

# Popravci betonskih mostova

---

Trubelja, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:632897>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**

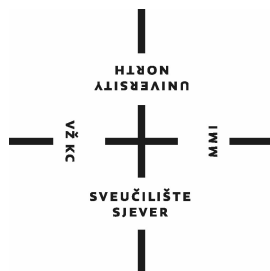


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER  
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD BR. 85/GRD/2023

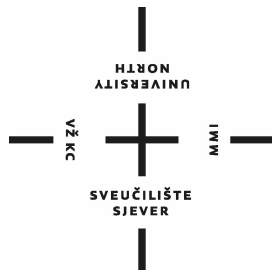
**POPRAVCI BETONSKIH MOSTOVA**

Marko Trubelja

Varaždin, listopad 2023.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD BR. 85/GRD/2023

**POPRAVCI BETONSKIH MOSTOVA**

Student:  
Marko Trubelja, 2862/336

Mentor:  
doc. dr. sc. Goran Puž

Varaždin, listopad 2023.



# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL **Odjel za građiteljstvo**

STUDIJ **diplomski sveučilišni studij Građiteljstvo**

PRISTUPNIK **Marko Trubelja**

MATIČNI BROJ **2862/336**

DATUM **11. kolovoz 2023.**

KOLEGIJ **Mostovi**

NASLOV RADA **Popravci betonskih mostova**

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU **Concrete Bridges Repairs**

MENTOR **dr. sc. Goran Puž**

ZVANJE **docent**

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. **izv. prof. dr. sc. Milan Rezo**
2. **doc. dr. sc. Goran Puž**
3. **prof.dr.sc. Božo Soldo**
4. **izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin**
5. \_\_\_\_\_

## Zadatak diplomskog rada

BROJ **85/GRD/2023**

OPIS

Manje betonske građevine čine većinu mostova na našim cestama, te se redovito pregledavaju, popravljaju i obnavljaju. U teorijskom dijelu rada potrebno je ukratko prikazati praksu gospodarenja ovakvim mostovima: redovite preglede, ispitivanja, projektiranje popravaka i same radove. U praktičnom dijelu rada potrebno je načiniti projekt obnove konkretnog betonskog mosta preko rijeke Bednje u naselju Ključ, temeljem vlastitog pregleda građevine.

Rad treba sadržavati:

- tehnički opis mosta s obrazloženjem odabranog rješenja
- dispozicijske nacрте mosta u preglednom mjerilu
- osnovni statički proračun rasponskog sklopa
- opis radova
- troškovnik radova
- literaturu.

ZADATAK URUČEN **30. kolovoza 2023.**

POTPIS MENTORA

*Goran Puž*



## **Predgovor**

Želim izraziti svoju zahvalnost svima koji su doprinijeli mojem uspjehu u izradi ovog diplomskog rada. Prvo, želim se zahvaliti svom mentoru, prof. dr. sc. Goranu Pužu, na neizmjerljivoj pomoći, strpljenju i susretljivosti prilikom izrade ovog diplomskog rada. Veliku zahvalu dugujem zaručnici, obitelji i svim kolegama i prijateljima na velikoj podršci, strpljenju i razumijevanju tijekom mog obrazovanja. Naposljetku, želim se zahvaliti i svim profesorima Odjela za graditeljstvo na Sveučilištu Sjever za prenesenom znanju.

## Sažetak

Ovim diplomskim radom prikazana je metodologija održavanja betonskih mostova koja obuhvaća više koraka, počevši od monitoringa mostova, istražnih radova te ocjene postojećeg stanja do izrade tehničkog rješenja mjera sanacija mosta. Diplomski rad koncipiran kao struktura od dva dijela, odnosno, cjeline.

Prvi dio rada se fokusira na proučavanje teorijske pozadine vezane uz gospodarenje mostovima, sanacije i rekonstrukcije mostova. Naglasak je stavljen na proces određivanja najoptimalnijeg rješenja sanacije mosta, počevši od vizualnog pregleda, preko istražnih radova, ispitivanja materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena te konačno ocjene postojećeg stanja konstrukcije mosta i samog projekta. Također, dan je i pregled najčešćih mjera sanacija betonskih mostova.

Drugi dio rada sadrži rješenje za sanaciju i proširenje pločastog betonskog mosta preko rijeke Bednje u naselju Ključ. Ovaj dio rad obuhvaća tehnički opis, proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti, odnosno, dokazivanja nosivosti konstrukcije, te dispozicije mosta i nacrtu tehničkog rješenja sanacije. U tehničkom opisu opisano je rješenje sanacije mosta, od pripremnih radova, armirano - betonskih, rješenje odvodnje s mosta, sve do završih radova. U računskoj analizi izvršena je analiza mjerodavnih opterećenja na konstrukciju i proračun nosivosti konstrukcije.

Ključne riječi: sanacija mosta, betonski most, vizualni pregled, istražni radovi, proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti...

## Summary

This master's thesis presents a methodology for maintaining concrete bridges, which involves several steps, starting from bridge monitoring, investigative work, and assessing the existing condition to developing technical solutions for bridge rehabilitation. The thesis is structured into two parts.

The first part of the thesis focuses on studying the theoretical background related to bridge management, rehabilitation, and reconstruction. Emphasis is placed on the process of determining the most optimal bridge rehabilitation solution, starting from visual inspections, through investigative work, material testing, and finally, evaluating the existing condition of the bridge structure and the project itself. Additionally, a review of the most common rehabilitation measures for concrete bridges is provided.

The second part of the thesis contains a solution for the rehabilitation and widening of a concrete bridge over the river Bednja in the village Ključ. This section includes a technical description, mechanical resistance and stability calculations, proof of the structure's load-bearing capacity, bridge layout, and the technical solution for rehabilitation drawings. The technical description covers the bridge rehabilitation solution, from preparatory work and reinforced concrete to drainage solutions on the bridge, all the way to finishing work. The structural analysis involves an examination of the relevant loads on the structure and a load-bearing capacity calculation.

Keywords: bridge rehabilitation, concrete bridge, visual inspection, investigative work, mechanical resistance and stability analysis...

## Popis korištenih kratica

**RH** – Republika Hrvatska

**HRMOS** – Hrvatski sustav za upravljanje mostovima

**pH** – mjera kiselosti vodenih otopina

**m** – metar

**cm** – centimetar

**mm** – milimetar

**A3** – oznaka autoceste

**D 679** – oznaka državne ceste

**Ž 2136** – oznaka županijske ceste

**ŽUC** – Županijska uprava za ceste

**DOF** – digitalna ortofotokarta

**AB** – armirani beton

**C 30/37** – razred tlačne čvrstoće betona

**RA B 500 B** – oznaka rebraste armature

$f_{cd}$  – čvrstoća betona

$f_{yd}$  – čvrstoća čelika

**d** – statička visina presjeka

**AC 11 Bin** – oznaka zaštitnog sloja asfaltbetona

**AB 16 surf** – oznaka habajućeg sloja asfaltbetona

**LM 1** – model opterećenja 1 iz Eurokoda

**GSU** – granično stanje uporabljivosti

**GSN** – granično stanje nosivosti

**w** – širina kolnika

**n** – broj prometnih traka

**w<sub>1</sub>** – širina prometnog traka

**q<sub>1k</sub>** – kontinuirano opterećenje

**Q<sub>1k</sub>** – koncentrirano opterećenje

# Sadržaj

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | Uvod.....   | 1  |
| 2.     | Tehnički podaci o mostu.....  | 5  |
| 3.     | Vrste i uzroci oštećenja mostova .....  | 9  |
| 3.1.   | Općenito.....   | 9  |
| 3.2.   | Pregled oštećenja na mostovima u Republici Hrvatskoj.....   | 11 |
| 3.2.1. | Most dr. Franje Tuđmana.....  | 11 |
| 3.2.2. | Nadvožnjak na autocesti A3, Bregana – Lipovac .....   | 14 |
| 4.     | Pregled i utvrđivanje stanja mostova .....  | 16 |
| 4.1.   | Općenito.....   | 16 |
| 4.2.   | Vrste pregleda.....   | 17 |
| 4.3.   | Rutinski pregled betonskih mostova .....  | 19 |
| 4.3.1. | Svrha i sadržaj pregleda .....  | 19 |
| 4.3.2. | Priprema.....   | 20 |
| 4.3.3. | Postupak pregleda .....   | 21 |
| 4.3.4. | Ocjena oštećenja .....  | 21 |
| 4.3.5. | Ocjena stanja.....  | 22 |
| 4.3.6. | Vrijeme sljedećeg pregleda.....   | 23 |
| 4.4.   | Istražni radovi .....   | 24 |
| 4.4.1. | Uvod.....   | 24 |
| 4.4.2. | Ciljevi istražnih radova .....  | 24 |
| 4.4.3. | Jednostavna ispitivanja na terenu.....  | 26 |
| 4.5.   | Vizualni pregled.....   | 27 |
| 4.6.   | Dijagnostika stanja betonskih mostova.....  | 29 |
| 4.7.   | Sustav ocjenjivanja .....   | 32 |
| 4.8.   | Pregled ocjene stanja na postojećim mostovima na cestama pod ingerencijom Županijske<br>uprave za ceste Varaždinske županije..... | 33 |
| 5.     | Odabir odgovarajućeg rješenja popravka (sanacije) .....   | 35 |
| 5.1.   | Općenito.....   | 35 |
| 5.2.   | Lokalni popravci betona – „patching“ .....  | 37 |
| 5.2.1. | Uvod.....   | 37 |
| 6.     | Sanacija pločastog mosta preko rijeke Bednje u naselju Ključ.....   | 45 |
| 6.1.   | Općenito.....   | 45 |
| 6.2.   | Uočena oštećenja mosta.....   | 46 |
| 6.3.   | Prijedlog sanacije.....   | 49 |
| 6.4.   | Proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti rasponskog sklopa.....   | 53 |
| 7.     | Zaključak .....   | 72 |
| 8.     | Literatura.....   | 74 |
|        | Popis slika.....  | 76 |
|        | Popis tablica.....  | 77 |
|        | Prilozi.....  | 78 |



# 1. Uvod

Održavanje mostova obuhvaća sve aktivnosti koje se provode tijekom njihovog uporabnog vijeka kako bi se osigurala željena trajnost građevine i kontinuirano održavala potrebna razina sigurnosti i funkcionalnosti, drugim riječima, kako bi se zadovoljio uvjet uporabljivosti konstrukcije.

Pravilnim planiranjem, projektiranjem, izgradnjom i zaštitom mostova osigurava se početna razina sigurnosti i funkcionalnosti. Međutim, važno je biti svjestan da različiti nepovoljni faktori, poput ugrađenih nedostataka, opterećenja, okoliša i drugih čimbenika, mogu smanjiti te razine. Stoga je važno unaprijed uzeti u obzir ili smanjiti te negativne utjecaje [1].

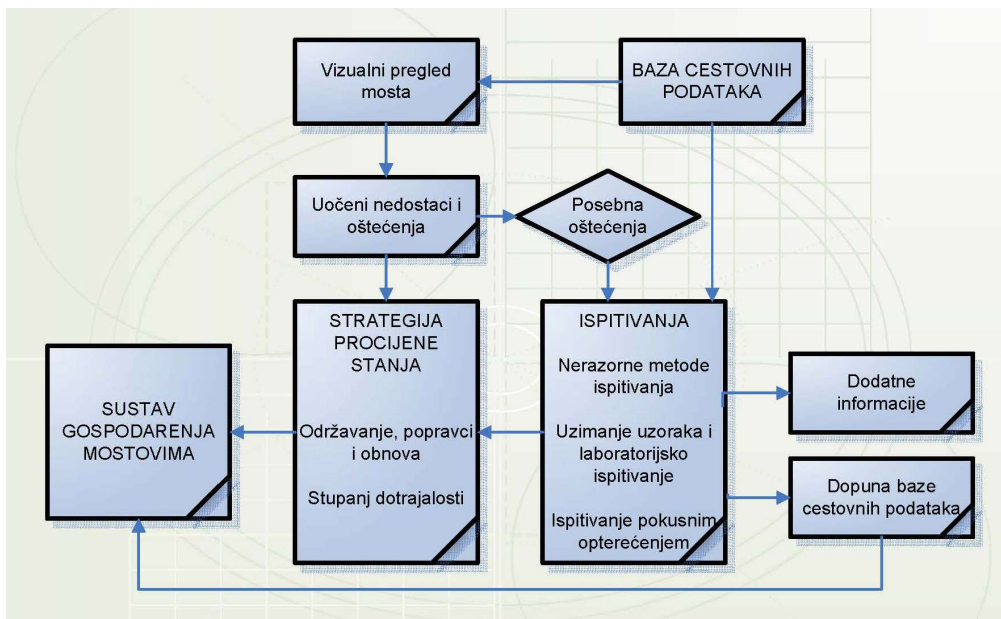
U stvarnosti, uvijek se susrećemo s utjecajem korisnih opterećenja i okoliša na trošenje i oštećenje dijelova mostova, ponekad više, ponekad manje. Također, materijali koji se koriste s vremenom stare i gube svoja svojstva, što također utječe na smanjenje razine sigurnosti i funkcionalnosti.

Podjela radova održavanja:

- kontinuirano: ovo uključuje redovne aktivnosti poput čišćenja površina mosta i opreme mosta, kao što su odvodni sustavi, ležajevi, dilatacijski spojevi i drugi dijelovi kako bi se osiguralo njihovo pravilno funkcioniranje.
- periodičko: ovo obuhvaća aktivnosti poput antikorozivne zaštite i drugih oblika zaštite, obnove kolničkih slojeva i sličnih postupaka koji se provode u određenim vremenskim intervalima kako bi se održala trajnost i funkcionalnost mostova.
- prema potrebi: uključuje intervencije poput popravaka mehaničkih oštećenja, zamjene dotrajalih dijelova i drugih hitnih radova. Također, obuhvaća i pripreme radnje koje su potrebne kako bi se navedeni neposredni radovi pravodobno i ispravno izvršili.

Sve ove radnje su ključne za održavanje mostova i osiguravanje da oni i dalje budu sigurni i funkcionalni tijekom njihovog proračunskog (uporabnog) vijeka trajanja. Trajnost mostova je izravno povezana s njihovim održavanjem. Kroz ispravno, kontinuirano i pravovremeno provođenje ovih aktivnosti, bitno se utječe na produženje njihove trajnosti.





Slika 1: Shematski prikaz sastavnica sustava gospodarenja mostovima  
(R. Španović, D. Šakić, I. Mlinarević, G. Puž: *Gospodarenje mostovima na autocestama*)

Održavanje mostova obuhvaća širi spektar aktivnosti od samih popravaka. Podrazumijeva skup aktivnosti usmjerenih na zadržavanje ili ponovno uspostavljanje potrebnih svojstava konstrukcije ili njezinih komponenti, kao što je vidljivo na slici 1. Stoga se pod održavanjem mostova uključuju neke od sljedeće aktivnosti:

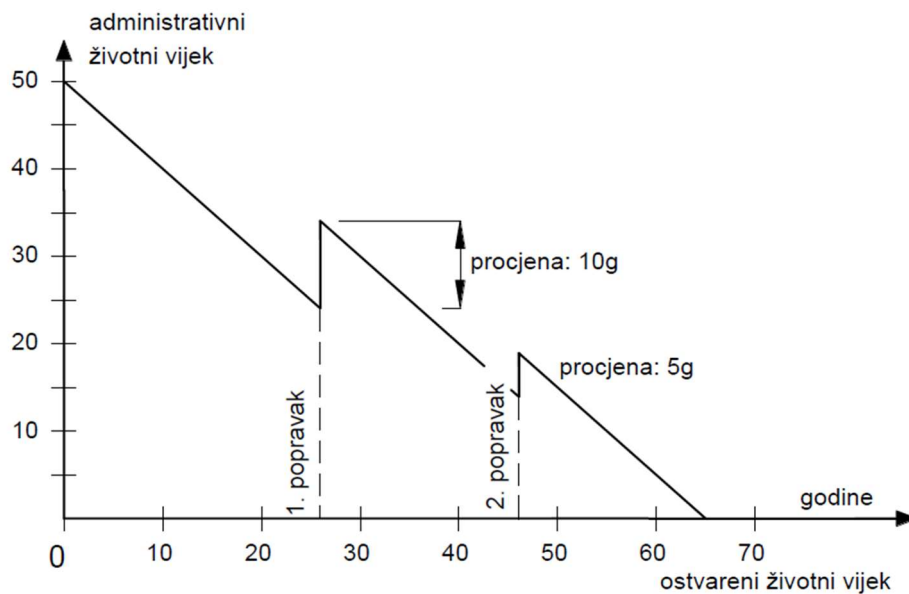
- prikupljanje, obradu i pohranjivanje podataka o mostovima,
- izradu i praktičnu provedbu programa korištenja i održavanja mostova,
- obavljanje pregleda po posebnom programu,
- neposredne radove redovitog održavanja,
- periodične radove obnove i izmjene uređaja i dijelova,
- veće radove popravaka, sanacije i rekonstrukcije.

Od početka izgradnje mostova od čelika (od početka 19. stoljeća) bilo je jasno da se takve strukture moraju redovito pregledavati i održavati, odnosno štititi od korozije bojenjem. Za betonske mostove preuzeta je filozofija održavanja kamenih mostova, kod kojih oplošje praktički ne treba održavati već se radi samo na kolničkoj konstrukciji i odvodnji mosta. To se ubrzo pokazalo pogrešnim jer su mnogi betonski mostovi dotrajali ranije no što su njihovi projektanti pretpostavili.

Razlog tome je razvoj spoznaja o armiranobetonskim konstrukcijama i njihovoj trajnosti koji je doveo do promjene u razumijevanju potrebe za održavanjem takvih konstrukcija. Ranije je postojalo opće prihvaćeno mišljenje da armiranobetonske konstrukcije ne zahtijevaju posebno održavanje, temeljeno na iskustvima s konstrukcijama od prirodnog kamena, opeke i nearmiranog betona. Međutim, s povećanjem upotrebe armiranobetonskih mostova, uočeno je da ovi materijali zahtijevaju kontinuirano održavanje kako bi se očuvala ili produljila njihova trajnost.

Armiranobetonski mostovi su konstruirani s ciljem da traju više desetljeća, često i stotinjak godina. Međutim, samo najstariji mostovi od armiranog betona dosežu takvu starost, s obzirom na to da je primjena ovog materijala u mostogradnji relativno nova, seže od početaka druge polovine 19. stoljeća.

Razvoj spoznaja o materijalu, metodama proračuna i inovacijama poput prednapregnutog betona doveo je do gradnje sve vitkijih i više opterećenijih armiranobetonskih struktura. To je rezultiralo povećanim rizikom od ubrzanog propadanja, što zahtijeva temeljitije i kvalitetnije metode održavanje.



*Slika 2: Shematski prikaz utjecaja radova održavanja na produljenje administrativnog vijeka uporabe mosta (G. Puž: Gospodarenje mostovima - prezentacija)*

Starenjem postojećih konstrukcija sve više se uočavaju problemi, a složenost suvremenih konstrukcija, s tanjim elementima i nepovoljnijim opterećenjima, zahtijeva veću pozornost naspram njihovog održavanja. Pravilnim monitoringom i pravovremenim intervencijama u vidu sanacije mosta može se produžiti administrativni životni vijek [6], kao što je prikazano na slici 2. Radi se o teoretskom modelu kojim upravitelj mreže cesta radi dugoročne planove ulaganja u popravke mostova, pa se ne uzimaju u obzir specifičnosti svake građevine. Model je grub i prikladan za situaciju u kojoj nemamo preciznijih podataka o stanju svakog pojedinog mosta u mreži. Stoga je potrebno pristupiti održavanju svih mostova s jednakom pažnjom i odgovornošću, neovisno o njihovom građevinskom materijalu. Potrebno je razumjeti specifičnosti svake vrste materijala i primijeniti odgovarajuće postupke održavanja. Veći mostovi i oni od većeg prometnog značaja zahtijevaju posebnu pažnju i planiranje kako bi se osigurala njihova dugoročna trajnost.

## 2. Tehnički podaci o mostu

Pri izvođenju većih radova na održavanju mostova, posebice rekonstrukcije, sanacije, provjere nosivosti i prilagodbe novonastalim opterećenjima, nedostatak projektnih dokumenata ili minimalnih podataka o mostu može predstavljati ozbiljan problem. To može rezultirati neefikasnim i nepravilnim rješavanjem zadataka te uzrokovati dodatne, nepredviđene troškove.

Osim projektnih podataka o samom objektu, često su potrebni i drugi podaci vezani za most kako bi se pravilno održavao i koristio. U tom smislu, sve veći naglasak se stavlja na potrebu formiranja cjelovitog informacijskog sustava koji bi sadržavao ključne podatke o svim objektima na određenom području. Taj sustav trebao bi biti jednostavan za korištenje u svrhu održavanja i upotrebe mostova. Takav sustav, koji se naziva različitim nazivima poput „skupa podataka mostova“, sve se intenzivnije razvija i implementira u mnogim zemljama. Koriste se različita sredstva, od jednostavnih do vrlo naprednih računalnih alata. Bez obzira na način vođenja ili pohranjivanja, ovakav skup podataka obično bi trebao sadržavati dvije osnovne grupe informacija:

- Tehnički podaci o mostu,
- Podaci o održavanju i događajima.

Sustav koji integrira ove podatke omogućuje bolje upravljanje i održavanje mostova, identifikaciju prioriteta radova, praćenje stanja objekata tijekom vremena te optimizaciju resursa i troškova. Također olakšava pravodobno reagiranje na hitne situacije i planiranje dugoročnog održavanja mostova.

No, bez obzira na način vođenja ili pohranjivanja takav bi skup podataka, načelno, trebao sadržavati dvije osnovne grupe podataka i to [1]:

1. Osnovne podatke o mostu koji obuhvaćaju glavne podatke o projektu i izvedbi promatranog mosta, a osobito:

*a) podaci iz glavnog projekta:*

- podatke o prometnici u sklopu koje je most i zapreci iznad koje se nalazi (prometnica, vodotok, uvala i sl. s potrebnim slobodnim profilima drugim dimenzijama) te druge značajne karakteristike okoliša objekta;
- osnovne dispozicijske veličine i glavne pregledne nacрте;
- podatke o vrsti, tipu i statikom sustavu konstrukcije, proračunskim opterećenjima, kritičnim vrijednostima;

b) *podaci iz izvedbenog projekta:*

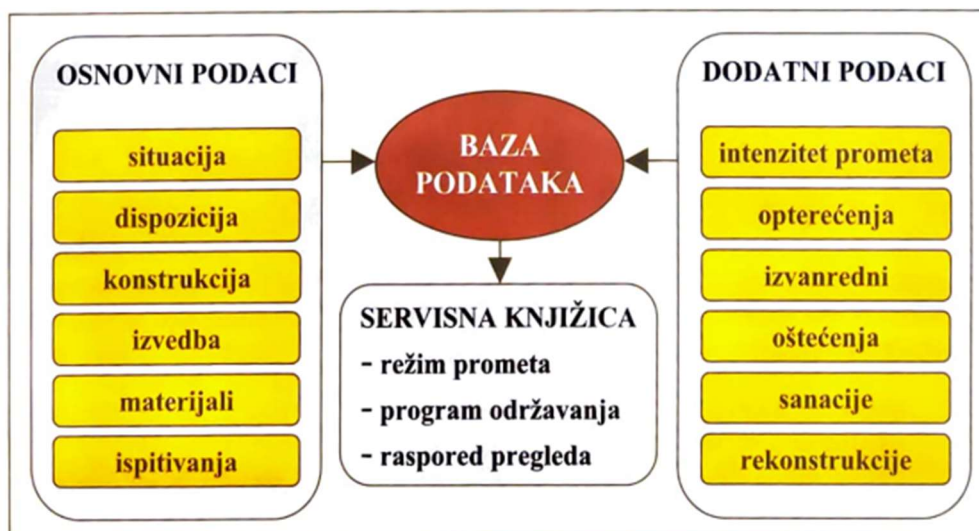
- podatke o izgradnji, korištenim skelama i oplutama, prekidima, radnim reškama, vremenu i trajanju izgradnje;
- popis ugrađenih materijala prema dijelovima mosta, njihove karakteristike, postignutu kvalitetu itd.,
- podatke o provedenim ispitivanjima materijala i konstrukcije tijekom izgradnje, kao i kasnije.

Glavni projekt građevine se obavezno čuva i uglavnom je dostupan, no u praksi je često teže naći izvedbene projekte, koji su opsežniji i češće se zagube. Digitalizacija značajno poboljšava situaciju, no za sada još nije implementirana u punoj mjeri.

2. Dodatne podatke o mostu koji obuhvaćaju najznačajnije činitelje vezane uz postojanje i eksploataciju mostova, a naročito:

- podatke o intenzitetu prometa na mostu, dnevna i godišnja variranja, broj i vrstu osobito teških vozila u tim razdobljima;
- podatke o odnosima stvarnih i proračunskih opterećenja na mostu;
- podatke o izvanrednim događajima koji su se kao posljedice elementarnih nepogoda, prijelaza specijalnih tereta, prometnih nesreća ili nekih drugih pojava, zbili na mostu, uz ocjenu njihova utjecaja na sigurnost i upotrebljivost objekta, odnosno uslijed toga nastala oštećenja;
- precizne podatke o oštećenjima, njihovim uzrocima, progresiji i stupnju očitavanja na mostu;
- podatke o sanacijama, rekonstrukcijama, te bilo kakvim naknadnim radovima koji su zbog funkcionalnih, konstrukcijskih ili nekih drugih razloga obavljani na mostu.

Servisna knjižica predstavlja ključni dokument za korištenje i održavanje mosta. Ona bi trebala sadržavati sve osnovne i dodatne podatke o pojedinom mostu, što se vidi iz slike 3, kao i specifične informacije o eksploatacijskim zahtjevima i mogućnostima, uključujući režim izvanrednih prelazaka, upute za specijalna vozila, metode i programe zaštite od leda, snijega, vjetra i drugih faktora.



Slika 3: Sadržaj baze podataka sustava gospodarenja mostovima i „servisne knjižice“ građevine (J. Radić: Trajnost konstrukcija 1)

Servisna knjižica također treba sadržavati podatke o periodičnom nadzoru i pregledima mosta, uključujući raspored i razinu tih pregleda, njihovu učestalost, kvalifikacije osoba koje obavljaju pregled, dijelove mosta koji se pregledavaju, potrebna mjerenja, kontrole i slično. Poželjno je da servisna knjižica ima rubrike ili odgovarajuću strukturu u koju se unose podaci dobiveni tijekom pregleda, tako da stručnjaci koji obavljaju pregled mogu izravno odgovarati na pitanja ili popunjavati relevantne informacije. Na taj način, mogu se odmah uspoređivati trenutni podaci o stanju mosta s podacima iz prethodnih pregleda te uočiti razvoj eventualnih problema.

Jedan od sustava za praćenje stanja i prikupljanja podataka o mostovima je HRMOS (Hrvatski sustav za upravljanje mostovima), sustav koji je u primjeni u Hrvatskim cestama [18], državnom poduzeću koje upravlja mrežom državnih cesta. Na sljedećoj slici, slika 4., prikazan je obrazac koji se koristi pri pregledu i ocjenjivanju mostova, a koji dijeli svaki most u trinaest elemenata koji se promatraju zasebno.

### HRMOS - Opći pregled

Ime mosta: \_\_\_\_\_ Reg.br: \_\_\_\_\_  
 Županija: \_\_\_\_\_ Br. karte: \_\_\_\_\_ Br.obj.: \_\_\_\_\_  
 I.B.mosta: \_\_\_\_\_ God. sljedećeg pregleda: \_\_\_\_\_  
 Br. dion. za pregled: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Inicijali: \_\_\_\_\_  
 Vrijeme: \_\_\_\_\_ Temperatura: \_\_\_\_\_ Odgovoran za održavanje: \_\_\_\_\_

| Broj el. | Naziv elementa    | Ocjena stanja | Ocjena održav. | Spec. pregl. | Br. slika | Tip popr. | Količina | Godina popr. | Opis popravka | Uzrok ošt. |
|----------|-------------------|---------------|----------------|--------------|-----------|-----------|----------|--------------|---------------|------------|
| 1        | Površina          |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 2        | Prelazna naprava  |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 3        | Hodnik, sr. pojas |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 4        | Ograda, EOO       |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 5        | Kosine            |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 6        | Krila upornj.     |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 7        | Upornj.           |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 8        | Stupovi           |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 9        | Ležajevi          |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 10       | Ploča             |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 11       | Nosači / grede    |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 12       | Korito rijeke     |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 13       | Drugi element     |               |                |              |           |           |          |              |               |            |
| 14       | Most općenito     |               |                |              |           |           |          |              |               |            |

Opaska: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Slika 4: HRMOS - obrazac za opći pregled*

<https://www.scribd.com/document/460759082/HRMOS-obrazac-za-upis-ocjene>

Kada se servisna knjižica koncipira na takav način i redovito ažurira s podacima dobivenim tijekom svakog pregleda, ona postaje vrlo koristan dokument koji sadrži sve bitne informacije o mostu. Omogućuje stalnu ocjenu razine sigurnosti i upotrebljivosti mosta te identificiranje potreba za popravcima ili intervencijama u skladu s tim podacima. Servisna knjižica igra važnu ulogu u osiguravanju sigurnosti i funkcionalnosti mosta te olakšava pravilno održavanje i upravljanje mostom.

### 3. Vrste i uzroci oštećenja mostova

#### 3.1. Općenito

Prije početka elaboriranja procesa sanacije mostova, važno je istaknuti vrste i uzroke najčešćih oštećenja mostova. Ponajprije, oštećenja mostova najpraktičnije se dijele u dvije razine [1]. Prva razina oštećenja odnosi se na potrošne dijelove koji se prirodno troše tijekom vremena i upotrebe. Ova oštećenja ne bi trebala značajno utjecati na ukupnu trajnost mosta ako se na vrijeme prepoznaju i poprave ili zamijene. Važno je provoditi redovito održavanje i nadzor kako bi se takva oštećenja predvidjela i interveniralo na vrijeme. Druga razina oštećenja odnosi se na bitne konstruktivne elemente ili sustave koji direktno utječu na trajnost mosta. To su oštećenja koja mogu imati ozbiljnije posljedice i zahtijevaju promptnu reakciju. Nedovoljna briga ili neispravno održavanje potrošnih dijelova može dovesti do takvih konstruktivnih oštećenja.

Druga važna etapa vrijedna stručne pozornosti jesu uzroci oštećenja. Navedeno se može svrstati u nekoliko kategorija. Prva kategorija jesu oštećenja zbog starenja i bržeg propadanja nekih materijala. Važno je izbjegavati upotrebu materijala koji brže propadaju na kritičnim mjestima u konstrukciji, primijeniti mjere zaštite te osigurati mogućnost zamjene takvih materijala. Druga kategorija može se okarakterizirati kao oštećenja zbog trošenja utjecajem prometa ili drugih vanjskih čimbenika. Posebno su izražena na dijelovima mosta koji su izloženi prometu. Takvi dijelovi moraju se redovito obnavljati ili mijenjati. Pod slijedeću grupu uvrštavaju se oštećenja zbog mehaničkih i kemijskih utjecaja prometa, okoline, leda, temperaturnih promjena i drugih čimbenika. Važno je predvidjeti takva djelovanja i koncipirati konstrukciju kako bi se smanjio njihov utjecaj. Kada se oštećenja javljaju, važno je pravovremeno ih primijetiti i sanirati. U zadnju kategoriju svrstana su oštećenja koja su rezultat pogrešaka u koncepciji, loše izvedenih detalja, pogrešaka u ugradnji i slično.

Sve ove skupine oštećenja zahtijevaju sustavno praćenje stanja mostova, pravovremeno održavanje i intervencije kako bi se osigurala njihova trajnost i sigurnost.

Neprikladna i neredovito održavana zaštita konstrukcije, oštećena ili loše izvedena izolacija te neprikladna odvodnja ili nedostatak održavanja mogu biti glavna izvorišta daljnjih oštećenja i propadanja objekata, uključujući i mostove. Pravodobno i prikladno održavanje može uvelike spriječiti progresivno povećavanje oštećenja i slabljenje konstrukcije.



