

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Živadinov Štebe, U., 2015. Analiza obstoječega stanja mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šelih, J.): 31 str.

Datum arhiviranja: 23-07-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Živadinov Štebe, U., 2015. Analiza obstoječega stanja mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J.): 31 p.

Archiving Date: 23-07-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*

Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**UROŠ ŽIVADINOV ŠTEBE**

**ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA MOSTU ČEZ  
POLJANSKO SORO V GORENJI VASI**

Diplomska naloga št.: 184/B-GR

**ANALYSIS OF THE PRESENT CONDITION OF THE  
BRIDGE OVER POLJANSKA SORA IN GORENJA VAS**

Graduation thesis No.: 184/B-GR

**Mentorica:**

izr. prof. dr. Jana Šelih

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Član komisije:**

doc. dr. Primož Može

doc. dr. Boštjan Pulko

Ljubljana, 14. 07. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani UROŠ ŽIVADINOV ŠTEBE izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom:  
»Analiza obstoječega stanja mostu čez Pojansko Soro v Gorenji vasi«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 26.6.2015

Uroš Živadinov Štebe

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK: 624.21.095:625.033.37(497.4)(043.2)**

**Avtor: Uroš Živadinov Štebe**

**Mentor: izr. prof. dr. Jana Šelih**

**Naslov: Analiza obstoječega stanja mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi**

**Tip dokumenta: diplomsko delo – univerzitetni študij – B**

**Obseg in oprema: 31 str., 25 sl.**

**Ključne besede: mostovi, analiza, obstoječe stanje, propadanje, preiskave**

### **Izvleček**

Diplomsko delo obravnava analizo obstoječega stanja mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi. Ker gre v konkretnem primeru za armiranobetonsko nosilno konstrukcijo, so v prvem delu opisane mehanske lastnosti betona in armature ter njuna kompatibilnost. Sledi opis procesov in vzrokov, ki vplivajo na propadanje armiranobetonskih konstrukcij. Teoretičnem delu sledi opis obravnavanega mostu ter opis preiskav, ki so bila izvedena za ugotavljanje obstoječega stanja konstrukcije. Le-te so razdeljene na dva dela, terenske in laboratorijske preiskave. V okviru terenskih preiskav je podan opis vidnih poškodb konstrukcije, postopek ter rezultati meritve globine karbonatizacije po evropskem standardu SIST EN 14630:2007 in opis odvzema betonskih vzorcev na podlagi evropskega standarda SIST EN 12504-1:2009. Iz armiranobetonskih elementov mostu odvzeti betonski vzorci, so v laboratoriju najprej pregledani in opisani, ter pripravljani za nadaljnje preiskave oziroma preskuse, ki zajemajo preiskave vsebnosti kloridnih ionov po globini, preskus tlačne trdnosti vgrajenega betona po evropskem standardu SIST EN 12504-1:2009 ter meritev globine karbonatizacije na podlagi istega standarda, kot pri terenskih preiskavah.

V zadnjem delu diplomske naloge so v oceni stanja obstoječe konstrukcije mostu čez Poljansko Soro, združeni in interpretirani, z vsemi opravljenimi preiskavami pridobljeni rezultati.

---

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT****UDC: 624.21.095:625.033.37(497.4)(043.2)****Author: Uroš Živadinov Štebe****Supervisor: assoc. prof. Jana Šelih, Ph. D.****Title: Analysis of the present condition of the bridge over Poljanska Sora in Gorenja vas****Document type: Graduation thesis – University studies – B****Scope and tools: 31 p., 25 fig.****Keywords: bridges, analysis, present condition, deterioration, tests****Abstract**

The thesis is focused on the analysis of the present condition of the bridge over Poljanska Sora in Gorenja vas. Because the load-bearing structure is made from reinforced concrete, the first part of the thesis describes mechanical properties of concrete and reinforcement and their mutual compatibility. After that, there is a description of processes and causes, which influence on the deterioration of reinforced concrete structures. After the theoretical part, there is a description of the bridge and a description of tests, which were made in order to define the present state of the structure. Tests are divided into two parts, field and laboratory tests. Field tests include description of the visible damages of the structure, procedure and the depth measurement results of the carbonation according to the European standard SIST EN 14630:2007 and description of the concrete cored specimens drilling according to the standard SIST EN 12504-1:2009. Taken coreds of the concrete from reinforced concrete parts of the bridge were analysed and described in the laboratory and then prepared for the further analyses and tests, which include tests for presence of chloride ions at various depths, compressive strength measurements of the concrete in structures according to the European standard SIST EN 12504-1:2009 and the measurement of carbonation depth in accordance with the same standard as for the field tests.

In the last part of the thesis I have presented all completed tests and the final results as a part of overall evaluation of the condition of the existing bridge construction over Poljanska Sora.

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem mentorici izr. prof. dr. Jani Šelih za strokovno pomoč, gradivo in nasvete pri pisanju diplomske naloge.

Iskreno se zahvaljujem tudi podjetju IRMA d.o.o. v okviru katerega sem sodeloval pri izvedbi terenskih in laboratorijskih preiskav ter so mi omogočili uporabo gradiva za izdelavo diplomskega dela.

Posebna zahvala gre moji družini in puncu za izkazano podporo v času študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Opredelitev problema</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Cilji in struktura diplomske naloge</b> .....	<b>1</b>
<b>2 ARMIRAN BETON IN VZROKI ZA NASTANEK POŠKODB ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. Armiran beton</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.1 Beton</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.2 Betonska armatura</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2 Vzroki za nastanek poškodb armiranobetonskih konstrukcij [3]</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2.1 Kemijski procesi</b> .....	<b>3</b>
2.2.1.1 Korozija betona.....	3
2.2.1.2 Korozija armature .....	4
<b>2.2.2 Fizikalni vplivi</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2.3 Biološki procesi</b> .....	<b>4</b>
<b>3 UGOTAVLJANJE OBSTOJEČEGA STANJA MOSTU ČEZ POLJANSKO SORO</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1 Opis obravnavanega objekta</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2 Terenske preiskave</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2.1 Vizualni pregled konstrukcije</b> .....	<b>6</b>
3.2.1.1 Krajna opornika .....	6
3.2.1.2 Krilni zidovi .....	7
3.2.1.3 Vmesni stenasti podpori .....	7
3.2.1.4 Prekladna konstrukcija.....	8
3.2.1.5 Voziščna konstrukcija .....	9
3.2.1.6 Oprema .....	10
<b>3.2.2 Odvzem vzorcev iz strjenega betona</b> .....	<b>11</b>
3.2.2.1 Splošno .....	11
3.2.2.2 Odvzem vzorcev iz mostu čez Poljansko Soro.....	12
<b>3.2.3 Meritve globine karbonatizacije betona (fenolftaleinski test) [8]</b> .....	<b>13</b>
3.2.3.1 Meritve globine karbonatizacije in debeline zaščitnih plasti na amiranobetonskih elementih mostu čez Poljansko Soro.....	14
<b>3.3 Laboratorijske preiskave</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3.1 Pregled odvzetih vzorcev</b> .....	<b>15</b>



3.3.1.1 Opis vzorca z oznako 14-0495/V1 [IRMA, 2014].....	15
3.3.1.2 Opis vzorca z oznako 14-0495/V2 [IRMA, 2014].....	16
3.3.1.3 Opis vzorca z oznako 14-0495/V3 [IRMA, 2014].....	17
3.3.1.4 Opis vzorca z oznako 14-0495/V4 [IRMA, 2014].....	17
3.3.1.5 Opis vzorca z oznako 14-0495/V5 [IRMA, 2014].....	18
3.3.1.6 Opis vzorca z oznako 14-0495/V6 [IRMA, 2014].....	19
3.3.1.7 Opis vzorca z oznako 14-0495/V7 [IRMA, 2014].....	19
3.3.1.8 Opis vzorca z oznako 14-0495/V8 [IRMA, 2014].....	20
<b>3.3.2 Priprava odvzetih vzorcev .....</b>	<b>20</b>
3.3.2.1 Priprava odvzetih vzorcev za preiskavo vsebnosti kloridnih ionov po globini betona [6] .....	21
3.3.2.2 Priprava vzorcev za preskus tlačne trdnosti .....	22
<b>3.3.3 Preiskave vsebnosti kloridnih ionov .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.4 Preskus tlačne trdnosti betona na odvzetih vzorcih.....</b>	<b>24</b>
3.3.4.1 Prekladna AB plošča .....	25
3.3.4.2 AB desni krajni opornik .....	25
3.3.4.3 Betonsko krilo (ob strani desnega krajnega opornika) .....	26
3.3.4.4 AB vmesna stenasta podpora.....	26
<b>3.3.5 Meritev globine karbonatizacije na odvzetih vzorcih (fenolftaleinski test).....</b>	<b>26</b>
<b>4 OCENA STANJA MOSTU ČEZ POLJANSKO SORO .....</b>	<b>28</b>
<b>5 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>30</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>31</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Popis mest odvzema vzorcev [IRMA, 2014].....	12
Preglednica 2: Rezultati meritev globine karbonatizacije v betonu in debeline zaščitnih plasti betona [IRMA, 2014].....	14
Preglednica 3: Maksimalna vsebnost kloridov v betonu po SIST EN 206:2013 .....	23
Preglednica 4: Vsebnost kloridnih ionov v betonu [IRMA, 2014].....	24
Preglednica 5: Rezultati preskusov tlačne trdosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v prekladni AB plošči [IRMA, 2015].....	25
Preglednica 6: Rezultati preskusov tlačne trdosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v AB desnem krajnem oporniku [IRMA, 2015] .....	25
Preglednica 7: Rezultati preskusov tlačne trdosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v betonskem krilu (ob strani desnega krajnega opornika) [IRMA, 2105] .....	26
Preglednica 8: Rezultati preskusov tlačne trdosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v AB vmesni stenasti podpori [IRMA, 2015].....	26
Preglednica 9: Rezultati meritev globine karbonatizacije v betonu in debeline zaščitnih plasti betona na odvzetih vzorcih [IRMA, 2015].....	27

