u nas. Ukupna dužina mosta širine 6,30 m (između lica čeonih zidova) je cca 210 m. Korisna širina mosta u izvornom obliku mogla je da bude oko 5,5 m. Osnovu primarne dispozicije čini četrnaest otvora različitih veličina – od 4,05 m do 13,48 m – i svi su zasvedeni polukružnim svodovima oslonjenim na masivne rečne stubove širine i do 5,65 m (5,65:13,48=1:2,38 odnosno širina stuba=2,38 deo od raspona). S obzirom na lokaciju mosta i autentične istorijske činjenice, elemente koncepta premošćavanja i oblika izvorne dispozicije mosta, kao i mnogih i sada vidljivih konstrukcijskih detalja – vreme nastanka mosta može se sa puno sigurnosti locirati u doba Justinijana I (527–565). A možda i ranije?

Most je u svom dugom veku mnogo puta popravljan. Za mnoge manje popravke se nezna ali se zna na osnovu pisanih podataka, za sanacione radove izvedene: za vreme vladavine Murata III (1579/80), kada su bila porušena četiri svoda; zatim za radove izvedene 1817/18. godine; pa za vreme kosovskog valije Ahmed Ajub-paše sredinom XIX veka (porušeni svodovi ozidani su opekom); međutim, popravka mosta za vreme Murata II (1421–1451) ili čak za vreme Mehmeda Osvajača, nije izvesna iako turski izvori tvrde da je legator mosta Murat II, na osnovu natpisa na mihrabu postavljenog 1909. godine, kada je most popravljen. Tom prilikom demontirana je kamena ograda i most je proširen dodavanjem čeličnih konzola koje nose posebno konstruisane pešačke staze. Tada je i kolovoz od turske kaldrme zamenjen sitnom kamenom kockom. Izgradnjom keja 1896/97 godine zatrpana su tri otvora na desnoj obali reke.

Interesantan je podatak da katastrofalni zemljotres od 26. jula 1963. godine nije oštetio most, što se objašnjava fleksibilnošću relativno masivne mostovske konstrukcije kao i sticaja po most povoljnih okolnosti (vrsta tla na kome je most fundiran, pravac i rasprostiranje trusnog udara itd.)*

U toku radova na regulaciji Vardara na potezu kroz grad Skopje, tokom 1972/73. godine, izvedeni su sanacioni radovi na temeljima rečnih stubova i, što se posebno podvlači, opsežna arhitektonsko-arheološka istraživanja mostovske kontrukcije kao celine. Ova istraživanja, pod rukovodstvom Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Skopju, ukazala su i potvrdila – kako mnoge njegove popravke u proteklom vremenskom periodu tako i njegovo nastajanje u najranijim vremenima. Prema ovim istraživanjima građenje mosta sa puno sigurnosti može se datirati sa početkom VI veka.

Prema pisanju i istraživanju arh. Vasila Iljova, najranija faza odnosno postojanje mosta, prema materijalnim nalazima tokom pomenutog istraživanja i ispitivanja, identifikuje se sa arheološkim nalazima na Skopskoj tvrđavi (sa Opus Quadratum, kako navodi autor), najverovatnije sa periodom obnove posle zemljotresa iz 518. godine. Da je most sagrađen u ovo vreme, autoru istraživanja, ukazuju pravougaoni oblici stopa temelja rečnih stubova konstruisani i sagrađeni sa mnogim jasno prepoznatljivim elementima i umećima dobro znane rimske mostogradnje. Od ovog vremena pa sve do polovine XV veka konstrukcija je obavijena tamom. Drugu fazu, kako pokazuju istraživanja, obuhvata izgradnju kljunova rečnih stubova koja se vezuje za vreme Murata II (1444–1446). Iz ovog perioda je i venac na stubu V koji je po obliku adekvatan sa sličnim elementom na Sultan Muratovoj džamiji (1436/37). Ovi podaci ukazuju da su u ovoj fazi izvedeni značajni radovi na sanaciji mosta, radovi koji su konstrukciji dali mnoge elemente iz turske mostogradnje.

Treća faza obuhvata period posle katastrofalnog zemljotresa iz 1555. godine odnosno identifikuje se sa velikim popravkama u 1579. godini, za vreme Murata III (1574–1595), sa vremenom kada su obnovljena četiri svoda i kada je rečni stub sa mihrabom dobio današnje konture i arhitektonske detalje (u ovom stubu nalaze se dve olakšavajuće šupljine otvora vel. 1,65 m, visine 3,14 m i dužine – jedna 12,20 m a druga 13,20 m).

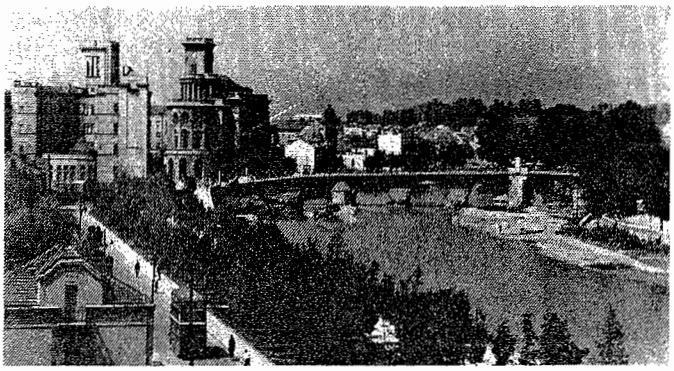
Nadežda Katanić, Milan Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori,* Beograd, 1961, str. 117–132.

*) Milan Gojković, *Zemljotresi i spomenici kulture,* Zbornik za zaštitu spomenika kulture, knjiga XV, Beograd 1964.

Četvrtu fazu obuhvataju sanacioni radovi izvedeni 1736. godine. Zna se da su ove radove izveli protomajstori Gigo, Nikola i Tanas. Za vreme Mahmuda II odnosno 1817/18. godine most je takođe popravljan. Prilikom navedenih istražnih radova nađeni su tragovi ovih popravki.*)

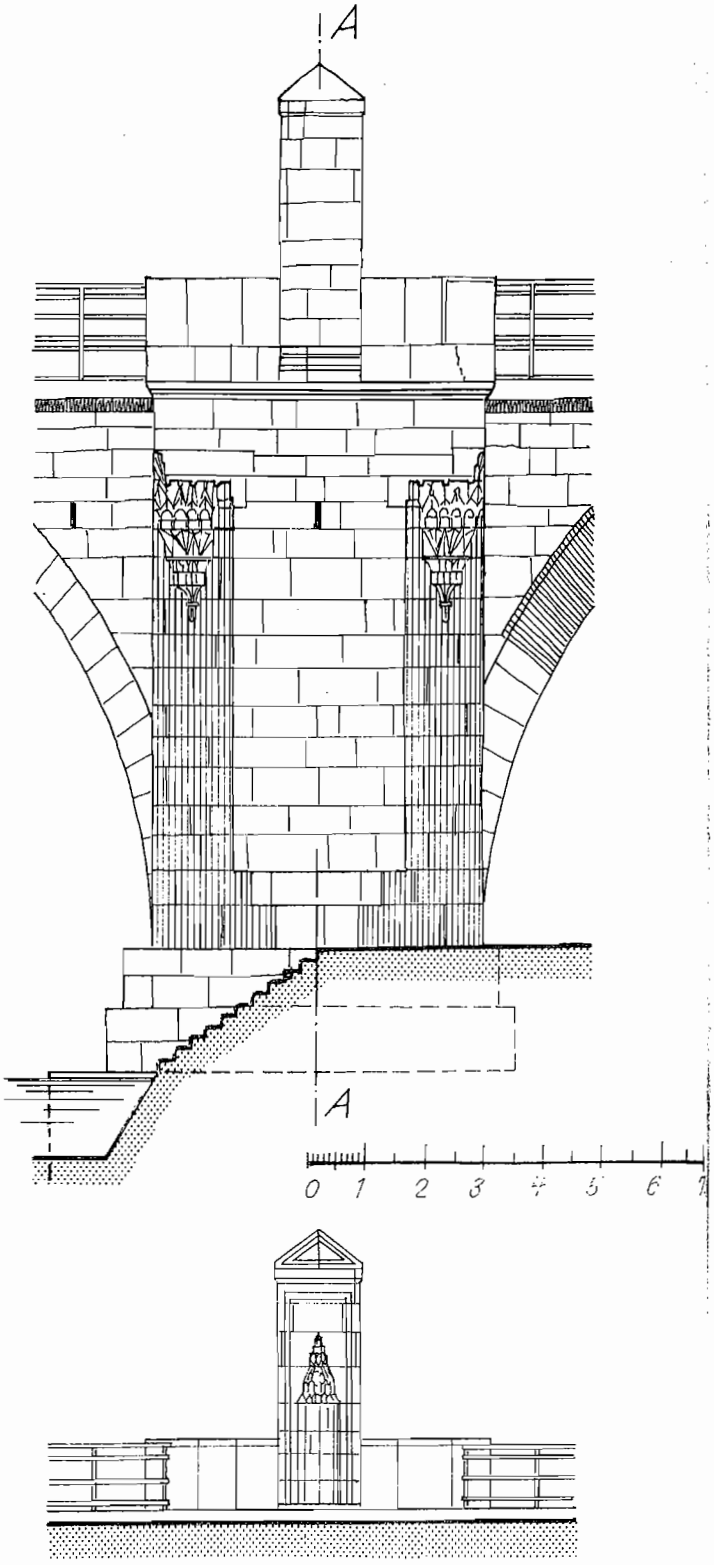
Radovi izvedeni u drugoj polovini XIX veka predstavljaju petu fazu kroz koju je prošao most. Tom prilikom su obnovljena četiri svoda – ozidani su opekom (VIII, IX, X i XI) a krajnji otvori do leve obale izgradnjom kejskog zida bili su delimično zasuti. Prilikom ovih radova iznad

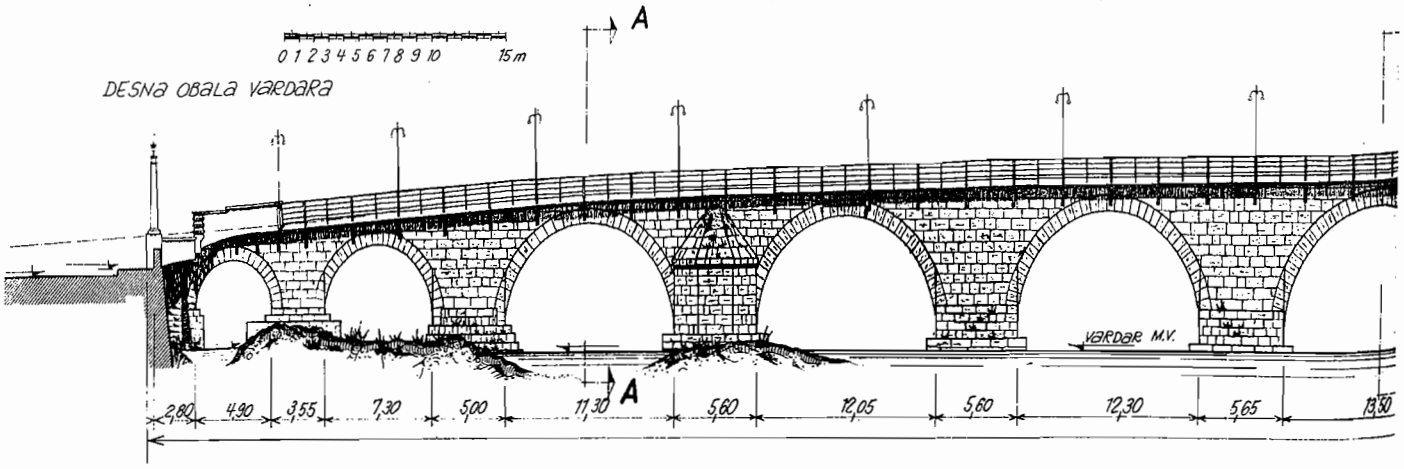
*) Vasil Iljov, *Kameniot most vo Skopje vo svetlata na najnovite proučavanja,* Jubilarno izdanje Zbornika povodom 30-godina zaštite spomenika kulture u SRM, Skopje, 1983, str. 123–147.

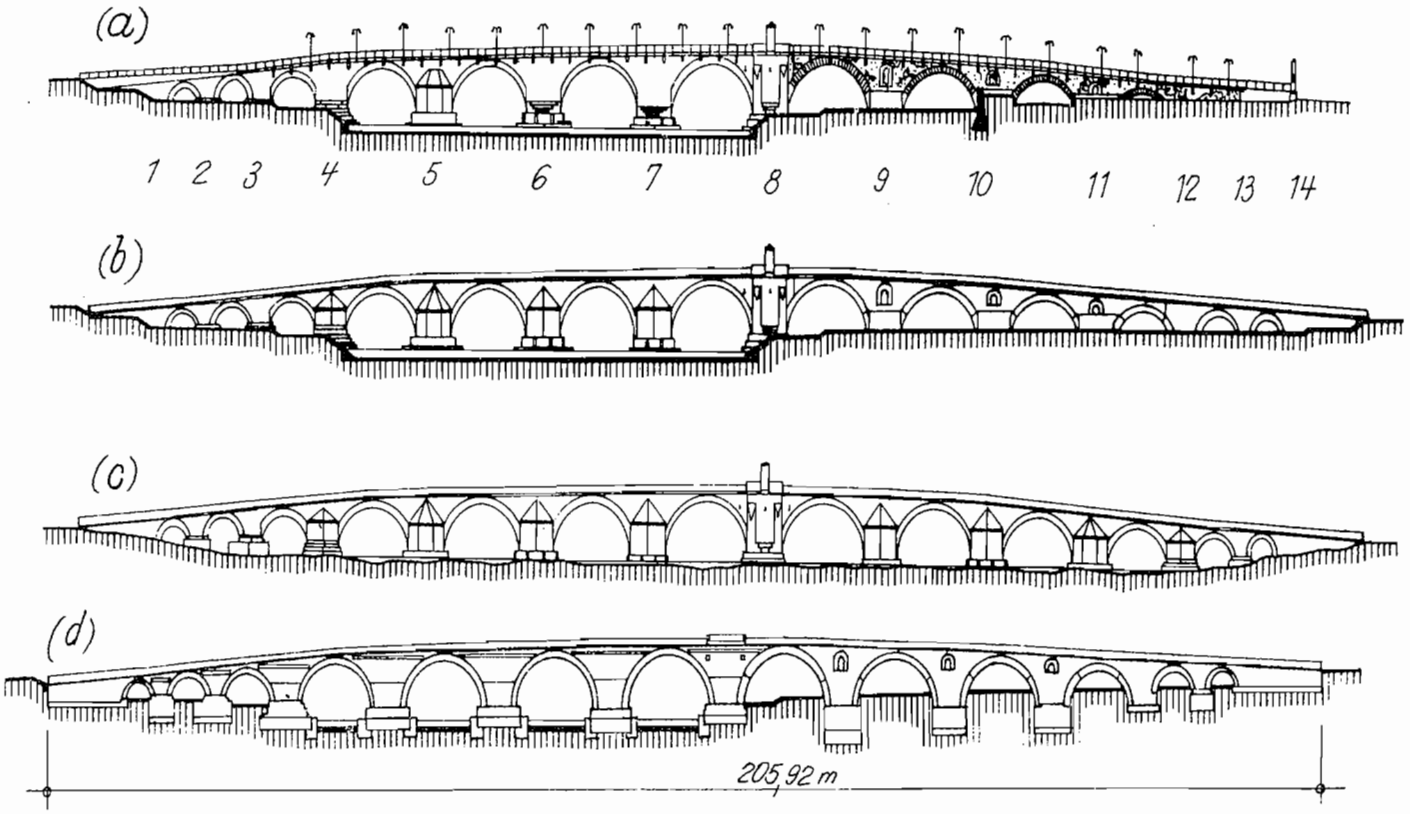




Sl. 139 – Izgled starog kamenog mosta preko Vardara u Skoplju (pre zemljotresa 1963. godine)

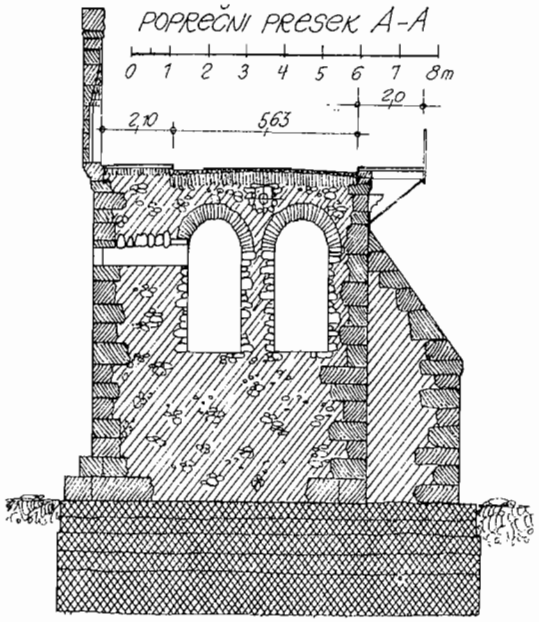




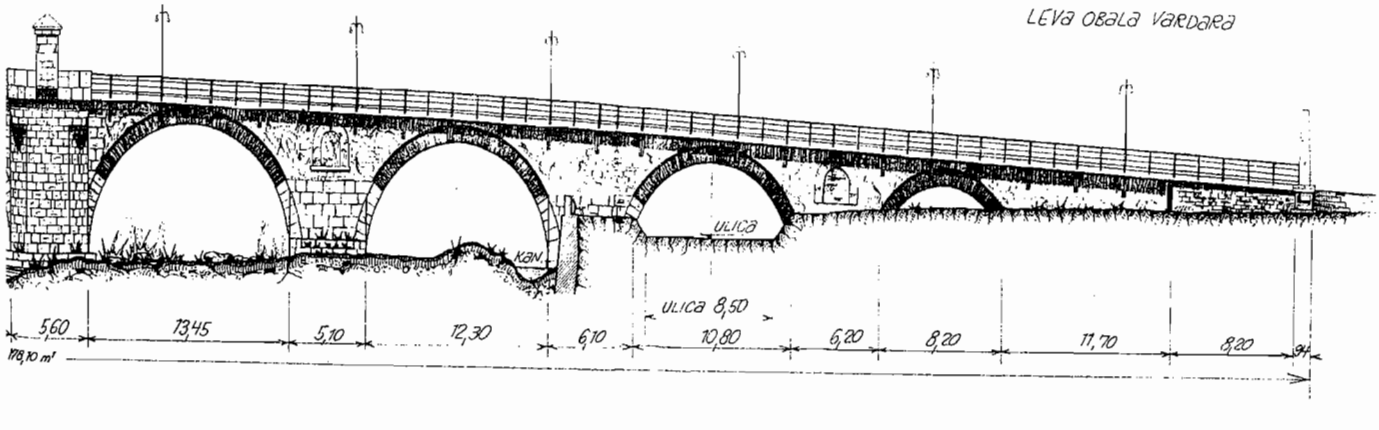


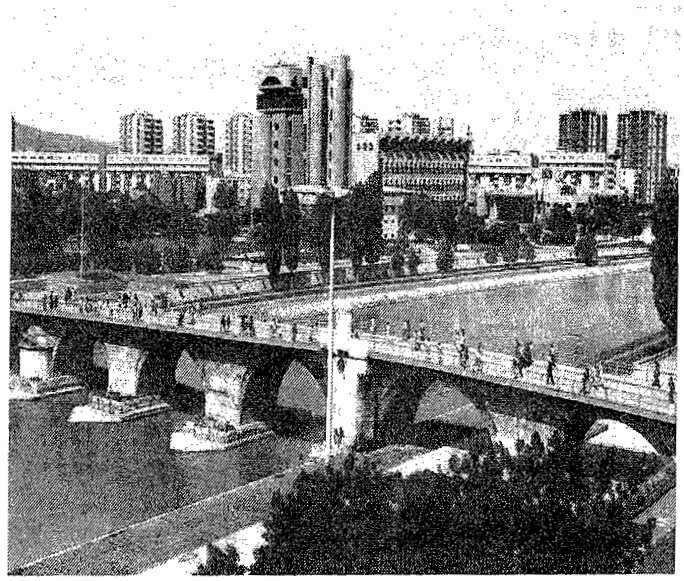
Sl. 141 – Nizvodni izgledi mosta (I. Iljov): (a) stanje 1973. godine; (b) predlog za rekonstrukciju; (c) idealan prvobitni izgled; i (d) podužni presek mosta sa predlogom za sanaciju

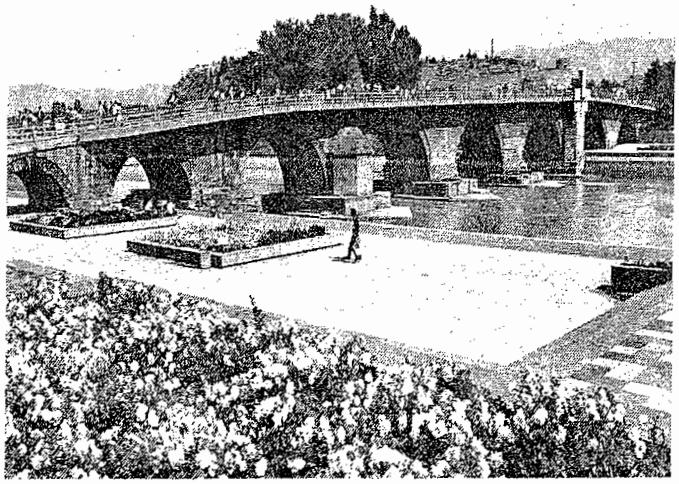




Sl. 140 – Detalj stuba VII sa uzvodne strane i poprečni presek mosta kroz stub VII (V. Iljov)







Sl. 142 – Današnji izgled mosta (1988)

rečnih stubova IX, X i XI izrađeni su skriveni olakšavajući otvori (vel. 98/205, 98/142 i 98/110). U ovom vremenu most je još uvek imao masivnu ogradu od kamena (koja je porušena 1909. godine). Posle velike vode 1896/97. godine izrađeni su prvi kejski zidovi u koritu reke.

Šesta faza intervencija na mostovskoj konstrukciji datira se prvom polovinom XX veka i obuhvata uglavnom radove na proširenju mosta, 1909. godine (za vreme Mehmeda V Rešata). Tom prilikom srušena je masivna ograda i dodate su čelične konzole koje nose posebno konstruisane pešačke staze. Nešto kasnije, 1937. godine, preko mosta je provedena vodovodna cev prečnika Ø 400 mm.

Napominje se da je most, prilikom povlačenja okupatora – 1944. godine, bio miniran odnosno u most je ugrađena velika količina eksploziva. No, srećom po most i ne samo most ova havarija je blagovremeno sprečena.

Posle katastrofalnog zemljotresa iz 1963. godine i prilikom regulacije korita Vardara na potezu kroz grad Skopje izvedeni su obimni sanacioni radovi na kamenom mostu (tom prilikom, kako je već rečeno, sprovedeni su obimni istražni radovi čiji su rezultati ukratko citirani u datom tekstu). Sanacioni radovi su obuhvatili: rekonstrukciju i sanaciju mihraba (iznad stuba VIII), sanaciju i stabilizaciju (uz pomoć armiranog betona) stopa temelja rečnih stubova u koritu reke – IV, V, VI, VII i VIII, sa delimičnim injektiranjem mase stubova i čeonih zidova, i – otkrivanje zasutih otvora na desnoj obali reke. Podvlači se, da je projekat regulacije uspešno prilagođen mostu, da je i pored savremenih zahvata (na regulaciji) istakao sve njegove ne tako male i višeznačne vrednosti. Tom prilikom sređena je sva dotadašnja dokumentacija o ovom značajnom spomeniku kulture.

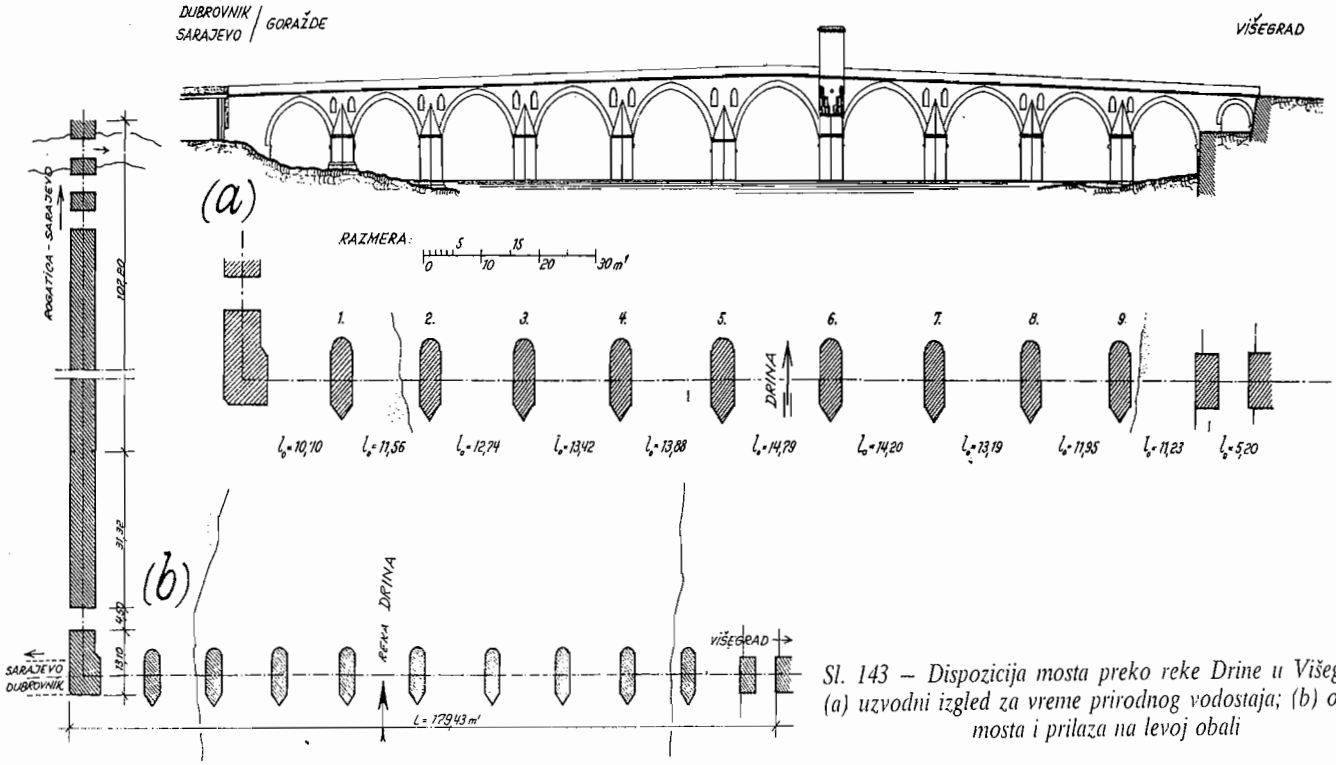
Kao što se iz svega mada ukratko navedenog vidi, most je u svom dugom veku (od VI do XX veka) pretrpeo mnoge popravke i sanacije. Starom kamenom mostu preko Vardara u Skopju predstoji još jedna značajna rekonstrukcija odnosno intervencija a to je – demontiranje čeličnih konzola i naknadno dodatih pešačkih staza. Na taj način vratiće se mostu njegov prvobitran, izvorni izgled. Sa izvornim izgledom, uspešno oblikovanom regulacijom reke na potezu oko mosta – most će dobiti optimalno mesto u savremenom – centralnom tkivu grada.

5.20. MOST PREKO REKE DRINE u Višegradu

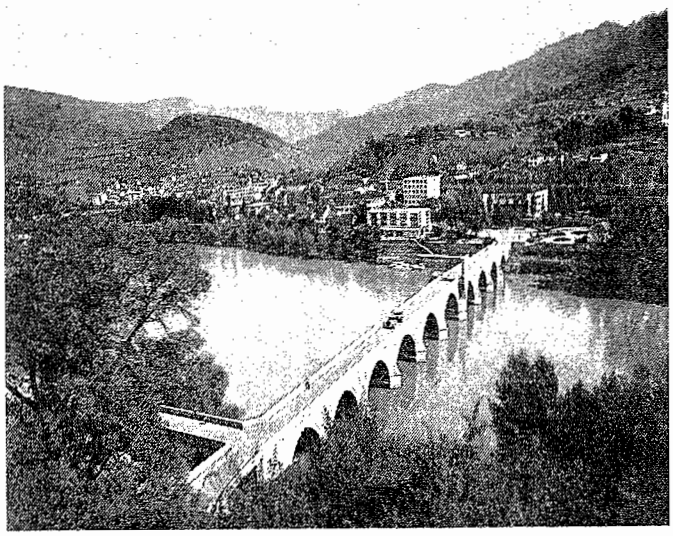
Most je sagradio prema autentičnim istorijskim podacima čuveni turski graditelj Kodža Mimar Sinan, u vremenu od 1571. do 1577. godine, po želji i naredbi velikog turskog vezira Mehmed paše Sokolovića. U svom viševekovnom postojanju pretrpeo je mnoga iskušenja, rušenja i popravke a najveće: rušenje jednog svoda u srednjem veku, jednu popravku 1873. godine, uticaje katastrofalno velike vode 1896. godine – kada je u celini bio pod vodom, 1914. godine – kada su bila srušena dva rečna stuba i odgovarajući svodovi, i 1943. godine – miniranjem su stradala četiri rečna stuba i njima pripadajuće konstrukcije svodova.

Ponovna oštećenja mosta kao posledica lošeg održavanja i velikog saobraćajnog opterećenja (u letnjoj sezoni i do 10.000 vozila/24 časa) a i njegovog dugog veka konstatovani su 1977. godine. Odmah potom usledila su neophodna istraživanja kako bi se stvorile sigurne podloge za izradu sanacionog projekta. Projekat sanacije podeljen je u dve faze: I – zamena kolovozne konstrukcije i izrada nove izolacije; i II – sanacija temelja rečnih stubova.

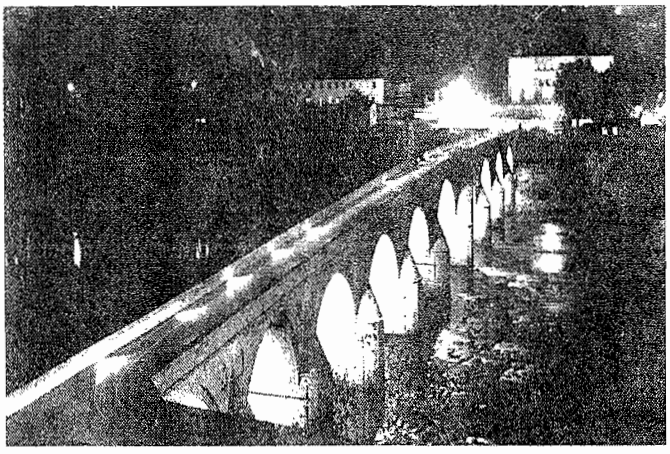
Projekat prve faze predvideo je i izdvajanje vodovodne cevi u poseban i reviziji pristupačan kanal od betona i penetraciju cementne emulzije u postojeću ispunu od lomljenog kamena i kamene sitneži – samo na delu rekonstruisanom 1949–50 godine (originalna ispuna je znat-



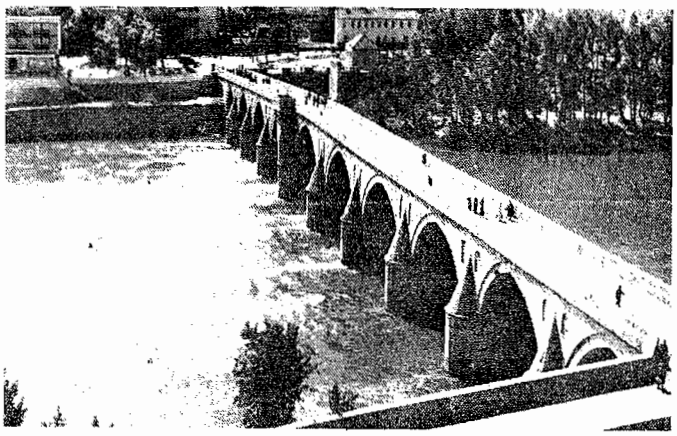
Sl. 143 – Dispozicija mosta preko reke Drine u Višegradu: (a) uzvodni izgled za vreme prirodnog vodostaja; (b) osnova mosta i prilaza na levoj obali



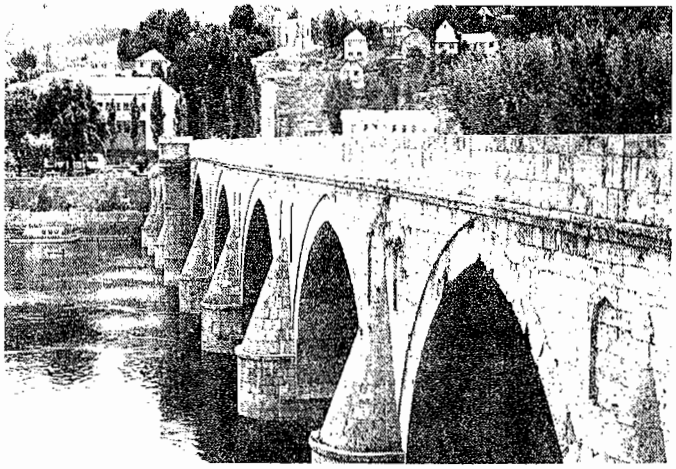
a



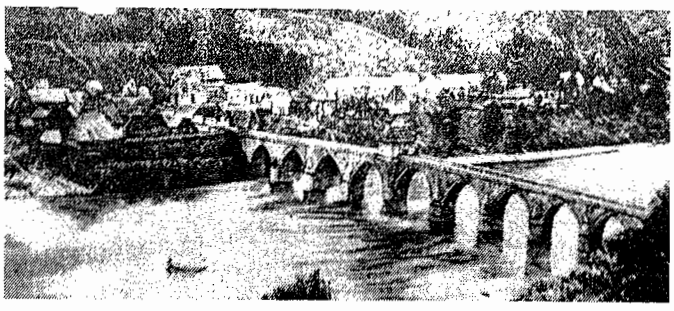
b



c

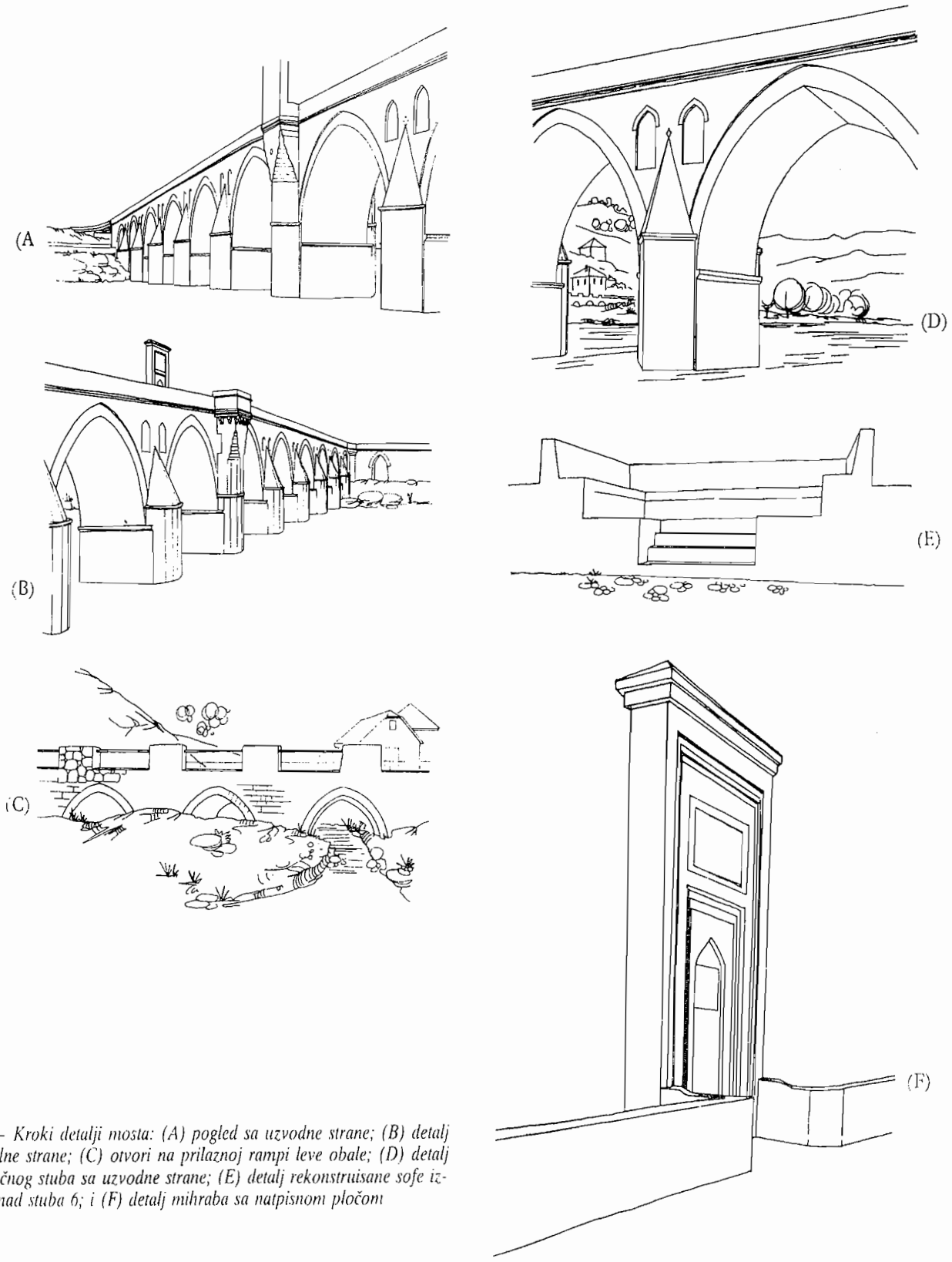


d



e

Sl. 144 – „Ćuprija Mehmed paše Sokolovića" preko reke Drine u Višegradu (1571–1577): (a) pogled na most sa uzvodne strane (ujezerena voda); (b) i (c) izgledi sa nizvodne strane (sa prirodnim tokom reke Drine); (d) detalj nizvodnog izgleda (pod ujezerenom vodom); i (e) najstarija fotografija mosta – sa stražarskom kućicom i kafanom (reprodukcija K. Ibrahim, Višegrad)



Sl. 145 – Kroki detalji mosta: (A) pogled sa uzvodne strane; (B) detalj sa nizvodne strane; (C) otvori na prilaznoj rampi leve obale; (D) detalj jednog rečnog stuba sa uzvodne strane; (E) detalj rekonstruisane sofe iznad stuba 6; i (F) detalj mihraba sa natpisnom pločom

no kvalitetnija – izvedena je od lomljenog kamena i oblutaka u krečnom malteru). Preko ovako sanirane ispune postavljena je izolacija od sloja asfaltnog mastiksa i kondor folija a preko nje nova kolovozna konstrukcija od sitne kocke na sloju bito šljunka. Projekat je predvideo da se spojnice kolovoza zaliju specijalnom bitumenskom smesom. Radovi na realizaciji projekta I faze okončani su 1979. godine.

Druga faza projekta, puno značajnija i kompleksnija, obrađuje sanaciju temelja rečnih stubova. S obzirom na značaj mosta i sva do sada nastala i evidentirana oštećenja rečnih stubova – projekat je predviđao:

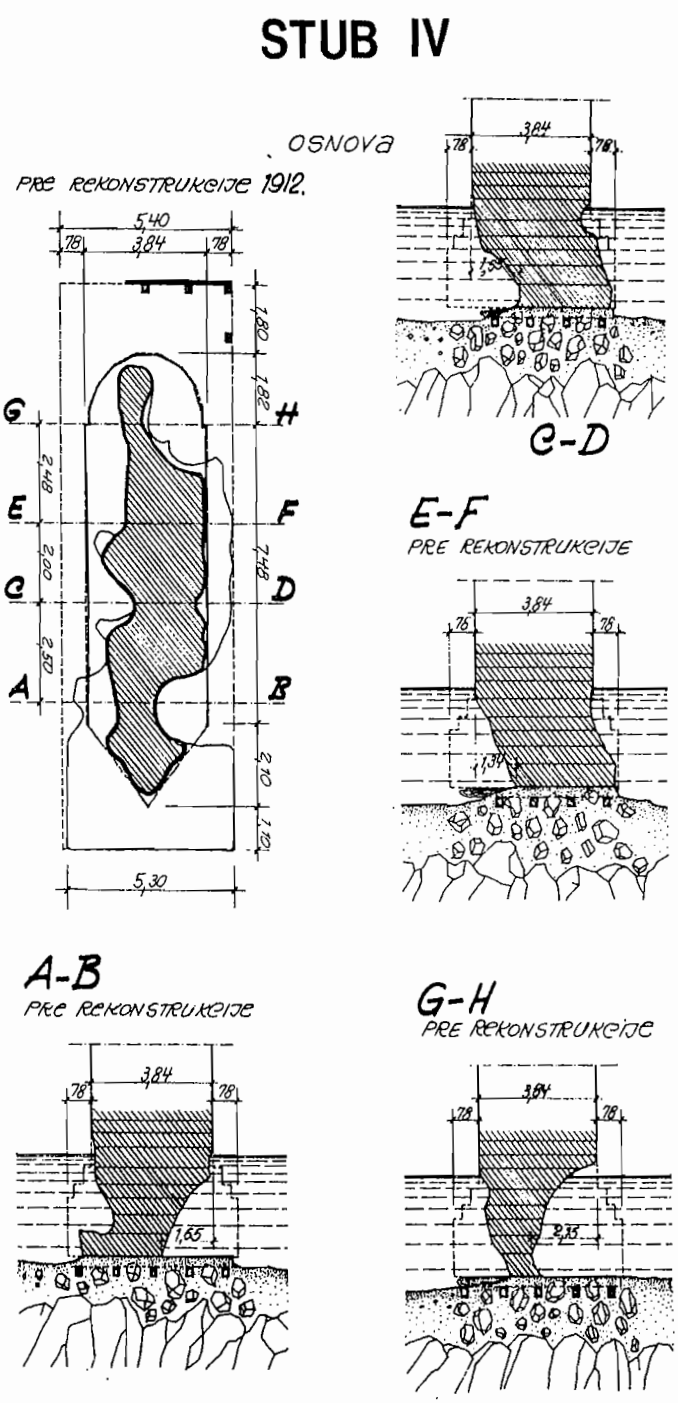
– da se svi radovi na sanaciji temelja izvedu u suvo kako bi se dobila trajna sanacija i željeni kvalitet;

– da postojeće stope temelja na svojim najnižim delovima dobiju hidraulički povoljniji oblik; i

– da se stope temelja „spuste" sve do stene tako da se veliko opterećenje direktno prenosi na samoniklu stensku masu (substrat).

Razmatrajući sve mogućnosti koje se mogu koristiti kod ovakvih radova, kvalifikacionu strukturu i opremljenost potencijalnih izvođača radova i uz permanentnu prisutnost značaja mosta i uslova pod kojima će se radovi izvoditi – usvojeno je rešenje da se sanacija stopa temelja izvede uz pomoć priboja od čeličnih talpi („Larsen" talpi). Ovako projektovano rešenje omogućuje, što je kasnije potvrđeno prilikom izvođenja radova:

– efikasno zabijanje talpi odnosno priboja u šljunkovito peskoviti nanos (mestimično i sa krupnim komadima) sve do stene, pa i u njene gornje – trošne slojeve;



Sl. 146 – Oštećenja rečnog stuba IV u vreme katastrofalno velike vode iz 1896. godine – pre popravke izvedene 1911. godine (videti i sl. 54)

– novo i željeno oblikovanje temeljnih stopa rečnih stubova;

– rad na sanaciji stubova u suvom uz eventualno crpljenje vode iz temeljne jame;

– efikasno blokiranje rečnog nanosa ispod postojeće temeljne spojnice; i

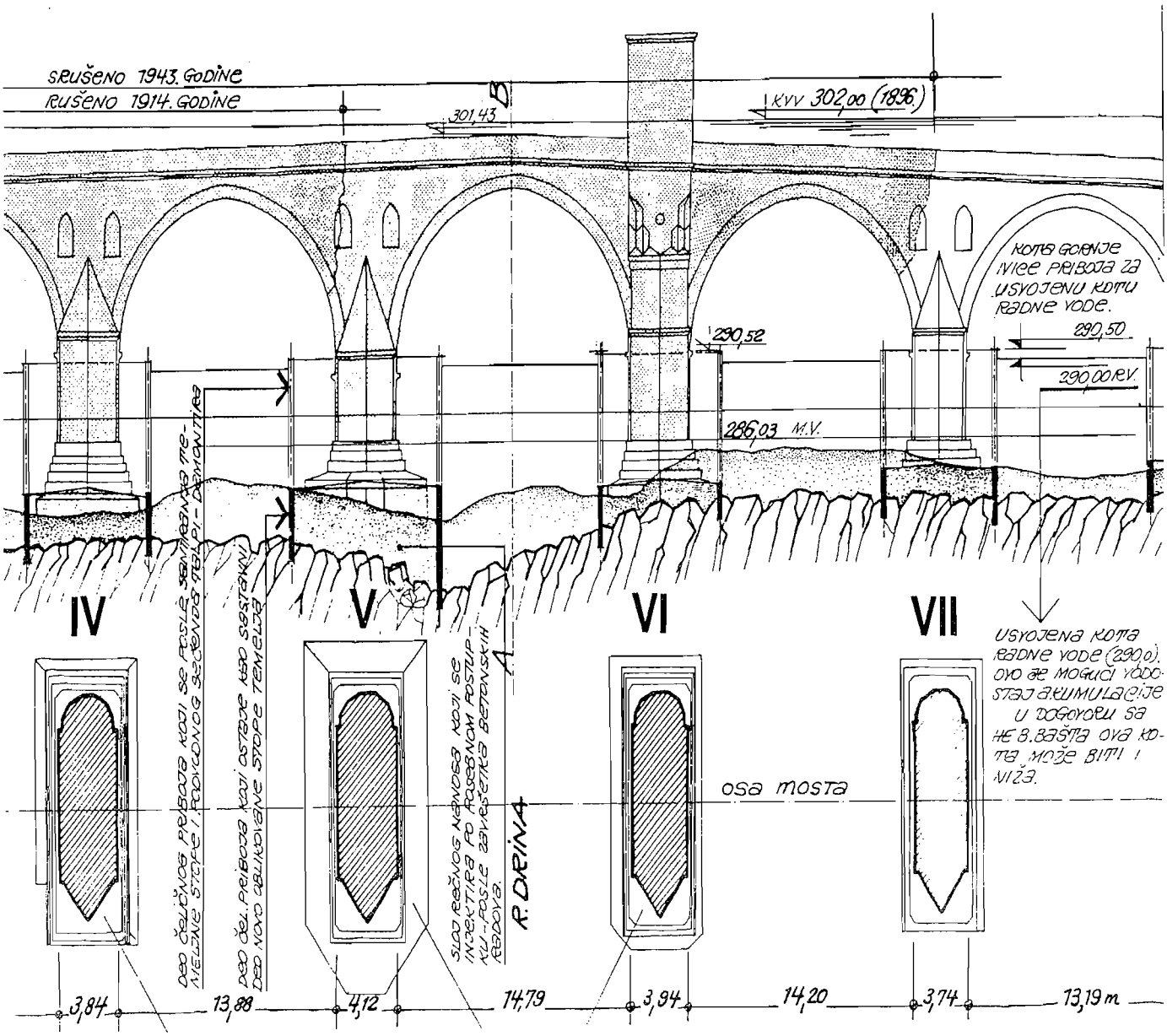
– injektiranje rečnog nanosa ispod sadašnje temeljne spojnice, njegovo aktiviranje u presek stuba, a samim tim i „spuštanje" temelja stuba na nižu kotu – na stenu.

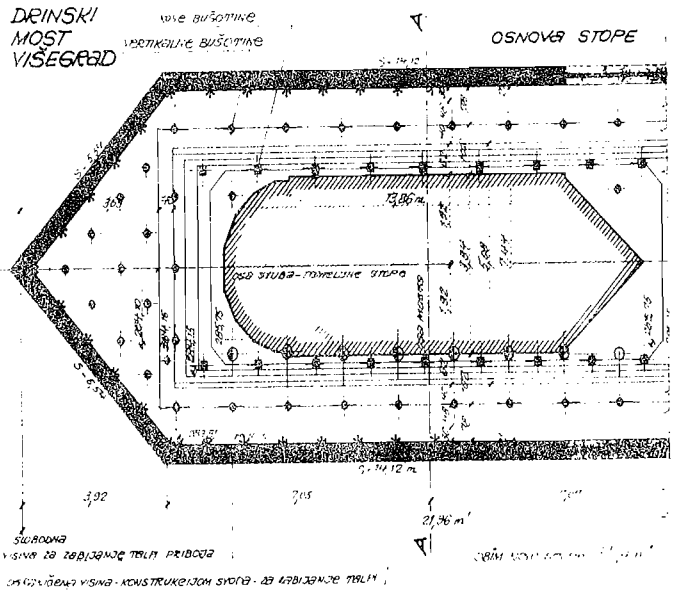
Tako je i postupljeno. Projekat je predviđao, što je kod ovakvih radova neminovno, određene korekcije i intervencije prilikom izvođenja. Kao prvi stub za izvođenje radova, koji je istovremeno trebao da bude i neka vrsta probnog poligona – uvežbavanje ekipe radnika i uigravanje mehanizacije, izabran je stub sa srednjim intenzitetom oštećenja i ne baš u matici reke.

Redosled radova sastojao se u sledećem:

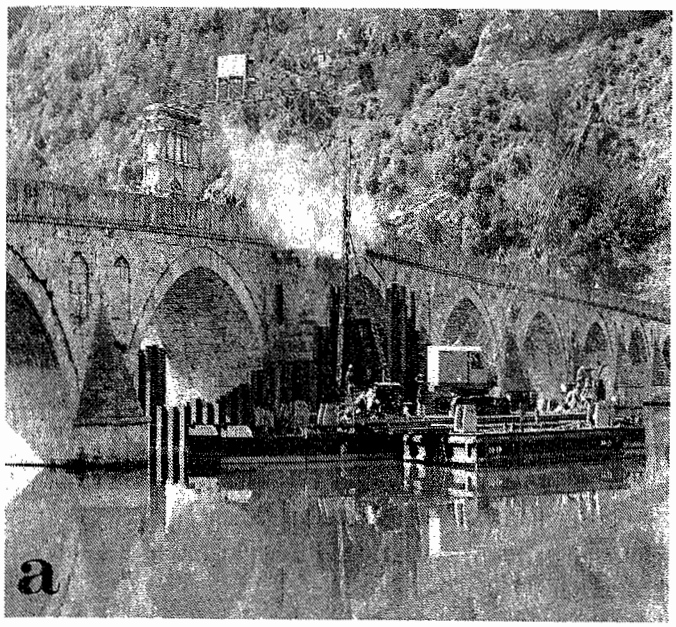
Oko rečnog stuba, bolje rečeno, oko njegove temeljne stope zabijene su čelične talpe sve do stene. U osnovi ove talpe formiraju na uzvodnoj i nizvodnoj strani trouglaste kljunove. Zabijanje je izvedeno u dve faze – u prvoj, van profila mosta, isto je izvedeno bez teškoća, na klasičan način, a – u drugoj fazi, na delu ispod konstrukcija svodova, zabijanje je izvršeno nešto složenijim postupkom jer je postojeća konstrukcija uslovljavala i dužinu talpi i primenu određene mehanizacije. Posle izvršenog zabijanja talpi i formiranja željenog oblika priboja, posle ugrađivanja dovoljnog broja horizontalnih razupirača, crpljena je voda iz temeljne jame. Posle crpljenja vode dobijena je stopa temelja u suvom – moglo je da se izvrši detaljno snimanje oštećenja i preduzmu odgovarajući radovi za njihovo saniranje. Naime, veća oštećenja su plombirana betonom a manja, veličine do cca 15 cm, ostavljena su bez intervencije. Zatim je u ravni dna reke, na dubini od cca 40 do 60 cm, izvršen iskop oko postojeće stope i obezbeđen prostor za izradu armiranobetonske ploče. Ova armiranobetonska ploča zajedno sa dobro armiranim prstenom oko stope temelja imala je zadatak da, – s jedne strane, poveća stabilnost stuba – da utegne stub na njegovom donjem kraju, a s druge – da blokira sa gornje strane nanos unutar zidova priboja. Novo dodata armirano betonska ploča zajedno sa prstenom, „miderom" – kako je nazvan na gradilištu, vezana je za masu stuba preko metalnih bolcnova a za čelični priboj pomoću navarenog profila U30 (i odgovarajućom armaturom).

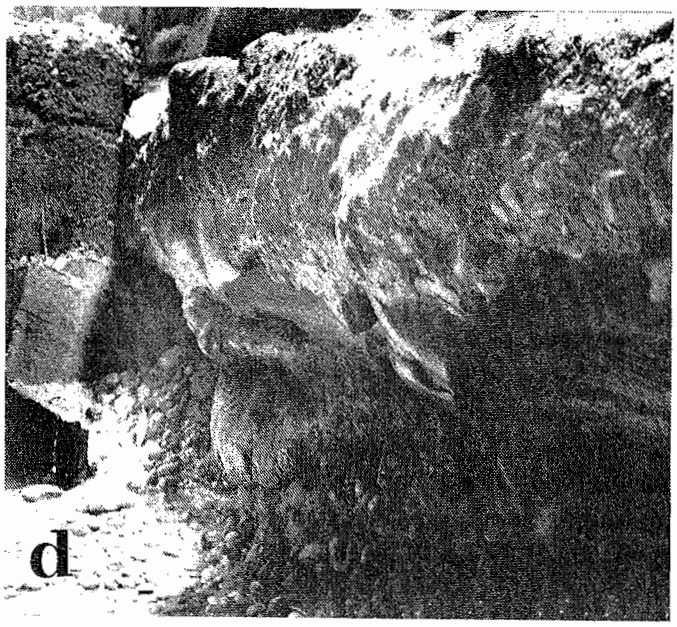
Ovi armirano betonski delovi projektovani su različito. Za više oštećene stubove, za stubove u matici reke, kako je napred rečeno, a za ostale stubove, stubove bliže obalama (a oni imaju i manju visinu temeljne stope) aplicira se samo ploča koja na delu oko stuba, umesto „midera", ima dodatnu podužnu armaturu. Projektom je bilo predviđeno da se u ovim armirano betonskim elementima ostave otvori za kasnije injektiranje. Međutim, izvođaču radova je bilo jednostavnije da ove otvore kasnije buši – prema datom rasporedu.

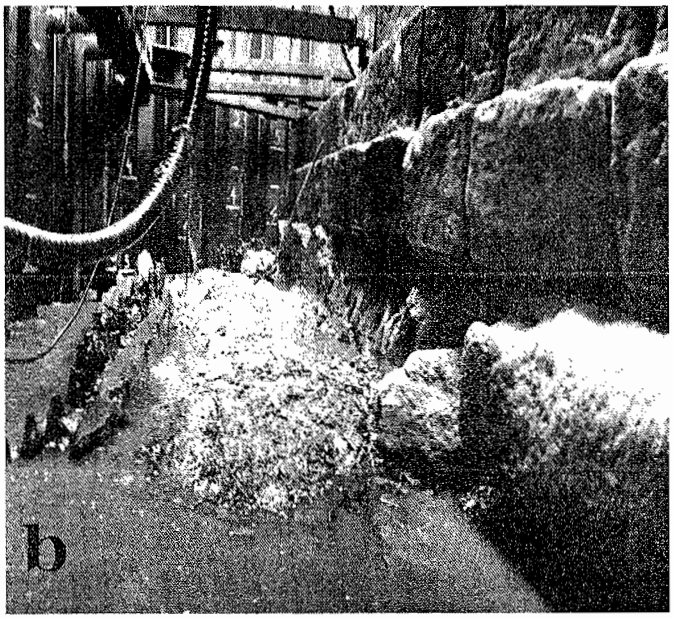


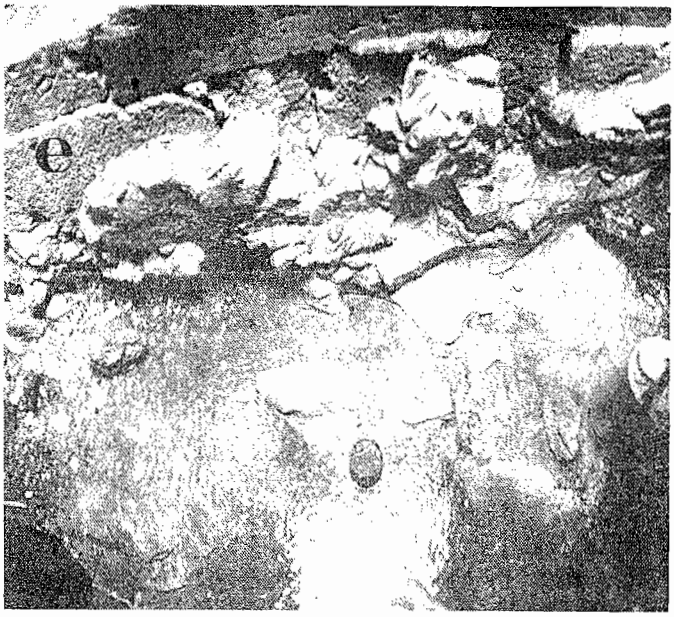


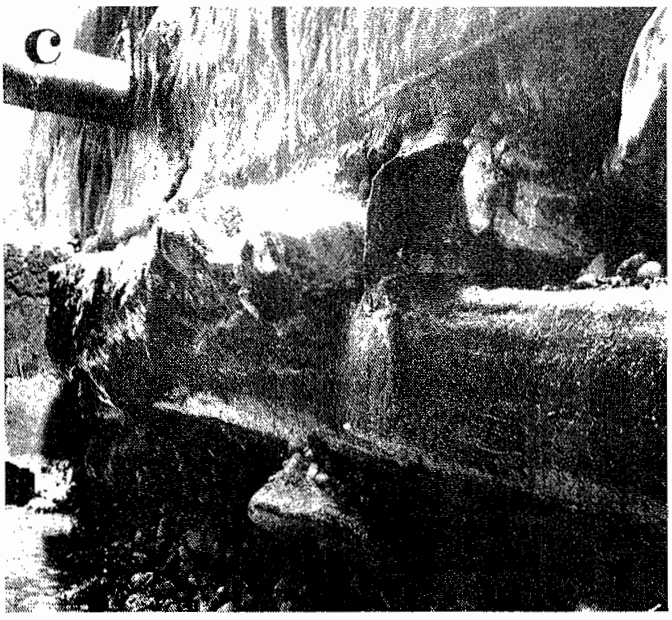
Sl. 147 – Detalj sa sanacije temelja: (a) dispozicija čeličnog priboja na stubovima centralnog dela mosta; (b) osnova čeličnog priboja sa projektovanim rasporedom bušotina; (c) presek A–A, po osi mosta, – sa detaljima izvedenih radova











Sl. 148 – Detalji sa sanacionih radova: (a) pogled na gradilište; (b) detalj temelja stuba 5 (unutar čeličnog priboja vide se ostaci drvenog priboja iz 1911. godine); (c) temeljna spojnica stuba 6; (d) podlokani deo stuba 6 (levi uzvodni deo); (e) stopa temelja stuba 8 na kontaktu sa stenom (vidi i sl. 61 i 62)

Injektiranje blokiranog rečnog nanosa ispod temeljne stope i između zidova čeličnog priboja imalo je za cilj konsolidaciju i formiranje što homogenije sredine ispod temeljne spojnice rečnog stuba. Sa smišljenim rasporedom bušotina na razmaku cca 1,00 m (u dva ortogonalna pravca) pokrivena je cela površina novoformirane stope. Deo nanosa direktno ispod stuba obuhvaćen je odgovarajućim brojem kosih bušotina. Bušotine su ulazile u samoniklu stensku masu (substrat) nešto oko 30 do 50 cm. Za orijentaciju, po jednom stubu trebalo je izbušiti nešto oko 100–110 koje vertikalnih koje kosih bušotina (Ø 56 mm). Injektiranje je sprovedeno posebno prostudiranim postupkom i uz pomoć posebne mehanizacije (na električni po-

gon). U rečni nanos ubrizgavana je emulzija – cementno bentonitska smesa – različitih razmera (95% cementa PC 450 i 5% bentonita – sa različitim vodocementnim faktorom). Redosled injektiranja, veličina pritiska (od 2 do 8 pa i 10 bara), progušćavanje smese kao i kriterijum završnog injektiranja jedne bušotine određivan je na licu mesta, tokom radova na injektiranju, zavisno od zapremine prostora odnosno kvaliteta blokiranog nanosa.

Ovako projektovanim postupkom tokom 1980. i 1981. godine sanirana su tri rečna stuba. Primera radi, injekcionim radovima za rečni stub V u čeličnim pribojem blokiranu količinu rečnog nanosa (V=cca 310 m^3) ubrizgano je 29,6 t suve tvari – odnosno nešto oko 96 kg po 1 m^3 nanosa. Po završenom injektiranju vršeno je ispitivanje izvedenih radova – merenjem vodopropusnosti (pre i posle injektiranja) i vađenjem uzoraka – kernova. Merenja vodopropusnosti pokazala su zadovoljavajuće rezultate, međutim, kod vađenja kernova na nekim uzorcima konstatovano je prisustvo gline (heterogenost građe rečnog nanosa i raspodele pojedinih varijeteta, što je konstatovano tokom radova). No i pored toga smatra se da je injektiranje dalo tražene kvalitete. Ovo posebno zbog toga jer je povećana vibraciona stabilnost nanosa između substrata i temelja (popunjavanjem šupljina), poboljšan je kvalitet kontakta između nanosa i temeljne spojnice i postignuta je veća otpornost nanosa na eroziju (mada je direktnoj eroziji izložen samo čelični priboj).

Posle završenih radova na injektiranju jednog stuba puštena je voda unutar priboja i čelične talpe su podvodno odsečene – u ravni novododate armirano betonske ploče odnosno dna reke.

Krajem 1981. godine radovi na sanaciji rečnih stubova su obustavljeni usled nedostatka finansijskih sredstava (što nije bilo u redu, jer je organizacija gradilišta zahtevala znatna ulaganja).

Započetim radovima na izgradnji HE Višegrad – 1984. (cca 3 km uzvodno od mosta), koja će svojim radom i projektovanim kapacitetom imati nepovoljan uticaj na stari most, problem zaštite i nastavljanje radova na sanaciji ponova je aktuelan i praktično neodložan zahvat za njegovu dalju uspešnu egzistenciju. Inače, jedna od mera trajne zaštite Višegradskog mosta je i njegovo rasterećenje od teškog saobraćaja. Iz ovog i drugih razloga u toku su radovi na izgradnji novog-savremenog mosta preko reke Drine (na cca 2 km nizvodno od stare ćuprije). Ovaj novi most treba staru ćupriju da oslobodi od teškog saobraćajnog opterećenja.

*) Prevod sa natpisnih ploča. Gornji, stariji natpis, isklesan na kamenoj ploči vel. 70/96 cm, glasi:

„Gospodin Mehmed-paša, Asaf svoga vremena,
Čijom uzvišenom osobom svijet je našao slavu,
Potrošio je svoj imetak u zadužbine radi božjeg zadovoljstva,
Niko neće reći za imetak koji se troši u zadužbine da je rasipanje.
Za života je utrošio zlato i srebro za podizanje opštekorisnih objekata,
Bio je svestan da su svakome njegova dela najbolje potomstvo.
U Bosni, na reci Drini sagradi veliki most,
I od svodova na toj reci napravi redosled.
Na takvoj dubokoj i snažnoj reci
Preci ne mogoše ništa sagraditi.
Božjom pomoći, osnivač, gospodin Mehmed-paša učinio je
Da se njegovo ime spominje s poštovanjem i blagodarnošću.
Podigao je most, kojem na svetu nema ravnog.
Nemoj reći da je propao imetak koji se troši u ovako dobro delo.
Nadam se u svevišnjeg Boga da će njegovom osnivaču
Dani sretno proći i da u životu nikada tugu neće osetiti,
Nihadi, videći dovršetak (mosta), reče mu kronogram:
Neka Alah blagoslovi divni, veliki i najlepši most.
Godine 979. (1571/72. godina)".

Donji, mlađi natpis, isklesan na kamenoj ploči vel. 79/206 cm, glasi:

„Za vladavine vladara sveta Murad-hana, sina Selimova,
Dobrotvor, gospodin Mehmed-paša,
Koji je trojici vladara s odanošću služio kao veliki vezir,
Napravi najveću zadužbinu, nek mu je Bog primi.
U iskrenoj nameri sagradi svojim poduzetnim duhom veliki most na reci Drini.
Građevina mu ispade tako lepa da onome ko je vidi
Čini mu se kao da na vodi stoji zrno bisera, a nebeski svod mu je školjka.
Bože daj da zgrada njegove sreće i života bude čvrsta!
Ispuni mu, Bože, sve želje na ovom i onom svetu!
Nihadi mu reče kronostih, neka ga blagosilja ko ga vidi:
Mehmed-paša sagradi ovaj most preko vode!
Godina 985. (1577/78. godina)".

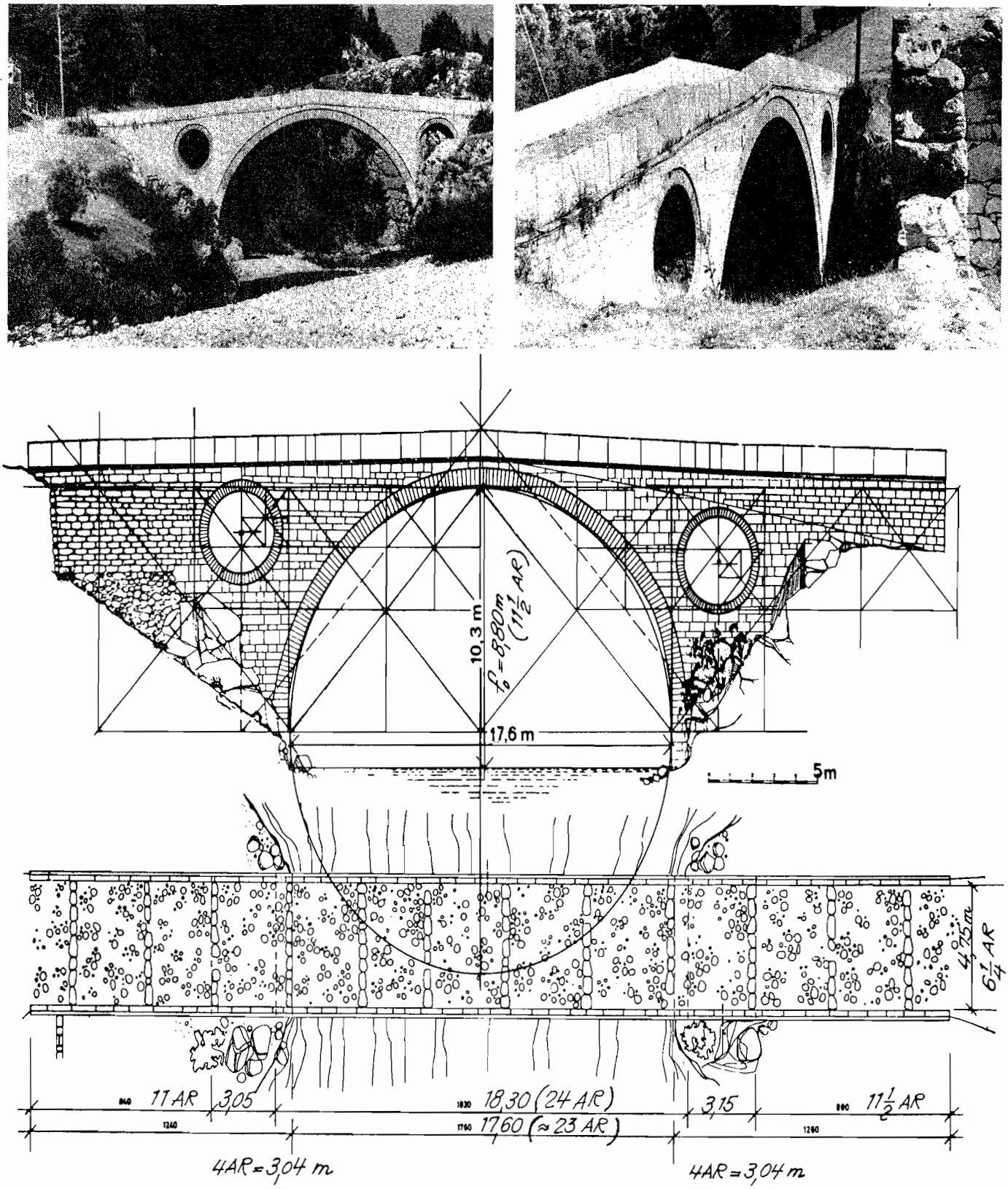
5.21. KOZJA ĆUPRIJA kod Sarajeva

Most pod imenom Kozja ćuprija nalazi se na starom putu koji je od Sarajeva, preko Prače, Goražda i Novog Pazara vodio za Carigrad. Po svoj prilici, kako saopštavaju istorijski podaci, most je građen u prvoj polovini XVI veka. Most je popravljen 1794, 1799, 1866 i 1880/88. godine o čemu takođe postoje verodostojni podaci (1838. godine popravljan je put do mosta).

Reka je promošćena na najpovoljnijem mestu sa jednim otvorom polukružnog oblika veličine 17,60 m. Arhitekturu mosta apostrofiraju dva kružna olakšavajuća otvora vel. 3,01 i 3,15 m, arhivolt formiran „uvlačenjem" čela svoda u odnosu na čeoni zid, i – venac mosta sa „korkaluk" ogradom. Korisna širina mosta varira između 4,71 i 4,79 m. Ukupna dužina mosta je 49 m.

Most je sagrađen uglavnom od tesanog kamena – krečnjaka a za zidanje svodova korišćena je sedra (siga).

Posle izgradnje savremenog puta most je ostao van saobraćaja i prepušten zubu vremena, tako da je njegovo opšte stanje uslovilo ozbiljne sanacione radove – izvedene 1956/57. godine. destrukcija ugrađenih tesanika, ispra-



Sl. 149 – Kozja ćuprija preko reke Miljacke kod Sarajeva (XVI) – izgled sa uzvodne strane

nost spojnica, pojava pukotina, ranije nestručne popravke kolovoza i izmene oblika nivelete, oštećena ograda mosta i drugo – uslovili su obimne sanacione radove. Projekt sanacije mosta, na osnovu konstatovanog stanja i oštećenja tražio je: – zaštitu mosta od daljeg prodiranja atmosferske vode i izradu adekvatnog sistema za efikasno odvodnjavanje, – konzervaciju konstrukcije svoda – vraćanje prvobitnog izgleda odnosno rušenje svega kasnije dozidanog, – rekonstrukciju oblika prvobitne nivelete, i – potrebne restauratorske radove na vidnim površinama mosta.

Sanacija svodova bila je predviđena injektiranjem, međutim, kako izvođač radova nije raspolagao potrebnim inventarom za ovu vrstu radova – to je svod saniran, posle potrebnog čišćenja i kvašenja spojnica i pukotina, ručnim ispunjavanjem šupljina cementnim malterom. Tom prilikom zamenjeni su jako oštećeni blokovi kamena.

Posle sanacije svodova prišlo se skidanju zemljanog nasipa sa kolovoza, sve do originalne kolovozne konstrukcije, odnosno otvaranju mosta sa njegove gornje strane (dislocirano je nešto oko 100 m^3 zemljanog materijala). Posle rušenja kasnijih dograđivanja i utvrđenog originalnog oblika nivelete (sa usponima od 15% i 17,4% prema temenu svoda), posle pažljivog demontiranja ostataka originalne kolovozne konstrukcije, – prišlo se izradi nove izolacije na mostu. Novo ugrađenu izolaciju čine: izravnjavajući sloj od cementarnog maltera debljine 5 do 10 cm, vruć premaz bitumenom sa slojem jute, zatim još jedan premaz bitumenom i sloj terisane hartije. Posle ovako izrađene izolacije i izrade zaštitnog sloja (od cementnog maltera debljine 1 do 2 cm) postavljena je kaldrma mosta.

Sanacioni radovi obuhvatili su i konzervaciju vidnih površina čeonih zidova. Očišćene su sve derutne i isprane spojnice pa zatim ispunjene malterom. Posle zatvaranja spojnica izvršeno je četkanje čeličnim četkama svih vidnih površina mosta.

Korekcija nivelete, vraćanje njenog prvobitnog oblika, uslovila je znatne zemljane radove na prilazima mosta, jer je trebalo uklopiti novo formirani kolovoz odnosno originalnu kolovoznu površinu sa pristupnim putevima (koji su vremenom promenili oblik nivelete). Tom prilikom izveden je poseban sistem za odvodnjavanje atmosferske vode sa prilaza mostu. Podvlači se, da su prilikom konstrukcije prilaza nađeni ostaci prvobitne konstrukcije kolovoza. Ovi ostaci uklopljeni su u realizovano rešenje.

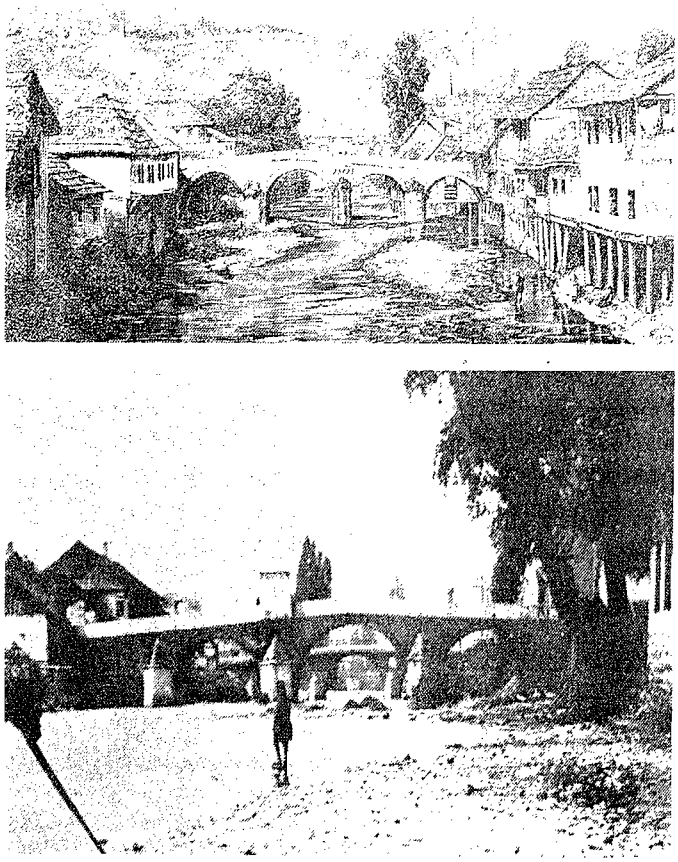
Sledeća faza radova odnosila se na rekonstrukciju korkaluk ograde, od originalne konstrukcije ograde sačuvao se deo na dužini od cca 36 m. Što znači, da je trebalo ugraditi još oko 40,5 m nove ograde – u svemu isto kako su to radili stari neimari (jedan deo originalnih ploča ograde nađen je u koritu reke a ostali izrađeni su od kamena iz kamenoloma u Hreši).

Izvedeni sanacioni radovi na Kozjoj ćupriji zasnovani su na tadašnjim konzervatorsko-rastauratorskim načelima i u mnogome su, između ostalog, produžili vek ovom starom mostu. Šteta je, što nisu sprovedeni i realizovani projektovani radovi na injektiranju ali u tome vremenu i pod tadašnjim okolnostima učinjeno je najbolje i najviše što se moglo.

5.22. SARAJEVSKI MOSTOVI

Od polovine XV veka Sarajevo se sve više razvija ne samo kao grad na Carigradskom drumu, okosnica Balkanskog poluostrva, već i kao značajan grad Osmanske imperije. Kako je Sarajevo locirano u dolini reke Miljacke, reka svojim tokom preseca grad, to je tokom njegovog „življenja" na reci napravljeno više mostova*). Ima indikacija da je na ovome lokalitetu postojao most još u rimskim vremenima. Do naših dana i pored nepovoljnih uslova i evidentnih intervencija stiglo je nekoliko mostova u originalnom odnosno njemu bliskom obliku koji po svom graditeljskom konceptu pripadaju srednjevekovnoj osmanskoj mostogradnji. Od više starih mostova preko Miljacke od interesa su s obzirom na karakter ovog „pisanija" sledeći mostovi:

CAREVA ĆUPRIJA se apostrofira kao najstariji most i kako kazuju istorijske činjenice sagrađen je polovinom



Sl. 150 – Careva ćuprija (XV) preko Miljacke u Sarajevu – stari crtež i fotografija (porušena 1897.). Na fotografiji, izgledu sa uzvodne strane, u pozadini naziru se konture Latinske ćuprije

Ljiljana Kraljević, *Kozja ćuprija na Miljacki,* Naše Starine V, Sarajevo, 1958, str. 13–30;

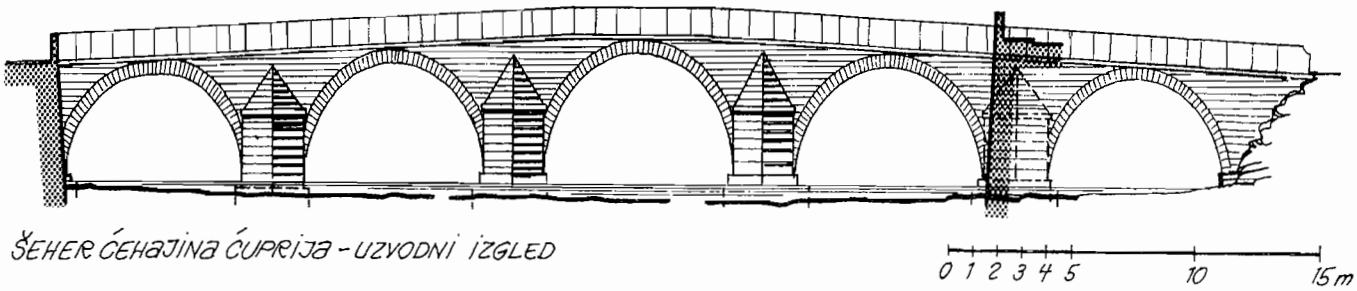
Džemal Čelić i Mehmed Mujezinović, *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini,* Sarajevo, 1969, str 72–79.

*) U srednjem veku, od Kozje Ćuprije do Ali-pašinog mosta nizvodno od Sarajeva, Miljacka je bila premošćena sa 13 mostova od kojih su pet bile kamene konstrukcije.

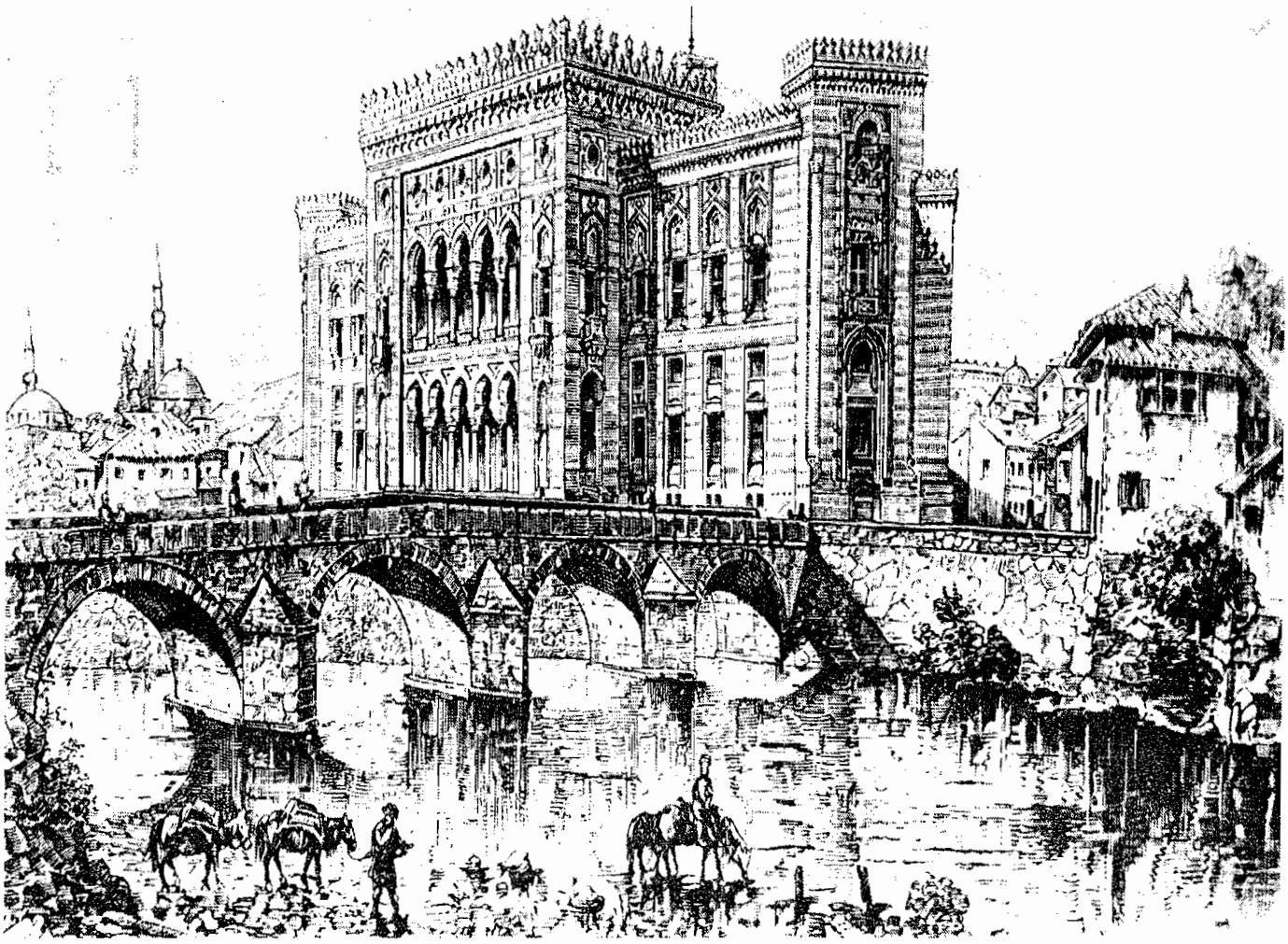
XV veka (između 1439. i 1462. godine), za vreme prvog bosanskog sandžak-bega Ishakovića (umesto starog drvenog mosta). Kako pokazuju verodostojna istorijska dokumenta most je više puta popravljan – znatno posle katastrofalno velike vode 1620. godine, pa 1739. godine kada je obnovljen jedan svod, zatim 1792/93. kada je velika voda ponova značajno porušila most što je uslovilo njegovu popravku odnosno bolje rečeno rekonstrukciju. Verovatno da je na mostu bilo i drugih intervencija no o njima nema detaljnijih podataka. Stara Careva ćuprija porušena je 1897. godine prilikom radova na regulaciji korita reke Miljacke kao i zbog građenja prvog mosta od betona u Sarajevu (dvadesetak metara uzvodnije).

Careva ćuprija premošćavala je reku neposredno uz Carevu džamiju masivnom mostovskom konstrukcijom, dužine oko 50 m, sa četiri po obliku polukrugu bliska otvora, na tri masivna rečna stuba, sa kolovoznom površinom oivičenom korkaluk ogradom i, što je posebno karakteristično, mihrabom sa natpisnom pločom i sofom za odmor putnika (iznad srednjeg rečnog stuba). Inače, ćuprija je bila izvanredna sa mnogim konstrukcijskim elementima koji se mogu videti na sada postojećim starim kamenim mostovima u Sarajevu.

Sl. 151 – Šeher-Ćehajina ćuprija u Sarajevu (XVI)







Sl. 151 – Šeher-Ćehajina ćuprija u Sarajevu (XVI)

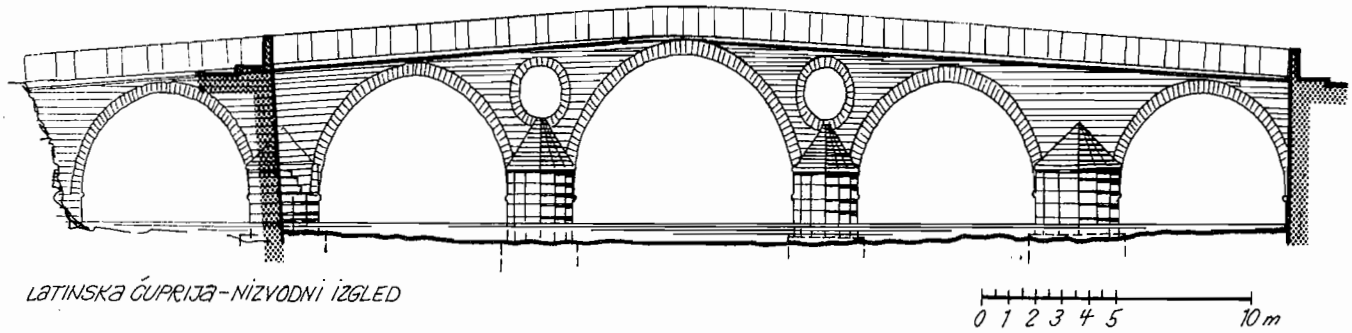
ŠEHER–ĆEHAJINA ĆUPRIJA premošćuje reku Miljacku neposredno ispred Narodne biblioteke (bivše Vijećnice). Ime „Šeher ćehajina" ćuprija ili „Šeherija" je dobio po nekom Šeher-ćehaji (gradski načelnik) koji je navodno sagradio ovaj most (ili je most značajnije popravljen u njegovo vreme). Prema sačuvanom prepisu „Kronograma sa mosta na Bembaši" most je napravljen 1585/86. godine. I ovaj most je popravljan posle katastrofalno velike vode iz 1619. godine, zatim 1791. godine, pa 1834. i 1841, 1843. godine bila su srušena dva stuba i odgovarajući deo superstrukture mosta (o ovoj sanaciji postoji natpisna ploča na mostu), 1881. kada se pojavila pukotina na centralnom delu građevine (takođe od uticaja velike vode), da bi konačno 1904. godine znatno izmenio izgled prilikom regulacije reke i izgradnje obaloutvrda. Ovom prilikom levi otvor mosta je zatrpan i izvršeno je proširenje mosta odnosno umesto stare korkaluk ograde izvedene su nove pešačke staze na čeličnim konzolama i nova gvozdena ograda. Istovremeno je modernizovana kolovozna površina, umesto turske kaldrme izrađena je kolovozna konstrukcija od sitne kocke, i most je prilagođen uslovima sve intenzivnijeg gradskog saobraćaja.

