



**Drveni most preko kanala Sava – Odra
na LC 31163, dio Kuče - Rakitovec**

ELABORAT O STANJU POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE

STUDIO **ARHING**



Projektni zadatak

Temeljem Ugovora o istražnim radovima na nosivoj konstrukciji drvenog mosta preko kanala Sava-Odra od 22.03.2017., potrebno je provesti stručni pregled nosive konstrukcije predmetne građevine prema slijedećem zadanom obuhvatu:

1. Kontrola postojećeg stanja drvene krovne konstrukcije (geometrija sustava, dimenzije elemenata, spojevi i spojni elementi, ležajevi)
2. Detaljan vizualni pregled sukladno Tehničkom propisu za drvene konstrukcija NN 121/07 i normama za konstrukcijsko drvo (stanje elemenata, spojeva i ležajeva)
3. Laboratorijsko ispitivanje* i analiza izvađenih uzoraka i to:
 - Određivanje vrste drveta
 - Fizikalna i mehanička svojstva drva s određivanjem gustoće (HRN ISO 3131)
 - Određivanje sadržaja vlage (HRN EN 13183-1)
 - Biološka trajnost – procjena razreda opasnosti (HRN EN 1311)

* Ovlašteni laboratorij od strane Hrvatske akreditacijske agencije prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17065:2013. Karakteristični uzorci se vade iz osnovnih konstrukcijskih elemenata, na zahtjevanim pozicijama (poprečne drvene grede nosača podnice, naglavne grede stupišta, kosnici, horizontale i dijagonale stupišta, piloti stupišta).

4. Izrada nacрта s pregledom svih oštećenja na drvenoj konstrukciji
5. Provedba preliminarnih računskih analiza
6. Izrada uputa i smjernica za projekt sanacije ili zamjene



Opći podaci o pregledu

Nosiva drvena konstrukcija:

Borivoj Pojatina, dipl.ing.građ. - ovlaštenu revident za drvene konstrukcije

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ. – voditelj pregleda

David Anđić, mag.ing.aedif

Marina Štargel, mag.ing.aedif

Ispitivanje materijala – drvo:

Prof.dr.sc. Hrvoje Turkulin, dipl.ing.šum.

Doc.dr.sc. Marin Hasan, dipl.ing.šum.

Ispitivanje materijala - čelik:

Ivan Robić, ing.stroj.

Pregledi su provedeni tijekom svibnja i lipnja 2017. godine.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka drva su provedena u Laboratoriju za drvo u graditeljstvu (LDG) i Laboratoriju za anatomska svojstva i zaštitu drva Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (ovlašteni laboratorij od strane Hrvatske akreditacijske agencije prema zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17065:2013).



Sadržaj

1. Pregled postojeće projektne dokumentacije
2. Snimanje nosive konstrukcije - geometrija sustava, dimenzije elemenata, spojevi i spojni elementi, ležajevi
3. Detaljan vizualni pregled - stanje elemenata, spojeva i ležajeva
4. Ispitivanje materijala - laboratorijsko ispitivanje i analiza izvađenih uzoraka
5. Računska analiza nosivosti
6. Zaključna ocjena sa smjernicama za daljnje postupanje



Postojeća projektna dokumentacija

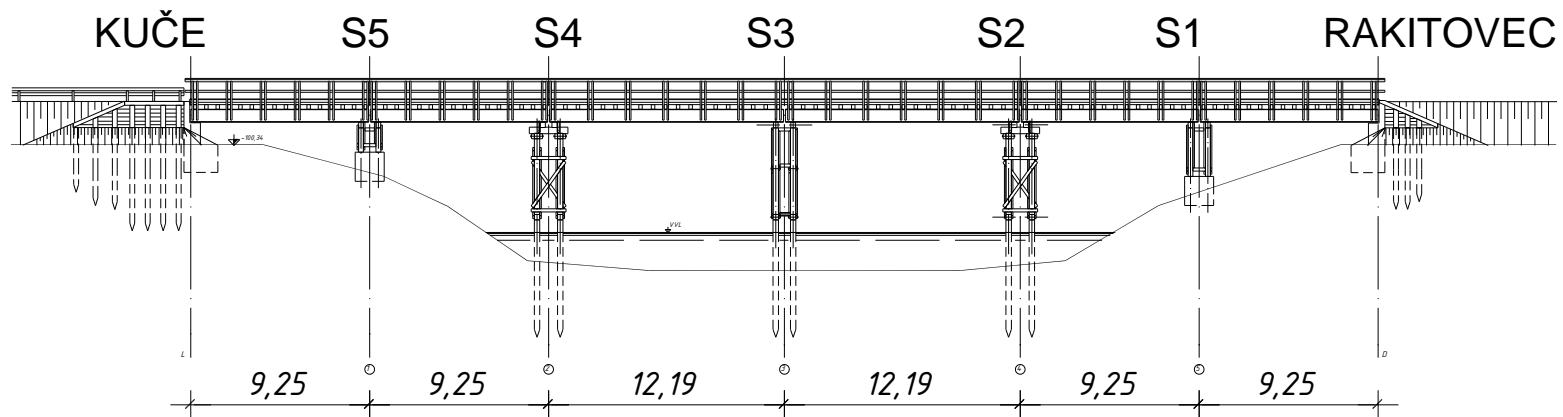
Podaci o izvornom projektu dobivenom na uvid:

„Izvedbeni projekt – Most preko kanala Sava – Odra“ izrađen od strane tvrtke „Željeznički projektni biro“, Teslina 4, 10000 Zagreb, TD:1908, lipanj 1977., Projektant: A. Tunkl, dipl.ing.

Osim izvornog projekta Naručitelj je dostavio na uvid niz projekata, izvještaja, te ekspertiza koje sadrže niz oprečnih preporuka i smjernica, od potpune zabrane prometa do lokalnih sanacijskih mjera. Iako pojedine preporuke nisu nužno pogrešne i netočne, zaključci su doneseni ne uzimajući u obzir cjelovitost konstrukcije i bez potpunog uvida u stvarno stanje konstrukcije. Stoga se u nizu proturječnosti Naručitelj odlučio provesti sveobuhvatnu temeljitu analizu postojećeg stanja i mogućnostima sanacije mosta.

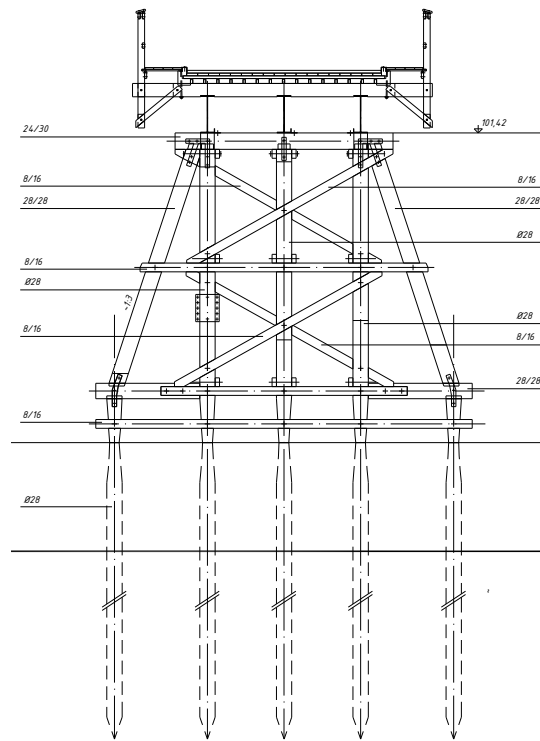
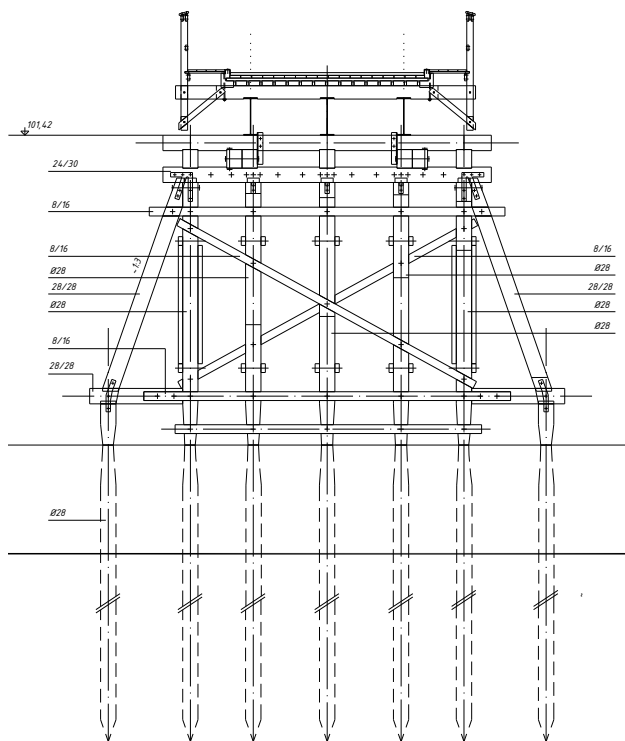


Snimak postojećeg stanja





Snimak postojećeg stanja





Vizualni pregled



Slika 2.2 Trošive mosnice kao gornji sloj kolničke konstrukcije. Oštećenja mosnica, dasaka na hodnim stazama uz prometnu traku, rubnog čeličnog elementa te spojnih sredstava svih navedenih dijelova kolničke konstrukcije.