## KAZALO SLIK

Slika 1: a) Lokacija obravnavanega mostu [Geopedia, 2015]; b) Pogled na obravnavan most iz vzhodne smeri [IRMA, 2014] .....	6
Slika 2: a) Poškodbe desnega krajnega opornika [IRMA, 2014]; b) Poškodbe levega krajnega opornika [IRMA, 2014] .....	7
Slika 3: Poškodbe krilnih zidov a) Rast vegetacije, odstopanj in odpadanje betona [IRMA, 2014]; b) Poškodbe krilnih zidov - odpadanje cementne mase iz fug [IRMA 2014] ...	7
Slika 4: a) Poškodbe desne stenaste podpore (gledano dolvodno) – sledi zamakanja in izločanje korozijskih produktov ter sige v območju vute [IRMA, 2014]; b) Poškodbe leve stenaste podpore (gledano dolvodno) – sledi zamakanja in izločanje korozijskih produktov ter sige [IRMA, 2014].....	8
Slika 5: Poškodbe vmesnih stenastih podpor a) Odstopanje in odpadanje betona [IRMA, 2014]; .....	8
Slika 6: Poškodbe prekladne plošče: a) Premakanje skoraj po celotnem delu [IRMA 2014]; b) Odpadanje zaščitnih slojev betona in korozija armature [IRMA 2014].....	9
Slika 7: Poškodbe prekladne plošče: a) Korozija armature in izrazito odpadanje betona na mestu dilatacije [IRMA 2014]; b) Korozija armature, odpadanje zaščitnih slojev betona in izločanje sige na spodnji površini [IRMA, 2014].....	9
Slika 8: Poškodbe asfaltne podlage a) Prečne mrežaste razpoke v območju dilatacij [IRMA, 2014]; b) Vz dolžna razpoka na sredini vozišča [IRMA, 2014].....	10
Slika 9: a) Lokalno korodirana ograja hodnikov [IRMA, 2014], b) Korodirana nosilna konstrukcija komunalnih vodov [IRMA, 2014].....	10
Slika 10: a) Izrazito korodirani izlivniki na spodnji strani prekladne plošče [IRMA, 2014]; b) Korodiran in zamašen točkovni odtok, namenjen odvodnjanju vode z vozišča [IRMA, 2014].....	11
Slika 11: a) Vrtalna naprava za odvzem vzorcev [IRMA, 2014]; b) Vrtina iz katere je bil odvzet betonski vzorec [IRMA, 2014].....	12
Slika 12: a) Merjenje povprečne in maksimalne globine karbonatizacije; b) Izoliran globlji žeb karbonatiziranjega betona [XXX].....	13
Slika 13: Meritev globine karbonatizacije s fenolftaleinskim testom na spodnji površini prekladne plošče [IRMA, 2014].....	15
Slika 14: Vzorec z oznako V1 [IRMA, 2014] .....	16
Slika 15: Vzorec z oznako V2 [IRMA, 2014] .....	17
Slika 16: Vzorec z oznako V3 [IRMA, 2014] .....	17
Slika 17: Vzorec z oznako V4 [IRMA, 2014] .....	18
Slika 18: Vzorec z oznako V5 [IRMA, 2014] .....	18
Slika 19: Vzorec z oznako V6 [IRMA, 2014] .....	19

---

Slika 20: Vzorec z oznako V7 [IRMA, 2014] .....	19
Slika 21: Vzorec z oznako V8 [IRMA, 2014] .....	20
Slika 22: Vzorci pripravljene za razrez [IRMA, 2014] .....	21
Slika 23: Razrezani vzorci, pripravljene za nadaljne preiskave vsebnosti kloridnih ionov [IRMA, 2014].....	22
Slika 24: Vzorci pripravljene za nadaljni preiskus tlačne trdnosti [IRMA, 2015] .....	22
Slika 25: Meritev globine karbonaizacije na vzorcu V5-1 (slika levo) in vzorcu V8 (slika desno) [IRMA, 2014].....	27

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **1 UVOD**

### **1.1 Opredelitev problema**

Rezultati varnostne analize premostitvenih objektov kažejo, da je na glavnih in regionalnih cestah, ki so v upravljanju Direkcije RS za ceste, v slabem oziroma zelo slabem stanju kar 300 premostitvenih objektov. Samo v lanskem letu (2014) so tako zaradi slabega stanja uvedli ukrepe omejitve nosilnosti na kar 15ih premostitvenih objektih [1]. Objekti cestne infrastrukture so pomemben člen gospodarstva vsake države, saj obstaja soodvisnost med stopnjo razvoja transportne dejavnosti in ravno razvitosti gospodarstva [2]. Posledice uveljavitve takšnih ukrepov, kot je omejitev nosilnosti na premostitvenih objektih, so dolžinsko in časovno daljše transportne poti. Te pa predvsem občutijo težka tovorna vozila, ki se jim znatno povešajo transportni stroški in s tem zmanjšanje konkurenčnosti celotnega gospodarstva države.

To pomeni, da so takšni ukrepi na premostitvenih objektih dolgoročno nesprejemljivi in da je nujno potrebna sanacija oziroma nadomestitev le-teh. Nosilno konstrukcijo večine premostitvenih objektov na cestni infrastrukturi RS predstavlja armiran beton, zato je za pravilno zasnovano sanacije pomembno razumevanje vzrokov za propadanje armiranega betona in dobra analiza stanja poškodovanega objekta.

### **1.2 Cilji in struktura diplomske naloge**

Cilj diplomske naloge je prikazati potek analize stanja poškodovanega armiranobetonskega premostitvenega objekta. V diplomski nalogi smo analizirali obstoječe stanje mostu na konkretnem primeru (most Čez Poljansko Soro v Gorenji vasi). V prvem delu smo povzeli glavne razloge za propadanje armiranobetonskih konstrukcij, v nadaljevanju diplomske naloge pa smo opisali terenske in laboratorijske preiskave za analizo mostu. Terenske preiskave vključujejo vizualni pregled konstrukcije s popisom poškodb, odvzem vzorcev in meritve globine karbonatizacije ter debelin zaščitnih plasti betona nad armaturo. V okviru laboratorijskih preiskav smo najprej opisali pripravo odvzetih vzorcev s terena, nato pa preskus tlačne trdnosti betona, preiskave vsebnosti kloridnih ionov v betonu in meritve globine karbonatizacije na odvzetih vzorcih. Diplomsko nalogo smo zaključili z oceno stanja mostu, podano glede na pridobljene rezultate opravljenih preiskav.

## **2 ARMIRAN BETON IN VZROKI ZA NASTANEK POŠKODB ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ**

### **2.1. Armiran beton**

#### **2.1.1 Beton**

Beton je umetni kompozitni material, sestavljen iz grobega in finega agregata (pesek, gramoz, prod), cementa (vezivo) in vode. V betonski mešanici agregat zavzema približno 75% volumenske mase betona, ostali del pa zavzema cementni kamen, ki daje betonu njegovo trdnost. V mešanico osnovnih sestavin se vse pogosteje dodajajo razna polnila, ki bistveno spremenijo mehanske lastnosti (krčenje, trdnost,...).

Beton je dandanes, zaradi svoje relativno nizke cene in dobrih mehanskih lastnosti, eden od najpogosteje uporabljenih gradbenih materialov. Ima pa beton prav tako tudi slabe lastnosti. Ena od teh je majhna natezna trdnost. Z namenom ojačitve betonu zato dodajamo armaturo, ki prevzema natezne sile, ki jih beton sam ne mora prevzeti.

#### **2.1.2 Betonska armatura**

Armaturo v betonu prevzema natezne sile, v primeru, da je to potrebno, pa tudi dodatne tlačne in strižne sile. Dandanes se za armaturo večinoma uporablja jeklo. Zanj je pomembna dobra sprijemljivost z betonom, prevzemanje natezne napetosti v armiranem betonu in zagotavljanje preproste vgradnje.

Vrste betonske armature so [3]:

- Gladke palice (premera od 6 mm do 36 mm)
- Rebraste palice (premera od 6 mm do 40 mm)
- Armaturne mreže (Q mreže - nosilne v obeh smereh, R - mreže nosilne v eni smeri)

### **2.2 Vzroki za nastanek poškodb armiranobetonskih konstrukcij [3]**

Armiranobetonske konstrukcije skozi celotno življenjsko obdobje prihajajo v stik z različnimi agresivnimi mediji in so izpostavljene različnim mehanskim poškodbam. Tako so ves čas v potencialni nevarnosti, da se na njih pojavijo poškodbe. Poleg dveh pomembnih lastnosti betona, karakteristične trdnosti in deformabilnosti, so za doseženo kakovost betona najpomembnejše lastnosti trajnosti. Trajnost betona je zelo odvisna od odpornosti betona, ki pomeni sposobnost materiala, da se med uporabo upira spremembam lastnosti in razpadanju zaradi agresivnih vplivov in je odvisna od sestave in strukture betona, homogenosti betonske mešanice, poroznosti, razpok, debeline zaščitnega sloja nad vgrajeno armaturo. Prav tako je odpornost betona odvisna od vrste in intenzivnosti zunanjih vplivov na

konstrukcijo, saj ima lahko konstrukcija iz iste vrste betona pri različnih zunanjih vplivih različno odpornost proti agresivnim vplivom in posledično različno življenjsko dobo. V splošnem se agresivni vplivi delijo na:

- Kemijske vplive,
- fizikalne vplive,
- biološke vplive.

## 2.2.1 Kemijski procesi

### 2.2.1.1 Korozija betona

Proces propadanja betona oziroma korozija betona je posledica kemijske agresije snovi, ki pride iz okolice in sestavine cementnega kamna. Običajno je glavni razlog za pojav korozije betona prisotnost vode ali vlage ob istočasnem delovanju temperature in vlage okolja. Glede na vrsto razpada ločimo širi različne vrste korozije betona:

- **Raztapljanje hidratacijskih produktov** – pri tem procesu gre največkrat za izpiranje kalcijevega hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$  iz poroznih in razpokanih mest betona. Kalcijev hidroksid se izloča na površino betona kot siga, posledica pojava pa je večja poroznost, zmanjšana trdnost in togost betona ter izguba alkalnosti [3].
- **Preoblikovanje trdih komponent** – pri tem procesu pride do reakcije med cementnim kamnom in kislinami ali solmi. Posledica reakcije je raztapljanje cementnega kamna zaradi česar se poveča poroznost in zmanjša trdnost betona zaradi delovanja kislin in soli. Takšen tip korozije se pojavi v betonih, ki so v stiku z mineralnimi vodami, kislinami, raztopinami soli in zelo močnimi bazami. Najbolj znana reakcija takšnega tipa je karbonatizacija betona. Pri karbonatizaciji prihaja do reakcije med ogljikovim dioksidom  $\text{CO}_2$  iz zraka in kalcijevim hidroksidom  $\text{Ca(OH)}_2$  v cementnem kamnu. Produkt reakcije je  $\text{CaCO}_3$  (kalcijev karbonat), posledica pa je zmanjšanje učinkovitosti zaščitnega sloja betona (izguba alkalnosti) [3].
- **Delovanje trdne faze** – v betonu med produkti hidratacije cementsa in nekaterimi solmi, ki prodrejo v notranjost, nastanejo novi spoji, ki nase vežejo kristalno vodo. Reakcija povzroči povečanje volumna in posledično povečanje notranjih pritiskov, ki uničujejo beton. Najbolj znani reakciji te vrste sta sulfatna reakcija in reakcija z morskno vodo [3].
- **Alkalno-agregatna reakcija** – do te reakcije pride v primeru, da kamni agregat vsebuje reaktivne komponente, ki reagirajo z alkalijami iz cementsa. Novo nastale spojine zopet nase vežejo kristalno vodo, posledično pa pride do povečanja volumna in povečanja notranjih pritiskov, ki povzročijo razpad betona [3].