Izvorna dispozicija ovog masivnog kamenog mosta, dužine oko 50 m, premošćavala je korito reke sa pet otvora. Kako je već pomenuto danas se vide samo četiri otvora. Otvori mosta zasvedeni su polukružnim odnosno polukrugu bliskim oblikom svodova. Rečni stubovi oblikovani su prema uobičajenim načelima i merilima ondašnje mostogradnje i, što se posebno podvlači, sa svrsishodnim osiguranjem dna reke od moguće erozije vodenog toka (odgovarajućom drvenom konstrukcijom). Korisna širina mosta, u originalnom konceptu, definisana korkaluk ogradom, bila je 4,50 m (6 aršina).

LATINSKA ĆUPRIJA, nizvodno od „Šeherije" i „Careve ćuprije", nastala je nekako u isto vreme kao i prethodna dva mosta. Po svoj prilici, početkom XVI veka, na mestu stare drvene ćuprije koju je, prema istorijskim spisima, napravio neki sarač Husein. Most je dobio ime po mahali Latininluku na desnoj obali reke. Neposredno kod ovog mosta, 1914. godine, Gavrilo Princip je usmrtio austro-ugarskog prestolonaslednika Franju Ferdinanda, pa se za ovaj most može čuti i ime „Principov most".

I na ovom mostu je od uticaja velike vode Miljacke 1739. srušen jedan otvor, svod, koji je obnovljen istovremeno kada i Carev most. Jedan svod je stradao i 1789. godine a od katastrofalno velike vode iz 1791. godine most je bio onesposobljen za saobraćaj. Popravljen je šest godina kasnije odnosno 1798. godine.

I ovaj most je doživeo sudbinu adekvatnu Šeher-ćehajinoj ćupriji. Naime, prilikom regulacije Miljacke, krajem





XIX veka, zatrpan je jedan otvor, izvršeno je proširenje mosta odnosno promenjen je njegov osnovni izgled i ćuprija je „okovana" novo izvedenim kejskim zidovima. Danas ćuprija dužine oko 40 m premošćuje reku sa četiri otvora zasvedena polukružnim svodovima, sa rečnim stubovima izvedenim sa obostranim kljunovima, sa kružnim olakšavajućim otvorima i, uopšte rečeno — konstrukcijskim odlikama svojstvenim ovoj regiji na polju građenja mostova u vremenu XVI—XVII vek.

ALI-PAŠIN MOST. Preko reke Željeznice, na lokalitetu današnjeg — savremenog mosta kod Ilidže, veliki vezir Hrvat Rustem paša, najverovatnije na mestu poruše-

Sl. 152 – Latinska ćuprija (XVI) preko Miljacke u Sarajevu (pre i posle proširenja)



nog mosta iz rimskih vremena, sagradio je masivni kameni most sa 15 otvora. Njegov savremenik bosanski sandžakbeg Gazi Ali paša sagradio je, ili radikalno obnovio, most preko Miljacke (na današnjem lokalitetu pod nazivom Alipašin most) – negde u XVI veku. Ovaj most, kao i onaj preko Željeznice, danas ne postoje. Ali pašin most su srušile velike vode 1739. godine da bi odmah zatim bio obnovljen. Međutim 1761. godine most je ponova saniran, zatim je popravljan 1775, 1777, 1778. je nanovo porušen od velike vode, zatim je popravljan 1789, 1795/96, 1803/04, 1870. kada je umesto srušenog svoda napravljena privremena drvena konstrukcija, da bi definitivno nestao prilikom rekonstrukcije puta za vreme austro-ugarske okupacije. Sve ove mnogobrojne popravke i destrukcije mosta ukazuju na moguću činjenicu da je građevina bila nekvalitetno fundirana i koncipirana pa je kao takva bila subjekt mnogih rušenja i sanacija.

* * *

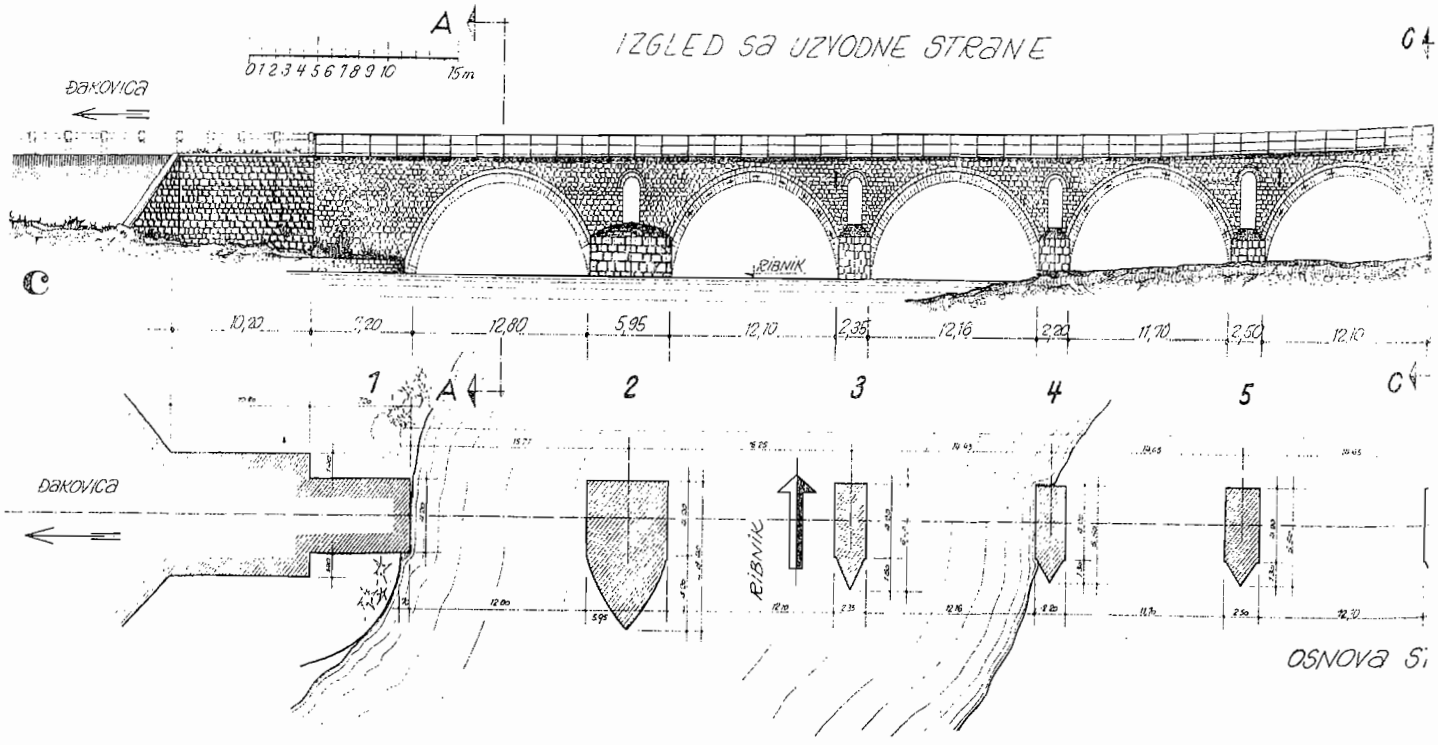
Osim navedenih kamenih konstrukcija mostova u Sarajevu su postojali i mnogi stari drveni mostovi. Tako se zna, kako nam saopštavaju istorijske činjenice, da su sagrađeni i: drveni most na Bembaši – 1782. godine; drveni most pod nazivom „Drvenija" kod Đumišića medrese, napravljen pre 1659. godine; Hadži-Bešlijina drvenija neposredno uz napred citirani Carev most – 1791. godine; na sredokraći između Careve i Latinske ćuprije drveni most pod imenom ćuprija Hadži-Nuhana Bičakćića koji je 1793. godine odnela velika voda Miljacke; ćuprija Cumurija (na mestu današnjeg čeličnog pešačkog mosta) sagrađena polovinom XVI veka, više puta popravljena i konačno porušena 1886. godine; ćuprija Čobanija najverovatnije napravljena u XVI veku takođe je više puta sanirana i 1887. godine zamjenjena čeličnom konstrukcijom; ćuprija Skenderija napravljena takođe u XVI veku takođe je više puta sanirana a tri puta je u celosti rekonstruisana – 1797/98, 1833. i 1881. godine. Drvena konstrukcija je konačno 1883. godine zamenjena čeličnom konstrukcijom; i tzv. Ćirišhana ćuprija (po radnjama-esnafu za izradu lepkova-ćiriša), građena je negde u XVIII veku (na ovom lokalitetu je i mnogo ranije postojao most) i danas je zamjenjena savremenim-betonskim mostom.

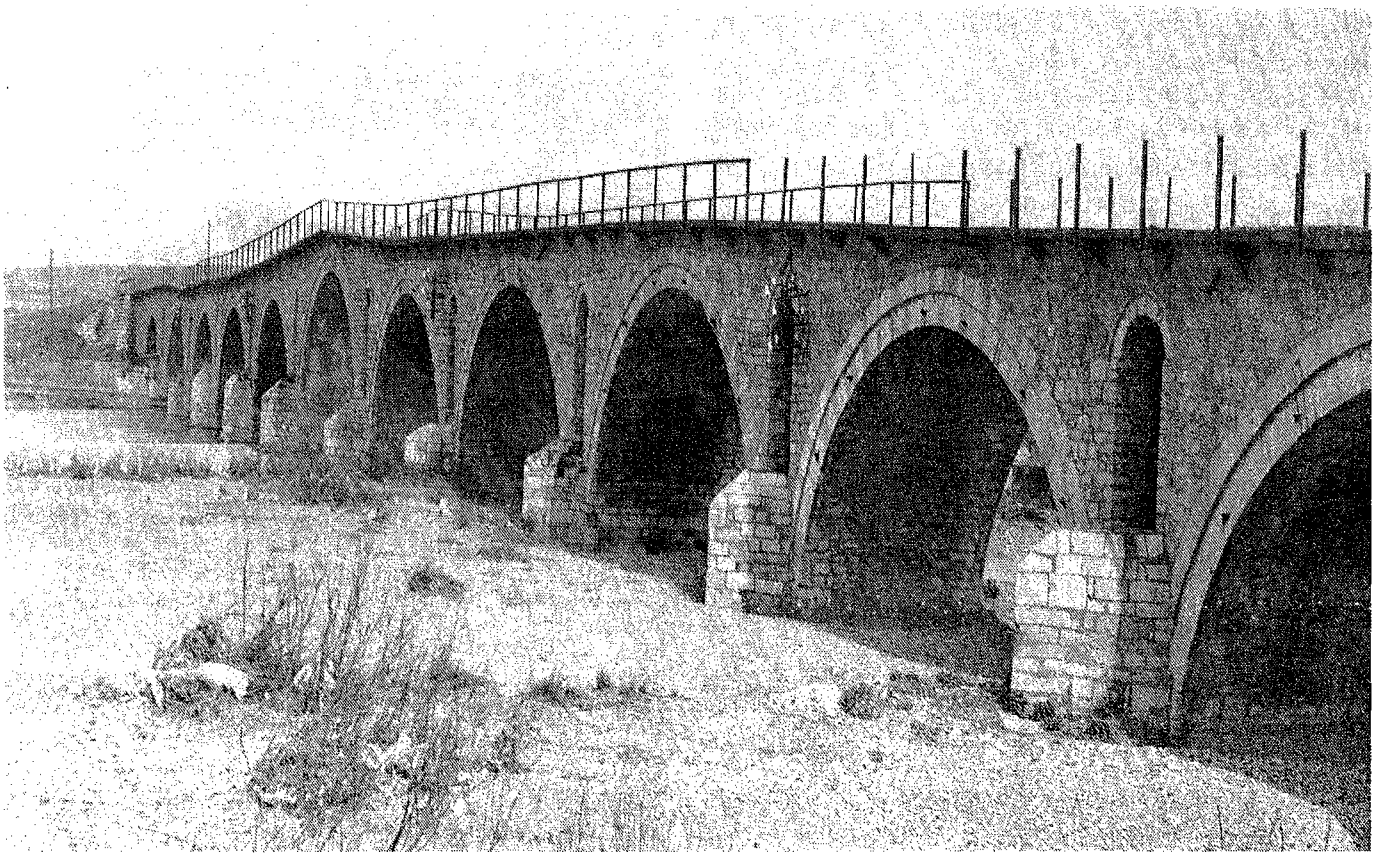
– Džemal Čelić, Mehmed Mujezinović: *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Veselin Masleša, Sarajevo, 1969;
– Kreševljaković Hamdija: *Vodovodi i gradnje na vodi u starom* Sarajevu, Sarajevo, 1939.

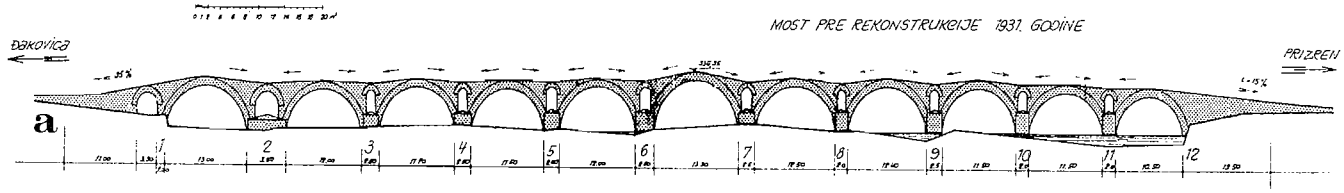
5.23. TERZIJSKI MOST (kod Đakovice)

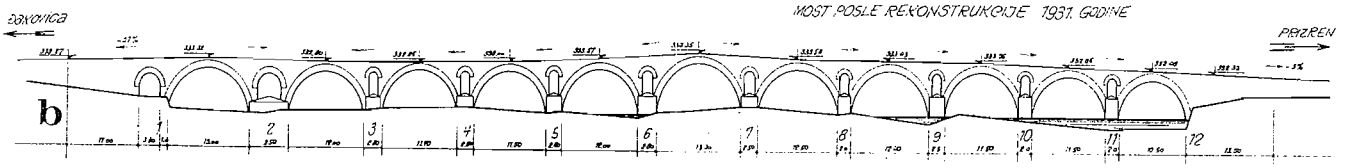
Stari kameni most preko reke Ribnik (Erenik), kod Đakovice, po svoj prilici sagrađen je početkom XVIII veka). Dobio je ime po Terzijskom esnafu čijom zaslugom je most i napravljen. Prilikom prve modernizacije puta Đakovica–Prizren, 1931. godine, proširena je kolovozna konstrukcija odnosno korigovana je niveleta mosta. Tom prilikom dodate su dve pešačke staze od armiranog betona. Inače tokom svog postojanja most je više puta popravljan. Jedna od tih popravki, iz neznanog vremena, ostavila je vidnog traga na delu mosta neposredno uz levu obalu

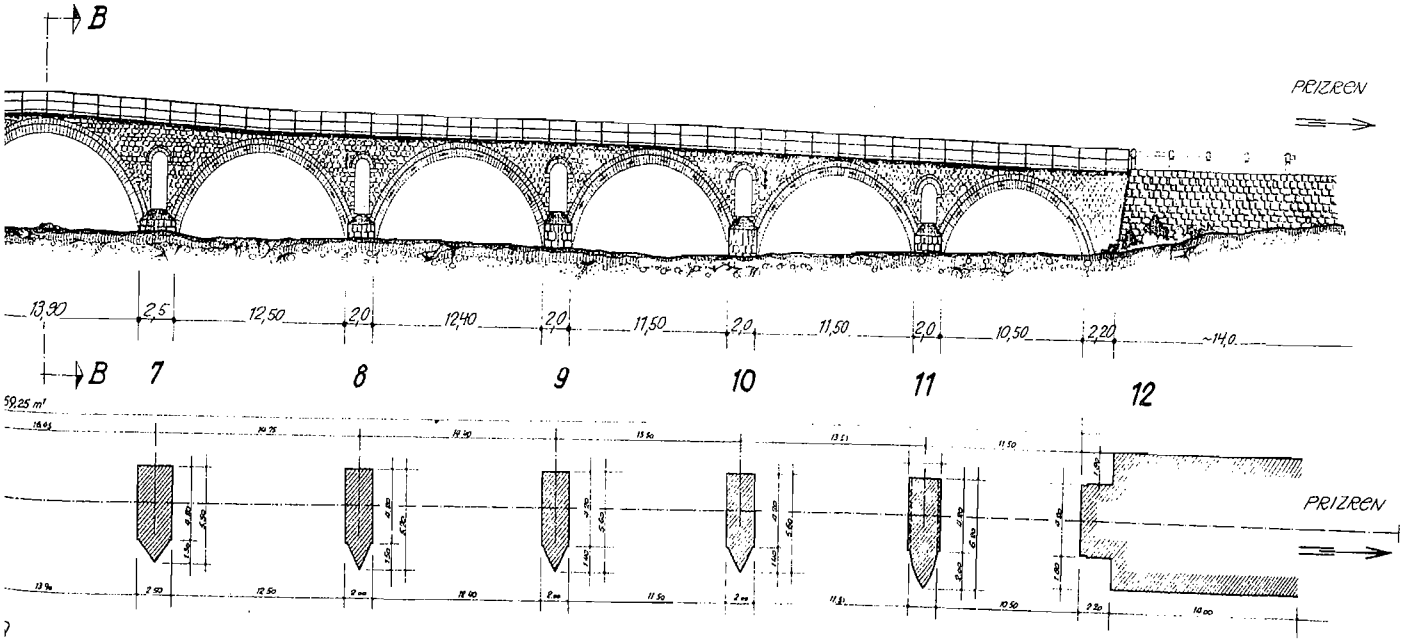
Sl. 153 – Terzijski most preko reke Ribnik (Erenik) kod Đakovice (XVIII): (a) uzvodni izgled pre rekonstrukcije iz 1931. godine; (b) izgled posle izvedene rekonstrukcije – proširenja mosta i korekcije oblika nivelete; (c) izgled sa uzvodne strane iz 1960. godine






MOST PRE REKONSTRUKCIJE 1937. GODINE
ĐAKOVICA
PRIZREN
a
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12


MOST POSLE REKONSTRUKCIJE 1937. GODINE
ĐAKOVICA
PRIZREN
b
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12


B
PRIZREN
13,90
2,5
12,50
2,0
12,40
2,0
11,50
2,0
11,50
2,0
10,50
2,20
~14,0
B
7
8
9
10
11
12
59,25 m'
PRIZREN

reke. Naime, tom prilikom došlo je do promene osnovne siluete mosta odnosno krajnji otvor, koji je nastao tom popravkom, zajedno sa susednim stubovima i odgovarajućim olakšavajućim otvorima, svojom geometrijom, bitno se razlikuje od ostalih elemenata mosta. Menja izvorni vizuelni koncept mostovske konstrukcije kao celine, što je posledica prihvatanja matice reke koja se vremenom približila levoj obli. Najverovatnije da je ovo dislociranje matice reke i uslovilo ovu popravku.

Terzijski most dužine 192,8 m premošćuje relativno široko korito reke sa jedanaest otvora različitih veličina. Otvori su zasvedeni polukružnim odnosno polukrugu bliskim svodovima. Korisna širina mosta, posle rekonstrukciji iz 1931. godine, bila je između 5,0 i 5,1 m. Orginalna, stara korisna širina bila je negde oko 3,40 m. U orginalnom konceptu premošćavanja reke konstrukcija mosta se isticala specifičnim oblikom nivelete, tzv. izprelamanom niveletom, niveletom sa izgubljenim padovima. Isto tako, centralni deo mosta, središnji otvor, isticao se veličinom otvora, kotom nivelete i ukrasnim rozetama kružnog oblika.

U jesen 1961. godine katastrofalno velika voda Ribnika usmerila je maticu reke na rečni stub br. 3 (treći stub od leve obale). Ovo je imalo za posledicu podlokavanje temelja stuba – njegovo znatno sleganje i rotaciju oko podužne ose mosta – što se nepovoljno odrazilo na konstrukcije susednih svodova i odgovarajući deo kolovozne konstrukcije. Naime došlo je do lomova, do kolapsa konstrukcije mosta na ovom delu. Deformacijom kolovozne površine odnosno njegovim sleganjem veličine cca 50–60 cm došlo je do prekida saobraćaja na magistralnom putu Đakovica–Prizren.

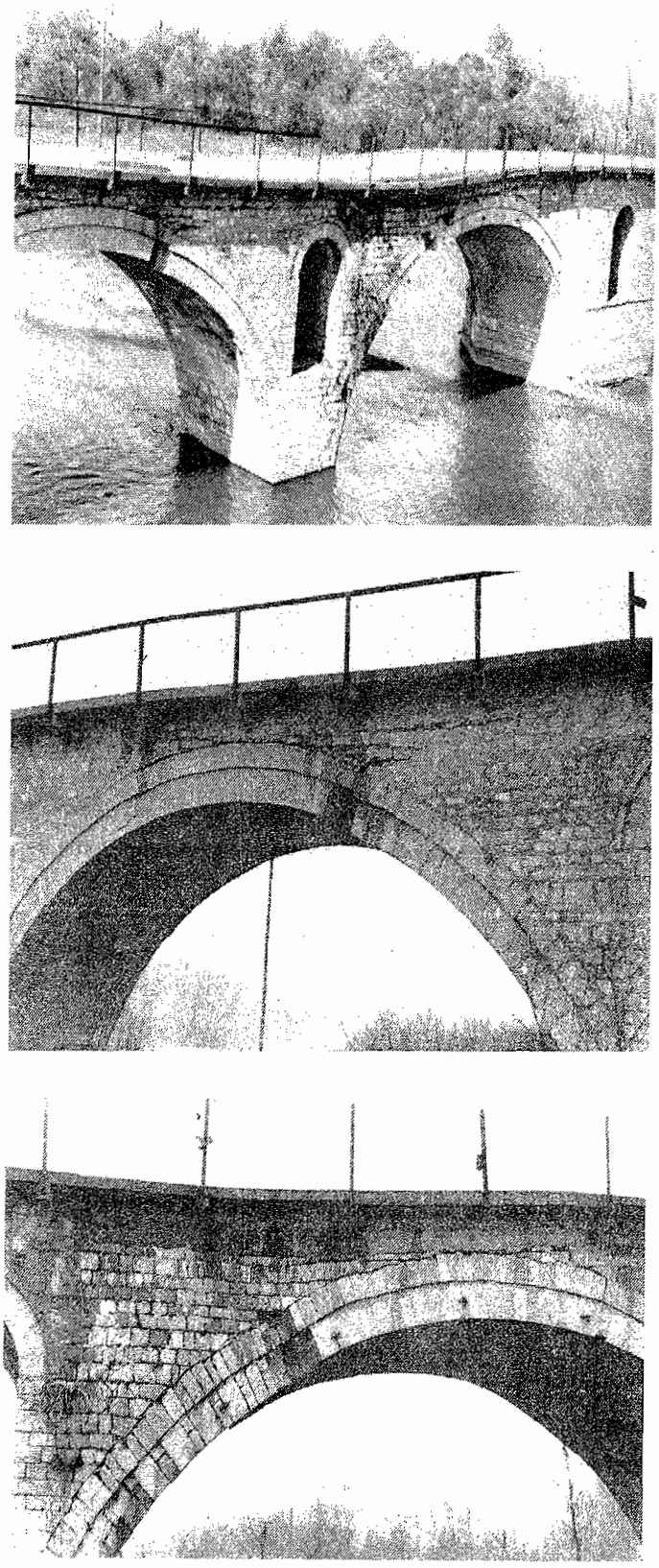
Pokušaji da se most pod hitno sanira i put osposobi za nesmetani saobraćaj, a za to su postojale realne mogućnosti, naišli su na otpor odgovarajuće Uprave za puteve. Naime, „putarima" je ova havarija bila razlog da učine sve što je potrebno za građenje novog mosta. Tako je i učinjeno. Stara mostovska konstrukcija je napuštena i neposredno uz stari Terzijski most, na nekih dvadesetak metara – što je nedopustivo blizu, sagrađen je novi armiranobetonski most. Stari kameni most je ostao van saobraćaja, bez popravke i intervencija, i prepušten zubu vremena i ćudima prirode.

Inicijativom Pokrajinskog zavoda za zaštitu spomenika kulture u Prištini, krajem 1979. godine, pokrenut je postupak za sanaciju i revitalizaciju ovog spomenika kulture. Bio je postavljen zadatak: razmotriti mogućnost sanacije mosta i vraćanja mostu njegovog prvobitnog izgleda odnosno demontiranja svega onog što nije autohtono.

I u ovom primeru izrada tehničke dokumentacije podeljena je u dve faze: izradu idejnog i izradu glavnog projekta sanacije. Prilikom izrade idejnog projekta postavljeni su sledeći principi:

– sa današnje mostovske konstrukcije skinuti sve ono što je kasnije, u toku njenog postojanja, dodato i tako mostu vratiti njegove izvorne konture i izgled. Novo projektovani volumeni i vidne površine moraju biti adekvatne prvobitnim;

– na mestima kasnijih dograđivanja, gde su se izvorni oblici izgubili odnosno utopili u ova dograđivanja a poseduje određene specifičnosti i karakterišu vreme kada su



Sl. 154 – Detalji posle havarije rečnog stuba 3 (1961. godine): (a) deformacija kolovozne površine kao posledica sleganja (i rotacije) rečnog stuba; (b) i (c) lomovi susednih svodova i pukotine na čeonom zidu uzrokovane pomenutom deformacijom rečnog stuba

nastali – diferencirati i sa puno odgovornosti odlučiti šta je za most i za službu zaštite povoljnije. Ili, vratiti prvobitni izgled imitiranjem stare tehnike građenja, ili – sačuvati dograđeno kao spomenik vremena kada je nastalo;

– sve što pripada vidnim površinama izvesti adekvatno onome kako su to radili stari neimari. Za sve ostale radove, oku nepristupačne, koristiti savremene materijale i tehnologiju građenja;

– ekonomiku poduhvata koja se finansira skromnim sredstvima saglasiti mogućnostima etapnog građenja, kroz vreme; i

– posle rekonstrukcije i sanacije most mora uspešno da reprezentuje vreme i sveukupne prilike kada je nastao a da pri tome uz određenu funkciju sigurno odoleva ćudima prirode i rečnog toka.

Poseban problem u ovom zahvatu predstavljale su velike deformacije rečnog stuba br. 3 i lomovi susednih svodova odnosno kolovozne konstrukcije. Idejni projekt je razmatrao dva moguća i za most korisna rešenja.

– 1. Da se rečni stub 3, pošto se prethodno oslobodi odgovorajućeg dela kolovoza i ispune mosta, smišljenim rasporedom većeg broja hidrauličkih presa – podigne na prvobitnu kotu. Ova radnja zahteva izradu posebne skele u dva susedna otvora, delikatne radove „šlicovanja" za smeštaj presa, delimična podziđivanja i, što je posebno značajno, veliku stručnost radnika odnosno posebno i za ovu vrstu radova kvalifikovanog izvođača. Posle dovoljnog podizanja i zaziđivanja oštećenih delova mosta, kako na stubu tako i na svodovima odnosno čeonim zidovima, izvršila bi se potrebna-dodatna injektiranja.

– 2. Da se sanacija stuba 3 i odgovarajućih delova superstrukture izvede preziđivanjem. Naime, posle pažljivog demontiranja i ponovnog fundiranja stuba 3, na dublju i povoljniju kotu, ponova ozidati stub i odgovarajući deo superstrukture mosta. I ovi radovi zahtevaju skele u susednim otvorima.

Oba predviđena načina sanacije rečnog stuba 3 zahtevaju rad u suvom, bez prisustva vode.

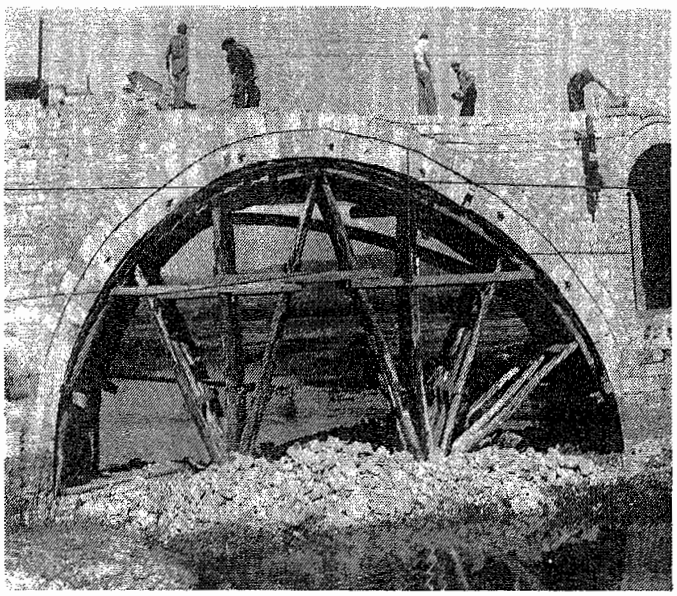
Detaljno sprovedene analize pokazale su, s obzirom na sveukupne prilike i uslove, da je ekonomski povoljnije i za most bolje: da se sanacija stuba 3 izvede preziđivanjem. Za ovakav način rada postojali su povoljni lokalni uslovi.

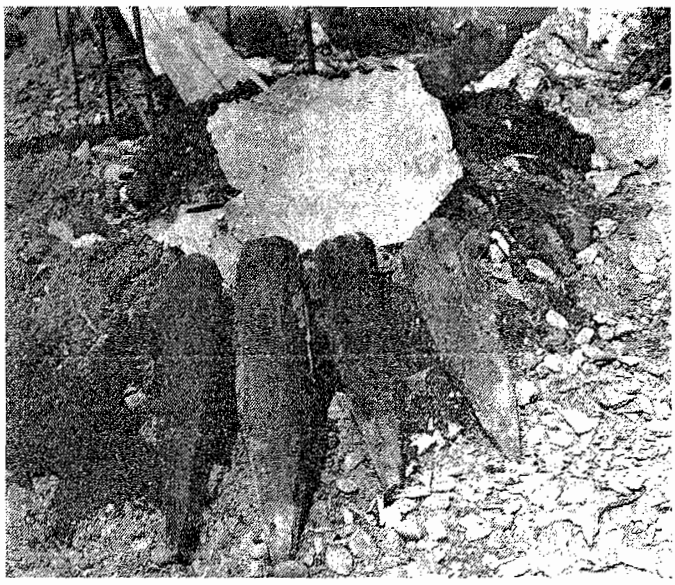
Idejni projekt je osim navedenog ponudio imajući u vidu tehničke mogućnosti za realizaciju rešenja, veći broj autentičnih istorijskih podataka i proklamovane i prihvaćene principe Zaštite i revitalizacije spomenika kulture uopšte i starih kamenih mostova posebno – tri moguća rešenja i to:

(1) Potpuna rekonstrukcija prvobitnog-srednjovekovnog izgleda mosta;

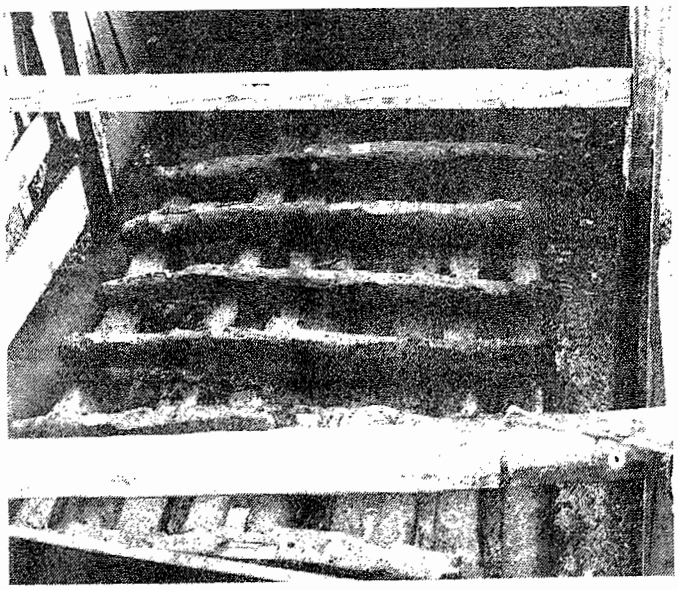
(2) Potpuna rekonstrukcija prema stanju mosta sa sredine odnosno kraja XVIII veka; i

(3) Rekonstrukcija izgleda kojom se predlaže čuvanje današnjeg izgleda na manjem delu, do leve obale, a ostali





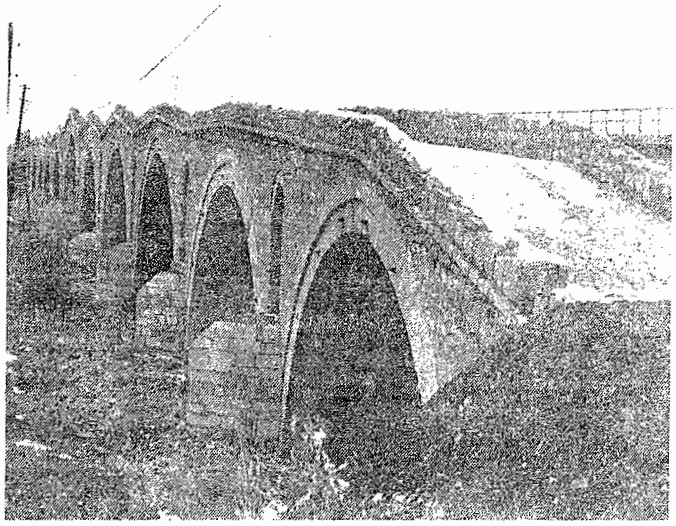
Sl. 155 – Detalji sa radova na sanaciji: (a) u fazi demontiranja oštećene superstrukture; (b) stari drveni šipovi izvadeni iz temeljne jame demontiranog rečnog stuba



Sl. 156 – Detalj sa radova na sanaciji: – pogled na temeljnu jamu rečnog stuba 3 sa izgledom roštilja „in situ" (roštilja na kome je stari graditelj fundirao stub)



Sl. 157 – Detalji Terzijskog mosta posle izvedenih restauratorskih radova (1984–1988) – izgled sa uzvodne strane



deo mosta se rekonstruiše u celini. Ovo rešenje je i predloženo Službi zaštite za usvajanje.

Karakteristike predloženih rešenja rekonstrukcije sastoje se u sledećem:

Rešenje pod (1) zahteva rekonstrukciju tri otvora do leve obale, dislokaciju jednog rečenog stuba i delimično smanjenje proticajnog profila reke. Ovo rešenje takođe zahteva znatne radove na regulaciji rečnog toka odnosno velika novčana sredstva koja su praktično za službu Zaštite nedostižna.

Rekonstrukcija pod (2) sadrži uglavnom iste nedostatke kao i prethodna (1) ali u nešto manjem obimu. Ovo rešenje traži sigurne istorijske činjenice o vremenu nastajanja levog kraja mosta. Ima svoje kvalitete ali ne toliko jake da bude konkurentna predloženom rešenju (3).

Predloženo rešenje (3) nudi službi Zaštite zadržavanje postojećih veličina otvora, povoljno za proticanje rečnog toka, i većem delu konstrukcije mosta vraća prvobitni izgled. Na delu mosta do leve obale, obalni stub i jedan otvor ostaju kakvi jesu (na dužini od 31,5 m tj. 16,3% ukupne dužine mosta). Na preostaloj dužini mosta konstrukciji se vraća prvobitni izgled odnosno rekonstruiše se kolovoz, venac i delimično čeoni zidovi.

Kvaliteti predloženog rešenja su: veliki deo dužine mosta (84%) vraća se u prvobitno stanje uz minimum radova. Masivni obalni stub na levoj obali i prvi otvor mosta ostaju kakvi jesu da svedoče o vremenu kada je izvršena radikalna sanacija mosta (u jedno ranije vreme). Velike mase solidno izvedene građevine ostaju bez intervencije, što nije bez značaja sa finansijskog aspekta.

Ostali detalji idejnog projekta, kao što su: kolovozna konstrukcija, venci, ograda o kojoj nema dovoljno istorijskih podataka, ukrasne rozete i slično – nisu predstavljali posebne teškoće prilikom izrade idejnih rešenja.

Na sednici Komisije za reviziju idejnih rešenja projekt je prihvaćen u celini i dato je zeleno svetlo za izradu glavnog projekta a na osnovu predloženog rešenja (3), koje je ponudio idejni projekt. Ovde je potrebno podvući da je idejni projekt detaljno obradio sveukupnu problematiku Terzijskog mosta, sa mnogim elementima glavnog projekta, i da je sva svoja razmatranja i analize izveo na bazi prethodno izrađenog fotogrametrijskog snimka i odgovarajućeg kartiranja dobijenih podataka u razmeri 1:50.

Sa detaljno razrađenim idejnim projektom koji je rešio sve nedoumice i konkretne probleme sanacije postavio

u realne i prihvatljive okvire – izrada glavnog projekta predstavljala je rutinski posao. Izradom glavnog projekta i parcijalno obezbeđenim finansijskim sredstvima stekli su se svi potrebni uslovi za početak radova na mostu. Pokušaji da se nađe povoljan izvođač radova ostali su bez uspeha – jer svi potencijalni izvođači su se rezervisano odnosili prema kompleksnim radovima i nisu „videli" sigurnu i dobru zaradu. Ovo je i bio razlog da se radova, u svojoj režiji, prihvati Zavod za zaštitu spomenika kulture u Prištini pod rukovodstvom tehn. Milosava Lukića.

Sa radovima je započeto na stubu br. 3 – avgusta 1984. godine. Početo je sa rušenjem odgovarajućeg dela superstrukture, postavljanjem svodnih skela ispod susednih svodova (drvene skele sistema „sa vertikalnim podupiračima") i skretanjem toka reke izvan domašaja rečnog stuba 3. Blokovi kamena sa vidnih površina rečnog stuba i dela svodova koji se ruše, pre demontaže su obeleženi kako bi se prilikom rekonstrukcije vratili na svoje primarno mesto. Donji delovi rečenog stuba i njegova temeljna stopa demontirani su pod zaštitom drvenog priboja i uz permanentno crpljenje vode iz temeljne jame. Prilikom ovih radova konstatovano je – da se stara stopa temelja na tlo oslanjala preko drvenog roštilja odnosno kratkih drvenih „šipova", bolje rečeno – drvenih kolčeva (prečnika cca 15 cm i dužine oko 1,5 m). Sa kopanjem je nastavljeno sve do moćnog sloja gline (sondažni podaci i geološki profil za već sagrađeni most bili su od velike pomoći). U sloj čvrste gline sa novo projektovanom stopom temelja ušlo se cca 40 cm. Nova temeljna stopa izvedena je od nearmiranog betona. Prvi slojevi betona ugrađeni su pod vodom.

Posle izrade temeljne stope dalji rad na zidanju stuba odvijao se u suvo, bez prisustva vode, uobičajenim postupkom. Vidne površine ozidane su prethodno demontiranim i obeleženim kamenom a u ispunu stuba ugrađivan je nearmirani beton.

Ponovno zidanje srušenih delova svodova, čeonih zidova i olakšavajućeg otvora – takođe nije predstavljalo posebnu teškoću. Za zidanje svih elemenata upotrebljen je cementni malter.

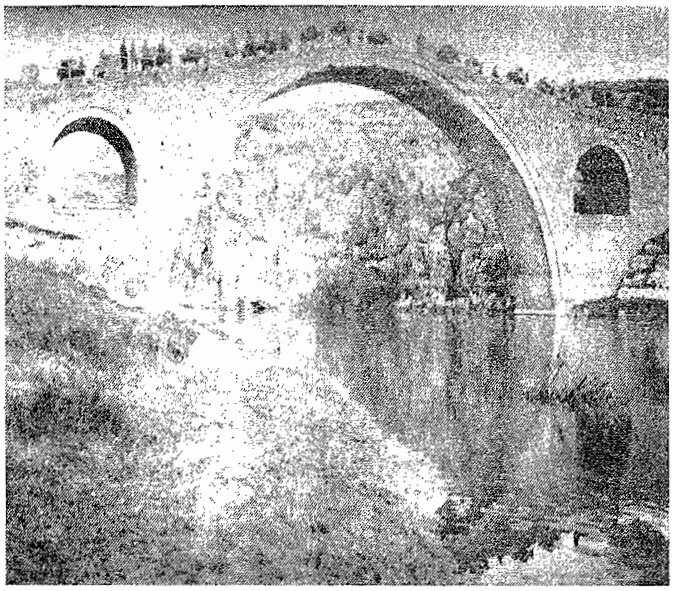
Prilikom rekonstrukcije i konzervacije kolovozne površine odnosno venaca i ograde mosta nije se raspolagalo sa autentičnim materijalnim ostacima. Stari-prvobitni oblik nivelete sigurno je rekonstruisan na osnovu tragova stare-prvobitne krune čeonih zidova. Međutim oko oblika i konstrukcije ograde bilo je dvoumljenja. Posle mnogih analiza a posebno iz razloga bezbednosti saobraćaja na mostu, posebno pešaka – parapetni masivni zidovi, debljine cca 40 cm, su samo delimično ozidani i nepravilno završeni. Kolovozna površina izvedena je od oblutaka i lomljenog kamena (manji %) na sloju cementnog maltera.

Radovi na sanaciji i rekonstrukciji izgleda Terzijskog mosta završeni su krajem leta 1988. godine. Ovo relativno dugo vreme trajanja radova objašnjava se dinamikom priticaja skromnih finansijskih sredstava, ponovnom organizacijom gradilišta svake godine, i malim brojem radnika. Posebno se podvlači da su radni uslovi na gradilištu bili vrlo nepovoljni kao i činjenica da su radovi izvedeni sa vrlo skromnom tehničkom opremom odnosno mehanizacijom.

– Katanić N. i Gojković M: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori*, Beograd, 1961.

5.24. ŠVANJSKI MOST

U zadnjim ratnim zbivanjima (1942) stradao je čuveni Švanjski most preko Belog Drima, nedaleko od Terzijskog mosta, prema Prizrenu. Trajno je izgubljen vredan raritet srednjevekovne graditeljske baštine na našem tlu, u ovoj regiji. Premošćavao je Drim sa jednim otvorom polukružnog oblika. Zna se da je bio rušen u I svetskom ratu a zatim popravljen. Posle rušenja u II svetskom ratu stari most je zamenjen novom armiranobetonskom konstrukcijom, takođe u jednom otvoru (1943. godine).



Sl. 158 – Izgled Švanjskog mosta sa nizvodne strane (snimak iz 1918. godine)

Na starim fotografijama lako se uočavaju tragovi korekcije starog-prvobitnog oblika nivelete. Ova činjenica govori da su se mnogi stari mostovi, među njima i Švanjski most, odmah posle puštanja u saobraćaj pokazali kao nepodobni za nesmetano kretanje preko mosta – zbog oblika nivelete, velikih nagiba nivelete. Ovo je bio razlog da su kolovozne konstrukcije na mnogim mostovima i u najranije vreme svoga postojanja morale da pretrpe određene korekcije.

– Jovan Cvijić, *Osnove za geografiju i geologiju Makedonije i Stare Srbije*, knj. III, Beograd 1911.

5.25. MOST PREKO MOŠTANICE (kod Nikšića)

Za ovaj most na starom putu Nikšić–Grahovo–Trebinje istorijske činjenice upućuju da potiče iz rimskih vremena i da je tvorevina rimske mostogradnje. Sigurnih istorijskih podataka za ovu tvrdnju nema, mada prema nekim sačuvanim konstrukcijskim detaljima ima indikacija da potiče iz rimskih ili njemu bliskog vremena.

Korito reke premošćeno je mostovskom konstrukcijom sa četiri otvora zasvedena polukružnim svodovima različitih veličina. Ukupna dužina mosta je cca 31 m. U arhitekturi celine – ističu se oblici rečnih stubova, posebno njihovi kljunovi, i olakšavajući otvori.

Sve do 1957. godine to je bila ruina od mosta. Te godine, zalaganjem Zavoda za zaštitu spomenika kulture NRCG a prema planovima arh. Minjevića izvedena je uspešna rekonstrukcija mosta. Tom prilikom prezidani su svi derutni delovi i dozidani-rekonstruisani delovi mosta koji nedostaju.

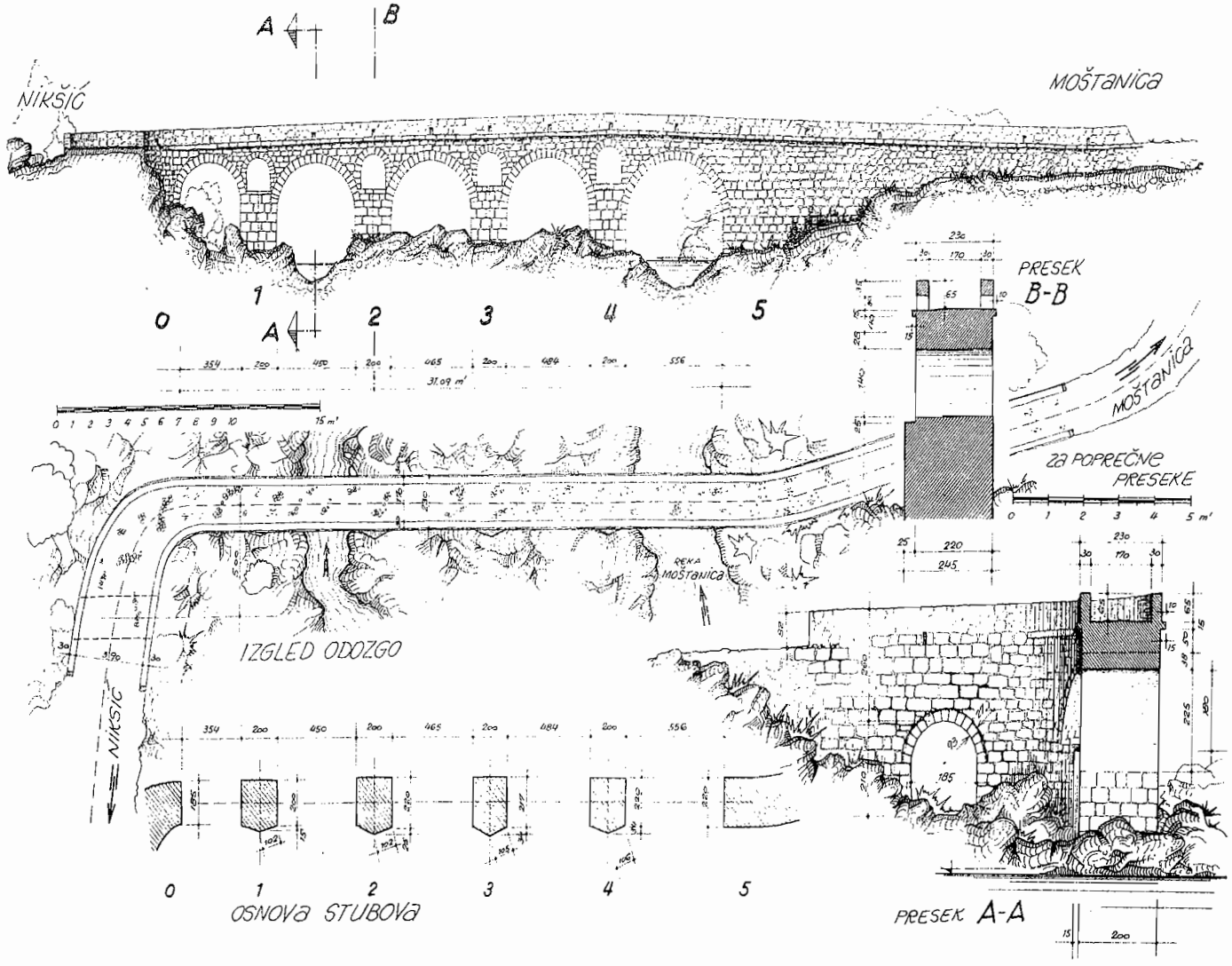
– Milutin Plamenac: *Rad zavoda za zaštitu spomenika kulture NR Crne Gore od 1954–1959. godine,* Zbornik zaštite spomenika kulture, knj. IX, str. 316;

– Nadežda Katanić i Milan Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori,* Beograd, 1961, str. 185–191.

5.26. MOST PREKO RIBNICE U Titogradu

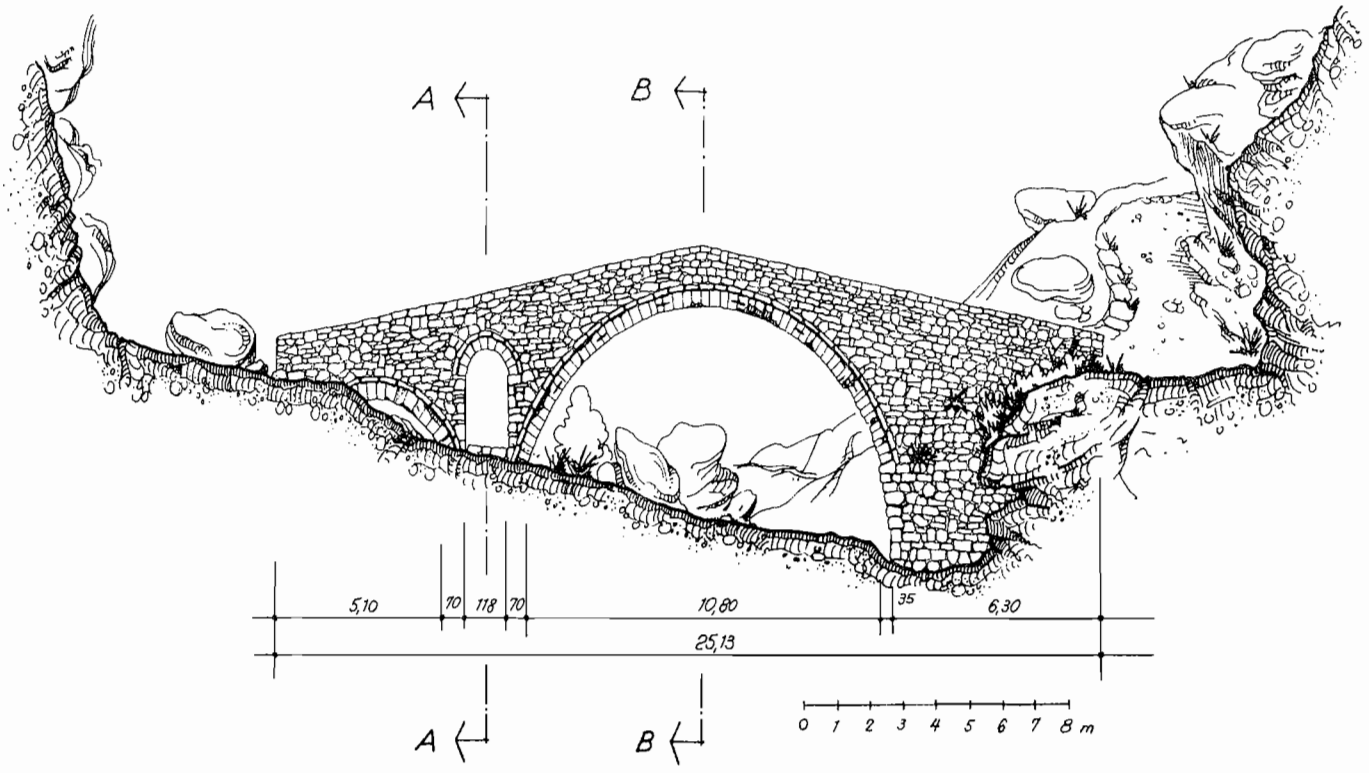
Most preko reke Ribnice u Titogradu (staroj Podgorici). poznat i pod imenom „Nemanjin most", podno drevnog Ribničkog grada (rodnog mesta Stevana Nemanje) premošćuje reku asimetričnom mostovskom konstrukcijom u kojoj dominira glavni otvor veličine 10,8 m. Ukupna dužina mosta je cca 25 m. Most je tvorevina mostogradnje srednjeg veka, međutim ima indikacija da je sa-

Sl. 159 – Most preko reke Moštanice kod Nikšića – dispozicija posle rekonstrukcije izvedene 1957. godine





Sl. 160 – Most preko Ribnice u Titogradu – nizvodna strana



građen na temeljima neke ranije konstrukcije, možda i rimske građevine.

Most je neposredno posle rata obnovljen i restauriran i kao takav uspešno integrisan u savremene urbanističke postavke grada i uređenja reke Morače na potezu kroz Titograd.

N. Katanić i M. Gojković, *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori,* Beograd, 1961. godine.

5.27. MOST PREKO REKE LONJE

Most preko Lonje u selu Paki, na putu Varaždin—Zagreb, klasičan je primer grubog narušavanja kontura starog mosta, njegove arhitekture i konstrukcije, proširenjem odnosno adaptiranjem za uslove savremenog saobraćaja. Naime, na staru konstrukciju od kamena jednostavno je „prilepljena" nova konstrukcija od betona (na nizvodnoj strani) i tako napravljene dve „grešne" radnje: prva, uništena je arhitektura stare konstrukcije i osnovni koncept mosta, i — druga, nateran je savremeni materijal, beton, da radi u sistemu koji ne odgovara njegovim kvalitetima.

* * *

Identičan primer može se videti i na starom mostu preko reke Ljute u istoimenom selu u okolini Dubrovnika (u Konavljima).

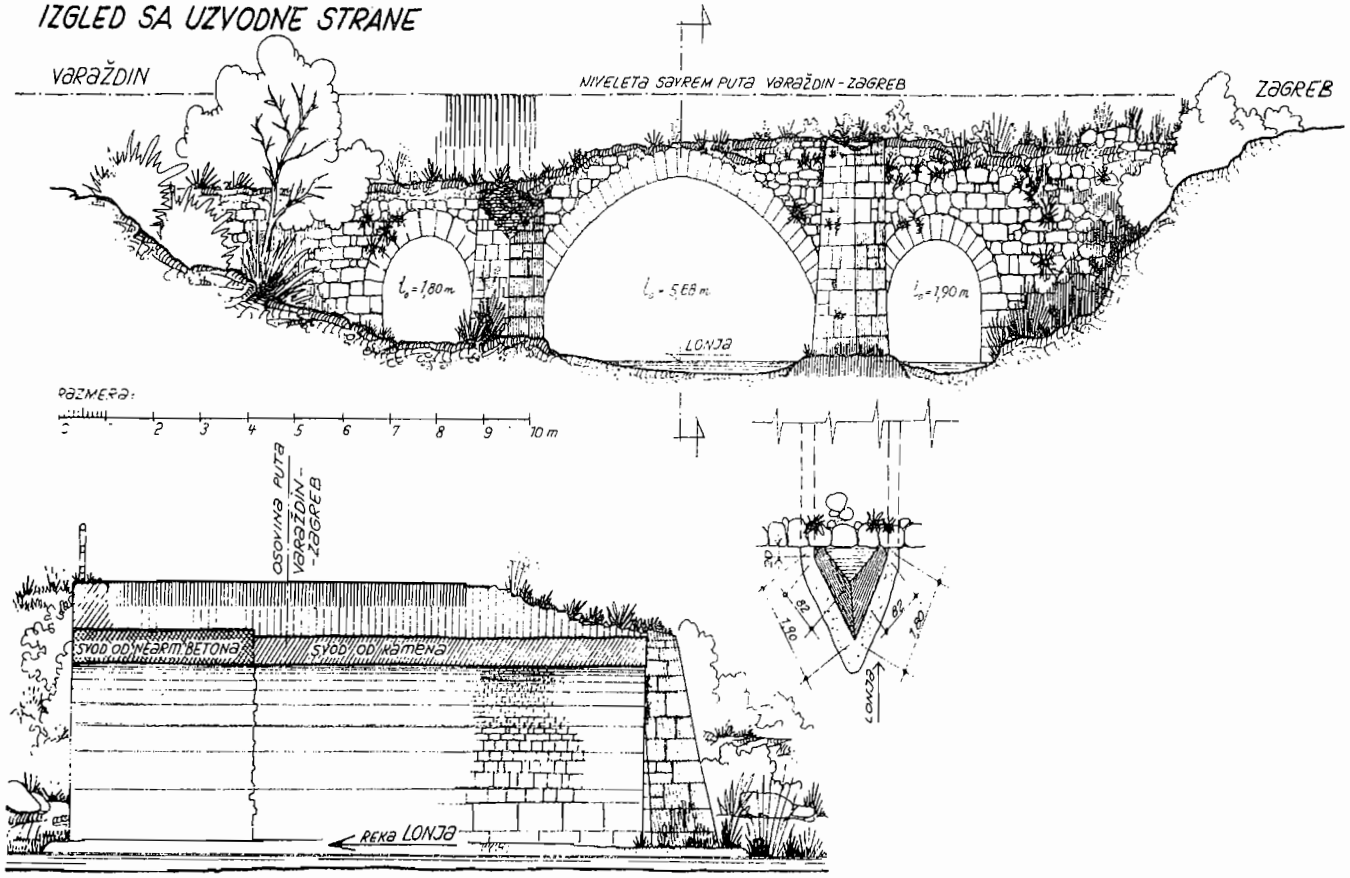
5.28. KASAPČIĆA MOST u Titovom Užicu

Ako je verovati turskom putopiscu Evliji Čelebiji, Užice je u XVII veku, preko reke Đetinje, imalo tri drvena i tri kamena mosta.

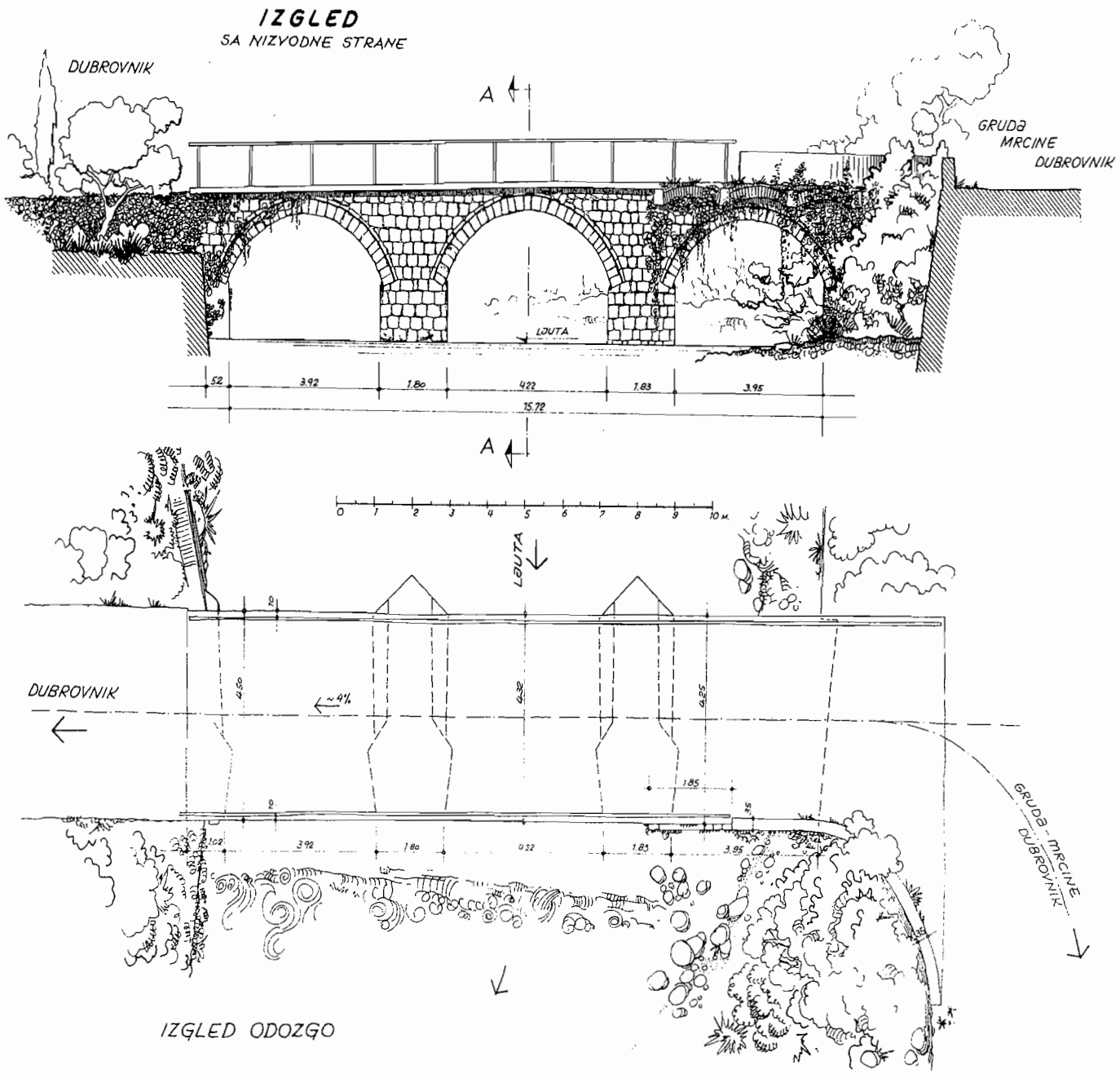
Prilikom povlačenja nemačke vojske, 1945. godine, porušena je ćuprija Muhamed-bena poznata pod imenom „Kasapčića most". Most preko Đetinje na ovom profilu, prema podacima sa natpisne ploče, sa tariha, sagrađen je 1628. godine. Most dužine 54 m i korisne širine 3,45 m imao je pet otvora različitih veličina (7,40 + 9,70 + 10,40 + 8,20 + 5,30) i niz odlika i karakteristika svojstvenih ondašnjoj mostogradnji.

Ovde se citira interesantna ideja poč. arh. S. Mandića, autora rešenje trga Oslobodioca u T. Užicu, koji je u svojim vizijama povezivanja Trga sa novom železničkom stanicom (na pruzi Beograd—Bar) uključio i Kasapčića most. Naime, po njemu, novo formirani saobraćajni tok pešaka uključivao je i rekonstrukciju ovog jedinstvenog starog mosta. Veruje se, da će u jedno sretnije vreme prilikom realizacije ove „veze" doći i do rekonstrukcije Kasapčića mosta.

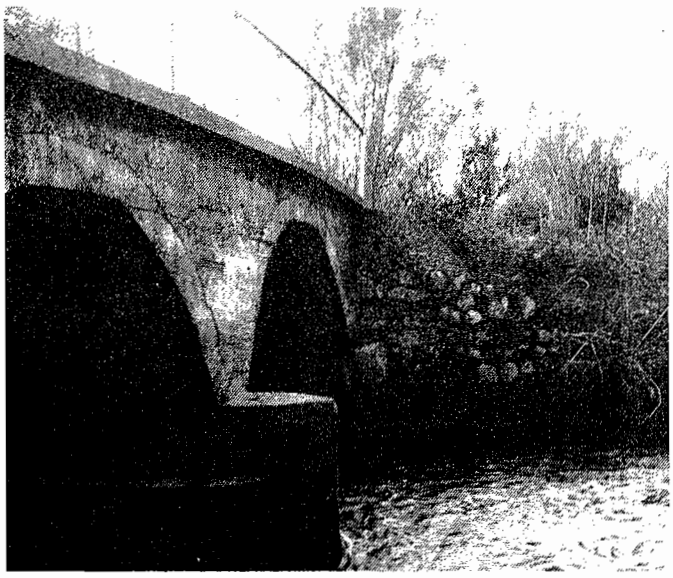
Negde u vreme prvog svetskog rata porušen je stari kameni most podno starog Užičkog grada, most poznat pod imenom „Đulića most". Premošćavao je reku sa četiri otvora zasvedena polukružnim svodovima.

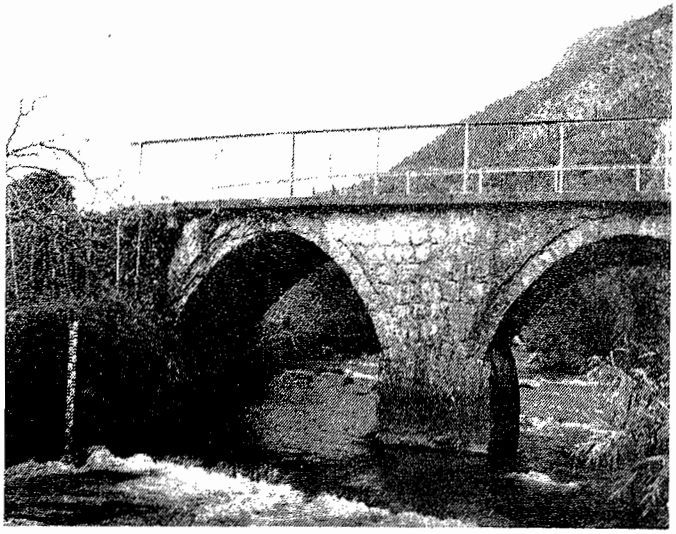


Sl. 161 — Most preko Lonje u selu Paka

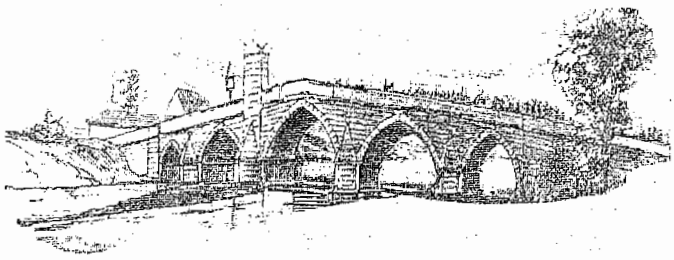


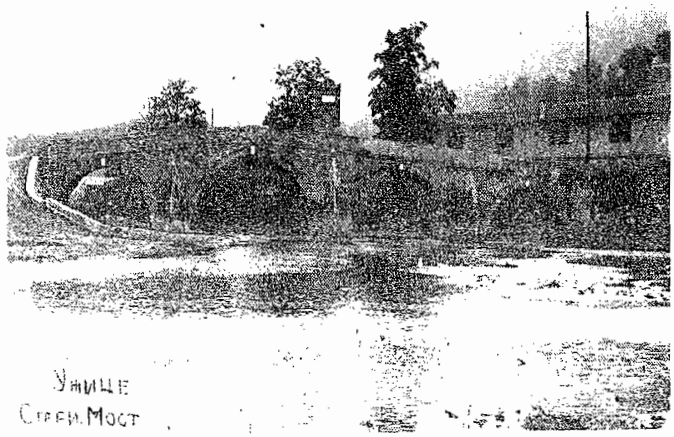
Sl. 162 – Most preko reke Ljute u Konavlju (kod Dubrovnika)



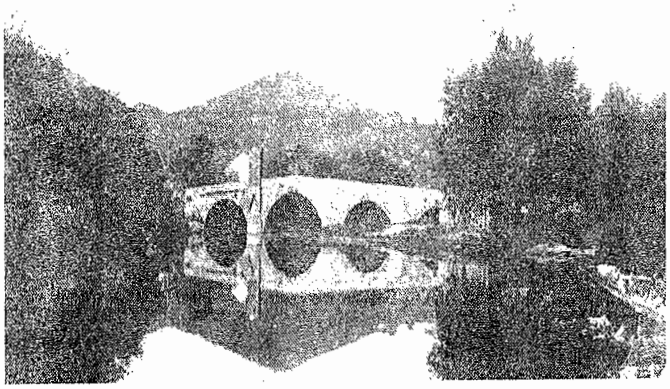


Slika 163 daje interesantnu komparaciju izgleda Kasapčića mosta između – grafičke predstave Kanitza i stare fotografije. Lako se uočava da je Kanitz predstavio most sa nešto strmijim nagibom nivelete i svodovima decidirano jasnog oživalnog oblika, sa oštrim prelomom intradosa u temenu. Ova činjenica ukazuje da stare crteže putopisaca i gravire nestalih mostova treba prihvatiti sa određenom rezervom.

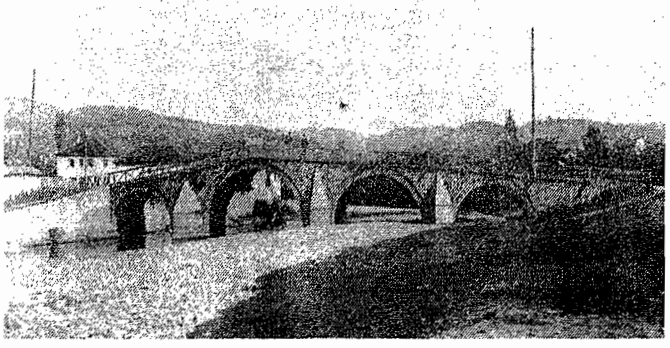




a



b



Sl. 163 – Porušeni stari kameni mostovi preko reke Đetinje u Titovom Užicu: (a) Kasapčića most i (b) Đulića most (vidi i sl. 3)

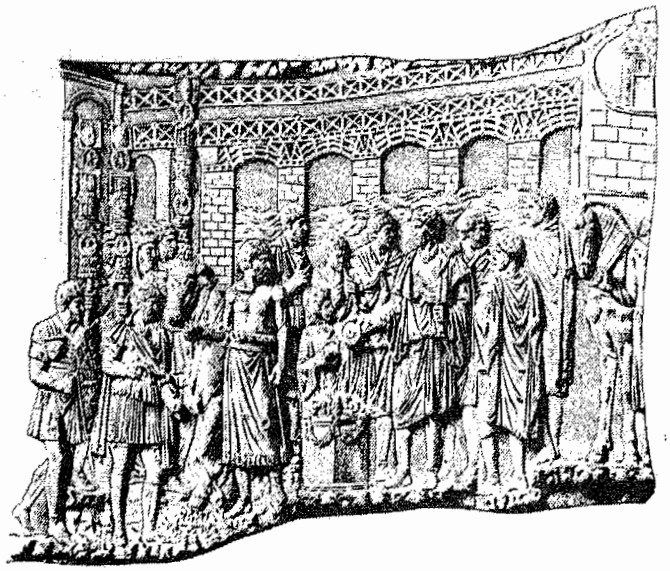
5.29. TRAJANOV MOST preko Dunava

Kako ukazuju autentični antički spisi Diona Kasija (Dio Cassius)*) Trajanov most sagrađen je po završetku prvog a pre početka drugog dačkog rata, odnosno prilikom drugog pohoda rimskog cara Trajana (Marcus Ulpius Traianus 53–117) na Dakiju, 103–105. godine naše ere. Most je premošćavao Dunav na profilu selo Kostol (oko 5 km nizvodno od Kladova) – Turnu Severin (na rumunskoj obali), na putu koji su početkom naše ere gradili rimski vladari – Tiberije, Klaudije, Domicijan i Trajan. Kastel Pontes, neposredno uz most na desnoj obali Dunava, i kastel Drobeta kod Turnu Severina, na levoj obali – oba praktično u premošćenom poprečnom profilu – sa vojnostrategijskog aspekta čine nerazdvojnu celinu. Ovaj istoriji mostogradnje dobro znani drveni most sagradio je sirijski neimar Apolodor (Apolodoros) iz Damaska i na njegovim konstrukcijskim odlikama i karakteristikama manifestuju se mnoge graditeljske umešnosti ne samo Apolodorove već i mnogih njegovih savremenika.

Na osnovu antičkih pisanih izvora Kasija, Prokopija i Tsetsesa, kasnijih istraživanja i opisa Marsiglia (Danubius Panonico Mysicus, 1738), F. Kanitza (1892. i 1909), pisanih izveštaja i zapažanja komisija koje su pregledale ostatke mosta za vreme niskih vodostaja Dunava (izuzetno male vode 1858. godine) i posebno detaljnih istraživanja inž. E. Dupperex-a (Edgard Dupperex: Podul lui Traian peste Dunare langa Turnu Severin, Bucuresti 1907) koji je, između ostalog, dao i do sada najkvalitetniju grafičku rekonstrukciju mosta, kao i detaljno provedenih arheoloških istraživanja lokaliteta mosta na jugoslovenskoj strani (1979) – u potpunosti se može sagledati ovo grandiozno delo antičke mostogradnje. Na osnovu navedenih opisa i istraživanja i evidentiranih materijalnih činjenica Dunav je premošćen na dosta širokom i relativno plitkom poprečnom profilu mostovskom konstrukcijom dužine 1134,50 m. Osnovni deo dispozicije, dužine 1071 m, čini 21 otvor veličine 33 m premošćen specifičnom drvenom konstrukcijom i 20 masivnih rečnih stubova širine 18 m, sa osovinskim razmakom od 51 m. Masivne prilazne konstrukcije, na jugoslovenskoj strani sa tri otvora a na rumunskoj sa dva otvora, bile su apostrofirane ulaznim portalima, kapijama, ukrašenim skulpturama i dekorativnim elementima. O širini mosta istorijske beleške daju nekoliko različitih podataka. Međutim, na osnovu provedenih arheoloških istraživanja, najbliže je istini – da je širina mosta bila negde oko 9,0 do 9,60 m. Ostaci rečnih i obalnih stubova, istraživanja D. Tudora i najnovija arheološka odkopavanja ukazuju da su stubovi fundirani u suvom, na kvalitetnom šljunkovitom tlu, uz pomoć zagata od drvenih talpi (dvostruki drveni priboj) i nabijenog sloja gline (u koritu reke nađene su drvene talpe dim. 24/24 . . . 2,97 m i 20/20 . . . 3,62 m). Vidne površine rečnih stubova i donji delovi temeljnih stopa građeni su od tesanog kamena

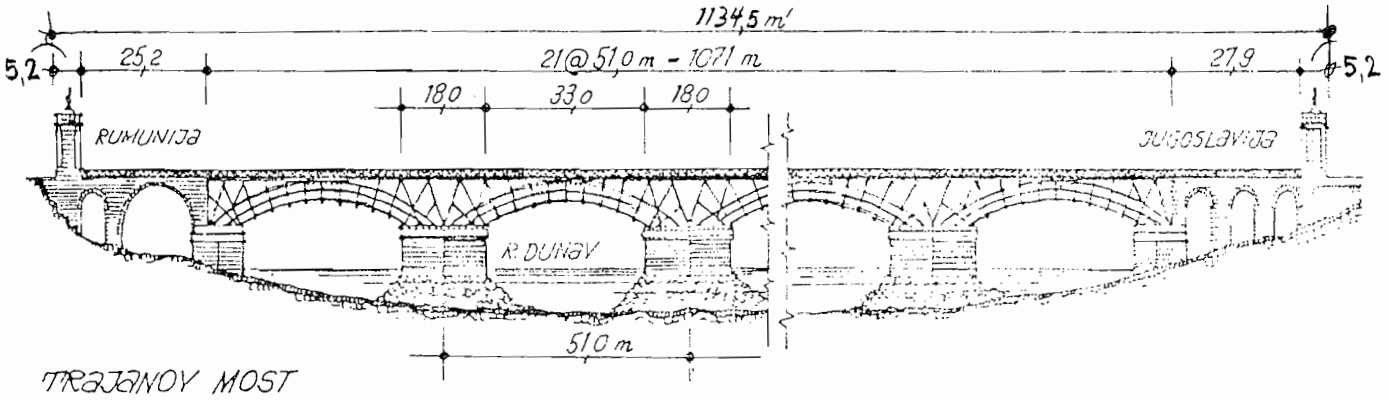
a mase stubova od lomljenog kamena i opeke u krečnom malteru sa pucolanskim svojstvima („Opus incertum") i libažnim slojevima uglavnom od opeke. Na obalnim stubovima uočena je moćna temeljna stopa od sitnijeg lomljenog kamena u krečnom malteru („Opus cementicium") sa više libažnih slojeva od opeke. Vredno je pažnje, da neka skorašnja ispitivanja ovog maltera pokazuju znatne čvrstoće.

