

# Mostovi u Ninu

REKONSTRUKCIJA  
KAMENIH MOSTOVA IZ  
16. STOLJEĆA

Povijesna jezgra grada Nina smještena je na plitkom ravnom otoku ovalnog oblika približne dužine 450 m. Ninski kameni mostovi, koji povezuju povijesnu jezgru i centar Nina s ostatkom grada, sagrađeni su u vrijeme mletačke vladavine u 16. stoljeću. Kameni mostovi izgrađeni su na slabonosivom i mekanom muljevitom dnu. Većim dijelom duljine mostovi se zapravo sastoje od nasipa koji su obloženi i poduprti kamenim zidovima, dok za cirkulaciju vode, odnosno mora unutar zaljeva služe po tri kamena svodena otvora na svakom mostu. Radi se o neobičnim, jedin-



stvenim građevinama koje su dijelovi kulturno-povijesne cjeline grada te su stoga zaštićene kao kulturno dobro. Oba stara mosta u Ninu – i Donji i Gornji most većim su se dijelom urušili 11. rujna 2017. godine uslijed katastrofalne vodene bujice koja na putu do mora nije mogla proći uskim otvorima kamenih svodova, pa je došlo do podlokavanja i rušenja velikih dijelova mostova.

Kada je ustanovljen opseg oštećenja, Vlada Republike Hrvatske u ožujku 2018. godine donijela je zaključak prema kojem su Hrvatske ceste preuzele ulogu investitora nad obnovom mostova u Ninu, dok je Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture uvrstilo projekt u godišnji plan građenja i održavanja državnih cesta, čime su osigurana financijska sredstva za provedbu projekta.

## POSTOJEĆA KONSTRUKCIJA MOSTOVA

Donji most u Ninu većim dijelom ima kamene zidove na nasipu i tri raspon-ska sklopa izvedena u obliku kamenih lukova raspona 3,5 m koji omogućuju cirkulaciju mora ispod mosta. Ukupna duljina mosta nešto je manja od 70 m, dok širina iznosi 4,5 m. 80-ih godina dvadesetog stoljeća most je doživio značajnu rekonstrukciju pri kojoj su zadržani vidljivi kamene zidovi, dok su unutar mosta na dijelovima između lukova izgrađeni

plitki AB sanduci, a iznad lukova AB ploče koje se oslanjaju na AB sanduke betonske konstrukcije na plitkim temeljima.

Gornji most u Ninu izgrađen je na slabonosivom i mekanom muljevitom dnu s tri kamena luka raspona 4 m koji omogućuju cirkulaciju mora. Ukupna je duljina mosta 90 m. Vanjske stijenke mosta izgrađene su od zidanog kamena, dok je unutarnji prostor ispunjen zbijenim nabačajem preko kojeg je postavljena kolnička površina. Širina mosta iznosi 4,9 m, a širina kolnika 4,1 m. Visinski kolnik postavljen je horizontalno.

Krajem 2007. godine započeti su radovi na rekonstrukciji Gornjeg mosta. Rekonstrukcija je izvedena uz poštivanje izvorne strukture mosta. Pri tome su u velikoj mjeri korišteni sačuvani dijelovi čelnih kamenih zidova, temelja i starog nasipa u trupu mosta. Nedostajući dijelovi restaurirani su novim čelnim zidom te su sazidani ogradni zidovi, dok su lukovi razidani i ponovno sazidani. Nad postojećom nasipanim ispunom trupa mosta izveden je izravnavajući tamponski sloj i betonska podloga na koju je postavljeno kameno opločenje kolnika.

## OŠTEĆENJA MOSTOVA USLIJED POPLAVE 2017. GODINE

U katastrofalnoj poplavi 11. 9. 2017. godine mostovi su teško oštećeni i dijelom urušeni.

Čelni kamene zidovi Donjeg mosta raspucani su kosim te približno vertikalnim i horizontalnim pukotinama, pa su se oslonili na srednji zidani svod pridodajući mu nepovoljno simetrično opterećenje. U navedenom svodu prisutne su pukotine u tjemenu, a sa sjeverozapadne strane mosta oštećeno je područje pete svoda prema Ninu. Zadnji svod prema Ninu i raste-

**SLIKA 1:** Donji most u Ninu prije poplave.

**SLIKA 2:** Urušen treći luk i betonska ploča Donjeg mosta te vertikalna pukotina na srednjem luku.

**SLIKA 3:** Urušen središnji dio s rasponskim lukovima na Gornjem mostu.

**SLIKA 4:** Izvedba temeljnih armiranobetonskih ploča.

**SLIKE 5 i 6:** Ugradnja reparaturnog morta na Donjem mostu.

retna ploča iznad njega potpuno su urušeni, dok je sanduk S3 potonuo u tlo, pri čemu je zauzeo kosi položaj u odnosu na horizontalnu ravninu. Osim navedenog, AB konstrukcija sanduka i ploča bila je kontaminirana kloridima te izložena pojavi korozije armature.

