

**PROCENA STANJA I SANACIJA DRUMSKOG MOSTA NA PUTU  
BEOČIN – NASELJE DUNAV****ASSESSMENT AND REPAIR OF ROAD BRIDGE ON THE ROAD  
BEOČIN – NASELJE DUNAV**Darko Manojlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je dat opis noseće konstrukcije drumskog betonskog mosta na putu Beočin – Naselje Dunav. Vizuelnim pregledom su uočeni defekti i oštećenja svih konstrukcijskih elemenata. Procjenom stanja i projektom sanacije su predviđeni građevinski radovi koje je potrebno uraditi na objektima koji su oštećeni. Projekat sanacije se sastoji iz više faza. Prvo je potrebno doći do odgovarajuće projektno-tehničke dokumentacije, izaći na teren i obaviti vizuelni pregled, izvršiti procjenu stanja, ispitati materijale od kojih je objekat napravljen i predložiti mjere sanacije. Objekti kod kojih se sumnja u nosivost, stabilnost, funkcionalnost i upotrebljivost, treba da budu vizuelno pregledani, da se predlože mjere sanacije i da se saniraju kako bi se produžio životni vijek takvih konstrukcija.

**Ključne reči:** procjena stanja, projekat sanacije, most

**Abstract** – This work gives a description of the supporting structure of the concrete road bridge on the road Beočin – Naselje Dunav. By the visual inspection, defects and damage of all structural elements were detected. The assessment and the rehabilitation project envisaged construction works that have to be done on objects that are damaged. The rehabilitation project consists of several stages. First, it is necessary to obtain the appropriate technical documentation, go to the field and perform a visual inspection, perform an assessment of the condition, examine the materials from which the object was made and suggest remediation measures. Facilities where carrying capacity, stability, functionality and usability are suspected should be visually inspected, and adequate repair measures should be performed in order to prolong service life of such structures.

**Keywords:** assesment, project of rehabilitation, bridge

**1. UVOD**

Rad se sastoji iz dva dijela, teorijskog i stručnog dela. U prvom (manjem) dijelu rada je obrađen teorijski deo u vezi sa istraživanjem istorije lučnih i grednih mostova i dat je pregled takvih mostova izgrađenih u Srbiji. Stručni deo rada obuhvata tehnički opis mosta, procjenu stanja sa definisanjem svih oštećenja na konstruktivnim elementima, njihovim uzrocima na osnovu čega je dat predlog potrebnih sanacionih mjera.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je Mirjana Malešev, red. prof.**

**2. TEORIJSKO ISTRAŽIVAČKI DIO**

S obzirom na to da je most koji je predmet ovog rada sagrađen jednim svojim dijelom kao lučna konstrukcija, a drugim djelom kao gredni most, biće napisano i o jednim i drugim konstrukcijskim sistemima.

Istorijski posmatrano, u kratkim crtama je opisan razvoj lučnih mostova u starom Rimu, opisano je razdoblje do početka 18. vijeka i razdoblje do početka 20. vijeka i dat je kratak opis o lučnom mostu preko rijeke Drine. Objasnjeni su osnovni pojmovi vezani za lučne mostove. Dat je tabelarno prikaz najpoznatijih lučnih mostova izgrađenih u Srbiji. To su: most preko rijeke Lepenice u Kragujevcu, Žeželjev most preko reke Dunav u Novom Sadu, koji je srušen, novi lučni most koji je sagrađen u Novom Sadu 2018.godine i Vojinovića most u Vučitrnu. Kada je riječ o grednim mostovima, date su teorijske osnove vezane za gredne mostove. Te osnove se odnose na tipove grednih mostova u pogledu poprečnog presjeka, raspona i materijala od kojih mogu da se rade. Opisani su svi mogući statički sistemi koji se koriste kod ovakvih vrsta mostova, kao i način na koji treba modelirati ovakav tip mostova. U dijelu koji se odnosi na najpoznatije mostove izgrađene u Srbiji, pomenut most preko reke Dunav kod Beške, koji je prednapregnut i o kome ima dovoljno podataka u pogledu upotrijebljenih materijala, vremena građenja, statičkog sistema itd.