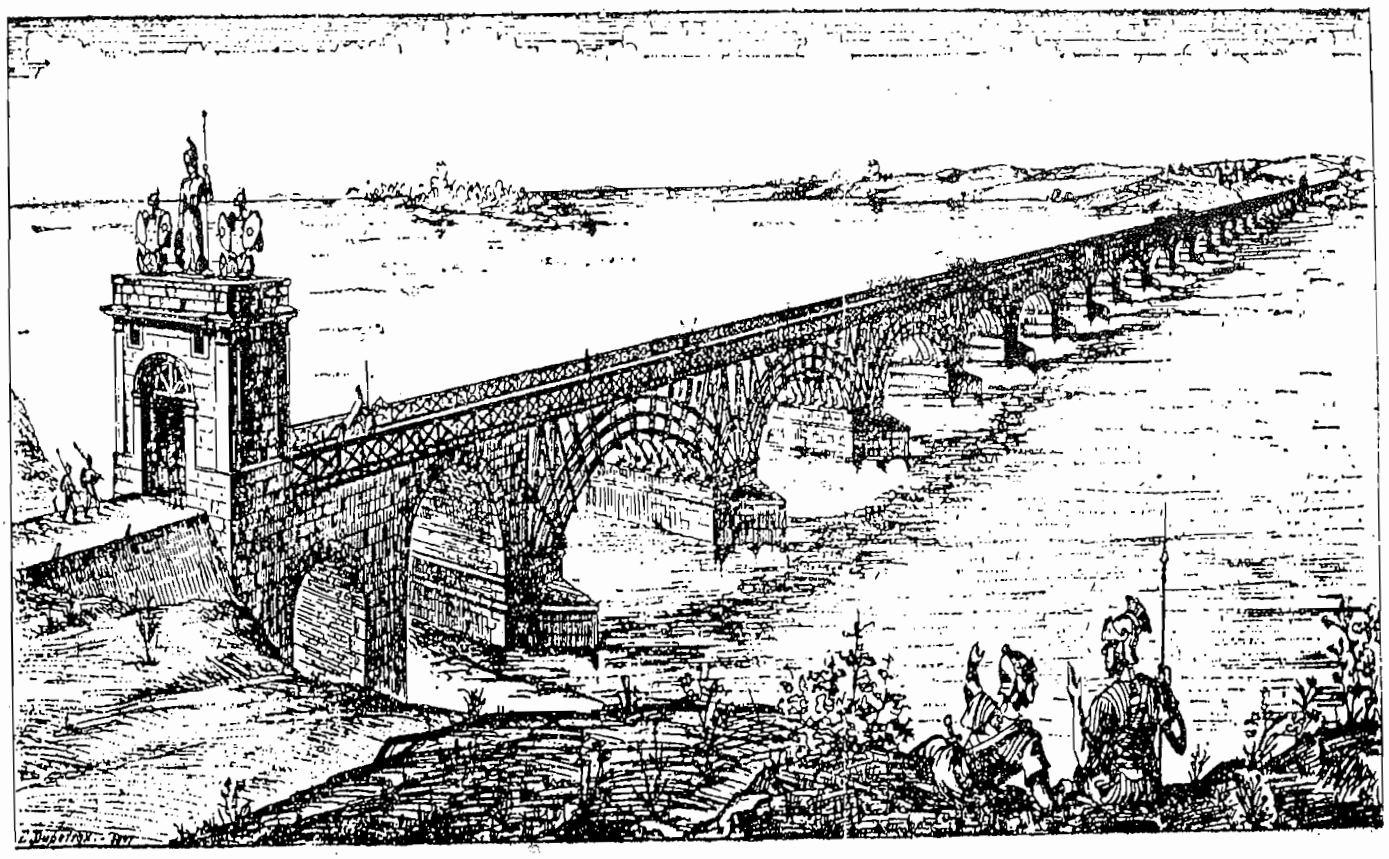
Zahvaljujući materijalnim ostacima (rečnih i obalnih stubova), provedenim arheološkim istraživanjima i bogatim nalazima, mnogim antičkim reljefima a posebno reljefa na Trajanovom stubu u Rimu, sagrađenom 113. godine, dakle neposredno posle građenja mosta i figuralnim predstavama na novcu koji je kovao rimski Senat 105. godine u čast građenja mosta – napravljene su mnoge rekonstrukcije izgleda superstrukture ovoga mosta. Međutim,



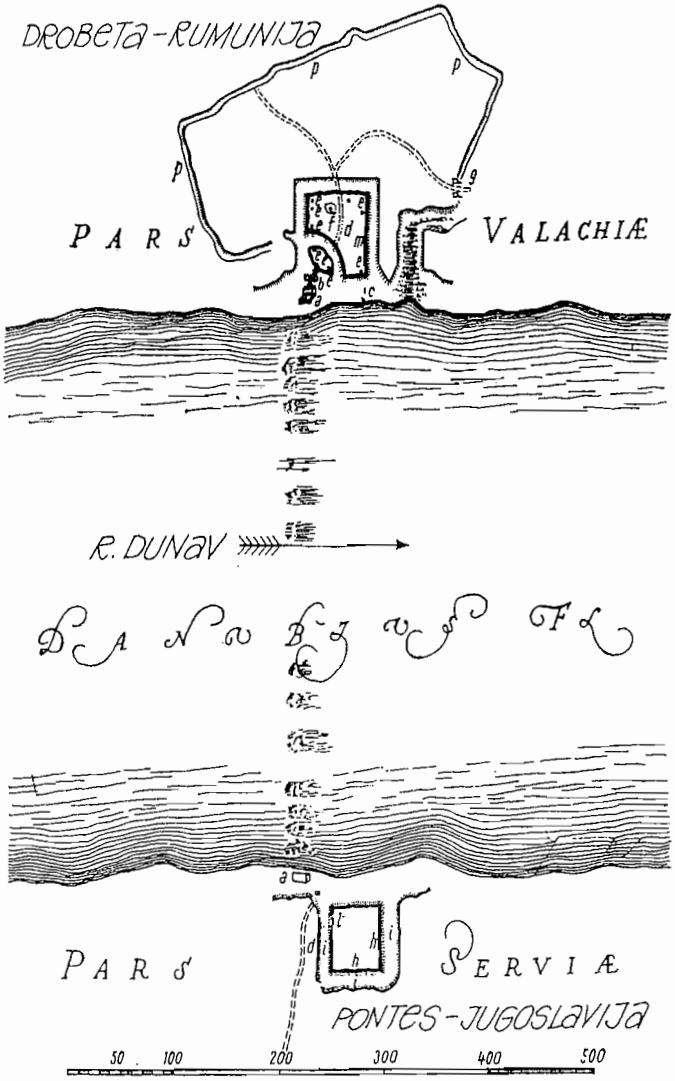
Sl. 165 – Detalj reljefa sa prikazom mosta na Trajanovom stubu u Rimu (na Forumu)

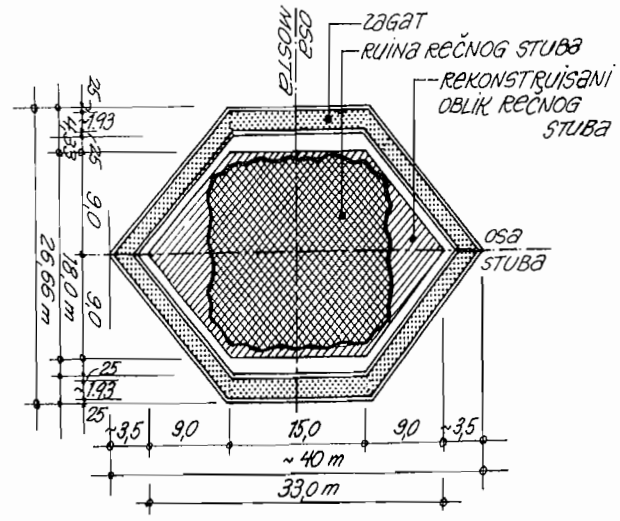
Sl. 164 – Grafička rekonstrukcija Trajanovog mosta preko Dunava kod sela Kostola, sagrađenog 104/105. godine n.e. (rekonstrukcija prema inž. Dupperex-u iz 1907. godine)



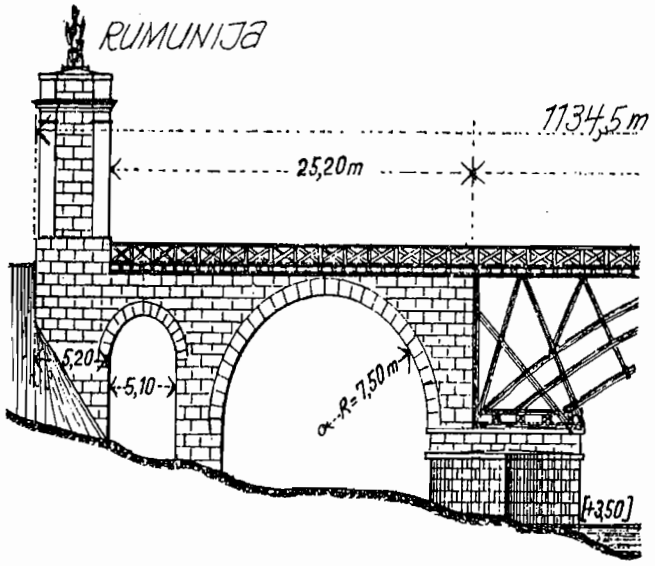


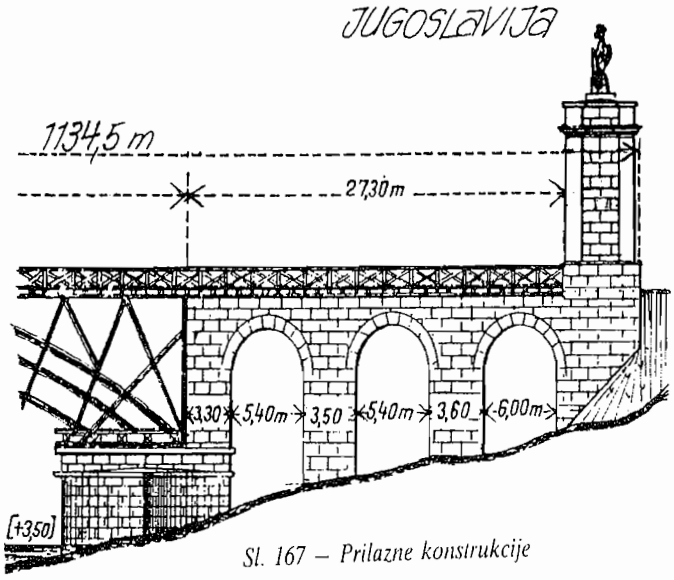
sve ove rekonstrukcije su uglavnom nedorečene u odnosu na određene konstrukcijske pojedinosti. Po svoj prilici, bila je to drvena konstrukcija sistema – negde između lučne i rešetkaste konstrukcije, konstrukcija koja je morala da obezbedi siguran prelaz preko mosta ali i bezbedan prolaz ispod mosta. Uglavnom sve grafičke rekonstrukcije prezentiraju ovu konstrukciju kao više lukova jedan iznad



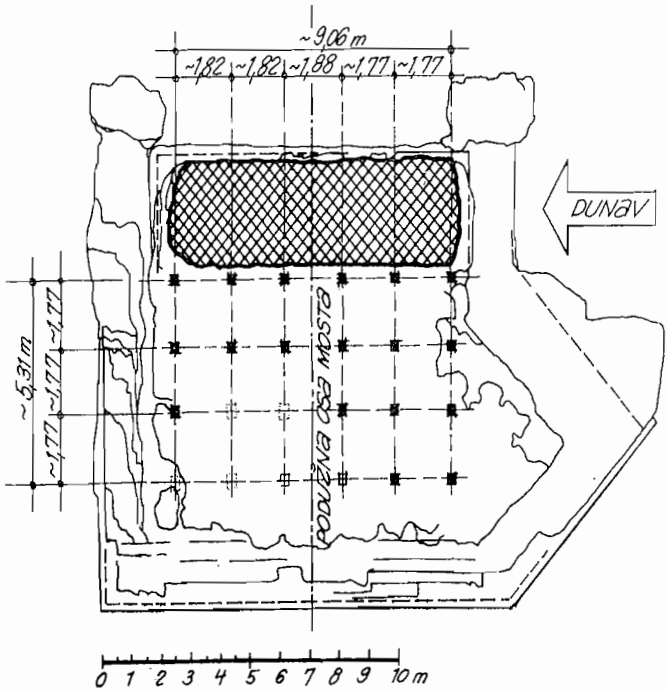


Sl. 166 – Osnova mosta prema Marsigliu (1689) i horizontalni presek rečnog stuba (rekonstrukcija)

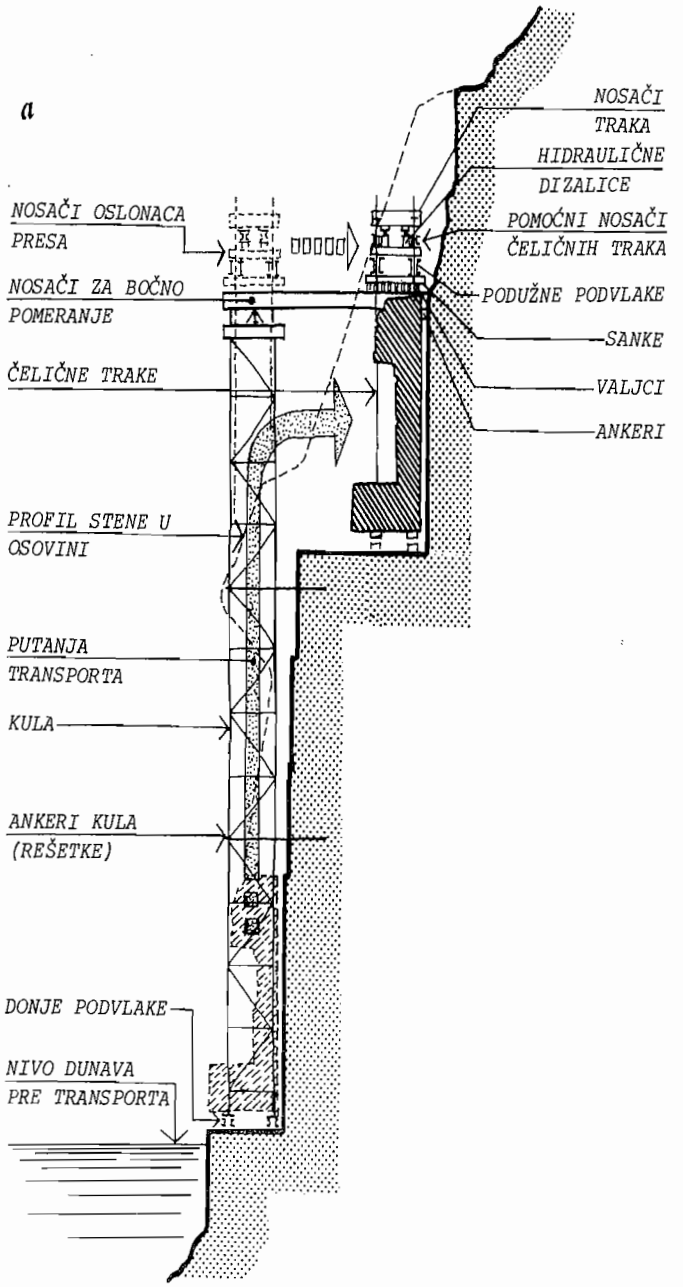


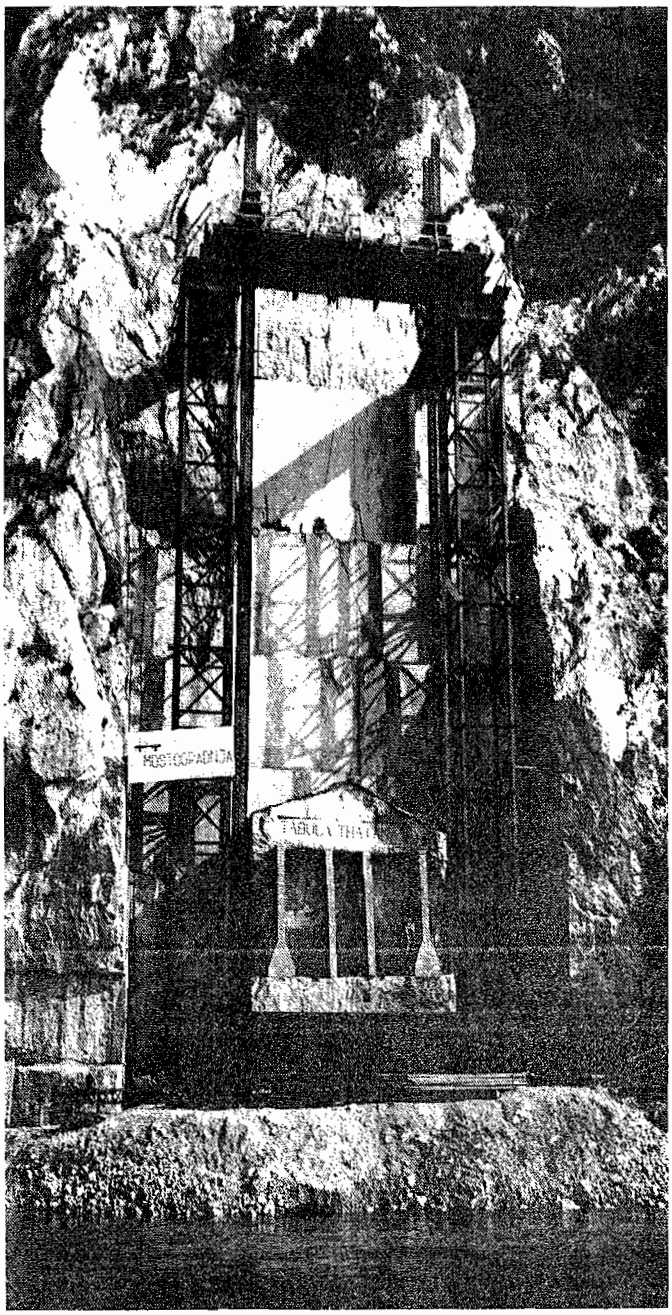


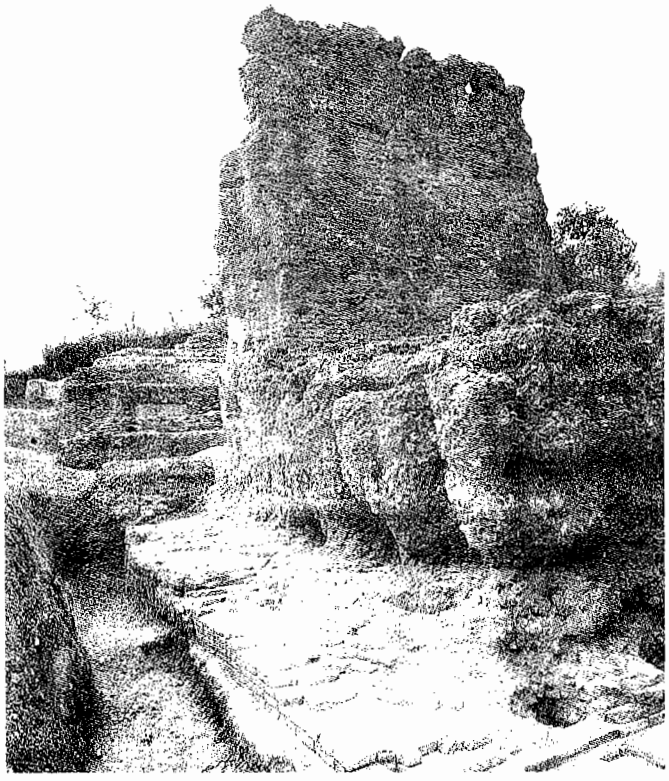
Sl. 167 – Prilazne konstrukcije



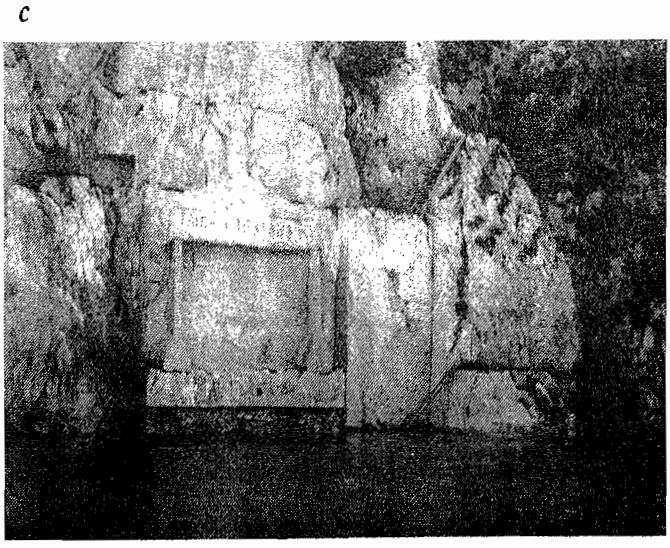
Sl. 168 – Ostaci stuba koji su stigli do naših dana (na jugoslovenskoj obali Dunava)







Sl. 169 – Detalji sa radova na dislokaciji Tabule Traiane (ugrožene Đerdapskom akumulacijom): (a) shematski prikaz konstrukcije za premeštanje; (b) Trajanova tabla u toku podizanja; i (c) Trajanova tabla na novoj lokaciji



drugog, na određenom međurastojanju (?), i svoja razmatranja i zaključke zasnivaju uglavnom na podacima sa reljefa na Trajanovom stubu u Rimu i figuralnih predstava na rimskom novcu. No, sa sigurnošću se može tvrditi, na osnovu najnovijih arheoloških nalaza na desnom obalnom stubu – da je noseća drvena konstrukcija imala pet „glavnih nosača" na osovinskom međurastojanju od 1,77 do 1,82 m sa ukupnom širinom mosta od 9,30 m.

Kada je porušen Trajanov most tačno se nezna. Prema nekim autorima most je onesposobio za saobraćaj Hadrijan. Vreme rušenja je za sada otvoreno i naknadna istraživanja treba da ukažu na tačan datum. Po svoj prilici da je stradao još u rimskom vremenu.

Izgradnjom hidroenergetskog sistema „Đerdap" došlo je do potapanja Đerdapske klisure – nivo Dunava je podignut za cca 20 m. Tom prilikom, između ostalog potopljen je i deo rimskog puta čija je trasa išla klisurom. Čuvena tabla „Tabula Traiana", koja se nalazila na ovom putu, posle mnogih razmatranja, kao značajan spomenik kulture spašena je isecanjem iz samonikle stenske mase i njenim izdizanjem iznad nivoa akumulacionog jezera. Isečeni blok, veličine 7,0 × 7,0 × 3,0 m i težine preko 300 tona, hidrauličkim presama i pomoćnom čeličnom konstrukcijom i uz sve potrebe predradnje i preventivne mere podignut je na potrebnu visinu a zatim postavljen na unapred pripremljeno ležište. Radovi su izvedeni 1967. godine.

*) Najvažniji pisani dokumenti: Apolodorovi opisi mosta sa nizom tehničkih podataka i Trajanovi komentari o dačkim ratovima nisu sačuvani.

Graditelj Apolodor (Apollodoros 60–125. godine n.e.) prema antičkim spisima Prokopija i Tezeja, osim navedenog mosta preko Dunava autor je mnogih građevina iz vremena imperatora Trajana i Hadrijana. Na mnogim objektima iskazao je praktičnost i kreativnost najvišeg reda sa karakteristikom uspešne sinteze elemenata helenističke arhitekture i ondašnjih tekovina rimskog građevinarstva. Između mnogih objekata sagradio je Trajanov forum u Rimu sa monumentalnim polukružnim tribinama, bazilikom Ulpia, sa slavolukom i čuvenim Trajanovim stubom (106–113. godine n.e.) ukrašenim spiralnim reljefom na kojem su prikazani prizori sa Trajanovih ratnih pohoda. Bio je ne samo uspešan i plodan graditelj već i pisac mnogih stručnih dela, među mnogima i – monografije o građenju Trajanovog mosta. Međutim, mnogi njegovi pisani radovi su izgubljeni.

Prema zapisu Dia Cassiusa, još za vreme imperatora Trajana, između Apolodora i Hadrijana došlo je do neslaganja. Po dolasku na vlast Hadrijan je proterao Apolodora i posle jedne Apolodorove oštre kritike i ironičnih primedbi Hadrijanovog projekta (za hram boginje Rima i Venere) – naprasiti imperator Hadrijan je naredio da se Apolodor pogubi (125. godine n.e.).

– Milutin Garašanin i Miloje Vasić: *Trajanov most – Kastel Pontes*, Đerdapske sveske I, Arheološki institut i dr; Beograd, 1980.

– D. Tudor: *Les ponts romains du Bas-Danube*, Editura Academiei Republicii socialiste România, Bucarest, 1974.

– N. Katanić: *Nekoliko predstava Trajanovog mosta na Dunavu*, Zbornik zaštite spomenika kulture, sv. IX, Beograd 1958, str. 115;

– N. Katanić i M. Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori*, Savezni institut za zaštitu spomenika kulture, Beograd, 1961, str. 8–10;

– Milorad Dimitrijević: *Tabula Traiana – isecanje i premeštanje*, Simpozijum – Greške, sanacije i iskustva u investiranju, građenju i eksploataciji građevinskih objekata, Cavtat 1976;

– Benchea Nicolai: *Poduri*, Bucuresti, 1973;

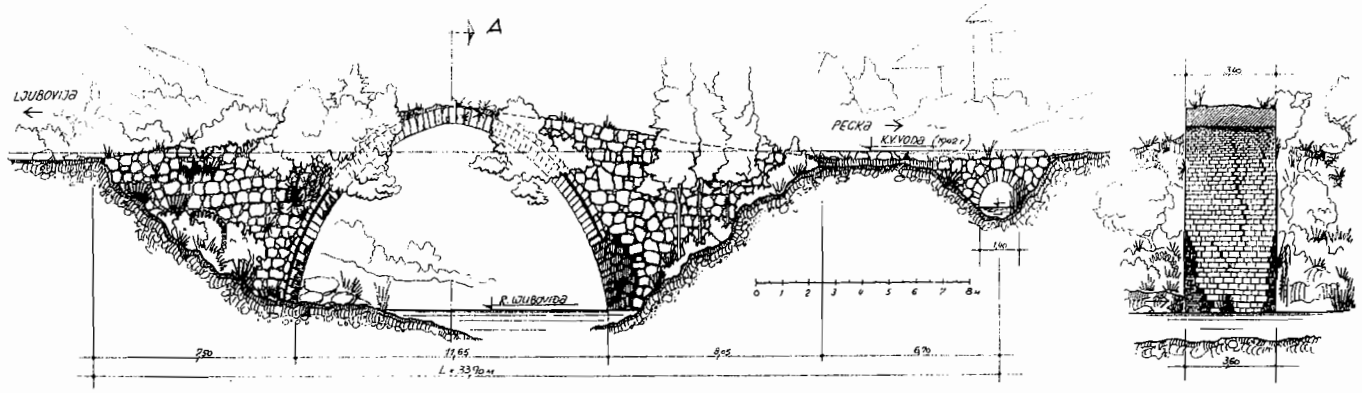
Sl. 170 – Most preko reke Ljubovide (kod Ljubovije) – izgled sa nizvodne strane

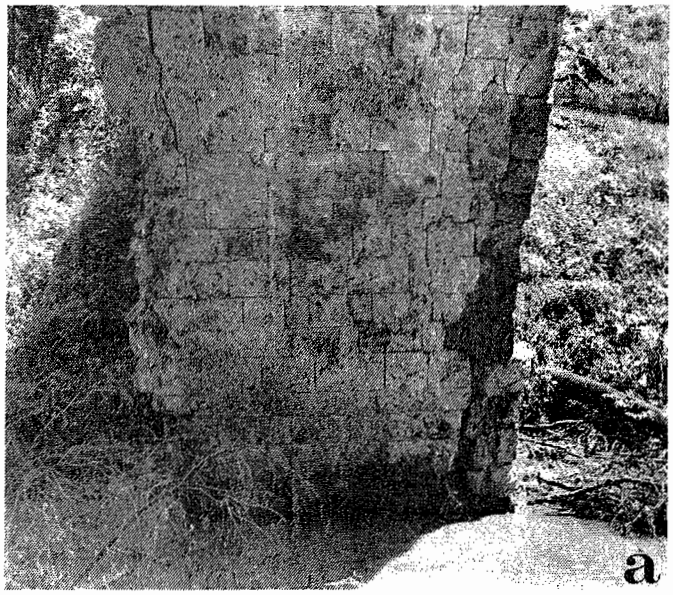
5.30. MOST NA RECI LJUBOVIĐI

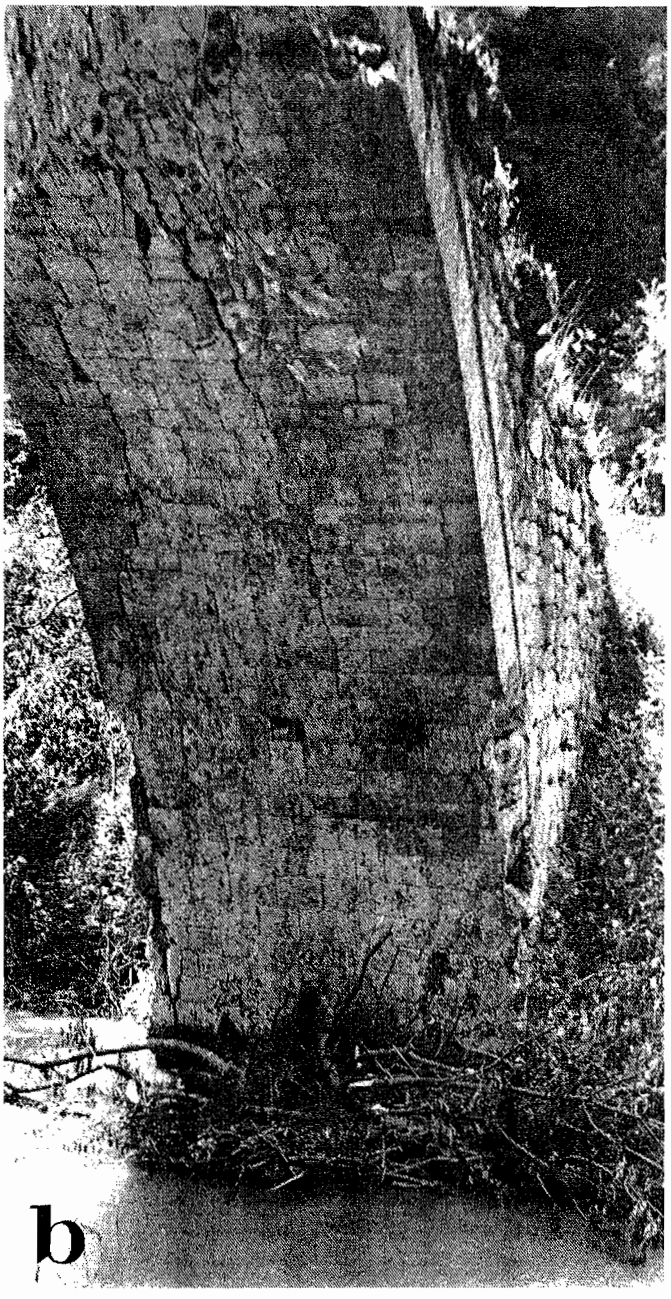
Istočno od srednjevekovnog grada Soko kod Ljubovije, u ataru sela Gornja Ljubovida preko istoimene reke lociran je srednjevekovni most sa jednim otvorom (vel. otvora je 11,65 m). U narodu ovoga kraja, a i u literaturi, most se naziva „Rimski most", „Latinski most" i „Jerinin most". Tačno vreme njegovog građenja je nepoznato, no, na ovom lokalitetu most je postojao od najranijih vremena. Ukupna dužina mosta je 28,10 m a korisna širina 3,65 m. Na mostu nema ograde.

Uticajem zuba vremena i neadekvatnim održavanjem most se nedavno našao pred kolapsom, sa mnogim oštećenjima koja ugrožavaju njegovu dalju egzistenciju. Nastala oštećenja konstrukcije mosta posledica su: uticaja flore i njenog razornog dejstva i erozije rečnog toka koja je oštetila oporce svoda što je prouzrokovalo znatne deformacije svoda, deformacije sa velikim pukotinama, koje imaju tendenciju daljeg uvećanja.

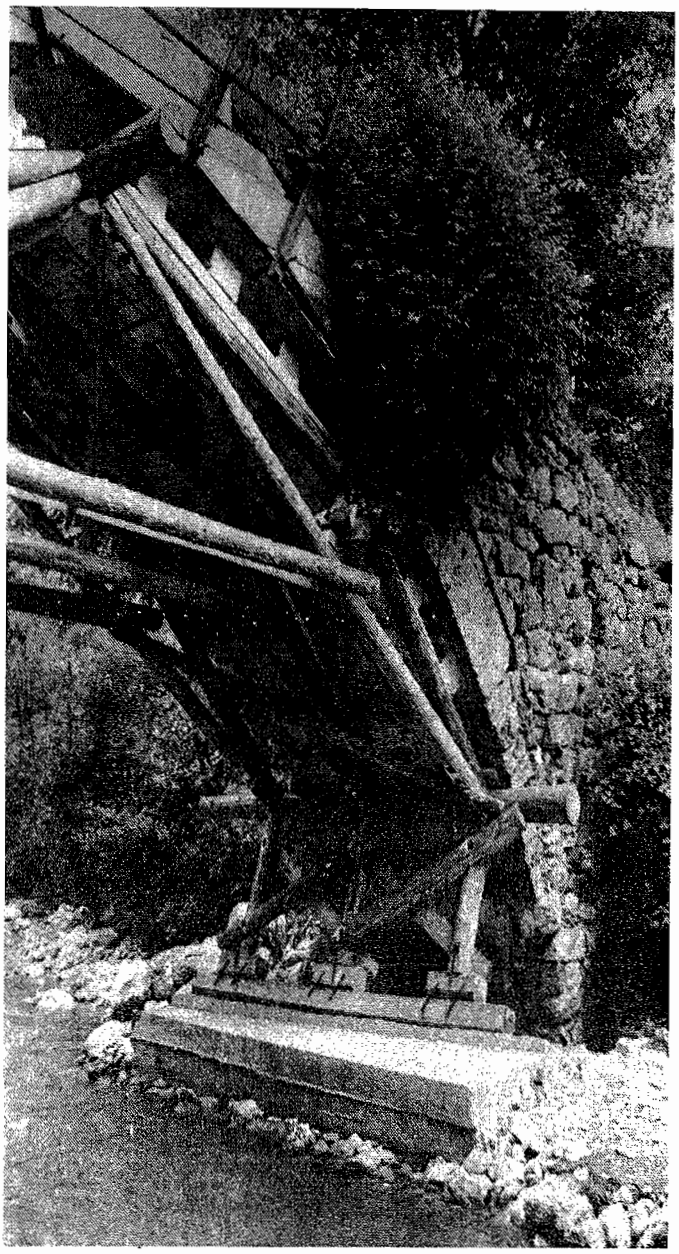
Zavod za zaštitu spomenika kulture u Kragujevcu preduzeo je sve potrebne mere za sanaciju ovog mosta. Posle detaljnog snimanja nastalih oštećenja i adekvatnih analiza izrađen je glavni projekt sanacije (autor arh. R. Prokić). Sa radovima na zaštiti mosta početo je 1984. godine i sa prekidima, uslovljenim dinamikom priticaja skromnih finansijskih sredstava, radovi su trajali do 1987. godine.







Sl. 171 – Detalji oštećenja na svodu: (a) levi oporac i (b) desni oporac



a



b

Sl. 172 – Detalji sa radova na sanaciji: (a) svodna skela kojom je poduhvaćen svod za vreme radova; (b) utegnut centralni deo svoda, oko temena – privremena stabilizacija do vremena okončanja radova

5.31. ČARŠIJSKI MOST u Travniku

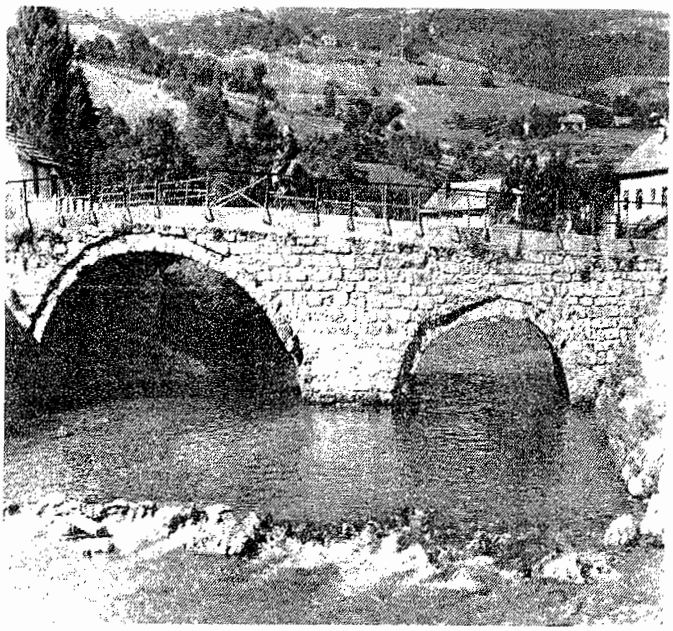
Čaršijski most u Travniku premošćuje reku Lašvu nedaleko od poznate travničke džamije Sulejmanije. Kada je početkom XVIII veka Elči Ibrahim paša sagradio kanaru (klanicu) most je dobio i ime „Kanarska ćuprija". Prema jednoj belešci most je napravljen 1590/91. godine a legator mu je bio neki Mehmed.

U ratnim zbivanjima, godine 1944, bila su srušena dva svoda a kasnijom popravkom – obnovljen je samo centralni otvor mosta i tom prilikom je suženo rečno korito. Naime, umesto drugog srušenog svoda, desnog otvora mosta, izrađen je nasip odnosno oblikovan nov obalni stub. Na taj način je mostu oduzet jedan otvor.

Kao što se iz prednjeg vidi, na mostu se reperkutovala nebriga i nehat čoveka. Mostu je „otet" jedan otvor i, nešto kasnije, sagrađene su stambene zgrade neposredno uz

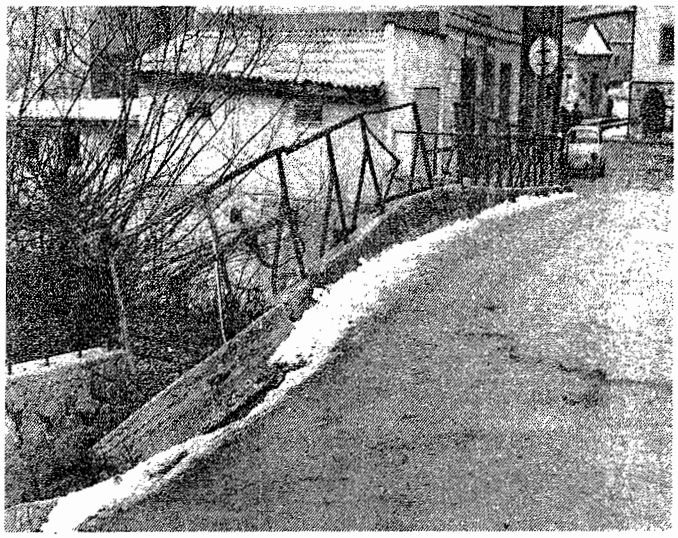


a

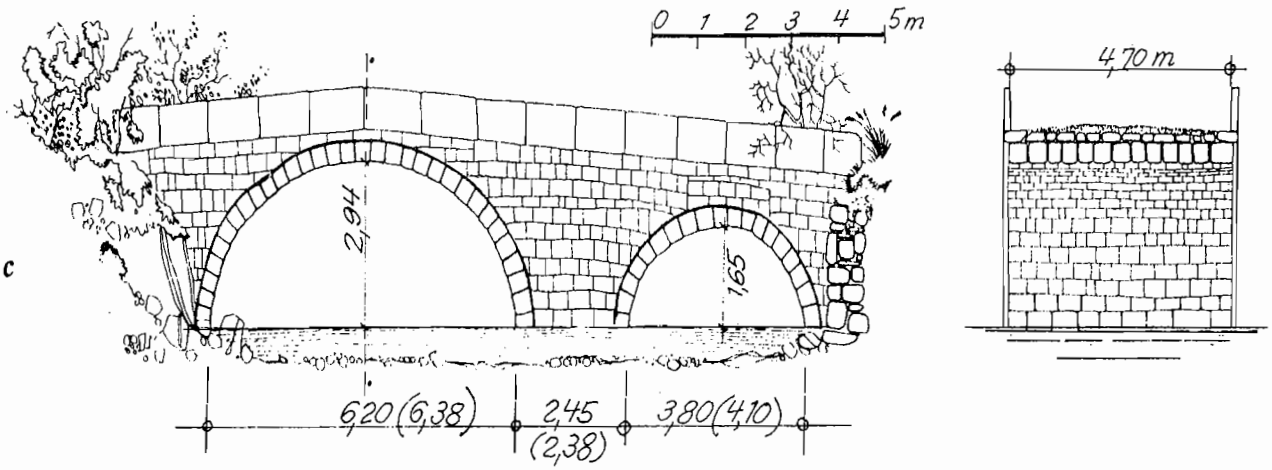


b

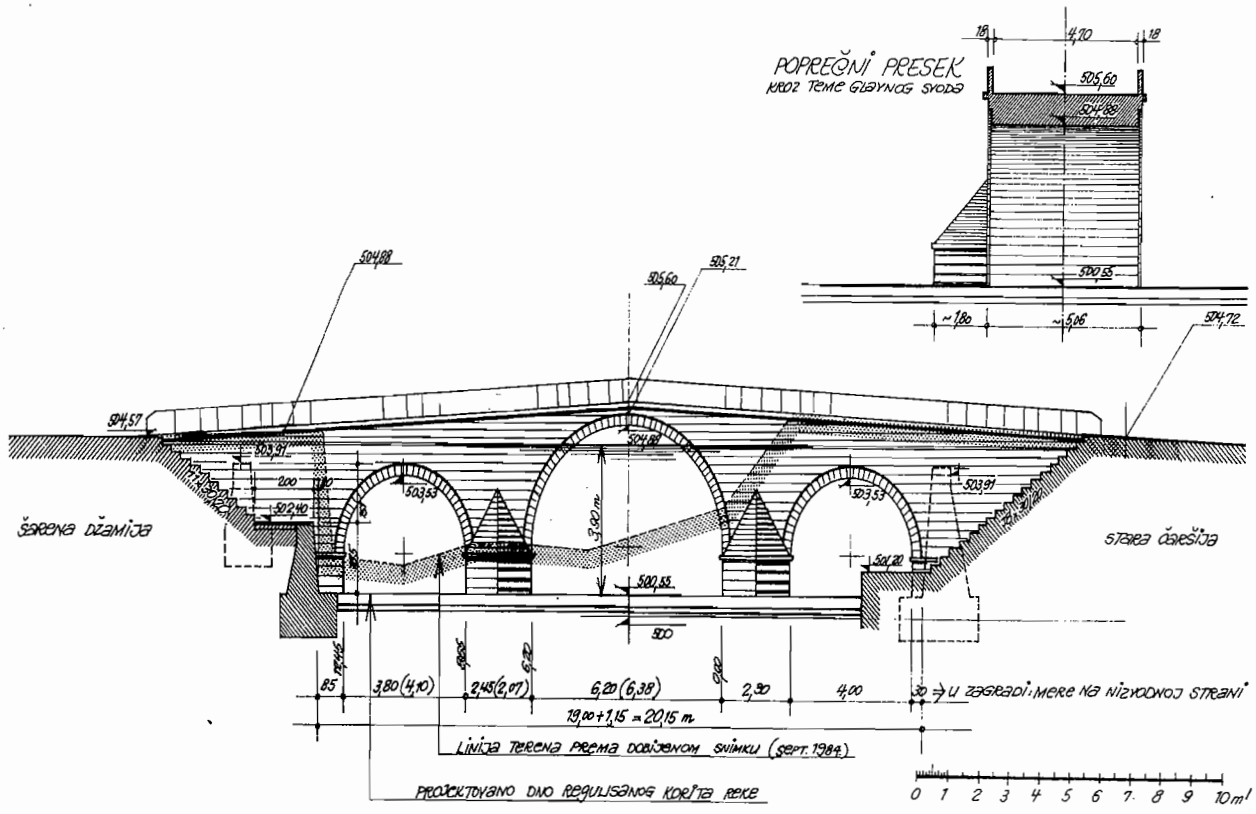
Sl. 173 – Čaršijski most u Travniku (1590) – stanje 1965. godine: (a) uzvodni izgled; (b) nizvodni izgled; (c) dispozicija



Sl. 174 – Detalj izgleda – 1985. godina



c



Sl. 175 – Čaršijski most – detalj iz idejnog projekta rekonstrukcije

objekat. Na taj način, smanjenjem proticajnog profila, narušena je njegova funkcionalnost. Sada se vode diskusije i tvrdi, što se posebno podvlači – od ljudi koji su zaduženi da brinu o gradu, da most sa svojim otvorima ne može da propusti velike vode Lašve i da ga treba zameniti savremenom konstrukcijom. Kako to da je most vekovima uspešno služio a danas je nepodesan i nepovoljan i treba ga porušiti? Odgovor nije teško dati. Nehatom su smanjene njegove funkcionalne vrednosti, međutim – svrsishodnom rekonstrukcijom i sanacijom Čaršijski most u Travniku može se uspešno uklopiti u savremene životne tokove grada. Njegovom revitalizacijom ovaj deo Travnika bi dobio jedinstven urbanistički sadržaj koji dopunjen dobro znanom „Šarenom džamijom" i okolnom arhitekturom gradskog tkiva formira neizbrisive utiske.

5.32. MOST PREKO REKE ISTOK u selu Žač (kod Budisavaca)

Masivna kamena ćuprija koja premošćuje reku Istok po svojim arhitektonsko-konstrukcijskim karakteristikama ukazuje na jedno rano vreme njegovog građenja (možda i na ostacima kakve rimske mostovske konstrukcije). Pouzdanih podataka o vremenu građenja nema. Veličine otvora u odnosu na širine stubova, širina mosta, reljefni ukrasi (sa temom iz orijentalne mitologije i istočnjačke simbolike) ukazuju na predturski period.

Početkom 1988. godine, posle jednog preturanja kamiona sa mosta u korito reke detaljnim pregledom konstatovano je:

– znatno razaranje pojedinih elemenata mosta uticajem raščenja flore i erozijom rečnog toka;

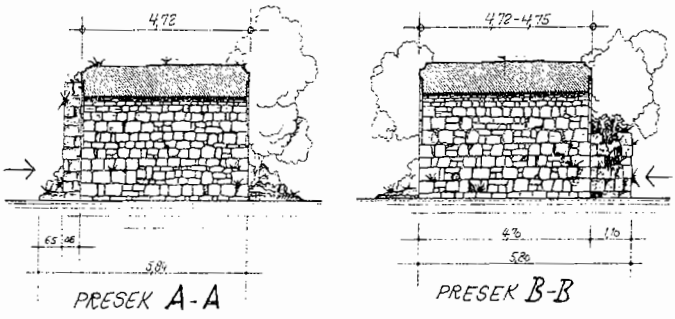
– intenziviranje degradacija ivica mosta odnosno kolovozne konstrukcije (na mostu nema ograde);

– delimična rušenja dva svoda i jednog rečnog stuba na njegovoj uzvodnoj strani (uticaj preturanja kamiona); i

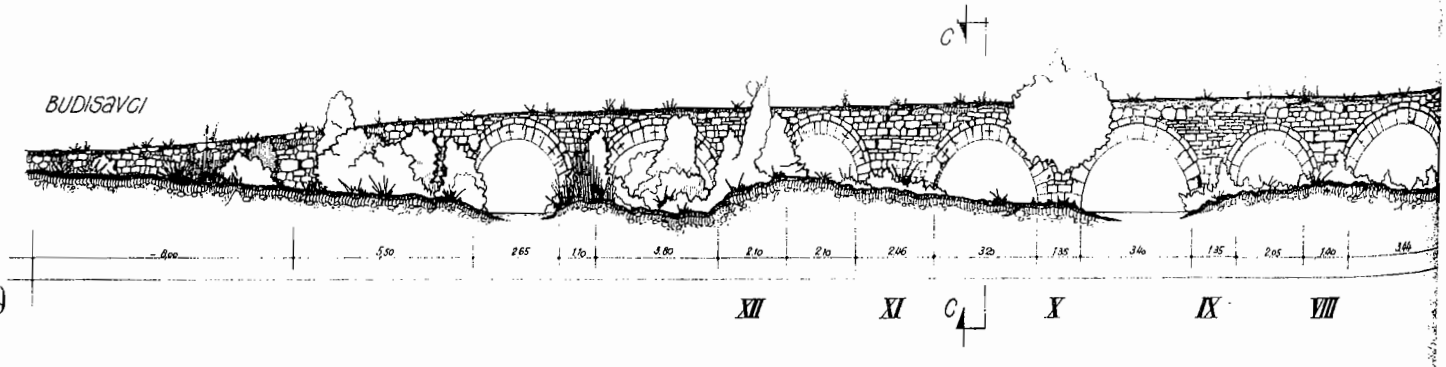
– delimična rušenja čeonih zidova i ispune mosta kao i druga manja oštećenja (koja se vremenom uvećavaju) superstrukture mosta i njegovih rečnih stubova (v. sl. 70).



Sve ove činjenice ukazuju na neophodnost radova na saniranju ove jedinstvene mostovske konstrukcije. Izvesni koraci u tome pravcu su preduzeti (januara 1988), no finansijske prepreke i nezainteresovanost putne službe nisu doveli do konkretnih zahvata. Most je praktično prepušten zubu vremena i ćudima prirode.



Sl. 176 – Nizvodni izgled mosta u selu Žač (Budisavci)



— N. Katanić i M. Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Srbiji, Makedoniji i Crnoj Gori*, Beograd, 1961;

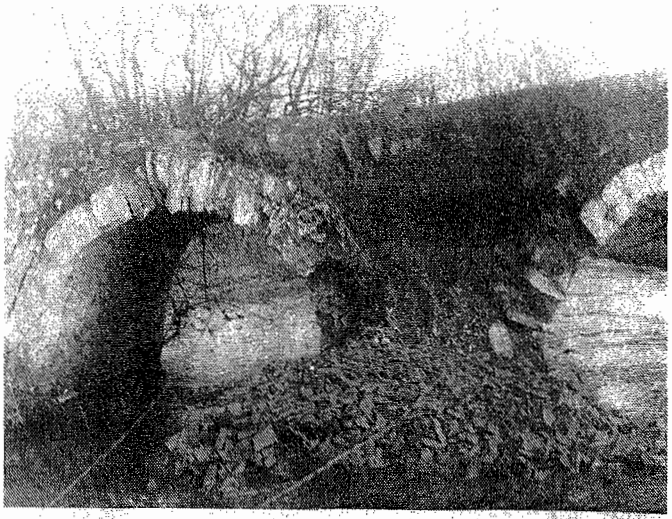
— N. Katanić: *Spomenička vrednost i značaj dekorativne plastike na starim kamenim mostovima u Metohiji*, Zbornik zaštite spomenika kulture, sv. 16, Beograd, 1965 godine.







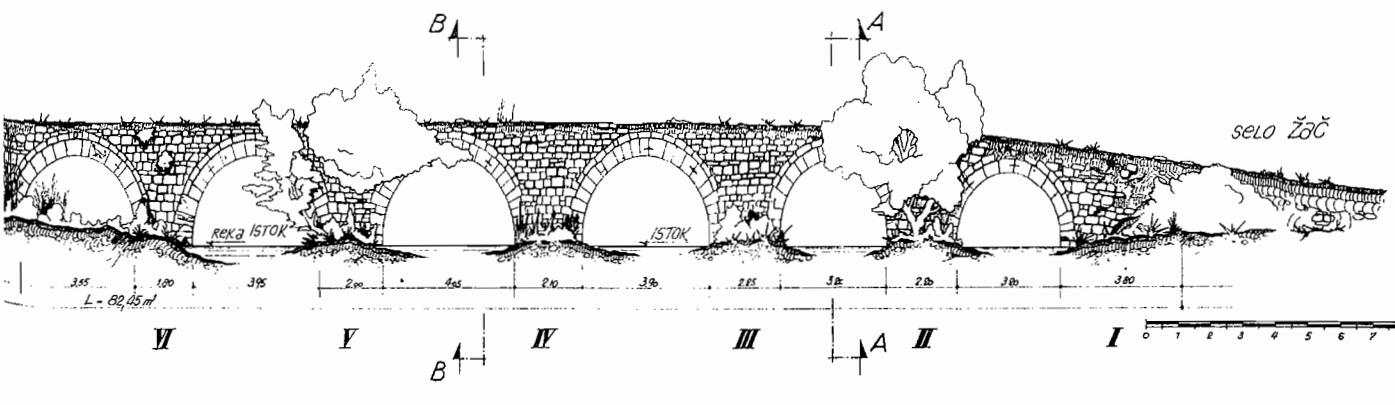
Sl. 177 – Detalji plastičnih ukrasa na tesanicima čela svodova







Sl. 178 – Detalj oštećenja nastalog početkom 1988. godine (u zoni rečnog stuba neposredno uz levu obalu) i privremena sanacija kolovozne površine



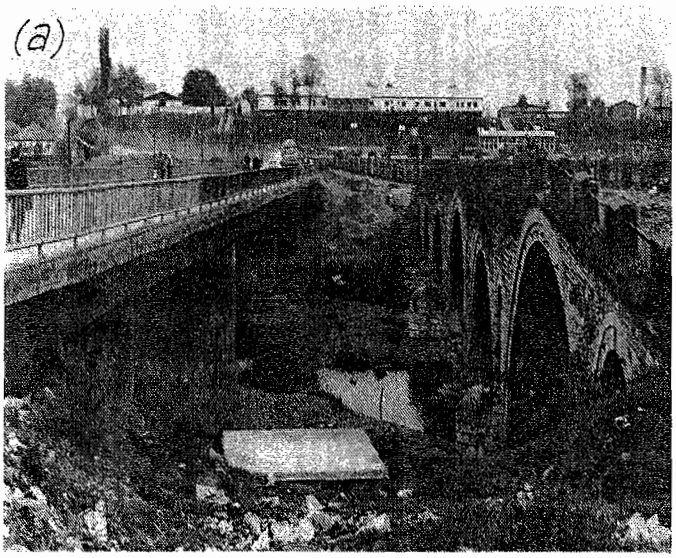
5.33. TABAKSKI MOST u Đakovici

Tabakski most preko Ribnika (Erenika) u Đakovici nastao je približno u isto vreme kada i ostali mostovi u gradu i njegovoj okolini; znači, sredinom a možda i početkom XVIII veka. Ime je dobio, prema tradiciji ovoga kraja, po jednoj tabakskoj porodici koja je i finansirala njegovo građenje.

Zna se da je most saniran 1919/20. godine i 1925/26. godine. Prilikom prve sanacije, najverovatnije, da je sagrađen otvor mosta neposredno uz desnu obalu reke (most je lociran na izlazu iz krivine rečnog toka pa je ova obala podložna eroziji), a prilikom druge – izvršena je korekcija nivelete odnosno kolovozne konstrukcije i izrađena je nova ograda (kako bi se most prilagodio uslovima motornog saobraćaja). Most se danas nalazi van saobraćaja.

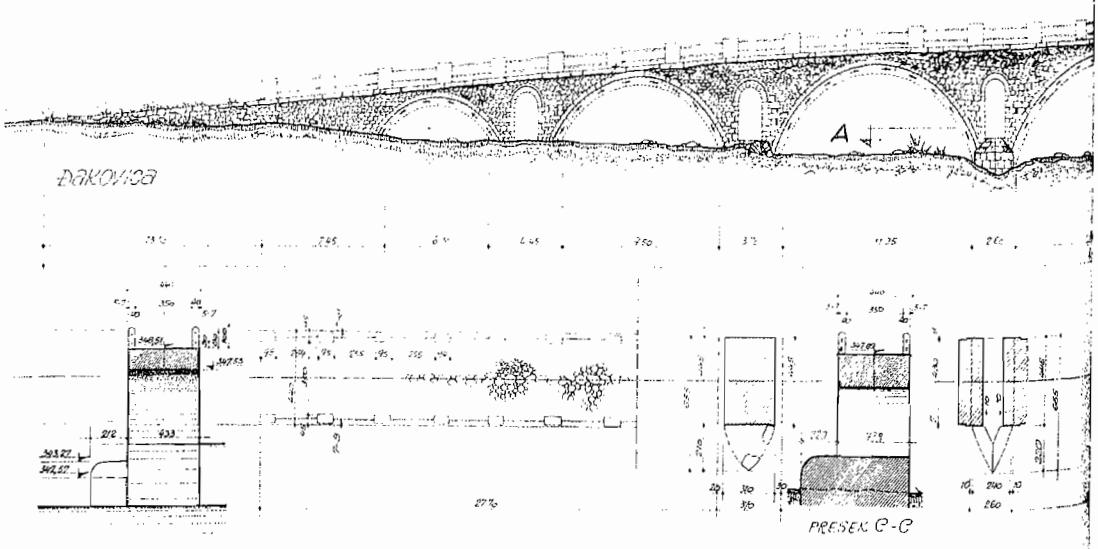
Na konstrukciji mosta ima više tesanika čije je lice reljefno obrađeno, sa plastičnim dekoracijama, sa ornamentima orijentalnog porekla – što, između ostalog, intenzivira njegove spomeničke vrednosti.

I ovaj most je praktično prepušten zubu vremena i ćudima prirode. Posebno, posle građenja novog armiranobetonskog mosta nedopustivo blizo uz stari most. Veća i manja oštećenja, koja se vremenom uvećavaju, erozivni uticaji rečnog toka koji su delimično srušili uzvodni deo jednog rečnog stuba – sve više ugrožavaju dalju uspešnu egzistenciju ovog starog mosta jedinstvenih karakteristika.

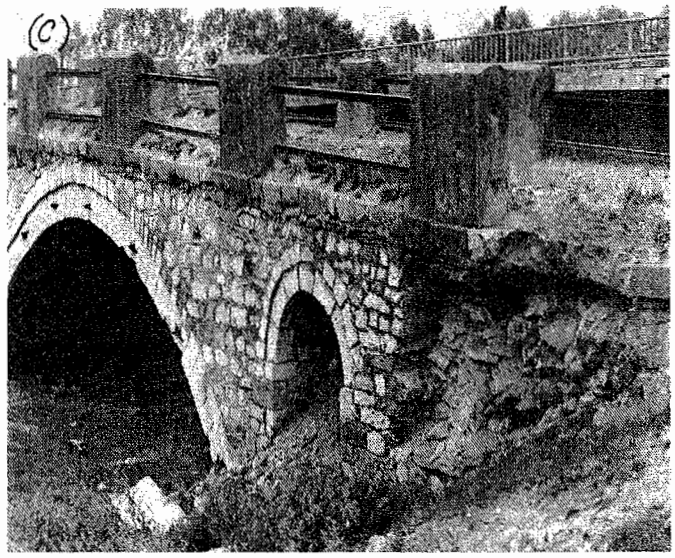


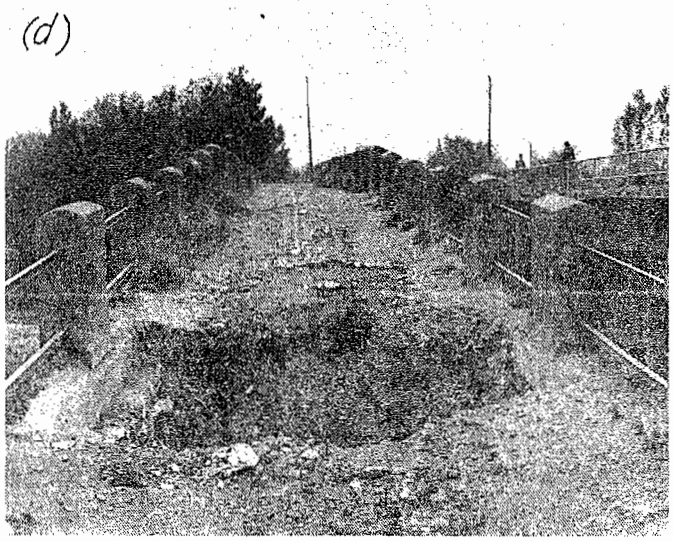


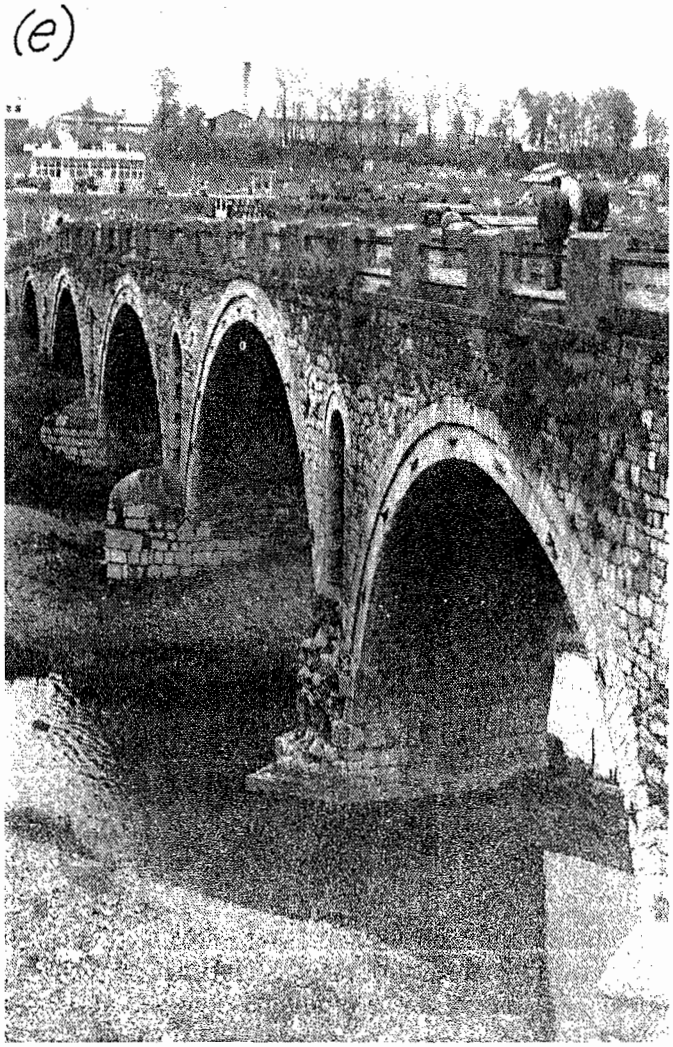
Sl. 179 – Izgled Tabakskog mosta kod Đakovice



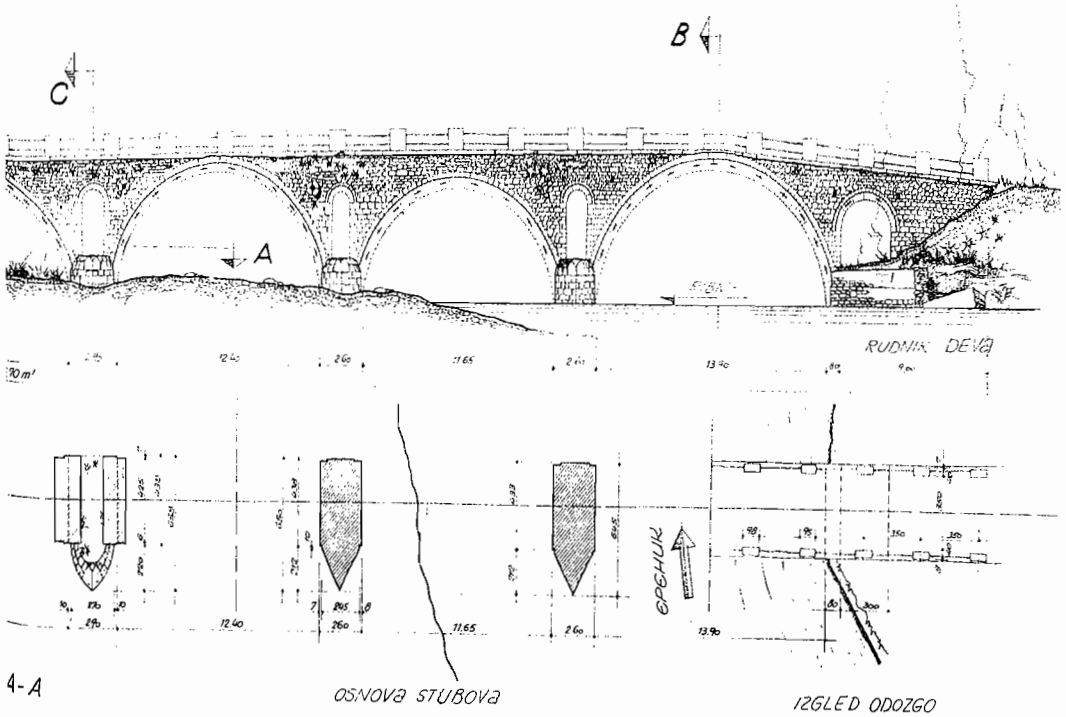
– N. Katanić i M. Gojković, navedeno delo;
– N. Katanić, Navedeno delo.







Sl. 180 – Tabakski most kod Đakovice: (a) nepovoljno rastojanje novosagradenog u odnosu na stari most; (b) izgled sa nizvodne strane; (c) detalj oštećenja čeonog zida: (d) oštećenje na kolovozu odnosno svodu; i (e) pogled na uzvodni deo mosta sa porušenim kljunom stuba – stanje jula 1986. godine



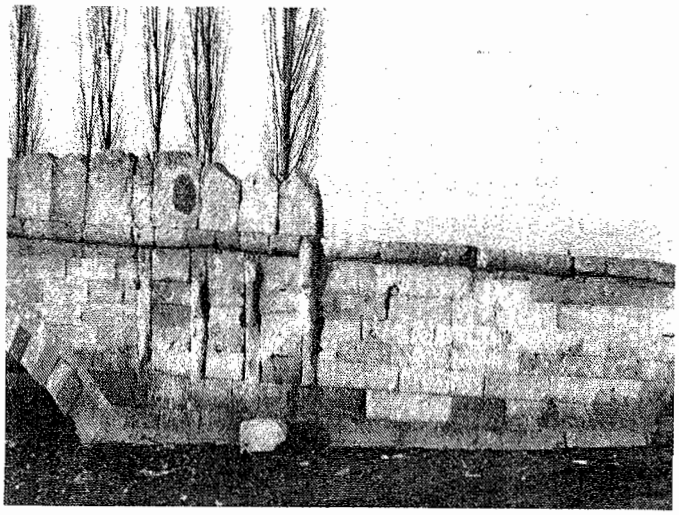
4-A

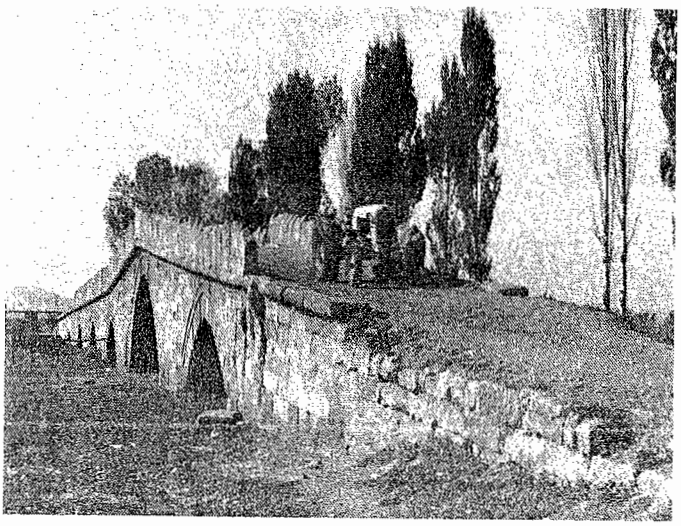
5.34. VOJINOVIĆA MOST u Vučitrnu

Vojinovića most u Vučitrnu, na starom putu Novi Pazar — Titova Mitrovica i dalje za Prištinu, premošćavao je reku Sitnicu, — koja je vremenom promenila svoj tok tako da se danas most nalazi na suvom. Rečni tok Sitnice je danas na nekih 500 m udaljen od mosta. Po narodnom predanju legatori mosta bili su braća Vojinovići po kojima je most i dobio ime. Prema kazivanjima nekih putopisaca most je postojao u prvoj polovini XVI veka. Međutim, prisutnost pojedinih konstrukcijskih elemenata ukazuje na njegovo ranije građenje — možda kraj XIV odnosno početak XV veka.

Opštu koncepciju i arhitekturu podvlače oživalni oblici i konstrukcijske pojedinosti svodova, dimenzije parapetnih zidova — korkaluk ograde, nagibi nivelete i relativno velika širina mosta (4,80 m). Posebno karakterističan izgled most je dobio konstrukcijama arhivolta i svodova koji su ozidani krupnim blokovima tesanog kamena. Naime, na čelima svodova u dosta pravilnim intervalima smenjuju se sivi i crvenkasti, ružičasti, peščari.

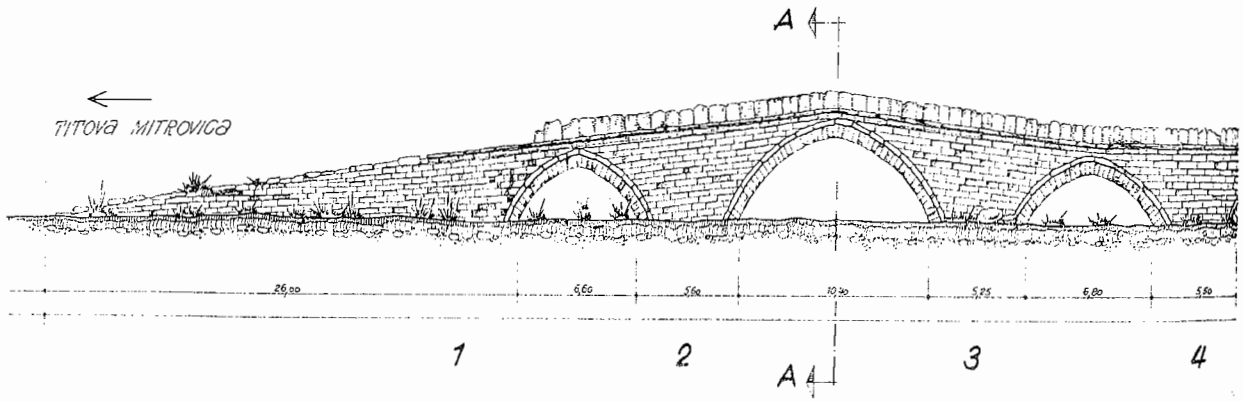
Most se nalazi u derutnom stanju i hitno traži određene konzervatorske intervencije. Vidne površine mosta pretrpele su znatna oštećenja, nedostaju pojedini elementi korkaluk ograde a i kolovozna konstrukcija je mestimično oštećena. Posebno se zapaža oštećenje vidnih površina mosta, veći broj tesanika je ruiniran odnosno korodiran

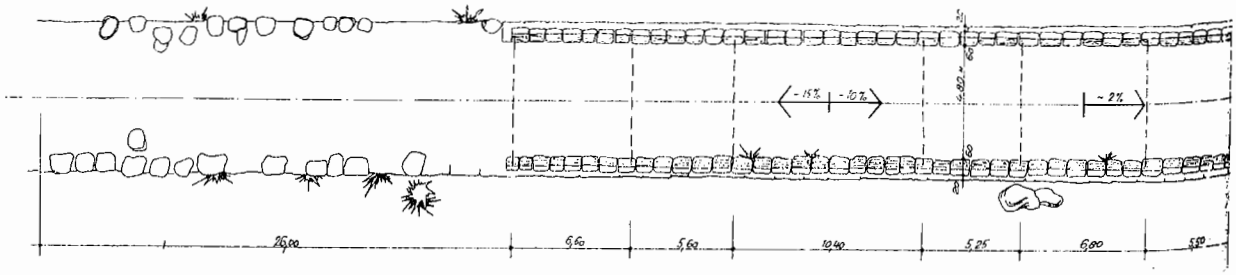




Sl. 181 – Vojinovića most u Vučitrnu

Sl. 182 – Vojinovića most – detalji oštećenja (vidi i sl. 79)



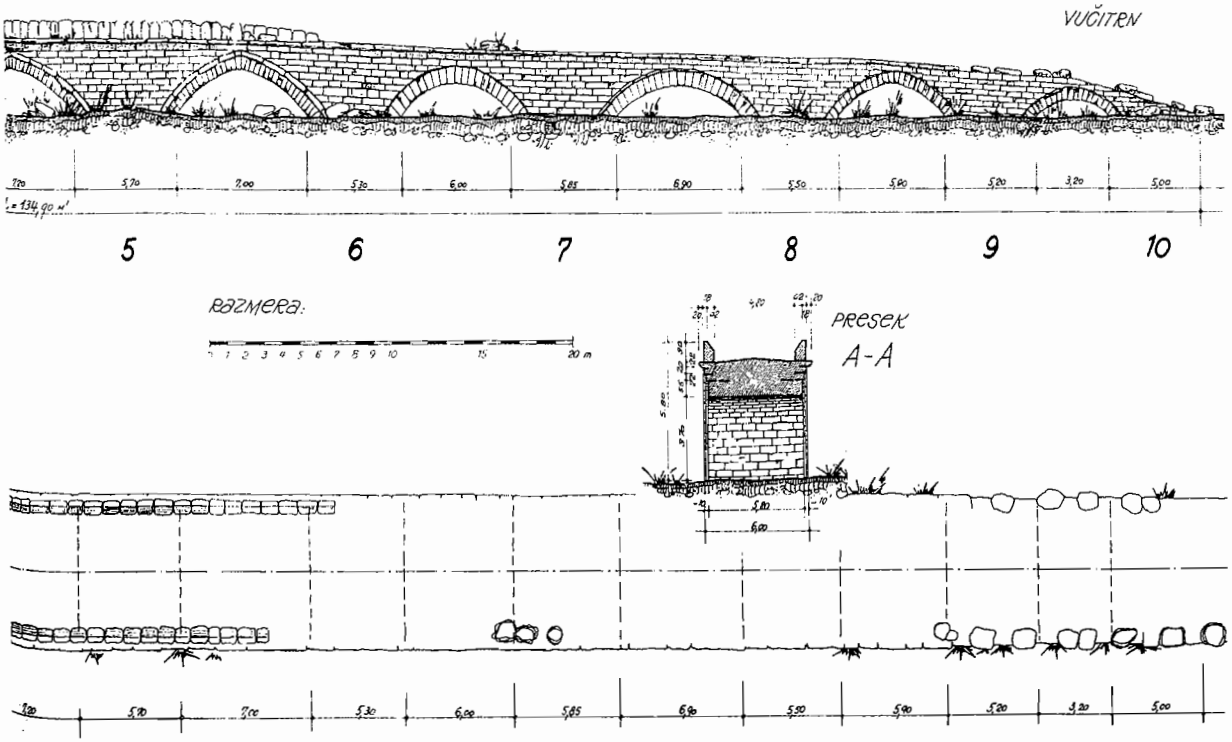




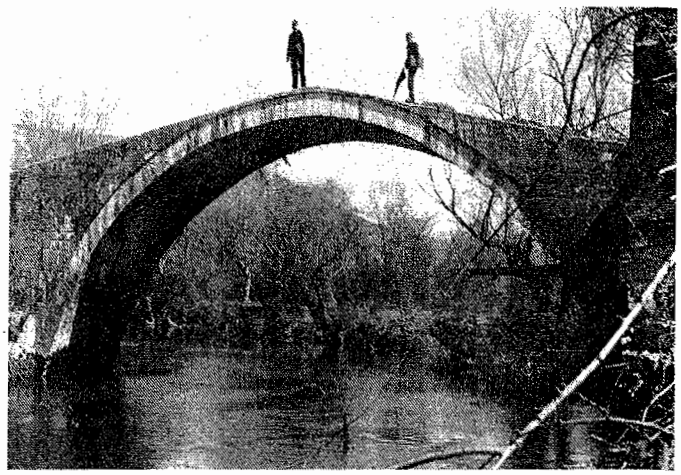
– što je posledica određenih hemijskih procesa, zagađenosti vazduha i „kiselih" kiša.

Veruje se, da će skorašnja izgradnja sportske hale u neposrednoj blizini mosta kao i buduće građenje sportskog centra u ovom delu Vučitrna, što se predviđa urbanističkim planom grada, još više istaći spomeničke vrednosti mosta i formirati estetične doživljaje i impresije najvišeg reda. Tom prilikom predviđa se i radikalna sanacija mosta.

– N. Katanić i M. Gojković, navedeno delo

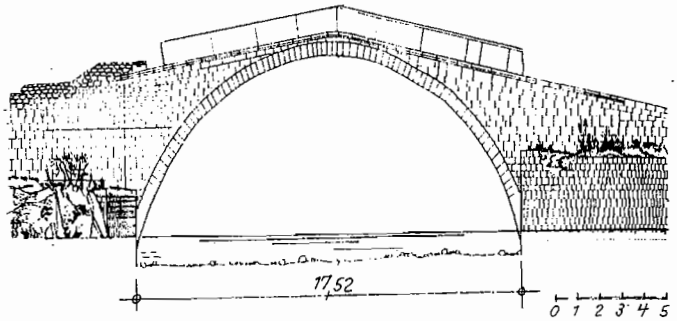


5.35. MOST PREKO BREGAVE u Klepcima



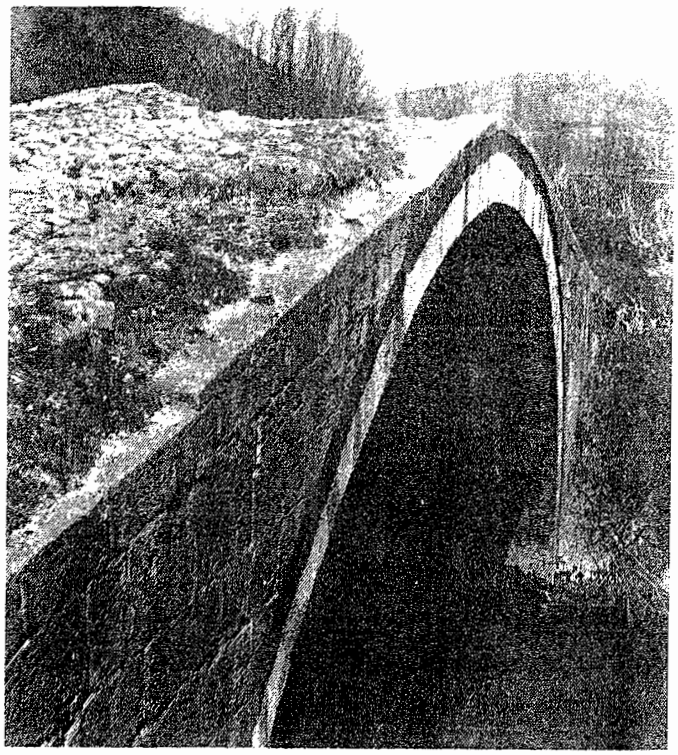
Korito reke Bregave nedaleko od Čapljine, na starom putu za Stolac, premošćeno je mostom sa jednim otvorom veličine 17,52 m. Most je napravljen 1517. godine po želji hercegovačkog sandžak bega Mustafe, Daut-pašinog sina. Međutim, tradicija u narodu saopštava da je most sagradio počiteljac Šišman Ibrahim paša novcem koji mu je preostao posle građenja džamije u Počitelju.

Današnje stanje mosta, kao i na drugim objektima ove vrste, posledica je neadekvatnog održavanja. Na ovom objektu posebno, jer je most van saobraćajnih tokova. Na mostu je postojala karkaluk ograda sve negde do 1967/68. godine. To isto važi i za venac. Evidentna su oštećenja i vidne deformacije kosih krilnih zidova (po kojima je ovaj most karakterističan). Tokom 1975. godine delimično je sanirana kolovozna konstrukcija.



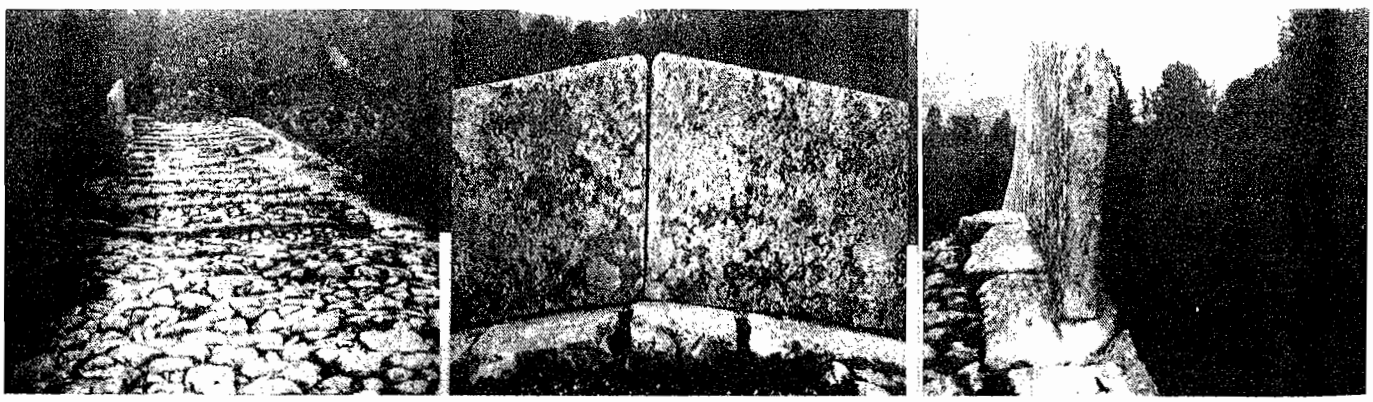
Sanacioni projekt, izrađen 1985. godine, predviđa osim potrebne popravke mosta i njegovo uklapanje u regulisano korito reke Bregave. Ovo posebno i zbog toga što se regulisano relativno široko korito reke dovodi do otvora mosta veličine 17,52 m, znatno manje od širine korita, pa se neposredno uzvodno od mosta očekuje – nepravilan tok vode sa udarima u desni bok mosta i znatan uspor vode u profilu mosta (što uzrokuje povećanje brzine vode na prolazu ispod svoda). Iz ovog razloga jedan deo zidova koje zahvataju vode Bregave treba sanirati u cementnom malteru i izvršiti kaldrmisanje dna reke u profilu mosta (te tako osigurati stabilnost rečnog dna i temelje svoda odnosno oporaca od mogućeg podlokavanja).

Do 1988. godine projekat je mirovao, nije započeto sa radovima po navedenom projektu.



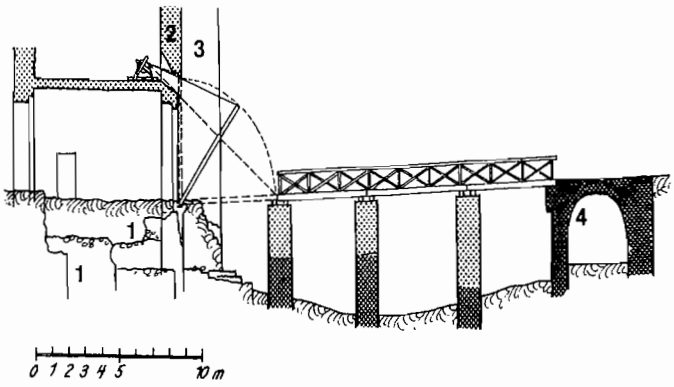
– Džemal Čelić i Mehmed Mujezinović: *Stari mostovi u Bosni i Hercegovini*, Sarajevo, 1969. godine.

Sl. 183 – Stari kameni most preko reke Bregave kod Čapljine (1517): – izgledi, dispozicija i detalji



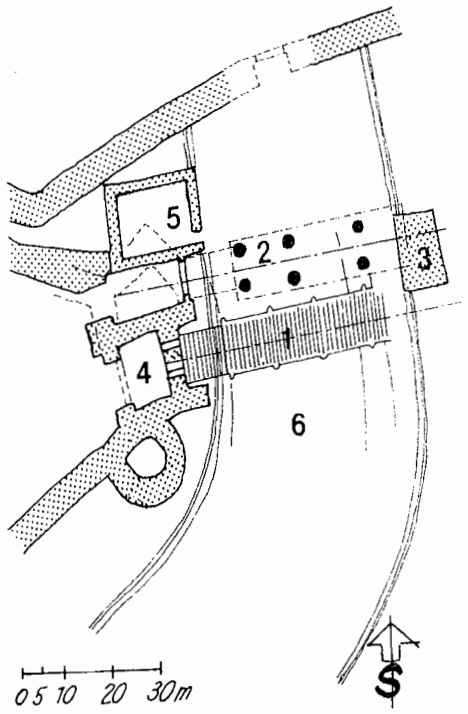
5.36. REKONSTRUKCIJA MOSTA U SKLOPU BEOGRADSKE TVRĐAVE

Unutrašnje utvrđenje beogradske tvrđave datira još od vremena Vizantije, sa XII vekom. U burnom periodu svoga postojanja (od XII do XVII veka) doživeo je mnoga prepravljanja i dograđivanja, posebno na Unutrašnjem gradu – pretposlednjem prstenu odbrane Beograda. Zahvaljujući obimnim i dugogodišnjim arheološkim istraživanjima (pod rukovodstvom Marije Bajalović-Hadži-Pešić) detaljno je sagledan konglomerat svih tih viševekovnih dograđivanja i jasno su uočene konture istočnog ulaza u grad, njegove Istočne kapije (koja je nastala u XV veku posle rušenja vizantijske kapije). Radikalne promene nastale obnovom beogradskog utvrđenja, a posebno ulaza u Unutrašnji grad, za vreme srpskog despota Stefana Lazarevića, uzrokovale su obnovu kapije i mosta preko gradskog rova. Na osnovu navedenih istraživanja, koja su definisala konstrukcijske elemente ulazne kapije i konstatovala postojanje podrumskih prostora, dobijena je solidna osnova za rekonstrukciju mosta. Ove dve osnovne činjenice dopunjene većim brojem relevantnih arheoloških podataka i istorijskih činjenica omogućuju hipotezu – da se u Unutrašnji grad ulazilo preko drvenog mosta čiji je jedan deo bio pokretan. Pokretni deo mosta, koji je radio po sistemu „klackalice" oko ose praga kapije, sa tzv. „vučjom jamom" pružao je dvostruku odbrambenu sigurnost – podizanjem zatvarao je kapiju ispred napadača a naletanjem na rov i sklizavanjem neprijatelja sa mosta u podizanju u „vučju jamu", na zašiljeno i u dno rova zabijeno kolje, uvećavala se odbranbena moć branioca grada. Kako beleži istorija mostova, ovaj tip pokretnog mosta u srednjem veku ubrajao se u povoljnije i rado je korišćen. Ovaj most je po svoj prilici stradao u borbi i požaru prilikom turske opsade Beograda 1521. godine.

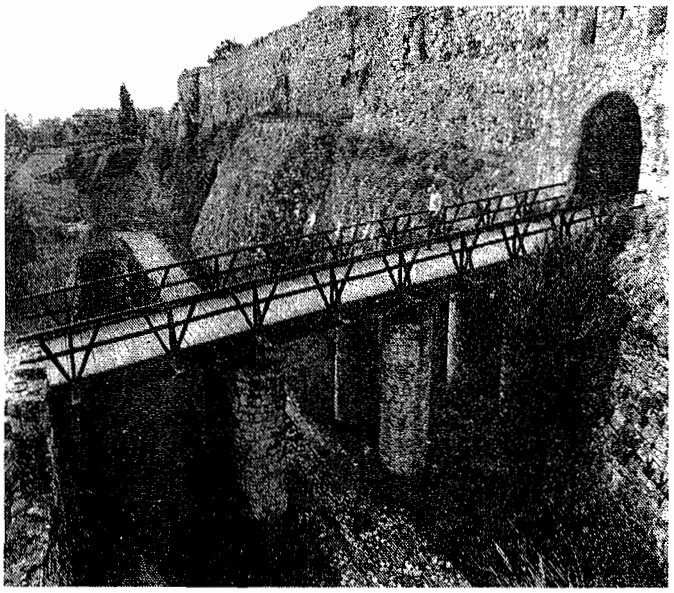


Sl. 185 – Grafička rekonstrukcija turskog mosta (XVI–XVII vek) u sklopu Beogradske tvrđave (prema M. Bajalović–Hadži-Pešić): (1) ostaci ranijih građevina; (2) ulazna kapija; (3) kula iz XVI veka; (4) turska česma

Posle osvajanja Beograda od strane Turaka i obnove Unutrašnjeg grada po naredbi sultana Sulejmana Veličanstvenog, u prvoj polovini XVI veka, Istočna – Ulazna kapija uz znatna dograđivanja pomerena je nešto severnije. Ispred nove kapije u XVI veku napravljen je preko starog srednjevekovnog rova novi drveni most, dužine preko 20 m, sa četiri otvora od kojih je prvi, do ulaza u grad, bila pokretna konstrukcija. Drvena konstrukcija superstrukture mosta oslanjala se na zidane stubove složenog preseka – dva kružna preseka ∅ 1,4 m na među rastojanju od 1,4 m – ozidana opekom i kamenom. Pokretni deo mosta, raspona nešto oko 5 m, dizao se i spuštao uz



Sl. 184 – Moguća rekonstrukcija istočnog ulaza u Unutrašnji grad (prema M. Bajalović–Hadži-Pešić): (1) most iz XV veka; (2) most iz XVI veka; (3) turska česma; (4) ulazna kapija iz XIV veka; (5) zaštitna kula (XVI vek); i (6) gradski jarak



Sl. 186 – Most na ulazu u Gornji grad, kod Dizdareve kule (rekonstruisan 1938. godine)

pomoć čekrka i gvozdenih lanaca. Ovaj most postojao je u XVI i XVII veku, sve do austrijsko-turskog rata 1690. godine kada je ulazni kompleks razoren a most stradao u tadašnjim ratnim zbivanjima i u požaru. Ostaci mosta zatrpani su šutom i nasuti i na ovom lokalitetu nastaju dograđivanja tokom obnove grada, sve do 1699. godine.

Isto tako, i ispred Istočnog ulaza u Gornji grad, kod Dizdareve kule, postojao je drveni most izgrađen po ugledu na napred opisani most ispred Unutrašnjeg utvrđenja. I ovaj most je bio na masivnim stubovima kružnog preseka, sa mnogim elementima sličnim ali i identičnim prethodnom mostu, pa meritorni arheolozi konstatuju da je građen u isto vreme kada i prethodni, u prvoj polovini XVI veka, prilikom prve turske obnove Beograda. Most je rekonstruisan 1938. godine (na osnovu ostataka srednjih stubova).

*) Podno Beograda preko Save i Dunava u srednjem veku su takođe građeni mostovi. Građenje mostova na ovim rekama, o kojima su ostavili podatke mnogi putopisci i tadašnji organi turske vlasti, bilo je za ondašnje vreme najuverljiviji indikator za moguće osmanske pohode na sever u Panoniju i na zapad prema Beču. Prvi most preko Save sagrađen je 1521. godine. Bio je to pontonski most koji je sagrađen pod rukovodstvom Karadža paše. O jednom mostu preko Save ostavio je podatke Evlija Čelebija i verovatno se radi o mostu iz 1526. odnosno 1529. godine. Prema izveštaju carskog poslanstva u Istanbulu, bila je to kombinacija drvenog i pontonskog mosta. Svi ti pontonski mostovi su trajali, po pravilu, vrlo kratko. Tako se iz istorijskih izvora saznaje o građenju mosta 1532, 1566, 1662, 1688, 1691, 1696 i 1716. godine kao i godinu dana kasnije prilikom opsade Beograda (Dr Bogumil Hrabak: Mostovi pod Beogradom u XVI i XVII veku. Godišnjak grada Beograda, knj. XXI, 1974. godina). Prvi pontonski most preko Dunava sagradio je 1476. godine vojvoda Ali-beg u Smederevu. Bliže Beogradu, 1551. godine, sagrađen je još jedan pontonski most, zatim 1598. godine most preko Dunava kod Pančeva, pa 1660. godine most na 77 drvenih tulumbaza, i 1698. godine pontonski most dužine 1800 aršina u neposrednoj blizini Beograda. Istorijski podaci kazuju da su sve to bile konstrukcije koje su lako stradale od vremenskih nepogoda, lako se rušile i propadale u ratovima ali i demontirane zbog korišćenja „lađa" (pontona) u transportne svrhe (vidi – Olga Zirojević: Tursko vojno uređenje u Srbiji 1459–1683. Beograd, 1974; D. Popović: Vojvodina u tursko doba. Novi Sad, 1939; Evlija Čelebi: Putopis. Sarajevo, 1973).

– Marija Bajalović-Hadži-Pešić: *Ulazni kompleks beogradskog Unutrašnjeg grada u vremenu od XII do XVII veka*, Saopštenja HVI/ 1984, Republički zavod za zaštitu spomenika kulture Sr Srbije.

5.37. DUBROVAČKI MOSTOVI

Sadržajne elemente od interesa za izlaganja data u kontekstu citiranih mostova prezentiraju i dubrovački mostovi. Ovo posebno i zbog toga što je srednjevekovna urbanizacija Dubrovnika sačuvana u svom izvornom obliku do naših dana i što su prilazi gradu karakteristični po svom arhitektonskom izrazu i po svojoj funkcionalnosti u sistemu utvrđenja grada. Oba prilaza gradu, na Pilama i Pločama, sa istoka i zapada, sa svojim pokretnim i nepokretnim mostovima, između ostalog, bili su važan deo fortifikacionog ansambla srednjevekovnog Dubrovnika. Ulaz u Dubrovnik sa njegove istočne strane, sa strane Cavtata, je preko Vrata od Ploča, preko dva mosta između kojih je tvrđava Revelin. Ovde se razlikuju dvoja vrata – Unutrašnja vrata od Ploča ili Vrata sv. Luke (prvobitni ulaz u grad) i Spoljna vrata od Ploča, kasnijeg datuma, sa mostom ispred tvrđave Revelin.

