

Obnova mostova grada Zagreba

Matović, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:206486>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**



image not found or type unknown *Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Dora Matović

Obnova mostova grada Zagreba

Završni rad

Rijeka, 2021.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Preddiplomski sveučilišni studij građevinarstva
Mostovi**

**Dora Matović
JMBAG: 0246062049**

Obnova mostova grada Zagreba

Završni rad

Rijeka, rujan 2021.

Naziv studija: **Sveučilišni preddiplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema završnog rada

**OBNOVA MOSTOVA GRADA ZAGREBA
RECONSTRUCTION OF BRIDGES ZAGREB**

Kandidatkinja: **DORA MATOVIĆ**

Kolegij: **MOSTOVI**

Završni rad broj: **21-P-75**

Zadatak:

U uvodnom dijelu rada je potrebno opisati uzroke propadanja mostova te metode njihove obnove. U glavnom dijelu rada potrebno je opisati sustav gospodarenja mostovima u Hrvatskoj. Iskustva u gospodarenju prikazati na mostovima koji premošćuju rijeku Savu u Zagrebu.

Tema rada je uručena: 24. veljače 2021.

Mentorica:

prof. dr. sc. Ivana Štimac Grandić
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Završni rad sam izradila samostalno, u suradnji s mentoricom uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Dora Matović

U Rijeci, 14. rujna 2021.

SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI

Na uporabni vijek konstrukcije značajan utjecaj ima gospodarenje konstrukcijom tj. plan održavanja i sanacije oštećenja. Uzroci oštećenja mogu se podijeliti u tri kategorije: izvorna oštećenja, progresivna degradacija materijala i oštećenja izazvana iznenadnim djelovanjima. Cilj je ukazati na važnost održavanja i sanacije mostova kako bi im se produljio uporabni vijek. Svaka država ima svoj sustav održavanja pa tako i Republika Hrvatska ima svoj sustav održavanja zvan HRMOS koji je razvijen na temelju danskog sustava održavanja mostova zvan DANBRO. Velik dio održavanja obuhvaća redovno obavljanje pregleda. Tijekom pregleda vodi se evidencija o stanju svih dijelova konstrukcije i bilježe se oštećenja. Opsežnost pregleda ovisi o vrsti pregleda. Ovisno o vrsti oštećenja inženjer koji je obavljao pregled predlaže načine sanacije, naglašava koja oštećenja se moraju sanirati bez odgađanja i navodi popravke koji nisu hitni. U radu su prikazani svi mostovi preko rijeke Save u gradu Zagrebu sa njihovim opisom i primjerima sanacija kroz godine.

The management of a construction, such as the maintenance plan and damage repair, has a great impact on the construction's service life. Damage causes can be divided into three categories: original defects, progressive deterioration, and damages from singular actions or events. The goal is point out the importance of mainenance and repair of bridges to prolong their service life. Every country including the Republic of Croatia has their own bridge maintenance system. Croatia's system is called HRMOS and it is based on the danish maintenance system, DANBRO. A significant part of the maintenance process includes regular inspections. During an inspection, the state of all parts of the structure is registered and damages are logged. The inspection scope depends on the type of inspection. Depending on the type of damage, the engineer who carried out the inspection proposes the type of repairs, points out the damages that have to be repaired without delay, and notes non-urgent repairs. This paper presents all the bridges over the river Sava in the city of Zagreb, along with their description and repair examples over the years.

KLJUČNE RIJEČI: most, održavanje, obnova, sanacija, trajnost, uporabljivost, Zagreb

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. TRAJNOST I UPORABNI VIJEK KONSTRUKCIJA	2
3. GOSPODARENJE MOSTOVIMA.....	4
3.1. Sustav gospodarenja mostovima u Danskoj.....	4
3.2. Sustav gospodarenja mostovima u Republici Hrvatskoj	4
3.3. Pregledi i utvrđivanje stanja mostova	6
4. SANACIJA MOSTOVA.....	8
4.1. Uzroci oštećenja	8
4.2. Proces od pregleda do sanacije	9
5. MOSTOVI GRADA ZAGREBA	12
5.1. Novi savski kolni most.....	12
5.2. Novi željeznički most (Hendrixov most)	14
5.3. Jankomirski most.....	16
5.4. Most slobode.....	17
5.5. Željeznički most Sava-Jakuševac.....	19
5.6. Most mladosti.....	21
5.7. Novi Podsusedski most.....	22
5.8. Jadranski most	24
5.9. Domovinski most.....	26
6. ZAKLJUČAK.....	29
7. LITERATURA.....	31

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Oznake elemenata mosta [5]

Tablica 2. Koraci procesa popravka [10]

POPIS SLIKA:

Slika 1: Utjecaj održavanja na produljenje vijeka uporabe konstrukcija [1]

Slika 2: Savski most nakon sanacije 2017. [13]

Slika 3: Dispozicija Hendrixovog mosta [11]

Slika 4: Pogled na most sa Novog savskog kolnog mosta [16]

Slika 5: Poprečni i uzdužni presjek Jankomirskog mosta [11]

Slika 6: Dispozicija luka Mosta slobode [11]

Slika 7: Most slobode nakon sanacije [21]

Slika 8: Poprečni i uzdužni presjek mosta s vidljivim pomacima stupa S6 [23]

Slika 9: Pogled na Most mladosti [25]

Slika 10: Poprečni presjek i dispozicija Podsusedskog mosta [11]

Slika 11: Pogled na Jadranski most s desne obale Save [30]

Slika 12: Pogled na Domovinski most [32]

1. UVOD

Teme obnove i sanacije vrlo su aktualne u današnje vrijeme u gradu Zagrebu, najviše zbog potresa koji je pogodio Zagreb 22. ožujka 2020. godine. Dok se u tom kontekstu pod riječ „obnova“ smatra obnavljanje zgrada u samom centru Zagreba možemo povući paralelu s obnovom mostova u Gradu. U oba slučaja fokus na obnovu i sanaciju došao je nakon razornih posljedica. U slučaju višestambenih zgrada to je potres koji je za neke imao katastrofalne posljedice u vidu gubitka stabilnosti dijelova konstrukcije te neispunjavanju graničnih stanja. Važnost obnavljanja mostova stavljena je pod povećalo nakon urušavanja vijadukta u Genovi koje će se detaljnije spomenuti kasnije u radu.

Gradnja mostova u Zagrebu imala je velik utjecaj na širenje samoga grada, ali i za ostvarivanje povezanosti između sjeveroistočne Hrvatske sa Likom, Istrom i Dalmacijom, ali i zapadne i južne Europe. Izgradnjom Savskoga mosta stvara se prva veza između „novog“ i „starog“ Zagreba koja je bila temelj za nastanak Novog Zagreba. Nastankom prvih naselja i širenjem sadržaja na desnu obalu Save javlja se potreba za gradnjom novih mostova. Poticaj za gradnju novih te rekonstrukciju starih mostova bio je razvoj novih prijevoznih sredstava koja su zahtijevala veću nosivost mostova.

Cilj ovoga rada je ukazati na važnost pravovremenog održavanja konstrukcija kako bi se produljio njihov uporabni vijek te kako bi one bile sigurne za svakodnevnu eksploataciju. U ovom radu obradit će se pojmovi trajnosti i uporabljivosti konstrukcija te kako različiti tipovi oštećenja utječu na njih. Opisat će se sustav gospodarenja mostovima u Hrvatskoj te karakteristike pojedinih pregleda mostova ovisno o vrsti. Navedeni su mostovi preko Save na području grada Zagreba te sanacije koje su izvedene i koje se planiraju.