Vizualni pregled



Slika 2.4 Rubni čelični profil koji odvaja hodnu stazu od prometnog traka je nepričvršćen, deformiran i oštećen (torzijska deformacija). Vidljiva površinska opća korozija cijelom dužinom na obje hodne staze.



Vizualni pregled



*Slika 2.6 Ispucale mosnice po cijelom presjeku i uzduž iste .
Nedostaju veliki dijelovi posljednjeg sloja kolničke konstrukcije.*



Vizualni pregled



*Slika 2.9 Vertikalna denivelacija
ograde upućuje na značajno
oštećenje i deformaciju nosivog
dijela gornjeg ustroja*



Vizualni pregled



Slika 2.11 Izrazito oštećen i dezintegriran spoj stupa ograde i stabilizacijskih štapova. Visoki stupanj truleži stabilizacijskih štapova koji je rezultirao potpuno nedjelotvornim spojem i posljedično nestabilnošću stupa ograde.



Vizualni pregled



Slika 2.12 Uzdužna deformacija rukohvata uslijed isušivanja, a uzrokovano nepravilno piljenom građom i nedostatnim pričvršćenjem.



Vizualni pregled



Slika 2.17 Vidno vlažne naglavne grede na stupištu 5 i gornji ustroj iznad čeličnih nosača. Korozija čeličnih nosača i spojnih sredstava na spoju naglavne grede i stupova.



Vizualni pregled



*Slika 2.20 Poprečni prag s
nezaštićenim čeonim dijelom.
Pukotine i truljenje drvenog
materijala.*



Vizualni pregled



Slika 2.22 Raslojavanje i otpadanje dijelova pojasnice i rubnih dijelova hrpta na čeličnim nosačima. Redukcija nosivog poprečnog presjeka.



Vizualni pregled



Slika 2.28 Horizontalna poprečna deformacija mosta vidljiva na glavnim čeličnim nosačima – pogled Rakitovec - Kuče



Vizualni pregled



Slika 2.38 Stupište (jaram) 2 – vidljiv obilan prodor vlage kroz kolničku konstrukciju na donji ustroj mosta. Razlika u boji elemenata stupišta u gornjoj polovici i donjoj polovici gledajući od vodnog lica do gornje ustroja mosta.



Vizualni pregled



Slika 2.40 Stupište (jaram) 2 – nedjelotvorna veza kosnika i pilota, zazor između spojnih sredstava i drvenog elementa od 2-5 mm. Nedostaje dio elementa naglavne grede iznad pilota. Dugačke uzdužne pukotine i truljenje sredine presjeka iste.



Vizualni pregled



*Slika 2.44 Stupište (jaram) 4 –
Stup smanjenog poprečnog
presjeka izvana te istrunuo u
potpunosti iznutra. Djelotvoran
poprečni presjek stupa iznosi
svega 20%*



Vizualni pregled



Slika 2.43 Stupište (jaram) 4



Ispitivanje materijala - drvo



Slika 11. a) i b). MM 1. Mjesto cilindričnog izvrtka ca 30 cm iznad trulog čela kosnika (slika desno) pokazuje da je površina zaražena i izjedena do dubine od ca 2 cm, dok dublje zone izgledaju kompaktno i zdravo.



Slika 12. Izvrtak sa slike 11 pokazuje da je ca 2 cm površine propalo, ali da je i srčani dio pilota zaražen, uz zadržanu prirodnu anatomsku strukturu drva.



Ispitivanje materijala - drvo



Slika 18. Obradeni izvrtak iz cijelog proboja stupa na MM 2 (II stupište, gornji dio stupa ispod naglavnih greda). Tipična slika uz gornji čelni presjek pilota gdje je površina djelomično vrlo plitko oštećena ali suha, dok je središnja srčana zona trupca/pilota zaražena i natrula u širini od 8 – 10 cm.



Slika 19. Detalj sa sl. 18. Mikrografija poprečnog presjeka izvrtka iz zdrave srčevine trupca. Jasno razlučive anatomske karakteristike hrastovine: pore ranog drva jasno vidljive, otvorene ili zapunjene tilama, pore kasnog drva u radijalnim nizovima, traci oštri i jasni.



Slika 20. Detalj sa sl. 18. Mikrografija poprečnog presjeka izvrtka iz trule srčike trupca. Struktura zdravog drva neprepoznatljiva. Pore su većinom zapunjene produktima razgradnje, pore ranog drva nevidljive, enzimska razgradnja se širi radijalno po porama ranog drva i tracima.



Slika 17. Mjerno mjesto 2 na II stupištu. Marín na zadatku. Strelicama su označeni izvrci iz glave stupa i naglavne grede. Gornji dio jarma je u naoko dobrom stanju, okov je zatezan u bjeljici do srčevine, zaostatak izvorne zaštitne boje pokazuje da površina nije zaražena i erodirala kao doljnji dijelovi stupišta.



Ispitivanje materijala - drvo



Slika 39. Na prvom stupištu je donji dio trupca oštećen rjetkim poplavlivanjem i odbijenom oborinskom vodom, ali samo u debljini od oko 2 cm (bjeljike). Drvo srži ima zdravu boju i konzistenciju.



Slika 40. Gornji dio drugog stupišta. Naglavne grede su mehanički uslojene, sa malim tragovima propadanja na bridovima sljubica. Poprečne grede imaju zdrava čela, stupovi ne pokazuju niti trulež obložnog pojasa bjeljike. Strelica pokazuje položaj i smjer vađenja izvrtka na mjernome mjestu MM2.



Slika 33. Stupište IV. Natruo kosnik do polovine visine, stup potpuno zaražen u cijeloj visini.



Slika 34. Stupište IV. Strelce pokazuju mjesta i smjer izvrtaka. Stupovi uz vodu su toliko propali da se na MM 10 i 11 ne mogu izvaditi konzistentni izvrci drva nego samo ostaci truleži



Slika 35. Izvrtak iz srednjeg stupa četvrtog stupišta (MM 9), proboj kroz cijeli stup: Površina s desne strane, uz pukotinu, jako zaražena, dok preostali dio stupa ima konzistentnu strukuru i normalnu boju.



Ispitivanje materijala - drvo



Slika 41. Izvrtak iz naglavne grede pokazuje zdravu, prirodnu boju i strukturu hrastovine, bez tragova truleži



Slika 42. Pogled odozdo na nosivu kolničku konstrukciju. Vide se površinska oštećenja po bridovima pragova i mosnica, ali i izostanak velikih pukotina. Drvo je uglavnom vrlo dobre tehničke kvalitete prema vizualnom klasiranju po DIN 4074-5. Posebno je zaznačeno mjesto kraćega praga nad kojim su 12 cm debele uzdužne mosnice čelno slijubljene. U ovoj zoni voda zamače spojeve i prodire uzduž vlakanaca, drvo je mnogo mokrije pa je vidljiv i intenzivan razvoj truleži na gornjoj plohi praga i po cijelom presjeku mosnica. Ovakvi dijelovi se mogu lokalno izmjenjivati.



Slika 43. Pogled na kolničku nosivu konstrukciju na mjernom mjestu 6 (označeni su izvrci iz praga i iz mosnice izvan čeličnih nosača). Poprečne grede (pragovi) su različitih dimenzija i stanja, kraći pragovi su većinom samo površinski zaraženi. Manji dio pragova s uklopjenim srcem (lijevo) pokazuje obojenje od čelne zaraze truležnicama i veće pukotine. Treći izvrtak izuzet je iz mosnice između čeličnih nosača



Slika 44. Izvrtak s mjernog mjesta MM 6, iz doljne zone praga (lijevo). Slični uzorci su izvađeni su i iz doljne strane mosnice i praga između čeličnih nosača (slika desno). Osim potrošene površine u dubini 3 - 5 mm, drvo naoko izgleda zdravo i konzistentno.