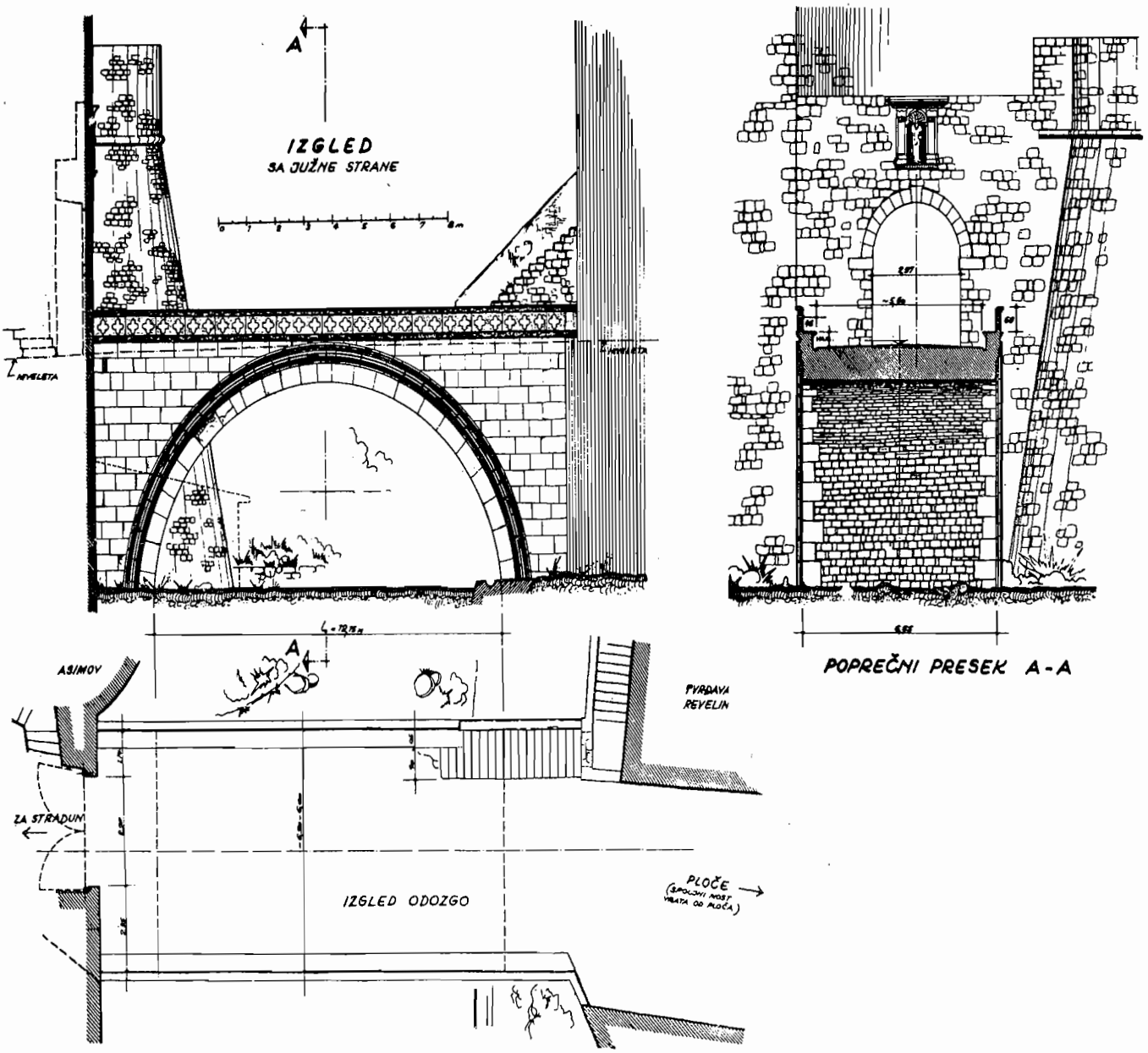
MOST NA PLOČAMA prvi put se pominje 1350. i 1378. godine kao pokretni most, drvena konstrukcija. Po svoj prilici da je današnji most na Pločama nastao sredinom XV veka što se saznaje iz više dokumenata. Most je popravljan 1465, 1485, 1505, više puta u XVI veku, kao i ostali dubrovački mostovi srećno je prebrodio dva velika zemljotresa (1520. i 1667.), zatim za vreme austrijske vladavine ovim krajevima i najzad 1948. godine – kada je konačno obnovljen pokretni drveni deo mosta, sa lancima, kuglama i vitlom (uređaj za podizanje), koji je stigao do naših dana, sl. 29. I pored mnogih rušenja i kasnijih popravki most je sačuvao svoj izvorni koncept premošćavanja (gradskog jarka) – sa mnogim jedinstvenim kako arhitektonskim tako i konstrukcijskim odlikama.

MOST MEĐU VRATIMA OD PLOČA sastavni je deo prethodnog mosta i premošćuje gradski jarak sa jednim otvorom, sl. 187. (v. i sl. 25). Sagrađen je nešto ranije nego prethodni most.

MOST NA PILAMA prvi put se pominje u arhivskoj građi Dubrovnika krajem XIV veka (1396). Iz dokumenata se saznaje da je most gradio protomajstor Ivan koji je gradio i crkvu sv. Vlaha. Most se zatim pominje u drugoj polovini XV veka kada je neimar Paskoje Milićević prepravio postojeći most za novonastale uslove. I ovaj most je više puta saniran i prepravljan. Zna se za popravke 1534. – kada je izgrađen pokretni deo mosta, 1538, 1754 i 1937. godine. Most je sačuvao svoj originalni oblik iz XV veka, v. sl. 30.

– Lukša Bertić: *Utvrđenja grada Dubrovnika*, JAZU, Zagreb, 1955;

– Nadežda Katanić, Milan Gojković: *Građa za proučavanje starih kamenih mostova i akvadukata u Hrvatskoj*, Beograd–Zagreb, 1972.

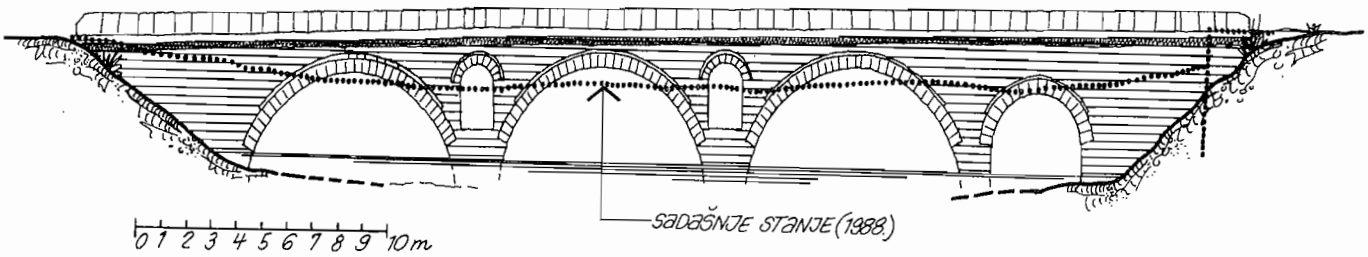


Sl. 187 – Most na međuvratima od Ploča – Dubrovnik (v. sl. 25)

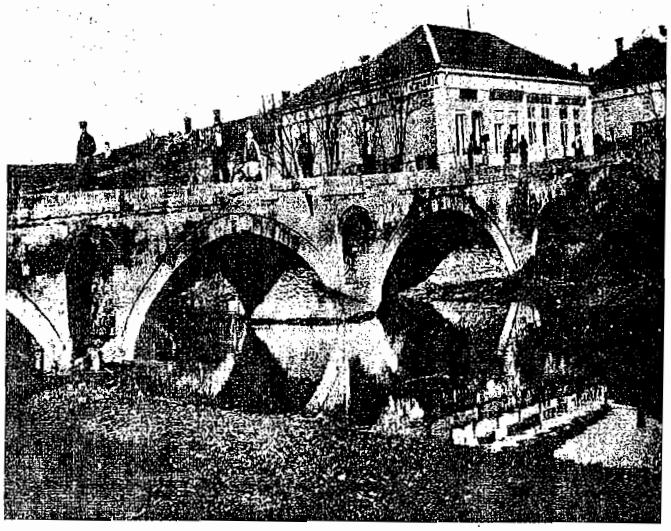
5.38. MOST U SMEDEREVSKOJ PALANCI

Stari kameni most preko reke Kubršnice u Palanci napravljen je 1730. godine, na profilu gde je postojala stara drvena ćuprija, za vreme austrijske okupacije Srbije. Međutim, ne isključuje se predpostavka da je most stariji a da je za vreme austrijske okupacije radikalno popravljen. Za građenje mosta korišćen je kamen sa porušenog manastira Kneza Lazara u obližnjem selu Vodice. Iako građen pod nadzorom Austrijanaca most ima dosta elemenata svojstvenih srednjevekovnoj mostogradnji u nas, posebno sa južnih regija, što je po svoj prilici uticaj nepoznatih lokalnih majstora. Evidentan je podatak da je most značajno poprvljen 1938. godine (prema podacima sa postojeće natpisne ploče na mostu). Međutim primetni su tragovi i ranijih popravljanja. Poslednjom popravkom (1938) most je proširen dodavanjem pešačkih staza na čeličnim konzolama, izvedena je blaga korekcija nivelete i modernizovana je kolovozna konstrukcija.

U svom originalnom konceptu premošćavanja most dužine cca 43,5 m, sa četiri otvora (procenjena veličina otvora 8,60+8,20+8,50+3,40 m), imao je korisnu širinu 4,43 m – definisanu masivnom ogradom od kamenih ploča. Regulacijom reke Kubršnice, u posleratnom periodu, most je osao bez svoje reke. Naime, pomeranjem rečnog



Sl. 189 – Današnji izgled mosta (1988)



Sl. 188 – Most preko Kubršnice u Smederevskoj Palanci – dispozicija pre regulacije reke

toka – cca 150 m prema jugozapadu – most je ostao na suvom. Vreme i pomeranje rečnog toka su učinili svoje – rečno korito je uglavnom zasuto, zatrpano, delimično uzurpirano za potrebe grada i građana. Početkom 1988. godine most je bio zatrpan praktično na celoj svojoj visini i dužini.

Saobraćajnim udesom na mostu (1987) oštećena je uzvodna pešačka staza i ograda mosta pa se iz razloga bezbednosti saobraćaja imperativno postavio problem njegove sanacije (most je na magistralnom putu Smederevska Palanka – Topola). U toku su razmatranja kako sanirati oštećenu konstrukciju, osigurati nesmetan saobraćaj i prezentirati most kao celinu. Konačno rešenje sanacije odnosno zaštite i reviltalizacije ovog jedinstvenog mosta traži se u okviru detaljnog urbanističkog rešenja ovog dela Palanke i sastoji se u: izmeštanju postojeće železničke pruge (Beograd–Niš, sada prolazi na 30-ak metara od mosta), građenju novog mosta i dislociranja magistralne saobraćajnice, odnosno, u rušenju da most ostane isključivo u funkciji gradskog saobraćaja, odkopavanju mosta u celini i rekonstrukcijom rečnog korita u njegovoj neposrednoj okolini (tom prilikom ovaj prostor treba da dobije određenu i svrsishodnu namenu). Konačno rešenje zaštite obavezno obuhvata restauraciju mosta – rekonstrukciju njegove superstrukture i eventualnu sanaciju oku sada skrivenih elemenata mosta. Odkopavanjem mosta i njegovom restauracijom a u okvirima predstojeće revitalizacije stare palanačke čaršije oblikovaće se posebno sadržajan urbanistički motiv grada.

No kako jedan ovakav zahvata zahteva znatna materijalna sredstva, po svoj prilici, da će se zaštiti mosta pristupiti u fazama. Radovi na konačnoj studiji i projektovanju su u toku (januar 1989. godine).

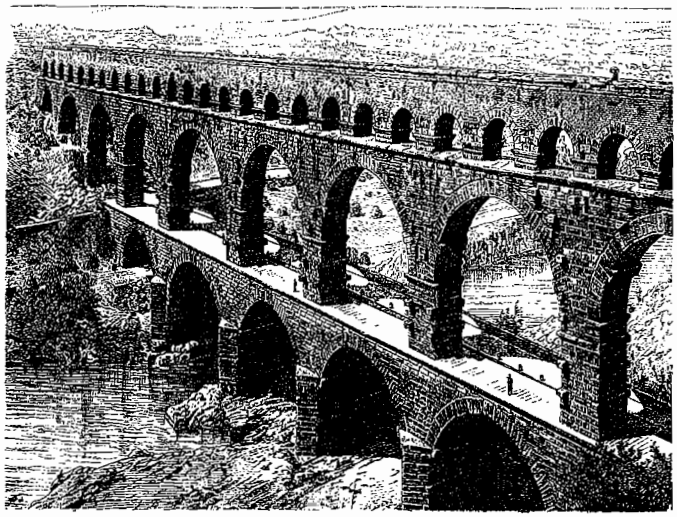
. . . IZ INOSTRANSTVA

5.39. PONT DU GARD

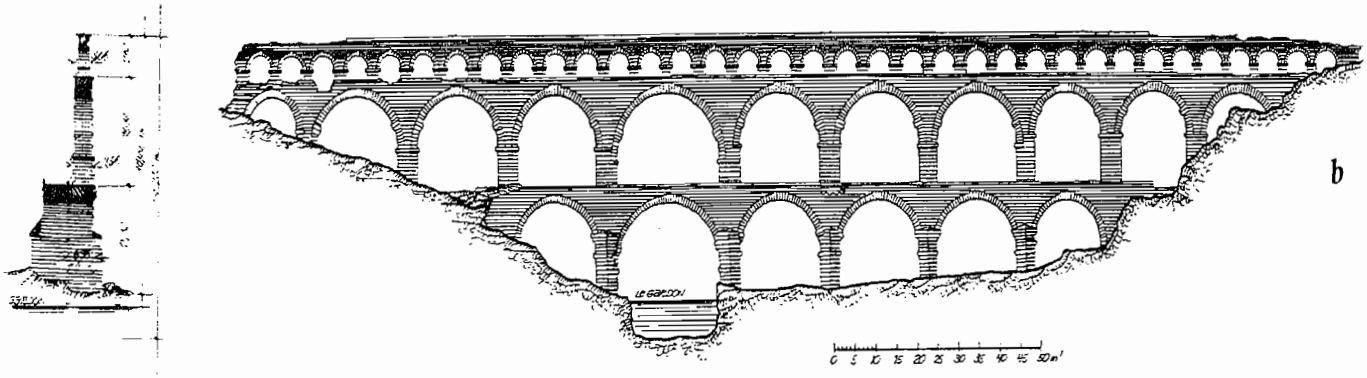
Čuvena trospratna konstrujkcija akvadukta preko reke Gardon kod Nima (Francuska), poznata pod imenom Pont du Gard, reprezentuje visok domet rimske mostogradnje. Akvadukt je građen pod rukovodstvom rimskog vojskovođe Agripe (Marcus Vipsanius Agrippa), u vremenu između 63. do 12. godine pre n.e. Nalazio se na vodovodu dužine oko 40 km koji je snabdevao vodom grad Nim, rimski Nemausus. U V veku krajeve akvadukta razorili su Varvari i tako sprečili rad vodovoda.

Ovu velelepnu konstrukciju akvadukta, sa specifičnim konceptom premošćavanja prepreke u tri etaže, sadržajnih estetičnih kvaliteta i jedinstvenih konstrukcijskih karakteristika, dužine 275 m i visine pri normalnom vodostaju Gardona od 47 m – karakterišu: najviša – treća etaža visine 7,40 m, formirana od 35 polukružnih svodova sa otvorima veličine 4,80 m (sa širinom svodova od 3,06 m), nosi vodovodni kanal preseka 1,20/1,66 m (površina preseka kanala cca 2 m^2) pokriven kamenim pločama debljine 35 cm (svaka težine oko 3 t); srednja – druga etaža – visine 19,50 m i širine 4,56 m – oblikovana je takođe polukružnim svodovima koji su u korespodentnom odnosu sa svodovima prve – najniže etaže. U ove dve etaže otvori svodova su veći i međusobno se razlikuju u veličinama, smanjuju se prema obalama (sa veličinama 19,20 m i 15,50 m). Dispozicijom dominiraju svodovi sa otvorom veličine 24,52 m, iznad rečnog toka. Evidentirane različitosti pojedinih elemenata konstrukcije su u skladnom proporcijskom odnosu i zajedno sa izgledom vidnih površina, vrstom i kvalitetom ugrađenog materijala, formiraju estetične vrednosti najvišeg reda. Konstrukcija akvadukta je u blagoj horizontalnoj krivini.

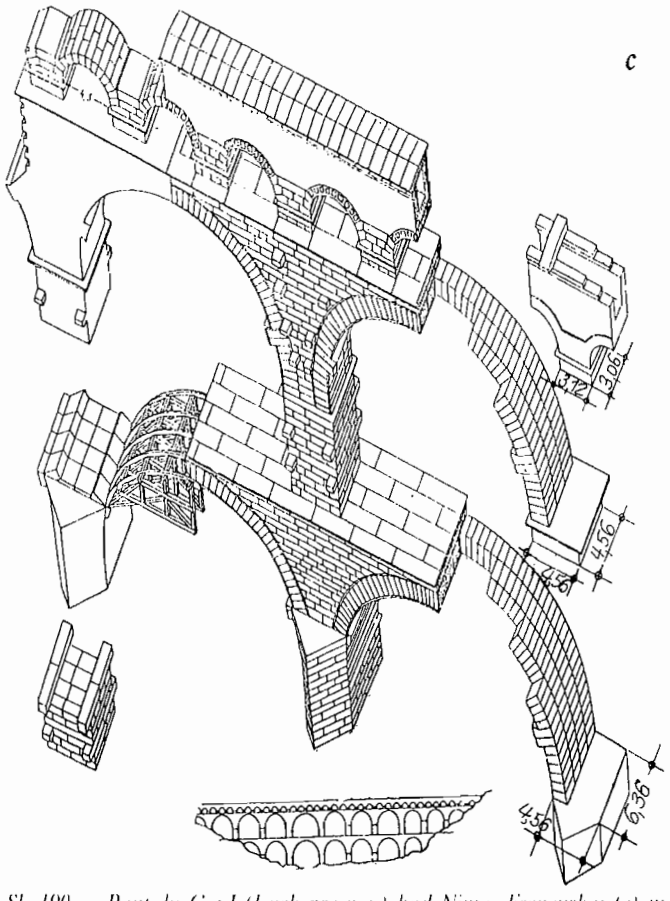
U konstrukciji akvadukta posebno se ističu svodovi – kako oblikom intradosa tako i evidentnim konstrukcijskim pojedinostima. Naime, svodovi su konstruisani od



a



b



c

Sl. 190 – Pont du Gard (I vek pre n.e.) kod Nima, Francuska: (a) izvodni izgled; (b) dispozicija; i (c) detalji

pojedinačnih lukova (u donjoj etaži četiri a u srednjoj tri), slično kao i na Avgustovom mostu u Narniu, što upućuje na mogućnost korišćenja posebno racionalne tehnologije građenja svodova. Ispusti tesanika svoda približno u polovini njegove strele (f_o) dopuštaju hipotezu da su samo gornji delovi svoda, iznad $f_o/2$, zidani uz pomoć „pokretne" noseće svodne skele odnosno ista skela je korišćena više puta, za svaki luk svoda posebno. Za zidanje akvadukta korišćeni su krupni blokovi kamena dobijeni od mekše krečnjačke stene iz okolnog nalazišta. Pojedini blokovi su težine i do 6 tona. Vidne površine tesanika rustično su obrađene, bunjasto, što intenzivira estetične vrednosti konstrukcije u datom ambijentu. Kao što je to bilo uobičajeno u rimskoj mostogradnji – spojnice su minimalnih debljina, suve i bez maltera. Postoje indikacije da su unutrašnje mase akvadukta, između čeonih zidova i unutar masa stubova, izvedene lomljenim kamenom u krečnom malteru sa pucolanskim svojstvima (rimskom betonu – „Opus caementicum"), što je takođe tekovina rimske mostogradnje.

U svom dugom veku konstrukcija je doživela mnoga iskušenja. Tako se zna, osim već navedenog rušenja u V veku, da je akvadukt uspešno odoleo velikom zemljotresu iz 1448. godine i uticajima mnogih velikih voda. Na primer, prilikom katastrofalno velike vode 1958. godine prva etaža je bila u celini pod vodom. Kako je prva etaža veće širine (6,36 m) od druge (4,56 m) to je u XIII veku – zasecanjem stubova drugog sprata za ≈1/3 njihovih dimenzija u poprečnom pravcu akvadukta – napravljen kolski put širine oko 2,50 m koji je uspešno služio sve do 1700. godine. Viševekovno korišćenje prvog nivoa kao mosta za prelaz vozila stvorilo je u kamenu (krečnjak) duboke kolotečine, znatno je oštetilo prvi nivo akvadukta. Ova oštećenja su sanirana u XVIII veku prilikom građenja mosta (1743) neposredno uz konstrukciju akvadukta (graditelj je bio Henry Pitot). Most, a kolovoznom površinom u nivou

– George F. W. Hauck: *Structural Design of the Pont du Gard,* Journal of Structural Engineering, Vol. 11, № 1, 1986;

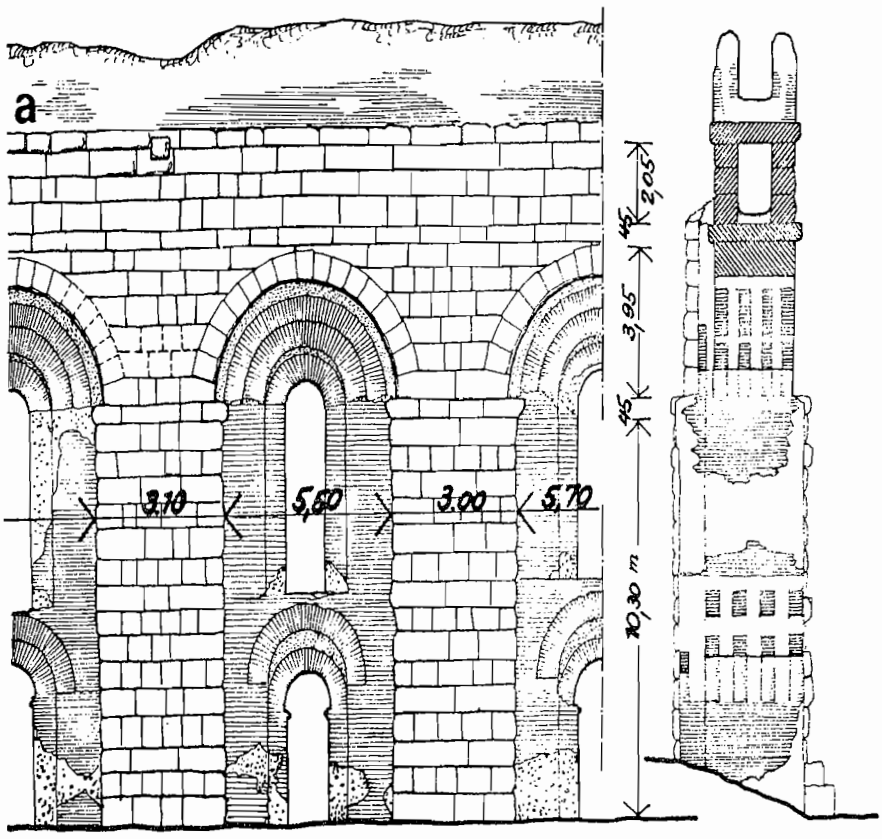
Espérandieu E.: *Le Pont du Gard et l'Aqueduc de Nimes,* CLT, Paris, 1934;

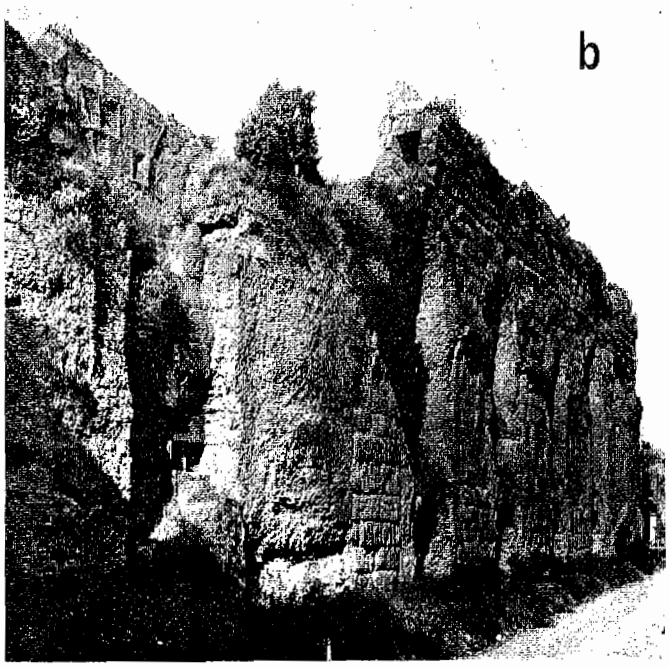
Timošenko S. P.: *Istorija Otpornosti materijala,* Beograd, 1965.

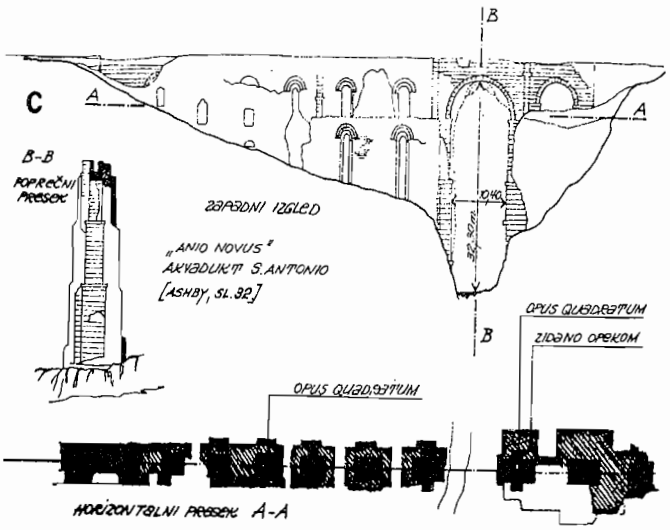
prvog sprata, naslanja se na nizvodni izgled akvadukta i prezentira uspešno rešenje proširenja jedne antičke konstrukcije srednjevekovnim mostom. Detaljna restauracija ove grandiozne građevine izvedena je na inicijativu Napoleona III – 1850. godine (pod rukovodstvom Jean-Charles Laisé-a).

Nekoliko akvadukata apostrofiranih u ovom izlaganju (Sl. 84 – akvadukti jugoistočno od Rima; Sl. 17 – Justinijanov akvadukt; Sl. 190 – Pont du Gard), eksplicitno ukazuju na veliko umeće drevnih neimara u građenju vodovoda. Prvi vodovodi a samim tim i konstrukcije akvadukata, kako poručuju istorijske činjenice, nastali su još u predrimskim vremenima. Najstariji rimski vodovod je Aqua Appia sagrađen 312. godine pre n.e. za vreme cenzora Appia Claudia, koji je gradio i dobro znanu antičku saobraćajnicu Via Appia (Nadzor nad rimskim vodovodima krajem I veka vršio je Sextus Julius Frontinius, autor dela „De Aquaeductibus urbis Romae", koje je osnova mnogih istraživanja ove jedinstvene oblasti inženjerstva).

Prve konstrukcije akvadukata građjene su na lokalitetima gde je to bezuslovno trebalo uraditi. Jer, činjenica je, da su prvi vodovodi kada je god to bilo moguće obilazili prepreke pa bilo da se to radilo o tunelima ili njima inverznim objektima – akvaduktima. Za građenje je ko-







Sl. 191 – Neke karakteristične intervencije na antičkim akvaduktima (Italija): – detalji sa Klaudijevog vodovoda: (a) na lokalitetu Podere Saccardo i (b) Mandrione; (c) dispozicija akvadukta St. Antonio (stanje 1930. godine)

rišćen kao i kod mostova obrađen kamen ozidan u suvo, bez maltera. U ranim vremenima vodonepropustljiv malter i tzv. „rimski beton", koji su se tada retko koristili i smatrali kao posebno kvalitetan materijal za građenje, upotrebljavali su se isključivo za oblaganje zidova i dna vodovodnog kanala.

Konstrukcije akvadukata već polovinom II veka pre n.e. dobijaju smišljena dispoziciona rešenja i određene konstrukcijske zakonitosti unutar jedne građevine a zajedničke u jednoj grupaciji, na određenoj trasi vodovoda. Tako, stubovi po visini imaju konstantan pravougaoni presek, sa odnosom strana horizontalnog preseka bliskim jedinici, sa dužom stranom u pravcu podužne ose akvadukta. Redovno se završavaju u ravni oporaca svodova masivnim vencem, uglavnom pravougaonog poprečnog preseka, po celom obimu stuba. Odnos veličine otvora prema širini stuba kreće se oko dva, pa i manje. Kod stubova velikih visina isti imaju određena ojačanja (smanjenje vitkosti stuba) – u ravni konstrukcije akvadukta, približno na polovini visine, povezuju se sekundarnim svodovima a upravno na ravan konstrukcije svaki *n*-ti stub oblikovan je sa obostranim kontraforima. Međutim, u baštini ovih konstrukcija mogu se sresti i primeri kod kojih je svaki stub konstruisan odnosno izveden sa kontraforima.

Konstrukcije svodova su po pravilu polukružnog oblika sa otvorima čija je veličina veća od međurazmaka između stubova. Ovo je posledica ostavljanja potrebnog prostora na stubu za oslanjanje svodne skele neophodne za zidanje svodova odnosno lukova. Na nekim primerima ovaj prostor je uvećan oblikom venca stuba. Svodovi su zidani tesanim kamenom veličine koja prolazi kroz celu debljinu svoda, sa jasno izraženom linijom ekstradosa, i sa približno kvadratnim površinama na čelu svoda. Čela svodova i čeoni zidovi su u istoj ravni.

Venac konstrukcije akvadukta uglavnom pravougaonog poprečnog preseka tangira temena ekstradosa svodova. Ovaj venac zajedno sa bočnim zidovima kanala, njegovim vidnim površinama, i njegovim vencem, koji u pravilu oblikuju poklopne ploče vodovodnog kanala, daju završni „friz" konstrukciji akvadukta, poseban oblik krune konstrukcije u njenom izgledu.

Evidentna je činjenica da su mnoge konstrukcije antičkih akvadukata više puta popravljane, dograđivane i prilagođavane novonastalim uslovima. Na mnogima se sve te intervencije jasno razaznaju i preko njih se saopštavaju kvaliteti tehnike i tehnologije građenja pojedinih vremenskih perioda. U nekim primerima konstrukcija akvadukta je dograđivanjem dobijala još jedan vodovod, nov vodovodni kanal, kanal iznad kanala.

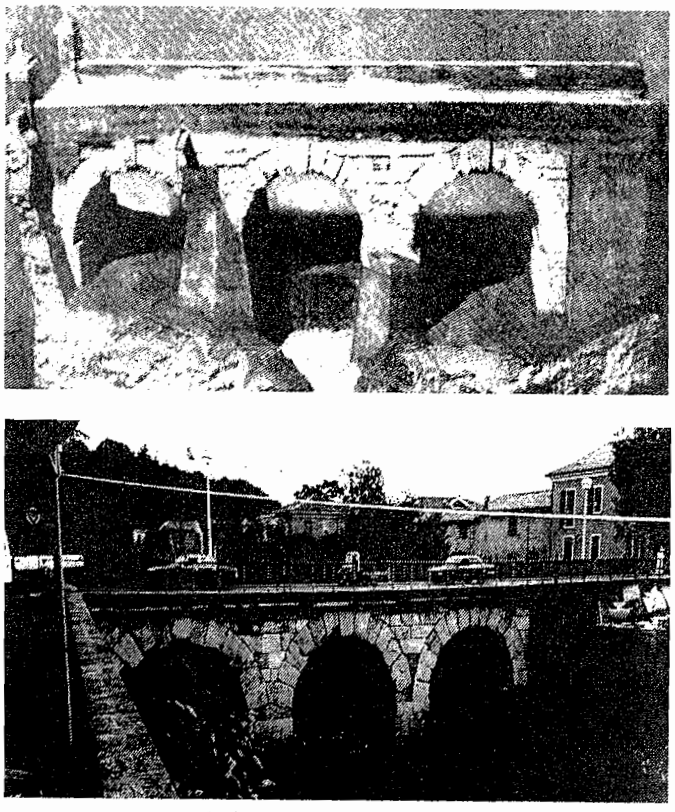
Osvajanjem novih građevinskih materijala – kvalitetne opeke, „rimskog betona" i kvalitetnih maltera – konstrukcije akvadukata uglavnom zadržavaju svoje volumenske koncepte uz neminovne i evidentne konstrukcijske inovacije. Vidne površine građevina zidaju se opekom, konstrukcije svodova konstruišu se sa dva i tri „prstena" od opeke, a u ispunu objekta ugrađuje se „rimski beton". Vidne površine stubova zidaju se u kombinaciji kamen+opeka („Opus reticulatum"), sa krupnijim komadima kvalitetnije obrađenog kamena ugrađenih dužinom ivica stuba. Ova i ovakva tehnika građenja korišćena je i prilikom saniranja starijih konstrukcija akvadukata – najčešće dodavanjem sa strane, proširenjem osnovne konstrukcije i smanjivanjem veličina otvora. Ali i prilikom korekcija starih trasa vodovoda kada je umesto obilaženja prepreke građena nova konstrukcija akvadukta (za vreme Hadrijana, na primer). Tragovi ovakvog načina građenja, u većoj i manjoj meri, evidentirani su na mnogim starim akvaduktima.

– Thomas Ashby: *The Aqueducts of Ancient Rome*, Oxford, 1935;
– *A History of Technology*, vol. 2, Oxford, 1965.

5.40. MOST PREKO RUBICONA (Italija)

Most preko Rubicona u Savignanu sagrađen je u vreme Republike i dobro je znan po Cezarevim rečima: „Alea iacta est". Premošćavao je Rubicon sa tri otvora zasvedena polukružnim svodovima, svodovima oslonjenim na specifično oblikovane rečne stubove širine po 2,88 m. Dužina ovog jedinstvenog mosta bila je 26,20 m a širina 4,10 m. Most je porušen krajem rata – 1944. godine. Posle rata izvedena je uspešna rekonstrukcija zasnovana na autentičnim istorijskim činjenicama i sačuvanim tehničkim podacima.

Piero Gazzola: *Ponti Romani*, Firenza, 1963.



Sl. 192 – Most preko Rubicona u Savignanu (Italija): (a) snimak makete i (b) posleratna rekonstrukcija

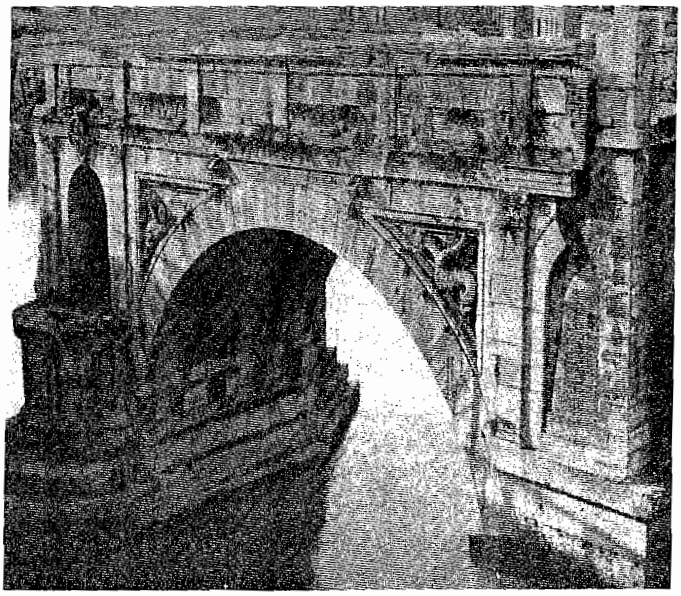
5.41. MOSTOVI GRADA RIMA

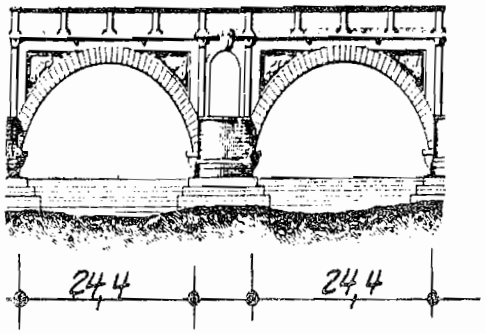
Visoko umeće antičke rimske mostogradnje, sa svim njenim i te kako značajnim karakteristikama, manifestuje se između ostalog i na mostovima preko Tibra u Rimu. Svi su oni građeni, misli se na one od značaja za ova izlaganja, uglavnom početkom naše ere ili neposredno pre nje, u vreme procvata Rima. Tokom svog dugog postojanja pretrpeli su veće i manje popravke, značajne izmene, prepravke i dograđivanja koje su umnnogome izmenile njihve izvorne koncepte i dispoziciona rešenja. No, i pored rečenog, svi oni nose pečat vremena kada su nastali odnosno kada su popravljani i uspesno prezentiraju veštinu i veliko umeće njihovih graditelja.

Sve do 179. godine pre n.e. u Rimu je postojao, kako beleže istorijske činjenice, samo drveni most poznat pod imenom „Pons Sublicius" („Most na šipovima"), napravljen 621. godine pre n.e. Drugo godina ovo je bio jedini most u Rimu. na reci Tibru, prirodnoj zaštiti grada sa severa. Iz navedenog razloga sa svojim pokretnim delom most je imao i određena fortifikaciona svojstva. Prema Plutarhu, most je sagradio Anko Marcije (Ancus Martius, konzul 640–616. godine pre n.e.). Kako kazuju najnovija istraživanja, most je više puta popravljan a zatim konačno porušen 500. godine. Na ovome profilu reke umesto drvenog napravljen je most od kamena – o kome nema detaljnijih podataka. Kasnije, Tibar je premošćen čeličnim mostom koji je nosio ime „Ponte Sublicio". Ovaj čelični most je smenila savremena mostovska konstrukcija, masivni most sa tri otvora zasvedena segmentnim svodovima.

* * *

Prvi kameni most u Rimu, zabeležen u istoriji mostogradnje jeste MOST EMILIO ILI LAPIDEO. Most je premošćivao Tibar sa šest polukružnih svodova otvora veličine 24,4 m (sa realnom predpostavkom, na osnovu tada korišćenih koncepata premošćavanja u ovoj regiji, da su krajnji otvori imali manje veličine otvora). Građenje mosta vezuje se za 179. godinu pre n.e. Bila je to jedinstvena i za ondašnje vreme monumentalna kamena konstrukcija sa mnogim elementima koji se mogu prepoznati i u današnjoj-savremenoj mostogradnji: polukružni svodovi i rečni stubovi sa specifično oblikovanim kljunovima (i na uzvodnoj i na nizvodnoj strani) i vešto apliciranim olakšavajućim otvorima. Kao i većina starih mostova, i ovaj most je više puta popravljan a radikalnu sanaciju i restauraciju doživeo je za vreme Gregorija XIII, 1575. godine. Zadržavajući monumentalnost građevine ovu intervenciju Gregorije je iskoristio da obeleži svoje vreme i moć pa je most tom prilikom, između ostalog, ukrasio brojnim reljefima (aždaja, znakova njegove kuće) i plastičnim ukrasima. Ova





Sl. 193 – Most Emilio ili Lapideo odnosno Rotto (Italija)

popravka „živela" je svega 25 godina i most je doživeo havariju odnosno srušila su se dva svoda 1600. godine (najverovatnije usled podlokavanja rečnog stuba). Od toga vremena most nosi ime „Ponte Rotto" – „slomljeni most". Do naših dana stigao je jedan svod, neposrendo uzvodno od današnjeg mosta zvanog Palatino, koji sa svojim karakteristikama kazuje o mnogim vrednostima koje je imao ovaj jedinstveni most. Navedeno govori, da je Gregorijeva intervencija imala za cilj isticanje njegove moći preko vizuelnog ukrašavanja objekta a ne suštinu sanacije – neophodne intervencije na rečnim stubovima.

* * *

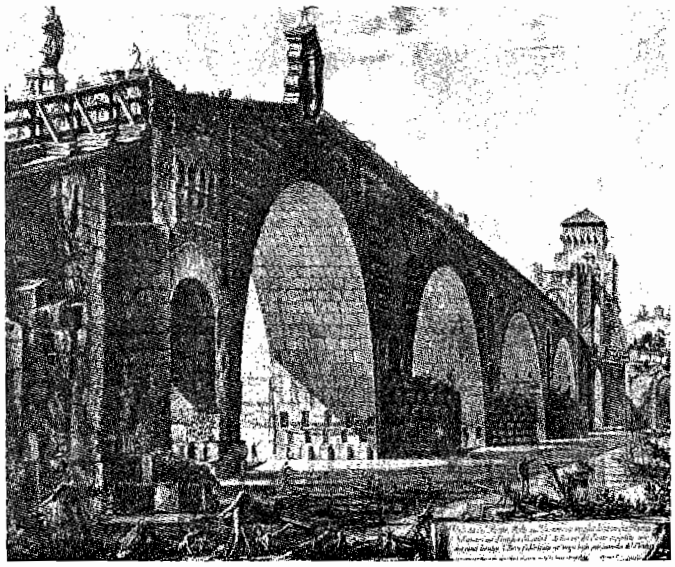
MOST MILVIO (Pons Milvius) sagrađen je po svoj prilici kada i put Via Flaminia – negde između 223. i 220. godine pre n.e. Most je dobio ime po ratniku Milvio da Livio, prema beleškama o bitki kod Metaura, 207. godine pre n.e. Vredno je pomena da su 109. godine pre n.e. graditelji Ammiano Marcelino i Aurelio Vittore, po želji i naređenju cenzora Marca Emilia Scaura, radikalno restaurirali most Milvio tako da od prvobitne konstrukcije skoro da ništa nije ostalo. Iz ovog razloga mnogi istraživači vezuju građenje mosta sa 109 godinom pre n.e. Inače, most je popravljan više puta – 27. godine, posle 312. godine, početkom i sredinom XIX veka. Svaka od ovih sana-

* D. Steinman – S. Ruth Watson: *Bridges and their Builders,* New York, 1957.

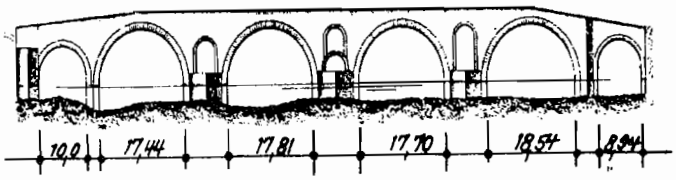
cija ostavila je na mostu nĕimarske karakteristike svoga vremena.

Dispoziciono rešenje je masivna monumentalna konstrukcija dužine cca 150 m i premošćuje reku Tibar sa šest otvora od kojih su četiri, koji čine centralni deo koncepta, približno sa istom veličinom otvora (17,44 + 17,81 + 17,70 + 18,54 m) i dva priobalna svoda sa otvorima veličine 8,94 odnosno 10,0 m. Rečni stubovi imaju približno kvadratni horizontalni presek (≈ 7,5 × 7,5 m), obostrano izvedene kljunove trouglastog preseka i olakšavajuće otvore različitih oblika i veličina. Preko mosta Milvio za vreme poslednjeg rata prelazila su i najteža motorna vozila (tenkovi). Most je nedavno detaljno restauriran.

a

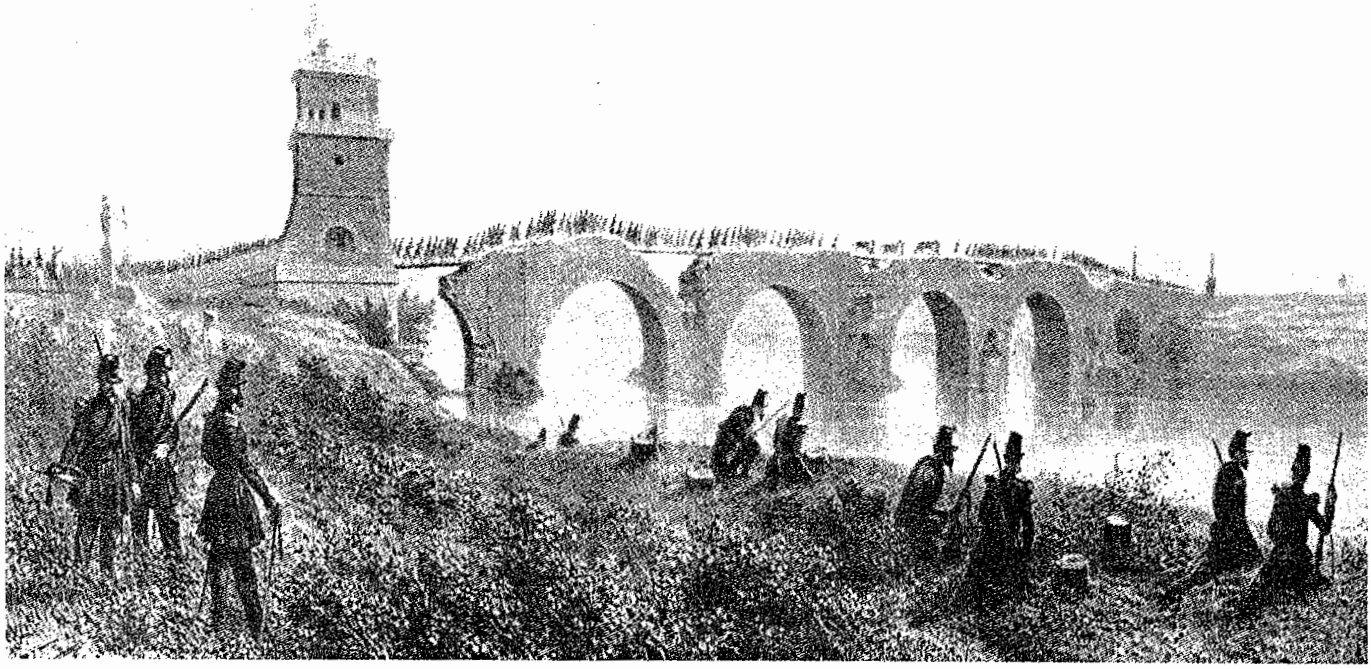


d

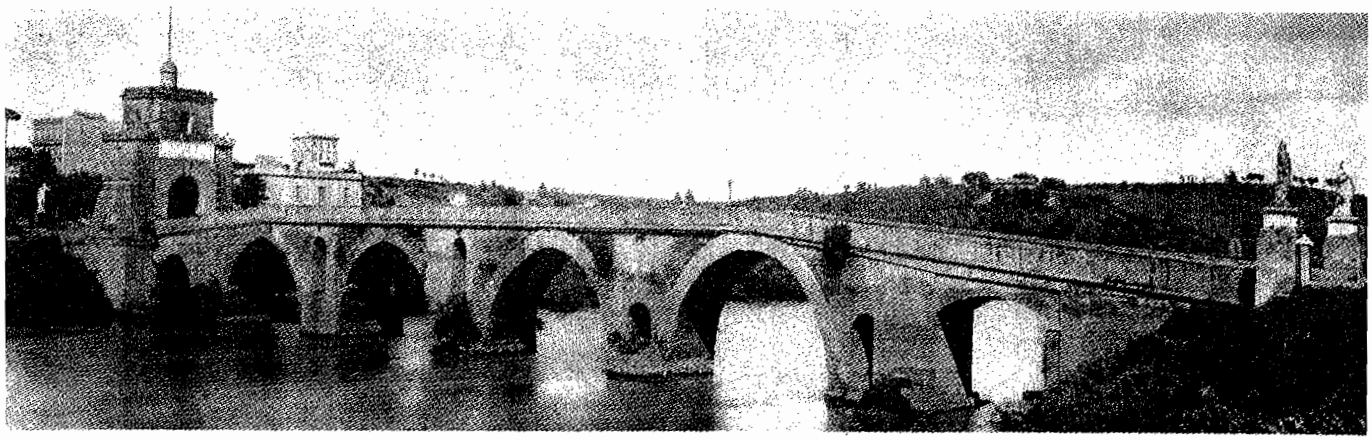


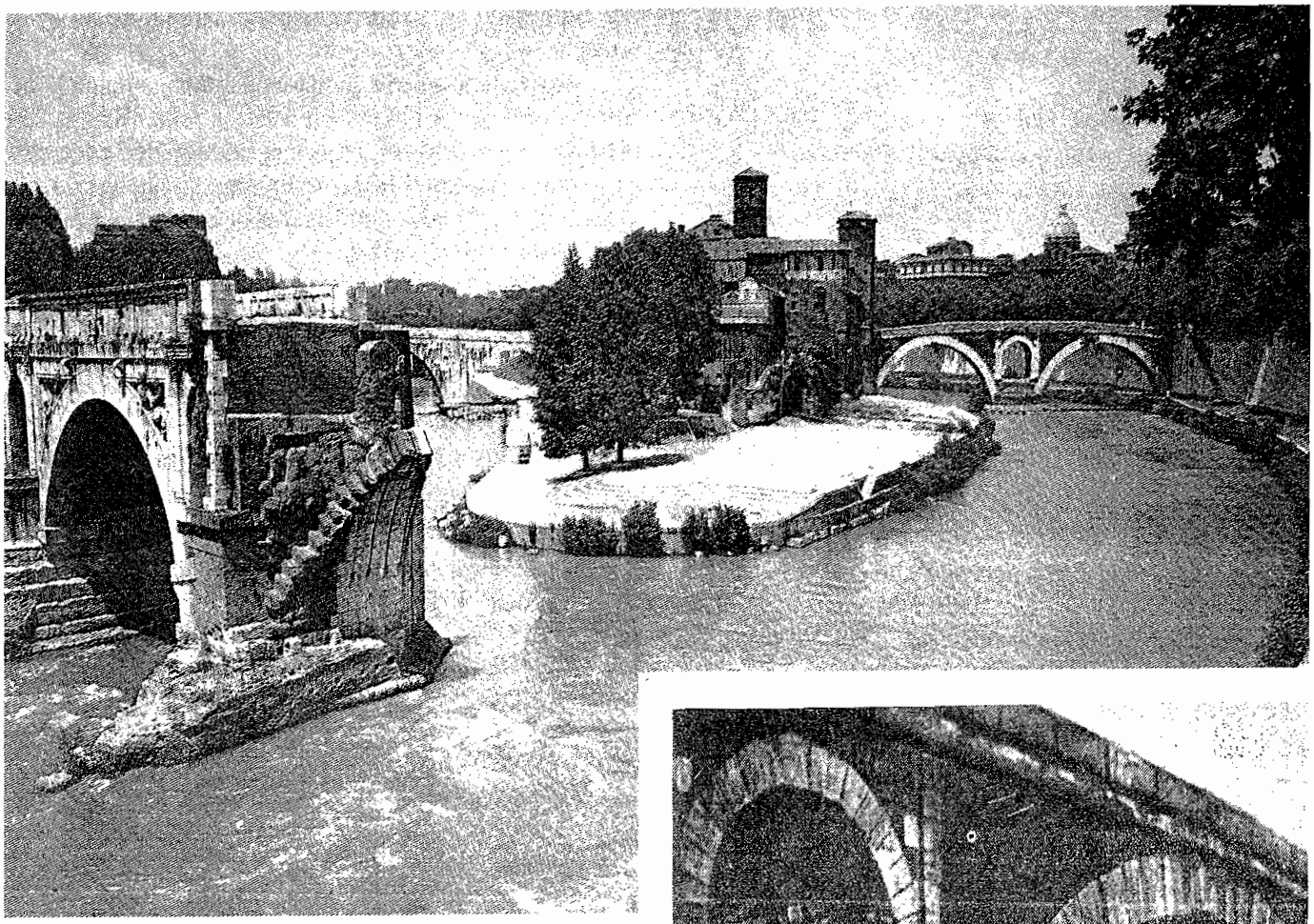
Sl. 194 – Most Milvio na putu Via Flaminia (sada u Rimu, Italija): (a) crtež Piranesia (XVIII vek); (b) za vreme napada Francuza na Rim (1849); (c) predratni izgled; i (d) crtež Darteina

b

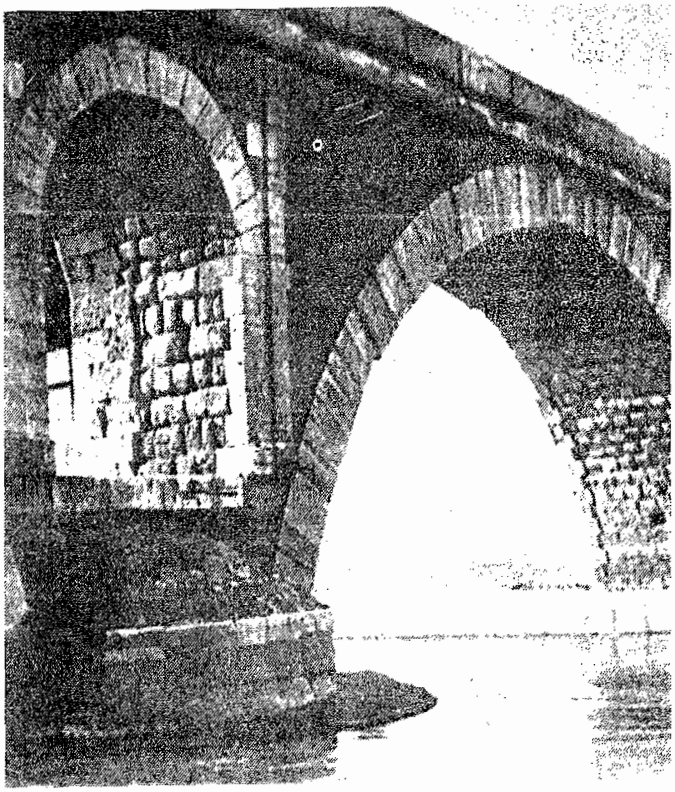


c

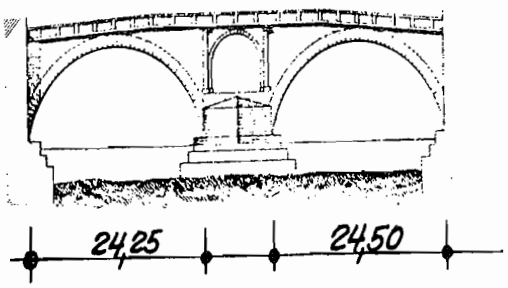


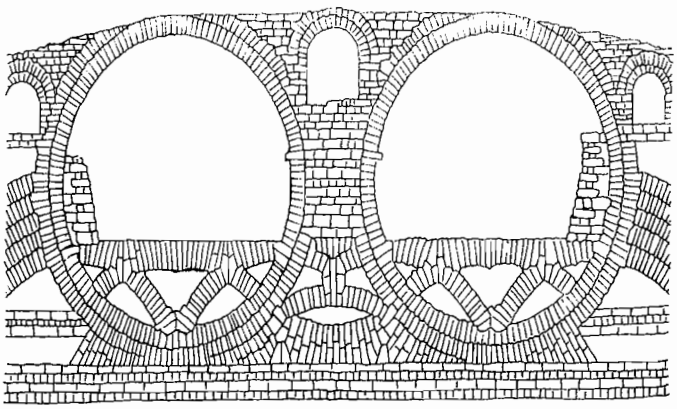


Sl. 195 – Grupacija mostova preko Tibra u Rimu (Italija) – Rotto, Fabricio i Cestio









Sl. 196 – Most Fabricio ili Quatro Capi preko Tibra u Rimu (na crtežu Piranesia, XVIII vek, prikazan je podužni presek mosta)

MOST FABRICIO (ili „Ponte Quatro Capi" – most „Četiri vladara" na osnovu plastičnog ukrasa na ogradi mosta koji predstavlja četvoroglavog boga Janusa) stigao je do naših dana u svom izvornom obliku. Prema jednoj belešci kojoj je verovati most je sagradio Fabricio 62. godine pre n.e, po kome je i dobio ime. Premošćava rukavac Tibra odnosno spaja levu obalu reke sa ostrvom Tiberino mostovskom konstruckijom sa dva u odnosu na rečni stub simetrična otvora veličine 24,25 i 24,50 m. Ukupna dužina mosta je 62 m. Svodovi mosta oslanjaju se na masivni rečni stub (širine 12,5 m) koji karakterišu: neuobičajene dimenzije, specifično oblikovana stopa temelja i olakšavajući otvor sa znatnom veličinom otvora. Korisna širina mosta je 5,50 m. Tokom svoje duge istorije pretrpeo je mnoge popravke. Prilikom sanacionih radova 1679. godine, po svoj prilici, vidne površine, mosta delimično su obložene opekom. Olakšavajući otvori na obalnim stubovima zaklonjeni su izgradnjom kejskih redova.

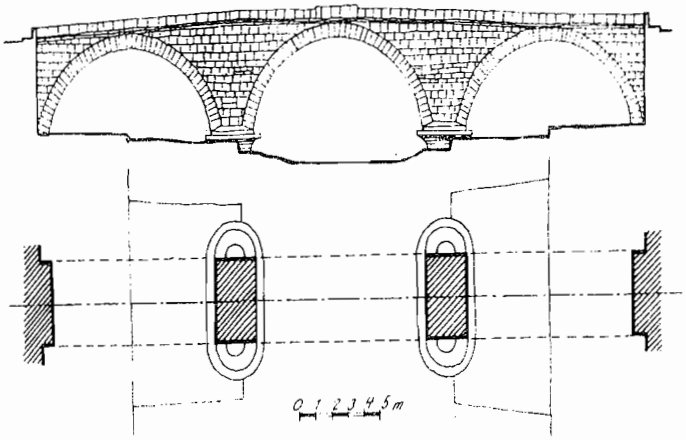
Sa mostom „Cestio" i ostrvom Tiberino ovaj most formira jedinstven prelaz preko reke Tibra.

* * *

MOST „CESTIO" ili „DI GRACIANO" sagrađen je približno u isto vreme kada i most Fabricio. Međutim, postoje i autentični podaci da je most „Cestio" napravljen 46 godine pre n.e. Ime je dobio po svome graditelju Luciu Cestiu. Za razliku od mosta Fabricio, most Cestio u svom dugom veku pretrpeo je mnoge popravke ali i određena prepravljanja. Tako se zna da je na mostu intervenisano 152, 365. i 369. godine kada je dograđen još jedan otvor. Kako poručuju istorijski podaci u izvornom konceptu most je imao samo dva otvora veličine po 13,65 m. Krajem XIX veka posle prethodnog doziđivanja dva otvora bili su porušeni krajnji otvori. Tom prilikom most je detaljno restauriran, 1892. godine, ozidani su novi svodovi identične veličine otvora kao srednji, sačuvani, uz svo poštovanje antičkih uslova građenja i oblikovanja elemenata kod jedne ovakve konstrukcije. Dužina mosta je 48 m a korisna širina 8,20 m. Most je prošle godine detaljno restauriran.

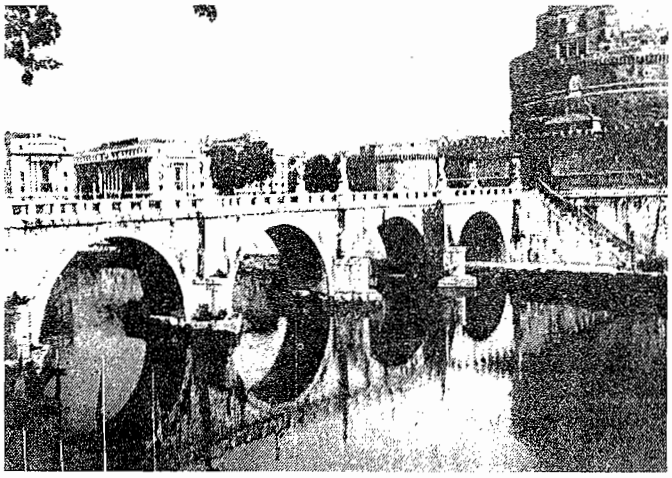
* * *

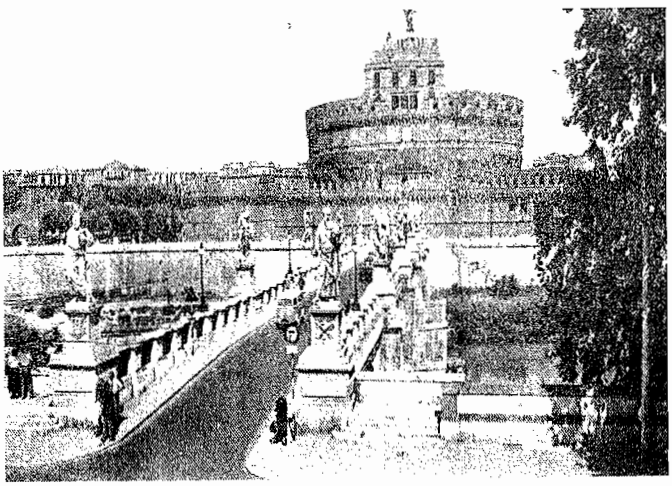
MOST „ELIO" ili „SANT ANGELIO", takođe preko Tibra u Rimu, sagrađen je za potrebe mauzoleja imperatora Elija Hadrijana 134. godine n.e. Most je gradio neimar Messius Rusticos. Osnovni deo dipsozicije primarne konstrukcije premošćavao je korito reke sa pet otvora veličine: 7,50 + 3 × 18,30 + 7,50 m. Prilazi mostu, sa blagim usponom nivelete, takođe su bili sa otvorima: dva na desnoj i tri na levoj obali (veličine cca 3,50 m). Krajem XIX veka (1892/94), prilikom građenja obaloutvrda na Ti-



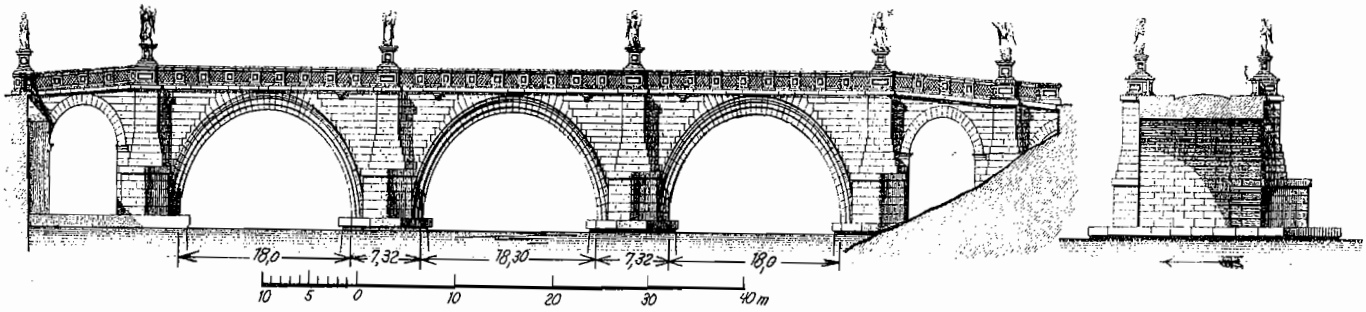


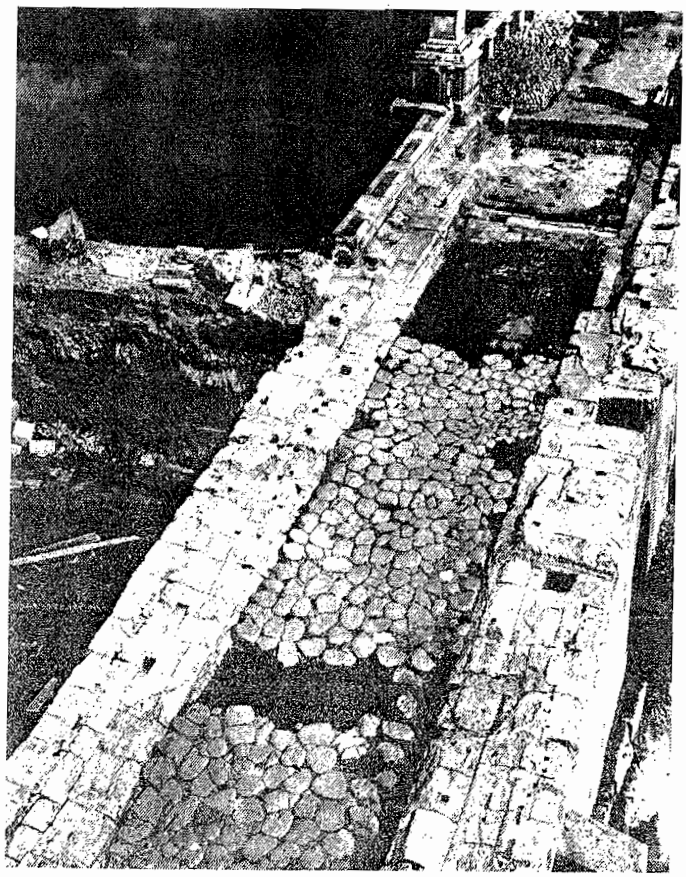
Sl. 197 – Most Cestio ili Di Graciano (Rim, Italija)





Sl. 198 – Most Elio ili St. Angelo (Rim, Italija)





Sl. 198 – Most Elio ili St. Angelo (Rim, Italija), sa pogledom na originalni prilaz mostu (iz 1891)

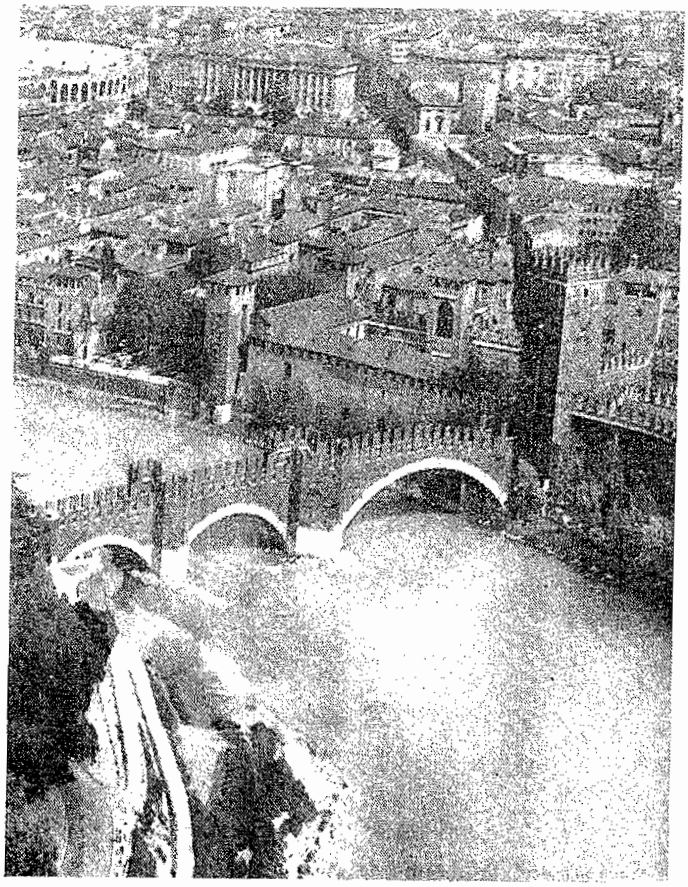
bru, izvedeni su značajni radovi na mostu koji su izmenili njegov osnovni oblik. Otvori veličine po 7,50 m zamenjeni su novim i znatno većim otvorima (trebalo je povećati proticajni profil reke), sa svodovima oblika i veličine kao i na centralnom delu mosta, u svemu po ugledu na konstrukcije svodova koji su dospeli iz rimske mostogradnje. Ovim i ovakvim radovima radikalno je izmenjena rimska koncepcija građevine.

Danas je to most sa pet otvora zasvedena polukružnim svodovima, gradevina sa mnogim elementima skulpturalnog karaktera, most jedinstvene lepote koji sa Hadrijanovim mauzolejom čini nerazdvojnu celinu i oblikuje nezamenjiv motiv savremenog Rima.

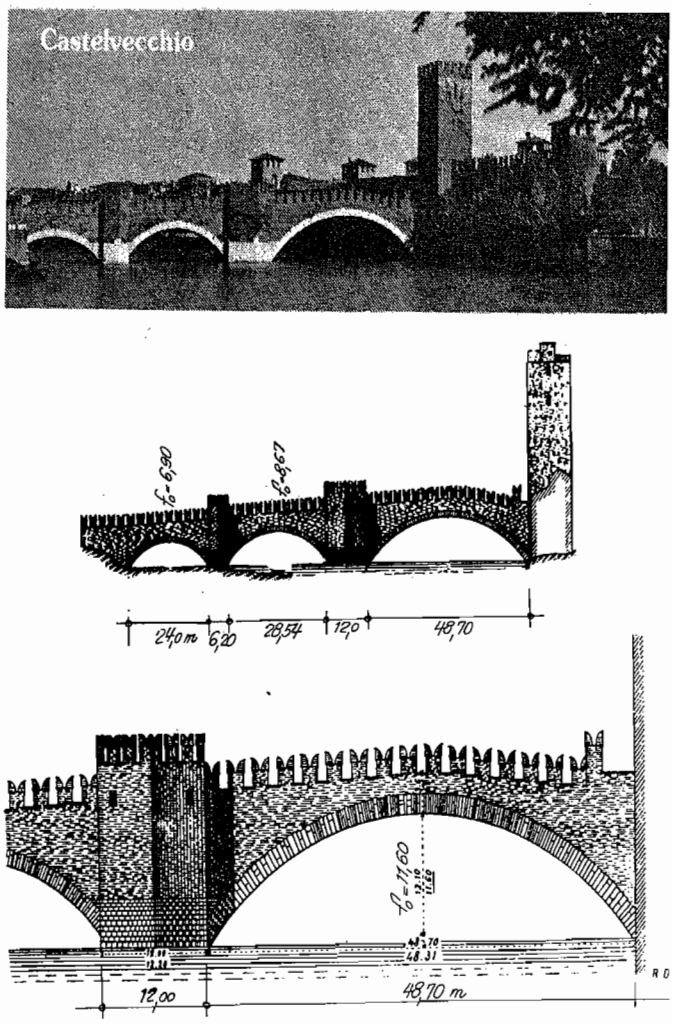
* * *

5.42. STARI KAMENI MOST – SCALIGERO (Verona)

Stari kameni most preko reke Adiđe (Adige) u Veroni, poznat i pod imenom Scaligero (Ponte del Castelvecchio), nalazi se u sklopu gradske tvrđave kao njen sastavni deo. Zna se da su most gradili Giovanni da Ferrara i Jacopo da Gozzo u vremenu od 1354. do 1356. godine. U jasnoj nesimetričnoj dispoziciji dominiraju: tri segmenta svoda znatne stinjenosti (≈ 1/4,1) i različitih veličina otvora, oblik nivelete, neuobičajena konstrukcija ograde i specifični oblici srednjih-rečnih stubova. Veličina, oblik i konstrukcija otvora veličine 48,70 m neuobičajena je i retka za XIV vek ukazuje na posebnu umešnost i kreativnu sposobnost njegovih graditelja. Arhitektonske odlike mosta



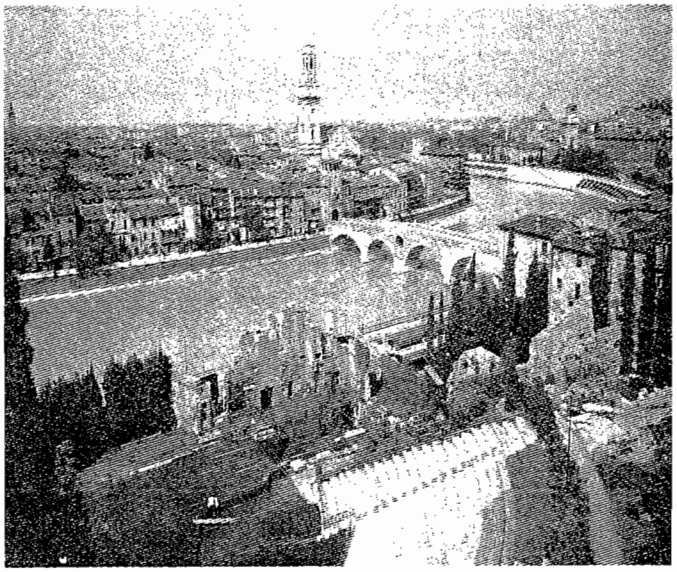
Piero Gazzola: *Ponti Romani*, Firenza, 1963;

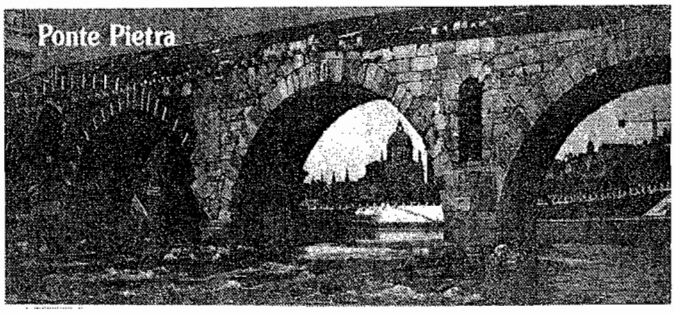


Sl. 199 – Most Scaligero preko reke Adige u Veroni, Italija (1356). Rekonstruisan 1949–1950. godine

5.43. KAMENI MOST (PONTE PIETTRA) u Veroni

Stari kameni most preko reke Adiđe (Adige) u Veroni, poznat je i pod imenom „Rimski most". Most na ovom profilu postojao je još u rimskim vremenima. Tokom svog dugog veka most je pretrpeo mnoge popravke i prepravke i silueta ortogonalne projekcije koja je stigla do naših dana delo je Alberta Scaligera (1298). Okrugli olakšavajući otvor na čeonom zidu, iznad rečnog stuba, izveden je

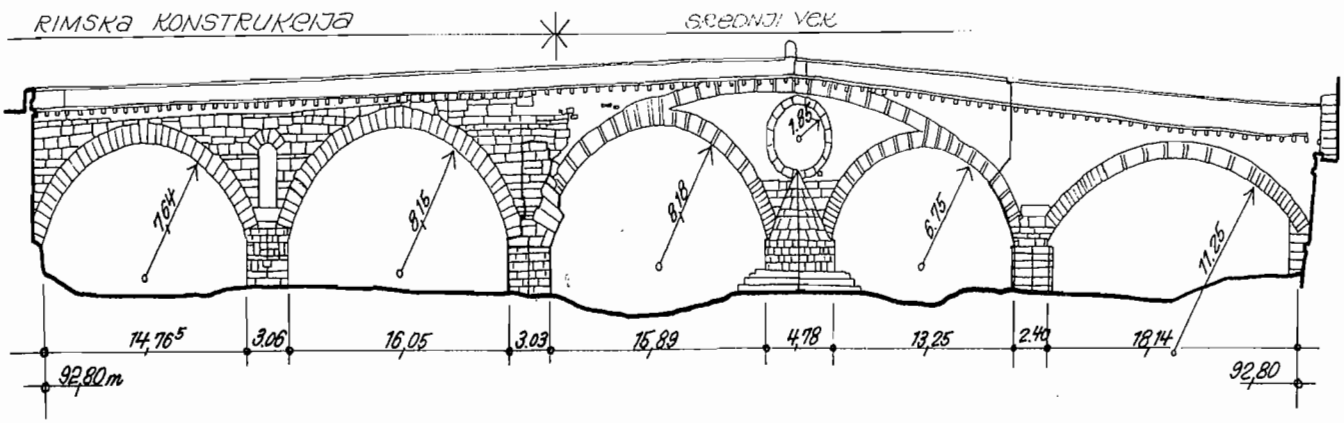




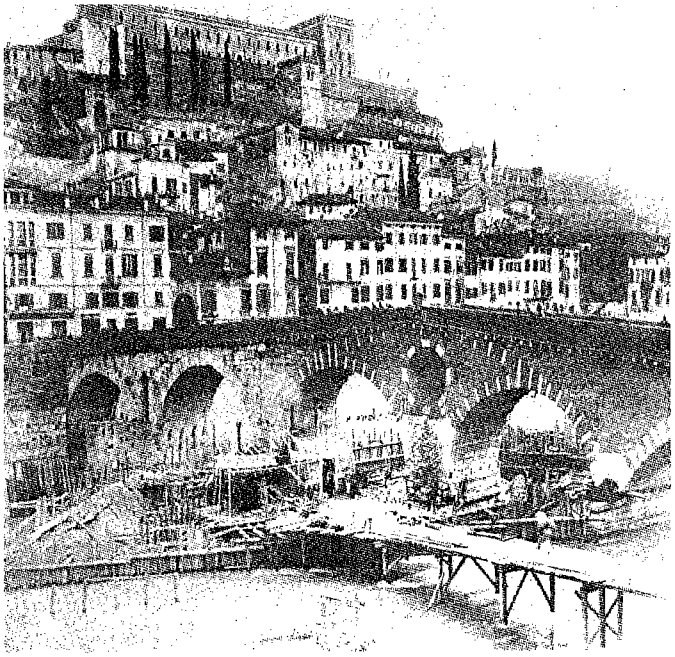
podvučene su i kvalitetom ugrađenog materijala – kamena i opeke, što građevini daje posebne estetične sadržaje.

Most je porušen 1944. godine. Rekonstrukcija mosta je prema sačuvanim starim planovima i crtežima izvedena 1949–1950. godine.

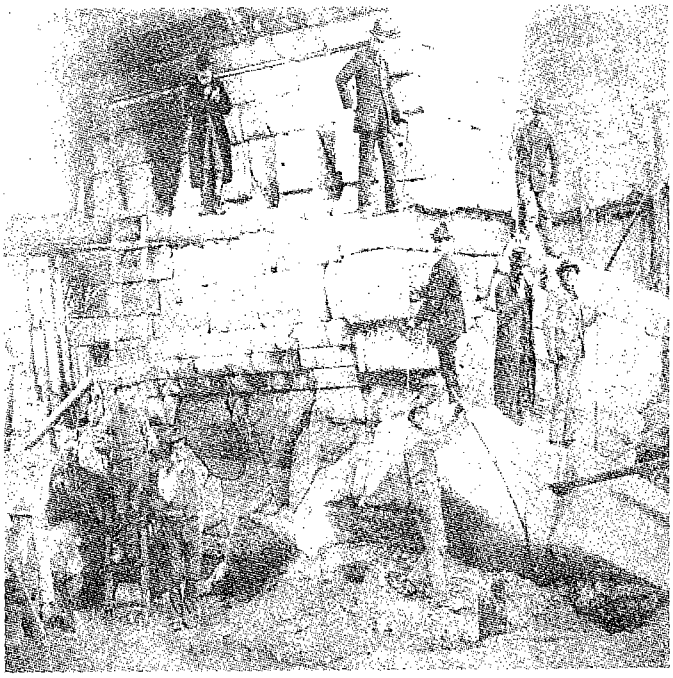
Luigi Santarella: *Arte e tecnica nella evoluzione dei Ponti*, Milano. 1933.

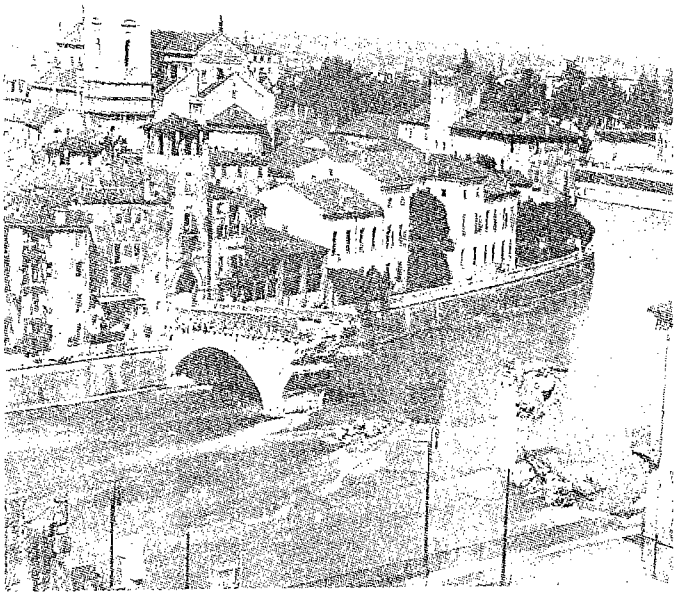


Sl. 200 – Kameni most (Ponte Pietra) u Veroni (1298)



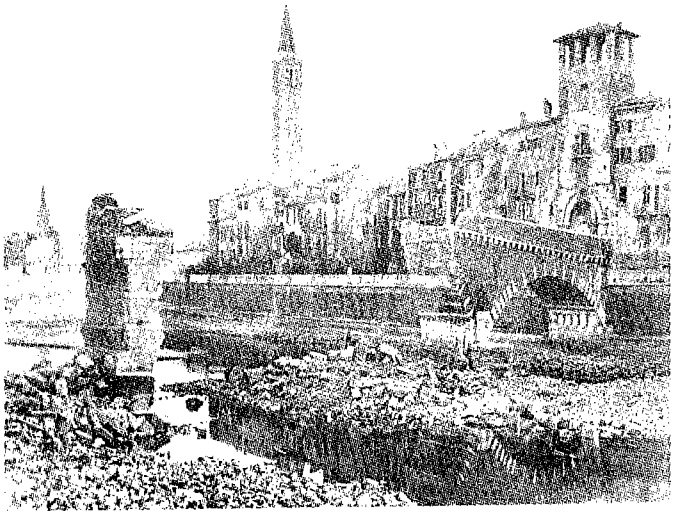






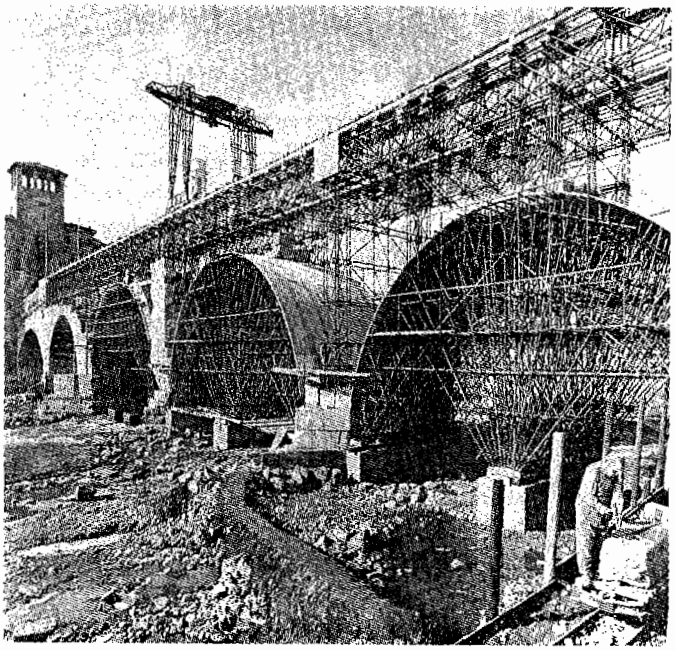
Sl. 201 – Detalji sa sanacionih radova iz 1892. godine

1500. godine. Ukupna dužina mosta je cca 91 m. Krajem poslednjeg rata, 1944. most je miniranjem porušen do temelja. Posle rata most je uspešno obnovljen uglavnom od materijala sa porušene konstrukcije tako da je most u svemu dobio svoj prvobitni izgled.

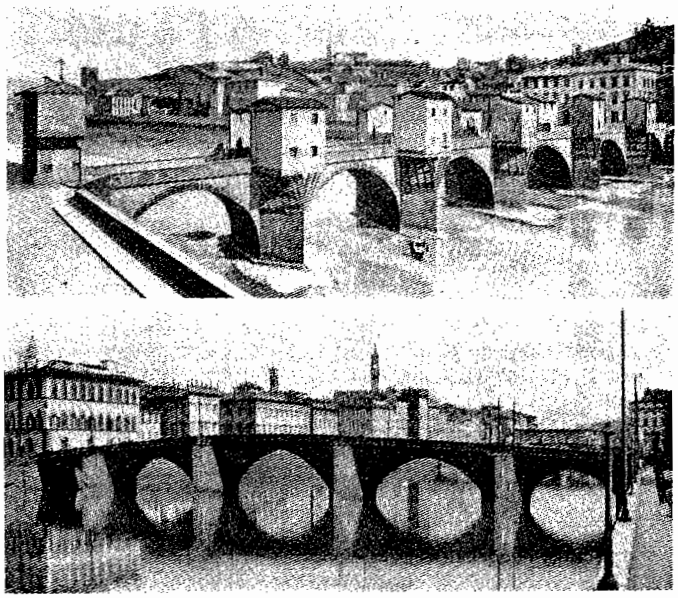


Sl. 202 – Miniranje i posledica miniranja mosta 1944. godine

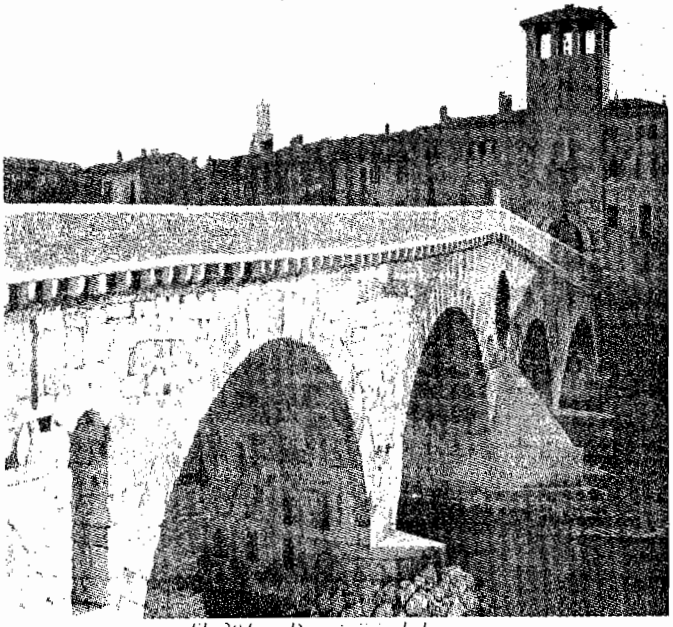
Piero Gazzola: *Ponte Pietra a Verona*, Firenza, 1963.



