



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Milena Katičin

Zagreb, rujan 2019.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

Građevinski fakultet

DIPLOMSKI RAD

OCJENA POSTOJEĆEG MOSTA
EXISTING BRIDGE ASSESSMENT

Milena Katičin

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ana Mandić – Ivanković
Komentor: Dominik Skokandić, mag. ing. aedif.

Zagreb, rujan, 2019.



TEMA DIPLOMSKOG RADA

Ime i prezime studenta: **Milena Katičin**

JMBAG: **0082047170**

Diplomski rad iz predmeta: **TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2**

Naslov teme
diplomskog rada:

HR	Ocjena postojećeg mosta
ENG	Existing bridge assessment

Opis teme diplomskog rada:

Općenito o mostu i događanjima na mostu kroz povijest (problematika korištenja, rekonstrukcija, izvanredni događaji,...)
Pregled dokumentacije o mostu
Vizualni pregled dostupnih dijelova mosta uz dostupnu opremu
Ocjena stanja starijih dijelova mosta
Rekonstrukcija nacrti i detalja odgovarajućih dijelova mosta
Ocjena nosivosti karakterističnog nosača
Zaključno o mostu

Datum: **10.4.2019.**

Komentor: **Dominik Skokandić**
(Ime i prezime komentora)

Mentor: **Ana Mandić Ivanković**
(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

OCJENA POSTOJEĆEG MOSTA

Sažetak:

Ocjena stanja mosta provodi se na osnovu podataka prikupljenih vizualnim pregledom, a sastoji se od pridruživanja numeričke ocjene oštećenju i/ili konstrukcijskom elementu, kao tehnička procjena veličine i utjecaja oštećenja. Cilj pregleda stanja mostova jest uočiti procese propadanja i njihovog napretka na svim važnim elementima konstrukcije mosta, uzimajući u obzir intenzitet i širenje oštećenja, u svrhu pronalaženja uzroka propadanja te donošenja pravilnih odluka u pravo vrijeme, u svezi očuvanja konstrukcije. Pravovremenim ulaganjem u obnovu i popravak oštećenih konstruktivnih elemenata može se osigurati trajna sigurnost i uporabivost građevina. Glavni cilj ovog rada je pobliže prikazati stanje mosta „Ždrelac“ prije, za vrijeme i nakon rekonstrukcije. Most izgrađen 1973. godine rekonstruiran je 2009. godine, nakon punih 36 godina eksploatacije, a razlozi, način rekonstrukcije i sanacije prikazani su detaljnije u prvom dijelu rada. Eksperimentalni, drugi dio rada, predstavljaju terenska ispitivanja mosta Ždrelac temeljena na vizualnom pregledu i znanju o oštećenjima (rasprostiranje, intenzitet, lokacija, važnost) te njihovim učincima na konstrukciju mosta. Pregledi mosta rađeni su u skladu sa smjernicama za pregledavanje mostova koje su razvijene u sklopu kolegija „Trajnost konstrukcija“ na diplomskom studiju građevinarstva [1], a koje se baziraju na praktičnim smjernicama Hrvatskih cesta [2] i Hrvatskih autocesta [3] [4]. Prema „Priručniku za provedbu pregleda“ razvijene su plohe svih elemenata mosta, kao podloge za vizualni pregled građevine. Terenskim snimanjem, kartiranjem oštećenja, foto - dokumentiranjem i donošenjem zaključne ocjene stanja današnjeg mosta prema „Katalogu oštećenja“, dan je uvid u to što se sve projektom sanacije i rekonstrukcije propustilo. Napravljena je kontrola nosivosti karakterističnog nosača na prometno opterećenje prema starim Privremenim tehničkim propisima za određivanje opterećenja mostova te prema današnjem Eurokodu EN 1991 -2. Na temelju detaljnog vizualnog pregleda i zaključka o stanju elemenata konstrukcije, dan je izvještaj o potrebnim postupcima sanacije te hitnosti iste.

Ključne riječi: most Ždrelac; vizualni pregled; kartiranje oštećenja; ocjena stanja; gospodarenje mostovima; otok Ugljan; otok Pašman

EXISTING BRIDGE ASSESSMENT

Abstract:

The bridge condition evaluation has been conducted based on data collected through visual inspection, where bridge damages and structural elements have been numerically evaluated as a technical assessment of size and type of damage. The objective of bridge condition inspection is to notice beginning of decomposition processes, respectively to notice the progress of decomposition of every important part of bridge construction, taking into account the intensity and spreading of damages, all with purpose of finding the causes of decomposition and enactment of right decision regarding preservation of structure condition of the bridge. With timely investment in renovation and sanitation of damaged construction elements, permanent security and serviceability of structure can be secured. The assignment of this thesis is to give more detailed review of „Ždrelac“ bridge before, during and after the reconstruction. The bridge was built in 1973. and reconstructed in 2009., reasons and the method of reconstruction and sanitation are in detail showed in the part of thesis. The second part of the thesis, the experimental one, is represented by field trials of „Ždrelac“ bridge based on visual inspection and knowledge of structure damages (spreading, intensity, location, magnitude) and its effects on the structure of the bridge. The bridge inspection was done in compliance with bridge inspection guidelines that has been developed as a part of subject „Durability of constructions II“, on Faculty of Civil engineering in Zagreb, which are based on practical guideline of „Hrvatske ceste“ and „Hrvatske autoceste“. According to „Inspection implementation manual“ surfaces of bridge elements have been developed, as a base for visual inspection of construction elements. With experimental visual inspection on the terrain of the bridge, mapping of damages, photo documentation and making a final assessment of the condition of presented bridge, all according to the „Damage catalog“, the insight has been given in what has been missed within sanitation and reconstruction project. On the basis of a detailed visual inspection and a conclusion on the condition of the structural elements, a report on the necessary remediation procedures and the urgency of the same was given.

Ključne riječi: bridge Ždrelac; visual inspection; condition assessment; bridge management; island Ugljan; island Pašman

SADRŽAJ

1.	UVOD	10
1.1.	Predmet i cilj rada.....	10
1.2.	Izvori podataka i metode prikupljanja	14
1.3.	Teorijska koncepcija rada.....	15
2.	MOST ŽDRELAC PRIJE REKONSTRUKCIJE	17
2.1.	Općenito o mostu.....	17
2.2.	Tehnički opis mosta Ždrelac.....	18
2.3.	Izvedba mosta Ždrelac.....	20
2.4.	Utrošak materijala.....	21
2.5.	Plovni kanal	22
2.6.	Fotografije oštećenja starog mosta, 2008. godina	22
2.6.1.	Prometna površina – kolnik.....	23
2.6.2.	Pješački hodnik	24
2.6.3.	Pješačka ograda	25
2.6.4.	Pokosi nasipa.....	26
2.6.5.	Upornjaci	27
2.6.6.	Ležajevi	28
2.6.7.	Stupovi	29
2.6.8.	Rasponski sklop.....	30
2.6.9.	Instalacije	31
2.7.	Opća ocjena stanja mosta, 2008. godina.....	31
2.8.	Problematika korištenja	31
3.	REKONSTRUKCIJA I SANACIJA MOSTA ŽDRELAC	33
3.1.	Tehničko rješenje rekonstrukcije mosta	34
3.2.	Osnovni tehnički parametri	37
3.3.	Opis tehnologije i redoslijed izvedbe radova	38

3.3.1.	Faza 1 – Pripremni radovi, demontaža rasponske konstrukcije, prometno rješenje.....	39
3.3.2.	Faza 2 – Ojačanje temelja i stupova, montaža čelične rasponske konstrukcije, završni radovi	43
3.3.3.	Faza 3 – Uklanjanje stupišta i obalnih zidova.....	50
3.3.4.	Faza 4 – Plovni kanal	50
3.4.	Shematski prikaz faza gradnje	53
3.5.	Sanacija stare betonske konstrukcije	57
3.5.1.	Zatečeno stanje konstrukcije	57
3.5.2.	Sanacija gornjeg ustroja građevine.....	57
3.5.3.	Sanacija donjeg ustroja.....	59
3.5.4.	Sanacija portalnih stupova	60
3.6.	Posebni uvjeti gradnje	61
3.6.1.	Općenito	61
3.6.2.	Zemljani radovi	61
3.6.3.	Beton	62
3.6.4.	Betonski čelik.....	64
3.6.5.	Čelični radovi	64
3.7.	Proračun.....	65
3.8.	Troškovi gradnje.....	68
3.9.	Projektirani vijek uporabe i održavanje mosta	68
4.	MOST ŽDRELAC DANAS.....	70
4.1.	Vizualni pregled mosta, srpanj 2019.	70
4.2.	Eksperimentalna terenska ispitivanja uz fotodokumentaciju, 2019.	77
4.2.1.	Prilazi i čunjevi.....	78
4.2.2.	Donji ustroj.....	82
4.2.3.	Gornji ustroj	106
4.2.4.	Oprema mosta	126

4.3.	Mjerni instrumenti	152
5.	OCJENA STANJA MOSTA ŽDRELAC	153
5.1.	Ocjena stanja konstruktivnih elemenata	153
5.1.	Ocjena općeg stanja mosta	162
6.	OCJENA NOSIVOSTI KARAKTERISTIČNOG NOSAČA.....	163
6.1.	Analiza opterećenja	163
6.1.1.	Karakteristične vrijednosti djelovanja.....	163
6.1.2.	Prometno opterećenje prema PTP - 5.....	165
6.1.3.	Prometno opterećenje prema europskim normama EN 1991-2	172
6.2.	Statički proračun i rezne sile	177
6.2.1.	Stari Privremeni tehnički propisi za opterećenja mostova (PTP).....	177
6.2.2.	Model 1 – EN 1991 - 2	182
6.3.	Nosivost na savijanje	185
6.4.	Ocjena nosivosti	188
6.4.1.	Privremeni tehnički propisi za opterećenje mostova (PTP – 5)	188
6.4.2.	Eurocode EN 1991 – 2 – Model 1	188
6.4.3.	Reducirana vrijednost Modela 1	189
7.	ZAKLJUČAK	193
8.	LITERATURA.....	199
9.	POPIS ILUSTRACIJA.....	202
10.	POPIS TABLICA.....	209
11.	PRILOZI.....	210
11.1.	Razvijene podloge mosta Ždrelac s kartiranim oštećenjima.....	210
11.2.	Pogled 1:200	210
11.3.	Uzdružni presjek 1:200	210
11.4.	Tlocrt mosta 1:200	210
11.5.	Poprečni presjek u polju betonske rasponske konstrukcije 1:50.....	210

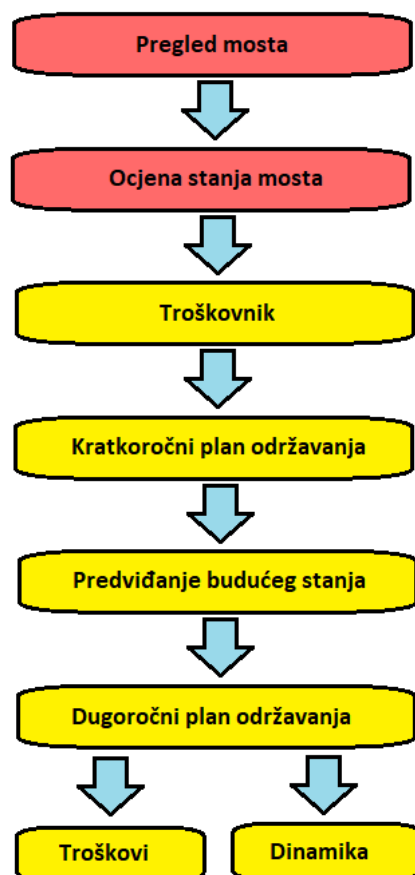
11.6.	Poprečni presjek nad stupom betonske raspon. konstrukcije 1:50.....	210
11.7.	Poprečni presjek u polju čelične rasponske konstrukcije 1:50	210

1. UVOD

1.1. Predmet i cilj rada

Tema sanacije i rekonstrukcije mostova je posljednjih godina zadobila veliku pozornost kako u stručnim, tako i u znanstvenim krugovima. Tragične posljedice nedavnog urušavanja dijela konstrukcije mosta u Genovi, Italija (kolovoz, 2018.) potakle su izniman interes javnosti za ocjenom stanja sigurnosti takvih građevina izgrađenih u Hrvatskoj. Poznato je kako neodržavanje građevina koje koristi veći broj građana, kao i nestručna, odnosno neredovita kontrola stanja ispunjavanja temeljnih zahtjeva istih, može izazvati teške posljedice za društvo. Posljedice se mogu spriječiti ili ublažiti provođenjem redovitih i izvanrednih nadzora kojima se pravodobno mogu uočiti oštećenja a pravovremenim ulaganjem u obnovu i popravak oštećenih konstruktivnih elemenata osigurati trajna sigurnost i uporabivost građevina [5].

Pregled mosta provodi se s ciljem utvrđivanja postojanja oštećenja pojedinih dijelova konstrukcije. Ocjena stanja mosta provodi se na osnovu podataka prikupljenih pregledom, a sastoji se u pridruživanju numeričke ocjene oštećenju i/ili konstrukcijskom elementu kao tehnička procjena veličine i utjecaja oštećenja. Procesi koji ugrožavaju mostove uglavnom započinju bez vidljivih znakova, a tek u odmakloj fazi očituju se pojavama vidljivim na površini građevine. Zadatak inženjera pri pregledu je vidjeti, zabilježiti i prepoznati pojave koje su bitne za ocjenu stanja konstrukcije i opreme mosta, odnosno indikacije ili manifestacije procesa koji vode oštećenju. Interpretacijom viđenog i zabilježenog, elementima mosta dodjeljuju se ocjene stanja, koje se potom ugrađuju u jedinstvenu ocjenu čitave građevine. Određivanjem prioriteta i predviđanjem budućeg tijeka dotrajavanja planiraju se radovi, odnosno troškovi budućeg održavanja mostova [6] (Slika 1.).



Slika 1. Pojednostavljena shema procesa planiranja izvanrednog održavanja mostova

Zakonska obveza vlasnika građevine je da tijekom čitavog uporabnog vijeka građevinu održava na primjeren način kako bi se zadržala njena bitna svojstva, prije svega mehanička otpornost i stabilnost te sigurnost korisnika građevine [7]. Specifičnost održavanja mostova u smislu ove zakonske odredbe odražava se u činjenici da se ove građevine nalaze u kontinuiranoj javnoj upotrebi raznovrsnih korisnika prometne infrastrukture, a s obzirom na prometnu važnost moraju zadovoljavati sve strože funkcionalne zahtjeve.

Prema Zakonu o javnim cestama [8] i Pravilniku o održavanju i zaštiti javnih cesta [9] u Republici Hrvatskoj provode se redovni, godišnji, glavni i izvanredni pregledi mostova.

Redovni pregledi cesta i pripadajućih građevina obavljaju se na svim cestama na kojima nije organizirana ophodarska služba i to na državnim cestama najmanje jednom tjedno, na županijskim cestama najmanje jednom u dva tjedna, a na lokalnim cestama najmanje jednom u mjesec dana.

Godišnji pregledi građevina trebaju se obavljati najmanje jednom u dvije godine, a obavljaju ga inženjeri nadležnih ispostava poduzeća Hrvatske ceste d.o.o. Tom prilikom vizualno se pregledavaju svi dijelovi građevina dostupni bez upotrebe specijalne opreme za pregled te se procjenjuje stanje pojedinih dijelova i stanje mosta u cjelini, u pravilu bez razaranja.

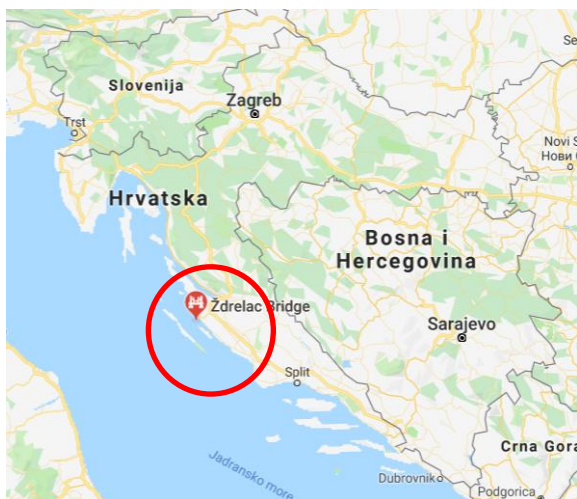
Glavni pregledi, prema pravilniku, obavljaju se najmanje jedanput u šest godina. U godini u kojoj se obavlja glavni pregled, godišnji pregled se izostavlja. Glavne preglede obavljaju stručne osobe iz nadležne uprave za ceste sa suradnicima iz specijaliziranih stručnih organizacija. Glavni pregled je detaljan pregled svih dijelova građevine uz potrebne izmjere i ispitivanja. Uređaji i oprema koji se koriste za glavni pregled moraju omogućiti pregled svih dijelova mosta, a potrebna ispitivanja treba provesti s najmanje razaranja.

Izvanredni pregledi dijela ceste ili građevina obavljaju se nakon izvanrednih događaja (elementarne nepogode, teže nezgode i oštećenja, eksplozije, slijeganja i klizanja), prije i nakon prolaza izvanrednih tereta, ukoliko je to predviđeno izdanom dozvolom te pri kraju jamstvenog roka nove ceste ili građevine. Izvanredne preglede mostova obavljaju specijalizirane tvrtke, odnosno ovlaštene pravne ili fizičke osobe ispitujući pri tome određene dijelove građevine u svrhu provjere, odnosno dokazivanja ispunjavanja bitnih zahtjeva za građevinu te provođenjem prethodnih istraživanja bitnih za projektiranje, građenje ili održavanje građevina.

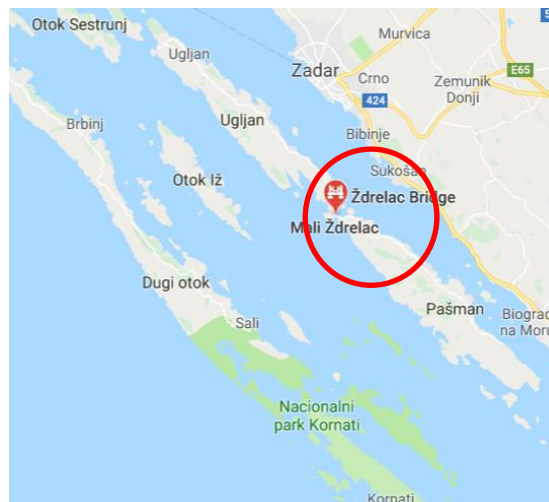
Tijekom godišnjih i glavnih pregleda mostova ocjenjuje se 13 standardnih elemenata mostova: kolnički zastor, prijelazne naprave, pješačka staza, ograda, prilazne rampe, krila upornjaka, upornjaci, stupišta, ležajevi, ploča, nosači, obala rijeke/ morskog kanala te ostali elementi. Na kraju postupka donosi se ocjena za most općenito [10].

Bez obzira na to što su razvijene mnoge metode ispitivanja konstrukcija, vizualni pregled ostaje najvažnije pomagalo za ocjenjivanje stanja mostova, osobito manjih građevina tipskih konstrukcija. Kvaliteta i ujednačenost rezultata vizualnog pregleda značajno ovisi o motivaciji, osposobljenosti i opremljenosti osoblja koje takve preglede provodi, a učinkovitost sustava gospodarenja u planiranju održavanja bitno ovisi o ujednačenosti rezultata vizualnih pregleda, odnosno o procjeni kategorije oštećenja koja je vezana uz opseg i tip popravka [11].

Zadatak ovog diplomskog rada bio je izvršiti vizualni pregled, donijeti ocjenu općeg stanja i ocjenu nosivosti na betonskom dijelu mosta „Ždrelac“ preko kanala Mali Ždrelac. Mali Ždrelac je tjesnac u Jadranskom moru smješten između otoka Ugljana i Pašmana. Predstavlja najkraći plovidbeni put između Srednjeg kanala s jedne, te Pašmanskog i Zadarskog kanala s druge strane.



Slika 2. Makrolokacija mosta Ždrelac



Slika 3. Mikrolokacija mosta Ždrelac

Most koji je gotovo 40 godina spajao otoke Ugljan i Pašman iznad Malog Ždreleca, demontirali su radnici splitskog Konstruktora 2009. godine. Najprije su skinuli srednji dio između stupova S4 i S5, a zatim su uklonili još dva središnja polja između stupova S3 i S6. Na tom mjestu postavljena je nova čelična lučna konstrukcija. Kanal Mali Ždrelac proširen je s postojećih 20 metara na 56 metara, čime se omogućava sigurnija i brža plovidba, u prosjeku za oko devetsto plovila koja dnevno u sezoni prođu njime [12]. Razlozi, način rekonstrukcije i sanacije detaljnije su opisani u nastavku rada. Most se sastoji od dva dijela, betonske konstrukcije na inundacijama te čeličnog dijela iznad morskog kanala (Slika 4.). Ukupna dužina mosta iznosi 210.65 metara. Betonski dio mosta čini montažna prednapeta betonska konstrukcija s rasponima 22.65 m i 22.35 m (2 polja lijeva inundacija s Pašmanske strane i 4 polja desna inundacija s Ugljanske strane). Izgradnjom mosta Ždrelac 1973. godine napravljen je veliki korak naprijed za oba otoka jer svaka komunikacija, posebno prometna, puno znači. Zahvaljujući tom mostu, otočani danas imaju 11 brzo-brodskih i 18 trajektnih linija, ljeti se broj stanovnika utrostručuje, a broj stanovnika na oba otoka došao je do deset tisuća. [13]



Slika 4. Pogled na današnji most Ždrelac (lijevo – Pašman, desno – Ugljan)

U radu će se obrađivati podaci o mostu Ždrelac prije, za vrijeme i nakon rekonstrukcije, a ocjenom stanja današnjeg mosta dan je uvid u to što se sve projektom sanacije i rekonstrukcije propustilo, te prognoza za budućnost.

1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja

Za pisanje teorijskog dijela rada korištena je domaća i strana literatura. S obzirom na to da se radi o aktualnoj temi posljednjih godina u Republici Hrvatskoj, većina korištene literature je literatura hrvatskih autora u obliku znanstvenih i stručnih članaka, novinskih članaka, zakona i propisa Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja, dostupnih na *online* bazama podataka. Dio literature razmatra mišljenja stručnjaka o vizualnim pregledima mostova i ocjenama stanja konstrukcija, objavljenih na internetskim stranicama.

Podaci o izvornom projektu koji su dobiveni na uvid, u svrhu pisanja ovog diplomskog rada: „Rekonstrukcija mosta na cesti D-110 preko morskog tjesnaca Ždrelac između otoka Ugljana i Pašmana“, Glavni projekt (Z.O.P. 14/07) – Građevinski projekt – Mapa 1 – Sadržaj: Glavni projekt rekonstrukcije izrađen od strane tvrtke „Projektirni biro Konstruktor d.o.o.“, Obala hrv.nar.preporoda 6, 21 000 Split, TD:14/07, travanj 2007., Glavni projektant: A. Runjić, dipl.ing.građ.

Uz glavni projekt konstrukcije, na uvid sam dobila i Geodetski elaborat o visinskoj kontroli orto ploče nakon zavarivanja, most Ždrelac (Ugljan – Pašman), izrađen od strane poduzeća Geoplan d.o.o. iz Sl. Broda, na zahtjev poduzeća Montaža- ĐĐ, travanj 2009., Geodet: B. Popović, dipl.inž.geod.

Prije vizualnog pregleda konstrukcije provedena je analiza postojeće dokumentacije, što uključuje: zapise o konstrukciji, projektnu dokumentaciju, izvještaje o prethodnim pregledima s danim preporukama. Pregledani su dostupni nacrti mosta (situacija, uzdužni presjek i poprečni presjek) prije i nakon rekonstrukcije, provedena je rekonstrukcija nacrti i detalja odgovarajućih dijelova mosta, a sve u svrhu izrade podloga za pregled građevine - razvijene plohe svih elemenata prema Priručniku za provedbu pregleda. Sve je obavljeno u skladu s danim uputama, važećim zakonima, propisima, pravilnicima i normama Republike Hrvatske koji se odnose na predmetno područje. Terminologija opisa uočenih nedostataka u skladu je s "Katalogom oštećenja" za građevinu tipa: most. Katalog je podloga za davanje ocjene stanja mostova na osnovi mjerljivih veličina i vizualnog pregleda oštećenja [14].

Rezultati pregleda dani su u obliku Izvještaja o vizualnom pregledu - sažeto prikazana sva oštećenja i zaključci o potrebnim popravcima ili sanacijama, odnosno dodatnim istražnim radovima. Donešena je ocjena stanja konstruktivnih elemenata, na temelju koje se izračunala ocjena općeg stanja mosta, a kratkim proračunom određena je i ocjena nostivosti karakterističnog nosača. Shematski prikaz svih oštećenja nalazi se u prilogu, na prethodno izrađenim podlogama.

1.3. Teorijska koncepcija rada

Rad je strukturiran u sedam glavnih cjelina. Prvu cjelinu predstavlja Uvod u kojem se поближе upoznajemo s temom ovog diplomskog rada, izvorima podataka te metodama prikupljanja podataka. U drugoj cjelini prikazan je most Ždrelac prije rekonstrukcije – općenito o mostu, tehnički opis, izvedba, fotografije oštećenja prije rekonstrukcije i opća ocjena stanja mosta 2008. godine. U ovom poglavlju sumirana je problematika korištenja mosta Ždrelac, i objašnjena potreba za rekonstrukcijom. Treća cjelina opisuje samu rekonstrukciju mosta, tehničko rješenje, osnovne tehničke parametre, tehnologiju i redoslijed izvedbe radova (četiri faze), shematski prikaz faza gradnje. U istoj cjelini nalazi se i opis sanacije stare betonske konstrukcije, posebni uvjeti gradnje, proračun, troškovi gradnje te projektirani vijek uporabe i

održavanje mostova. Svi podaci navedeni u ovom poglavlju uzeti su iz tehničke dokumentacije Glavnog projekta rekonstrukcije mosta Ždrelac, izrađenog od strane tvrtke „Projektni biro Konstruktor d.o.o.“, Split. Četvrta cjelina vodi nas na današnje stanje mosta Ždrelac. Izrađene su podloge za pregled građevine - razvijene plohe svih elemenata prema Priručniku za provedbu pregleda, na kojima su tijekom vizualnog pregleda konstrukcije kartirana oštećenja mosta, s navedenim dimenzijama oštećenja, popraćena fotodokumentacijom. Nakon vizualnog pregleda konstrukcije napravljen je zapisnik svih oštećenja gornjeg i donjeg ustroja mosta, kao i opreme mosta. Sva oštećenja su fotodokumentirana, a u radu su prikazana reprezentativna oštećenja koja se pojavljuju na većem dijelu mosta. Terminologija opisa uočenih nedostataka u skladu je s "Katalogom oštećenja". U petoj cjelini dana je ocjena stanja konstruktivnih elemenata i opća ocjena stanja mosta. U šestom poglavlju napravljena je kontrola nosivosti karakterističnog nosača na prometno opterećenje prema starim Privremenim tehničkim propisima za određivanje opterećenja mostova te prema današnjem Eurokodu EN 1991 -2, te je na temelju odnosa djelotvorne nosivosti karakterističnog nosača i učinaka prometnog opterećenja prema PTP i EN dana ocjena nosivosti, kao i uputa za daljnju intervenciju. U sedmoj, a ujedno i zadnjoj cjelini naveden je zaključak rada. Osmu, devetu, desetu i jedanaestu cjelinu čine popis literature, popis ilustracija i tablica, te popis priloga.

2. MOST ŽDRELAC PRIJE REKONSTRUKCIJE



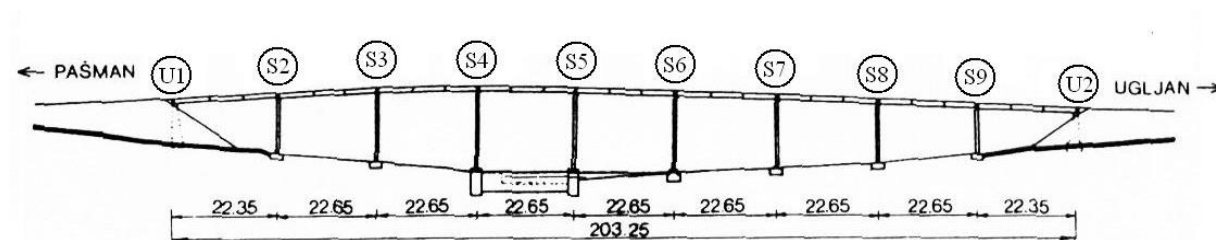
Slika 5. Pogled iz zraka na most Ždrelac (1973. godina)

2.1. Općenito o mostu

Dana 03. lipnja 1973. svečano je otvorena cesta koja povezuje trajektno pristanište Preko na otoku Ugljanu s pristaništem Tkon na otoku Pašmanu [15], te na taj način povezuje ova dva otoka u prometnu cjelinu (Slika 5.). Cesta s mostom ima i privredno značenje jer je, osim oživljenja privrede i turizma, omogućila ukidanje nekih nerentabilnih brodskih linija. U izgradnji mosta Ždrelac koji se gradio od 27. svibnja 1971. godine do 03. lipnja 1973. godine sudjelovali su: RSIZ za ceste Hrvatske – Zagreb kao investitor, projektant Krešimir Šavor, dipl. inž. za Inženjerski projektni biro, Zagreb. Izvođač radova bila je GP Hidroelektra, Zagreb s rukovoditeljem Željkom Poljakom, dipl. inž. Nadzorni organ bio je Nando Predovan, dipl. inž. Probno opterećenje izvela je tvrtka IGH na čelu s prof. dr. Draženom Aničićem, dipl. inž. [16]. Tehnički pregled izvršio je Republički inspektorat za pomorstvo, saobraćaj i veze, Zagreb, s inspektorom dipl. ing. Antunom Rožićem [15].

2.2. Tehnički opis mosta Ždrelac

Most Ždrelac sagrađen 1973., ukupne duljine s upornjacima od 210,65 m imao je 9 polja. Rasponi su bili $22,35 + 7 \times 22,65 + 22,35$ m (Slika 6.).



Slika 6. Uzdužni presjek mosta iz 1971. godine

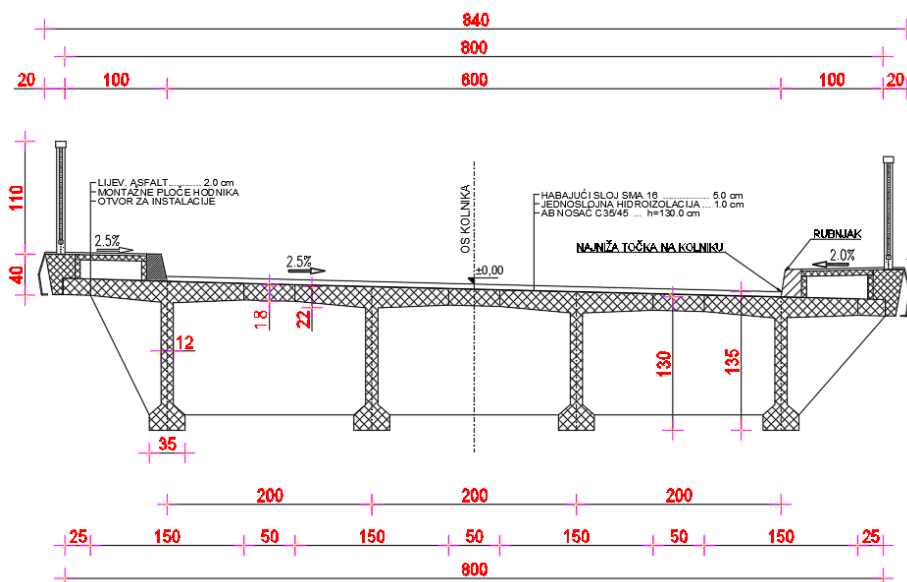
Ukupna duljina mosta zajedno s upornjacima iznosi 210.65 m. Tlocrtno se objekt nalazi većim dijelom u pravcu, osim zadnjih četiri polja prema Ugljanu koja su u prijelaznici i krivini polumjera $R = 200$ m. Niveleta mosta većinom se nalazi u vertikalnoj konveksnoj krivini polumjera $R = 1000$ m, dok su preostali dijelovi mosta u obostranom nagibu od 6%. Širina kolnika je 6.0 m s obostranim hodnicima širokim po 1.0 m. Poprečni nagib kolnika je jednostran i iznosi 2.5%, a u prijelaznoj se krivini povećava i iznosi 4% [16].



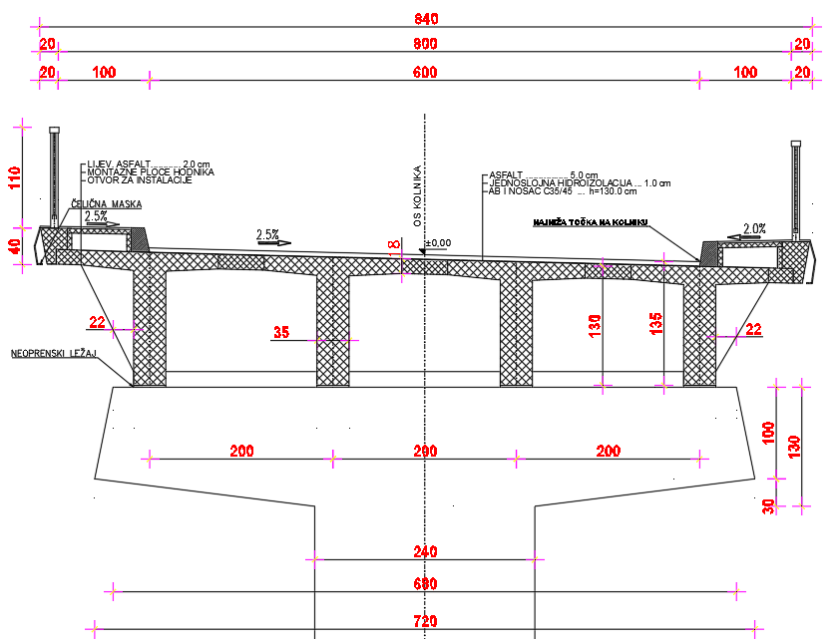
Slika 7. Pogled na most (foto Vidov.V., 2008.)

Statički je sustav rasponske konstrukcije niz prostih greda. Nosiva konstrukcija bila je izvedena od međusobno neovisnih betonskih roštiljnih konstrukcija, koje se sastoje od po četiri prefabricirana prednapeta nosača međusobno povezana s kolničkom pločom i s po četiri poprečna nosača (Slika 8.). Kolničku ploču čine gornji pojasevi glavnih nosača koji su međusobno povezani pločom (18 cm) betoniranom na licu mjesta. Hrptovi tih nosača su

međusobno povezani poprečnim nosačima na krajevima i u trećinama raspona betoniranim na licu mjesta. Glavni nosači su visine 1,30 m, gornji pojas je širine 1,50 m, a širina donjeg pojasa je 0,35 m. Ti su nosači prednapeti s po 10 kabela 6Ø7, poprečni nosači s po 3 kabela 6Ø7 i kolnička ploča s kablom 6Ø7 na međusobnom razmaku od 1,0 m. Ležajevi su neoprenski.



Slika 8. Poprečni presjek u polju



Slika 9. Poprečni presjek nad stupom

Poprečni presjek stupova jest »T« oblika. Stupovi su izvedeni od armiranog betona MB20. Promjenjive su visine od 10,2 do 17,0 m, širine 2,40 m, i debljine 0,80 m. Stupovi završavaju naglavnicama duljine 7,2 m, debljine 0,8×1,0 m i visine 0,98 – 1,30 m. Temelji svih stupova plitko su temeljeni, osim stupova 4 i 5 koji su počivali na obalnim zidovima. Upornjaci su utopljeni u nasip, a sastoje se od temelja, dvaju stupova, naglavnice, ovješanih krila i prijelaznih ploča [16].

2.3. Izvedba mosta Ždrelac

Temelji upornjaka i stupova na obalama izvedeni su u otvorenoj građevnoj jami. Građevne jame za bočne zidove uz kanal, koji služe ujedno kao temelji za stupove 4 i 5, izvedene su uz pomoć eksploziva. Betoniranju stupova prethodila je izrada montažne drvene oplata. Oko budućeg stupa bila je sastavljena cijevna skela čija je funkcija bila trostruka: prvo je omogućila smještaj i pridržavanje armature, drugo montažu i demontažu oplata i, treće, izvedbu naglavnih konzolnih greda (Slika 10.). Glavni nosači su prednapregnute montažne grede. Za 36 potrebnih nosača bila su izrađena 4 kalupa. Unutrašnja strana kalupa presvučena je crnim limom. Pripremljeni elementi kalupa dužine po 2,0 m bili su međusobno sastavljeni na već dogotovljenoj Pašmanskoj cesti. Kalupi su bili nizani jedan za drugim, tako da je cijela kolona nosača sa među razmacima iznosila oko 800 metara. Za jedan nosač potrošeno je oko 11,5 m³ betona, težine oko 28,5 tona. Kablovi za prednaprezanje pripremani su na gradilištu od snopova visokovrijedne žice. Jedan snop se sastojao od žica 6Ø7 mm, nominalne sile cca. 20 t. Za radove na betoniranju međuploče, poprečnih nosača, hodnika i vijenaca, upotrijebljena je drvena oplata, obješena na glavne nosače [17].



Slika 10.a. Izvedba stupova mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.)



Slika 10.b. Izvedba stupova mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.)



Slika 11. Pogled na donji ustroj mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.)

2.4. Utrošak materijala

Beton:

- Donji ustroj: MB 15 - 208 m³, MB 20 – 1.455 m³, Ukupno 1.663 m³
- Gornji ustroj: MB 20 - 68 m³, MB 45 – 475 m³, Ukupno 543 m³

Čelik:

- Č-0200: 65.796 kg, odnosno 38,7 kg/m²
- Č-165: 15.728 kg, odnosno 9,3 kg/m²

2.5. Plovni kanal

Istodobno s izgradnjom mosta 1973. godine proširen je i produbljen morski prolaz. Stari plovni kanal izveden u vrijeme Austro – Ugarske nije zadovoljavao potrebe tadašnje plovidbe, pa je njegovu dubinu od cca. 3,0 m trebalo povećati na 4,0 m, širinu od 11,0 m proširiti na 20,0 m, a nova visina iznosila je 16,50 m iznad srednje razine mora (srednja vrijednost geodetske nule i hidrografske nule), čime se omogućio prolaz većih plovnih jedinica (Slika 12.).



Slika 12. Kanal mali Ždrelac prije zadnje rekonstrukcije (snimak s mosta, 2009.)

2.6. Fotografije oštećenja starog mosta, 2008. godina

Most je pregledan u siječnju 2008. godine u svrhu pisanja seminarskog rada iz kolegija Trajnost konstrukcija 1 od strane bivših studenata GFZG-a Vidov, V. i Vukasović Lončar, I. Sve slike od vizualnog pregleda mosta godinu dana prije rekonstrukcije dobila sam na uvid od kolega, kao i pravo na korištenje istih u svrhu pisanja ovog diplomskog rada i detaljne usporedbe mosta prije i nakon rekonstrukcije. Pregledom su obuhvaćeni svi dijelovi mosta, osim ležajeva na stupovima koji su bili nedostupni za pregled. Pregledan je gornji i donji ustroj mosta. Fotodokumentacija slijedi u nastavku.

2.6.1. Prometna površina – kolnik

Pregled prometne površine obuhvaćao je pregled: asfaltnog zastora (Slika 13.), bitumenskih prijelaznih naprava (Slika 14.), rubnjaka (Slika 15. i 16.) te slivnika (Slika 17. i 18.).

Smjer pregleda je od istoka prema zapadu.



Slika 13. Kolnik (2008.)



Slika 14. Prijelazna naprava (2008.)



Slika 15. Spoj asfalta i rubnjaka (2008.)



Slika 16. Oštećenje rubnjaka (2008.)



Slika 17. Slivnik (2008.)



Slika 18. Vegetacija u slivniku (2008.)

2.6.2. Pješački hodnik

Pješački hodnik izveden je od montažnih betonskih ploča. Na nekim mjestima bila je vidljiva sanacija hodnika bitumenskom ili cementnim ispunom (Slika 21.).



Slika 19. Pješački hodnik (2008.)



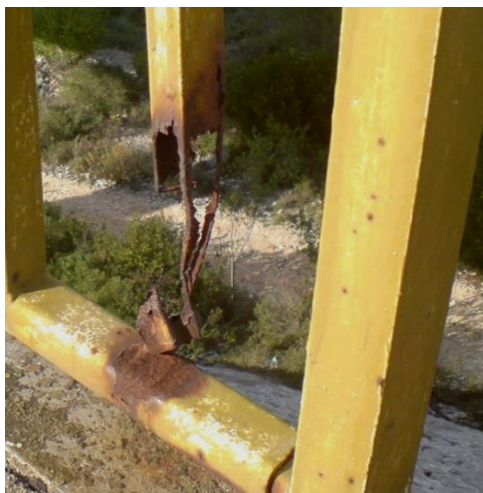
Slika 20. Propusnost hodnika (2008.)



Slika 21. Sanacija hodnika (2008.)

2.6.3. Pješačka ograda

Uslijed neodržavanja, pješačka ograda bila je u jako lošem stanju s upitnom funkcionalnosti.



Slika 22. Korozijska ograde (2008.)



Slika 23. Korozijska ograde (2008.)



Slika 24. Pričvršćenje ograde u sklop (2008.)

2.6.4. Pokosi nasipa

Na nekim dijelovima kamenih pokosa upornjaka uočena je pokrivenost vegetacijom (Slika 28.) i odron kamena (Slika 26.), ali bez značajnijeg utjecaja na njegovu funkcionalnost.



Slika 25. Kameni pokos U1 (2008.)



Slika 26. Odron kamenog pokosa (2008.)



Slika 27. Kameni pokos U2 (2008.)



Slika 28. Vegetacija na upornjaku U2 (2008.)

2.6.5. Upornjaci

Upornjak U1 i U2 bili su u vidno lošem stanju. Raspucavanje i odlamanje zaštitnog sloja betona dovodilo je do korozije i propadanja armature.



Slika 29. Zid upornjaka U1 (2008.)



Slika 30. Krilo upornjaka U1 (2008.)



Slika 31. Upornjak U2 (2008.)



Slika 32. Zid upornjaka U2 (2008.)

2.6.6. Ležajevi

Pregled je obuhvaćao samo ležajeve upornjaka jer su ležajevi stupova bili nedostupni za pregled.



Slika 33. Ležaj na upornjaku U2 (2008.)



Slika 34. Ležaj na upornjaku U1 (2008.)

2.6.7. Stupovi

Na svim stupovima i naglavnim gredama bilo je vidljivo odlamanje betona i korozija armature, posebno na stupovima S4 i S5 uz obalni zid (Slika 39.). Prikazani su reprezentativni primjeri.



Slika 35. Donja zona stupa (2008.)



Slika 36. Gornja zona stupa (2008.)



Slika 37. Naglavna greda (2008.)



Slika 38. Naglavna greda (2008.)



Slika 39. Odlamanje betona S4 (2008.)

2.6.8. Rasponski sklop

Na rasponskom sklopu nisu se vidjela neka značajnija oštećenja koja bi dovela do otkazivanja konstrukcije, osim vlaženja betona zbog loše izvedbe odvodnje s mosta (Slika 41. i 42.).



Slika 40. Rasponski sklop (2008.)



Slika 41. Vlaženje betona (2008.)



Slika 42. Vlaženje betona (2008.)

2.6.9. Instalacije

Cijevi za vodu provodile su se od Ugljana do Pašmana kroz tri polja s vanjske strane rasponskog sklopa, na način da se cijev dizala od donjeg prema gornjem ustroju na stupu S6 te spuštala na Pašmanskoj strani po stupu S3 (Slika 43.).



Slika 43. Cijev za vodu (2008.)

2.7. Opća ocjena stanja mosta, 2008. godina

Most je općenito bio u lošem stanju te je produljenje njegovog uporabnog vijeka ovisilo o daljnjoj sanaciji. Glavni uzročnik svih oštećenja na mostu bilo je neodržavanje i vlaženje nosivih elemenata što je dalje vodilo do korozije armature i degradacije betona. Bilo je potrebno pristupiti sanaciji nosivih elemenata kako ne bi došlo do otkazivanja konstrukcije. Bilo je vidljivo neodržavanje mosta što se najviše primijetilo na koroziji pješačke ograde, koju je trebalo u potpunosti zamijeniti novom. Problem neodržavanja bio je vidljiv i na slivnicima koji su na nekim mjestima bili začepljeni vegetacijom ili šljunkom te je bilo potrebno njihovo čišćenje. Potrebno je bilo sanirati i bitumensku prijelaznu napravu zbog njene propusnosti koja je utjecala na oštećenja nosivih elemenata konstrukcije [17].

2.8. Problematika korištenja

Mali Ždrelac jedan je od najprometnijih prolaza na Jadranu, kroz koji ljeti prolazi i do 2000 plovila na dan (u prosjeku 900 plovila), najčešće prema Nacionalnom parku Kornati i Parku prirode Telašćica. To je stvaralo brojne probleme u pomorskom prometu, a osim zastoja nisu bile rijetke ni manje prometne nezgode. Mali Ždrelac je sasvim sigurno svojom širinom, dubinom i visinom mosta iznad njega odavno postao usko prometno grlo. Posebnu važnost

daje mu to što je to ujedno i glavna prometna veza za mnoge naseljene vanjske otoke Zadarskog arhipelaga [18].

Kroz Mali Ždrelac, tekla je struja promjenljiva smjera brzinom od četiri čvora, što je uvelike otežavalo plovību u uskom kanalu ograđenom zidovima. Ulaz u prolaz je sa sjeverne strane širok gotovo 200 m (dubina 6 m) i s obje je strane označen svjetionicima, a širi se u veliku plitku uvalu na istoku i zapadu. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture uredilo je plovību kroz Mali Ždrelac posebnim naredbama; zabranjeno je sidrenje, zadržavanje i ribolov u prolazu i neposredno pred njegovim ulazom i izlazom, dok je najveća dozvoljena brzina u tom prolazu što povezuje Srednji kanal s lukom Ždrelac i Zadarskim kanalom 8 čvorova. Brodovi na redovitoj liniji imaju prednost u odnosu na ostale brodove [18].

Javnim nadmetanjem što su ga Hrvatske ceste raspisale za izradu tehničke dokumentacije za rekonstrukciju mosta na državnoj cesti D 110 između Ugljana i Pašmana, a preko morskog tjesnaca Ždrelac, okončane su sve rasprave vođene više mjeseci oko potrebe izgradnje novoga mosta. Zagovornici rušenja starog i izgradnje novog mosta na istom mjestu obrazlagali su to sve višim jarbolima jedrilica i sve većim, pa i višim, trajektima. Unatoč proširenju i produbljenju morskog kanala, oстане li ista visina između morske površine i mosta, oni kroz njega neće, tvrdili su, moći prolaziti. Druga je opcija, ona o rekonstrukciji postojećega mosta polazila od troškova koji bi u slučaju novog mosta bili znatno viši. Prevagnuo je, dakle, manje složeni zahvat koji je iziskivao kraće trajanje radova i manje troškove. Respektirajući konkretne terenske i maritimne okolnosti, dispoziciju i konstrukciju postojećeg mosta preliminarnom analizom došlo se do zaključka da je moguće uz relativno prihvatljive troškove, po sve sudionike u financiranju projekta, koji se u daljnjem razmatranju predlagalo, postići neusporediv značaj u smislu plovībenih uvjeta u makro i mikro pogledu. Predloženim zahvatom postigli bi se zbog moguće promjene tadašnjih plovīnih ruta značajni efekti u ekonomskom, prometnom i ekološkom pogledu, s povoljnim efektima po turističku privredu šireg područja. Konkretno, predložena je rekonstrukcija starog mosta koja bi se sastojala u zamjeni triju starih raspona mosta (srednji u osi plovīnog puta), jednom lučnom konstrukcijom raspona 65,50 m, uz rekonstrukciju i ojačanje stupova S3 i S6 nakon rušenja stupova S4 i S5. Preostali dio mosta ostao je nezamijenjen u tlocrtnom i visinskom pogledu (niveleta) [19].