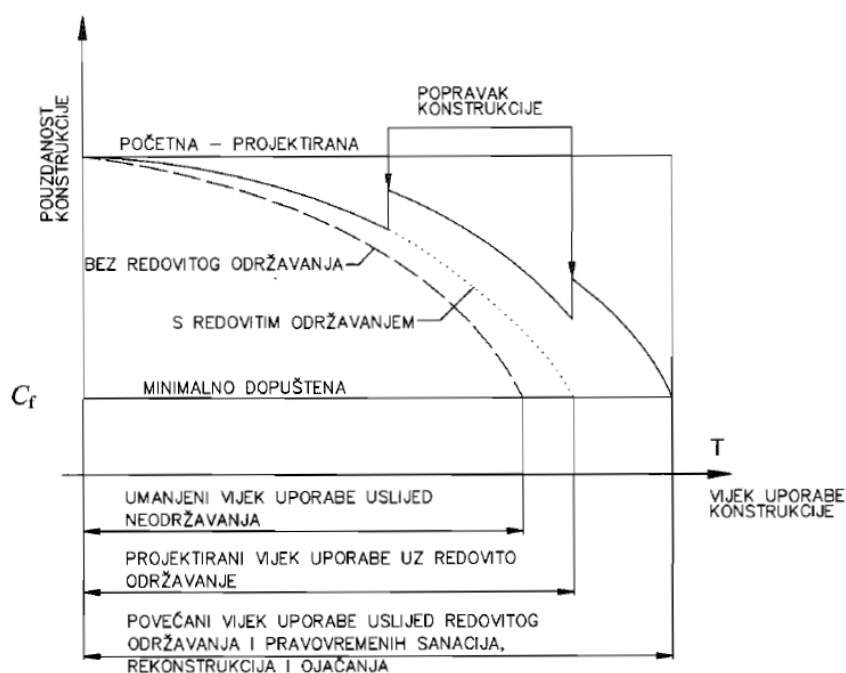
2. TRAJNOST I UPORABNI VIJEK KONSTRUKCIJA

Sposobnost konstrukcije da u određenom razdoblju posjeduje određenu razinu sigurnosti i uporabljivosti naziva se trajnost konstrukcije. [1] Nekada se smatralo da armiranobetonske konstrukcije imaju neograničenu trajnost što je bilo zasnovano na činjenici da čvrstoća betona s vremenom samo raste, a nastanak korozije armature je spriječen betonom. S vremenom je zaključeno da zbog primjene sve manjih debljina zaštitnog sloja betona i utjecaja okoliša dolazi do korozije armature koja oštećuje beton što bitno utječe na trajnost. Prema normi EN 1992-1-1 [2] betonske konstrukcije dijele se u razrede izloženosti s obzirom na uvjete okoliša. Tablica klasifikacije podijeljena je u 6 kategorija ovisno o tome je li konstrukcija izložena riziku od korozije, ukoliko je, konstrukcija se svrstava u određeni razred prema uzroku korozije. Razlikujemo koroziju uzorkovanu karbonizacijom, kloridima koji nisu iz mora, kloridima iz mora, zamrzavanjem i odmrzavanjem sa soli za odleđivanje ili bez nje te kemijsku koroziju. Svaka od kategorija s obzirom na razinu izloženosti dijeli se na još tri ili četiri podkategorije. Razred izloženosti uvjetuje klasu betona, a osiguravanje određene kvalitete betona postiže se pri projektiranju sastava betona, tj. regulacijom vodocementnog omjera. Betoni više klase osiguravaju veću trajnost zbog veće gustoće i manje poroznosti pa se koriste u agresivnijim okolišima. Dodavanjem aditiva moguće je poboljšati određena svojstva betona.

Korozija je jedan od glavnih problema koji utječe na trajnost čeličnih konstrukcija. Sprječavanje korozije kod čeličnih konstrukcija započinje odmah u tvornici nanošenjem *shop-primer* premaza koji štiti elemente tijekom proizvodnje i montiranja. Nakon montaže konstrukcije na gradilištu nanose se slojevi temeljne i završne boje.

„Uporabljivost konstrukcije je njena sposobnost udovoljavanja zahtjevima namjene.“ [1] Vremensko razdoblje u kojem konstrukcija zadovoljava određene zahtjeve nazivamo uporabnim vijekom konstrukcije. U suvremenom projektiranju, za vrijeme uporabnog vijeka konstrukcija mora zadovoljiti provjere dva granična stanja: granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti. Osiguravanjem graničnog stanja uporabljivosti

posredno se doprinosi trajnosti konstrukcije. Kod betonskih i armiranobetonskih konstrukcija to obuhvaća ograničenje pojave pukotina betona, deformacija i progiba. Za čelične konstrukcije gubitak uporabljivosti očituje se u vidu prekomjernih deformacija, oscilacija koje mogu negativno utjecati na druge dijelove konstrukcije te lokalna oštećenja koja izazivaju određenu dozu nesigurnosti kod korisnika. Na uporabni vijek konstrukcije utječe i gospodarenje konstrukcijom tj. plan održavanja i sanacije oštećenja ukoliko je potrebno. Utjecaj održavanja konstrukcije na njen uporabni vijek prikazan je na slici 1 u nastavku. Redovno održavanje osigurat će projektirani uporabni vijek konstrukcije. Ukoliko se konstrukcija ne održava redovito smanjit će se njen uporabni vijek, dok kombinacijom redovitog održavanja i pravovremenih sanacija oštećenja postiže se produljenje vijeka uporabe.



Slika 1: Utjecaj održavanja na produljenje vijeka uporabe konstrukcija

Prema normi EN 1990 uporabni vijek mostova je sto godina. [1,3]

3. GOSPODARENJE MOSTOVIMA

3.1. Sustav gospodarenja mostovima u Danskoj

Sustav gospodarenja mostovima DANBRO (Danish Bridges and Roads) jedan je vodećih sustava za odražavanje mostova u svijetu te mnoge zemlje poput Kolumbije, Hondurasa, Tajlanda, Meksika te Hrvatske koriste ovaj sustav.

Danski sustav koristi skalu od 0 (bez oštećenja) do 5 (značajna oštećenja, ugrožena stabilnost) za klasifikaciju stanja svih elemenata mostova. Na temelju vizualnog pregleda inženjer evidentira oštećenja, klasificira ih, daje preporuku koja se odnosi na način sanacije te procjenu troškova popravka.

DANBRO podrazumijeva šest modula: modul s osnovnim informacijama o pregledu i oštećenjima, modul koji predviđa troškove popravka i održavanja na osnovi podataka o oštećenjima, modul koji predviđa troškove za pojedinačne stavke sanacije i modul optimizacije koji izabire najekonomičnije rješenje s obzirom na faktore navedene ranije. Mogući ishodi su: izvedba sanacije mosta kako bi se vratio u izvrsno stanje, djelomična sanacija mosta kako bi zadržao svoje trenutno stanje ili kako bi mu se stanje poboljšalo, ne poduzimanje daljnjih aktivnosti te puštanje oštećenja da napreduju ili zadnja opcija je zatvaranje mosta zbog značajnih oštećenja bez izvođenja obnove. Peti modul predviđa kratkoročne i dugoročne troškove održavanja, a šesti modul pohranjuje informacije o održavanju mostova. [4]

3.2. Sustav gospodarenja mostovima u Republici Hrvatskoj

Sustav gospodarenja mostovima na državnim cestama u Republici Hrvatskoj pod nazivom HRMOS počeo se razvijati 1995. u nadležnosti Hrvatskih cesta d.o.o po uzoru na danski DANBRO. Budući da su dijelovi mosta od različitih materijala i različite trajnosti, sustav je koncipiran tako da se most podjeli na 13 elemenata prikazanih u tablici 1., koji se ocjenjuju

ocjenama 0 do 5. Pri tome 0 označava da nema oštećenja, a ocjena 5 se dodjeljuje ukoliko je dio dotrajavao i potrebna je zamjena. Ukupna ocjena mosta određuje se prema najoštećenijem dijelu mosta ili prema najnižoj ocjeni pojedinog dijela mosta. U svrhu što ujednačenijeg ocjenjivanja 2006. godine provedena je edukacija inženjera, a 2014. za Hrvatske ceste d.o.o. dr.sc. Damir Tenžera izradio je Katalog oštećenja elemenata mostova. [5,6]

Tablica 1. Oznake elemenata mosta

Skupine elemenata	Elementi mostova
A	Prilazi i čunjevi
B Donji ustroj	B.1. Temelji upornjaka i stupova
	B.2. Upornjaci
	B.3. Stupovi
C Gornji ustroj	C.1.1. Glavni nosači
	C.1.2. Rasponski sklop
	C.2. Prijelazne naprave
	C.3. Ležajevi
D Oprema	D.1. Kolnik + hodnik
	D.2.1. Odbojna ograda
	D.2.2. Pješačka ograda
	D.3. Ostalo
Most općenito	

Održavanje prometnica i mostova koji ne pripadaju u nadležnost Hrvatskih cesta d.o.o. obveza je jedinica lokalne samouprave. Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja uputilo je 2018. godine poziv gradonačelnicima svih velikih gradova da izrade Planove održavanja svih cestovnih građevina pa tako i mostova. Poziv je poslan nakon urušavanja nadvožnjaka u Genovi 14. kolovoza 2018. godine što je rezultiralo kobnim posljedicama za 43 žrtve. Istraga vezana za razloge urušavanja vijadukta još je u tijeku no pretpostavlja

se da su vezani uz manjkavo projektiranje, lošu izvedbu konstrukcije te neodržavanje vijadukta. Grad Zagreb dostavio je izvještaj o stanju nekih od mostova, ali ne i Plan i program održavanja cestovnih građevina. [7, 8]

3.3. Pregledi i utvrđivanje stanja mostova

Održavanje mostova podrazumijeva obavljanje vizualnih pregleda. Redovnim pregledima mostova prikupljaju se podaci na osnovu kojih se procjenjuje nosivost i uporabljivost konstrukcije. Razlikujemo četiri vrste pregleda koji se razlikuju prema opsežnosti, potrebnoj opremi i metodi pregleda.