**3. OPIS KONSTRUKCIJE MOSTA**

Most koji je predmet master rada, se nalazi na prostoru opštine Beočin na katastarskoj parceli broj 1506/1. Površina parcele je oko 56.400m<sup>2</sup>. Na Slici 1 je prikazana parcela na kojoj se most nalazi.



Slika 1. Prikaz katastarske parcele

Most spaja dvije obale preko manje močvare u blizini rijeke Dunav. Namijenjen je za drumski i pješački saobraćaj. Lociran je na oko 200m od regionalnog puta P-107 (regionalni put koji spaja Novi Sad sa Državnom granicom). Dužina starog dijela mosta je 14.85 m, a

njegova širina je 4.6m. Stari dio konstrukcije se sastoji od tri betonska svoda. Svijetli otvori krajnjih svodova su 4.15m, a svijetli otvor srednjeg svoda je 4.0m. Visina svih svodova je ista i iznosi 2.5m. Dimenzije srednjih stubova u poprečnom presjeku su 1.0m, u podužnom pravcu mosta i 4.6m. Način i vrsta fundiranja mosta nisu poznati, ali se pretpostavlja da je most fundiran na temeljima od klesanog kamena.

Naknadno izgrađeni dio mosta je kontinualna greda raspona 7.55m+5.0m+7.55m. U podužnom pravcu projektovana su dva glavna AB nosača, koji zajedno formiraju slovo Π. Širina rebara nosača je 30cm, a na spoju sa pločom projektovane su vetrikalne kose vute, visine 20cm i širine 20cm, tako da širina rebra na spoju sa pločom iznosi 70cm. Podužni nosač u osi E ima povećanu visinu na 90cm, dodavanjem veritaklih vuta sa donje strane nosača, dok nosač u osi F ima konstantnu visinu od 70cm na mjestima oslanjanja na poprečne nosače, a u zonama oslanjanja na zidove ima visinu od 90cm. Ukupna širina naknadno dograđene konstrukcije iznosi 2.9m, a razmak glavnih nosača je 1.6m. Debljina kolovozne ploče je 20cm, a završni sloj asfalta 10cm. Izgled oba mosta je prikazan na Slici 2.



Slika 2. Izgled mosta

### 3. PROCJENA STANJA MOSTA

#### 3.1 Vizuelni pregled mosta

Vizuelnim pregledom mosta obuhvaćeni su sledeći konstrukcijski elementi: svodovi starog mosta, kolovozna konstrukcija, krilni zidovi, glavni nosači armiano-betonskog dijela mosta, stubovi dograđenog dijela mosta, ograda i instalacije.

Za vizuelni pregled korišteni su sledeći materijali i oprema: pantljika i metar, baterijska lampa, čekić, sklerometar, fenolftalein, kreda, zaštitne rukavice i šljem.

Tokom vizuelnog pregleda uočeni su sledeći defekti i oštećenja na konstrukcijama:

- porozan beton,
- zaostali dijelovi oplate,
- otpadanje površinskih slojeva betona i maltera,
- bijele mrlje na površini betona,
- prsline i pukotine,
- smanjen poprečni presjek,
- bilološka korozija,
- ispucali i otpali dijelovi kamenih blokova i
- isprane spojnice.

#### 3.2 Određivanje kvaliteta ugrađenih materijala

Određivanje kvaliteta ugrađenog materijala je izvršeno: kolorimetrijskom metodom i određivanjem površinske

tvrdće betona sklerometrom na armiranom betonu i određivanjem zapreminske mase i čvrstoće pri pritisku nearmiranog betona. Kolorimetrijska metoda ispitivanja materijala podrazumijeva premazivanje svježe odlomljenog betona fenolftaleinom. Ako beton na mjestu premazivanja dobije purpurnu boju, to je znak da nije karbonizovao. Na Slici 3 je prikazana jedna svježe odlomljen komad betona koji je poprskan fenolftaleinom i na čijoj unutrašnjoj površini se pojavila purpurna boja, a po ivicama je ostala nepromenjena boja betona.