3. REKONSTRUKCIJA I SANACIJA MOSTA ŽDRELAC



Slika 44. Slika rekonstrukcije mosta Ždrelac (foto Konstruktor - Split, 2009.)

U početku se namjeravalo izgraditi novi most kod kojega bi visina od najviše plimne točke iznosila 20 m, što bi omogućilo prolaz i jahtama od 14 m dužine koje dosad zbog visine jarbola nisu mogle ploviti kroz „Mali Ždrelac“. No uvažujući stvarne terenske i pomorske okolnosti te položaj i konstrukciju postojećeg mosta, zaključilo se da će se uz znatno manje troškove postići značajne promjene. Stoga je predložena i prihvaćena rekonstrukcija postojećeg mosta zamjenom triju srednjih raspona u osi plovnoga puta čeličnom lučnom konstrukcijom raspona od 65,50 m i strelicom luka 11 m (odnos 1/6). Riječ je o kolničkoj ortotropnoj čeličnoj ploči s otvorenim rebrima koja je o par čeličnih lukova ovješena vitkim vlačnim zategama (Nielsenov luk), a prednost je takvoga rasponskog sklopa što ne stvara horizontalni pritisak na stupove na koje će biti oslonjen. Nosivu konstrukciju čine složeni lučni sustav, a u prijenos sila uključeni su i luk i konstrukcija s pomoću kosih vješaljki. Pritom je luk uvijek iznad grednih nosača, a međusobni je razmak lukova promjenljiv – najveći u kontaktu s kolničkom konstrukcijom (8,5 m), a najmanji u tjemenu luka (5m).

Projekt rekonstrukcije i sanacije mosta Ždrelac i plovnog kanala koji se odvijao od listopada, 2008. do ožujka 2010. godine, bio je vrlo složen zahvat koji je uključivao dva investitora, dva projektanta i dva nadzora, te dva različita ugovora i dva troškovnika, a jednog izvođača – Konstruktor inženjering d.d. iz Splita koji je poslove dobio na javnom nadmetanju. Nositelji

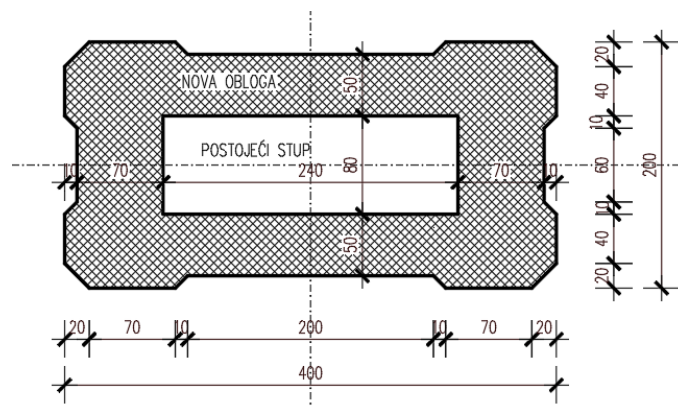
su projekta bili Plovput d.o.o. iz Splita za sve pomorske radove (glavni inženjer Joško Zec, dipl. ing. građ.) i Hrvatske ceste d.o.o. za rekonstrukciju mosta (glavni inženjer mr. sc. Ozren Gverić), a cijeli zahvat financiralo je Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture. Projekte su izradili Obala d.o.o. i Projektni biro Konstruktor d.o.o., oboje iz Splita. Rekonstrukciju plovnog puta nadzirala je Obala d.o.o., a glavni je nadzorni inženjer bio Robert Baković, dipl. ing. građ., koji osim što je voditelj cijele nadzorne službe ujedno obavljao i projektantski nadzor. Rekonstrukciju mosta nadzirao je Institut građevinarstva Hrvatske (IGH) d.d. iz Zagreba, a glavni je nadzorni inženjer bio Siniša Jakšić, dipl. ing. građ. Valja napomenuti da je za montažu čelične konstrukcije zaslužna firma „Đuro Đaković Montaže d.d.“ iz Slavonskog Broda, s glavnim voditeljem radova Matom Martićem, dipl. ing. građ. [18]

Podaci o izvornom projektu dobiveni su na uvid i korištenje u svrhu pisanja ovog rada od tvrtke „Projektni biro Konstruktor d.o.o.“, Obala hrvatskog narodnog preporoda 6, 21 000 Split, Građevina: „Rekonstrukcija mosta na cesti D-110 preko morskog tjesnaca Ždrelac između otoka Ugljana i Pašmana“, Glavni projekt (Z.O.P. 14/07) – Građevinski projekt – Mapa 1 –TD:14/07, travanj 2007., Glavni projektant: A. Runjić, dipl.ing.građ.

Nacrte i tehničke podatke o novoj čeličnoj rasponskoj konstrukciji dobila sam na uvid od tvrtke Geoplan d.o.o. iz Slavonskog Broda, koje je na zahtjev poduzeća Montaža ĐĐ izvršilo snimanje visina orto ploče mosta Ždrelac - „Geodetski elaborat o visinskoj kontroli orto ploče nakon zavarivanja- MOST ŽDRELAC“, izrađen od strane tvrtke Geoplan d.o.o., Slavonski Brod, 17. travnja 2009. godine, B. Popović dipl. inž. geod.

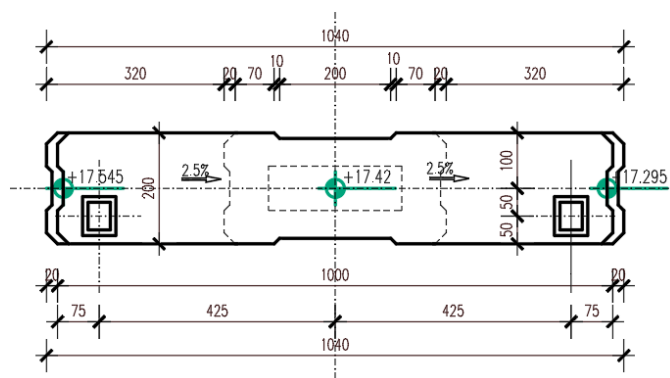
3.1. Tehničko rješenje rekonstrukcije mosta

Kao zamjena rasponske konstrukcije, predložena je bila lučna nosiva konstrukcija od čelika sa konstrukcijom pomosta od čelika. Prednost je ovakvoga rasponskog sklopa da nema horizontalnih potisaka na relativno visoke stupove na koje bi luk bio oslonjen. Krajnji stupovi S3 i S6 na koje se oslanjala nova rasponska konstrukcija prošireni su i ojačani (s 80 x 240 cm na 200 x 400 cm) (Slika 45.).



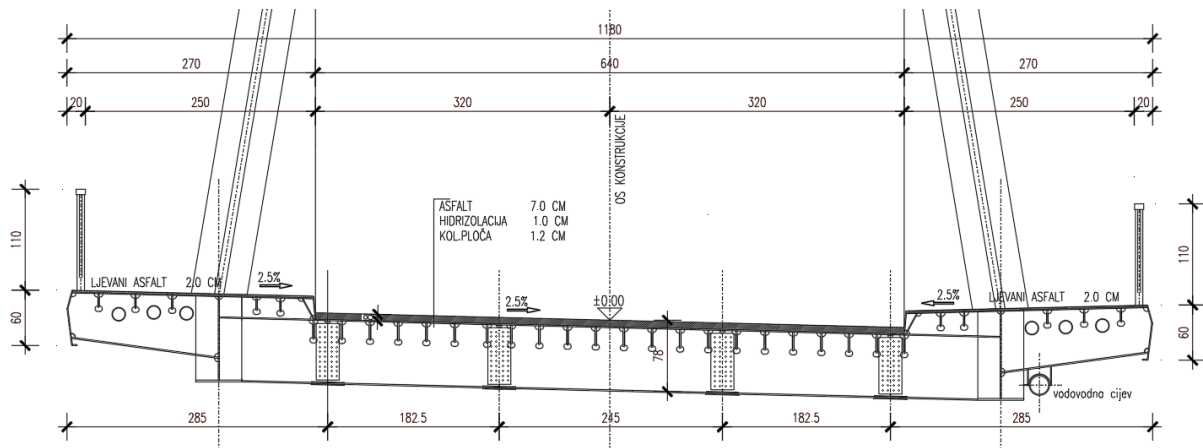
Slika 45. Ojačavanje stupova

Povezivanje novoga i starog betona ostvareno je posebnim sidrima. Tako su se dobili novi armirano betonski stupovi pravokutnog presjeka, s drugačije oblikovanim i ojačanim naglavnim gredama za oslanjanje nove konstrukcije (Slika 46.).



Slika 46. Novi oblik naglavnih greda stupova S3 i S6

Novi stupovi su temeljeni na postojećim temeljima koji su ojačani i produbljeni. Prednost čelične varijante ogleda se u manjem trajanju radova na samom objektu, tj. manje prekida prometa. Na novom glavnom rasponu proširen je kolnik (6,4 m) i pješačke staze (2,4 m), pa je ukupna širina čeličnog dijela mosta između ograda 11,4 m, a do rubova vijenaca 11,8 m. Čeličnu rasponsku konstrukciju pomosta čine dva punostijena limena nosača na razmaku od 8,5 m, s ortotropnom čeličnom pločom stalne visine (Slika 47.).



Slika 47. Poprečni presjek u polju čeličnog rasponskog sklopa

Svaki se glavni nosač oslanja na dva elastomerna ležaja tako da su na stupovima po dva ležaja, na stupu S3 (s pašmanske strane) nepomični i pomični u poprečnom smjeru, a na stupu S6 svestrano pomični i pomični u uzdužnom smjeru. Oni su usklađeni s očekivanim pomacima zbog promjena temperature i djelovanja vodoravnih sila izazvanih kočenjem, vjetrom i potresom. Postavljene su i vodonepropusne prijelazne naprave na spoju betonske i čelične konstrukcije. Izvela se hidroizolacija od zavarenih bitumenskih traka, kolnički zastor s dva sloja (zaštitni i habajući) u debljini od 7 cm i odvodnja, preko mosta se provela vodovodna cijev na isti način kao što je bilo i prije, cijevi su pričvršćene ispod grednih nosača. Sanirana je i postojeća betonska konstrukcija, i gornji i donji ustroj. Uklonjene su i zamijenjene ograde, armiranobetonski vijenci i pješačke staze s rubnjacima, asfalt i hidroizolacija te promijenjene dilatacijske naprave, a za oštećene dijelove stupova, s obzirom na blizinu agresivne morske sredine, primijenjeni su migrirajući inhibitori i sanirajući beton visoke trajnosti, a prije svega konstrukcija je očišćena primjenom hidrodinamičke opreme. Ovakvim rješenjem omogućilo se proširenje postojećeg plovnog prolaza prema potrebi plovidbe do širine od 56 m, te dubine do 5 metara. Obala plovnog kanala uredila se i zaštitila posebno za stupove mosta.

Glavni efekti koji su se postigli ovakvim rješenjem su:

- mogućnost sigurnog prolaza većih brodova
- mogućnost dvosmjerne plovidbe ispod mosta
- nedvojbeno sigurnost stupova mosta od udara broda
- skraćanje pojedinih ruta plovni putova

- smanjenje broja prolaza većih plovila Pašmanskim kanalom
- druge podobnosti i pogodnosti

Orijentaciono vrijeme izvedbe predložene rekonstrukcije u čeličnoj varijanti procijenilo se, uz uvjet prethodno dobro razrađene tehničke dokumentacije i administrativne suglasnosti i dozvola, na jednu građevinsku sezonu (jednu godinu), od koje je dio vremena obuhvaćao izradu konstrukcije u tvornici, uređenje i organizaciju gradilišta na lokaciji mosta, druga polovica obuhvaćala je demontažu postojeće rasponske konstrukcije, rekonstrukciju stupova, montažu nove rasponske konstrukcije te završne radove na mostu.

3.2. Osnovni tehnički parametri

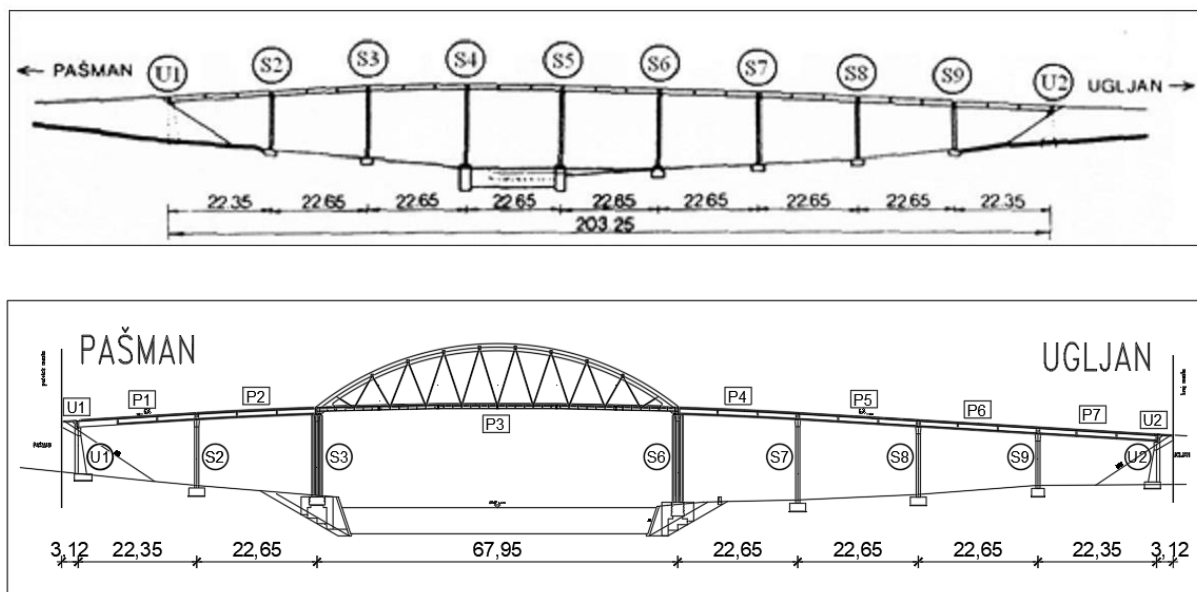
Premda širina kolnika na postojećem mostu nije udovoljavala u potpunosti odredbama pravilnika o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN br. 110/2001) [20], širina je između rubnjaka 6,0 m, a na rekonstruiranom dijelu mosta su primijenjene sljedeće širine.

- pješačke staze $2 \times 1,20 = 2,40$ m
- kolnik (između rubnjaka) = 6,40 m
- lukovi - zaštitni pojas $2 \times (0,5 + 0,8) = 2,60$ m
- ograda s vijcima $2 \times 0,2 = 0,40$ m
- ukupna širina mosta = 11,80 m

Sukladno karakteristikama prometnice, te činjenici da se radi o rekonstrukciji dijela postojećeg mosta, most je tretiran kao most III kategorije, širina kolnika 6,0 m, te novi dio rasponske konstrukcije i stupovi koji se rekonstruiraju su proračunati za računsku shemu 300 + 300 (prema DIN- report 101 / historical DIN 1072 [21]). Poprečni nagib kolnika je konstantan i iznosi 2,5 %. Postojeća niveleta na dijelu mosta je konveksna s radijusom vertikalnog zaobljenja 1000 m koja je ostala neizmijenjena. Prilikom odabira rješenja težilo se što manjoj visini konstrukcije pomosta kako bi se postiglo povećanje slobodne visine plovnog otvora u odnosu na postojeći. Slobodni profil starog plovnog kanala je bio 20.00 x 16.50m, rekonstrukcijom su se postigle dimenzije 56.00 x 17.07m.

Treba napomenuti da nije dobivena očekivana visina jer bi za povećanje visina na 20 m bio potreban potpuno novi most, kao i cjelovita rekonstrukcija ceste D-110 na njegovim

prilazima. Na taj način se dobio prošireni morski prolaz te sačuvao most kojem je bila potrebna i temeljita obnova.



Slika 48. Skice mosta prije i nakon rekonstrukcije (1.slika – prije, 2. slika – nakon)

3.3. Opis tehnologije i redoslijed izvedbe radova

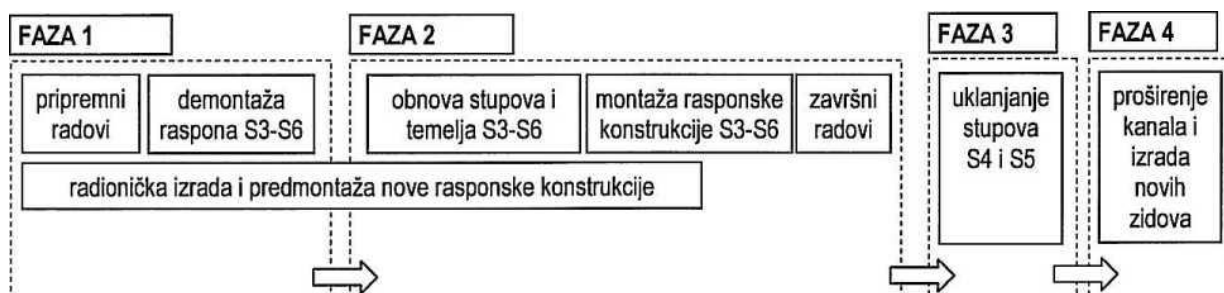
Kako je predviđeno proširenje plovnog kanala gabaritima zadiralo u donji ustroj mosta „Ždrelac“, u smislu proširenja kanala potrebno je bilo izvesti značajnu rekonstrukciju spomenutog mosta. Rekonstrukcija je podrazumijevala uklanjanje stupova koji se nalaze u predviđenom kanalu te zamjenu tri postojeća rasponska sklopa od montažnih nosača jednim čeličnim rasponom. Redoslijed izvedbe radova na rekonstrukciji mosta na cesti D-110 preko morskog prolaza „Ždrelac“ podijeljen je u četiri tehnološke faze.

U prvoj fazi izvršena je demontaža postojeće rasponske konstrukcije između stupišta S3 i S6, koja je uključivala izmještanje svih postojećih instalacija (vodovod), te usitnjavanje i deponiranje usitnjenog materijala. Kao dio projektnog zadatka za izradu Tehničke dokumentacije izrađen je i projekt demontaže rasponske konstrukcije na sektoru S3-S6 (Knjiga 2: Projekt uklanjanja dijela građevine između stupišta S3 i S6 - Glavni projekt rekonstrukcije: Rekonstrukcija mosta na cesti D-110 preko morskog tjesnaca Ždrelac između otoka Ugljana i Pašmana, PB Konstruktor d.o.o., travanj 2007.).

Druga faza radova obuhvaćala je radove na izradi ojačanja temelja i stupova S3 i S6 te sve pripremne radove i radove na radioničkoj izradi, montaži i završnim radovima na rasponskoj konstrukciji mosta između stupišta S3 i S6. Radionička izrada nove rasponske konstrukcije krenula je zapravo mnogo ranije, kako bi se njen dovršetak i predmontaža izvršili prije početka montaže. U ovoj fazi radova kao pomoćna podupora služe stupišta S4 i S5 koja nisu uklonjena sve do dovršetka radova na rasponskoj konstrukciji. Spoj stupišta S4 i S5 sa rasponskom konstrukcijom bio je ostvaren preko mehaničkih preša tako da se po dovršetku radova na rasponskoj konstrukciji mogao ostvariti dovoljan razmak za sigurno uklanjanje stupišta, bez ikakvih posljedica za novu konstrukciju.

Treća faza obuhvaćala je uklanjanje stupišta S4 i S5 te betonskih zidova kanala, a projekt rušenja dvaju stupova i betonskih zidova kanala izradio je Rudarsko-geološko-naftni fakultet u Zagrebu (broj elaborata je LZE R0105/06), prema narudžbi Plovput d.o.o.

Četvrta i posljednja faza obuhvaćala je uklanjanje usitnjenog materijala, te proširenje postojećeg kanala i izradu novih obalnih zidova.



Slika 49. Shematski prikaz faza izvedbe (foto PB Konstruktor d.o.o.)

3.3.1. Faza 1 – Pripremni radovi, demontaža rasponske konstrukcije, prometno rješenje

Pripremni radovi

Svi pripremni radovi na gradilištu (ograđivanje i osiguranje, priprema skladišta) temeljili su se na prvoj fazi izvedbe - uklanjanju rasponske konstrukcije između S3 i S6. Pripremni radovi obuhvaćali su:

- osiguranje i označavanje gradilišta i preusmjerenje (zabrana) prometa

- izmještanje elektro i TKC instalacija (aktivnosti izmještanja izvele su osposobljene institucije u dogovoru sa vlasnikom vodova)
- izmještanje vodovoda koji vodi uz stupove S3 i S6 i preko rasponske konstrukcije

Izmještanje vodovoda radilo se polaganjem privremene cijevi na dno morskog prolaza.

Demontaža rasponske konstrukcije između stupova S3 i S6

Sam postupak demontaže rasponske konstrukcije započeo je odmjeravanjem i ocrtavanjem uzdužne linije rezanja konstrukcije. Uzdužna linija postavljena je na polovici između dva nosača. Nakon ocrtavanja pristupilo se razrezivanju konstrukcije dijamantnom pilom i dijamantnom sajlom, a demontaža nosača izvršila se navlačnom rešetkom – lansirkom [19]. Izvođač radova „Konstruktor Inženjering“ za potrebe demontaže središnjeg dijela mosta na gradilište je dopremio dvjestotonsku dizalicu, koja je 12 nosača hvatala jednog po jednog i polako ih spuštala na tlo (Slika 50.). Taj je posao bio izuzetno delikatan i opasan, budući da svaki nosač teži između 35 i 36 tona. Nosači su se na tlu drobili te su potom odnošeni na dogovoreno odlagalište. Radovi na demontaži su bili usporeni i otežani zbog nepovoljnih vremenskih uvjeta - jakih udara bure, a kasnije i zbog snijega i leda [22].

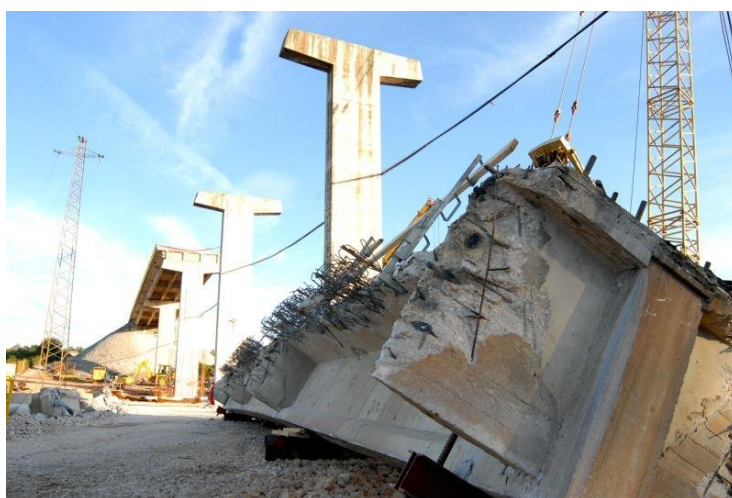
Detaljan opis svih pripremnih radova i demontaže rasponske konstrukcije nalazi se u Knjizi 2 projekta „Rekonstrukcija mosta na cesti D-110 preko morskog tjesnaca Ždrelac između otoka Ugljana i Pašmana“, Glavni projekt (Z.O.P. 14/07); Projekt uklanjanja dijela građevine između stupišta S3 i S6.



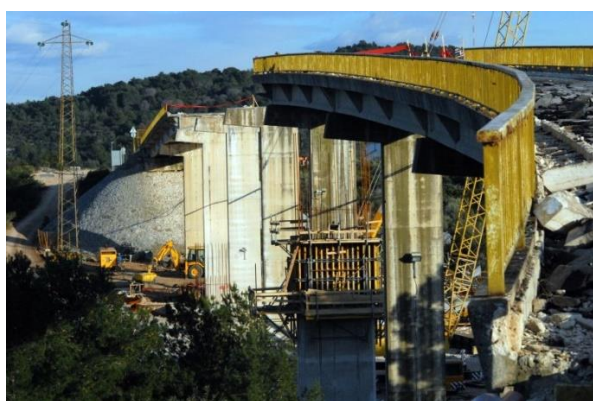
Slika 50. Demontaža prvog nosača na mostu (foto Nadilo, B., 2009.)



Slika 51. Demontaža preostalih nosača na mostu (foto Zadarski list, 2009.)



Slika 52. Demontaža zadnjeg nosača na mostu (foto Zadarski list, 2009.)



Slika 53. Pogled na demontirane nosače s gornjeg ustroja (foto Zadarski list, 2009.)

Prometno rješenje – cestovni promet

Za vrijeme odvijanja radova od faze 1 (uklanjanje starog raspona) do kraja faze 3 (rušenje stupova S4 i S5) sav cestovni promet preko mosta bio je obustavljen. Sva vozila koja su trajektom došla na Ugljan iz Zadra, istom su se linijom vraćala natrag, isto tako sva vozila koja su došla na Pašman iz Biograda istom su se linijom i vraćala. Trajektna linija Zadar - Ugljan (Preko) odvijala se svakodnevno od 05:45 do 23:30 sa petnaestak isplovljavanja dnevno. Trajektna linija Biograd - Pašman (Tkon) odvijala se svakodnevno od 06:00 do 22:30 sa dvanaest isplovljavanja dnevno.

Bilo je potrebno postaviti znakove zabrane prometa i to minimalno 100 m prije početka ograde gradilišta (na obje strane mosta), znak zabrane prolaza za pješake, znak obaveznog smjera, a na posljednje križanje prije mosta (na obje strane) postavljen je znak „Slijepa ulica“. Cestovni promet preko mosta dozvoljavao se kroz posljednju fazu radova: proširenje postojećeg kanala i uklanjanje srušenih stupova.

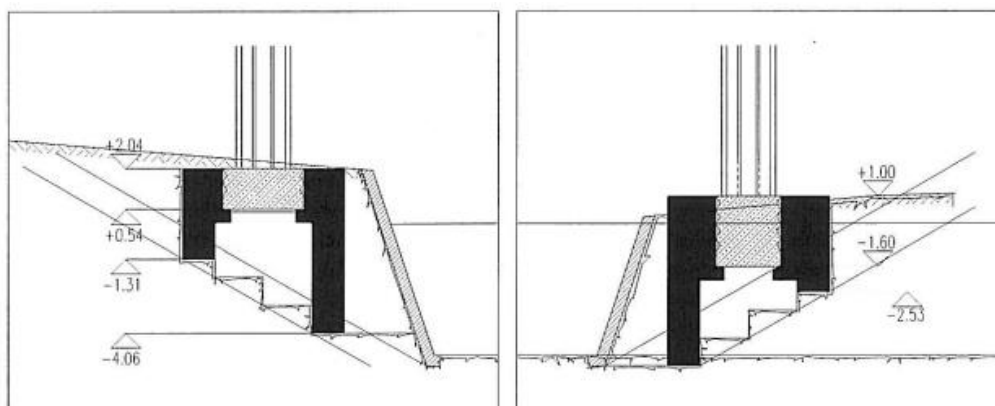
Prometno rješenje – nautički promet

Nautički promet kroz prolaz „Ždrelac“ vrlo je gust. Ulaz u prolaz na sjevernoj strani širok oko 200 m (dubina 6 m) i sa obje strane označen svjetionicima širi se u veliku uvalu na zapadnu i istočnu stranu. Dubina u sredini je 4,5 m, dok je prema obalama dosta plitko. Na Ugljanu je crkva Gospe od Sniga sa novom rivom i molom. Dubina uz rivu je oko 1 m, a uz mol s obje strane oko 2-3 m. Dalje prema jugu i izlazu, ispod mosta dugačkog 210 m i visine 16,5 m, bio je plovni kanal obilježen sa 6 stupova crvene i zelene boje i svjetla. Širina prolaza bila je 20 m, a dubina 4,3 m pod mostom. Tijekom faze 1 - demontaža postojeće rasponske konstrukcije, sav nautički promet ispod mosta je bio zabranjen, što je bilo adekvatno obilježeno. Nakon dovršetka faze 1 nautički promet ponovno se dopuštao i to tijekom cijele faze 2 uz povremeno zaustavljanje prometa tijekom eventualnog korištenja pontona prilikom montaže nove rasponske konstrukcije. Nautičari su bili obaviješteni o radovima u tijeku. Nautički promet ponovno je bio zabranjen tijekom faze 3 (rušenje stupova) i faze 4 (širenje kanala i čišćenje).

3.3.2. Faza 2 – Ojačanje temelja i stupova, montaža čelične rasponske konstrukcije, završni radovi

Izrada ojačanja temelja, stupišta i naglavnica

Postojeći armirano betonski stupovi S3 i S6 mosta bili su visine cca. 14 m, širine 2,4 m i debljine 0,8 m, izvedeni su na plitkim temeljima, dimenzija 6 x 2,5 x 1,5 m. Stupovi su završavali naglavnicama duljine 7,2 m a širokim 0,8 m. Kako se vršilo uklanjanje kompletnog raspona S3 - S6, zajedno sa stupištima S4 i S5 jasno je da kompletno opterećenje nove rasponske konstrukcije i korisno opterećenje mosta otpadalo na dva, umjesto na četiri stupa. Ojačanje temelja S3 i S6 radilo se i u smislu utjecaja temelja na susjednu konstrukciju, u ovom slučaju novi obalni zid. Reakciju temelja bilo je potrebno prenijeti dovoljno duboko da se izbjegne njen utjecaj na obalni zid novog plovnog kanala, pa je u tom smislu ispred i iza postojećeg temelja izvedena AB dijafragma. Postupak ojačavanja temelja započeo je pažljivim površinskim iskopom i čišćenjem oko temeljnih stopa. Iskopom se došlo na kotu postojećeg podložnog betona. Poseban su problem imali s neočekivanim prodorom morske vode u temeljnu jamu. Stoga su u namještanju oplata i armature pomagali i ronionci [18]. Potom se donijela oprema za bušenje te se u postojećem temelju izvodilo bušenje rupa promjera 50 mm kroz cijelu širinu temelja za ugradnju Dywidag vijaka. Slijedilo je bušenje rupa D32 dubine 40 cm za ankere kojima se izvršilo sprežanje novog i starog betona. Nakon toga se površina sa svih strana postojećeg temelja ohrapljavala „štemanjem“ pneumatskim čekićem. U već izbušene rupe ugradili su se ankeri D22 sa kukom, koji su zalijevani epoksidnom 2k smolom, nakon čega se započelo sa iskopom dijafragme. Nakon dovršetka dijafragmi vršilo se ugrađivanje i naknadno napinjanje Dywidag vijaka 36D.



Slika 54. Ojačavanje temelja S3 i S6

Ojačanje postojećih stupova vršilo se tako da se oni ovijaju novim slojem betona, tj. oko njih se vršila izrada novog stupa, gdje se bušenim ankerima vršilo sprežanje postojećeg i novog stupa, kao i nove i stare naglavnice. Sprežanje se vršilo tako da su se bušile rupe D25 dubine 40cm. U rupu se ugradio anker D16 koji završava kukom, a prostor oko ankera se zalijevao epoksidnom 2k smolom. Raster postavljanja ankera je bio 40 cm u svim smjerovima. Do visine 8,60 m na stupu S3, odnosno 10,1 m na stupu S6, stup se radio u tipskoj penjajućoj oplati (Slika 55.).



Slika 55. Ojačanje stupa pomoću penjajuće oplata

Debljina betona kojim se ovija postojeći stup je 60 cm u dužinu sa svake strane postojećeg stupa, te 80 cm u širinu. Problem koji je nastao prilikom zatvaranja oplata stupa je to što je postojeći stup onemogućavao postavljanje cijevi za šipke s oplatnim vijcima. Širina novog stupa od 4 m bila je prevelika da bi se opladne šine fiksirale samo na krajevima, jer je postojala vjerojatnost pojave „trbuha“ na sredini. Stoga su u postojećem betonu izbušene rupe i ugrađeni sidreni ankeri s navojem i konusom. Preko sidrenih ankera vršilo se fiksiranje

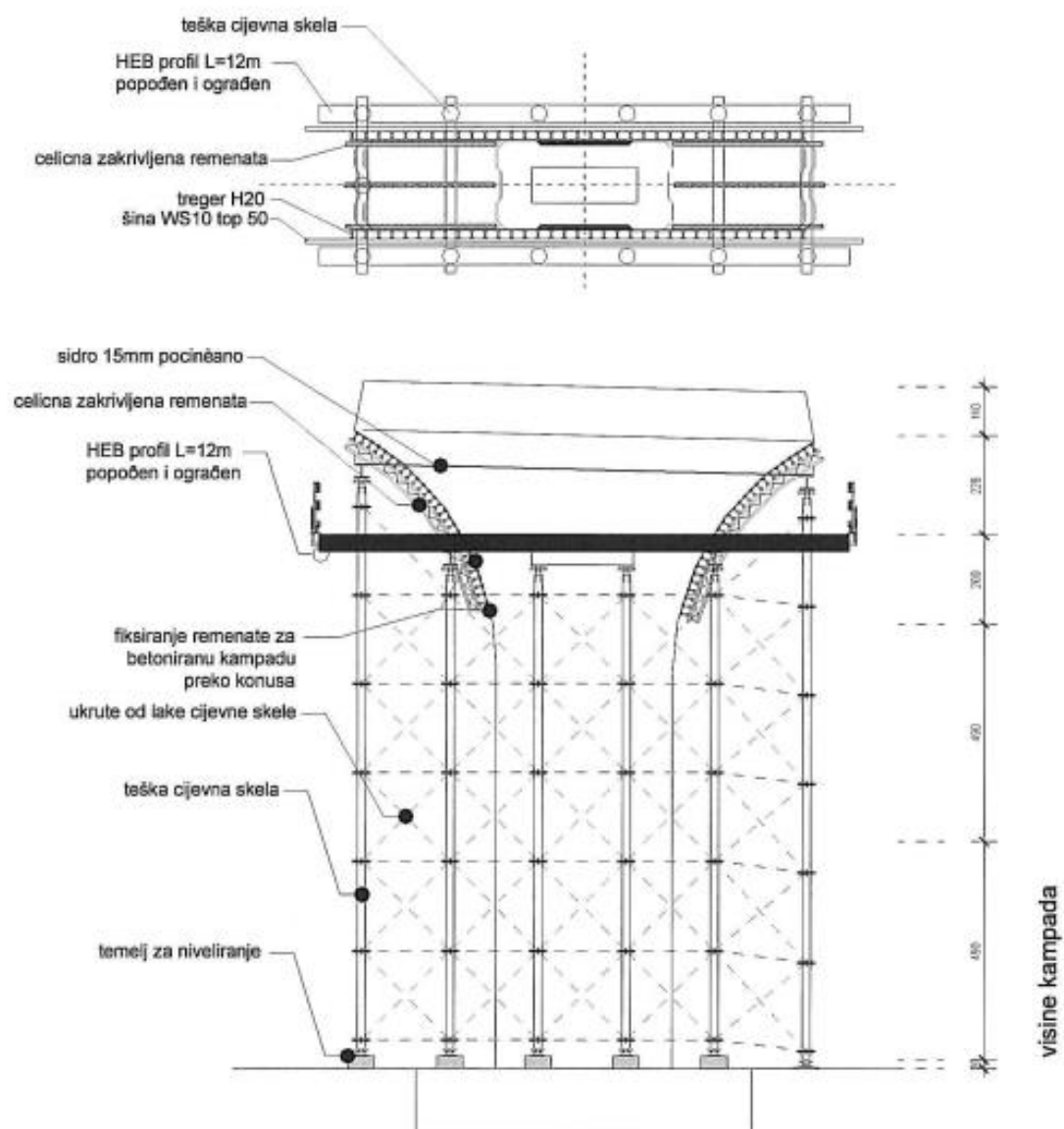
oplate, a nakon uklanjanja konusa, dio ankera koji ostaje u betonu spreže postojeći i novi beton stupa.



Slika 56. Ojačanje nosivog stupa čelične konstrukcije (foto Nadilo, B., 2009.)

Penjajuća oplata mogla se koristiti za dvije kampade stupišta, a na mjestu gdje se stup počinje širiti, te za izradu naglavne grede koristila se teška cijevna skela i posebna čelična konstrukcija sa remenatama. Stupci teške skele međusobno su se ukrutili elementima lake cijevne skele. Skela naglavnice bila je izrađena od čeličnih rasklopivih elemenata, a zakrivljeni oblik dobiven je izradom rešetkaste zakrivljene remenate. Radna platforma dobila se postavljanjem 12 m čeličnog profila koji se popločao i ogradio.

Prva kampada naglavnice visoka je 2 m, a remenata se ukrutila putem sidrenog ankera. Teška cijevna skela u ovoj fazi nije preuzela nikakvu nosivost jer je vertikalna komponenta težine betona bila relativno mala. Idući dan vršilo se pritezanje remenata super-pločama uz lice betona, te se vršila betonaža iduće kampade od 2,28 m. Posljednja kampada visoka je cca 1,1 m. Nakon dovršetka naglavne grede vršila se izrada ležajnih klupčica i ugradnja ležajeva. Zbog skućenog prostora na vrhu naglavnice, potrebno je bilo u betonu ostaviti konuse za pridržanje, te radnu površinu naglavnice proširiti uz pomoć fasadnih konzola tako da se dobije dodatna radna površina dužine 10 m i širine 1 m (Slika 57.).



Slika 57. Slika skele za izradu naglavnica

Izrada i montaža čelične rasponske konstrukcije

Nova rasponska konstrukcija je ortotropna čelična ploča sa otvorenim tipom rebara ojačana čeličnim lukom sa vitkim vlačnim zategama (Nielsenov luk). S obzirom na položaj stupišta S4 i S5 postojeće rasponske konstrukcije, logično je bilo iskoristiti ih kao pomoćna stupišta za montažu nove čelične rasponske konstrukcije. Ovakav raster pomoćnih stupišta dao je tri raspona od 22,65 m za fazu montaže, i time je postupak montaže višestruko olakšan.

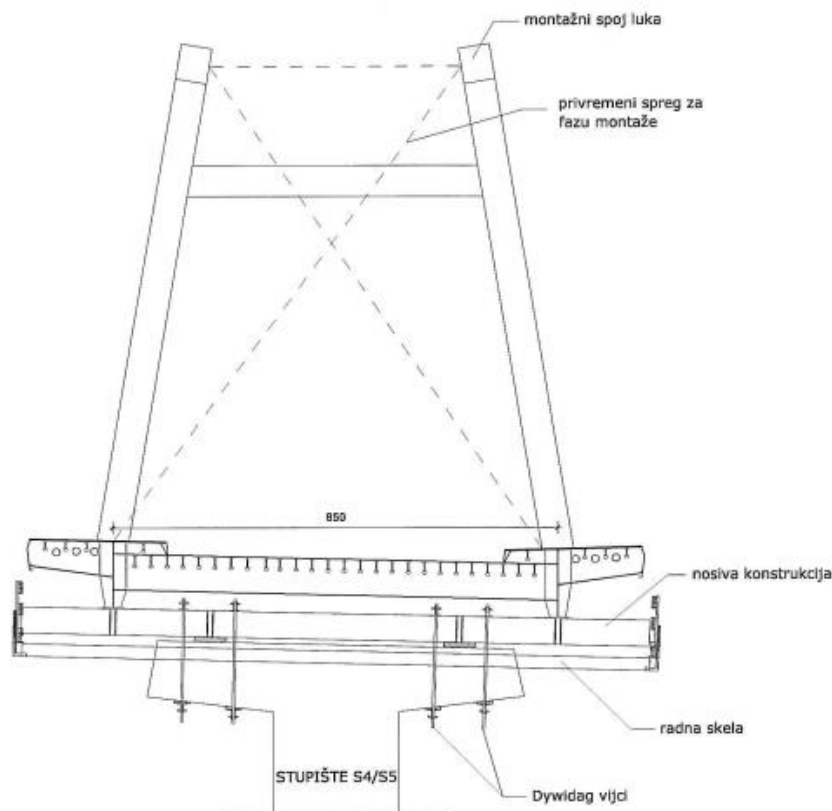
Okvirna analiza težina nosača i kolničke ploče:

- glavni nosač: 180,00 kg/m' (bez gornjeg pojasa)
- poprečni nosači: 800,00 kg/kom
- ploča pješačke staze: 286,84 kg/m'
- rebra pješačke staze: 56,32 kg/m'
- ploča kolničke ploče: 800,70 kg/m'
- rebra kolničke ploče: 653,12 kg/m'
- nosač pješačke staze: 152,5 kg/m'
- maska: 52,6 kg/m'

Montaža raspona vršila se u selekcijama od 1/3 ukupnog raspona (22,65m). Za jednu selekciju od 1/3 ukupna težina konstrukcije bez luka iznosila je $76.000 \text{ kg} \times 1,05 = \text{cca. } 80 \text{ tona}$ sa spojevima. Kada se tome pridoda težina luka sa vješaljkama od cca. 35 tona dobiva se težina konstrukcije za montažu u iznosu od 111 tona.

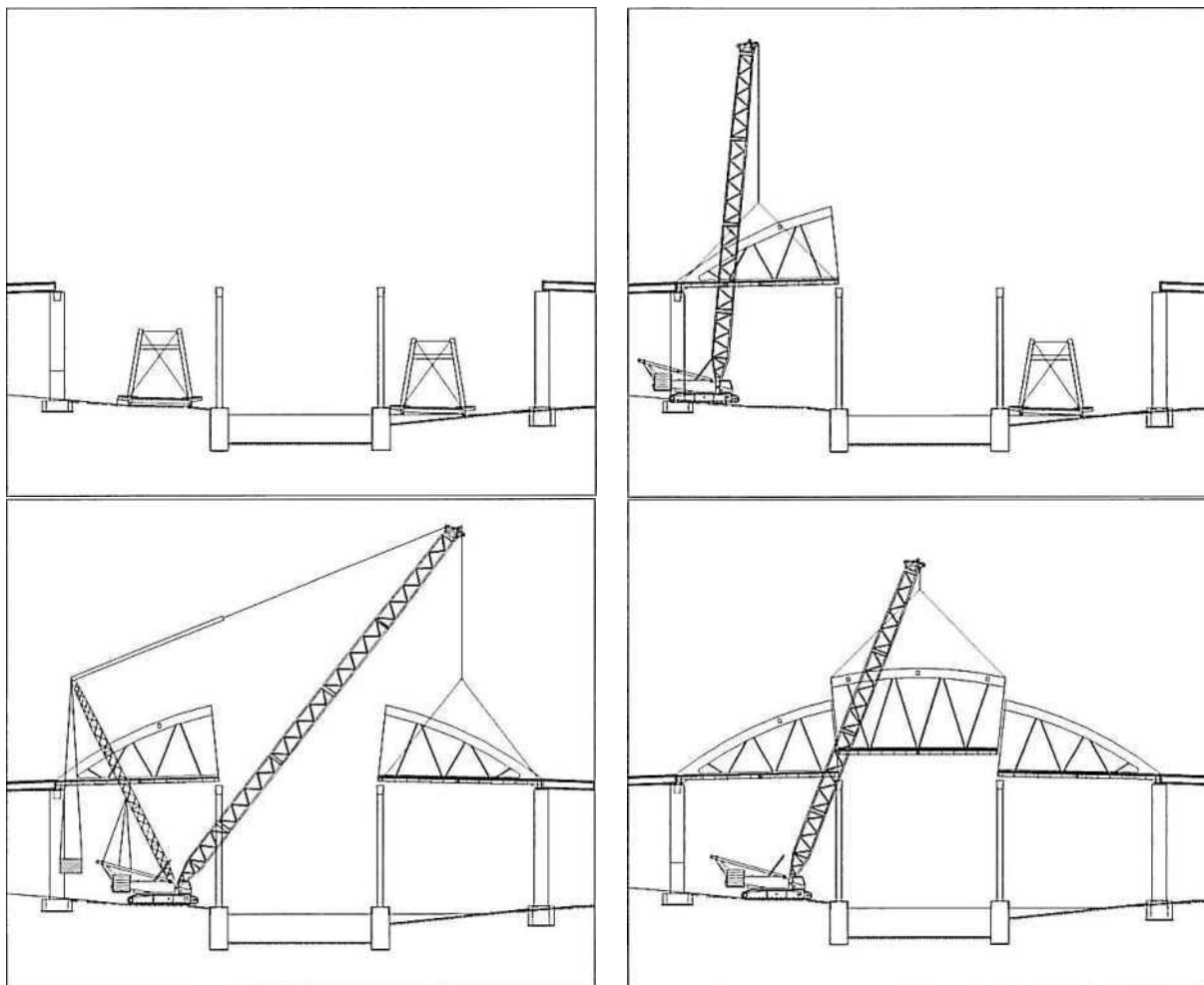
Predmontaža sekcija konstrukcije dužine 22,65m obavljala se uz most na odgovarajuće uređenoj operativnoj obali, a podizanje i montaža sekcija autodizalicom.

Kako su naglavnice S4 i S5 bile širine 690 cm pri vrhu, a razmak glavnih nosača iznosi 850 cm, privremeno oslanjanje rasponske konstrukcije vršilo se preko poprečnog nosača, a za niveliranje konstrukcije bilo je potrebno izbetonirati ili od čelika izraditi privremene oslonce (Slika 58.).



Slika 58. Slika skele za privremeno oslanjanje nove rasponske konstrukcije na S3 i S6

Kompletna rasponska konstrukcija montirala se u tri segmenta, svaki segment zajedno sa pripadajućim segmentom luka. Na jednom kraju prve trećine raspona i na oba kraja srednje trećine postavljen je privremeni spreg koji je preuzimao ulogu pridržavanja luka do kompletiranja luka u cijelosti. Kada je konstrukcija dotakla privremene oslonce, potrebno ju je bilo još držati „živom“ dok se ona geodetski ne dovede u položaj. Svaki segment konstrukcije, nakon montaže, potrebno je bilo osigurati od horizontalnog pomaka. Stoga je na naglavicama stupišta S4 i S5, te S3 i S6 trebalo postaviti privremenu konstrukciju kojom bi se preuzele bočne sile vjetra. Nakon montaže sva tri raspona, vršilo se spajanje glavnih nosača montažnim spojem te monolitiziranje konstrukcije varenjem uzdužnih rebara i kolničke ploče te monolitizacija luka. Nakon spajanja luka uklonili su se privremeni spregovi. Izvedena je adekvatna AK zaštita spojeva, a potom je uslijedilo postavljanje hidrauličkih preša na privremene oslonce te podizanje konstrukcije preko preša. Posebno je trebalo voditi računa o jednolikom pomaku svih preša. Nakon toga izvadili su se privremeni oslonci sa stupišta S4 i S5. Spuštanjem preša konstrukcija se dovela u stanje eksploatacije.



Slika 59. prikaz faza montaže nove rasponske konstrukcije

Privremeni oslonci ispod glavnih nosača, nakon montaže nove rasponske konstrukcije, uklanjali su se tako da bi se dobio dovoljan razmak između naglavne grede i konstrukcije zbog sigurnog uklanjanja stupišta S4 i S5.

Završni radovi

Završni radovi su podrazumijevali kvalitetnu izvedbu hidroizolacije i asfalta, te postavljanje instalacija, prijelaznih naprava i ograde mosta. U sklopu završnih radova izvedena je i zamjena dijelova habajućeg sloja asfalta na staroj konstrukciji.