Sl. 203 – Pogled na gradilište za vreme rekonstrukcije



Sl. 205 – Most Alla Carraia preko Arna u Firenci (1557–1559)



Sl. 204 Današnji izgled mosta

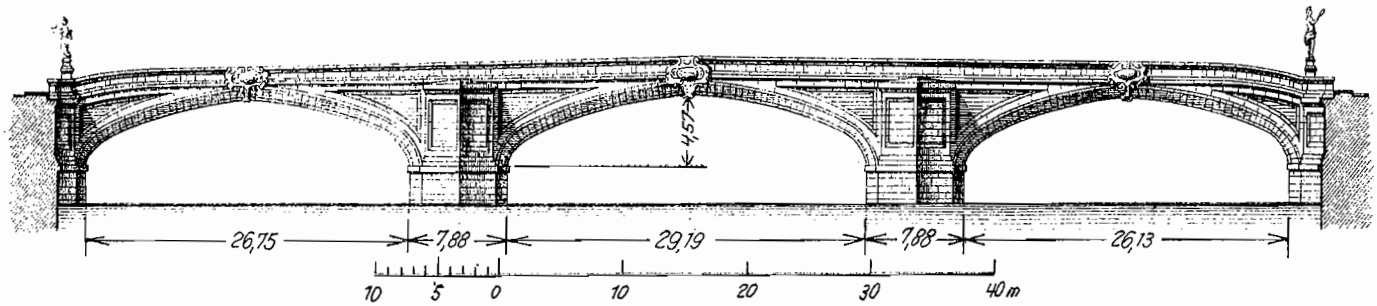
5.44. MOSTOVI FIRENCE (Italija) PONTE ALLA CARRAIA

Kao što je poznato, verske družine gradile su mostove i na teritoriji Italije. Intenzitet njihovog zalaganja na građenju i saniranju, restauraciji mostova, posebno je bio značajan u XV, XVI i XVII veku. Tako se zna da su Fra Sisto i Fra Ristoro, rođeni između 1220. i 1225. godine pripadnici dominikanskog reda, sagradili i prvi drveni most u Firenci. Most je dobio ime ALLLA CARRAIA. Ovaj most porušile su velike vode reke Arno, 1337. godine. Na istom profilu, posle rušenja drvenog mosta, sagrađen je masivni kameni most sa pet otvora – 1346. godine. Graditelj kamenog mosta takođe je bio verski čovek – Fra Giovanni da Campi. I ovaj most bio je porušen 1944. godine da bi odmah potom, posle rata, bio restauriran u svom izvornom obliku – 1952. godine.

Stari most pod imenom PONTE VECCHIO premošćuje reku Arno sa tri plitka segmentna svoda, sa veličinama otvora: 27,8+29,2+27,8 m. Smatra se da su ovo najstariji segmentni svodovi od kamena u Evropi. Isto tako, ovo je i najstariji most u Firenci. Zna se da je na ovome profilu postojao most – tvorevina rimske mostogradnje – koji je više puta popravljan. Jedna popravka bila je i u ranom srednjem veku, 1177. godine. Današnja „osnova" mosta delo je graditelja Taddea Gaddia (prema nekim autorima Neri de Fioravatia), jedno od velikih imena italijanske renesanse, nastala je od 1334. do 1345. godine. Građenje velikog broja dućana, trgovina, u ravni kolovoza i komunikacije između palata Pitti i Uffici, na spratu iznad trgovinskih radnji, vezuje se za 1564. godinu i pripisuje graditelju Giorgiu Vasariu (1511–1574). Impresivna i pitoreksna mostovska konstrukcija sa mnogim pozitivnim arhitektonskim odlikama i posebnim i za ono vreme neuo-

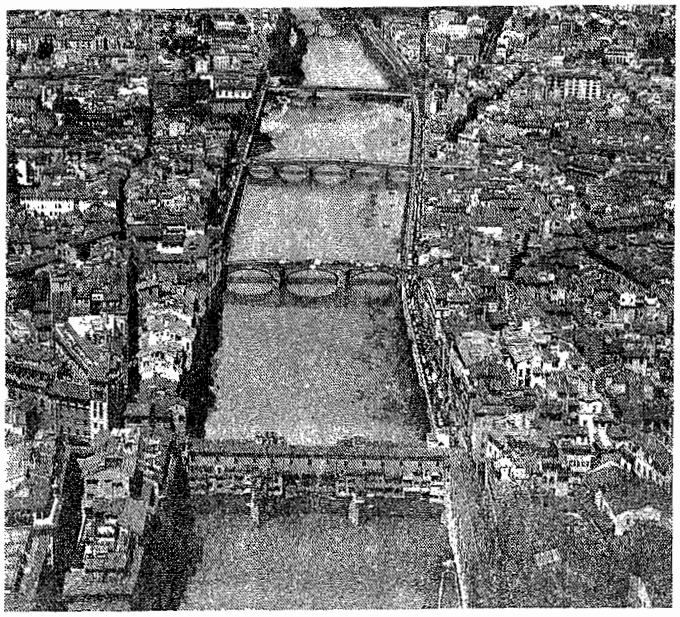


Sl. 206 – Ponte Vecchio (1334–1345) – uspešno je prebrodio sve strahote poslednjeg rata





Sl. 207 – Most St. Trinita preko Arna u Firenci (1566–1569)



Sl. 208 – Pogled na mostove Vecchio, St. Trinita i Alla Carraia preko reke Arno u Firenci

bičajenim konstrukcijskim karakteristikama uspešno je prebrodila strahote drugog svetskog rata.

SANTA TRINITA. Jedan od značajnijih i najlepših renesansnih mostova u Firenci je i masivni most pod imenom Santa Trinita (lociran uzvodno od mosta Vecchio). Na ovom profilu postojao je drveni most od najstarijih vremena – pod istim imenom. Zna se da je most bio u saobraćaju 1252. godine kao i da je radikalno saniran sredinom XVI veka. Umesto ovog drvenog mosta napravljen je u vremenu od 1566. do 1570. godine nov most od kamena. Graditelj mosta bio je Bartolommeo Ammannti (1511–1592) koji je ovim svojim delom prvi u mostogradnji primenio eliptični oblik svoda (velike stinjenosti – $\frac{f_o}{l_o}=\frac{4,57}{29,19}=\frac{1}{6,39}$ odnosno sa smelošću konstrukcije svoda $\frac{l_0^2}{f_0}=\frac{29,19^2}{4,57}=186$ koja je jedinstvena i neponovljena u srednjem veku). Reka Arno premošćena je sa tri otvora. Most je srušen 1944. godine prilikom povlačenja nemačke vojske. Obnovljen je odnosno rekonstruisan prema originalnom projektu Bartolommea i sa korišćenjem starih materijala, neposredno posle rata.

Sl. 209 – Babaeski ćuprija (1633) preko reke Šejtan na putu Jedrene – Istanbul (Turska)

– Luigi Santarella: *Arte e tecnica nella evoluzione dei Ponti*, Milano, 1933.

– Albenga Giuseppe: *Ponti*, Torino, 1953.



5.45. BABAESKI ĆUPRIJA (Turska)

Babaeski ćuprija preko reke Šejtan, na putu Jedrene–Carigrad sagrađena je 1633. godine za vreme padišaha Murata IV. Glavni neimar mosta bio je Daut-aga, najpre učenik a kasnije i kalfa i saradnik Kodže Mimar Sinana. U dispoziciji građevine posebno se ističe oblikovanje centralnog mostovskog stuba koji nosi mihrab i sofu kao i svrsishodna aplikacija olakšavajućih otvora.

Ovde se citira kao uspešan primer mosta koji sa neznatnom modernizacijom kolovozne površine, iako je građen u jedno drugo vreme, uspešno nosi opterećenje znatnog intenziteta na relaciji Evropa–Carigrad.

– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

Stari mostovi i na teritoriji današnje Turske građeni su od najstarijih vremena. Tu se mogu sresti tragovi Rimske ali i Vizantijske mostogradnje. Rimsku odnosno Vizantijsku mostogradnju smenile su islamske civilizacije koje su u ove krajeve došle sa Istoka. Ne upuštajući se u istorijske detalje, svi do naših dana sačuvani mostovi, na osnovu arhitektonsko konstrukcijskih karakteristika zasnovanih na istorijskim činjenicama kao i na osnovu ondašnjih istorijskih zbivanja – mogu se razvrstati u tri osnovne grupacije:

– rimske odnosno vizantijske mostove građene pre pojave Islama, za vreme Rimskog carstva i kasnije Vizantije;

– mostove iz vremena vladavine turaka Seldžuka i njihovih plemenskih emirata; i

– mostove iz vremena progresa i ekspanzije islamske religije odnosno vremenskog perioda dominacije Osmanske imperije. U ovaj grupaciji mogu se posebno izdvojiti mostovi građeni od strane ili pod njegovim direktnim uticajem velikog turskog graditelja Kodže Mimer Sinana, „Mikelanđela" ondašnje turske carevine, kako ga neki istoričari nazivaju.

Evidentan je podatak i činjenica da je Seldžučka mostogradnja, koja je brojne mostove ostavila u Anadoliji, znatno uticala na razvoj i ne mala dostignuća kasnije Osmanske mostogradnje odnosno Turskog carstva u vreme njegove najveće moći. Preko Osmanske mostogradnje Seldžučka mostogradnja je svoje uticaje prenela i na regije Balkanskog poluostrva. Pa i šire.

5.46. BUJUKČEKMEDŽE ĆUPRIJA (Turska)

Ovaj jedinstveni srednjevekovni most, poznat pod imenom Bujukčekmedže ćuprija (Büyükçekmeçe köprü), nalazi se na staroj trasi puta Jedrene–Istanbul. Premošćuje morski rukavac između Mramornog mora i istoimenog zaliva masivnom mostovskom konstrukcijom ukupne dužine 636 m. Ubraja se u najznačajnije građevine utilitarnog karaktera velikog turskog graditelja Kodže Mimar Sinana*). Građenje mosta završeno je za vreme sultana Selima II – 1567. godine. Kako istoričari poručuju, ova monumentalna građevina jeste poslednje neimarsko delo ovog dobro znanog i plodnog srednjevekovnog neimara.

---

*) KODŽA MIMAR SINAN, veliki turski graditelj, rođen je 1490. godine u današnjem Sinankoy-u, u nahiji Kesi, a umro je 1588. godine.

Dispozicija mosta ovakva kakva je stigla do naših dana poseduje mnoge specifičnosti svojstvene Osmanskoj mostogradnji. Na profilu premošćavanja izrađena su najpre tri veštačka ostrva, osigurana odgovarjućim zidovima, i tako uslovljena velika dužina mosta razbijena je na četiri

---

Živeo je i radio u vreme najvećeg procvata i ekspanzije Osmanske imperije. Za vreme Sultana Selima I bio je u školi „Aceni oglanier mektebi" gde je izučavao različite veštine a među njima i umetnost. Kao janičar, kao mladi vojnik, radio je u vojsci. Kada je počeo da se bavi građevinarstvom i arhitekturom, istoričari još nisu decidirano utvrdili. Zna se da je sa vojskom sultana Selima prošao kroz Damask i da je bio pred Kairom, gde je imao priliku da se sretne sa tekovinama antičkog, egipatskog građevinarstva. Posle smrti Selima i dolaska na vlast Sulejmana Veličanstvenog, Sinan je učestvovao u vojnim pohodima na Beograd (1521) i Rodos (1522), gde je imao prilike da se sretne sa starogrčkom arhitekturom. Posle Mohačke bitke bio je unapređen za starešinu u konjici (kao „Alti Sekban") a posle pohoda na Irak – gde je na starom putu za Bagdad, za potrebe vojnog pohoda, uspešno izveo sanacione radove na vizantijskoj ćupriji zvanoj „Kirköz" („četrdeset okana") – postaje „Haseki", i u ličnoj je službi padišaha.

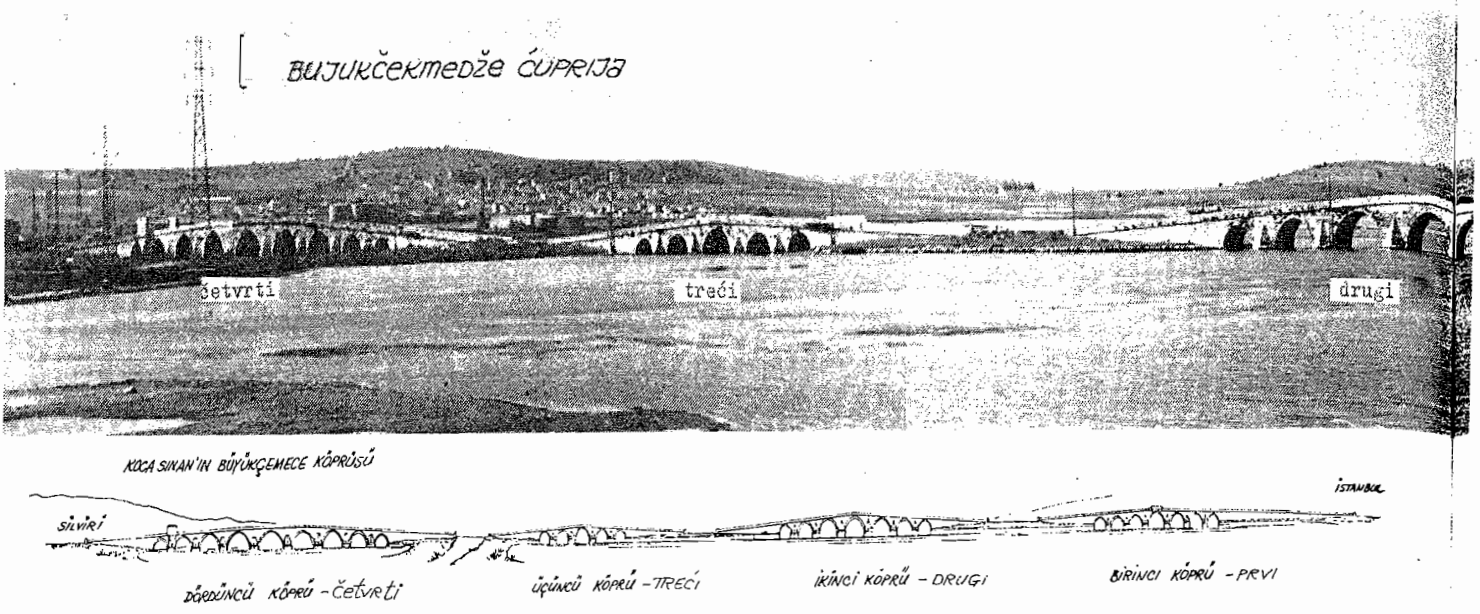
Prvo „krštenje" u građenju mostova imao je kod vojskovođe Luftu paše, kada je sagradio drveni most preko reke Prut. U vreme pohoda na Irak, osim navedene sanacije, gradio je nove i popravljao stare mostove. Posle smrti glavnog graditelja ondašnje Turske Hassa Acem Alisija, na preporuku Luftu paše postao je glavni neimar – „Mi'mâr bâshi" (1539). Prvo što je gradio u svojstvu glavnog arhitekte Carstva bio je deo minareta džamije Kizileima, što se Sulejmanu posebno svidelo, pa mu je dao da napravi džamiju za svog voljenog sina, Seizada Mehmeta.

Kao glavni arhitekta Carstva, za vreme sultana Sulejmana Veličanstvenog i Selima II, sagradio je veliki broj objekata: – 81 džamiju, 50 mesdžida, 55 medrese, oko 30 palata i stambenih objekata, 17 karavansaraja, 33 hamama, 26 grobnica, 7 vodovoda, više mostova, i drugog= ukupno nešto oko 334 objekata. Među navedenim objektima posebno se ističu džamije: u Istanbulu – Sulejmanova, Šehzade, Selimova u Jedrenu, i druge. Od mostova koje je gradio, zna se:

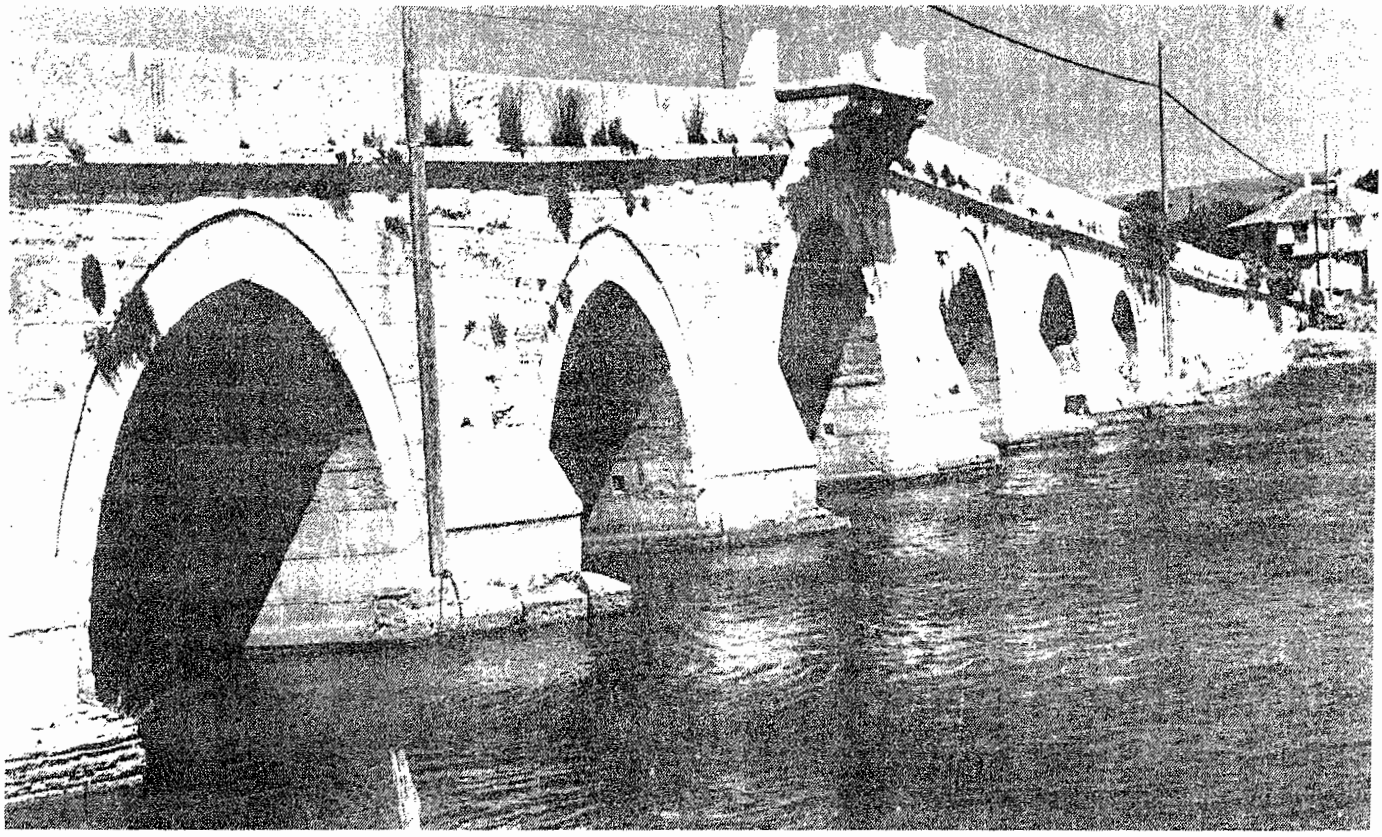
– za most u selu Bujukčekmedže,
– za most u selu Silivri, ćuprija pod istim imenom,
– most Mustafa paše preko reke Marice,
– Ćuprija Mehmed paše Sokolovića u Lileburgasu,
– most Odabaši kod Pinarda u Halkali,
– most Kapuagaši preko reke Harami,
– most Mehmed paše Sokolovića u Alpullu, poznat i pod imenom Sinanli ćuprija,
– most Mehmed paše Sokolovića u Višegradu,
– Sultan Sulejmanov most na putu za Gebze,
– Sarajski most u Jedrenu, i
– most preko Neretve u Mostaru.

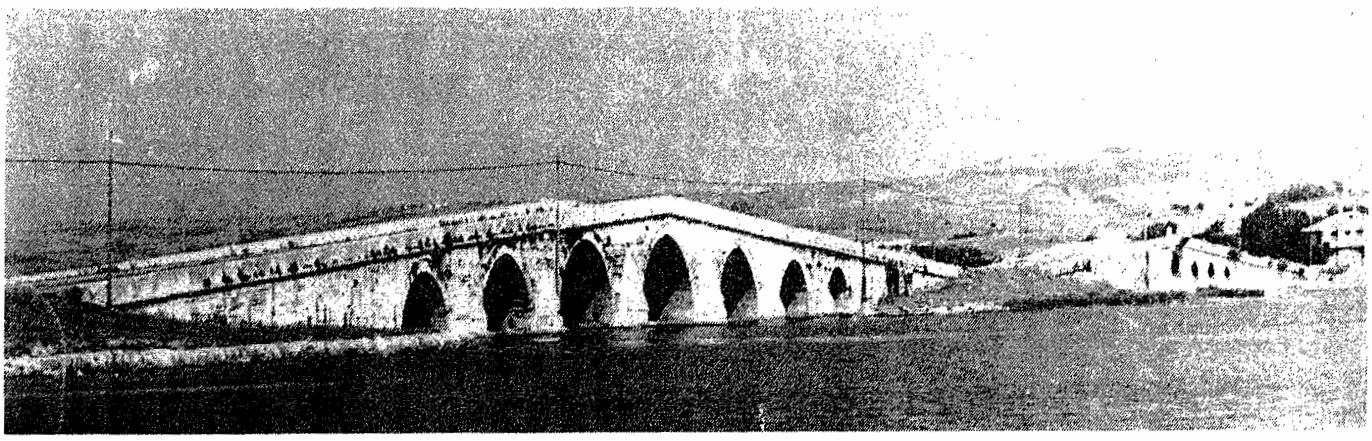
Ovde se podvlači činjenica, prisutna i istorijski evidentna, da je Mimar Sinan u vreme svog najvećeg angažovanja na građenju, kao na primer – u vreme svođenja kupole na džamiji sultana Selima u Jedrenu, u svojstvu glavnog arhitekte Carstva, obilazio i druge građevine. Tako je prilikom građenja mosta Mustafa paše preko Marice dolazio na ovo gradilište i svome pomoćniku Hayrettinu davao naloge i uputstva šta i kako treba uraditi (Orhan Bozkurt: Koca Sinan' in köprülcri, Istanbul 1952). Dosadašnja istraživanja ukazuju da je Mimar Sinan projektovao uglavnom sve važnije građevine širom Imperije, počevši od idejnih zamisli pa preko razrade detalja i tehnologije građenja, a da je na gradilišta slao svoje pomoćnike – koje je povremeno obilazio, ne uvek dovoljno često, kontrolisao građenje i davao uputstva za uspešno građenje. Tako je i u Mostar poslao Hayrettina (prema našim izvorima Hajrudina), pa prema turskim izvorima Stari most preko Neretve u Mostaru delo je Kodža Mimar Sinana.

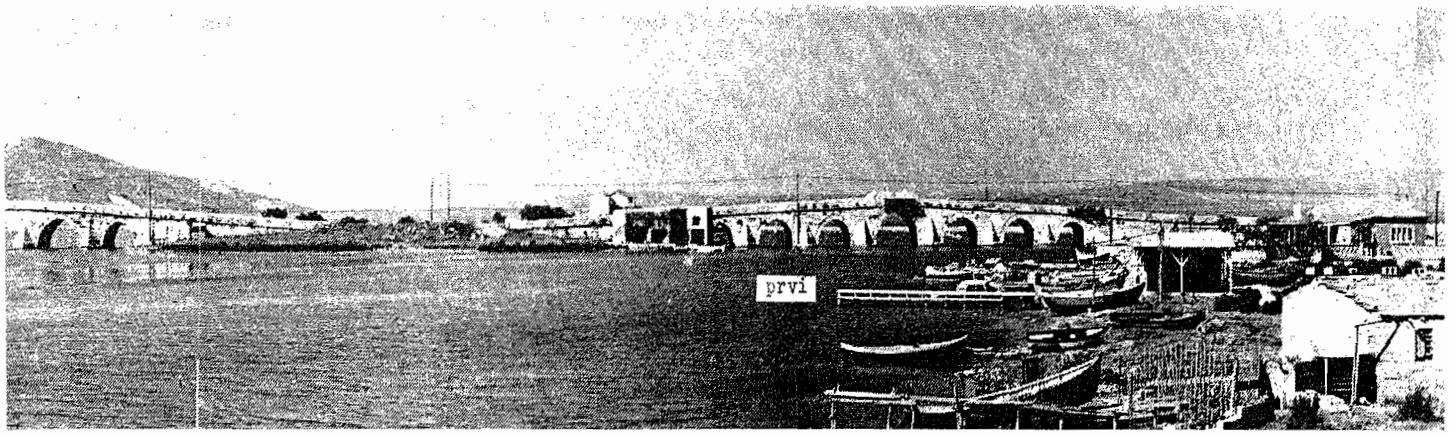
Napomena: Ova nešto šira razmatranja o Sinanu, po mišljenju autora ovoga teksta, rasvetljavaju odnosno pojašnjavaju mnoge tvrdnje da su i drugi mostovi na našim regijama, a i šire, nastali pod veštom Sinanovom rukom.

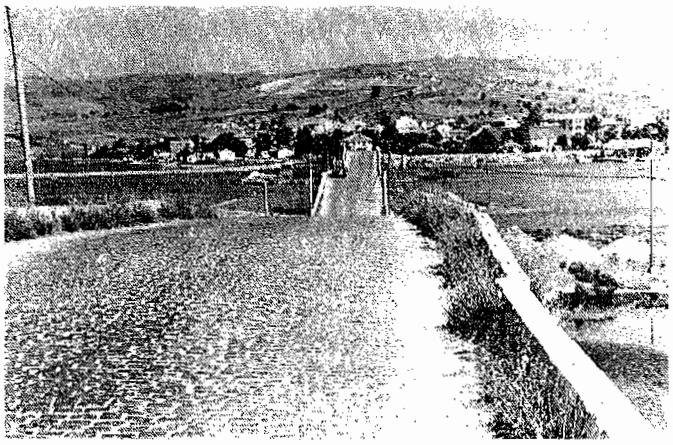


Sl. 210 – Büyüçekmece (Bujukčekmedže) ćuprija (XVI vek) preko istoimenog zaliva, na putu Jedrene – Istanbul



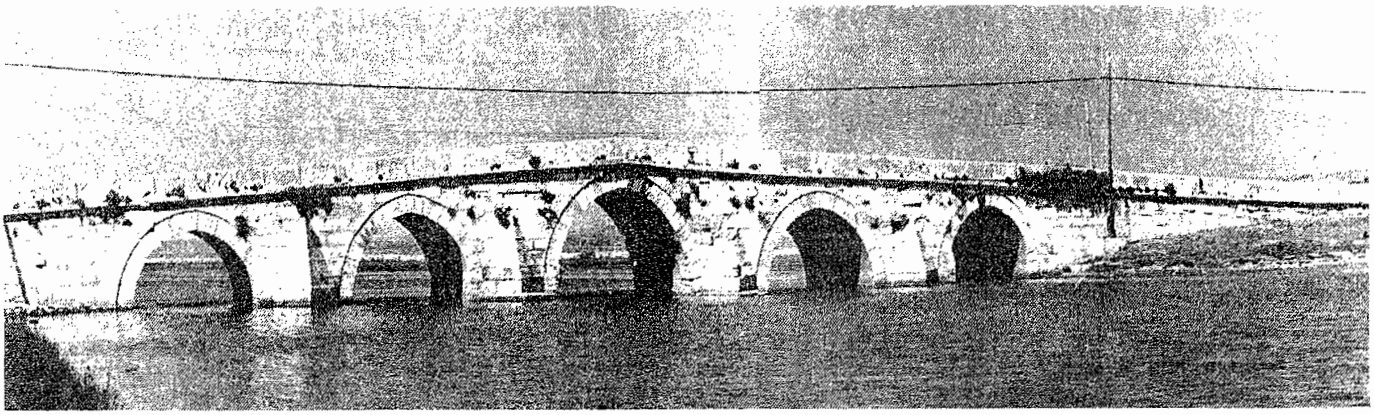


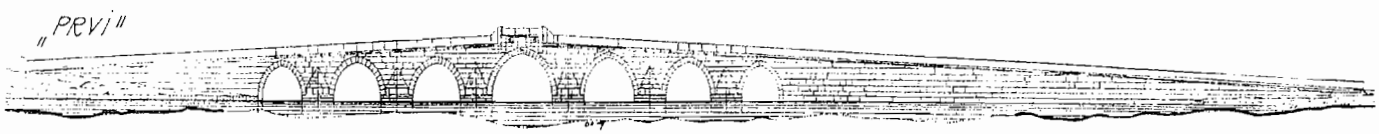


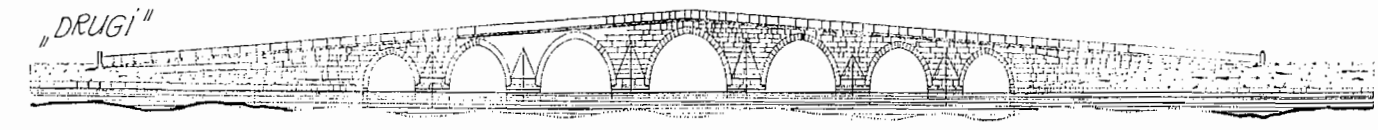


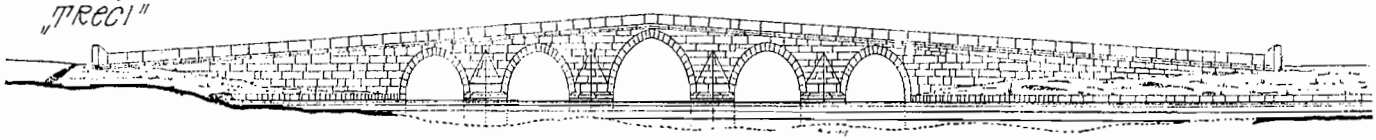
manje mostovske konstrukcije, na četiri mosta, koji u celini predstavljaju elemente jedinstvenog koncepta premošćavanja jedne ovako velike prepreke. Oblikovanje svakog mosta posebno, sa zajedničkim elementima u okviru integralnog dispozicionog rešenja – postignuta je međusobna oblikovna saglasnost a time i jedinstvo celine, kreirana je specifična mostovska konstrukcija sa mnogim pozitivnim odlikama.

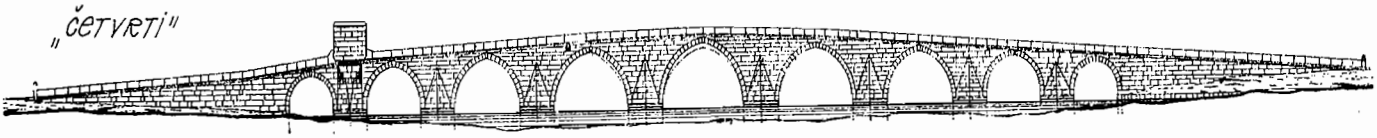
Sl. 211 – Detalji izgleda ćuprije Bujukčekmedže: (a) izgled prvog mosta; (b) izgled drugog mosta; (c) pogled na kolovoznu konstrukciju; (d) izgled trećeg mosta; i (e) grafički detalji izgleda pojedinih mostova











Korisna širina mosta je 7,17 m. Dužine pojedinih ćuprija su: prve (Birinci köprü)=157,23 m; druge (Ikinci köprü)=135,10 m; treće (Üçüncü köprü)=101,25 m i četvrte (Dördüncü köprü)=187,32 m. Veličine otvora svodova oživalnog oblika, na svakom mostu, smanjuju se po određenom pravilu – od centralnog otvora prema krajevima.

Zaštita mosta izvedena je tako što je nova trasa puta, sa novim – savremenim mostom, dovoljno daleko odmaknuta od stare ćuprije, bogate riznice mnogih veština i umeća srednjevekovne mostogradnje.

– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

5.47. MOST MEHMED PAŠE SOKOLOVIĆA u Lileburgasu (Turska)

Ćuprija – zadužbina Mehmed paše Sokolovića na glavnom putu Jedrene–Istanbul, u Lileburgasu, (Lüleburgar – mali šeher Burgas), premošćuje reku sa četiri otvora (veličine: 6,55+8,60+8,75+6,55 m; ukupna dužina mosta je cca 90 m). Most se ubraja u uspešnija ostvarenja Osmanske mostogradnje srednjeg veka. Građenje mosta započeto je 1564. godine. Glavni graditelj bio je Kodža Mimar Sinan.

Most je prilagođen uslovima veoma intenzivnog savremenog saobraćaja korekcijom nivelete na prilazima i modernizacijom kolovozne površine (sa nagiba 6,6% i 4,6% na nagib 2% i 0,3%).

– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

5.48. SINANLI ĆUPRIJA (Turska)

Na mostu nema natpisa a nema pouzdanih podataka o vremenu građenja i o njegovom legatoru. No, najverovatnije da je građen u XVI veku, zlatnom dobu Osmanske mostogradnje. Pojedini istraživači predpostavljaju da je i ovaj most zadužbina velikog vezira Mehmed paše Sokolovića pa ga i nazivaju Mehmed pašina ćuprija. Međutim, mnogi ga po njegovom graditelju Mimaru Sinanu zovu i Sinanli ćuprija.

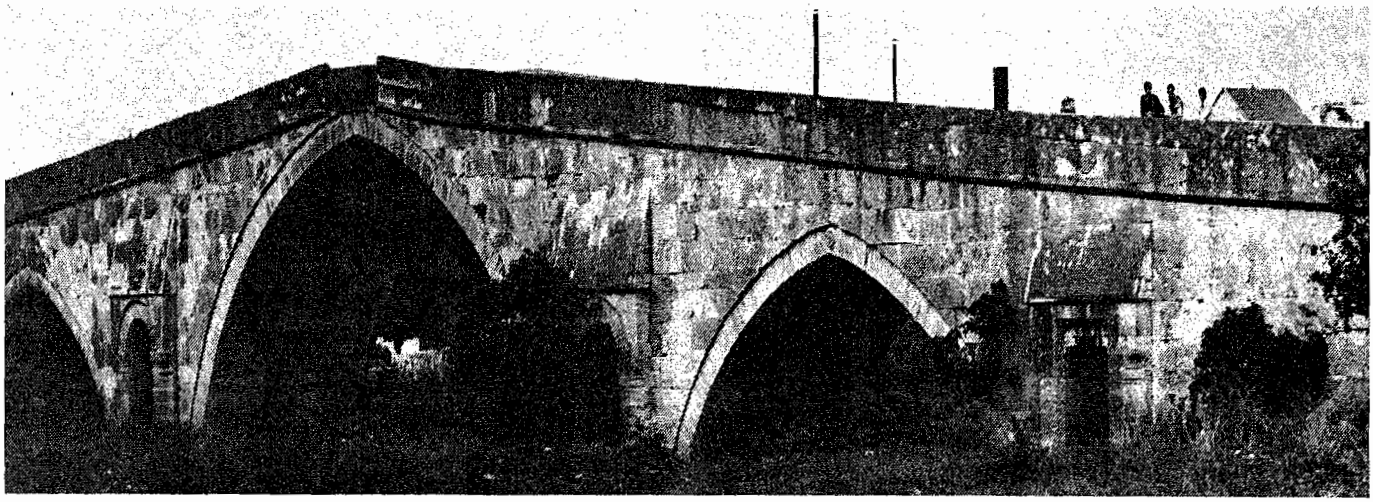
Most se nalazi u Alpullu, na starom putu Alpullu–Hayrabolu odnosno na putu koji je od Istanbula vodio za Rumeliju. Premošćuje reku Ergene simetričnom mostovskom konsrukcijom sa pet otvora i ukupne dužine 123,4 m. Otvori mosta su delimično zasuti (veličina centralnog otvora ceni se na cca 20 m). U dispoziciji se posebno ističu oblici olakšavajućih otvora posebnih arhitektonsko konstrukcijskih karakteristika i jedinstvena originalnost i prefinjena inventivnost, majstorsko umeće, njegovog graditelja Mimara Sinana.

Zahvaljujući solidnoj gradnji i činjenici da se nalazi na sporednom – napuštenom putu konstrukcija mosta je sačuvala svoj izvorni oblik. U kontekstu ovih izlaganja most se citira kao zadužbina Mehmed paše Sokolovića, veličanstveno delo Mimar Sinana i građevina koja sa malo truda, neznatnog otkopavanja, može da se pokaže u svoj svojoj veličini i lepoti.

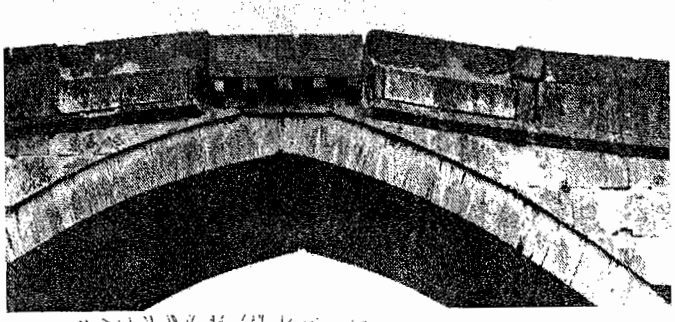
– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

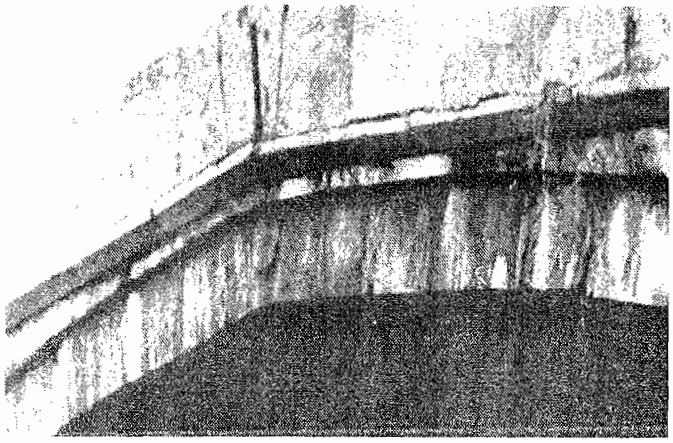
Sl. 212 – Most u Lüleburgazu (XVI vek), zadužbina Mehmed paše Sokolovića

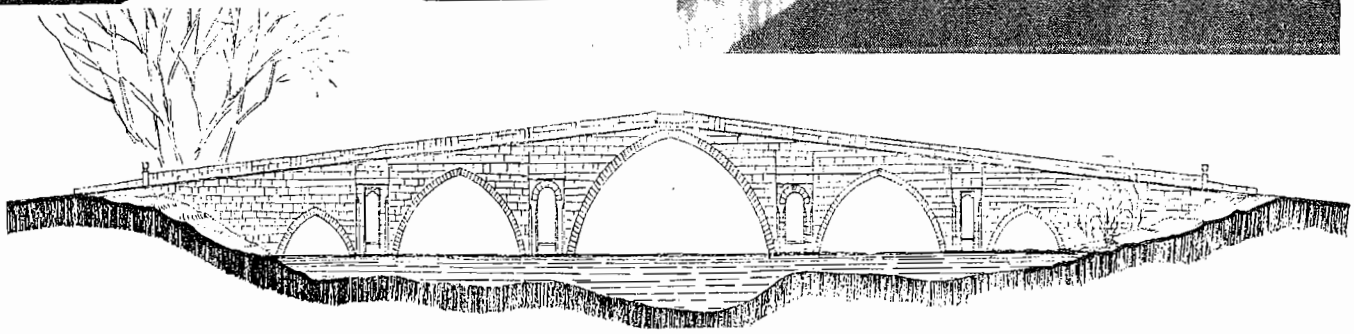




Sl. 213 – Sinanli ćuprija u Alpullu (XVI vek), sa detaljima temena svoda, na starom putu Istanbul – Rumelija







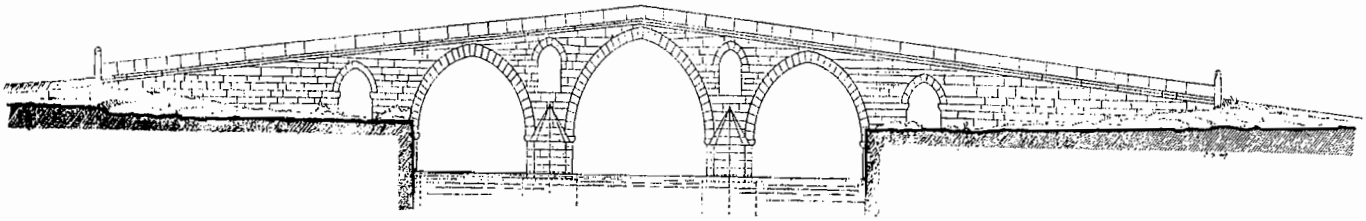
5.49. KAPIAGAŠI ĆUPRIJA (Turska)

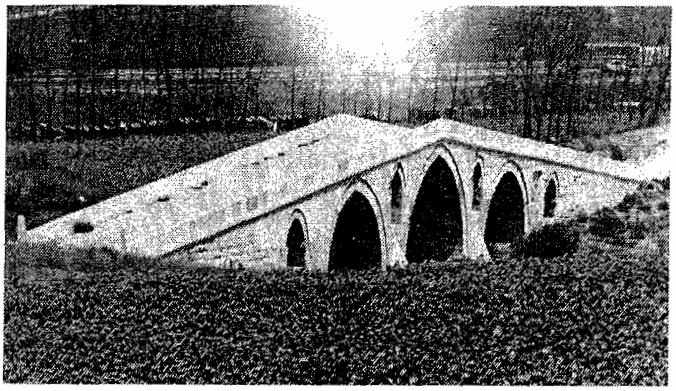
Most pod ovim imenom lociran je zapadno od Istanbula i premošćuje reku Harami sa tri otvora (veličine: 7.37+8.79+7.37 m). Sagrađen je negde sredinom XVI veka. Graditelj mosta bio je Kodža Mimar Sinan.

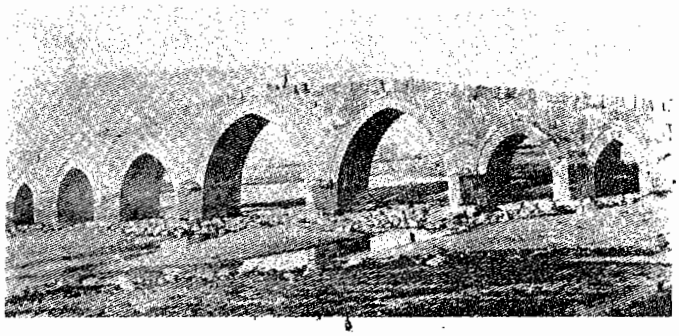
Ćuprija je prilagođena uslovima savremenog motornog saobraćaja tako što je korigovan oblik nivelete i mo-

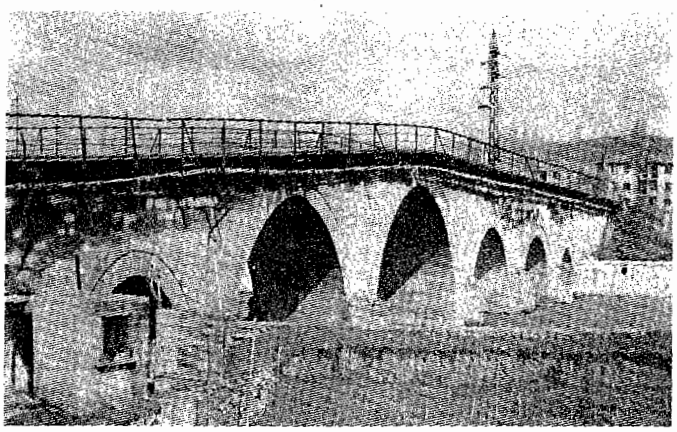


Sl. 214 – Kapiagasi (Kapiagaši) ćuprija zapadno od Istanbula (XVI) – izgled sa nizvodne strane i rekonstrukcija prvobitnog izgleda









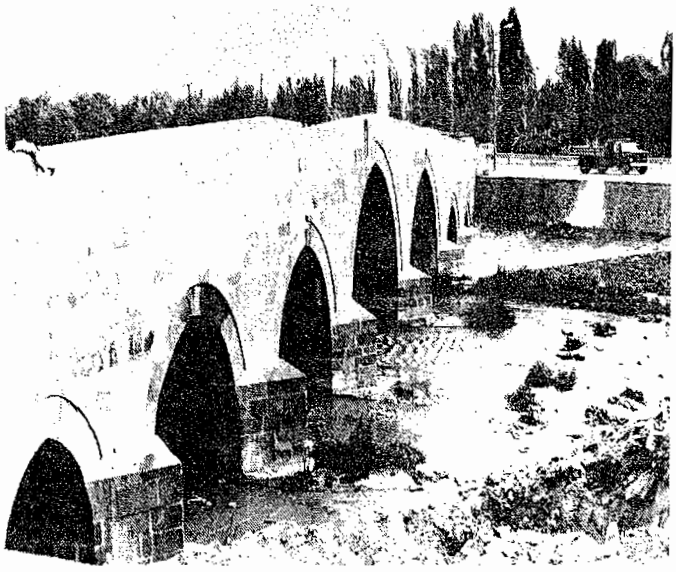
Sl. 214 – Kapiagaši Ćuprija posle nedavnih restauratorskih radova

dernizovana kolovozna površina. Dozidivanje čeonih i krilnih zidova i dislociranjem venca i korkaluk ograde oblik nivelete je prilagođen uslovima savremenog saobraćaja.

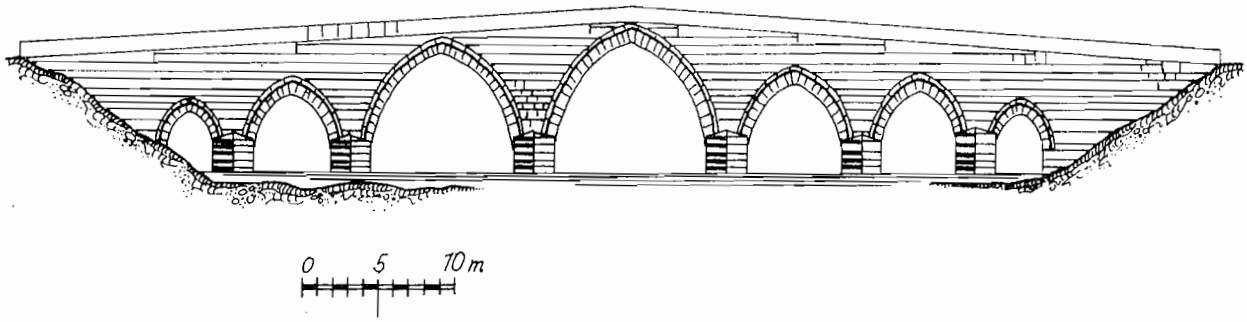
– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

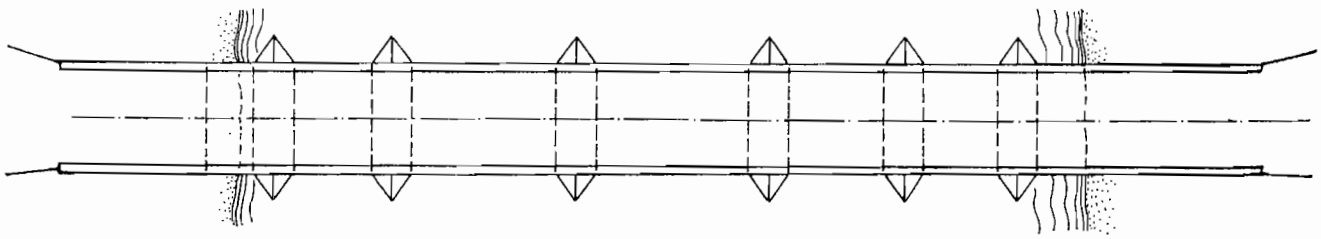
5.50. AK KÖPRÜ (BELI MOST) – Turska

Beli most preko reke Čubuku, u predgrađu Ankare, na starom putu za Istanbul sagradio je 1223. godine neimar Aladin Kejkubad, u vreme kada je Ankara bila pogranični i dobro utvrđen grad. Tokom svog dugog veka most je više puta popravljan a radikalno je saniran 1969. godine. Tom prilikom je izmeštena vodovodna cev koja je išla preko mosta, delimično su prezidani čeoni zidovi i



Sl. 215 – Ak Köprü (Beli most) preko reke Čubuku u Ankari (XIII) – pre i posle radova na restauraciji





umesto čelične ograde, koja je izgrađena prilikom neke popravke, ozidana je nova korkaluk ograda. Istovremeno izvedeni su i obimni radovi na sanaciji rečnih stubova odnosno njihovih temelja.

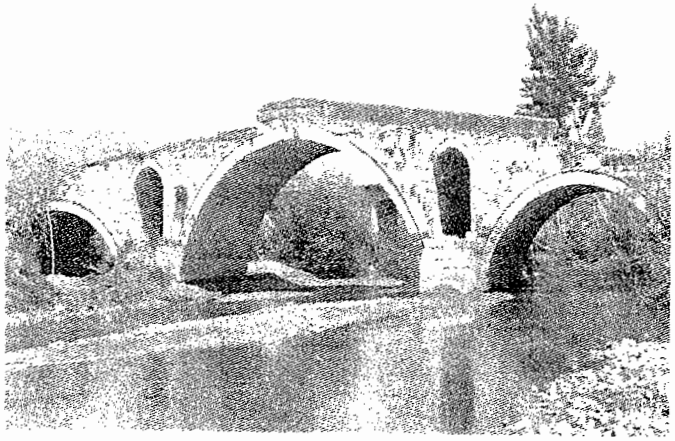
– Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975;

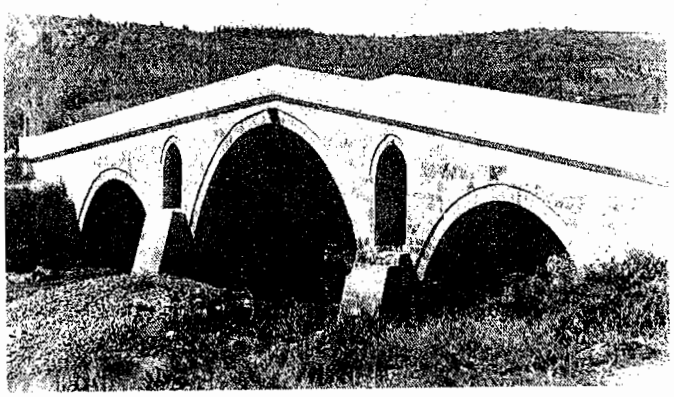
– Fügen Ilter: *Osmanlilara kadar Anadolu Türk köprüleri,* Karayollari genel müdürlüğü matbaasi, Ankara, 1978

5.51. SULTAN SULEJMANOVA ĆUPRIJA – Turska

Sultan Sulejmanova ćuprija preko reke Dil na putu za Gebze (Gebze Yolundą) odnosno za Bagdad, kod prve „stanice" – između Istanbula i Izmita, premošćuje reku sa tri otvora. Most je obnovljen doziđivanjem venca i izradom nove korkaluk ograde. Pojedini poslenici kojima je ova materija bliska zameraju izvedenoj rekonstrukciji rigoroznu geometrijsku pravilnost linija ograde i venca.

– Cevdet Culpan: Türk taş köprüleri, Türk tarih kurumu Basimevi, Ankara, 1975

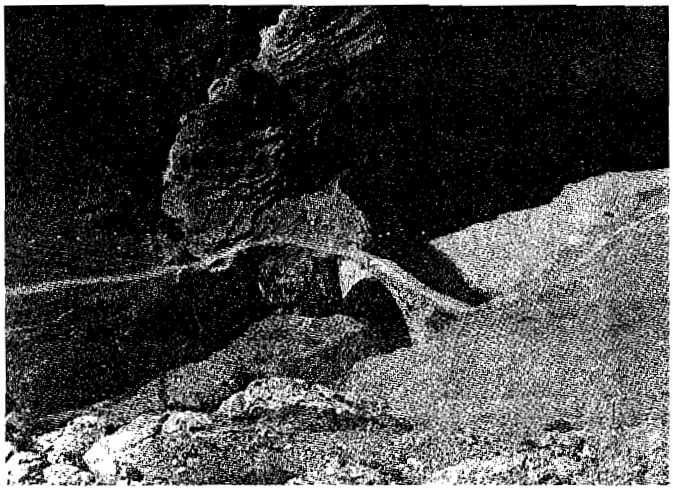




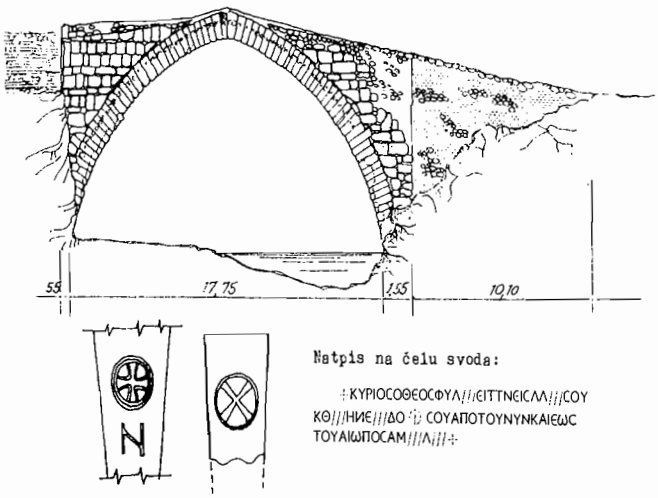
Sl. 216 – Sultan Sulejmanova ćuprija na putu za Gebze – pre i posle restauratorskih radova

5.52. ARMENSKI MOST KOD KEBANA (Turska)

Most kod Kebana (istočni deo Anadolije) karakterističan je po natpisu i reljefnim ukrasima, krstovima, razmeštenih dužinom istočnog čela svoda. Svaki od blokova kamena nosi jedno odnosno dva slova iz grčkog pisma. Integralni natpis predstavlja psalm koji u prevodu glasi:



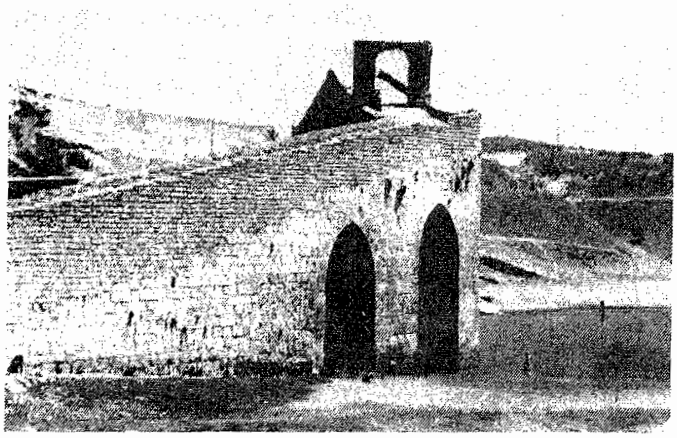




Sl. 217 – Armenski most kod Kebana (V–VI vek)

„Bog će sačuvati tebe koji izlaziš i tebe koji ulaziš". Najnovija istraživanja ukazuju da je most sagrađen u V—VI veku i da je uspela tvorevina armenskih graditelja.

Most je spašen od potapanja izgradnjom Kebanske akumulacije tako što je demontiran i njegovi karakteristični elementi deponovani su u lapidarijumu Kebanskog muzeja.



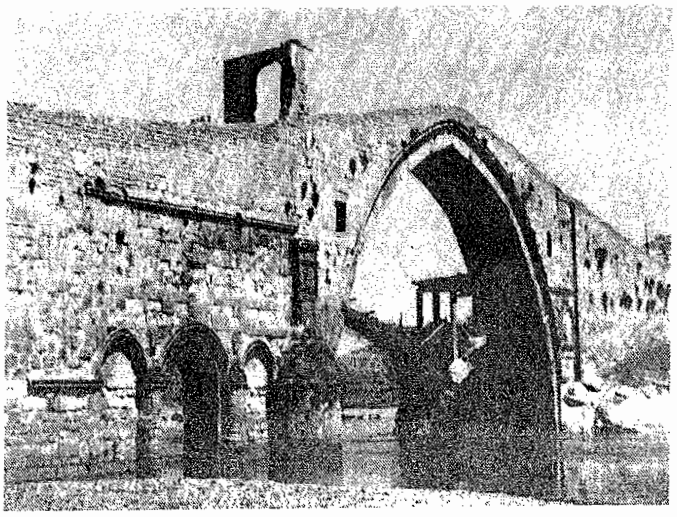
— Ismet Ilter: *Karamağara köprüsü sokümü,* Ankara, 1976.
Fügen Ilter: *Osmanlilara kadar Anadolu Türk köprüleri,* Ankara, 1978;
— Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri,* Ankara, 1975;

5.53 MALABADI ĆUPRIJA KOD SILVANA (Turska)

Most preko reke Batman-Su, poznat i pod imenom Malabadi ćuprija, nedaleko od Silvana (istočni deo Turske) klasičan je i najvredniji primer Seldžučke mostogradnje. Napravljen je sredinom XII veka. Prema podacima sa stare natpisne ploče most je sagradio 1147. godine sin Artikoğlu Ilzara — Timurtas.

Višestruke vrednosti mosta ističu: prilazi mostu i konstrukcija glavnog otvora, svoda, sa veličinom od 38,60 m (debljina svoda 1,60 m). Kao što je napred pomenuto, konstrukcije prilaza na srednjovekovnim mostovima imaju najrazličitije oblike. Jedinstvena konstrukcija prilaza je na ovome mostu.

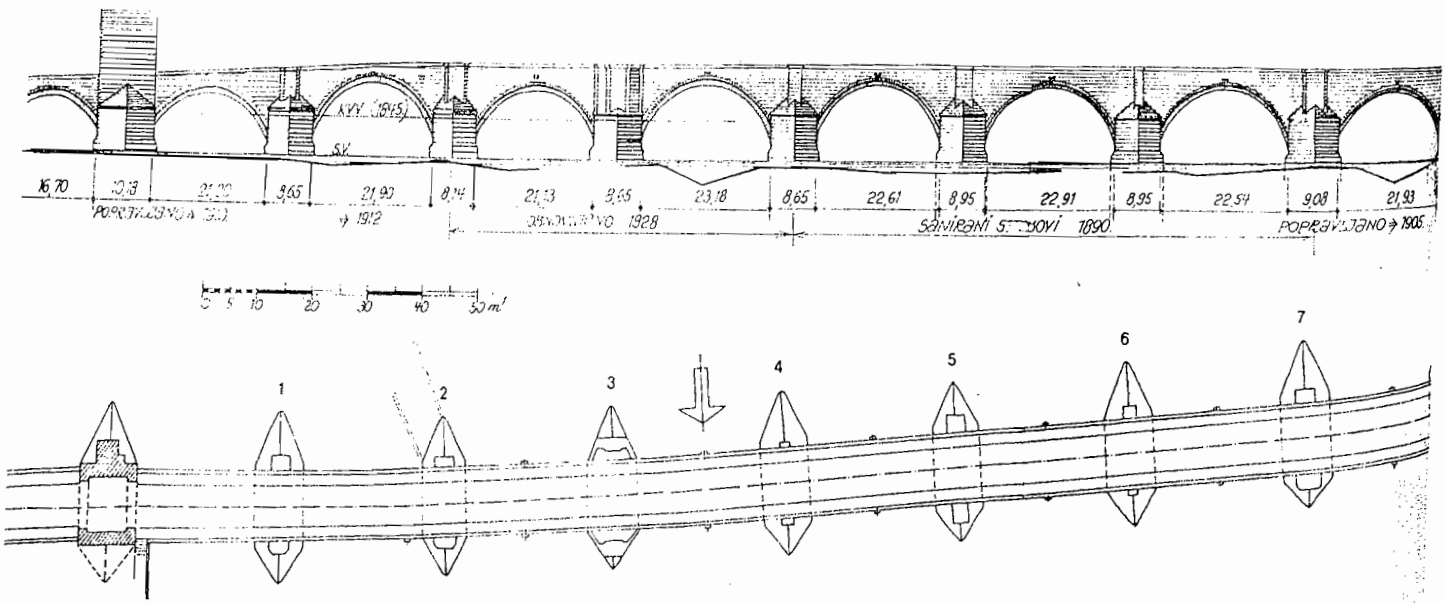
Na kolovoznoj konstrukciji postojale su dve utvrđene kapije sa gvozdenim vratima — danas postoji samo jedna.



Sl. 218 — Most Malabadi (XII vek) preko reke Batman-Su kod Silvana (videti i sl. 59)

Neposredno uz kapije nalaze se otvori kroz koje se silazilo u unutrašnje prostore ovog jedinstvenog mosta. Evlija Čelebija, turski putopisac, ostavio je podatak da se kroz ove otvore silazilo u šupljine, prostore, gde su bili hanovi, prostorije za odmor sa kamenim sedištima i nišama za odma-

KARLOV MOST U PRAGU (1357)



ranje. Jedan han se nalazio neposredno uz kapiju i tu se od putnika naplaćivala mostarina.

Most je nedavno dosta nevešto popravljen i tom prilikom su mnoge površine omalterisane i fugovanjem malterisanih površina imitirani su slojevi kamena. Sto je nedopustivo prilikom sanacije mostova — a u ovom specifičnom primeru posebno. Most se nalazi van saobraćaja (u neposrednoj blizini sagrađen je savremeni most).

— Fügen Ilter: *Osmanlilara kadar Anadolu Türk köprüleri*, Ankara, 1978;

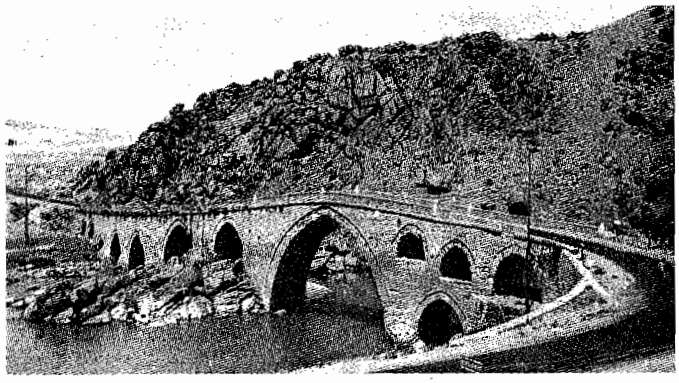
— Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri*, Ankara, 1975;

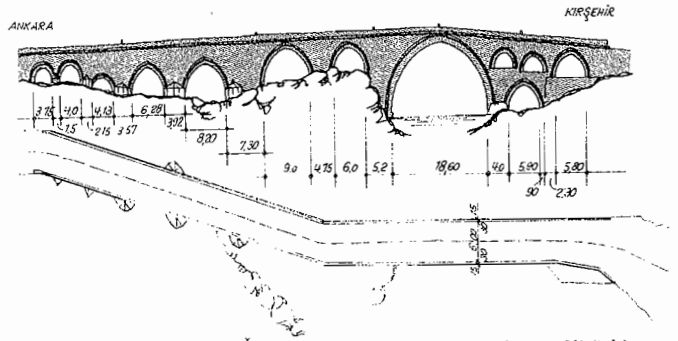
5.54. ČEŠNIGIR ĆUPRIJA (Çeşnigir köprü) — Turska

Most pod imenom Češnigir premošćuje reku Kizilirmak i lociran je na putu Ankara—Kiršehir (trasa ovog puta datira još iz rimskih vremena). Most je još uvek u saobraćaju.

Ovde se citira kao primer kako neuke popravke kroz vreme mogu da izmene osnovni koncept premošćavanja i arhitekturu mosta. Naime, prema kazivanju meritornih istoričara na ovom lokalitetu postojao je most i pre Islama, za vreme Vizantije, a možda i ranije. Kako je neposredno uz most postojao han — prema autentičnim podacima sagrađen u XIII veku, koji je kasnije porušen, i u kojem je postojao reljef lava — to meritorni istoričari zaključuju da je most sagrađen za vreme Seldžuka, negde u XIII veku. A možda i ranije. Kasnijim prepravkama i popravkama u vreme Osmanske carevine most je izgubio svoje osnovne karakteristike, pa je to jedan od razloga, da mnogi pripisuju građenje ovoga mosta Osmanskoj mostogradnji.

Inače, u dispoziciji mosta, ukupne dužine 113,25 m, ističe se glavni otvor mosta, sa svodom veličine otvora





Sl. 219 — Çeşnigir (Češnigir) ćuprija na putu Ankara—Kiršehir

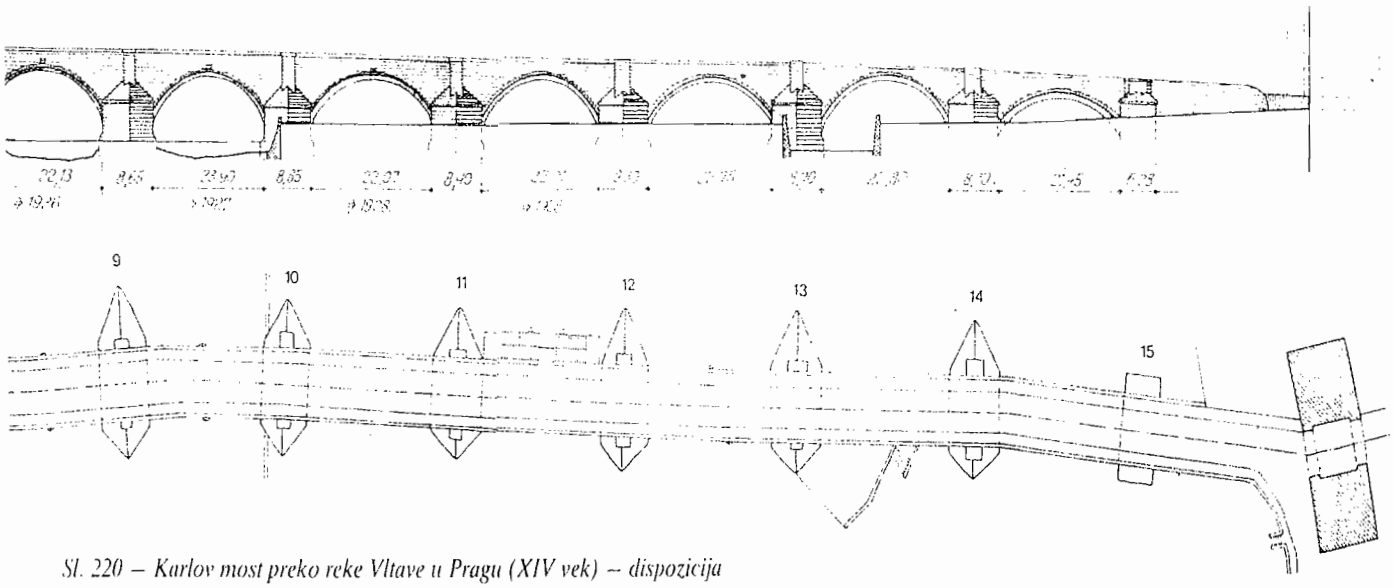
18,6 m. Ostali otvori su znatno manji i razmešteni su bez posebnog reda na fasadi ćuprije.

— Fügen Ilter: *Osmanlilarana kadar Anadolu Türk köprüleri*, Ankara, 1978;

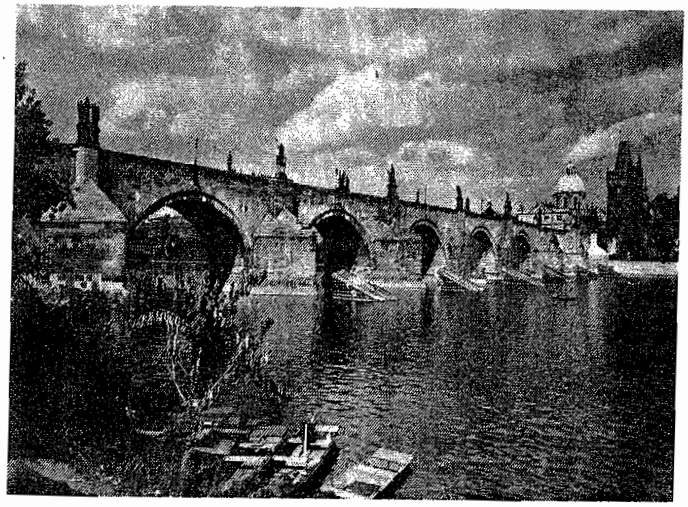
— Cevdet Çulpan: *Türk taş köprüleri*, Ankara, 1975;

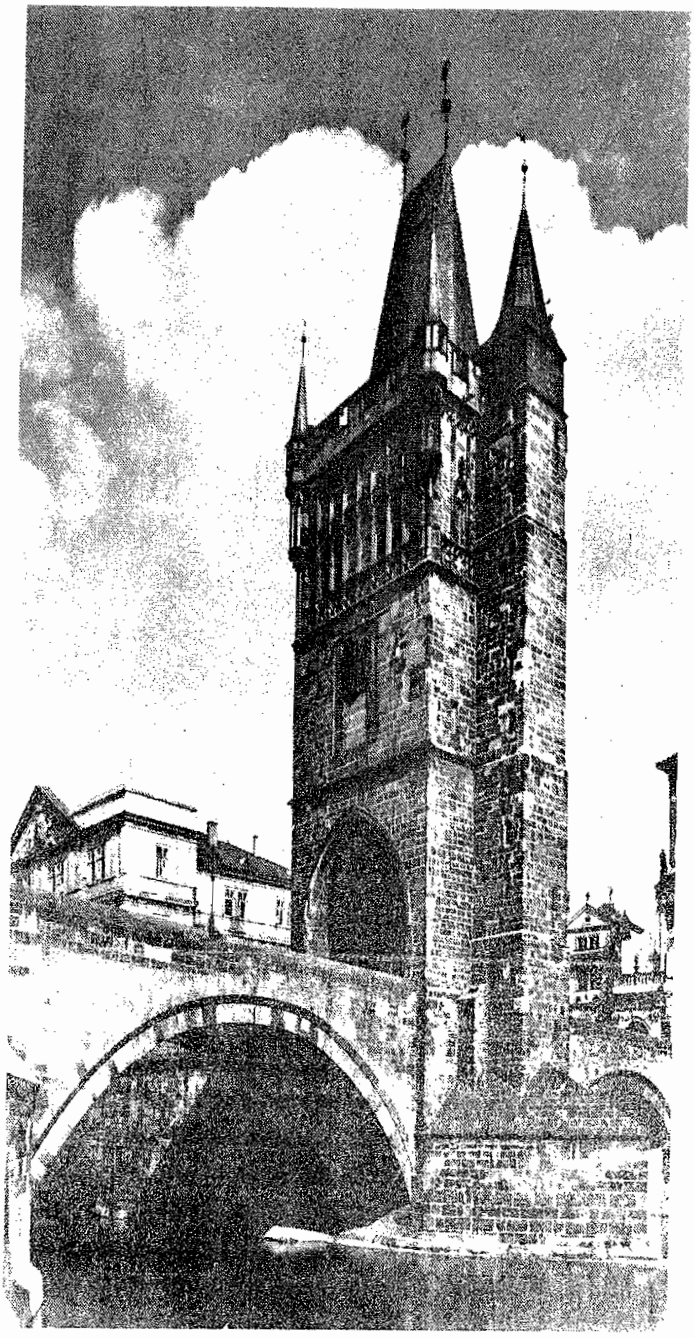
5.55. KARLOV MOST U PRAGU (Čehoslovačka)

Most preko reke Vltave u Pragu, poznat pod imenom Karlov most, sagrađen je po želji i naredbi Karla IV (1316—1378). Građenje mosta je ugovorom povereno majstoru Petru Parleru (1330—1399) — 9. jula 1357. godi-

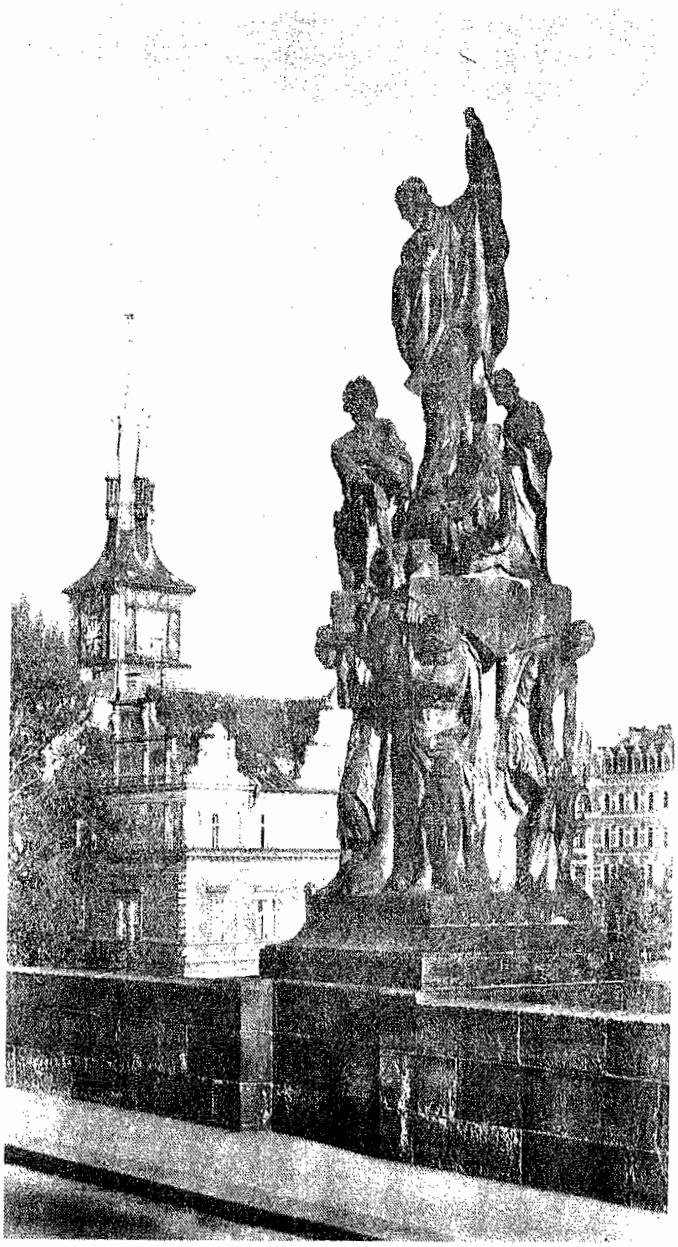


Sl. 220 — Karlov most preko reke Vltave u Pragu (XIV vek) — dispozicija





ne (Parler je sagradio i katedralu sv. Vita u Pragu). Dugotrajno i mukotrpno građenje ovog grandioznog i po mnogo čemu specifičnog mosta, prekidano velikim vodostajima reke, trajalo je do 1503. godine. Kule na krajevima mosta napravljene su u XV veku a plastični ukrasi i skulpture na



Sl. 221 – Karlov most – izgled, detalj kule na mostu i jedne od statua

ogradi postavljene su u XVII i XIX veku. Centralna statua je figura sv. Jovana od Nepoluka, češkog zaštitnika mostova.

Na ovom poprečnom profilu reke postojao je drveni most još 795. godine. Posle njegovog rušenja saobraćaj preko reke obavljao se brodom, sve do građenja novog drvenog mosta 1008. godine (za vreme kneza Udalriha), koji je takođe ubrzo porušila velika voda. Na mesto srušenog mosta, Judita, supruga Vladislava II, svojim sredstvima sagradila je 1171. godine novi most, koji je u istoriji mostova poznat pod imenom Juditin most. Bila je to drvena konstrukcija na masivnim rečnim stubovima od kamena (građenje ovoga mosta trajalo je tri godine). Most je uspešno služio, iako sa više rušenja, sve do 1342. godine, kada je umesto njega sagrađen Karlov most.

Karlov most je tokom svoje duge istorije više puta popravljan i saniran. Izvedeni su tokom godina brojni i obimni sanacioni radovi na svodovima i rečnim stubovima. Ovde se most citira uglavnom zbog sanacionih radova izvedenih 70-ih godina. Tom prilikom, da bi se smanjile mase mosta, pritisci na svodove i čeone zidove, i opterećenje ravnomernije prenosilo na noseće elemente mosta – izvedena je između ostalih potrebnih sanacionih radova i zamena ispune mosta. Naime, umesto stare ispune od zemljanog materijala, koja je uzrokovala mnoga oštećenja, ugrađena je nova ispuna od keramzit betona (lakog betona). Na taj način postignuto je ravnomernije prenošenje stalnog i pokretnog opterećenja i isključeni su horizontalni potisci na čeone zidove. Tom prilikom izrađen je nov sistem za odvodnjavanje atmosferske vode.

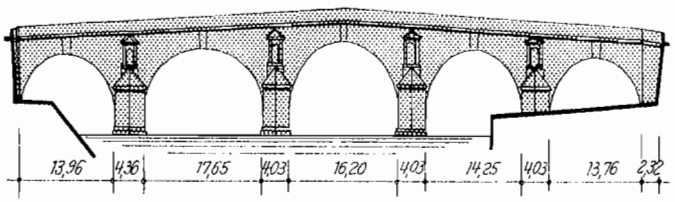
5.56. MOST MARIE (Pariz)

Velika i jedna od najstarijih skupina starih kamenih mostova nalazi se i u Parizu. Jedan od njih je i most Marie sagrađen u vremenu od 1614. do 1635. godine na mestu ranije drvene konstrukcije (graditelji mosta bili su Cristophe Marie i Jean Delagrange ondašnji urbanisti ostrva Saint Louis). Primarna dispozicija mosta odlikuje se relativno velikom širinom (23,50 m), otvorima (pet) polukružnog oblika i različitih veličina, specifičnim oblicima rečnih stubova apostrofiranim reljefno obrađenim nišama u renesansnom stilu, i – što je posebno karakteristično – gusto raspoređenim stambenim zgradama lociranim na superstrukturi mosta.

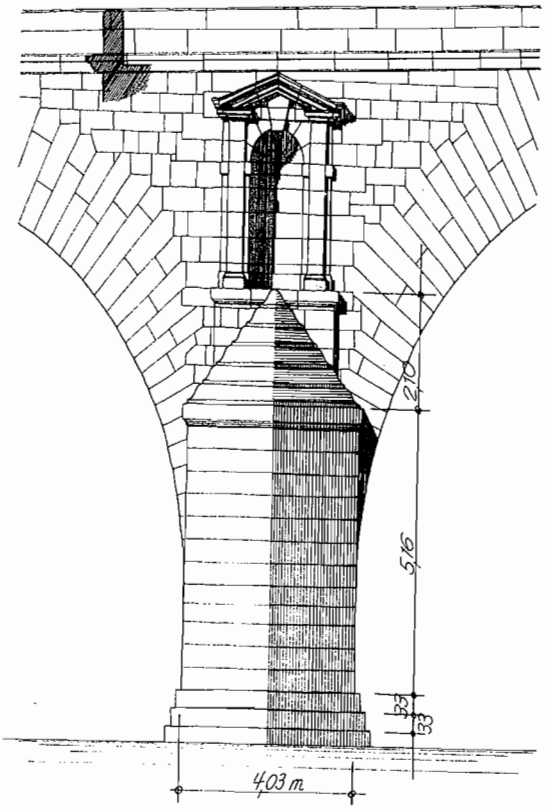
Velika voda Sene i nagomilavanje leda ispred mosta je 1658. godine podlokala jedan rečni stub i tom prilikom srušila su se i dva susedna svoda i odgovarajući broj stambenih objekata (20 kuća sa 120 stanara). Odmah potom, most je saniran preziđivanjem porušenih elemenata i svod korpastog oblika nastao je tom prilikom (1664). Prilikom ove popravke nisu obnavljane stambene zgrade. Ostale zgrade na mostu porušene su 1740. godine.

Sl. 222 – Most Marie preko Seine u Parizu: (a) izgled sa uzvodne strane; (b) detalj rečnog stuba i čeonog zida; (c) današnji izgled; i (d) izgled mosta u XVIII veku

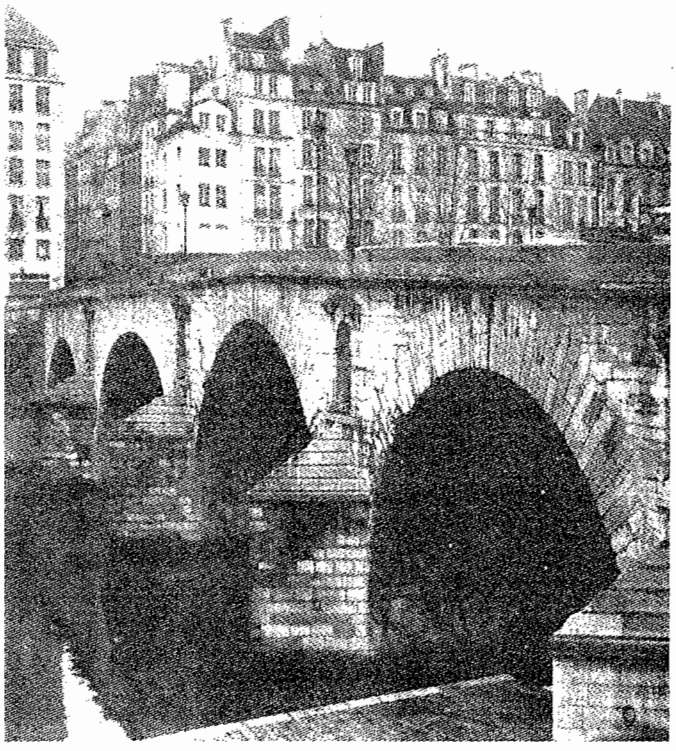
a



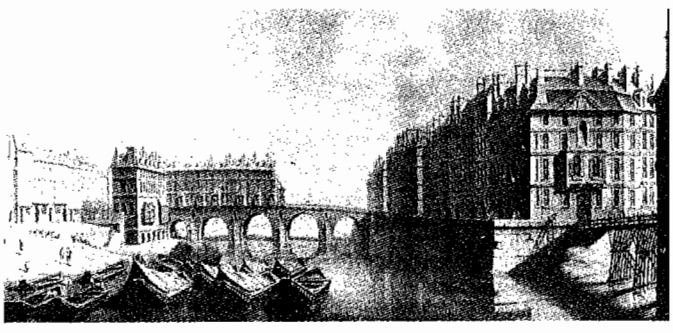
b



c

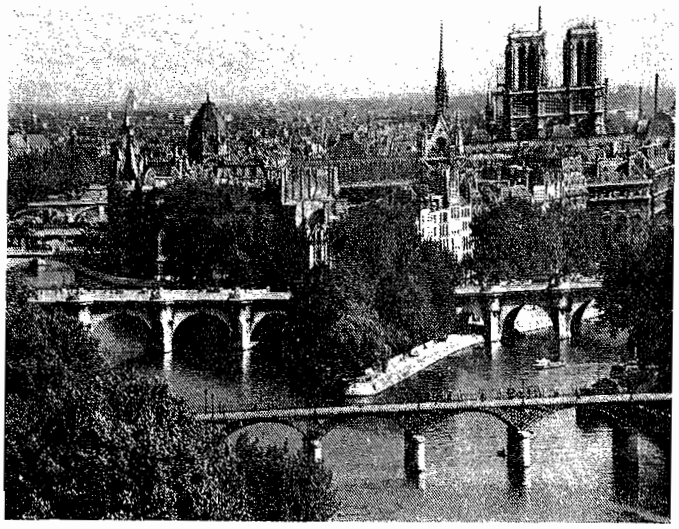


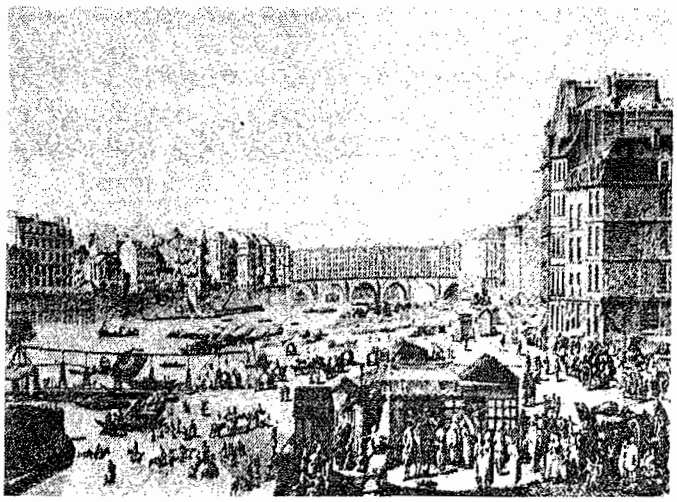
d

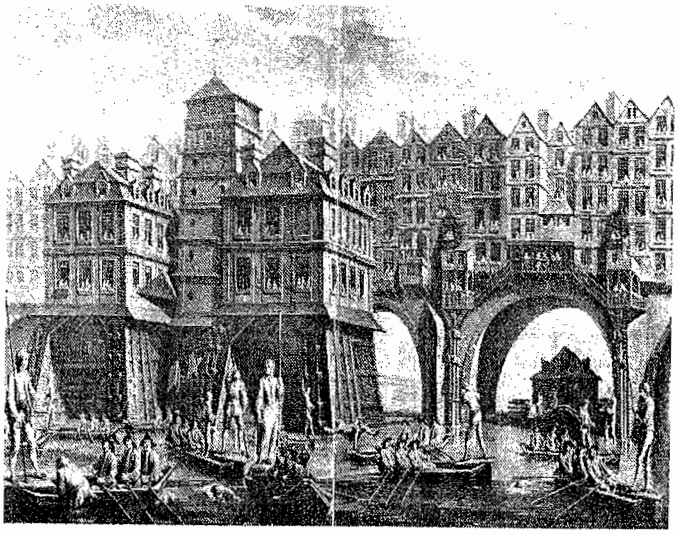


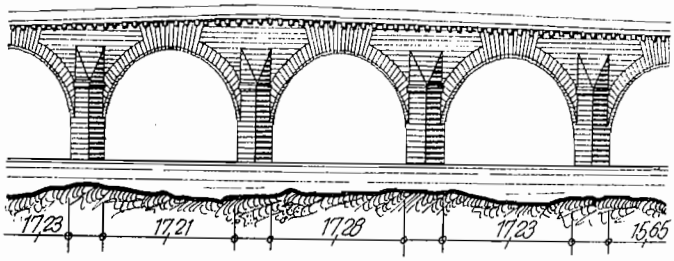
5.57. MOST NOTRE-DAME (Pariz)

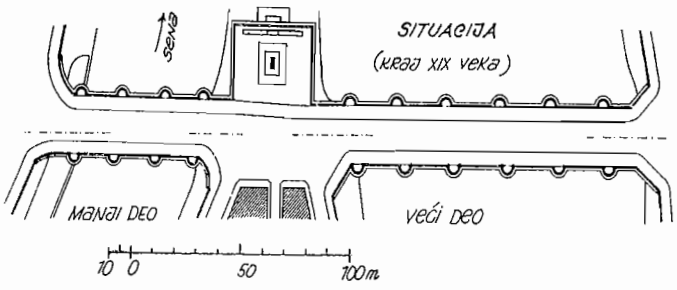
O velikom značaju mosta i intenzivnom životu i trgovini na njemu, što je i na zapadu Evrope bio slučaj, svedoči most preko Sene u Parizu, poznat pod imenom Notre-Dame. Prvo postojanje mosta na ovom mestu datira još od rimskih vremena. Zna se da je na ovom profilu 1413. godine postojao drveni most (na drvenim jarmovima). Ova konstrukcija je više puta rušena i popravljana. Drvenu konstrukciju je smenio kameni most koji je sagradio dominikanac Fra Đovani Đokondo (Giovanni Giocondo) u vremenu od 1500. do 1507. godine. U dispoziciji i arhitekturi ovog jedinstvenog mosta gde je dominirao niz po-

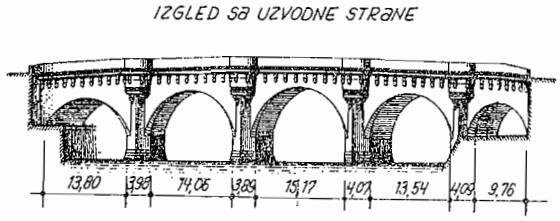


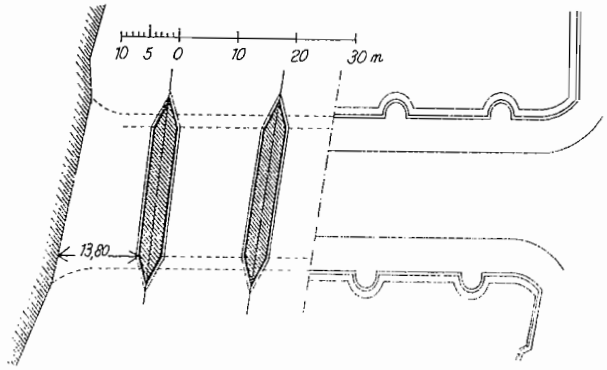


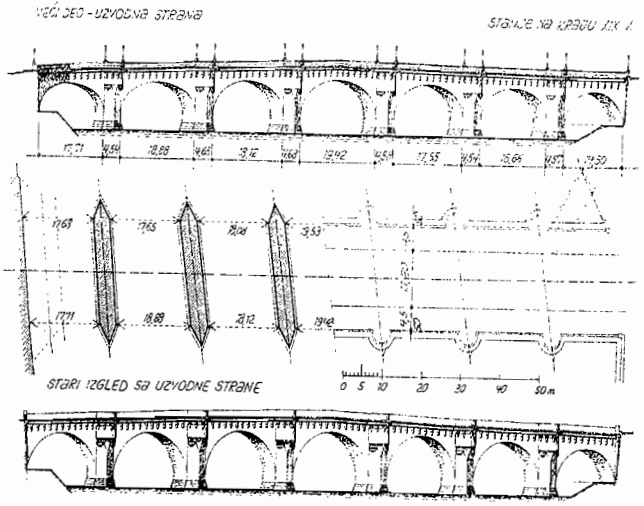




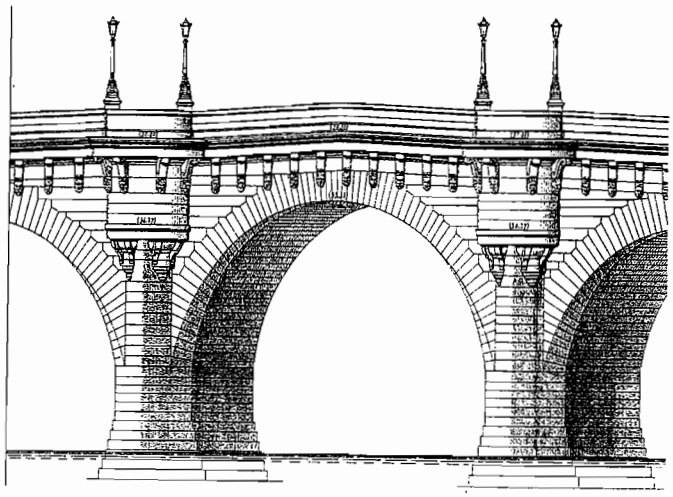








Sl. 223 – Most Notre–Dame preko Seine u Parizu: izgled mosta u XVIII veku i detalj izgleda sa uzvodne strane



Sl. 224 – Izgled i dispozicija mosta Pont Neuf preko Seine u Parizu

lukružnih svodova (sa vel. otvora cca 17 m) isticala se skupina stambenih objekata sa više etaže (prve dve etaže bili su dućani a na ostalim spratovima prostorije za stanovanje) – ukupno 68. Zgrade locirane na mostu, na delu iznad rečnih stubova, imale su podrumske prostorije u šupljinama rečnih stubova.