Redoviti pregled mosta obavlja se tijekom redovitog održavanja dionice ceste ili mosta. Obuhvaćeni su vizualni pregledi svih dostupnih dijelova mosta te ispravnost opreme mosta kao što su prijelazne naprave, ograde, ležajevi i dr. U slučaju uočavanja ozbiljnih oštećenja i nemogućnosti prometovanja mostom obavještava se nadležni inženjer i eventualno postavljaju znakovi upozorenja na mostu. Rutinski pregledi obavljaju se na tjednoj bazi u početku, a kasnije jednom godišnje.

Opći pregled mosta sastoji se od vizualnog pregleda uz jednostavnija ispitivanja ukoliko je potrebno. Ocjenjuje se sigurnost, uporabljivost i utjecaj mosta na okoliš. Rezultati općeg pregleda služe kao osnova za daljnje planiranje održavanja i sanaciju pojedinih dijelova. Ova vrsta pregleda obavlja se svake 2 do 3 godine.

Glavni pregled mosta obuhvaća pregled i ocjenu cijeloga mosta, njegovih pojedinih dijelova kao i podvodne preglede temelja mosta. Utvrđuju se sva oštećenja i njihov opseg, predviđaju se napredovanja oštećenja i pojave novih te njihovi uzroci. Glavni pregled mosta podrazumijeva vizualni pregled uz dodatna mjerenja i ispitivanja materijala po potrebi. Rezultati pregleda osnova su za planiranje budućeg redovnog i izvanrednog odražavanja mosta. Pregled se vrši nakon gradnje mosta tj. puštanja u promet, prije isteka garantnog roka te svakih 5 do 6 godina.

Detaljni pregled vrši se samo ukoliko su prilikom općeg ili glavnog pregleda uočena znatna oštećenja. On može obuhvaćati cijeli most ili samo određeni dio, a ispitivanja se rade na licu mjesta ili se uzimaju uzorci za laboratorijsku analizu. Ova vrsta pregleda provodi se i nakon izvanrednih opterećenja kao što su potresi, poplave ili preopterećenje. [1]

4. SANACIJA MOSTOVA

4.1. Uzroci oštećenja

Uzorci oštećenja mogu se svrstati u tri glavne kategorije: izvorna oštećenja, progresivna degradacija materijala i oštećenja izazvana iznenadnim djelovanjima.

Izvorna oštećenja nastaju za vrijeme projektiranja mosta ili tijekom izvođenja. Greške nastale u fazi projektiranja mogu se očitovati kao greške u idejnom projektu, greške u proračunu i greške u detaljima, a ove prve daleko su najgore za ispravljanje.

Greške u idejnom projektu očituju se kroz pogrešan izbor statičkog sustava, izbor materijala koji se ne uklapaju u okolinu ili ukoliko građevina ne odgovara namjeni. Najčešće greške pri projektiranju javljaju se zbog podcjenjivanja temperaturnih oscilacija koje uzrokuju skupljanje i širenje materijala što često rezultira pojavom pukotina na ležajevima i zglobovima. Pravilno postavljena armatura i njen raspored mogu povoljno utjecati na širinu pukotina koje nastaju. Pojava značajnih pukotina često je posljedica grešaka u projektiranju detalja konstrukcije. Pukotine u betonu najčešće ne izazivaju katastrofalne posljedice no mogu znatno utjecati na trajnost i uporabljivost mostova. [8]

Posebnu pozornost treba obratiti kod djelovanja visokih temperatura na čelične konstrukcije. Izloženost visokim temperaturama izaziva promjenu mehaničkih svojstava čelika tj. snižava se granica popuštanja. Također se smanjuje modul elastičnosti i čelik gubi nosivost. [2] Greške pri statičkom proračunu rijetko se javljaju i ukoliko se dogode najčešće nemaju negativne posljedice na stabilnost konstrukcije zbog sposobnosti konstrukcije za preraspodjelu opterećenja te faktora sigurnosti koji se primjenjuju u proračunu. Pogreške u izvođenju radova pojavljuju se često i događaju se u svim faza gradnje pa tako imaju utjecaj na temelje, upornjake, kolničku konstrukciju i opremu mosta. Greške pri izvedbi temelja potencijalno mogu biti vrlo opasne jer temelji utječu na sigurnost i ponašanje cijele konstrukcije, a njihova kontrola je teško provediva. Srećom, dimenzije temelja se uglavnom predimenzioniraju pa greške pri izvedbi nemaju ozbiljnije posljedice. Pogreške koje se najčešće javljaju u fazi gradnje vezane su za armaturu i njenu zaštitu protiv korozije te ugradnju betona i postavljanje hidroizolacije.

Pogrešno postavljena armatura i beton lošije kvalitete te premala debljina zaštitnog sloja betona mogu uzrokovati koroziju armature.

Progresivna oštećenja uzorkovana su eksploatacijom građevine i izloženosti atmosferilijama. Beton se najčešće oštećuje promjenama temperature koje uzrokuju pojavu pukotina, te ciklusima smrzavanja i odmrzavanja zimi koji uzorkuju raspadanje i odlamanje betona. Pozornost treba obratiti na mikro-pukotine koje se mogu pretvoriti u mrežu makro-pukotina i tako omogućiti prodor vlage u konstrukciju te uzrokovati dodatnu štetu zamrzavanjem vode u pukotinama. Dotrajala oprema mosta kao što su ležajevi, zglobovi, prijelazne naprave, hidroizolacija, sustav odvodnje, ograde može utjecati na trajnost mostova ukoliko se ne zamijeni u dogledno vrijeme.

Iznenadnim djelovanjima smatramo potrese, poplave, požare, udare vozila ili plovila, te pojave klizišta. Oštećenja koja se mogu dogoditi ne bi trebala značajnije naštetiti stabilnosti i uporabljivosti konstrukcije. Ona se mogu očitovati kao pojava pukotina na preopterećenom elementu ili ponekad imaju ozbiljnije posljedice kao npr. odnošenje potpornih stupova uslijed bujičnih poplava. [9]

4.2. Proces od pregleda do sanacije

Nakon pregleda i utvrđivanja oštećenja radi se prijedlog sanacije. Proces popravka sastoji se od šest koraka, a prikazan je u tablici 2.

Ocjena stanja radi se na temelju izvješća vizualnog pregleda. Predlažu se dva pristupa: preliminarna ocjena stanja konstrukcije i detaljna ocjena stanja konstrukcije. Preliminarna ocjena obuhvaća vizualni pregled svih dijelova konstrukcije, a ukoliko se ocjeni da je potrebno prelazi se na detaljan pregled. Za detaljan pregled postoji velik broj razornih i nerazornih metoda ispitivanja materijala u konstrukciji i iako daju dobre rezultate pri dijagnostici i opsegu oštećenja s ekonomskog gledišta pažljivo se planiraju i izvode samo ukoliko je potrebno. Neka od detaljnih ispitivanja su ispitivanje ujednačenosti

kvalitete betona na valjkastim uzorcima u laboratoriju ili korištenje nerazornih metoda (sklerometar, ultrazvuk), evidentiranje pukotina uz popratne dimenzije i skice i određivanje stanja armature.

Tablica 2. Koraci procesa popravka

PROCES POPRAVKA
1. Ocjena stanja konstrukcije uz detekciju uzroka dotrajanja
2. Odabir mogućnosti
3. Odabir načela
4. Odabir metoda
5. Odabir materijala
6. Zahtjevi za održavanje

Odabir mogućnosti obuhvaća prezentaciju završnog izvješća pregleda konstrukcije investitoru ili konzultantu-specijalistu. Predstavljaju se različite metode popravaka za pronađena oštećenja, rangiraju se prioriteta i lista popravaka koji zadovoljavaju najvažnije kriterije. Na osnovi cjelokupnog izvješća i prijedloga metoda popravaka donosi se odluka o daljnjim radovima.

Prema normi HRN ENV 1504-9, metode i načela dijele se u dvije skupine: one koje se odnose na nedostatke u betonu i one koje se odnose na koroziju armature. Načela koja obuhvaćaju nedostatke u betonu dijele se u 6 kategorija. Svaka kategorija odnosi se na jedno načelo i povezana je s kategorijom metoda koje su primjenjive. Isto vrijedi za načela i metode vezane za koroziju armature. [10]

Odabir materijala vrši se prema tipu oštećenja, želji investitora i uvjetima uporabe.

Zahtjevi za održavanje uključuju praćenje konstrukcije nakon popravka tj. monitoring. On može biti periodički (u fiksnim vremenskim intervalima) ili konstantan monitoring korištenjem mjernih uređaja poput senzora i mjerne opreme.