Jedan od najčešćih uzroka propadanja armiranobetonskih konstrukcija je korozija armature. Armatura, bilo da je gipka ili napeta, u betonu je inicijalno zaštićena od korozije pasivizacijom - stvaranjem tankog filma pasivnog oksidnog sloja na površini šipke. Taj sloj je stabilan u alkalnoj betonskoj masi s visokim pH faktorom porne vode iznad 12.5, čime se sprječava korozija armature.

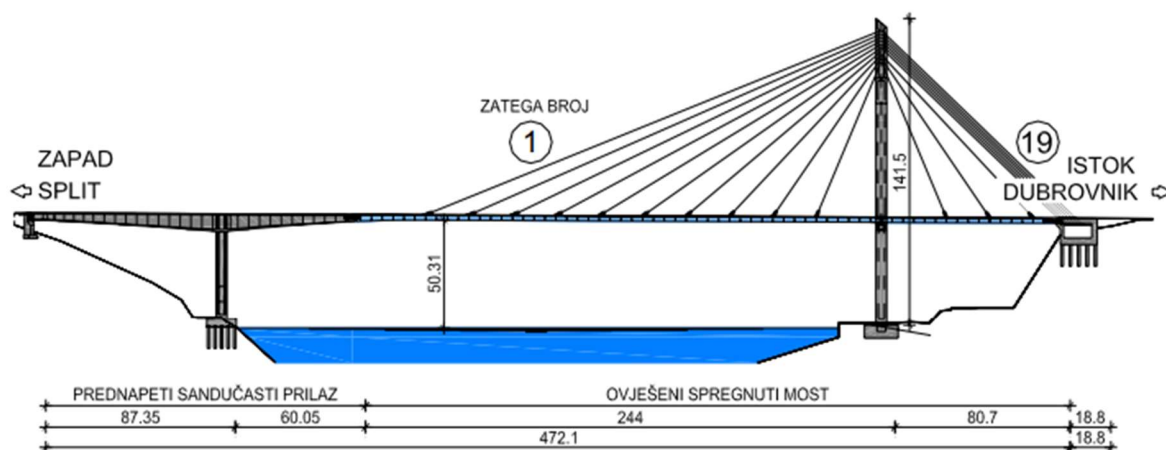
Važno je primijetiti da oštećenje betonske konstrukcije zbog korozije armature nije samo estetski problem, već i sigurnosni problem. Smanjenje nosivog presjeka i gubitak prijanjanja između armature i betona mogu dovesti do smanjenja nosivosti i stabilnosti konstrukcije, što može predstavljati opasnost za ljude i imovinu.

## 3.2. Pregled oštećenja na mostovima u Republici Hrvatskoj

Prikazana su dva primjera koji se razlikuju po opsegu i ciljevima radova koji su uslijedili nakon pregleda. Dok su kod mosta dr. Franje Tuđmana ozbiljna oštećenja riješena relativno jednostavnim zahvatom, pregled drugog mosta – nadvožnjaka rezultiralo je odlukom da se zamijeni cijela rasponska konstrukcija.

### 3.2.1. Most dr. Franje Tuđmana

Most dr. Franja Tuđmana (koristi se dubrovačka inačica deklinacije imena Franjo) preko Rijeke dubrovačke nalazi se na zapadnom ulazu u Dubrovnik, nad morskim zaljevom kojeg prelazi na visini od oko 50 m [8, 9]. Most se sastoji od prednapetog sklopa na desnoj (splitskoj) obali i zavješnog sklopa na lijevoj (dubrovačkoj) obali, kako je prikazano na slici 5. Ukupna duljina mosta, između krajeva upornjaka iznosi 518,23 m. Most ima vlastitu zgradu u neposrednoj blizini iz koje se nadzire promet na mostu, a i sama konstrukcija. Većina prostorija unutar šupljeg stupa, upornjaka i betonske grede je dostupna, s ugrađenim penjalicama i rasvjetom.



Slika 5: Uzdužni presjek mosta dr. Franje Tuđmana na ulazu u Dubrovnik  
(G. Puž, M. Šimac, D. Markovinović: Nadzor i praćenje stanja velikih mostova)

Most je testiran probnim opterećenjem pred puštanje u promet, a prvi detaljni specijalistički pregled uslijedio je 2005. godine, nakon izvanrednog događaja – snažnih oscilacija zatega koje su bile praćene vibracijama spregnutog grednog nosača (slika 6).

Ubrzo nakon otvaranja mosta za promet zabilježene su znatne vibracije najduljih kosih vješaljki s relativno velikim amplitudama tijekom lagane kiše i vjetra. [10] Nažalost, na kosim vješaljkaama nisu ugrađeni nikakvi senzori te nisu mogle biti izmjerene veličine amplituda ni frekvencije vješaljki. Vibracije kosih vješaljki bile su praćene i malim vibracijama grede, sličnim onima kad teški kamioni prelaze preko mosta.



*Slika 6: Oštećenje zaštitne cijevi*

*(G. Puž, M. Šimac, D. Markovinović: Nadzor i praćenje stanja velikih mostova)*

Promatranja vibracija, ispitivanja mosta, podaci iz literature i dodatne dinamičke analize naveli su nas na zaključak da je na mostu dr. Franja Tuđmana došlo do pojave dviju vrsta vibracija. Prva vrsta su vibracije uzrokovane istodobnim djelovanjem kiše i vjetra. Frekvencije i amplitude vibriranja kosih vješaljki na Mostu Franja Tuđmana, nažalost, nisu mogle biti izmjerene, ali tehničko osoblje na mostu procjenjuje amplitude nešto manjim od 1 m. Druga, za most puno opasnija vrsta vibracija s mnogo većim amplitudama vjerojatno se može pripisati pojavi galopiranja koje nastaje zbog gubitka aerodinamičke stabilnosti uslijed stvaranja naslaga snijega (snježnih grebena) na privjetrenoj strani kose vješaljke.



*Slika 7: Ugrađeni prigušivači  
(G. Hrelja, J. Radić, Z. Šavor: Analiza vibracija kosih vješaljki na  
Mostu Franja Tuđmana u Dubrovniku)*

Mjerenjem prigušenja oscilacija zatega potvrđena je učinkovitost naknadno postavljenih prigušivača (slika 7), no nakon nekoliko godina došlo je do oštećenja dijelova sustava za prigušenje – popucali su neki spojevi tih elemenata. Oštećenja su popravljena, no zaključeno je da treba načiniti revizijska kolica i uspostaviti sustav monitoringa zatega i glavnog rasponskog sklopa.

Kolica su napravljena i u funkciji od 2022. godine, po cijeni od oko 500.000,00 eura. Ovaj primjer ilustrira tezu o potrebi značajnijih ulaganja i redovitih pregleda mosta.

### 3.2.2. Nadvožnjak na autocesti A3, Bregana – Lipovac

Objekt se nalazi na samom izlasku iz Ivanić Grada na mjestu gdje predmetna prometnica prelazi preko autoceste, prikazano na slici 8 [14]. Objekt je starosti otprilike 25 do 30 godina.

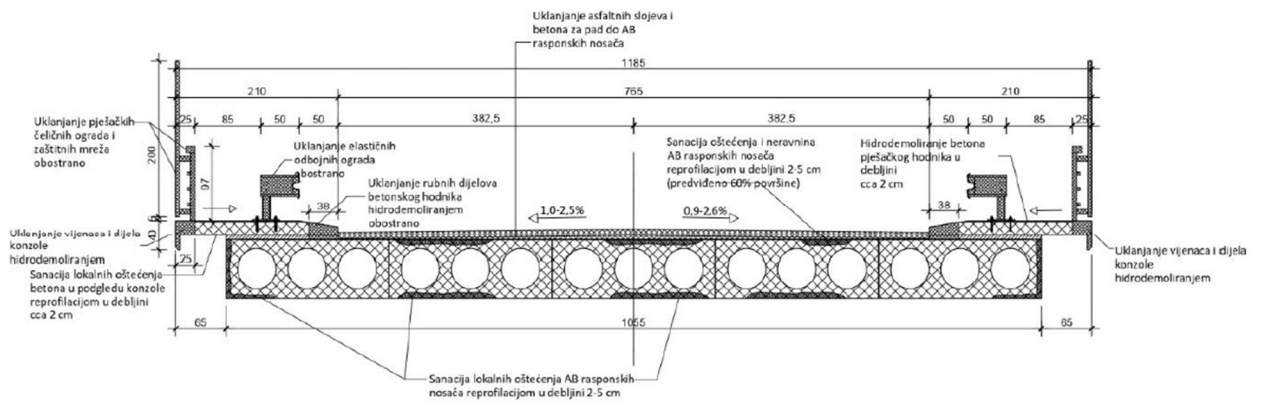
Takve građevine su pretežito montažne građevine minimalnih izmjera, izrađene od prednapregnutog betona, loše koncipirani i izvedeni detalji spojeva te je iz navedenih razloga zamjena isplativija od popravka.



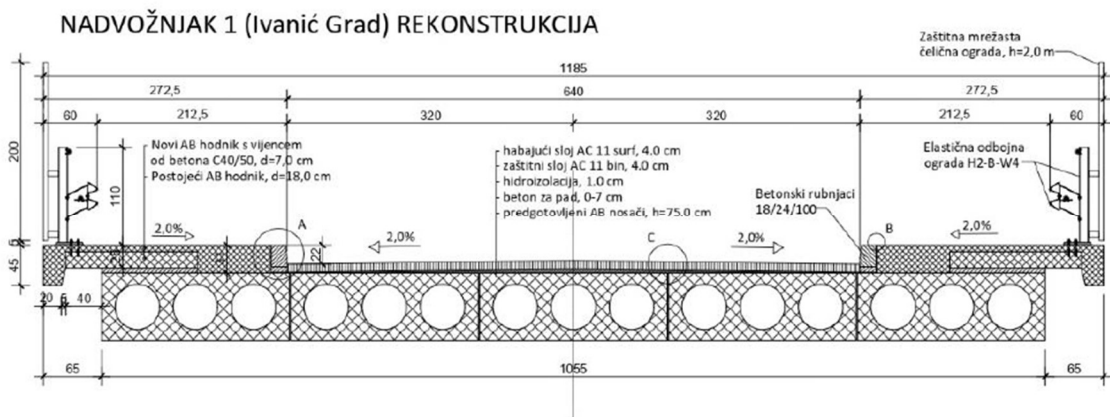
*Slika 8: Pogled na demontažu dijelova nadvožnjaka sa autoceste A3 - Ivanić Grad*

*(G. Puž: Gospodarenje mostovima - prezentacija)*

Popravci betonske konstrukcije i potpuna obnova hidroizolacije i sustava odvodnje i to uz novu koncepciju (most je propao dijelom zbog pogrešno projektirane zaštite) doveli bi do troška koji je usporediv s izvedbom novog sklopa. Nekoliko ovakvih rekonstrukcija dovelo je do ozbiljnog preispitivanja koncepta montažne gradnje betonskih mostova. Konkretno, upravitelj mreže (Hrvatske ceste) zaključio je da monolitna kolnička ploča nad montažnim nosačima nije luksuz, već nužnost zbog ostvarivanja projektirane trajnosti. U konačnici, za manje raspone na novim cestama najčešće se izvode monolitni sklopovi.



Slika 9: Postojeće stanje nadvožnjaka 1 (Ivanić Grad) sa prijedlozima sanacije  
(Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat:  
Rekonstrukcija državne ceste DC 43 na dionici Ivanić Grad – Rugvica)



Slika 10: Poprečni presjek nadvožnjaka 1 (Ivanić Grad) nakon obavljene rekonstrukcije  
(Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat:  
Rekonstrukcija državne ceste DC 43 na dionici Ivanić Grad – Rugvica)

## 4. Pregled i utvrđivanje stanja mostova

### 4.1. Općenito

Planiranje i redovito provođenje pregleda, kao i sustavno praćenje ponašanja konstrukcija, ključni su za uspješno upravljanje mostovima i smanjenje ukupnih troškova održavanja i popravaka. Da bi se izradio program za utvrđivanje stanja mosta i odredili postupci pregleda, potrebno je prvo precizno definirati cilj i svrhu pregleda. Planiranje pregleda uključuje identifikaciju potrebnih informacija za procjenu nosivosti i uporabljivosti mosta, odabir adekvatnog osoblja i tehničkih sredstava za prikupljanje tih informacija, kao i eventualna ograničenja prometa na mostu tijekom pregleda. Na temelju tih informacija procjenjuju se troškovi. Detaljno se planiraju postupci pregleda i ispitivanja, određuje se njihov redoslijed, broj ponavljanja te kritična mjesta na konstrukciji koja treba ispitati, uz minimalni utjecaj na promet koji se odvija na mostu.

Cilj pregleda je dijagnosticiranje i utvrđivanje stanja konstrukcije, a njihova provedba potaknuta je sljedećim razlozima:

- nedovoljni podaci o svojstvima i stanju konstrukcije
- sumnja na propadanje materijala ili konstrukcije
- potreba procjene preostalog vijeka uporabe konstrukcije
- potvrda pretpostavki proračuna odnosno projekta konstrukcije ili predviđenog ponašanja konstrukcije tijekom uporabe
- definiranje ulaznih podataka za odabir optimalne strategije održavanja ili načina popravka.

Redoviti pregledi, provedeni u odgovarajućim vremenskim razmacima, omogućuju praćenje promjena u stanju i ponašanju konstrukcije. Posebno je važan prvi pregled novoizgrađenog mosta, koji treba biti temeljit kako bi se kasnijim pregledima i ispitivanjima moglo pratiti napredovanje oštećenja pojedinih konstrukcijskih elemenata.

Prije opisa standardiziranih pregleda valja reći da niti jedan pregled ili ispitivanje neće dati potpunu informaciju, pa se odluke o održavanju dobrim dijelom donose temeljem iskustva odgovorne osobe i osobne procjene ili intuicije.

## 4.2. Vrste pregleda

Pregledi obuhvaćaju aktivnosti koje se provode s ciljem utvrđivanja trenutnog stanja odnosno ponašanja postojeće konstrukcije [2]. U principu, pregledi se mogu podijeliti u dvije osnovne grupe [3]:

- *Ad hoc pregledi*

Ad hoc pregledi se obično provode neredovito i u svezi s događajima na konstrukciji koji nemaju izravnu vezu sa stanjem i djelovanjem konstrukcije mosta. Neki od tih događaja mogu biti promjena vlasnika/korisnika, promjena namjene, pregled instalacija i sl.

Ad hoc pregledi se provode za mostove koji nisu uključeni u sustav gospodarenja mostovima. Za takve mostove, mogu se uvesti redoviti pregledi za određene dijelove konstrukcije za koje se očekuje da će biti izloženi agresivnijem okruženju.

- *Pregledi koji su dio sustava gospodarenja i održavanja mostova*

Pregledi koji se obavljaju kao dio sustava gospodarenja i održavanja mostova predstavljaju skup različitih vrsta pregleda koje se nadopunjuju.

Ovi tipovi pregleda mogu se podijeliti u tri glavne skupine:

- 1) površni pregledi,
- 2) rutinski pregledi koji se mogu nadopuniti osnovnim istražnim radovima (i monitoringom),
- 3) detaljni istražni radovi,

a mogu se definirati na sljedeći način:

1. Površni pregledi: Uglavnom, takvi pregledi se sastoje od redovitih vizualnih pregleda koje bi trebali često provoditi djelatnici održavanja u sklopu njihovih redovnih zadataka i obveza. Cilj tih pregleda je primijetiti značajna i iznenadna oštećenja koja se odnose na funkcioniranje mosta ili sigurnu uporabu. U slučaju takvih oštećenja, potrebno ih je odmah prijaviti vlasniku ili korisniku mosta. Obično se ovi pregledi ne obavljaju od strane profesionalaca poput ovlaštenih inženjera (konstruktora) pa se iz tog razloga ne pridaje ni nikakva ocjena.
2. Rutinski pregledi ili glavni pregledi: Redovite sustavne preglede provode ovlašteni inženjeri (konstruktori) s ciljem vizualne ocjene stanja svih elemenata mosta, stupnja oštećenja, potrebe za popravcima ili sanacijama te potrebom za daljnjim istražnim



radovima. Rezultat tih pregleda je izvještaj koji sadrži odabrane slike i predstavlja dio kronologije mosta, pružajući temelje za buduće popravke.

3. Osnovni istražni radovi: Za mostove koji se nalaze u agresivnim okruženjima ili kod kojih je primijećena brza pojava oštećenja uslijed predviđenih mehanizama propadanja, rutinski ili glavni pregledi mogu se nadopuniti programom osnovnih istražnih radova. Ti istražni radovi mogu uključivati mjerenje debljine zaštitnog sloja betona i položaja armature, procjenu dubine karbonatizacije, analizu sadržaja i distribucije klorida te pregled i dokumentiranje pukotina.
4. Detaljni istražni radovi: Provode se samo prema posebnim zahtjevima i potrebama, odnosno kada je most u lošem stanju uzrokovanom propadanjem, postoji opravdana sumnja na ozbiljna konstrukcijska oštećenja ili kada postoji potreba za temeljitom procjenom stanja mosta zbog sanacije, ojačanja ili drugih razloga. Također, detaljni istražni radovi se provode u slučaju izvanrednih okolnosti poput potresa, poplava, eksplozija i slično. Specijalisti koji su stručni za rukovanje osjetljivom opremom i interpretaciju rezultata ovih istraživanja obavljaju ove poslove.

*Tablica 1: Raspored pojedinih vrsta pregleda mostova  
(J. Radić: Trajnost konstrukcija 1)*

| Vrsta pregleda | Godina izgradnje | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | dalje       |
|----------------|------------------|---------------|----|----|----|----|----|-------------|
| Tekući         |                  | 3X            | 3X | 3X | 3X | 3X | 3X | 3X/god      |
| Godišnji       |                  | X             | X  |    | X  | X  |    | 1X/god      |
| Opći           |                  |               |    | X  |    |    |    | 1X/3<br>god |
| Glavni         | X                |               |    |    |    |    | X  | 1X/6<br>god |
| Posebni        |                  | PREMA POTREBI |    |    |    |    |    |             |

U tablici 1. prikazan je potreban broj pojedinih vrsta pregleda mostova prema njemačkoj normi DIN 1076.

Cilj detaljnih istraživanja je utvrditi uzroke oštećenja, mehanizme propadanja i opseg oštećenja, te procijeniti budući stupanj ili razvoj oštećenja. Rezultati ovih istraživanja najčešće se prikazuju u vrlo detaljnom izvještaju koji se temelji na dobivenim podacima i analizama.

## 4.3. Rutinski pregled betonskih mostova

### 4.3.1. Svrha i sadržaj pregleda

Uobičajeni rutinski pregledi betonskih mostova predstavljaju temeljni korak, polazište, za daljnje planiranje - tehničko i ekonomsko - za planiranje potrebnog održavanja i sanacija kako za svaki pojedini most, tako i za cijelu skupinu mostova. Cilj tih pregleda je održavanje funkcionalnosti i uporabljivosti betonskih mostova u svako vrijeme, uz minimalne troškove. Osim toga, rutinski pregledi omogućuju vlasniku kontinuirano praćenje stanja mostova i razvoja njihove konstrukcije.

Rutinski pregledi betonskih mostova temelje se na sustavnoj ocjeni stanja svakog elementa konstrukcije, obično danoj nakon provedenog vizualnog pregledu. Prvi pregled, koji se naziva i Referentni pregled betonskog mosta, obavlja se odmah nakon završetka izgradnje konstrukcije. Ovaj pregled često uključuje pokusno opterećenje mosta prije njegove uporabe u prometu. Nakon toga, redoviti pregledi se provode u intervalima 3-5 godina, ovisno o stanju mosta. U slučaju dijelova mosta koji su izloženi vrlo agresivnom okruženju ili visokoj razini opterećenja, kao što su mostovi na autocesti ili nadvožnjaci na raskrižjima, ili ako je stanje tih dijelova mosta sve lošije, pregledi se mogu provoditi i češće. Ovo omogućuje praćenje stanja tih kritičnih dijelova i brzu identifikaciju potreba za intervencijom, bilo redovnim održavanjem ili sanacijom.

Rutinski pregled sastoji se od:

- ocjene stanja svih elemenata mosta i mosta u cijelosti
- ocjene vrste i veličine glavnih oštećenja koji se mogu primijetiti
- ocjene kvalitete dosadašnjeg održavanja
- ocjene potrebe za popravcima: vrsta popravka, procjenu cijene, potrebno vrijeme za izvođenje popravaka
- utvrđivanja potrebe detaljnih istražnih radova. Ukoliko se očekuje izvođenje skupih sanacija mostova, preporučuje se provođenje detaljnih istražnih radova.
- određivanja vremena sljedećeg pregleda.

### 4.3.2. Priprema

Prije provođenja pregleda betonskog mosta potrebno je prikupiti osnovne informacije o mosta, tzv. „osobnu iskaznicu“ mosta:

- položaja mosta
- podatke o prethodnim pregledima i izvještaji o ranijim popravcima i sanacijama
- ocjena sigurnosti osoblja za vrijeme pregleda
- pripremiti potrebne dozvole i dopuštenja od državnih tijela za provođenje pregleda
- odrediti vremenski okvir za ocjenu stanja i moguće popravke
- odrediti granicu između površinskih sanacija i rekonstrukcije.

Rutinski pregledi betonskih mostova trebaju se provoditi prema precizno određenim postupcima i procedurama kako bi se osigurala dosljednost i mogućnost usporedbe rezultata. To omogućuje praćenje promjena u stanju mosta tijekom vremena i usporedbu s prethodnim pregledima ili s rezultatima pregleda drugih mostova.

Sljedeći osnovni dokumenti trebaju biti dostupni pri provođenju ovih ispitivanja:

- podaci o položaju mosta
- kronologija
- glavni nacrti (situacija, tlocrt, uzdužni presjek, poprečni presjeci)
- popis dijelova konstrukcije mosta
- izvještaji prethodnih pregleda
- popis rutinskih mjera održavanja
- procedura pregleda za posebne konstrukcije
- strategija popravaka mosta (ukoliko takva postoji).

Prije početka pregleda mosta, važno je provesti pregled mjera zaštite na radu kako bi se osigurala sigurnost preglednika tijekom postupka. To uključuje identifikaciju potrebnih sigurnosnih mjera i pridržavanje relevantnih propisa i smjernica.

Preporuča se podijeliti konstrukciju i opremu mosta na dijelove, među koje treba uvrstiti i okoliš mosta (nasipe i pristupne prometnice).

Odgovarajuća podjela konstrukcije mosta u njene dijelove odražava vrstu konstrukcije i uobičajeni slijed razvoja oštećenja. Općenito, veći i složeniji betonski mostovi zahtijevaju detaljniju podjelu kako bi se obuhvatile sve relevantne komponente. To može uključivati podjelu mosta na noseće elemente, poput stupova i greda, i pomoćne elemente, poput ograda ili potpornih

zidova. Svaki od tih dijelova može se dalje podijeliti na manje segmente, ovisno o složenosti konstrukcije i specifičnim karakteristikama mosta. Osim toga, neki manje važni dijelovi mosta mogu se razmatrati odvojeno. To su obično dijelovi koji su izloženi većim utjecajima i propadanju, poput dijelova mosta koji su izloženi agresivnim okolišnim uvjetima ili intenzivnijem opterećenju. Razmatranje tih dijelova odvojeno omogućava fokusiranje na specifične probleme i potrebe održavanja ili sanacije tih područja. Kroz odgovarajuću podjelu dijelova mosta, moguće je detaljnije analizirati stanje svake komponente, identificirati potencijalne probleme i pružiti usmjerene mjere održavanja ili sanacije. Ova podjela omogućava bolje razumijevanje stanja mosta i ciljano planiranje intervencija kako bi se osigurala dugotrajnost i sigurnost mosta. Posebno treba obratiti pažnju na rješenje prometovanja preko mosta tijekom pregleda, jer u većini slučajeva radove nije moguće provesti bez ograničenja u prometu.

### **4.3.3. Postupak pregleda**

Prve aktivnosti na mjestu gdje se provodi pregled su priprema preliminarnog pregleda konstrukcije i njena stanja. Na osnovu toga određuje se redoslijed pregleda.

Preporuča se provesti sustavni pregled, dio po dio konstrukcije. Najčešće, poseban redoslijed pregleda treba definirati u priručniku, i treba se prilagođavati zavisno o preprekama na koje se nailazi na mostu koji se pregledava.

Priručnik treba sadržavati i upute ili neki popis aktivnosti koje treba provesti i što treba pregledati u svakom dijelu koji se pregledava.

Inženjer koji pregledava most treba ocijeniti stanje svakog zasebnog elementa s naglaskom na oštećenja koja se primjećuju, a uzroci tih oštećenja trebaju dobiti zasebnu ocjenu stanja.

### **4.3.4. Ocjena oštećenja**

Sva oštećenja koja se zamijete trebaju se ocijeniti, ali preporuka je da se u izvještaj unesu samo glavna oštećenja. Ukoliko je izvještaj predetaljan, može se izgubiti cjelokupni uvid u glavna oštećenja.

Glavna oštećenja određuju se kao:

- oštećenja koja predstavljaju mogući rizik za korisnika ili funkciju mosta utjecaji koji narušavaju glavnu funkciju mosta:
  - oštećenja koja zahtijevaju trenutne sanacije i zamjene dijelova mosta (ograničenja ili obustava prometa),

- oštećenja koja ukazuju na moguće potrebe za rekonstrukcijom i
- ona gdje je preporučeno praćenje iz razloga što vrsta, izvori daljnji stupanj razvoja nisu jasni.

U izvještaju se daje kratak opis oštećenja i njegov položaj na mostu. U završnom Izvještaju ocjenu stanja mosta, trebalo bi točno dokumentirati i opisati položaje oštećenja i standardno grupiranje oštećenja i njihovih uzroka. Izvještaj obavezno treba sadržavati slike oštećenja koje pojašnjavaju otkriveno oštećenje.

#### 4.3.5. Ocjena stanja

Za mostove koji se održavaju prema priručniku za preglede i održavanje mostova, uobičajena praksa je dodjeljivanje numeričke ocjene svakom elementu konstrukcije kako bi se ocijenilo stanje mosta. Ove numeričke ocjene mogu se koristiti kao mjera stanja svakog pojedinog elementa, kao i za ocjenu cjelokupnog stanja konstrukcije mosta. Ovaj se postupak može primijeniti i na mostove koji nisu dio sustava koji se periodično pregledava.

Ocjena koja se dodjeljuje u ocjeni stanja mosta može se sastojati od nekoliko dijelova kao što su:

- ocjena prirode, uzroka i veličine oštećenja primijećenih na elementu (glavni čimbenik koji određuje ocjenu elementa zasniva se na ovoj ocjeni),
- utjecaj oštećenja na funkcionalnost mosta,
- posljedice oštećenja na druge elemente.

Na temelju ovih čimbenika, ocjenjivanje stanja elemenata mosta može se temeljiti na različitim ljestvicama vrijednosti. Jedan od najčešće korištenih ljestvica ocjenjivanja jest ljestvica od 0 do 5, gdje svaka ocjena ima svoje značenje. U takvoj ljestvici, ocjena 0 označava da nema oštećenja ili da su prisutna samo zanemariva oštećenja koja ne zahtijevaju posebnu intervenciju. Što se ocjena približava vrijednosti 5, to znači da je stanje elementa vrlo loše i da su hitni popravci i sanacije nužni. Važno je da takve ljestvice imaju jasno definirane kriterije za svaku ocjenu, kako bi ocjenjivači bili dosljedni i objektivni u procjeni stanja. Ovi kriteriji mogu se odnositi na različite aspekte, poput stupnja oštećenja, propadanja, korozije, stabilnosti i funkcionalnosti elementa. Korištenje takvih brojčanih ljestvica omogućava brzo i jednostavno kvantificiranje stanja elemenata mosta te olakšava usporedbu rezultata pregleda između različitih vremenskih razdoblja ili različitih mostova. To pruža korisnicima i stručnjacima jasne informacije o stanju mosta i omogućuje planiranje potrebnih intervencija u skladu s prioritetima i resursima.

#### **4.3.6. Vrijeme sljedećeg pregleda**

Vrijeme sljedećeg pregleda određuje se na osnovi trenutnog stanja konstrukcije mosta i očekivanog stupnja daljnjeg razvoja oštećenja koja su utvrđena ovim pregledom.

Ukoliko se preporučuju veliki poslovi na sanaciji i popravcima betonskog mosta, kao rezultat provedenog pregleda preporuča se zatražiti provođenje ponovnog pregleda prije nego što završi izvedba tih radova. Stoga se preporuča ponovna ocjena preporučenih poslova s ciljem određivanja količine posla i odabira optimalnog pristupa sanaciji i popravcima.

## **4.4. Istražni radovi**

### **4.4.1. Uvod**

Ispitivanje stanja mostova može se podijeliti na rutinska i dijagnostička ispitivanja, ovisno o svrsi i ciljevima ispitivanja. Kada je riječ o ispitivanjima i istražnim radovima, postoje nacionalne norme, propisi i dokumenti koji opisuju postupke i metode za provedbu tih aktivnosti. Ti dokumenti pružaju smjernice o tome kako izvršiti različite vrste ispitivanja, kao što su ispitivanje debljine betona, ispitivanje armature, ispitivanje korozije, ispitivanje opterećenja i druge relevantne parametre. Budući da su tehnologije i prakse ispitivanja u stalnom razvoju, važno je da takvi dokumenti budu ažurirani i da prate najnovije metode i standardne postupke. Stoga je važno da dokumenti ostave prostor za prilagodbu i istraživanje posebnosti svakog mjesta i zemlje. To omogućava korisnicima fleksibilnost u prilagođavanju postupaka ispitivanja prema specifičnim potrebama i uvjetima koji se javljaju na terenu. Uz pridržavanje nacionalnih normi i smjernica, stručnjaci za ispitivanje trebaju primijeniti svoje znanje i iskustvo kako bi pravilno interpretirali rezultate ispitivanja i donijeli relevantne zaključke o stanju mosta. Također je važno redovito pratiti napredak u području ispitivanja i održavanja mostova te primjenjivati najnovije spoznaje i tehnike u cilju osiguranja sigurnosti i dugovječnosti mostova.

### **4.4.2. Ciljevi istražnih radova**

Ima mnogo različitih načina i razloga za istražne radove na betonskim mostovima.

Karakteristični razlozi su najčešće:

- gdje nema dovoljno informacija o prirodi i svojstvima mosta,
- gdje se očekuje propadanje ili djelovanje štetnih tvari,
- gdje treba izvršiti procjenu budućeg vremena trajanja,
- gdje je potrebno potvrditi pretpostavke izvedene za analizu konstrukcije.

Istražni radovi trebaju omogućiti potrebne ulazne podatke za odabir optimalnih metoda popravaka i strategija. Oni omogućuju detaljnu analizu stanja mosta, identifikaciju uzroka oštećenja i procjenu opsega oštećenja.

Ispitivanja se mogu podijeliti na:

- ona koja daju samo informacije o izmjerama i kvaliteti materijala, kao što su izmjere presjeka, istražni radovi za određivanje sastava materijala, svojstava ili cjelovitosti i sl.,
- ona koji daju izravne podatke o ponašanju konstrukcije kao što su ispitivanje pokusnim opterećenjem ili mjerenje dinamičkog odziva konstrukcije.

Većina istražnih radova ili ispitivanja karakterizira se kao nerazorna, no u nekim manjim dijelovima mogu uzrokovati manja površinska oštećenja (kao npr. lokalno otvaranje zaštitnog sloja betona radi spajanja mjerne doze na armaturu radi mjerenja razlike napona, ili kod uzimanja uzoraka za laboratorijska ispitivanja). U tu kategoriju spadaju i određena ispitivanja, kao neke ultrazvučne metode, koje se često karakteriziraju kao neagresivne metode.