Ispitivanje materijala - drvo

Tablica 1. Sumarne vrijednosti sadržaja vode i osnovnih fizikalnih svojstava drva na odabranim mjernim mjestima mosta

MJERNO MJESTO			PODACI ZA GUSTOCU I SADRŽAJ VODE		SADRŽAJ VODE na objektu dubina: 1 – 3 – 5cm		GUSTOCA PRI 12 %	SIRINA GODA UCESCE K DRVA
br.	Opis lokacije	dubina	PROSUSENI VOLUMEN I MASA (12%)	SV [%]	[%]	[kg/m³]	[mm] / [%]	
1	2	3	4	5	6	7	8	
MM 1 – Drugo južno stupašte, prvo stupašte u vodi								
1	Prvi jugoistočni stup, 12 cm iznad vode	4 cm	21,13 cm² 16,79 g	13,7 %	21,4 23,5 34,2	795	1,0-3,9 mm 69 %	
2	Istočni kosnik, 80 cm iznad vode	površina			13,9 16,6 18,7			
MM 2 – Drugo južno stupašte, prvo stupašte u vodi								
1	Prvi jugozapadni stup, 1,5 m iznad vode	površina			15,1 17,8 21,0		1,8-4,8 mm 63 %	
2	Prvi jugozapadni stup, 12 cm iznad vode	površina			25,7 31,7 161,0		1,7-3,8 mm 60 %	
MM 3 – Treće južno stupašte, drugo stupašte u vodi								
1	Srednji sjeverni stup, 1,5 m iznad vode	površina			15,9 23,6 38,1			
2	Srednji sjeverni stup, 8 cm iznad vode	površina			58,0 56,4 58,0		1,1-4,0 mm 67 %	
MM 4 – Treće južno stupašte, drugo stupašte u vodi								
1	Južna horizontalna greda iznad vode	5 cm	32,37 cm² 19,93 g	17,3 %	41,0 18,1 23,6	616		
		10 cm	30,45 cm² 20,53 g	20,4 %		674		
2	Prvi jugoistočni stup, 20 cm iznad vode	površina			23,4 36,0 58,0			
3	Istočni kosnik	površina			13,3 17,0 18,5			
4	Drugi jugoistočni stup, ispod željezne obujmice	površina			42,0 71,0 151,0			
MM 6 – Horizontalne dulje grede iznad čeličnog I profila, južna strana, 2,5 m od betonskog temelja obale								
1	Poprečna greda između dva zapadna I profila	5 cm	33,74 cm² 24,72 g	16,9 %	23,1 24,0 25,6	692		
		10 cm	34,39 cm² 23,08 g	17,2 %		671		
2	Poprečna greda s varjake strane zapadnog I profila	5 cm	39,46 cm² 29,17 g	17,2 %	18,0 19,8 23,9	739		
		10 cm	30,31 cm² 24,57 g	19,2 %		811		
3	Poprečna greda s unutarnje strane, 3 cm od istočnog I profila	površina			17,5 19,2 21,8			

Sumarne vrijednosti sadržaja vode i osnovnih fizikalnih svojstava drva na odabranim mjernim mjestima

4	Poprečna greda između dva istočna I profila				21,2 23,1 26,8			
5	Varjaki istaknuti dio horizontalne grede (spoj sa stupićem ograde)	5 cm	35,16 cm² 24,65 g	16,1 %	19,5 22,8 29,3			
		10 cm	33,28 cm² 22,33 g	17,7 %				
6	Uzdruž. kolnička mosnica, zapadna pješačka zona	površina			16,6 17,3 17,8			
MM 7 – Prvo južno stupašte na betonskom temelju, na suhome								
1	Istočni kosnik	5 cm	36,88 cm² 23,89 g	17,0 %		645		
		10 cm	37,74 cm² 25,61 g	20,8 %		679		
MM 8 – Drugi sloj uzdužnih hrastovih mosnica s gornje strane								
1	Mosnica u kolničkoj zoni, 2,5 m od sjevernog kraja mosta	5 cm	30,54 cm² 23,73 g	63,7 %		777		
MM 9 – Drugo sjeverno stupašte, prvo sjeverno stupašte u vodi								
1	Sjeverni srednji stup, 1 m iznad vode						1,9-5,5 mm 64 %	
PREPORUČENE VRIJEDNOSTI							15 ± 3	640 za D30 750 za D50



Ispitivanje materijala - drvo

Tablica 4. Razredi prirodne otpornosti prema gljivama (HRN EN 350-2) i iskustvena trajnost pojedinih razreda u mokrim uvjetima (prema Sellu, 1997).

Razred trajnosti prema HRN EN 350-2		Očekivani vijek u razredu opasnosti 4 (mokro, u dodiru s tlom)		Iskustvena trajnost u zgradama - vanjska zona	
				NATKRIVE NO Razred opasnosti 2	IZRAVNO IZLOŽENO Razred opasnosti 3 (npr. fasade)
Vrlo trajno	1	> 25 – 30 godina			
Trajno HRASTOVINA	2	15 – 20 godina		150	100
Umjereno trajno	3	10 – 15 godina			
Slabo trajno	4	5 – 10 godina			
netrajno	5	< 5 godina			
Elementi objekta		Moguće predviđena trajnost uz izuzimanje ili ojačanje trulih i oštećenih elemenata te površinsko saniranje i kemijsku zaštitu svih ostalih dijelova			
Piloti, donje grede stupišta, kosnici		0 - 10	Raz. op. 4.1-4.2		
naglavni grednici stupišta		20	Raz op. 3.2		
pragovi i glavne mosnice		20	Raz op. 3.2		



Ispitivanje materijala - drvo

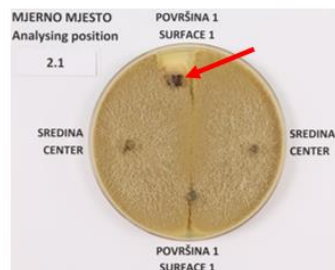
Tablica 6. Sumarni pregled pojave biološke zaraze prema odabranim mjernim mjestima

MJERNO MJESTO		ZONA DETEKCIJE			NAPOMENA
br.	OPIS LOKACIJE	Površina	Srževina	Centar (sredina elementa)	
MM 1 – Drugo južno stupašte, prvo stupašte u vodi,					
1.1	Prvi jugoistočni stup, 12 cm iznad vode	Gt, Gpb, Gp	Gt, Gp	Gt, Gp	Na površini i u centralnom dijelu stupa intenzivno se razvija trulež. – Vidi sliku XY.
MM 2 – Drugo južno stupašte, prvo stupašte u vodi					
2.1	Prvi zapadni stup, 1,5 m iznad vode	Gp, Gt,	Gp	Gp	Na površini stupa se intenzivno razvija plijesan i vrlo slabo micelij gljiva truležnica, sredina inicira intenzivan razvoj plijesni.
2.2	Prvi jugozapadni stup, 12 cm iznad vode	Gt, Gp	Gt, Gp, Gpb	Gt, Gp	I iz površine i iz središnjeg dijela stupa intenzivno se razvijaju gljive truležnice i plijesni odnosno gljive promjene boje
MM 3 – Treće južno stupašte, drugo stupašte u vodi					
3.2	Srednji sjeverni stup, 8 cm iznad vode	Gt, Gp, Gpb	Gt, Gp, Gpb	Gt, Gp, Gpb	I na površini i u sredini stupa vrlo intenzivan razvoj gljiva truležnica i gljiva plijesni odnosno gljiva promjene boje. – Vidi sliku XY.
3.3.	Sjeverna horizontalna greda iznad vode	Gp, Gt,	Gp, Gpb, Gt		Na površini početni razvoj gljiva truležnica, u sredini vrlo intenzivno razvijena plijesan i vrlo slabo truležnice.
MM 4 – Treće južno stupašte, drugo stupašte u vodi					
4.1	Južna horizontalna greda iznad vode	B, Gt, Gpb	Gpb, Gt	Gpb, Gt	Površinska bakterijska infekcija i intenzivan razvoj gljiva truležnica, slabo gljive promjene boje, a u sredini se vrlo intenzivno razvijaju gljive promjene boje i slabi razvoj truležnica.

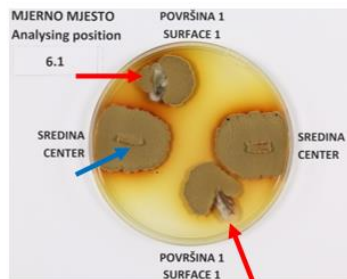
Ispitivanje materijala - drvo

4.3 Laboratorijski uzorci - detekcija vrste i intenziteta infekcije izuzetih uzoraka drva

Na slikama 54 – 57 prikazane su petrijeve zdjelice s razvojem tipičnih kultura mikro-organizama na sterilnoj hranjivoj podlozi na kojima se temelji argumentacija vrste i intenziteta biološke razgradnje pojedinih dijelova drvene konstrukcije mosta.



Slika 54. Mikrobiološka kultura sa mjernog mjesta MM 2.1. Na sva četiri iverčica intenzivno se razvila plijesan (okler zona u petrijevoj zdjelci). Na jednom iverčiću izuzetom sa površine inicijalno se razvija i micelij gljiva truležnica (crvena strelica).



Slika 55. Mikrobiološka kultura sa mjernog mjesta MM 6.1. Na sva četiri iverčica intenzivno se razvila plijesan (okler zone u petrijevoj zdjelci – plava strelica). Na iverčićima izuzetim sa površine elementa inicijalno se razvija i micelij gljiva truležnica (crvene strelice).