Sanacija mosta obuhvaća radove na gornjem i donjem ustroju, ovisno o oštećenjima. Radovi na gornjem ustroju obuhvaćaju zamjenu rasponskog sklopa, kolničke konstrukcije i ležajeva. Također, to podrazumijeva izvedbu pješačke staze, vijenaca i rubnjaka koji se nalaze iznad postavljene hidroizolacije. Radovi na donjem ustroju obuhvaćaju popravke betona, obnovu stupova i upornjaka. [1]

5. MOSTOVI GRADA ZAGREBA

Grad Zagreb povezan je s jedanaest pješačkih, cestovnih i željezničkih mostova preko rijeke Save. U nastavku slijedi kratak opis mostova prema godini izgradnje. Neki od mostova kao što su Most Zaprešić i most Sava-Ivanja Reka dijelovi su zagrebačke obilaznice i time pripadaju u nadležnost Hrvatskih autocesta d.o.o. pa neće biti obuhvaćeni ovim radom. Također, obuhvaćene su obnove mostova ukoliko su izvedene.

5.1. Novi savski kolni most

5.1.1. Općenito o mostu

Na mjestu Novog savskog kolnog mosta nekada se nalazila rešetkasta konstrukcija preko 4 otvora dužine oko 55 m. Most je sagrađen od lijevanog željeza, a pomost je bio od drveta. Kasnije je drveni pomost zamijenjen armiranobetonskim pločama s asfaltnim kolničkim zastorom. Budući da je to bila jedina veza između sjeverne i južne obale Save u Hrvatskoj, zbog povećanog prometnog opterećenja, razmatralo se nekoliko opcija za preuređenje mosta. Naposljetku je izabrano rješenje Milivoja Frkovića, a konstrukcija starog Savskog mosta dislocirana je kod Jakuševca, kao produžetak Držićeve ulice, sve do gradnje Mosta mladosti. Novi Savski kolni most, sagrađen 1938. godine i spajao je današnje okretište tramvaja na Savi i Savski Gaj koje je bilo jedno od prvih naselja u Novom Zagrebu. Most je sagrađen kao kontinuirana gredna konstrukcija od čelika, ukupne širine 9 m, a potpornji mosta bili su stupovi staroga mosta temeljeni na kesonima. Konstrukcija je sastavljena od dva čelična nosača na razmaku od 5,8 m na koju je postavljena armiranobetonska ploča s konzolama. Linija intradosa paralelna je s konveksnom niveletom krajnjih nagiba 1,65%. Zbog iznimne vitkosti i izvanredne gradnje te potpuno spregnute kolničke ploče koja je premašila svoju ulogu prenošenja opterećenja, Savski most prepoznat je kao izniman pothvat, što je prepoznato i na svjetskog razini, a 1975. uvršten je popis zaštićenih spomenika. Do 1987. godine služio je kao cestovni most, a kasnije je prenamijenjen u pješački most. [11, 12]

5.1.2. Sanacija pješačkog mosta

Prva sanacija izvedena je 2017. u vidu manjih popravaka zajedno sa krunom nasipa lijeve obale Save. Promijenjen je asfaltni zastor, izvedena je horizontalna signalizacija biciklističkih i pješačkih staza te su postavljene klupe za odmor.

Posljednji projekt sanacije započeo je 2021. godine i obuhvaća novu armiranobetonsku kolničku konstrukciju koja uključuje i pješačke staze. Zamijenjeni su granitni rubnjaci, prijelazne naprave, postavljena je nova hidroizolacija mosta i sustav odvodnje te ograda i rasvjeta na pješačkim stazama. No obnova neće bit samo estetskog karaktera kao ona 2017. godine jer će se zamijeniti i dotrajali dijelovi glavnog nosivog sklopa. Mijenjaju se svi uzdužni nosači i poprečni nosači iznad upornjaka mosta, također svi ležajevi biti će zamijenjeni novim valjkastim ležajevima. Obnova obuhvaća i sanaciju stupova čime će se povećati mehanička otpornost i stabilnost te će se preventivnim mjerama zaštite stupova produljiti njihova trajnost. Temelji stupova ojačavaju se pilotima, a zaštita se izvodi armiranobetonskom oblogom i krupnim kamenjem u podnožju stupova. [13, 14]



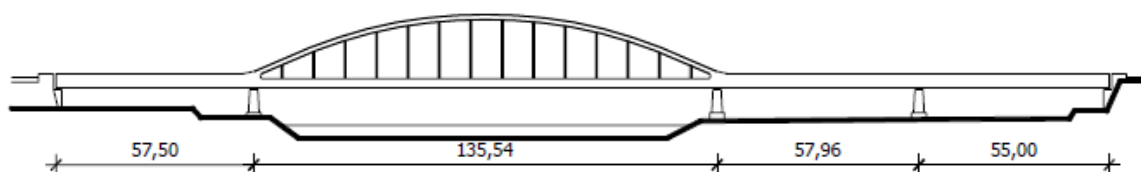
Slika 2: Savski most nakon sanacije 2017. godine [13]

5.2. Novi željeznički most (Hendrixov most)

5.2.1. Općenito o mostu

Nakon Novog Savskog mosta ubrzo se gradi i Novi željeznički (zeleni) most u blizini, poznatiji kao Hendrixov most ukupne dužine 306 m. Do promjene imena došlo je 2015. godine, a dvije godine kasnije most je zasjao u novom ruhu. Postavljene su 822 žarulje koje obasjavaju glavnu gredu, a dinamička svjetlost na vješaljka aktivira se prelaskom vlaka. Most se također nalazi na popisu spomenika kulturne i tehničke baštine. U gornji ustroj mosta ulazi konstrukcija mosta, Langerova greda koja se sastoji od kontinuiranih nosača preko četiri raspona ojačanih lukom u glavnom otvoru. Razmak glavnih punostijenih nosača promjenjive visine je 9,6 m, a sastavljenog su otvorenog sandučastog poprečnog presjeka. Luk prati oblik kvadratne parabole, a u tjemenu dostiže visinu od 17,3 m u odnosu na os glavnog nosača. Luk i glavni nosači povezani su s 28 vertikalnih vješaljki, 14 na svakom luku. Most je projektiran za prugu sa 2 kolosijeka, a kao ojačanja ispod kolosijeka postavljeni su sekundarni nosači punostijenog zavarenog poprečnog presjeka I-profila, a poprečnih nosača ukupno je 68. Također su postavljeni vjetrovni spregovi u razini gornjih i donjih pojaseva sekundarnih uzdužnih nosača te donji vjetrovni spreg, izveden u obliku rešetke u razini donjeg pojasa glavnih nosača.

Donji ustroj mosta čine dva upornjaka i tri stupa. Na srednjem stupu postavljeni su uzdužno nepomični ležajevi, dok su na ostalim stupovima uzdužno pomični ležajevi. Ležaj je nepomičan na srednjem stupu na uzvodnoj strani, a na nizvodnoj je pomičan u poprečnom smjeru. Most je izveden varenjem i zakivanjem od visokovrijednog čelika ukupne težine konstrukcije 2800 t. [11, 15, 16]



Slika 3: Dispozicija Hendrixovog mosta [11]



Slika 4: Pogled na most sa Novog savskog kolnog mosta [16]

5.2.2. Sanacija mosta

Most je kroz povijest prošao kroz dvije sanacije. Prva je bila 1956.-1958. godine kako bi se sanirala razna oštećenja nastala kao posljedica ratnih događanja i vratila nosivost mosta na izvornu. Oštećenja su pronađena pri tjemenu uzvodnog i peti nizvodnog luka, na hrptovima glavnih nosača i limovima vješaljki. Druga sanacija 1961. godine izvedena je nakon otkrivenih pukotina na sekundarnim nosačima i nepovoljnog zavora vjetrovnog sprega na poprečne nosače. Izvedena su ojačanja donjeg pojasa uzdužnih sekundarnih nosača u krajnjim poljima čime je osiguran kontinuitet na osloncima. Posljednja obnova bila je 2014. godine potaknuta povećanjem opterećenja u odnosu na ono za koje je most projektiran što je posljedica napretka i razvoja vlakova. Most je svrstan u kategoriju niske nosivosti te je ograničeno prometovanje mostom pa se investitor odlučio na obnovu. Izvela su se ojačanja srednjeg stupa pobijanjem 24 pilota promjera 1 m, do dubine 25 m, a i dijelove ležajeva bilo je potrebno zamijeniti zbog nedostatne nosivosti. Promijenjeni su ležajevi na 4. rasponu te je izvedeno donje uzdužno ukrućenje hrptova. Sve veze glavnog nosača i luka sa vješaljka su ojačane kao i njihov poprečni presjek. Za spajanje novih elemenata konstrukcije sa starim koristili su se isključivo visokovrijedni vijci i zakovice.