U određenim situacijama bilo bi korisno provoditi više vrsta ispitivanja na licu mjesta i sustavno pohranjivati rezultate. Na taj način omogućuje se bolje razumijevanje i usporedba rezultata istih vrsta ispitivanja na različitim mjestima konstrukcije, kao i analiza rasporeda rezultata u poprečnom presjeku betonskog mosta. Neka od takvih ispitivanja mogu uključivati mjerenje debljine zaštitnog sloja konstrukcije, primjenu podzemnog radara za detekciju ispod površinskih struktura, mjerenje elektropotencijala i slična mjerenja. Bilježenje položaja rezultata omogućuje preglednost i primjenjivost za bilo koje mjerenje ili parametar koji se promatra.

Lokalni istražni radovi i pregledi uobičajeno se provode radi prikupljanja sljedećih informacija:

- čvrstoća materijala,
- razjašnjenje detalja konstrukcije,
- izrada usporednih procjena kvalitete ili stanja (mjerenje elektropotencijela i sl.),
- prepoznavanje mehanizama propadanja,
- ocjena buduće trajnosti,
- izrada osnove za izbor optimalnih metoda i strategija sanacije i popravaka betonskog mosta.



### 4.4.3. Jednostavna ispitivanja na terenu

Osnova karakteristika jednostavnih ispitivanja na terenu je upravo njihova jednostavnost. Njihov značaj je u tome što se mogu provesti već kod prvih posjeta i pregleda na mostu. Cilj je provođenja ove vrste ispitivanja prikupljanje podataka o kvaliteti materijala, ali i o stupnju i veličini prevladavajućih oštećenja, u ranim fazama pregleda i ispitivanja. Kod nekih mostova zahtijevani opseg ispitivanja na mostu neće prijeći upravo ovakva osnovna ispitivanja. Moguće je da će iskusni ispitivači već pri prvom izlasku na most primijeniti neka od ovih ispitivanja, dok će drugi prvo provesti vizualni pregled kao posebni prvi korak u ocjeni stanja mosta.

Iskusni inženjeri koji se bave pregledima mostova i ocjenom njihovog stanja često su osposobljeni za provođenje različitih ispitivanja koja spadaju u tu kategoriju. U posljednjim godinama, sve više inženjera ima pristup naprednoj opremi koja se koristi za ta ispitivanja. Međutim, važno je napomenuti da, iako je oprema postala lakša za upotrebu i sve više automatizirana, često se događa da se nepravilno koristi. Također, interpretacija rezultata i varijacija izmjerene vrijednosti može biti izazovna. Prilikom korištenja takve opreme, treba biti svjestan njezinih ograničenja i situacija u kojima se primjenjuje. Važno je da inženjeri budu dobro obučeni i da razumiju kako pravilno koristiti opremu te interpretirati rezultate kako bi dobili pouzdane informacije o stanju mosta.

Ciljevi ispitivanja mogu se razlikovati ovisno o vrsti građevine i njezinim karakteristikama. Na primjer, kod prednapetih elemenata, karbonatizacija zaštitnog sloja betona može biti manje izražena zbog visoke čvrstoće i kvalitete betona. Uobičajena osnovna ispitivanja uključuju provjeru položaja armature, procjenu debljine zaštitnog sloja i identifikaciju karbonatizacije, bušenje radi određivanja prodiranja klorida, te vizualno obilježavanje oštećenja kao što su odvajanja betona, pukotine i druge vidljive karakteristike. Informacije prikupljene tijekom tih osnovnih ispitivanja koriste se za planiranje daljnjih faza istražnih radova i precizniju ocjenu stanja građevine.

Prilikom prvog posjeta i obilaska mosta, ispitivanja su obično ograničena zbog nedostatka poznatih podataka o mostu i njegovom stanju. U takvim situacijama, ispitivanja se uglavnom svode na prikupljanje osnovnih podataka s pristupnih dijelova mosta. Cilj tih početnih ispitivanja može biti pružanje dodatnih provjera i informacija o stanju mosta kako bi se nadopunio vizualni pregled. Ova vrsta ispitivanja može uključivati jednostavne mjere debljine zaštitnog sloja, vizualne provjere oštećenja ili provjere statičkih parametara. Ova početna ispitivanja pomažu inženjerima da prikupe osnovne informacije o mostu i usmjere daljnje istražne radove ili ispitivanja koji su potrebni za kvalitetniju ocjenu stanja mosta.

## 4.5. Vizualni pregled

Vizualni pregled je temeljna metoda za procjenu stanja mosta i osnova za planiranje daljnjih ispitivanja. Vizualni pregled uključuje pažljivo promatranje dostupnih dijelova konstrukcije kako bi se identificirala vrsta i veličina oštećenja. Ova metoda je vrlo važna jer pruža prilično pouzdane rezultate s obzirom na troškove, te je najdjelotvornija i najčešće korištena metoda dijagnostike stanja konstrukcije mosta.

Redoviti vizualni pregledi su ključni jer omogućuju praćenje promjena i otkrivanje novih oštećenja. Važno je da vizualne preglede provode stručno osposobljene i iskusne osobe koje mogu pravilno identificirati i ocijeniti stanje konstrukcije, kao što je prikazano na slici 11.

Podaci pokazuju da se otprilike 80% relevantnih informacija o stanju konstrukcije može dobiti redovitim vizualnim pregledima. Budući da su troškovi vizualnih pregleda relativno niski u usporedbi s drugim metodama ispitivanja, čine oko 20% ukupnih troškova pregleda konstrukcije. Ovo naglašava važnost i ekonomičnost vizualnih pregleda u održavanju mostova.



*Slika 11: Vizualni pregled mosta uz pomoć posebne opreme – dizalice*  
([http://geoexpert-igm.hr/certifikacija/ob-poc-7-ag-03\\_cert-shema-ag-mort\\_izd-2/](http://geoexpert-igm.hr/certifikacija/ob-poc-7-ag-03_cert-shema-ag-mort_izd-2/))

Pri vizualnim pregledima utvrđuje se pojava prethodno opisanih najčešćih oštećenja na mostu, ali se također kontrolira eventualno postojanje pretjeranih deformiranja, rotacija ili vibracija.

Tijekom vizualnog pregleda konstrukcije posebnu pozornost valja obratiti na sljedeće:

- geometriju i izmjere presjeka,
- stanje zaštitnih slojeva,
- izgled i razlike u boji betonske površine,
- pojavu pukotina, njihovu veličinu i raspored,
- znakove degradacije betona na površini konstrukcije,
- izložene šipke armature,
- deformiranje konstrukcije,
- vlažne površine odnosno mjesta procurivanja vode.

Tijekom vizualnog pregleda konstrukcije, promet preko mosta se može zatvoriti kako bi se osigurala sigurnost osoba koje provode pregled. Za pregled dijelova mosta koji su nedostupni ili teže pristupačni, koriste se skele ili specijalna vozila s platformom kako bi se omogućio pristup tim područjima.

Iako postoje sofisticirane metode dijagnostike stanja konstrukcije, vizualni pregledi se i dalje smatraju nezamjenjivim. Razlog tome je složenost i visoka cijena takvih metoda ispitivanja, kao i izazovi u obradi i tumačenju rezultata. Stoga, takve metode se češće primjenjuju u detaljnim pregledima usmjerenim na specifične elemente i područja konstrukcije.

Iz navedenih razloga, vizualni pregledi će i nadalje zadržati izuzetno važnu ulogu u dijagnostici stanja konstrukcija u doglednoj budućnosti. Oni pružaju pouzdane informacije, relativno su ekonomični i omogućuju brzo identificiranje vidljivih oštećenja ili nedostataka na mostu.

Istraživanje stanja i sustavno praćenje ponašanja konstrukcija osnova su uspješnog gospodarenja mostovima odnosno smanjivanja troškova održavanja i popravljanja.

Iako postoji prostor za usavršavanje i poboljšanje postojećih metoda dijagnostike stanja, one već sada mogu pružiti uvid u realno ponašanje konstrukcije i omogućuju dosta točno dijagnosticiranje oštećenja.

Za uspješno gospodarenje mostovima potrebno je poznavati mogućnosti i prednosti pojedinih raspoloživih metoda dijagnostike stanja kako bi se pravilno i ekonomično planirali postupci istraživanja stanja i planiranja daljnjeg održavanja.

## 4.6. Dijagnostika stanja betonskih mostova

Održavanje betonske konstrukcije mosta mora biti takvo da se tijekom uporabnog vijeka građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom te drugi propisani zahtjevi i propisi koji se moraju zadovoljiti. Za konstrukcije izvedene u skladu sa starijim propisima, moraju se očuvati sa svojstva i zahtjevi s kojima je ta ista konstrukcija izvedena.



Slika 12: Glavne aktivnosti u procesu ocjene stanja betonskog mosta

(J. Radić i suradnici: *Betonske konstrukcije 4 - sanacije*)

Pravilna priprema i planiranje aktivnosti u ocjeni stanja betonskog mosta osnovni je zahtjev koji treba ispuniti radi izrade profesionalne ocjene stanja bilo koje oštećene konstrukcije.

Ona se sastoji od:

- prikupljanja postojećih informacija o mostu, presudnih za ocjenu njegova stanja
- u slučaju da informacije iz redovitih rutinskih pregleda nisu dovoljno detaljne da bi se na osnovu njih mogao izvršiti prvi izlazak na most, važno je dobiti početni uvid u most i njegovu konstrukciju, stanje na licu mjesta i vidljivo propadanje mosta
- planiranje ocjene stanja betonskog mosta prema zahtjevima i ciljevima naručitelja. U ovom stupnju ocjene stanja mosta neophodno je ustanoviti pregled karakterističnih područja propadanja ili uvjeta okoliša/konstrukcije i pripremiti program pregleda s reprezentativnim ispitivanjima s namjerom smanjenja opsega radova, ali uz jednako kvalitetne rezultate pregleda.

Inspekcijski dio posla sastoji se od:

- vizualnog pregleda i načina odabira prikupljenih informacija
- programa dodatnih ispitivanja za mostove gdje se očekuje pojava specifičnih mehanizama propadanja. Ovakvi programi mogu se sastojati od mjerenja debljine zaštitnog sloja betona i položaja armature, dubine karbonatizacije i sadržaja i distribucije klorida te otkrivanja pukotina i njihovog dokumentiranja.

Vizualni pregled je osnova praćenja vijeka trajanja betonskog mosta i razumijevanja konstrukcije, uvjeta na mjestu mosta i vizualno ustanovljivog propadanja mosta. Rutinskim pregledima treba prepoznati glavne mehanizme propadanja.

Iz rezultata rutinskih pregleda i osnovnih ispitivanja te prepoznavanja glavnih mehanizama propadanja, mogu se planirati detaljna ispitivanja i istražni radovi ukoliko je potrebno.

Cilj istražnih radova je pronaći uzroke propadanja i ustanoviti stupanj i posljedice za sigurnost i trajnost betonskog mosta.

Ocjena stanja mosta rezultira određenim ograničenjima u korištenju mosta i ističe potrebu za redovitim popravcima i sanacijama kako bi se produljio njegov vijek trajanja, odnosno, korištenja, uporabe.

Rezultati ocjene stanja pružaju osnovu za analizu različitih pristupa i strategija popravaka, uzimajući u obzir trenutne i buduće zahtjeve konstrukcije, kao i njihove financijske troškove. Konačno, najekonomičnije rješenje se odabire putem optimizacije dostupnih resursa i sredstava.

Rezultati rutinskih pregleda treba predstaviti u standardnom formatu izvještaja.

Izvještaj treba sadržavati:

- pregled glavnih oštećenja uključujući i ocjenu uzroka oštećenja
- numeričke ocjene stanja elemenata mosta i mosta u cijelosti
- preporuke za popravke i sanacije mosta kao i daljnje rutinske preglede
- pregled slika i detaljnih slika glavnih oštećenja.

Rezultati provedenih istražnih radova i ocjene stanja betonskog mosta trebaju biti prezentirani na jasan i objektivan način kao dio „*Izvještaja o ocjeni stanja betonskog mosta*“. Lokacija ispitivanja i kartiranje oštećenja trebaju biti prikazani grafički jednoznačno. Svaki rezultat ispitivanja treba biti detaljno opisan u dodatku specifikacije ispitivanja koja je korištena. Dodaci izvještaja mogu također sadržavati relevantne proračune i analize vijeka trajanja betonskog mosta koji se procjenjuje. Izvještaj treba jasno iznijeti glavne zaključke pregleda, objasniti rezultate i predvidjeti preostali vijek trajanja mosta na razumljiv i pregledan način.

Izvještaj o prijedlozima popravaka i sanaciji mosta trebao bi uključivati i ekonomsku analizu (analizu opravdanosti) i procjenu troškova. Ovisno o ugovornim odnosima između naručitelja i izvršitelja, taj izvještaj može biti dio Izvještaja o ocjeni stanja mosta ili se može sastaviti kao zaseban izvještaj.

Ocjena stanja betonskog mosta kompleksni je pregled:

- podataka o konstrukciji, okolišu i uporabi betonskog mosta
- podataka o postojećim dokumentima (projektima, izvještajima, elaboratima i sl.)
- podataka dobivenih vizualnim pregledima
- podataka dobivenih ispitivanjima na mostu ili u laboratoriju
- razmatranja o daljnjim aktivnostima u pogledu sanacije ili popravka.

Opseg predviđenih aktivnosti ovisi o ozbiljnosti i veličini oštećenja, a stanja ocijenjenog mosta i značaju konstrukcije.

Ocjenu stanja armiranobetonskih i prednapetih betonskih mostova treba provoditi:

- 1) ako to zahtijeva vlasnik ili korisnik mosta:
  - u slučaju da je sigurnost mosta ugrožena zbog propadanja betona i armature
  - kod prolaska dodatnih opterećenja preko mosta
  - radi prikupljanja potrebnih podataka za projekt sanacije ili ojačanja mosta
- 2) redovito i uobičajeno za velike sustave gospodarenja mostova, npr. za cestovne ili željezničke mostove:
  - radi osiguranja sigurnosti i uporabljivosti (funkcionalnosti) pod uobičajenim uvjetima uporabe
  - radi stvaranja baze podataka o mostovima s redovito nadopunjavanjem podacima o stanju svakog mosta u sustavu, kao osnove za donošenje potrebnih mjera održavanja mosta
  - radi određivanja prioriteta za obnavljanje, sanaciju ili zamjenu značajno oštećenih mostova.

Ocjenu betonskih mostova treba provoditi ekipa stručnjaka pod vodstvom i koordinacijom iskusnog inženjera.

Cilj inženjera je predočiti naručitelju jasnu informaciju o stanju betonskog mosta tako da on može lakše donijeti odluku o daljnjim aktivnostima.

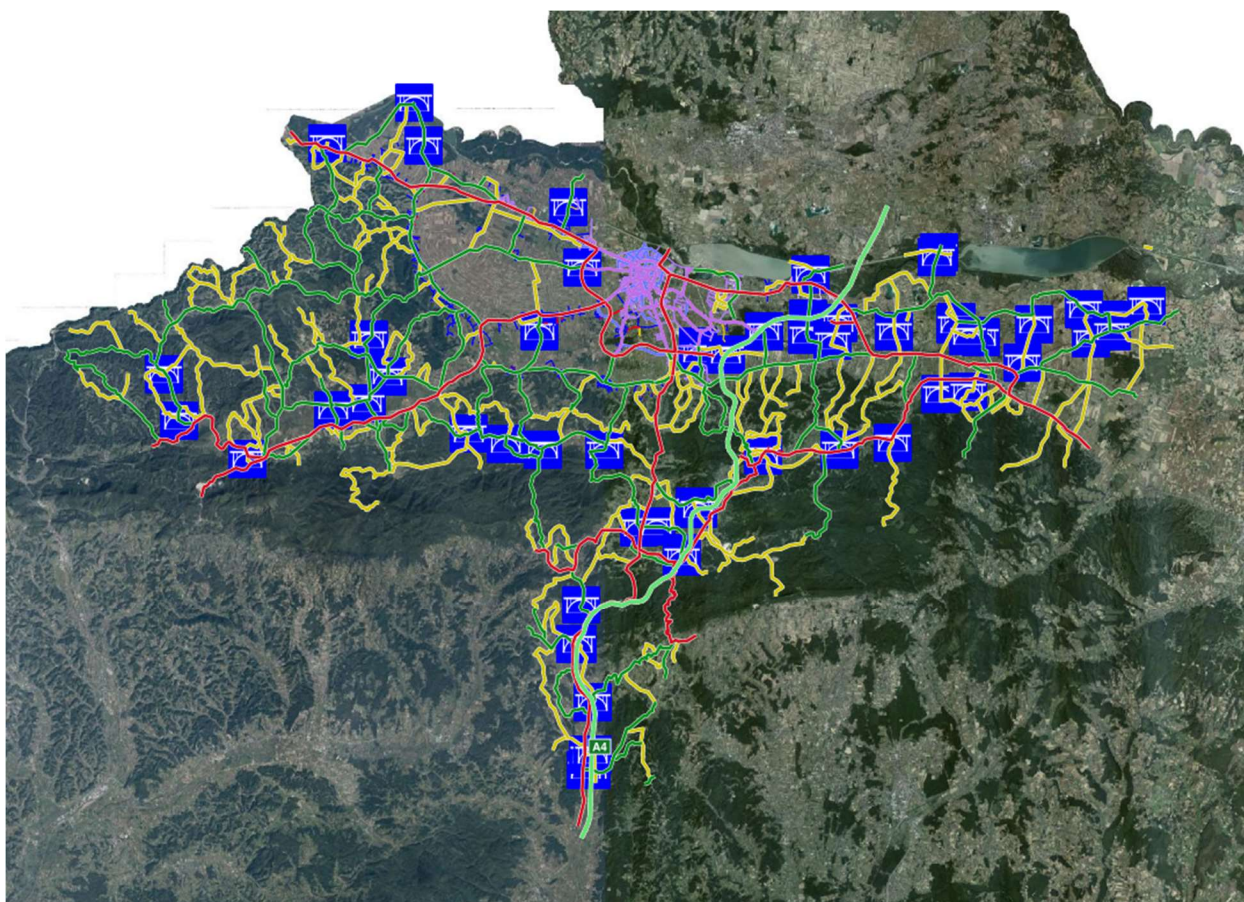
## 4.7. Sustav ocjenjivanja

U prilogu se nalaze ocjene stanja postojeće konstrukcije prema HRMOS kategoriji oštećenja:

- 0 - potpuno novi element bez nesavršenosti u izvedbi i tijekom garantnog roka građevine,
- 1 - manja oštećenja kao posljedica nedostataka u izvedbi, u uporabi nisu uočena oštećenja,
- 2 - oštećenja nastala uslijed početka procesa dotrajavanja, nedostaci tijekom eksploatacije,
- 3 - oštećenja koja smanjuju trajnost građevine, na dijelu je proces dotrajavanja,
- 4 - oštećenja koja smanjuju pouzdanost građevine, uznapredovali proces dotrajavanja,
- 5 - oštećenja koja predstavljaju veliku opasnost za sigurnost građevine.

#### 4.8. Pregled ocjene stanja na postojećim mostovima na cestama pod ingerencijom Županijske uprave za ceste Varaždinske županije

Na slici su prikazani položaju mostova ili nadvožnjaka koje se nalaze na županijskim i lokalnim cestama koje su pod upravljanjem Županijske uprave za ceste Varaždinske županije, dok se na sljedećoj stranici nalazi tabelarni prikaz nekih mostova na kojima možemo vidjeti koju su ocjenu dobili pregledom te bitne napomene (slika 13).



Slika 13: Snimka zaslona GIS portala ŽUC Varaždinske županije  
(<http://zuc-vz.prometiprostor.hr/gis>)



Tablica 2: Tabela prikaz ocjene pojedinih mostova

(<http://zuc-vz.prometiprostor.hr/gis>)

| Rekapitulacija stanja mostova na županijskim i lokalnim cestama na području Varaždinske županije |               |   |        |                |
|--|---------------|---|--------|----------------|
| Razvrstana cesta   | Naziv objekta | Napomena  | Ocjena | Datum pregleda |
| 25012  | Most          | dok se ne očiste pokosi ne može se ocijeniti prema vizualnom pregledu |        | 10.08.2021.    |
| 2029   | Most          |   | 1      | 10.08.2021.    |
| 25094  | Most          | potrebna je HITNA sanacija i popravak                                 | 4      | 13.08.2021.    |
| 25154  | Most          |   | 3      | 09.08.2021.    |
| 2136   | Most          |   | 3      | 09.08.2021.    |
| 25146  | Most          |   | 3      | 09.08.2021.    |
| 25098  | Most          |   | 2      | 09.08.2021.    |
| 25002  | Most          |   | 1      | 10.08.2021.    |
| 2061   | Most          |   | 2      | 10.08.2021.    |
| 2059   | Most          | potreban HITNA sanacija istog   | 4      | 10.08.2021.    |
| 2071   | Most          |   | 3      | 13.08.2021.    |
| 25095  | Most          |   | 3      | 13.08.2021.    |
| 2037   | Most          | potrebna HITNA sanacija istog   | 3      | 10.08.2021.    |
| 2101   | Most          |   | 1      | 10.08.2021.    |
| 2072   | Most          |   | 2      | 13.08.2021.    |
| 25092  | Most          |   | 1      | 12.08.2021.    |
| 25099  | Most          |   | 2      | 13.08.2021.    |
| 25094  | Most          |   | 2      | 09.08.2021.    |
| 25143  | Most          |   | 0      | 09.08.2021.    |
| 25158  | Most          | ulegnuće prije i posle mosta, rupa na asfaltnoj konstrukciji mosta    | 3      | 09.08.2021.    |
| 25166  | Most          |   | 1      | 09.08.2021.    |
| 2085   | Most          |   | 3      | 10.08.2021.    |
| 2029   | Most Ormož    | HITNA SANACIJA  | 3      | 10.08.2021.    |
| 2033   | Most Prelog   | potrebna je HITNA sanacija istog dosta loše izgleda                   | 3      | 12.08.2021.    |
| 2033   | Most Prelog   |   | 2      | 12.08.2021.    |
| 2175   | nadvožnjak    |   | 1      | 09.08.2021.    |
| A4   | Nadvožnjak    |   | 1      | 12.08.2021.    |
| 25084  | Nadvožnjak    |   | 1      | 12.08.2021.    |
| 2101   | Nadvožnjak    |   | 1      | 10.08.2021.    |

Sa sljedeće tablice 2. možemo vidjeti da je većina mostova u Varaždinskoj županiji u zadovoljavajućem stanju, dok su na pojedinim mostova potrebni hitne mjere sanacije.

## 5. Odabir odgovarajućeg rješenja popravka (sanacije)

### 5.1. Općenito

Popravci se odnose na aktivnosti održavanja koje imaju za cilj povratiti i/ili ponovno uspostaviti stanje konstrukcije ili njezinog dijela pri kojem su ispunjeni svi zahtjevi koji se postavljaju na konstrukciju u vidu graničnih stanja na koje dimenzioniramo, a sve s ciljem da uporabljivost i nosivost ne prekorače dopuštene granice [3].

Sanacije i svako drugo izvođenje radova kojima se utječe na ispunjavanje zahtjeva za uporabljivost građevine, ali se njima ne mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojima je izgrađena nazivamo adaptacija građevine.

Izvođenje radova kojima se utječe na ispunjavanje bitnih zahtjeva za građevinu i kojima se mijenja usklađenost građevine s lokacijskim uvjetima u skladu s kojim je izgrađena, poput dograđivanja, nadograđivanja, uklanjanja dijela konstrukcije i sl., nazivamo rekonstrukcija [4].

Konačnu odluku o odabiru odgovarajućeg rješenja popravka konstrukcije donosi vlasnik/investitor, ili konzultant - specijalist kojega je zaposlio investitor. Upravo iz tog razloga je važno da je informacija o stanju konstrukcije i mogućim popravcima predstavljena vlasniku što je moguće jasnije i preciznije, te da svakako sadrži sljedeće:

- ocjenu stanja konstrukcije
- analizu osnovnih zahtjeva konstrukcije
- rangiranje prioriteta
- detaljnu analizu odgovarajućih principa popravaka
- listu metoda popravaka koje zadovoljavaju najvažnije kriterije
- konačan odabir metode popravka.

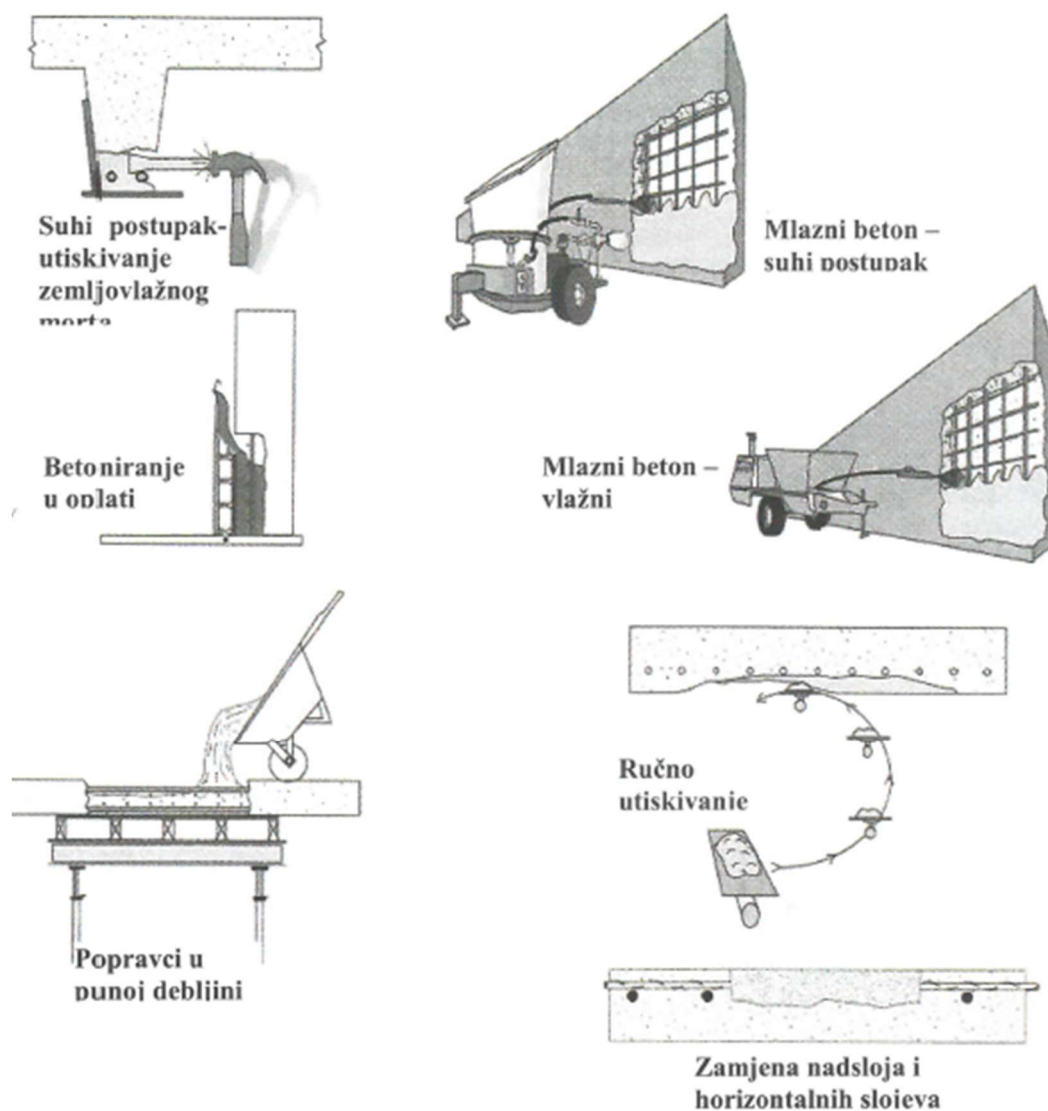
Odluka o metodi popravka trebala bi se osnivati što je više moguće na kvantitativnoj analizi.

Faktori koji se razmatraju pri odabiru mogućnosti moraju uključiti sljedeće:

- predviđenu uporabu, projektirani uporabni vijek i uporabni vijek betonske konstrukcije
- zahtijevane značajke ponašanja (uključujući, primjerice, požarnu otpornost i vodonepropusnost),
- vjerojatno dugotrajno ponašanje zaštitnih radova ili popravka,
- moguće ili potrebne promjene dinamičkih ili drugih izravnih djelovanja tijekom ili nakon zaštite ili popravka,
- potrebu budućih pregleda i održavanje...

U ovom se poglavlju opisani su postupci za popravak i zaštitu armiranobetonskih i betonskih konstrukcija, pri čemu su uzroci oštećenja elemenata primarno iz područja stanja betona ili sekundarno posljedica korozije armature i njezina djelovanja na beton. Prema karakteru oštećenja betona možemo ih svrstati u tri grupe, prikazane grafički na slici 14:

- a) lokalna oštećenja betona zaštitnog sloja ili cijele debljine presjeka betonskog elementa - lokalni popravci betona ili „patching“
- b) pukotine u betonu - sanacija pukotina
- c) zaštita izvedenih površina nakon provedenog popravka lokalnih oštećenja i pukotina - izvođenje površinske zaštite.



Slika 14: Različite tehnologije izvođenja popravaka  
(J. Radić i suradnici: *Betonske konstrukcije 4 - sanacije*)

## 5.2. Lokalni popravci betona – „patching“

### 5.2.1. Uvod

Postupak „patching“ (engl.: „zakrpa“) je tehnika popravka betonskih konstrukcija koja uključuje zamjenu oštećenog, nezdravog ili kontaminiranog betona novim materijalom. Novi materijal može biti novi beton, sanacijski mort ili neki drugi odgovarajući materijal. Glavna svrha ove tehnike popravka je obnova estetskih i geometrijskih svojstava konstrukcije, s ciljem očuvanja sigurnosti konstrukcije i povećanja njene trajnosti.

U slučaju kada se radi o armiranobetonskoj konstrukciji na kojoj je uočena korozija armature ili postoji sumnja u tanki, nepostojeći ili kontaminirani zaštitni sloj, popravak zaštitnog sloja uključuje nekoliko koraka. Prvo, potrebno je očistiti korodiranu armaturu kako bi se uklonila sva rđa i ostali korozivni materijali. Nakon čišćenja, slijedi nanošenje zaštite koja će spriječiti daljnji razvoj korozije prije nanošenja novog zaštitnog sloja. Nakon pripreme površine, slijedi postupak reprofilacije ili obnove površinskog sloja. To podrazumijeva nanošenje novog sloja materijala za popravak ili sustava za popravak kako bi se obnovila izvorna geometrija konstrukcije i osigurala adekvatna zaštita. Reprofilacija je još jedan naziv za ovaj postupak obnove površinskog sloja. Ovim postupkom popravljaju se oštećeni zaštitni sloj armiranobetonske konstrukcije, čime se osigurava dugoročna zaštita od korozije i produžuje trajnost konstrukcije.

„Patching“ se definira kao bilo koji popravak koji uključuje zamjenu oštećenog betona bez obzira na veličinu površine koja se sanira. Zbog toga se slučajevi koji obuhvaćaju popravak velikih površina mogu shvatiti kao konstrukcijska ojačanja. Iako su tako veliki popravci puno kompliciraniji od onih koji su samo „kozmetički“, osnovne faze popravka zaštitnog sloja mogu se podijeliti na sljedeće:

- utvrđivanje oštećenog zaštitnog sloja i mjesta korozije armature
- uklanjanje oštećenog zaštitnog sloja
- priprema betonske površine i čišćenje armature
- nanošenje novog zaštitnog sloja
- nanošenje površinske zaštite.

Ova tehnika je vrlo jeftina, brza i učinkovita ako se pravilno izvede. S druge strane, ako se ne izvede pravilno nema nikakve koristi. Da bi popravak bio uspješan vrlo je bitno da je betonska površina dobro pripremljena. To znači da površina mora biti dobro očišćena od svih nečistoća, te se mora pravilno nanijeti vezni sloj, a novi materijal za popravak mora biti kompatibilan sa starim betonom. Nekompatibilni materijali ili nedovoljna priprema površine mogu rezultirati slabom vezom, slabom trajnošću i lošom estetikom popravka. Stoga je ključno slijediti preporučene postupke i koristiti kvalitetne materijale kako bi se osigurao uspješan i dugotrajan popravak armiranobetonskih konstrukcija.