3.3.3. Faza 3 – Uklanjanje stupišta i obalnih zidova

Treća faza radova obuhvaća uklanjanje stupišta S4 i S5 te betonskih zidova kanala. Rušenje stupova i obalnih zidova izvelo se koordiniranim miniranjem s rotacijom stupova. Projekt rušenja dvaju stupova i betonskih zidova kanala izradio je Zavod za rudarstvo i geotehniku sa Rudarsko - geološko - naftnog fakulteta u Zagrebu (broj elaborata je LZE R0105/06) a prema narudžbi PLOVPUT d.o.o.

3.3.4. Faza 4 – Plovni kanal

Upravni odjel za turizam i pomorstvo Zadarske županije je 2005. godine nakon dugotrajne rasprave utvrdio, a potom Lučka kapetanija i ondašnje Ministarstvo mora, turizma, prometa i razvitka odobrilo, da se prolaz proširi na 56 metara i da mu dubina bude 5 metara.

Idejni i izvedbeni projekt rekonstrukcije plovnog kanala „Mali Ždrelac“, koji je izradila Obala d.o.o. iz Splita, nije obuhvaćao reguliranje buduće plovidbe, već su se time bavili Plovput d.o.o. iz Splita i Lučka kapetanija iz Zadra. Dvosmjerna plovidba je moguća samo za manja plovila te jedan veći i jedan manji brod, jer bi istodobna plovidba većih brodova bila opasna [18].



Slika 60. Plovni kanal Mali Ždrelac nakon rekonstrukcije (foto 057info, 2016.)

Dakle, posljednja, četvrta faza radova obuhvaćala je iskop i proširenje postojećeg plovnog kanala (Slika 61.). Kako je prethodna faza radova obuhvaćala rušenje stupova i obalnih zidova, tako se zajedno sa proširenjem kanala vršio i odvoz srušenog materijala.



Slika 61. Iskop i proširenje postojećeg kanala (foto Građevinar, 2009.)

Uz prethodne geotehničke podatke dobivene ručnim sondama, te otkopom plitkih jama na pašmanskoj i ugljanskoj strani, utvrđeno je da se cijelim područjem prolaza i mosta prostire stijenski masiv. Nadalje, projektant je upotrijebio i hidrografske i geodetske izmjere Hrvatskog hidrografskog instituta iz Splita, zatim podatke naknadnih geotehničkih istraživanja Zavoda za geotehniku Građevinskog fakulteta u Zagrebu te podatke o vjetrovima Državnog hidrometeorološkog zavoda. Na temelju tih podataka određeno je da širina novog plovnog kanala bude 56 m i da se proširi podjednako po 18 m na svaku stranu. Predviđena je i dubina od 5 m kada se računa od hidrografske nule (srednja razina niske vode morskih mijena od koje se računaju morske dubine) ili 4,9 m kada se računa od geodetske nule (srednja prosječna razina mora u razmaku od 20 godina od koje se računa nadmorska visina). Ujedno zbog stijene u kojoj se probija, ali i zbog moguće refleksije brodskih valova, kanal ima betonsku zidnu oblogu. Zidovi su u podmorskom i nadmorskom dijelu izvedeni u pokosima, i to na dužini kanala od 353 m u nagibu 3:1, osim na južnom ulazu, na približnoj duljini od 71 m, gdje je nagib 1:3. Južni prolaz izložen je djelovanju juga, oštra i lebića, pa je zbog refleksije valova izabran pokos koji može prigušiti njihovo djelovanje. Prijelazna je dužina

zahvata gdje jedan nagib prelazi u drugi 30 m. Radi sprječavanja erozije pokrovne zemlje na nadmorskim površinama uz rubove kanala izvedeni su manji zidovi koji su na ugljanskoj strani dugi 105 m, a na pašmanskoj 162 m. Zidovi su široki 50 cm, a visoki 2 m na pašmanskoj strani i 2 do 2,3 m na ugljanskoj (mjereno od geodetske nule) [18].

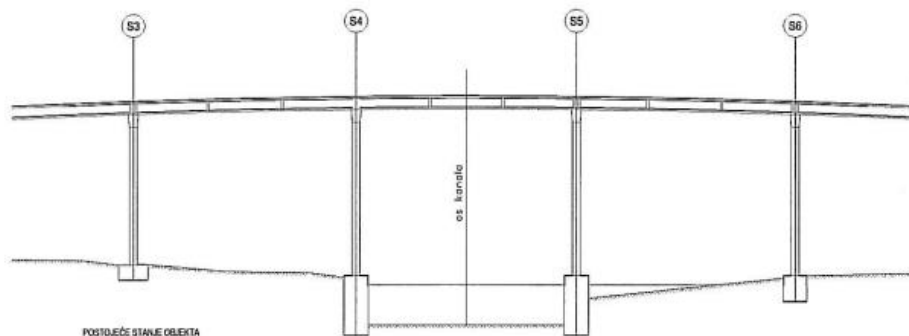
Iskop kanala uz temelje stupišta S3 i S6 nije se smio vršiti miniranjem, već nekim manje razornim metodama kao što je rovokopač sa hidrauličkim čekićem (Slika 62.), obzirom da geološki sastav tvori vapnenačka stijena [19].



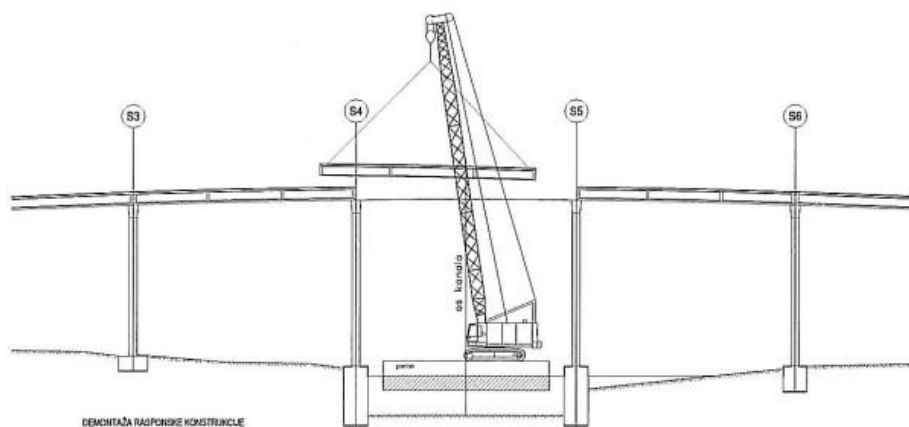
Slika 62. Iskop u plovnom kanalu (foto Zadarski list, 2009.)

Na mjestima okršene stijene povećala se debljina obloge. Obloga i zaštitni zidovi betonirali su se uporabom cijevi za ugradnju (tzv. kontraktor postupak). Na temelje obloge postavila se konstruktivna armatura i sidra za vezu temelja i zida. Obloga se s jedne i druge strane dijelila na 230 do 355 cm duge odsječke (kampade). Najprije se u trostranoj oplati betoniralo neparne kampade s jedne i druge strane, a potom parne u jednostranoj.

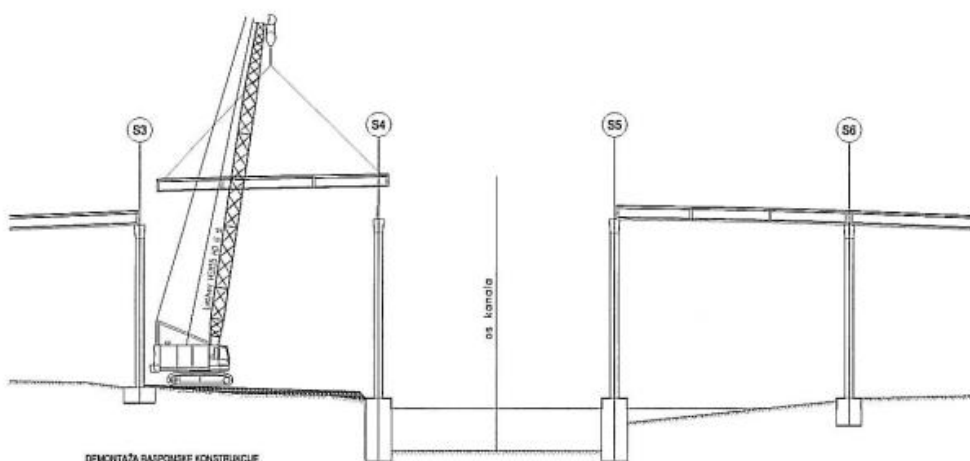
3.4. Shematski prikaz faza gradnje



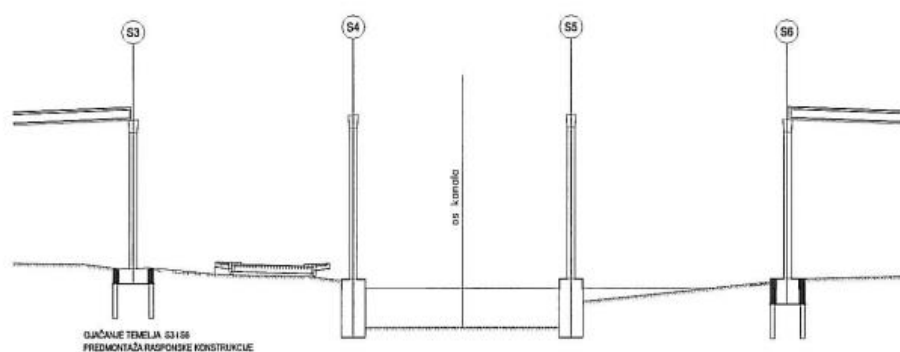
Slika 63. Postojeće stanje objekta 2008.godine



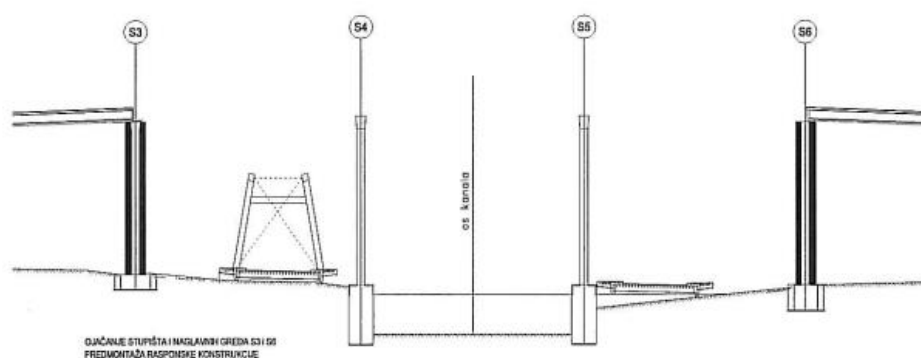
Slika 64. Demontaža rasponske konstrukcije 2009. godine



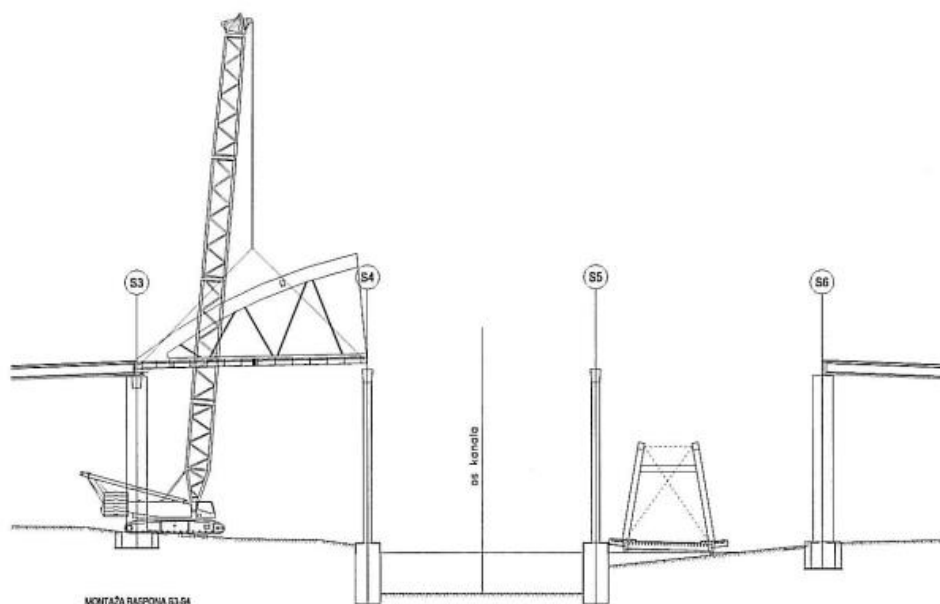
Slika 65. Demontaža rasponske konstrukcije 2009. godine



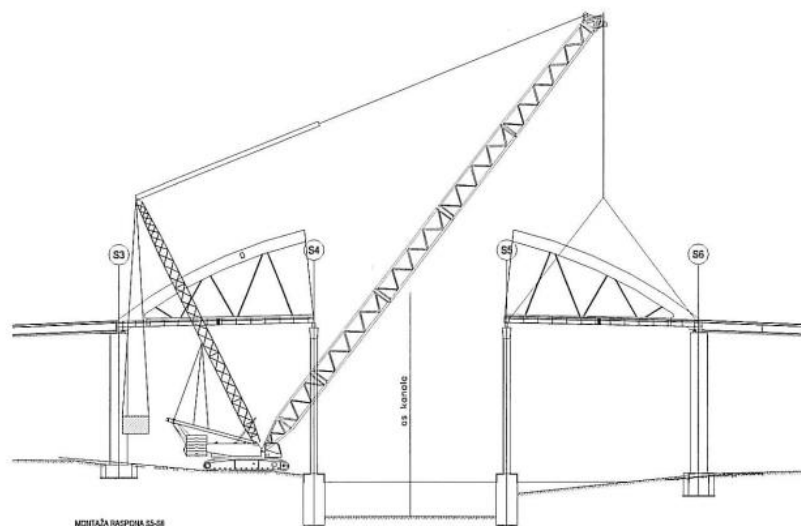
Slika 66. Ojačanje temelja S3 i S6 – Predmontaža rasponske konstrukcije



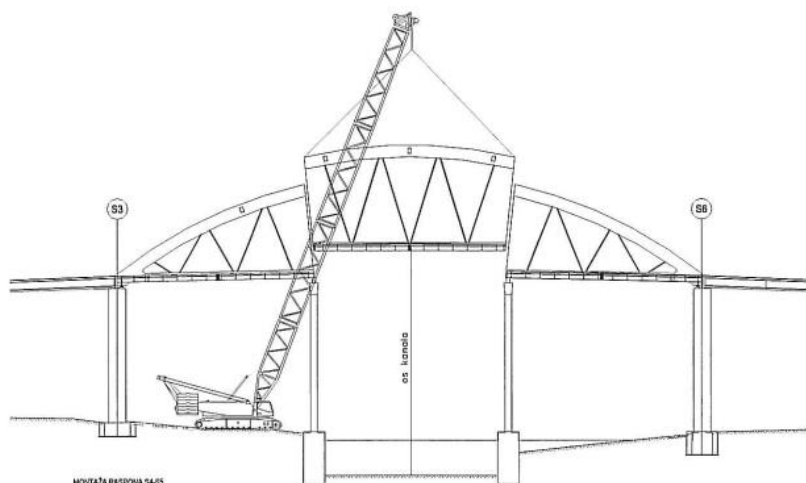
Slika 67. Ojačanje stupišta i naglavnih greda S3 i S6 – Predmont. rasponske konstr.



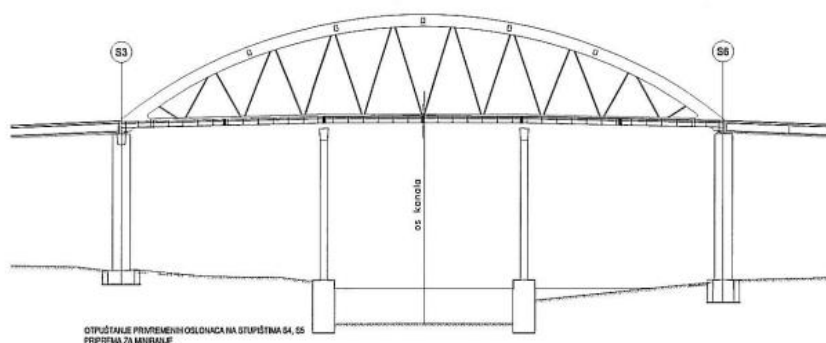
Slika 68. Montaža raspona S3 – S4



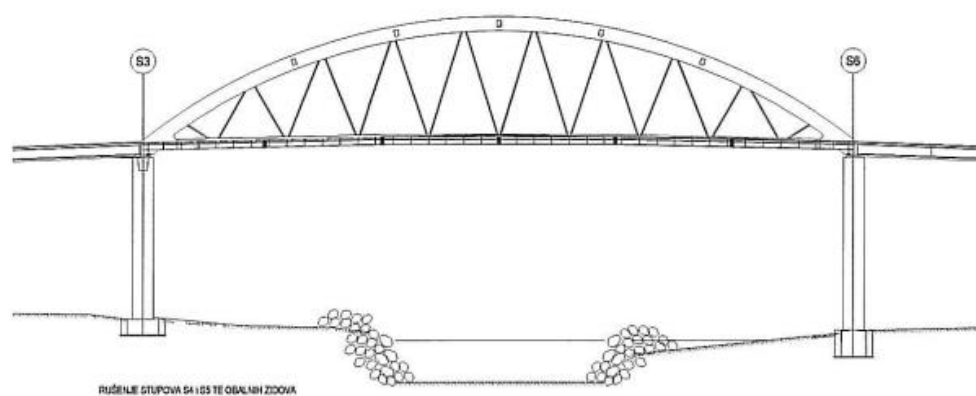
Slika 69. Montaža raspona S5 – S6



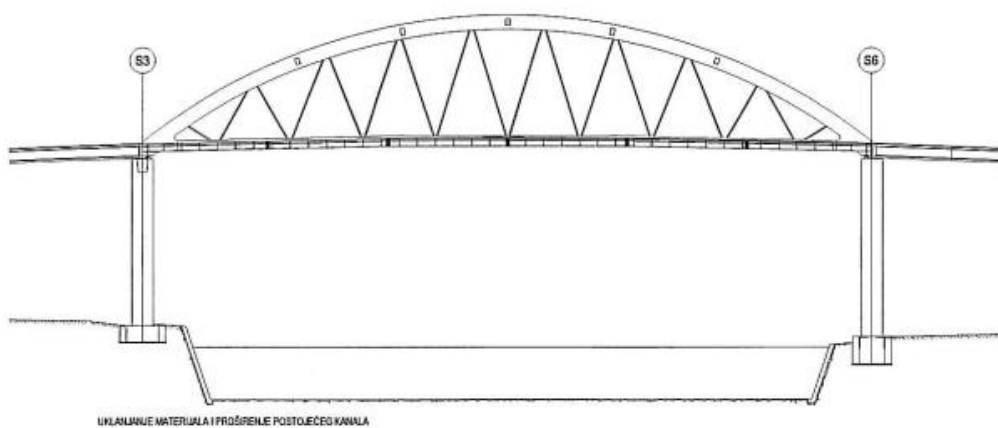
Slika 70. Montaža raspona S4 – S5



Slika 71. Otpuštanje privremenih oslonaca na S4 i S5 - Priprema za miniranje



Slika 72. Rušenje stupova S4 i S5 te obalnih zidova



Slika 73. Uklanjanje materijala i proširenje postojećeg kanala

3.5. Sanacija stare betonske konstrukcije

3.5.1. Zatečeno stanje konstrukcije

U svrhu boljeg uvida u stanje konstruktivnih elemenata, kao i konstrukcije u cjelini, prije same rekonstrukcije 2008. godine PB Konstruktor izvršio je vizualni pregled stanja konstrukcije. Utvrđivanje položaja, količine i stanja glavnih konstruktivnih elemenata vršeno je na više mjesta na konstrukciji. Veličina oštećenja betona kao i položaj veličina armature, te ispitivanje rizika od korozije klasificirani su prema težini oštećenja. Preporuke (Europskog komiteta za beton) CEB daju opis pet kategorija oštećenja. Za ocjenu stanja konstrukcije bitne su III, IV i V kategorija sa sljedećim opisom.

K-III: Mjestimična manja odvajanja zaštitnog sloja armature, pukotine manje od 1 mm, karbonatizacija sloja betona do armature, ljuskanje i mrvljenje betona, te vidljivo preslikavanje armature na dubini do 10 mm.

K-IV: Pukotine veće od 1 mm nastale korozijom armature, vidljiva korozija armature, mjestimično odvajanje zaštitnog sloja armature, te sve ostale degradacije betona do 30 mm dubine.

K-V: Odvajanje zaštitnog sloja, nestajanje armature u obliku otapanja. Ovaj oblik oštećenja spada u tzv. kritični stupanj.

3.5.2. Sanacija gornjeg ustroja građevine

Prijedlog sanacije sastojao se u tome da se ugroženi elementi konstrukcije ojačaju tako da nosivost presjeka nakon sanacije udovoljava tijekom gradnje i budućeg korištenja zahtjevima graničnih stanja nosivosti i graničnih stanja upotrebljivosti. Rješenje sanacije u ovom projektu se odnosilo na rekonstrukciju donjeg i gornjeg ustroja, tj. stupova i upornjaka te kolovozne ploče sa pripadajućom opremom mosta. Radovi sanacije obuhvaćali su:

- uklanjanje postojeće ograde, ab vijenaca i pješačkih staza sa rubnjacima
- uklanjanje asfalta i hidroizolacije
- premještanje vodovodne instalacije
- izrada nove hidroizolacije i kolničke konstrukcije
- izrada nove pješačke staze sa vijencima i granitnim ivičnjacima
- postavljanje nove ograde

- zamjena dilatacijskih sprava

Sanacija kolničke ploče započela je uklanjanjem postojećih slojeva asfalta te rubnjaka, demontažom postojeće ograde i uklanjanjem pješačkih hodnika. Nakon toga se vršilo uklanjanje betona zbog izravnjanja. Potom je izvedeno reprofiliranje oštećenih rubnih dijelova kolničke ploče sanacijskim mortom. Nakon 12 sata slijedilo je pokrivanje geotekstilom i dodatno zalijevanje do starosti od 7 dana.

Postavljena je nova dilatacijska naprava sa zalijevanjem i ugradnjom betona C 30/37 oko same naprave. Odabir naprave je bio takav da omogućava pomake konstrukcije ± 20 mm.

Kada su se završili radovi reprofiliranja i izravnjanje betonske ploče, pristupilo se postavljanju hidroizolacijskih traka. Izolacija se sastojala od premaza sa epoksidnom smolom, kvarcnog pijeska granulacije 0,7 mm. Nakon premaza sa bitumenskom emulzijom postavila se bitumenska traka debljine 5 mm koja se lijepila sa preklapom po vrućem postupku. Važno je bilo poštivati pravila za pripremu podloge (vlažnost betona podloge nije bila veća od 4%).

Nakon dobave i ugradnje PHD cijevi u instalacijske kanale u pješačkim stazama, te ugradnje vodovodne cijevi, pristupilo se ugradnji rubnjaka. Rubnjaci su prethodno očišćeni, pregledani, ohrapavljeni s donje strane i stražnje strane, te su položeni u mort s dodatkom lateksa. Mortovi trebaju osigurati dobro lijepljenje sa mineralnim posipom na izolacijskoj traci radi sprečavanja prodora vode i odizanja rubnjaka pri smrzavanju.

Asfalt se polagao u dva sloja:

- prvi donji sloj je nosivi sloj od asfalt betona AB 11 koji se polaže do filtarske trake. Za izradu ovoga sloja predviđena je asfaltna mješavina tipa AB 11, spravljena s polimerom modificiranim bitumenom, tipa PmB 50-90 s, debljine 3.5 cm u uvaljanom stanju.
- drugi gornji sloj je habajući sloj asfaltbetona od SMA 11 pripremljen iz drobljenog eruptivnog materijala i modificiranog bitumena sa dodatkom polimera.

Nakon ugradnje asfalta postavio se završni sloj na pješačkim stazama koji je predviđen od lijevanog asfalta debljine 2 cm. Nakon toga se ugradila masa za zalijevanje na svim uzdužnim spojevima i to trajnoelastičnom masom za spojnice.

Na vanjskim rubovima lijevog i desnog pješačkog kolnika postavljena je metalna ograda iz čeličnih cijevi sa vertikalnom ispunom. Ograda je podijeljena u samostalne dilatacijske cjeline, s adekvatnim rješenjima na mjestu dilatacija. Stupci ograde su vertikalni u prostoru, a prečke prate tlocrtni i visinski položaj nivelete. Antikorozivna zaštita svih dijelova ograde izvela se toplim pocinčavanjem u debljini sloja $t \geq 120 \mu\text{m}$. Vanjske plohe obojane su u dva sloja završnom bojom. Osobito se pazilo na preciznu izvedbu ograde jer je o njoj izvedbi umnogome ovisio dojam o kvaliteti izvedbe čitave građevine.

3.5.3. Sanacija donjeg ustroja

Sanacija je izvedena u skladu s projektom sanacije i rekonstrukcije. Prilikom izvođenja vodilo se računa o sigurnosti i stabilnosti postojeće konstrukcije za vrijeme izvođenja radova sanacije. Kako se građevina nalazi u agresivnoj sredini, u blizini mora, za sve kategorije oštećenja se primjenjivao migrirajući inhibitor korozije i mort, odnosno sanir beton visoke trajnosti, kao i čišćenje konstrukcije pomoću hidrodinamičke opreme. Postupci i materijali su se razlikovali i bili su primjereni pojedinoj kategoriji oštećenja, i to kako slijedi:

K-III: Sve vidljive pukotine koje su otvorene više od 0,2 mm injektirale su se sporovezujućom injekcijskom epoksidnom smolom. Oljuštene, odvojene i smrvljene dijelove odstranilo se do “zdravog” betona. Nanesen je adhezijski sloj na osnovi lateksa, cementa i vode, te je dobro utrljan u podlogu. Na svježji adhezijski sloj, koji je rađen u dva radna postupka, gletom je nanesen visokokvalitetni mort maksimalnog zrna 1.0 mm. Provedena je adekvatna zaštita i njegovanje.

K-IV: Hidromehaničkom opremom skinut je degradirani sloj betona. Očišćena armatura premazana je s MCI (migrirajućim inhibitorom), a zatim je strojno nanesen visokokvalitetni mort u dva radna postupka (prvi sloj predstavljao je konstrukcijski, a drugi dekoracijski dio). Maksimalno zrno konstrukcijskog dijela je 4,0 mm. Provedena je adekvatna zaštita i njega.

K-V: Nakon što se hidrodinamičkom opremom uklonio degradirani sloj betona i očistila postojeća armatura, izvršeno je dodavanje potrebne armature koja je tretirana sustavom MCI. Ostali dio postupka je identičan kao kod K-IV. Umjesto visokokvalitetnog morta rekonstrukcija se izvela mlaznim betonom s armiranim vlaknima bez uporabe ubrzivača.

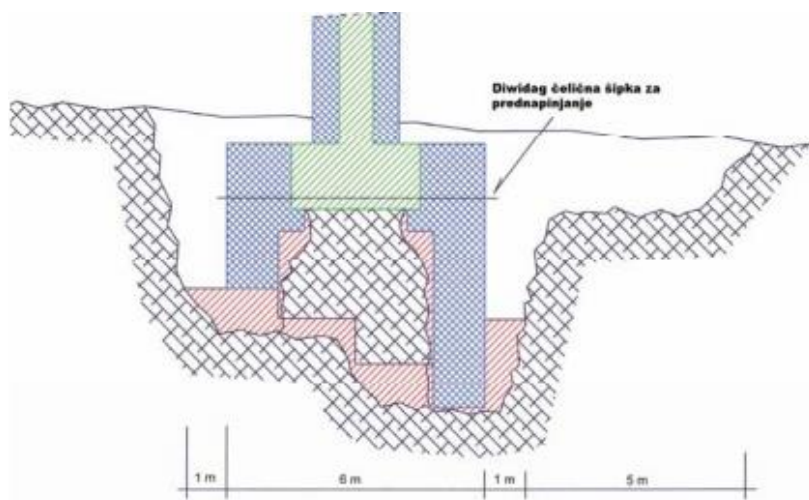
3.5.4. Sanacija portalnih stupova

S obzirom na namjeravani zahvat na objektu srušeni su stupovi S4 i S5, a raspon između stupova S3 i S6 se premostio lučnom konstrukcijom. Tako su postojeći stupovi S3 i S6 postali portalni stupovi. Da bi stupovi mogli primiti nova veća opterećenja neophodno je bilo izvesti ojačanje istih. Sanacija stupova S3 i S6 izvela se na način da su stupovi ojačani slojem armiranog betona sa sve četiri strane. Prijašnje dimenzija stupa su 80 x 240 cm. Stupovi su obloženi dodatnim slojem betona, tako da je konačna dimenzija stupa 200 x 400 cm. Rupe za sidra su promjera 22 mm, dubine minimalno 40 cm. Kontaktna betonska površina između starog i novog je dobro očišćena. Na mjestima gdje su primijećeni tragovi korozije armature korodirana šipka je ili uklonjena ili očišćena od korozije. Čišćenje je izvršeno struganjem i brušenjem žičanom rotacionom četkom. Prašina je ispuhana, naliven je epoksidni mort te je sidro nabijeno do dna rupe. Prije betoniranja sa spojnih ploha odstranjeni su svi olabavljeni dijelovi betona i sve nečistoće. Pripremljena površina betona močena je neprekidno 24 sata, a sa betoniranjem se počelo kad se površina prosušila, odnosno kad su sa površine nestali tragovi slobodne vode (2 do 3 sata nakon prestanka močenja). Kvaliteta betona za izradu ojačanja je C30/37, a čelika za armiranje B500. Ojačanje stupova izvedeno je u cijeloj visini stupa, tako da se i postojeća naglavna greda „utopila“ u novu naglavnu gredu. Širina grede je 200 cm. Na gornjoj plohi su izvedene ležajne klupice. Vidljive plohe izvedene su pažljivo u glatkoj oplati. Naknadna obrada ili oblaganje vidljivih ploha nije dopuštena.



Slika 74. Pogled na gradilište s vrha AB dijela mosta (foto Nadilo, B.,2009.)

Kako je uz sam rub temelja obalnih stupova izvedeno i produbljenje plovnog kanala neophodno je bilo sanirati i ojačati postojeće temelje kako bi mogli preuzeti znatno veća opterećenja od postojećih. Da bi se izbjegla opasnost od mogućeg klizanja temelja te osigurala potrebna globalna stabilnost dubina temelja se spustila na kotu iskopa kanala. Time je i anuliran bočni utjecaj temelja na obložni zid. Proširivanje betonske temeljne stope izvedeno je tako da novi i postojeći dio stope radi kao cjelina za sva opterećenja. Ovo je ostvareno nazubljivanjem postojeće stope za vezu s novim proširivanjem. Time se postiže kvalitetan prijenos sila smicanja. Kako bi se ostvarila što sigurnija veza primijenjen je postupak utezanja Dywidag šipkama kvalitete St 1080/1230 tip 36D i to po 8 komada na svakom temelju. Produbljivanje temelja na predviđenu kotu izvedeno je dio po dio kako se ne bi narušila stabilnost postojeće konstrukcije. Svi betoni su razreda C30/37 (Slika 75.).



Slika 75. Presjek temelja ojačanog stupa na koji se oslanja čelična konstrukcija

3.6. Posebni uvjeti gradnje

3.6.1. Općenito

Posebne uvjete gradnje za izvedbu građevine predložio je investitor “Hrvatska uprava za ceste u svojim “Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama “ knjiga I i VI od 2001 .g., te rješenja detalja prema uputama HIMK-a.

3.6.2. Zemljani radovi

Iskop građevinskih jama za temelje upornjaka i stupova obavljao se strojno u širokom otkopu uz djelomično crpljenje podzemne vode, tako da se ručni iskop sveo na minimum.

Građevinska jama temelja portalnih stupova proširena je obostrano za 100 cm od betonskog oblika temelja u razini donje plohe temelja sa pokosima usjeka 1:1, kako bi se osigurala sigurna gradnja. U toku gradnje izvođač je bio dužan osigurati djelotvornu odvodnju građevne jame. Za svaku građevnu jamu napravljene su četiri kontrolne bušotine u kutovima temeljne stope. Materijal temeljnog tla zamijenjen je boljim materijalom. Pri tome se posebno vodilo računa da diferencijalna slijeganja budu što manja. Dio iskopanog materijala korišten je za zatrpavanje građevnih jama, a višak je odvezen na mjesto stalne deponije. Svaki sloj nasipa razastrt je vodoravno u debljini 20 - 30 cm, te je sabijen odgovarajućim sredstvima na potreban stupanj zbijenosti. Radovi na zatrpavanju nisu se izvodili kad su materijal ili podloga bili smrznuti. Rad na nasipavanju i sabijanju materijala prekidao se u slučaju kiše, visokih podzemnih voda ili drugih okolnosti kad nije bilo moguće udovoljiti zahtjevima kvalitete. Sva potrebna gradiva, te njihovi sastojci, udovoljavali su zahtjevima važećih propisa, normi i pravila struke.

3.6.3. Beton

Za sve konstruktivne elemente korišten je projektirani beton tehničkih svojstava usklađenih prema normi HRN EN 206-1.

3.6.3.1. *Uvjeti okoliša i klasa betona*

Beton konstrukcije, odnosno njegovi vanjski elementi, izloženi su većem broju djelovanja iz okoliša. Navedena djelovanja specificirana su u priloženoj tablici zahtjeva za projektirani beton. Ovisno o razredu izloženosti, poštivane su granične vrijednosti sastava i svojstava betona specificirane u HRN EN 206-1 i TPBK-u, prilog H. Zbog zahtjeva trajnosti konstrukcije u navedenim razredima izloženosti, minimalna predviđena klasa betona je bila C 30/37. Zaštitni slojevi betona do armature iznosili su 5 cm za temelje, odnosno 4 cm za ostale elemente.

Tablica 1. Zahtjevi za projektirani beton

Element konstrukcije		Zahtjevi za projektirani beton						
		Maksimalno nominalno zрно agregata (mm)	Klasa tlačne čvrstoće	Klasa izloženosti	Klasa količine klorida	Vodonepropusnost (prema HRN EN 12390-8 prodor vode srednja vrijednost u cm)	Otpornost na smrzavanje (prema HRN U.M1.016 br. ciklusa smrzavanja i odmrzav.)	Otpornost na smrzavanje i soli (prema pr CEN/TS 12390-9 najveći gubitak mase u kg/m ²)
1.	Temelji stupova	32	C30/37	XC2	Cl 0,40	3,0	-	-
2.	Tijela stupova kapiteli	16	C30/37	XC3, XD1, XF2	Cl 0,40	3,0	-	1,0
3.	Klupice*	16	C40/50	XC3, XF1	Cl 0,40	3,0	100	-
4.	Rubnjaci	16	C40/50	XC4, XD1, XF2	Cl 0,40	3,0	-	1,0
5.	Hodnici	16	C30/37	XC4, XD1, XF2	Cl 0,40	3,0	-	1.0
6.	Vijenci	16	C30/37	XC4, XD1, XF2	Cl 0,40	3,0	-	1.0
7.	Beton za ugradnju prijelaznih naprava**	16	C40/50	XC3, XF1	Cl 0,40	3,0	100	

Minimalan broj uzoraka za prihvaćanje sukladnosti prema HRN EN 206-1.

* - betonu dodan dodatak za prionjivost sa starim betonom, dodatak za ugradivost,

** - betonu dodan odgovarajući dodatak za prionjivost, dodatak za povećanje volumena

3.6.4. **Betonski čelik**

Koristio se betonski čelik RA 400/500-2 za sve elemente. Zaštitni slojevi betona do armature trebali su iznositi:

- 5 cm za temelje
- 4 cm za ostale elemente .

3.6.5. **Čelični radovi**

3.6.5.1. ***Konstruktivski čelik***

Zahtjevi za osnovni materijal - konstrukcijski čelik određeni su DIN normama. Korišten je vruće valjani, ravni, zavarljivi konstrukcijski čelik klase ST 52-3 prema DIN 17100 bez površinskih oštećenja, uslojenosti, pukotina, izobličenja i slično. Projektom predviđena debljina limova je $t \leq 40$ mm. Konstrukcija rasponskih uzdužnih, lučnih i poprečnih nosača je koncipirana tako da se za primarne smjerove prijenosa opterećenja izbjegne plansko vlačno opterećenje okomito na pločaste elemente (laminarno kidanje).

3.6.5.2. ***Materijal za zavarivanje***

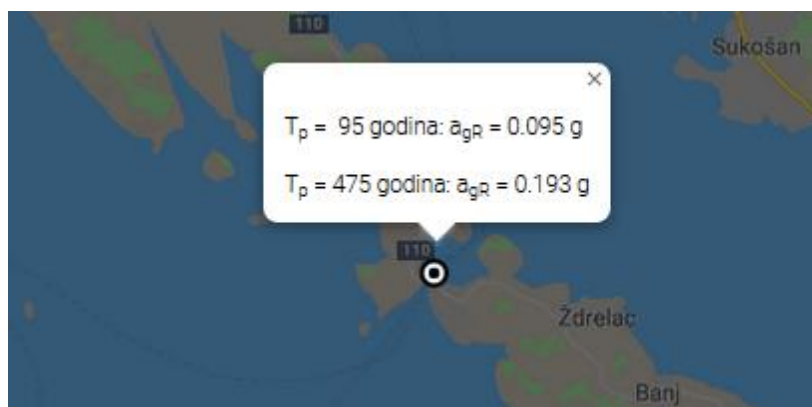
Kvaliteta materijala za zavarivanje odgovarala je kvaliteti osnovnog materijala, kako je određeno u DIN 1913, 8557 i 8559. Sav materijal za zavarivanje morao je biti ispitan prema DIN 1913, 2. dio.

3.6.5.3. ***Vijčani spojevi***

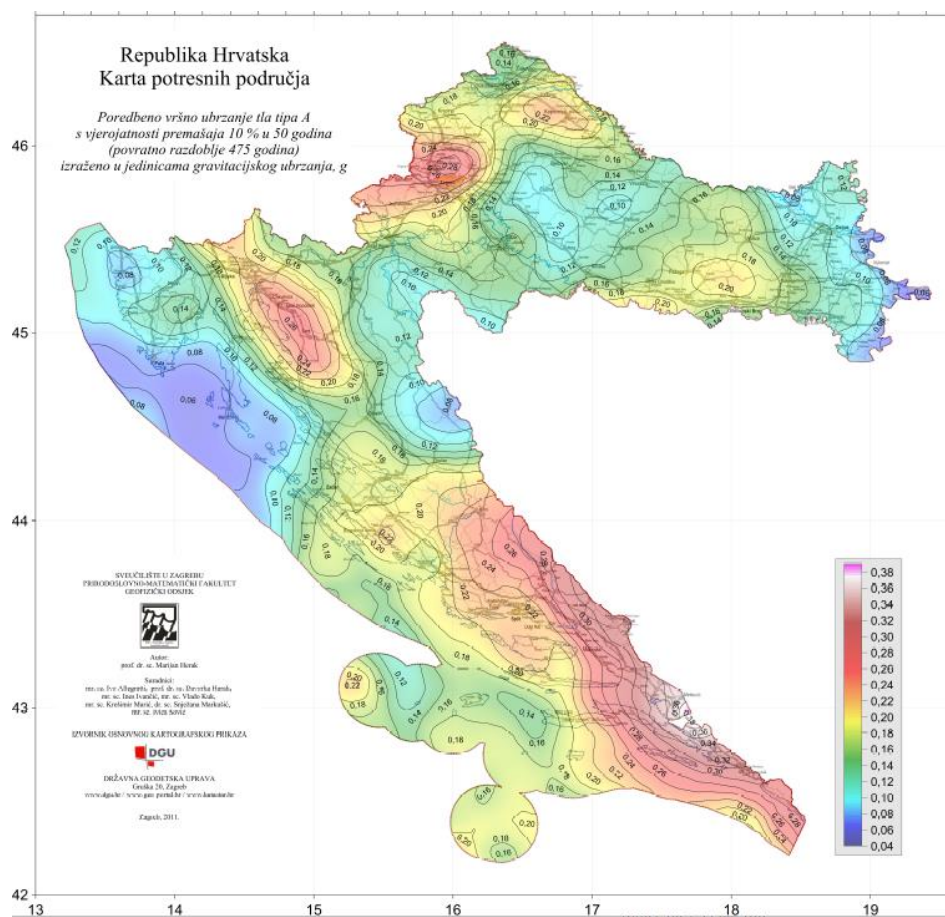
U čeličnim konstrukcijama upotrebljavani su vijci sa propisanim osobinama prema standardu M.B1.023, te usklađeni prema DIN normama.

3.7. Proračun

Geostatičkim proračunom za navedene fizikalno-mehaničke i geotehničke značajke stijenske mase dobiveni su dopušteni kontaktni pritisci (za centrični pritisak) na vapnencima do vrijednosti $q_{dop} = 500,0 \text{ kN/m}^2$. Dopušteno rubno naprezanje tla za osnovno opterećenje može se povećati za 20%. Za iznimno opterećenje (potres, udar vozila i sl.) maksimalno dopušteno rubno naprezanje tla može se povećati za 20% u odnosu na dopušteno rubno naprezanje za osnovno opterećenje. Budući da se predmetna lokacija nalazi u zoni za koju se predviđa maksimalni intenzitet potresa od 7 stupnjeva po Richteru, te je proračun proveden s tim intenzitetom potresa. Ekvivalent tome je ubrzanje tla a_g prema interaktivnoj seizmičkoj karti (slika 76.) od 0,20 g za povratno razdoblje od 475 godina, odnosno 0,10 g za povratno razdoblje od 95 godina .



Slika 76. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1 \text{ g} = 9.81 \text{ m/s}^2$), prema Karti potresnih područja Republike Hrvatske (<http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>)



Slika 77. Karta potresnih područja Republike Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla ag, za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti promašaja 10% u 50 godina, za povratno razdoblje od 475 godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g.



Slika 78. Detalj karte iz slike 73. za morski tjesnac Mali Ždrelac

Prema pravilniku o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima kod određivanja lokalnih uvjeta tla, računato je da se radi o tlu I kategorije (stjenoviti i polustjenoviti tereni).

Sva predviđena rješenja i proračuni bili su sukladni važećim propisima i pravilima struke, uz primjenu suvremenih postignuća u ovom području. Predmetni projekt osigurava dostatno funkcionalan, pouzdan, siguran i trajan objekt. Proračunati su svi mjerodavni elementi objekta, te karakteristični spojevi i ležajevi čelične konstrukcije. Detaljni armaturni planovi i radionički nacrti čelične konstrukcije dani su u izvedbenom projektu. Za svako odstupanje od ovog projekta bila je potrebna suglasnost projektanta i investitora.

Proračun podizanja konstrukcije kod montaže

Proračun je dan za dva različita slučaja montaže: montaža prvog, odnosno posljednjeg polja i montaža srednjeg polja. Kod montaže prvog, odnosno posljednjeg polja podizanje konstrukcije izvršeno je pomoću sajli povezanih sa konstrukcijom na krajevima glavnih nosača. Kod montaže srednjeg polja proračun je dan uzevši u obzir da se kačenje sajli za montažu vrši na krajevima luka, a rasponska konstrukcija ovješa se preko vješaljki.

Materijali:

- Čelik luka - C0361 prema HRN U.E7.145, odnosno ST 37 prema DIN 18800.
- Čelik glavnog nosača- C0561 prema HRN U.E7.145, odnosno ST 52 prema DIN 18800.
- Čelik vješaljki - vješaljke su pretpostavljene kao glatki štapovi od visokovrijednog čelika kvalitete 1080/1230 MPa.

Opterećenje glavnog nosača

Stalno opterećenje nosača:

- donji pojas: $0,02 \times 0,4 \times 78,50 = 0,628 \text{ kN/m'}$
- hrbat: $0,94 \times 0,012 \times 78,5 = 0,885 \text{ kN/m'}$
- ortoploča: $1,0 \times 0,01 \times 78,50 = 0,785 \text{ kN/m'}$
- sveukupno: $2,3 \text{ kN/m'}$

rebra, poprečni nosač, konzola, ukrute - unose se kao reakcija na mjestima spoja poprečnog i glavnog nosača: $R = 36,51 \text{ kN}$

luk: $5,4 \text{ kN/m'}$

Pokretno opterećenje: $1 \text{ kN/m}^2 \times 8,5 \text{ m} = 8,5 \text{ kN/m'}/2 = 4,25 \text{ kN/m'}$ po nosaču

3.8. Troškovi gradnje

Troškovi gradnje procijenjeni su u odnosu na tlocrtnu površinu objekta.

- Tlocrtna površina novog dijela objekta iznosi $P = 802,00 \text{ m}^2$
- Tlocrtna površina rekonstruiranog dijela objekta iznosi $P = 1.141,00 \text{ m}^2$

Procijenjena jedinična cijena objekta po m^2 tlocrtne površine, koja u sebi sadrži sve troškove gradnje, iznosi $6.272,00 \text{ kn/m}^2$ (ukupne površine) [19].

Rekonstrukcija mosta iznosila je 17,2 milijuna kuna, dok je proširenje i produbljivanje morskog prolaza koštalo 17,5 milijuna kuna, bez PDV –a. [18].

3.9. Projektirani vijek uporabe i održavanje mosta

Prema HRN ENV 1991-1 projektirani vijek građevine je 100 godina. Građevina se treba održavati u stanju projektom predviđene sigurnosti i funkcionalnosti, a sukladno odredbama odgovarajućih zakona, normativa i pravila struke. Prije puštanja građevine u uporabu, mora se izvršiti detaljan vizualni pregled građevine i nulto mjerenje stanja elemenata prema kojem će se tijekom uporabe kontrolirati deformacije. Kontrolni pregledi ne smiju biti dulji od 2 godine. Pri svakom pregledu posebnu pozornost posvetiti snimanju možebitnih pukotina i zona drobljenja betona, te svih drugih oštećenja i deformacija bitnih za sigurnost konstrukcije. Ako se vizualnim pregledom stanja konstrukcije uoče promjene i defekti koji mogu umanjiti ili ugroziti sigurnost objekta u uporabi, treba odmah izmjeriti deformacije glavnih elemenata pod stalnim opterećenjem. Na osnovu povećanja deformacija u odnosu na početno stanje, treba utvrditi eventualno smanjenje sigurnosti i propisati daljnje mjere za održavanje projektirane i propisane sigurnosti. Tekućim (kontrolnim) pregledima potrebno je, između ostalog, kontrolirati:

- Stanje pukotina, progiba / deformacija (slijeganja) i eventualna oštećenja rasponske konstrukcije i upornjaka (sa svim dijelovima)
- Stanje zaštitnog sloja armature na vidljivim ploham armiranobetonskih elemenata
- Stanje zastora kolnika i stupanj ugroženosti hidroizolacije kolničke ploče
- Stanje ograde
- Funkcioniranje drenaže iza upornjaka
- Stanje svih instalacija
- Stanje svih čeličnih elemenata objekta
- Deformabilnost (slijeganje) kolnika ceste na nasipu ispred prijelaza na rasponsku konstrukciju i sl.

Sve uočene nedostatke i oštećenja potrebno je što hitnije otkloniti, kako bi se postiglo projektirano stanje, odnosno povećala sigurnost, trajnost i funkcionalnost građevine. Da bi se što više smanjili troškovi održavanja građevine i povećala njena uporabna vrijednost, odabrana su takva rješenja, materijali i oprema koji imaju dostatnu kvalitetu i trajnost.

4. MOST ŽDRELAC DANAS



Slika 79. Pogled iz zraka na most Ždrelac danas (foto Kačan, B., 2010.)