Na samome kraju, zamijenjene su dilatacijske naprave i nanesena je antikorozivna zaštita.
[16]

5.3. Jankomirski most

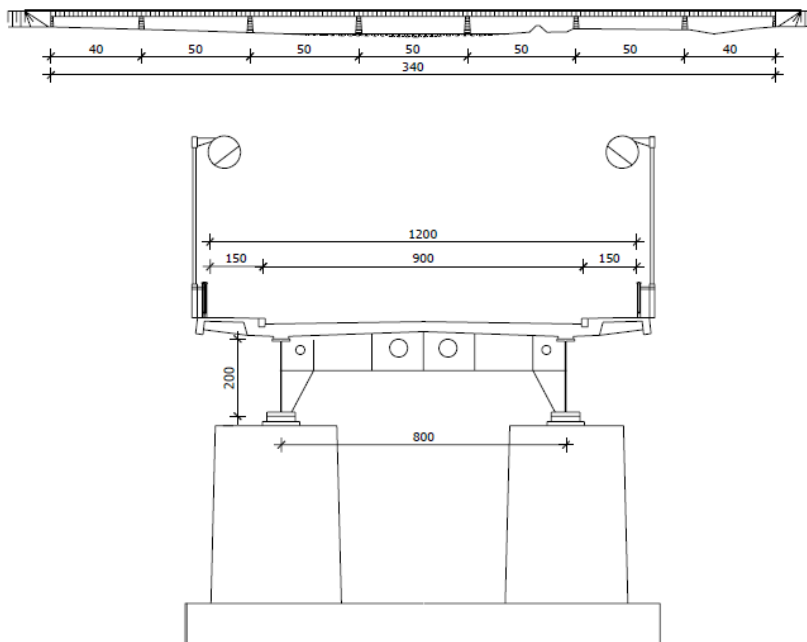
5.3.1. Općenito o mostu

Stari Jankomirski most sagrađen je 1958. godine sa s namjerom zamjene Starog Savskog mosta. Ukupna duljina mosta je 330 m, a obuhvaća premoštavanje obje inundacije i korita rijeke Save grednom čeličnom konstrukcijom konstantne visine poprečnog presjeka od 2 m. Glavni nosači prelaze preko sedam raspona, a razmak između njih je 7 m, u poprečnom smjeru nosači su postavljeni na svakih 5 m. Armiranobetonska ploča debljine 19 cm s konzolama od 2,25 m postavljena je na glavne nosače, a ukupna širina mosta je 12 m što obuhvaća kolnik širine 9 m i pješačke staze u širini od 1,5 m sa svake strane. S obzirom na obalu Save most se pruža po kutom od 80°. Potporni sustav ispod glavnih nosača sastoji se od dva masivna stupa izvedena sa armiranobetonskom jezgrom i obloženih kamenom, čiji se poprečni presjek širi od vrha prema dnu. Statički sustav ovoga mosta je Gerberov nosač sa 2 poluzgloba u svakome od raspona. Razmaknutost između pojaseva nosača omogućuje prenošenje momenata savijanja i rotaciju svakog pojedinog elementa za sebe bez utjecaja na susjedne elemente.[11]

5.3.2. Sanacija starog mosta i Novi jankomirski most

Širenjem grada Zagreba i izgradnjom zagrebačke obilaznice javila se potreba za Novim jankomirskim mostom koji je napravljen zrcalno s obzirom na stari most. Novi most pušten je u promet 2006. godine kad je i započela obnova Starog mosta. Obnova starog mosta obuhvaćala je zamjenu kolničke ploče i sanacija oštećenja na podgledu, postavljanje nove hidroizolacije i izvođenje zatvorenog odvodnog sustava kao i sustava za sprječavanje poledice. Nanesena je antikorozivna zaštita na glavne nosače, postavljene su nove zaštitne

ograda i rasvjeta. Zadnje održavanje bila je zamjena prijelaznih naprava u srpnju i kolovozu 2021. [11, 17, 18]



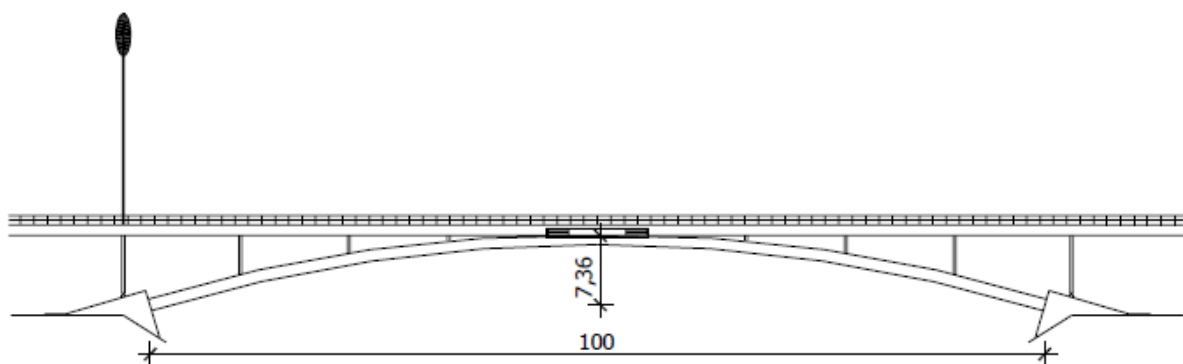
Slika 5: Poprečni i uzdužni presjek Jankomirskog mosta [18]

5.4. Most slobode

5.4.1. Općenito o mostu

Most slobode izgrađen je 1959. godine kao čelični lučni most. Luk je sačinjen od dva sandučasta poprečna presjeka promjenjive visine od 1 do 1,3 m, širine 3 m. Konstrukcija gornjeg ustroja oslonjena je na vertikalne stupove, a sastoji se od četiri čelična punostijena nosača. Glavni nosači dijele se na unutarnje, visine 92 cm i vanjske, visine 85 cm. Budući da je između unutarnjih nosača trebalo provesti četiri vodovodne cijevi, profili cijevi uvjetovali su visinu pomosta. Iznad čelične konstrukcije nalazi se armiranobetonska ploča prosječne debljine 20 cm preko koje se prenosi opterećenje. Kolnička konstrukcija sastoji se od hidroizolacije i dva sloja lijevanog asfalta. Inundacije su premoštene grednom

čeličnom konstrukcijom na rasponima od 15 m. Upornjaci su izvedeni kao široki upornjaci sa okomitim zidovima upornjaka od zidanog kamena. [11] Most slobode izgrađen je u vrijeme kada je gradonačelnik grada Zagreba bio Većeslav Holjevac i bio je jedan od prvih projekata u namjeri da se stvori Novi Zagreb. Nakon izgradnje Mosta i preseljenja Velesajma na Kajzericu počela je masovna izgradnja stanova na području Trnskoga i Savskog gaja. [19]



Slika 6: Dispozicija luka Mosta slobode [11]

5.4.2. Oštećenja i sanacija

U obnovu Mosta slobode 2019. godine uključena je obnova pješačkih staza, vijenaca i zamjena ograde. Također je uklonjen kolnički zastor koji je zamijenjen visokootpornim betonom, postavljen je sustav oborinske odvodnje te hidroizolacija. Obnova pješačkih staza uključuje zamjenu rubnjaka s granitnom galanterijom, iscrtavanje pješačke i biciklističke staze te postavljanje zaštitne odbojne ograde kako bi pješaci i biciklisti bili zaštićeni od potencijalnog naleta vozila. Osigurani su bočni platoi i sanirani su prilazni vijadukti u ukupnoj dužini od 750 m. [20]



Slika 7: Most slobode nakon sanacije [21]

Sudeći po svemu spomenutom posljednja obnova mosta obuhvatila je samo opremu mosta, dok su zidovi upornjaka ali i sama nosiva konstrukcija u poprilično lošem stanju. Prema izvješću iz Grada poslanom na zahtjev HRT-a planirana je obnova rasponske konstrukcije, zidova upornjaka i fasade upornjačkih prostorija. Druga faza obnove mora se koordinirati s Vodoopskrbom i odvodnjom d.o.o. kako bi se u isto vrijeme sanirale cijevi magistralnog vodovoda koje se nalaze u konstrukciji mosta. [22]