„Patching“ je vrlo učinkovita metoda za popravak lokalnih oštećenja gdje nije potrebno pojačanje konstrukcije i obično se rabi u slučajevima kada nije ugrožena nosivost konstrukcije.

Ovom se tehnikom ne mijenja osnovni profil konstrukcije, nego se samo obnavlja i zato karakteristike konstrukcije ostaju iste kao i prije sanacije.

### Tehnologija izvođenja

Postupak provođenja reprofilacije (patching) obično se odvija u području zaštitnog sloja armature, a sastoji se od nekoliko već navedenih faza koje su prikazane u daljnjem tekstu (slika 15).



*Slika 15: Osnovne faze popravka zaštitnog sloja*

*(J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije 4 - sanacije)*

### Utvrđivanje mjesta oštećenja i potrebe za izvođenjem zahvata

Samim tehnološkim fazama izvođenja prethodi utvrđivanje obujma i pozicije oštećenog zaštitnog sloja, te stupnja eventualne korozije armature.

Utvrđivanje veličine i pozicije područja popravka zaštitnog sloja zahtijeva istražne radove. Ti radovi obuhvaćaju vizualni pregled površina i kategorizaciju oštećenja i degradacije betona prema definiranim stupnjevima. Također se provode terenska i laboratorijska ispitivanja radi dobivanja detaljnijih informacija o stanju materijala, uključujući beton i armaturu. Konačni rezultat provedenih istražnih radova je ocjena stanja materijala, koja sadrži informacije o veličini, položaju i dubini oštećenja na pojedinim područjima. Ove informacije pomažu u planiranju i izvođenju pravilnog popravka i obnove zaštitnog sloja armiranobetonskih konstrukcija.

Ovakav iskaz podloga je za izradu dokaznice mjera i sastavljanja troškovnika kao dijela projekta sanacije, koji će u svojim stavkama posebno obraditi sve tehnološke postupke i količine materijala za tehnološke faze izvođenja radova.

### Uklanjanje betona

Područja na površini betona, za koje se istražnim radovima utvrdilo da spadaju u kategoriju oštećenja za koje je potreban popravak zaštitnog sloja betona, potrebno je prije pristupanja radovima pregledati i na licu mjesta odrediti njihove tone gabarite.

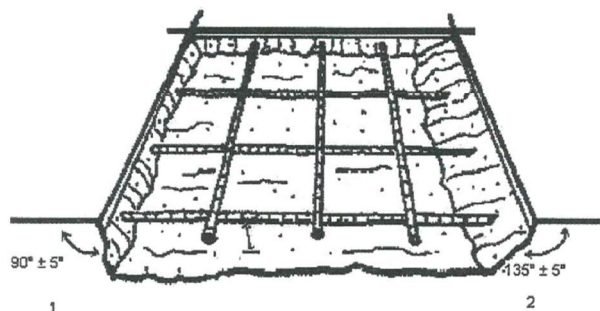
Tako je uz pomoć vizualnog pregleda i priručnih metoda potrebno detektirati sva mjesta na kojima je nužno ukloniti zaštitni sloj betona, a to su:

- mjesta odlamanja betona s vidljivom armaturom
- područja koja imaju šuplji zvuk kada se lagano udaraju čekićem
- mjesta na kojima je zaštitni sloj manji od 10 mm...

Pri određivanju opsega uklanjanja betona treba uzeti u obzir i bitne čimbenike i potrebu za osiguranjem iste površine sa svih strana armature.

Gdje je moguće, treba ukloniti vezane dijelove žice, čavle i ostale metalne otpatke ugrađene u beton.

Granice uklanjanja oštećenog betona potrebno je prilagoditi što jednostavnijem postupku popravka (pravilni oblik), a ne pratiti strogo granice oštećenja (nepravilni oblik). Rubovi uklonjenog betona trebali bi biti pod minimalnim kutom od 90° kako bi se izbjeglo odlamanje rubova, te pod maksimalnim kutom do 135° kako bi se osigurala što bolja veza s okolnim zdravim betonom prikazano na sljedećoj slici, slika 16.

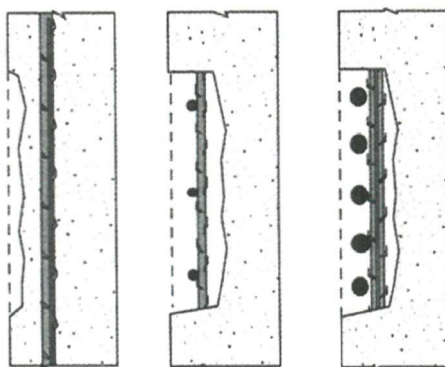


*Slika 16: Rubovi uklonjenog betona*

*1 – minimalan kut ; 2 – maksimalan kut*

*(J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije 4 - sanacije)*

Ako je korozija prisutna na više od 30 % opsega armaturne šipke izložene nakon uklanjanja betona, dubina uklanjanja mora se povećati do otkrivanja cijele šipke. Slobodni prostor oko šipke i najmanji razmak armaturne šipke i preostale podloge mora iznositi najmanje 15 mm ili veličinu najvećeg zrna agregata materijala za popravak uvećanu za 5 mm, tj. veću od te dvije vrijednosti. Primjeri dubina uklanjanja prikazani su na sljedećoj slici, slika 17.



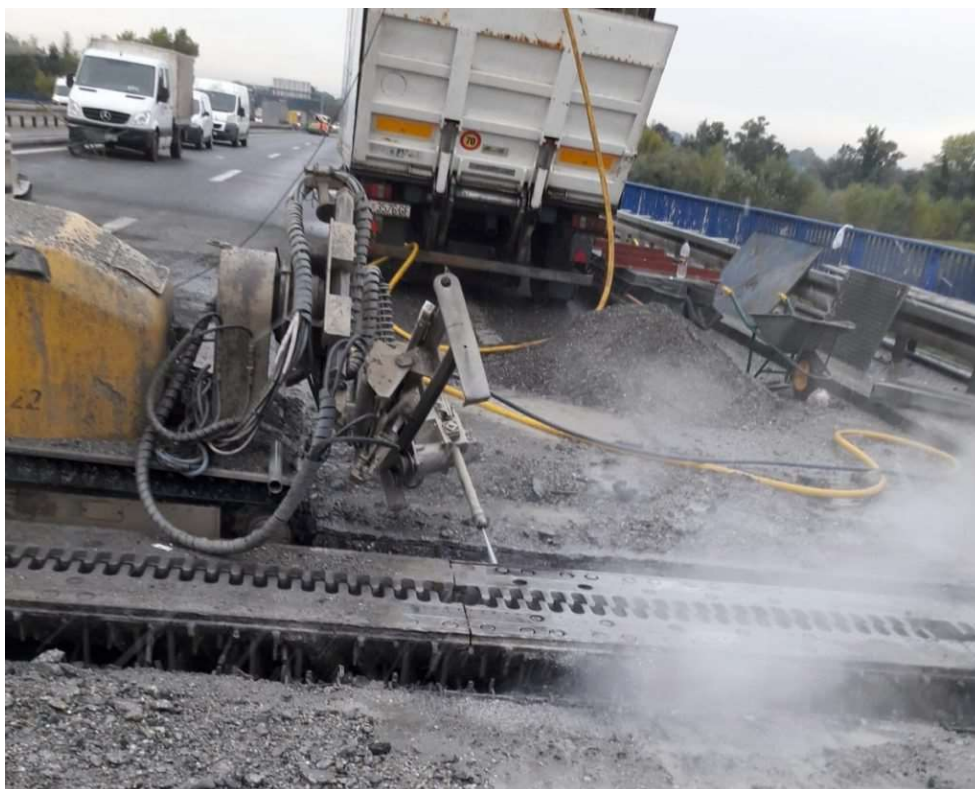
*Slika 17: Dubine uklanjanja betona*

*(J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije 4 - sanacije)*

Ako nema korozije armature, karbonatizirani i/ili kloridima zagađeni beton može ostati ako se primjenjuju elektrokemijske metode ili ako je beton dovoljno suh, tj. ako je relativna vlažnost okoliša manja od 70 %.

Uklanjanje betona uglavnom se odnosi na uklanjanje oštećenog i nezdravog betona, ali se u nekim slučajevima može ukloniti i zdravi beton radi izmjena na konstrukciji. Odabran postupak uklanjanja betona treba biti učinkovit, siguran, ekonomičan, te treba minimalizirati oštećenje betona koji ostaje.

Hidrorazaranje je brz i učinkovit način uklanjanja betona, prilikom kojeg se minimalno zadire u zdravi beton. Nema stvaranja mikropukotina, a oštećeni beton se uklanja selektivno ostavljajući zdravi beton neoštećenim. Hidrorazaranje se obično rabi pod tlakom 2000-2500 bara. Površinska hrapavost betona može se kontrolirati ovisno o udaljenosti mlaznice i površine, tlaku vode, strujanju vode, količini vode, opremi i kvaliteti betona. Najčešće se rabi samohodni stroj s teleskopskom rukom za hidrorazaranje i automatskim navođenjem, prikazan na sljedećoj slici 18.



*Slika 18: Hidrorazaranje betonske konstrukcije*

[\(https://hidrostres.hr/sanacije-armirano-betonskih-konstrukcija/vrste-radova/hidrorazaranje-armiranobetonskih-konstrukcija/\)](https://hidrostres.hr/sanacije-armirano-betonskih-konstrukcija/vrste-radova/hidrorazaranje-armiranobetonskih-konstrukcija/)

Rezanje velikim tlakom vode je rezanje vodenim mlazom uz stvaranje uskog razreza ili malog otvora. Metoda se primjenjuje npr. za izrezivanje dijelova ili stvaranje rupa u armiranom betonu. Dodavanjem abraziva vodi, moguće je rezati i čelik.



### Priprema površine (hrapavljenje i čišćenje)

Priprema površine betona ključni korak prilikom izvođenja popravka reprofilacijom. Nakon uklanjanja oštećenog betona, slijede postupci pripreme površine koji su od iznimne važnosti za uspješnost popravka. Kvalitetna priprema površine betona osigurava dobru vezu između postojećeg i novog materijala te pridonosi dugoročnoj trajnosti popravka. Ona je često važnija od same kvalitete i troškova sanacijskog sustava koji se kasnije nanosi na površinu. Kod armiranog betona, popravak mora uključiti i pravilnu pripremu armature kako bi se ostvarila što bolja veza s novim sustavom.

Priprema površine betona uključuje nekoliko važnih koraka, uključujući čišćenje i hrapavljenje površine. Ovi postupci imaju za cilj poboljšati vezu između starog betona i novog sanacijskog sustava. Prašina i sitne čestice materijala koje se nalaze na površini betona mogu sadržavati dovoljnu količinu nehidratiziranog cementa koji može vezati u prisutnosti vlage, te ga je potrebno ukloniti prije nego što vezivanje započne.

Hrapavljenje površine primjenjuje se pri uklanjanju betona do dubine od 15 mm i daje grubu površinu s dobrim vezivanjem pri nanošenju ili prskanju novog sloja betona na stari beton.

Pri uporabi metoda koje zahtijevaju čišćenje treba poštovati sljedeće zahtjeve:

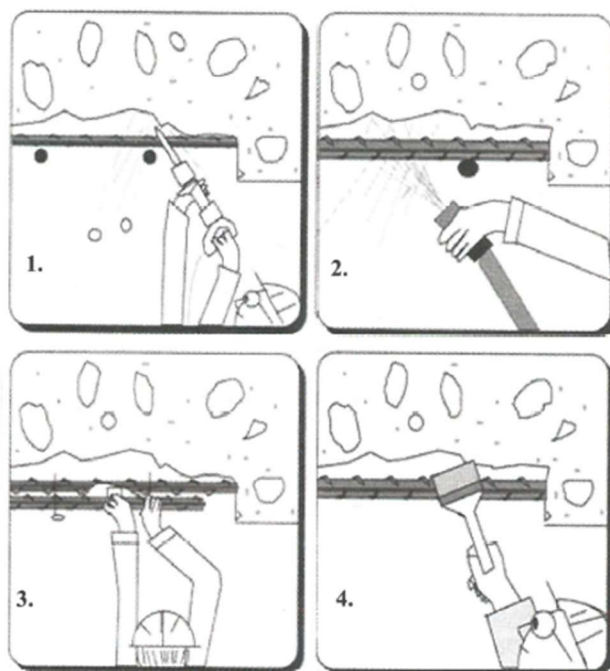
- podloga mora biti slobodna od prašine, nevezanih zrna, površinskih nečistoća i materijala koji smanjuju prionjivost ili sprečavaju upijanje
- očišćena se podloga treba zaštititi od daljnjeg onečišćenja, osim ako je čišćenje izvedeno neposredno prije primjene materijala za zaštitu i popravak.

Ispitivanja su pokazala da se postiže puno bolja prionljivost između starog i novog materijala kada se novi slojevi nanose neposredno nakon uklanjanja i čišćenja površine, u usporedbi s situacijom kada površina ostaje otvorena dulje vrijeme. Hrapavost površine betona igra važnu ulogu u stvaranju dobre veze između starog i novog materijala, kao i između betona i proizvoda/sustava za popravak.

### Priprema armature

Priprema armature ključna je kod provođenja popravaka reprofilacijom, posebice u slučaju kada je korozija armature glavni uzrok oštećenja i odvajanja zaštitnog sloja betona. Nakon uklanjanja oštećenog betona, važno je osloboditi armaturu, što uključuje uklanjanje korodiranog sloja koji se može nalaziti na njezinoj površini. Nakon toga, treba provesti procjenu stanja armature kako bi se utvrdilo jesu li potrebne dodatne mjere zaštite ili zamjene oštećenih dijelova armature.

Najjeftiniji način (za kraći period) i uobičajeni pristup popravku oštećenja nastalog uslijed korozije armature je zamjena samo oštećenog dijela betona na mjestima odlamanja ili ljuštenja. Na taj način, sanirani dio ostaje okružen betonom koji je zagađen kloridima i koji će opet doprinosti daljnjem razvoju korozije armature. Na sljedećoj slici prikazane su osnovne faze pripreme armature, slika 19.



*Slika 19: Priprema armature*

*1. uklanjanje okolnog betona; 2. priprema površine i čišćenje armature;*

*3. dodavanje nove armature; 4. zaštita armature*

*(J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije 4 - sanacije)*

Prvi korak pripreme armature uklanjanje je preostalog betona oko armature, ako je to potrebno, ovisno o dubini prethodno uklonjenog betona. Tijekom uklanjanja betona oko armature posebno treba paziti da se dodatno ne ošteti armatura, te da se ne unose vibracije koje bi smanjile vezu s postojećim betonom. Pravilna priprema armature osigurat će bolju vezu između armature i novog materijala za popravak te će pridonijeti dugotrajnosti popravka i sprečavanju budućih oštećenja.

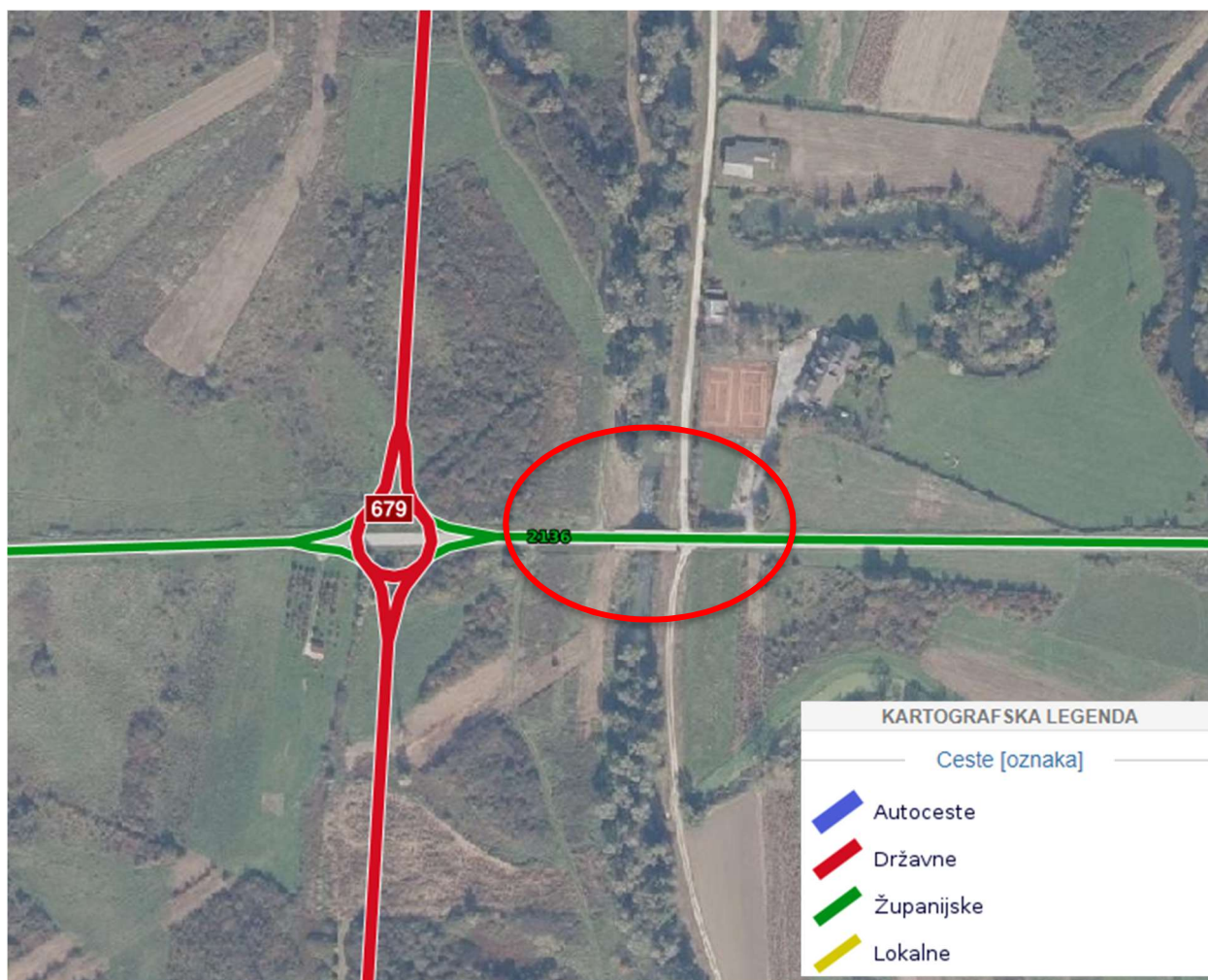
Sva izložena površina armature treba biti očišćena tako da se u potpunosti uklone svi korozijski produkti (hrđa), ulje, ostaci morta i betona, te ostale nečistoće.

Ako je hrđa čvrsto povezana s površinom armature i ne može se ukloniti četkanjem ili drugim mehaničkim sredstvima, tada se obično smatra da nije potrebno poduzimati daljnje mjere prije ugradnje novog sanacijskog sustava. U takvim slučajevima, hrđa koja je čvrsto povezana s površinom armature može djelovati kao dodatna površinska hrapavost koja poboljšava vezu s novim betonom. S druge strane, ako se hrđa lako skida s površine armature, to može značajno utjecati na buduću vezu armature s novim betonom. U tim situacijama je važno očistiti površinu armature od hrđe neposredno prije ugradnje sanacijskog sustava. To se može postići korištenjem metoda kao što su četkanje, brisanje ili primjena odgovarajućih kemijskih sredstava za uklanjanje hrđe.

## 6. Sanacija pločastog mosta preko rijeke Bednje u naselju Ključ

### 6.1. Općenito

Na sljedećoj slici 20., na digitalnoj ortofoto karti (DOF 2021) prikazan je položaj predmetnog mosta na županijskoj cesti Ž 2136, te se u blizini vidi i obilaznica grada Novog Marofa, državna cesta D 679.



Slika 20: Položaj mosta na GIS-u Hrvatskih cesta  
(<https://geoportal.hrvatske-ceste.hr/gis/>)



## 6.2. Uočena oštećenja mosta

Na mostu su uočena brojna oštećenja, od manjih pukotina na betonu i kolničkom zastoru, pa to odlamanja zaštitnog sloja betona i rezultatom toga, vidimo armaturu koja će s vremenom sve više propadati jer je u direktnom dodiru sa zrakom i atmosferilijama. S donje strane je vodljivo ljuštenje betona (slike 21.-26.). Ova je pojava vrlo zabrinjavajuća s motrišta sigurnosti jer signalizira da je glavna armatura mosta ugrožena korozijom.



*Slika 21: Oštećenje kolničkog zastora  
(autorski rad)*



*Slika 22: Odlamanje zaštitnog sloja betona  
(autorski rad)*





*Slika 23: Oštećenje betonske konstrukcije nizvodne strane  
(autorski rad)*



*Slika 24: Oštećenje betonske konstrukcije kod oslonca  
(autorski rad)*





*Slika 25: Oštećenje betonske konstrukcije s uzvodne strane  
(autorski rad)*



*Slika 26: Ljuštenje betona s donje strane ploče  
(autorski rad)*

### 6.3. Prijedlog sanacije

Most je konstruiran i sagrađen kao monolitna armiranobetonska konstrukcija. Most je u uzdužnom presjeku konstrukcija s tri raspona, od kojih su krajnji rasponi kraći, 4,75 m, dok je srednji raspon veći i iznosi 18,50 m. Most je izveden kao puna AB ploča debljine 75 cm. Kompletna rasponska konstrukcija mosta se oslanja na dva stupa pravokutnog poprečnog presjeka dimenzija 500x50 cm i ukopanih upornjaka.

Pretpostavka je da je cijela AB konstrukcija izvedena od betona razreda C25/30 i armirana glatkom armaturom kvalitete GA 240/360.

Glavni transfer vertikalnog opterećenja sa rasponske konstrukcije se vrši na dva AB stupa. AB ploča je dilatirana od zidova upornjaka i ne oslanja se na njih.

Obzirom na nedostupnost izvorne projektne dokumentacije, oblik temeljenja stupova i upornjaka nije poznat, ali se može pretpostaviti da se radi o tipičnim elementima. Prema rezultatu pregleda odlučeno je da se stupovi i upornjaci samo lokalno saniraju, za što će biti propisana prikladna tehnologija (na upornjacima će se rekonstruirati zidići). Rasponski sklop treba konstrukcijski popraviti, a elemente opreme mosta izmijeniti. Oštećenja uočena na podgledu mosta indiciraju složene radove uklanjanja postojećeg zaštitnog sloja betona u donjoj zoni, čišćenja i dopune armature te izvedbu novog zaštitnog sloja. Obzirom na to da most treba proširiti i ojačati za povećano opterećenje (most je projektiran po zastarjelim propisima), u kombinaciji s očekivanim povećanjem prometa zbog izgradnje obilaznice Grada Novog Marofa, ocjenjuje se isplativim predvidjeti uklanjanje postojećeg rasponskog sklopa i izvedbu novog na popraavljenim elementima donjeg ustroja (stupovima i upornjacima). Povećani promet pješaka iziskuje dogradnju hodnika što dodatno opravdava rekonstrukciju rasponskog sklopa.

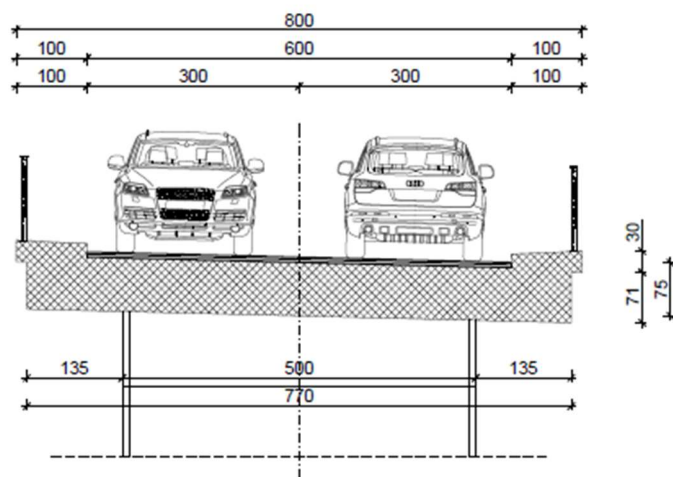
Vizualnim pregledom je utvrđeno da most nema ugrađene prijelazne naprave te da su reške između AB ploče mosta i zidića upornjaka zapunjene raznim materijalom. Ovaj efekt izazvan nenamjerno ili namjerno u svakom slučaju pomaže pri prijenosu sila pa će se ovom sanacijom predvidjeti elementi koji će i u konstruktivnom smislu osigurati prijenos horizontalnih sila na upornjake.

Ukupna duljina mosta mjereno okomito na osi upornjaka je 28,0 m od čega je središnji raspon (između osi stupova) 14,50 m.

Projektiranom sanacijom se duljina mosta kao ni rasponi ne mijenjaju.



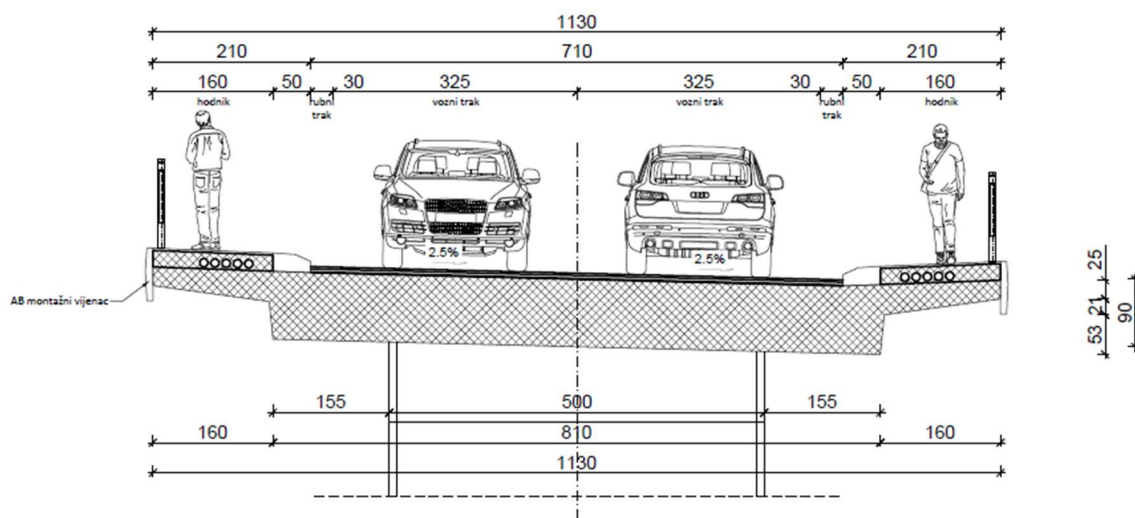
POPREČNI PRESJEK - POSTOJEĆE STANJE  
M 1:50



SLOJEVI KONSTRUKCIJE:

- habajući sloj asfalta..... 3 cm
- zaštita hidroizolacije..... 4 cm
- hidroizolacija..... 1 cm
- postojeća AB ploča..... 75 cm

POPREČNI PRESJEK - PRIJEDLOG SANACIJE  
M 1:50



SLOJEVI KONSTRUKCIJE:

- habajući sloj asfalta..... 3 cm
- zaštita hidroizolacije..... 4 cm
- hidroizolacija..... 1 cm
- AB ploča..... 90 cm

Projektiranom sanacijom se ukupna širina mosta povećava za 40 cm, a dodaju se obostrano pješački hodnici konstantne širine 160 cm, tako da ukupna širina poprečnog presjeka iznosi 1130 cm. Kolnik ima jednostrešan poprečni pad od 2,5 % prema nizvodnoj strani mosta.

## ***GORNJI USTROJ***

### ***Rasponski sklop***

Rasponski sklop je predviđen kao puna armiranobetonska ploča. Dužine raspona na ploči variraju: na krajevima ploče raspon iznosi 475 cm, dok je središnji raspon 1850 cm. Debljina ploče iznosi 90 cm, a širina 810 cm. Na obje strane ploče se nalaze konzole, širine 160 cm, čija visina varira od 25 cm na rubu do 41 cm na spoju s pločom, gdje se nalazi hodnik. Ukupna širina ploče iznosi 1130 cm.

### ***Hodnici i ograda***

Hodnici se izvode monolitno s kolničkom pločom mosta, a omeđeni su montažnim betonskim rubnjakom 15x25 cm sa strane prema kolniku te montažnim AB vijencem na slobodnom kraju hodnika/mosta.

Na cijelom potezu mosta predviđena je nova zaštitna pješačka ograda s rukohvatom. Antikorozivna zaštita ograde izvodi se vrućim pocinčavanjem.

### ***Hidroizolacija i kolnički zastor***

Nakon površinske obrade koja obuhvaća čišćenje cementne skramice i mrlja od ulja, uklanjanja stršćih zrna agregata većih od 2 mm te sušenja (u slučaju vlažnog vremena), pristupa se izvedbi hidroizolacije od zavarenih bitumenskih traka debljine 1 cm. Ona se postavlja po cijeloj širini armiranobetonske ploče kolnika.

Podloga za izradu hidroizolacije treba biti potpuno suha, ravna i čista. Prije zavarivanja bitumenskih traka, treba izvesti epoksidni premaz. Zavarivanje se obavlja plinskim plamenikom tako da se rastali bitumenska masa ravnomjerno po čitavoj širini omota, stvarajući tzv. talivi bitumenski klin između omota i podloge. Rolanjem omota postiže se homogena veza s podlogom, odnosno međuslojno. Preklopi traka trebaju iznositi 10 cm. Izvedbi hidroizolacije treba posvetiti maksimalnu pažnju, jer o njenoj kvaliteti direktno ovisi trajnost objekta. Za vrijeme izvođenja hidroizolacije nužna je stalna nazočnost nadzornog inženjera.

Zastor na kolničkoj ploči rasponske konstrukcije formira zaštitni sloj AC 11 Bin debljine 4 cm, ugrađen iznad hidroizolacije (kao njena zaštita), te habajući sloj asfaltbetona AC 16 surf debljine 4 cm. Kakvoća i kontrola asfaltbetona u svemu treba zadovoljavati važeće norme i pravila struke, kao i sama izvedba asfaltnih slojeva.

Na spojevima asfaltbetona s rubnjakom i prijelaznom napravom, u zastoru ostaviti reške u debljini habajućeg sloja asfalta, širine 2 cm. Reške zaliti masom za zalijevanje reški, koja mora biti trajnoelastična i vodonepropusna.

### ***Prijelazne naprave***

Na osnovu predviđenih pomaka izazvanih temperaturnim promjenama, predviđena je ugradba dviju prijelaznih naprava na krajevima rasponskog sklopa, kod oba upornjaka. Smiju se ugraditi samo atestirane prijelazne naprave.

Ugradnja naprave treba biti ispravna, tako da ona bude funkcionalna, trajna, vodonepropusna i što manje "primjetna" u vožnji. Ugradnju obaviti pod stručnim nadzorom proizvođača naprave, sukladno ovom projektu i radioničkim nacrtima isporučitelja.

Odabrana prijelazna naprava za ukupne pomake od 50 mm.

### ***Ležajevi***

Projektom sanacije predviđena je ugradnja traka od tvrde neoprenske gume između kolničke ploče i novih dijelova upornjaka u svemu prema detaljima u nacrtima. Ove neoprenske trake debljine 20 mm preuzimaju samo horizontalne tlačne sile prenoseći ih preko zida upornjaka na nasip iza upornjaka.

Sva vertikalna opterećenja mosta prenose se na temeljno tlo preko dva AB stupa.

## ***DONJI USTROJ***

### ***Stupovi***

Stupovi mosta su armiranobetonski, presjeka 500x50 cm i visine 3,0 - 3,5 m mjereno do uređenog terena. Predviđa se čišćenje površine betona pjeskarenjem.

### ***Upornjaci***

Sanacijom se predviđa rekonstrukcija postojećih upornjaka. Uklanja se dio postojećeg betona te se izvode novi zidići širine 50 cm i visine cca 80 cm na upornjacima. Proračun nije potreban.