### **2.2.1.2 Korozija armature**

Kakovosten beton daje s svojo alkalnostjo v normalnih pogojih okolice dobro protikorozijsko zaščito jekleni armaturi. Pojav imenujemo pasivizacija jeklene armature, ko se na površini jekla ustvari tanek sloj alkalnih oksidov (pH večja kot 12) in jo tako ščiti pred korozijo. Beton poleg omenjene pasivne zaščite z debelino zaščitnega sloja daje armaturi še fizično zaščito. Je pa beton zaradi svoje porozne strukture prepusten material, kar pomeni, da v njegovo notranjost lokalno oziroma na večjih površinah prodirajo agresivne snovi, te pa izničujejo funkcijo kemične in fizične zaščite ter se s tem ustvarjajo pogoji za korozijo armature [3].

Korozija jeklene armature je elektrokemijski proces, pri katerem na površini armaturene palice nastanejo korozijske celice (anoda in katoda). Vode z raztopljenimi solmi in kislinami v porah betona predstavlja elektrolit, armaturna palica pa kovinski vodnik elektronov. Ko je električno polje sklenjeno, so ustvarjeni pogoji za nastanek korozijskih produktov. Korozijski produkti imajo večjo prostornino kot jeklo pred pričetkom korozije (volumen se lahko poveča tudi do 6x!), kar povzroča dodatne napetosti v betonu, posledično se v njem, vzporedno z armaturo, pojavijo razpoke, kasneje pa prihaja tudi do luščenja in odstopanja zaščitne plasti betona.

Pasivizacija se močno zmanjša v primeru karbonatizacije betona in ob prisotnosti soli ter kislin (še posebej ob prisotnosti kloridnih ionov  $\text{Cl}^-$ ). Pri karbonatizaciji betona pride do reakcije med kalcijevim hidroksidom iz cementnega kamna in atmosferskim ogljikovim dioksidom, ki se nahaja v porah. Produkt reakcije je kalcijev karbonat. Posledica je izguba alkalnosti, močno karbonatiziran beton ima pH okoli 7. Izgubo zaščite pa prav tako povzroči delovanje kloridovih ionov v določenem razmerju koncentracije z hidroksilnimi ioni in nujni prisotnosti kisika in vlage. Na cestnih objektih pridejo kloridi v pore betona iz soli, ki se uporablja za preprečitev zmrzovanja voziščne konstrukcije [3].

### **2.2.2 Fizikalni vplivi**

Pod fizikalne vplive, ki na beton delujejo rušilno, štejemo mehanično delovanje iz okolice (obrus betona, erozija betona zaradi abrazije ali kavitacije), preobremenitev (udarci, ciklično obremenjevanje, pomik temeljev), volumske spremembe (kristalizacija pritiskov soli v porah cementnega kamna, termična nekompatibilnost cementnega kamna in agregata, korozija armature,...) in temperaturne vplive (mraz, požar) [3].

### **2.2.3 Biološki procesi**

Beton je zaradi svoje površinske poroznosti (prisotnost vode v porah) lahko dobra podlaga za razvoj vegetacije in različne organizme. Ti prodirajo globoko v beton (korenine nekaterih vrst rastlin lahko prodrejo tudi do 50 cm v globino) in s svojim delovanjem in izločanjem

različnih organskih snovi uničujejo zaščitni sloj betona ter omogočijo dostop agresivnih snovi do armature [3].

### **3 UGOTAVLJANJE OBSTOJEČEGA STANJA MOSTU ČEZ POLJANSKO SORO**

Projektiranje novih konstrukcij in ocenjevanje stanja obstoječih konstrukcij sta dva popolnoma drugačna postopka. Pri projektiranju novih konstrukcij se na podlagi zahtev za objekt (nosilnost, varnost, trajnost itd.) določijo vrste in lastnosti nosilnega materiala, dimenzije objekta, kakovost izvedbe itd.

Ocena obstoječih konstrukcij pa temelji na ugotovljenem stanju konstrukcije, ki izhaja iz izvedenih pregledov, preskusov in meritev konstrukcije. Obseg preiskav in potrebni postopki za ugotovitev stanja obstoječe konstrukcije so odvisni od namena ocene, pomembnosti objekta in od obsežnosti nameravanih ukrepov. V okviru te diplomske naloge oceno stanja analiziramo na podlagi terenskih preiskav, ki obsegajo detajlni pregled in registracijo poškodb, odvzem vzorcev za kasnejše laboratorijske preiskave in meritve globine karbonatizacije ter debelin zaščitnih plasti betona nad armaturo. Prav tako oceno stanja podajamo na podlagi laboratorijskih preskušanj vzorcev, ki smo jih odvzeli na terenu. Le-te obsegajo preskus tlačne trdnosti in prostorninske mase betona, preiskave vsebnosti in razporeditev kloridnih ionov po globini AB prekladne plošče ter globino karbonatizacije [4].

#### **3.1 Opis obravnavanega objekta**

Most čez Poljansko Soro v Gorenji vasi se nahaja na odseku 1144 ceste R2-407 v km 0,010. Armiranobetonski most, zgrajen leta 1956, prečka vodotok Poljanske Sore pod kotom 90 stopinj. Dolžina mostu znaša 49,6 m, razpon med krajnima opornikoma pa je 39 m. Skupna širina mostu znaša 8,2 m, od tega znaša voziščna konstrukcija 6 m, širina hodnikov skupaj z robniki je na vsaki strani 1,1 m. Debelina AB plošče hodnikov znaša 0,2 m. Prekladna AB konstrukcija, debeline pretežno 0,6 m, je zasnovana kot kontinuirana plošča preko treh polj. Na koncih jo podpirata krajna opornika okvirnih tlorisnih dimenzij 8 x 0,65 m, vmes pa dve stenasti podpori tlorisnih dimenzij 5 x 0,24 m. Stenasti podpori, ki sta od krajnih opornikov na obeh straneh oddaljeni za 11,7 m, se v zgornjem delu, na stiku z prekladno ploščo, odebelita z vuto [6].



Slika 1: a) Lokacija obravnavanega mostu [Geopedia, 2015]; b) Pogled na obravnavan most iz vzhodne smeri [IRMA, 2014]

## 3.2 Terenske preiskave

### 3.2.1 Vizualni pregled konstrukcije

Pri vizualnem pregledu konstrukcije se evidentira vse opazne poškodbe. Pri nekaterih poškodbah so vzroki zanje jasno razpoznavni, za druge pa je potrebno opraviti še dodatne preiskave in preglede. Poškodbe, ki so bile evidentirane pri pregledu mostu čez Poljansko Soro, so v nadaljevanju opisane za vsak konstrukcijski element posebej. Temelji objekta so zasuti, tako da za zanje poškodbe niso bile evidentirane [5].

#### 3.2.1.1 Krajna opornika

Tako na desno brežnem kot levo brežnem krajnem oporniku so vidni sledovi zamakanja predvsem v zgornjem delu opornikov ob stiku s prekladno AB plošč. Do zamakanja prihaja skozi konstrukcijo nad njimi. Poškodbe se kažejo predvsem v zamakanju in premakanju ter izločanju sige iz razpok in delovnih stikov. V krajnih opornikih ni vidno večje razpadanje in odpadanje betona [6].



Slika 2: a) Poškodbe desnega krajnega opornika [IRMA, 2014]; b) Poškodbe levega krajnega opornika [IRMA, 2014]

### 3.2.1.2 Krilni zidovi

Krilni zidovi ob krajnih opornikih so zgrajeni iz kamnitih kosov, med posameznim kamnitimi kosi prihaja do odstopanja, izpadanja in razpokanja cementne mase iz fug. Med kamnitimi kosi je mestoma prisotna rast vegetacije. Lokalno se pojavlja odstopanje in odpadanje vrhnjih plasti betona [6].



Slika 3: Poškodbe krilnih zidov a) Rast vegetacije, odstopanj in odpadanje betona [IRMA, 2014]; b) Poškodbe krilnih zidov - odpadanje cementne mase iz fug [IRMA 2014]

### 3.2.1.3 Vmesni stenasti podpori

Na obeh armiranobetonskih stenastih podporah so v zgornjem delu na stiku z vutama vidne sledi zamakanja, izločanja korozijskih produktov in sige. Do zamakanja tako kot pri krajnih opornikih prihaja skozi prekladno konstrukcijo nad njimi. Na levi vmesni podpori (gledano dol vodno) pa je na robu prisotno odstopanje in odpadanje betona zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov. Lokalno so na površini prisotna mesta segregiranega in slabo zalitega betona [6].





Slika 4: a) Poškodbe desne stenaste podpore (gledano dolvodno) – sledi zamakanja in izločanje korozijskih produktov ter sige v območju vute [IRMA, 2014]; b) Poškodbe leve stenaste podpore (gledano dolvodno) – sledi zamakanja in izločanje korozijskih produktov ter sige [IRMA, 2014]

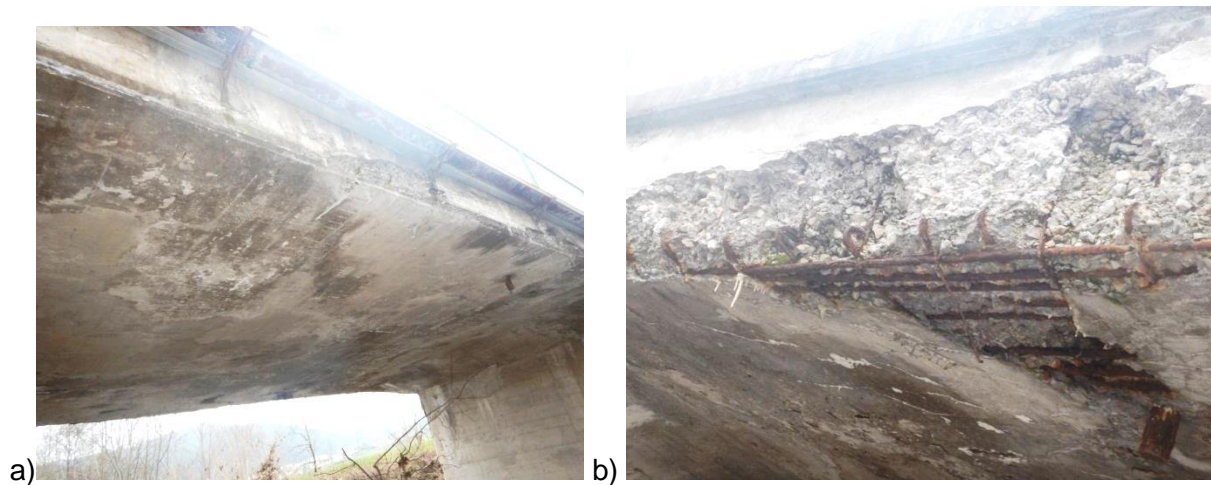


Slika 5: Poškodbe vmesnih stenastih podpor a) Odstopanje in odpadanje betona [IRMA, 2014]; b) Površina delno segregiranega in slabo skomprimiranega betona [IRMA, 2014]