Na ovom profilu pod istim imenom sagrađen je 1913. godine nov most sa jednim otvorom.

* * *

Pisati o starim mostovima bez obzira na obim i karakter teksta a pri tom zaobići Pariz i njegovu bogatu riznicu mostova, blistavi đerdan od mostova na Seni, je ne samo nedopustivo već i anahrono. Istorija Pariza a posebno period prelaza iz srednjeg veka u Renesansu imala je odraza i na mostogradnju, na istoriju mostova. Prvi kameni most iz ovog ciklusa stvaranja – Pont Neuf – napravljen je krajem XV odnosno početkom XVI veka.

O mostu preko Sene u parizu pod imenom Pont Neuf, u stvari dva mosta – od obala reke do ostrva St. Louisa, koji je gradio Baptist Androetu za vreme vladavine Henriha IV, u vremenu od 1578. do 1607. godine.

Za mostove Marie, Notre-Dam i Pont Neuf

– *Ponts de France*, Presses Ponts et chaussées, Paris, 1982;

– Henry-Louis Dubly: *Ponts de Paris*, La diffusion Francaise, Paris, 1957;

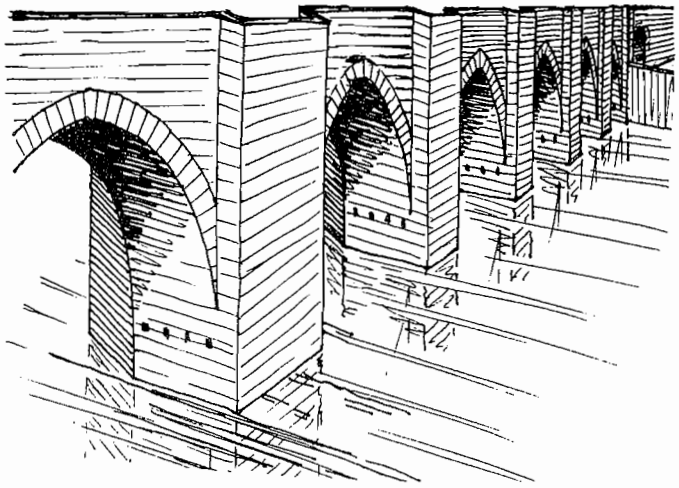
– *Esthétique et construction des OUVRAGES D'ART*, par Jean Démaret, Dunod, Paris, 1948;

evidentan je niz interesantnih podataka od interesa za istoriju mostova. Ovo se posebno odnosi na primenjen način fundiranja i korišćene inovacije prilikom koncipiranja ove velelepne mostovske konstrukcije kao i na brojne izvedene restauratorske radove tokom njegovog uspešnog postojanja.

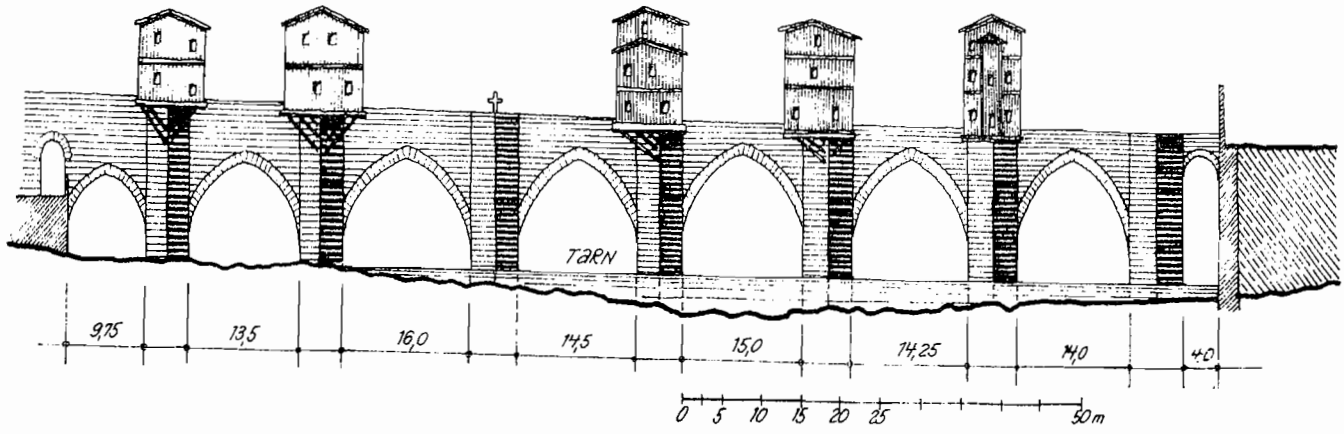
5.58. MOST U ALBIU

Stari kameni most u Albiu ubraja se u najstarije i najznačajnije mostove u Francuskoj. Premošćuje reku Tarn sa sedam otvora zasvedena svodovima oživalnog oblika. Polukružni svod do desne obale (otvora vel. cca 4,0 m) kasnijeg je datuma i sagrađen je umesto pokretne drvene

Sl. 225 – Izgled starog kamenog mosta preko reke Tarn u Albiu (1305–1178) i današnji izgled (posle proširenja iz 1820. godine





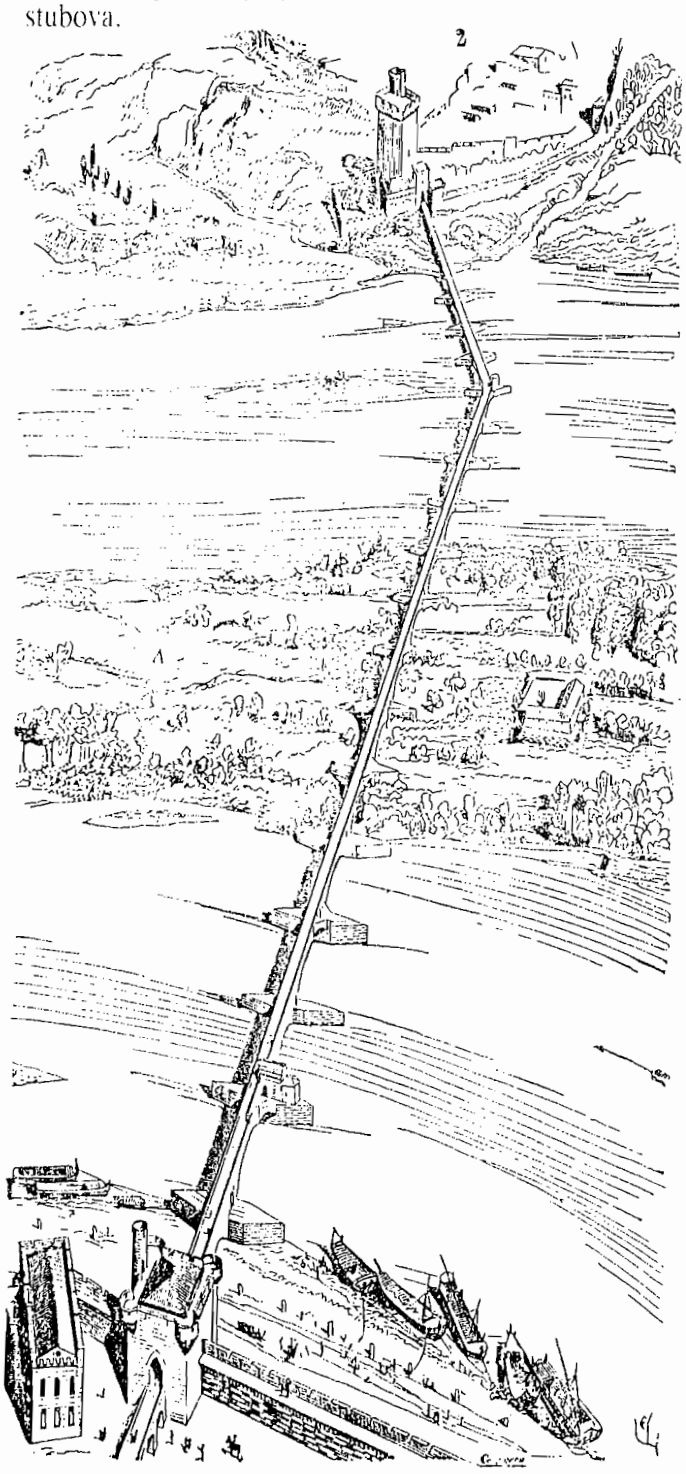


konstrukcije. Iznad rečnih stubova (širine 5,50 do 6,75 m) svojevremeno su postojale drvene bondručne stambeme zgrade, sa podrumima u šupljinama rečnih stubova – porušene su u XIX veku.

Prema autentičnim istorijskim podacima građenje mosta započeo je gradski vojvoda 1035. godine. Vreme završetka njegovog građenja i pored mnogih dvoumljenja je po svoj prilici 1178. godina.

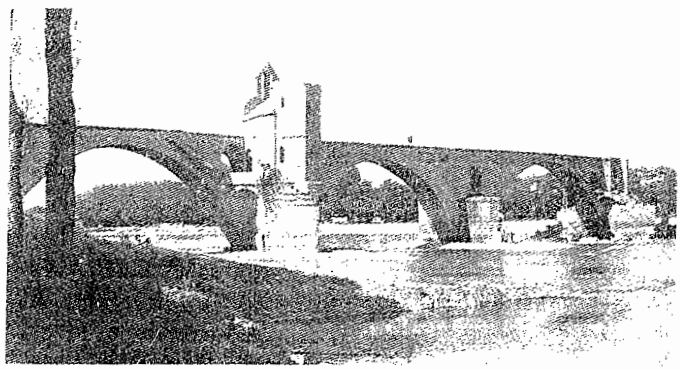
U svom dugom veku most je doživeo mnoge popravke. Posebno značajni sanacioni radovi izvedeni su sredinom XIV i početkom XV veka. Most je konačno izgubio svoje elegantne obrise 1820. godine, kada je izvedeno njegovo proširenje. Originalna širina mosta bila je 4,40 m. Proširenje mosta izvedeno je dodavanjem segmentnih svodova od opeke i prepravkama – nadziđivanjem rečnih stubova.

a

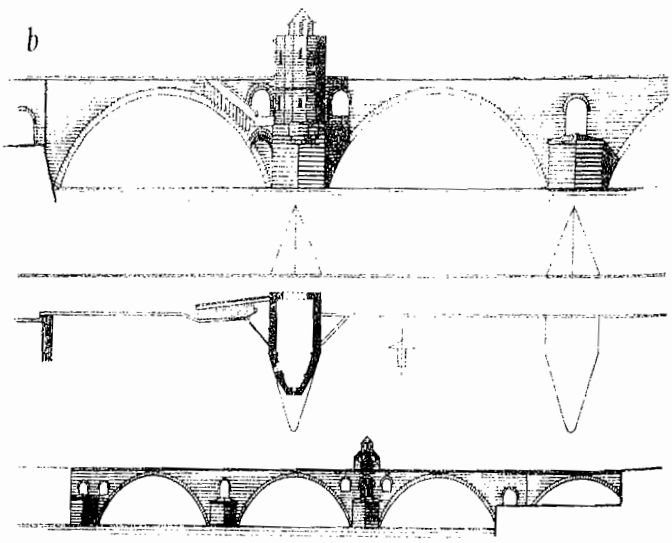


5.59. MOST U AVINJONU

Most u Avinjonu preko reke Rone jedinstven je primer konzervacije jednog dela starog mosta. Inače, most je građen od 1177. do 1187. godine veštom rukom manastirske bratije Avinjona i Saint benézéta, po kome je most i dobio ime. Most je, kako pokazuju izvedena istraživanja, sagrađen na temeljima jedne starije drvene konstrukcije. Na jednom i sada postojećem rečnom stubu napravljena je kapela posvećena sv. Nikoli (zaštitniku putnika) u kojoj je sahranjen graditelj mosta, Saint Benézét (napravljena je 1234. godine). Gornji deo kapele nadzidan je u XIV veku. Konstrukcija mosta od koje su ostala samo četiri otvora premošćavala je reku sa 22 svoda različitih veličina otvora (max, veličine cca 33 m). U stvari koncept premošćavanja Rone imao je tri dela – dva preko rukavaca reke a jedan preko rečne ade. Odbrambene kule na krajevima građene su 1300. godine. Širina mosta bila je 4,90 m, međutim, na mestu kapele ova širina je svedena na cca 2 m. Ukupna dužina mosta bila je nešto oko 600 m. Otvori mosta zasvedeni su svodovima segmentnog oblika sa posebnim konstrukcijskim karakteristikama (formirani su od četiri posebna luka, prstena). Masivni rečni stubovi sa olakšavajućim otvorima polukružnog oblika ističu se svojim izduženim horizontalnim presekom i obostranim kljunovima trouglastog oblika.



b



Sl. 226 – Ostaci mosta preko reke Rone u Avinjonu (XII vek): (a) grafička rekonstrukcija celine; i (b) današnji izgled ostataka mosta

Most je mnogo puta stradao u brojnim ratovima (jer je na „vratima" Avinjona) a najviše 1670. godine. Zna se i da je lokalni verski vođa Bonifatius IX radi svoje sigurnosti a u borbi sa papom Clemensom VII porušio veći broj svodova na ovome mostu. Isto tako, velika voda reke Rone srušila je tri svoda i odgovarajući broj stubova. Od toga vremena most je prepušten zubu vremena. Današnja četiri otvora datiraju od 1670. godina.

5.60. MOST VALENTRÉ

Most na „ulazu u dolinu", (Pont de Valentré), preko reke Lot u Cahorsu, ubraja se u značajne spomenike inženjerske baštine u Francuskoj, a i šire. Početak građenja vezuje se za 1308. godinu. Građenje mosta finansirano je novačnim prilozima i taksama, novcem Filipa Lepog (Philippe le Bel) i Papskim subvencijama. Iako je pušten u saobraćaj 1355. godine građenje mosta završeno je tek 1378. godine.

Pitoreksni izgled mosta sa nizom konstrukcijskih odlika, izvanredna fortifikaciona svojstva izražena preko ulaznih kapija i odbrambenih kula na krajevima i na sredini mosta — izdvajaju građevinu od sličnih objekata ove vrste kao posebno sadržajnu i funkcionalnu u svome vremenu. Posebna konstrukcijska odlika uočava se na kljunovima rečnih stubova odnosno otvorima koji se pružaju paralelno sa osom mosta a u ravni oporaca svodova. Postojanje ovih otvora objašnjava se invencijom graditelja da prilikom građenja, a i kasnije — kod održavanja mosta, ima povoljan oslonac za oslanjanje radnih skela. Sveukupnom estetskom sadržaju oblika mosta, kako detalja tako i celine, umnogome doprinosi bledožućkasta boja peščara, kamena od kojeg je napravljena ova građevina.

Do naših dana u izvornom obliku sačuvana je samo odbrambena kula.

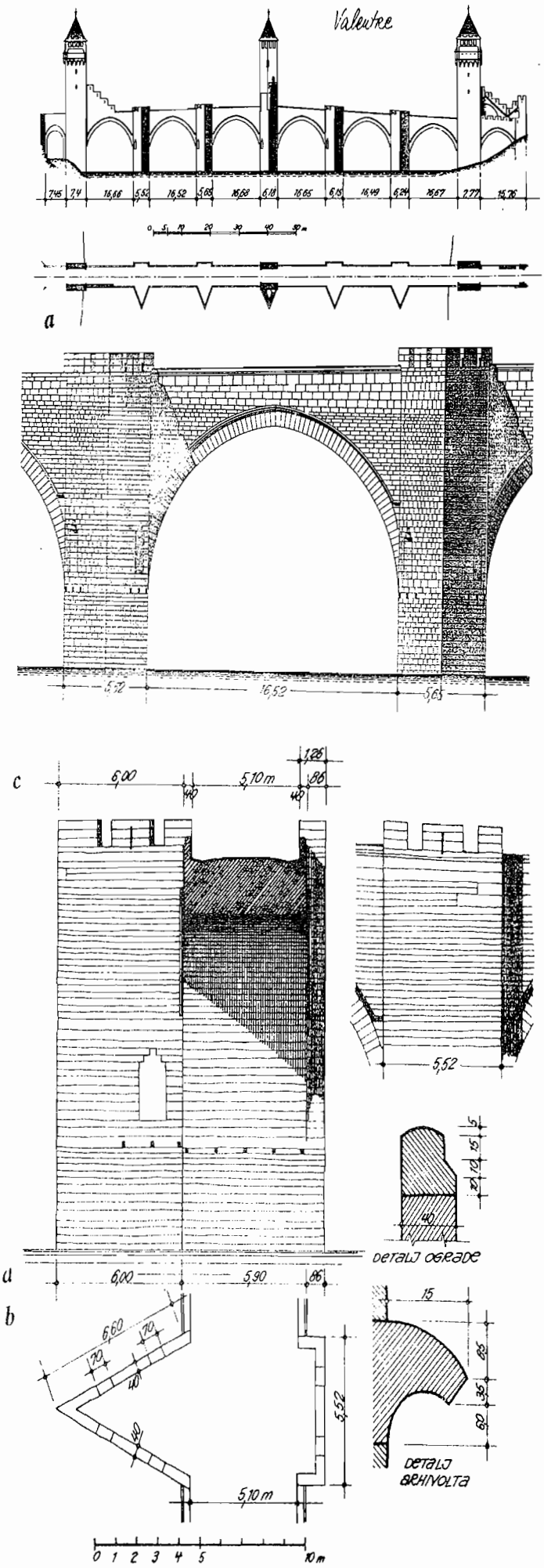
Za mostove u Albiu, Avinjonu i Valentré

— Desnoyers Croizette: *Construction des Ponts*, Paris, 1885;

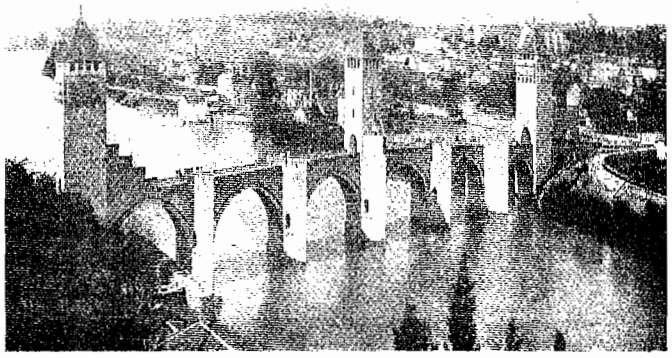
— Dartein: *Ponts en Pierre*, Paris, 1912;

— *Ponts de France*, Presses Ponts et shaussées, Paris, 1982;

— Jean Démaret: *Esthétique et construction des Ouvrages d'Art*, Dunod, Paris, 1948;



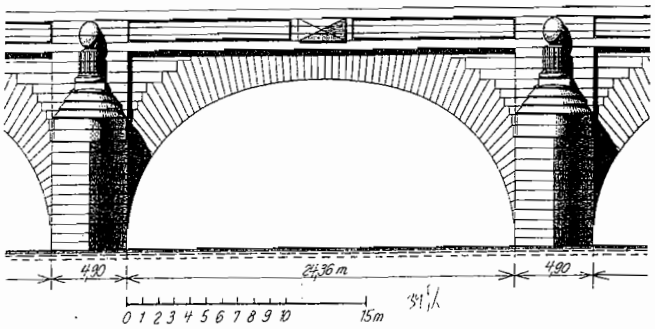
Sl. 227 – Most Valentré u Cahorsu: (a) dispozicija i detalj jednog otvora; i (b) izgled sa uzvodne strane (vidi i sl. 31); i (c) poprečni presek

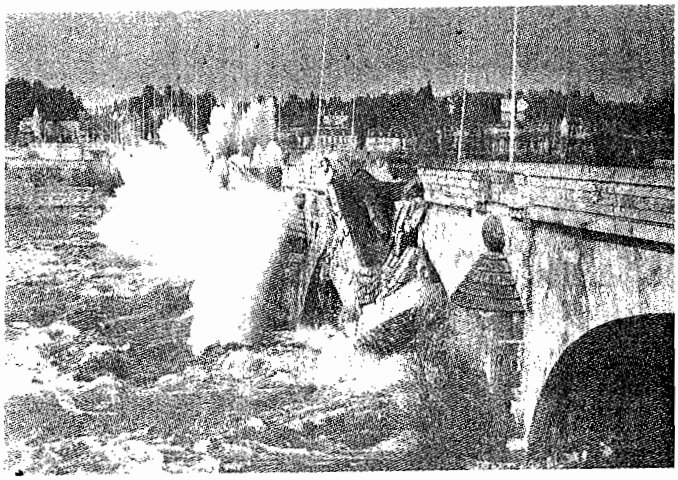


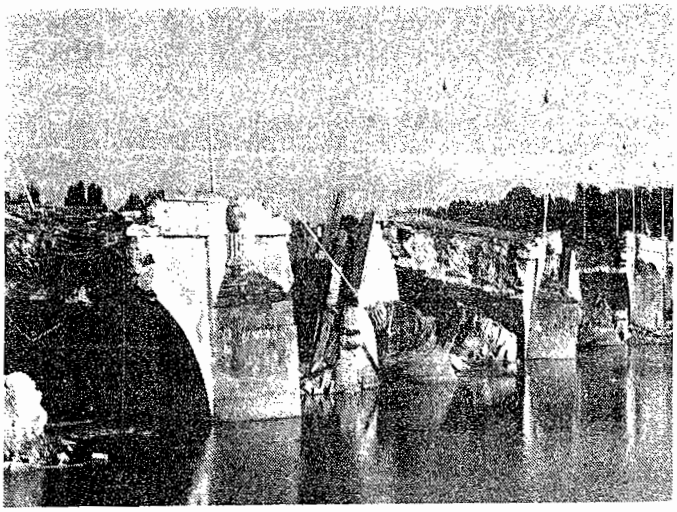
5.61. TOURS – most preko Loire

Jedinstven je primer francuske mostogradnje XVIII veka, mostovske konstrukcije maltretirane mnogim nepovoljnim uticajima a najviše od velikih voda reke Loire. Most je napravljen u vremenu od 1764. do 1777. godine. Njegovi graditelji bili su Bayeux (projektant), Vallée, de Voglie i de Limay. Kameni most dužine cca 475 m premošćuje reku sa 15 jednakih otvora veličine oko 24,5 m, zasvedena svodovima korpastog oblika (sa 11 centara krivine), i 14 rečnih stubova širine 4,90 m. Rečni stubovi oblikovani su sa obostranim kljunovima i specifično formiranim kapama kljunova koje se završavaju dekorativnim aplikacijama. Korisna širina mosta definisana masivnim ogradnim zidovima je 14,63 m (8,79+2×2,92 m). Relativno monotona dispozicija sa skromnim ali vešto utkanim dekorativnim elementima dominira i rekom i gradom. Po komponenti konstrukcije most se odlikuje skrivenim olakšavajućim otvorima, po tri iznad svakog stuba, i načinu fundiranja – pomoću većeg broja drvenih šipova zabijenih u dno reke. Interesantan je podatak da su radovi fundiranja i zidanje stubova trajali od 1764. do 1771. godine a da je prvi svod ozidan 1772. godine.

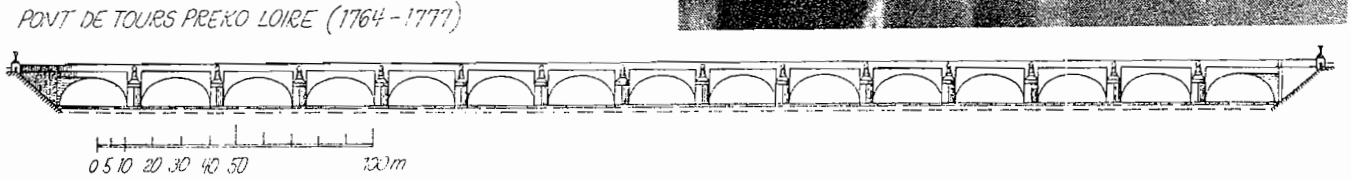
Neposredno po završetku građenja, 1777. godine, jedan rečni stub se sleže za više od 1,0 m pri tome rotira oko podužne ose mosta, što je uzrokovalo kolaps susednih svodova. Posle sanacije ovog oštećenja, 12 godina kasnije – 1789. godine – posle velikih deformacija rečnih stubova od pritiska leda srušena su četiri svoda. Ovo oštećenje sanirano je ponovnim fundiranjem odnosnih rečnih stubo-

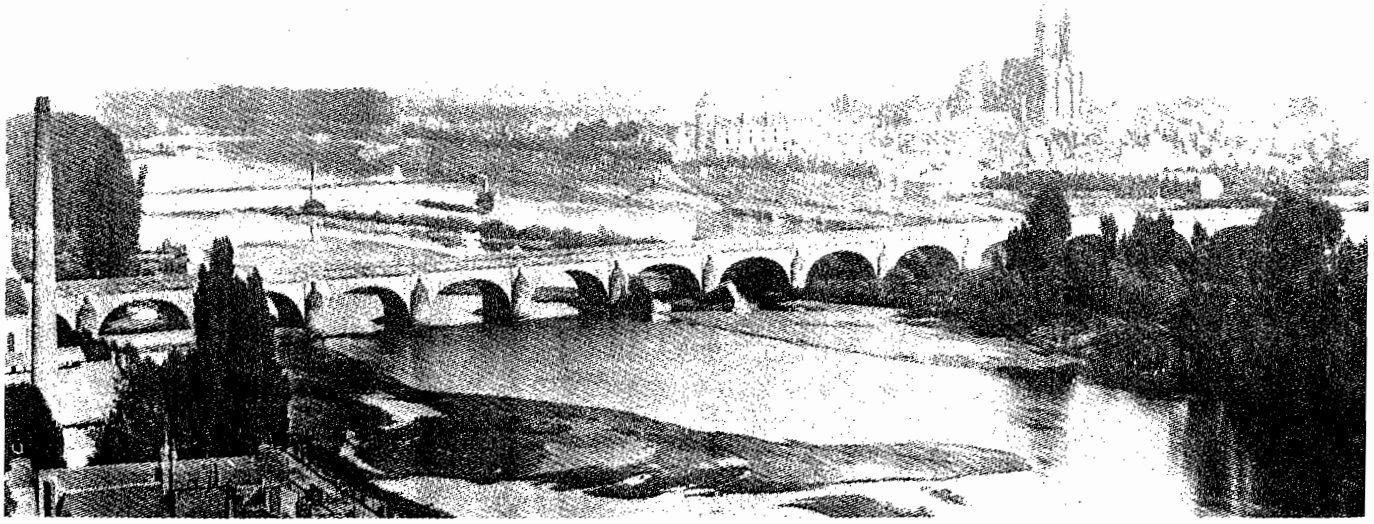






Sl. 228 – Most preko Loire u Toursu: (a) izgled i dispozicija; (b) detalj izgleda (uzvodna strana); (c) most u momentu rušenja (09. IV. 1978.) i posledice rušenja





va, zabijanjem novih-dodatnih drvenih šipova, i rekonstrukcijom porušenih svodova – 1803. godine. Na više svodova, 1835. godine, konstatovane su prskotine i deformacije što se nepovoljno odrazilo na kolovoznu površinu i parapetne zidove mosta. Sanacija ovog oštećenja izvedena je injektiranjem. Naime, injektirana su oštećenja superstrukture mosta ali i rečni nanos ispod temeljnih spojnica rečnih stubova (injektiralo se kroz masu rečnog stuba). Prvi svod do leve obale porušen je miniranjem 1940. godine. Nemačka vojska miniranjem (1944) ruši još tri svoda. Sanacije ovih oštećenja svodova izvedene su posle dodatnog injektiranja temelja porušenih stubova, 1945. godine (uz korišćenje savremenih materijala, betona). I najzad, 1978. godine, dolazi do velikog sleganja jednog rečnog stuba, nešto oko dva metra, što je uzrokovalo rušenje susednih svodova. Neposredno zatim ova havarija se širi i nastupa rušenje mostovske konstrukcije na dužini od 170 m (9. aprila 1978. godine).

Sprovedena ispitivanja i analize posle ovog kolapsa mosta pokazala su – da je do havarije došlo usled uticaja podlokavanja temelja rečnih stubova. Naime, voda je odnela rečni nanos ispod temeljnih spojnica, drveni šipovi su „ogoljeni", ostali su slobodni u vodi, pa se ukupno opterećenje prenosilo direktno preko šipova. Kako su šipovi radili na „trenje", lebdeći šipovi, usled velikog opterećenja došlo je do „loma" između tla i šipova što je uzrokovalo velike vertikalne i ne samo vertikalne deformacije rečnih stubova odnosno slom konstrukcije mosta. Preduzetim sanacionim radovima, između ostalog, prethodno je izvršena konsolidacija temelja rečnih stubova – svrsishodnom i prostudiranom tehnologijom injektiranja rečnog nanosa ispod temeljnih spojnica. Iz razloga predostrožnosti, jer je istorija oštećenja ukazivala na nekvalitetno fundiranje mosta u celini, izvedeni su dodatni injekcioni radovi, puno kvalitetniji nego 1835. i 1945. godine, na poboljšanju stabilnosti i ostalih rečnih stubova. Vidne površine mosta restaurirane su u izvornom obliku.

* * *

U jednom ranijim vremenu preko reke Loire u Toursu postojala je jedna starija mostovska konstrukcija čiji se početak građenja datuje sa 1033. godinom. Prilično heterogena dispozicija premošćavala je Loiru sa 26 otvora, sa svodovima različitog oblika – praktično sa tri posebne mostovske konstrukcije vešto aplicirane između obala i dva rečna ostrva. Tokom njegovog sedmovekovnog postojanja i služenja čoveku doživeo je mnoge sanacije ili i prepravke. Značajne popravke mosta izvedene su u XV i XVI veku. Most je porušen i zamenjen savremenom konstrukcijom.

– Corte J. F, Gounon J.: *Les injections de renforcement du Pont Wilson à Tours;* International conference on gestion des ouvrages d'Art – Inspection, maintenance and repair of road and railway Bridges, Bruxelles, Paris, avril 1981;

– Desnoyers Croizette: *Construction des Ponts,* Paris, 1885;

– F. Dartein: *Ponts en Pierre,* vol I, Paris, 1912;

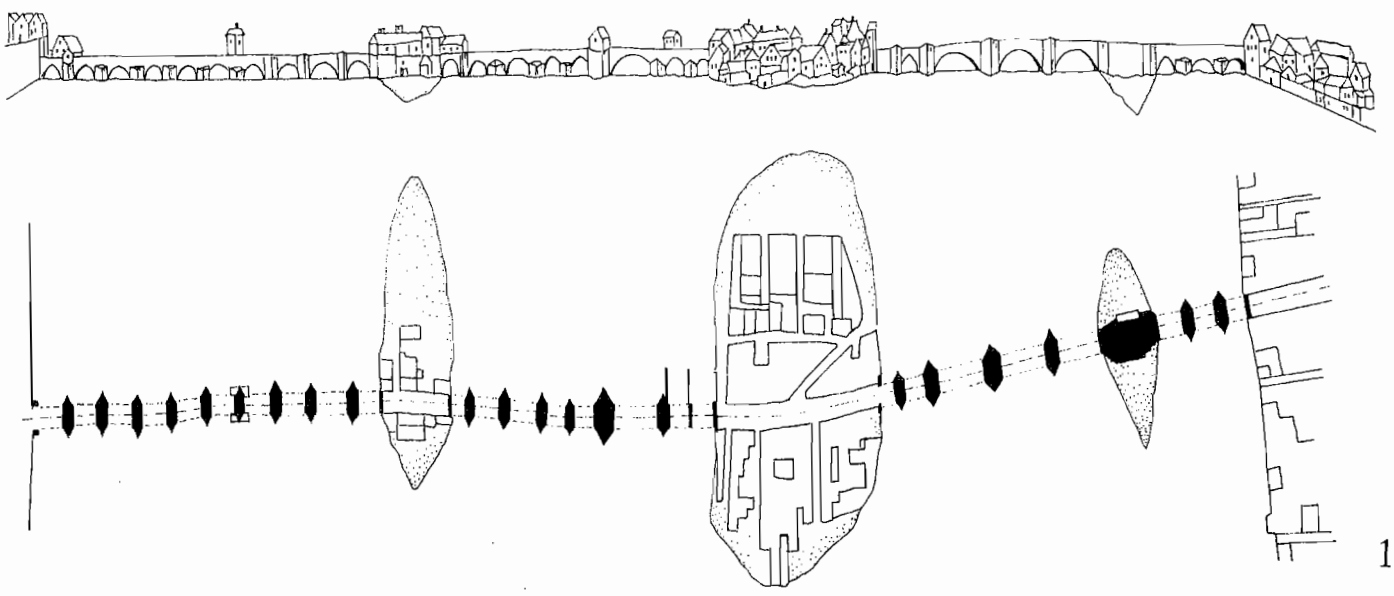
– *Ponts de France,* Presses Ponts et chaussées, Paris, 1982;

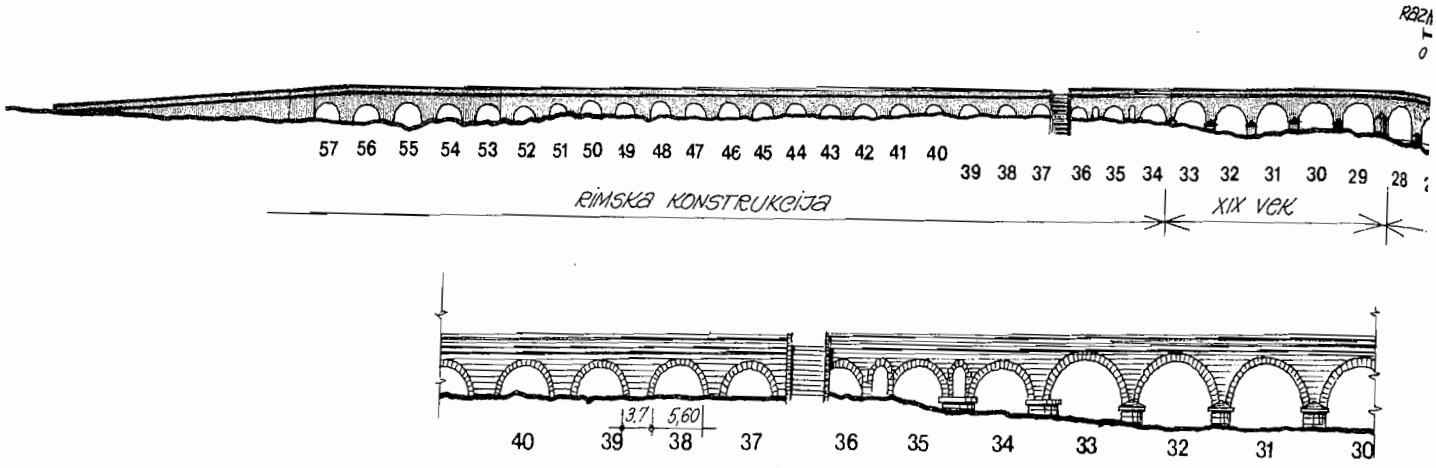
– J. Mesqui: *Repertoire de Ponts Routiers anterieurs a 1750,* Ministere des Transports, Paris.

5.62. MOST U MERIDI

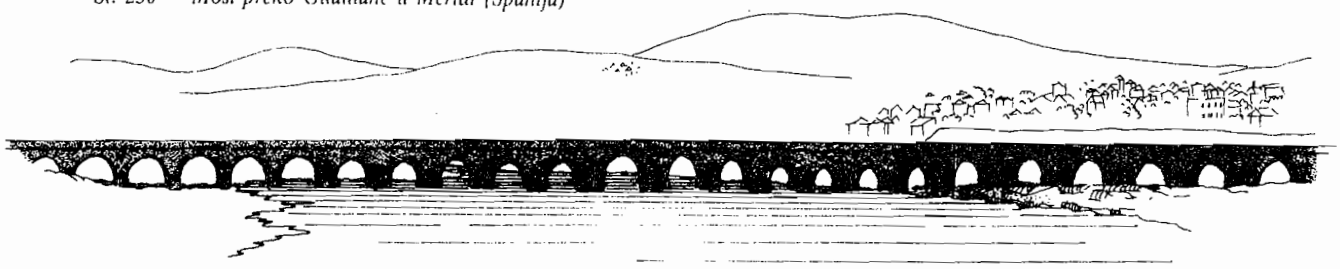
To je monumentalna mostovska konstrukcija ukupne dužine 792 m koja premošćuje reku Guadianu (u Španiji) sa 57 polukružnih otvora različitih veličina. Širina mosta je 7,92 m. Evidentna je činjenica da je most sagrađen za vreme cara Avgusta (kada je građen i grad Merida), međutim postoje i mišljenja da je most stariji. No, sigurno je, da je most tvorevina rimske mostogradnje. Tokom svog

Sl. 229 – Shematska dispozicija mosta iz XI veka, u Toursu





Sl. 230 – Most preko Guadiane u Meridi (Španija)



Sl. 231 – Izgled mosta u Meridi

skoro dvomilenijumskog postojanja i činjenice da premošćuje deo reke dolinskog karaktera – doživeo je mnoge sanacije i popravke tako da danas reprezentuje mnoge graditeljske veštine različitih mostogradnji, od vremena antike do naših dana.

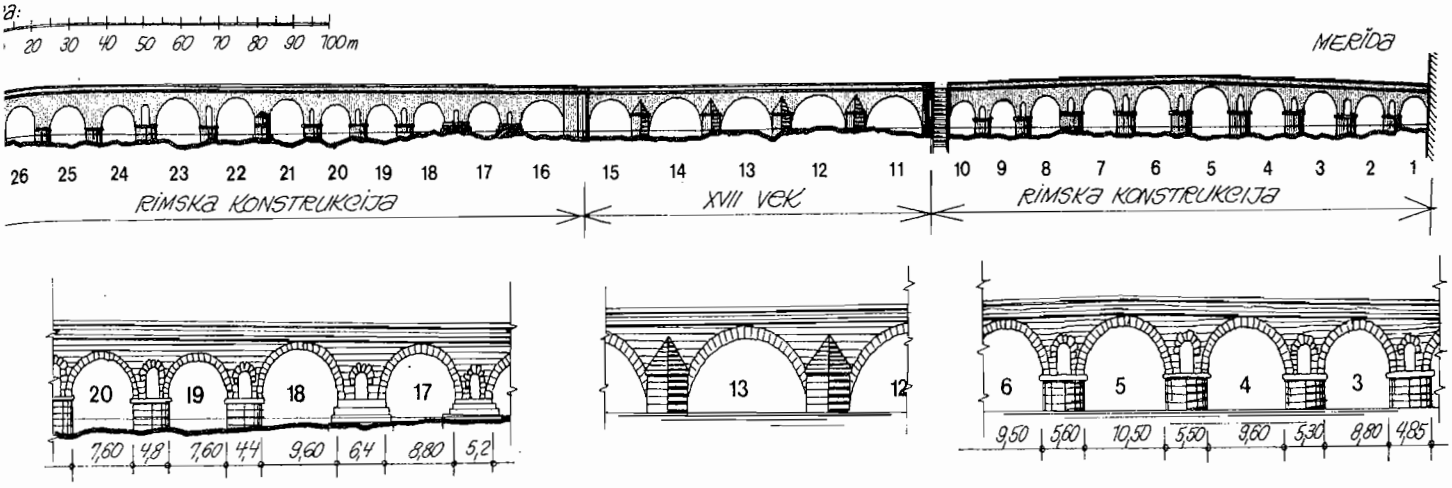
Najbolje je očuvan deo mosta, prvih deset otvora na strani prema Meridi, koji poseduju uglavnom sačuvane elemente rimske mostogradnje – polukružne svodove (sa vel. otvora od 7,30 do 10,50 m), masivne rečne stubove sa olakšavajućim otvorima i jednostranim polukružnim i ravno završenim kljunovima i način zidanja svojstven rimskim graditeljima onoga vremena. Zatim se izdvajaju svodovi centralnog dela mosta, od 16 do 36 otvora, koji su poslednji put popravljeni u XIX veku i na kojima se konstatuju mnoge nepravilnosti (u odnosu na prethodni, napred citiran deo), posebno kod oblikovanja rečnih stubova. Deo mosta od 36 do 57 otvora, levi kraj mosta, delimično je zasut i po konstrukcijim karakteristikama razlikuje se od ostalih delova mosta (verovatno da je i kasnijeg datuma i da je nastao prilikom povećavanja njegove propusne moći). U konglomeratu razultata raznovremenskih sanacija ističe se deo mosta – od 11 do 15 otvora, sa strane Meride – koji je posledica sanacionih radova u XVII veku. To se manifestuje veličinom otvora svodova (l_0=15,50 m) i oblicima rečnih stubova (svojstvenim za vreme vladavine Habzburgovaca). O ovim popravkama svedoče i natpisne ploče (sada su u gradskom muzeju). Značajne popravke i prepravke most je doživeo i u XIX veku.

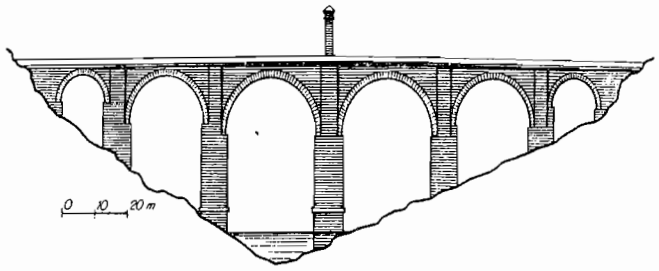
– Carlos Fernández Casado: *Historia del puente en España*, Madrid.

5.63. MOST ALCÁNTARA (Puente d' Alcántara)

Grandiozna mostovska konstrukcija, poznata i pod imenom Trajanov most, dužine cca 194 m i visine 59 m, premošćuje reku Tajo (Taho, Tagus) u Alkantari simetričnim mostom sa šest otvora (13,80 + 21,93 + 27,34 + 28,75 + 21,93 + 13,80). Svi otvori zasvedeni su pravilnim polukružnim svodovima. Most je gradio Cajus Julius Lacer od 98. do 106. godine n.e. Posebno je značajno da je konstrukcija ozidana od granitinih blokova kamena u suvo, bez upotrebe maltera. Na mostu postoji natpis: „Pontem perpetui mansurum in saecola mundi" („Most će trajati vekovima"). Služio je uspešno mnogim carevima i kraljevima i tokom svog dugog veka potvrdio je osnovne postulate dobrog građenja, postulate koje je postavio Vitruvije a koji i danas, u savremenoj mostogradnji, imaju svoje mesto – postojanost, funkcionalnost i estetika.

Ovaj veličanstveni rimski most traje vekovima i uspešno odoleva vodenoj stihiji, vremenskim nepogodama i ljudskim nasrtajima. Pretrpeo je četiri velika rušenja: u rekonkisti kada je bio porušen jedan svod (u ratovima protiv Mavara i Kalifa – od 718. do 1492.), u ratu sukcesije (borbe oko nasledstva 1700–1714.), u ratu za nezavisnost i u građanskim ratovima XIX veka. Svi ovi istorijski intervali, koji više koji manje, ostavili su tragove na mostu. U našem vremenu D. Alehandro Miljan inženjer u Institutu „Eduardo Toroha" izveo je uspešnu konzervaciju i restauraciju mosta u Alkantari, uklonio je sve kasnije





dogradnje i nestručne popravke, i tako vratio mostu njegove originalne oblike.

Alcantarā = arapska reč koja ima značenje most

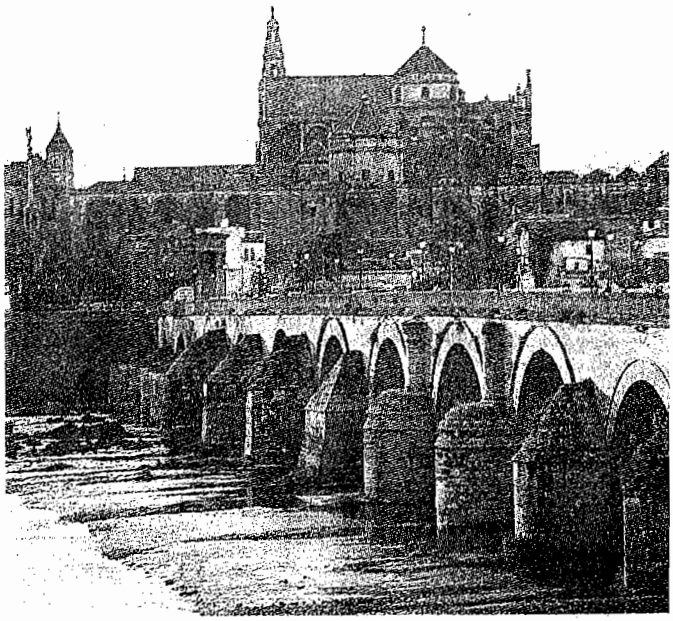
– Carlos Fernández Casado: *Historia dei puente en España*, Madrid.

5.64. MOST U KORDOBI

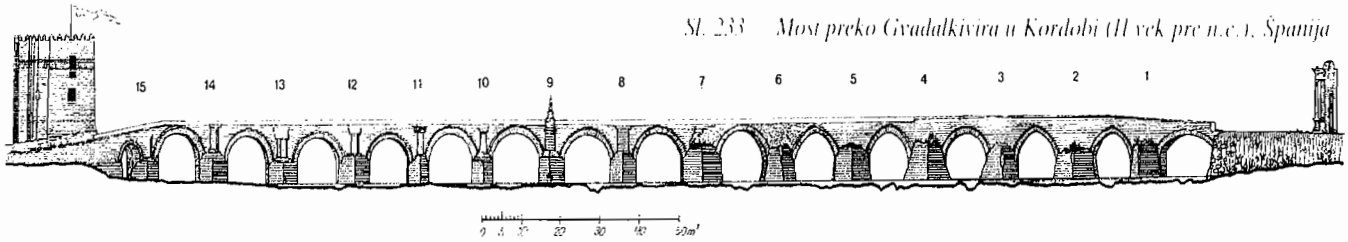
Kameni most preko Gvadalkivira u Kordobi (Andaluzija) napravljen je u II veku pre n.e. Korito reke premošćeno je na znalački izabranom poprečnom profilu sa 16 otvora. I ovaj most je tokom svog dugog veka i postojanja doživeo mnoga saniranja i prepravljanja. Radikalno je ob-



Sl. 232 – Trajanov most preko reke Tajo (Taho) u Alkantari (98–106. godine n.e.), Španija



Sl. 233 – Most preko Gvadalkivira u Kordobi (II vek pre n.e.), Španija



novljen u XVI veku od strane arapskih graditelja. Tom prilikom sagrađena je odbranbena kula, kapija mosta, na desnoj obali reke (u mavarskom stilu).

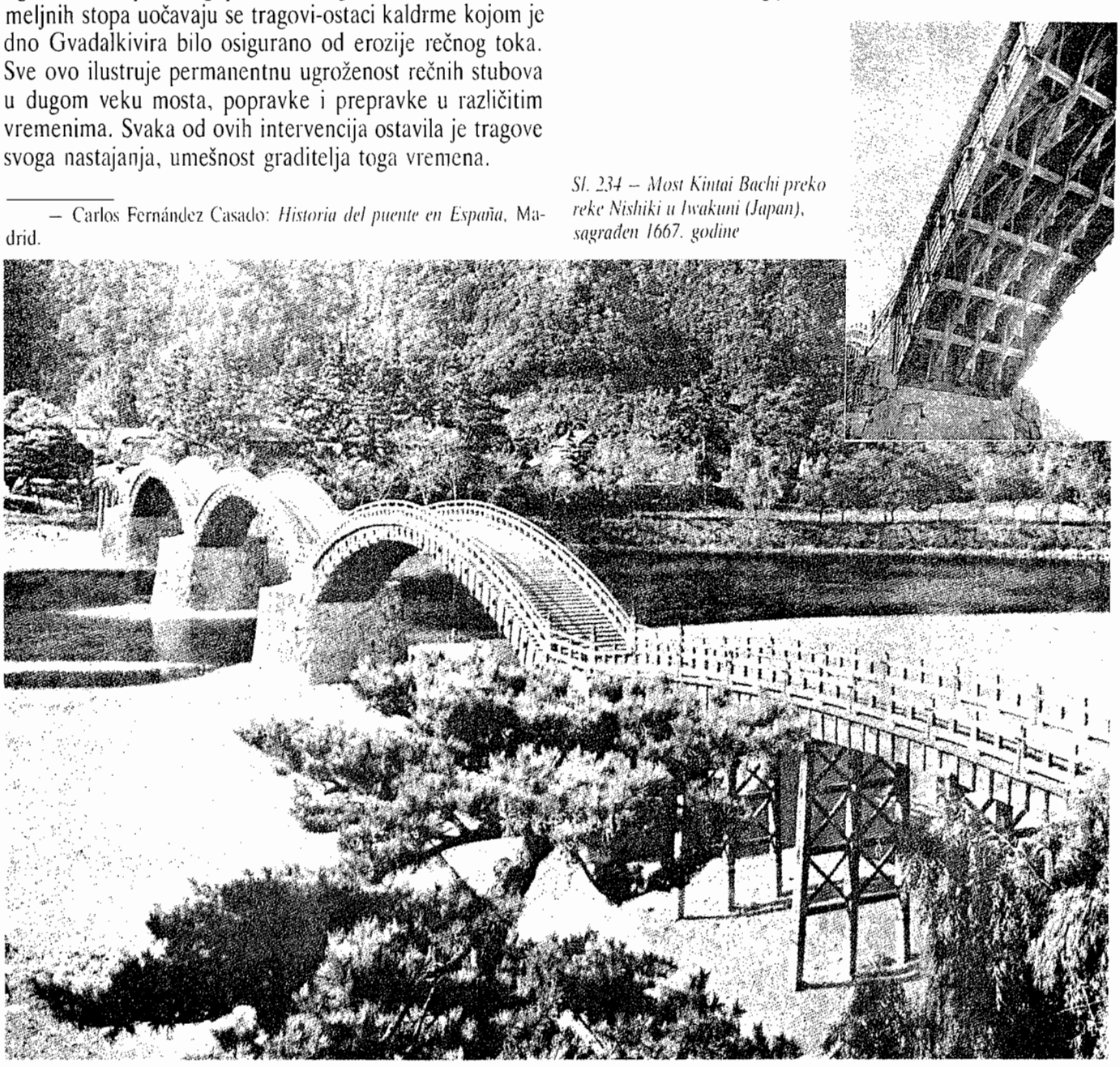
Osnove rečnih stubova i osnova mosta kao celina, koja je u blagoj konkavnoj krivini prema smeru rečnog toka, slikovito prezentiraju posledice mnogih sanacija kroz vreme. Tako, na primer, osnove rečnih stubova približno kvadratnog preseka – sa obostrano izvedenim kljunovima – imaju međusobno različite oblike ali i dimenzije. Širine stubova variraju od cca 5,30 m pa sve do 9,80 m – bez posebnog pravila u rasporedu osnove mosta. Uzvodni kljunovi, a to isto važi i za nizvodne, takođe su međusobno različiti kako po formi tako i po načinu završetka odnosno obliku kapa kljunova. Uočavaju se kljunovi sa trouglastim presekom, najveći broj, ali i preseci kljunova oblikovani kružnim lukovima, polukružni kljunovi, i jedan pravougaonog poprečnog preseka. Kape kljunova, adekvatno oblicima stubova, specifično i različito su oblikovane – uglavnom stepenastog, piramidalnog oblika. U ravni temeljnih stopa uočavaju se tragovi-ostaci kaldrme kojom je dno Gvadalkivira bilo osigurano od erozije rečnog toka. Sve ovo ilustruje permanentnu ugroženost rečnih stubova u dugom veku mosta, popravke i prepravke u različitim vremenima. Svaka od ovih intervencija ostavila je tragove svoga nastajanja, umešnost graditelja toga vremena.

– Carlos Fernández Casado: *Historia del puente en España*, Madrid.

5.65. KINTAI BACHI (Iwakuni, Japan)

Drveni most Kintai Bachi preko reke Nishiki u Iwakuni (Japan) prema istorijskim podacima sagrađen je 1667. godine, za vreme knezova Yoshikama. Dispoziciju mosta čine masivni stubovi od kamena i elegantna lučna konstrukcija od drveta, sa lučnim nosačima segmentnog oblika. Posebnu specifičnost mostu daje oblik nivelete koji je identičan obliku ekstradosa glavnih nosača (glavni rasponi: $3 \times 35{,}10 + 2 \times 34{,}80$ m; ukupna dužina mosta je cca 194 m a korisna širina je 5,0 m).

Ovaj velelepni most porušile su velike vode 1950. godine. Neposredno posle ove havarije most je obnovljen u svemu kako je i ranije izgledao. Konstrukcije lukova od drveta obnovljene su bez korišćenja metalnih spojnih sredstava, dakle, u svemu isto kako su to radili i stari graditelji mostova na ovim regijama.

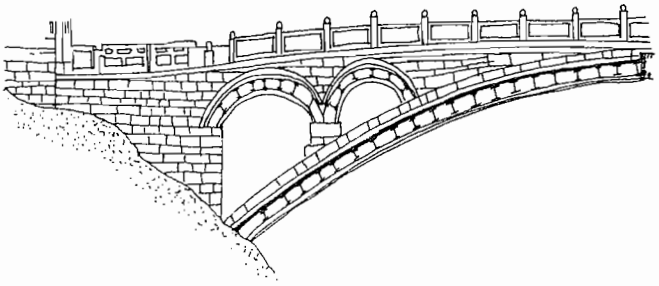


Sl. 234 – Most Kintai Bachi preko reke Nishiki u Iwakuni (Japan), sagrađen 1667. godine

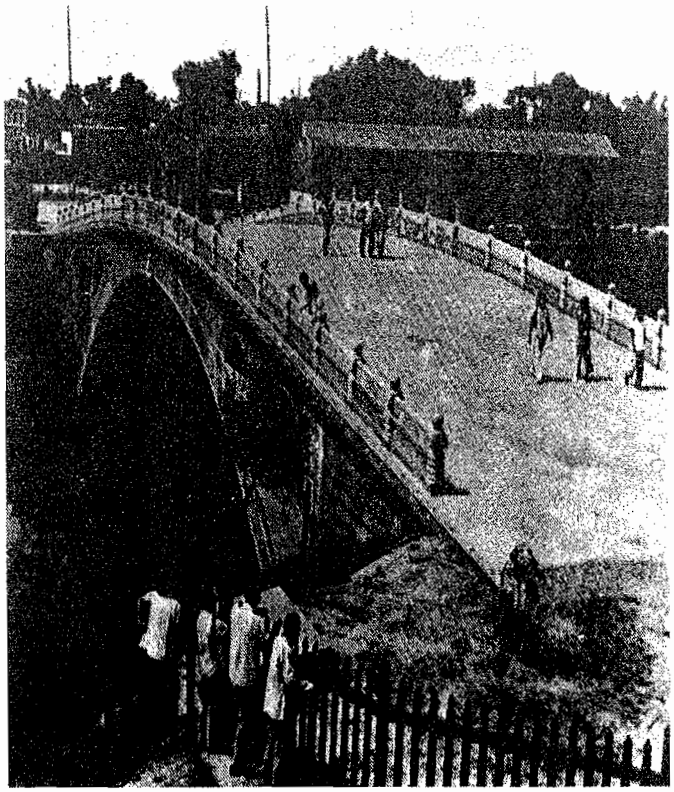
5.66. MOST DŽAODŽOU (Kina – provincija Hebej

Jedan je od najstarijih mostova u Kini. Jedinstven po svojoj lepoti i ondašnjoj graditeljskoj koncepciji most premošćava reku Djao sa jednim otvorom (most je poznat i pod imenom Anzićjao – „Most olakšanja i sigurnosti"). Most je sagradio drevni kineski neimar Li Čun u vremenu između 605. i 617. godine n.e.

Korito reke premošćeno je masivnom svodnom konstrukcijom sa otvorom veličine 34,7 m. Osnovu koncepta čini za ono vreme neuobičajeni segmentni oblik svoda znatne stinjenosti i vidljivi olakšavajući otvori zasvedeni polukružnim svodovima. Ako se prednjem doda – da je svod mosta konstruisan od više međusobno nezavisnih paralelnih lukova, a svaki luk formiran je od 28 tesanika, kao i činjenica da je konstrukcija u svom dugom veku (više od 1300. godina) uspešno prebrodila sve nepovoljne uti-



Sl. 235 – Most Džao-Džou preko reke Djao u Kini



caje – velike vode, zemljotrese, saobračajno opterećenje – onda se jasno razaznaju sve odlike mosta i veliko umeće njegovog graditelja. Skladna proporcionalnost njegovih geometrijskih oblika, estetska svojstva ugrađenog materijala i nenametljiva i posebno karakteristična plastika na ogradnim zidovima – još više uvećavaju sveukupne vrednosti mosta i reprezentuju izuzetnu kreativnost njegovog graditelja. Na mostu Džaodžou mogu se prepoznati i uočiti i principi savremene mostogradnje, principi i načela koji se i danas koriste u građenju masivnih mostova.

Detaljna konzervacija i restauracija mosta izvedena je 1955. godine.

Mao Yi-Sheng: *Bridges in China, Old and New*, Peking, 1978;

5.67. STARI LONDONSKI MOST (London)

U ranoj istoriji srednjevekovnih mostova Zapada jedno od vrhunskih mesta zauzima Stari londonski most, prvi zidani most preko reke Temze u Londonu. Ova jedinstvena mostovska konstrukcija, koja se ne može pohvaliti nekim svojim posebnim konstrukcijsko-estetskim vrednostima, premošćavala je reku na profilu gde je postojao drveni most napravljen 994. godine. Inače, na ovome mestu je postojao drveni most još u vreme boravka rimskih legija u ovim krajevima.

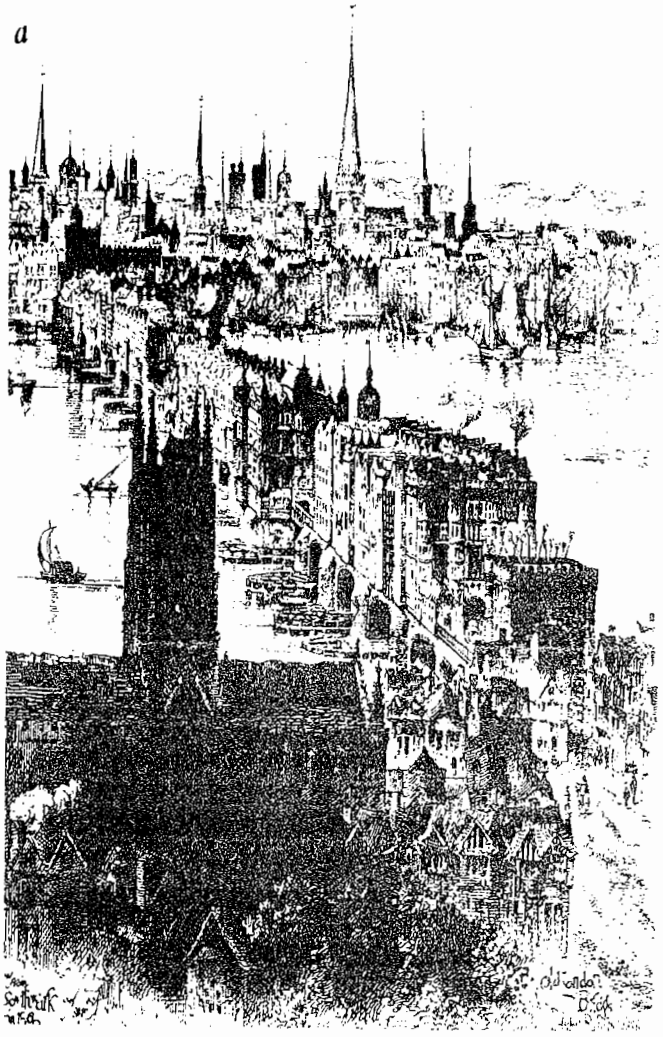
Razmišljanja o dispoziciji ovog jedinstvenog mosta zasnivaju se na oskudnim pisanim podacima i starim graviramа odnosno slikama-crtežima. Zna se da je most građen brojnim novčanim prilozima u vremenu od 1176. do 1209. godine (i kasnije, po završetku građenja, prilozi i uvedene takse korišćeni su za održavanje mosta). Graditelj mosta bio je Pater Peter of Colechurch koga je smrt pretekla da vidi svoje delo završeno (umro je 1205. godine i sahranjen je u kapeli na mostu). Prema podacima iz XVIII veka, inženjera Charles Labelyea, korito reke Temze bilo je premošćeno masivnom konstrukcijom sa 20 otvora. Veličine otvora, zasvedene svodovima bliskim oživalnom obliku, varirale su od 4,57 do 10,67 m. Sedmi otvor mosta, posmatrano sa južne strane, imao je pokretni deo od drveta koji se dizao prilikom prolaska brodova. Ukupna dužina mosta bila je negde oko 282 m a širina između 3,60 i 6,70 m, sa napomenom, da istorijski podaci saopštavaju različite širine. Superstruktura mosta oslanjala se na masivne stubove sa kljunovima. Stubovi su fundirani na masivnim temeljnim stopama izduženog oblika, praktično na veštačkim ostrvima sličnih obliku čamca, koji se preko drvenih roštilja i šipova oslanjaju na dno reke. Ovako oblikovani rečni stubovi umnogome su smanjivali proticajni profil, uvećavali brzinu rečnog toka ispod mosta, tako da je trebalo dosta hrabrosti i umešnosti da bi se čamcem prošlo između stubova.

U XVI veku na mostu su postojale brojne stambeno-trgovačke višespratne zgrade tako da je most ustvari bio

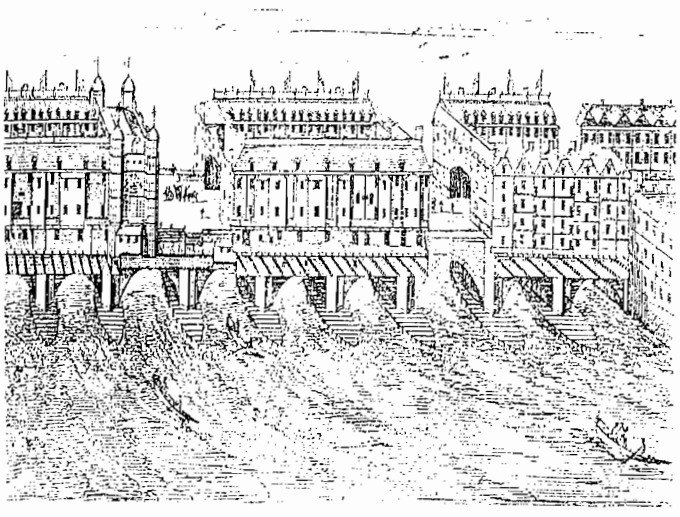
prometna gradska ulica. Prema nekim zapisima na mostu je bilo oko 1000 objekata. Ove zgrade gorele su u požarima 1212, 1633. a najviše u velikom londonskom požaru 1666. gódine kada je stradao veliki broj zgrada na mostu, no, odmah potom, one su obnovljene. Ulaz na most sa južne strane vodio je kroz posebno utvrđenu kapiju. U XVII veku ova nadgradnja je počela postepeno da nestaje, da bi polovinom XVIII veka potpuno nestala (1754). Na taj način most je dobio veću korisnu širinu i osposobljen da primi sve intenzivniji saobraćaj. Most je konačno porušen 1832. godine – posle 623. godina uspešnog trajanja i služenja čoveku.

Funkcije Starog londonskog mosta, posle njegovog rušenja 1832. godine, preuzeo je novi kameni most sagrađen neposredno uz stari i čije je građenje završeno 1831. godine. Ovaj kameni most sa pet otvora eliptičnog oblika (veličine otvora varirale su od cca 46,3, centralni otvor, do cca 39,6 m) sagradio je Sir John Rennie, mlađi, sin graditelja mosta Waterloo. Most je uspešno služio sve do 1970. godine kada je zamenjen savremenom mostovskom konstrukcijom (sa tri otvora).

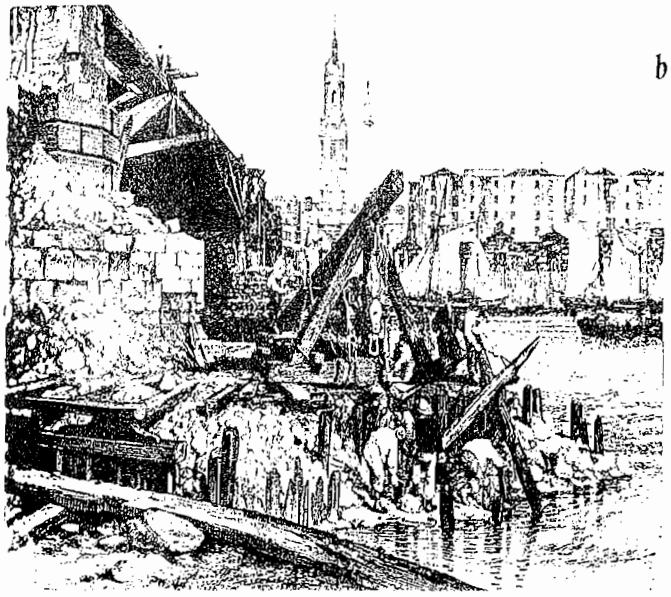
Interesantan podatak, sa aspekta zaštite, prezentira dalja sudbina kamenog mosta koji je zamenio Stari londonski most. Posle cca 140-godišnjeg uspešnog služenja gradu i razmatranja da se most sačuva, konzervira, „okiti" trgovinama i adekvatnim sadržajem od interesa za pešake i da se kao takav dalje koristi isključivo za pešački saobraćaj – preovladalo je mišljenje da se most demontira i „čista" lokacija ustupi novom-savremenom mostu od prednapregnutog betona. Međutim, tokom pripreme i u vremenu građenja novog mosta stari kameni most kupuje bogata korporacija iz Kalifornije, SAD (McCulloch Properties, Inc.) za 1.025.000.- funti sterlinga. Posle znalački provedenih predradnji i priprema, neophodnih za ovakvu vrstu radova, most je demontiran da bi bio rekonstruisan na novom lokalitetu preko okeana, u državi Arizona, u novo sagradenom atraktivnom gradiću na obali Kolorada – Lake Havasu City, SAD. Funkcija mu je nadena u povezivanju grada sa susednim rečnim ostrvom. Sa demontažom je početo jula 1967. godine a jula 1968. godine demontirani materijal je već bio u Long Beachu, u Kaliforniji (uvezen je u SAD bez carine i taksa). Od luke iskrcavanja demontirani granitni blokovi u težini od oko 855 tona transportovani su suvozemnim putem dužine 240 milja (oko 390 km) do mesta rekonstrukcije (istočno od Los Anđelesa). Troškovi rekonstrukcije mosta na novoj lokaciji iznosili su



a

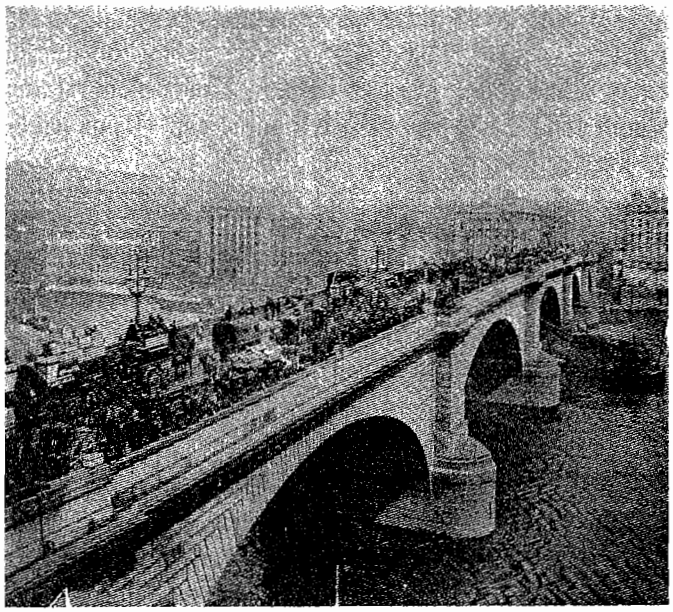


a



b

Sl. 236 – Stari londonski most (1209–1832) preko reke Temze (Engleska): (a) stari crteži; (b) detalj iz vremena rušenja

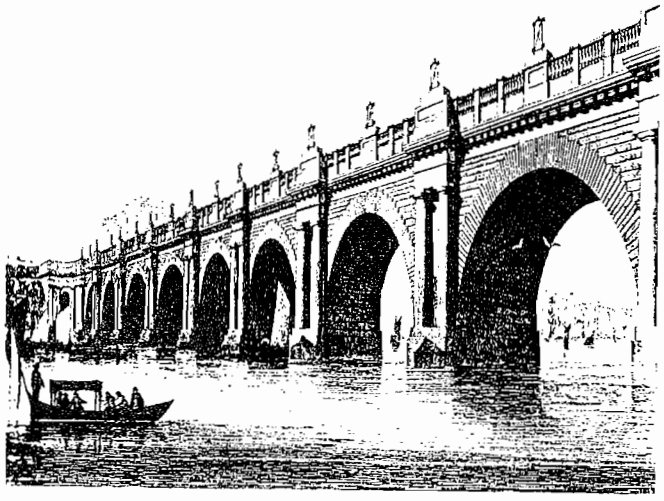


Sl. 237 – Kameni most (1831–1970) – naslednik Starog londonskog mosta

2,460.000.- američkih dolara (približno polovina ovih sredstava utrošena je za transportne troškove).

* * *

Uzvodno od Londonskog mosta između 1811. i 1817. godine sagrađen je kameni most poznat pod imenom Waterloo (i Rennie's Waterloo Bridge) čiji je graditelj bio John Rennie (1761–1821). Osnovu dispozicije mosta Waterloo čine devet međusobno po obliku i veličini identičnih



Sl. 238 – Waterloo Bridge (1811–1817) preko Temze u Londonu (porušen 1939. godine)

otvora (eliptični svodovi otvora vel. 36,6 m). Vredno je pomena da ovaj most ima mnoge sličnosti sa nešto kasnije sagrađenim londonskim mostom odnosno poboljšane konstrukcijsko estetske odlike, što je i normalno, jer se radi o mostovima na istoj reci i po lokaciji dosta blisko jedan drugom – kao i činjenici da su oba mosta tvorevina iste graditeljske porodice, oca i sina. Most je služio sve do 1939. godine kada ga je zamenio savremeni most od armiranog betona, građen od 1937. do 1942. godine (kontinualni nosač sa pet otvora).

– Jervoise E.: *The Ancient Bridges of the South of England*, Westminster, 1930;

– Casson H.: *Bridges*, London, 1963;

– Pannell J. P. M.: *An illustrated History of Civil Engineering*, London, 1965;

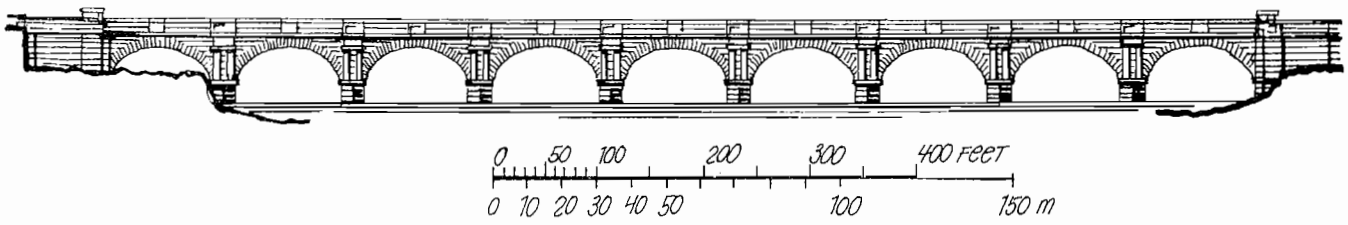
– Charles D. Brown: *London Brigde – planning, design and supervision*, PROCEEDINGS, Volume 54, February 1973;

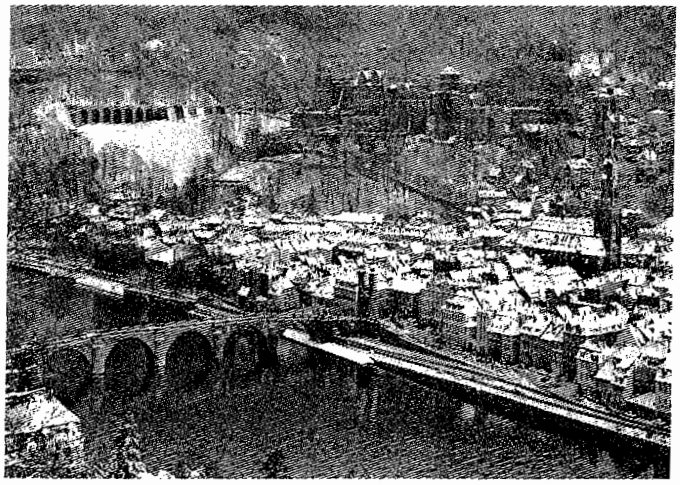
– P. F. Mead: *London Bridge-demolition and construction*, PROCEEDINGS, Volume 54, February 1973;

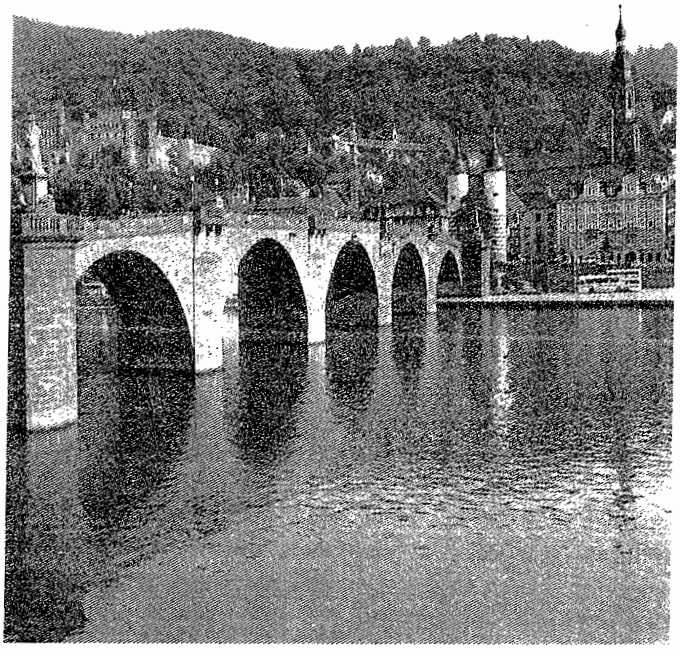
5.68. HEIDELBERG – KARL THEODOR BRÜCKE

Karl Teodorov most premošćuje reku Neckar masivnom kamenom konstrukcijom sa devet otvora. Napravljen je 1788. godine. Most nosi ime po svom utemeljivaču knezu Karlu Theodoru (1742–1799) čijom je željom i zaslugom i sagrađen. Pre građenja kamenog mosta na istom poprečnom profilu reke Neckar postojao je pokriveni drveni most na masivnim stubovima od kamena – napravljen 1711. godine. Na oba kraja ove stare drvene konstrukcije postojali su iz odbrambenih razloga pokretni delovi mosta. Na drugom stubu od desne obale, u sklopu drvenog mosta, postojala je masivna kula kvadratne osnove čija je osnovna funkcija bila odbrana grada. Ovaj most su porušile velike vode i nanosi leda, februara 1784. godine.

Kako beleže istorijski podaci u Heidelbergu je postojao most još u rimskim vremenima. Zna se da je prvi drveni most krajem prvog milenijuma, na već postojećim stubovima od kamena, napravljen u XIII veku i da je 1288. godine most stradao od velike vode Neckara. Sledeća drvena konstrukcija zamenila je porušenu (rečni stubovi su odoleli velikoj vodi) ali je i ona porušena velikim vodama i pritiscima leda – 1308. godine. I dalje su građene







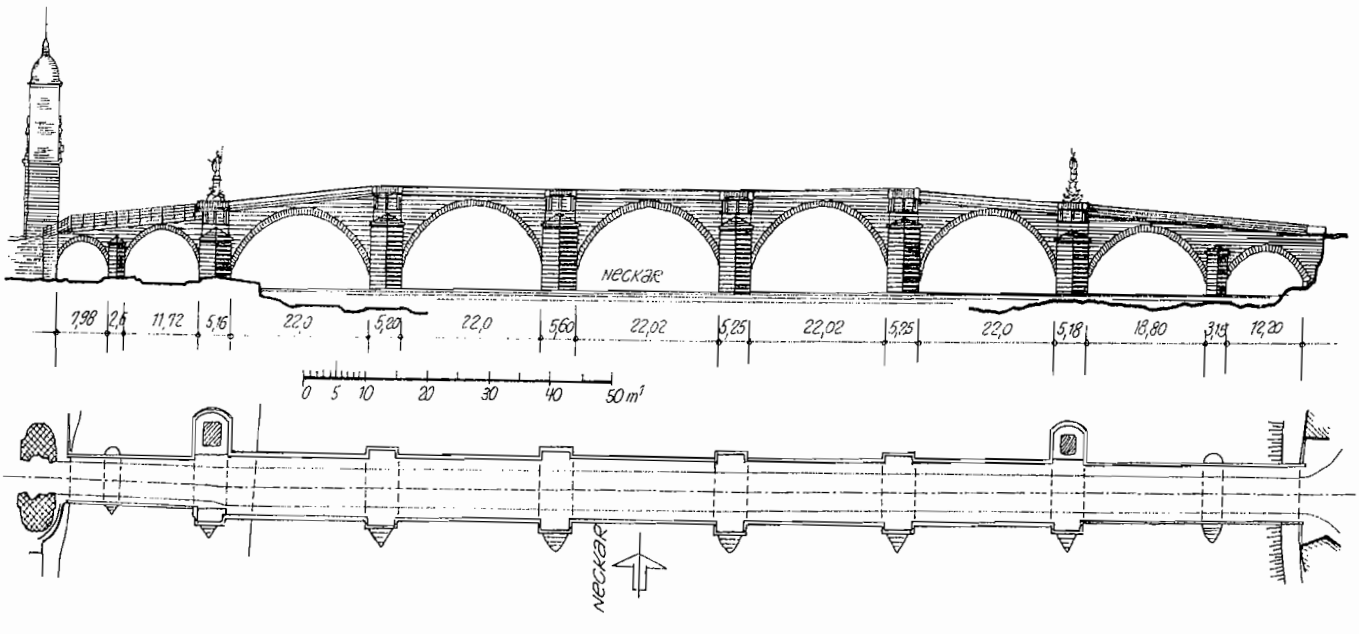
nove drvene konstrukcije superstrukture mosta ali su iste i rušene – 1340, 1400, 1470. i 1565. godine (od uticaja leda i velike vode). Most je stradao i u ondašnjem ratnom vihoru 1689. godine. Posle ove havarije napravljena je nova i puno solidnija drvena konstrukcija, pokriveni drveni most, 1711. godine, most koji je smenila sada postojeća kamena konstrukcija.

Masivna kamena konstrukcija mosta, dužine oko 200 m i korisne širine 7,00 m, sa svodovima po obliku bliskom polukrugu, priključuje se na levu obalu preko dve barokne kule (iz XIII veka) u čijem sklopu je i ulazna kapija mosta, sagrađena 1786/88. godine. Nedaleko od ove kapije, iznad nizvodnog kljuna rečnog stuba a u ravni kolovoza, nalazi se statua Karla Teodora okružena alegoričnim figurama četiri reke – Dunava, Rajne, Nekara i Mozela. Kip sv. Jovana Nepomuka, zaštitnika mostova, koji je svojevremeno stajao na mostu, dislociran je i nalazi se na severnoj obali Nekara.

Istorijske činjenice ukazuju na veći broj intervencija na konstrukciji mosta tokom njegovog postojanja. O ranijim popravkama se nezna mnogo. Međutim, veći sanacioni radovi na rečnim stubovima, na njihovim temeljima koji su najviše bili ugroženi, izvedeni su 20-tih godina ovoga veka. Svoja najveća oštećenja most je doživeo krajem 2. svetskog rata, bombardovanjem 1945. godine, kada su porušena dva rečna stuba i tri svoda. Sanacionim radovima, prilikom restauracije oštećenog dela mosta, rečni stubovi su ojačani armiranim betonom uz korišćenje tekovina savremene tehnologije građenja. Ova obnova mosta okončana je polovinom 1947. godine. Usled povećanog saobraćajnog opterećenja usledili su i određeni radovi na kolovoznoj konstrukciji, izrada armirano betonske ploče ispod kolovozne površine, i ojačanje svodova do leve obale. Most se koristi za javni saobraćaj Heidelberga.