Slika 56. Mikrobiološka kultura sa mjernog mjesta MM 4. Na sva četiri iverčica razvijaju se mikrobiološke kulture. Na gornjem površinskom iverčiću razvila se bakterijska kultura (svjetlo plava strelica). Na donjem površinskom iverčiću intenzivno se razvija micelij gljiva truležnica (crvena strelica) uz inicijalni razvoj plijesni. Na lijevom iverčiću izuzetom iz središnjeg dijela grede razvija se micelij plijesni i micelij gljive truležnice (crvena strelica). Na desnom iverčiću izuzetom iz središnjeg dijela grede intenzivno se razvija micelij gljiva promjene boje (siva strelica).



Slika 1. Mikrobiološka kultura sa mjernog mjesta MM 3.2. Na sva četiri iverčica intenzivno se razvio micelij gljiva truležnica (crvena strelica) i gljiva plijesni (plava strelica).



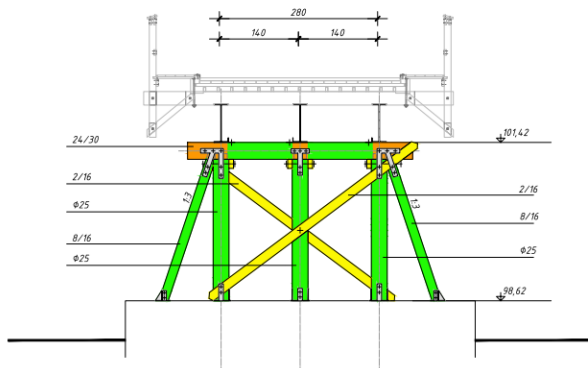
Grafički pregled oštećenja

PRIKAZ STANJA DRVENIH ELEMENATA

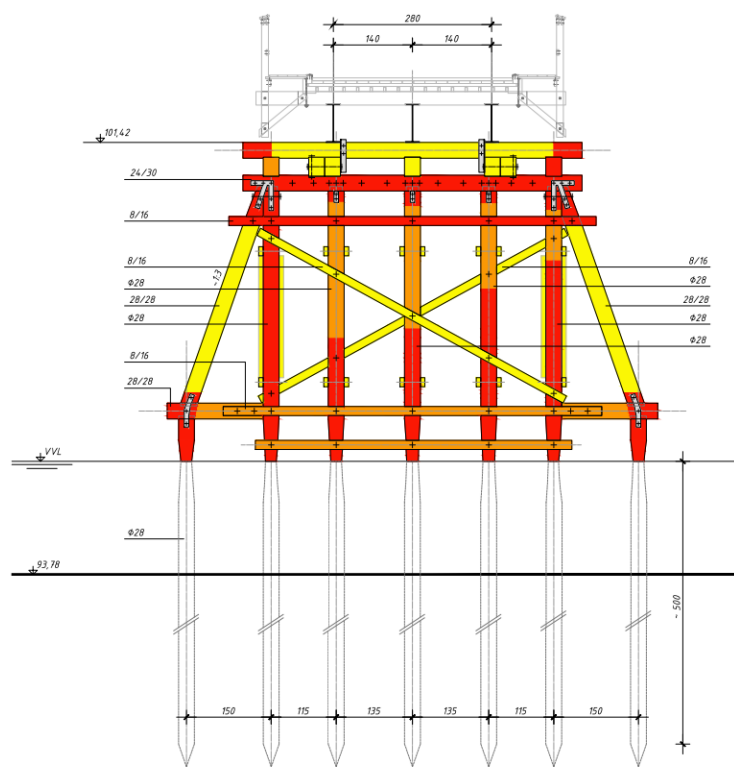
LEGENDA:

- UREDAN ELEMENT: nema vidljivih nedostataka, nema strukturalnih pukotina
- PRIBLIŽLJIV ELEMENT: vidljiva manja oštećenja, manje strukturalne pukotine, gubitak suobjektnog presjeka za manje od 10%.
- ELEMENT SMANJENE NOSIVOSTI: srednja oštećenja, značajna pukotina, više stupanj erozije i trulosti, gubitak suobjektnog presjeka za više od 10%.
- NEFUNKCIONALNI ELEMENT: značajna oštećenja, duboke pukotine, više stupanj erozije i trulosti, otpušteni spojevi

STUPIŠTE S1, MJ 1:50



STUPIŠTE S2, MJ 1:50





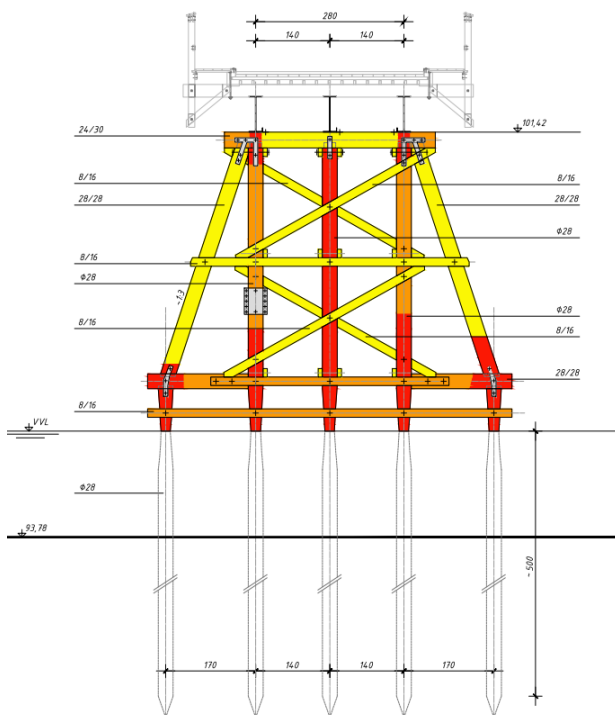
Grafički pregled oštećenja

PRIKAZ STANJU DRVENIH ELEMENATA

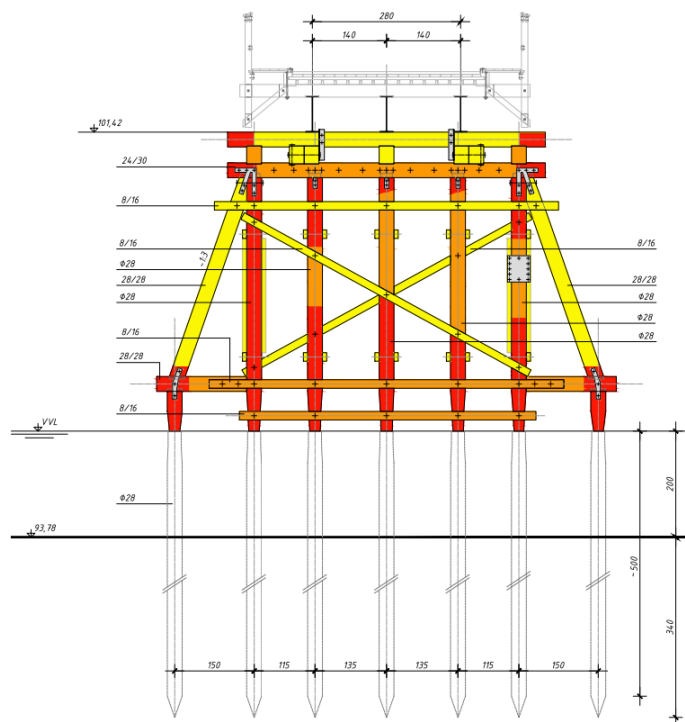
LEGENDA:

- UREDAN ELEMENT: nema vidljivih nedostataka, nema strukturalnih pukotina
- PRIBLJATLJIV ELEMENT: vidljiva manja oštećenja, manje strukturalne pukotine, gubitak sužijakog presjeka za manje od 10%.
- ELEMENT OGRANIČENE NOSIVOSTI: srednja oštećenja, značajna pukotina, više stupanj erozije i trulosti, gubitak sužijakog presjeka za više od 10%.
- NEFUNKCIONALNI ELEMENT: značajna oštećenja, duboke pukotine, više stupanj erozije i trulosti, oštećenje spojevi