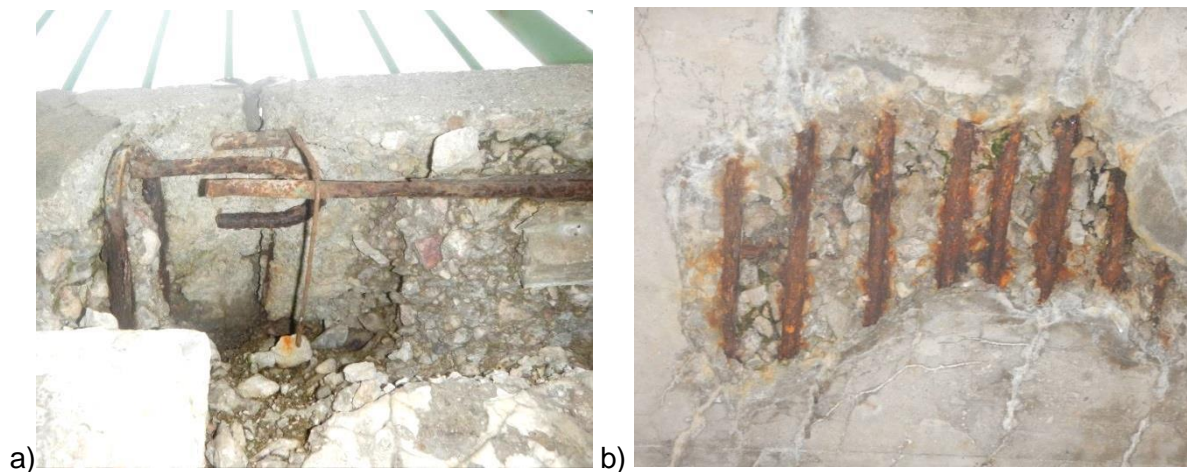
#### 3.2.1.4 Prekladna konstrukcija

Prisotno je močno premakanje AB prekladne plošče skoraj po celotni površini plošče. S spodnje strani je posledično prisotno odstopanje in odpadanje betona ter korozija armature. Na več mestih je viden segregiran in porozen beton, prisotne so razpoke, ki potekajo v vseh smereh ter se iz njih izloča siga. V liniji spodnje armature so v betonu vidni rjavi sledovi korozijskih produktov, na mestih, kjer je bila zaščitna plast betona pretanka oziroma je mestom skoraj da ni bilo, prihaja do odstopanja in odpadanja betona nad izrazito korodirano

armaturo. Na čelih AB prekladne konstrukcije in AB hodnikov je prisotno izrazito odstopanje in odpadanje betona zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov [6].



Slika 6: Poškodbe prekladne plošče: a) Premakanje skoraj po celotnem delu [IRMA 2014]; b) Odpadanje zaščitnih slojev betona in korozija armature [IRMA 2014]

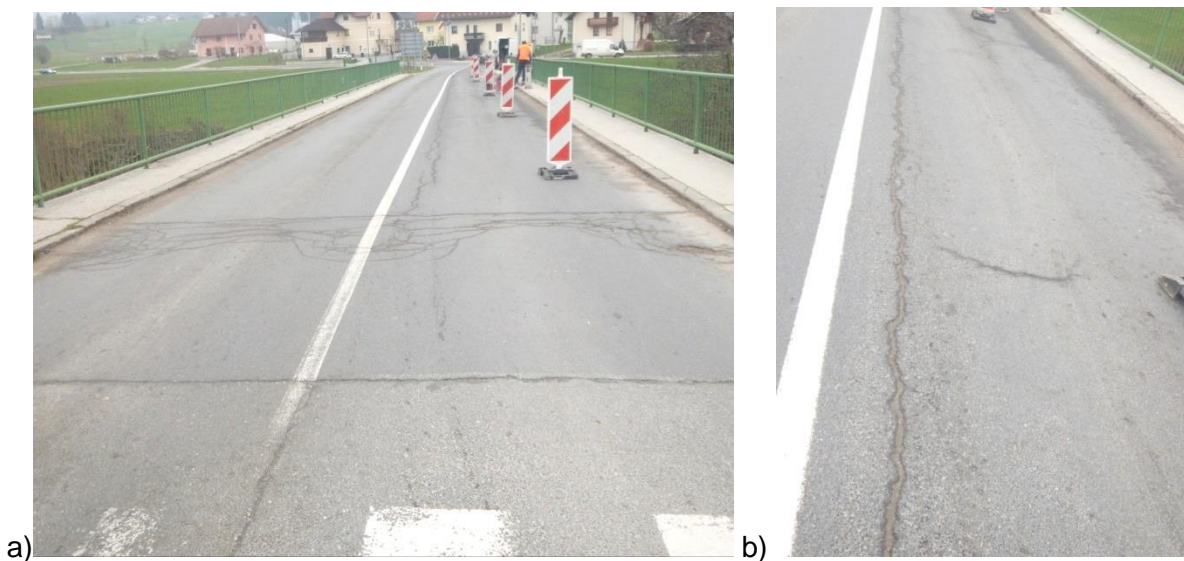


Slika 7: Poškodbe prekladne plošče: a) Korozija armature in izrazito odpadanje betona na mestu dilatacije [IRMA 2014]; b) Korozija armature, odpadanje zaščitnih slojev betona in izločanje sige na spodnji površini [IRMA, 2014]

### 3.2.1.5 Voziščna konstrukcija

V asfaltni oblogi voziščne konstrukcije so prisotne mrežaste razpoke, ki so najbolj izrazite na mestih ob izvedenih dilatacijah. Po skoraj celotni dolžini je na sredini vozišča prisotna vzdolžna razpoka. Rega na stiku asfalta in robnika hodnikov je zapolnjena z blatom. Na robnikih hodnikov so mestoma prisotni odlomi od udarcev. V AB plošči hodnikov so na zgornji površini mestoma prisotne prečne razpoke, prihaja tudi do krušenja betona in razraščanja vegetacije na stiku z robniki [6].





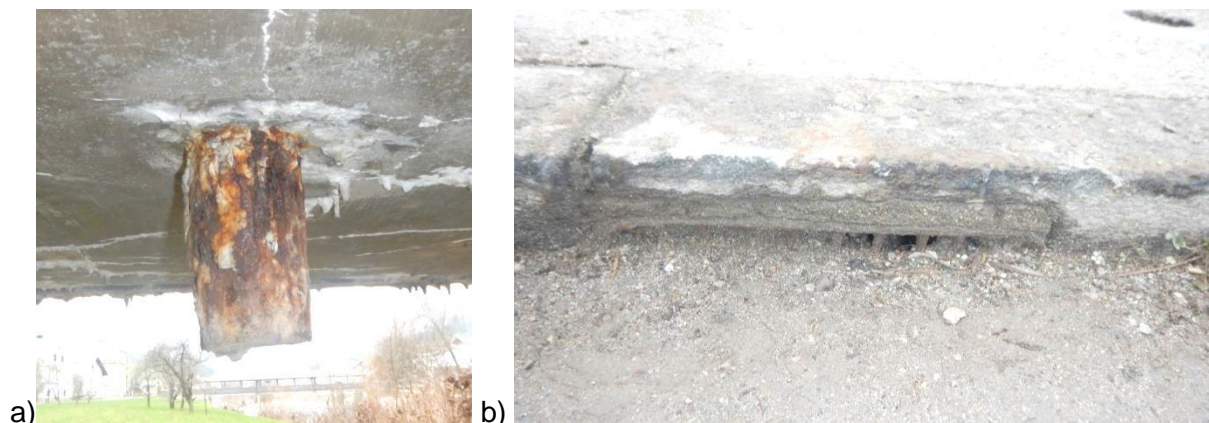
Slika 8: Poškodbe asfaltne podlage a) Prečne mrežaste razpoke v območju dilatacij [IRMA, 2014];  
b) Vzdolžna razpoka na sredini vozišča [IRMA, 2014]

### 3.2.1.6 Oprema

Ograja hodnikov za pešce je lokalno korodirana in mestoma mehansko poškodovana. Na spodnji strani AB prekladne konstrukcije so točkovni izlivniki za odvodnjavanje vode močno korodirani. Na zgornji voziščni konstrukciji so rešetke odtočnikov prav tako korodirane in zablatene, kar še dodatno onemogoča odvodnjavanje vode s cestišča. Močno korodirana je tudi nosilna konstrukcija komunalnih vodov na čelih prekladne plošče [6].



Slika 9: a) Lokalno korodirana ograja hodnikov [IRMA, 2014], b) Korodirana nosilna konstrukcija komunalnih vodov [IRMA, 2014]



Slika 10: a) Izrazto korodirani izlivniki na spodnji strani prekladne plošče [IRMA, 2014]; b) Korodiran in zamašen točkovni odtok, namenjen odvodnjavanju vode z vozišča [IRMA, 2014]

### 3.2.2 Odvzem vzorcev iz strjenega betona

#### 3.2.2.1 Splošno

V okviru ugotavljanja obstoječega stanja konstrukcije je del preiskav tudi preskušanje tlačne trdnost vgrajenega betona in preiskave vsebnosti in razporeditev kloridovih ionov po globini AB plošče hodnika in AB plošče pod hidroizolacijo voziščne konstrukcije. Določanje tlačne trdnosti betona se izvaja po standardu SIST EN 12504-1:2009, Preskušanje betona v konstrukcijah – 1.del: Izvrtani preskušanci – Jemanje, pregled in tlačni preskus.

V povezavi z jemanjem vzorcev standard SIST EN 12504-1:2009 navaja [7]:

- Razmerje med maksimalnim premerom agregata v betonu in premerom izvrtanega vzorca ima velik vpliv na izmerjeno trdnost, ko se ta približa vrednosti večje od 1:3,
- mesto vrtanja vzorcev ni določeno, je pa pred pričetkom vrtanja potrebo razmisliti, kako bo vrtina vplivala na konstrukcijo. Standard predlaga, da se vrtanje vzorcev izvede stran od vezi in robov betonskih elementov in kjer je malo oziroma nič armature,
- če ni drugače navedeno, se vrtanje izvaja pravokotno na podlago, pri čemer je potrebno med kronskim vrtanjem fiksirati napravo in pri tem ne poškodovati vzorec,
- določanje globine vrtanja oziroma dolžine vzorca je odvisna od premera vzorca, metode obdelave vzorcev in odvisno od tega, ali se bo tlačna trdnost vzorca primerjala s trdnostjo kocke ali valja (razmerje med dolžino vzorca in premerom je 2 za primerjavo s trdnostjo valja in 1 za primerjavo s trdnostjo kocke),
- takoj po končanem vrtanju je potrebno natančno in neizbrisljivo označiti vsak vzorec, zabeležiti njegovo lokacijo in orientacijo v elementu iz katerega je bil izvrtan. Če je vzorec iz ene vrtine v več kosih (zaradi različnih materialov oziroma se nam med



vrtanjem zlomi), je potrebno na vsak kos posebej označiti orientacijo in položaj v vrtini,

- če je le mogoče, se je potrebno izogniti vrtanju skozi armaturo. V primeru prereza pa se zabeleži njen premer in položaj v milimetrih.