4.1. Vizualni pregled mosta, srpanj 2019.

Deset godina nakon rekonstrukcije mosta Ždrelac izvedene 2009. godine, u srpnju 2019. godine proveden je vizualni pregled mosta u svrhu pisanja ovog diplomskog rada, a rezultati istog prikazat će se u nastavku rada.

U Republici Hrvatskoj, radovi izvanrednog održavanja mostova na mreži državnih cesta planiraju se i provode temeljem Standarda održavanja javnih cesta te temeljem ocjena stanja i prijedloga nadležnih inženjera Hrvatskih cesta. Na svim građevinama tijekom vijeka uporabe nastaju oštećenja, pa ih je potrebno popravljati, odnosno održavati. Radi planiranja održavanja uz najmanje troškove za korisnika i upravitelja građevine, osmišljavaju se sustavi gospodarenja građevinama. Za planiranje je potrebno poznavati stanje građevine, odnosno razinu do koje je oštećena, potom predvidjeti tijek daljnjeg dotrajanja i dati prijedloge za održavanje. Većina odluka vezanih uz održavanje mostova donosi se temeljem procjena zasnovanih na vizualnim pregledima koje obavljaju za to osposobljeni inženjeri pomoću postupaka i pomagala definiranih sustavom gospodarenja. Kako bi se osigurala ujednačenost i objektivnost, pregledi se provode standardiziranim postupkom, koji se u poduzeću Hrvatske

ceste razvija od 1995. godine pod nazivom HRMOS, na temelju sustava Danske direkcije za ceste [23] [24].

Prema članku 9. Pravilnika o održavanju građevina, redoviti i izvanredni pregledi uključuju osobito:

1. utvrđivanje je li građevina odnosno jesu li njezini dijelovi u ispravnom stanju (deformacije, položaj i veličine napuklina i pukotina te druga oštećenja vezana za očuvanje tehničkih svojstava građevine),
2. utvrđivanje stanja zaštitnih slojeva odnosno sustava zaštite građevine, ako postoje,
3. utvrđivanje veličine geometrijskih odstupanja od projektiranog stanja, ako se na temelju vizualnog pregleda sumnja u geometrijska odstupanja koja su veća od dopuštenih odnosno izvan granica tolerancije,
4. utvrđivanje ispunjava li građevina u cjelini odnosno njezin dio zahtjeve određene projektom građevine,
5. utvrđivanje usklađenosti uređaja i opreme sa projektom građevine,
6. utvrđivanje osigurava li građevina nesmetan pristup i kretanje osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti, ako je primjenjivo.

Utvrdjivanje činjenica iz stavka 1. ovoga članka provodi se opažanjima, mjerenjima, ispitivanjima, uvidom u dokumentaciju građevine (nacrti, troškovnici, građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici i sl.), uređaja, opreme, instalacija te na drugi prikladan način [25].

Postupci za ocjenu stanja mostova i pojedinim državama dosta se razlikuju. Prema HRMOS – u (hrvatskom sustavu gospodarenja mostovima i nadvožnjacima) konstrukcija se dijeli na pojedine elemente sa ciljem što objektivnije ocjene stanja objekta.

Elementi mosta za ocjenu stanja prema HRMOS-u su: površina nadvožnjaka, prijelazna naprava, hodnik/razdjelni pojas, odbojna ograda/obična ograda, nasipi, krilni zidovi, upornjaci, stupovi, ležajevi, ploča, nosači/grede, korito/ kanal, drugi elementi.

Konstrukcije raspona manjeg od 5 metara nisu se tretirale kao mostovi pa nisu bile obuhvaćene ovim. HRMOS je 2001. godine implementiran u sustav „Baza cestovnih podataka Hrvatskih cesta“ (BCP). Podaci o mostovima iz sustava HRMOS preneseni su u sustav BCP u

kojem su sada evidentirani i manji mostovi - cestovni propusti raspona od 2 do 5 metara. Svaka građevina je u sustavu BCP-a linijskim modelom označavanja cesta jednoznačno pridružena svojim inventarskim (registracijskim) brojem. Most se opisuje nizom administrativnih, konstruktivnih, geometrijskih i tehničkih podataka [10].

Za utvrđivanje lokacije oštećenja pojedinog elementa konstrukcije, koristi se shematski prikaz, pri čemu se svaki element građevine prikazuje s razvijenim vidljivim ploham. Podloge za preglede izrađuju se na osnovu Projektne dokumentacije iz arhive, a sve u skladu s „Priručnikom za provedbu pregleda“.

Sistematični i jednoznačni pregledi važni su zbog mogućnosti davanja smislene ocjene stanja elemenata građevina na jednostavan i učinkovit način. Osim dragocjenih podataka koji su kao mjerljive veličine dobivene „in situ“, bitan čimbenik kvalitetne ocjene je uniformnost. Pored objektivnih ispitivanja i mjerenja, vizualna ocjena stanja predstavlja važan podatak. Kategorizacija i opis vrste oštećenja na konstrukciji uz definiranje stupnja štete, od primarne su važnosti za određivanje stanja građevine, stoga su prema „Katalogu oštećenja elemenata mostova“ evidentirana oštećenja mosta Ždrelac. Prema elementu mosta na kojem se nalazi navodi se vrsta oštećenja, mogući uzrok nastanka, način procjene opsega i stupnja oštećenja te predvidiva napredovanja oštećenja [14].

Stupanj i rasprostranjenost oštećenja potrebno je promatrati i ocijeniti duž cijele uzdužne dispozicije mosta i to prateći pojedine kritične presjeke mosta. Raspored kritičnih presjeka valja prilagoditi uzdužnom rasporedu mostova, te je potrebno svako oštećenje zabilježiti s pripadnom ocjenom prateći sustav ocjenjivanja prikazan u Tablici 2.

U sklopu tzv. tekućih provjera, koje se obavljaju dvaput godišnje, pregledavaju se dostupna mjesta. Tom se prigodom u popis nalaza bilježe sva oštećenja udarcima, izobličeni dijelovi, pukotine, vlažna mjesta itd. Neka od mogućih oštećenja koja je potrebno zabilježiti na podlogama mosta su:

- Beton: onečišćenja, trošnost, gnijezda, vlaženja, tragovi vode, rascvjetavanja, mrlje hrđe, pukotine, mehanička oštećenja, oštećenja požarom, zaštitni slojevi, gustoća, karbonacija, prodor klorida, odstupanja čvrstoće, rupe

- Betonski čelik: položaj i promjer, pukotine pod djelovanjem opterećenja, pukotine zbog spriječenih pomaka, uzdužne pukotine, površinske pukotine, stanje i stupanj zarđalosti
- Natege: uzdužne pukotine, stanje zarđalosti, naprezanja i napukline u nategama, promjene razvlačenja
- Sidra i spojke: stanje i promjene razvlačenja
- Ležajevi: stanje i služnost, nepravilan položaj, oštećenja
- Pukotine: vrste (od hrđanja, od skupljanja, od slijeganja, raspukline), tijek, širina i dubina pukotina u odnosu na posljednja mjerenja, stanje pukotina (vlažnost, onečišćenja)
- Prijelazne naprave: stanje, služnost, vodonepropusnost, pukotine
- Brtvljenje (hidroizolacija): stanje i vodonepropusnost
- Odvodnja: služnost (funkcioniranje)
- Ostala oprema: oštećenja kolničkog zastora, ograda, rasvjetni stupovi i rasvjeta
- Površina okolnoga tla: slijeganja, raspukline, klizišta

Dostupnost nužnih podataka omogućuje urednu provedbu i pouzdan proračun troškova ispitivanja.

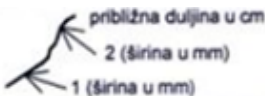
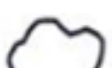
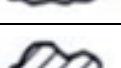
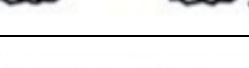
Vizualni pregled mosta po konstruktivnim elementima proveden je s približnom kategorizacijom prema Tablici 2.

Tablica 2. Sustav ocjenjivanja oštećenja na temelju vizualnog pregleda

OCJENA	OPIS OŠTEĆENJA POTREBNE MJERE POPRAVKA
I	Nikakva ili vrlo mala oštećenja, normalno starosno trošenje i habanje, estetska oštećenja. Nema smanjenja nosivosti, uporabljivosti i predviđenog vijeka trajanja. Nisu potrebne mjere popravka.
II	Manja oštećenja, nedostaci u izgradnji i bez znakova daljnjeg pogoršanja. Nema smanjenja nosivosti i uporabljivosti. Ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere, predviđeni vijek trajanja će se smanjiti. Mjere popravaka potrebne su tijekom sljedećeg postupka održavanja.
III	Umjerena do ozbiljnija oštećenja bez smanjenja nosivosti i uporabljivosti. Znakovi pogoršanja u pogledu nosivosti i uporabljivosti. Srednjoročna akcija održavanja i popravaka potrebna je kako bi se održala uporabljivost i predviđeni vijek trajanja mosta.
IV	Teška oštećenja, bez smanjenja nosivosti. Već se može opaziti pogoršanje uporabljivosti i ugroženost predviđenog vijeka trajanja. Mjere održavanja trebaju se započeti što je prije moguće kako bi se zaštitila uporabljivost i predviđeni vijek trajanja. Takve mjere mogu se zamijeniti dodatnim posebnim detaljnijim ispitivanjima unutar definiranog vremenskog okvira.
V	Iznimna oštećenja utječu na nosivost konstrukcije. Mjere za popravak i održavanje moraju se izvršiti odmah.

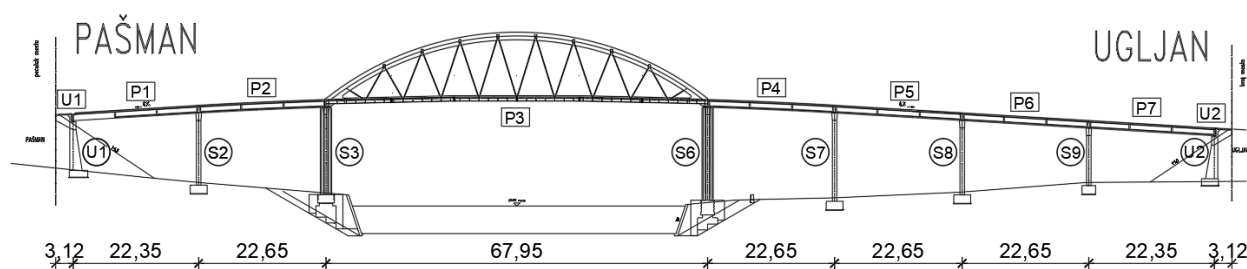
U tablici 3 prikazan je način označavanja konstruktivnih elemenata mosta Ždrelac, a napravljen je u skladu s „Priručnikom za provedbu pregleda“ u Sustavu gospodarenja građevinama, građevina: Most, u izdanju Hrvatskih autocesta, 2008. g. Shematski prikaz objekta prikazan je na slici 80.

Tablica 3. Način označavanja uočenih oštećenja pri vizualnom pregledu na podlogama

Kolnik i pločnik	udubljenja - kolotrazi		
	pukotine	otvorene	
		popravljene (krpane)	
	odlamanje na rubnjaku, vijencu i sl.		
	ograda (čelični element)	lokalna korozija (točkasta)	
		intenzivna korozija (progrizanje)	
	slivnik	dobar	
		oštećen	
		van funkcije (zapunjen)	
Betonski elementi	pukotine		
	odlamanje betona, segregacija, neuredna izvedba i druge površinske nepravilnosti		
	vlažne mrlje, kristalizacija i sl.		
	tragovi korozije (mrlje)		
	vlažne mrlje s tragovima kristalizacije ili mrljama od korozije		
	vidljiva (nezaštićena) armatura		
	pukotine ili odlamanje betona (oštećenje zaštitnog sloja) s vidljivom korozijom armature		
	radna reška neuredno izvedena		

Tablica 4. Oznake i nazivi konstruktivnih elemenata

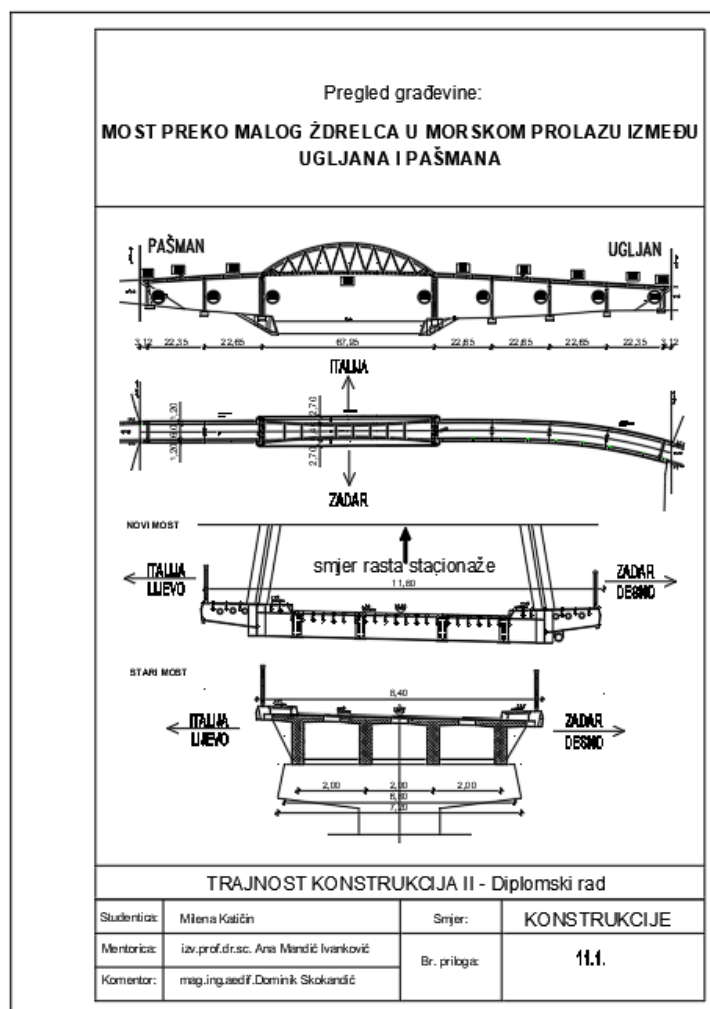
Oznaka	Konstruktivni element
Generalne napomene: lijevo, desno	gledano uzduž mosta tako da je smjer rasta stacionaže ceste s lijeva na desno (osim kod upornjaka, gdje se gleda prema čelu upornjaka) Smjer rasta stacionaže na cesti je od Pašmana prema Ugljanu
prednja strana stupišta stražnja strana stupišta	strana prema upornjaku U1 strana prema upornjaku U2
N1, N2, N3, N4	najniži broj označava prvi nosač s lijeve strane gledano u poprečnom presjeku mosta tako da je smjer rasta stacionaže ceste s lijeva na desno (od Pašmana prema Ugljanu); u svakom rasponu se nosači označavaju od N1 do N4
PN1, PN2..., PN41	najniži broj označava prvi nosač s lijeve strane gledano uzduž mosta; u svakom rasponu se nosači označavaju od PN1 do PN4, osim u srednjem gdje su označeni od PN1 do PN41
S2, S3, S6, ..., S9	stupište gledano uzduž mosta tako da je smjer rasta stacionaže ceste s lijeva na desno (od Pašmana prema Ugljanu)
P1, P2,..., P7	polje raspona gledano uzduž mosta tako da je smjer rasta stacionaže ceste s lijeva na desno (od Pašmana prema Ugljanu)
U1 U2	lijevi (istočni) upornjak gledajući s kanala u smjeru Italije desni (zapadni) upornjak gledajući s kanala u smjeru Italije

**Slika 80. Shematski prikaz objekta**

Stupovi S4 i S5 uklonjeni su tijekom rekonstrukcije, pa su zbog lakše usporedbe stanja mosta prije i nakon sanacije ostale stare oznake elemenata mosta, odnosno ne spominju se S4 i S5.

4.2. Eksperimentalna terenska ispitivanja uz fotodokumentaciju, 2019.

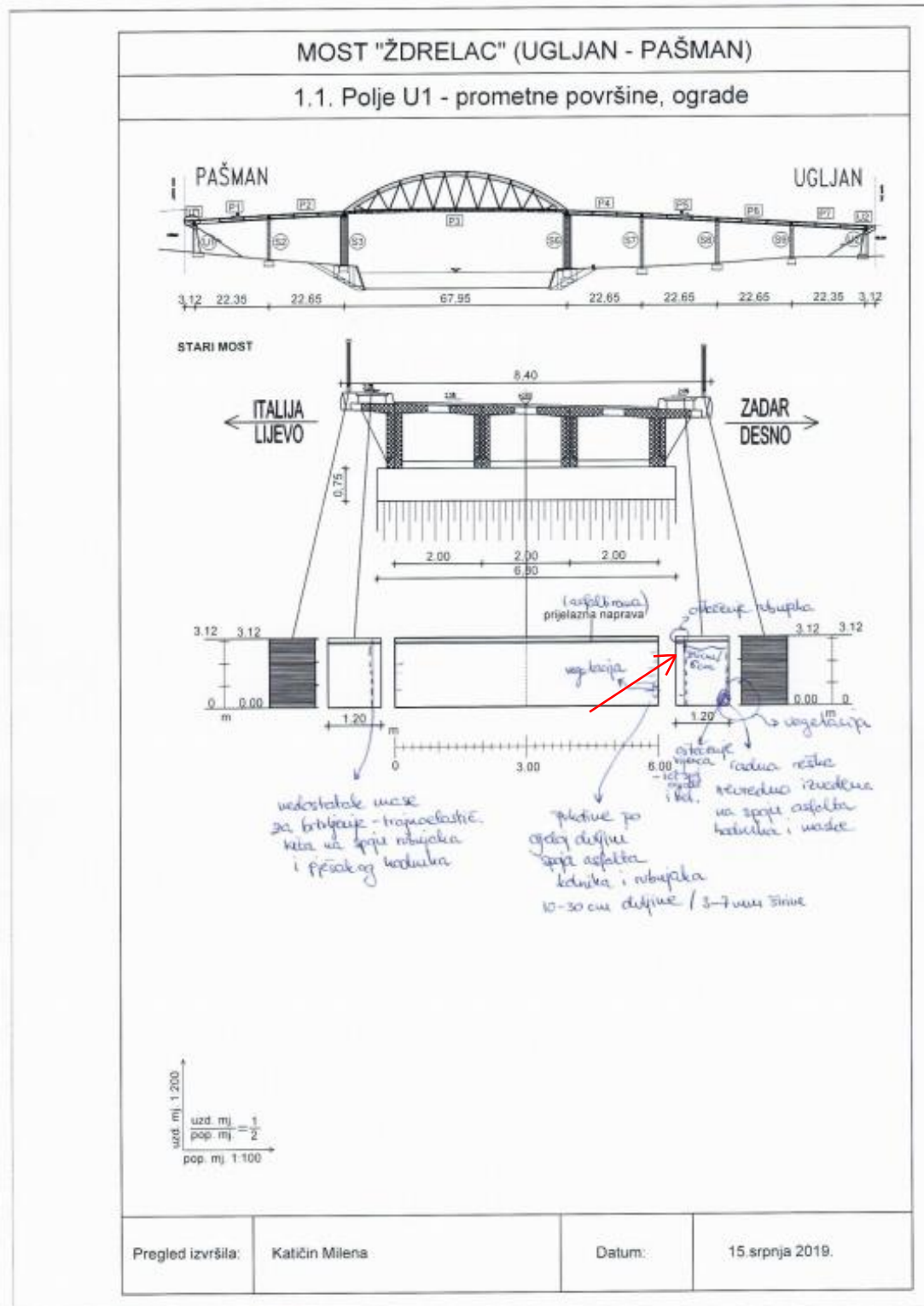
Detaljan vizualni pregled i nerazorna ispitivanja provedena su u srpnju, 2019. sa snimanjem, evidencijom i foto-dokumentacijom oštećenja, izmjerom konstrukcije i njenih elemenata uz korištenje opreme: fotoaparat, čekić za ispitivanje šupljina, vaservaga, teodolit, te građevinski metar kako bi se omogućio uvid u pojedine dimenzije oštećenja. U nastavku je opisano stanje objekta i na fotografijama su prikazana uočena oštećenja, opisana u skladu s „Katalogom oštećenja elemenata mostova“. U podloge za pregled, prema legendi oštećenja, rukom je direktno ucrtano svako uočeno oštećenje na odgovarajuće mjesto na podlozi. Površina koju zauzima svako oštećenje prilagođeno je mjerilu, označeno prema legendi te potkrijepljeno fotografijom i kratkim opisom. Razvijene podloge s kartiranim oštećenjima nalaze se u prilogu ovog rada (11.1.).

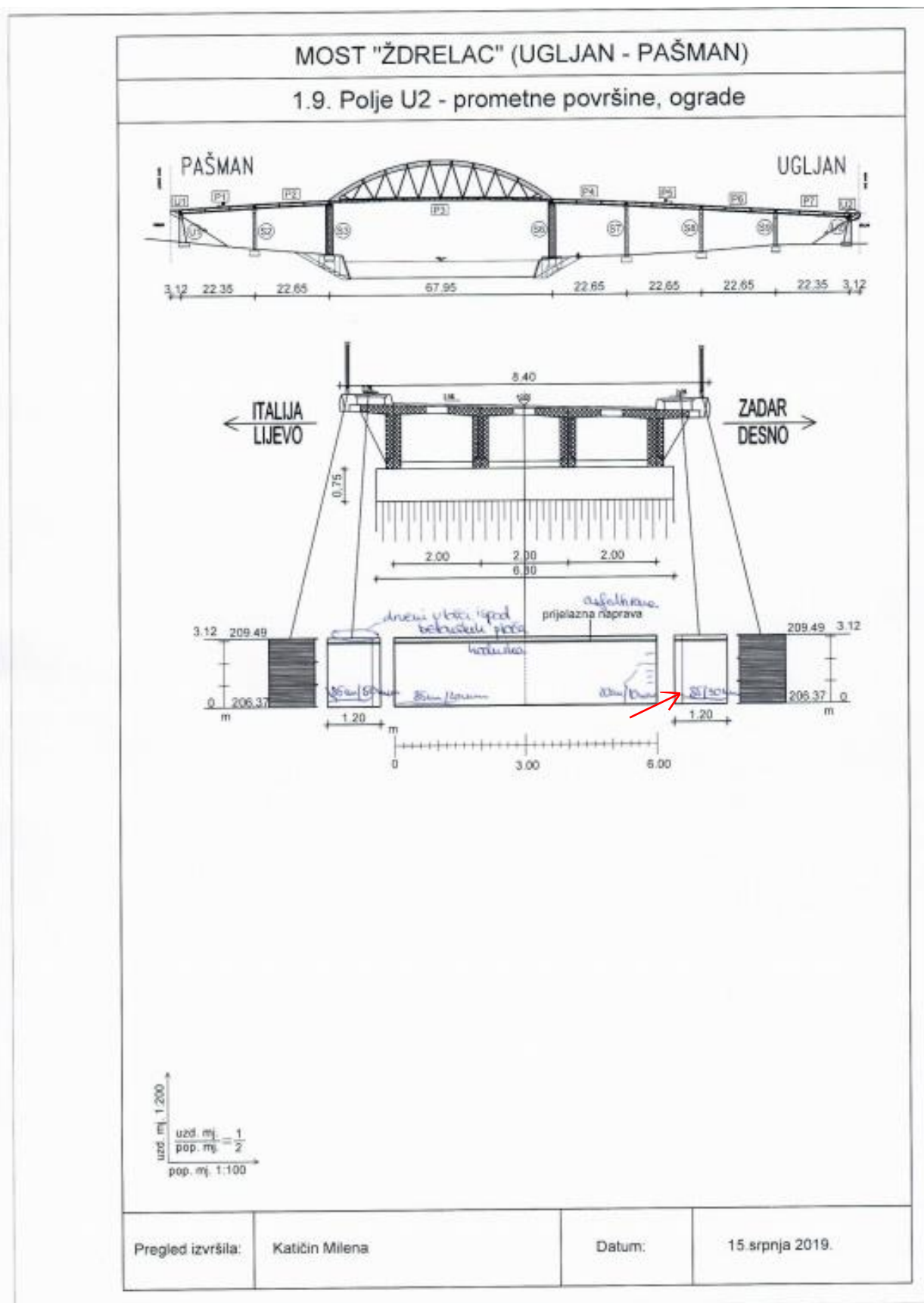


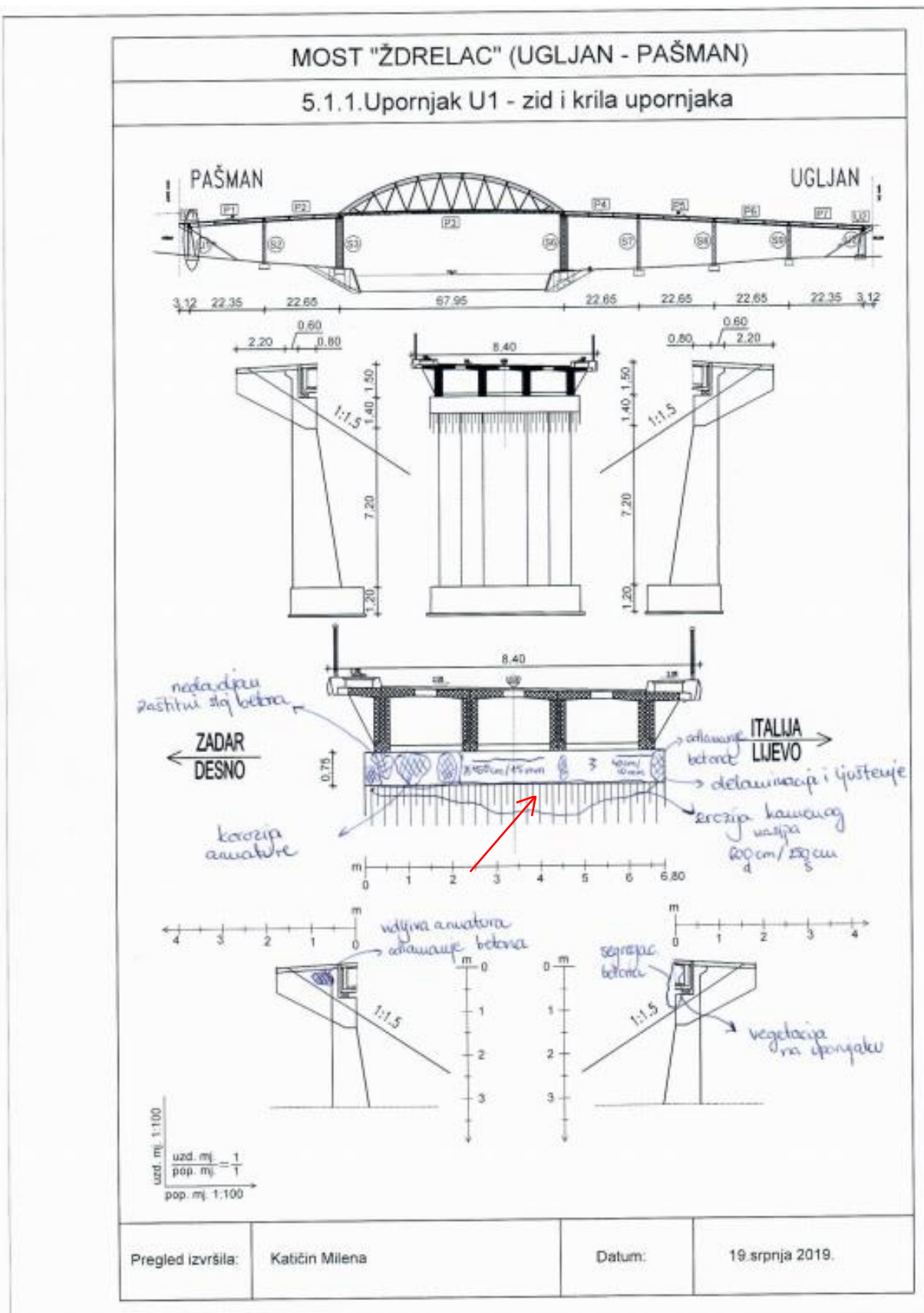
Slika 81. Naslovnica podloga za pregled građevine

4.2.1. Prilazi i čunjevi

U nastavku rada su najprije prikazane podloge sa ucrtanim oštećenjima navedenih konstruktivnih elemenata, nakon čega slijedi fotodokumentacija i opis stanja elementa.

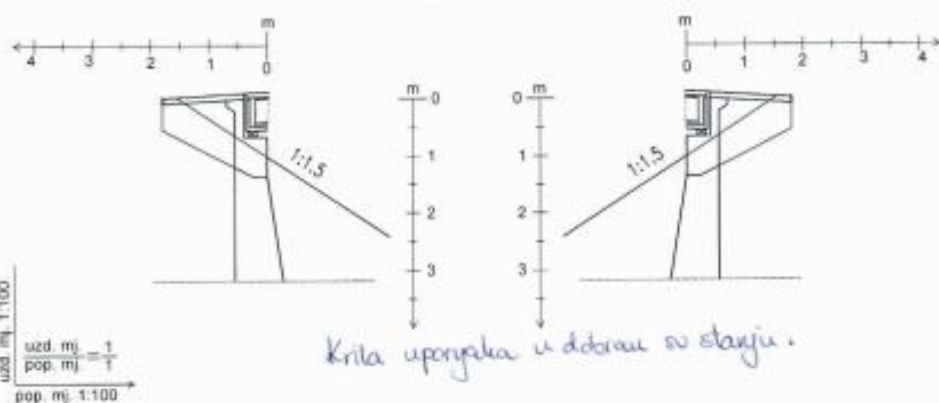
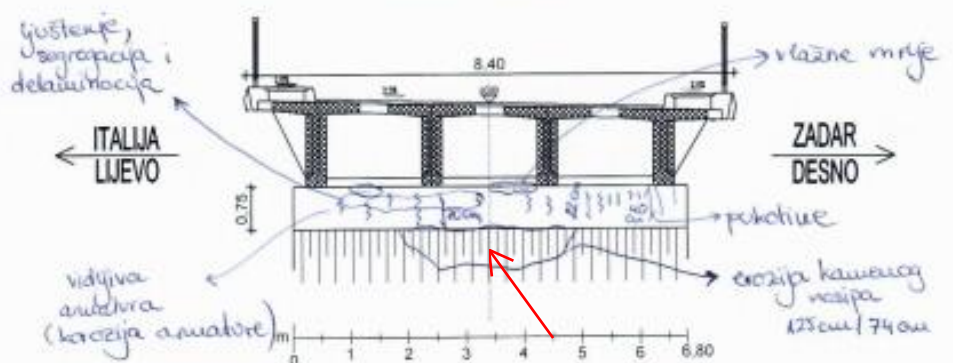
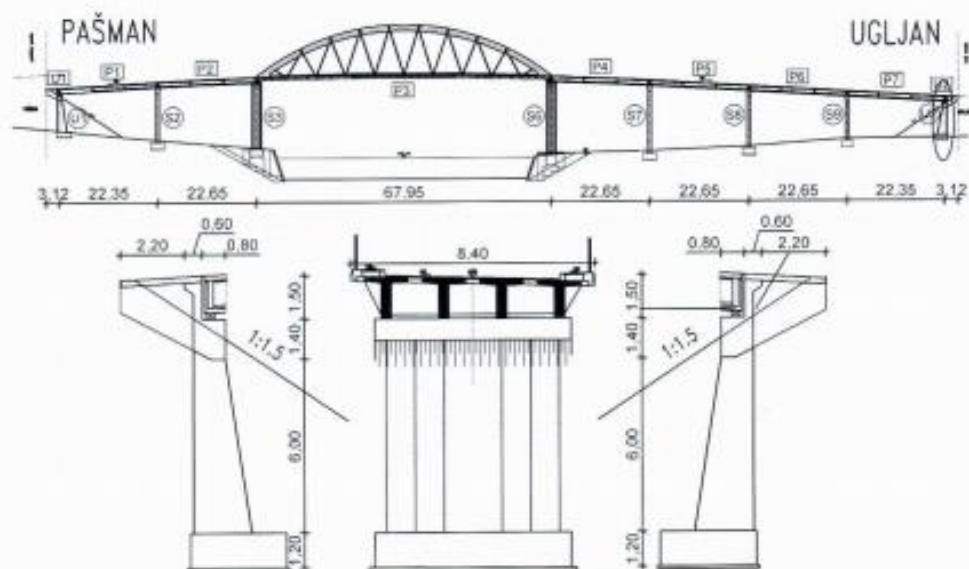






MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

5.2.1. Upornjak U2 - zid i krila upornjaka



Pregled izvršila:

Katičin Milena

Datum:

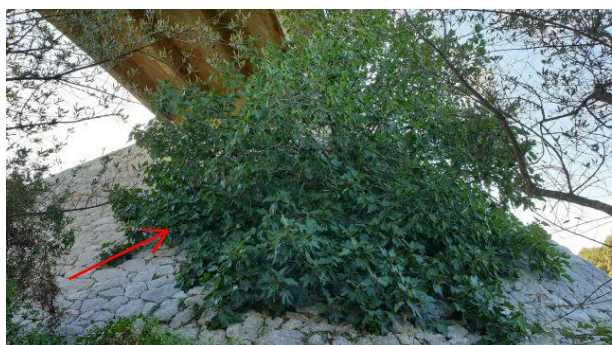
19. srpnja 2019.



Slika 82. Upornjak U1- erozija kosine nasipa. Stupanj oštećenja S4.



Slika 83. Vegetacija na upornjaku U1. Stupanj oštećenja S2.



Slika 84. Vegetacija na upornjaku U10. Stupanj oštećenja S4.



Slika 85. Pukotine završnog sloja hodnika. Stupanj oštećenja S3.

Asfaltni zastor prilaza je u dobrom stanju, osim mjestimičnih poprečnih pukotina na spoju asfalta s rubnjakom. Asfalt pješačkog hodnika je u lošem stanju, uslijed temperaturnih promjena dolazi do pojave poprečnih pukotina po cijeloj širini hodnika (Slika 85.). Čunjevi su obrasli vegetacijom (Slika 83.). Na čunju upornjaka U10 raste smokva visine mosta, čije korijenje može ugroziti stabilnost upornjaka (Slika 84.). Vidljiva je erozija kamenog materijala na oba upornjaka (slika 82.).

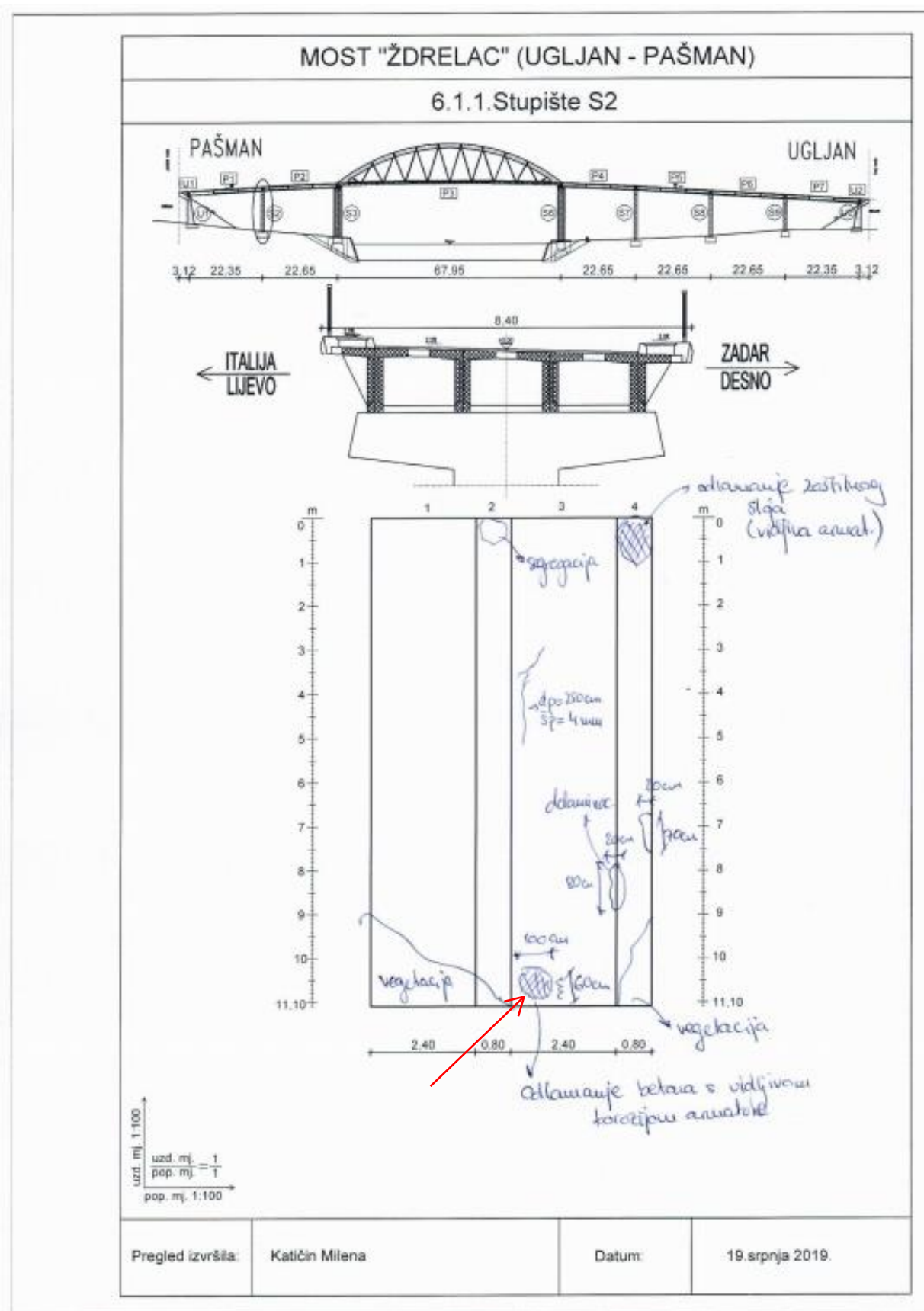
4.2.2. Donji ustroj

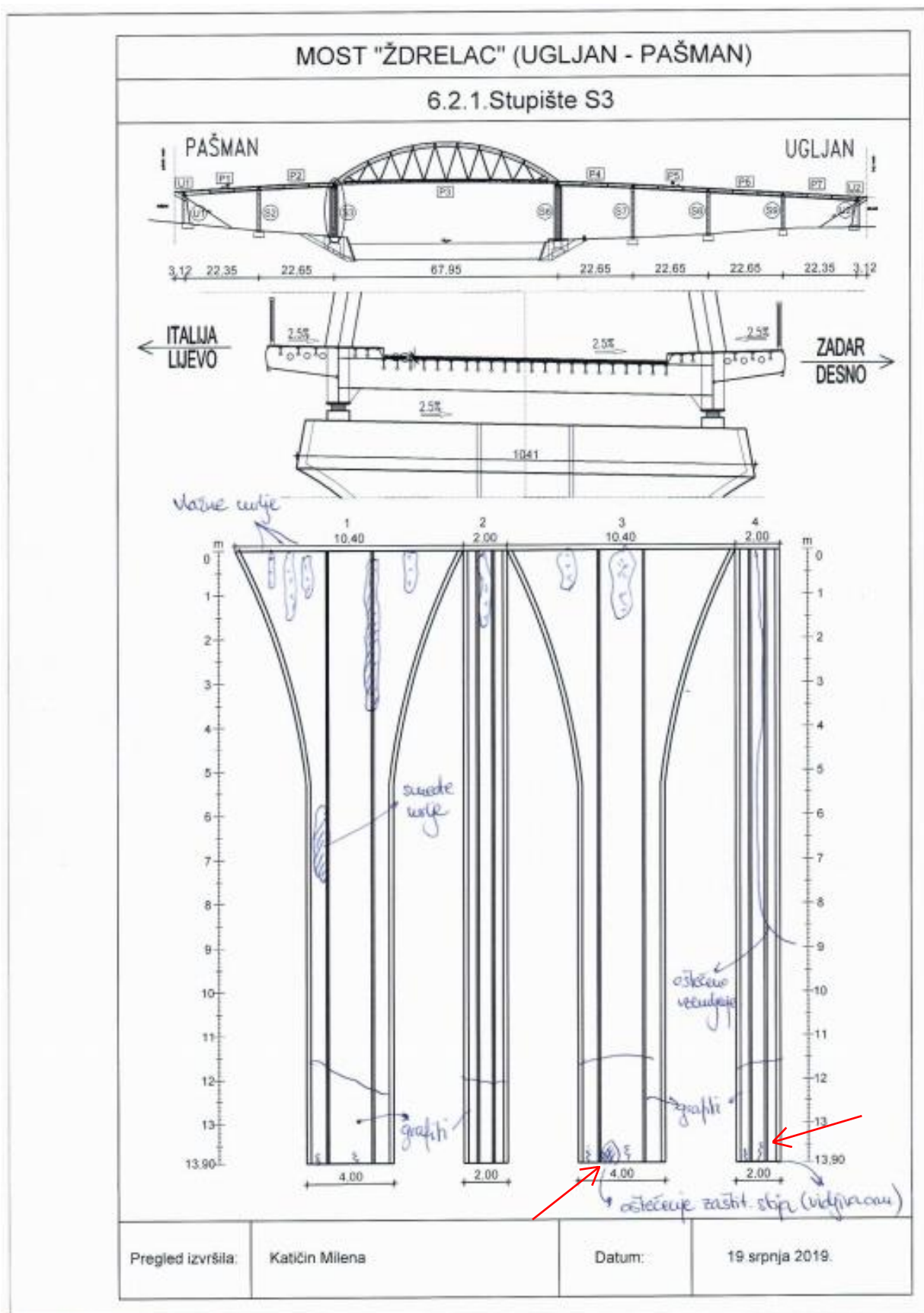
Donji ustroj konstrukcije je izveden od armiranog betona, uz monolitnu izvedbu. Čine ga dva propuštena upornjaka plitko temeljena i šest punih armiranobetonskih stupova.

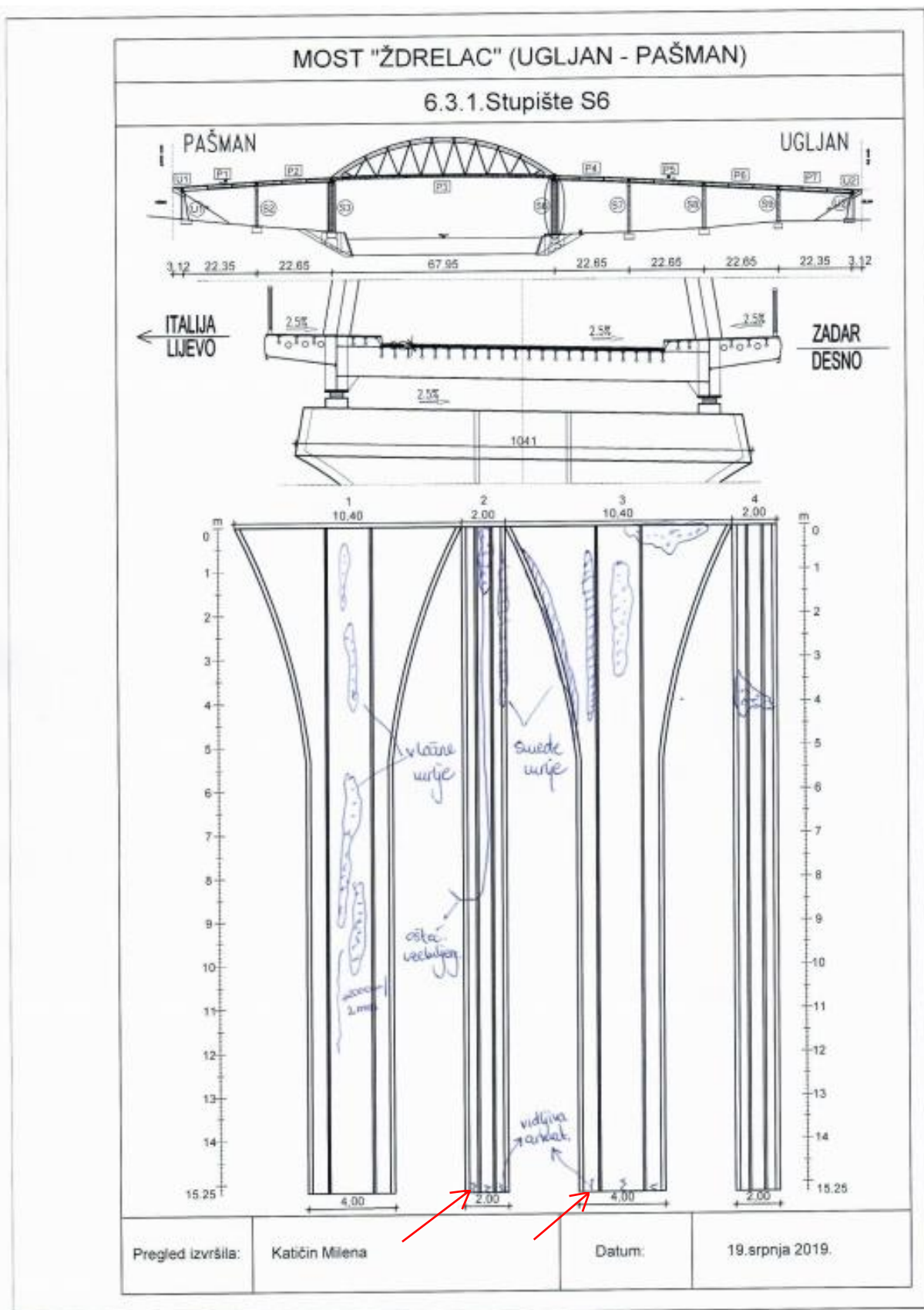
4.2.2.1. Temelji upornjaka i stupova

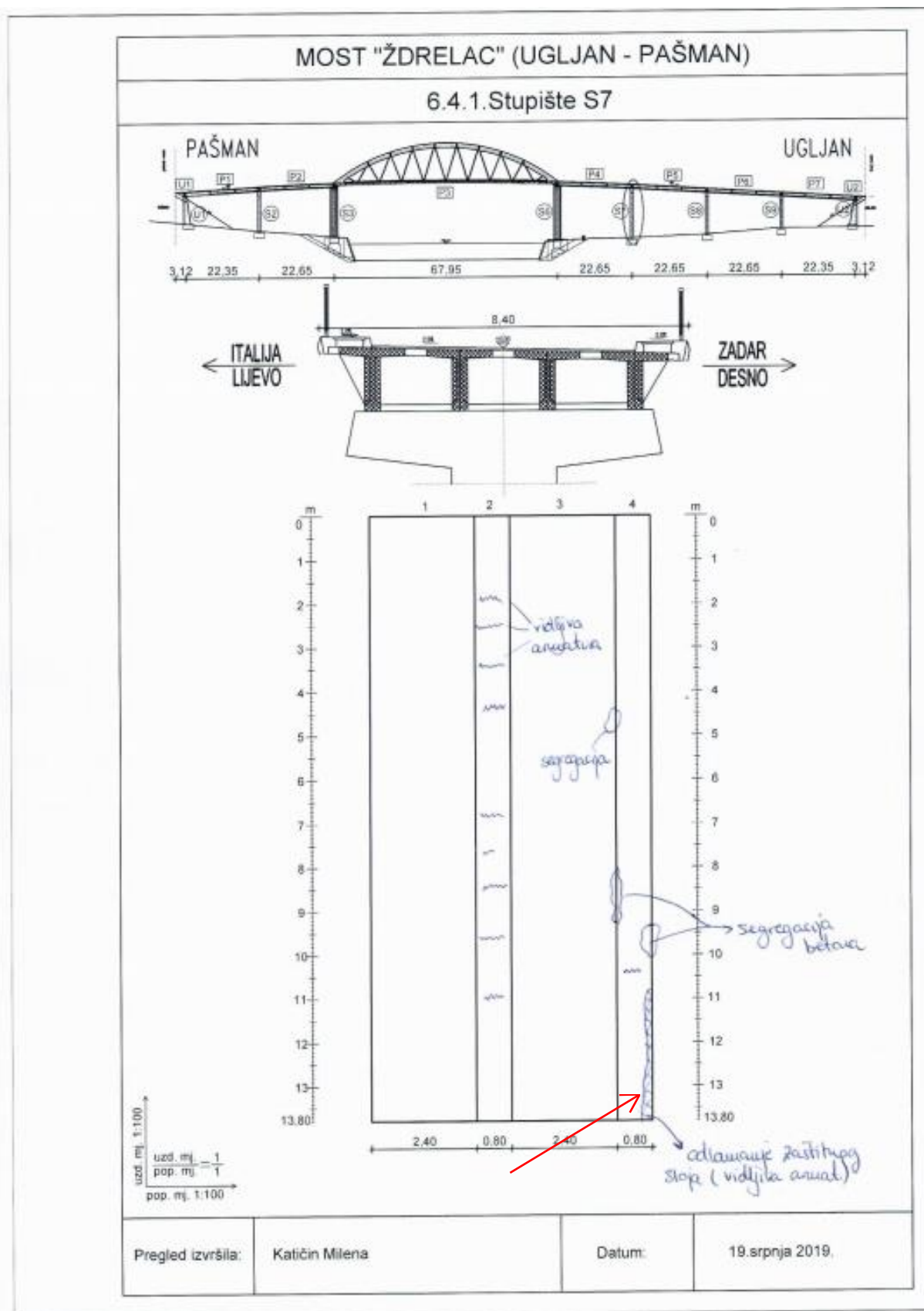
Temelji upornjaka nisu dostupni pregledu jer su zatrpani kamenim materijalom.