STUPIŠTE S3, MJ 1:50



STUPIŠTE S4, MJ 1:50





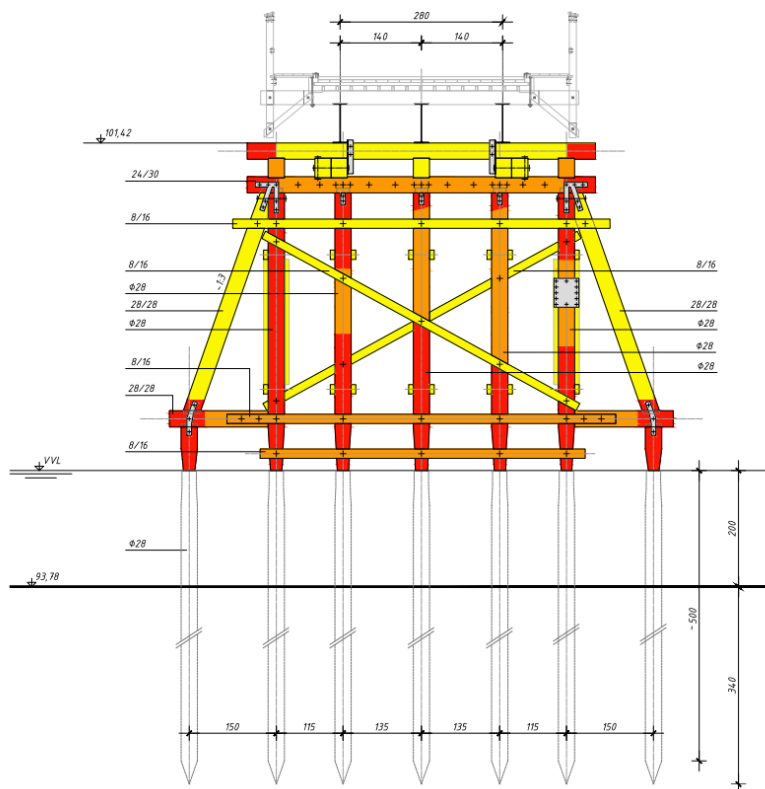
Grafički pregled oštećenja

PRIKAZ STANJU DRVENIH ELEMENATA

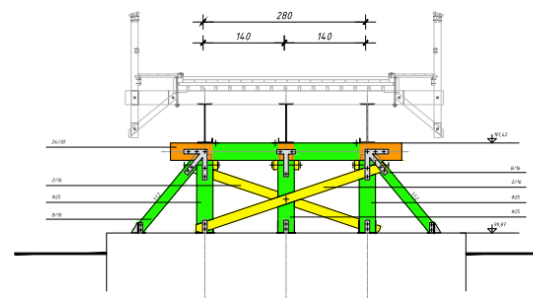
LEGENDA:

- UREDAN ELEMENT: nema vidljivih nedostataka, nema strukturalnih pukotina
- PRIORITETNI ELEMENT: vidljiva manja oštećenja, manje strukturalne pukotine, gubitak sužnjakog presjeka za manje od 10%
- ELEMENT SMANJENE NOSIVOSTI: srednja oštećenja, značajna pukotina, više stupanj erozije i truljeb, gubitak sužnjakog presjeka za više od 10%
- NEFUNKCIONALNI ELEMENT: značajna oštećenja, duboke pukotine, više stupanj erozije i truljeb, otpušteni spojevi

STUPIŠTE S4, MJ 1:50



STUPIŠTE S5, MJ 1:50





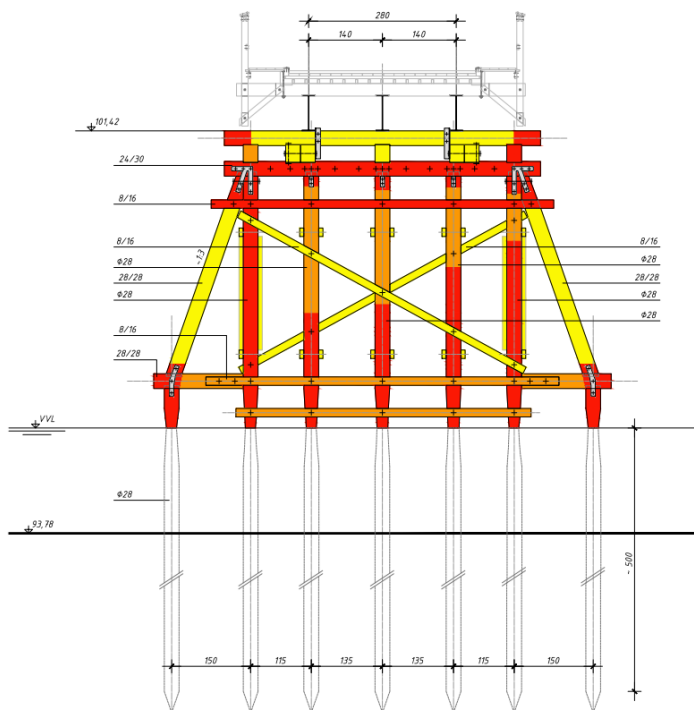
Grafički pregled oštećenja

PRIKAZ STANJA DRVENIH ELEMENATA

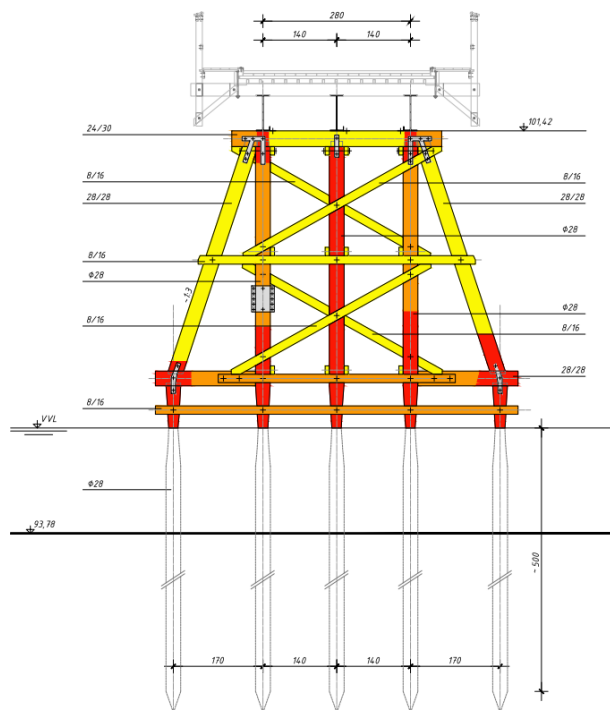
LEGENDA:

- UREDAN ELEMENT: nema vidljivih nedostataka, nema strukturalnih pukotina
- PRIKLADNI ELEMENT: vidljiv manji oštećenja, manje strukturalne pukotine, gubitak suobjektnog presjeka za manje od 10%.
- ELEMENT OGRANIČENE NOSIVOSTI: srednja oštećenja, značajne pukotine, više stupanj erozije i trulosti, gubitak suobjektnog presjeka za više od 10%.
- NEFUNKCIONALNI ELEMENT: značajna oštećenja, duboke pukotine, više stupanj erozije i trulosti, otpušteni spojevi