### 3.2.2.2 Odvzem vzorcev iz mostu čez Poljansko Soro

V okviru preiskav smo iz zgornje strani hodnika in voziščne konstrukcije, desnega krajnega opornika ter stenaste podpore s kronskim vrtanjem odvzeli 8 vzorcev. Da bi zmanjšali verjetnost vrtanja skozi armaturo so bila izbrana mesta predhodno pregledana s profometersko napravo (naprava za nedestruktivno odkrivanje položaja vgrajene armature). Vrtanje vzorcev je bilo izvedeno z diamantno vrtalno krono notranjega premera 100 mm. Vrtalna naprava je bila preko stojala fiksirana v betonski element. Izvrtani vzorci, povprečnega premera 99 mm, so bili dolžine od 240 mm do 436 mm. Popis mest odvzema vzorcev z njihovimi oznakami je podan v preglednici 1 [6].

oznaka valja	mesto odvzema
14-0495/V1	voziščna konstrukcija
14-0495/V2	AB plošča hodnika
14-0495/V3	voziščna konstrukcija
14-0495/V4	AB plošča hodnika
14-0495/V5	AB desni krajni opornik
14-0495/V6	betonsko krilo (ob strani AB desnega krajnega opornika)
14-0495/V7	AB vmesni stenasti podpornik
14-0495/V8	spodnja stran AB plošče

Preglednica 1: Popis mest odvzema vzorcev [IRMA, 2014]



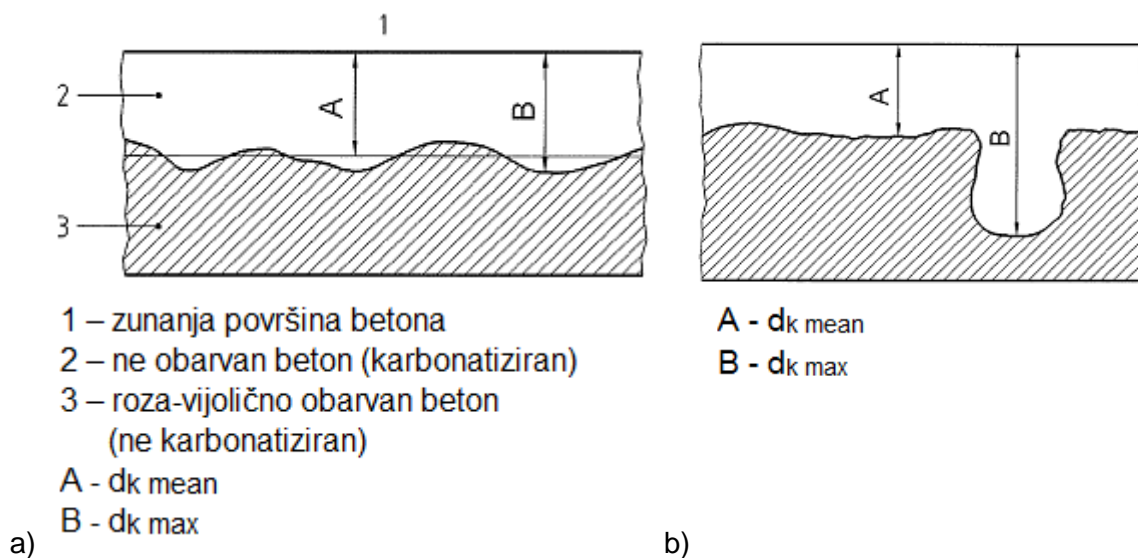
Slika 11: a) Vrtalna naprava za odvzem vzorcev [IRMA, 2014]; b) Vrtina iz katere je bil odvzet betonski vzorec [IRMA, 2014]

### 3.2.3 Meritve globine karbonatizacije betona (fenolftaleinski test) [8]

Z namenom ugotovitve zadostne debeline nekarbonatiziranega betona, ki je potrebna za zaščito armature pred korozijo do konca predvidene življenjske dobe obstoječega objekta, je potrebno določiti celotno debelino zaščitnega sloja betona in globino že karbonatiziranega betona. Debelino zaščitnega sloja betona je preprosto izmeriti z metrom, za določanje globine karbonatizacije pa je najbolj razširjena metoda z nanosom 1-odstotne raztopine fenolftaleina na preiskovano mesto betona. Fenolftalein indiktira globino karbonatizacije tako, da se pri pH vrednosti nad približno 9 beton obarva z roza-vijolično barvo. Samo beton, ki se obarva z roza-vijolično barvo, zagotavlja zadostno alkalnost za pasivno zaščito armature pred korozijo. Preskusna metoda za ugotavljanje globine karbonatizacije v strjenem betonu s fenolftaleinskim testom je opisana v standardu SIST EN 14630:2007.

Globina karbonatizacije je v vsaki točki določena kot razdalja  $d_k$  (izražena v mm), izmerjena od zunanje površine betona do roza-vijolično obarvane linije betona. V praksi so izmerjene globine karbonatizacije iregularne, zato se kot vrednost zapiše povprečna vrednost globine  $d_{k \text{ mean}}$  in maksimalna globina  $d_{k \text{ max}}$  (slika 23a).

Če je na mestu meritve globine karbonatizacije prisoten žep, na primer zaradi razpoke, kjer je maksimalna globina  $d_{k \text{ max}}$  izrazito globlja od povprečne  $d_{k \text{ mean}}$  (slika 23b), potem vrednost  $d_{k \text{ max}}$  ne sme biti vključena v izračun povprečne globine  $d_{k \text{ mean}}$ .



Slika 12: a) Merjenje povprečne in maksimalne globine karbonatizacije; b) Izoliran globlji žeb karbonatiziranjega betona [8]

### 3.2.3.1 Meritve globine karbonatizacije in debeline zaščitnih plasti na amiranobetonskih elementih mostu čez Poljansko Soro

Debelina zaščitnih plasti betona nad armaturo in globina karbonatizacije je bila na terenu izmerjena na petih mestih:

- 1 x vizualno nepoškodovana zunanja površina desnega AB krajnega opornika,
- 1 x vizualno nepoškodovana zunanja površina AB stenaste podpore,
- 2 x vizualno nepoškodovana spodnja površina AB plošče,
- 1 x na mestu segregiranega in poroznega betona na spodnji površini AB plošče.

Na izbranih mestih izvedbe meritev so bile označene linije poteka vgrajene armature, ki so bile identificirane s pomočjo profometerske naprave. Na-to je bil v okolici označenih linij (približno 1 cm globlje od vgrajene armature) izbit beton, iz katerega je bil očiščen oziroma posesan prah. Na odprtih mestih so bile izmerjene globine zaščitnih plasti betona in nato s pršenjem nanasena fenolftaleinska raztopina. Izmerjena je bila povprečna ( $d_{k \text{ mean}}$ ) in maksimalna ( $d_{k \text{ max}}$ ) globina karbonatizacije. Rezultati meritev globine karbonatizacije in debelin zaščitnih plasti betona so podani v preglednici 2 [6].

oznaka vzorca	mesto preskusa	vrsta vzorca	$d_{k \text{ mean}}$	$d_{k \text{ max}}$	Debelina zaščitnih plasti betona nad armaturo
[-]	[-]	[I/V/K]*	[mm]	[mm]	[mm]
1	vizuelno nepoškodovana zunanja površina desnega AB krajnega opornika	I	30	47	34
2	vizuelno nepoškodovana zunanja površina AB stenaste podpore	I	11	24	41
3	na mestu segregiranega in poroznega betona na spodnji površini AB plošče (ca 2,5m od roba plošče)	I	30	40	20
4	vizuelno nepoškodovana spodnja površina AB plošče (na sredini širine plošče)	I	30	35	16
5	vizuelno nepoškodovana spodnja površina AB plošče (ca 60 cm od roba plošče)	I	18	20	17

\*.....I=in situ, V=valj, K=kos betona

Preglednica 2: Rezultati meritev globine karbonatizacije v betonu in debeline zaščitnih plasti betona [IRMA, 2014]



Slika 13: Meritev globine karbonatizacije s fenolftaleinskim testom na spodnji površini prekladne plošče [IRMA, 2014]

### 3.3 Laboratorijske preiskave

Kot smo že omenili, obsegajo laboratorijske preiskave za ugotavljanje obstoječega stanja mostu preskus tlačne trdnosti in prostorninske mase betona, preiskave vsebnosti in razporeditev kloridnih ionov po globini AB plošče ter globino karbonatizacije. Laboratorijske preiskave so izvedene na podlagi odvzetih vzorcev, ki pa jih je potrebno predhodno pregledati in pripraviti.

#### 3.3.1 Pregled odvzetih vzorcev

Vseh 8 odvzetih vzorcev smo pregledali v laboratoriju. V okviru pregleda smo zabeležili sloje posameznega vzorca, premer vzorca in njegovo dolžino. Nadalje smo zabeležili stanje betona, ocenili maksimalno velikost zrna agregata v betonu in v primeru, da je bila ta prisotna, pozicijo ter premer vgrajene armature.

##### 3.3.1.1 Opis vzorca z oznako 14-0495/V1 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 363 do 377 mm je bil izvrtan iz zgornje površine voziščne konstrukcije. Vzorec je sestavljen iz več slojev (sloji si sledijo do zgoraj navzdol):

- (A) asfalt, debeline 21 -23 mm
- (B) asfalt, debeline 62 - 69 mm
- (C) membranska bitumenska hidroizolacija z aluminijastim slojem, debelin 8 – 12 mm
- (D) AB plošča, debeline 234 - 266 mm

Beton v sloju D vsebuje kamni prodnati agregat z največjim zrnom 32 mm. Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 9$  mm. 162 mm od zgornje površine sloja D je prisotna gladka armatura premera 16 mm [6].



Slika 14: Vzorec z oznako V1 [IRMA, 2014]

### 3.3.1.2 Opis vzorca z oznako 14-0495/V2 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 235 do 256 mm je bil izvrtan iz zgornje površine AB plošče hodnika. Vzorec je sestavljen iz več slojev (sloji si sledijo do zgoraj navzdol):

- AB plošča, debeline 68 - 94 mm
- (B) betonska podlaga, debeline 84 - 90 mm
- (C) AB plošča, debeline 67 – 83 mm

Beton v sloju A vsebuje kamni prodnati agregat z zrnimi pretežne debeline 8 mm (največja debelina zrna do 10 mm). Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 3$  mm. Na globini 50 mm in 58 mm od zgornje površine sloja A sta prisotni gladki armaturi premera 6 mm. Beton v sloju B vsebuje prodnati agregat z zrnimi največje debeline 32 mm. Beton je izrazito slabo skompaktiran in močno segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 20$  mm. Beton v sloju C vsebuje prodnati agregat z zrnimi največje debeline 32 mm. Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 3$  mm [6].