Sl. 239 – Karl-Theodorov most u Heidelbergu (Nemačka)

– Charlotte Jurecka: *Brücken*, Wien und München, 1979;
– Udo Moll: *Brücken in Deutschland*, Bildatlas spezial, HB Verlags und Vertriebs-Gesellschaft mbH, Hamburg, 1983;
– Graefe, H. A.: *Brücken Europas*, München, 1970;
– *Steinbrücken in Deutschland*, Der Bundesminister für Verkehr, Beton-Verlag, Düsseldorf, 1988;



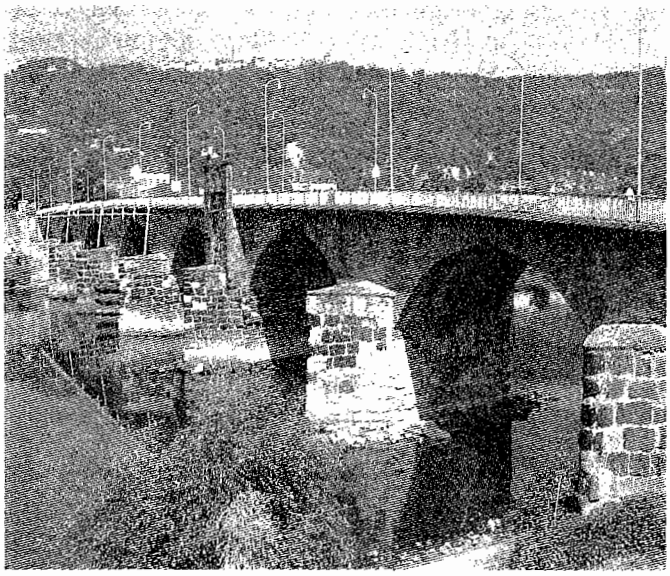
5.69. MOST PREKO MOSELA (Moselbrücke) u Trieru

Postojanje mosta u Trieru (Augusta Treverorum – sedište rimskih kraljeva u III i IV veku) vezuje se za rimsku mostogradnju, za II vek. Poznat je i pod imenom „Rimski most" (prvi pisani podaci potiču od Tacita, od njegove „Istorije"). Zna se da je to bila drvena konstrukcija na masivnim stubovima od kamena (fundiranih na drvenim „šipovima"). Neki istorijski nalazi datuju građenje mosta sa 140. godinom naše ere. Kasnije, u srednjem veku, drvena konstrukcija superstrukture mosta više puta je rušena i obnavljana.

Prvi pouzdani podaci o mostu u Trieru potiču iz 1008. godine, iz vremena kada je Heinrich II, prilikom opsade grada, porušio drvenu konstrukciju mosta. Masovni svodovi od kamena koji su stigli do naših dana, prema autentičnim istorijskim podacima, napravljeni su negde između 1190. i 1490. godine. Tom prilikom, uz određene prepravke, korišćeni su stari rečni stubovi od kamena. Jedan od najstarijih crteža Triera, iz polovine XVI veka, prikazuje ovaj most sa odbrambenim kulama, ulaznim kapijama i visokim parapetnim zidovima. Ovaj i ovakav izgled mosta prikazuje se i na gravirama iz XVII veka.

Prilikom rata sa francuzima (1673–1702) most je delimično bio porušen (francuzi su koristili pontonski most). Most je obnovljen 1717/18. godine (prema planovima Connersa) i kao takav služio je sve do 1784. godine kada je znatno oštećen uticajem katastrofalno velikih voda. Tom prilikom, oštećeno je više rečnih stubova a jedan rečni stub bio je znatno podlokan. Ova oštećenja su ubrzo sanirana. Zabeležene su i popravke na mostu izvedene od 1806. do 1809. godine. Tom prilikom povećan je otvor svoda do leve obale (za 4,50 m), izvedeni su određeni radovi na levom obalnom stubu i na obaloutvrdi leve obale. Ulazna kapija na desnoj obali porušena je 1868. godine. Restauracija pešačkih staza i parapetnih zidova izvedena je 1839. godine. Intenziviranje i modernizacija saobraćaja uslovili su proširenje starog mosta. Prvobitna širina mosta od cca 7.95 m povećana je na 13,0 m – dodavanjem odnosno proširenjem svodova (za 2,20 m – na uzvodnoj strani mosta) i apliciranjem armiranobetonskih konzola koje nose pešačke staze (širine po 2,45 m). Iako je Trier bombardovan 1944. godine most je ostao neoštećen, uspešno je prebrodio strahote poslednjeg rata. Nosivost mosta je povećana radovima izvedenim 1957. godine. Tom prilikom ispod kolovozne površine ugrađene su ploče od prednapregnutog betona i izvršena je konsolidacija odnosno sanirana su uočena oštećenja na rečnim stubovima (i njihovim temeljima). Most se koristi za javni saobraćaj.

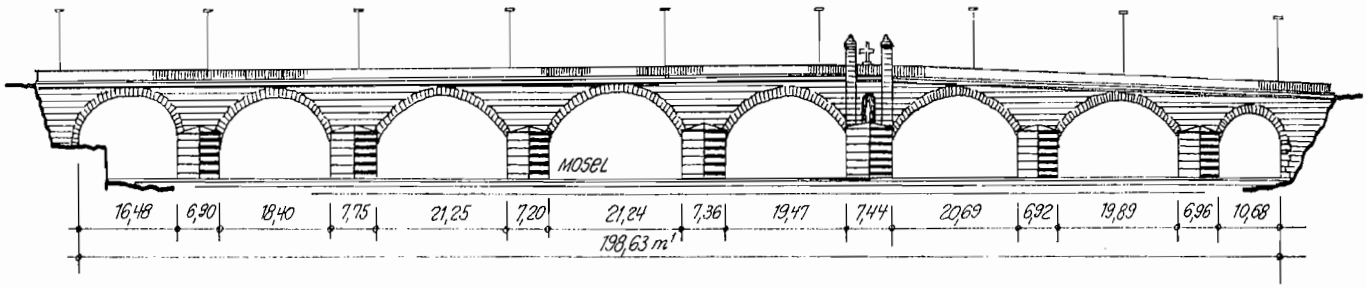
– Literatura ista kao i za most pod 5.68;



Sl. 240 Most preko Mosela u Trieru (Nemačka)

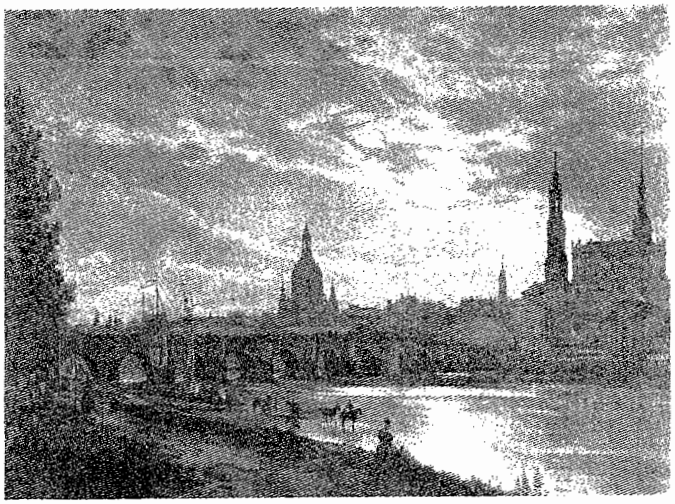
5.70. DREZDEN – MOST PREKO ELBE

Preko Elbe u Drezdenu (postanak grada vezuje se za VI vek), u najranije vreme, prelazilo se brodovima i skelama. Prvi drveni most na ovom lokalitetu napravljen je između 1070. i 1080. godine. Velike vode Elbe uzrokovale su česte popravke ovog mosta, njegovih rečnih stubova – drvenih jarmova. Postepenu zamenu rečnih stubova od drveta – masivnim rečnim stubovima – započeo je grof Oto (Otto der Reiche) sopstvenim finansijskim sredstvima 1173. godine (od prihoda rudnika u Frebergu). Ova godina (1173) vezuje se za početak građenja jedinstvenog mosta preko Elbe, mosta koji je u istoriji mostogradnje poznat i pod imenom Avgustov most. Građenje mosta, gde se sukcesivno drvena konstrukcija zamenjivana masivnim



svodovima od kamena, trajalo je decenijama – sve do 1222. godine. Pouzdani istorijski podaci saopštavaju da je ukupna dužina ove masivne mostovske konstrukcije sa 24 otvora zasvedena polukružnim svodovima bila negde između 525 i 660 m.

Niska niveleta i veliki broj rečnih stubova odnosno bitno smanjenje proticajnog profila reke uslovljavali su česte popravke mosta od štetnih uticaja velikih voda. Osim navedenog, dispoziciono konstrukcijske karakteristike mosta stvarale su određene teškoće u rečnom saobraćaju na reci. Jedna od većih sanacija bila je 1275/76. godine. Inače, zna se da je most popravljen u XV, XVI i XVIII veku, zatim 1728. godine kada su izvedeni veći sanacioni radovi i kada je most proširen dodavanjem konzolnih svodova (iz vremena ove popravke nastala je izreka: „...most u Drezdenu je najduži, najudobniji i najjači, most u Pragu najširi, a u Regensburgu najstabilniji..."). Most je stradao i prilikom Napoleonovog povratka iz Rusije, 1813. godine, kada je miniranjem porušen jedan rečni stub. Sledeće godine ovo oštećenje je sanirano – zidanjem novog stuba i susednih svodova. Most je stradao i 1845. godine od velikih voda reke Elbe – porušen je jedan a nekoliko susednih rečnih stubova pretrpelo je znatne deformacije što se nepovoljno odrazilo na odgovarajuće svodove.



Kao i na većini starih mostova na Zapadu i na ovom mostu ubirala se mostarina i naplaćivale posebne takse za održavanje verskih obreda u njegovoj kapeli (oproštaj grehova). Ovi prihodi služili su za održavanje mosta. Istorija mostova beleži imena više graditelja koji su radili na njegovim čestim popravkama. Između mnogih neimara za most u Drezdenu vezano je i ime majstora Petra (Peter Ulrich) koji je radio i na mostu u Meisseneru.

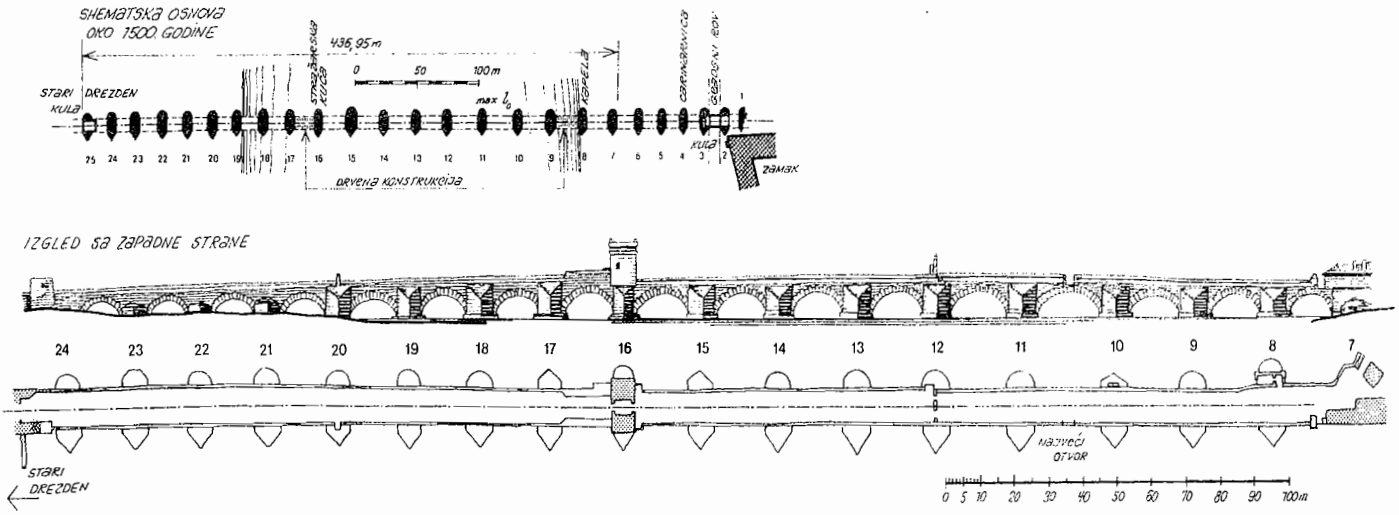
Mnoge nepovoljnosti starog kamenog mosta u Drezdenu među kojima se posebno ističu mala propusna moć, veliki broj otvora male veličine i niska niveleta – uslovili su njegovo rušenje 1907. godine. Novosagrađeni most (autor projekta prof. W. H. Kreis) tako je izveden da umnogome podseća na konture i karakteristike starog mosta. I ovaj most je stradao u poslednjem ratu. Obnovljen je 1948. godine.

– Charlotte Jurecka: *Brücken*, Wien und München, 1979;
– Nagel W.: *Die alte Dresdner Augustus-brücke*, Veröffentlichung des Vereins für Geschichte Dresdens, Dresden, 1929;

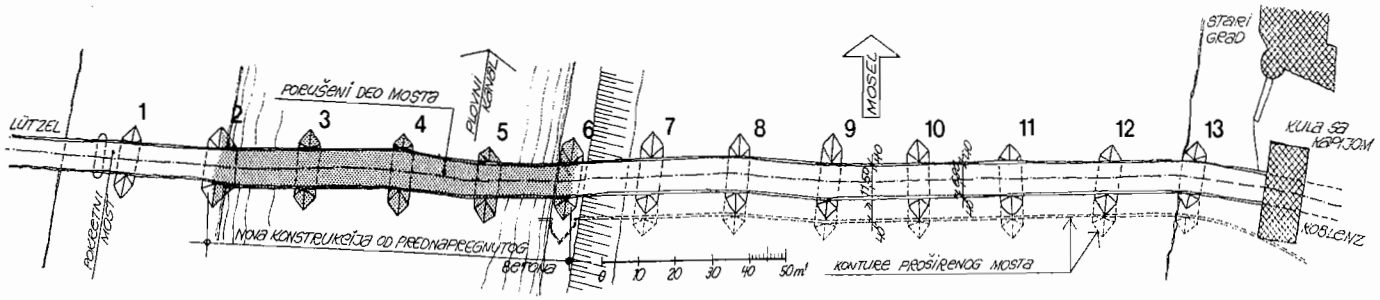
5.71. KOBLENZ – MOST PREKO REKE MOSEL

Most preko Mozela u Koblencu ubraja se među najstarije mostove u Nemačkoj. Poznat je i pod imenom Balduinov most (Balduinbrücke) prema svom graditelju, bolje rečeno utemeljivaču, knezu Balduinu od Luksemburga (1285–1354). Most je napravljen pretežno u XIV veku.

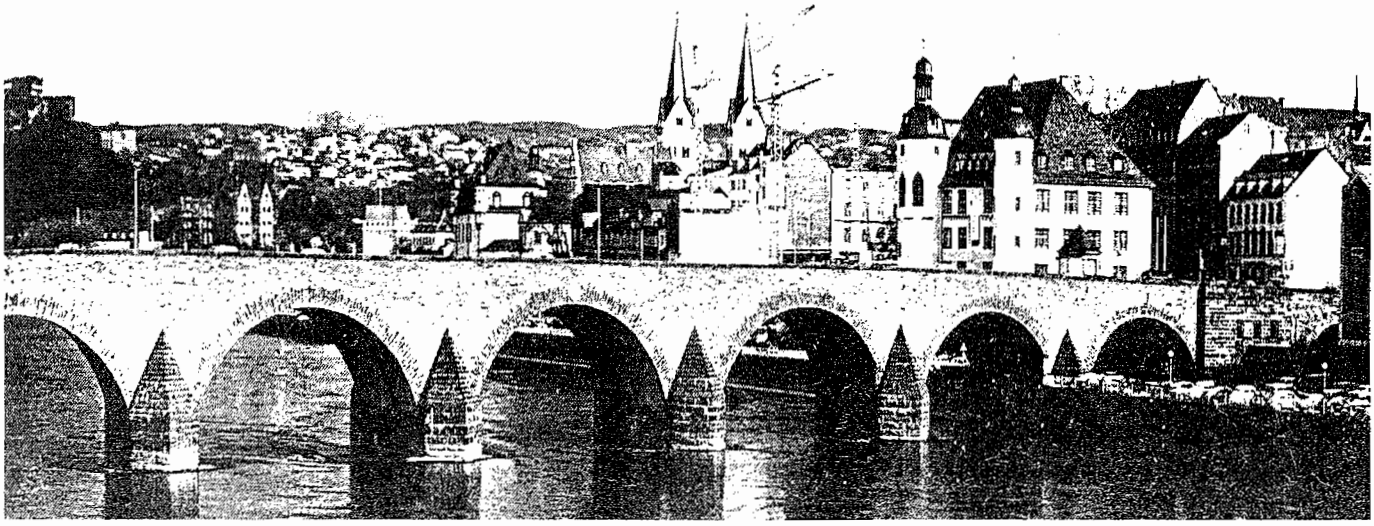
Prvi prelaz preko Mosela napravili su rimski graditelji za vreme Tiberija 9. godine n.e. (za ovo vreme vezuje se nastanak Koblenca, rimskog kastela Confluentesa). Ovaj rimski most, drvena konstrukcija sa 11 jarmova, vekovima je bio jedina veza između Majnca i Kelna. Često je stradao od velikih voda i uticaja leda ali i u mnogim ratovima.

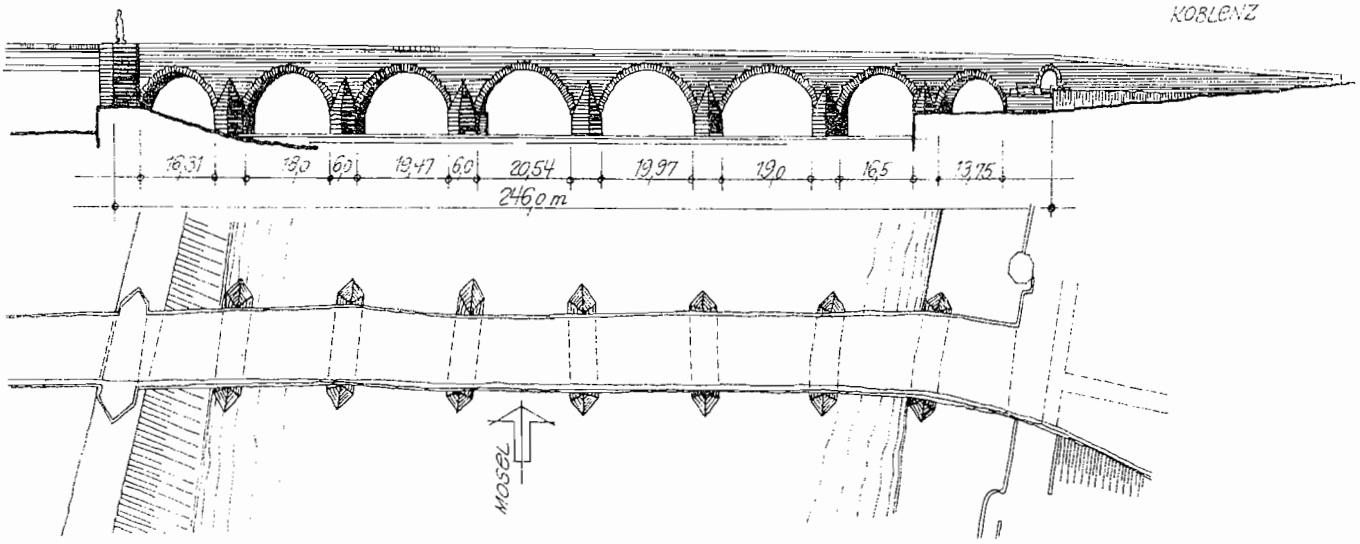


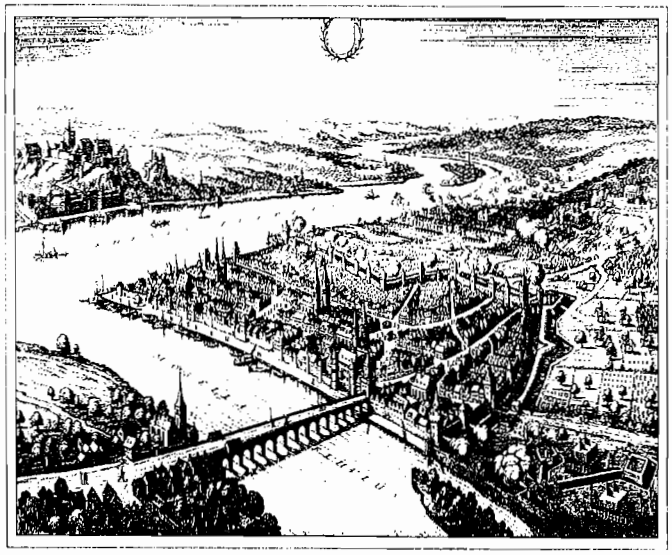
Sl. 241 – Avgustov most preko reke Elbe u Drezdenu



Sl. 242 – Izvorna osnova mosta preko Mosela u Koblenzu – pre proširenja i delimičnog rušenja







Sl. 243 – Koblenz – današnji izgled i osnova mosta i izgled prema jednoj staroj graviri

Posle svakog oštećenja bio je ubrzo popravljen. Početkom V veka most su porušili Germani tako da je Koblenc ostao bez mosta sve do XIV veka (reka se u tom vremenu prelazila skelom).

Gradenje Balduinovog mosta započeto je 1343. godine a završeno najverovatnije 1429. godine kada je okončano zidanje odbrambene kule na desnoj obali. To je najpre bila drvena konstrukcija na masivnim stubovima koja je kasnije zamenjena kamenim svodovima. Ova izvorna dispozicija kamenog mosta, u dužini od 320–325 m, premošćavala je Mozel sa 14 okvirno rečeno – polukružnih svo-

dova otvora veličine 16,50 do 20,25 m. Oblik svodova je prilično neujednačen, sa mnogim nepravilnostima, što se objašnjava nepravilnim položajem rečnih stubova u osnovi mosta i mnogim deformacijama kroz vreme. Rečni stubovi mosta, dužine 7,26 do 12,45 m i širine između 5,10 i 6,10 m, sa obostranim kljunovima trouglastog preseka, kako su pokazala istraživanja – fundirani su na kratkim drvenim šipovima (hrastovim). Podužna osa mosta je blago horizontalno isprelamana što je, po svoj prilici, rezultat fundiranja rečnih stubova propraćen mnogim teškoćama. Na jednom kraju mosta, na levoj obali – prema Lützelu, postojala je pokretna drvena konstrukcija. Posebno je karakteristično da su na mnogim tesanicima (od bazaltne stene) ugrađenim u most urezane majstorske oznake.

Postojanje starog mosta u Koblencu vezano je za mnoge nepovoljnosti – štetne uticaje prirodnih sila ali i mnogih ratnih zbivanja. Mnogo puta je stradao ali je ubrzo zatim saniran. Istorija beleži: 1682. godine – iz odbranbenih razloga ozidani su visoki parapetni zidovi sa puškarnicama i sagrađene su dve kapije na strani prema Lützelu, prema levoj obali; 1688. – prilikom opsade Koblenca most je bio oštećen topovskim đuladima; u XVIII veku porušene su obe kapije i napravljene su dve veće, na krajevima mosta; kapija na strani prema Koblencu porušena je 1775. godine; 1820. godine – uočena su podlokavanja pojedinih rečnih stubova. Sanacija je izvedena tako što su zabijeni dodatni šipovi a u prostor između njih (širine cca 3 m) pažljivo složeni komadi krupnog kamena; nova ulazna kapija na strani prema Koblencu, sa tri prolaza, napravljena je 1834. godine; povećan intenzitet saobraćaja uslovio je uklanjanje masivnih parapetnih zidova i proširenje mosta dodavanjem posebnih pešačkih staza (na čeličnim konzolama); tri svoda stradala su prilikom bombardovanja 1945. godine (do desne obale). Ovo oštećenje sanirano je 1948/49. godine.

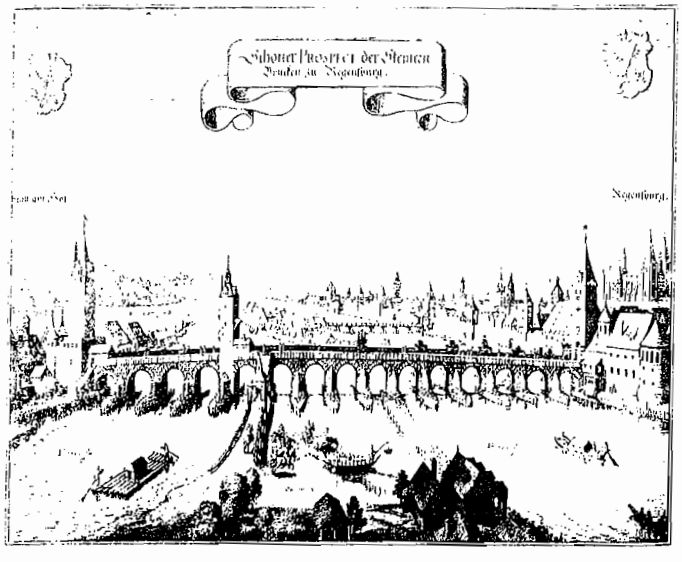
Značajne izmene na dispoziciji Balduinovog mosta usledile su regulacijom Mozela, formiranjem plovnog puta – polovinom ovog veka. Jedan deo starog mosta, prema levoj obali reke, porušen je i zamenjen savremenom konstrukcijom od prednapregnutog betona (otvora 96 m), radi lakšeg prolaza plovnih objekata. Radovi su izvedeni 1964/69. godine. Neposredno zatim, 1972/75. godine, ostatak starog mosta je proširen dodavanjem nove konstrukcije na uzvodnoj strani – širine oko 5 m, tako da je sada ukupna širina mosta između 12,30 i 14,40 m. Prilikom ovih radova izvedeni su značajni sanacioni zahvati na originalnoj-kamenoj konstrukciji, posebno na temeljima stubova.

Na ovom primeru srednjevekovnog mosta iz razloga prilagođavanja savremenim životnim tokovima i potrebama osnovni koncept stvaranja starih neimara radikalno je izmenjen. Izvorna dispozicija mosta preko Mozela izgubila je sva svoja za srednji vek i za istoriju mostogradnje uopšte tako karakteristična svojstva i odlike. Od starog mosta ostala su tri otvora do leve i osam otvora do desne obale – i to znatno prošireni – međusobno spojeni savremenom mostovskom konstrukcijom.

5.72. REGENSBURG – most preko Dunava

Istorijska fakta beleže da su još Kelti a kasnije i Rimljani ispitivali mogućnost prelaza preko Dunava kod Regensburga. Zna se da je Karlo Veliki 792. godine na ovom mestu napravio pontonski most, a nešto kasnije i drveni most koji je uspešno služio do XII veka.

Stari kameni most u Regensburgu ubraja se među najznačajnije srednjevekovne mostove u Nemačkoj. Istorija beleži da je građenje mosta započeto u vreme izuzetno malih voda Dunava, u leto 1135. godine. Po svoj prilici, kako saopštavaju istorijske činjenice, građenje mosta završeno je 1146. godine. Graditelj mosta, njegov neimar odnosno protomajstor, ostao je nepoznat. U osnovnom, prvobitnom konceptu Dunav je premošćen masivnom mostovskom konstrukcijom dužine cca 330 m sa šesnaest otvora veličine od 10,45 do 16,70 m. Podužna osa mosta nije u pravcu što je posledica specifičnog karaktera rečnog toka na mestu premošćavanja – naime, Dunav teče u dva naglašena-odvojena rukavca. Od šesnaest otvora danas su vidljiva samo četrnaest – jedan je skoro potpuno zatrpan a drugi skriven prilazom odnosno ulaznom kapijom. Svojevremeno, na mostu su postojale tri odbranbene kule sa kapijama nešto kasnije napravljene, najverovatnije krajem



Sl. 244 – Izgled mosta u Regensburgu prema jednoj staroj graviri

– Schneider Georg: *Die Balduinbrücke über die Mosel in Koblenz*, Jb. f. Geschichte u. Kunst des Mittelrheins, 1949;

– Udo Moll: *Brücken in Deutschland*, Bildatlas spezial, HB Verlags und Vertriebs – Geselschaft mbH, Hamburg 1983;

– Charlota Jurecka: *Brücken*, Wien und München, 1979;

– Arno Sauer: *Moselbrücke Koblenz, Steinbrücken in Deutschland*, der Bundesminister für Verkehr, Düsseldorf, 1988;

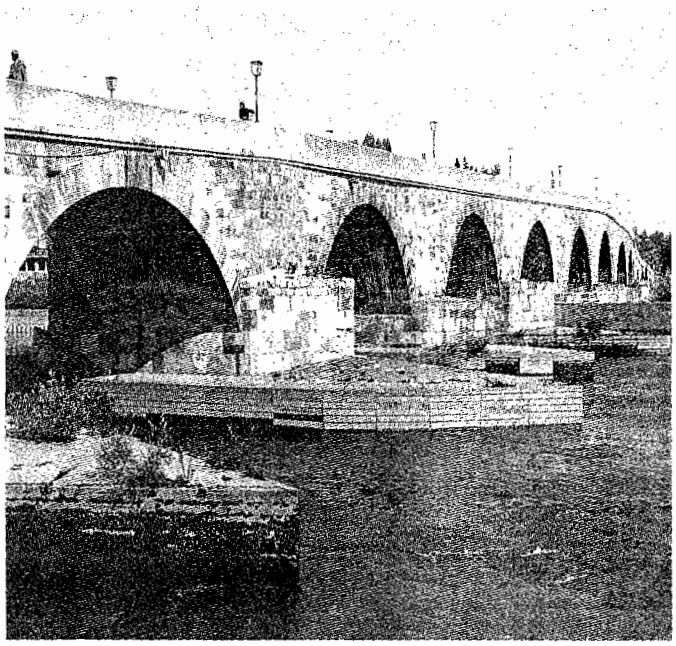
XII veka, koje su postojale do 1784. odnosno 1809. godine. Od ove tri za grad vrlo značajne kule, više puta oštećene i popravljane, do naših dana sačuvala se kula na desnoj obali, koja je istovremeno kontrolisala i ulaz i izlaz iz grada.

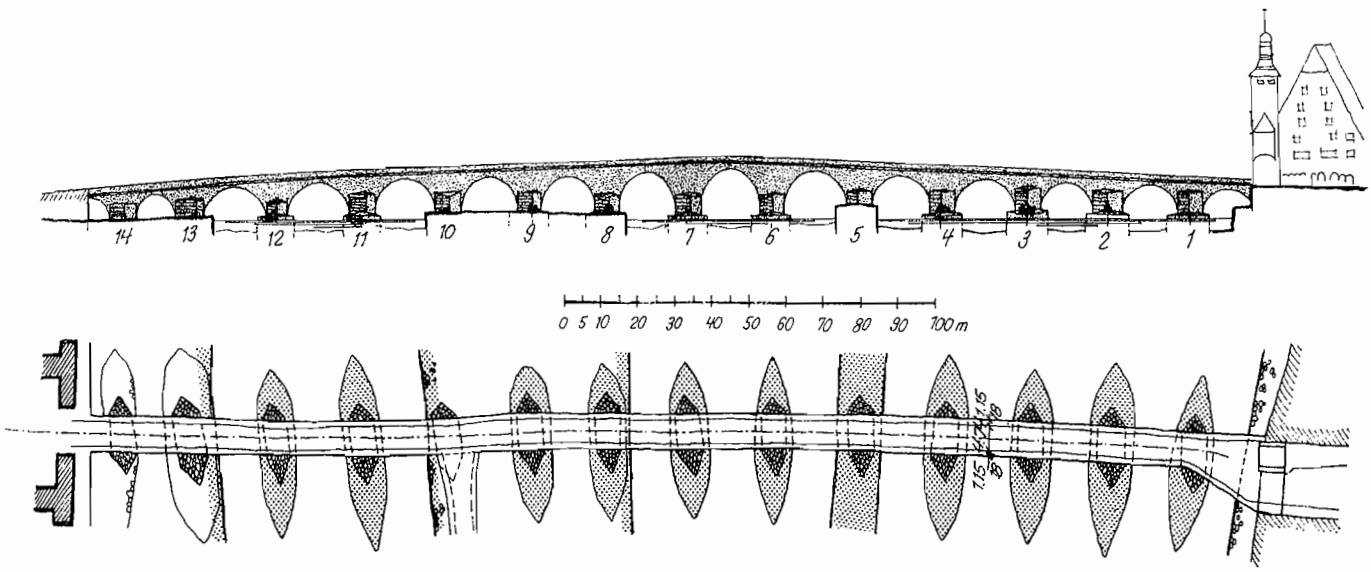
Osim kula na mostu je bilo locirano više stražarskih kućica i jedna kapelica bliže desnoj obali. Na rečnim stubovima bilo je više vodenica kao i jedna veza sa obližnjim ostrvom. Osim navedenog, na mostu i danas postoji više plastičnih reljefa i kip „čovečuljka" – čuvara mosta (Brückmandl). Svi ovi elementi, svojstveni srednjevekovnoj mostogradnji Zapada, formirali su posebno sadržajnu dispoziciju mosta kako po komponenti konstrukcije, funkcije i strategije tako i po liniji estetike – za ondašnja shvatanja. Korisna širina mosta, definisana masivnim parapetnim zidovima, jeste cca 7,20 m (sa dve posebno naglašene pešačke staze širine po 1,15 m). Evidentno je razmišljanje, početkom XX veka (1901/02. godine), posle sanacionih radova na kolovoznoj konstrukciji, da se most proširi – ali se od ove namere odustalo iz razloga poštovanja ovog značajnog spomenika kulture.

Tokom svog dugog postojanja, više od 800 godina, most je pretrpeo mnoga oštećenja ali i popravljanja. Kroz sva ta ne tako mala iskušenja praktično je ostao neokrnjen i u svoj svojoj veličini i konturama stigao je do naših dana. Kako su rečni stubovi, sa obostrano izvedenim kljunovima trouglastog horizontalnog preseka, fundirani na kratkim hrastovim šipovima, praktično postavljeni na „veštačkim ostrvima" izduženog oblika i hidraulički povoljne osnove koja se mogu identifikovati i kao temeljne stope rečnih stubova – to su ovi elementi tokom postojanja mosta bili izloženi udarima vode, pritiscima leda i drugim nepovoljnostima. Kao takvi više puta su bili oštećeni i potom sanirani (na ovim stopama postojale su vodenice koje su konačno uklonjene 1784. godine). Iako je stradao od nepovoljnih uticaja mnogih velikih voda, najveća oštećenja most je doživeo od čoveka, od njegovog nehata i nepromišljenih poteza. Jedan otvor (treći od desne obale) stradao je prilikom odbrane grada 1632. godine. Obnovljen je drvenom konstrukcijom. Prilikom napada Francuza (1800/13) postojala je namera da se most miniranjem poruši, međutim, na njegovu sreću, od ove monstruozne ideje se odustalo tako da je most doživeo samo neka manja rušenja. Porušen je obalni stub i kula – 1809. godine.

Most je najviše stradao u poslednjem ratu, 1945. godine, kada su nemačke trupe srušile jedan rečni stub i dva svoda, do desne obale, i dva svoda i jedan rečni stub bliže levoj obali (pošto su ostali mostovi u gradu bombardovanjem bili porušeni). I prilikom saniranja ovog oštećenja postojalo je mišljenje da most treba proširiti. No, prevagnulo je mišljenje da most treba sačuvati u izvornom obliku.

Posleratni sanacioni radovi osim rekonstrukcije porušenih svodova obuhvatili su i ojačanje temelja rečnih stubova odnosno „veštačkih ostrva" (za ove radove korišćeni su savremeni građevinski materijali i tehnologije građenja). Prilikom restauratorskih radova na svodovima, ume-

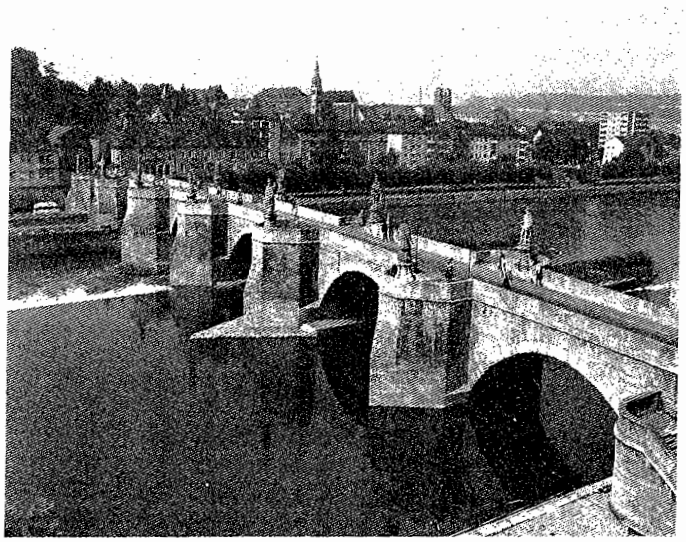


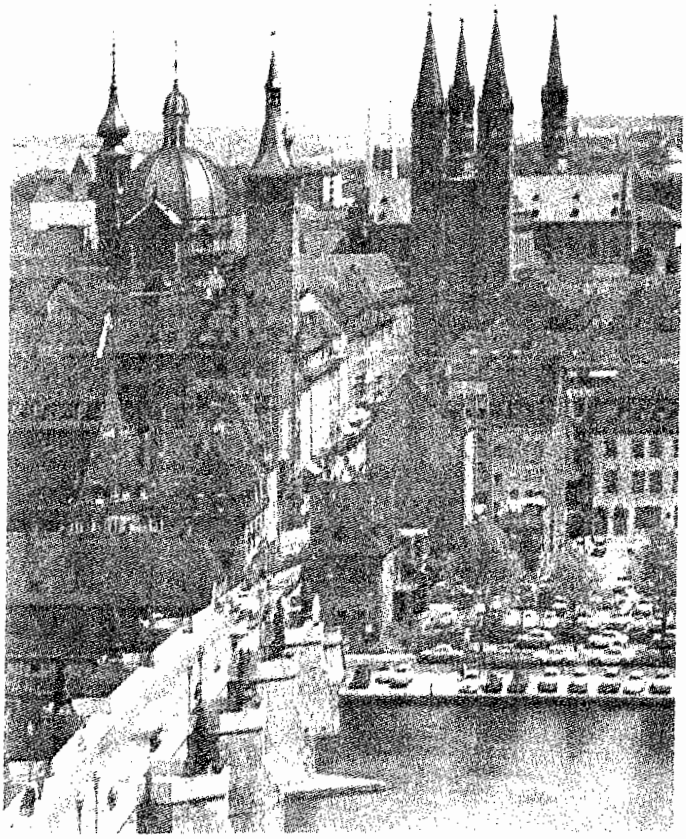


Sl. 245 – Dispozicija i izgled mosta preko Dunava u Regensburgu

sto oštećenih i nedostajućih tesanika ugrađen je nov kamen. Oštećenja tesanika na vidnim površinama mosta (od peščara) – nastala ne samo od propadanja kamena kroz vreme i mehaničkih uticaja već i od štetnih uticaja gasova u atmosferi – sanirana su ekstrakcijom oštećenih komada, plombiranjem, odnosno kod površinskog oštećenja zaštitom specijalnim i za ovu vrstu radova pogodnim hemijskim sredstvima. Ovi obimni radovi na obnovi i sanaciji starog mosta započeti su 1958. a završeni 1962. godine.

Nepovoljnosti izvornog koncepta premošćavanja Dunava, sa aspekta režima rečnog toka odnosno postojanja „veštačkih ostrva" u koritu reke, nisu mogle biti znatnije ublažene poslednjim sanacionim radovima. Tako je, od današnje dužine mosta 308,7 m na širine stubova otpada 93,55 m (cca 30%) odnosno na širine „veštačkih ostrva" 186,2 m (60%). Što znači, da je širina proticajnog profila ispod mosta svega 122,5 m – što predstavlja velike smetnje u protoku Dunava ali i latentnu opasnost i štetne uticaje po stubove mosta.





– *Steinbrücken in Deutschland*, Der Bundesminister für Verkehr. Beton-Verlag. Düsseldorf. 1988;

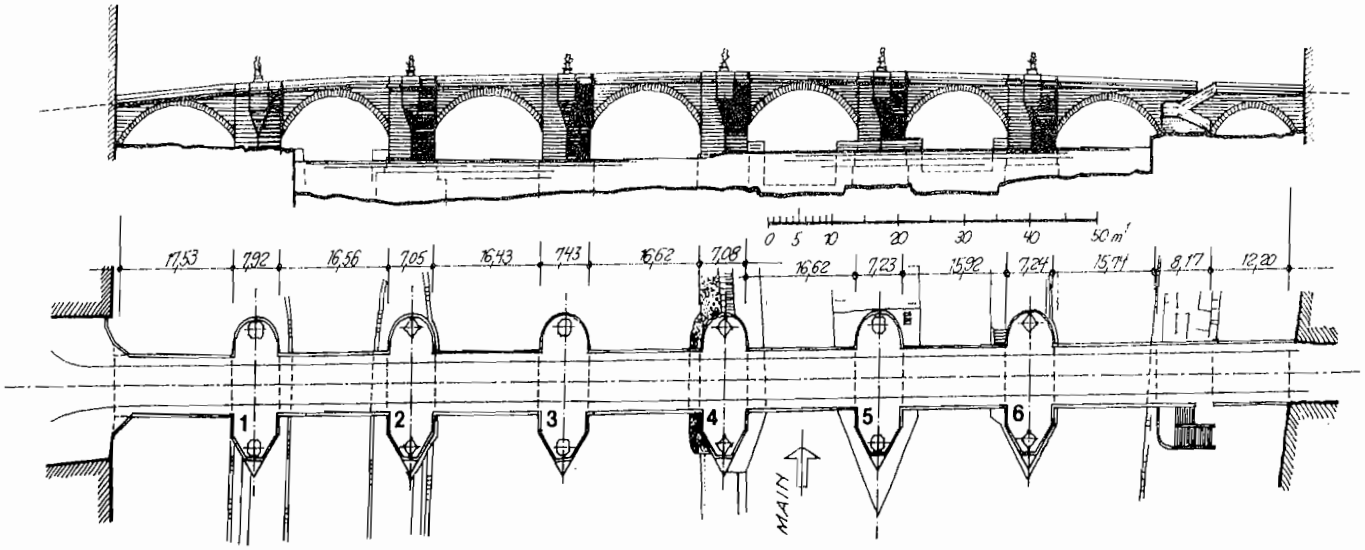
– Charlota Jurecka: *Brücken*, Wien und München. 1979;

– Stadt Regensburg – Tiefbauamt: *Die Steinerne Brücke* Aufsatz (Nr. 65.2)

5.73. MOST PREKO MEINE U WÜRZBURGU

Kameni most preko Meine u Würzburgu jedinstven je primer srednjevekovne mostogradnje Zapada. Most je poznat i pod imenom „Marijin most" (Marienbrücke) prema obližnjem utvrđenju (i brdu). Zna se da je pre građenja kamenog mosta, na istom poprečnom profilu, Meina bila premošćena drvenom konstrukcijom.

Sl. 246 – Dispozicija mosta preko Meine u Würzburgu (Nemačka)



Kako poručuju hroničari, na ovom poprečnom profilu Meine 1120. godine napravljen je prvi kameni most u Nemačkoj. Most je sagradio Enzelin. Od ovog mosta, koji je bio koncipiran sa ulaznim kapijama, kulama, i pokretnim drvenim konstrukcijama u krajnjim-priobalnim otvorima, do naših dana stigao je samo jedan svod preko ulice na desnoj obali reke. Krajem XV veka most je počeo da pokazuje znake destrukcije, čak je bilo uvedeno izvesno ograničenje saobraćaja, pa su gradske vlasti preduzele potrebne mere za građenje novog mosta. Građenje novog mosta, koji i danas postoji, započeto je 1476. godine. Most je napravljen na istom poprečnom profilu reke i to tako što su stari stubovi detaljno obnovljeni, neki prezidani, tako da je restauracija odnosno rekonstrukcija rečnih stubova završena 1488. godine. Preko rekonstruisanih rečnih stubova, uz pomoć dodatnih drvenih jarmova, postavljena je najpre drvena konstrukcija (koja je zahtevala znatne troškove održavanja). Sa građenjem kamenih svodova započeto je 1512. godine a most kao celina završen je tek 1703. godine. Dugo građenje mosta (227 godina) objašnjava se slabim priticajem potrebnih novčanih sredstava ali i stalnim sporovima između gradskih vlasti i biskupije. Za vreme „cvetanja" baroka građevina je iz religioznih pobuda ukrašena statuama svetaca (koji štite i most i one koji preko njega prelaze). Među kipovima svetaca nalazi se i statua Sv. J. Nepomuka, zaštitnika mostova.

Inače, izvorna dispozicija mosta premošćava reku sa osam otvora zasvedena segmentnim svodovima male stinjenosti. Dva krajnja-priobalna svoda imaju u odnosu na druge nešto veću stinjenost i dosta nepravilan oblik intradosa (posledica deformacija kroz vreme). Masivni i specifično oblikovani rečni stubovi, širine između 7,05 i 8,17 m, formirani su sa kljunovima – trouglastog (na uzvodnoj strani) i polukružnog poprečnog preseka. Po visini idu do ravni kolovoza i završavaju se parapetnim zidovima koji u osnovi prate horizontalni presek stuba. U ovako formiranim nišama, proširenjima pešačkih staza, locirani su pomenuti kipovi svetaca (visine 4,5 m). Korisna širina mosta definisana masivnim parapetnim zidovima (debljine cca 40 cm) je: 3,85 m kolovoz + dve pešačke staze širine po 1,50 m = ukupno 6,85 m. Zbog bolje veze mosta sa desnom obalom reke, sa gradskom ulicom, napravljeno je 1875. godine stepenište, među meštanima Würzburga, poznato pod imenom „srebrne stepenice" (jer su koštale duplo više od predračunske vrednosti).

Razvojem grada i sve većim gradskim saobraćajem, polovinom XIX veka, stari kameni most je postao nepodoban i nedovoljan. Građenjem dva nova gradska mosta stari kameni most je oslobođen velikog saobraćajnog opterećenja. Prilikom bombardovanja, aprila 1945. godine, bila su porušena dva svoda – između stubova 3 i 5. Ovo oštećenje sanirano je 1949/50. godine. Obimni restauratorski radovi izvedeni su 1976/77. godine. Tom prilikom obnovljeni su svi svodovi – jedan je ojačan armiranim betonom, izvedeni su obimni sanacioni radovi na rečnim stubovima, na zaštiti temelja, i radovi na izradi nove hidroizolacije odnosno sanaciji kolovozne konstrukcije.

– Udo Moll: *Brücken in Deutschland*, Bildatlas spezial, HB Verlags und Vertriebs – Geselschaft mbH, Hamburg 1983;

– Charlota Jurecka: *Brücken*, Wien und München, 1979;

– *Steinbrücken in Deutschland*, Der Bundesminister für Verkehr, Beton-Verlag, Düsseldorf, 1988;

– Seberich Franz: *Die alte Mainbrücke zu Würzburg*, Mainfränkische Herfte, Heft 31/1958.

NEŠTO KAO ZAKLJUČAK

Autor nije posebno vodio računa o hronološkom citiranju objekata. Isto tako, veliki broj mostova, i pored svojih kvaliteta, nije našao mesto u koricama ove knjige. Mostovi o kojima je ovde pisano izabrani su po kriterijumu aktuelne problematike sa aspekta zaštite i ugroženosti kroz vreme i značaja za mostogradnju pojedinih regija. Dati primeri mostova koji su nestali, ljudskom rukom porušeni ili zubom vremena uništeni, imaju zadatak da čitaocu predoče mnogoznačne kvalitete i upotpune sliku o ranijim mostogradnjama. Koliko se u tome uspelo proceniće čitaoci.

Kraći „izleti" u arhitektonsko-estetske analize, odnosno razmatranje čisto istorijskih činjenica posledica su neminovnosti apostrofiranja ovih parametara, jer su sastavni, zapravo nerazdvojni deo mostova značajnih za istoriju mostogradnje i sa njima čine celinu.

Vizuelni utisci o pojedinim mostovima svoju punu vrednost i kvalitet dobijaju ako se imaju u vidu vreme i uslovi pod kojima su nastali, stanje tadašnje tehnike građenja i stručno, ali i opšte obrazovanje njihovih graditelja. Tek ako se ovako posmatraju uočavaju se sve njihove ne tako male vrednosti. Savremeni graditelji mostova, i ne samo mostova, koji su se bar malo ogledali u stvaranju, sa svojih aspekata i iz svojih praktičnih iskustava, u susretu sa delima starih neimara bez mnogo teškoća sagledaće svu njihovu grandioznost i svrsishodnost, sve njihove mnogoznačne kvalitete.

U kontekstu izlaganja ove materije date su i podvučene mogućnosti zaštite starih mostova. Međutim, ovaj i ovakav rad u stvari je i jedna vrsta zaštite ovih objekata. Čuvaju se od zaborava, inicira se i usmerava dalji rad na njihovoj zaštiti, mlađim naraštajima ukazuje na vrednosti nekadašnjih mostogradnji i daje podstrek da se ovom poslu posvete, da u njemu nađu radosti stvaranja u struci.

Neosporno da je rad na spomenicima kulture druge vrste puno interesantniji, za kulturu jednog naroda značajniji, kompleksniji po problematici i kao takav angažuje znatna finansijska sredstva i veći broj poslenika različitog obrazovnog profila. Mnogi se posebno školuju i usmeravaju na ovakav rad. Međutim, i mostovi imaju svoje mesto u ovom radu. I sa njima treba adekvatno postupati, iako su oni monumentalniji, po komponenti arhitekture ne tako rafinirani ali sadržajni, i ne od malog značaja za rad i život čoveka, za njegovu opštu kulturu. Bili su i biće.

Boriti se sa vodenom stihijom, sa vodom, raditi u vodi i na vodi i graditi objekat koji treba da traje u prirodi, da se nosi sa ćudima vremena, a da pri tome nosi opterećenje, uspešno primi saobraćaj preko prepreke i olakša život čoveku nije nimalo prosto ni jednostavno, posebno u prošlosti. Bilo je i biće izazov graditelju za uspešno stvaranje.

Veliki broj ilustracija, crteža i fotografija dat je radi pojašnjenja relativno kratkog teksta. Zajedno, formiraju utisak o mostu — prezentiraju stari most i kao građevinu i kao kulturno-istorijski spomenik, njegovo dugo postojanje u najrazličitijim uslovima u stalnoj službi čoveku.

Po onome šta se i kako uradilo na polju sanacije, konzervacije i revitalizacije starih kamenih mostova u nas a i u Evropi zaključno sa XIX vekom, kako nam saopštava graditeljsko nasleđe ove vrste koje je stiglo do naših dana, može se generalno zaključiti: — svako nastalo oštećenje saniralo se po principu minimuma troškova; — svaka iole značajnija popravka nosi pečat svoga vremena kako po načinu prilaza sanaciji tako i po kvalitetu građenja, saniranja; — proširenja mostova izvođena su bez obzira na uticaj ovih radova na arhitekturu i konstrukcijske odlike mosta kao celine; — najviše štetnih uticaja bilo je na temeljima mostova. Mnogi su neadekvatno sanirani, tako da ima primera da su stubovi mosta više puta popravljani. Temelji stare konstrukcije mosta, mada to nije pravilo, bili su uglavnom osnova za ponovno zidanje srušenog dela mosta ili mosta u celini; — odbrambene kule, tornjevi, ulazne kapije i slično, vremenom i razvitkom saobraćaja ustupili su mesto novostvorenim fukcionalnostima mosta; i — primeri da je pored postojećeg starog mosta, i kada je on bio neoštećen, napravljen nov most.

Savremeni principi zaštite i konzervacije starih mostova primenjuju se od početka XX veka. Od ovog vremena ovi radovi izvode se po načelima i prihvaćenim pravilima službe zaštite spomenika kulture nepokretnog karaktera.

Mostovi su imali i imaju značajnu ulogu u svakodnevnom životu čoveka. Neumitni progres društva i sve ono što on sa sobom donosi i dugo vreme sa svim svojim pomost nepovoljnim faktorima učinili su svoje. Mnogi su nestali, veliki broj je stigao do naših dana u izmenjenom obliku, ali mnogi su i uspešno prebrodili sve te nepovoljnosti i stigli do naših dana u svom izvornom obliku. Na njima nema više odbrambenih kula i tornjeva, pitoreksnih stambenih zgrada i minijaturnih trgovina, na njima nema više životnih radosti u susretima ljudi, gradskog i prigradskog stanovništva. Nema više one tako karakteristične i jedinstvene živosti na mostovima, zbivanja koja život znače. Moderno vreme je učinilo svoje. Danas se preko mosta prelazi a da putnik ne primeti da je na njemu bio.

U Beogradu, juna 1989.

OLD STONE BRIDGES

- anatomy
- pathology
- protection
- rehabilitation
- conservation

Long lasting, hard research work and the study of old stone bridges in Yugoslavia and abroad, together with numerous activities directed to rehabilitation, protection and revitalization of monuments of culture of this kind, have inspired the author to present his experience to a broader circle of interested persons and especially to those to whom this kind of work is or will be the basic professional preoccupation. This is specially emphasized by the fact that problems, each specific in itself, composed and complex, require special activities in special conditions.

Fig. 1, 2, 3

During their long existence, many bridges have been subjected to a number of repairs and alterations. All these small or big changes come as a result of specific rehabilitation works and adaptation of the bridge to the current requirements of society. For these reasons, it is difficult, on some of the bridges, to recognize the basic conception of the old builder. It is the purpose of the text to show all that has happened to these bridges through time, how and with what consequences they went through those historical changes in the permanent service of man. At the same time several interesting examples of ruined old bridges are presented.

The history of bridges holds a marginal place in many histories of architecture, but it has an important place in the evolution of bridge building. Among old bridges, structures can be found which in themselves and on themselves contain many elements which emphasize and mark a certain period of building, skill and creativity of the ancient builders, in the societies of the past. These are the reasons to pay special attention to the old bridges.

* * *

The long bridge building history has been established through a many-century long struggle of man to conquer the natural obstacles with the facilities at his disposal and thus to make his life richer. Such permanent struggle with nature has enabled an inevitable evolution of construction, making the builders inheritance richer, intensifying, with time, the creativity of the old builders. The experience of the builders of this kind, as it is shown by the presented examples, is grounded on specially created rules in construction, codes, on the rich and time created experience which, in fact, makes the basis of the traditional way of construction. All those structures observed from the point of view of modern bridge construction incorporated in specific surroundings and with a function to suit their purpose, possess constantly stable values and are important for the history of the inheritance of builders.

Old stone bridges which "reached" our days, in whole but in ruins, too, together with those about which we gain knowledge from the documents in writing, cover the time period from Antiquity to the time when bridge building is founded on the

4, 5

science on bridges. Such a large period of time contains a number of development stages and each stage, each group of bridges, contains some specific features depending on the corresponding conditions of construction at that time, and on social factors. Regarding the aforementioned facts and the integral knowledge to the builders' inheritance of the kind, although that is a topic of a separate study, the old bridges can be divided into:

(a) Pre-Roman bridges where groups can be observed of Egyptian, Messopotamian, Hitite, Cretian and Mycene bridges; the bridges of Ancient Greece and the bridges of the Far East, for example China;

(b) Roman bridges with subgroups – the bridges of Roman bridges during the time of the Republic, and the Roman bridges during the time of the Empire;

(c) Bridges of the Middle Ages cover the bridges of Byzantium, of the Osman civilization and the groups of bridges erected in the states of that time outside Byzantium and the Turkish Empire. As this group of bridges covers a very large area, it requires further determination grounded on clearly defined relevant parameters;

(d) Bridges of the Renaissance and the group of the master builders's bridges – Peronette and Paul Séjourne.

2. From the history of bridges. This chapter contains a short survey of the development of bridges – starting with the oldest periods to the time of Peronette and Séjourne. The first bridges, as it is known, were built following the example of the bridges created by nature itself. So nature was the first teacher. The first bridges man has learnt to build were wooden bridges. Through the development of living conditions – the appearance of the exchange of goods – commerce – but also through war strategy, building of bridges started to be intensified with the creation

6, 7, 8

of the first principal rules for bridge building. These rules were used for as long as they were practical and useful. During that, not so short period of time, in which the appearance of thoughtful forms and "systems" was rather monotonous, bridges with one or more openings used to be constructed. By gaining new knowledge, through wars and mixing with neighbouring tribes and trough his evolution as a creator, man started constructing bridges possessing new structural forms with new contents. The bridges became more versatile and more complex. Stone started to be used, not only wood. At first, the utilization of stone was imitating the utilization of wood in order to later on gain more and more complex forms. A more complex form of the river pier, appears and the bridges are increasingly adapted to war techniques of the time, and to increasingly intensified communication among peoples, gaining new features.

9, 10

The process of the bridge structure progress was long and slow. At first, the system of the "simple beam" dominated which, later on, was supplemented and then, in many instances, replaced by the "cantilever system" of girders. Such a system where, by the integration of a certain number of cantilevers the obstacle is completely bridged or the size of the main span has been reduced to a smaller measure – has formed a better form of bridge opening. The system illustrates another step in bridge building.

11, 12, 13, 14, 15

The arch structure with all its properties has passed a long way in its evolution – the way full of experience but the one surely leading to the goal. Lucid invention of the ancient Sumerian builders and the building material – adobe – made it possible to conquer the "principle of the arch" and as it is stated by archeologists and historians it has enabled the creation of the arch. The "secrets" of the arch as a structural form started to be revealed. The first constructions of the arch with inevitable improvement with time, influenced by the already conquered construction of the "quasi arch" were applied in bridge building and became the basic bearing element of massive bridges.

The application of the arch was a strong impetus for the construction of bridges. Architrave and cantilever structure of "quasi arches" gradually lost their priority in regions of old Etruria, and in the territory of Europe, the construction of the arch gained many diferent forms which was a great stimulus for bridge building. Roman bridge building, as it is shown by numerous examples, achieved the ideal arch. Through Roman bridges the traces of which have been registered on large areas with significant duration in the history of building, already elaborated and defined construction of arch influenced all later bridge building.

16, 17

Basically, all Roman bridges have something in common with regard to structure and style and they were the basis for all later bridge building in Europe, the Near East and the Far East (China). In the Far East, however, the bridges were built with much greater influence of the domestic builders with many details specific for the region and the culture, thus gaining specific form and characteristics. The High level of skill and rich creativity of the Roman builders are found on many bridges preserved to this day. And not only bridges. Pre-Roman and Roman bridge building in its great creative opus shows, with regard to many components, a constant progress and permanently valuable content.

18

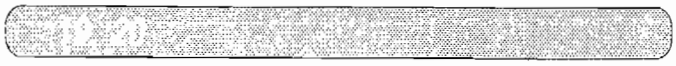
Later on, the bridge building of the Middle Ages was founded on a solid fund of knowledge and the achievements of the Roman skill of bridge building, the influence of which was spreading to the East and the West where the influences and the principles of bridge building were mixing. The bridge building of the Selçuk which brought from the East special forms and principles and which was replaced by the Osman style of bridge building was mixed with the Byzantium and later on with the classical ancient bridge building and the conglomerate resulted in the pointed shape of the arhc. However, it is evident that the medieval ways of bridge building of the West carefully kept the ogival shape of the arch and that the segment form of the arch was started to be used rather early.

By the arrival of the Turks to the Balkan Peninsula and by their increased mixing with the Balkan peoples, a new and quite specific bridge building started to be formed, founded on the

influences of Osman bridge building as well as on the rich tradition of domestic builders. During the period of their government, the Turks used to build stone bridges first of all to meet the requirements of military purposes but also in order to strengthen their authority. In the text to follow such bridges will be mostly written about.

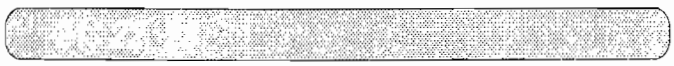
By the decay of the Roman Empire, Roman bridges entered the Middle Ages as large but very much damaged bridges, in the regions of Western Europe. The period of the destruction was continued to the period of Charlemagne, the end of the VIIIth and the beginning of the IXth century whereafter, thanks to the expansion of Christianity, a more intensified bridge building was started with. The characteristics of this bridge building which, with time, evolved to significant content, but which was also dependent on the ruling class and religion was demonstrated by: the complexity and versatility of shape with subtle utilization of the conception of bridging, imagination and structural courage, with the elements of fortifications and skillfully applied religious elements. The influence of the Renaissance observed on western medieval bridge building which was flourishing in Italy between XIVth and XVIth centuries reached the West of Europe in the XVIth century and later. In the middle of the XVIIIth century the process of the Renaissance decadence was started and the bridges were increasingly built in order to satisfy their basic function while the other influences which once used to be much more important became less significant.

3. Stone bridges – basic elements. General characteristics and structural properties of the preserved old stone bridges on the Balkan Peninsula (and on a broader area) are presented in



this part. Keeping in sight the fact that stone bridges are not specially studied in a large number of schools together with the fact that the book is also intended for those readers to whome bridges are not the basic professional preoccupation – the basic concepts are explained with the definitions of certain parts of the bridges, their place and function in the synthesis of the bridge as a structural entity.

3.1. Central line of carriageways. They are an important factor in the concept of the bridge and together with the shape of intrados and extrados of the arch they shape the visual characteristics of the bridge. As it is shown by the old bridges, the shape of the central line and the sizes and distribution of the openings are interconnected. The preserved old bridges demonstrate the following forms of the central line of carriageways: symmetrical and unsymmetrically convex with a rounded curve above the top of the arch; with two convex changes of grades and an inter run line in the incline of the horizontal; concave convex form of the grade, the form with the



"lost falls"; horizontal and almost horizontal form of the grade and the form of the grade in one side fall. Mainly, on all medieval bridges of the Balkan Peninsula the grade is without curves. Horizontal change of the central line, if there is any, is located on the bank on the access part of the bridge.

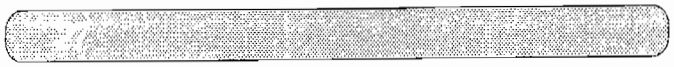
3.2. Parapets and cornices. The most frequent parapet was of vertical stone slabs ("Korkaluk" parapet). Interconnection of the slabs of the parapet and of the cornice was made by bolts and clamps irons – lead sealed. Two-face parapet walls ware used for the parapets, also. These are walls made of big dressed stone pieces. The parapets on the bridges in Dubrovnik with perforated slabs, seats and a lot of decorative elements, came as a consequence of restauration works carried out following examples of the medieval crafstsmen. Many bridges, especially in the southern regions of the Peninsula were without classical shaped parapets.



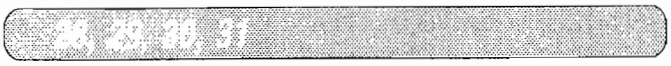
The existence of cornices is evident on many bridges and it is of significant influence on their aesthetic values. Together with the structure of the parapet, the plane of the carriageway surface, as a rule, follows the shape of the crown in the vertical plane. The shapes of the cornices vary from the simple ones, of rectangular cross section, to the complex shape.

From the earliest days of human history, bridges used to be the places where roads crossed, places connected with many social happenings of the time, the points important for defence and war strategy and traffic flows control. For these reasons, many medieval bridges within the framework of their function, construction and architecture had, and they still have, entrance gates, customs offices, guard houses, places for religious rituals, for rest, entertainment and trade, together with elements with inscriptions regarding the time of building, the investor, the so called "mihrabi".

3.3. Carriageway constructions mainly depend on the form of the crown and on the importance of the bridge. As a rule, the carriageway of the bridge itself is of a higher quality compared with the carriageway of the accesses. Mainly all old bridges have the carriageway made of "Turkish paving" with a higher or lower quality stone processing. There are examples

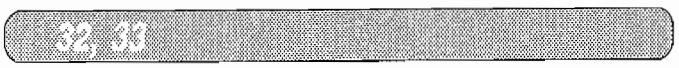


where the joints are dry – without mortar but there are also examples where the joints are filled with mortar usually with pozzolanic properties admixtures so that the carriageway is practically impermeable to water. On the bridges having a big slope of the crown and on the importance of the bridge. As a rule, larger and better processed stone usually at one step distance (70 to 80 cm). On some of the bridges those tresholds are broken in the vicinity of the fence wall thus enabling efficient surface drainage. On some of the bridges the presence of decorative elements on carriageway surfaces was recorded, rosettes and more simple geometrical shapes used to emphasize the middle of the carriageway. Larger and better processed stone was used for the production of those details, different colour or different kind of stone. As a rule, the surface of the carriageway had the edges made of larger, plate shaped stone or by the construction of the cornice. A number of bridges, especially those which were used for strategic and defence purposes, were designed with a movable part of the bridge which, as a rule, was a wooden structure opening and closing the passageway and which was handled by special devices.



3.4. Spandrel walls are mainly defined by the shape of the arches and the construction of the cornice. The face of the spandrel wall is, as a rule, in vertical plane but there are examples where the face of the wall is in the same plane with the head of the vault or in the plane of the head of the archivolt. There are, however, examples where the face of the wall, jutting out with

regard to the head of the arch, forms the archivolt of the arch. Depending on the importance and the dimensions of the bridge, the face of the wall can be quite differently made, by broken stone or more or less dressed stone and, in some examples, by semidressed stone. Equally, some regularities and irregularities can be noticed in the strata of the construction with regard to the dimensions and forms of the layers and dressing of the stone so that these parameters point to the applied principles and rules during the course of construction, but also to the quality of the builders, the composition of the building gang, and to the overall qualities of the main builder.

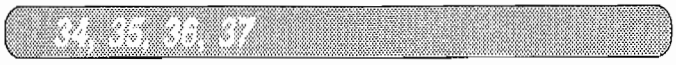


Spandrel walls, as a rule, have no specifically determined thickness – the mass – as it is customary in modern bridge building, but the vertical face has a monolith connection with the coherent filling of the bridge. Visible surfaces of the spandrel walls are sometimes made with ornamental elementscircular rosettes, niches, namely "blind openings" and hollow openings.

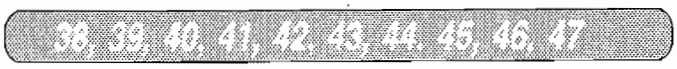
3.5. The filling of the bridge. The conclusions about the fillings of the medieval bridges are mainly based on the inspection of the specific examples during the rehabilitation works and on the inspection of partially ruined bridges. On the majority of bridges, the filling is of smaller or larger stones, of gravel and broken stones and limestone mortar. In fact, it is a monolith and coherent mass of small strength the visible surfaces which are covered by the already described spandrel walls. On some small and less important bridges, the fillings of broken stone, nicely arranged with the use of sand and earth material have been observed. The knowledge and skill of the old builders with big and important bridges is illustrated by the make of visible but also of invisible hollow openings – caverns in the mass of the filling. The purpose of those caverns is to decrease the weight of the filling. Many legends are connected with the existence of those caverns.

3.6. Hydroinsulation. There is no classical hydroinsulation on the old bridges, like the one applied in modern bridge building. However, during the rehabilitation works on the Old Bridge (Stari Most) at Mostar the existence of a layer of mortar impermeable to water has been established. It was immediately below the carriageway. The mortar was made by using brick dust.

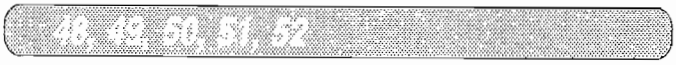
3.7. Arches. The arches are the basic structural elements giving the character to the conception of bridging in general and especially with old stone bridges. They form the centroid of the disposition to which all other elements of the bridge are subjected. The basic characteristics of the arch are its shape and cross section. The shape of the arch is defined according to the lower line of the arch, according to the shape of the intrados, and the cross section by the width and thickness of the arch. The whole range of the arches shapes, shows that the old builders mostly used a semi-circular shape which came as a consequence of its many-century utilization and easy building. However, the "ogival" shape of the arch was also used. The application of segment shape can generally be considered an exception in medieval bridge building in the Balkan Peninsula as it was established under specific circumstances. On a number of bridges, especially above the openings of decorative character, the chapes of the arches which are characteristic for Islamic structures were used. As many of the old builders could not "reach" the work of the scaffold under loading, and the fact that many bridges were subjected to deformations with time, including the change of the basic shape of the arch, some of the authors define the shape of the arch by an ellipse or by a curve which is similar to it. However, this statement is not true as the ellipse shaped arches were strange to that kind of bridge building.



A general characteristic of medieval arches is that they have a constant thickness. However, bearing in sight the fact that the parts of the arch nearer to the abutments are made of bigger stone pieces, that the structure of the archivolt is an integral part of the arch which, depending on the structure, can have a significant influence, that the spandrels walls and the filling of the bridge have monolith connection with the arch, it is difficult to differentiate which elements work with an arch. It is certain, however, that the arch as a bearing system and the structure works with changeable thicknesses in old bridges. The difference is not a significant one, but it is evident.

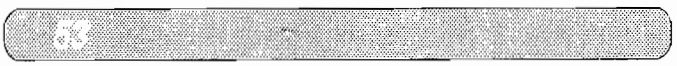


In the context of further exposition in this chapter, the guidelines for statical examination of arches on the old bridges have been given. The essence has been presented with the emphasized principles of the graphical method of examination, namely the method of computation with false hinges. With these notes on all the factors influencing the level of stress in certain sections of the arch the guiding value of the permitted stresses are given depending on the kind and quality of the built-in material, so that the users of this text, in case of a need during rehabilitation works, could make the corresponding conclusions regarding the structure of the arch. Furthermore, for the most frequent structures of semicircular an ogival shapes of the od arches, the integral stress diagrams are given (depending on geometrical characteristics) on the basis of which, for the specific case, the stress magnitude of the built-in material can be read.



The skill, ideas and creativity of the old builders is especially manifested on some old arch structures. Briefly, those characteristics are: the wedge shaped voussir made of softer stone which was easier to cut and relatively small thickness of radial joints. The voussirs mainly go throughout the thickness of the arch, the sizes of the stone blocks are changeable, the bigger blocks are nearer to the abutments, the arch voussirs are mutually connected by iron bolts and clamps sealed with lead. The causes of irregularities in the arch geometry are usually caused by construction faults and deflection of the arch scaffolding; the percentage of lead joints fillings depended on the amount of lime stone mortar in the joint.

3.8. Abutments. The abutments, and also bridge piers have some specificities – starting with the shapes and dimensions to the most versatile structural details. In the majority of cases, they are made with parallel wing walls which have monolith con-



nection with the abutments, namely the spandrels of the bridge. However, there are examples of abutments with the inlined wing wells for more efficient guiding of the river stream to the opening of the bridge. On some big old bridges, the abutments are made with smaller or larger mainly hidden hollow openings (in some old bridges in Asia Minor and Turkey, the openings have rooms for passengers to rest, and even for cattle).

3.9. The river piers. The piers of the structure have a multi-purpose significance – to safely transmit loading to the ground, to meet the conditions of the river stream and, by their shape, to complete the architecture of the bridge as a whole. Two basic forms were mainly used: the piers formed by the intrados of the arch – with smaller height bridges and river piers with clearly expressed elements – the foundation, the pier and the pane of the pier. Uniform width piers were found in bridges with a number of openings but also bridges with piers of different

54, 55, 56, 57

widths which were thoughtfully adopted. Usually the large dimensions of the river piers cause the flowing profile of the river to be narrower at the place of bridging, causing turbulence which badly affects their foundations. In many cases this turbulence can be fatal for the bridge. Otherwise, horizontal sections of the river piers are versatile ranging from the simple to the composite ones. With the river piers having panes which, in both architecture and the function of the bridge as a whole, have a significant role, the piers with panes only on the upstream side can be found and piers that have panes on both upstream and downstream directions. The panes can be of identical or of different shapes. With regard to height, the differences are also evident. Somewhere the height of the pier is finished by specially shaped "cap of the pane" in the plane of the beginning of intrados curve which is regularly emphasized by a specially shaped cornice. However, there are examples where the structure of the cap of the pier pane and the pier are ended above the intrados abutments on the plane of the spandrell wall in some cases immediately below the main cornice of the bridge.

3.10. The hollow openings with regard to their place in the structure of the bridge, can be positioned above the structure of the arch, namely the arches when they are hidden and have an exclusively statical character. They can also be visible as hollow openings regularly placed in the structure of the piers when, apaart from the decrease of the weiht of the pier, they have the function of decreasing the thrust of the river flow to the pier

58

letting big waters pass and by their shape they signifcantly influence the complete character of the bridge architecture. They can have a circular or semicircular shape but their shape can also be expressed with regard to the height, arched by semi-circular or a similar shape of the arch. In the southern regions of the Balkan Peninsula, bridges with hollow openings having a quarter circular shape can be found.

3.11. Access structures. Generally speaking, the accesses to the old bridges are integral parts of the basic conception of bridging. Depending on the configuration of the banks and the importance of the bridge, accesses with short ramps and the crown of the bridge gradient towards the middle of the bridge were noticed and the accesses with sharp curvature, even with right angle in relation to the basic part of the bridge, also with gradients which satisfied the traffic conditions of the time.

59

3.12. Foundation. Some conclusions on foundiation of the old bridges can be derived from the experience acquired and on the basis of scarce data in writing. The collected data point to the following foundation principles: direct, in cases when high quality bearing soil was easily accessible, on rubble mound made with the protection of the embankment or without it and with the help of short wooden piles. Also, a combined system of foundation was used – rubble mound and wooden piles. As a rule, the first stone layer of the footing of very big dressed stones was built in over the wooden grill positioned on the accepted foundation system. With river flows of considerable depth and high ground waters, the old builders used the "box" – cofferdam regularly made of wood and that was how the foundation of the bridge was successfully made. The footings of the river piers are massive and rigid monolith structures which, by their mass, enable a due stabilization of the applied foundation system and uniform transmission of loading to the ground.

60, 61, 62

3.13. Building materials. Two basic construction materials were used for the building of massive old bridges – (1) – stone and (2) lime mortar. The stones that could be easily cut were, as a rule, used for acquirement of suitable stone pieces. Lime mortar was used for the actual process of building. The use of the lime mortar with the addition of fine ground brick, of "Tera rosa", olive oil sediment and eggs (the influence of gelatine) was found out on many structures. The purpose was, amongst other things, to give some hydraulic properties to the lime mortar. The ancient builders also used wrought iron and lead for mutual connecting of bricks and wood for the production of wooden grill (the levelling elements in the mass of walls).

* * *

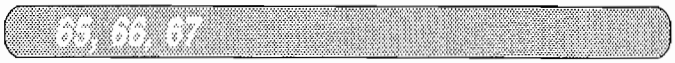
In the second part under the title *Experience in Protection* the technology and protection principles of old stone bridges were presented through numerous examples from practice.

1. Causes of damages. This chapter indicates possible harmful influences visually established through deformations and failures of the bridge elements, namely the deterioration of the erected materials with the notes regarding the possibility to have the stability of the bridge imperilled by a number of simultaneous harmful influences. The inconvenient and harmful influences can be divided into the following categories: (a) as a consequence of the increased traffic load; (b) the influence of urbanization, modernization of the traffic and up-to-date water management ventures; (c) damages caused by atmospheric and climatic influences as a consequence of physical and chemical nature factors; (d) the damages that came as a consequence of deformations on the foundations and (f) as a consequence of low quality building material.

63, 64

The fact is that the old bridges were constructed in a different time to carry the loading of pedesetrians, riders and cattle waggons. Nowadays, in some cases they are used for the crossing of heavy motor vehicles. This *increase of the imposed load* is manifested by the increased stress for the erected material and by the damages of the bridge extremities. As those bridges, as a rule, are not subjected to adequate maintenance, each damage of the kind progresses with time having increasingly inconvenient influence on the stability of the bridge. It is common that the damaged bridge is neglected and left to the influence of time while a new modern bridge is built in the immediate vicinity of the old one which makes traffic safer. That should not be permit-

ted but, unfortunately, that is the most frequent practice. If a new bridge is built, it should be located sufficiently far from the old one.

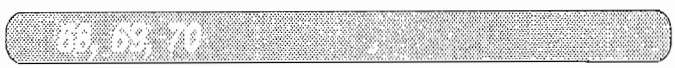


Modern city planning, new construction and water management ventures, the unskilled expansions and partial digging in of the old bridges openings,the decrease of the discharge capacity including the changing of its basic functions essentially imperill the established integrity of the bridge. Skillful and professional modern designing reaches a compromise between the new and old using what is old in order to emphasize what is new. Creating reservoirs for the requirements of hydraulic power plants, as practiced, causes submergance of many structures including bridges. How shoud an old bridge be protected? Is it to be submerged or relocated. Relocation of an old bridge should be approached only after a detailed and comprehensive analysis of the problem.

Atmospheric and harmful influences of the climate are manifested by the penetration of water through vital elements of the bridge construction, the consequence of which is the degradation of the erected material and destruction of its elastic and mechanical properties.

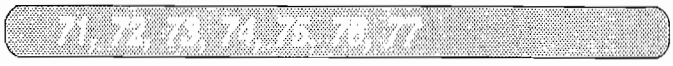
Influences of physical and chemical natures cover inconvenient influences of the river flow, especially of disastrous big waters, war destructions and the like, the distructions caused by the growth of the flora and the increasingly harmful influence of gasses in the atmosphere in combination with the rainwater.

Changes in foundations influence the stability of the bridge as a whole. The changes are caused by the erosion from the river flow and the most frequent changes are vertical settlement of the foundations, settlement and the rotation or only the rotation of a pier or piers with the diminished level of restraint of the pier to the bottom of the river. Sush phenomena inconveniently influence the action of certain elements of the bridge and



the structure as a whole – cracks and holes of the most different shapes appear and there is a change in the statical action and system of the bridge. The changes can be caused by the *increased pressure* of the embankment and the filling of the bridge due to increased loading. The inconvenient influences are reflected on the abutments, piers, spandrel walls and the arches. Such influences are intensified by the poor quality of the erected material.

The statement that the bridges are susceptible to possible deformations and that their stability and behaviour with time, greatly depend on the quality of foundation and the achieved structural homogenity has been checked on a very large number of examples. As the bridges are, with time, subjected to numerous inconvenient influences, some damages are indispensable.

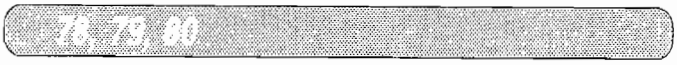


The complexity and the character of damages require some preliminary action to be taken before the intervention. They comprise establishemnt of the conditions and circumstances that caused the damages. It is also important to observe many aspects of the stability of the bridge – structural, functional, aesthetic and its importance as a monument of culture.

2. The protection methods of the old bridges depend on a sum of relevant factors. Under certain conditions and in some circumstances the protection of the values of the bridge as a monument is emphasized. The hitherto practical work has established the following forms of protection: *(a) the written documents* comprising the gathering of the relevant and authentic historical data, the establishment of technical data found on the basis of visual inspection, the research work using boreholes and drills and, if appropriate, the laboratory testing of the used materials with the production of systematic photographic documentation; *(b) rehabilitation and conservation* – are the basic forms of protection covering larger and smaller intervetions on the bridge conditioned by the damage in question, and in this paper they are given the most space; *(c) Relocation* as a possibility of protection is used in special cases when, beside the bridge itself, its location is endangered, too. The relocation of a structure has to face a number of complex problems, it is used to protect the structure but it also means a permanent loss of the ambient in which the bridge nad been constructeda, and *(d) the construction of a new bridge* when the old bridge is releived of the new and heavy traffic loading. However, in such a case, it is compulsory to take care not to leave the bridge to the harmful influence of time (when once it is excluded from the traffic).

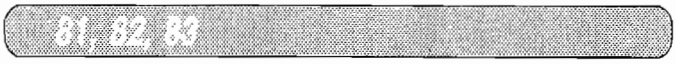
Although the protection of bridges is a subject of many different opinions and resistance, the following principles should be permanently kept in sight: the integrity of the bridge and the ambient in which it had been first located should be kept, the bridge should be adapted to the current requirements of life taking care of the possibilities of the structure and avoiding harmful consequences – a convenient adaptation of a historical structure into the new urban whole with full respect to its many-fold values.

3. Reconstruction, rehabilitation and conservation will make the primary part in the context of further explanation. The establishment of the problem is started with a high quality analysis of the relevant factors finally pointing to the solution.



The important data are historical data and authentic historical facts, comprehensive characteristics of the lateral profile of the river on the place of bridging, the quality of the old used material, the condition of the bridge when it was designed, the creative principles of the ancient builders, the purpose of the venture, conditions of implementation and subsequent maintenance of the bridge, the future function of the bridge especially in cases of relocation, its place in the new surroundings and on the new lateral profile.

Because of their dimensions, the old stone bridges in spite of their age can accept heavy loading. However, in many cases, when the bridge is damaged and when it is necessary to strengthen it for the new loading, some interventions are inevitable. The required rehabilitation or strengthening measures greatly depend on the structural conception of the bridge, its block plan and the quality of the erected material. Depending on the condition of the bridge and the quality of its elements, the possible solutions are numerous and versatile. However, on the majority of cases it is necessary to do the rehabilitation of the arch or arches and their supports – the abutments using



modern materials – concrete and reinforced concrete. Such solutions are correct from the structural point of view, they have long lasting results, they are economically convenient and the conservation is satisfactory.

Some of versatile strengthening possibilities are to apply complementary concrete structures of the arch over the already existing structure if the supports can bear the additional influences. In cases when the supports of the arches are weak the strengthening can be achieved by a suitable shaped slab structure, and by the addition of visible strengthening, when it is inevitable and not opposing the conservation principles (as on ultimate solution). Generally, a comprehensive observation of the causes of the damage in specific conditions result in a correct rehabilitation procedure.

The problem of reconstruction of the ruined-vanished bridges is a special problem of protection, especially in old urban areas. The reconstruction can be graphical, for the requirements of visual observance of the historical wholes but it also can be material, real, when it is necessary and appropriate. The reconstruction can be based exclusively on verbal, or authentic written documents or can be based on the existing remains of the old bridge, whichever is more convenient. In the second case the problem can be solved in two ways: by using the original (design) of the old bridge with the comprehensive observance of the period in which it existed and of its bridge building technology or by designing a new, modern structure of the bridge. The first solution is better as it is a supplement to the specific region – it intensifies an urban whole from the historical point of view, emphasizing the cultural and historical qualities of the bridge. However, a modern structural solution is economically more convenient.

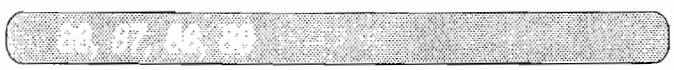


4. Possible damages and protection of stone. The old stone bridges and stone structures in general are built of natural stone. That is why in this part stone is treated as a material, together with its durability and the conditions causing its deterioration. The statement is made that the distruction of stone with time is a consequence of a product of complex influences. Physical influences destruct the stone mass and chemical factors change its mineralogical composition, which means the properties of stone. Physical degradation of stone intensifies its chemical destruction. There are detailed explanations of harmful influences of each of these factors individually but they are also treated as a complexity with the provision of specific measures for the protection of stone.

(Translation by: Milica Vuletić)

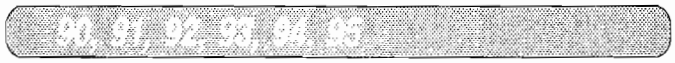
5. SOME OF THE OLD BRIDGES IN YUGOSLAVIA

5.1. Reconstruction of the bridge on the river Bistrica near St. Arhandjeli Monastery. The construction of the bridge dates back to the middle of the 14th century, when the monastery complex was built, or somewhat later, to the 15th century. The bridge was demolished in the past, and only small parts of it remain today. When planning the reconstruction the task of connecting the monastery complex on the left bank of the river with



the Prizren–Brezovica road was taken into account. On the basis of the remaining parts of the bridge, the location of the bridge was defined. After elaborate examination of many feasible studies, subordinated to the well-known skill of building mediaeval bridges in this region, and after taking into account all relevant factors, the design for optimal reconstruction of the bridge was adopted. Its basic principle was: all visible surfaces were designed as masonry, as was the case with all constructions of this kind which had been built in the past, while all other parts of the bridge were to be made of modern material, such as concrete. The reconstruction works started in the middle of 1967 and were completed in the autumn of 1968.

5.2. Reconstruction of the bridge on the river Bistrica at Prizren. This bridge which was most probably built in the 15th century and radically repaired in the 18th century, was completely demolished due to maximal flood in the autumn of 1979. During the regulation of the river and construction of the abutments, one opening of the bridge was backfilled and thus „taken away" from it. The aim of the reconstruction was to repeat the construction of the old bridge and bring it, both in its form and function to the specific and unique setting of Prizren. This was done after design work. The following principles were used during the reconstruction: all visible surfaces were done as masonry, like the demolished construction had been done, the demolished river pier was deeply founded, the formerly back filled part of the bridge was excavated, and some radical works on the stone wall regulated and protected on the right river bank were done.



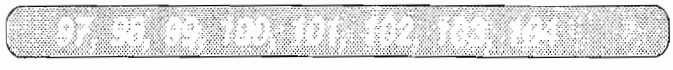
The bridge was certainly reconstructed in its old form, judging by the old photographs and poor technical data, as well as by the condition of mainly back filled parts of the bridge which remained today. Because of the spacific nature of the reconstruction of the back filled part of the bridge, the reconstruction of some detail was made possible during the excavation of the hidden part of the bridge. The existing abutments were adjusted to the reconstructed bridge construction, i. e. to the new ambient. The works lasted 210 days in total. They started in April 1982 and were completed by the end of November 1982.

5.3. The bridge at Kastel Gomilica. In the 17th century, this bridge was used as the access to the village fortress. It spanned a small sea-estuary. A movable wood construction was part of the bridge up to the entrance tower. This bridge was de-



molished by the end of the Middle Ages. Although the sea-estuary was filled, the bridge was reconstructed in its original form.