Temelji svih stupova plitko su temeljeni. Krajnji stupovi S3 i S6 na koje se oslanja nova rasponska konstrukcija temeljeni su na postojećim temeljima koji su ojačani i produbljeni.











**Slika 86. Delaminacija na stupu S8.
Stupanj oštećenja S4.**



**Slika 87. Odlamanje zaštitnog sloja betona
stupa S1. Stupanj oštećenja S3.**



**Slika 88. Korozija armature u
segregiranom dijelu stupa S2. Stupanj
oštećenja S4.**



**Slika 89. Korozija armature stupa S6 u
blizini mora. Stupanj oštećenja S3.**



**Slika 90. Korozija armature stupa S3 u
blizini mora. Stupanj oštećenja S3.**

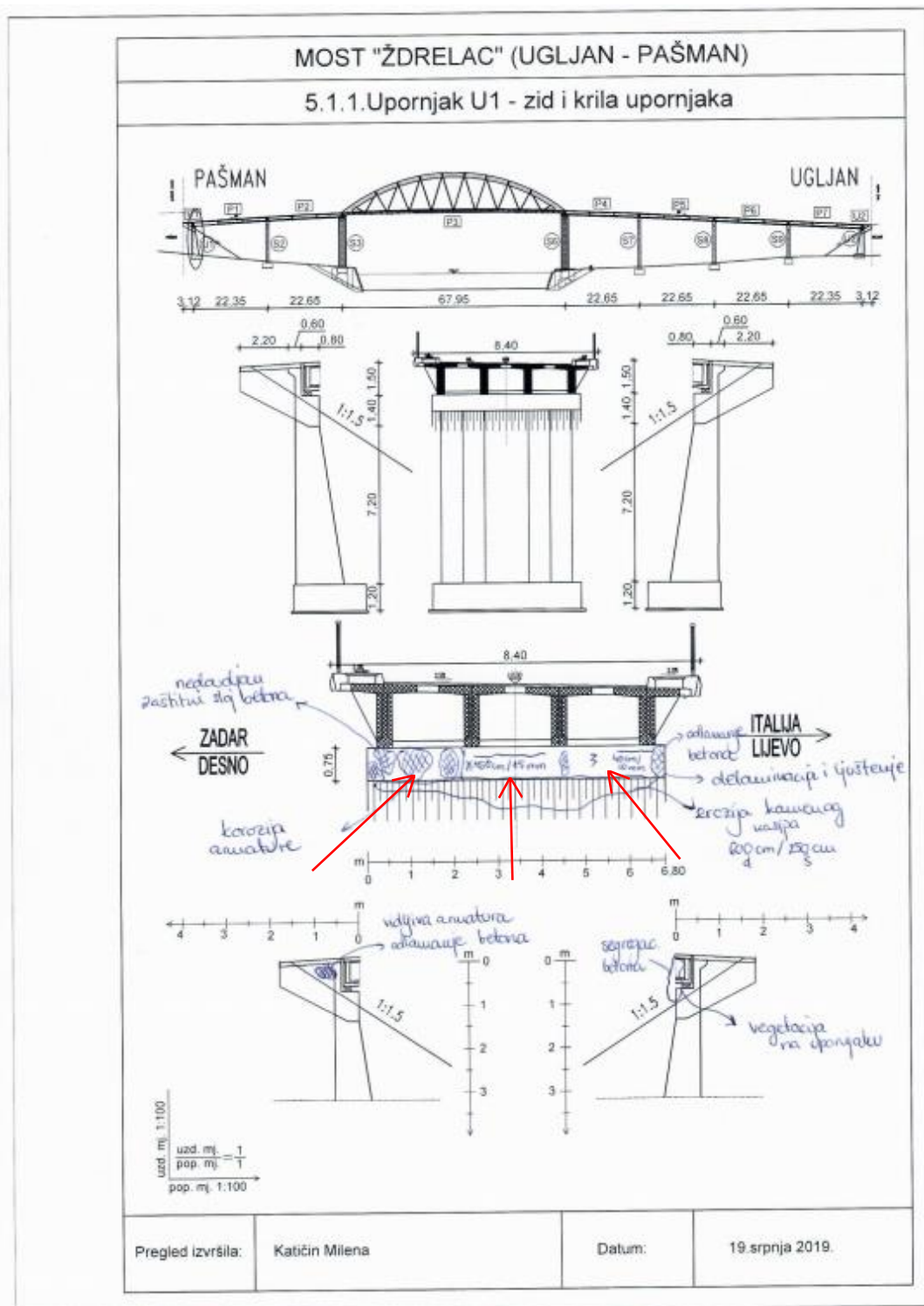


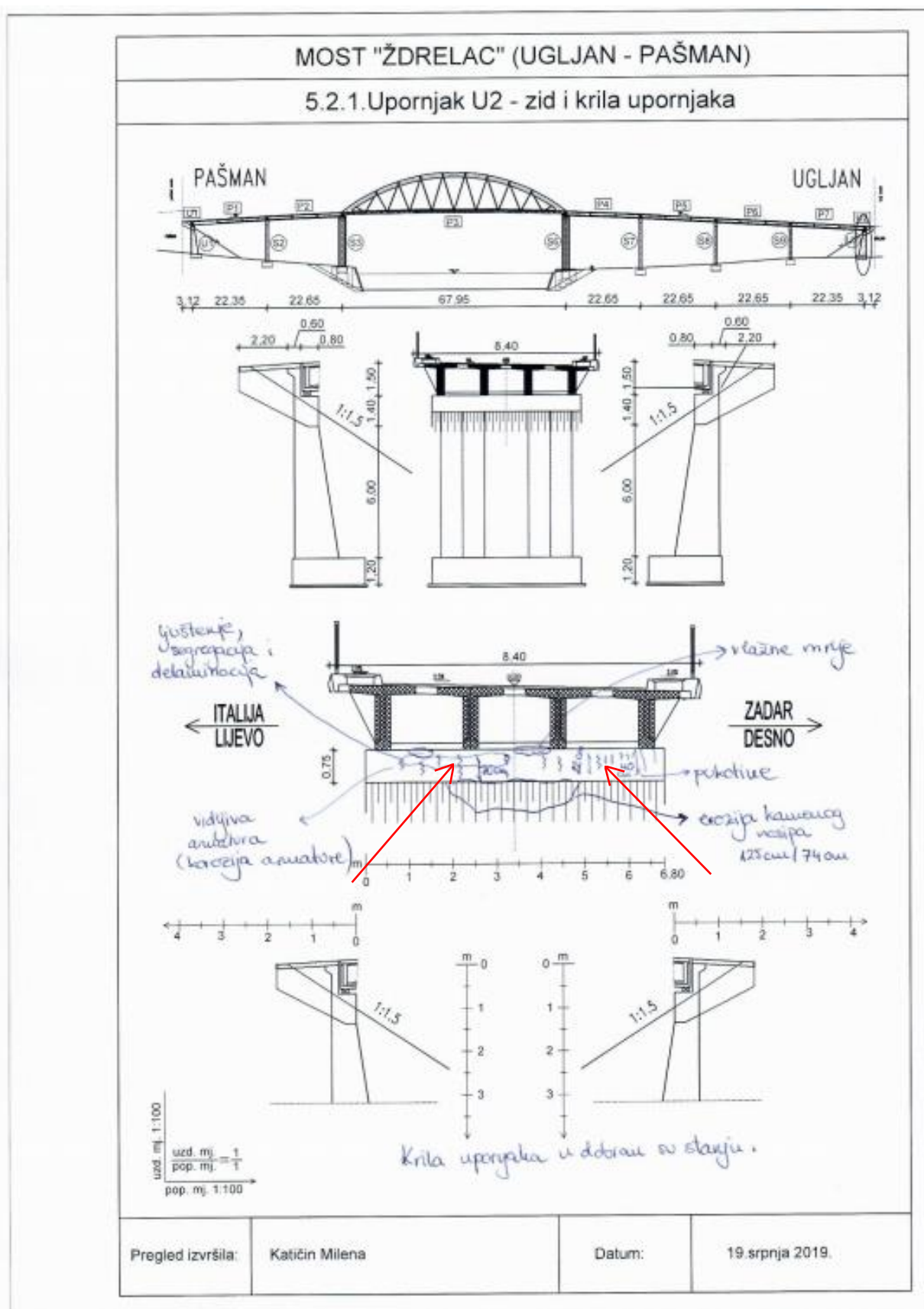
**Slika 91. Vegetacijom obrasli temelji stupa
S2. Stupanj oštećenja S2.**

Osim oštećenja u vidu neodržavanja okoliša mosta, te obraslosti stupova vegetacijom (Slika 91.), uočeni su znakovi korozije armature na vrhu temelja (Slika 88-90.), koji dovode do delaminacije i odlamanja zaštitnog sloja betona (Slika 86. i 87.).

4.2.2.2. Upornjaci

Upornjaci su utopljeni u nasip, a sastoje se od temelja, dvaju stupova, naglavnice i ovješanih krila i prijelaznih ploča.







Slika 92. Upornjak U1 – nedovoljan zaštitni sloj betona. Stupanj oštećenja S4.



Slika 93. Upornjak U1 – delaminacija i ljuštenje betona. Stupanj oštećenja S4.



Slika 94. Oštećenje upornjaka U1- korozija armature. Stupanj oštećenja S4.



Slika 95. Oštećenje upornjaka U2 – pukotine. Stupanj oštećenja S3.



Slika 96. Oštećenje upornjaka U2 – ljuštenje. Stupanj oštećenja S3.



Slika 97. Oštećenje upornjaka U2 – korozija armature. Stupanj oštećenja S3.

Upornjaci su unatoč nedavnoj sanaciji mosta, ostali u istom stanju kao i prije s tim da su oštećenja znatno uznapredovala.

Prekucavanje čekićem je izvršeno na površinama upornjaka te je na većini mjesta kod upornjaka zabilježen šuplji zvuk.

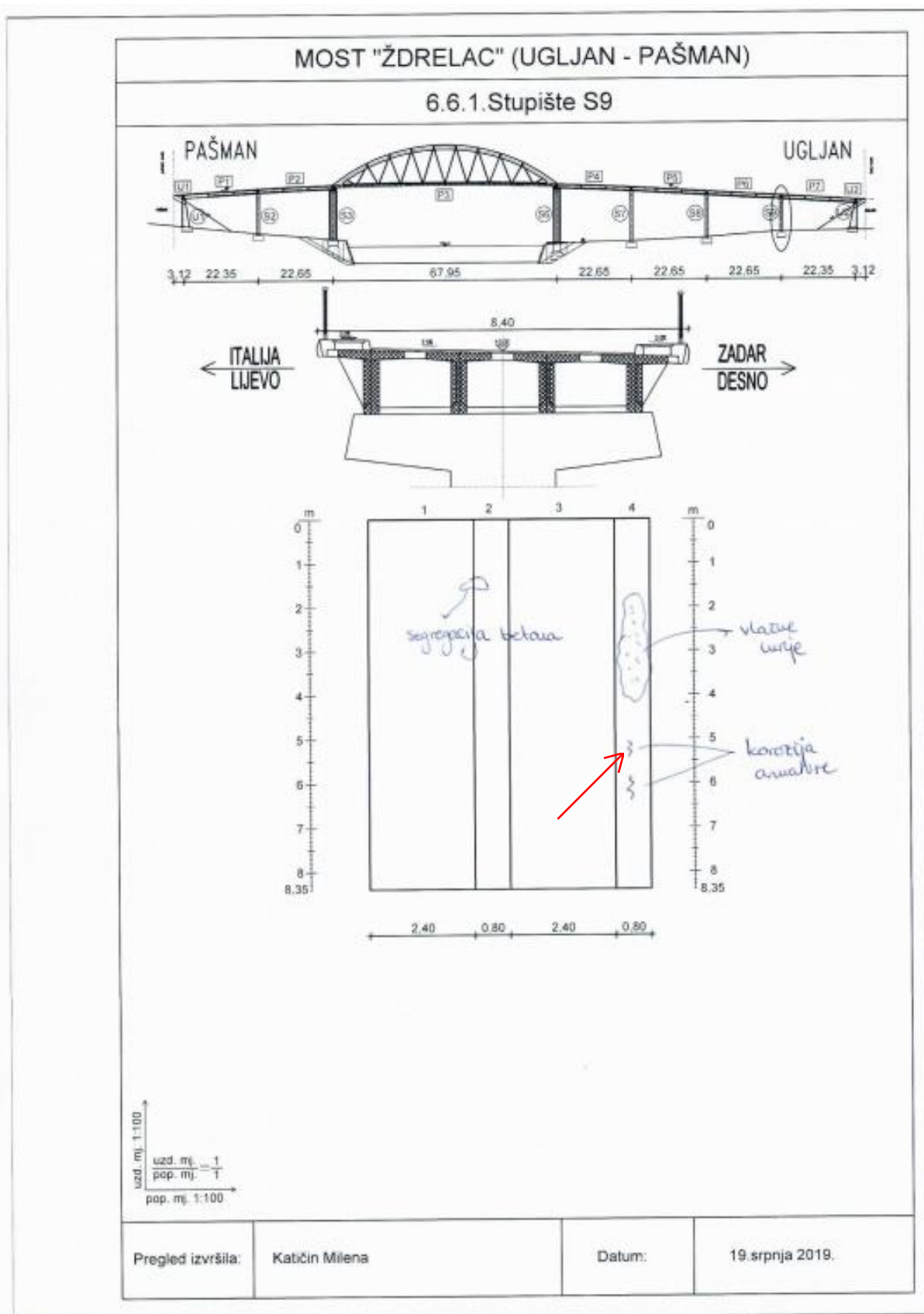
Upornjak U1 je u jako lošem stanju, počevši od erozije kamenog materijala do same konstrukcije upornjaka gdje je vidljiva korozija armature (slika 94.), odlamanje zaštitnog sloja betona (Slika 92.), ljuštenje i delaminacija (Slika 93.).

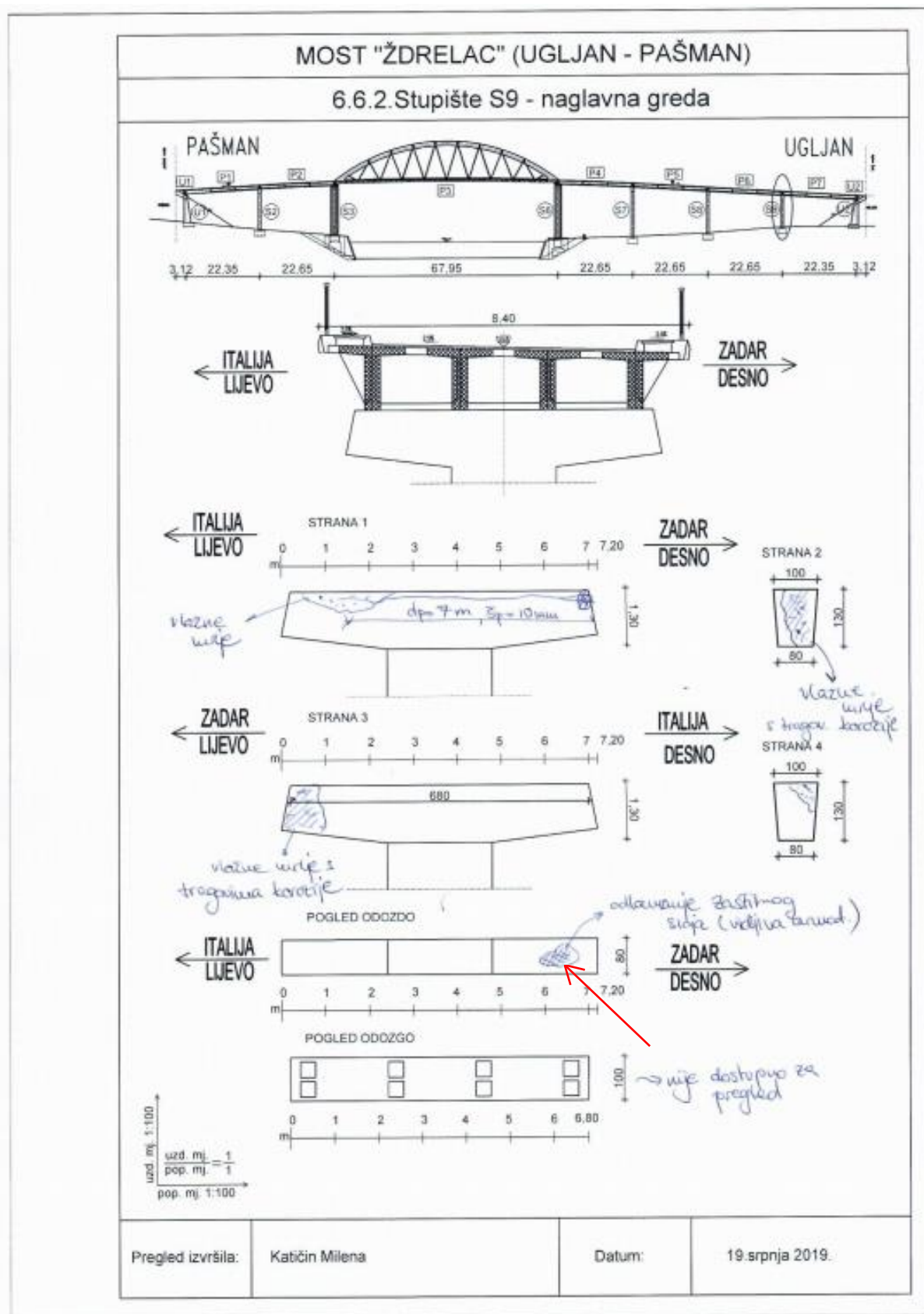
Upornjak U2 je u malo boljem stanju, ali i dalje vidljivo napredovanje korozije armature zbog malog zaštitnog sloja betona (Slika 97.), kao ljuštenje (Slika 96.) i otvorene pukotine (Slika 95.). Glavni uzrok degradacije betona je propusnost bitumenske prijelazne naprave na spoju upornjaka i glavnog nosača.

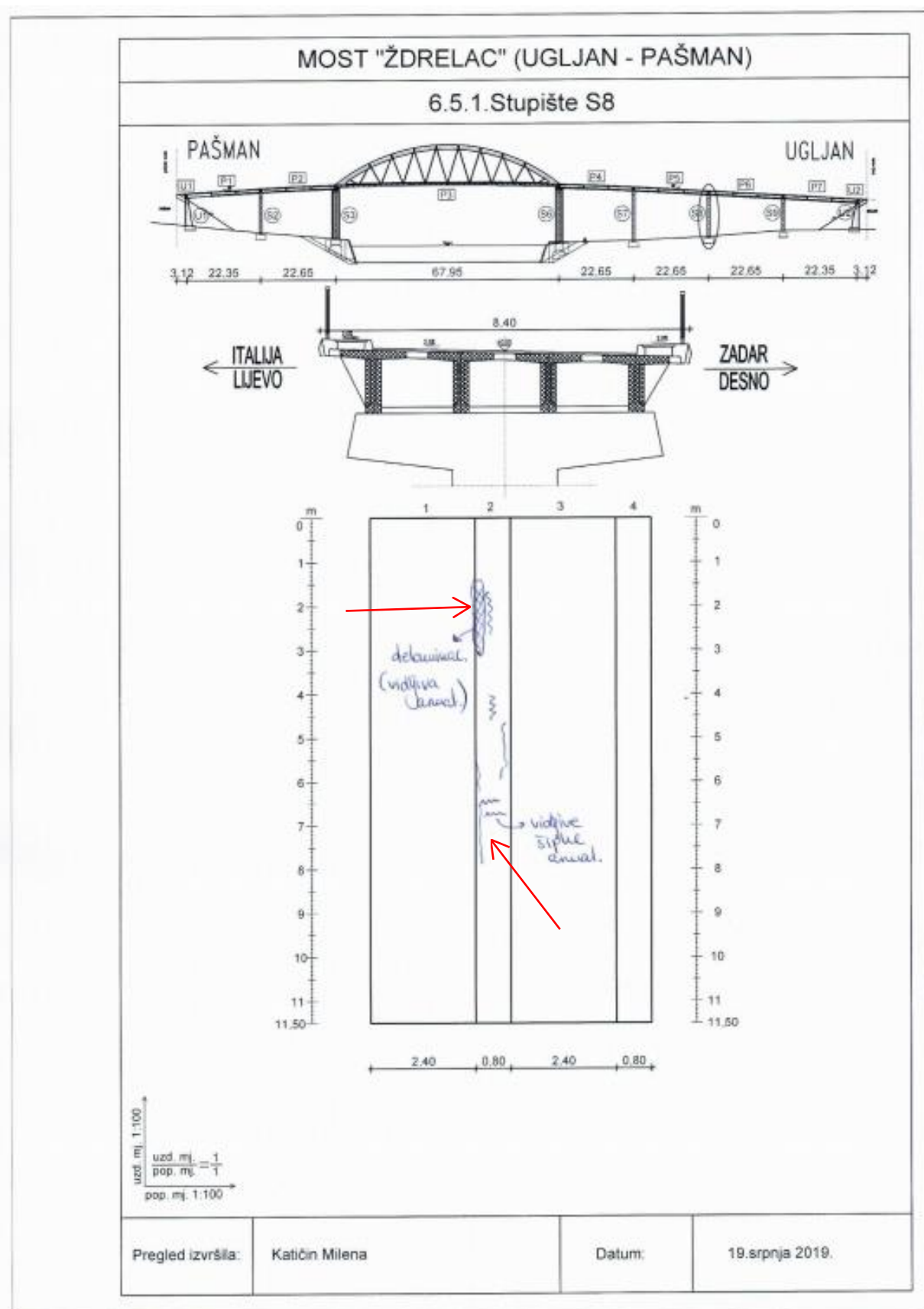
4.2.2.3. *Stupovi i naglavne grede*

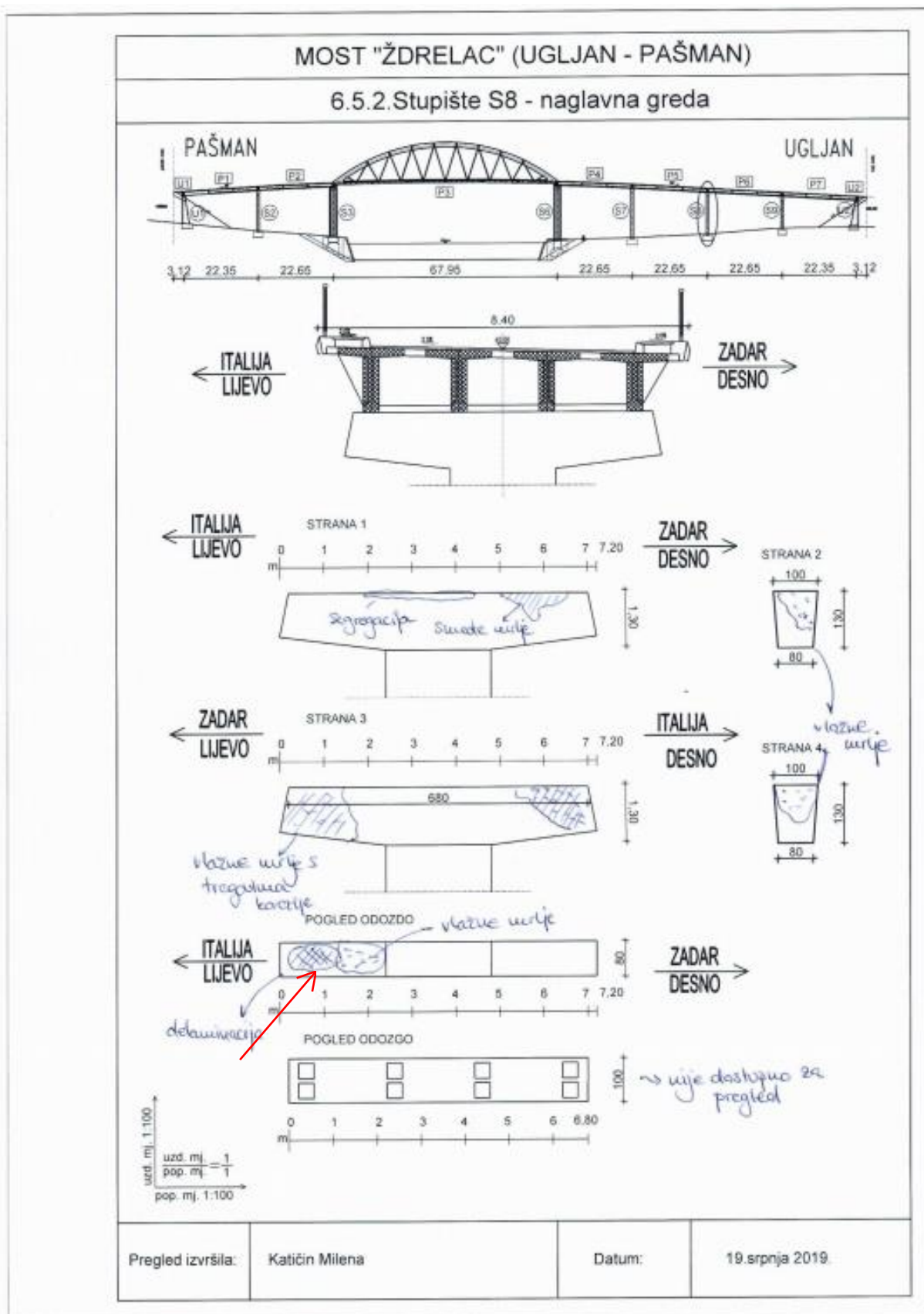
Od ukupno 6 stupova, rekonstrukcijom mosta Ždrelac 2009.godine sanirana su 2 portalna stupa S3 i S6 na koje se oslanja nova rasponska konstrukcija.

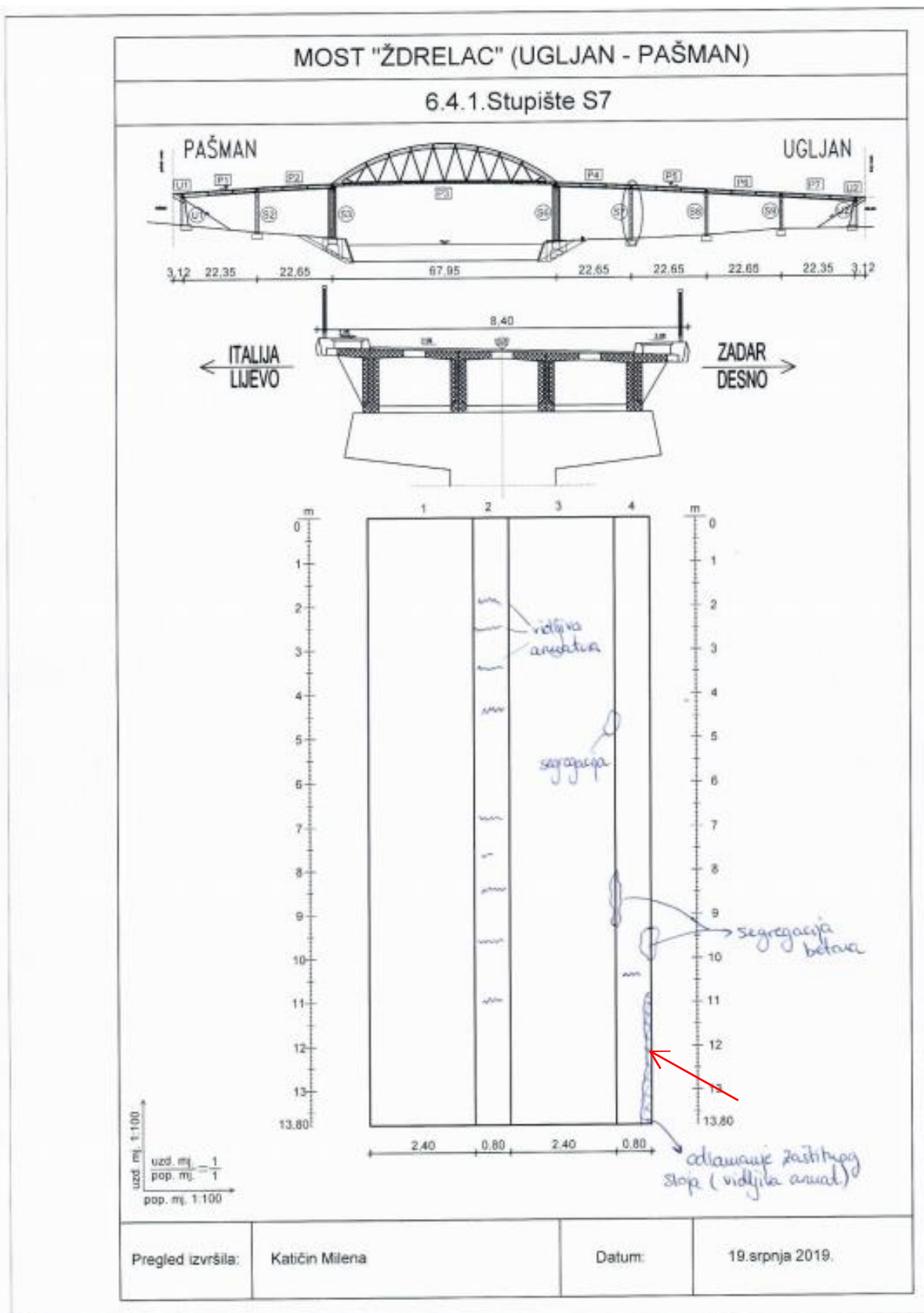
U nastavku su prikazane podloge na kojima su ucertana oštećenja svih stupova i naglavnih greda stupova, te fotografije karakterističnih oštećenja. Na samom kraju nalazi se kratak opis stanja elemenata.