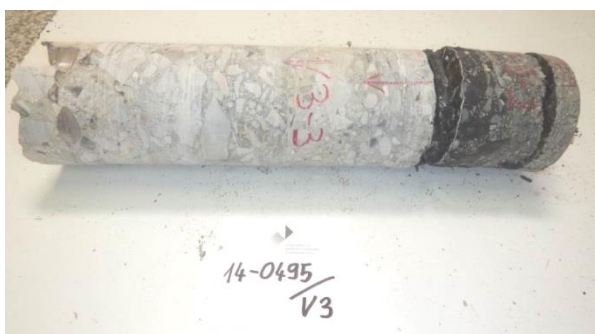
Slika 15: Vzorec z oznako V2 [IRMA, 2014]

### 3.3.1.3 Opis vzorca z oznako 14-0495/V3 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 390 do 404 mm je bil izvrtan iz zgornje površine voziščne konstrukcije. Vzorec je sestavljen iz več slojev (sloji si sledijo do zgoraj navzdol):

- asfalt, debeline 21 - 23 mm
- (B) asfalt, debeline 69 - 62 mm
- (C) membranska bitumenska hidroizolacija z aluminijastim slojem, debeline 8 - 12 mm
- (D) AB plošča, debeline 292 - 306 mm

Beton v sloju D vsebuje kameni prodnati agregat z največjim zrnom 32 mm. Beton je do globine 85 mm dobro skompaktiran in ni segregiran, globlje je beton slabše skompaktiran in delno segregiran. Zračne votlinice so pretežno premera  $d = 15$  mm, največja zračna votlinica pa do  $d = 28$  mm. 226 mm od zgornje površine sloja D je prisotna gladka armatura premera 16 mm na kateri je prisotna površinska korozija [6].



Slika 16: Vzorec z oznako V3 [IRMA, 2014]

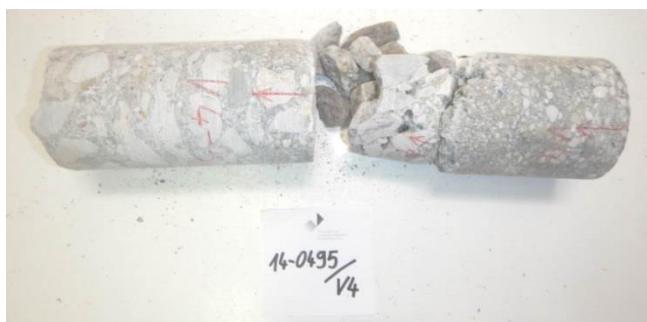
### 3.3.1.4 Opis vzorca z oznako 14-0495/V4 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 418 do 436 mm je bil izvrtan iz zgornje površine AB plošče hodnika. Vzorec je sestavljen iz več slojev (sloji si sledijo do zgoraj navzdol):

- (A) plošča, debeline 74 - 89 mm

- (B) betonska podlaga, debeline 148 - 155 mm
- (C) AB plošča, debeline 196 – 200 mm

Beton v sloju A vsebuje kameni prodnati agregat z zrni pretežne debeline 8 mm (največja debelina zrna do 10 mm). Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 3$  mm. Na globini 67 mm od zgornje površine sloja A je prisotna gladka armatura premera 6 mm. Beton v sloju B vsebuje prodnati agregat z zrni največje debeline 32 mm. Beton je izrazito slabo skompaktiran in močno segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 25$  mm. Beton v sloju C vsebuje prodnati agregat z zrni največje debeline 32 mm. Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 3$  mm. V vzorcu je prisotna horizontalna razpoka, ki se nahaja na globini 25-30 mm od zgornje površine sloja C [6].



Slika 17: Vzorec z oznako V4 [IRMA, 2014]

### 3.3.1.5 Opis vzorca z oznako 14-0495/V5 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 356 do 372 mm je bil izvrtan vodoravno iz desnega krajnega opornika. Betonski vzorec je iz enega kosa, ki je do globine 180 mm dobro skompaktiran in ni segregiran, globlje pa je slabše skompaktiran in delno segregiran. Zračne votlinice so pretežno premera  $d = 18$  mm, največja zračna votlinica pa do  $d = 30$  mm. Na globini 65 mm od zgornje površine sloja je prisotna gladka armatura premera 10 mm [6].



Slika 18: Vzorec z oznako V5 [IRMA, 2014]

### 3.3.1.6 Opis vzorca z oznako 14-0495/V6 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 320 do 390 mm je bil izvrtan vertikalno iz betonskega krila ob strani desnega krajnega opornika. Vzorec je sestavljen iz dveh kosov (kosa si sledita do zunanje površine betonskega krila proti notranjosti):

- (A) beton, debeline 100 - 120 mm
- (B) večji kamniti kosi, debeline 220 – 270 mm

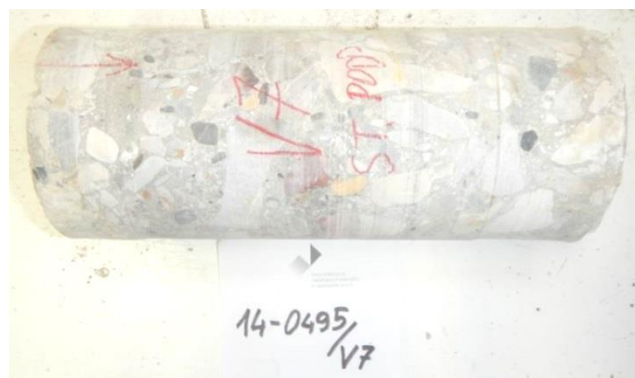
Beton v kosu A vsebuje prodnati agregat z zrni največje debeline 32 mm, globlje večja zrna. Beton je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 7$  mm [6].



Slika 19: Vzorec z oznako V6 [IRMA, 2014]

### 3.3.1.7 Opis vzorca z oznako 14-0495/V7 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 240 do 242 mm je bil izvrtan vodoravno iz AB vmesne stenaste podpore. Betonski vzorec je iz enega kosa, ki je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlinica je premera do  $d = 4$  mm [6].

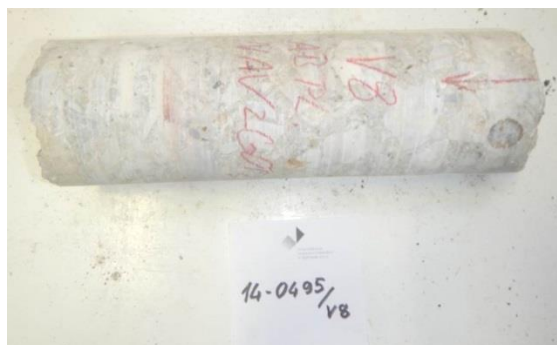


Slika 20: Vzorec z oznako V7 [IRMA, 2014]



### 3.3.1.8 Opis vzorca z oznako 14-0495/V8 [IRMA, 2014]

Vzorec (valj) premera 99 mm in dolžine od 310 do 315 mm je bil izvrtan navzgor iz AB prekladne plošče. Betonski vzorec je iz enega kosa, ki je dobro skompaktiran in ni segregiran. Največja zračna votlina je premera do  $d = 6$  mm. Na globini 19 mm od spodnje površine (površina, ki je pred odvzemom vzorca predstavljala zunanjo površino prekladne AB plošče) je prisotna gladka armatura premera 20 mm [6].



Slika 21: Vzorec z oznako V8 [IRMA, 2014]

### 3.3.2 Priprava odvzetih vzorcev

Po pregledu vzorcev je te potrebno pripraviti za nadaljnje preiskave. Na izbranih vzorcih se najprej označijo linije za razrez. Določitev linij reza vzorcev je odvisna od preskusa, ki ga bomo na tem kosu izvajali. Za namen preiskav vsebnosti kloridnih ionov po globini betona potrebujemo dele vzorcev, ki se začnejo z zunanjo površino konstrukcijskega elementa in jih na to režemo na kolobarje okvirnih debelin 1 - 1,5 cm (do zelene globine preverjanja). Za namen preskusa tlačne trdnosti betona izberemo dele vzorcev, kjer beton nima napak (brez razpok, ni segregiran in slabo skompaktiran, itd.). Dolžina vzorcev za preskus tlačne trdnosti je odvisna od premera vzorca in od primerjave tlačne trdnosti vzorca s trdnostjo standardne kocke ali standardnega valja (v našem primeru je zaradi primerjave tlačne trdnosti vzorca s trdnostjo standardne kocke razmerje med premerom in dolžino vzorca 1). Po določitvi linij razreza vzorcev je potrebno vsak kos neizbrisno označiti z oznako, ki po razrezu še vedno omogočala določitev pozicije kosa glede na konstrukcijo s katere je bil vzorec odvzet.



Slika 22: Vzorci pripravljene za razrez [IRMA, 2014]

### 3.3.2.1 Priprava odvzetih vzorcev za preiskavo vsebnosti kloridnih ionov po globini betona [6]

Za preiskavo osebosti in razporeditve kloridnih ionov po globini betona AB plošče hodnika in AB prekladne plošče smo razrezali 15 vzorcev iz izvrtanih valjev oznake V1, V2, V3, V4 in V8. Valji so bili po višini razrezani na sledeč način:

- vzorci oznak V1/K0-1.5, V1/K1.5-3, V1/K3-4.5, V1/K4.5-6 so bili izrezani iz valja oznake 14-0495/V1, in sicer na globini 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 mm iz betona prekladne plošče, neposredno pod hidroizolacijo voziščne konstrukcije
- vzorci oznak V2/K0-1, V2/K1-2, V2/K2-3 so bili izrezani iz valja oznake 14-0495/V2, in sicer na globini 0-10, 10-20, 20-30 mm od zgornje površine AB plošče hodnika
- vzorci oznak V3/K0-1.5, V3/K1.5-3, V3/K3-4.5 so bili izrezani iz valja oznake 14-0495/V3, in sicer na globini 0-15, 15-30, 30-45 mm iz betona prekladne plošče, neposredno pod hidroizolacijo voziščne konstrukcije
- vzorci oznak V4/K0-1.5, V4/K1.5-3, V4/K3-4.5, V4/K4.5-6 so bili izrezani iz valja oznake 14-0495/V4, in sicer na globini 0-15, 15-30, 30-45, 45-60 mm iz betona prekladne plošče, neposredno pod AB ploščo hodnika
- vzorec oznake V8/K0-1.5 je bil izžagan iz valja oznake 14-0495/V8, in sicer na globini 0-15 mm iz betona prekladne plošče s spodnje strani



Slika 23: Razrezani vzorci, pripravljeni za nadaljnje preiskave vsebnosti kloridnih ionov [IRMA, 2014]

### 3.3.2.2 Priprava vzorcev za preskus tlačne trdnosti

Za preskus tlačne trdnosti betona smo razrezali 12 vzorcev iz sedmih izvrtanih valjev z oznako V1, V3, V4, V5, V6, V7 in V8. Valje okvirnega premera 99 mm smo razrezali na vzorce približnih višin 99 mm na sledeč način:

- Vzorci oznake V1-TT, V3-1-TT, V3-2-TT, V4-TT, V8-1-TT in V8-2-TT so bili razrezani iz valjev betona odvzetih iz prekladne AB plošče,
- vzorci oznake V5-1-TT, V5-2-TT in V5-3-TT so bili izrezani iz valja betona odvzetega iz desnega krilnega opornika,
- vzorec oznake V6-TT je bil izrezan iz valja betona odvzetega v betonskem krilu (ob strani desnega krajnega opornika),
- vzorca oznake V7-1-TT in V7-2-TT sta bila izrezana iz valja betona odvzetega iz vmesne stenaste podpore.