Središnji dio Gornjeg mosta zajedno s rasponskim konstrukcijama u obliku tri zidana svoda i dijelovi konstrukcije mosta u blizini navedenih propusta bili su potpuno urušeni. Dio istočnog čelnog zida u dijelu mosta prema Vrsima nagnuo se prema moru i odvojio od kolnika i trupa širokom pukotinom. Na preostalim vidljivim dijelovima konstrukcije moglo se uočiti naginjanje čelnih zidova zbog podlokavanja temeljnog tla i nepovezanosti zidova s trupom mosta.

Tvrtka Spegra Inženjering iz Splita izvela je radove kojima su mostovi rekonstruirani, ojačani i arhitektonskim uređenjem dovedeni u stanje primjerenosti povijesnoj jezgri, jednoj od turističkih atrakcija grada Nina.

## TEMELJENJE DONJEG I GORNJEG MOSTA

Temeljno tlo Gornjeg i Donjeg mosta ojačavalo se izvedbom mlazno injektiranih stupnjaka na uzvodnoj i nizvodnoj strani mosta. Stupnjaci su se izvodili na udaljenosti od 1 m od vanjskih stijenci mosta metodom mlaznog injektiranja kroz kameni nasip i sloj mulja. Gledano u poprečnom presjeku, u neposrednoj blizini temelja s vanjske i unutarnje strane kamenih zidova izvedeno je ojačanje tla. Time se znatno umanjio protok mora kroz temeljno tlo ispod mosta i spriječila bočna deformacija, odnosno bočno istiskivanje mulja ispod mosta.

Središnji je dio mosta zajedno s rasponskim lukovima u potpunosti razgrađen te ponovno izgrađen. Na tom je dijelu temeljno tlo u kamenom nasipu ojačano vertikalnim stupnja-

cima izgrađenima metodom mlaznog injektiranja. Temeljenje lukova izvedeno je na pilotima povezanim s naglavnom gredom na koju se oslanja peta luka, dok su piloti izvedeni metodom beskonačne spirale – CFA na koje se oslanja armiranobetonska ploča koja povezuje pilote s obiju strana mosta.

## IZGRADNJA KONSTRUKCIJE DONJEG MOSTA

Obnova i rekonstrukcija Donjeg mosta u Ninu obuhvatila je uklanjanje urušenih dijelova mosta kao i dijelova koji su u poplavi doživjeli neprihvatljive pomake i deformacije, njihovu ponovnu izvedbu, zatim sanaciju dijelova armiranobetonske konstrukcije izložene koroziji, međusobno povezivanje čelnih zidova i armiranobetonskih dijelova konstrukcije te izvedbu novog kolničkog zastora.

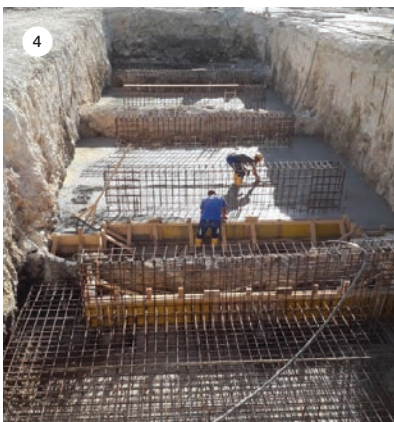
Postupak razgradnje oštećenih dijelova konstrukcije započeo je razgradnjom kamene ograde mosta. Nakon ručne razgradnje kamene ograde mosta uklonjena je armiranobetonska konstrukcija kolničkih ploča i sanduka S3 rezanjem betona. Potom su ručno razgrađeni prvi i drugi svod te čelni zidovi uz svodove.

Kameni svodovi, oslonci svodova te srušeni i uklonjeni čelni zidovi sa zidanim ogradama ponovno su sazidani korištenjem postojećih kamenih zidanih elemenata. Svodovi se zidaju na podupirućoj skeli i oplati koja je oblikom morala vjerno pratiti konturu intradosa svodova prije urušavanja. Svodovi su najprije zidani u donjem dijelu do visinske kote +0,50 m. Do iste kote istovremeno su izvedeni čelni zidovi, a potom su zidani nadzidci od lomljenog kamena radi stabilizacije donjeg dijela svodova. Tek nakon toga moglo se pristupiti zidanju preostalog dijela svoda iznad navedene kote.

Svodovi su ležali na skeli koliko je bilo potrebno da mort potpuno očvrstne, no ne manje od 28 dana. Uklanjanje skela nije se smjelo izvesti naglo kako se svod ne bi deformirao ili napukao. Otpuštanje skela počelo je od tjemena svoda, a zatim istovremeno lijevo i desno od tjemena. Preostali dio nadzidka kao i čelno i ogradno žiđe iznad svodova zidalo se nakon uklanjanja podupirućih skela.