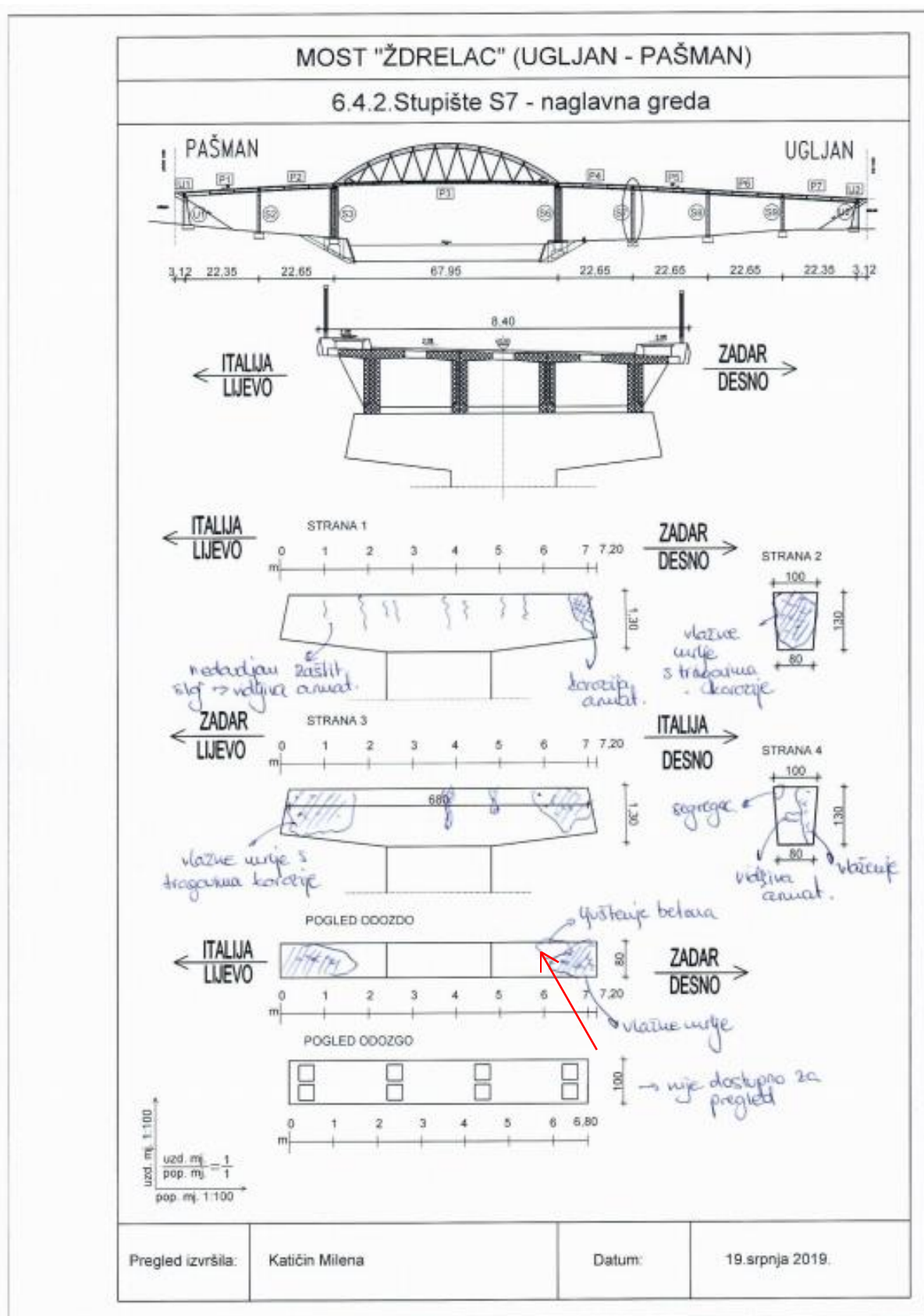


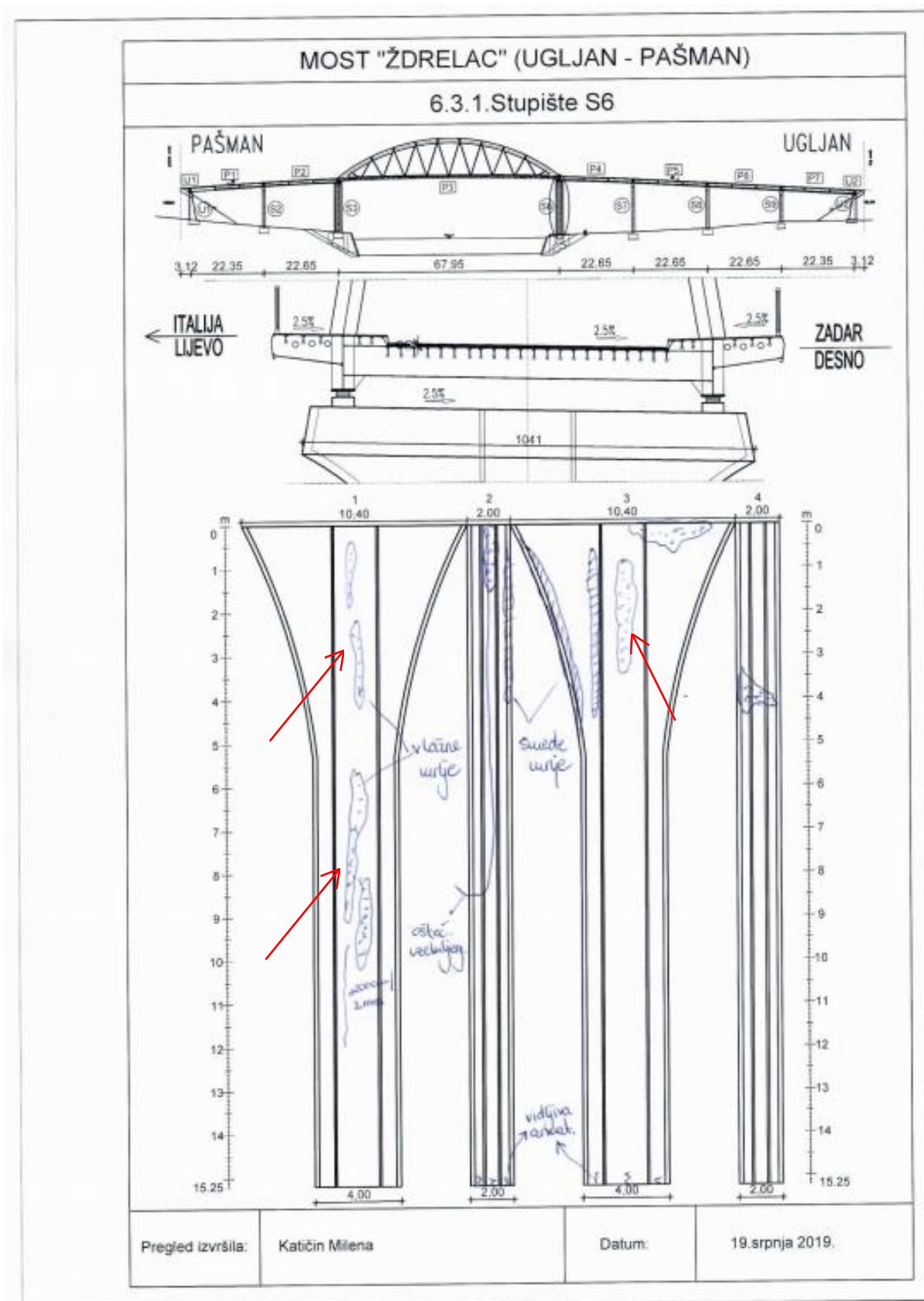


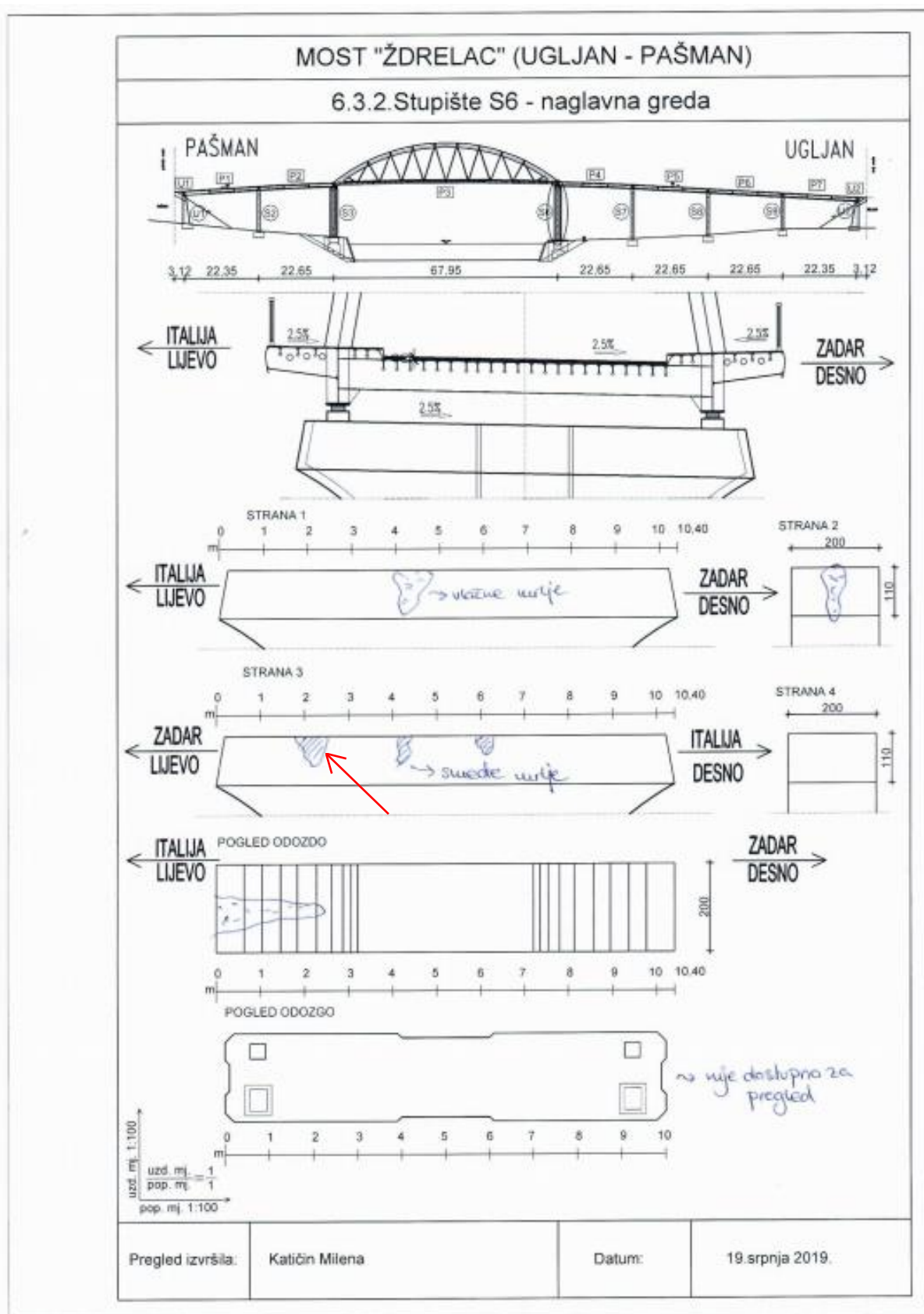


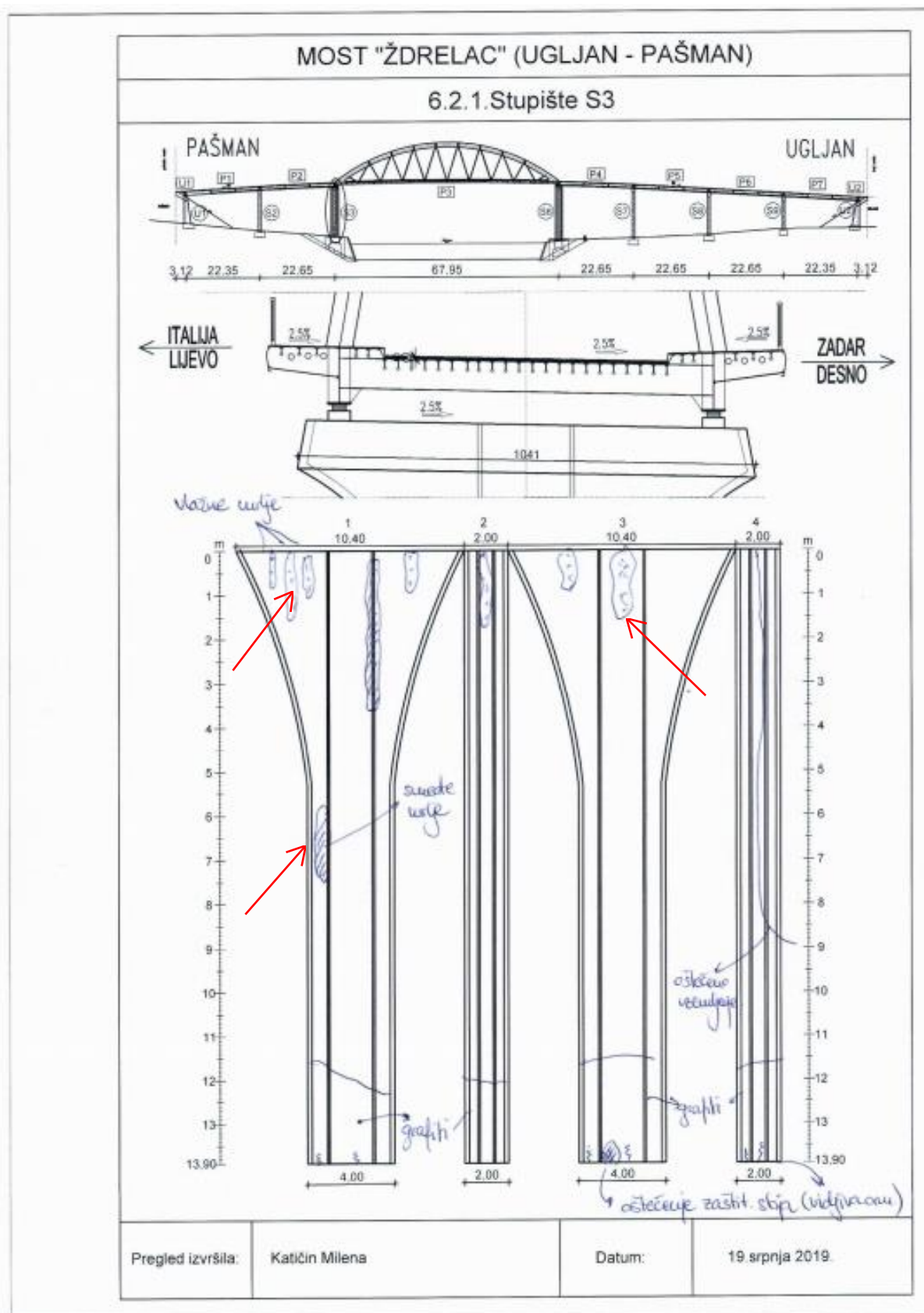


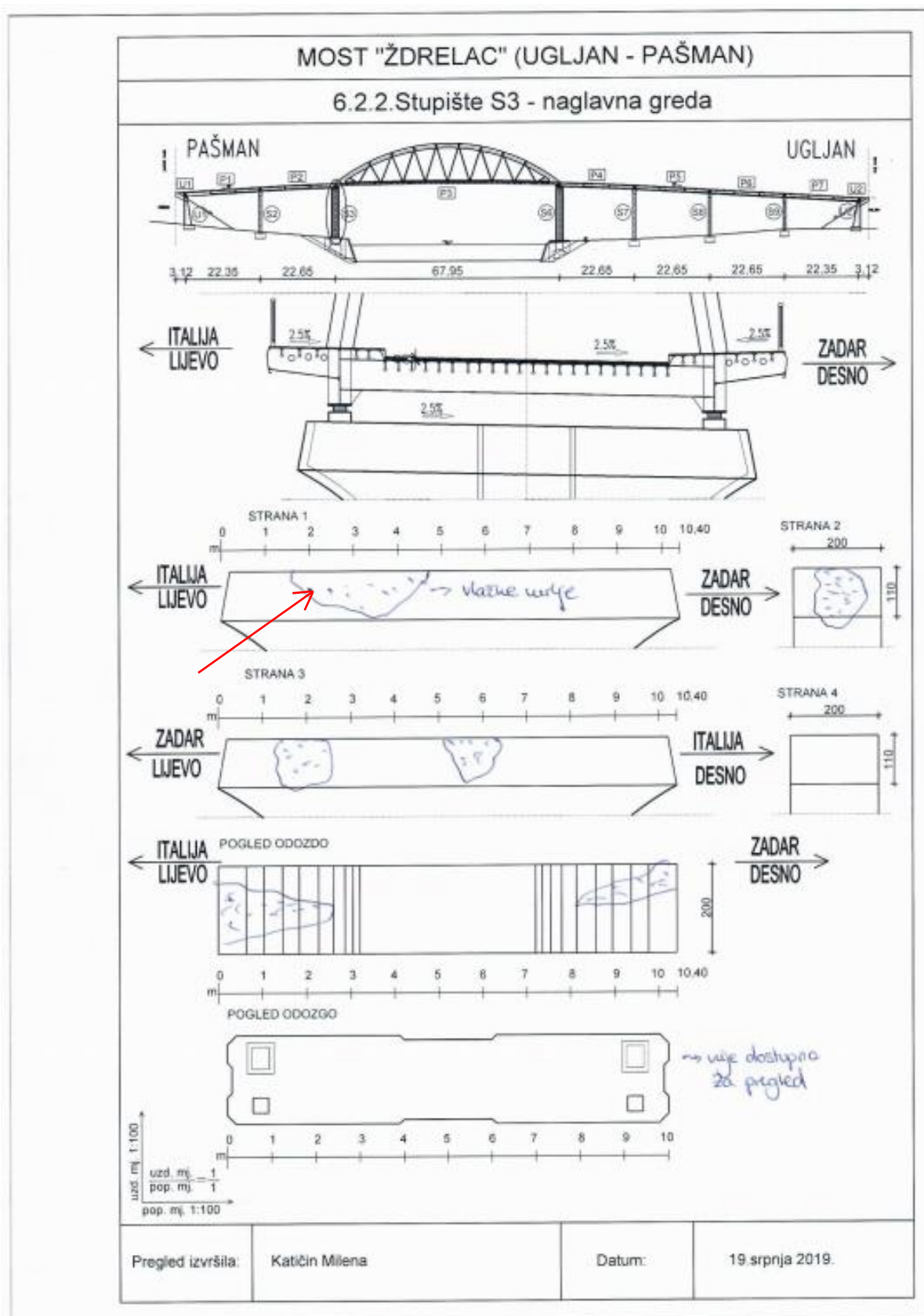


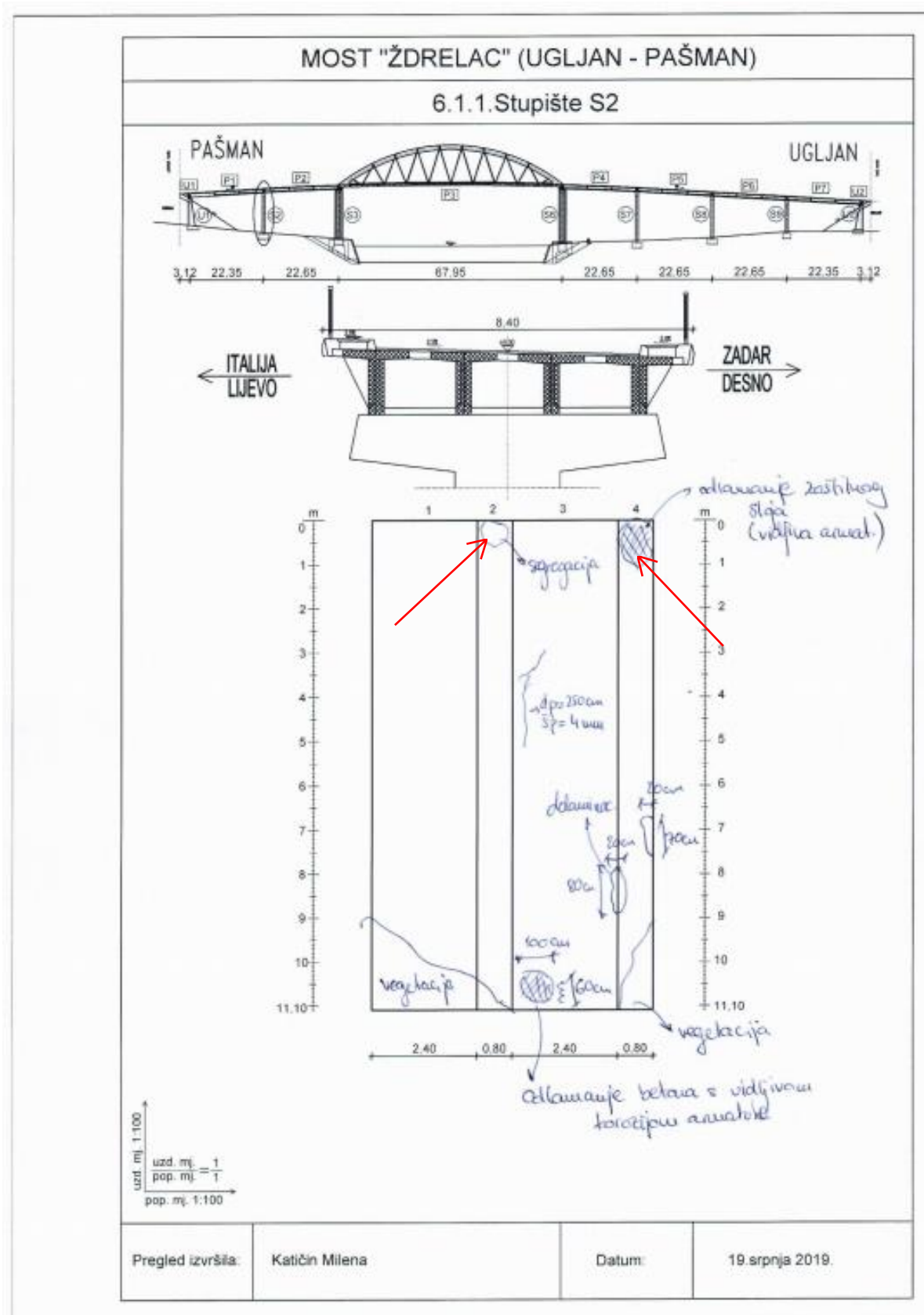


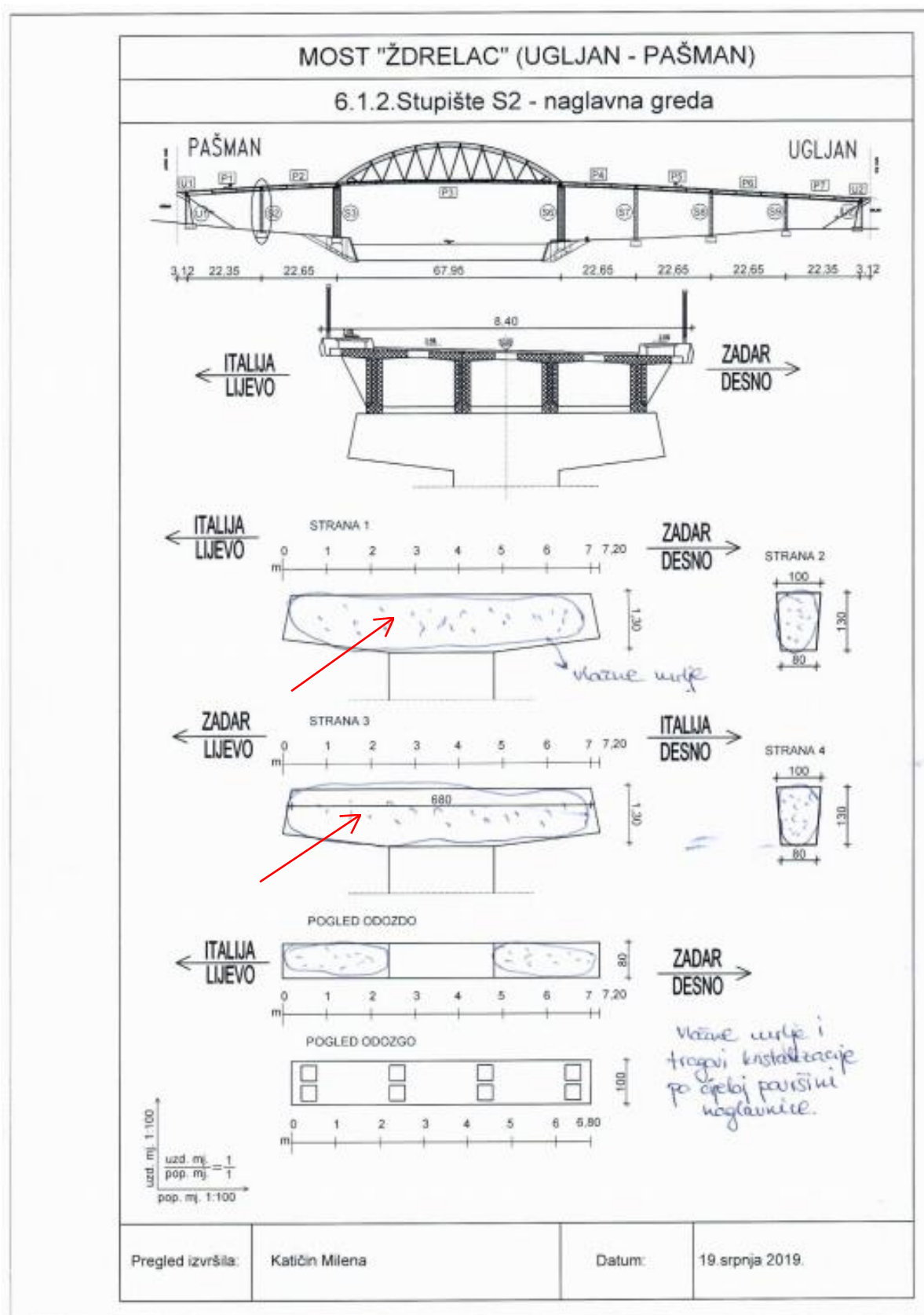






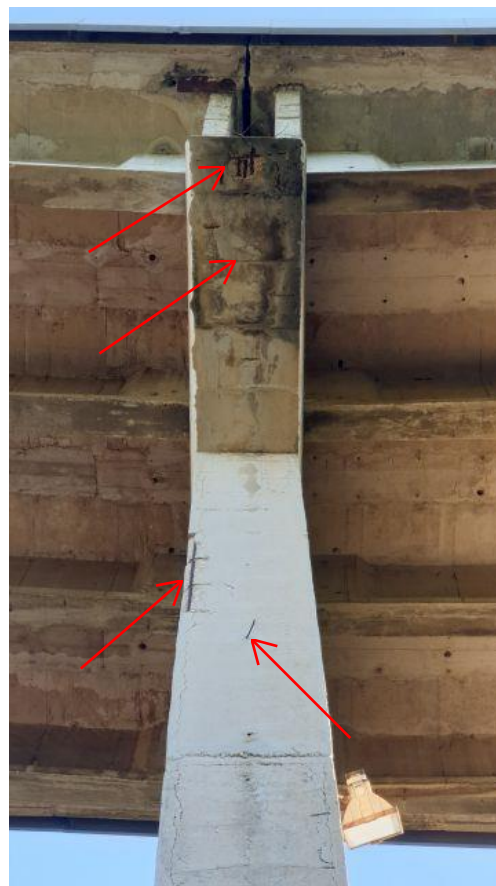








**Slika 98. Oštećenje stupa S9 – korozija.
Stupanj oštećenja S3.**



**Slika 99. Oštećenje stupa S8 i naglavnice
stupa – korozija armature koja uzrokuje
lomljenje i delaminaciju zaštitnog sloja.
Stupanj oštećenja S4.**



**Slika 100. Naglavnica stupa S9 –
delaminacija betona uslijed vlaženja.
Stupanj oštećenja S3.**



**Stupa 101. Naglavnica stupa S8 –
oštećenja uslijed vlaženja betona. Stupanj
oštećenja S3.**



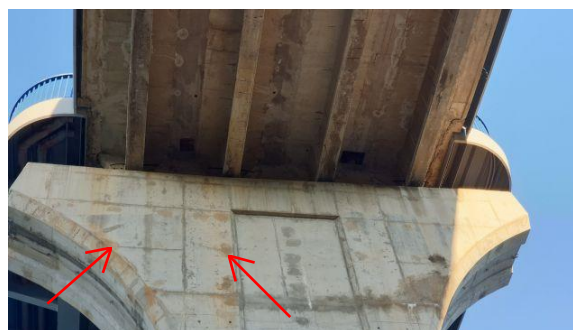
Slika 102. Stup S7 – nedovoljan zaštitni sloj betona. Stupanj oštećenja S3.



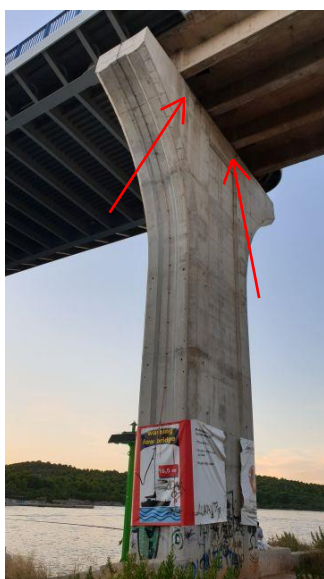
Slika 103. Stup S6 –curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S2.



Slika 104. Naglavnica stupa S7 – ljuštenje usred korozije. Stupanj oštećenja S2.



Slika 105. Naglavnica stupa S6 –smeđe mrlje na betonu. Stupanj oštećenja S2.



Slika 106. Stup S3 – curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S1.



Slika 107. Stup S2 – lomljenje uslijed korozije. Stupanj oštećenja S3.



Slika 108. Naglav. stupa S3 – curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S1.



Slika 109. Naglavnica stupa S2 – oštećenje zbog vlaženja. Stupanj oštećenja S3.

Stupovi su danas u dobrom stanju, osim što je vidljivo vlaženje betona uslijed loše izvedbe prijelazne naprave iznad stupova (Slika 100., 101. i 109.), vidljive su mrlje hrđe na pojedinim dijelovima (Slika 105.), kao i nedovoljan zaštitni sloj betona uz temelje (Slika 102.). Međustupovi su “T” oblika (S2, S7, S8 i S9), izvedeni od armiranog betona MB 20. Visoki su od 10,20 do 17,0 m, širine 2,40 m, a debljine 0,80 m. Naglavnica je duljine 7,20 m, debljine 0,8 x 1,0 m i visine 0,98-1,30 m. Oni su u znatno lošijem stanju, gdje je vidljivo lomljenje betona (Slika 107.), delaminacija (Slika 99. i 100.), korozija armature (Slika 98. i 99.) i nedovoljan zaštitni sloj betona (Slika 102.).

Naglavnice stupova su natopljene vodom koja se cijedi po njima zbog loše izvedbe gornjeg ustroja, pa dolazi do delaminacije i korozije armature (Slika 99., 100. i 101.). Takva oštećenja su od velikog značaja za samu stabilnost konstrukcije pa bi ih trebalo čim prije sanirati.

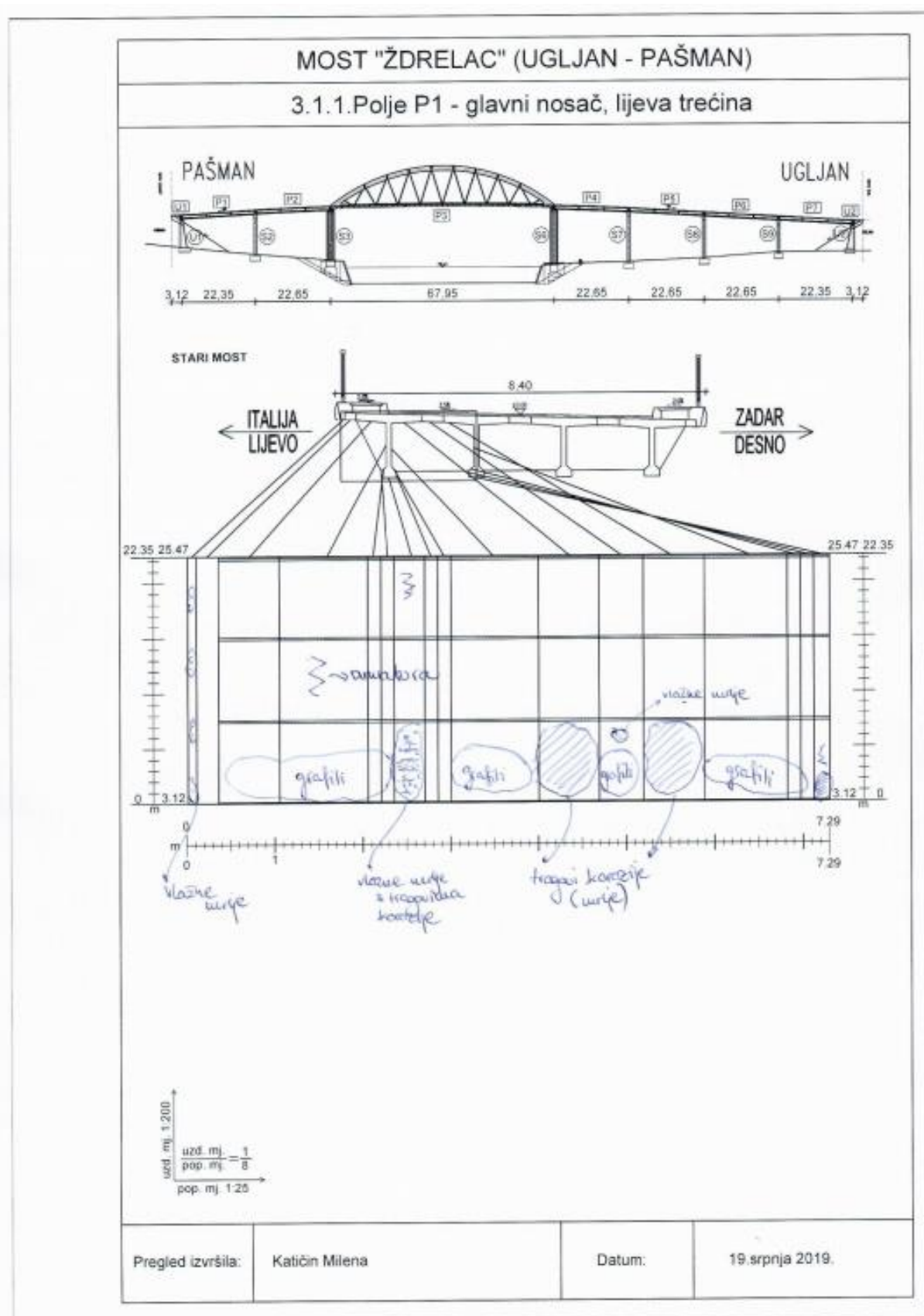
4.2.3. Gornji ustroj

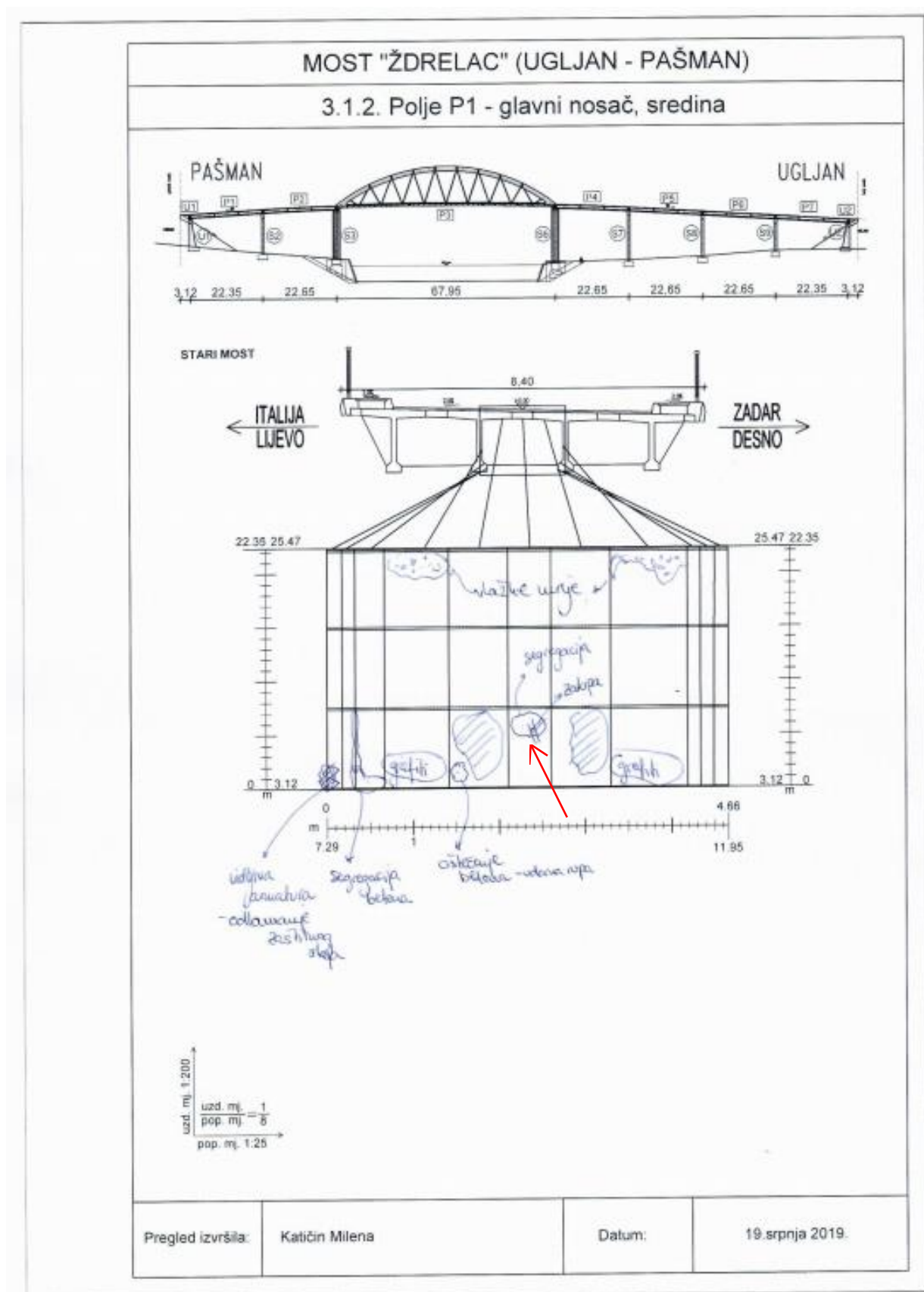
4.2.3.1. Konstrukcija gornjeg ustroja

4.2.3.1.1 Betonska rasponska konstrukcija (uzdužni /poprečni nosači)

Rasponska konstrukcija izvedena je kao armiranobetonska ploča oslonjena na uzdužne i poprečne nosače koji su oslonjeni na upornjake i stup. Sastoji se od rasponske ploče, četiri uzdužna i poprečnih nosača u polju.

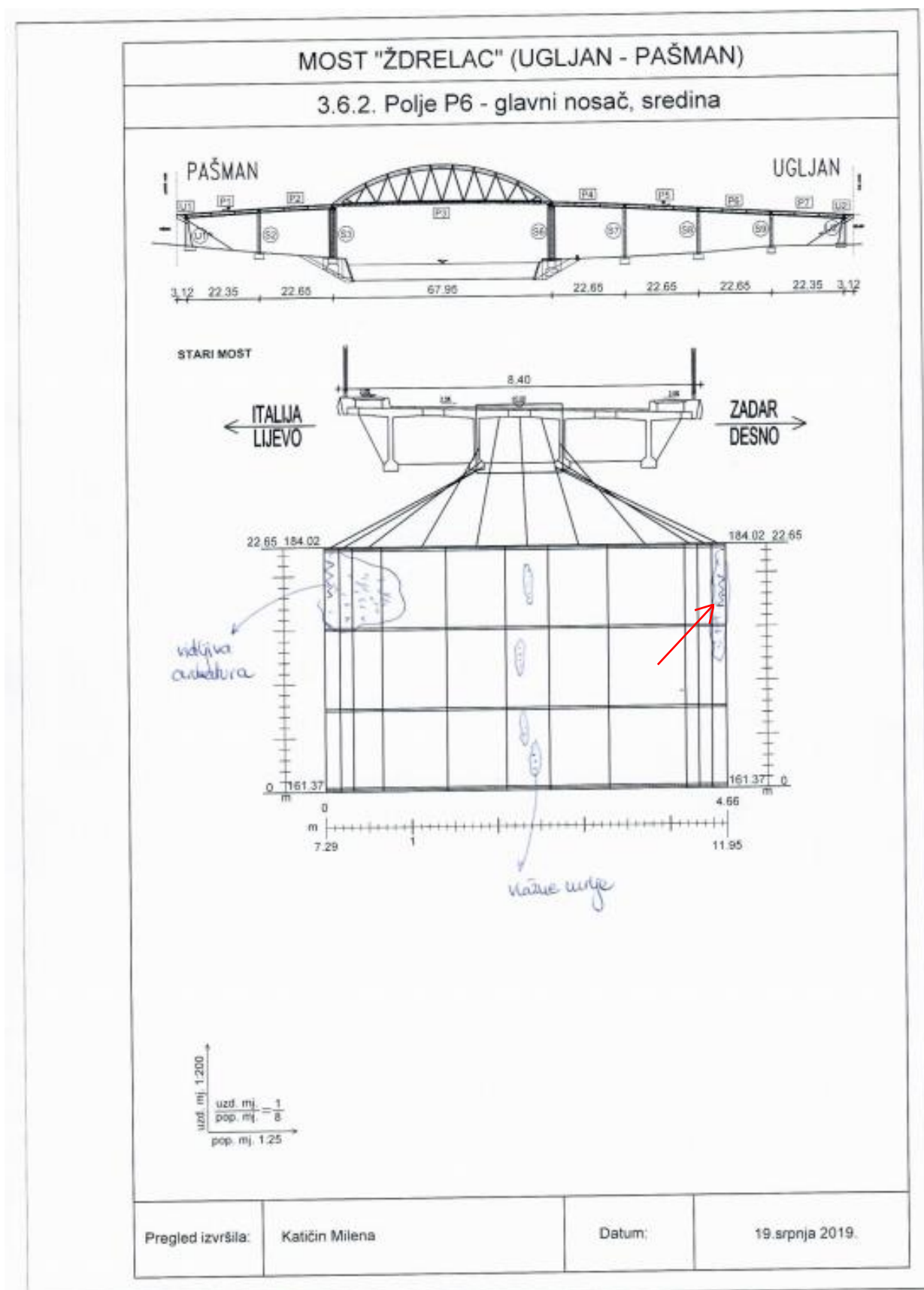
Podloge s ucrtanim oštećenjima, i fotografije karakterističnih oštećenja s opisom stanja nalaze se u nastavku.

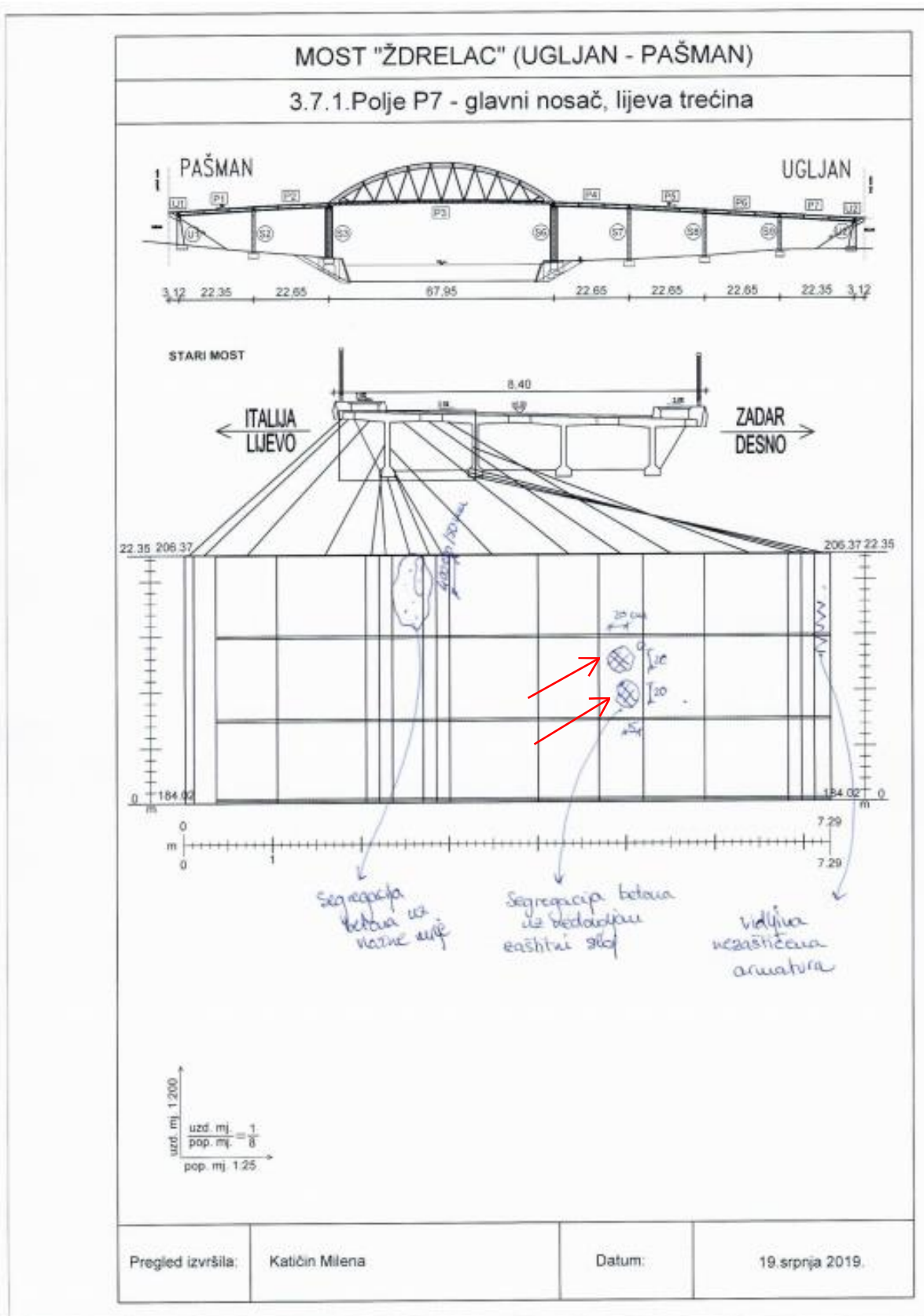


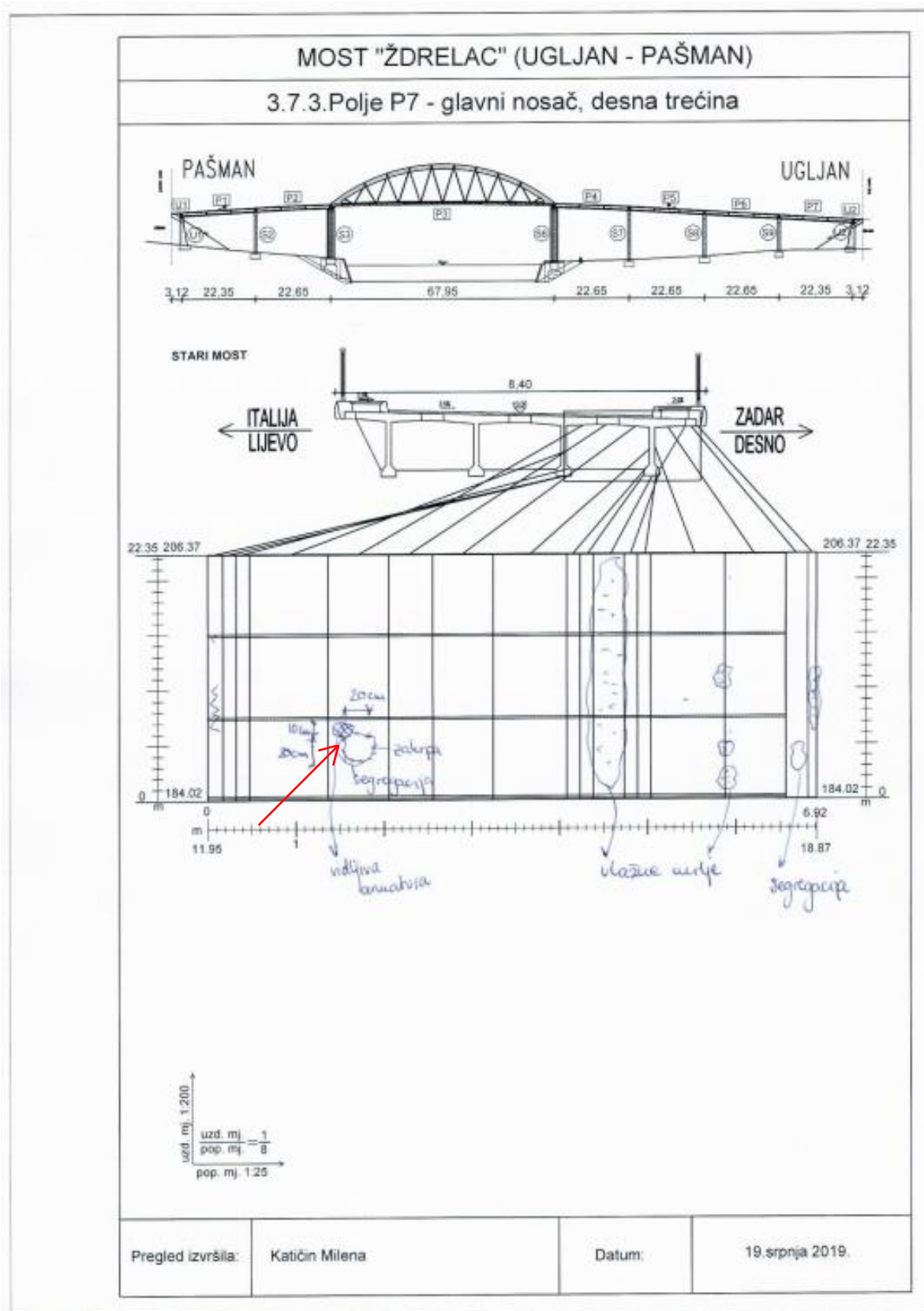














Slika 110. Vlaženje donje strane kolnika mosta. Stupanj oštećenja S2.



Slika 111. Procjeđivanje vode zbog lošeg sustava odvodnje. Stupanj oštećenja S2.



Slika 112. Korozija armature na donjoj pojasnici nosača i na spoju između 2 nosača. Stupanj oštećenja S2.



Slika 113. Korozija armature koja uzrokuje lomljenje i delaminaciju zaštitnog sloja. Stupanj oštećenja S3.



Slika 114. Delaminacija donje pojasnice betonskog nosača. Stupanj oštećenja S2.



Slika 115. Delaminacija na desnom rubu betonske rasponske konstrukcije uslijed alkalno-silicijske reakcije. Stupanj oštećenja S3.



Slika 116. Vlaženje betona uzrokovano oštećenom hidroizolacijom. Stupanj oštećenja S3.

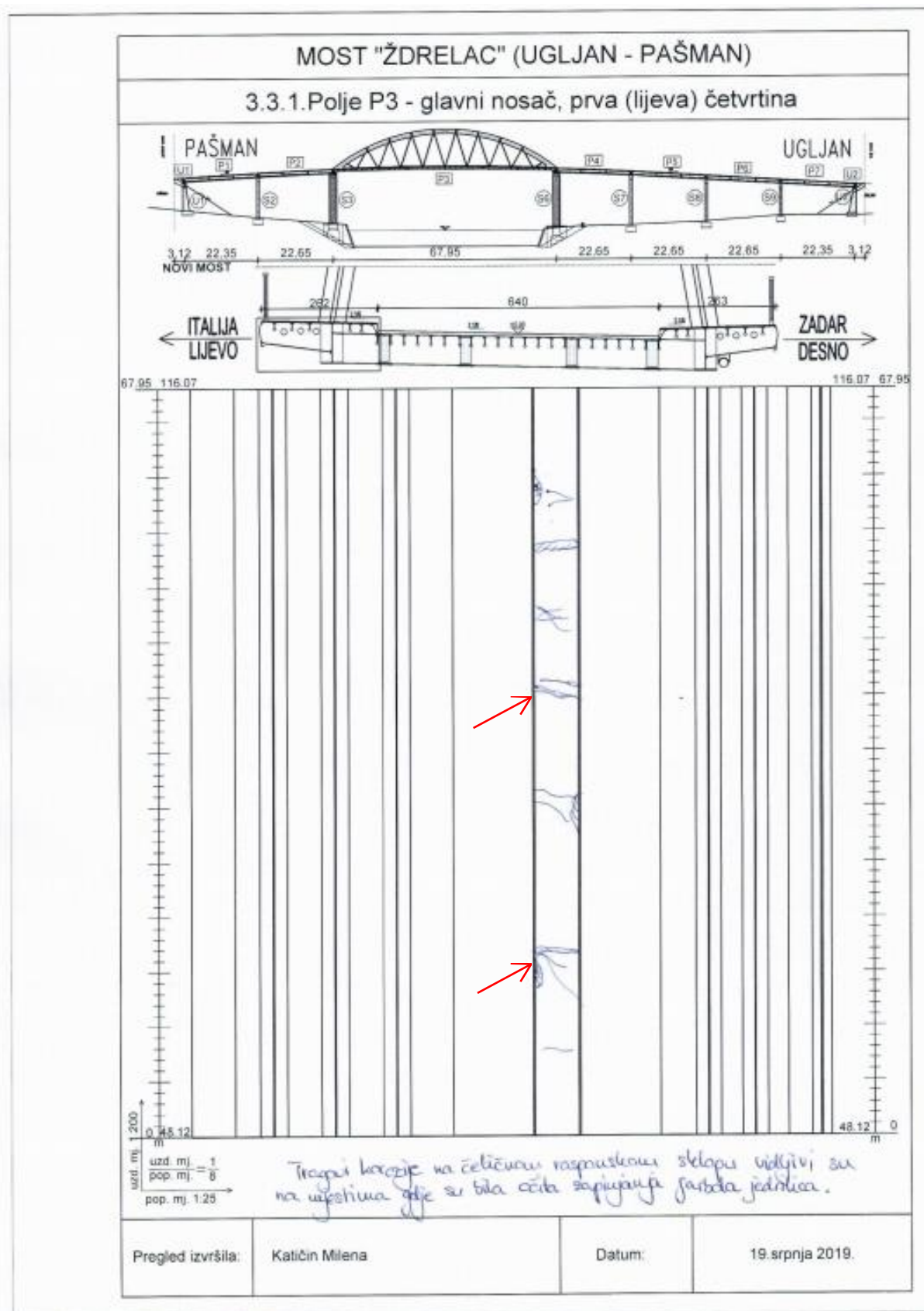


Slika 117. Segregacija betona. Stupanj oštećenja S2.

Podgled armiranobetonske ploče rasponske konstrukcije u relativno je lošem stanju. Mjestimično je vidljiva segregacija betona (Slika 117.), uz prisutnost izrazito velike šupljikavosti betona. Duž cijelog raspona uočena su mjesta sa vlaženjem betona i tragovima procjeđivanja vode (Slika 110. i 116.). Također, uočeno je odlamanje betona te korozija armature uzrokovana nedovoljnom debljinom zaštitnog sloja betona na uzdužnom nosaču (Slika 112. i 114.) i u podgledu rasponske ploče konstrukcije. Vidljivo je slijevanje vode uslijed loše izvedenog sustava odvodnje što uzrokuje vlaženje koje vodi koroziji armature i degradaciji betona (Slika 111.)

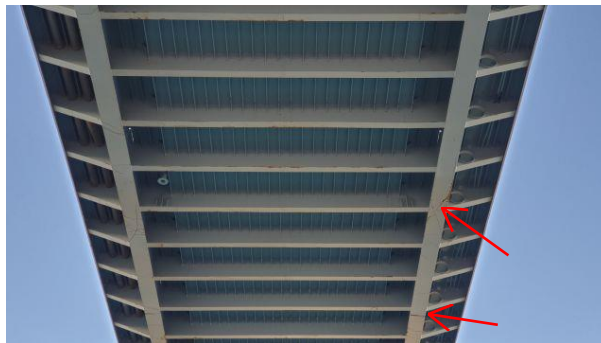
4.2.3.1.2 Čelična rasponska konstrukcija

Glavnu nosivu konstrukciju čini složeni sustav čeličnih lučnih sklopova gdje je u prijenos glavnih sila uključen luk i konstrukcija kolnika. Lučni i gredni dio sastavlja se u složenu konstrukciju pomoću kosih štapova. Pri tome se luk uvijek nalazi povrh grednog nosača. Raspon luka je 65,95 m, a strelica 11,00 m, pa je odnos strelice i raspona 1/6. Lukovi imaju sandučasti poprečni presjek. Visina hrpta luka je konstantna dimenzija 135 cm, a širina pojasnice 60 cm. Razmak lučnih nosača je promjenjiv. Na kontaktu sa kolničkom konstrukcijom razmak je 8,50 m, a u tjemenu luka je 5,00 m. Debljina hrpta je 12 mm, a pojasnice 25 mm. Čeličnu rasponsku konstrukciju pomosta čine dva punostijena limena nosača na međusobnom razmaku od 8,50 m sa ortotropnom kolničkom pločom, konstantne visine. Širina kolnika iznosi 6,40 m, a širina uzdignutih pješačkih staza po 2,50 m obostrano, tako da je ukupna širina između ograda 11,40 m, odnosno do ruba vijenca 11,80 m. Ukupna širina lima kolničke ploče iznosi 10,80, od toga na pješačke staze otpada 2 x 2,70 m, a na kolnik 6,40 m. Raspon poprečnih nosača između hrptova iznosi 8,50 m. Debljina kolničkog lima i rubnjaka iznosi 14 mm, dok je lim pješačke staze debljine 12 mm. Kolnički lim ukrućen je otvorenim ukrućenjima 200 x 12 mm na međusobnom razmaku 300 mm. Uzdužna ukrućenja prolaze kontinuirano kroz hrptove poprečnih nosača, predviđenih na međusobnom razmaku od 1,69 m. Poprečni nosači se sastoje od hrpta 668 x 12 mm i donjeg pojasa 200 x 20 mm, dok gornji pojas predstavlja kolnički lim. Hrptovi glavnih nosača su konstantne visine 885 mm (lijevi nosač) odnosno 924 (desni nosač) i konstantne debljine 12 mm. Donji pojasevi su konstantne širine 500 mm i debljine 300 mm. Praktično kompletni čelični materijal je kvalitete Č 0562. Montažni sustavi lučnih nosača, hrptova i donjeg pojasa glavnih nosača i poprečnih nosača pričvršćeni su sa prednapetim VCV vijcima kvalitete 10.9, a poprečni i uzdužni sastavi lima ortotropne ploče gornjeg pojasa i montažni sustavi uzdužnih ukrućenja ortotropne ploče zavarima.





Slika 118. Čelična rasponska konstrukcija



Slika 119. Vidljiva hrđa na poprečnim nosačima i oštećenje boje.

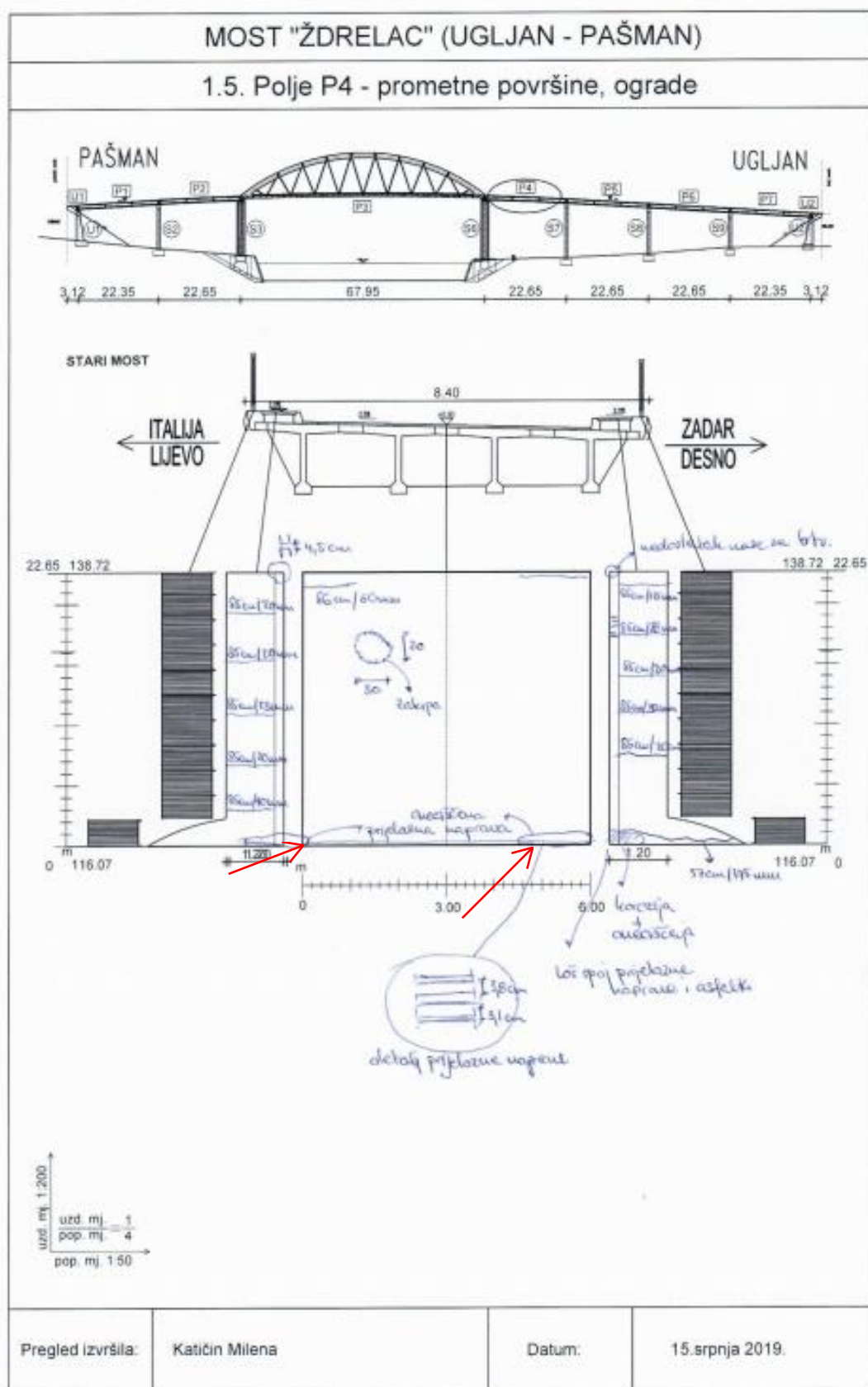


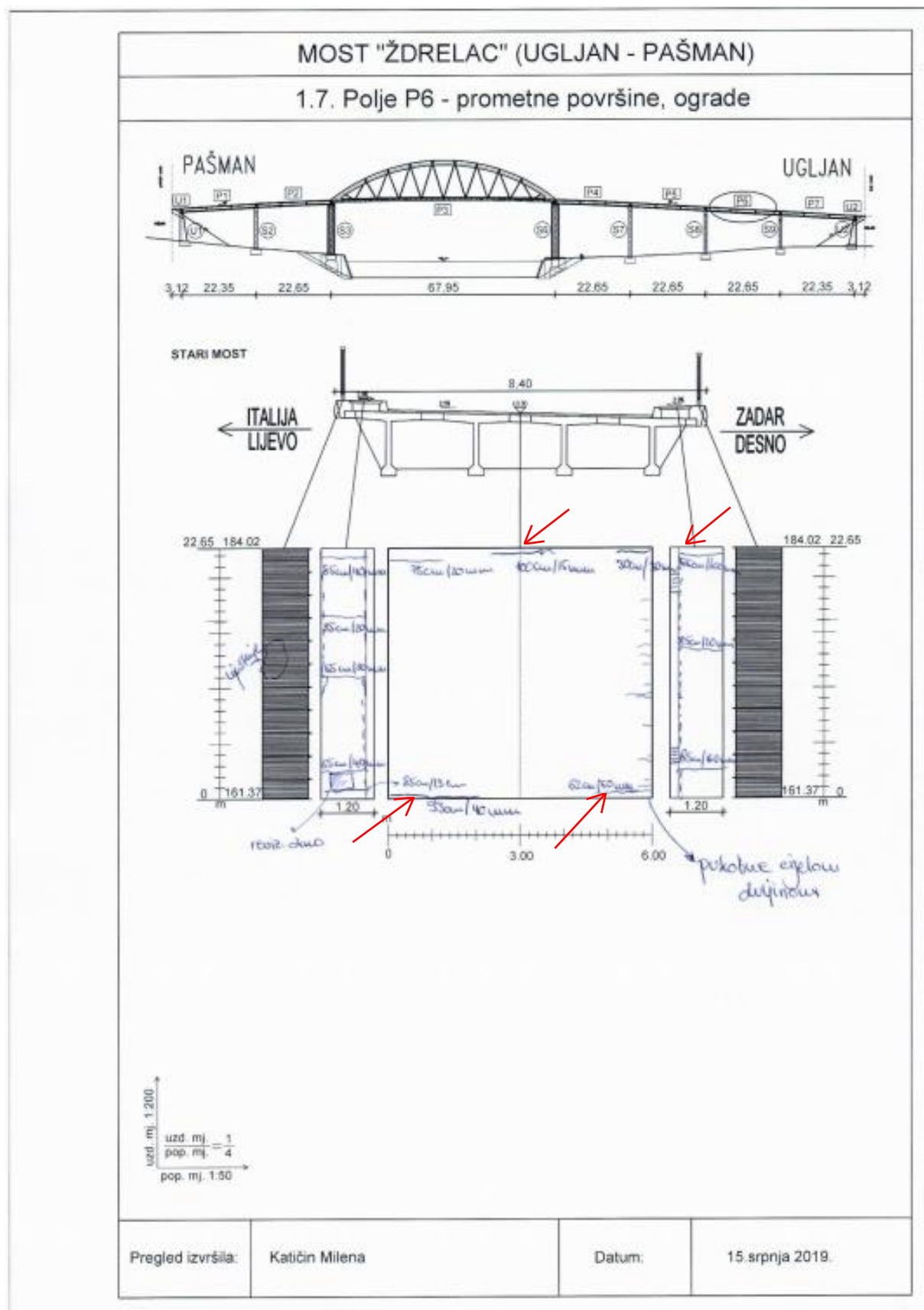
Slika 120. Grafiti na lukovima

Na rasponskom sklopu ne vide se neka značajnija oštećenja koja bi dovela do otkazivanja konstrukcije.. Čelična konstrukcija je u jako dobrom stanju, osim pojave hrđe na nekim mjestima i oštećenja boje pa s tim i antikorozivne zaštite zbog zapinjanja jarbola jedrilica u nju (Slika 119.), što ne utječe na njenu funkcionalnost. Na lukovima nema značajnijih oštećenja, osim grafita (Slika 120.), kao ni na čeličnim zategama.