## 6.4. Proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti rasponskog sklopa

Prilikom projektiranja i dimenzioniranja rasponskog sklopa korišteni su Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN, br. 17/17, 75/20 i 7/22), koji nam definira okvire ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, propisuje tehnička svojstva za građevinske konstrukcije u građevinama, zahtjeve za projektiranje, izvođenje, održavanje i uklanjanje. [20]

### Analiza opterećenja

Obujamske težine za stalna i pokretna opterećenja preuzeta su iz norme HRN EN 1991-1-1/NA - Eurokoda 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-1: Opća djelovanja - Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada [19].

Stalno opterećenje:

- Vlastitu težinu programski paket SCIA Engineer izračunava iz geometrijskih podataka
- Težina asfalta i hidroizolacije 2,0 kN/m<sup>2</sup>

Na slici 27 su prikazani preporučeni odnosi za ploče u kojoj se nalaze maksimalni preporučeni odnosi duljine raspona L te visine presjeka H, te je prema tome omjer L/h i odabran sljedeća visina presjeka.

$$\text{Pretpostavljena visina ploče: } \frac{L}{L/h} = \frac{18,50}{22} = 0,84 \text{ m}$$

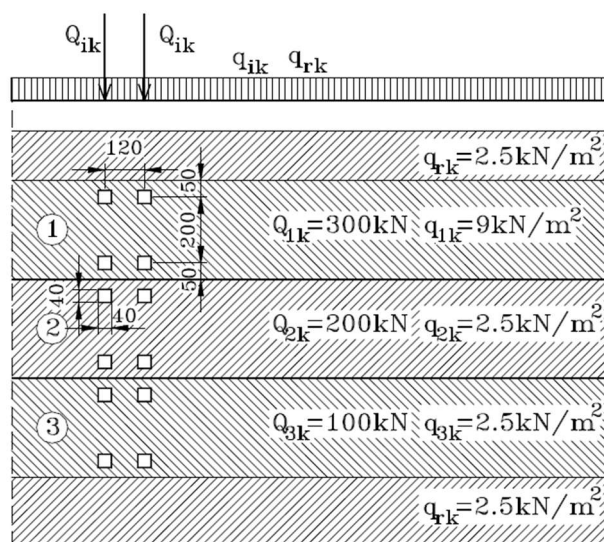
Odabrana visina: 90 cm

| PLOČA                    | L/h               |            | max L (m)         |            |
|--------------------------|-------------------|------------|-------------------|------------|
|                          | armirano-betonski | prednapeti | armirano-betonski | prednapeti |
| slobodno oslonjena greda | 17                | 22         | 15,0              | 25,0       |
| kontinuirani nosač       | 22                | 28*        | 20,0              | 30,0       |

\* kod pločastih mostova s vutama L/h može ići do 40

Slika 27: Najveći preporučljivi odnosi za ploče  
(G. Puž: Skripta Mostovi)

Europskom normom HRN EN 1991-2:2012 - Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije -- 2. dio: Prometna opterećenja mostova - definirani su modeli za projektiranje novih mostova. [11] Norma EN 1991-2 definira uporabna opterećenja (modele i reprezentativne vrijednosti) pridružena cestovnom prometu, pješačkim djelovanjima i željezničkom prometu koja obuhvaćaju, gdje je mjerodavno, dinamičke učinke i centrifugalna djelovanja, djelovanja kočenja i ubrzanja i djelovanja za izvanredne proračunske situacije. [21].



Slika 28: Model opterećenja LM 1

(G. Puž: Skripta Mostovi)

Karakteristične vrijednosti koncentriranih i kontinuiranih opterećenja u prometnome modelu 1 definirane su u normi, uz vrijednosti korekcijskih faktora, koji se primjenjuju za modificiranje opterećenja, ovisno o kategoriji ceste na mostu te očekivanome volumenu i težini prometa, prikazano na slici 28. Također, reducirane korekcijske faktore moguće je primijeniti u postupcima analize postojećih mostova.

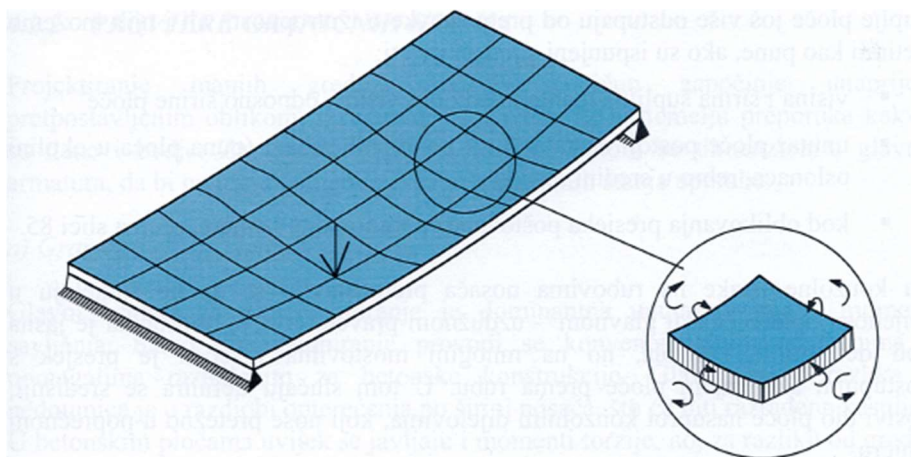
Osnovne vrijednosti korekcijskih faktora razlikuju se od države do države i nalaze se ili u nacionalnome dodatku pojedine države ili se uzimaju s vrijednošću 1,0, ako nije definirano drugačije. Većina država EU-a, uključujući Hrvatsku, primjenjuje preporučenu vrijednost od 1,0 za sve korekcijske faktore kod projektiranja novih mostova.

Reduciranom vrijednošću korekcijskih faktora, temeljenom na podacima o stvarnom izmjerenom prometu na određenom mostu ili dionici ceste, prometni model 1 može se primijeniti u analizi stanja postojećih mostova. Za razliku od vrijednosti prilikom projektiranja novih mostova, korekcijski faktori za ocjenu stanja definirani su ovisno o duljini mosta, ali i o tipu poprečnoga presjeka glavnoga nosača (sandučasti, pločasti i drugi), a u nekim slučajevima i o kategoriji ceste na mostu (autocesta, državna cesta i drugo).

Za potrebe ove analize proračun će se provesti bez faktora redukcije za koncentrirana opterećenja i kontinuirana opterećenja. Proračun se provodi pomoću računalnog paketa SCIA Engineer [15].

Shema prometnog opterećenja je usvojena za "Model 1" prema normi HRN EN 1991-2:2012 [21].

Prema općoj definiciji ploče su ravni površinski nosači kod kojih opterećenje djeluje okomito na njihovu srednju ravninu [4]. Ispravno konstruirana ploča djeluje kao plošni nosač, kontinuiran za prijenos momenata savijanja u svim smjerovima unutar plohe (moment savijanja u smjeru vožnje  $m_x$ , moment savijanja okomito na smjer vožnje  $m_y$ , momenata torzije  $m_{xy}$ ) [5]. Kada opterećenje djeluje koncentrirano, ploča se lokalno progiba u obliku plitke posude, pri čemu se razvija dvodimenzionalan sustav unutarnjih sila kojima se opterećenje preraspodjeljuje na područja koja nisu izravno opterećena, kao što je prikazano na sljedećoj slici 29.

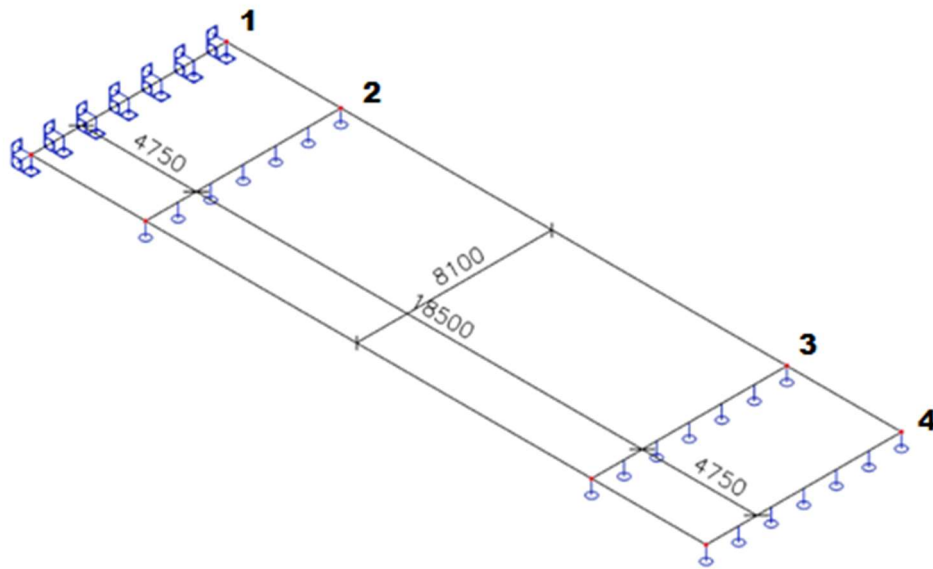


*Slika 29: Progib ploče pod koncentriranim opterećenjem  
(J. Radić: Masivni mostovi)*

Teorija ploča zasniva se na sljedećim pretpostavkama:

- debljina ploče je mala u odnosu na raspon,
- progibi ploče su mali u odnosu na debljinu,
- materijal je izotropan i elastičan.

Ploču smatramo izotropnom kada ima podjednaku krutost u svim smjerovima unutar ravnine ploče, a ortotropnom kada se krutosti u dva okomita smjera znatnije razlikuju. Važno je napomenuti da pretpostavka o izotropnosti nije posve ispravna za pune armiranobetonke ploče, zbog veće količine uzdužne armature, ali se njezinim usvajanjem dobivaju rezultati prihvatljivi u praksi.



Slika 30: Skica modela

Na gornjoj slici, slika 30, prikazana je skica modela zadanog za proračun. Svi oslonci su modelirani kao linijski ležajevi. Linijski ležajevi 1 i 4 predstavljaju oslonac na zidic upornjaka, dok ležajevi 2 i 3 oslonac na stupove. Na početnom ležaju 1 je modeliran upeti ležaj, dok su na ostalim čvorovima pokretni ležajevi. Svi elementi su modelirani ravninski, kao 2D ploče, s dimenzijama kao na skici. Postupak dimenzioniranja je proveden po propisa iz Eurokodova, Zakona o gradnji i Tehničkih propisa za građevinske konstrukcije. Proračun je izvršen pomoću programa Scia Engineer, s postavkama za proračun cestovnih mostova. Uključena su sva djelujuća stalna i pokretna opterećenja, te je proračun izvršen primjenom metode konačnih elemenata uz izradu mreže (mreža dimenzija cca 1 m x 1 m). U nastavku je prikazan postupak određivanja polaznih parametara i samo dimenzioniranje, te tablice u kojima su dati iznosi momenata i poprečnih sila za svaki pojedinačni slučaj opterećenja, te konačan iznos momenata i poprečnih sila potrebnih za dimenzioniranje po stalnoj proračunskoj situaciji.

Određivanje širine trakova:

Širina kolnika odgovara razmaku rubnjaka.

$$w = 7,10 \text{ m}$$

Širina prometnog traka za opterećenje  $w_i = 3,0 \text{ m}$ .

Broj prometnih trakova  $n_i = 2$

U normi HRN EN 1991-2:2012 (Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - 2. dio: Prometna opterećenja) [21] definirani su model opterećenja „LM1“ iznosi i položaji opterećenja, koji su grafički prikazani na slikama 32 i 33.

Prometni trak 1:

- jednoliko raspodijeljeno opterećenje (UDL)  $q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$
- dva osovinska opterećenja (TS)  $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$

Ostatak površine:

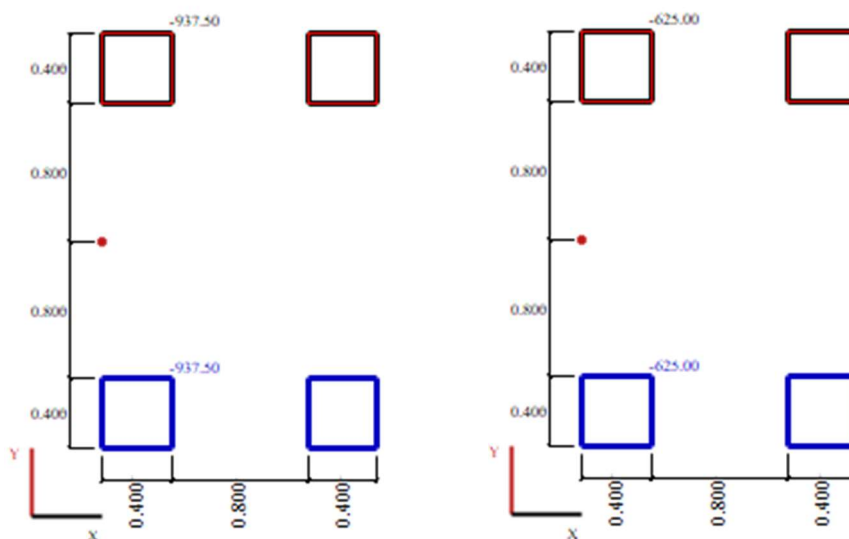
- jednoliko raspodijeljeno opterećenje (UDL)  $q_{rk} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Brojčane vrijednosti  $Q_{1k}$  i  $q_{1k}$  sadrže dinamički koeficijent.

$$4 \cdot 1,0 \cdot 150 \text{ kN na kontaktnoj plohi } 0,4 \times 0,4 \text{ m} \quad 4 \times 937,50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_1 = 1,0 \cdot 9,0 \text{ kN/m}^2 = 9,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 2,50 \text{ kN/m}^2$$



Slika 31: Dimenzije i iznosi pokretnog opterećenja vozila za prometni trak 1 (lijevo) i prometni trak 2 (desno)



Prometni trak 2:

- jednoliko raspodijeljeno opterećenje (UDL)  $q_{1k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- dva osovinska opterećenja (TS)  $Q_{1k} = 200 \text{ kN}$

Ostatak površine:

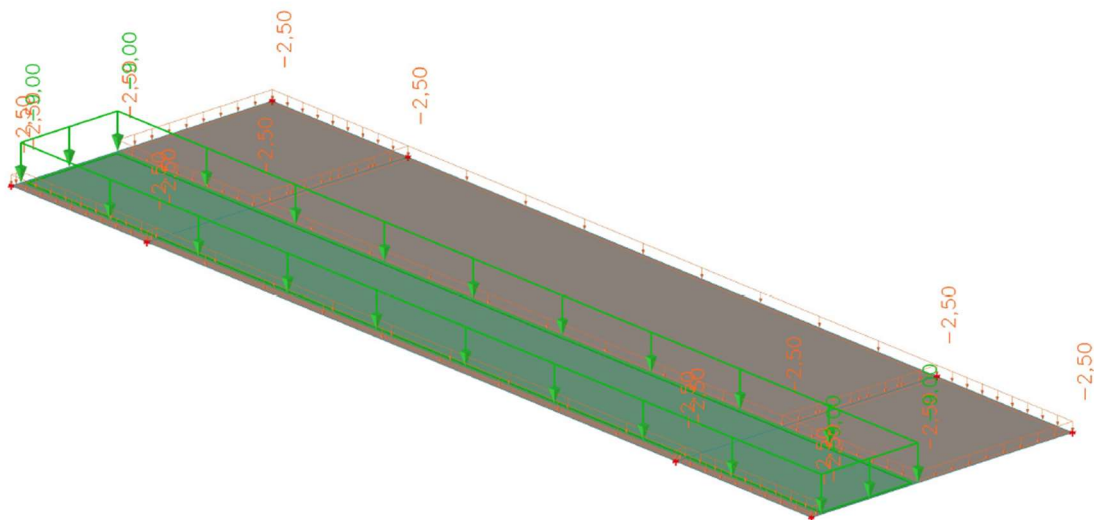
- jednoliko raspodijeljeno opterećenje (UDL)  $q_{1k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Brojčane vrijednosti  $Q_{1k}$  i  $q_{1k}$  sadrže dinamički koeficijent.

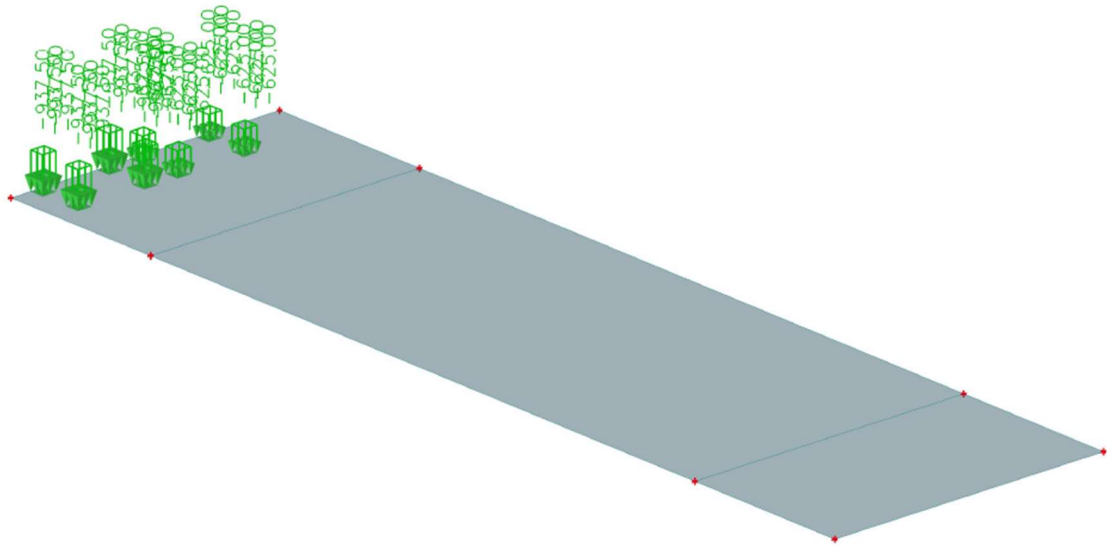
$4 \cdot 1,0 \cdot 100 \text{ kN}$  na kontaktnoj plohi  $0,4 \times 0,4 \text{ m}$        $4 \times 625 \text{ kN/m}^2$

$q_1 = 1,0 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,5 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 2,50 \text{ kN/m}^2$



Slika 32: Prikaz kontinuiranog opterećenja



*Slika 33: Prikaz koncentriranog opterećenja*

### Slijeganje

Konstrukcija je protekom vremena već doživjela slijeganje pa se ne očekuje značajnije dodatno slijeganje.

## Rezultati proračuna

Tablica 3: Rezultati za slučaj opterećenja vlastita težina

### 2D internal forces

Linear calculation

Load case: Self weight

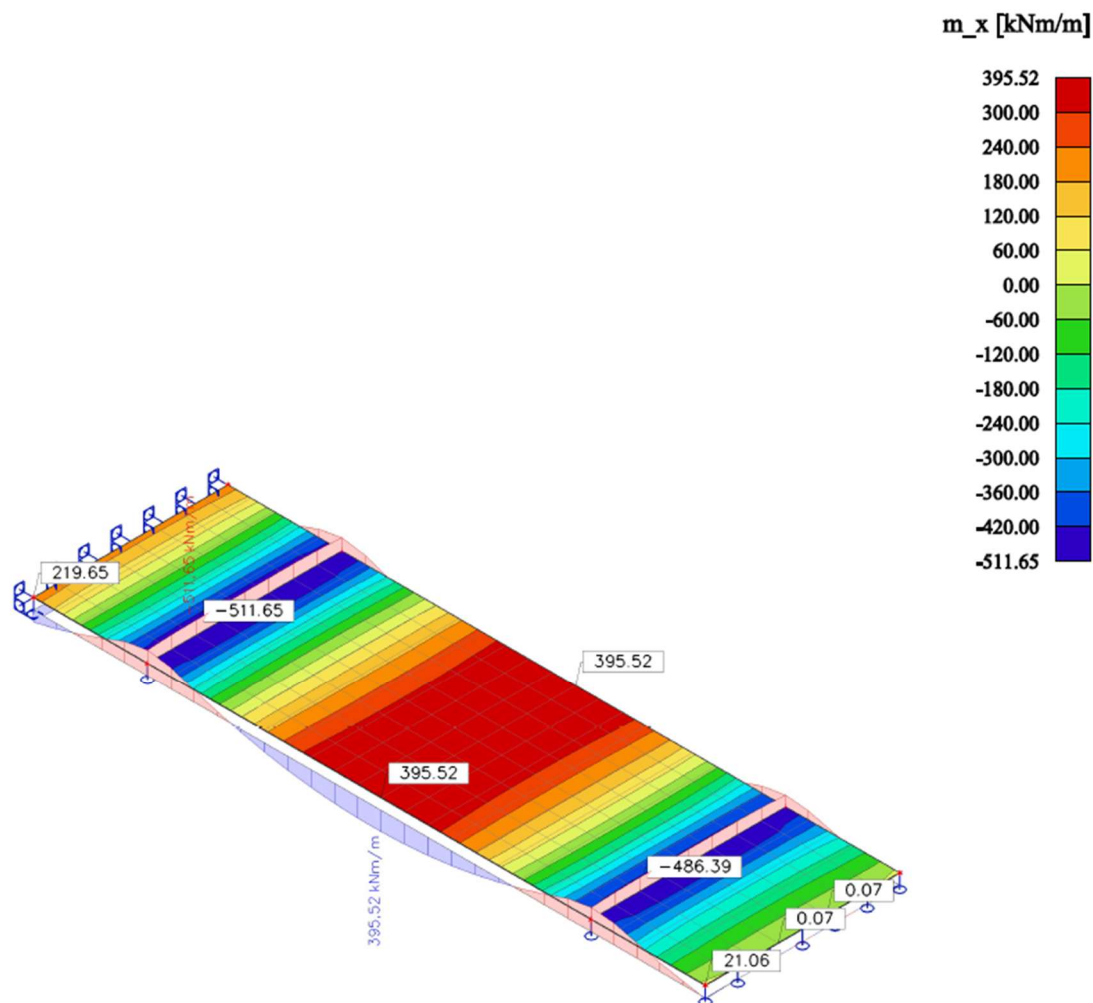
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg.. Rotation of the planar system: LCS-Member 2D

Basic magnitudes - Standard result

| x [m]  | y [m] | z [m] | Case        | $m_x$ [kNm/m]  | $m_y$ [kNm/m]  | $m_{xy}$ [kNm/m] | $v_x$ [kN/m]   | $v_y$ [kN/m]   |
|--------|-------|-------|-------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| 4,750  | 2,025 | 0,000 | Self weight | <b>-511,65</b> | -102,34        | 2,98             | -6,76          | 0,53           |
| 14,487 | 0,000 | 0,000 | Self weight | <b>395,52</b>  | 3,12           | -2,68            | -17,55         | 6,76           |
| 4,750  | 3,037 | 0,000 | Self weight | -509,61        | <b>-103,85</b> | 1,68             | -7,14          | 3,31           |
| 0,000  | 1,013 | 0,000 | Self weight | 215,98         | <b>45,46</b>   | -2,03            | -129,85        | 0,00           |
| 9,618  | 8,100 | 0,000 | Self weight | 168,37         | 4,82           | <b>-25,27</b>    | 179,04         | -2,97          |
| 9,618  | 0,000 | 0,000 | Self weight | 168,37         | 4,82           | <b>25,27</b>     | 179,04         | 2,97           |
| 21,303 | 0,000 | 0,000 | Self weight | -198,36        | 1,10           | -19,44           | <b>-217,66</b> | -6,35          |
| 7,671  | 0,000 | 0,000 | Self weight | -69,75         | 0,00           | 20,86            | <b>219,62</b>  | -3,92          |
| 4,750  | 0,000 | 0,000 | Self weight | -475,83        | 13,14          | 2,40             | 2,05           | <b>-205,48</b> |
| 4,750  | 8,100 | 0,000 | Self weight | -475,83        | 13,14          | -2,40            | 2,05           | <b>205,48</b>  |



Slika 34: Dijagram momenata za slučaj opterećenja vlastita težina

Tablica 4: Rezultati za slučaj opterećenja stalno opterećenje

## 2D internal forces

Linear calculation

Load case: Perm

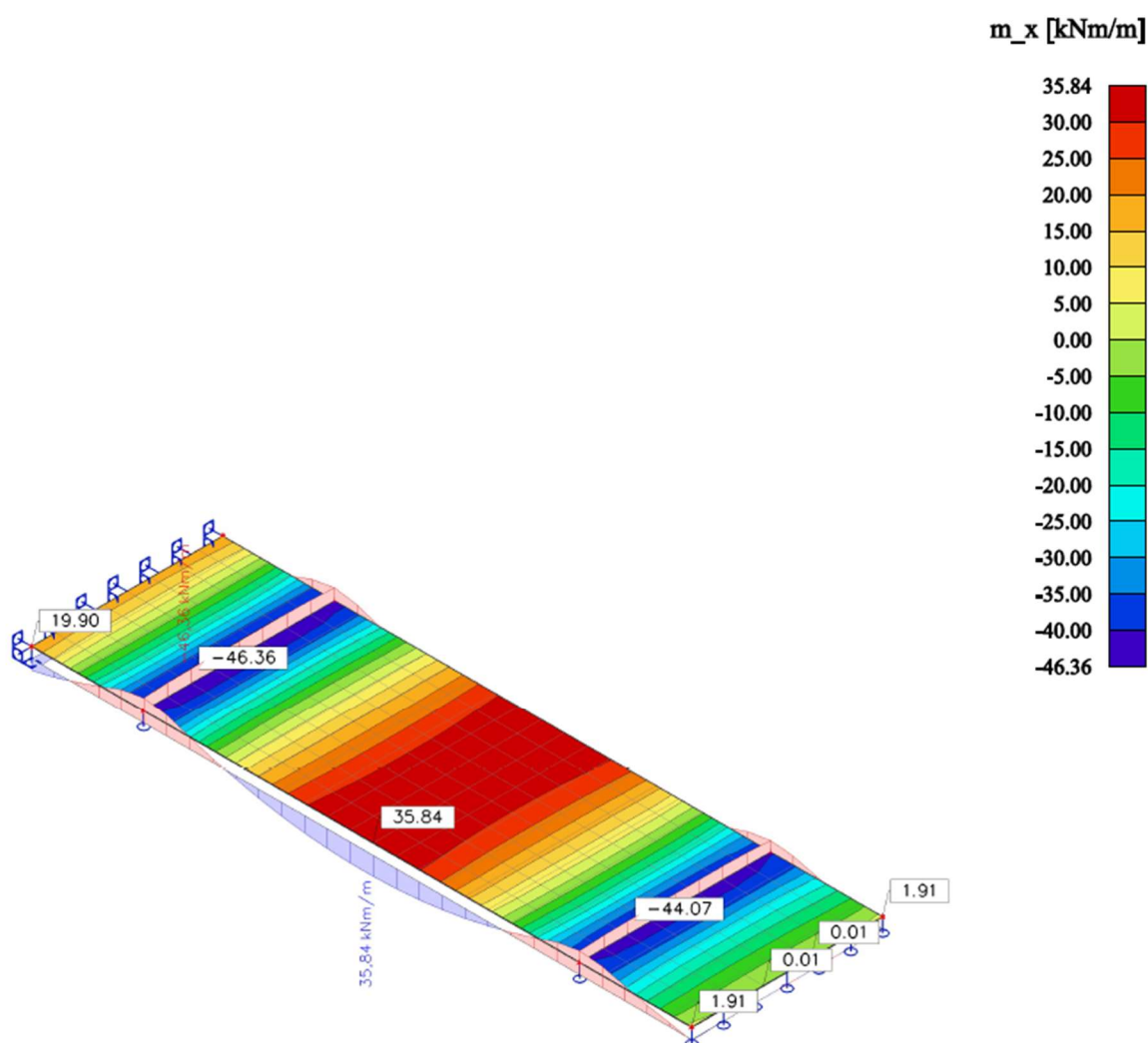
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg., Rotation of the planar system: LCS-Member 2D

### Basic magnitudes - Standard result

| x [m]  | y [m] | z [m] | Case | $m_x$ [kNm/m] | $m_y$ [kNm/m] | $m_{xy}$ [kNm/m] | $v_x$ [kN/m]  | $v_y$ [kN/m]  |
|--------|-------|-------|------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| 4,750  | 2,025 | 0,000 | Perm | <b>-46,36</b> | -9,27         | 0,27             | -0,61         | 0,05          |
| 14,487 | 0,000 | 0,000 | Perm | <b>35,84</b>  | 0,28          | -0,24            | -1,59         | 0,61          |
| 4,750  | 3,037 | 0,000 | Perm | -46,18        | <b>-9,41</b>  | 0,15             | -0,65         | 0,30          |
| 0,000  | 7,087 | 0,000 | Perm | 19,57         | <b>4,12</b>   | 0,18             | -11,77        | 0,00          |
| 9,618  | 8,100 | 0,000 | Perm | 15,26         | 0,44          | <b>-2,29</b>     | 16,22         | -0,27         |
| 9,618  | 0,000 | 0,000 | Perm | 15,26         | 0,44          | <b>2,29</b>      | 16,22         | 0,27          |
| 21,303 | 0,000 | 0,000 | Perm | -17,97        | 0,10          | -1,76            | <b>-19,72</b> | -0,58         |
| 7,671  | 0,000 | 0,000 | Perm | -6,32         | 0,00          | 1,89             | <b>19,90</b>  | -0,35         |
| 4,750  | 0,000 | 0,000 | Perm | -43,12        | 1,19          | 0,22             | 0,19          | <b>-18,62</b> |
| 4,750  | 8,100 | 0,000 | Perm | -43,12        | 1,19          | -0,22            | 0,19          | <b>18,62</b>  |



Slika 35: Dijagram momenata za slučaj opterećenja stalno opterećenje

Tablica 5: Rezultati za slučaj opterećenja pokretno koncentrirano opterećenje od vozila

## 2D internal forces

Linear calculation

Load case: gr1a-TS

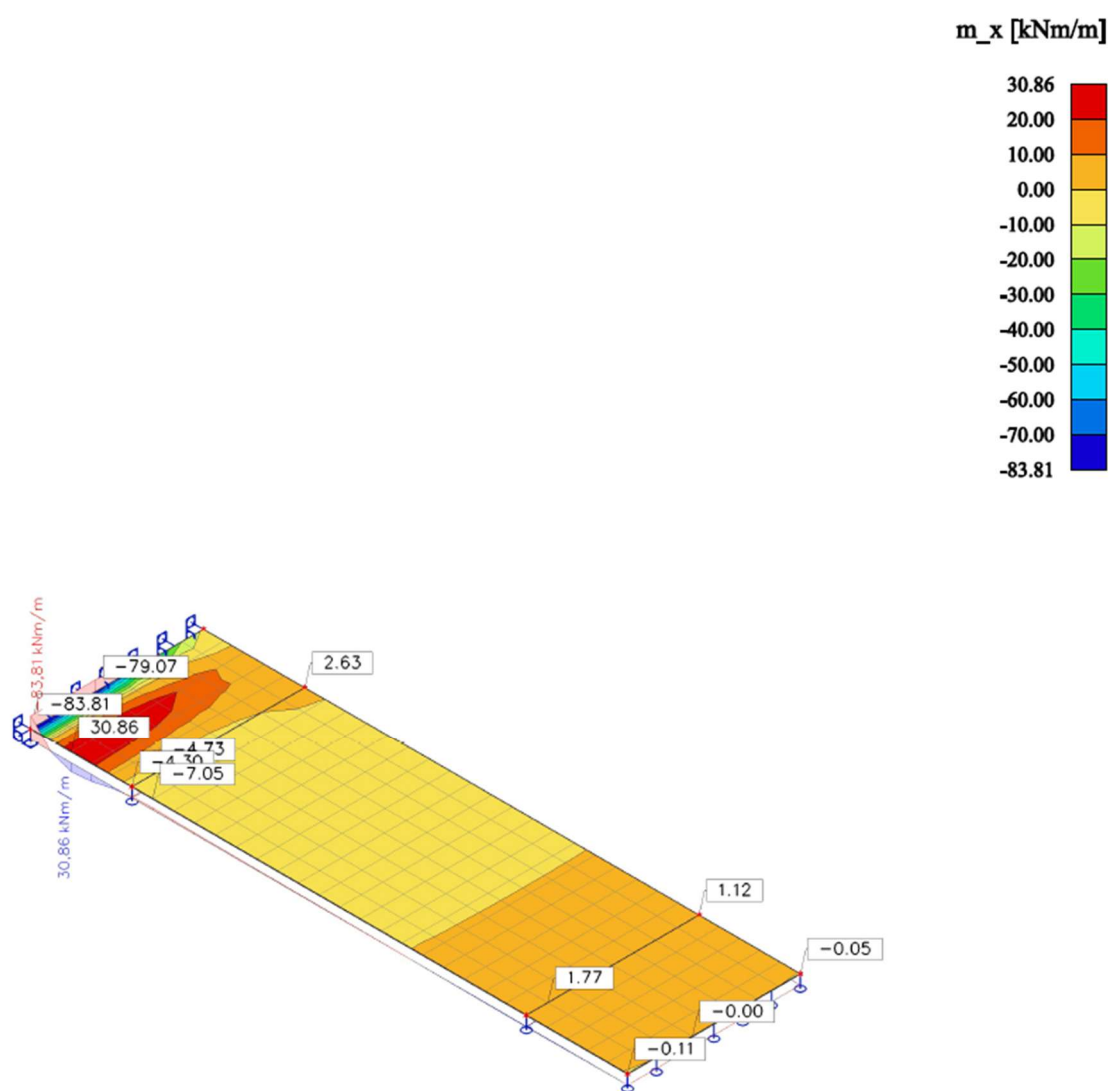
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg.. Rotation of the planar system: LCS-Member 2D