U ogradnom žiđu iznad svoda 3 ugrađeni su skriveni armiranobetonski prstenovi dimenzija 20 x 20 cm koji su povezani s naglavnim gredama pilota osiguravajući tako niži svod od urušavanja zbog uzgona pri velikoj vodi. Ovi su prstenovi na dijelovima svoda nižim od tjemena međusobno povezani poprečnim armiranobetonskim gredama presjeka 20 x 20 cm. AB prstenovi ugrađeni su s gornje strane svoda, a sa svodom i kamenim žiđem povezani su sidrima od nehrđajućeg čelika.

Antikorozivna zaštita od primarne je važnosti za konstrukciju u morskom okolišu, zbog čega je bilo potrebno obnoviti i pojačati zaštitne slojeve betona u unutrašnjosti sačuvanih sanduka. Stoga je u unutrašnjosti postojećih sanduka kao i na gornjoj površini ploča na mjestima na kojima je postojala aktivna korozija armature uklonjen oštećeni beton do dubine od 3 cm. Uklanjanje betona i čišćenje armature izvedeno je hidrodinamičkim postupkom pod tlakom većim od 2000 bara. Nakon pripremljene površine nanesen je sloj reparaturnog polimer-cementnog morta razreda R4 ojačanog vlaknima. Reparaturni mort ugrađen je strojno, mokrim postupkom ukupne prosječne debljine 6 cm kako bi se povećao zaštitni sloj betona do armature za 3 cm. Na kraju je preko svih površina u unutrašnjosti nanese na hidrofobna impregnacija betona. Iznad rasponskih lukova te između čelnih zidova izveden je ispun od va-





**SLIKA 7:** Postavljanje hidroizolacije.

**SLIKA 8:** Faza polaganja kamenog opločenja.

**SLIKA 9:** Donji most nakon obnove.



pnenačkog drobljenca 31/45 mm kojim su šupljine ispunjene kamenom sitneži. Radi održavanja stabilnosti nasipa unutar trupa mosta i smanjenja pritiska na stijenke, ispun od nevezanog materijala omotan je u geotekstil mase 250 g/m<sup>2</sup>. Zbijanje ispunja potrebno je provoditi isključivo ručno kako se udarima i vibracijama ne bi oštetili kameni svodovi. Na tako poravnati sloj nasipa te iznad tjemena svoda postavljen je sloj ekspanziranog polistirena debljine 4 cm koji je služio kao oplata za armiranobetonske ploče. Armiranobetonske kolničke ploče izvedene su betonom C45/55 sa sulfatnootpornim cementom i dodatkom inhibitora korozije debljine 35 cm.

### HIDROIZOLACIJA I OPLOČENJE KOLNIKA

28 dana nakon izrade kolničke ploče, kad je vlažnost podloge bila manja od 4 %, pristupilo se izradi hidroizolacije i opločenju kolnika. Prije postavljanja hidroizolacije površina je premazana epoksidnom smolom i posuta kvarcnim pijeskom. Na tako pripremljenu podlogu postavljena je hidroizolacijska ljepenka debljine 5 mm. Nakon izvođenja hidroizolacije

pristupilo se izvedbi kamenog opločenja kolnika, i to u najkraćem mogućem vremenu, nikako kasnije od 4 dana, kako hidroizolacija ne bi dugo bila izložena atmosferskim utjecajima. Kamenno opločenje kolnika izvedeno je u tvornički pripremljenom polimer-cementnom mortu s dodatkom vlakana 28-dnevne čvrstoće 60 MPa. Konačna debljina morta iznosila je 3 – 4 cm, a debljina kamenih ploča od vapnenaca 4 – 5 cm, pa je najmanja ukupna debljina slojeva iznosila 8 cm.

### IZGRADNJA KONSTRUKCIJE GORNJEG MOSTA

Obnova i rekonstrukcija Gornjeg mosta u Ninu obuhvatila je povezivanje i konsolidaciju čelnih zidova i trupa mosta te rekonstrukciju zidanih svo-

dova. Najprije su uklonjeni urušeni, nagnuti i raspucani kameni dijelovi mosta, a onda i iskopan trup mosta. Kamen nastao razgradnjom trebalo je sačuvati i ponovno upotrijebiti za zidanje zidova i svodova.

Preostalo kameno ziđe nakon razgradnje bilo je potrebno konsolidirati injektiranjem vapnene suspenzije i izradom novih sljubnica. Uzduž tako konsolidiranih čelnih zidova u kam-padama izvedeni su armiranobetonski zidovi debljine 35 cm koji su sidrima povezani s kamenim zidovima. Zidovi su potom betonirani u jednostranoj oplati neposredno uz kameno ziđe kako bi se ostvarila kruta veza između ziđa i betona. Ugrađena su četiri sidra od nehrđajućeg rebrastog čelika promjera 12 mm na 1 m<sup>2</sup>.