4.2.3.2. *Prijelazne/ dilatacijske naprave*

Na osnovu predviđenih pomaka te temperaturnih promjena postojeće betonske i novo-umetnute čelične konstrukcije, ugrađene su uobičajene vodonepropusne prijelazne naprave D-160 na stupu S3 (pomični ležajevi), a D - 80 na stupu S6 (fiksni ležajevi). Prijelazne naprave su prije ugradnje imale Hrvatsko tehničko dopuštenje za ugradnju na most. Ugradnja naprave trebala je biti kvalitetna, tako da bude funkcionalna, trajna, vodonepropusna i što manje primjetna u vožnji. Ugradnja je obavljena pod stručnim nadzorom proizvođača naprave.







Slika 121. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stupanj oštećenja S2.



Slika 122. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stupanj oštećenja S2.



Slika 123. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stup. oštećenja S2.



Slika 124. Loše riješen detalj dilatacije na pješačkoj stazi. Stupanj oštećenja S3.



Slika 125. Loše izveden spoj prijelazne naprave i hodnika. Stupanj oštećenja S3.

Elastomerne prijelazne naprave između stare betonske konstrukcije i nove čelične rasponske konstrukcije su neodržavane, onečišćene i započet je proces korozije (Slika 121., 122. i 123.). Zbog loše izvedbe na spoju s hodnikom izgubile su projektirana svojstva vodonepropusnosti (Slika 124.). Omogućuju prodor vode s kolnika na naglavnice stupova, čime dolazi do degradacije betona naglavnica i procurivanja vode na stupove mosta. Na asfaltu su vidljive pukotine uzduž prijelazne naprave (Slika 123.). Otvor reške dilatacijske naprave od cca. 5 cm je unutar projektom predviđenih vrijednosti.



Slika 126. Propusnost bitumenske dilatacijske naprave. Stupanj oštećenja S3.



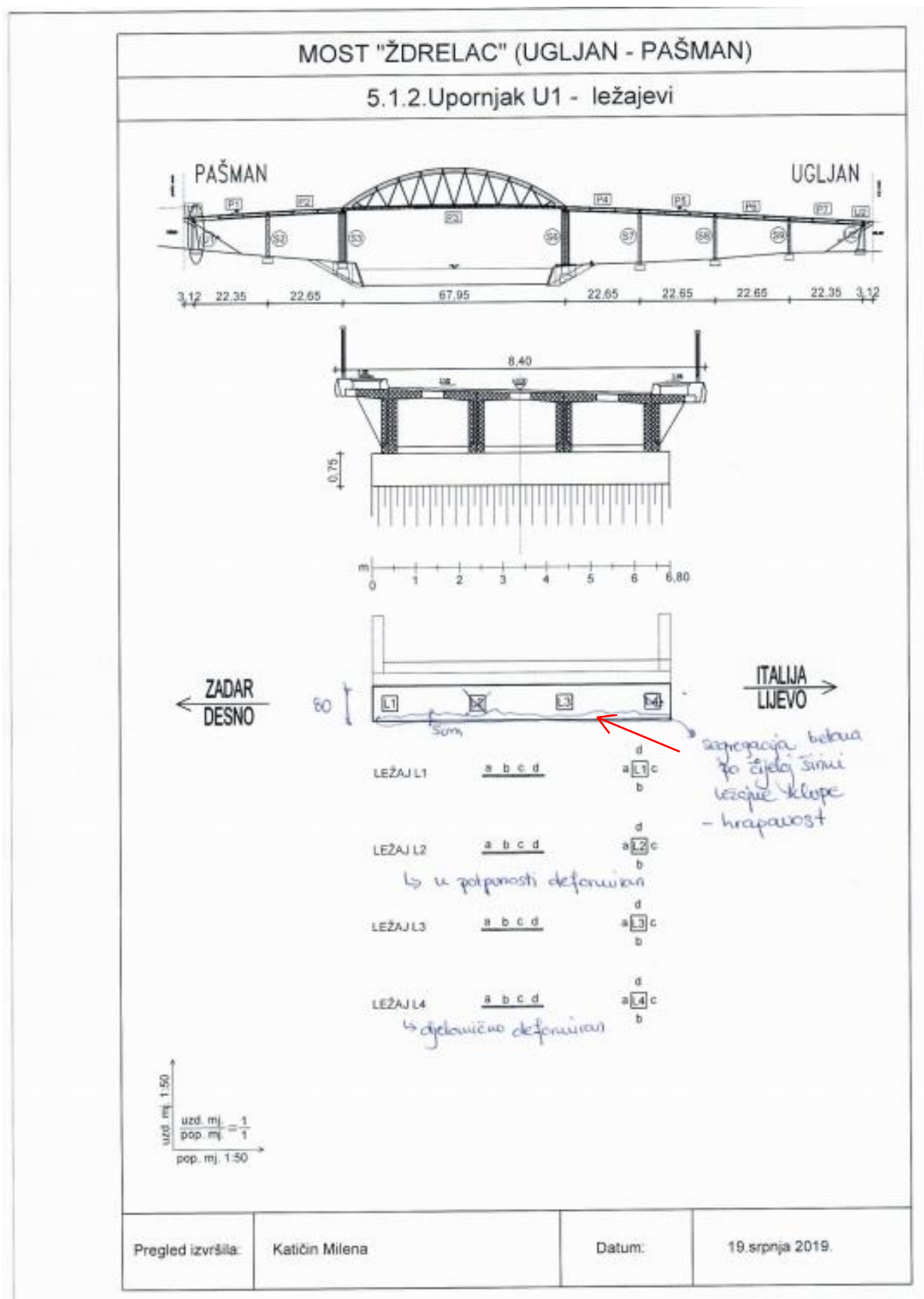
Slika 127. Propusnost bitumenske dilatacijske naprave. Stupanj oštećenja S3.

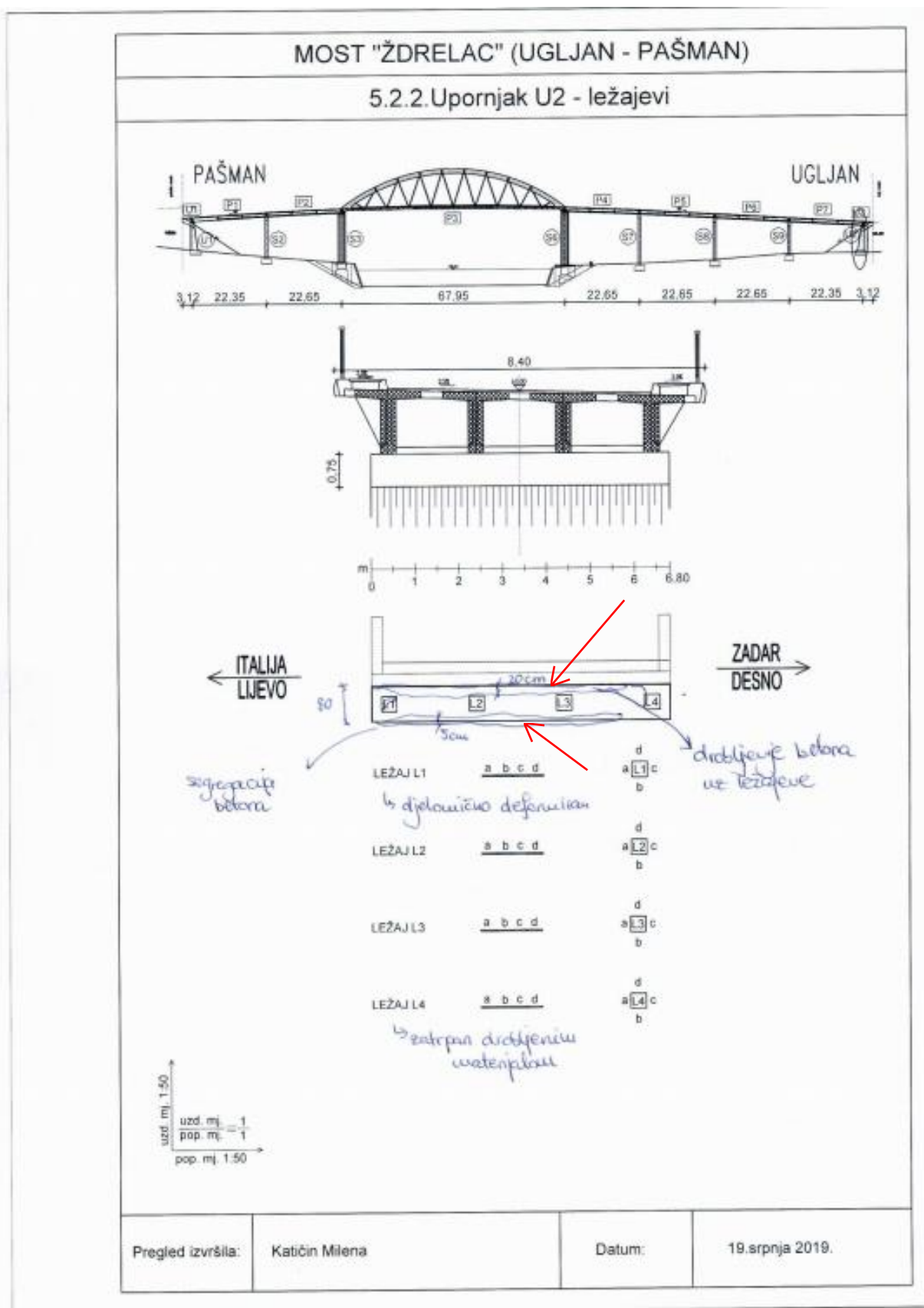
Na mjestima bitumenskih dilatacijskih naprava vidljive su pukotine asfalta na kolničkoj konstrukciji. Kod njih je uočljiva velika propusnost vode koja se dalje procjeđuje u rasponski sklop i uzrokuje oštećenja na donjem ustroju mosta. Propusnost bitumenske dilatacijske naprave vidljiva je na svakom od mjesta ugradnje (Slika 126. i 127.).

4.2.3.3. *Ležajevi*

Svaki glavni nosač čelične rasponske konstrukcije oslanja se na dva elastomerna ležaja, tako da su na svakom portalnom stupu postavljena po dva ležaja, dimenzija 400 x 500 x 114 mm. Visine ležaja usklađene su s očekivanim pomacima izazvanim sa promjenama temperature, kao i djelovanjem vodoravnih sila izazvanih kočenjem, vjetrom i potresom. Da se omogući nesmetan rad nove čelične konstrukcije na stupu S6 u uzdužnom smjeru su fiksni ležajevi, a na stupu S3 su pomični u uzdužnom smjeru. Omogućeno je i poprečno dilatiranje rasponskog sklopa, te je jedan od ležajeva na svakom osloncu pomican u poprečnom smjeru. Ležajevi su se postavljali na podložne kvadere čija je površina morala biti idealno vodoravna, a visine su se morale odrediti preciznim niveliranjem. Izmjena ležajeva izvršila se odizanjem rasponskog sklopa hidrauličkim prešama.

Ležajevi predgotovljenih ab nosača su elastomerni i nedostupni za pregled zbog visine stupova, pa je izvršen samo pregled ležajeva na upornjacima.







Slika 128. Hrapavost ležajne klupe na upornjaku U2. Stupanj oštećenja S3.



Slika 129. Drobljenje betona uz ležaj na upornjaku U2. Stupanj oštećenja S2.



Slika 130. Oštećenja konstrukcije neposredno uz ležaj na upornjaku U1. Stupanj oštećenja S3.



Slika 131. Elastomerni ležaj upornjaka U1 u potpunosti deformiran. Nosač je praktički oslonjen na beton. Stupanj oštećenja S4.

Elastomerni ležaji nisu baš u dobrom stanju, vidljiva je deformiranost ležajeva (Slika 131.). Vidljiva je i hrapavost ležajne klupe što utječe na prionjivost samih ležaja (Slika 128.). Ležajevi i ležajne klupe su izloženi vlaženju uslijed propusnosti bitumenskih prijelaznih naprava. U okolini ležajeva betonska konstrukcija je u lošem stanju. Vidljiva je delaminacija, korozija armature i mrvljenje betona (Slika 130.).

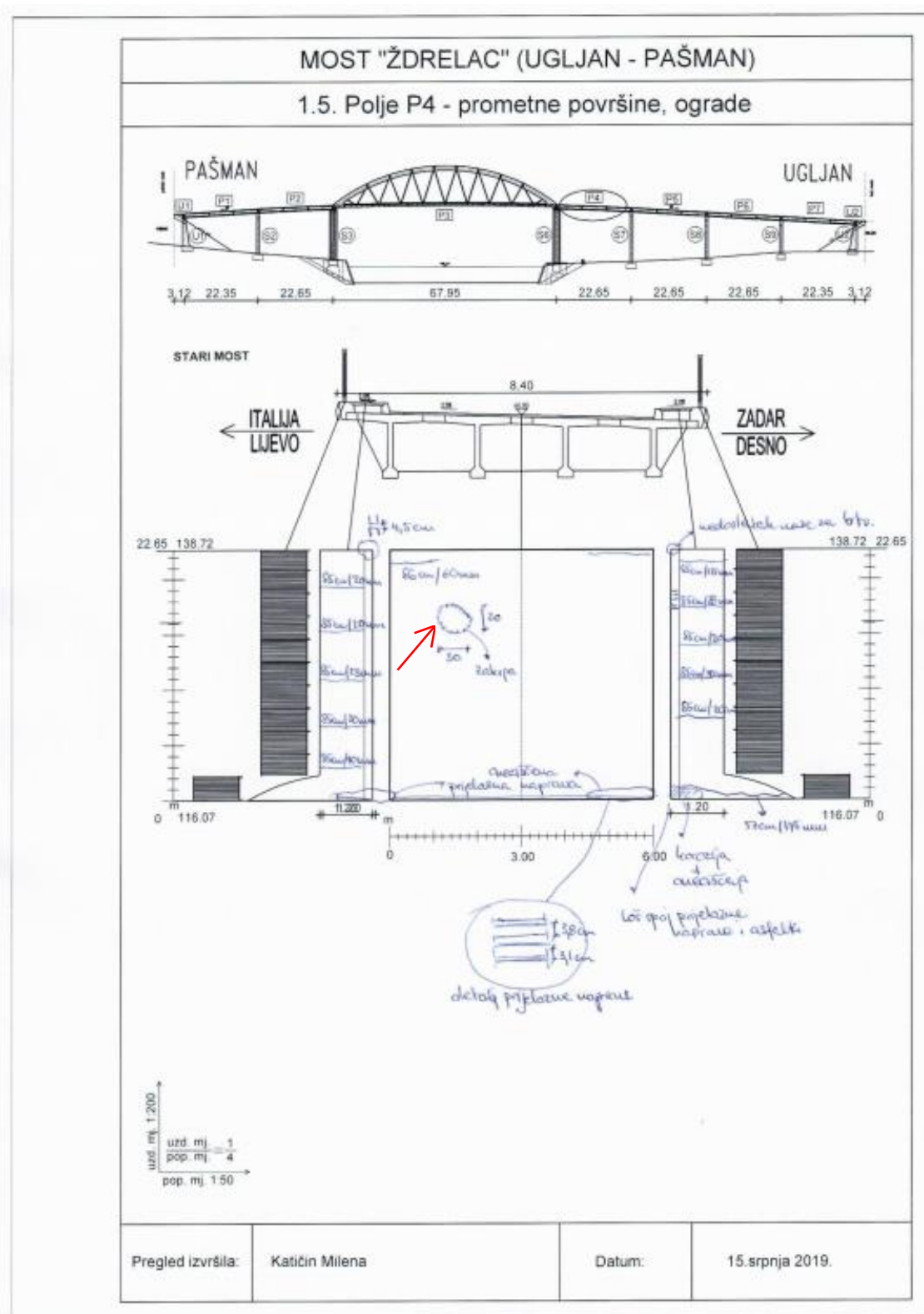
4.2.4. Oprema mosta

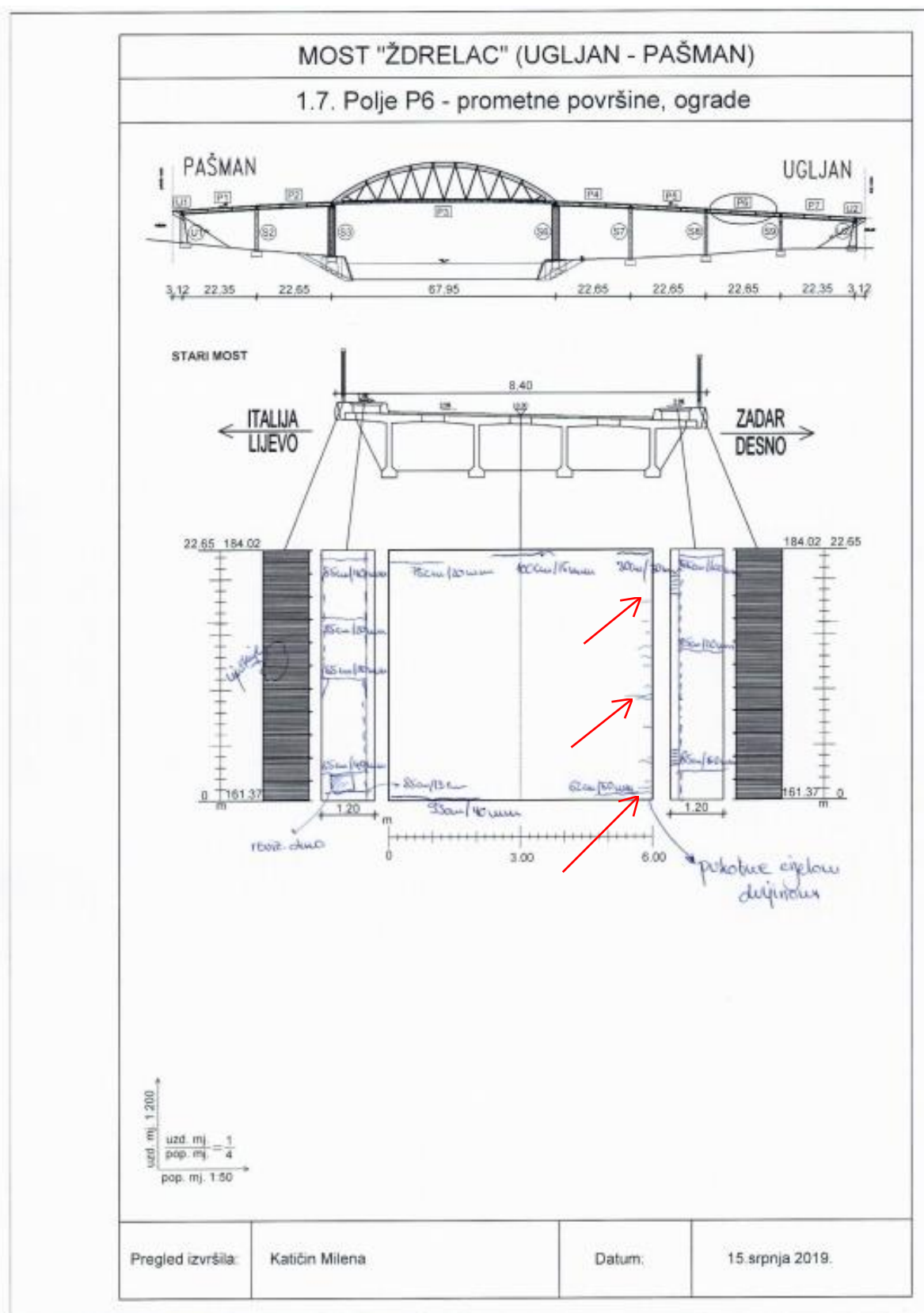
4.2.4.1. Kolnik i pješački hodnici

4.2.4.1.1 Kolnik

Kolnički zastor izveden je od dva sloja asfaltnog betona, od kojih je jedan zaštitni sloj asfaltbetona AB-8 debljine 3,5 cm te habajući sloj splitmastiksasfalta SMA 11 debljine 3,5 cm, tako da je ukupna debljina 7,0 cm.

Smjer pregleda kolnika je od istoka prema zapadu. Važno je napomenuti da su prikazana oštećenja reprezentativna za cijelu površinu kolnika.







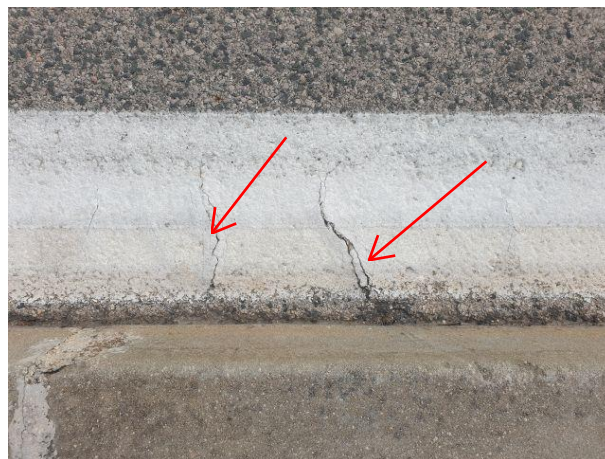
Slika 132. Identifikacija mosta Ždrelac



Slika 133. Kolnik



**Slika 134. „Zakrpa“ asfalta kolnika.
Stupanj oštećenja S2.**



**Slika 135. Oštećenje kolničke konstrukcije
u obliku pojedinačnih pukotina. Stupanj
oštećenja S3.**

Asfaltni zastor je u dobrom stanju (Slika 133.), nema većih pukotina, osim na spoju s rubnjacima (Slika 135.) i na mjestima dilatacijskih napravi (Slika 129.). Kod njih je uočljiva velika propusnost vode koja se dalje procjeđuje u rasponski sklop i uzrokuje oštećenja na donjem ustroju mosta. Propusnost bitumenske prijelazne naprave vidljiva je na svakom od mjesta ugradnje. Vidljivo je i par „zakrpa“ na asfaltnom zastoru (Slika 134.).



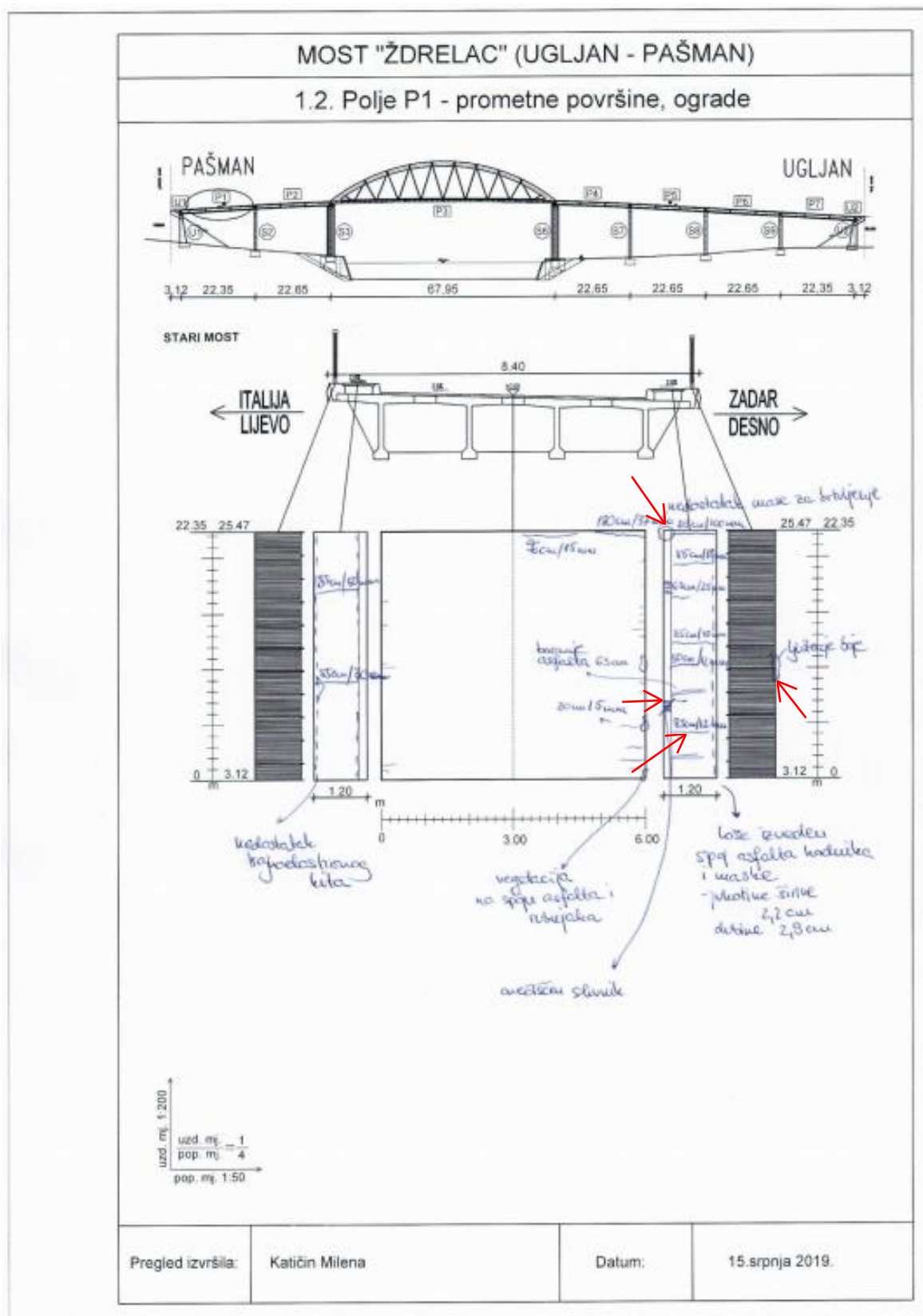
Slika 136. Vegetacija na rubu asfaltnog sloja i rubnjaka. Stupanj oštećenja S2.

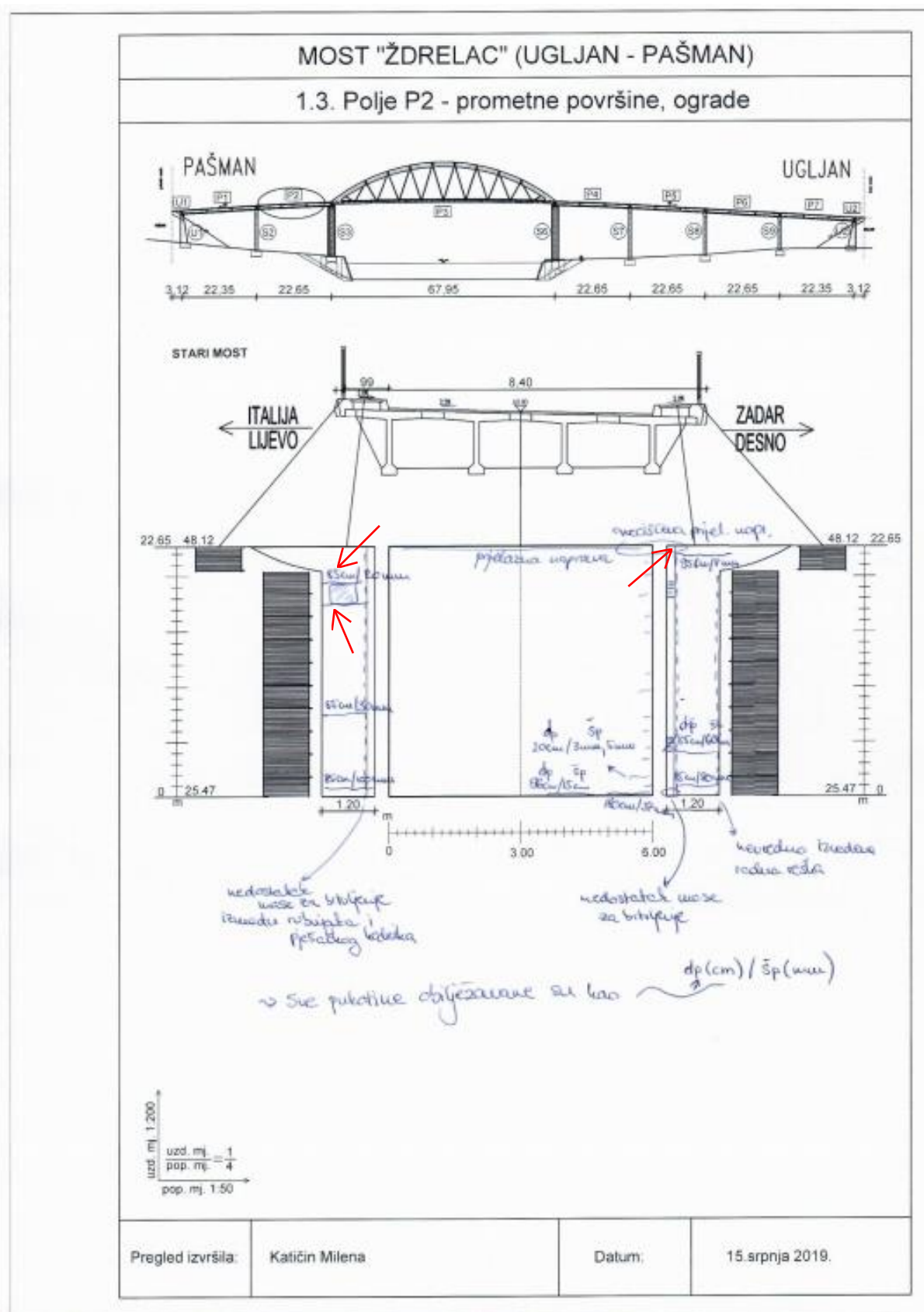


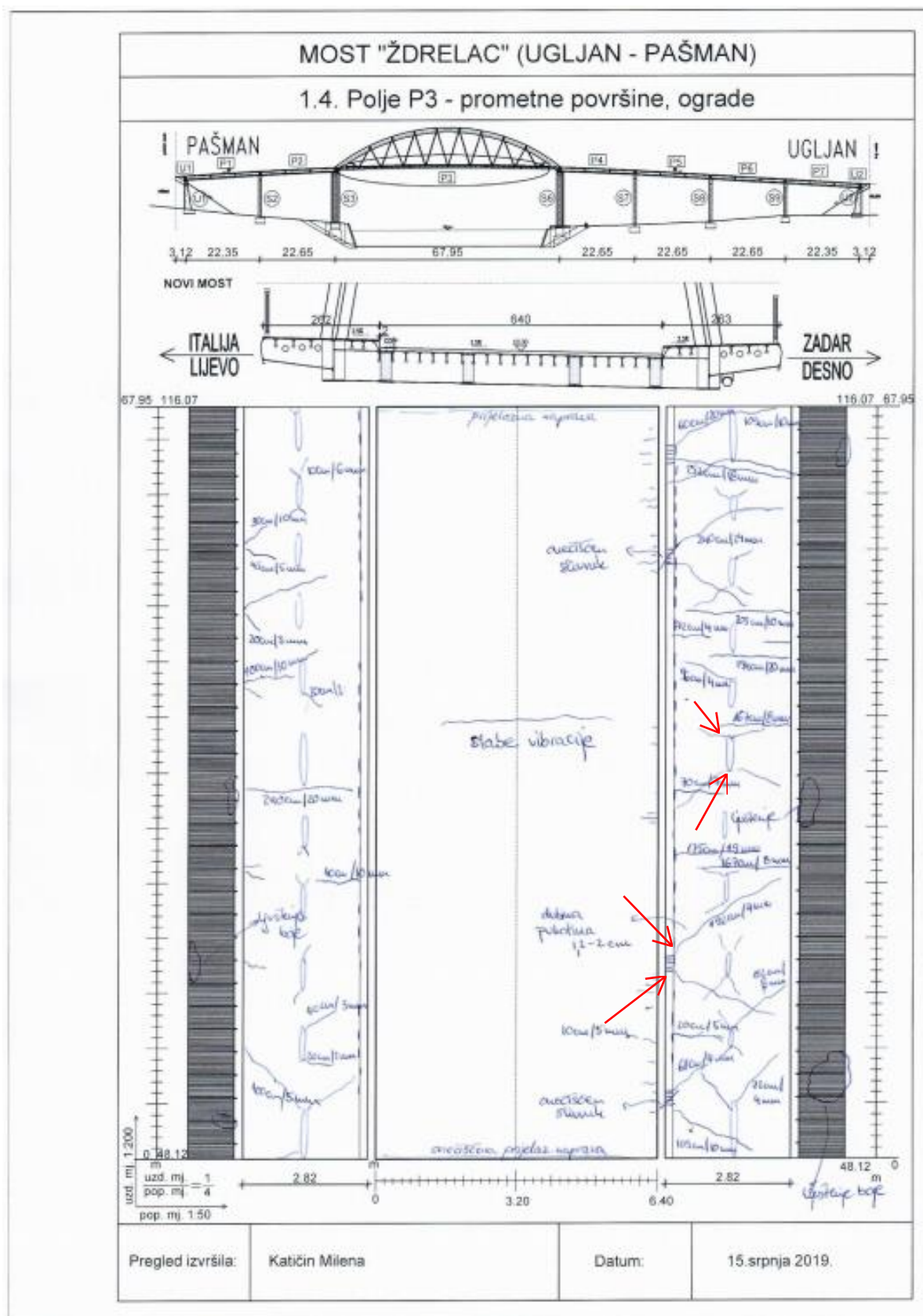
Slika 137. Spoj asfaltnog sloja i rubnjaka. Pojedinačne pukotine na spoju. Stupanj oštećenja S2.

Na kolniku, uz rubnjake vidljive su nečistoće, pojedinačne pukotine i na tim dijelovima kolnika raste mahovina i trava (Slika 136. i 137.).

4.2.4.1.2 Pješački hodnik











Slika 138. Pješački hodnik. Stupanj oštećenja S4.



Slika 139. Pukotina na asfaltnom zastoru. Stupanj oštećenja S4.



Slika 140. Pukotina u blizini prijelazne naprave. Stupanj oštećenja S4.



Slika 141. Pukotina na spoju montažnih ploča. Stupanj oštećenja S4.



Slika 142. Pukotine uz revizijska okna. Stupanj oštećenja S4.



Slika 143. Oštećenje pješačkog hodnika u obliku boranja. Stupanj oštećenja S3.



Slika 144. Pukotine uz slivnik. Stupanj oštećenja S4.



Slika 145. Pukotina uz slivnik. Stupanj oštećenja S4.



Slika 146. Pukotine uz vješaljke glavnog nosača. Stupanj oštećenja S4.



Slika 147. Loše izveden spoj asfalta i prijelazne naprave. Stupanj oštećenja S4.



Slika 148. Drveni podmetači ispod betonskih ploča. Stupanj oštećenja S4.



Slika 149. Drveni podmetači. Stupanj oštećenja S4.

Pješački hodnik je u lošem stanju, ispucan i neravan (Slika 138.). Izveden je od montažnih betonskih ploča, preliivenih slojem asfalta. Na pojedinim mjestima međusobnog kontakta ploča i rubnjaka uočena je propusnost uslijed odvajanja ili ispucanosti ploča, što uzrokuje daljnje procjeđivanje vode u rasponski sklop (Slika 141.). Na svim mjestima dilatacija iznad stupišta asfalt je ispucao i reške su neuredne što omogućuje prodor vode u donji ustroj (Slika 136.). Na čeličnoj rasponskoj konstrukciji, uz svaki slivnik, sva revizijska okna i svaki spoj glavnog nosača s asfaltom dolazi do pukotina (Slika 142., 144. i 145.). Zbog visinske razlike podmetnuti su drveni ulošci ispod betonskih ploča, koji su nezaštićeni i u potpunosti truli (Slika 148. i 149.). Na pješačkom hodniku vidljiva su i oštećenja u obliku kolotruga, uzrokovana puzanjem i skupljanjem uslijed temperaturnih promjena (Slika 143.), i na svim spojevima čeličnih zategi (vješaljki) s ortotropnom čeličnom pločom vidljive su pukotine duge i po nekoliko metara (Slika 144.).

4.2.4.2. *Pješačka ograda*

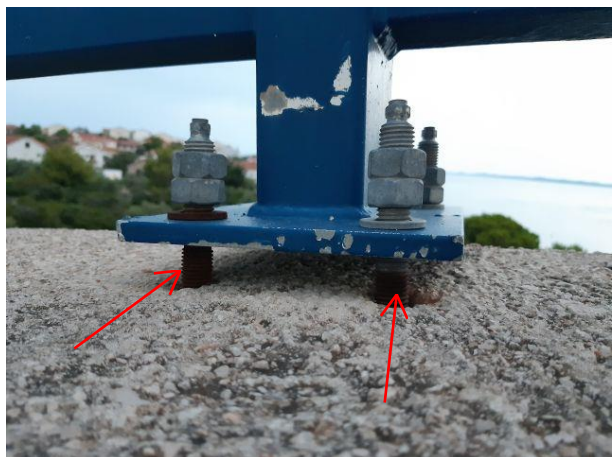
Hodnik, odnosno nužni prolaz za pješake na vanjskoj strani vijadukta zaštićen je čeličnom ogradom s prečkama od hladno oblikovanih profila. Visina ograde je 1,10 m. Ograda je klasična, racionalna s horizontalnim prečkama i vertikalnim masivnim stupcima na razmaku od oko 1,95 m. Svi su elementi od međusobno zavarenih kvadratičnih cijevi. Ograda je podijeljena u samostalne dilatacijske cjeline, s adekvatnim rješenjima na mjestu dilatacije. Stupci ograde su vertikalni u prostoru, a prečke prate tlocrtni i visinski položaj nivelete. Svi dijelovi ograde su vruće pocinčani ($t = 120 \mu\text{m}$) i obojani završnom plavom bojom.



Slika 150. Raslinje uz ogradu. Stupanj oštećenja S1.



Slika 151. Nedostajanje pričvršćenja ograde. Stupanj oštećenja S3.



Slika 152. Loše izveden spoj ograde s betonom. Stupanj oštećenja S2.



Slika 153. Ljuštenje boje. Stupanj oštećenja S2.



Slika 154. Pukotine u asfaltu uz ogradu

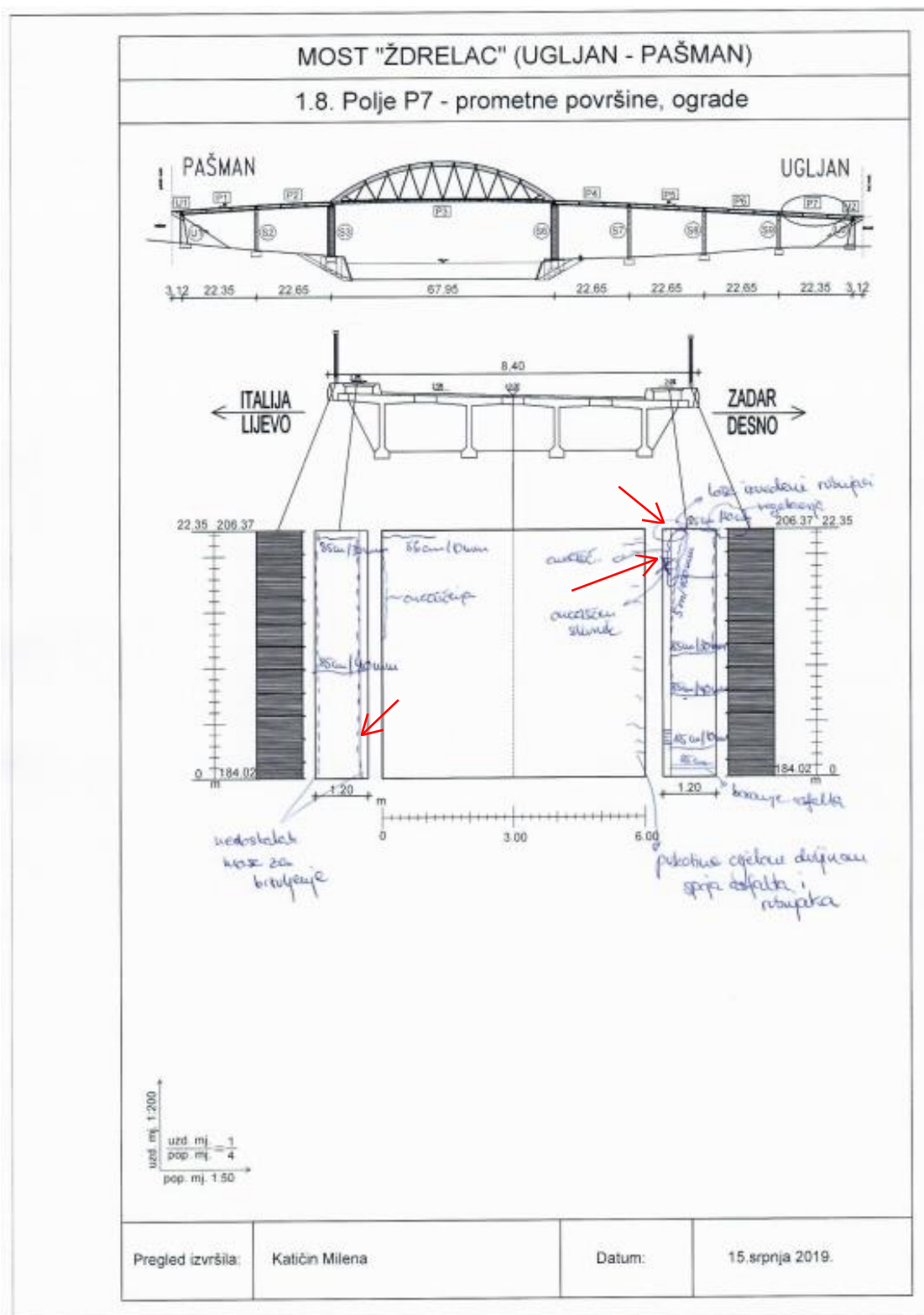


Slika 155. Pukotine u asfaltu oko ograde

Pješačka ograda je u dobrom stanju. Na nekim mjestima pričvršćenja ograde u sklop je vidljivo odlamanje betona (Slika 151.) kao i širenje pukotina kroz asfalt pješačkog hodnika (Slika 154. i 155.). Mjestimice ograda odstupa od ravnosti (Slika 152.), a vidljivo je i ljuštenje boje (Slika 153.). S istočne strane mosta, na dionici ceste do upornjaka, ograda je obrasla raslinjem, što vizualno nagrđuje sam prilaz mostu (Slika 150.).

4.2.4.3. *Ostala oštećenja*

4.2.4.3.1 Granitni rubnjaci





Slika 156. Oštećenja montažnih rubnjaka pješačkih hodnika. Stupanj oštećenja S3.



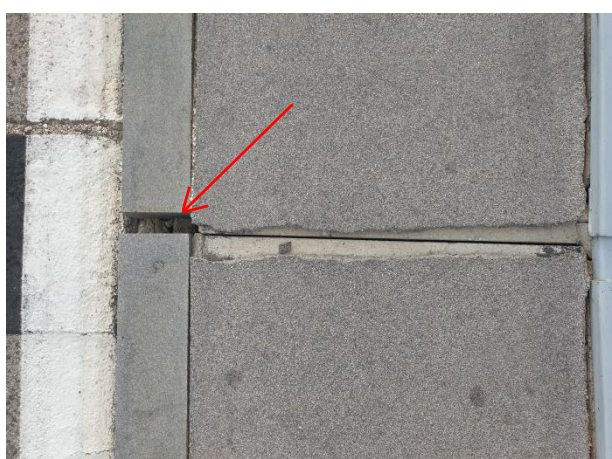
Slika 157. Loše postavljene rubnjake u krivini. Stupanj oštećenja S4.



Slika 158. Nedostajanje mase za brtvljenje između rubnjaka. Stupanj oštećenja S4.



Slika 159. Loše postavljene rubnjake. Stupanj oštećenja S4.



Slika 160. Nedostajanje mase za brtvljenje između montažnih el. pješačke staze. Stupanj oštećenja S3.