### Basic magnitudes

| x [m] | y [m] | z [m] | Case    | $m_x$ [kNm/m] | $m_y$ [kNm/m] | $m_{xy}$ [kNm/m] | $v_x$ [kN/m]  | $v_y$ [kN/m]  |
|-------|-------|-------|---------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| 0,000 | 0,000 | 0,000 | gr1a-TS | <b>-83,81</b> | -16,23        | -1,27            | 128,41        | 0,00          |
| 0,000 | 1,013 | 0,000 | gr1a-TS | -82,15        | <b>-16,80</b> | 1,88             | 128,81        | 0,00          |
| 1,900 | 3,037 | 0,000 | gr1a-TS | 29,72         | <b>10,23</b>  | 1,24             | -1,09         | 2,01          |
| 3,800 | 6,075 | 0,000 | gr1a-TS | 4,67          | 0,69          | <b>-3,31</b>     | -5,61         | -0,42         |
| 0,000 | 4,050 | 0,000 | gr1a-TS | -65,43        | -14,38        | <b>5,46</b>      | 103,08        | 0,00          |
| 3,800 | 0,000 | 0,000 | gr1a-TS | 6,58          | -0,51         | -1,17            | <b>-19,31</b> | 0,08          |
| 0,000 | 3,037 | 0,000 | gr1a-TS | -79,07        | -16,04        | 1,17             | <b>142,52</b> | 0,00          |
| 1,900 | 4,050 | 0,000 | gr1a-TS | 25,51         | 7,70          | 0,25             | 4,49          | <b>-12,11</b> |
| 1,900 | 0,000 | 0,000 | gr1a-TS | <b>30,86</b>  | 0,27          | 2,13             | 9,16          | <b>16,86</b>  |



Slika 36: Dijagram momenata za slučaj opterećenja pokretno koncentrirano opterećenje od vozila

Tablica 6: Rezultati za slučaj opterećenja pokretno kontinuirano opterećenje

## 2D internal forces

Linear calculation

Load case: gr1a-UDL

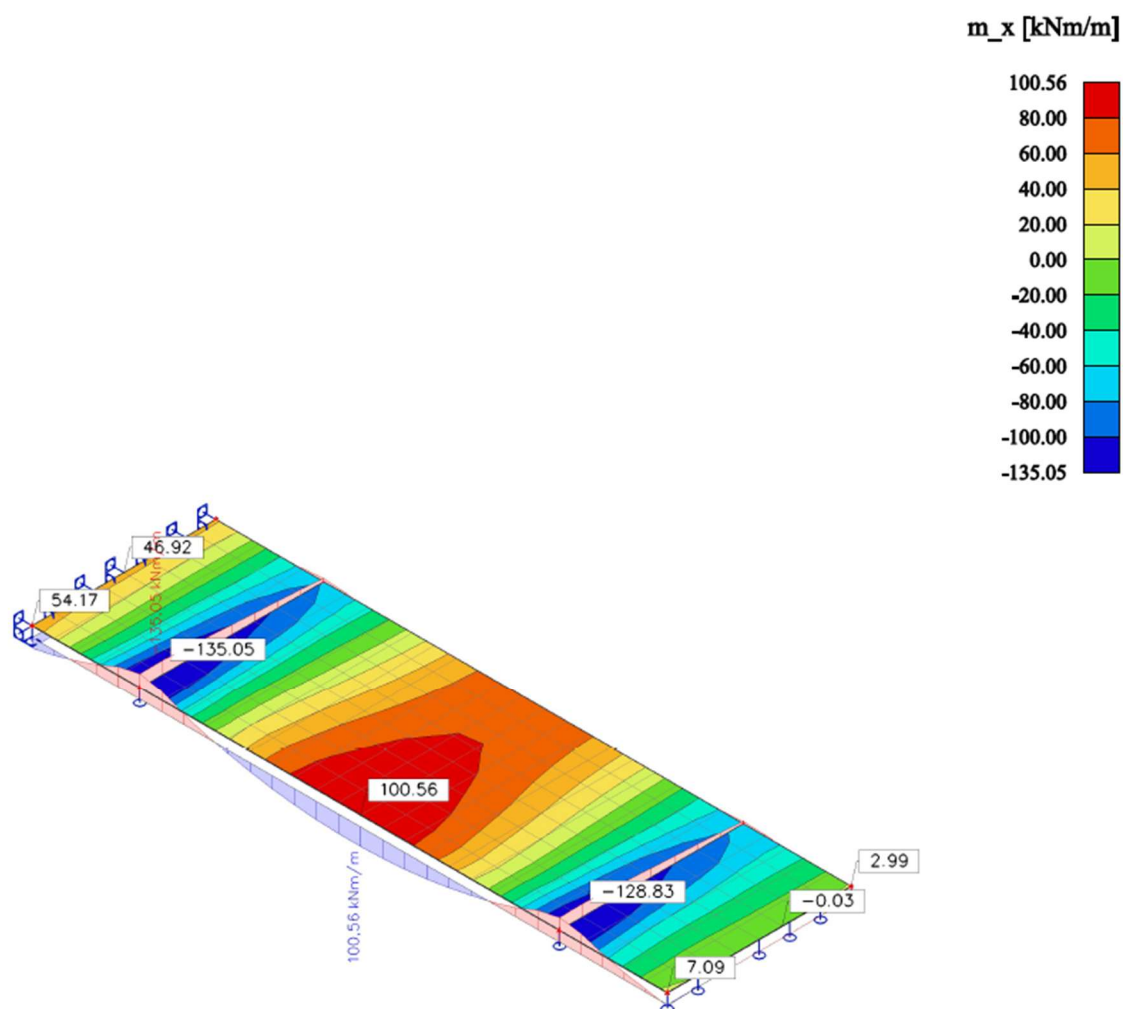
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg.. Rotation of the planar system: LCS-Member 2D

### Basic magnitudes

| x [m]  | y [m] | z [m] | Case     | $m_x$ [kNm/m]  | $m_y$ [kNm/m] | $m_{xy}$ [kNm/m] | $v_x$ [kN/m]  | $v_y$ [kN/m]  |
|--------|-------|-------|----------|----------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| 4,750  | 1,012 | 0,000 | gr1a-UDL | <b>-135,05</b> | -21,09        | 7,01             | -3,19         | -11,60        |
| 14,487 | 0,000 | 0,000 | gr1a-UDL | <b>100,56</b>  | 1,04          | -1,49            | -7,14         | 4,81          |
| 4,750  | 2,025 | 0,000 | gr1a-UDL | -129,72        | <b>-25,90</b> | 7,91             | -1,15         | 9,00          |
| 14,487 | 2,025 | 0,000 | gr1a-UDL | 93,52          | <b>11,29</b>  | -1,68            | -1,89         | -2,22         |
| 20,329 | 1,012 | 0,000 | gr1a-UDL | -7,43          | 1,67          | <b>-17,91</b>    | -26,46        | -0,21         |
| 7,671  | 1,012 | 0,000 | gr1a-UDL | -13,06         | 1,57          | <b>17,71</b>     | 27,31         | -0,33         |
| 21,303 | 0,000 | 0,000 | gr1a-UDL | -46,29         | -0,91         | -12,32           | <b>-90,43</b> | -0,03         |
| 6,697  | 0,000 | 0,000 | gr1a-UDL | -53,04         | -0,73         | 12,44            | <b>90,71</b>  | -0,22         |
| 4,750  | 0,000 | 0,000 | gr1a-UDL | -133,40        | 2,63          | 5,64             | 16,95         | <b>-50,00</b> |
| 4,750  | 8,100 | 0,000 | gr1a-UDL | -78,57         | 3,19          | 4,09             | -15,42        | <b>42,52</b>  |



Slika 37: Dijagram momenata za slučaj opterećenja pokretno kontinuirano opterećenje



Tablica 7: Rezultati stalne proračunske situacije

## 2D internal forces

Linear calculation

Combination: Stalna proračunska situacija

Extreme: Global

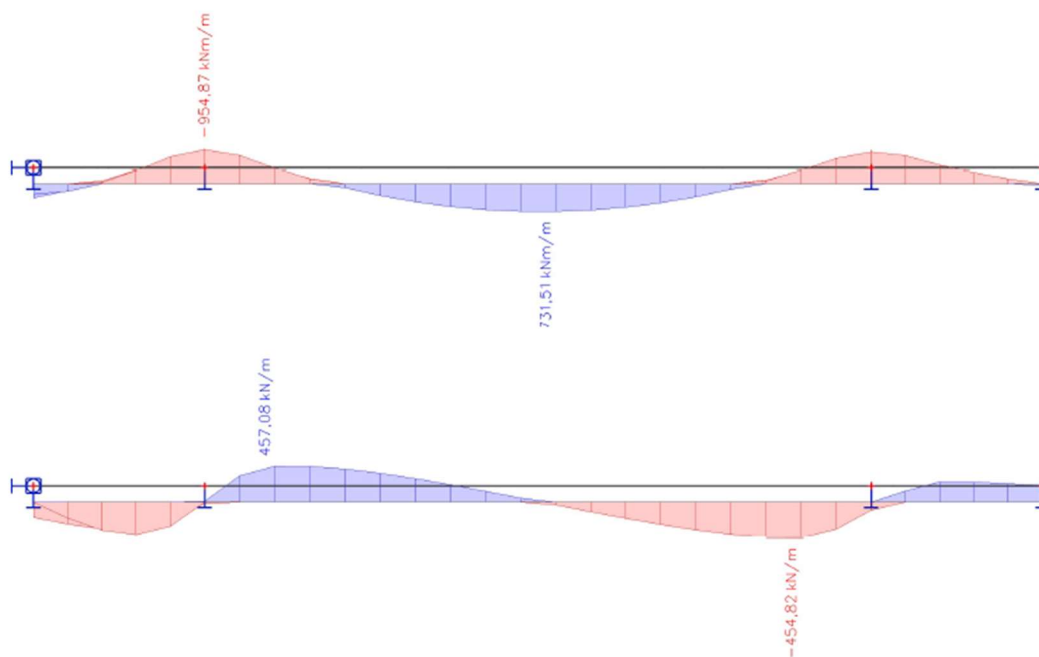
Selection: All

Location: In nodes avg.. Rotation of the planar system: LCS-Member 2D

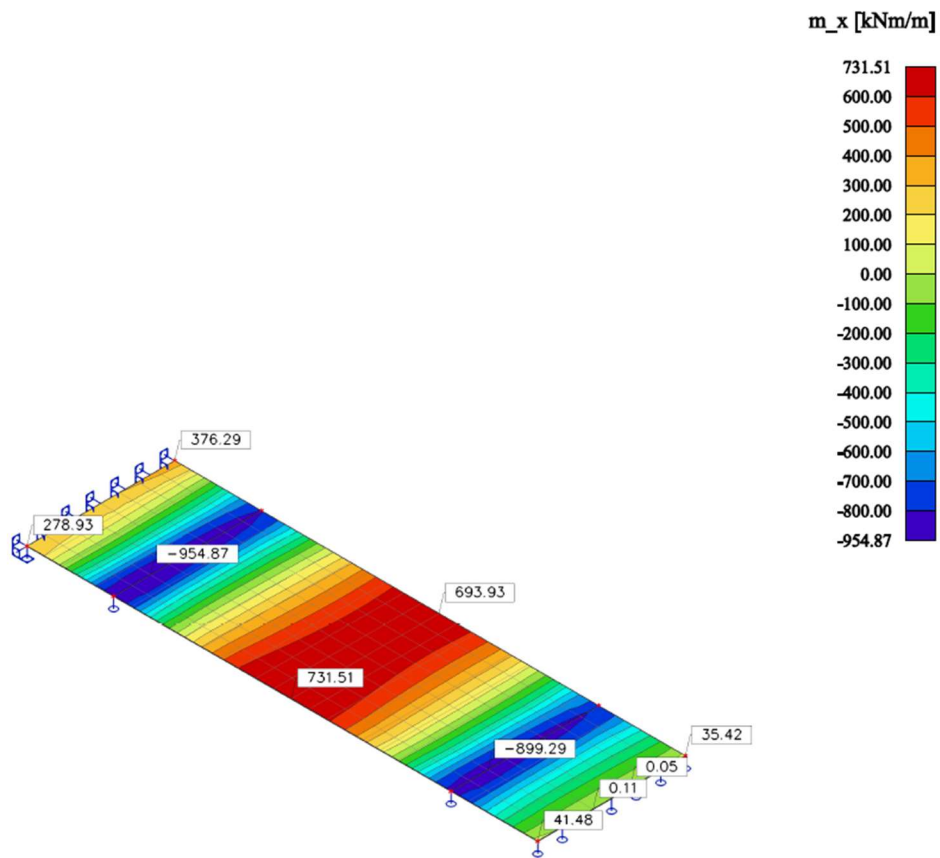
### Basic magnitudes

| x [m]  | y [m] | z [m] | Case                           | $m_x$ [kNm/m]  | $m_y$ [kNm/m]  | $m_{xy}$ [kNm/m] | $v_x$ [kN/m]   | $v_y$ [kN/m]   |
|--------|-------|-------|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| 4,750  | 2,025 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | <b>-954,87</b> | -191,26        | 14,20            | -21,25         | 14,64          |
| 14,487 | 0,000 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | <b>731,51</b>  | 6,12           | -5,84            | -34,79         | 17,15          |
| 4,750  | 3,037 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | -938,33        | <b>-191,41</b> | 11,22            | -22,05         | 21,24          |
| 0,000  | 7,087 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | 354,81         | <b>73,10</b>   | 9,44             | -200,39        | 0,00           |
| 19,355 | 1,012 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | 159,39         | 6,25           | <b>-57,16</b>    | -167,11        | 0,43           |
| 8,645  | 1,012 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | 116,01         | 4,90           | <b>59,02</b>     | 174,28         | -0,36          |
| 21,303 | 0,000 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | -359,66        | 0,28           | -46,89           | <b>-454,82</b> | -9,32          |
| 6,697  | 0,000 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | -422,39        | 0,98           | 45,51            | <b>457,08</b>  | -11,21         |
| 4,750  | 0,000 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | -907,13        | 22,10          | 9,71             | 11,88          | <b>-379,75</b> |
| 4,750  | 8,100 | 0,000 | Stalna proračunska situacija/1 | -814,49        | 24,41          | 1,28             | -17,90         | <b>367,34</b>  |

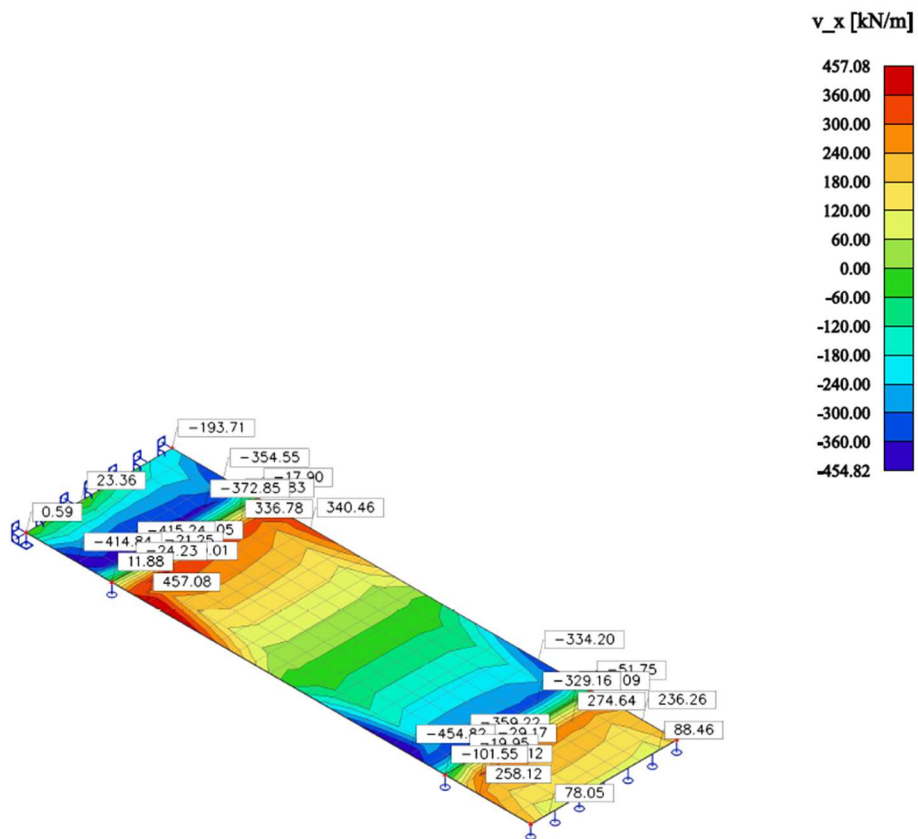
| Name                           | Combination key   |
|--------------------------------|---|
| Stalna proračunska situacija/1 | 1.35*Perm + 1.50*gr1a-TS + 1.50*gr1a-UDL + 1.35*Self weight |



Slika 38: Dijagram momenata na rubu (gornja slika)  
i dijagram poprečnih sila (donja slika)

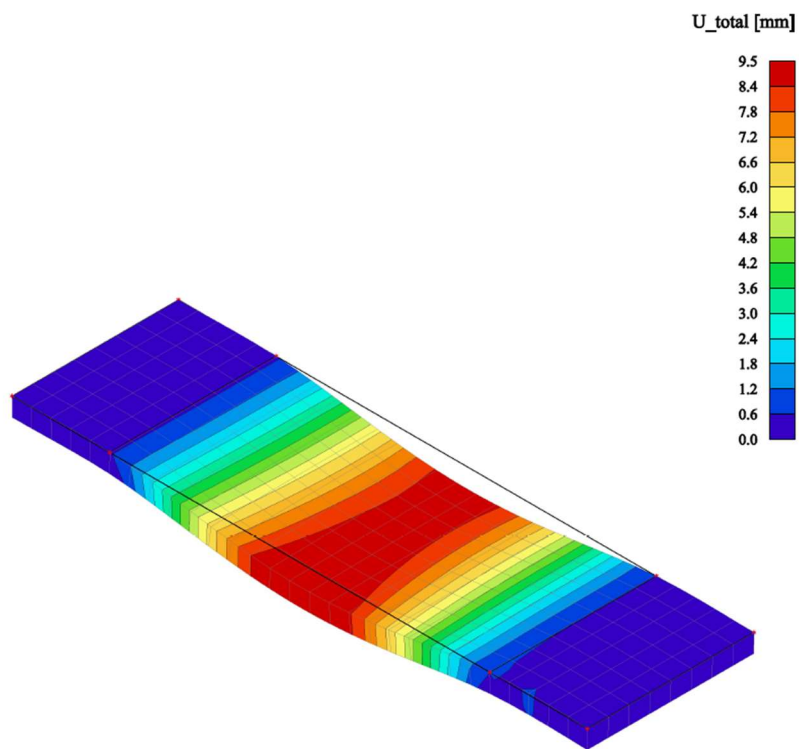


Slika 39: Iznosi momenata



Slika 40: Iznosi poprečnih sila





*Slika 41: Iznosi pomaka*

### Ručna provjera rezultata

U ovom odjeljku provjeravamo ručno dobivene rezultate radi usporedbe sa dobivenim iznosima u programu Scia Engineer. Mjerodavna kombinacija je stalna proračunska kombinacija.

Stalna proračunska situacija uključuje [7]:

- karakteristične vrijednosti svih stalnih djelovanja  $G_{kj}$  uvećanih parcijalnim faktorom (1,35)
- karakterističnu vrijednost vodećeg promjenjivog djelovanja  $Q_{k1}$  uvećanu parcijalnim faktorom (1,35 za povoljno ili 1,50 za nepovoljno djelovanje)
- vrijednosti u kombinaciji ostalih promjenjivih djelovanja uvećanih parcijalnim faktorom  $\psi_0 Q_{k1}$
- karakterističnu veličinu prednapinjanja  $P_k$  - parcijalni faktor iznosi 1,00.

Odabrane točke za usporedbu rezultata su točka s koordinatama  $x = 14,482$  m,  $y = 0$  m i  $z = 0$  m na rubu srednjeg raspona i točka  $x = 4,75$  m,  $y = 2,205$  m i  $z = 0$  m na ležaju. U tablici 8 prikazani su pojedinačni iznosi momenata u odabranim točkama dobiveni od odgovarajućeg opterećenja koje djeluje na konstrukciju.

Provjera je napravljena u tabličnom kalkulatoru „Excel“. Parcijalni faktori su odabrani iz norme HRN EN 1990:2023 - Eurokod 0 - Osnove projektiranja konstrukcija i geotehničkog projektiranja [24], te za stalno opterećenje iznose 1,35, dok za promjenjivo opterećenje iznose 1,50.

Tablica 8: Usporedba rezultata ručnom provjerom i pomoću softera SCIA Engineer

|                        | parcijalni faktor | koordinate točke  |                   |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                        |                   | 14,482 ; 0 ; 0    | 4,75 ; 2,205 ; 0  |
| vlastita težina        | 1,35              | 395,52 kNm        | 511,65 kNm        |
| stalno opterećenje     | 1,35              | 35,84 kNm         | 46,36 kNm         |
| pokretno koncentrirano | 1,50              | 30,86 kNm         | 83,81 kNm         |
| pokretno kontinuirano  | 1,50              | 100,56 kNm        | 129,72 kNm        |
| <b>ručna provjera</b>  |                   | <b>733,18 kNm</b> | <b>947,89 kNm</b> |
| <b>SCIA Enginner</b>   |                   | <b>731,51 kNm</b> | <b>954,87 kNm</b> |

Usporedbom rezultata u tablici 8., dobivenih ručnom kontrolom i u programu SCIA možemo zaključiti da su iznosi momenata približno istih iznosa te možemo dalje nastaviti proračun za potrebnu armaturu.

### Ručna provjera potrebne armature

Gradiva

- beton C30/37
- čelik B500B

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ N/mm}^2 = 2 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50}{1.15} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

Zaštitni sloj betona do armature:

$$c = 40 \text{ mm}$$

Statička visina d (udaljenost od težišta vlačne armature do tlačnog ruba presjeka)

$$d = h - c - \phi \text{ popr. arm} - \phi \text{ glavne arm.}$$

$$d = 900 - 40 - 14 - 14 = 832 \text{ mm} = 83.2 \text{ cm}$$

### Izračun potrebne armature u rasponu

$$M_{sd} = 731.51 \text{ kNm/m}' = 73151 \text{ kNcm/m}'$$

Bezdimenzionalni moment savijanja

$$\begin{aligned} \mu_{Ed} &= \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{73151}{100 \cdot (83,20)^2 \cdot 2} = 0.0528 \rightarrow \mu_{sd} = 0.053 \end{aligned}$$

Očitano iz tablice :

- koeficijent kraka unutrašnjih sila  $\zeta = 0.964$
- koeficijent položaja neutralne osi  $\xi = 0.095$
- relativna deformacija betona  $\epsilon_{c2} = -2.1 \text{ ‰}$
- relativna deformacija čelika  $\epsilon_{s1} = 20 \text{ ‰}$

Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{73151}{0.964 \cdot 83.2 \cdot 43.48} = 20.98 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

### Izračun potrebne armature nad ležajem

$$M_{sd} = 954.87 \text{ kNm/m}' = 95487 \text{ kNcm/m}'$$

Bezdimenzionalni moment savijanja

$$\begin{aligned} \mu_{Ed} &= \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{95487}{100 \cdot (83,20)^2 \cdot 2} = 0.0689 \rightarrow \mu_{sd} = 0.069 \end{aligned}$$

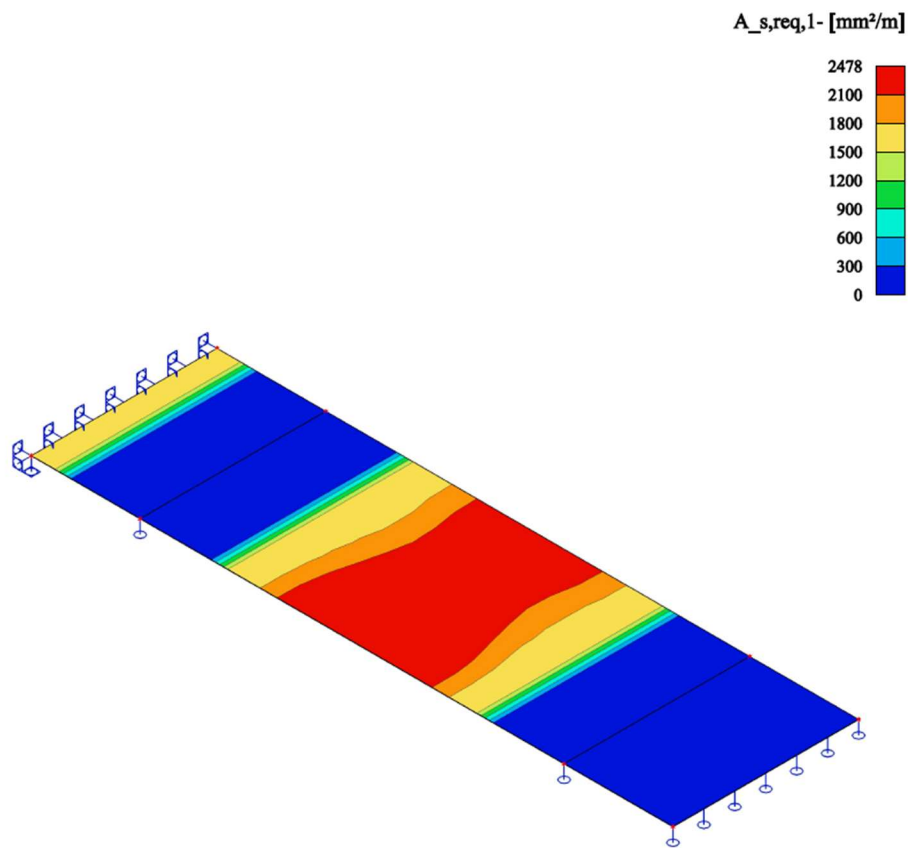
Očitano iz tablice :

- koeficijent kraka unutrašnjih sila  $\zeta = 0.955$
- koeficijent položaja neutralne osi  $\xi = 0.115$
- relativna deformacija betona  $\varepsilon_{c2} = -2.6 \text{ ‰}$
- relativna deformacija čelika  $\varepsilon_{s1} = 20 \text{ ‰}$

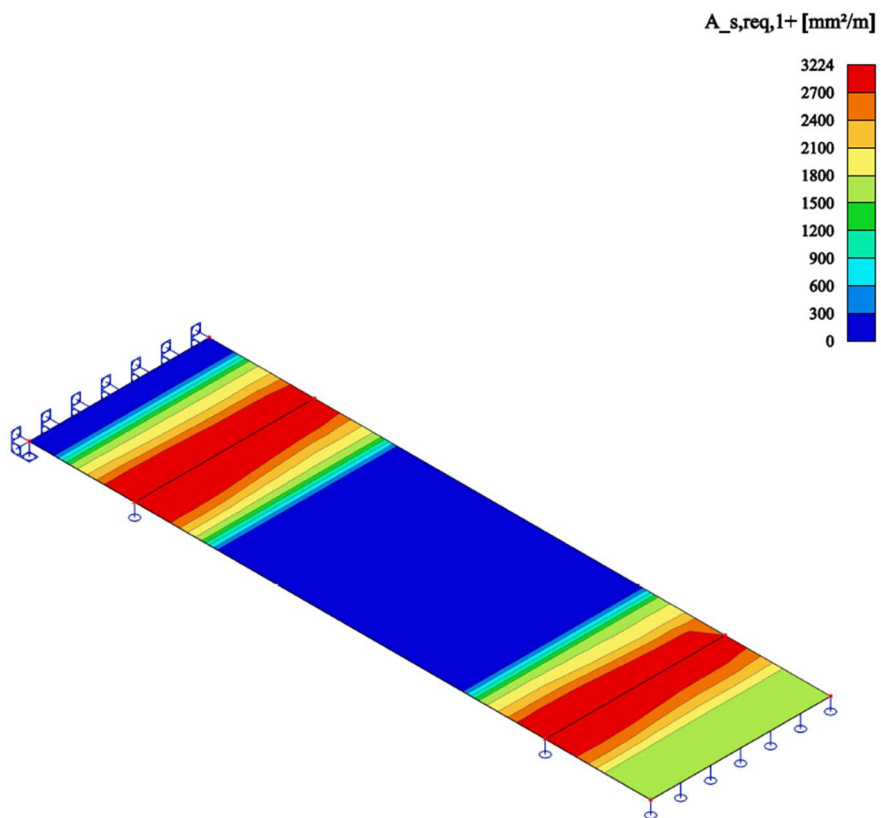
Potrebna površina armature

$$A_{s1} = \frac{M_e}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{95487}{0.955 \cdot 83.2 \cdot 43.48} = 27.94 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

U programu Scia Engineer postoji opcija u kojoj program sam izračuna potrebnu količinu armature s obzirom na prethodno izračunate momente savijanja iz stalne proračunske situacije. Na sljedećim slikama, slika 42 i 43, prikazani su dijagrami koji nam opisuju koliko je armature potrebno staviti u koju zonu. Program računa armaturu po normi HRN EN 1992-1-1:2013 - Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade [22]. SCIA Engineer izračunava mjerodavne momente  $m_{Ed,char}$  i  $m_{Ed,qp}$ . Zatim odabremo barem jednu GSN i jednu GSU kombinaciju. Nema razlike koja kombinacija je odabrana jer pametni kombinator samostalno generira sve potrebne GSU kombinacije u pozadini za izračun pukotina i naprezanja [23].



*Slika 42: Iznosi momenata za dimenzioniranje armature u donjoj zoni*



*Slika 43: Iznosi momenata za dimenzioniranje armature u gornjoj zoni*

Tablica 9: Usporedba potrebne armature

|                       | Armatura u rasponu    | Armatura nad ležajem  |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>SCIA Enginner</i>  | 24,78 cm <sup>2</sup> | 32,24 cm <sup>2</sup> |
| <i>ručna provjera</i> | 20,98 cm <sup>2</sup> | 24,78 cm <sup>2</sup> |

Usporedbom rezultata u tablici 9., za potrebnu armaturu možemo vidjeti da je armatura dobivena u SCIA-većih iznosa u odnosu na ručnu kontrolu. Kako su rezultati dobiveni u SCIA konzervativniji, odnosno, više su na strani sigurnosti, te zbog tendencije daljnjeg rasta prometa i sve težih vozila na prometnicama, nju odabiremo kao mjerodavnu. Tako je stavljeno u donju zonu  $\phi$  28/20 cm (30.79 cm<sup>2</sup>), a u gornju zonu  $\phi$  32/20 cm (40.21 cm<sup>2</sup>) kako bi pokrili dobivene momente u sredini raspona ploče, odnosno, na srednjim ležajevima.