Slika 3. Ispitivanje uzoraka fenolftaleinom

Radi utvrđivanja vrste betona i njegovih osnovnih fizičkih i mehaničkih svojstava, sa terena je donešen jedan uzorak materijala od koga je građen stari dio mosta. Od njega su sečenjem formirane kocke, na kojima je određena zapreminska masa i čvrstoća pri pritisku. Na Slici 4 je prikazano ispitivanje čvrstoće na pritisak. Prema standardu EN 206, ispitani beton spada u grupu lakih betona i to u klasu "D1.4" - klasa prema zapreminskoj masi, dok u pogledu čvrstoće na pritisak spada u klasu LC 8/9. Vizuelnim pregledom zaključeno je da je za spravljanje predmetnog betona korišćena šljaka kao laki agregat.



Slika 4. Ispitivanje čvrstoće betona na pritisak

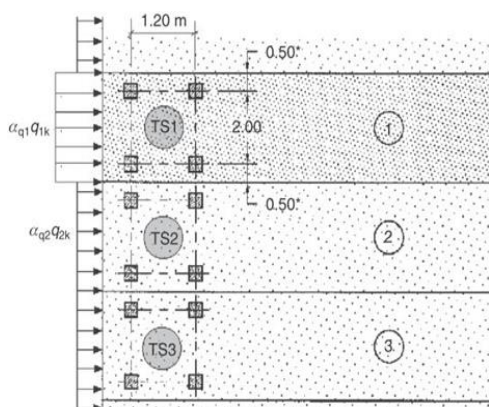
Ispitivanje sklerometrom je jedan vid nedestruktivnog, indirektnog mjerenja čvrstoće betona na pritisak. Mjerenje se izvodi tako što se na odabranom mernom mestu na elementu konstrukcije napravi četrnaest udaraca sklerometrom i evidentira indeks sklerometra. Uz pomoć kalibracione krive koja je data za svaki instrument i indeksa sklerometra, u zavisnosti od položaja instrumenta tokom ispitivanja, dobija vrijednost čvrstoće betona na pritisak za svaki element posebno. Prilikom analize rezultata ispitivanja mora se voditi računa o karbonatizaciji betona i o mogućim odstupanjima rezultata od izmerene vrednosti. Rezultati ispitivanja sklerometrom su dati u Tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja sklerometrom

Element konstrukcije	Glavni nosači	Kolovozna ploča	Stubovi
Čvrstoća na pritisak (MPa)	36.5±6.9	34.3±5.8	35.3±6.8

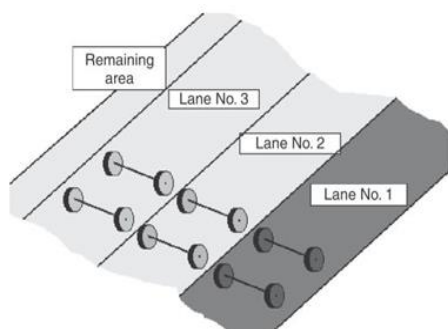
#### 4. PRORAČUN KONSTRUKCIJE MOSTA

Kontrolnim proračunom konstrukcije, provjerena je nosivost svih konstrukcijskih elemenata, a opterećenja koje su nanošena na model konstrukcije su: sopstvena težina i korisno opterećenje u vidu saobraćajnog opterećenja. Model saobraćajnog opterećenja u osnovi prikazan je na Slici 5.



Slika 6. Model saobraćajnog opterećenja u osnovi

Prostorni prikaz saobraćajnog opterećenja prikazan je na Slici 7.