STUPIŠTE S2, MJ 1:50



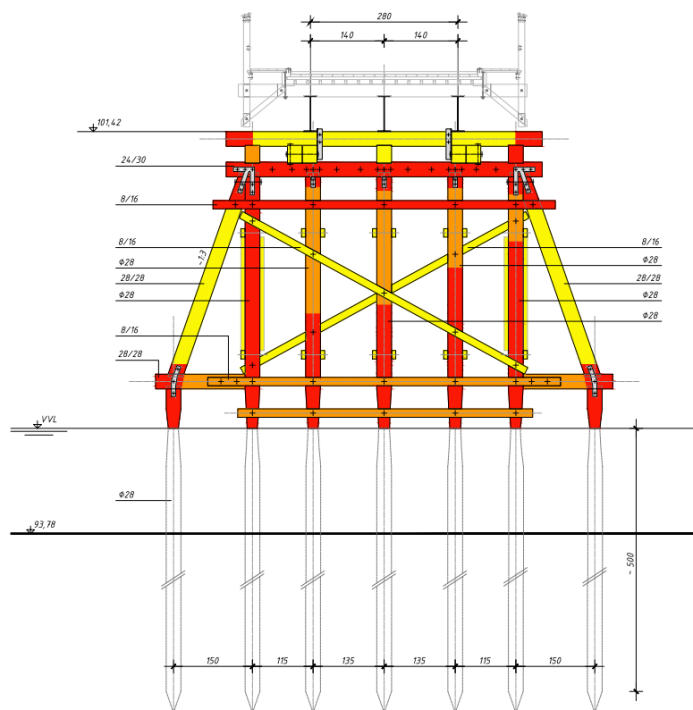
STUPIŠTE S3, MJ 1:50



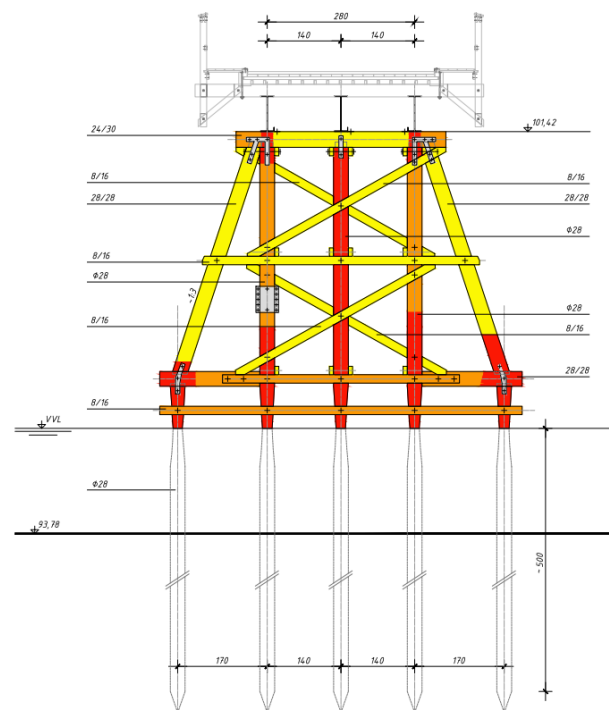


Grafički pregled oštećenja

STUPIŠTE S2, MJ 1:50



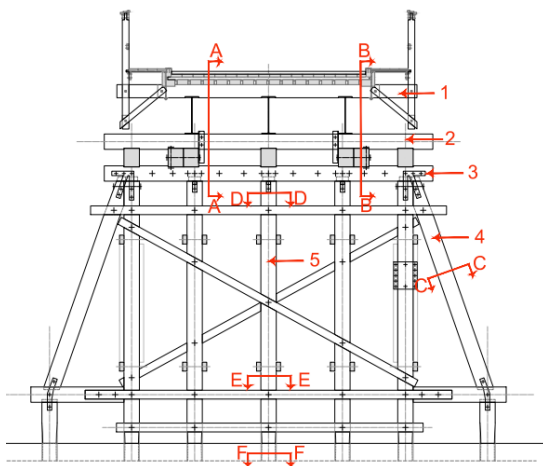
STUPIŠTE S3, MJ 1:50



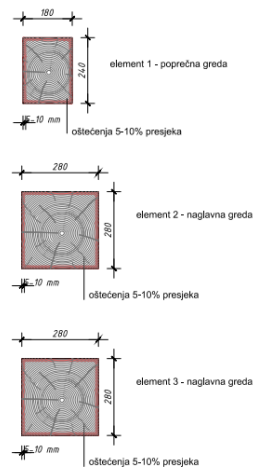


Grafički pregled oštećenja

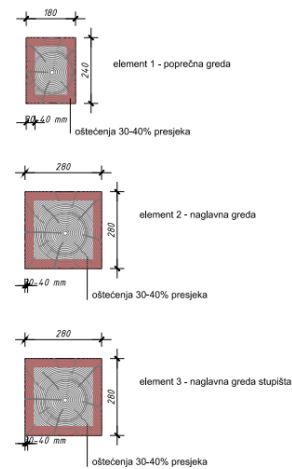
OŠTEĆENJA ELEMENATA MOSTA, MJ 1:50



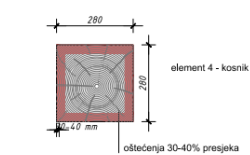
PRESJEK A-A, MJ 1:10



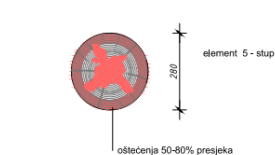
PRESJEK B-B, MJ 1:10



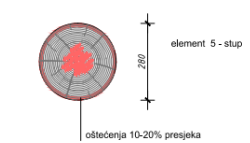
PRESJEK C-C, MJ 1:10



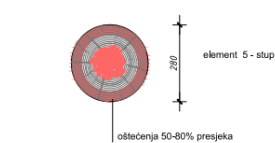
PRESJEK E-E, MJ 1:10



PRESJEK D-D, MJ 1:10



PRESJEK F-F, MJ 1:10





Ispitivanje materijala - čelik



Slika 5 (donja lamella)



Slika 6

slika 7

IZVJEŠTAJ O MJERENJU DEBLJINE STIJENKE			
Broj izvještaja: <i>Report No.:</i>	1/17	Datum:	06.06.2017.
Naručitelj:	Studio Arhing d.o.o., za projektiranje i inženjering poslove Čire Truhelke 49 10 000 Zagreb		
Gradjevina	MOST PREKO KANALA SAVA – ODRA ČELIČNI ZAVARENI I-NOSAČI		
LOKACIJA	RAKITOVEC - KUČE		
Svrha ispitivanja: <i>Purpose test:</i>	Ispitivanje u svrhu ocjene korozije čeličnih nosača na drvenoj konstrukcije mosta	Norma: <i>Metoda:</i>	HRN EN 10160 Ultrazvučno ispitivanje plosnatih čeličnih proizvoda s debljinom jednakom ili većom od 6 mm (tehnika odjeka) i pomičnim mjerilom
Osnovni materijal: <i>Base material:</i>	Č0361		
REZULTATI MJERENJA DEBLJINE STIJENKE NA DOSTUPNIM MJESTIMA UZ UPORNAK			
MJESTO MJERENJA	Izmjerena debljina (mm)	Projektirana debljina (mm)	Napomena
Uzvodni nosač - donja lamella kod uporjaka Rakitovec	5,5 7,3 8,0 9,1 7,1	15	Slika 2
Uzvodni nosač - hrbat kod uporjaka Rakitovec	5,5 6,4 9,8 10,2 10,3	10	Slika 3
Uzvodni nosač - gornja lamella kod uporjaka Rakitovec	14,8 15,1 14,6 14,7 14,9	15	
Srednji nosač - donja lamella kod uporjaka Rakitovec	14,8 14,6 15,0 14,7 14,5	15	
Srednji nosač - hrbat kod uporjaka Rakitovec	9,9 9,8 9,7 9,6 9,6	10	
Srednji nosač - gornja lamella kod uporjaka Rakitovec	14,4 14,6 15,0 14,8 *10,5	15	*iza ležaja
Nizvodni nosač - donja lamella kod uporjaka Rakitovec	6,2 7,6 8,8 12,6 14,1	15	Slika 5
Nizvodni nosač - hrbat kod uporjaka Rakitovec	*5,5 10,5 10,2 10,4 9,6	10	*lokalno uz zavar slika 6 i 7
Nizvodni nosač - gornja lamella kod uporjaka Rakitovec	12,5 11,5 7,2 *6,5 14,4	15	*lokalno
<i>Mislije:</i> Rezultati ispitivanja pokazuju smanjenje stijenke na ispitnim mjestima uslijed djelovanje korozije tijekom korištenja mosta.			

Ispitao : Ivan Robić, ing.stroj.EWE

str. 1 od 4





Računska analiza nosivosti

Provodi se kontrola nosivosti mosta za tri situacije:

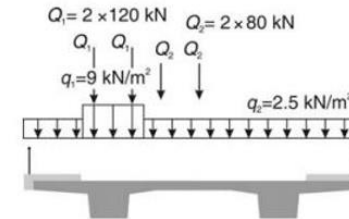
- a) Pješački most
- b) Cestovni most s vozilom do 5 (6) tona
- c) Cestovni most s vozilom do 20 tona

Budući da ni HRN EN 1991-2:2012 ni nacionalni dodatak ne sadrže modele opterećenja niti vrijednosti faktora prilagodbe za osnovni model opterećenja LM1, u proračunu se usvajaju preporučene vrijednosti faktora prilagodbe iz članka **EUROCODE ROAD TRAFFIC LOAD MODELS FOR WEIGHT RESTRICTED BRIDGES** (D. Proske, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, S. Loos, Ingenieurbüro Lopp, Weimar, Germany). Budući da je postojeći most projektiran prema DIN-u 1072 za vozilo od 6 tona, proračun prema Eurokodu s faktorima prilagodbe za vozilo od 6 tona je aktualni ekvivalent istome.