## 7. Zaključak

Većina mostova na našim prometnicama spada u kategoriju manjih betonskih građevina. U sklopu gospodarenja betonskim mostovima, ključni korak je periodično provođenje detaljnih pregleda. Ovi redoviti pregledi obuhvaćaju vizualne inspekcije radi identifikacije površinskih oštećenja, korozije, pukotina i drugih potencijalnih problema. Uz to, izvode se i strukturna ispitivanja kako bi se utvrdila integritet konstrukcije te je li potrebno intervenirati.

Na temelju rezultata vizualnog pregleda i istražnih radova, provodi se projektiranje sanacije mosta. Ovo uključuje analizu ozbiljnosti oštećenja i proračune potrebne za obnovu. Projektant projektira rješenje koja će osigurati trajnost i sigurnost mosta, uzimajući u obzir inženjerske parametre i materijale koji će se koristiti. Uz navedeno u obzir se mora uzeti i ekonomski faktor, kako bi se zadovoljila dva temelja uvjeta, a to su sigurnost i ekonomičnost.

Nakon što se definira popravak, slijede sami radovi na sanaciji mosta. Ovo uključuje čišćenje i pripremu površine, uklanjanje oštećenih dijelova betona, primjenu zaštitnih premaza i nanos novog betona ili drugih materijala prema potrebi. Ovisno o ozbiljnosti popravaka, moguće je provesti lokalne popravke ili čak temeljite rekonstrukcije pojedinih dijelova konstrukcije, a ponekad čak i cijelu konstrukciju.

Sveukupno, u praksi upravljanja betonskim mostovima, ključno je kontinuirano praćenje stanja, rano otkrivanje problema i pravovremeno poduzimanje mjera kako bi se osigurala sigurnost, funkcionalnost i dugovječnost ovih važnih infrastrukturnih elemenata.

Uslijed konfiguracije terena, naša regija (sjeverna Hrvatska) obiluje mostovima različitih tipova, kao što su propusti preko vodotoka, vijadukata, nadvožnjaka i podvožnjaka na autocestama. Većina ovih mostova ima znatno dugi životni vijek, premašujući 30 godina, no izazov leži u činjenici da će se s vremenom neizbježno početi pojavljivati problemi koji mogu dovesti do havarija. Srećom, većina tih mostova je projektirana da ima kratke raspone i snažne konstrukcije, što nam pruža nadu da ćemo imati mogućnost pravovremeno reagirati.

U okviru ovog praktičnog dijela rada izrađen je projekt obnove konkretnog betonskog mosta koji se nalazi preko rijeke Bednje u naselju Ključ na županijskoj cesti Ž 2136. Most, koji ima preko 30 godina starosti, pokazuje znakove oštećenja i slabljenja strukture, no uz pravilno planiranje i izvođenje radova, može se osigurati njegova dugotrajna funkcionalnost i sigurnost. Projekt sanacije se temelji na vlastitom pregledu građevine kako bi se identificirali problemi, odredili potrebni popravci te osigurala sigurnost i funkcionalnost mosta. Projektiranje obnove obuhvatilo je konkretne korake poput zamjene čitavog rasponskog sklopa zbog prevelikih uočenih oštećenja, ali i očekivanom većom koncentracijom prometa zbog izgradnje obilaznice Grada Novog Marofa.

Ovi koraci su odabrani kako bi se riješili identificirani problemi i osigurala dugoročna stabilnost mosta, čime će se omogućiti neometano korištenje mosta i očuvanje važne infrastrukture za lokalnu zajednicu. U sklopu rada napravljen je i proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti mosta, te su u prilogu nalaze detaljni nacrti i planovi armature.



## 8. Literatura

### Knjige:

- [1] J. Radić: Uvod u mostarstvo, Zagreb, 2009.
- [2] J. Radić: Trajnost konstrukcija 1, Zagreb, 2010.
- [3] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije 4 – Sanacije, Zagreb, 2010.
- [4] J. Radić: Masivni mostovi, Zagreb, 2007.
- [5] J. Radić: A. Mandić, G. Puž: Konstruiranje mostova, Zagreb, 2005.

### Skripte:

- [6] G. Puž: Skripta Gospodarenje mostovima, Građevinski fakultet u Zagrebu, 2010.
- [7] G. Puž: Skripta Mostovi, Sveučilište Sjever, 2023.

### Stručni rad:

- [8] G. Puž, M. Šimac, D. Markovinović: Nadzor i praćenje stanja velikih mostova
- [9] Z. Šavor: Most preko rijeke Dubrovačke // Građevinar 54 (2002) 6
- [10] G. Hrelja, J. Radić, Z. Šavor: Analiza vibracija kosih vješaljki na mostu Franja Tuđmana u Dubrovniku // Građevinar 61 (2009) 9

### Glavni projekt:

- [11] I. Petrović: Most na DC 510 na GP Kaštel, oznaka projekta: 1912-3-19, Rijeka, veljača 2020.

### Diplomski radovi:

- [12] B. Gorki: Tehnologije sanacije i izvanrednog održavanja armirano-betonskih konstrukcija infrastrukturnih objekata, listopad 2020., Sveučilište Sjever
- [13] I. Petrin: Primjer proširenja i sanacije malog mosta, rujan 2022., Sveučilište Sjever

### Web izvori:

- [14] Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Rekonstrukcija državne ceste D 43 na dionici Ivanić Grad – Rugvica (link: [https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/OPUO\\_2022//12\\_12\\_2022\\_Elaborat\\_Rekonstrukcija\\_DC43\\_Ivanic-Grad\\_Rugvica.pdf](https://mingor.gov.hr/UserDocsImages//UPRAVA-ZA-PROCJENU-UTJECAJA-NA-OKOLIS-ODRZIVO-GOSPODARENJE-OTPADOM/Opuo/OPUO_2022//12_12_2022_Elaborat_Rekonstrukcija_DC43_Ivanic-Grad_Rugvica.pdf) , pristupljeno 10.8.2023.)
- [15] Scia Enginner službene stranice (link: <https://www.scia.net/en/scia-engineer/features?feature=whats-new> , pristupljeno 15.8.2023.)
- [16] Digitalne klimatske karte (link: [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_4](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_4) , pristupljeno 23.8.2023.)
- [17] Eurokod 1: Djelovanje na konstrukcije (link: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1991-3%3A2012%2FIspr.1%3A2014>, pristupljeno 18.9.2023.)
- [18] Službena stranica Hrvatske ceste (link: <https://hrvatske-ceste.hr/>, pristupljeno 18.9.2023.)

- [19] HRN EN 1991-1-1/NA - Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-1: Opća djelovanja - Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada (link: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1991-1-1%3A2012> , pristupljeno 21.9.2023.)
- [20] Tehnički propis za građevinske konstrukcije (link: <http://thoriumaplus.com/wp-content/uploads/2022/01/Tehnicki-propis-za-gradevinske-konstrukcije-NN-17-7-22-procisceni-tekst.pdf> , pristupljeno 21.9.2023.)
- [21] HRN EN 1991-2:2012 - Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - 2. dio: Prometna opterećenja mostova (link: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1991-2%3A2012> , pristupljeno 21.9.2023.)
- [22] HRN EN 1992-1-1:2013 - Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija -- Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (link: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1992-1-1%3A2013> , pristupljeno 21.9.2023.)
- [23] SCIA Engineer proračun potrebne armature (link: <https://www.scia.net/en/support/faq/scia-engineer/concrete/design-reinforcement-slabs-and-walls> , pristupljeno 21.9.2023)
- [24] HRN EN 1990:2023 - Eurokod 0 - Osnove projektiranja konstrukcija i geotehničkog projektiranja (link: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1990%3A2023> , pristupljeno 21.9.2023)

## Popis slika

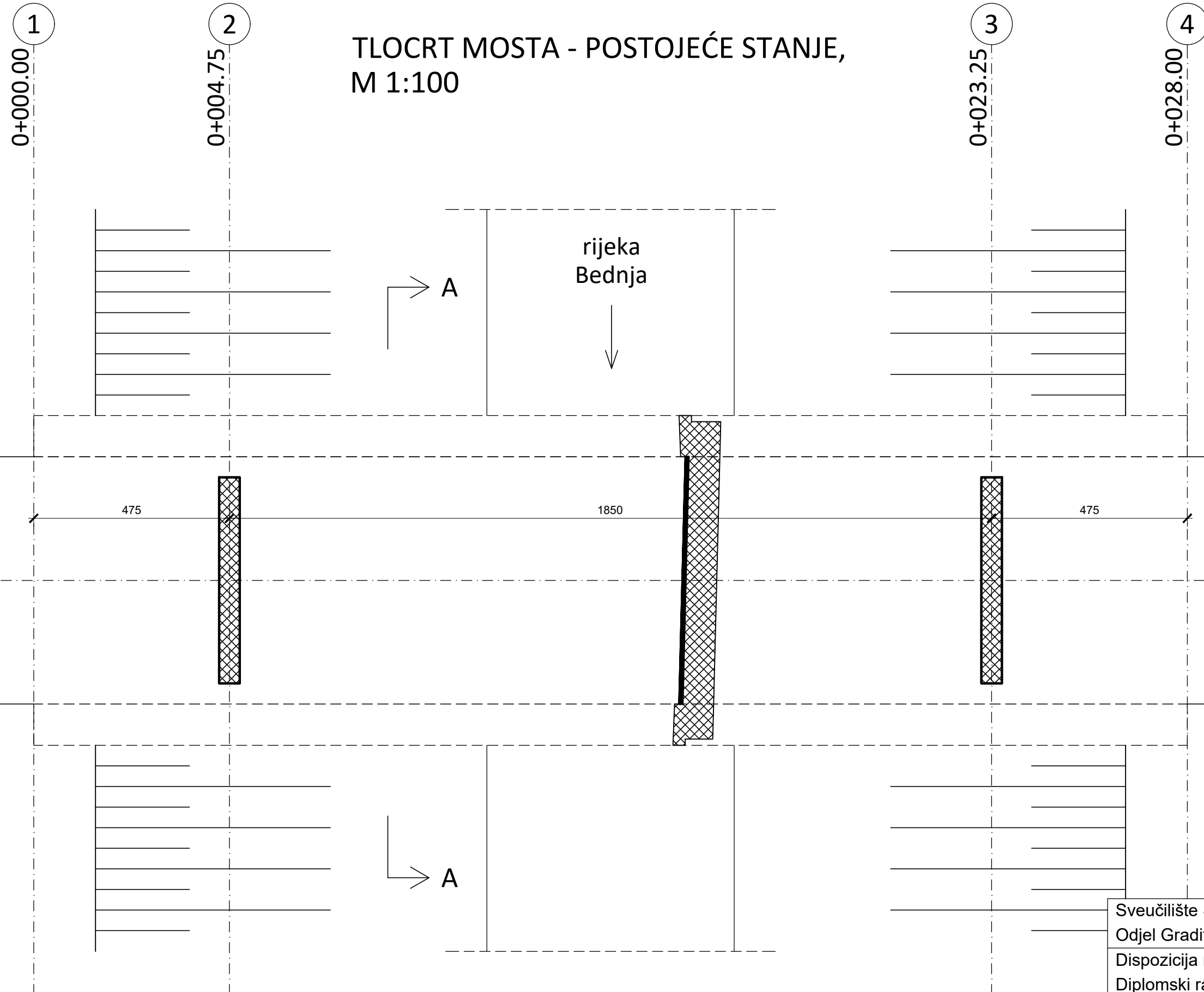
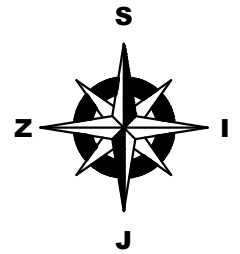
|   |    |
|---|----|
| Slika 1: Shematski prikaz sastavnica sustava gospodarenja mostovima .....                           | 2  |
| Slika 2: Shematski prikaz utjecaja radova održavanja na produljenje .....                           | 3  |
| Slika 3: Sadržaj baze podataka sustava gospodarenja mostovima i.....                                | 7  |
| Slika 4: HRMOS - obrazac za opći pregled.....   | 8  |
| Slika 5: Uzdužni presjek mosta dr. Franje Tuđmana na ulazu u Dubrovnik .....                        | 11 |
| Slika 6: Oštećenje zaštitne cijevi .....  | 12 |
| Slika 7: Ugrađeni prigušivači.....  | 13 |
| Slika 8: Pogled na demontažu dijelova nadvožnjaka sa autoceste A3 - Ivanić Grad.....                | 14 |
| Slika 9: Postojeće stanje nadvožnjaka 1 (Ivanić Grad) sa prijedlozima sanacije.....                 | 15 |
| Slika 10: Poprečni presjek nadvožnjaka 1 (Ivanić Grad) nakon obavljene rekonstrukcije.....          | 15 |
| Slika 11: Vizualni pregled mosta uz pomoć posebne opreme – dizalice .....                           | 27 |
| Slika 12: Glavne aktivnosti u procesu ocjene stanja betonskog mosta.....                            | 29 |
| Slika 13: Snimka zaslona GIS portala ŽUC Varaždinske županije .....                                 | 33 |
| Slika 14: Različite tehnologije izvođenja popravaka.....  | 36 |
| Slika 15: Osnovne faze popravka zaštitnog sloja.....  | 38 |
| Slika 16: Rubovi uklonjenog betona.....   | 40 |
| Slika 17: Dubine uklanjanja betona .....  | 40 |
| Slika 18: Hidrorazaranje betonske konstrukcije .....  | 41 |
| Slika 19: Priprema armature .....   | 43 |
| Slika 20: Položaj mosta na GIS-u Hrvatskih cesta .....  | 45 |
| Slika 21: Oštećenje kolničkog zastora .....   | 46 |
| Slika 22: Odlamanje zaštitnog sloja betona .....  | 46 |
| Slika 23: Oštećenje betonske konstrukcije nizvodne strane .....                                     | 47 |
| Slika 24: Oštećenje betonske konstrukcije kod oslonca .....   | 47 |
| Slika 25: Oštećenje betonske konstrukcije s uzvodne strane .....                                    | 48 |
| Slika 26: Ljuštenje betona s donje strane ploče .....   | 48 |
| Slika 27: Najveći preporučljivi odnosi za ploče .....   | 53 |
| Slika 28: Model opterećenja LM 1 .....  | 54 |
| Slika 29: Progib ploče pod koncentriranim opterećenjem .....  | 55 |
| Slika 30: Skica modela.....   | 56 |
| Slika 31: Dimenzije i iznosi pokretnog opterećenja vozila za .....                                  | 57 |
| Slika 32: Prikaz kontinuiranog opterećenja .....  | 58 |
| Slika 33: Prikaz koncentriranog opterećenja .....   | 59 |
| Slika 34: Dijagram momenata za slučaj opterećenja vlastita težina .....                             | 60 |
| Slika 35: Dijagram momenata za slučaj opterećenja stalno opterećenje .....                          | 61 |
| Slika 36: Dijagram momenata za slučaj opterećenja pokretno koncentrirano opterećenje od vozila..... | 62 |
| Slika 37: Dijagram momenata za slučaj opterećenja pokretno kontinuirano opterećenje .....           | 63 |
| Slika 38: Dijagram momenata na rubu (gornja slika).....   | 64 |
| Slika 39: Iznosi momenata.....  | 65 |
| Slika 40: Iznosi poprečnih sila.....  | 65 |
| Slika 41: Iznosi pomaka.....  | 66 |
| Slika 42: Iznosi momenata za dimenzioniranje armature u donjoj zoni .....                           | 70 |
| Slika 43: Iznosi momenata za dimenzioniranje armature u gornjoj zoni.....                           | 70 |

## Popis tablica

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1: Raspored pojedinih vrsta pregleda mostova .....                                    | 18 |
| Tablica 2: Tabelarni prikaz ocjene pojedinih mostova .....                                    | 34 |
| Tablica 3: Rezultati za slučaj opterećenja vlastita težina.....                               | 60 |
| Tablica 4: Rezultati za slučaj opterećenja stalno opterećenje.....                            | 61 |
| Tablica 5: Rezultati za slučaj opterećenja pokretno koncentrirano opterećenje od vozila ..... | 62 |
| Tablica 6: Rezultati za slučaj opterećenja pokretno kontinuirano opterećenje.....             | 63 |
| Tablica 7: Rezultati stalne proračunske situacije.....  | 64 |
| Tablica 8: Usporedba rezultata ručnom provjerom i pomoću softera SCIA Engineer .....          | 67 |
| Tablica 9: Usporedba potrebne armature.....   | 71 |

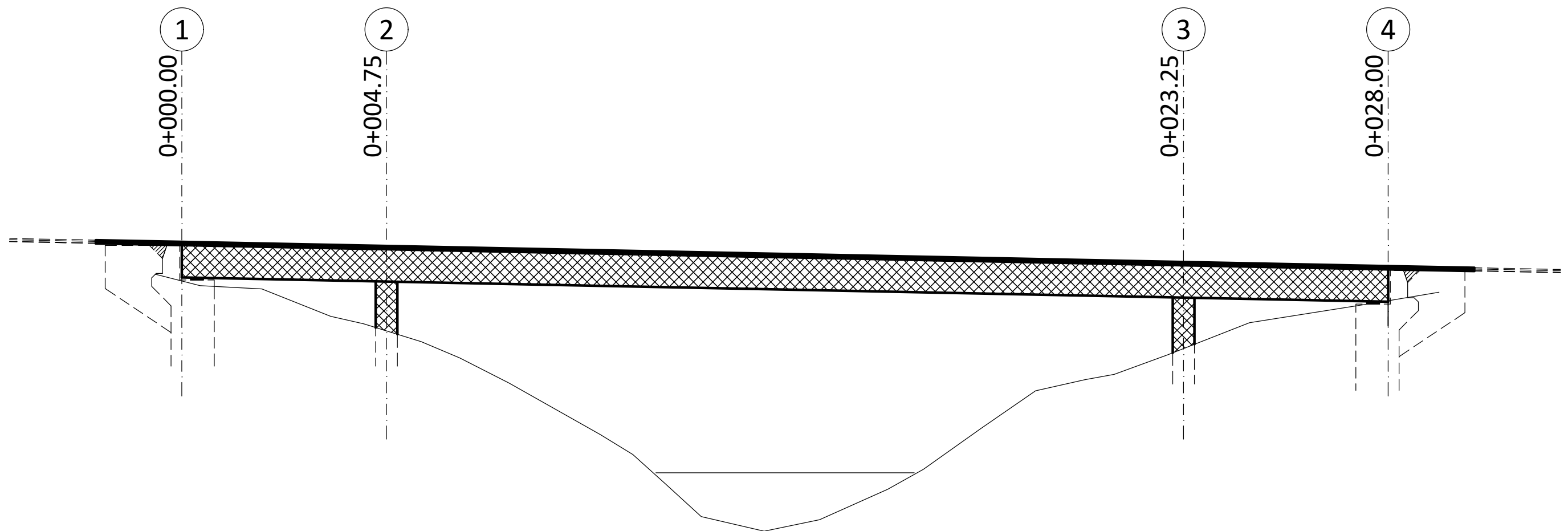
## **Prilozi**

# TLOCRT MOSTA - POSTOJEĆE STANJE, M 1:100



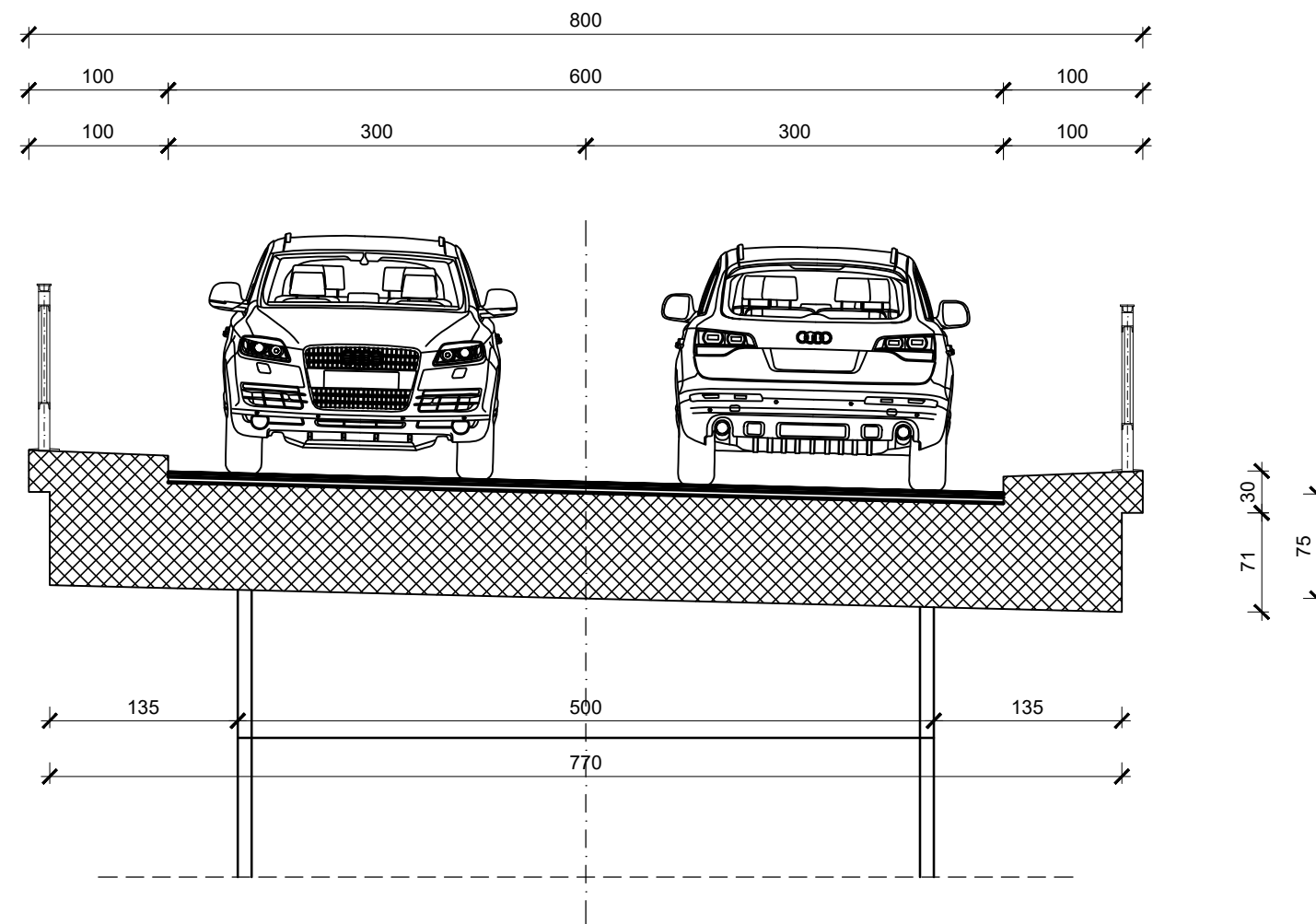
|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Dispozicija mosta         |
| Diplomski rad             |
| Izradio: Marko Trubelja   |
| Mentor: Goran Puž         |
| Akadska godina: 2022/2023 |
| List: 79.                 |

# UZDUŽNI PRESJEK MOSTA - POSTOJEĆE STANJE, M 1:100



|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Dispozicija mosta         |
| Diplomski rad             |
| Izradio: Marko Trubelja   |
| Mentor: Goran Puž         |
| Akadska godina: 2022/2023 |
| List: 80.                 |

POPREČNI PRESJEK - POSTOJEĆE STANJE  
M 1:50



SLOJEVI KONSTRUKCIJE:

- habajući sloj asfalta..... 3 cm
- zaštita hidroizolacije..... 4 cm
- hidroizolacija..... 1 cm
- postojeća AB ploča..... 75 cm

Sveučilište Sjever  
Odjel Graditeljstvo

Dispozicija mosta  
Diplomski rad

Izradio: Marko Trubelja

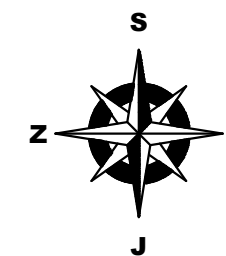
Mentor: Goran Puž

Akadska godina: 2022/2023

List: 81.



# TLOCRT MOSTA - PRIJEDLOG SANACIJE, M 1:100



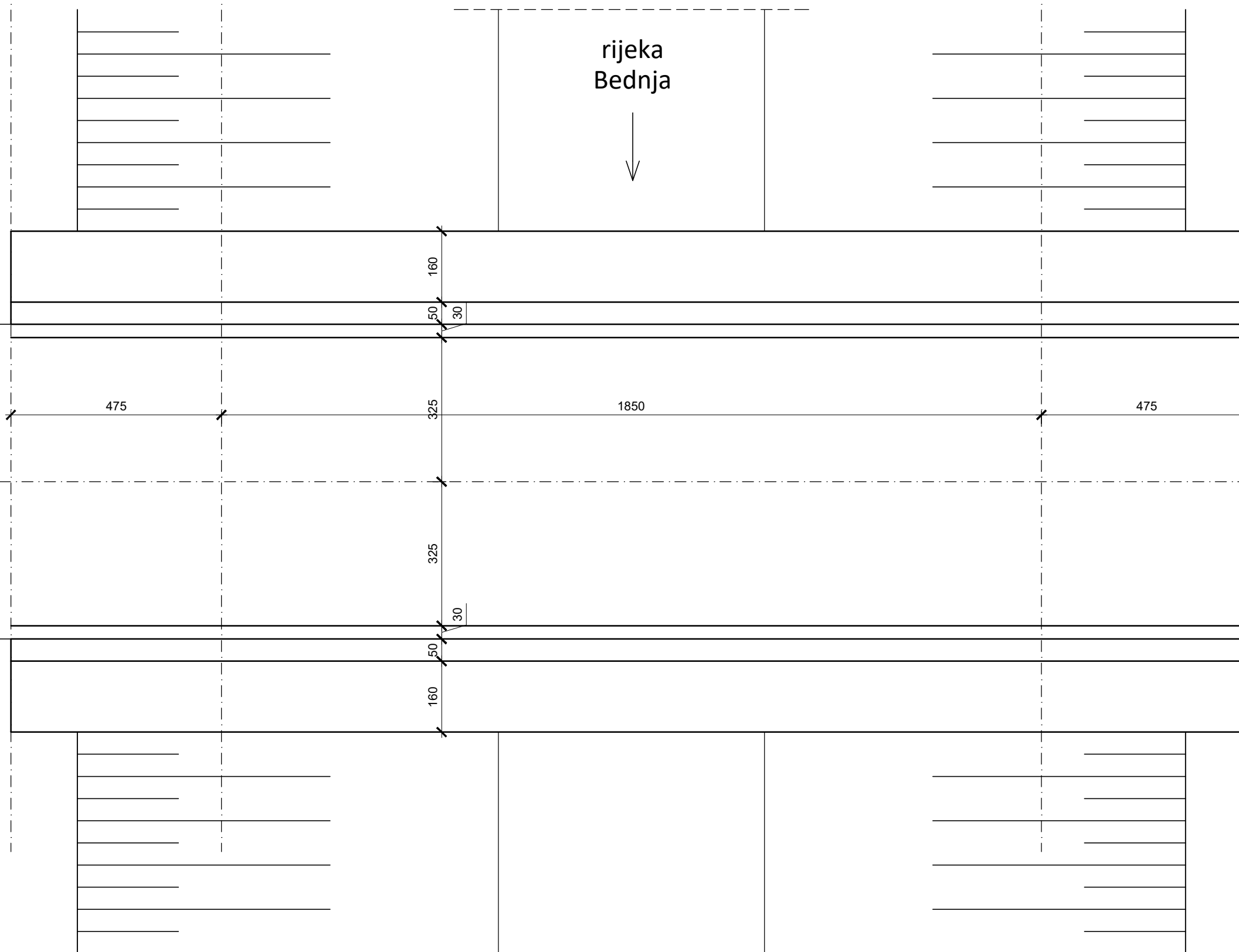
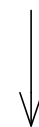
1  
0+000.00

2  
0+004.75

3  
0+023.25

4  
0+028.00

rijeka  
Bednja



BETON C30/37  
ZAŠTITNI SLOJ c=4 cm  
ARMATURA B500B

Sveučilište Sjever  
Odjel Graditeljstvo

Dispozicija mosta  
Diplomski rad

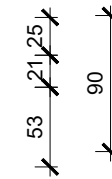
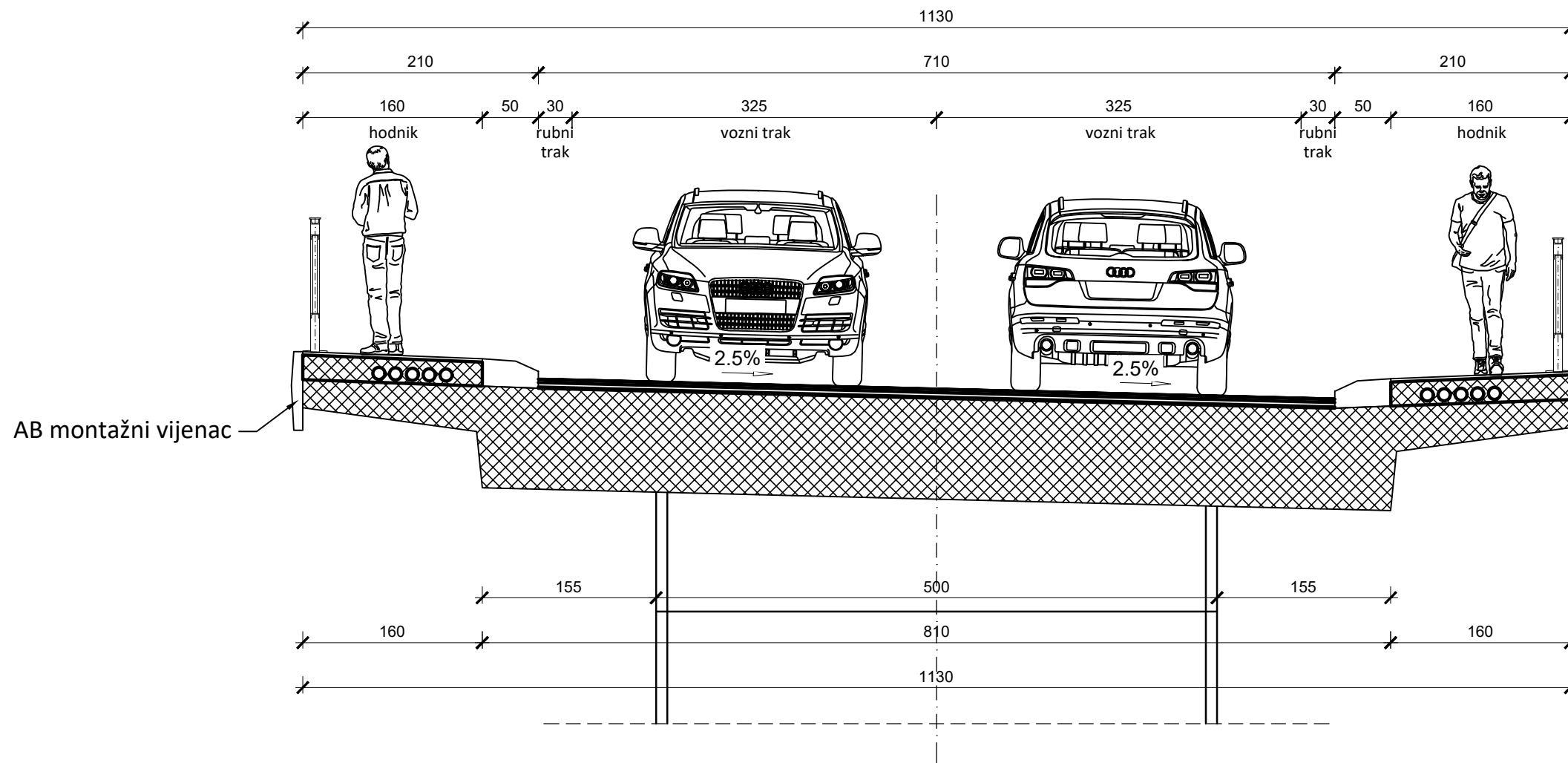
Izradio: Marko Trubelja

Mentor: Goran Puž

Akadska godina: 2022/2023

List: 82.