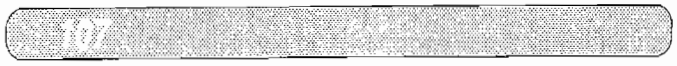
5.4. The rescue operations and the reconstruction of the Arslanagić Bridge on the river Trebišnjica. The integrity of this old bridge, 92.55 m long and of unique architectural and constructional features which was built in the period between 1563 and 1575, was endangered by the construction of a hydroelectric power station. After extremely elaborate examinations, it was decided that the bridge should be moved to a new site, and thus protected from flooding. Choosing a new site represented a special problem. Optimal space integrity of the bridge, preservation



of all of its qualities and of its function together with completely fitting it into new surroundings, were found to be possible at the site somewhat downstream of the same river (3.5 km) at Trebinje. After detailed preparations, the works on dismantling the bridge were completed in autumn 1966. All dismantled material

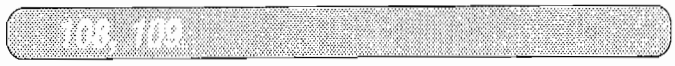
taken from the visible surfaces of the bridge was stocked by the new bridge site. The reconstruction works started in March 1970, after the design work, and were completed in autumn 1972. The principle of the reconstruction was: all visible surfaces of the bridge were done as masonry with the dismantled stone, just as the ancient builders had done it. The demoilished part of the bridge was masonry reconstructed, and it had all the features of the old bridge. All elements of the bridge which were hidden from the eyes of spectators were constructed of concrete and of reinforced concrete. Masonry of the visible surfaces of the bridge with dismantled stone, which was stored in the field for several years, was carried out without any special difficulties, with permanent control of the position of each stone, control of levels and constant comparison with the photogrametric shot of the bridge at the former spot. The works on building arches were done with special attention paid and with all necessary controls, because the reconstructed intrados had to be identical to its original form. The cornice, parapet and carrfiageway construction were, constructed in the same way as the ancient builders had done it. It should be pointed out that all aesthetic values of the bridge, as well as those characterizing it as a monument, did not only remain unspoiled, but were intensified with this procedure of protecting it.

5.5. Reconstruction of the old wooden bridge at the entrance of Fortress Skopsko Kale followed soon after the excavation of the city trench and the works on the reconstruction and revitalization of the old mediaeval fortress. The problem of this reconstruction was quite clear and easy to solve, since a big



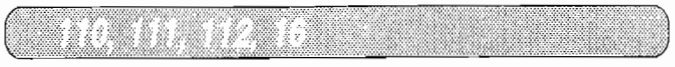
number of well-known and historically proved data was available. These data helped a lot in making the optimal design of the reconstruction. The works on the reconstruction were completed during 1968.

5.6. Reconstruction of the bridge on the city channel between Mali Grad and Veliki Grad of the Smederevo Fortress was a part of the plan of the continuation of the archaeological investigations i.e of the works on the revitalization of the Fortress. After elaborate anlysis of historically proved facts, the solution of having "girder beams", with the size of the spans dictated by the reamains of the former construction, was adopted.



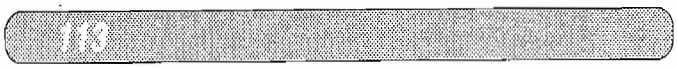
The bearing capacity of some elements of the bridge for modern traffic load was tested. The reconstruction of the bridge was completed in 1976.

5.7. The "Mostine" aqueduct on the Split water supply is the work of Roman building, built in the period from 284 A.D. to 305 A.D. The water supply was destroyed in the 7th century. It was not used for several centuries and only in 1878/79 was it restaurated and put in shape for being used for its basic function. The whole town of Split gets water through this water supply



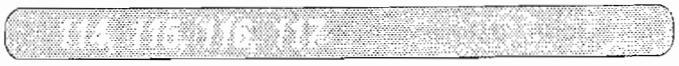
even today. The present-day general arrangement of the aqueduct, known as the "Mostine" or the "Suhi most" which is 234.8 m long has 18 openings. Two central openings stand out for their size. The Roman construction had 24 openings (or probably even more), and it was greatly changed during the restauration, at the end of the 19th century. During the works on rebuilding the bridge, nine arches and the corresponding number of bridge piers which remained from the antique construction, were fitted into the present-day concept of bridging. This is a unique example of protection, realized by the end of the 19th century, at the time when the cultural monuments of utilitarian character were treated in a different way, without respecting the primary concept of bridging.

5.8. The bridge at Ston, located in front of the so called Velika Vrata, is an example of partially reconstructed mediaeval bridge, which was built in the 15th century and demolished by the end of the 19th century. Partly completed works fit into the



final design of restauration and reconstruction. This is an example of a good phase reconstruction.

5.9. Feasibility study and preliminary design of the reconstruction of the bridge on the river Vrbas near Kastel at Banja Luka were made within the framework of the revitalization of the mediaeval fortress of Kastel. The following data ere known: the old bridge was built before 1587. It was a wood construction, of quite unusual construction features. There are data on the remains of the right abutment, as well as on the characteristics of the river cross section which was bridged. Several possible solutions of the reconstruction ware worked out on the basis of these data, supplemented by the data of subwater investigations, and of numerous historically relevant facts. After analysing advantages and disadvantages of each alternative, the alternative F, fig. 117 was proposed. There was a proposal in the feasibility study that the alternative should be put to open criticism of the relavant public workers of Banja Luka. Besides giving the prop-

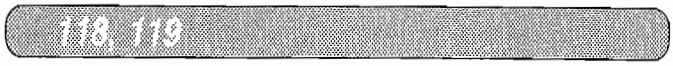


osal, it was suggested that the thesis whether the proposed solution was adequate to the design of the revitalization of the Kastel and to whole city planning be considered, as well as the fact that the specific wooden construction required high-quality and expensive maintenance, which should not be neglected. Having set these theses with the aim of further optimization of the reconstruction, the possibility of masonry construction of the bridge was studied in the feasibility study. After elaborate analysis of a series of alternatives, done from the same aspects as all previous analyses, the masonry solution was proposed in the feasibility study as well. For the sake of having a complete study, the possibility of building a bridge with modern construction was included.

After the analysis of the suggested solutions and detailed optimization of te most appropriate alternatives, the solution of building a stone bridge was proposed in the "study" as the final solution, since all conditions and present circumstances were taken into account. The reasons for giving such proposals were: the possibility of achieving visual contours adequete to those in historical records, completely functional and economical construction and maintenance, and supreme aesthetic values. The only shortcoming of this solution was that stone construction was used instead of wooden construction. This solution was accepted at the first preliminary meeting at Banja Luka in 1982. But, all further investigations and analyses were stopped because of the earthquake which devastated this area.

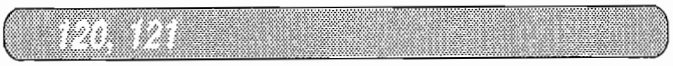
5.10. The bridge on the Neretva at Konjic, the endowment of vezir Ahmet Pasha Sokolovic, was bult in 1682/83. The bridge was mined and thus partly destroyed in 1945. During 1977, un-

dertaking measures for the reconstruction of the demolished part of the bridge was proposed within the framework of the possible revitalization of the old town of Konjic. The reconstgruction design imposed strict respect of the original contrours and dimen-



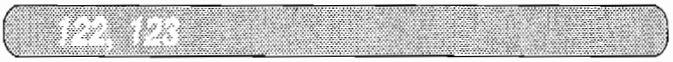
sions of the demolished part of the bridge. After successful revision of the design, any further work on the reconstruction was stopped because of the lack of financial resources.

5.11. The bridge on the river Žepa was built immediately after the construction of the bridge on the Drina at Višegrad, in the second half of the 16th century. Its integrity was endangered by making the artificial lake. After many examinations, the



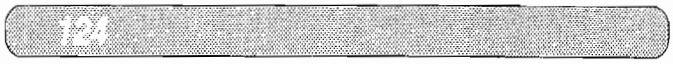
bridge was decided to be protected by relocating it to the new site, which was found on the river, at the nearby village of Žepa. The bridge was dismantled during June 1966, after necessary preparation works had been done, and just before the flooding took place. It was reconstructed at the same site during 1967.

5.12. The Karadjoz Begova Ćuprija (Bridge) at Blagaj, on the old road to Stolac, was built in the 16th century. It was demolished and repaired several times. Three openings were destroyed due to the mining of the bridge, which took place in 1945. After being temporarily repaired and used in that form for



the next twenty years, the bridge was finally restaurated in its original form.

5.13. The Lehina Ćuprija at Blagaj was most probably built by the end of the 16th century or at the beginning of the 17th century. It is stated in this survey as an example of poor rehabilitation of an old bridge, which was radically changed after being demolished in 1890. Namely, the demolished arches were re-



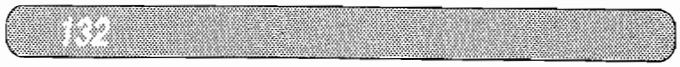
placed by modern construction, the form of the line of the bridge was sorrected, and one opening was back filled in the course of the construction of abutments.

5.14. The Stari Most (Old Bridge) at Mostar, on the Neretva, unique for its construction and aesthetic values, was built in 1566. It was built by Hajrudin, the disciple and later on the associate of the famous Turkish builder Kodža Mimar Sinan. By the end of 1954 certain changes of the bridge were noticed, and they coused undertaking the rehabilitation maesures. After collecting all necessary data and after elaborate investigation work, including cartain laboratory testings, the problem of the rehabilitation and the protection of the bridge was examined fully. Because of the kind, scope and intensity of the found dam-



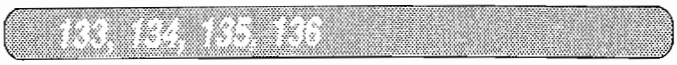
ages, the necessary rehabilitation works were done in two phases. The foundation was rehabilitated in the first phase, by the end of 1956. The works included: filling of all noticed water deterioration places and gaps underneath the foundation of the bridge with new material and with its grouting under special procedure. In the second phase, the bridge superstructure was rehabilitated, with special attention having been paid to the arch construction. After elaborate investigations, it was concluded that the arch should be grouted with appropriate mass-emulsion under special technological procedure. Before and after grouting all necessary controls were done, and on the basis of reliable criteria it was decided that the filling of even the finest fissures in the arch had been done in the most satisfactory way. Besides the works on grouting and other preservation works, the water pipe was removed and some damaged blocks of stone were replaced. The mentioned works were completed in the 1963 building season.

5.15. The bridge on the river Radobolja at Mostar, known as "Kriva Ćuprija" was built in the middle of the 16th century.



During the long period of its existence it was repaired several times. The radical rehabilitation of the bridge, which removed the traces of previous unskilled repairs, was done in 1967.

5.16. The bridge at Plandište, near Blažuj, on the river Bosna in a suburb of Sarajevo, was built in the middle of the 16th century. The first phase of the rehabilitation works in-



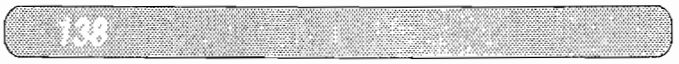
cluded: dismantling of the carriageway, removal of the filling, rehabilitation of the arch extrados, making of new insulation, restauration of carriageway and works on the visible surfaces of the bridge. The works were completed in 1986. The rehabilitation of the bridge foundations is planned for the second phase of the rehabilitation.

5.17. The bridge on the river Tounjcica at Tounj, on Josephin road, spans the river with a two storey bridge which has three openings on each level. The bottom level, i.e. the original construction of the bridge was built in 1775/79, while the top level was additionally built in the period from 1836–1845,



when the coreection of the central line of the mentioned road was done. The top level was destroyed during the last war. For some time it had temporary wood construction and was used for traffic. It was finally restaurated in its original form in 1973.

5.18. The chain bridge on the river Neretva at Mostar existed before the Old Bridge was built, i.e. before 1566 (the river was, in fact, bridged almost at the same cross section).



Graph reconstruction of the bridge was made on the basis of poor written records. It is believed that the reconstruction of the bridge very much like the one which existed in 1566 was achieved.

5.19. The bridge on the river Vardar at Skoplje, ca. 210 m long, spans the river with fourteen openings with width range of 4.5 m to 13.48 m. All openings are arched with semicircular arches supported by the river piers, some of which are even 5.65 m wide. If all available construction and historical facts are taken into account, it could be assessed that the bridge was built during the reign of Justinian I (527-56?), or probably even ear-



lier. It is known that the bridge was repaired many times in its long history. Although it is not known much about the bridge in the period prior to the 15th century, the following important rehabilitations of it was recorded: the one during the reign of

Murat 2nd, i.e in 1444–1446, when pier panes were added to the river piers and when the bridge acquired many elements charateristic for Turkich bridge construction. It was repaired in 1579/80 when two arches were demolished, most probably due to the earthquake which took place in 1555, as well as in 1736 and in 1817/1818 during the reign of Mahmud 2nd. In the second half of the 19th century brick layed arces were demolished. Three openings next to the right bank were back filled in the course of regulating the Vardar and when abutments were built (1896/97). In 1909 the bridge was extended and the Turkish cobbled road on the bridge was replaced by a carriageway made of small cubes. During 1972/73, the works on the Vardar regulation were done, and they included the bridge reconstruction. Then the river piers foundations were rehabilitated, the back filled openings were excavated and elaborated research work on investigating the bridge construction as a whole were done. The regulation of the Vardar was carried out without disturbing the integrity of the bridge, so that the importance of this construction could be realized fully today.

5.20. The bridge on the river Drina at Višegrad. Kodža Mimar Sinan, the famous Turkish bulder built this bridge, according to the wish and orders of the Grand, Turkish Vezir Mehmed Pasha Sokolović, in the period from 1571–1577. There are records on many damages, repairs and demolitions of the bridge, among which the most imporant are: demolition of one arch in the Middle Ages; the repair done in 1873; damages of the bridge due to the maximal flood in 1896; demolition of two river piers in 1914; demolition of four river piers and of a relevant numeber of arches as the consequence of mining the bridge in 1943. The bridge was reconstructed in its original form in 1949/50. In 1977 it was estimated that there were some futher damages of the bridge. After elaborate ivestigation work, the appropriate measures of its rehabilitation were undertaken. In the first phase, the carriageway construction was rehabilitated: the water pipe was removed into a specially constructed concrete channel, the ruined carriageway construction was dismantled, the cement emulsion was injected in broken stone and stone chips filling, the layer of "bito gravel" and high-quality hidroinsulation was made. The new carriageway construction was made in stone cubes. The works were completed in 1979. The rehabilitation of the river piers foundation was done in the second phase. After investigating all discovered damages of the bridge, it was decided that all works should be executed without mortar, by using steel piling ("Larsen" piles) that the footings should get hidraulically a more suitable shape, and that the footing should be "placed" on the rock, i.e. on the bed rock. After completing steel-piling and pumping out of the water from the excavation pit, the footing and the pier were repaired without using mortar, and all damages that existed could be easily estimated. Then, the space for making a reinforced concrete slab on the level with the river bed was provided. This reinforced concrete slab together with the reinforced ring around the footing had two purposes: to compress the pier at its lowest section and to block the river deposit coming from the upper part. Such a blocked river deposit was grouted with appropriate emulsion, but with a studied location of the grouting points. By using this procedure, three river piers were rehabilitated during 1980 and 1981. Satisfactory results were obtained by measuring permeability before and after grouting. After grouting, water was let inside the cofferdam and the steel piles were cut in their underwater section on a level with the river bed, i.e. with the newly placed reinforced concrete slab. All further works on the rehahbilitation of the piers were stopped by the end of 1981. But, in 1984 the construction of a hydroelectrical power station started, so that the problem of the bridge protection and continuation of the rehabilitation works needed to be solved urgently. Permanent protection of the bridge implies continuation of all started works, as well as relieving the bridge from the public traffic (the new bridge which should be used for all forms of modern traffic has already been built ca. 2km downstream from the old bridge).

5.21. The Kozja Ćuprija on the river Miljacka (near Sarajevo), was built, according to the historical facts, in the middle of the 16th century. It is known that the bridge was rehabilitated in 1794, 1799, 1866, and in the period from 1880 to 1888. After the construction of a modern road, the bridge was not used for public traffic and it remained left to the revages of time. During the rehabilitation completed in 1956/57 the following works had to be done: the protection of the bridge from the harmful influences of surface water; adequate rehabilitation of the arch; certain restauration works on the visible surfaces, and bringing the original form of the central line of the bridge back. The arch was rehabilitated by cleaning the joints from disintegrating mortar and by filling them by hand with new mortar. The visible surfaces of the spandrel walls were rehabilitated in the same way. Then, the transition part was removed and added later on, the fragments of the original carriageway were carefully dismantled, and all additionally built parts were pulled down. After making the newly designed hydro-insulation the original parts of the carriageway were put back and additional parts of the carriageway surface were built, taking the old carriageway as an example. The rehabilitation included the restauration of the bridge parapet, and it was made of vertically placed stone slabs, at a length of 40.5 m.

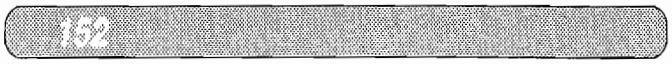
5.22. The bridges at Sarajevo. Four out of many mediaeval bridges on the Miljacka river at Sarajevo are important to be mentioned in this survey. They were exposed to many changes, demolitions and repairs, so characteristic of old bridges, some of which were fatal.

The "Careva Ćuprija" should be singled out as the oldest bridge. It was built in the period between 1439 and 1462. It was 50 m long and spanned the river with four openings. It had the "mihrab" with engraved plate as well as the "sopha" on which the travellers could rest. The bridge was repaired several times. There are data on the repairs done in 1620, 1739, and in 1792/93. The bridge was pulled down in 1897 during the works on the regulation of the river and construction of the first reinforced concrete bridge in Sarajevo.

The "Šeher-Ćehajina ćuprija" was built in 1585/86 and spanned the river with five openings. It was the construction about 50 m long. The bridge was repaired in 1619, 1791, 1834, 1841/43, and in 1881. In 1904, during the works on the regulation of the Miljacka river the original accesses to the bridge and one opening next to the left bank were back filled, the stone slab parapet was pulled down, and the bridge was extended by adding the

sidewalks on cantilever steel beams. The carriageway surface was adopted to the conditions of modern fraffic.

The "Seher-Ćuhajina ćuprija" was built in 1585/86 and span-two formerly mentioned bridges, most probably at the beginning of the 16th century. In 1914 Gavrilo Princip shot Franjo Ferdinand just next to this bridge, so sometimes this bridge is called the "Principov Most". This bridge was demolished several times



as well due to maximal flood. It is known that it was repaired in 1739, 1789 and in 1798. The original form of the bridge was changed by the end of the 19th century, as a consequence of works on the river regulation. The accesses to the bridge and one opening were back filled then, and the bridge was adopted to conditions of modern traffic.

The "Ali Pasha Most" on the river Zeleznica, at Ilidža near Sarajevo was built by the Grand Vezir Hrvat Rustem Pasha in the 16th century. Most probably on the fondations of the old demolished bridge which was the work, according to some historians, of Roman bridge construction. This bridge does not exist today. It was demolished during Austrian-Hungarian occupation. It was repaired many times in its long history. There are data on the repairs done in 1739, 1761, 1775, 1777/78, 1789, 1795/96, 1803/04 and in 1870.

5.23. The „Terzijski Most" near Djakovica, on the road to Prizren, was built at the beginning of the 18th century on the foundations of some old bridge. It spans the river Ribnik with the bridge 192.8 m long, and with eleven openings of different



sizes. It was repaired and changed many times, though most radically during the modernization of the Djakovića–Prizren road in 1931. It was adopted to the conditions of modern traffic then. In 1961, because of the water deterioration of the foundtions of one river pier, it came to the destruction of a part of the bridge--to the settlement and rotation of the river pier and to the repture of the nearby arches. After elaborate analysis, it was decided that: a) three piers and nearby arches should be rehabilitated by rebuilding; b) the bigger part of the total length of the bridge (ca. 84%) be given the same form as it had had in the middle of the 18th century, i.e, that all additionally built concrete parts be pulled down and that the original carriageway be restaurated at this part of the bridge. The rest of the bridge (ca. 16%), the left abutment and one opening, had to remain in the same form, to bear witness to the times when the bridge was used for public road traffic. After the rehabilitation works, the bridge was planned to be used exclusively for foot traffic. The works on the rehabilitation of the damaged part of the bridge and on the restauration of the carriageway, parapet and of the boundary wall (though partial), as well as other less important works on the visible surfaces, were done according to the instructions from the design. They started in 1984 and were completed by the end of summer 1988. The reasons for the works lasting for such a long period liesin the conditioned inflow of funds.

5.24. The Švanjski Most on the river Beli Drim was demolished during World War 2. it was completely destroyed in 1942. It was repaired many times and was partially demolished



during World War 1. A modern, reinforced concrete construction stands at its place today.

5.25. The bridge on the river Moštanica near Nikšić is, according to some authors, the work of Roman bridge construction. Until 1957 it was completely ruined. It was restaurated in



its original form due to the efforts of the Bureau for the Protection of Cultural Monuments.

5.26. The bridge on the river Ribnica at Titograd is the work of Mediaeval bridge construction. There are some indications that it was built on the foundations of an old bridge. It was



successfully repaired and fitted into modern city planning after the war.

5.27. The bridge on the river Lonja, on the Varaždin–Zagreb road is the example of the destruction of the values of an old bridge. A new concrete construction was "struck" to the old bridge. The bridge on the Ljuta, at the village of Ljuta near



Dubrovnik, is an identical example of this destruction, besides many other cases.

5.28. The Kasapčića Most at Titovo Užice, on the river Djetinja, was demolished in 1945. According to the records of E. Celebija, there were three stone bridges at Uzice in the Middle Ages. This bridge, 3.45 m wide and 54 m long, which had



five openings, and with a series of features of the bridge construction from that period, was built in 1628.

5.29. The Trajanov Most on the river Danube was built, according to the authentic historical data, in the period from 103 A.D. to 105 A.D. This magnificent work of Roman bridge construction was built by Apolodor, the builder from Damascus. The following data about it are available, based on numerous historical documents, elaborate investigation work and adequate archeological investigation: the Danube was bridged at the profile the village of Kostol (5 km downstream from Kladovo) –



Turnu Severin; the total length of the bridge was 1134,5 m; 21 openings 33 m wide bridges by a specific wood construction together with 20 massive river piers 18 m wide each, were the basic part of the general arrangement, which was 1071 m long. The massive accesses to the bridge were made more outstanding by many decorative elements built and by the Roman fortresses of Pontes and Drobeta. The useful width of the bridge was somewhere between 9.0 and 9.60 m. It is known too, that Hadrian made this bridge out of use for traffic. The exact time when the bridge was demolished is not known so far.

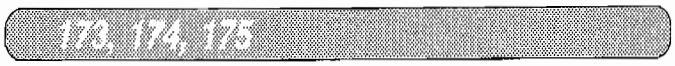
5.30. The bridge on the river Ljubovidja, near Ljubovija, existed from the ancient times. The present-day construction is the work of the mediaeval bridge construction. The ravages of



time and many other harmful influences have seriously endangered the stability of the bridge. The measures for the bridge protection were undertaken by investigating the causes of the damages, surveying them and by working out the adequate de-

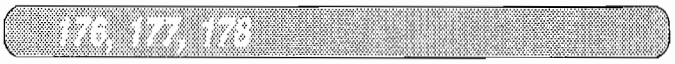
sign of the rehabilitation. The works which have recently stated are in progress now.

5.31. The Čaršijski Most at Travnik on the river Lašva was built, according to one record, in 1590/91. It was repaired several times. During World War 2, in 1944, two arches were destroyed. After this hazard, only the central opening were reconstructed, while the end opening was back filled. In that way, one opening



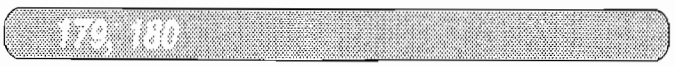
was "taken away" from the bridge and thus the waterflow capacity of the bridge was reduced. After the works on the regulation of the Lašva started, some discussions were made that the bridge should be replaced by a modern construction. Because that by returning the removed opening to the bridge, the waterflow capacity could be increased. Then, by restaurating the bridge properly, the bridge could be fitted into modern life and the city planning of Travnik. The topic of the bridge protection is still under discussion.

5.32. The bridge on the river Istok, at the village of Žač, belongs to an early period of bridge consltruction, judging by its architectural and construction features. Many elements of it, such as the width of the openings, dimensions of the piers and numerous relief ornaments indicate that it was built in the pre-



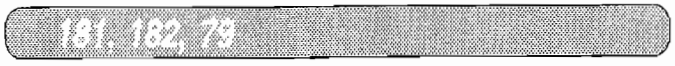
Turkish period. At the beginning of 1988, after an accident had happened on the bridge, a detailed inspection of the construction was done. Intensive degradation of edges of the bridge (there is no parapet on the bridge), partial demolition of two arches and of one river pier, destruction and partial demolition of the spandrel walls and of filling were mentioned. Because of its condition and further harmful influences, the bridge should be rehabilitated urgently. The relevant investigations are in progress.

5.33. The Tabakski Most at Djakovica was built in the 18th century, in the period when all other bridges in this region were built. The original form of the bridge was considerably changed after many repairs and changes. It is known that the bridge was



repaired in 1919/20 when one opening, next to the right bank was added, as well as in 1925/26 when the form of the central line of the bridge was corrected and when the parapet was made. This bridge has mortar works on some elements, too. After construction of the new bridge inadmissably close to the old one, the bridge was not used for traffic any longer. Because of the stated intensive damages, the bridge should be protected urgently.

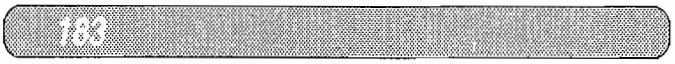
5.34. The Vojinovića Most at Vučitrn existed in the first half of the 16th century, according to the travel records of some authors. But some of its elements indicate that it might have been built by the end of the 14th i.e. at the beginning of the



15th century. It is a unique bridge construction, with a series of specific features, but with no river running under it. Namely, the river Sitnica has changed its course, and the bridge is on dry ground now. It is in a state of disintegration, and should be rehabilitated urgently. Air pollution, i.e. the rains with sulfur dioxide and carbo dioxide have the most harmful influence on the bridge.

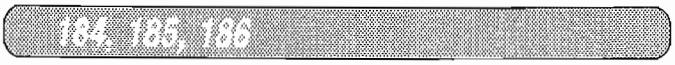
Discussions on the topic of the bridge protection are in progress.

5.35. The bridge on the river Bregava at Klepci, near by Čapljina was built in 1517. It is on a subsidary road and has no specific function. It was partly rehabilitated in 1967/68. Because of the works on the regulation of the Bregava, a new design of



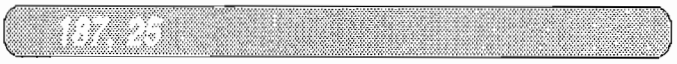
the bridge rahabilitation was required. It was worked out in 1985. According to the project, the complete restauration of the cornice and of the bridge parapet should be done, together with other, less important conservation works.

5.36. Reconstruction of the bridge which is a part of the Belgrade Fortress, built in the 15th century, was worked out on the basis of many archaeological investigations. This graph re-



construction is based on authentic facts and intensifies the impression of the big importance of the Belgrade Fortress in the defence of Belgrade throughout its dynamic past.

5.37. The bridges of Dubrovnik represent outstanding achievements of mediaeval bridge construction in this region in its original form. All three bridges are constituent and an inseparable part of the mediaeval fortifiction ensamble of Dubrovnik. The *Most na Pločama* bridge was mentioned for the first time in historical records dating from 1350 and in 1378. The present-day teneral arrangement was built in the middle of the 15th century. The bridge was repaired in 1465, 1485, 1505, and many



times in the 16th century. It was not damaged during the earthquakes in 1520 and in 1667. It was rehabilitated during the Austrian occupation and in 1948, when it got its present-day form, which is the original one. The bridge called *"Medju Vratima od Ploča"* is the constituent part of the formelry mentioned bridge. It was built a bit earlier. The *Most na Pilama* bridge was built in 1396 and according to historical documents was built in 1396 and according to historical documents it was built by Ivan, the famous builder who built the church of St. Vlah as well. This bridge was repaired many times, too. There are records of the repairs done in 1538, 1754 and in 1937 when it got the form that it had had in the 15th century.

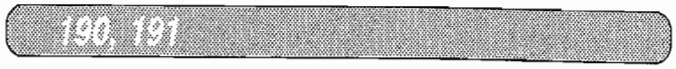
5.38. The bridge at Smederevska Palanka on the river Kubršnica was built in 1730 at the spot where the old wooden bridge had stood. It was radically rehabilitalted in 1938. After the works on the regulation of the river when the river bed was shifted appox. 150 m southwest, the bridge remained on dry ground. Gradually, it was filled with earth and rubbish practically to its



whole length and height. After the accident that took place in 1987, the vital elements of the bridge were seriously damaged, and urgent need for the rehabilitation of the bridge was realized. Elaborate investigation work concluded that displacement of the existing railway line and construction of a modern bridge are conditions of the final solution of the bridge protection and rehabilitation. Since all mentioned works are impossible to be done in present-day conditions, temporary protection of the bridge is planned. The rehabilitation project work is in progress.

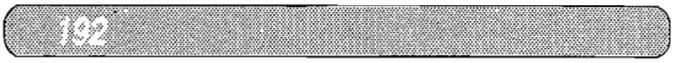
SOME OF THE OLD BRIDGES ABROAD

5.39. The Pont du Gard. This famous theree-storey Roman construction of the aqueduct on the Gardon near Nimes (France) was built in the period from 63 B.C. to 12 A.D., under the management of Agrippa, the famous Roman army commander.



The barbarians destroyed the ends of the aqueduct in the 5th century. The present-day carriageway construction on the first storey, which is the road bridge, was built in the 18th century. Despite some shortcomings, the bridge is mentioned in this survey as a successful example of extending an ancient construction by adding a mediaeval bridge to it.

5.40 The bridge on the river Rubicon in Savignon (Italy) was built in the period of the Roman Republic. It is famous for Ceasar's saying "Alea iacta est". The bridge was demolished by



the end of the war, in 1944. It was reconstructed on the basis of authentic hsitorical facts and preserved technical data after the war.

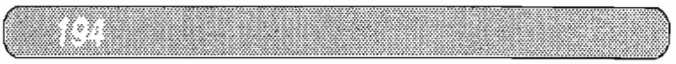
5.41. The bridges of Rome on the Trevera, represent an example of the great skill of Roman bridge construction. The most important ones were built in the Golden Age of Rome, at the beginning of this era, or in the period just before it. They were repaired many times, but changed as well, with additional parts built, which greatly changed their original concepts and general arrangements. Until 179 B.C. there was only one wooden bridge, known as "Pons Sublicius" on the Trevere, which had been built in 621 B.C.This bridge was repaired many times. It was finally demolished in 500 A.D. A stone bridge was built at the place where the wooden bridge stood, and there are no detailed data about it. Later on, a steel bridge was built. A modern bridge construction replaced this steel bridge.

The Emilio bridge or the Lapideo bridge was built in 179 B.C. It spanned the Trevere with six semicircular openings, 24.4 m wide each. It was radically repaired in 1575 during the reign of Gregorio XIII, when it was decorated by numerous re-



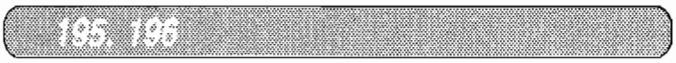
liefs. In 1600 two arches were demolished due to water deterioration of the river pier, and from then on, the bridge was called "Ponte Rotto". Only one of its arches remains today, but, even this small part of it bears witness to its grandeur and unique beauty.

The Milvio bridge was built in the period from 223 B.C. and 220 B.C. It got its name after the warrior Milvio de Livio.



It was radically repaired in 109 B.C. so that almost nothing remained of its original general arrangement. It was repaired several times. The most important repairs were done in 27 A.D., 312 A.D, and at the beginning and in the middle of the 19th century. Each of these repairs left traces of time of the bridge. The bridge has been recently restaurated in detail.

The Fabricio bridge or "Ponte Quatro Capi", on the loop of the Trevere, remained in its original form even today. It was built by Fabricio in 62 B.C. It was repaired many times, especially the river pier, but all these repairs did not leave some visible traces so that the original concept of the bridge was pre-



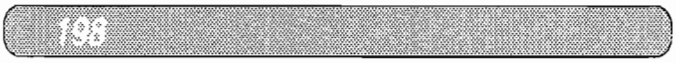
served. It forms a unique crossing on the Trevere, together with the "Cestio" bridge and the island of Tiberino.

The Cestio bridge or the Graciano bridge was built in approximately the same period as the Fabricio bridge. In its original form it had two openings, 13.65 m wide east. It got its name after Lucio Cestio, the man who built it. This bridge was re-



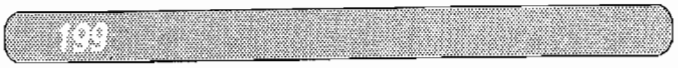
paired and changed many times. There are data on some more important repairs done in 152, 365 and in 369 when one opening was added. By the end of the 19th century, after two openings had been added, the end openings were destroyed. New arches were built in 1892 by respecting the conditions of Roman bridge construction.

The Elio bridge or the Sant Angelo bridge was built in 134 A.D. for the needs of the mausoleum of Elio Hadrian, the Emperor. The bridge was built by Messius Rusticus. In the period from 1892 to 1894, during the construction of the abutments on the Trevere, some important works, which changed the original



form of the bridge, were done. On that occasion, the end openings 7.5 m wide were replaced by new, considerably bigger openings, built in the same way as the old central openings had been built. Today, this bridge is a stone construction of unique beauty and with five semicircular arches.

5.42. The old Scaligero stone bridge in Verona (Italy), famous as "Ponte del Castelvecchio", was built by Giovanni da Ferrara and Jacopo da Gozzo in the period from 1354 to 1356.



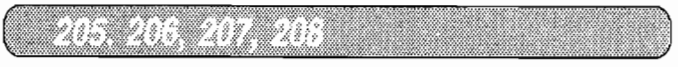
The most important construction features of the bridge were: the size and the form of the main opening (48.7 m wide); kind and quality of incorporated material, and clear asymetrical general arrangement. The bridge was demolished during the war, in 1944. It was successfully reconstructed on the basis of preserved designs in 1949/50.

5.43. The Stone Bridge (Ponte Pietra) in Verona, on the river Adiga (Italy), is known as the "Roman Bridge", since it stood at this profile of the river from Roman times. It was repaired and changed many times, and the present-day form of the bridge is the work of Alberto Scalighero, who built it in 1298. The circular hollow opening was built in 1500. The bridge



was completely destroyed due to mining in 1944. It was successfully reconstructed soon after the war, mainly of material that remained from the destroyed bridge.

5.44. The Alla Carraia bridge on the river Arno in Florence



(Italy) was built in 1346, at the same river profile where Fra Sisto and Fra Ristoro, members of the Dominican order, had built the first wooden bridge in Florence. This wooden bridge

was demolished due to maximal flood in 1337. The man who built the stone bridge belonged to the clergy as well. It was Fra Giovanni da Campi. The bridge was destroyed in 1944, during the war. It was successfully restaurated in 1952.

5.45. The Babaeski Köprüsü (Bridge) on the river Šeitan (Turkey), on the Edirne – Istambul road, was built in 633. Daut-Aga was the chief builder. He had formerly been the disci-



ple of Kodza Mimar Sinan and became his associate later on. This bridge is emphasised in this survey as a successful example of a bridge which can take big modern traffic loads (on the Europe-Istambul route), after only slight modernization of the carriageway had been done.

5.46. The Büyükçekmece Köprüsü in Turkey, on the old Edirne–Istambul road spans a small estuary by a massive stone structure 636 m long. It is one of the most important constructions of utilitarian character that famous Turkish builder Kodža



Mimar sinan (1490–1588) built. The bridge construction was completed in 1567. In fact, four bridges, interlinked by artificial islands make the general arrangement of the crossing on such a long and relatively shallow natural barrier. The bridge was protected by building a new bridge far enough from the old one.

5.47. The Sokullu Mehmet Paşa Köprüsü in Lüleburgaz (Turkey), on the Edirne–Istambul road is one of the most sucessful works of the Osman bridge contruction. The construction



of the bridge started in 1564. Kodža Mimar Sinan was the chief builder. The bridge was adapted to the conditions of modern traffic (on the Europe-Asia route) by flattening the slope of the central line of the carriageway and by modernization of the carriageway.

5.48. The Sinanli Mehmet Paşa Köprüsü in Alpullu (Turkey) got its name after Kodža Mimar Sinan who had built it. There are some suppositions that this bridge is the endowment of the Grand Vezir Mehmed Pasha Sokolovic. There are no pre-



cise data on the time when it was built, but it could be surely said that its construction dates back to the 16th century. It bridges the river Ergene with a bridge construction 123.4 m long. Now, it is on a deserted road and it is partly blocked up. This construction remained in its original form.

5.49. The Kapiağasi Köprüsü spans the river Harami (Turkey) with three openings. Kodža Mimar Sinan built this bridge as well, in the middle of the 16th century. The bridge was



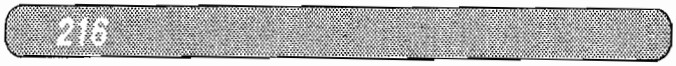
adapted to the conditions of modern traffic by correcting the central line of the bridge and by modernizing the carriageway. The restauration of the bridge has been completed recently, and the bridge has its original contours now.

5.50. The White Bridge (Ak köprü) on the river Cubuku



(Turkey), in Ankara, was built in 1223 by Aladin Kejkubad. It was repaired many times though radically in 1969. The original architecture of the bridge was fully respected. Some elements of the bridge were rebuilt then, the stone slab parapet was reconstructed, and comprehensive works on the rehabilitation of the river piers were done.

5.51. The Sultan Süleyman Köprüsü on the river Dil, on the road to Gebze (Turkey) was reconstructed by building the



destroyed elements again, and by rebuilding the disintegrating elements of the bridge.

5.52. The bridge near Keban (Turkey) was built in the 5th or in the 6th century, according to latest research. It was dismantled and thus protected from possible flood which could happen



since a reservoir was made. The most specific elements of the bridge were stored at the Keban Museum stone collection.

5.53. The bridge on the river Batman-Su, known as the Malabadi Köprüsü (Turkey), was built in the middle of te 12th century, i.e. in 1147. This bridge, with central opening 38,6m and with a series of unique architectural and construction charac-



teristics, is an example of the high skill of the Seldzuk bridge construction. The latest rehabilitation works, such as plastering and pointing, do not fit into the principles of the protection of the bridge like this one. By constructing a new bridge, it was protected from public traffic.

5.54. Çeşnigir Köprüsü (Turkey) on the river Kizilirmak, on the Ankara-Kirşehir road (the road existed in Roman times) and was built, according to some historians, in the 13th century,



and is the work of the Seldzuk bridge construction. It lost many of its original features by later repairs and additionally built parts. The bridge is even today successfully used for traffic by the heaviest vehicles.

5.55. The Karlo's bridge in Prague (Czechoslovakia) was built according to the wish and orders of Karlo IV (1316–1378). Petar Parler, the builder, built this bridge. A wooden bridge existed at this river profile even in 795. The construction of this



magnificent, and in many features, specific bridge, which was interrupted by many unfavourable circumstances, lasted until 1503. The towers at the end parts of the bridge were made in the 15th century, while the engravings and many sculptures were made in the 17th and the 19th century. The bridge was rehabilitated several times. During the last repair, the filling was changed. Instead of earth filling, which caused many damages, new, light concrete filling were made. The new system for diverting surface water was made then.

5.56. The Marie bridge, on the river Seine in Paris (France), was built in the period from 1614 to 1635 at the spot



where a former wood construction had stood. It was built by Cristophe Marie and Jean Delagrange. The features of the original general arrangement were: big useful width (23,5m) and de-

nsely located residential buildings on its superstructure. In 1658 two arches were demolished due to the maximal flood of the Seine, which deteriorated one river pier. The bridge was rehabilitated by rebuilding the demolished elements in 1664 (the flattened look of the arch is the consequence of this rehabilitation). During this rehabilitation the residential buildings on the bridge were not rehabilitated. Other residential buildings on the bridge were pulled down in 1740.

5.57. The Notre-Dame bridge, on the Seine in Paris (France) was built by a member of the Dominican Order, by Fra Giovanni gioconde in the period from 1500 to 1507. The bridge existed at this river profile even in Roman times. It is known that in 1413 it was a wood construction, which was demolished and repaired many times from then on. This bridge "carried" a

223

large number (68) of many-storey residential buildings. The shops were on the first two levels. The buildings which were above the river piers had cellars in the gaps of the river piers. The old bridge was pulled down, and the new bridge, which had the same name and with only one opening, was built on this river profile in 1913.

5.58. The Albi bridge (France), on the river Tarn, was most probably b uilt in the period from 1035 to 1178. It is one of the oldest and most important bridges in this region. In the Middle Ages, there were residential buildings above the river

224, 225

piers, with cellars in the river pier gaps. These buildings were pulled down in the 19th century. The most important repairs of the bridge were done in the middle of the 14th and at the beginning of the 15th century. It lost its elegant contours in 1820 when the bridge was extended (the original width had been 4.40 m) by rebuilding the river piers and by adding the segmentary arches.

5.59. The bridge in Avignon (France), on the river Rhône, was built in the period from 1177 to 1187. It is the work of the skilled hands of the monks Avignon and Saint Benézét. According to the relevant investigation work, it was built on the foundations of an old wood construction. A chapel, dedicated to St.

226

Nikola (protector of travellers) was built on one river pier. Saint Benézét, the builder of this bridge, was burried in it. Only four openings remained of this magnificent bridge, which had 22 openings bridged with segmentary arches, with maximal width of the openings of approx: 33m, with defence towers built in 1300, and with many unique and at that time unusual construction features. The bridge was damaged several times due to the maximal flood of the Rhône, but in many wars as well. It was most severely damaged in 1670.

5.60. The Valentré bridge on the river Lot at Cahors (France) is one of the most important bridges in the history of bridge construction. Only one of its towers remains in its original form

227

today. The construction of the bridge was helped by donations of Philippe Le Beau and of the Pope. It is known that the bridge construction started in 1308.

5.61. The bridge at Tours (France). The bridge on the river Loire was built in the 18th century. It spans the river by a bridge construction approx. 475m long, with 15 identical openings. The bridge was repaired in 1777, 1803, 1835 and in 1945. All rehabili-

228, 229

tations are mainly the consequence of inappropriate foundation. The bridge was severely damaged in 1978, when it collapsed at the length of 170m, because of the water deterioration of several river piers. The bridge was restaurated in its original form.

5.62. The bridge at Merida (Spain), bridges the river Guadiana by stone construction 792 m long, with 57 semicircular openings. The bridge is the work of Roman bridge construction, and it was built in the period of the reign of Augustus, the Emp. The first ten openings, on the side facing Merida, are the best preserved part of the bridge. The rehabilitation of the part of the bridge from the 11th to the 15th openings, done in the 17th century, should be singled out for its remarkable results. The

230, 231

central part of the bridge, from the 16th to the 36th opening, with all its irregularities, was repaired for the last time in the 19th century. Important rehabilitation works have been done recently. The part of te bridge near the left bank, from the the 36th to the 57th opening was partly blocked and differs from all other parts of the bridge. This could be explained by the construction of the additional parts of the bridge, i.e. by increase of the waterflow capacity of the river.

5.63. The Alcántara bridge (Spain) is a magnificent antique bridge construction, 194m long, known as the Trajan's bridge. It spans the river Tajo at the place which has the same name. The bridge was built by Cajus Julius Lacer. It was masoned with

232

granite stone blocks, without using mortar. It was repaired many times, and even demolished four times. All this left visible traces on the bridge. Engineer Alehandro M. restaurated the bridge successfully, removing all traces of the previous inadequate rehabilitations, bringing back the original form of the bridge.

5.64. The bridge at Kordoba, on the river Gvadalkivir (Spain) was built in the 2nd century B.C. This bridge was repaired and rehabilitated many times, too. The Arabian builders

233

reconstructed it radically in the 16th century. The defence tower was built on the bank then as well.

5.65. The Kintai Bachi (Iwakuni-Japan) is a specific wood bridge construction on the river Nishiki. The bridge was built in 1667 during the reign of Yoshikama Dukes. This magnificent

234

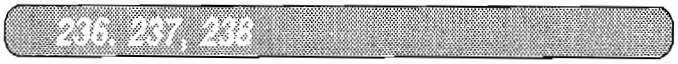
bridge of magnificent construction features, was demolished due to maximal flood in 1950. The bridge was reconstructed, and it looked exactly the same as it had looked before demolishing. The reconstruction was done in the same way as the ancient builders had done it, without using any modern binders.

5.66. The Džaodžou bridge (China), on the river Djao, unique for its beauty and construction, was built in the period

from 605 to 617 A.D. It was built by Li Chun. It is known as the Anziciao bridge (the bridge of relief and security). It still exists inspite of many unfavourable influences. The detailed rehabilitation of the bridge was completed in 1955.



5.67. The old London bridge (England), on the river Thames, was built in the period from 1176 to 1209. Its specific features were emphasised by the form, size and construction of the arches, by the construction of a special passage for ships, contours and construction of the river piers and by the big width of the bridge. There were residential buildings and shops on many of its superstructures. After the great fire in 1666, large



number of these buildings were destroyed. The bridge superstructure, i.e. all buildings were demolished in the middle od the 18th century. The bridge was pulled down in 1842.

5.68. The Heidelberg bridge. This bridge was built according to the wish of the Duke Karl Theodor in 1788. It spans the river Neckar (Germany) with nine openings of the brigde which are 200 m long. The wooden bridge, which was repaired many times, existed at this river profile even in the 13th century, i.e. before the stone bridge was built. A far more solid wooden bridge, with stone piers, was built in 1711. The stone bridge



which replaced this construction, remains even today. The bridge was repaired many times, but there are not so many data on these repairs. It was bombed in 1945 and two river piers and some arches were demolished. The bridge reconstruction was completed in 1947. During the reconstruction, the arches next to the left bank were reinforced.

5.69. The Trier bridge. The first records on the wooden bridge on the Mosel (Germany) date back to 1008. Nevertheless, the existence of the bridge in Trier is linked to Roman bridge construction (according to Tacit, the bridge was built in 140 A.D.). The present-day constructikon was built in the period



between 1190 and 1490. The bridge was partly demolished by the end of the 17th century, reconstructed in 1717/18, and then, damaged in 1784. Several repairs of it were done in the period from 1806 to 1809. In 1868 the entrance gate was demolished. Because of heavy traffic, the bridge was extended by adding cantilever beams to it. The bearing capacity of the bridge was increased after rehabilitation in 1957. The bridge is used for public traffic in Trier.

5.70. The Drezden bridge. The first wooden bridge on the river Elba (Germany) in Drezden was built in the period between 1070 and 1080. The construction of the bridge, known as the Augusus Bridge, dates back to 1173 and it lasted until 1222.



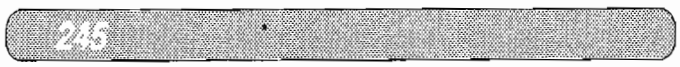
During the construction, the wood construction was gradually replaced. According to historical data, the bridge was between 525m and 660m long. It had 24 openings. There are records of some big repairs to the bridge, done by the end of the 13th century, then in the 15th, 16th and in 18th century. In 1728 the bridge was extended by adding cantilever arches. In 1813 one river pier was mined and in 1845 several river piers were severely deformed due to maximal flood. The bridge was pulled down because of many unfavourable circumstanes in 1907. The newly constructed bridge on the Elba (built according to the design of Professor W.H.Kreis) resembles the old bridge in its contours and features.

5.71. The Koblenz bridge. The stope bridge of the river Mosel, (Germany) 320-325 m long, is one of the oldest bridges in Germany. It is known as the Balduin's bridge (after the Duke Balduin). The biggest part of it was built in the 14th century. Its construction started in 1343 and was most probably completed in 1429. The irregular shape of the arches, i.e. the position of the river piers, is the consequence of certain difficul-



ties during construction. There are data about the repairs done in 1682, 1688, in the 18th century, in 1820, and in 1945 after the bridge had been bombed. Significant changes of the bridge followed the regulation of the Mosel and formation of the waterway. One pert of the bridge, 100m long was replaced by a modern construction (with the opening 96m wide) in the period from 1964 to 1969. The remaining part of the old bridge was extended by adding a new construction (about 5m wide) on the upstream part, in 1972/75. During the works on bridge extension, the rehabilitation of foundations and certain additional work on the visible surfaces of the bridge were done.

5.72. The Regensburg bridge. This bridge on the Danube, (Germany), c. 330m long, with sixteen openings, is one of the most important bridges in Germany. The bridge construction started in 1135 and it was completed in 1146 (a stone bridge replaced the wooden construction which had been built by Karlo



the Great). The bridge was repaired and damaged many times. There are some historical records on the repairs done in 1632, in 1809, and on the rehabilitation works after the 1945 bombing, as well as on the comprehensive restauration works done in the period from 1958 to 1962. The bridge remained in its original form and size, inspite of all misfortunes.

5.73. The Würzburg bridge. The construction of the bridge on the river Mein (Germany), known as the Marija's Bridge, started in 1476 and was completed in 1703. such a long period of its construction is the result of the gradual rehabilitation and replacement of the old bridge structure, and of lack of



needed funds. During the baroque period the bridge was decorated by many sculptures. The old bridge was relieved from heavy traffic load after two new bridges had been built. Two of its arches were destroyed in the 1945 bombing. The bridge was rehabilitated in 1949/50. Comprehensive rehabilitation works were done in 1976/77 as well.

(Translation by: Zorica Kovačević)

REGISTAR MOSTOVA

A
Arslanagića most (Trebinje), 53, 66, 92
Arše (Pont de l'Arche – FR), 64
Ali-pašin most (Sarajevo), 141
Ankara (Beli most – TR), 188
Armenski most (Keban – TR), 189
Albi (FR), 195
Avinjon (FR), 196
Avgustov most (Drezden – DDR), 207
Alcántara – Trajanov most (E), 200
Alla Carraia (Firenca – I), 181

B
Buna, 9
Bogazkoj (TR), 12
Brauron – Artemis (GR), 14
Banja Luka – Ćuprija Ferhad paše Sokolovića, 105
Beogradska tvrđava, 167
Babaeski ćuprija (TR)č, 183
Bujukčekmedže ćuprija (TR), 183
Balduinbrücke (Koblenc – D), 208

C
Cijevna (Titograd), 69
Careva ćuprija (Sarajevo), 138
Cestio (Rim – I), 177
Cahors (FR), 30, 197
Cezarev most preko Rajne, 14

Č
Čaršijski most (Travnik), 158
Češnigir ćuprija (TR) 191

D
Dubrovnik – Revelin, 25
Dubrovnik – Vrata od Ploča, 28
Dubrovnik – Vrata od Pila, 29
Duklo (kod Nikšića), 74
Dubrovački mostovi, 168
Drezden, Avgustov most (DDR), 207

DŽ
Džao-Džou most (Kina), 203

Đ
Đakovica – Talići most, 65
Đakovica – Tabakski most, 162
Đakovica – Terzijski most, 142
Đulića most, T. Užice, 150

E
Espalion (FR), 17
Erzerum (videti Malabadi ćuprija)
Emilio – Rim (I), 174
Elio – Rim (I), 177

F
Fabricio – Rim (I), 177
Firenca (I), 181

G
Gorenička ćuprija (Debar), 100
Gard, Pont du Gard (FR), 170
Graciano (I), videti Cestio

H
Heidelberg (D), 205

J
Justinijanov akvadukt (Skopje), 17, 57
Jokčiski most (Kratovo), 56

K
Kasapčića most (T. Užice), 8, 150
Kosorska ćuprija (Kosor), 9
Kiklopski most (južno od Atine, GR), 14
Kašmir (Indija), 12
Kalogeriko (ili Plakida, GR), 23
Kozja ćuprija (Sarajevo), 32, 57, 136
Kameni most (Skopje), 127
Krka (man. Krka), 63
Klina (Klina), 65
Kaluđerski most (man. Morača), 71
Kratovo, 73
Kaštel Gomilica, 92
Konjic, 110
Karađozbegova ćuprija (Blagaj), 113
Kriva ćuprija (Mostar), 120
Klepci (kod Čapljine), 166
Kapiagaši ćuprija (TR), 187
Karlov most (Prag, ČSR), 191
Karl Teodorov most (Heidelberg, D), 205
Kordoba (E), 201
Kintai Bachi (J), 202
Koblenc (Balduinbrücke, D), 208
Klaudijev advadukt (Podere Saccardo, Mandrione, I), 172

L
Lehina ćuprija (Blagaj), 114
Lančani most (Mostar), 125
Latinska ćuprija (Sarajevo), 140
Lapideo (videti Emilio, Rim, I)
Lileburgas (TR), 186
London (Stari londonski most, E), 203

LJ
Ljuta (kod Dubrovnika), 150
Ljubovija, 156

M
Mostine – akvadukt (Split), 16, 102
Mu'Alak Kemer (TR), 17
Majnc (D), 17
Moštanica (Nikšić), 148
Mostar, vidi Stari most
Mostaći (kod Trebinja), 51, 67
Malabadi ćuprija (Erzerum, TR), 57, 190

Mustafa pašina ćuprija (Svilengrad, BG), 62
Man. Sv. Arhanđeli (kod Prizrena), 84
Man. Dragović, 100
Mandrione (Klaudijev akvadukt, I), 172
Milvio (Rim, I), 174
Marie (Pariz, FR), 193
Merida (E), 199
Marijin most (Würzburg, D),

N Nikšić (most preko Moštanice), 148
Nemanjin most (videti Titograd)
Notre-Dam (Pariz, FR), 194

O Orleans (FR), 79
Ovčiji Brod (Nevesinje), 51
Orahovac (selo Buljbe), 63

P Prizrenska Bistrica (klisura), 89
Prizren, 88
Plandište (Sarajevo), 121
Paka (preko Lonje), 150
Pontonski mostovi (Beograd), 168
Podere Saccardo (Klaudijev akvadukt, I), 172
Ponte Pietra (Verona, I), 179
Pante Vecchio (Firenza, I), 181
Pariz, Pont Neuf (FR), 195
Pariz, mostovi Marie i Notre-Dam (FR), 193, 194
Plakida (GR), videti Kalogeriko
Pons Sublicins (I), 174

Q Quatro Capi (I), videti Fabricio

R Rijeka Crnojevića, 23, 24
Rubicon (I), 173
Regensburg (D), 210

Salona (Solin), 16
Stari Bar, 24
Stari Most (Mostar), 26, 27, 32, 42, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 67, 114
Stari Bar (akvadukt), 56, 57, 63
Suzijev most (Prizren), 63
Srednogorica (BG), 65
Skopsko Kale, 101
Skopski akvadukt, 57
Smederevska tvrđava, 101
Skopje, Kameni most, 32, 127
Smederevska Palanka, 169
St. Antonio (I), 172
St. Angelo (videti Elio, I)
Scaligero (videti Verona, I),
Sinanli ćuprija (Allpulu, TR), 186
Sulejmanova ćuprija (TR), 189
Ston, 104
Saintes (FR), 27
Santa Trinita (I), 182

Š Švanjski most, 147
Šeher-ćehajina šuprija (Sarajevo), 140

T Trajanov most (YU), 14, 42, 152
Trajanov most (Alcantara, E), 200
Terzijski most (Đakovica), 142
Talići most (Đakovica), 65
Tiberijev most (Rimini, I), 62
Tounj, 124
Titograd, Nemanjin most, 148
Tabakski most (Đakovica), 162
Tours (FR), 198
Trier (D), 207

V Vrata od Ploča (Dubrovnik), 28, 168
Vrata od Pila (Dubrovnik), 30, 168
Vezirov most (Titograd), 8
Vezirov most (Ljum Kula, AL), 8
Višegradski most, 24, 26, 32, 53, 54, 57, 58, 67, 130
Valpovo, 58
Vojinovića most (Vučitrn), 52, 72, 164
Vukovića most, 100
Verona (Ponte del Castelvecchio, Ponte Pietra, Ponte Scaligero, I), 178, 179
Valentré (vidi Cahors, FR), 197

W Würzburg, Marienbrücke (D), 212
Waterloo Bridge (London, GB), 205

Z Zlatan Rog (Instanbul, TR), 18
Zidani most, 72

Ž Žač (Budisavci), 67, 158
Železniki, 67
Žvale, most na Uvcu, 100
Žepa, 111

REČNIK REĐE KORIŠĆENIH REČI I NEKIH STRUČNIH POJMOVA

A

AD, podzemni svet.
ADITIV, uglavnom hemijska supstanca koja dodata u malim količinama poboljašava kvalitet proizvoda.
AGA, starešina, zapovednik, počasni naziv.
ALADŽA, šarena (Aladža džamija, šarena džamija).
ANTIKA, opšti naziv za period od 700. godine pre n.e. do 476. godine n.e, do vremena propasti Zapadnog Rimskog Carstva.
ARHIVOLT, videti str. 21, 34.
ARŠIN, srednjevekovna mera za dužinu.
ASFALTNI MASTIKS, 33.
ATMOSFERSKI UTICAJI, 66.
AVGUST, prvi rimski car (Gaj Oktavije Turin) rođen 63. godine pre n.e. Pošto ga je Cezar usvojio (44. godine) uzeo je ime Julije Cezar Oktavijan (Caius Iulius Caesar Oktavianus). Od 27. godine pre n.e. postaje car i uzima ime Imp. Caesar Augustus. Nasledio ga je Tiberije 14. godine n.e.

B

BADŽ, trošarina, carina.
BAKŠIŠ, dar, napojnica, mito.
BAŠA, starešina, prvak.
BAŠTINA, nasledni posed, dobro, kultura.
BARBARAKANA, 21.
BEG, plemić, plemićka titula.
BEGLERBEG, namesnik najveće vojno-administrativne oblasti u Osmanskom carstvu.
BENTONIT, vrsta gline koja uvećava fluidnost emulzije za injektiranje.
BEZISTAN, velika trgovačka kuća, grupacija trgovina.
BITISATI, postojati, živeti.
BOČNI PRITISAK SVODA, 20.
BRVNO, 10.

C

CENZORI, visoki činovnici Rima koji su pravili spiskove građana i njihovih dobara, vršili njihovu podelu, pravaili spiskove vitezova i senatora, određivali visine poreza, odlučivali o javnim radovima.
CEZAR, (Caius Iulius Caesar) 101-44. godine pre n.e. Rimski vojskovođa i državnik; vrlo brzo je stekao zavidan položaj u Rimu; stvorio je trijumvirat; učestvovao je u nizu pohoda. Po povratku u Rim zaveo je diktaturu. U vreme najveće popularnosti je ubijen.

Č

ČARŠIJA, zanatsko trgovački i kulturno prosvetni deo orijentalnog grada.
ČAUŠ, dvorski sluga, niži čin u vojsci.
ČAUŠBAŠA, starešina čauša.
ČAŠNIGIR, dvorjanin koji je služio jelom vladara, visoke dostojanstvenike.
ČELO SVODA, 21.
ČEKMEDŽE, kovčežić, drvena kasa.

Ć

ĆEHAJA, gradski činovnik, načelnik, gazda.
ĆERPIĆ, nepečena, na suncu sušena opeka.
ĆIRIŠ, lepak.
ĆUPRIJA, most.

D

DEBLO, deo drveta od korena do prve žive grane.
DEBLJINA SVODA, 20, 35.
DEFTER, ili TEFTER, popis, spisak, sveska, beležnica.
DEFTERDAR, šef finansija, računovođa.
DEFORMACIJA TEMELJA, 68.
DEMIRDŽIJA, kovač, gvožđar.
DERBEND, klisura, klanac, opasan prolaz na putevima obezbeđen čuvarima koji su se zvali DERBENDŽIJE. Derbendžijama nazivali su se i čuvari mostova.
DERVIŠ, muslimanski mistik, pripadnik derviškog reda.
DIRHEM, stara orijentalna mera za težinu.
DIOKLECIJAN (Caius Aurelius Diocletianus) rođen je 245. godine n.e. Rimski car od 284. do 305. godine. Umro je u Splitu, u svojoj palati, 313. godine.
DISPOZICIJA MOSTA, 19.
DOMINIKACI, katolički monaški red osnovan početkom XIII veka.
DONJI STROJ, 19.
DOPUŠTEN NAPON, 42, 43.
DRVENI ROŠTILJ, 58.
DUĆAN, trgovačka ili zanatska radnja.
DUNĐER, drvodelja, tesar, zidar, narodni graditelj
DUVAR, zid.
DUVARDŽIJA, zidar.
DUŽINA MOSTA, 22.
DVOJNO PODUPIRALO, noseći sistem koji je između krajnjih oslonaca poduprt na dva mesta kosim podupiračima, kosnicima.

DŽ

DŽADA, put, drum.
DŽAMIJA, islamska bogomolja.

E

EFENDIJA, gospodin, obrazovan čovek, počasni naziv za obrazovane ljude.

EKSTRADOS, 20.
ELASTOMEHANIČKA SVOJSTVA, opšti naziv za mehanička svojstva materijala.
EMIR, knez, prvak, vlastelin.
EMIRAT, kneževina.
EMULZIJA ZA INJEKTIRANJE, mešavina cementa i vode kao osnovne komponente sa dodatkom aditiva.
ESNAF, ekonomska i društvena organizacija istih zanatlija, stručno udruženje.
ETRURCI, javljaju se na tlu današnje Italije u VII-I veku pre n.e.
EVLIJA ČELEBIJA, turski putopisac XVII veka.
EZAN, objava, oglašavanje pojedinih molitva.

F
FERMAN, sultanova pismena zapovest.
FIKTIVNI ZGLOBOVI, 37, 39.
FIZIČKI UTICAJI, 67.
FUNDIRANJE, 57.
FORUM, najbitniji deo rimskog grada. Centar javnih i privatnih poslova.

G
GLAVNI NOSAČ, videti NOSAČ.
GLAVNI OTVOR, osnovni otvor kojim je premošćena prepreka.
GLAVNI PROJEKT, 76.
GORNJI STROJ, 19.
GREDNI SITEM, pravi štapovi oslonjeni na dva ili više oslonaca.

H
HAMAM, javno kupatilo.
HAN, svratište, prenoćište.
HASEKI, pripadnici odabranog odreda vojske u starijem periodu Turske Carevine.
HEMIJSKI UTICAJI, 67.
HIDRAULIČKI MALTER, malter koji vezuje i stvrdnjava pod vodom.
HODŽA, obrazovan verski čovek, učitelj, sveštenik.

I
IDEJNO REŠENJE, 76.
IDEJNI PROJEKT, 76, 77.
IMAM, lice koje vodi zajedničku molitvu, voda.
IMARET, javna dobrotvorna kuhinja.
INJEKCIONA MASA, smeša kojom se injektiranjem zapunjuju pukotine i šupljine u zidanom konstrukcijskom elementu.
INTRADOS, 20.
INUNDACIONI OTVOR, 19.
ISPUNA MOSTA, 21, 32.
IVIČNJAK, 21.
IZOLACIJA, 21, 33

J
JANIČAR, rod turske vojske osnovan (1328–1826) i regrutovan od nasilno odvedenih dečaka hrišćanske vere.
JANUS, jedan od najstarijih rimskih bogova, predstavljen s dva lica, staro i značajno rimsko božanstvo.
JAPIJA, drvena građa, drveni građevinski materijal.
JARAM, konstrukcija rečnog stuba od drveta.
JASTUK, SEDLO, videti SEDLO.

K
KADIJA, sudija, organ za sudske poslove.
KALIF, vladar, vrhovni verski poglavar.
KALIFAT (HALIFAT), vršenje dužnosti zvanja kalife (halife).
KAMEN, 42, 43.
KAMEN PRIRODNI, 80.
KAMEN RAMENIK, 21.
KAMEN ZAVRŠAC, 21.
KAMENI NABAČAJ, 58.
KAMPADA, deo zida ili svoda između dve stalne ili radne spojnice.
KAN, mongolski vladar.
KANARA, klanica.
KANTAR, stara trgovačka mera za težinu.
KAPA KLJUNA, 22, 55.
KARAVANSARAJ, veliki han, starinski orijentalni hotel.
KASABA, manji provincijski grad.
KASKADA, stepenica.
KASKADNO POMERANJE, stepenasto pomeranje.
KEGLA, 21.
KLIMATSKI UTICAJI, 67.
KLJUN STUBA, 22, 53.
KLJUČNI KAMEN, 21.
KOLOVOZNA KONSTRUKCIJA, 21, 26.
KONAK, prenoćište.
KONDOR FOLIJA, vrsta hidroizolacionog materijala.
KONGLOMERAT, sedimentna stena uglavnom od zaobljenog materijala slepljenog krečnjakom ili silicijskim cemntom.
KORNDVAŠ, delimično zakošenje čela svoda iz razloga povećanja proticajnog profila, poseban estetski efekt.
KONTRAFOR, zidani podupirač.
KORKALUK OGRADA, ograda od vertikalno postavljenih kamenih ploča.
KONZOLA, KONZOLNI SISTEM, noseći sistem na jednom kraju slobodan a na drugom uklješten.
KONZUL, KONZULAT, najveća vlast u Rimskoj Republici. Zamenio je kraljevstvo. Konzul predsedava Senatu koji saziva.
KRILNI ZID, 21.
KRONOGRAM, HRONOGRAM, zapis ili stih koji beleži neki događaj.
KRUNA ZIDA, 21.

L LEGATOR, lice koje zaveštava materijalna dobra.
LIBAŽA, LIBAŽNI SLOJ, izravnjavajući sloj tokom zidanja kamenih konstrukcija.
LIMES, fortifikacioni sistem na granicama Rimskog Carstva. Sastoji se od puta, utvrđenja i logora.
LUČNI SISTEM, noseći sistem sa zakrivljenom osom nosača.

M MAHALA, stambeni reon u orijentalnom gradu.
MALTER, 42, 59.
MEDRESA, viša verska škola.
MEHKEMA, sud, sudnica.
MEKTEB, muslimanska osnovna škola.
MESDŽID, manja muslimanska bogomolja (koja nema munare).
METALNE SPONE, TRNOVI, posebno obrađeni komadi gvožđa kojima se međusobno spajaju blokovi kamena.
MILJEVINA, 50.
MIMAR, graditelj, neimar.
MIMARBAŠA, starešina neimara, graditelja.
MODUL ELASTIČNOSTI, količnik između sile koja deluje na telo i deformacije (tom silom izazvane).
MUBAŠIR, činovnik koji se stara o izvršavanju posla državnog značaja.
MUFTIJA, glavni sudski činovnik, muslimanski pravnik.
MUJEZIN, vernik koji sa munare uči ezan i tako poziva vernike na molitvu.
MUKAT, paušalno plaćanje poreza u novcu, zakupnina, vakufsko dobro, svaki izvor prihoda.
MULA, počasni naziv za visoko obrazovane ljude u islamskom svetu, kadija najvišeg ranga.
MUNARA, MINARET, visoki deo džamije sa kojeg mujezin poziva vernike na molitvu.
MUTAVDŽIJA, zanatlija koji prerađuje kostret.
MUTEVELIJA, upravitelj, starešina vakufa.

N NADZIDAK, 21.
NAGIB NIVELETE, odnos visinske razlike dve tačke i rastojanja tih tačaka (obično izražen u %).
NAHIJA, župa, upravna jedinica manja od kadiluka (kadiluk, se sastoji od dve ili više nahija).
NAPON, sila po jedinici površine.
NAPREZANJE, veličina napona pod određenim opterećenjem.
NIŠA, SLEPI OTVOR, 232.
NIVELETA MOSTA, 19, 22.
NOSAČ, element konstrukcije koji nosi opterećenje.
NOSEĆA SKELA, skela koja nosi svod tokom zidanja, dok se isti ne osposobi da nosi samog sebe.

O OBALNI STUBOVI, 20, 52
OBLIK SVODA, 20, 34, 38.
OBRADA KAMENA, 42, 43.
OGRADA, 21, 24.
OLAKŠAVAJUĆI OTVOR, 22, 32, 56.
OMAJADI, prva arapska dinastija kalifa (665–750).
OTPRONOST MATERIJALA, ponašanje materijala pod opterećenjem.
OTVOR SVODA, 20.
OŽIVALNI SVOD, 34.

P PADIŠAH, vladar, car, suveren, sultan.
PAKER, cevasta naprava pomoću koje se ubrizgava injekciona masa prilikom injektiranja.
PAŠA, titula najviših turskih vojnika i upravnih funkcionera.
PAŠALUK, teritorija jednog paše.
PATINA, prirodna ili veštačka oksidacija vidnih površina.
PEŠAČKA STAZA, 21.
PODLOKAVANJE STUBOVA, 70.
PODUŽNI PAD, 21.
POKLAPAČA, završna greda kod konstrukcije jarma.
PONTON, PONTONSKI MOST, konstrukcija mosta koja se oslanja na plovne-plivajuće objekte (pontone).
POPREČNI PAD, 21.
POPREČNI PRESEK, 20.
POTPORNA LINIJA, 37, 38.
PRELOMLJEN SVOD, videti OŽIVALNI SVOD.
PRILAZNE KONSTRUKCIJE, 57.
PROSTA GREDA, nosač na dva oslonca.
PROSTA GREDA NA SEDLIMA, nosač koji se oslanja na kratke elemente od drveta, na sedla, jastuke.
PROTOMAJSTOR, nastojnik gradnje, glavni graditelj (neimar), najugledniji majstor među jednom vrstom zanatlija u mestu, starešina staleškog udruženja.
PRSLINA, destruktivna pojava na vidnim površinama konstrukcije nastala povećanim zatezanjem konstrukcijskog elementa. Na zidanim konstrukcijama širine do 1 mm.
PUCOLAN, prah iz Baje ili sa polja oko Vezuva (Italija) pomešan sa krečnim malterom daje mu hidraulička svojstva, da vezuje i stvrdnjava u vodi.

R RAMPA, videti PRILAZNA KONSTRUKCIJA.
RASPON, 20.
REČNI STUB, 22, 53.
RIZNICA, sobno blago, prostorija sa dragocenstima (po manastirima). U širem kontekstu, uopšte, blago i bogatstvo (kulturno, istorijsko i materijalno) na jednoj regiji.
ROZETA, kružni ukras, ornament u obliku ruže.
RUSTIČNA OBRADA KAMENA, neravna-grubo obrađena vidna površina kamena (ili zida).

S SAHATKULA, toranj na kome se nalazi sat.
SANDŽAK, pokrajina, veća administrativno-teritorijalna jedinica.
SANDŽAKBEG, namesnik, upravitelj sandžaka.
SAOBRAĆAJNO OPTEREĆENJE, 62.
SARAČ, sedlar, remenar.
SARAJ, dvor, palata.
SEDLO, JASTUK, kraći deo grede na koji se oslanjaju nosači.
SIDŽIL, sudski zapisnik.
SLEGANJE STUBOVA, 68.
SMELOST KONSTRUKCIJE SVODA, 20.
SOFA, kamena klupa, sedište za odmor putnika – na mostovima (natkriveni otvoreni prostor na ulazu u džamiju).
SPOJNICA, u zidanim konstrukcijama – površine između uzidanih elemenata, kamena, opeke.
SREDIŠNA LINIJA SVODA, 21, 37.
SREDNJI STUB, 22, 53.
STABILNOST SVODA, 38.
STATIKA KONSTRUKCIJA, izučava presečne sile, deformacije i stabilnost inženjerskih konstrukcija (za mirno – statičko opterećenje).
STATIČKO ISPITIVANJE SVODA, 37.
STINJENOST SVODA, 20.
STENA, 80, 81.
STOPA, stara merna jedinica za dužinu.
STRELA SVODA, 20.
SULTAN, suveren Osmanske Imperije.
SUPERSTRUKTURA, 19.
SVOD, 20, 33.

Š ŠADRVAN, fontana.
ŠEHER, veliki grad.
ŠEHER-ĆEHAJA, gradski načelnik, starešina šehera.
ŠEJTAN, đavo, vrag.
ŠEJTANLUK, vragolija, obešenjaštvo.
ŠERIJAT, islamski verski zakonik.
ŠIRINA MOSTA, 19.
ŠTETNI GASOVI, 68.

T TABACI, kožari.
TABAKSKI ESNAF, kožarski esnaf.
TABAKHANA, radionica za preradu kože.
TALPE, deblje daske postavljene preko glavnih nosača (mosnica).
TARIH, kronogram, natpis, datum.
TASDŽIJA, klesar.
TEKIJA, zgrada u kojoj se obavljaju verski obredi a mogu da stanuju i derviši.
TENELIJA, 50.
TEORIJA POTPORNE LINIJE, 37.
TERZIJA, krojač.
TERZIJSKI ESNAF, krojački esnaf.
TEŽIŠNA LINIJA, 21, 37.
TIMPANI, videti ČEONI ZIDOVI.
TRASA PUTA, podužna osa puta (oblikovana od pravaca i krivina).
TULUMBAZ, ponton, „lađa" napravljena od drveta i jareće kože.
TURBE, mauzolej.
TURSKA KALDRMA, kolovoz od lomljenog ili grubo doteranog kamena na sloju peska.

U UPORNJAK, 21, 52.
UTICAJI REČNOG TOKA, 67.

V VALIJA, upravitelj provincije.
VAKUF, zadužbina, zaveštenje.
VAKUFNAMA, isprava o osnivanju vakufa.
VEGETACIJA, 68.
VELIKI VEZIR, vrhovni, glavni ministar.
VENAC, 21, 24.
VEZIR, najviša titula u državnoj hijerarhiji Turske.
VILAJET, pokrajina, provincija.
VITKOST STUBA, 43.

Z ZAGAT, 14.
ZEMLJANI POTISAK, pritisak zemlje sa strane nasipa na obalni stub mosta.
ZIJAN, šteta, kvar, gubitak.
ZULUM, nepravda, nasilje.
ZULUMĆAR, nasilnik, tiranin.
ZUMBA, probojac, alatka za bušenje.

POREKLO ILUSTRACIJA

A. Akšamija, Višegrad, 148
Bozkurt O.: Koca Sinan'in köprüleri: 210, 211, 213, 214
Brücken in Deutschland (Atlas): 239
A History of Technology: 84
Demaret: 222, 224
Derrick Becket, Bridges: 232
Viollet le Duc: 28, 31, 85
Dž. Čelić, I. Mujezinović: crteži na sl. 4, 5, 118, 120, 122, 123, 173, 132, 183
I. Lazić, T. Užice: 3
„Putnik": 1
Ćira Rajić, Mostar: 27, 129, 130
Vojni Muzej: 158
Stein Brücken in Deutschland: 246, 245, 243, 242, 240
Procedings, vol. 54: 236, 237
Ponts de France: 225
F. Ilter: 218, 219, 215
Culpan: 215, 216

S A D R Ž A J:

– Predgovor, 5

DEO 1.

1. Uvod, 7
2. Iz istorije mostova, 10
3. Kameni mostovi – Elementi, 19
   - 3.1. Nivelete, 22
   - 3.2. Ograde i venci, 24
   - 3.3. Kolovozne konstrukcije, 26
   - 3.4. Čeoni zidovi (ili timpani), 30
   - 3.5. Ispuna mosta, 32
   - 3.6. Izolacije, 33
   - 3.7. Svodovi, 33
     - 3.7.1. Oblik svoda, 34
     - 3.7.2. Debljina svoda, 35
     - 3.7.3. Statičko ispitivanje, 37
     - 3.7.4. Dopušteni naponi, 42
     - 3.7.5. Naponska stanja svodova, 45
     - 3.7.6. Konstrukcija, 48
   - 3.8. Obalni stubovi, 52
   - 3.9. Srednji – rečni stubovi, 53
   - 3.10. Olakšavajući otvori, 56
   - 3.11. Prilazne konstrukcije, 57
   - 3.12. Fundiranje, 57
   - 3.13. Materijali, 59

DEO 2. Iskustva sa zaštite, 61

1. Uzroci nastalih oštećenja, 61
   - 1.1. Saobraćajno opterećenje, 62
   - 1.2. Savremena urbanizacija i novogradnja, 64
   - 1.3. Atmosferski uticaji i klimatski uslovi, 66
   - 1.4. Uticaji fizičke i hemijske prirode, 66
   - 1.5. Oštećenja nastala usled sleganja stubova i deformacija na temeljnim konstrukcijama, 68
   - 1.6. Oštećenja kao posledica primene neadekvatnog materijala i lošeg izvođenja, 71
2. Metode zaštite starih mostova, 73
   - 2.1. Pisanim dokumentima, 74
   - 2.2. Sanacija i konzervacija, 75
   - 2.3. Dislokacije, 75
   - 2.4. Izgradnja novog mosta, 75
3. Rekonstrukcije, sanacije, konzervacije, 76
   - 3.1. Neke mogućnosti ojačanja starih svodova, 77
4. Moguća oštećenja i zaštita kamena, 80
   - 4.1. Potrebne mere sanacije, 83
5. Primeri iz prakse, 84
   - 5.1. Rekonstrukcija mosta preko reke Bistrice kod manastira Sv. Arhanđeli (kod Prizrena), 84
   - 5.2. Rekonstrukcija mosta preko reke Bistrice u Prizrenu, 88
   - 5.3. Kaštel Gomilica kod Splita
   - 5.4. Arslanagića most kod Trebinja
   - 5.5. Drveni most na ulazu u Skopsko kale, 101
   - 5.6. Rekonstrukcija mosta u sklopu Smederevske tvrđave,, 101
   - 5.7. Akvadukt „Mostine“ na splitskom vodovodu, 102
   - 5.8. Most u Stonu, 104
   - 5.9. Rekonstrukcija (projekt) mosta preko Vrbasa u Banja Luci, 105
   - 5.10. Most preko Neretve u Konjicu, 110
   - 5.11. Most na Žepi, 111
   - 5.12. Karađozbegova ćuprija u Blagaju, 113
   - 5.13. Lehina ćuprija u Blagaju, 114
   - 5.14. Stari most u Mostaru, 114
   - 5.15. Kriva ćuprija preko Radoblje u Mostaru, 120
   - 5.16. Most u Plandištu kod Blažuja, 121
   - 5.17. Most preko Tounjčice u Tounju, 124
   - 5.18. Lančani most preko Neretve u Mostaru, 125
   - 5.19. Most preko Vardara u Skopju, 127
   - 5.20. Most preko reke Drine u Višegradu, 130
   - 5.21. Kozja ćuprija kod Sarajeva, 136
   - 5.22. Sarajevski mostovi, 138
     - – Careva ćuprija, 138
     - – Šeher-ćehajina ćuprija, 139
     - – Latinska ćuprija, 140
     - – Ali-pašin most, 141
   - 5.23. Terzijski most (kod Đakovice), 142
   - 5.24. Švanjski most, 147
   - 5.25. Most preko Moštanice (kod Nikšića), 148
   - 5.26. Most preko Ribnice u Titogradu, 148
   - 5.27. Most preko reke Lonje, 150
   - 5.28. Kasapčića most u T. Užicu, 150
   - 5.29. Trajanov most preko Dunava, 152
   - 5.20. Most na reci Ljubovići, 156
   - 5.31. Čaršijski most u Travniku, 158
   - 5.32. Most preko reke Istok (selo Žač), 159
   - 5.33. Tabakski most u Đakovici, 162
   - 5.34. Vojinovića most u Vučitrnu, 164
   - 5.35. Most preko Bregave u Klepcima, 166
   - 5.36. Rekonstrukcija mosta u sklopu beogradske tvrđave, 167
   - 5.37. Dubrovački mostovi, 168
     - – Most na Pločama, 168
     - – Most međuvratima od Ploča, 168
     - – Most na Pilama, 168
   - 5.38. Most u Smederevskoj Palanci, 169

. . . Iz inostranstva

- 5.39. Pont du Gard (F), 170
- 5.40. Most preko Rubicona u Savignanu (I), 173
- 5.41. Mostovi grada Rima, 174

– Emilio ili Lapideo, 174
– Milvio, 174
– Fabricio, 177
– Cestio, 177
– Sant Angelo, 177
5.42. Most Scaligero u Veroni (I), 178
5.43. Kameni most (Ponte Pietra) u Veroni (I), 179
5.44. Mostovi Firence (I), 181
– Alla Carraia, 181
– Ponte Vecchio, 181
– Santa Trinita, 182
5.45. Babaeski ćuprija (TR), 183
5.46. Bujukčekmedže ćuprija (TR), 183
5.47. Most Mehmed paše Sokolovića u Lileburgasu (TR), 186
5.48. Sinanli ćuprija (TR), 186
5.49. Kapiagaši ćuprija (TR), 187
5.50. Beli most u Ankari (TR), 188
5.51. Sultan Sulejmanova ćuprija (TR), 189
5.52. Armenski most kod Kebana (TR), 189
5.53. Malabadi ćuprija kod Silvana (TR), 190
5.54. Čenšnigir ćuprija (TR), 191
5.55. Karlov most u Pragu (ČSR), 191
5.56. Most Marie u Parizu (F), 193
5.57. Most Notre-Dame u Parizu (F), 194
5.58. Most u Albiu (F), 195
5.59. Most preko Rone u Avinjonu (F), 196
5.60. Most Valentré (F), 197
5.61. Most u Toursu (F), 198
5.62. Most u Meridi (E), 199
5.63. Most Alcantara (E), 200
5.64. Most u Kordobi (E), 201
5.65. Kintai Bachi u Iwakuni (J), 202
5.66. Most Džao-Džou u Kini, 203
5.67. Stari Londonski most (GB), 203
5.68. Heidelberg – Karl Teodorov most (D), 205
5.69. Most u Trieru (D), 207
5.70. Most u Drezdenu (DDR), 207
5.71. Koblenz – most preko Mosela (D), 208
5.72. Regensburg – most preko Dunava (D), 210
5.73. Most preko Meine u Würzburgu (D), 212

Nešto kao zaključak, 213
Old stone bridges (anatomy, pathology, protection, rehabilitation, conservation) 215
– Registar starih mostova 232
– Rečnik nekih stručnih pojmova i ređe korišćenih reči 233
– Poreklo ilustracija 236

Prof. dr **MILAN GOJKOVIĆ,** dipl. građevinski inženjer rođen je u Beogradu 1926. godine. Osim na matičnom – Građevinskom fakultetu u Beogradu, gde radi na predmetima Drvene konstrukcije i Kamene konstrukcije, održava redovnu nastavu na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu u Prištini i povremeno na postdiplomskim studijama na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Više godina održavao je nastavu na fakultetima u Subotici, Novom Sadu i Nišu. Autor je desetak knjiga koje obradjuju oblast drvenih i kamenih konstrukcija.

Pored redovnih dužnosti na Fakultetu i rada na savremenim problemima struke prof. Gojković je veliki deo vremena posvetio istraživanju i zaštiti starih mostova. Još daleke 1957. godine započeo je sa Nadeždom Katanić mukotrpni rad na prikupljanju građe o starim kamenim mostovima u Jugoslaviji. Rezultat ovog fundamentalnog istraživačkog rada, nezaobilaznog u izučavanju mostogradnje u prošlosti naših naroda, su dve obimne knjige (izdate 1961. i 1972) o mostovima u Srbiji, Crnoj Gori, Makedoniji i Hrvatskoj i građa u rukopisu za mostove u Sloveniji i Bosni i Hercegovini. Kao vrstan poznavalac oblikovanja i tehnike građenja starih mostova uspešno se ogledao na mnogim radovima vezanim za kompleksnu problematiku ovih građevina. Među mnogim posebno se ističu: složeni radovi na sanaciji Starog mosta u Mostaru i zaštiti ćuprije Mehmed paše Sokolovića u Višegradu, rekonstrukcije srednjevekovnih mostova preko reke Bistrice u Prizrenu i kod manastira Sv. Arhanđeli i mostova u sklopu Smederevske tvrđave i na ulazu u Skopsku tvrđavu, restauracija i sanacija Terzijskog mosta, premeštanje Arslanagića mosta kod Trebinja i studija za rekonstrukciju starog mosta u Banja Luci. Kao stručnjak bogatog iskustva u radu na kamenim konstrukcijama učestvovao je i u brojnim komisijama prilikom razrešavanja složene problematike sanacija objekata sakralne arhitekture i drugih starih konstrukcija od kamena.

Obiman istaraživački rad na starim mostovima, po mnogo čemu uzoran, izneo je na svetlost dana i nauke brojne primere utilitarnih spomenika kulture različitih karaktera i vremenskih perioda – ne samo u nas već i šire. Naime, prof. Gojković je svoja istraživanja usmerio i na ostale zemlje Balkanskog poluostrva, Evrope, Bliskog Istoka i ostalih regija Azije. Rezultati ovog obimnog istraživačkog rada, iskazani preko brojnih članaka i studija, prigodnih saopštenja u stručnoj i naučnoj javnosti, brojnih predavanja u zemlji i nostranstvu, obogatila su saznanja iz oblasti istorije mostogradnje i sveukupnog vrednovanja graditeljskog nasleđa. I ova knjiga kao i buduće magistralno delo iz istorije mostogradnje na tlu Evrope i Azije, koje je u pripremi za štampu, u mnogome će doprineti popunjavanju osetne praznine u literaturi iz ove oblasti struke i nauke.

Za svoj rad na Fakultetu, u struci i Zaštiti spomenika kulture dobio je brojna društvena priznanja. Više nagrada na javnim konkursima, jubilarnu medalju povodom 30 godina zaštite spomenika kulture u Jugoslaviji, diplome i povelje, pismene zahvalnice – Zavoda za zaštitu spomenika kulture u Beogradu, Prištini i Sarajevu, više fakulteta i građevinskih preduzeća. Dobitnik je nagrade Društva konzervatora Srbije za 1988. godinu i ordena rada sa srebrnim i zlatnim vencem.