Tablica 4.1 Faktori prilagodbe osnovnog modela opterećenja za vozila definirana prema DIN-u 1072

Bridge class	Roadway quality	Lane 1		Lane 2	
		α_{Q1}	α_{q1}	α_{Q2}	α_{q2}
3/3*	Average	0.10	0.22		
6/6*	Average	0.20	0.24		
9/9*	Average	0.25	0.26		
12/12	Good	0.30	0.28	0.20	1.00
	Average	0.30	0.30	0.25	1.00
16/16	Good	0.35	0.30	0.35	1.00
	Average	0.35	0.40	0.45	1.00
30/30	Good	0.55	0.70	0.50	1.00
	Average	0.60	0.70	0.80	1.00
Simulation Auxerre	Good	1.0	0.90	1.00	1.00
Load model 1 DIN 101		0.80	1.00	0.80	1.00

* First drafts

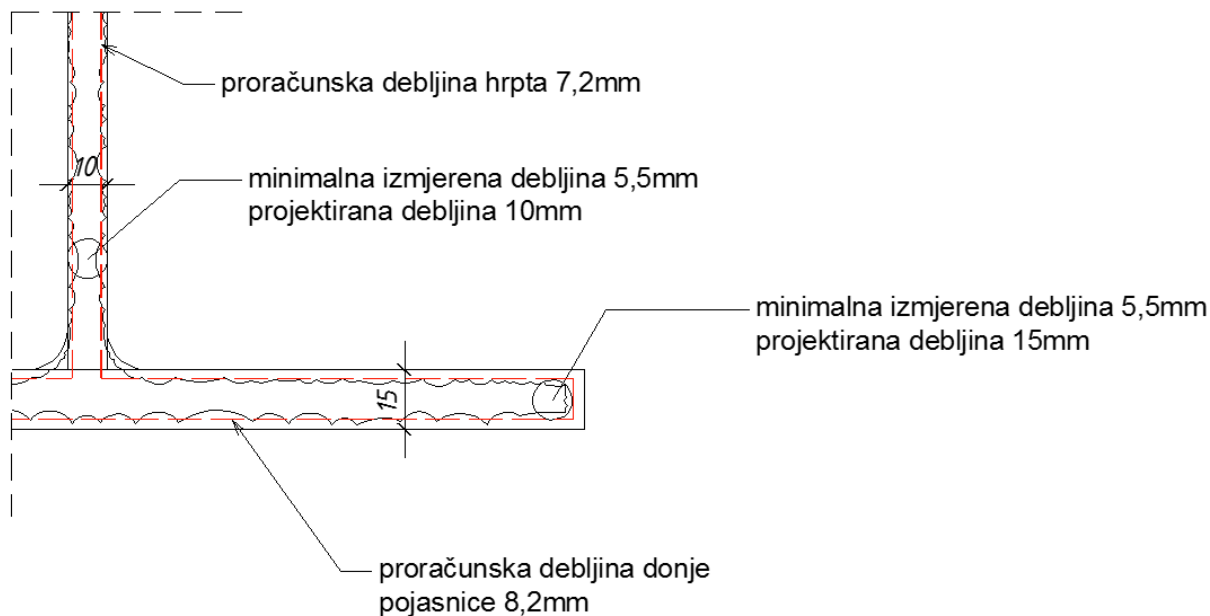


Slika 4.1 Model opterećenja 1



Računska analiza nosivosti

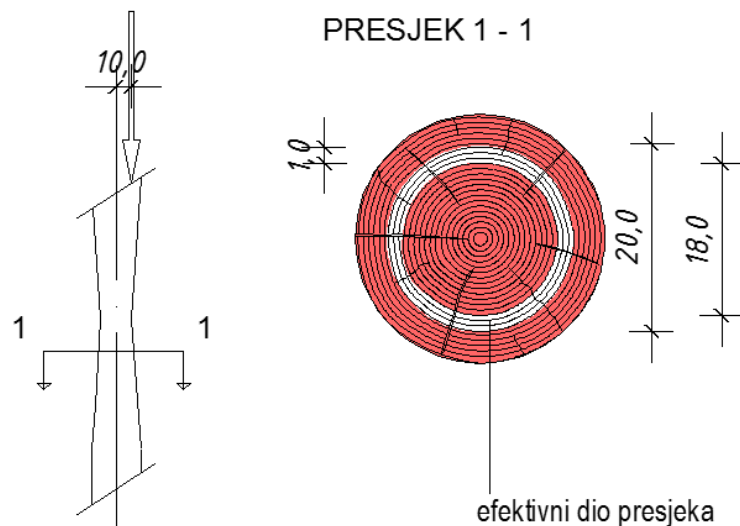
Savijanje i stabilnost čeličnog nosača s efektivnim presjekom





Računska analiza nosivosti

Zbog visokog stupnja oštećenja i smanjenja poprečnog presjeka stupa od 80%, u proračun se uzima 20% postojećeg efektivnog dijela poprečnog presjeka. Zbog narušene geometrije, stup se kontrolira na ekscentrični pritisak prema skici u prilogu.



Slika 4.4 Ekscentricitet uzdužne sile u stupu i djelotvorni poprečni presjek stupa



Računska analiza nosivosti

Ulazni podaci:			
Proračunske vrijednosti reznih sila:			
M_{Ed} =	5,6	kNm	k_{sys} = 1,0
N_{Ed} =	56,3	kN	
Dimenzije poprečnog presjeka:			
D=	20,0	cm	
eff površina	20%		
d=	18,0	cm	
A_{eff} =	62,83	cm ²	$A=0,2xD^2xPI/4$
W=	212,84	cm ³	$W_y=(D^3-d^3) x PI/32$
$\sigma_{m,d}$ =	2,65	kN/cm ²	$\sigma_{m,d}=M_{Ed} / W$
$\sigma_{c,0,d}$ =	0,90	kN/cm ²	$\sigma_{c,0,d}=N_{Ed} / A_{eff}$
$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$		2,29	
ISKORISTIVOST:		228,63	%
NE ZADOVOLJAVA			
Materijal:	D 30		
Razred trajanja opterećenja:	kratkotrajno		
Razred uporabljivosti:	3		
k_{zh} =	1,00		
k_{yh} =	1,00		
k_{mod} =	0,70		
γ_M =	1,30		
$f_{m,k}$	3,00	kN/cm ²	
$f_{m,y,d}$	1,62	kN/cm ²	
$f_{c,0,k}$	2,30	kN/cm ²	
$f_{c,0,d}$	1,24	kN/cm ²	

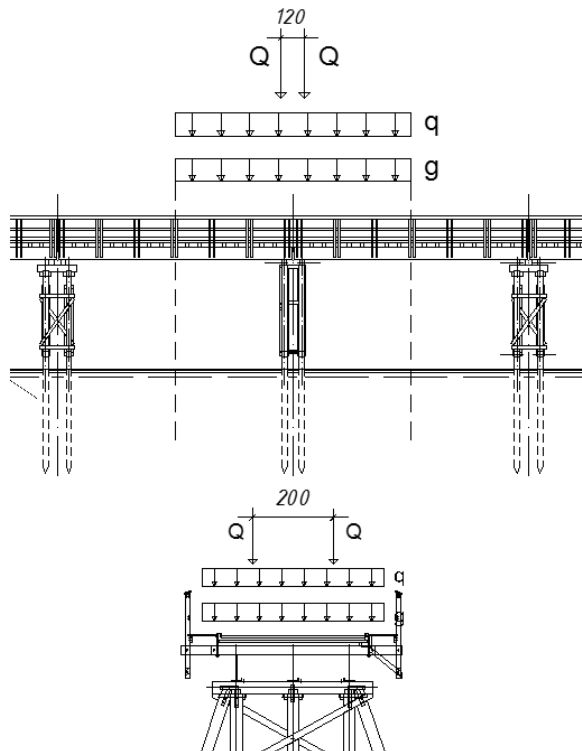
**Kontrola nosivosti pilota na
ekscentrični pritisak na reduciranom
presjeku za opterećenje vozilom 5t**



Računska analiza nosivosti

4.4 Stupišta

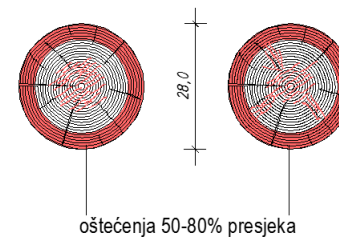
Kao provjera nosivosti stupišta, radi se usporedba vertikalnih opterećenja nad srednjim stupištem S3.



Slika 4.6 Model opterećenja srednjeg stupišta (S3) mosta

Tablica 4.3 Karakteristična opterećenja na stupište S3

Opterećenja na stupište	Prema projektu	Pješački most	Cestovni most - 5-tonsko vozilo	Cestovni most - 16-tonsko vozilo	Cestovni most - 30-tonsko vozilo
Stalno [kN]:	132,0	165,0	166,3	195,8	225,3
Prometno kontinuirano [kN]:	144,0	150,0	129,6	216,0	378,0
Prometno koncentrirano [kN]:		0,0	96,0	168,0	288,0
UKUPNO [kN]:	276,0	315,0	391,9	579,8	891,3





Zaključak

- 1. Pregled postojeće projektne dokumentacije, snimanje nosive konstrukcije - geometrija sustava, dimenzije elemenata, spojevi i spojni elementi, ležajevi, detaljan vizualni pregled - stanje elemenata, spojeva i ležajeva**

Pregledom dostavljene dokumentacije evidentirane su manje razlike projektiranog i izvedenog stanja mosta. Dodatni nenosivi slojevi mosnica na kolničkoj konstrukciji, osim povoljnijeg rasprostiranja opterećenja, djeluju kao dodatno opterećenje nosivim elementima mosta. Također, kolnička konstrukcija leži na 3 čelična rasponska nosača, dok su projektom predviđena 2.