POPREČNI PRESJEK - PRIJEDLOG SANACIJE  
M 1:50



BETON C30/37  
ZAŠTITNI SLOJ c=4 cm  
ARMATURA B500B

SLOJEVI KONSTRUKCIJE:

- habajući sloj asfalta..... 3 cm
- zaštita hidroizolacije..... 4 cm
- hidroizolacija..... 1 cm
- AB ploča..... 90 cm

Sveučilište Sjever  
Odjel Graditeljstvo

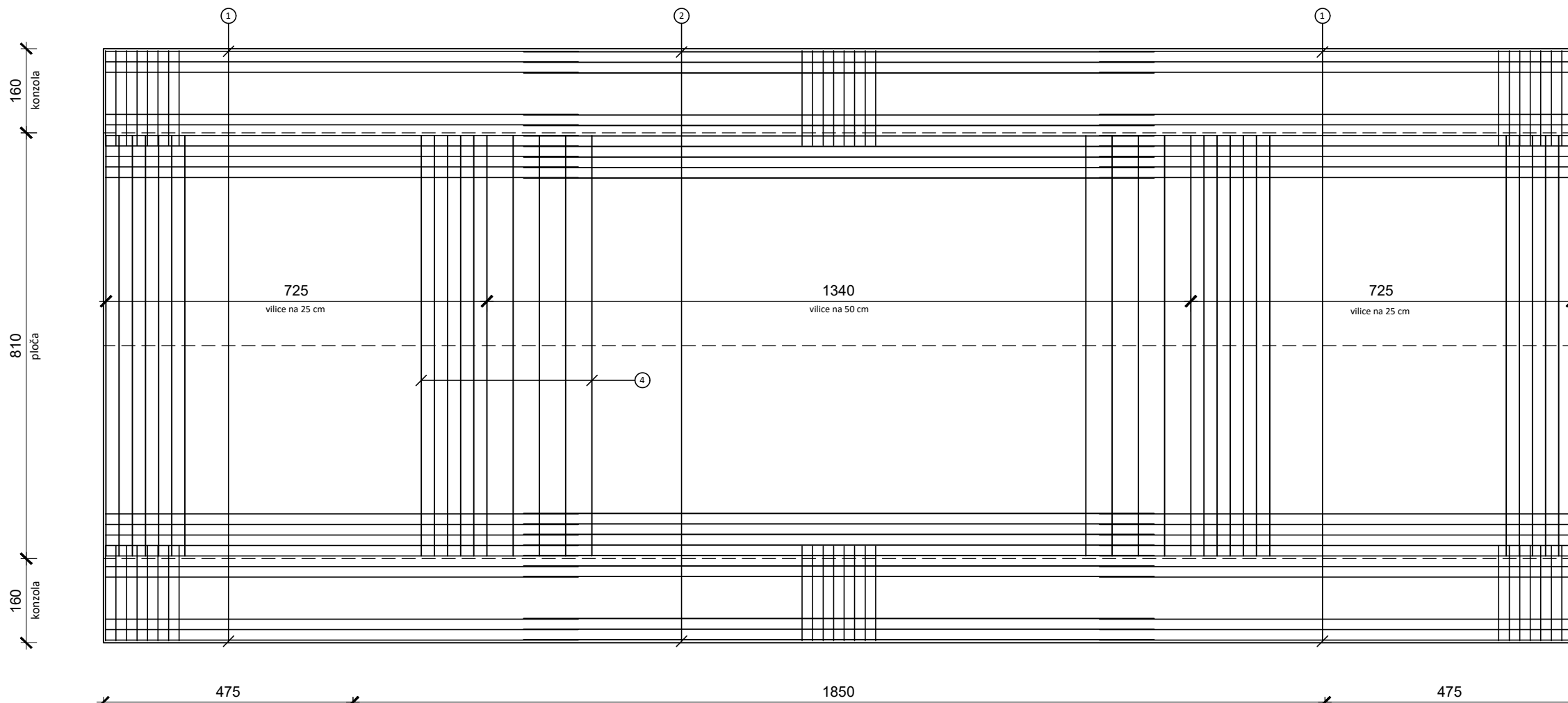
Dispozicija mosta  
Diplomski rad

Izradio: Marko Trubelja

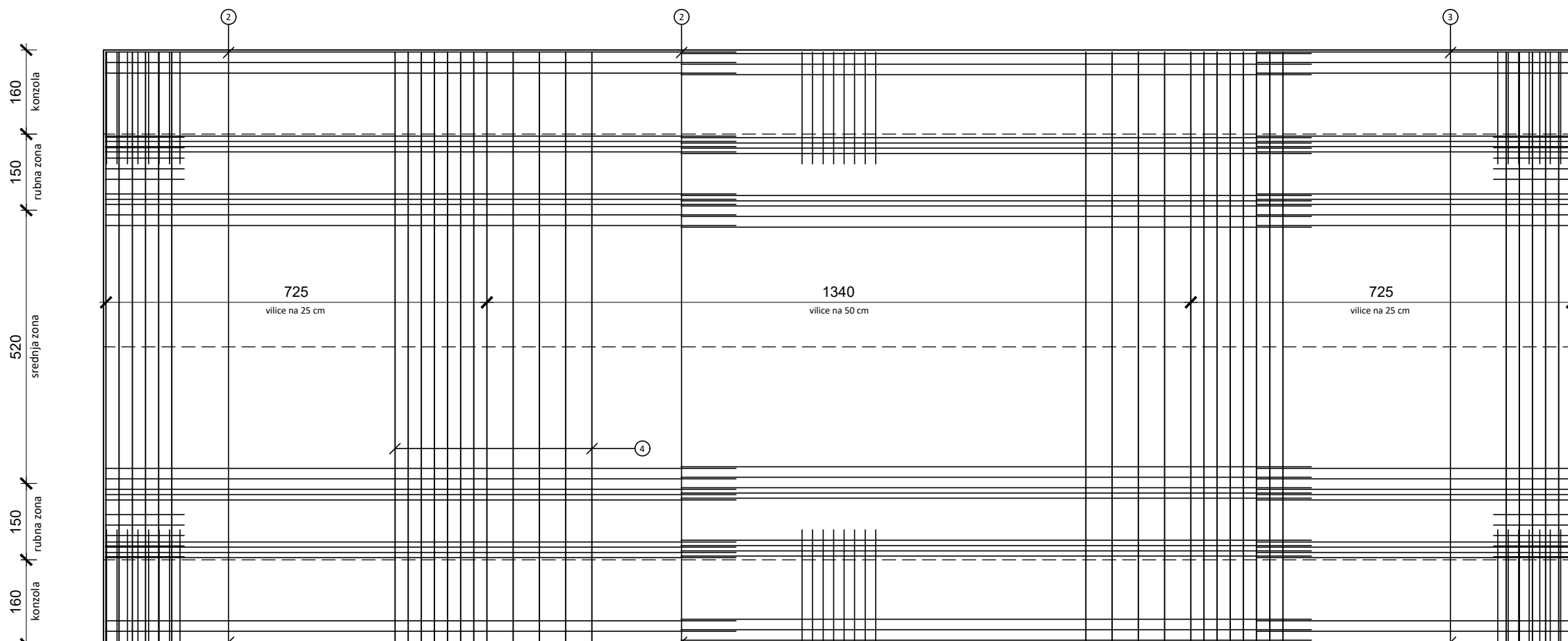
Mentor: Goran Puž

Akadska godina: 2022/2023

List: 83.



PLAN ARMATURE  
GORNJA ZONA  
M 1:100

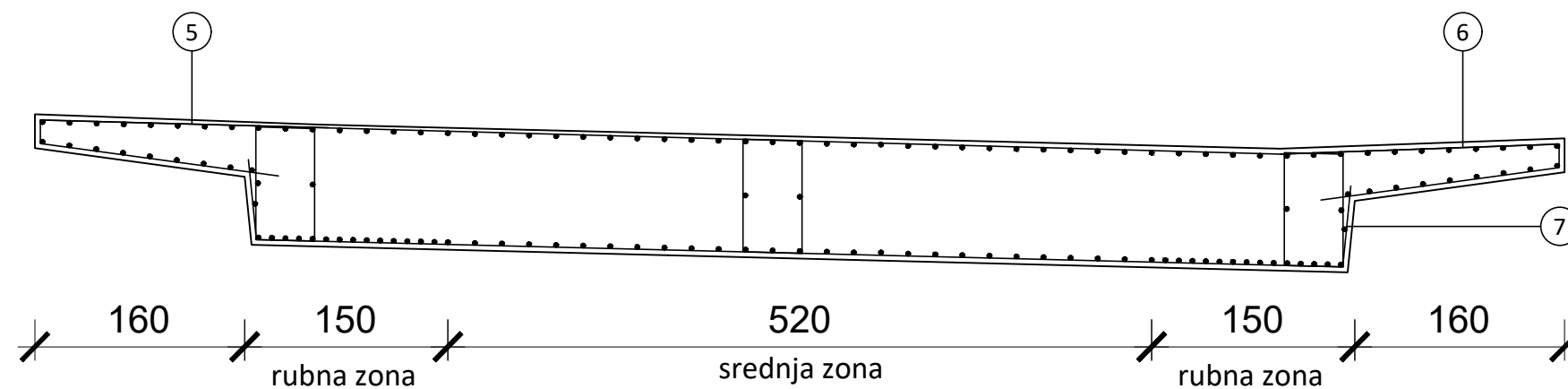


PLAN ARMATURE  
DONJA ZONA  
M 1:100

BETON C30/37  
ZAŠTITNI SLOJ c=4 cm  
ARMATURA B500B

|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Dispozicija mosta         |
| Diplomski rad             |
| Izradio: Marko Trubelja   |
| Mentor: Goran Puž         |
| Akadska godina: 2022/2023 |
| List: 84.                 |

# POPREČNI PRESJEK, M 1:50

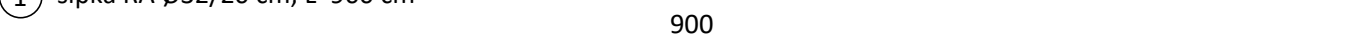


## PLAN ARMATURE

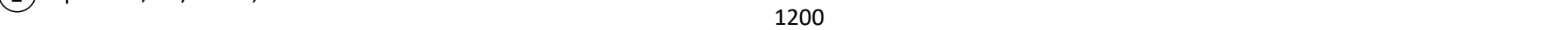
BETON C30/37  
 ZAŠTITNI SLOJ c=4 cm  
 ARMATURA B500B

Napomena:  
 Prijeklope postavljati naizmjenično!  
 Glavnu armaturu u rubnoj zoni postaviti na udaljenost 10 cm, u srednjoj zoni na 20 cm.

① šipka RA  $\varnothing 32/20$  cm, L=900 cm



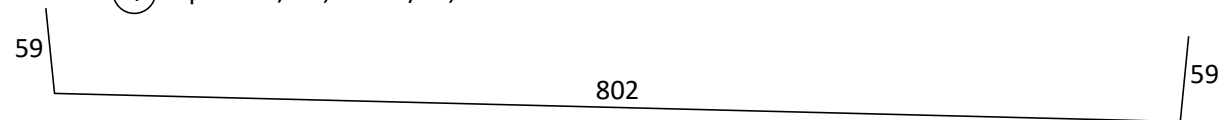
② šipka RA  $\varnothing 28/20$  cm, L=1200 cm



③ šipka RA  $\varnothing 28/20$  cm, L=600 cm



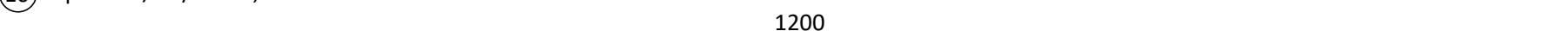
④ šipka RA  $\varnothing 14$ , 5 kom/m', L=920 cm



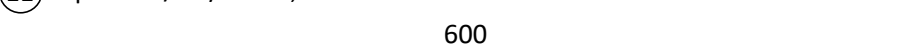
⑨ šipka RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=1120 cm



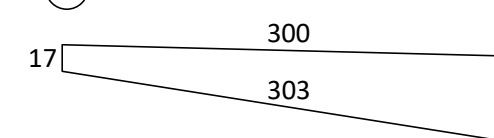
⑩ šipka RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=1200 cm



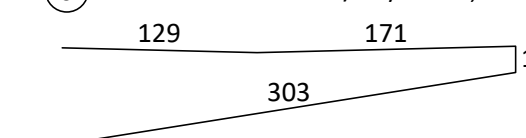
⑪ šipka RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=600 cm



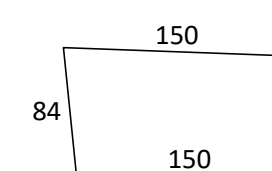
⑤ dodatni element RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=620 cm



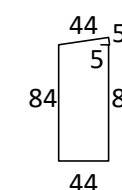
⑥ dodatni element RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=620 cm



⑦ U vilica RA  $\varnothing 14/20$  cm, L=384 cm



⑧ vilice RA  $\varnothing 14$ , L=266 cm



|                           |
|---------------------------|
| Sveučilište Sjever        |
| Odjel Graditeljstvo       |
| Dispozicija mosta         |
| Diplomski rad             |
| Izradio: Marko Trubelja   |
| Mentor: Goran Puž         |
| Akadska godina: 2022/2023 |
| List: 85.                 |

**ISKAZ ARMATURE B500B**

|                           | Pozicija | $\phi$ [mm] | komada | Duljina [m] | $\phi$ 14       | $\phi$ 28 | $\phi$ 32 |
|---------------------------|----------|-------------|--------|-------------|-----------------|-----------|-----------|
| šipke                     | 1        | 32          | 110    | 9,00        |                 |           | 990,00    |
|                           | 2        | 28          | 199    | 12,00       |                 | 2388,00   |           |
|                           | 3        | 28          | 72     | 6,00        |                 | 432,00    |           |
|                           | 4        | 14          | 84     | 9,20        | 772,80          |           |           |
|                           | 5        | 14          | 280    | 6,20        | 1736,00         |           |           |
|                           | 6        | 14          | 280    | 6,20        | 1736,00         |           |           |
|                           | 7        | 14          | 80     | 3,84        | 307,20          |           |           |
|                           | 8        | 14          | 840    | 2,66        | 2234,40         |           |           |
|                           | 9        | 14          | 140    | 11,20       | 1568,00         |           |           |
|                           | 10       | 14          | 40     | 12,00       | 480,00          |           |           |
|                           | 11       | 14          | 20     | 6,00        | 120,00          |           |           |
| Ukupno (m)                |          |             |        |             | 8954,40         | 2820,00   | 990,00    |
| Masa (kg/m)               |          |             |        |             | 1,242           | 4,956     | 6,474     |
| Ukupno po promjerima (kg) |          |             |        |             | 11121,36        | 13975,92  | 6409,26   |
| <b>Sveukupno (kg)</b>     |          |             |        |             | <b>31507,00</b> |           |           |

Napomene:

Armatura B500B

Beton C30/37, zaštitni sloj  $c=4$  cm

**DIPLOMSKI RAD BR. 85/GRD/2023****Predmet: SANACIJA BETONSKOG MOSTA PREKO RIJEKE BEDNJE U NASELJU KLJUČ**

| UGOVOR   | Opis radova  | J.M. | Količina | Jedinična cijena (EUR) bez PDV-a | Ugovoreno (EUR) bez PDV-a |
|----------|--|------|----------|----------------------------------|---------------------------|
| <b>0</b> | <b>SVEUKUPNO</b>   |      |          |                                  |                           |
| <b>1</b> | <b>PRIPREMNI RADovi</b>  |      |          |                                  |                           |
| 1.1      | Uklanjanje grmlja i šiblja sa postojećeg prvog sloja nasipa. Ovaj rad obuhvaća uklanjanje grmlja i šiblja s odsijecanjem grana na dužine pogodne za prijevoz, čišćenje i uklanjanje sveg nepotrebnog materijala zaostalog nakon izvedenog prvog sloja nasipa, prijevoz na odlagalište te uključivo uređenje istog. Obračun je po m2 očišćene površine. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 1-03.1.   |      |          |                                  |                           |
|          | 01.03.00101.   |      |          |                                  |                           |
|          |  | m2   | 400      |                                  |                           |
| 1.2      | Vađenje, demontiranje i izmještanje prometnih znakova. Ovaj rad obuhvaća vađenje i pažljivo demontiranje prometnih znakova radi ponovne montaže, utovar i prijevoz na privremeno odlagalište, utovar i prijevoz do mjesta ugradnje, iskop za temelje, betoniranje temelja i ponovnu montažu istih. Obračun je po komadu demontiranih i ponovno montiranih znakova. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 1-03.2.   |      |          |                                  |                           |
|          | 11.01.00201.   |      |          |                                  |                           |
|          |  | kom  | 2        |                                  |                           |
| 1.3      | Uklanjanje asfaltnih slojeva na kolniku mosta mehaničkim postupkom - frezanjem. Potrebno je ukloniti asfalt kolnika (zajedno sa slojem hidroizolacije) u punoj širini kolnika, s utovarom i odvozom materijala na mjesto oporabe ili zbrinjavanja. Debljina slojeva kolničkog zastora je između 6 i 11.5 cm, s utovarom i prijevozom na odlagalište građevinskog otpada, uključujući troškove odlaganja. Stavka obuhvaća sav rad, opremu i materijal potreban za potpuno dovršenje stavke. Obračun po m2 uklonjenih asfaltnih slojeva. |      |          |                                  |                           |
|          | 40.03.03100.310.015  |      |          |                                  |                           |
|          |  | m2   | 168      |                                  |                           |
| 1.4      | Rušenje i uklanjanje postojeće konstrukcije armiranobetonskih ploča, rušenje izvesti strojno, dijelom i ručno. Stavka obuhvaća odvoz materijala na mjesto oporabe ili zbrinjavanja. U cijeni je uključen sav rad, oprema i materijal potreban za potpuno dovršenje stavke. Obračun je po m3 uklonjenih i propisno zbrinutih elemenata. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema O.T.U. 1-03.2.  |      |          |                                  |                           |
|          | 40.03.00500.061  |      |          |                                  |                           |
|          |  | m3   | 21       |                                  |                           |

|     |                         |  |    |    |
|-----|-------------------------|--|----|----|
| 1.5 | 40.03.<br>10200.<br>050 | Skidanje i uklanjanje pješačke ograde mosta. Stavka uključuje sav potreban rad na demontaži, uklanjanju, odvozu i zbrinjavanju ograde. Obračun po m1 ograde. | m1 | 56 |
|-----|-------------------------|--|----|----|

## 2 RADOVI NA GORNJEM USTROJU

|     |                         |   |    |      |
|-----|-------------------------|---|----|------|
| 2.1 | 07.04.<br>02460.<br>040 | Izrada armiranobetonske ploče klase betona C 30/37. Prema nacrtima, detaljima i uvjetima iz projekta. Obračun je po m3 ugrađenog betona po projektiranim mjerama, a u jediničnu cijenu su uključeni nabava betona, svi prijevozi i prijenosi, izrada, montaža i demontaža potrebne oplata i skele, rad na ugradnji i njezi betona, te sav drugi potrebni rad i materijal. Armatura se obračunava posebno. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 7-01.4.4. | m3 | 25,2 |
|-----|-------------------------|---|----|------|

|     |                         |  |    |       |
|-----|-------------------------|--|----|-------|
| 2.2 | 07.05.<br>00400.<br>020 | Nabava, prijevoz i ugradnja armature od čelika B500B. Ugradnja prema specifikacijama iz projekta. Obračun je po kg ugrađene armature, a u cijenu su uključeni nabava i prijevoz čelika za armiranje; razvrstavanje i čišćenje, sječenje i savijanje; prijevozi i prijenosi; postavljanje, podlaganje i vezanje te eventualno zavarivanje; uključivo sav rad i materijal potreban za dovršenje i postavljanje u projektirani položaj te izrada skela za rad na postavljanju armature. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 7-00.2.3. i 7-01.5. | kg | 31507 |
|-----|-------------------------|--|----|-------|

|     |                             |   |    |     |
|-----|-----------------------------|---|----|-----|
| 2.3 | 07.09.<br>00510.<br>040.030 | Izrada hidroizolacije bitumenskim trakama, kolničke ploče i prijelazne ploče (s kolničke ploče na teren). Prema projektu, a u skladu s uputama proizvođača. Obračun je po m2 izvedene hidroizolacije. U jediničnoj cijeni obuhvaćena je nabava i doprema svih potrebnih materijala, sav pomoćni materijal potreban za pripremu i nanošenje izolacijskog materijala, rad na pripremi ploha i izolacijskog sredstva, izradi hidrizolacije i zaštite hidroizolacije. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 3-05.3.3. i 3-05.3.4. | m2 | 320 |
|-----|-----------------------------|---|----|-----|

|     |                               |  |    |     |
|-----|-------------------------------|--|----|-----|
| 2.4 | 1100.10.<br>00210.<br>275.010 | Zaštitni sloj hidroizolacije od asfalt-betona AC 16 bin, PmB 45/80-65 AG6 M1, debljine 4 cm. U cijeni su sadržani svi troškovi nabave materijala, proizvodnje i ugradnje asfaltne mješavine, prijevoz, oprema i sve ostalo što je potrebno za potpuno izvođenje radova. Obračun je po m2 gornje površine stvarno položenog i ugrađenog veznog sloja sukladno projektu. Izvedba i kontrola kakvoće prema Programu kontrole i osiguranja kakvoće, OTU 6-02 i tehničkim svojstvima i zahtjevima za građevne proizvode za proizvodnju asfaltnih mješavina i za asfaltna slojeve kolnika. | m2 | 200 |
|-----|-------------------------------|--|----|-----|

|          |                                 |   |    |     |
|----------|---------------------------------|---|----|-----|
| 2.5      | 06.04.<br>00400.<br>200.030     | Izrada habajućeg sloja (vrlo teško prometno opterećenje) SMA 11 45/80-65 AG4 M3, debljine 3,0 cm. U cijeni su sadržani svi troškovi nabave materijala, proizvodnje i ugradnje asfaltne mješavine, prijevoz, oprema i sve ostalo što je potrebno za potpuno izvođenje radova. Obračun je po m2 gornje površine stvarno položenog i ugrađenog habajućeg sloja od SMA sukladno projektu. Izvedba i kontrola kakvoće prema (HRN EN 13108-5) i tehničkim svojstvima i zahtjevima za građevne proizvode za proizvodnju asfaltnih mješavina i za asfaltne slojeve kolnika.                 | m2 | 270 |
| 2.6      | 06.03.<br>00750.<br>120.030     | Izrada habajućeg sloja (lako i vrlo lako prometno opterećenje) AC 11 surf 50/70 AG4 M4, debljine 3,0 cm. U cijeni su sadržani svi troškovi nabave materijala, proizvodnje i ugradnje asfaltne mješavine, prijevoz, oprema i sve ostalo što je potrebno za potpuno izvođenje radova. Obračun je po m2 gornje površine stvarno položenog i ugrađenog habajućeg sloja od asfaltbetona sukladno projektu. Izvedba i kontrola kakvoće prema (HRN EN 13108-1) i tehničkim svojstvima i zahtjevima za građevne proizvode za proizvodnju asfaltnih mješavina i za asfaltne slojeve kolnika. | m2 | 90  |
| 2.7      | 07.04.<br>03801.<br>040.100     | Izrada vijenaca od predgotovljenih elemenata (armatura u cijeni) od armiranog betona klase betona C 30/37, veličine 50/70/10 cm. Prema nacrtima, detaljima i uvjetima iz projekta. Obračun je po m1 ugrađenog vijenca prema projektu, a u jediničnu cijenu su uključeni nabava betona, svi prijevozi i prijenosi, izrada potrebne oplata, doprema i postavljanje elemenata vijenca uz geodetsku kontrolu položaja, njihovo pričvršćivanje zavarivanjem za armaturu te eventualna obrada vanjskih ploha. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 7-01.4.4.                     | m1 | 56  |
| <b>3</b> | <b>RADOVI NA DONJEM USTROJU</b> |   |    |     |
| 3.1      | 40.03.<br>00215.<br>030         | Površinsko čišćenje betona pjeskarenjem od nečistoća i tragova masnoća, te čišćenje prašine mlazom vode pod pritiskom do 400 bara. Obračun je po m2 očišćene površine. Izrada prema OTU 7-03.3.1.   | m2 | 20  |



|          |  |  |    |    |
|----------|--|--|----|----|
| 3.2      | 1100.02.<br>00300.<br>080.090                | Izrada betonskih elemenata - čelnih i krilnih zidova upornjaka, betonom C 30/37. Izvedba u svemu prema nacrtima, detaljima i uvjetima iz projekta. Beton je potrebno proizvesti iz prethodno ispitanih i tokom proizvodnje kontroliranih materijala u pogonu za proizvodnju betona. Tekuću kontrolu osnovnih materijala kao i svježeg, stvrdnjavajućeg i očvrslog betona, koju obavlja izvođač potrebno je u svemu obaviti u skladu s metodom ispitivanja uzoraka prema važećim propisima. U cijenu je uključena nabava betona, svi prijevozi i prijenosi, svi radovi potrebni da se postavljanje armature i betoniranje elemenata izvodi u suhom, nabava, izrada, montaža i demontaža oplate i skele, rad na ugradnji i njezi betona, te sav drugi potreban rad i materijal. Obračun je po m3 ugrađenog betona. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema Programu kontrole i osiguranja kakvoće i OTU 7-01 i 7-01.4. | m3 | 4  |
| 3.3      | 1100.10.<br>00110.<br>020                    | Hidroizolacija betonskih površina u dodiru s tlom - jednim hladnim i jednim toplim bitumenskim premazom. U cijenu su uključeni nabava i prijevoz svih materijala, čišćenje (ako treba odmašćivanje betonske plohe) s pripremom podloge, nanošenje premaza i ljepenke. Obračun po m2 zaštićene površine. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema Programu kontrole i osiguranja kakvoće i OTU 3-05.3 i 7-01.9.  | m2 | 20 |
| <b>4</b> | <b>PROMETNA SIGNALIZACIJA I OPREMA MOSTA</b> |  |    |    |
| 4.1      | 09.02.<br>00101.<br>010.420                  | Izrada razdjelne crte bijele boje (H01) pune, širine 15 cm, Tip II, izvedene bojom, minimalne debljine suhog sloja 330 µm, minimalnih karakteristika Q3, R5, RW3, B3, S1. Oznake na kolniku izvode se prema prometnom elaboratu, a u skladu s važećim zakonskim i podzakonskim aktima iz područja cestovnog prometa te hrvatskim normama (HRN 1436). U cijenu ulazi sav rad, materijal prijevoz i sve ostalo što je potrebno za potpuni dovršetak posla uključujući potrebna ispitivanja kakvoće materijala i rada. Obračun je po m1 izvedenih oznaka. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 9-02 i 9-02.1.  | m1 | 28 |

|     |                               |  |    |    |
|-----|-------------------------------|--|----|----|
| 4.2 | 09.02.<br>00301.<br>010.420   | Izrada rubne crte bijele boje (H02) pune, širine 15 cm, Tip II, izvedene bojom, minimalne debljine suhog sloja 330 µm, minimalnih karakteristika Q3, R5, RW3, B3, S1. Oznake na kolniku izvode se prema prometnom elaboratu, a u skladu s važećim zakonskim i podzakonskim aktima iz područja cestovnog prometa te hrvatskim normama (HRN 1436). U cijenu ulazi sav rad, materijal prijevoz i sve ostalo što je potrebno za potpuni dovršetak posla uključujući potrebna ispitivanja kakvoće materijala i rada. Obračun je po m1 izvedenih oznaka. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 9-02 i 9-02.1.  | m1 | 56 |
| 4.3 | 1100.06.<br>00100.<br>020.070 | Ograda mosta sidrena u betonsku konstrukciju, razreda kvalitete čelika za sve elemente ograde S 235. Visina ograde je 110 cm. Usvojen je dvostruki sustav zaštite od korozije s vrućim pocinčanjem debljine 85 µm i dodatnim bojanjem u dva sloja (osnovni premaz debljine suhog filma 40 µm i završni debljine 80 µm. Ukupna debljina AKZ d=120 µm. Osnovni premaz je na bazi epoksidnih smola, a završni na bazi poliuretana. Ogradu u svemu izvesti prema nacrtima, detaljima i uvjetima iz projekta. U jediničnoj cijeni sadržan je sav rad, oprema i materijal potreban za izradu i postavljanje ograde, uključivo gumene brtve na dilatacijama ograde i antikorozivna zaštita. Obračun po m1 ugrađene i antikorozivno zaštićene ograde. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema Programu kontrole i osiguranja kakvoće i OTU 7-01.10, 7-01.12. | m1 | 56 |
|     |                               |  | m1 | 56 |

## 5 OSTALI I ZAVRŠNI RADOVI

|     |                    |  |         |   |
|-----|--------------------|--|---------|---|
| 5.1 | 1100.20.<br>00500. | Ispitivanje mosta probnim opterećenjem. Nakon dovršenja radova na mostu treba provesti ispitivanje istog. Ispitivanje izvodi ovlaštena institucija prema projektu konstrukcije i programu ispitivanja. Program ispitivanja sastavlja institucija koja obavlja ispitivanje u suradnji s projektantom, izvoditeljem radova i nadzorom. Prije početka ispitivanja treba pribaviti sve dokaze o kakvoći svih ugrađenih materijala prema zahtjevima važećih propisa i OTU. O izvršenom ispitivanju probnim opterećenjem treba izraditi elaborat koji sadrži mišljenje o ponašanju i uporabivosti građevine. Obračun po kompletu ispitivanja. Cijena ispitivanja obuhvaća sav rad i sve ostalo što je potrebno za kompletno provođenje ispitivanja i izradu elaborata. | komplet | 1 |
|-----|--------------------|--|---------|---|

|     |                               |   |     |      |
|-----|-------------------------------|---|-----|------|
| 5.2 | 40.14.<br>00100.<br>016.100   | Uređenje korita vodotoka (rijeka), lomljenim kamenom dimenzije 30-50 cm. Stavka obuhvaća sav rad, opremu i materijal potreban za potpuno dovršenje stavke. Obračun je po m2 uređene površine.   | m2  | 90   |
| 5.3 | 07.07.<br>00200.<br>090.215   | Nabava, prijevoz i postavljanje usidrenih armiranih elastomernih ležajeva veličine 300x400 mm, debljine 50 mm. Prema nacrtima i uvjetima iz projekta te prema uputama proizvođača. Obračun je po kom postavljenih ležajeva. U jediničnu cijenu su uključeni nabava i prijevoz ležajeva na gradilište, postavljanje ležajeva uz geodetsku kontrolu te prethodna priprema (uređenje i horizontiranje) podloge. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 7-01.7.  | kom | 10   |
| 5.4 | 1100.09.<br>00100.<br>130.020 | Prijelazne naprave za ukupne pomake $\pm 50$ mm, sa svim potrebnim elementima i materijalima za ugradnju prijelazne naprave. Ugrađena prijelazna naprava mora osigurati uvjet vodonepropusnosti. Prijelazna naprava mora biti ugrađena u neutralni položaj pomaka s obzirom na temperaturne uvjete ugrade. U svemu prema nacrtima i uvjetima iz projekta te prema uputama proizvođača. Jedinična cijena obuhvaća nabavu i prijevoz prijelaznih naprava te sav rad, opremu i materijal potreban za postavljanje prijelaznih naprava. Obračun po m1 ugrađene prijelazne naprave. Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema Programu kontrole i osiguranja kakvoće i OTU pogl. 7-01.7. | m1  | 14,2 |



**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim privajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARKO TRUBELJA (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom POPRAVCI BETONSKIH MOSTOVA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marko Trubelja  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARKO TRUBELJA (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom POPRAVCI BETONSKIH MOSTOVA (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Marko Trubelja  
(vlastoručni potpis)