Slika 7. Prostorni prikaz saobraćajnog opterećenja

Nakon statičkog proračuna, svi elementi konstrukcije su armirani prema evropskim normama. Upoređivanjem količine potrebne armature i one koja se stvarno nalazila u konstrukciji, došlo se do zaključka da je potrebno dodatno armirati konzolnu i kolovoznu ploču. Uz pretpostavljenu debljinu kolovozne i konzolne ploče, ponovo je konstrukcija proračunata iz razloga što je promenjena sopstvena težina, a korisno, tj. saobraćajno opterećenje je nanoseno na model kao i u prvoj iteraciji.

Obzirom na to da je konstrukcija starog dijela mosta sagrađena od nearmiranog betona, kontrolisan je samo normalni napon pritiska u najopterećenijim elementima konstrukcije. Proračunom je dobijeno da je u svim elementima konstrukcije stvarni napon manji od dozvoljenog za materijal od kog je most napravljen.

Kontrola napona je sprovedena i za tlo ispod starog dijela mosta, gdje je kontrolnim proračunom dobijeno da je napon u tlu takođe manji od dozvoljenog.

U Tabelama 2, 3 i 4 je prikazana analiza potrebne količine armature nakon sanacije AB dela mosta

Tabela 2. Analiza potrebne količine armature u konzolnoj i kolovoznoj ploči

Nakon konstrukcijske sanacije		Konzolna ploča	Kolovozna ploča
Potrebna armatura (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	2.41	5.2
	Donja zona	nema podataka	10.01
Stanje nakon sanacije (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	6.78 (φ12/20)	6.78 (φ12/20)
	Donja zona	10.05 (φ16/20)	10.05 (φ16/20)
Postoji potreba za armaturom		Da	Da

Tabela 3. Analiza potrebne količine armature u glavnim nosačima

Nakon konstrukcijske sanacije		Glavni nosač u osi F	Glavni nosač u osi E
Potrebna armatura (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	18.5	26.1
	Donja zona	26.88	28.66
Stanje nakon sanacije (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	19.63 (4φ25)	29.45 (6φ25)
	Donja zona	29.45 (6φ25)	29.45 (6φ25)
Postoji potreba za armaturom		Da	Da

Tabela 4. Analiza potrebne količine armature u porečnim nosačima i stubovima

Nakon konstrukcijske sanacije		Poprečni nosači	Stubovi
Potrebna armatura (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	5.8	4.02
	Donja zona	16.58	4.02
Stanje nakon sanacije (cm <sup>2</sup> /m)/(cm <sup>2</sup> )	Gornja zona	29.45 (6φ25)	25.13 (8φ20)
	Donja zona	29.45 (6φ25)	25.13 (8φ20)
Postoji potreba za armaturom		Da	Da

Na kraju svake tabele se vidi da je postoji potreba za dodatnom armaturom u svim elementima konstrukcije.

## 5. PRIJEDLOG SANACIJE MOSTA

Prijedlog mjera sanacije mosta obuhvata spisak radova koji će biti izvršeni na svakom elemntu pojedinačno.

Čelična ograda:

- uklanjanje stare korodirane ograde, postavljanje nove ograde

Postojeća konzola:

- uklanjanje postojećeg gornjeg sloja betona pješačke staze i uklanjanje oštećenog betona na konzolama, čišćenje postojeće armature, postavljanje dodatne armature po potrebi i reprofilacija konzole, izrada hidroizolacije i zaštitnog trotoara

Kolovozna ploča - gornja strana:

- uklanjanje postojećih asfaltnih slojeva, uklanjanje hidroizolacije, čišćenje i otprašivanje, postavljanje stiropora na postojeću ploču, postavljanje armature ploče u oba pravca,
- betoniranje nove ploče, postavljanje hidroizolacije i izvođenje novih asfaltnih slojeva, reševanje odvodnjavanja

Kolovozna ploča - donja strana:

- uklanjanje trošnih slojeva betona, čišćenje površinskih nečistoća i pripremanje površine betona za torkretiranje, čišćenje korozije sa šipki armature
- sanacija korodirane armature, postavljanje "šulc" mreže i nanošenje torkret betona