5.5. Željeznički most Sava-Jakuševac

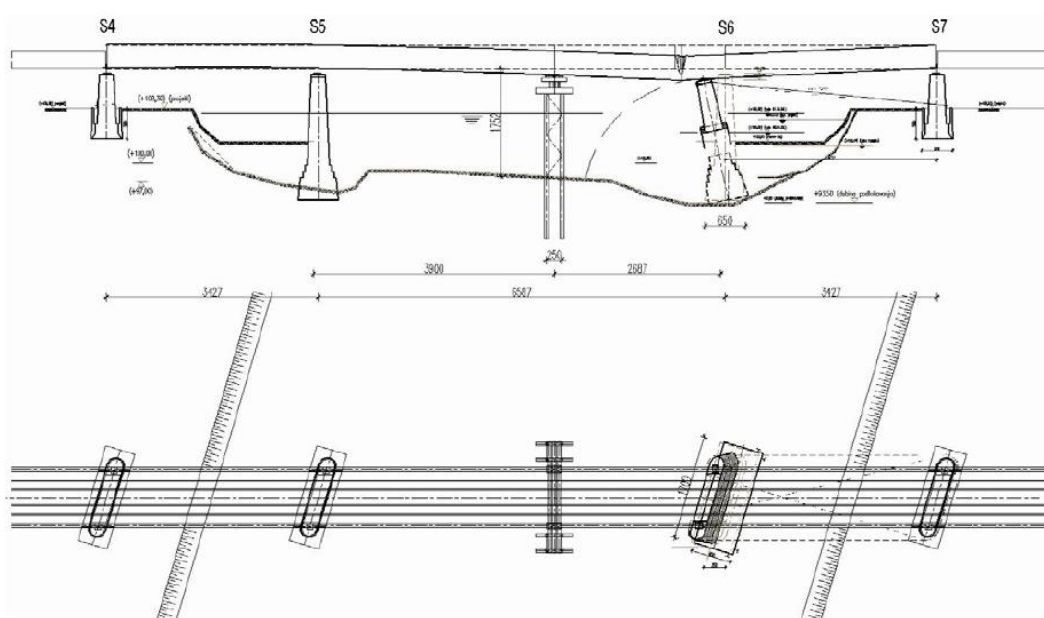
5.5.1. Općenito o mostu

Željeznički most smješten je jugozapadno od naselja Mičevca i povezuje smjer Čulinec – Velika Gorica. Most je sagrađen 1968. godine kao čelični most s punostijenim glavnim nosačima konstantne visine 2,8 i 3,8 m, a četiri sekundarna nosača visine su 0,62 m. Poprečni nosači postavljeni su na razmacima od 3,95 m. Ukupna duljina mosta od 440 m podijeljena je na raspone od 34 do 66 m. Most ima dva kolosijeka i ukupne je širine 9 m.

Konstrukcija se naslanja na betonske masivne stupove zarotirane u mjeru toka rijeke. [11,23]

5.5.2. Sanacija mosta

U proljeće 2009. godine došlo je do popuštanja potpornog stupa S6 u koritu i ulegnuća kolosijeka od 1,5 m. Naknadnim mjerenjima ustanovljeno je da se stup S6 pomaknuo uzvodno za 8,8 cm i prema sredini rijeke za 5,7 cm, a slijeganje temelja uzrokovalo je pomak od 5 cm od dana popuštanja. Sanacija je obuhvaćala izradu novoga stupa S6 i ojačavanje postojećih temelja. Stupovi S5 i S6 zaštićeni su oblaganjem kamenim blokovima. Izvedena je obnova glavnih nosača, sekundarnih uzdužnih nosača i vjetrovnog sprega. Veći dio glavnih nosača ponovno je ispravljen, a mijenjani su samo oni dijelovi koji su pretrpjeli nepovratne deformacije. Novi dijelovi nosača izrađivali su se u radionicama s rupama za zakovice, dok se ispravljeni dijelovi zagrijavaju i kuju. [23]



Slika 8: Poprečni i uzdužni presjek mosta s vidljivim pomacima stupa S6 [23]

5.6. Most mladosti

5.6.1. *Općenito o mostu*

Most mladosti izgrađen je 1974. godine, ukupna dužina je 1188 m i podijeljen je na 3 dilatacije. Prema tipu konstrukcije središnji raspon je spregnuta čelična konstrukcija, dok su sjeverni i južni prilazni vijadukti rebrastog poprečnog presjeka od predgotovljenih elemenata. Ukupna širina mosta je 36 m, a na njemu je smještena tramvajska pruga s dvoje tračnica i po tri prometna traka za automobile u svakom smjeru. [11,24]



Slika 9: Pogled na Most mladosti [25]

5.6.2. *Oštećenja i sanacija južnog prilaznog vijadukta*

Djelomična sanacija južnog prilaznog vijadukta izvedena je 2010. godine. Sanacija je obuhvaćala istočni vijadukt u dužini od 580 m, a zamijenjen je kolnik, pješačke staze, zaštitne ograde i metalne odbojne ograde. Također su promijenjeni rubnjaci i vijenci, a radovi su obuhvaćali i rasponsku konstrukciju, sustav odvodnje te ponovnu primjenu antikorozivne zaštite na stupovima. Jedan od stupova bio je previše oštećen pa je srušen i

izgrađen novi. Promjena vijenaca, rubnjaka, zaštitne i metalne odbojne ograde također je izvršena na glavnom rasponskom sklopu.[22]

Na zadnjem vizualnom pregledu 2017. godine ustanovljena su značajna oštećenja. Uslijed otkazivanja sustava odvodnje, nepostojeće hidroizolacije ispod kolničke ploče i loše kvalitete te nedovoljne debljine zaštitnog sloja dolazi do korozije armature na svim konstrukcijskim dijelovima mosta. Sve prijelazne naprave i ležajevi također zahtijevaju zamjenu. U srpnju 2020. započeli su radovi na zapadnom dijelu južnog prilaznog vijadukta. [24]

Sanacija je predviđena u nekoliko faza. U prvoj fazi obuhvaćeno je 700 m južnog prilaznog vijadukta sa silaznim i uzlaznim rampama te dio tramvajskog vijadukta. Izvršena je obnova gornje i donje nosive konstrukcije, zamijenjene su metalne odbojne ograde kao i pješačke ograde te je obnovljena servisna staza. Također je izvedena potpuno nova horizontalna i vertikalna odvodnja. Sanirane su stepenice za pristup tramvajskoj stanici kao i oštećen beton na stupovima. U potpunosti je obnovljen asfaltni zastor i postavljena hidroizolacija kolnika. Zamijenjeni su lončasti ležajevi te su obnovljene prijelazne naprave. Druga faza sanacije obuhvaća silazni zapadni krak Sarajevske ceste i tramvajska stajališta na Mostu mladosti. [26, 27]

5.7. Novi Podsusedski most

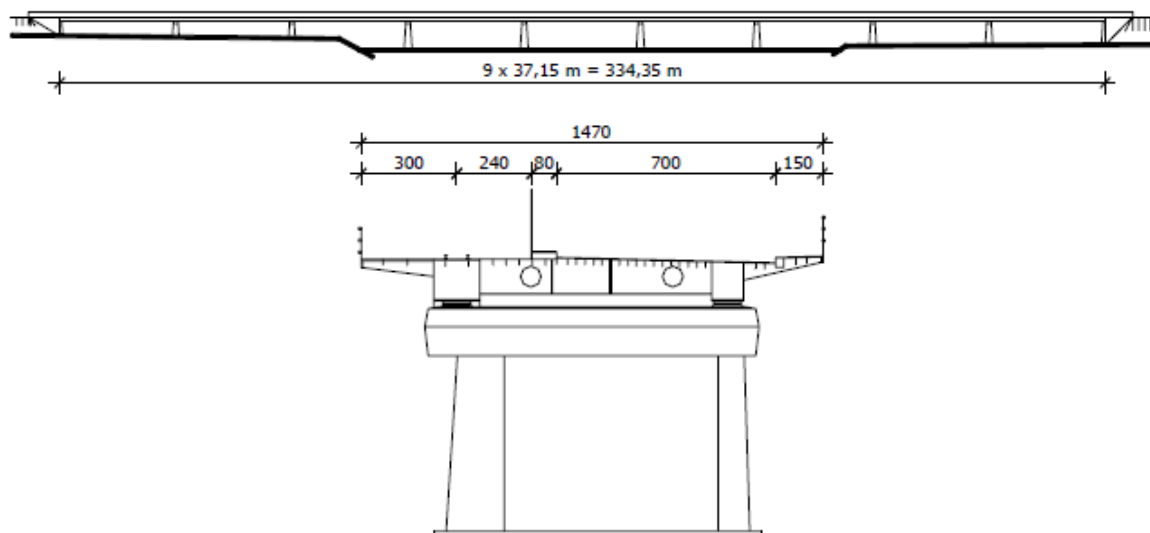
5.7.1. Općenito o mostu

Novi Podsusedski most sagrađen je na stupovima starog Podsusedskog mosta iz 1862. godine kao cestovno-željeznički most na kontinuiranim nosačima konstantne visine. Most ima devet raspona, a ukupna duljina mosta je 334,35 m. Poprečni presjek sastoji se od dva čelična sanduka povezana poprečnim nosačima. Ukupna širina mosta je 14 m, a obuhvaća dva kolnička traka za automobile te jedan kolosijek za prigradski promet. [11]

5.7.2. Sanacija stupova

Za vrijeme radova 2009. godine zamijenjeni su dotrajali kolnički zastor i hidroizolacija. Nanesen je novi sloj antikorozivne zaštite, zamijenjene su prijelazne naprave i zaštitna ograda.