Elementi mosta su radi urednog praćenja pregleda podijeljeni u tri veće cjeline – kolničku konstrukciju, gornji ustroj i donji ustroj mosta. Kolnička konstrukcija je u izrazito lošem i nepopravljivom stanju, na gornjem ustroju je vidljivo prisustvo vlage, ali su drveni elementi u boljem stanju od kolničke konstrukcije. Čelični rasponski nosači su zahvaćeni korozijom, pojasnice naročito. Lokalna oštećenja uzrokovana korozijom značajno umanjuju djelotvorni presjek nosača, za čak cca. 30-40%. Donji ustroj, u zoni močenja vodom je u izrazito lošem stanju: uzdužne pukotine stupova, erozija poprečnih presjeka, narušena geometrija i nedjelotvorni spojevi.

Starost građevine, loše održavanje i neredoviti pregledi dominantno su rezultirali devastacijom većine elemenata nosive konstrukcije.



Zaključak

2. Ispitivanje materijala - laboratorijsko ispitivanje i analiza izvađenih uzoraka

KVALITETA DRVA. Sav most je bio izrađen od kvalitetne hrastovine, vizualno razvrstane u razred LS10 ili LS13 prema DIN 4074-5. Fizikalna svojstva drva su vrlo dobra. Gustoća je izmjerena u rasponu između 619 i 811 kg/m³ sa srednjom vrijednosti od 706 kg/m³, razreda nosivosti D30 prema HRN EN 338. **SADRŽAJ VODE DRVA** oscilira u širokom rasponu. Najviši sadržaji vode se mjere u vodi i u zoni iznad nje, u iznosima čak do 150 %, pri čemu drvo pilota kroz duboke radialne pukotine upija velike količine vode koja ne može brzo isušiti. Akumulacija vode (uvijek s pozitivnim gradijentom prema sredini) u ovoj zoni izuzetno povoljno djeluje na razvoj svake biološke razgradnje.

BIOLOŠKA RAZGRADNJA I STANJE ZDRAVOSTI DRVA - Stupišta 2, 3 i 4 (u vodi kanala) su u nefunkcionalnom i nepopravljivo lošem stanju, dok su stupišta 1 i 5 praktično potpuno funkcionalna. Piloti u vodnoj liniji i u visini do 2 m iznad vode su smanjenog korisnog presjeka uslijed propadanja bjeljike i razvoja truleži u središnjoj zoni pilota za 50 – 80 %. Piloti su u najvećem broju truli u donjoj zoni (u visini oko 1,5 m od vodostaja u ljeti) i tu im je erozijom uklonjen obodni dio širine 3 – 5 cm zbog biološke i mehaničke erozije bjeljike. Uzimamo da je nominalna širina stupa 30 cm. Smanjenje širine na 26-27 cm (većina stupova) predstavlja smanjenje presjeka za 25 %, smanjenje širine na 22 cm (dio stupova drugog, trećeg i četvrtog stupišta) predstavlja smanjenje presjeka za 45 %. Srčika trupca je uz vodnu liniju, a vjerojatno i ispod vode, propala u širini promjera od 6 – 12 cm, čime se korisni presjek umanjuje za 5 – 15 %. Pukotine i trulež uz njihove rubove dodatno smanjuju površinu presjeka za ca 10 %.



Zaključak

2. Ispitivanje materijala - laboratorijsko ispitivanje i analiza izvađenih uzoraka

Prema pristupačnoj stručnoj literaturi i analizi trenutnog stanja drva konstrukcije mosta procjenjujemo da piloti prvog i petog stupišta mogu imati predviđenu trajnost od 80 godina, uz minimalne zaštitne zahvate. Piloti stupišta koja su u kanalu u najvećoj mjeri zbog intenziteta oštećenja ne mogu biti obnovljeni. Gornji kolnički dio nema nikakvu buduću trajnost u smislu pružanja sigurnosti prometa i osiguranja funkcije mosta.

Debljina stijenke čeličnih rasponskih nosača je značajno manja od očekivane s obzirom na starost čeličnih nosača. Lokalna oštećenja uzrokovana korozijom značajno umanjuju djelotvorni presjek, čak cca. 30-40%.



Zaključak

3. Računska analiza nosivosti

Provedene su kontrole nosivosti prema razinama prometnog opterećenja za pješački te za cestovne mostove s ograničenim prelaskom vozila od 6, 16 i 30 tona.

Za svaki od razmatranih slučajeva, kontrola kolničke konstrukcije je zbog izrazito lošeg stanja građe provedena s elementima punog poprečnog presjeka što podrazumijeva zamjenu kompletne kolničke konstrukcije.

Sanirani rasponski čelični nosači zadovoljavaju uvjete nosivosti isključivo za pješačku namjenu mosta – kontrola provedena s reduciranim poprečnim presjekom (nakon pjeskarenja i obnove AKZ-a). Za cestovnu namjenu kategorije vozila do 6,0 t zadovoljili su novi čelični profili IPE600.

Donji ustroj mosta je, prema vizualnom pregledu, ispitivanjima i kontroli nosivosti, najslabije mjesto u konstrukciji. Proračunska nosivost pojedinih stupova u stupištima 2, 3 i 4 je prekoračena za svaki model opterećenja (!).



Smjernice za daljnje postupanje

U nastavku se daju tri mogućnosti ostvarenja projektnog zadatka:

1. Most zatvoriti za sav promet motornih vozila - prenamjena u pješački most

Postojeći pješački most s iskustveno određenim minimalnim uporabnim opterećenjem od 2,5 kN/m² ne zadovoljava računske kontrole nosivosti. Drveni stupovi i piloti središnjih stupa u vodi ne posjeduju dovoljan kapacitet za proračunom dobivene unutarnje sile. Da bi se most prenamjenio u pješački potrebno je, uz novu kolničku konstrukciju i sanaciju postojećih čeličnih nosača, donji ustroj mosta zamijeniti novim, odnosno rekonstruirati postojeća stupa.

Popis potrebnih zahvata na konstrukciji:

- Nova kolnička konstrukcija
- Sanacija postojećih čeličnih nosača
- Rekonstrukcija stupa S2, S3 i S4

Procijenjena vrijednost investicije: 3.800.000 kn



Smjernice za daljnje postupanje

2. Ograničenje prelaska za vozila do 5 tona - Cestovni most s vozilom do 5 (6) tona

Povećanje opterećenja u odnosu na pješački most povećava zahtjeve na konstruktivne elemente mosta te uvjetuje veće radove na sanaciji nosive konstrukcije. Kolnička konstrukcija se u potpunosti, isto kao i za pješački most, mora zamijeniti. Čelični rasponski nosači nakon pjeskarenja i zaštite bojom ne posjeduju dovoljnu nosivost za predviđena opterećenja te se moraju zamijeniti novim. Novi čelični nosači IPE 600 zamjenjuju postojeće zavarene nosače. Kao i kod pješačkog mosta, drvene stupove u vodi je potrebno zamijeniti novima. Kao rješenje zamjene predlaže se rekonstrukcija putem dodatnih paralelnih stupišta uz postojeća koja bi se temeljila na armiranobetonskim pilotima s naglavnom ab gredom. Iznad krute armiranobetonske konstrukcije ponovila bi se tradicionalna drvena stupišta slična postojećim.

Popis potrebnih zahvata na konstrukciji:

- Nova kolnička konstrukcija
- Novi čelični nosači – IPE600
- Rekonstrukcija stupišta S2, S3 i S4

Cestovni most s ograničenjem težine vozila od 5 tona iziskuje opsežne radove na ojačanju i revitalizaciji konstrukcije. Ojačanjem stupišta paralelnim novim stupištima narušila bi se estetska slika mosta, ali bi se ispunio prvi zahtjev projektnog zadatka za prelazak vozila preko mosta.

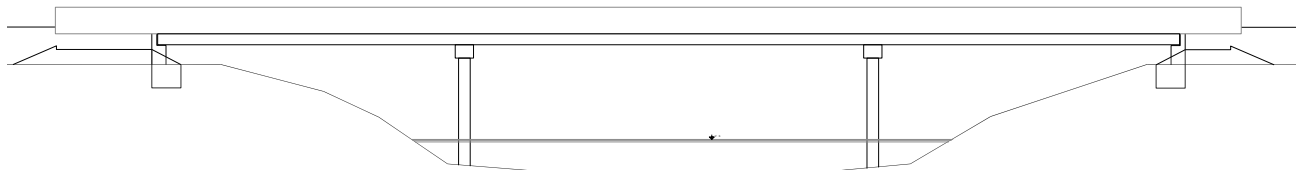
Procijenjena vrijednost investicije: 4.500.000 kn



Smjernice za daljnje postupanje

3. Novi cestovni most bez prometnih ograničenja

Prelazak vozila od 20-tona iz projektnog zadatka nije moguće ostvariti rekonstrukcijom ili djelomičnom zamjenom postojećeg mosta ili njegovih dijelova. Predlaže se stoga novi armiranobetonski sustav s dva srednja stupišta, grednim nosačima preko tri raspona i novim upornjacima.



Procijenjena vrijednost investicije: **6.000.000 kn**