Vsi vzorci za preskus tlačne trdnosti so bili po razrezu pripravljeni po navodilih iz standarda SIST EN 12504-1.



Slika 24: Vzorci pripravljeni za nadaljni preiskus tlačne trdnosti [IRMA, 2015]

### 3.3.3 Preiskave vsebnosti kloridnih ionov

Metod za določitev vsebnosti kloridnih ionov v betonskih konstrukcijah je veliko, ena od njih je fotometrična metoda, ki je bila uporabljena za ugotavljanje vsebnosti kloridnih ionov na pripravljenih vzorcih, opisanih v točki 3.3.2.1. Metoda je neprimerljivo zahtevnejša od preiskav globine karbonatizacije s fenolftaleinskim testom in tako njen opis presega okvir te diplomske naloge. Kot rezultat za določanje vrednosti kloridnih ionov se uporablja enota %/maso cementa. Maksimalne oziroma mejne vrednosti dovoljenih količin kloridov v betonu so v različnih državah različne in so tudi različno podane glede na topnosti kloridov (vodotopni, kislinotopni in celotni kloridi).

Največje dovoljene vsebnosti kloridov v betonu, ki jih definira standard SIST EN 206:2013, pri nas v veljavi od 1.decembra.2013, so podane v preglednici 3.

Uporaba betona	Razred vsebnosti klorida <sup>a</sup>	Maksimalna vsebnost Cl <sup>-</sup> na maso cementa <sup>b</sup> %
Ne vsebuje jekla za armiranje in drugih vgrajenih kovin, z izjemo dvigalnih priprav, odpornih proti koroziji	Cl 1,00	1,00
Vsebuje jeklo za armiranje in druge vgrajene kovine	Cl 0,20	0,20
	Cl 0,40 <sup>c</sup>	0,40
Vsebuje jeklo za prednapenjanje v neposrednem stiku z betonom	Cl 0,10	0,10
	Cl 0,20	0,20

a. za posebno uporabo betona se ustrezni razred določi po predpisih, veljavnih v kraju uporabe betona  
b. če se uporabljajo mineralni dodatki tipa II in se upoštevajo pri količini cementa, se vsebnost klorida izrazi kot masni odstotek kloridnega iona od skupne količine cementa in upoštevanih mineralnih dodatkov  
c. drug razred vsebnosti kloridov se lahko določi za betone, ki vsebujejo cement CEM-III, po predpisih, veljavnih v kraju uporabe betona

Preglednica 3: Maksimalna vsebnost kloridov v betonu po SIST EN 206:2013

Rezultati preiskav, ki so bile opravljene na pripravljenih vzorcih odvzetih iz mostu čez Poljansko Soro so prikazani v preglednici 4.

Zaporedna številka vzorca	Mesto odvzema	Globina plasti	Vsebnost kloridov	Vsebnost kloridov
-	-	[mm]	%/m vzorca	%/m cementa
V1/K0-1,5	zgornja stran AB plošče	0-15	0,031	0,179
V1/K1,5-3	zgornja stran AB plošče	15-30	0,038	0,218
V1/K3-4,5	zgornja stran AB plošče	30-45	0,031	0,179

V1/K4,5-6	zgornja stran AB plošče	45-60	0,035	0,198
V2/K0-1	AB hodnik	0-10	1,285	7,322
V2/K1-2	AB hodnik	10-20	0,027	0,153
V2/K2-3	AB hodnik	20-30	0,024	0,134
V3/K0-1,5	zgornja stran AB plošče	0-15	0,014	0,082
V3/K1,5-3	zgornja stran AB plošče	15-30	0,016	0,094
V3/K3-4,5	zgornja stran AB plošče	30-45	0,022	0,124
V4/K0-1,5	AB hodnik	0-15	0,084	0,477
V4/K1,5-3	AB hodnik	15-30	0,439	2,502
V4/K3-4,5	AB hodnik	30-45	0,053	0,300
V4/K4,5-6	AB hodnik	45-60	0,023	0,129
V8/K0-1,5	spodnja stran AB plošče	0-15	0,016	0,090

Preglednica 4: Vsebnost kloridnih ionov v betonu [IRMA, 2014]

### 3.3.4 Preskus tlačne trdnosti betona na odvzetih vzorcih

Tlačna trdnost materiala je definirana kot njegov odpor proti tlačni obremenitvi. Preskusna metoda za določanje tlačne trdnosti betona v konstrukcijah je določena v standardu SIST EN 12504-1. Ta standard se v okviru postopka izvajanja testa nanaša na standard SIST EN 12390-3 in mora biti opravljen s testno napravo, ki je določena po standardu SIST EN 12390-4.

#### Kratek opis postopka [7]

Pred postavitvijo preskušanca v testno napravo moramo očistiti vse naležne površine, tako na napravi kot na preskušancu. V primeru, da je preskušanec še moker, moramo z njega obrisati vso površinsko vodo. Preskušanec postavimo na sredino spodnje plošče naprave z natančnostjo +/-1% od označenega premera valja. Obremenjujemo s konstantno hitrostjo v območju od 0,2 MPa/s do 1,0MPa/s. Obremenitev je potrebno uvajati brez sunkov in z enakomernim povečevanjem do največje možne obremenitve (za valje premera 100 mm je največja hitrost obremenjevanja približno 0,6 MPa/s). Po koncu preiskave zapišemo porušno silo in preverimo tip porušitve, ki je lahko pravilen ali nepravilen. V primeru, da je tip porušitve

pravilen, se na podlagi porušne sile in površine preskušanca izračuna in poda tlačno trdnost betona na 0,1 MPa natančno.

Rezultati preskusa tlačne trdnosti betona, vgrajenega v konstrukcijo mostu čez Poljansko Soro, so v nadaljevanju prikazani za vsak konstrukcijski element mostu posebej in so primerljivi s tlačno trdnostjo betona standardne kocke s stranico 150 mm.

### 3.3.4.1 Prekladna AB plošča

oznaka valja	datum preskusa	premer	višina po ravnanju	l/d	prost. masa*	tlačna trdnost	pravilnost porušitve
		[mm]	[mm]	-	[kg/m <sup>3</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
14-0495 /V1	12.01.2015	99,1	109,4	1,10	2604	42,7	da
14-0495 /V3-1		99,1	105,2	1,06	2421	40,0	da
14-0495 /V3-2		99,1	105,0	1,06	2394	35,1	da
14-0495 /V4		99,1	105,4	1,06	2547	36,4	da
14-0495 /V8-1		99,0	106,8	1,08	2458	37,5	da
14-0495 /V8-2		98,9	109,4	1,11	2458	38,2	da
<b>Povprečje:</b>					<b>2480,3</b>	<b>38,3</b>	

\*.....določena z merjenjem dimenzij valja skladno s SIST EN 12390-7, t.5 (v dostavljenem stanju)

Preglednica 5: Rezultati preskusov tlačne trdnosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v prekladni AB plošči [IRMA, 2015]

### 3.3.4.2 AB desni krajni opornik

oznaka valja	datum preskusa	premer	višina po ravnanju	l/d	prost. masa*	tlačna trdnost	pravilnost porušitve
		[mm]	[mm]	-	[kg/m <sup>3</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
14-0495 /V5-1	12.01.2015	98,9	107,9	1,09	2472	33,5	da
14-0495 /V5-2		99,0	105,1	1,06	2416	32,5	da
14-0495 /V5-3		99,0	105,8	1,07	2365	29,9	da
<b>Povprečje:</b>					<b>2417,3</b>	<b>32,0</b>	

\*.....določena z merjenjem dimenzij valja skladno s SIST EN 12390-7, t.5 (v dostavljenem stanju)

Preglednica 6: Rezultati preskusov tlačne trdnosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v AB desnem krajnem oporniku [IRMA, 2015]

### 3.3.4.3 Betonsko krilo (ob strani desnega krajnega opornika)

oznaka valja	datum preskusa	premer	višina po ravnanju	l/d	prost. masa*	tlačna trdnost	Pravilnost porušitve
		[mm]	[mm]	-	[kg/m <sup>3</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
14-0495 /V6	12.1.2015	98,8	107,8	1,09	2407	13,6	da -
<b>Povprečje:</b>					<b>2407,1</b>	<b>13,6</b>	

\*.....določena z merjenjem dimenzij valja skladno s SIST EN 12390-7, t.5 (v dostavljenem stanju)

Preglednica 7: Rezultati preskusov tlačne trdnosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v betonskem krilu (ob strani desnega krajnega opornika) [IRMA, 2105]

### 3.3.4.4 AB vmesna stenasta podpora

oznaka valja	datum preskusa	premer	višina po ravnanju	l/d	prost. masa*	tlačna trdnost	Pravilnost porušitve
		[mm]	[mm]	-	[kg/m <sup>3</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
14-0495 /V7-1	12.01.2015	98,9	105,4	1,07	2417	36,5	da
14-0495 /V7-2		98,9	106,2	1,07	2427	34,0	da
<b>Povprečje:</b>					<b>2422,0</b>	<b>35,2</b>	

\*.....določena z merjenjem dimenzij valja skladno s SIST EN 12390-7, t.5 (v dostavljenem stanju)

Preglednica 8: Rezultati preskusov tlačne trdnosti in prostorninske mase betonskih valjev odvzetih v AB vmesni stenasti podpori [IRMA, 2015]

### 3.3.5 Meritev globine karbonatizacije na odvzetih vzorcih (fenolftaleinski test)

Kot smo že omenili, lahko globino karbonatizacije merimo na betonskem konstrukcijskem elementu, na terenu. Merimo pa jo lahko tudi na odvzetih betonskih valjih. Preskusna metoda za ugotavljanje globine karbonatizacije s fenolftaleinskim testom v strjenem betonu na odvzetih betonskih valjih je prav tako opisana v standardu SIST EN 14630:2007.