Tijekom 2014., 2015. i 2016. godine izvedena je sanacija srednjeg stupa, od ukupno tri stupa u koritu rijeke. Oštećeni beton uklonjen je hidrodemoliranjem, a temelji su ojačani mirkopilotima. Donji dio stupa zaštićen je nabačajem od lomljenog kamena kako bi se zaštitilo korito od podlokavanja. Primjenom iste tehnologije saniran je i stup bliži lijevoj obali, a planirana je sanacija i zadnjega stupa. Sljedeća planirana sanacija obuhvaća iste radove kao i 2009. godine, ali na dijelovima kolnika koji nisu bili obuhvaćeni u prvoj fazi. Početak radova nije poznat. [22]



Slika 10: Poprečni presjek i dispozicija Podšusedskog mosta [11]

5.8. Jadranski most

5.8.1. Općenito o mostu

Jadranski je most sagrađen 1981. godine kao zamjena sa Savski kolni most i zbog potrebe prevođenja tramvajske pruge preko Save. Most se sastoji od sjevernog i južnog prilaznog vijadukta, sjeverne i južne upornjačke prostorije te osnovnog dijela preko sedam raspona ukupne duljine 313,7 m, ukupna duljina građevine je 470,5 m. Sjeverni vijadukt ima jedan raspon od 18,55 m, a južni se sastoji od četiri raspona ukupne duljine 78,4 m. Ukupna širina mosta je 36,8 m koja obuhvaća tri prometna traka u svakome smjeru, dvoje tračnice za tramvaj, pješačke staze, rubne trakove i odbojne ograde, a podijeljena je na istočni i zapadni most koji funkcionira kao cjelina. Nosiva konstrukcija koncipirana je kao kontinuirani nosač sastavljen od predgotovljenih elemenata na slobodno okretnim elastomernim ležajevima. Da bi se svladao središnji raspon od 63 m monolitno su izvedeni konzolno oslonjeni nosači sandučastog poprečnog presjeka duljine 12 m sa umetnutim montažnim elementom. Visina glavnog nosača je 2,4 m, a povezani su poprečnim nosačima na razmaku od 4 m i kolničkom pločom debljine 20 cm. Potpornji oba mosta izvedeni su u vidu šest stupišta koja se sastoje od tri stupa povezana naglavnom gredom. Istočni i zapadni most imaju zasebne sustave zatvorene odvodnje koji su provedeni u sanducima rasponske konstrukcije zajedno sa ostalim instalacijama kao što su vodovodne cijevi, plinovod, elektroinstalacije i DTK kabeli. [11,28,29]

5.8.2. Oštećenja i prijedlog sanacije

Na pregledu mosta 2009. godine uočena su značajna oštećenja. Evidentirana je degradacija betona i korozija armature duž cijele rasponske konstrukcije. Oštećenja betona očituju se u pojavi pukotina, izluživanja i odlamanja betona. Upornjaci na sjevernoj i južnoj strani pokazuju oštećenja uzokovana vodom koja se sijeva niz konstrukciju kroz prijelazne naprave. Uočene su pukotine, izluživanje i ljuštenje betona na upornjacima. Trenutno su na mostu ugrađene prijelazne naprave s gumenim brtvama koje su prema projektnoj

dokumentaciji stare koliko i most. Gumene brtve svih naprava istrošile su se i hitno trebaju zamjenu dok su čelični profili u prihvatljivom stanju. Preporuča se ugradnja novih prstastih naprava s omogućenim pomacima do 300 mm. Hidroizolacija je u potpunosti nestala uslijed česte promijene kolničkog zastora te se preporuča ugradnja nove. Neoprenski ležajevi također su u lošem stanju te zahtijevaju zamjenu no zbog vodovodnih cijevi i plinovoda koji prolaze kroz sanduke nosive konstrukcije i uvedeni su u upornjačke prostorije fiksnim spojem, konstrukciju nije moguće podići i zamijeniti ležajeve. Sustav odvodnje treba se u potpunosti što prije zamijeniti jer su otkrivena oštećenja od vode duž cijeloga mosta i prilaznih vijadukata. Otkrivena je korozija pješačkih ograda na oba mosta, kao i na metalnoj odbojnoj ogradi između pješačkih hodnika i voznih trakova te se preporuča zamjena. [28]

Na zadnjem šestogodišnjem pregledu 2017. godine uočena su gotovo ista oštećenja, neka od njih uznapredovala s obzirom da u međuvremenu nikakvi popravci nisu izvedeni. Sva oštećenja posljedica su dotrajalog i uništenog sustava odvodnje i prijelaznih naprava kroz koje prolazi voda i uzrokuje degradaciju betona što rezultira korozijom armature i drugih čeličnih dijelova. [29]



Slika 11: Pogled na Jadranski most s desne obale Save [30]

U izvješću Grada iz 2018. stoji da je sva bravarija mosta zamijenjena novima te da je obnovljena antikorozivna zaštita na svim elementima. Bravarijom mosta smatraju se sva ulazna vrata i čelične stijene. Također navode kako je u tijeku izrada projektno-tehničke dokumentacije za sanaciju prijelaznih naprava i južnog vijadukta sa južnom upornjačkom prostorijom. Spomenuta sanacija trebala ti obuhvaćati zamjenu pješačkih i metalnih odbojnih ograda, prijelaznih naprava te sustava odvodnje. Planira se sanacija degradiranog betona glavne nosive konstrukcije, podgleda i stupišta te pristupnih stubišta na most. U izvješću nije navedeno kada je planirani početak gradnje ni u kojem roku bi radovi trebali biti obavljeni. [22]

5.9. Domovinski most

5.9.1. Općenito o mostu

Domovinski most dio je projekta Centralnog uređenja pročišćavanja otpadnih voda Zagreba i građevina je prometno-infrastrukturne namjene. Izrađen je u produžetku Radničke ceste s ciljem spajanja istočnog dijela grada sa zračnom lukom u Velikoj Gorici. Ukupna duljina mosta je 879 m a ima ukupno 13 raspona. Konstrukcija je izvedena kao prednapeta gredna armiranobetonska konstrukcija, a glavni raspon duljine 120 m ovješeno je o dva pilona. Središnji raspon ovješeno je u dvije vertikalne ravnine a raspored kabela je mješovit. Na svakoj strani pilona nalazi se osam kabela koji su sidreni u gredu svakih 6 m. Prednapinjanje konstrukcije vrši se izvana preko pilona te u poprečnom i uzdužnom smjeru. Ukupna širina mosta je 33,5 m, a obuhvaća dva prometna traka u svakom smjeru, pješačke i biciklističke staze te je u središnjem pojasu ostavljen prostor za tramvajsku prugu ili brzu željeznicu. Poprečni presjek je sanduk sa pet komora unutar kojih se nalaze cijevi glavnog kolektora otpadnih voda, vodovodne cijevi i plinovod. Most se oslanja na ukupno 14 stupova, uključujući upornjake, a glavni raspon nalazi se između pilona. Svi stupovi u inundacijama plitko su temeljeni dok su piloni temeljeni na pilotima. [11, 31]



Slika 12: Pogled na Domovinski most [32]

5.9.2. Oštećenja i sanacija

Prvi problemi javili su se već tokom gradnje mosta. Ispitivanja provedena na uzorcima betona nisu zadovoljila zahtjeve nosivosti u vidu tlačne čvrstoće betona no problem je riješen dodatnim prednapinjanjem glavnog raspona. [24]

Prva sanacija oštećenja bila je 2012. godine koja je obuhvaćala zamjenu popucale hidroizolacije u zonama sidrišta kabela. Uklonjen je površinski sloj betona i bitumenska hidroizolacija je ponovno postavljena, a smatra se da su oštećenja nastala uslijed vibracija i temperaturnih promjena. Sanirane su mikropukotine betona, a kao zaštita kabela od korozije postavljen je geotekstil. [32]

Nakon sanacije ustanovljeno je kako se isti problemi i dalje pojavljuju te odvodnja oko sidrišta zatega nije adekvatno izvedena. U tijeku je izvanredno održavanje Domovinskog mosta koje je započelo 14. lipnja 2021. godine, a planirani završetak radova je prosinac 2021. godine. Radovi će se odvijati u dvije faze s ograničenim prometovanjem. Sanacija obuhvaća zamjenu zastora na pješačko-biciklističkim stazama, saniranje mikropukotina

na pilonima i spojeva zatega s grednim nosačem, obnovu prijelaznih naprava te uređenje središnjeg razdjelnog pojasa. [33]

6. ZAKLJUČAK

Iako je poticaj za obnovu i sanaciju mostova grada Zagreba nažalost bio nesretan događaj urušavanja nadvožnjaka u Italiji, nadležni u Republici Hrvatskoj ipak su pokazali interes za sanaciju postojećih građevina i osiguravanje sigurnosti građana u svakodnevnoj eksploataciji građevina.