Glavni nosači:

- podupiranje konstrukcije, čišćenje površine betona, čišćenje trošnih slojeva betona oko armature, čišćenje armature od korozije, premazivanje podužnih šipki u donjoj zoni sa zaštitnim premazom, postavljanje otvorenih novih uzengija sa gornje i donje strane nosača i njihovo zavarivanje, pričvršćivanje "šulc" mreže i torkretiranje donje površine

Poprečni nosači:

- podupiranje konstrukcije, čišćenje površine betona, čišćenje trošnih slojeva betona oko armature, čišćenje armature od korozije, premazivanje podužnih šipki u donjoj zoni sa zaštitnim premazom, postavljanje otvorenih novih uzengija sa gornje i donje strane nosača i njihovo zavarivanje, pričvršćivanje "šulc" mreže i torkretiranje donje površine

Stubovi novog dijela mosta:

- čišćenje temelja na koji se stub oslanja
- podupiranje zbog sanacije podužnih i poprečnih nosača,
- uklanjanje zaštitnog sloja betona stubova, čišćenje korodirane armature, zaštita armature od korozije,
- premazivanje sredstvom za poboljšanje prionljivosti novog maltera
- reprofilisiranje - postepeno postavljanje oplata oko stuba i formiranje pravilnih ivica od reparaturnog maltera
- premazivanje cele površine stuba polimercementnim zaštitnim premazom

Svodovi i čeonii zidovi starog dijela mosta:

- uklanjanje, po potrebi, labavih delova betona sa pravilnim oblikovanjem udubljenja, detaljno čišćenje površine betona

- parcijalno torkretiranje u sloju do 5cm, radi popunjavanja dubljih oštećenja
- postavljanje "šulc" mreže i torkretiranje svodova i čeonih zidova

Stubovi starog dijela mosta:

- skidanje sloja zemlje 0.5m u dubinu i oko stuba
- nasipanje šljunkom oko stuba i postavljanje betonskih ivičnjaka oko stubova
- čišćenje površina tesanog kamena
- postavljanje "šulc" mreže i torkretiranje stubova

Krilni zidovi:

- čišćenje metodom suvog pjeskarenja od nečistoća

Potrebna oprema za izvođenje radova na sanaciji mosta: ručni alati, mašina za torkretiranje, "pick hammer", mašina za suvo pjeskarenje armature i betona i pištolj za upucavanje ankera.

## 7. ZAKLJUČAK

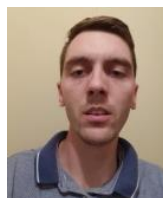
Na osnovu analize svih uočenih defekata i oštećenja, koja su se ispoljila na elementima mosta, zaključeno je da stabilnost i funkcionalnost mosta nije ugrožena, dok su trajnost i nosivost pojedinih elemenata narušeni. Lokalno gledano narušena je nosivost kolovozne ploče i konzolne ploče usled jake korozije armature i mogućeg prekida iste.

Nakon sagledavanja rezultata proračuna, zaključeno je da se zbog vozila V600, čiji je veliki teret od 600kN raspoređen na samo tri osovine, dobijaju jako veliki uticaji u konstrukciji i samim tim i velika dodatna količina armature koja je potrebna da se ugradi prilikom sanacije da bi kolovozna ploča i konzolna ploča imale nosivost prema novim propisima.

## 8. LITERATURA

- [1] Evrokod 1992 - 2, Beograd, 2006.
- [2] Evrokod 1998 - 1, Beograd, 2006.
- [3] Malešev M., Radonjanin V.,: (autorizovana skripta) Sanacije betonskih konstrukcija, Novi Sad.
- [4] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji, Bograd, 2012.
- [5] Seminarski rad iz predmeta Upravljanje mostovima, Novi Sad, 2017.

### Kratka biografija:



**Darko Manojlović**, rođen je u Bijeljini 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstva odbranio je 2018. god.  
Kontakt:  
manojlovic.darko199423@gmail.com