Kameni svodovi, njihovi temeljni stupci (kratki zidani zidovi oslonjeni na temeljne ploče koje služe kao oslonac zidanim svodovima) i pripadajući čelni zidovi ponovno su zidani korištenjem postojećih kamenih elemenata. Zidani su hidrauličnim mortom na bazi vapna i pucolana, dok su lukovi zidani na nosivoj skeli i oplati koja je oblikom morala pratiti izvornu konturu intradosa svodova. Svodovi su oslonjeni na novoizvedenu armiranobetonsku konstrukciju od ojačanih

**SLIKE 10 i 11:** Gornji most – konsolidacija i povezivanje čelnih kamenih zidova s uzdužnim armiranobetonskim zidovima.

**SLIKA 12:** Zidanje kamenih lukova na podupirućoj skeli.

**SLIKA 13:** Izvedba armiranobetonskih ljuski od lakoagregatnog betona.

**SLIKA 14:** Izrada kolničkog zastora.

**SLIKA 15:** Gornji most nakon obnove.





dijafragmi, temeljnih ploča i armiranobetonskih ploča dna oslonjenih na armiranobetonske pilote. Iznad svodova nalaze se armiranobetonske vezne grede debljine 35 cm koje se nastavljaju na armiranobetonske uzdužne zidove. Vezne grede prate liniju ekstradosa svoda, ali bez povezivanja s kamenim svodom.

Na ekstradosu svodova izvedena je armiranobetonska ovojnica od ljsuki i prstenova debljine 12 cm koja je bušenim sidrima od nehrđajućeg čelika promjera 12 mm povezana s kamenim svodom. Armiranobetonske ljsuke lučnih svodova povezane su s armiranobetonskim dijafragmama i zidovima. Uloga je armiranobetonskih ljsuki povećanje otpornosti svodova na prometno opterećenje i otpornost na hidrostatsko djelovanje pri prolasku velikih voda. Armiranobetonske ljsuke izvedene su od lakoagregatnog betona razreda LC 30/33 s agregatom koji sadrži ekspandiranu glinu. Na taj je način postignuta kompatibilna krutost između kamenog



svoda i lakoagregatnog betona, pri čemu kameni dio svoda sudjeluje u nosivosti, što je bitno za očuvanje cjelovitosti svoda.

Formirane armiranobetonske kazete između uzdužnih zidova i poprečnih dijafragmi ispunjene su vapnenač-

knima i otporan na sulfate, korišten je za sanaciju oštećenih površina. Zbog svojih karakteristika koristi se, između ostalog, za sanacijske radove u tunelima, kanalima i općenito kod radova s vodom.

STABILCEM, ekspandirajuće visokofluidno vezivo korišteno je za zapunjavanje šupljina i pukotina unutar kamena. Za hidrofobnu impregnaciju korišten je PLANISEAL WR 100, već pripremljena mješavina na bazi čistog silana, dok je MAPEFLOOR I 914, dvokomponentni epoksidni zaštitni premaz korišten kao podloga prije izvođenja hidroizolacije.

MAPESTONE TFB 60, već pripremljeni polimer-cementni mort korišten je za ugradnju arhitektonskog kamena, razreda izloženosti XF4 i XS3. Karakterizira ga iznimno visoka tlačna čvrstoća i izvrsna otpornost na soli te na cikluse smrzavanja i odmrzavanja.

kim drobljencem 31/45 mm kojem su šupljine ispunjene kamenom sitneži. Povrh tako ispunjenog i zbijenog trupa mosta izveden je kolnički zastor od kamenih prizmi debljine 10 cm koje su položene u sloj pijeska debljine 4 cm.



#### TEHNIČKI PODACI

**Gornji i Donji ninski mostovi**, Nin

**Godina izgradnje:**

16. stoljeće

**Vrijeme izvođenja**

**radova:** studeni 2018. –

lipanj 2020. godine

**Investitor:** Hrvatske ceste d.o.o.

**Projekt obnove mostova:**

Geokon Zagreb d.d., Zagreb

**Izvođač radova:** Spegra d.o.o., Split

**Mapei koordinator:** Marko Iveković, dipl. ing. građ.

**PROIZVODI MAPEI**

Mape-Antique

Allettamento, Mape-Antique I, Mapefer 1K, Mapegrout T60, Stabilcem, Planiseal WR 100, Mapefloor I 914, Mapestone TFB 60

Za više informacija posjetite [www.mapei.hr](http://www.mapei.hr) i [www.mapei.com](http://www.mapei.com)