Kroz povijesni pregled izgradnje i obnove mostova vidimo da su u prošlosti konstrukcije bile kvalitetnije izvedene te su bile redovitije održavane. Zamjena rasponskog sklopa starog Savskog mosta dogodila se zbog povećanja prometnog opterećenja, a postojeća konstrukcija je prenamijenjena. Velik broj mostova izgrađen je početkom 1980-tih godina, a prema stanju u kakvom se nalaze danas, može se zaključiti da nisu redovito održavani niti su oštećenja sanirana kako bi se spriječilo daljnje propadanje konstrukcije. Noviji mostovi većinom su armiranobetonski i gotovo svi imaju problema sa sustavom odvodnje, neki zbog lošeg projektiranja, neki zbog loše izvedbe, a i zbog neodržavanja. Čelični mostovi, s druge strane, uvelike su u boljem stanju i zamijećena su manja oštećenja uzrokovana korozijom koja je neizbježna. Čini se da je fokus sanacija stavljen na popravke opreme mosta te kolničkih zastora i atraktivnu rasvjetu dok je obnova nosivih elemenata često zanemarena. Obnova novijeg datuma kao što je obnova Mosta slobode bila je isključivo kozmetičke prirode no postavljanjem zaštitne odbojne ograde povećana je sigurnost velikog broja biciklista i pješaka koji prelaze most svakoga dana. Obnova južnog vijadukta Mosta mladosti bila je više konstruktivnog karaktera i velik dio opreme mosta je zamijenjen.

Mostovi grada Zagreba imaju nezamjenjivu ulogu u prepoznatljivoj vizuri grada te su od velike prometne važnosti za svakodnevno funkcioniranje stanovnika grada, ali i onih u tranzitu. Prema GUP-u Grada Zagreba predviđena je gradnja još deset mostova.

U budućnosti se nadamo da će Grad Zagreb, ali i drugi gradovi, posvetiti više pažnje redovitom održavanju mostova, a ne samo milijunskim obnovama konstrukcija koje su na rubu ili već ne zadovoljavaju granično stanje uporabljivosti. Kao što je spomenuto ranije neke od njih mogu ozbiljno ugrožavati sigurnost korisnika. Najevidentniji slučaj bio je

željeznički most Sava – Jakuševac kod kojeg je došlo do podlokavana i naginjanja stupa u koritu Save.

7. LITERATURA

- [1] Betonske konstrukcije 4: sanacije; Hrvatska sveučilišna naklada, Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu, Secon HDGK, Andris; Zagreb; 2010.
- [2] Eurokod 2 : Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-1 dio: Opća pravila i pravila za zgrade (HRN ENV 1992-1-1:2004)
- [3] Metalne konstrukcije 1, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, IGH, Zagreb 1994.
- [4] Yari N.: New Model for Bridge Management System (BMS); Bridge Repair Priority Ranking System (BRPRS), Case Based Reasoning for Bridge Deterioration, Cost Optimization and Preservation Strategy, University of New Hampshire, 2018
- [5] Puž, G., Radić, J., Tenžera, D.: Vizualni pregled kao pomagalo za ocjenu stanja mostova, *GRAĐEVINAR*, 64 (2012) 9, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.718.2012>
- [6] Radić, J., Tenžera, D., Puž, G.: Predviđanje stanja mostova radi optimalizacije održavanja, *GRAĐEVINAR*, 65 (2013) 12, pp. 1079-1088, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.914.2013>
- [7] Investigation of the Weather Conditions During the Collapse of the Morandi Bridge in Genoa on 14 August 2018 Using Field Observations and WRF Model, <https://www.mdpi.com/2073-4433/11/7/724/htm>, <https://doi.org/10.3390/atmos11070724>, 4.9.2021.
- [8] Prevencija i održavanje najbolji su način za garanciju sigurnosti, <https://mgipu.gov.hr/vijesti/prevencija-i-odrzavanje-najbolji-su-nacin-za-garanciju-sigurnosti/9229>, 11.7.2021.
- [9] Paul E. Mondorf: Concrete Bridges, Polyteknisk Boghandel og Forlag, Lyngby (Danska), 2006
- [10] HRN ENV 1504-9;2001 Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija- Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 9. dio: Opća pravila za uporabu proizvoda i sustava (ENV 1504-9:1997)
- [11] Crnobrnja, N.: Zagrebački savski mostovi, *GRAĐEVINAR*, 57 (2005) 12
- [12] Nadilo B., Leko V.: Sedamdeseta obljetnica mostova na Savi u Zagrebu, *GRAĐEVINAR* 61 (2009) 12

- [13] Obilazak novouređenog Savskog mosta i radova na javnoj rasvjeti sjeverne strane savskog nasipa, <https://www.zagreb.hr/obilazak-novouredjenog-savskog-mosta-i-radova-na-j/106621?fbclid=IwAR1T6KiqZLcl7YTWkyn0QEyJaOfzXdrelfmKF2D8y-iFh9ZRIKSqYtu40>, 5.9.2021
- [14] Sanacija Savskog mosta, <https://www.zagreb.hr/en/sanacija-savskog-mosta/167110>, 5.9.2021.
- [15] Željeznički most, <https://www.zagreb.hr/zeljeznicki-most/163885>, 4.9.2021.
- [16] Nadilo B., Obnova zelenog mosta: Građevina s posebnom aurom, *GRAĐEVINAR*, 66 (2014) 8, pp. 739-747,
- [17] Kraj prometnih čepova, Zagrebački komunalni vjesnik, 2011, <https://web.archive.org/web/20110529140824/http://193.198.60.202/komunalni/arhiva/340/str10.pdf>, 5.9.2021.
- [18] Jankomirski most 12.07. – 28.08.2021., <https://www.zagreb.hr/en/jankomirski-most-12-07-28-08-2021/172384>, 5.9.2021.
- [19] Ciper, F.; Grad Zagreb u doba Večeslava Holjevca, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – odsjek za povijest, 2021.
- [20] Završeni radovi na Mostu slobode, <https://www.zagreb.hr/završeni-radovi-na-mostu-slobode/153167>, 4.9.2021.
- [21] Završena sanacija Mosta slobode, <https://zg-magazin.com.hr/završena-sanacija-mosta-slobode/>, 4.9.2021.
- [22] Sanacija zagrebačkih mostova – stvar preventive, ne panike, <https://vijesti.hrt.hr/hrvatska/sanacija-zagrebackih-mostova-stvar-preventive-ne-panike-694360>, 9.9.2021.
- [23] D. Nadilo: Obnova oštećenoga željezničkog mosta Jakuševac u Zagrebu, *Građevinar* 63-2011-07-08
- [24] Kušter Marić, M., Ivanković, A. M. ., Vlašić, A., Bleiziffer, J., Srbić, M., Skokandić, D.: Ocjenjivanje korozije armature i oštećenja betona na mostovima primjenom nerazornih ispitivanja, *GRAĐEVINAR*, 71 (2019) 10, pp. 843-862, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.2724.2019>

- [25] Vikendima se ukida tramvajski promet u Novom Zagrebu, <https://m.vecernji.hr/zagreb/vikendima-se-ukida-tramvajski-promet-u-novom-zagrebu-1460987>, 9.9.2021.
- [26] Most mladosti se otvara za promet. Završena prva faza, <https://www.zagreb.hr/most-mladosti-se-otvara-za-promet-završena-prva-fa/171318>, 13.7.2021.
- [27] Radovi na sanaciji mosta, <https://zagreb.hr/radovi-na-sanaciji-mosta-mladosti/160419>, 13.7.2021.
- [28] Zidar N.: Jadranski most – most iznad Save, Ocjena stanja konstrukcije i prijedlog sanacije, 2009
- [29] Glavni šestogodišnji pregled Jadranskog mosta, Geoexpert IGM d.o.o., Zagreb, 2017
- [30] Fotogalerija: Ovo baš i nije dobro: Pogledajte kako izgleda Jadranski most u Zagrebu, <https://www.rtl.hr/vijesti-hr/foto/2691043/foto-ovo-bas-nije-dobro-pogledajte-kako-izgleda-jadranski-most-u-zagrebu/?slika=2793355> - RTL VIJESTI, 9.9.2021.
- [31] Raković V.: Gradnja Domovinskog mosta u Zagrebu, GRAĐEVINAR 55 (2003) 9
- [32] Sanacija Domovinskog mosta u Zagrebu, <https://webgradnja.hr/clanci/sanacija-domovinskog-mosta-u-zagrebu/827>, 8.9.2021.
- [33] Započeli radovi izvanrednog održavanja na Domovinskom mostu, <https://www.zagreb.hr/zapoceli-radovi-izvanrednog-odrzavanja-na-domovins/171947>, 8.9.2021.