V okviru meritev globine karbonatizacije v AB konstrukciji mostu čez Poljansko Soro je bila izmerjena tudi na dveh odvzetih vzorcih:

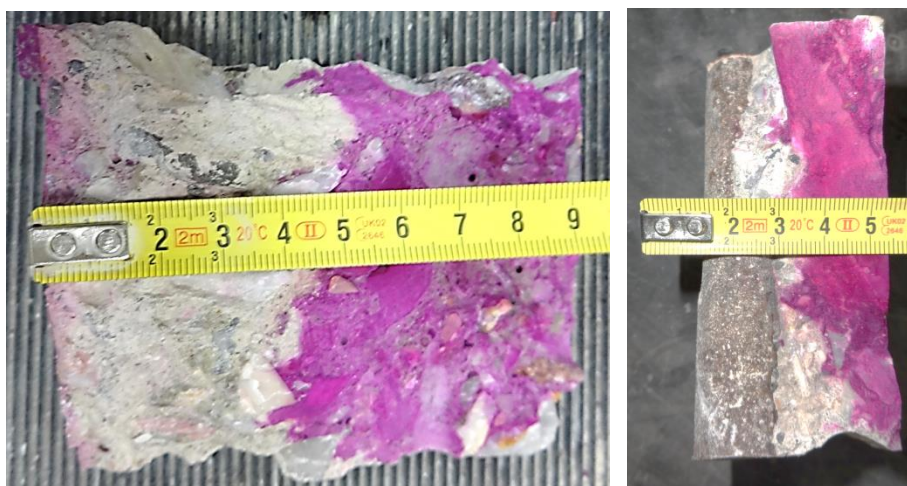
- 1 x betonski vzorec z oznako V5-1 (AB desni krajni opornik),
- 1 x betonski vzorec z oznako V8 (AB prekladna plošča s spodnje strani)

Betonska vzorca smo prepолоvili. Nato smo na površino s pršenjem nanесли fenolftalensko raztopino. Rezultati meritev globine karbonatizacije in debelin zaščitnih plasti betona so podani v preglednici 9.

oznaka vzorca	mesto preskusa	vrsta vzorca	$d_{k \text{ mean}}$	$d_{k \text{ max}}$	<b>Debelina zaščitnih plasti betona nad armaturo</b>
[-]	[-]	[I/V/K]*	[mm]	[mm]	[mm]
6	vizualno nepoškodovana zunanja površina desnega AB krajnega opornika	V5-1	45	56	/
7	vizualno nepoškodovana spodnja površina AB plošče	V8	33	48	15

\*.....I=in situ, V=valj, K=kos betona

Preglednica 9: Rezultati meritev globine karbonatizacije v betonu in debeline zaščitnih plasti betona na odvzetih vzorcih [IRMA, 2015]



Slika 25: Meritev globine karbonatizacije na vzorcu V5-1 (slika levo) in vzorcu V8 (slika desno) [IRMA, 2014]



#### 4 OCENA STANJA MOSTU ČEZ POLJANSKO SORO

Armiranobetonska konstrukcija mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi je že na podlagi vizualnega pregleda v slabem stanju in je potrebna celovite prenove. Na spodnji površini AB prekladne plošče je skoraj po celotni površini vidno zamakanje, ki pa je najbolj izrazito v pasu približno 1,5 m ob obeh vzdolžnih čelnih robovih. Zaradi zamakanja plošče prihaja do odstopanja in odpadanja betona ter do korodiranja armature v plošči. Prisotne so tudi poškodbe zaradi zmrzovanja in zasigane razpoke tehnološkega nastanka. Zamakanje plošče pa se odraža tudi v propadanju betona in zasiganih razpokah podporne konstrukcije, to je prisotno predvsem v zgornjih delih (ob stiku s prekladno ploščo) krajnih opornikov in vmesnih podpor.

V asfaltni podlagi so prisotne mrežaste razpoke, ki so najbolj izrazite na mestih dilatacij. Skoraj po celotni dolžini mostu pa je prisotna tudi vzdolžna razpoka, ki poteka po sredini vozišča. Pod asfaltno podlago in neposredno nad AB ploščo je položena membranska bitumenska hidroizolacija, ki pa glede na sledove zamakanja na spodnji strani, le delno opravlja svojo funkcijo. V AB plošči hodnikov so prisotne prečne razpoke, pod njo pa ni prisotne hidroizolacije, zato so poškodbe na čelni in spodnji površini prekladne plošče v tem pasu (pas širine približno 1,5 m) najbolj izrazite.

Na podlagi meritev globine karbonatizacije smo ugotovili, da ta tudi na vizualno nepoškodovani spodnji površini prekladne AB plošče že presega nivo armature in znaša maksimalno 35 mm (na mestu vzorca pa celo 48 mm). Zaščitni sloj betona je bil na tem mestu debel 15 mm, na površini armaturnih palic pa je bila prisotna minimalna površinska korozija. Beton vgrajen v prekladno ploščo je dosegal povprečne vrednost 38 MPa.

Zaradi intenzivnega soljenja vozišč v zimskem času smo v sklopu preiskav preverjali tudi vsebnost kloridovih ionov po globini AB prekladne plošče in AB plošče hodnikov. Izmerjena vsebnost kloridov je nekajkrat že presegala dovoljene količine. V AB prekladni plošči so bile izmerjene vrednosti, do globine 6 cm in več, od 0,082% do 0,218% na maso cementa (po SIST EN 206:2013 je maksimalna dovoljena vsebnost kloridov 0,20% na maso cementa).

Na vizualno nepoškodovani površini AB krajnih opornikov maksimalna globina karbonatizacije prav tako že presega nivo armature in znaša 56 mm. Vgrajen beton v krajni opornik pa dosegla povprečno vrednost 32 MPa. Kamniti krilni zidovi ob krajnih opornikih so v relativno dobrem stanju, le med posameznimi kamnitimi kosi prihaja do odstopanja in odpadanja cementne fugirne mase.

Na površini armiranobetonskih vmesnih stenastih podporah se poleg že omenjenih sledi zamakanja in nastanka sige pojavljajo mesta slabše zalitega in segregiranega betona. Predvsem na desni vmesni podpori (gledano gorvodno) zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov prihaja do odstopanja in odpadanja vrhnih slojev betona. Maksimalna globina karbonatizacije na vizualno nepoškodovani površini stenastih podpor še ni dosegla nivoja armature. Na mestu pregleda je ta namreč znašala 24 mm, zaščitni sloj betona pa je bil debel 41 mm. Beton vgrajen v vmesno stenasto podporo je povprečno dosegal vrednost 35 MPa.

Temelji mostu zaradi nedostopnosti niso bili pregledani, vendar na armiranobetonski konstrukciji ni opaziti razpok in drugih poškodb, ki bi kazale na razmikanje ali posedanje podporne konstrukcije, kar bi lahko ogrožalo nosilnost oziroma stabilnost objekta.

## 5 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi smo analizirali obstoječe stanje mostu čez Poljansko Soro v Gorenji vasi. Glede na to, da je konstrukcija obravnavanega objekta armiranobetonska, smo se v prvem delu najprej seznanili z samim materialom in glavnimi vzroki za njegovo propadanje. Ugotovili smo, da se prvi znaki propadanja betona kažejo v odpadanju zaščitnih plasti betona, te pa so posledica korozije armature. Ključna parametra za razvoj korozije armature pa sta prodor kloridov in karbonatizacija.

Diplomsko delo temelji predvsem na preiskavah, tako terenskih kot laboratorijskih, ki so potrebne za ugotavljanje stanja obstoječe konstrukcije. Na podlagi vizualnega pregleda smo na konstrukciji odkrili poškodbe, ki so tipične za armiranobetonske premostitvene objekte. Najpogostejše so zamakanje zaradi slabega odvodnjavanja vode z objekta ter posledično nastanek poškodovanih mest betona, izločanje produktov korozije, korozija armature, izločanje sige in odpadanje zaščitnega sloja betona. V okviru terenskih preiskav smo se prav tako seznanili s postopkom jemanja betonskih vzorcev iz konstrukcije po standardu SIST EN 12504-1. Ugotovili smo, da standard ne predpisuje oziroma določa točnih mest jemanja vzorcev. Za točno mesto odvzema vzorca se odloči inženir, ki ima dovolj izkušenj s področja tehnologije betona in široko znanje o obnašanju konstrukcij ter mehanizmih propadanja betona.

Kot smo že omenili, sta ključna parametra za razvoj korozije armature prodor kloridov in karbonatizacija. V okviru diplome smo se z metodo za merjenje globine karbonatizacije s fenolftaleinskim testom tudi seznanili in ugotovili, da nam sama globina karbonatizacije ne pove veliko. Pomembno je primerjanje globine karbonatizacije z globino vgrajene armature oziroma debelino zaščitnega sloja betona. Debelina zaščitnega sloja betona je danes predpisana s standardom, včasih pa teh predpisov ni bilo. V našem primeru je imel objekt, zgrajen leta 1956, na spodnji površini prekladne AB plošče debelino zaščitnega sloja okoli 15 mm, kar pomeni, da je lahko karbonatizacija hitro dosegla nivo armature.

Obravnavane preiskave v diplomski nalogi so tipične za armiranobetonske objekte. Ne moremo pa reči, da se vsako armiranobetonsko konstrukcijo pregleduje na tak način. Pri preiskavah je predvsem pomembno, da se preiskave programira glede na namen ocene in pomembnost objekta ter na podlagi jakosti poškodb oziroma nameravanih ukrepov na konstrukciji. V našem primeru bo tako naročnik preiskav lahko na podlagi rezultatov lahko nadaljeval s predlogi za sanacijo objekta, ocenil stroške izvedbe sanacije oziroma preveril njeno smiselnost v primerjavi z nadomestno gradnjo novega objekta.

## VIRI

- [1] – Rogan Šik, M. 2014. Dodatne omejitve na premostitvenih objektih  
<http://ooz-sezana.si/dodatne-omejitve-na-premostitvenih-objektih/>  
(Pridobljeno 25. 5. 2015.)
- [2] – Horvat, Š. 2011. Organiziranje prevoza blaga po cesti v transportnem podjetju.  
Diplomsko delo. Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta  
(samozaložba Š. Horvat): 6 str.
- [3] – Grum B., Čebular U., Kavčič F., Šušteršič J., Gerbec B., Leskovar I., Bergant M.,  
Dobnikar V. 2004. Sanacije betonskih objektov. Ljubljana, I2 družba za založništvo,  
izobraževanje in raziskovanje d.o.o.: 11- 57
- [4] – Žnidarič J. 1996. Trajnost armiranobetonskih konstrukcij. Ljubljana. Gradbeni vestnik,  
8-9-10: 163-230
- [5] – Trepppo-Mekiš B. 2011. Poškodbe manjših betonskih premostitvenih objektov.  
Gradbenik 47, 1: 24 – 26
- [6] – Leskovar I., Živadinov Štebe U., Brodnik A., Mrak M. 2014. Poročilo o preiskavah  
materialno tehničnega stanja objekta: Most čez Poljansko Soro v Gorenji vasi.  
Ljubljana, IRMA-Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije: 3-17
- [7] – SIST EN 12504-1:2009. Preskušanje betona v konstrukcijah – 1.del: Izvrtani  
preskušanci – Jemanje, pregled in tlačni preskus.
- [8] – SIST EN 14630:2007. Proizvodi in sistemi za zaščito in popravilo betonskih  
Konstrukcij – Preskusne metode – Ugotavljanje globine karbonatizacije v strjenem  
betonu z fenolftaleinsko metodo.