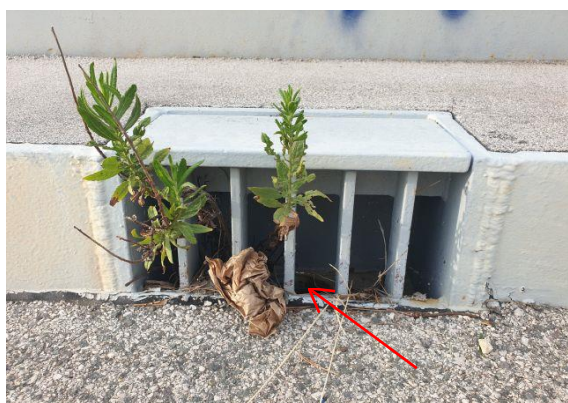
Slika 161. Propadanje mase za brtvljenje između asfalta hodnika i rubnjaka. Stupanj oštećenja S3.

Rubnjaci su općenito loše izvedeni. Ne prate liniju pješačkog hodnika u krivinama te pritom dolazi do odlamanja betona (Slika 156. i 157.). Reška između rubnjaka i hodnika od cca. 5 – 10 cm je zapunjena smećem i na tim dijelovima raste trava (Slika 159.). Trajnoelastični kit koji povezuje rubnjake je dotrajavao i u potpunosti degradiran (Slika 158. i 160.), posebice na mjestima dilatacija iznad stupa, pa voda prodire u donji ustroj. Brtvena masa između rubnjaka i pješačkog hodnika je loše izvedena ili je uopće nema (Slika 161.).

4.2.4.3.2 Odvodnja

Slivnici su ugrađeni na približno svakih cca. 17,0 m na nižoj strani kolnika. Iz slivnika se voda direktno ispušta u teren. Način odvodnje sukladan je postojećem rješenju na mostu, a u skladu s okolnostima na terenu.

Slivnici su u dobrom stanju, osim na nekim mjestima gdje je vidljivo neodržavanje. Na tim mjestima slivnici su začepljeni vegetacijom (Slika 162.) ili kamenim materijalom (Slika 163. i 165.) što onemogućuje odvodnju vode sa kolnika i uzrokuje zadržavanje nečistoća na kolniku.



Slika 162. Vegetacija u slivniku. Stupanj oštećenja S2.



Slika 163. Slivnik zapunjen kamenjem. Stupanj oštećenja S2.

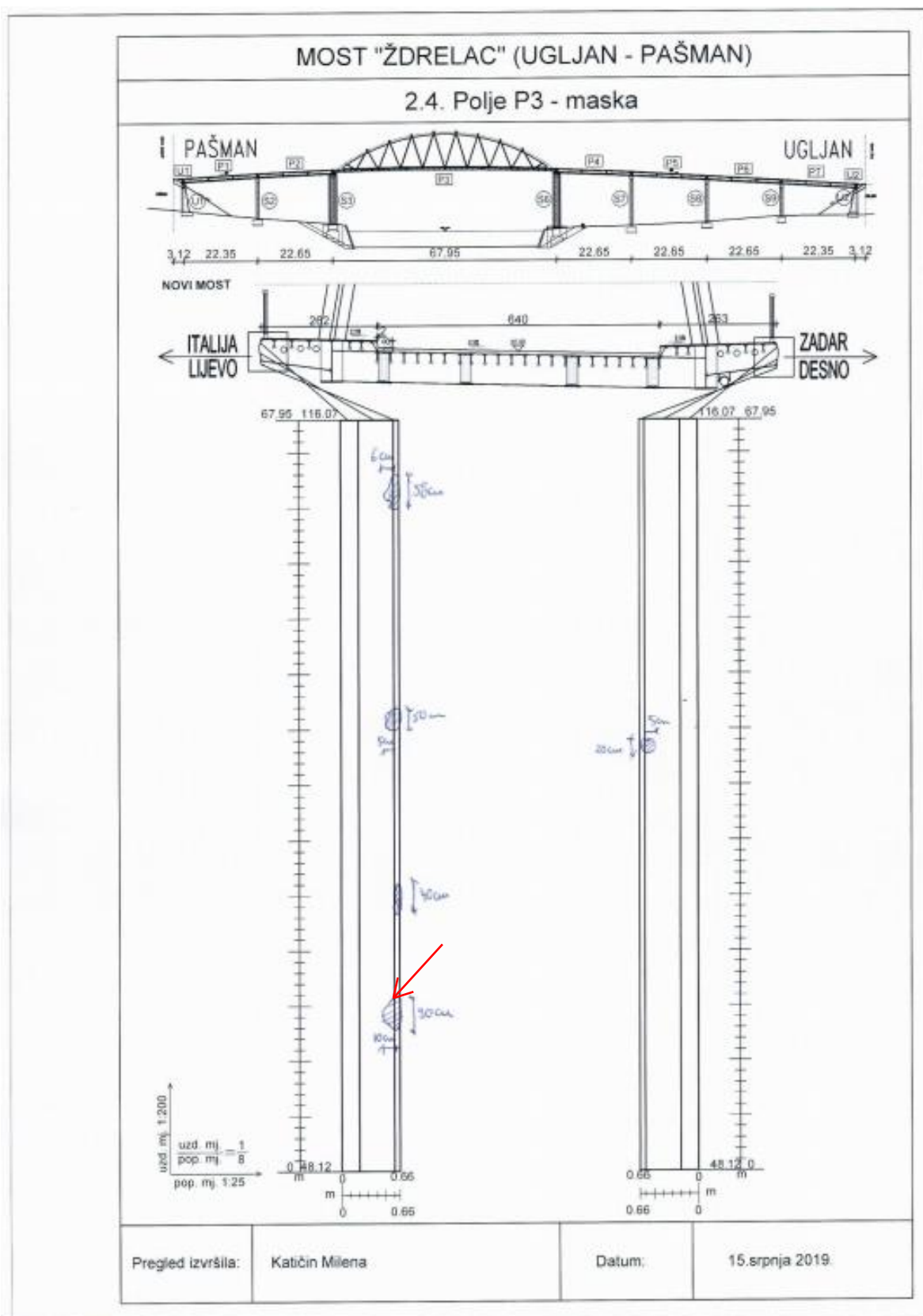


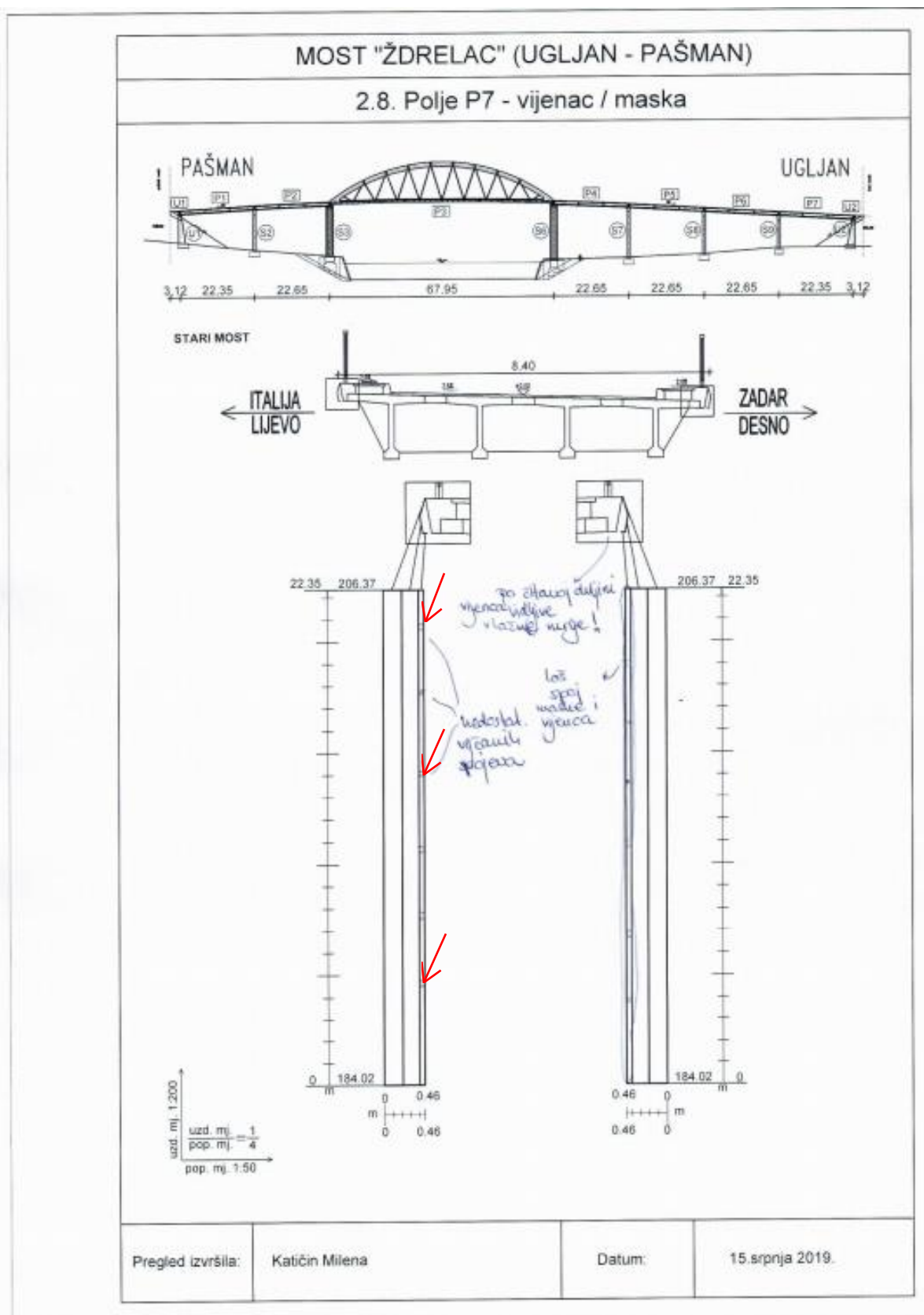
Slika 164. Osinjak u odvodnoj cijevi. Stupanj oštećenja S4.



Slika 165. Oštećenje odvodne cijevi. Stupanj oštećenja S5.

4.2.4.3.3 Vijenac / maska







Slika 166. Korozija maske. Stupanj oštećenja S3.



Slika 167. Odlamanje betona na mjestu stare ograde uzrokovano korozijom. Stupanj oštećenja S3.



Slika 168. Eflorescencija uzrokovana curenjem vode s pješačkog hodnika. Stupanj oštećenja S3.



Slika 169. Odstupanje maske od ravnosti zbog loših ili nedostajućih vijčanih spojeva. Stupanj oštećenja S2.



Slika 170. Loše izvedeni vijčani spojevi maske. Stupanj oštećenja S2.



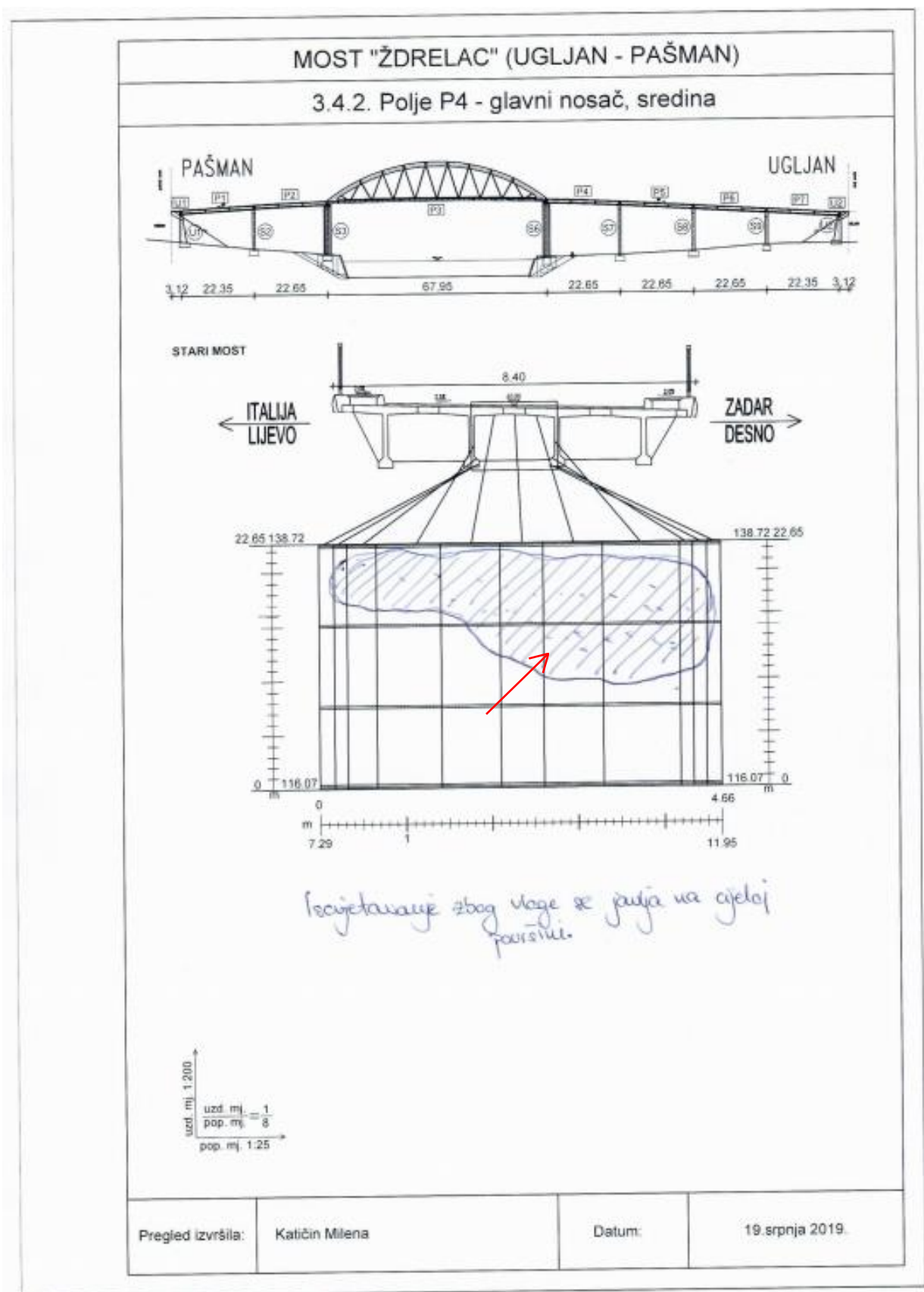
Slika 171. Curenje vode. Stupanj oštećenja S2.

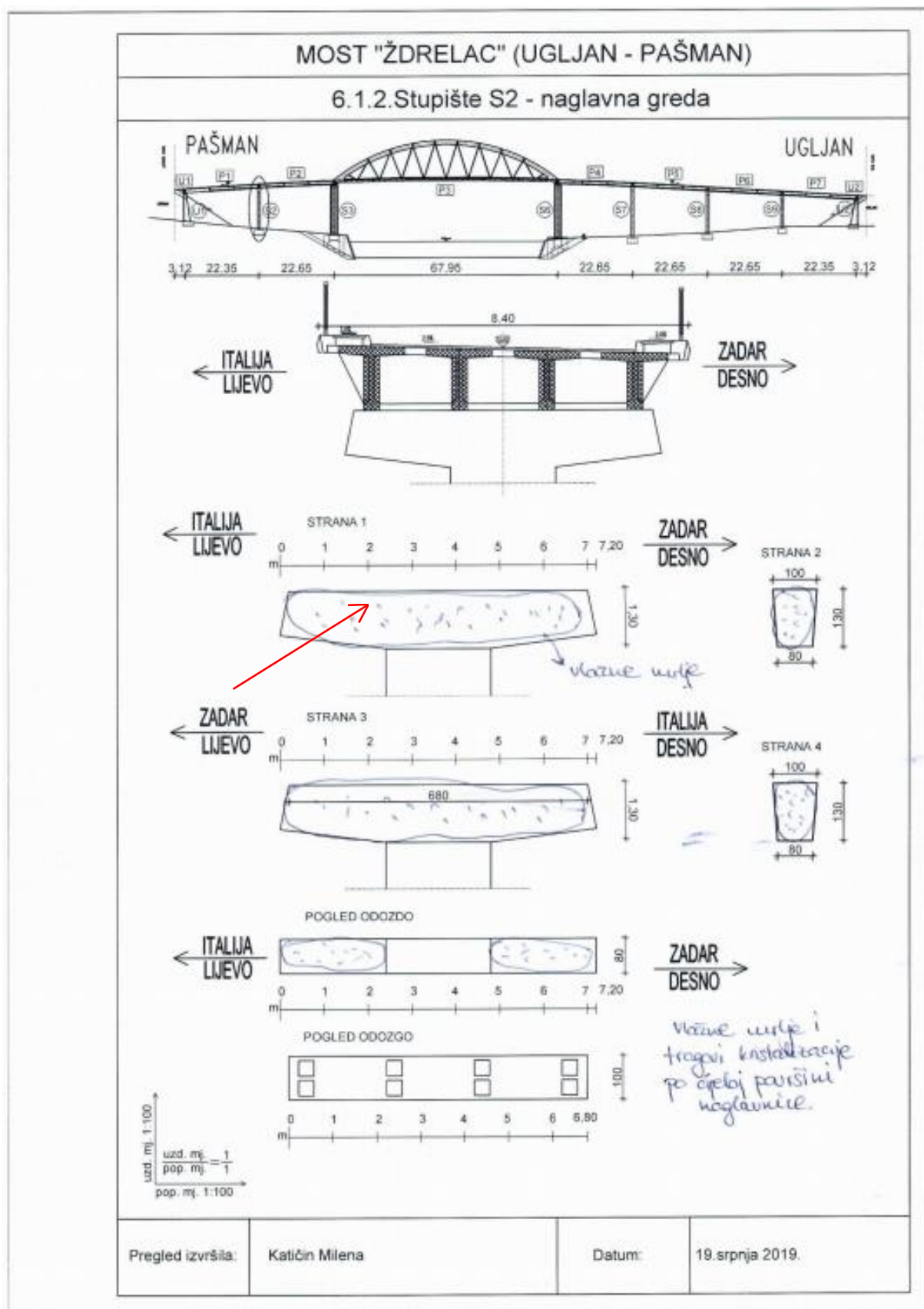
Vijenac je na cijeloj duljini mosta prekriven čeličnom maskom koja je, osim vidljivih znakova slabljenja antikorozivne zaštite i uznapredovale korozije (Slika 166.), u dobrom stanju. Unatoč tome što nije dobro učvršćen u rasponsku konstrukciju (Slika 170. i 169.), kao ni međusobno dobro povezan, i dalje služi svojoj svrsi. Problematičniji je betonski vijenac na starom dijelu mosta, koji je vidljiv samo gledajući s donjeg ustroja prema gore. Vidljivi su znakovi degradacije i odlamanja betona, posebice na mjestima gdje je prije bila pričvršćena stara ograda (Slika 167.). Vidljiva je i eflorescencija vijenca uzrokovana curenjem vode iz gornjeg ustroja (Slika 168. i 171.).

4.2.4.3.4 Hidroizolacija

Za hidroizolaciju kolničke ploče, korištena je jednoslojna hidroizolacija iz zavarenih bitumenskih traka debljine 5 mm, na sloju epoksidnog premaza. Hidroizolacija od zavarenih bitumenskih traka postavljena je po cijeloj širini kolničke ploče. Plohe stupa koje su u dodiru s tlom hidroizolirane su bezbojnim vodonepropusnim premazima na bazi polimera koji penetriraju u unutrašnjost betona.

U nastavku su podloge s prikazanim oštećenjima hidroizolacije, koje dovode do degradacije betona donjeg ustroja, te fotodokumentacija s karakterističnim oštećenjima.







Slika 172. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S3.



Slika 173. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S3.



Slika 174. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S4.



Slika 175. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S4.

Hidroizolacija na starom betonskom dijelu mosta je u lošem stanju. Vidljivi su tragovi procjeđivanja vode u svim poljima (Slika 172. i 173.), kao i nad stupovima gdje se beton naglavnica uslijed vlaženja degradira (Slika 174. i 175.).

4.2.4.3.5 Prometni znakovi

Prometni znakovi su u dobrom stanju. Na početku i kraju mosta postavljeni su znakovi koji identificiraju most Ždrelac (Slika 176.), a na sredini čelične rasponske konstrukcije na ogradu su zakačeni znakovi koji nautičarima definiraju visinu slobodnog profila mosta (Slika 177.).



Slika 176. Identifikacija mosta Ždrelac



Slika 177. Znakovi koji definiraju visinu slobodnog profila.

4.2.4.3.6 Svjetlosna signalizacija i rasvjeta

Svjetlosna signalizacija na gornjem ustroju mosta ne postoji, a na donjem ustroju, na stupovima mosta postavljeno je osvjetljenje koje nije u funkciji. Kablovi su pokidani ili u potpunosti nedostaju (Slika 178. i 180.), a ormarić za struju na stupu S8 je u potpunosti nefunkcionalan (Slika 179.).



Slika 178. Nedostajanje strujnih kablova na stupu S8. Stupanj oštećenja S5.



Slika 179. Nefunkcionalan strujni ormarić na stupu S8. Stupanj oštećenja S5.



Slika 180. Pokidani strujni kablovi. Stupanj oštećenja S5.

4.2.4.3.7 Instalacije

Instalacije su na mostu Ždrelac koji povezuje otoke Ugljan i Pašman provedene na način da se strujni kablovi vode preko glavnog čeličnog rasponskog sklopa s lijeve donje strane gledajući smjer Pašman – Ugljan, postavljene uz čunjeve upornjaka na ugljanskoj i na pašmanskoj strani. Izradom nove čelične konstrukcije vodovodna cijev Ø 350 ostaje vođena na isti način kao na starom dijelu objekta između stupišta S3 i S6. Vješanje cijevi o konzolni nosač ploče izvršeno je na uobičajen način na razmaku oko 1,5 m. Cijev je bočno pridržana za glavne nosače na razmacima od oko 4,5 m. Svi čelični elementi za vješanje i bočno učvršćenje cijevi su vruće pocinčani ($t = 120 \mu\text{m}$). Cijevi za vodu udovoljavaju svim tehničkim zahtjevima. Spojevi elementa su vodonepropusni i omogućavaju postizanje zahtijevane zakrivljenosti cjevovoda. Na mjestima dilatacija rasponske konstrukcije cijev ima specijalni element koji prati dilatiranje konstrukcije.

Očito je da su vodovodne cijevi ostale na dnu kanala (Slika 181.), što je bilo privremeno rješenje za vrijeme rekonstruiranja mosta i nikad nisu vraćene u prvobitni položaj. Vidljiva su i oštećenja zaštitnih cijevi za strujne kablove na čunjevima oba upornjaka (Slika 182.). Uzemljenje čelične rasponske konstrukcije je van funkcije (Slika 183. i 184.).



Slika 181. Vodovodne cijevi van funkcije.



Slika 182. Oštećenje zaštitne cijevi za strujne kablove na upornjaku U1.



Slika 183. Uništeno uzemljenje konstrukcije na stupu S6.



Slika 184. Uzemljenje na stupu S3 van funkcije.

4.3. Mjerni instrumenti

Vizualni pregled mosta Ždrelac proveden je uz korištenje sljedeće opreme:

- fotoaparat – za foto-dokumentaciju uz oštećenja ucrtana na podlogama mosta
- čekić - za ispitivanje šupljina, posebice uz dilatacijske prijelazne naprave, i na mjestima gdje su vidljive veće pukotine u betonu ili odlamanja betona
- vaser vaga – za pregled ravnosti konstrukcije, kolotragova i boranja kolničke konstrukcije i pješačkog hodnika
- teodolit – korišten je umjesto dalekozora za bolji uvid u stanje oštećenja donjeg ustroja, naglavica stupova, uzdužnih i poprečnih nosača
- građevinski metar - kako bi se omogućio uvid u pojedine dimenzije oštećenja

5. OCJENA STANJA MOSTA ŽDRELAC

5.1. Ocjena stanja konstruktivnih elemenata

Postupci za ocjenu stanja mostova zasnovani su na klasifikaciji oštećenja u nekoliko kategorija koje obuhvaćaju usporedive pojave, kako bi se izvješća i potonje analize ujednačile i svele stanje na određen broj tipova kojima pridružujemo troškovničke stavke postupaka popravaka. Dakle, kategorije oštećenja trebaju ispuniti sljedeće uvjete:

- svaka kategorija treba biti jasno prepoznatljiva prema fizikalnim značajkama procesa dotrajanja i funkcionalnim značajkama vrednovanog elementa konstrukcije,
- svakoj kategoriji treba odgovarati jedan ili više postupaka održavanja ili popravaka mostova [6].

Tablica 5. Kriteriji za ocjenu kod vizualnih pregleda prema HRMOS-u

0	Nema nedostataka
I	Nedostaci u izgledu, koji ne utječu na trajnost i uporabljivost kao npr. neravnine, naglašeni radni spojevi, zacurivanja, udubljenja od zaostale vode ili zraka pri betoniranju itd.
II	Mrežaste pukotine < 0.1 mm, segregacija, manja izluživanja i promjena boje, hrapava površina
III	Pukotine > 0.1 mm, boja hrđe na površini, izluživanja, sige, naslage segregacije, oštećenja radnih i dilatacijskih reški, manja mehanička oštećenja, površinsko ljuštenje do 5 mm
IV	Armatura bez zaštitnog sloja, odvajanje betona od armature, površinski korodirana armatura ili manje smanjenje profila armature, veća mehanička oštećenja, provlaživanja i procurivanja, površinsko ljuštenje > 5 mm
V	Odlamanje većih komada betona, značajnije smanjivanje profila armature ili točkasta korozija

Za svaki dio konstrukcije vizualno je procijenjen postotak udjela pojedinih kategorija oštećenja (Tablica 6.) sukladno kriterijima za ocjenu kod vizualnih pregleda prema HRMOS-u (Tablica 5.).

Tablica 6. Ukupni udjeli (% površine) vizualno utvrđenih nedostataka po konstruktivnim elementima mosta Ždrelac

Konstruktivni element	0	I	II	III	IV	V
1. Prilazi i čunjevi	-	30	40	30	-	-
Donji ustroj						
2. Temelji upornjaka i stupova	-	10	20	40	20	10
3. Upornjaci	-	10	10	30	40	10
4. Stupovi i naglavne grede	-	15	20	50	10	5
Gornji ustroj						
5. Betonska rasponska konstrukcija	-	30	20	40	10	-
6. Čelični rasponski sklop	50	50	-	-	-	-
7. Prijelazne naprave	-	10	20	40	30	-
8. Ležajevi	-	30	10	40	20	-
Oprema mosta						
9. Kolnik	30	15	40	15	-	-
10. Pješački hodnik	-	-	10	30	40	20
11. Pješačka ograda	50	50	-	-	-	-
12. Rubnjaci	20	20	-	20	30	10
13. Odvodnja	30	50	-	-	-	20
14. Vijenac/ maska	50	30	20	-	-	-
15. Hidroizolacija	-	10	40	-	50	-
16. Prometni znakovi	100	-	-	-	-	-
17. Svjetlosna signalizacija i rasvjeta	-	-	-	-	-	100
18. Instalacije	-	30	-	-	-	70
19. Plovni kanal	100	-	-	-	-	-

Tablica 7. Kategorizacija oštećenja prema HRMOS-u

KATEGORIZACIJA OŠTEĆENJA (ocjenjivanje stanja pojedinih dijelova brojčanom ocjenom između 0 i V):	
KATEGORIJA OŠTEĆENJA 0	Nema oštećenja.
KATEGORIJA OŠTEĆENJA I	Manja oštećenja. Bez potrebe popravka osim rutinskog održavanja.
KATEGORIJA OŠTEĆENJA II	Manja oštećenja. Popravak kad se pruži prilika.
KATEGORIJA OŠTEĆENJA III	Oštećenja koja dugoročno smanjuju trajnost građevine. Potreban popravak.
KATEGORIJA OŠTEĆENJA IV	Oštećenja koja u dogledno vrijeme mogu smanjiti pouzdanost građevine. Popravak je odmah potreban.
KATEGORIJA OŠTEĆENJA V	Oštećenja koja predstavljaju veću opasnost za sigurnost građevine. Potrebna je hitna intervencija, a prema potrebi i ograničenje i zatvaranje prometa.

Evidentiranim oštećenjima za svaki element duž mosta dodijeljena je ocjena na osnovi vizualnog pregleda i nerazornih metoda koja ulazi u daljnju analizu.

Na temelju vizualno utvrđenog postotka nedostataka na konstruktivnim elementima mosta Ždrelac, u Tablici 8. određena je kategorija oštećenja pojedinih konstruktivnih elemenata kao prosječna ocjena elemenata prema Tablici 6, sukladno kategorizaciji oštećenja prema HRMOS-u (Tablica 7.).

Određivanje kategorije oštećenja konstruktivnih elemenata (primjer):

1. Prilazi i čunjevi:

$$\text{Kategorija oštećenja} = 30 \cdot \text{I} + 40 \cdot \text{II} + 30 \cdot \text{III} / 100 = \frac{200}{100} = 2 \rightarrow \text{II}$$

Procjena količine oštećenja konstruktivnih elemenata utvrđena je vizualnim pregledom, i prikazuje ukupni postotak uočenih nedostataka konstruktivnih elemenata u odnosu na cijeli most (Tablica 8.).

Tablica 8. Kategorizacija oštećenja konstruktivnih elemenata mosta Ždrelac

KATEGORIZACIJA OŠTEĆENJA	
PRILAZI I ČUNJEVI	
PRILAZI I ČUNJEVI (X1)	Prilazi i čunjevi su u dosta dobrom stanju, osim što na pojedinim dijelovima čunjeva dolazi do erozije kosine nasipa i vegetacije u podnožju upornjaka kao na samim čunjevima. Prilazi mostu su sanirani 2009. godine, no već su vidljive pojedinačne pukotine na pješačkom hodniku nad ležajevima upornjaka, do kojih dolazi uslijed temperaturnih promjena.
Kategorija oštećenja	II
Procjena količine oštećenja	40%
DONJI USTROJ	
TEMELJI UPORNJAKA I STUPOVA (X2)	Temelji upornjaka nisu dostupni pregledu jer su zatrpani kamenim materijalom, a na stupovima su, osim oštećenja u vidu neodržavanja okoliša mosta, te obraslosti stupova vegetacijom, uočeni znakovi korozije armature na vrhu temelja i odlamanje zaštitnog sloja betona.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	50%
UPORNJACI (X3)	Upornjaci su unatoč nedavnoj sanaciji mosta, ostali u istom stanju kao i prije s tim da su oštećenja znatno uznapredovala. Upornjak U1 je u jako lošem stanju, javlja se iscjetavanje betona, procurivanje vode kroz beton i pukotine u značajnoj mjeri, te odlamanje zaštitnog sloja popraćeno korozijom armature. Upornjak U2 je u malo boljem stanju, ali i dalje vidljivo napredovanje korozije armature zbog malog zaštitnog sloja, kao ljuštenje i otvorene pukotine. Glavni uzrok degradacije betona je propusnost bitumenske prijelazne naprave na spoju upornjaka i glavnog nosača, što upornjake čini najoštećenijim elementima konstrukcije mosta.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	60%

STUPOVI I NAGLAVNE GREDE (X4)	Od ukupno 6 stupova, rekonstrukcijom mosta Ždrelac 2009.godine sanirana su 2 portalna stupa S3 i S6, koji su danas u dobrom stanju, osim što su već vidljive mrlje hrđe na pojedinim dijelovima, kao nedovoljan zaštitni sloj betona uz temelje. Preostali stupovi su u znatno lošijem stanju, gdje je vidljivo lomljenje betona, delaminacija, korozija armature i nedovoljan zaštitni sloj betona. Naglavnice stupova su natopljene vodom koja se cijedi po njima zbog loše izvedbe gornjeg ustroja, pa dolazi do delaminacije i korozije armature. Takva oštećenja su od velikog značaja za samu stabilnost konstrukcije pa bi ih trebalo čim prije sanirati.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	50%
GORNJI USTROJ	
BETONSKA RASPONSKA KONSTRUKCIJA (X5)	Na rasponskom sklopu ne vide se neka značajnija oštećenja koja bi dovela do otkazivanja konstrukcije. Vidljivo je slijevanje vode uslijed loše izvedenog sustava odvodnje što uzrokuje vlaženje koje vodi koroziji armature i degradaciji betona. Duž cijele ploče mosta prisutno je iscvjetavanje, segregacija betona te uznapredovala korozija armaturnih šipki na uzdužnim nosačima.
Kategorija oštećenja	II
Procjena količine oštećenja	35%
ČELIČNI RASPONSKI SKLOP (X6)	Čelična rasponska konstrukcija postavljena projektom rekonstrukcije 2009. godine u jako je dobrom stanju, osim pojave hrđe na nekim mjestima i oštećenja boje pa s tim i antikorozivne zaštite zbog zapinjanja jarbola jedrilica u nju, što ne utječe na njenu funkcionalnost. Jadina oštećenja na lukovima rasponske konstrukcije su grafiti koji vizualno narušavaju izgled mosta.
Kategorija oštećenja	I
Procjena količine oštećenja	15%

PRIJELAZNE NAPRAVE (X7)	Elastomerne prijelazne naprave su onečišćene, neodržavane i vjerojatno nisu dugo servisirane. Zbog lošeg rješenja na spoju kolnika i pješačkog hodnika dolazi do procurivanja vode kroz prijelaznu napravu na donji ustroj. U blizini dilatacijskih naprava vidljive su uzdužne pukotine koje omogućavaju prodor vode i daljnje oštećenje.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	45%
LEŽAJEVI (X8)	Pregled obuhvaća samo ležajeve upornjaka, jer su ležajevi stupova bili nedostupni za pregled. Elastomerni ležajevi nisu baš u dobrom stanju, vidljiva je deformiranost ležajeva kao i hrapavost ležajne klupe što utječe na prionjivost samih ležaja. Ležajevi i ležajne klupe su izloženi vlaženju uslijed propusnosti bitumenskih prijelaznih naprava. U okolini ležajeva betonska konstrukcija je u lošem stanju. Vidljiva je delaminacija, korozija armature i mrvljenje betona.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	60% (od dostupnih ležajeva)
OPREMA MOSTA	
KOLNIK (X9)	Neznatna su oštećenja kolnika u vidu pukotina koje su prisutne u tek dva polja, te na upornjaku. Vidljivo je par asfaltnih „zakrpi“, reške uz rubnjak su ispunjene nečistoćom i vegetacijom, vidljive su pojedinačne pukotine na spoju asfalta i montažnih rubnjaka. Kolnik nema diskontinuiteta.
Kategorija oštećenja	I
Procjena količine oštećenja	30%

PJEŠAČKI HODNIK (X10)	Pješački hodnik je u lošem stanju, oštećen pukotinama u asfaltu koje su značajne dubine i duljine te narušavaju izgled. Izveden je od montažnih betonskih ploča, preliivenih slojem asfalta. Na pojedinim mjestima međusobnog kontakta ploča i rubnjaka uočena je propusnost uslijed odvajanja ili ispucanosti ploča, što uzrokuje daljnje procjeđivanje vode u rasponski sklop. Na svim mjestima dilatacija iznad stupišta asfalt je ispucao i reške su neuredne što omogućuje prodor vode u donji ustroj. Na čeličnoj rasponskoj konstrukciji, uz svaki slivnik, sva revizijska okna i svaki spoj glavnog nosača s asfaltom dolazi do pukotina. Pojavljuje se i kolotražanje asfalta zbog puzanja i skupljanja. Zbog visinske razlike podmetnuti su drveni ulošci ispod betonskih ploča, koji su nezaštićeni, i u potpunosti truli.
Kategorija oštećenja	IV
Procjena količine oštećenja	65%
PJEŠAČKA OGRADA (X11)	Ograda hodnika je postavljena u cijelosti nova za vrijeme rekonstrukcije mosta, u odličnom je stanju, osim mjestimičnih greški pri ugradnji i ljuštenja boje. Na nekim mjestima spoja ograde s rasponskim sklopom vidljive su pukotine u betonu i na asfaltu. Između svih segmenata prisutne su dilatacije (cca 3-5 cm).
Kategorija oštećenja	I
Procjena količine oštećenja	10%
RUBNJACI (X12)	Rubnjaci su općenito loše izvedeni. Ne prate liniju pješačkog hodnika u krivinama, pritom dolazi do odlamanja betona. Reška između rubnjaka i hodnika od cca. 5 – 10 cm je zapunjena smećem i na tim dijelovima raste trava. Trajnoelastični kit koji povezuje rubnjake je dotrajavao i u potpunosti degradiran, posebice na mjestima dilatacija iznad stupišta, pa voda prodire u donji ustroj. Brtvena masa između rubnjaka i pješačkog hodnika je loše izvedena ili je uopće nema.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	60%

ODVODNJA (X13)	Slivnici su u relativno dobrom stanju prohodni su i malo onečišćeni, cijevi odvodnje su u znatno lošijem stanju. Većina cijevi je onečišćeno i onemogućuju odvodnju vode s kolnika što uzrokuje zadržavanje nečistoća na kolniku.
Kategorija oštećenja	II
Procjena količine oštećenja	40%
VIJENAC/ MASKA (X14)	Vijenci su tijekom rekonstrukcije mosta prekriveni čeličnim maskama. Maska je osim mjestimičnih znakova slabljenja antikorozivne zaštite i uznapredovale korozije, u dobrom stanju. Na nekim mjestima maska nije dobro povezana s rasponskom konstrukcijom. Na betonskom vijencu na starom dijelu mosta vidljivi su znakovi degradacije i odlamanja betona, posebice na mjestima gdje je prije bila pričvršćena stara ograda.
Kategorija oštećenja	I
Procjena količine oštećenja	30%
HIDROIZOLACIJA (X15)	Na mjestima donjeg ustroja vidljiv je prolaz vlage. U dijelovima koji nisu dostupni pregledima očito se zadržavala voda. Potrebno je detaljnije pregledati izolaciju te utvrditi stvarno stanje. Procjena je da je hidroizolacija na starom betonskom dijelu mosta loša.
Kategorija oštećenja	III
Procjena količine oštećenja	60%
PROMETNI ZNAKOVI (X16)	Prometni znakovi su u dobrom stanju. Na početku i kraju mosta postavljeni su znakovi koji identificiraju most Ždrelac, a na sredini čelične rasponske konstrukcije na ogradu su zakačeni znakovi koji nautičarima definiraju visinu slobodnog profila mosta.
Kategorija oštećenja	0
Procjena količine oštećenja	0%

SVJETLOSNA SIGNALIZACIJA I RASVJETA (X17)	Svjetlosna signalizacija na gornjem ustroju mosta ne postoji, a na donjem ustroju, na stupovima mosta postavljeno je osvjetljenje koje nije u funkciji. Kablovi su pokidani ili u potpunosti nedostaju, a ormarić za struju na stupu S8 je u potpunosti nefunkcionalan.
Kategorija oštećenja	V
Procjena količine oštećenja	100%
INSTALACIJE (X18)	Instalacije su na mostu Ždrelac koji povezuje otoke Ugljan i Pašman provedene na način da se strujni kablovi vode preko glavnog čeličnog rasponskog sklopa s lijeve donje strane gledajući smjer Pašman – Ugljan, postavljene uz čunjeve upornjaka na ugljanskoj i na pašmanskoj strani. Cijevi za vodu postavljene su na donjoj desnoj strani čeličnog rasponskog sklopa, ali voda ne prolazi kroz njih. Očito je da su vodovodne cijevi ostale na dnu kanala, što je bilo privremeno rješenje za vrijeme rekonstruiranja mosta i nikad nisu vraćene u prvobitni položaj. Vidljiva su i oštećenja zaštitnih cijevi za strujne kablove na čunjevima oba upornjaka. Uzemljenje čelične rasponske konstrukcije je van funkcije.
Kategorija oštećenja	IV
Procjena količine oštećenja	50%
PLOVNI KANAL (X19)	Plovni kanal u jako je dobrom stanju, ne vide se znakovi podlokavanja obalnih zidova, niti nekih značajnijih oštećenja u plovnom kanalu.
Kategorija oštećenja	0
Procjena količine oštećenja	0%

5.1. Ocjena općeg stanja mosta

Ocjena općeg stanja mosta prema HRMOS-u :

$$X_{uk} = \max (X_{sr}, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_{19})$$

X_i = ocjena stanja pojedinog elementa mosta

Ukupna ocjena mosta (X_{uk}), prema uputama za ocjenjivanje iz 2006. godine, jednaka je najlošijoj među ocjenama sljedećih elemenata: rasponske konstrukcije (X_5 i X_6), stupa sa naglavnicom (X_4), upornjaka (X_3), temelja stupa i upornjaka (X_2) i korita rijeke/kanala (X_{19}) [2].

Prema tome, ocjene pojedinih elemenata su:

- temelj stupa i upornjaka = III
- upornjak = III
- stup s naglavnicom = III
- betonska rasponska konstrukcija = II
- čelična rasponska konstrukcija = I
- plovni kanal = 0

Srednja ocjena stanja navedenih elemenata je:

$$X_{sr} = (III + III + III + II + I + 0) / 6 = II$$

Obzirom da je ukupna ocjena mosta jednaka najlošijoj među ocjenama elemenata koji utječu na nosivost čitavog mosta, uključujući i srednju ocjenu, ocjena općeg stanja mosta Ždrelac je:

$$X_{uk} = \max (II, III, III, III, II, I, 0)$$

$$X_{uk} = III$$

Dakle, most Ždrelac bio bi svrstan u **kategoriju oštećenja III** koja predstavlja umjerena do ozbiljnija oštećenja bez smanjenja nosivosti i uporabljivosti. Vidljivi su znakovi pogoršanja u pogledu nosivosti i uporabljivosti, i srednjoročna akcija održavanja i popravaka potrebna je kako bi se održala uporabljivost i previđeni vijek trajanja mosta.

6. OCJENA NOSIVOSTI KARAKTERISTIČNOG NOSAČA

Ocjenjivanje stanja postojećih mostova temelji se na istim osnovnim postavkama kao i projektiranje novog mosta. Međutim, postoji vrlo bitna razlika. Naime, kada se most projektira konzervativizam proračunskih modela opterećenja i otpornosti općenito je povoljan jer pokriva nesigurnosti i osigurava pojednostavnjenje procesa projektiranja za različite tipove konstrukcija. Osim toga, postizanje veće pouzdanosti u fazi projektiranja ne povećava bitno troškove cijele konstrukcije. Međutim kad se ocjenjuje postojeći most, troškovi zbog prekonzervativnih mjera mogu biti mnogo veći. Stoga je opravdano razmatranje stvarnih djelovanja i otpornosti konstrukcije [26].

6.1. Analiza opterećenja

6.1.1. Karakteristične vrijednosti djelovanja

Stalna djelovanja

Vlastita težina nosača:

$$g_{k1} = \gamma_c \cdot A_c = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,4767 \text{ m}^2 = \mathbf{11,92 \text{ kN/m'}}$$

Dodatno stalno opterećenje:

- Hidroizolacija: $21 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 8,0 \text{ m} = 1,68 \text{ kN/m'}$
- Asfalt kolnika: $22 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 6,60 \text{ kN/m'}$
- Montaž.ploče hodn.: $2 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot (0,70 \cdot 0,05 \text{ m} + 2 \cdot 0,08 \cdot 0,16) = 2,65 \text{ kN/m'}$
- Ograde: $2 \cdot 0,4 \text{ kN/m'} = 0,80 \text{ kN/m'}$
- Vijenac: $2 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,179 \text{ m}^2 = 8,95 \text{ kN/m'}$
- Zaštitna maska: $= 0,53 \text{ kN/m'}$
- Asfalt hodnika: $2 \cdot 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,02 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m} = 0,70 \text{ kN/m'}$
- Međuploče: $4 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,18 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ m} = 9,00 \text{ kN/m'}$

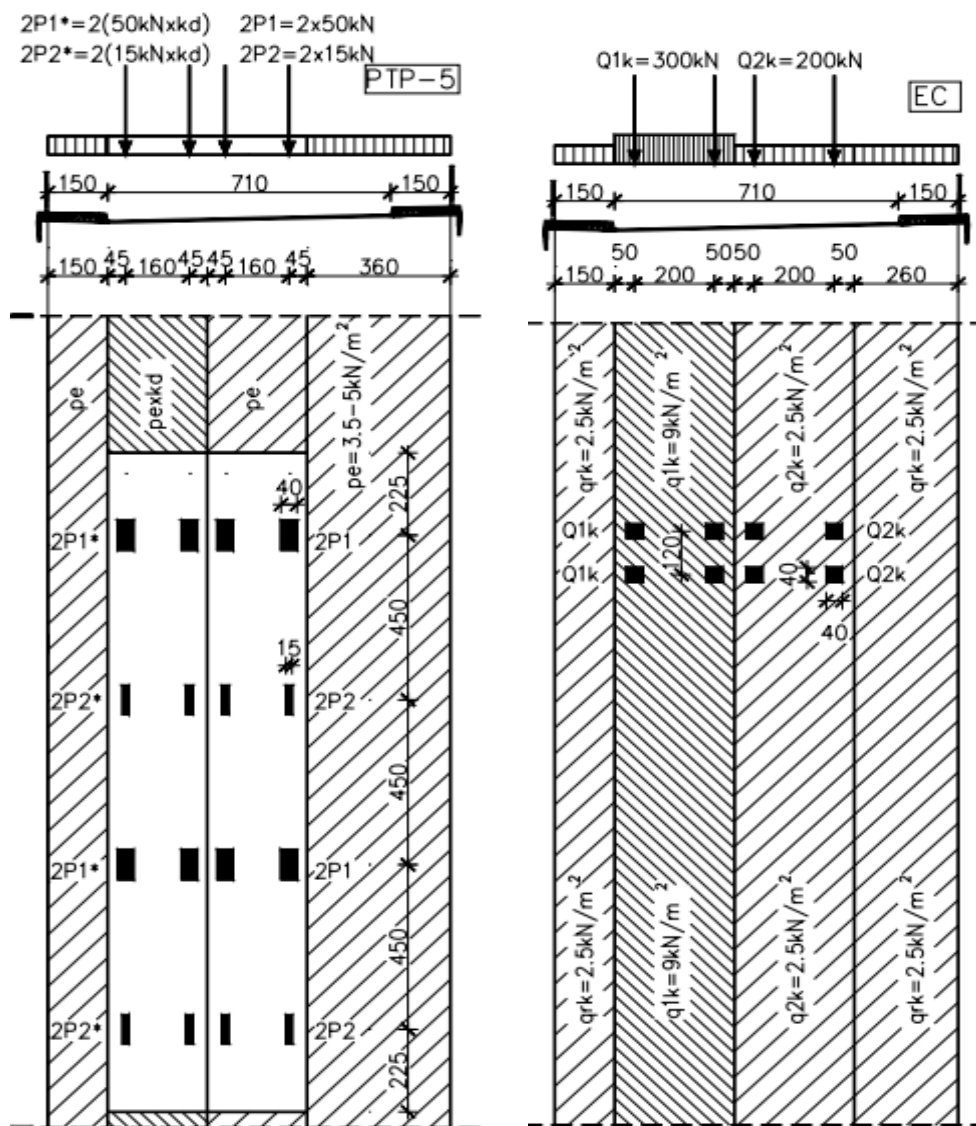
$$\Sigma = 33,72 \text{ kN/m'}$$

Jednako ga raspoređujemo na sva 4 nosača:

$$g_{k2} = \frac{33,72}{4} = \mathbf{8,43 \text{ kN/m'}}$$

U literaturi se mostovi najčešće ocjenjuju s obzirom na prometno opterećenje, što je osnovno opterećenje kojem prevođenju most i služi, a s druge strane vrlo je promjenjivog karaktera i prostorno i vremenski.

U nastavku su uspoređeni utjecaji od normativnih shema opterećenja prema starim Privremenim tehničkim propisima za opterećenje mostova (PTP-5) i onih izazvanih stvarnim prometom na mostu Ždrelac danas, prema europskim normama EN 1991-2 (slika 185).

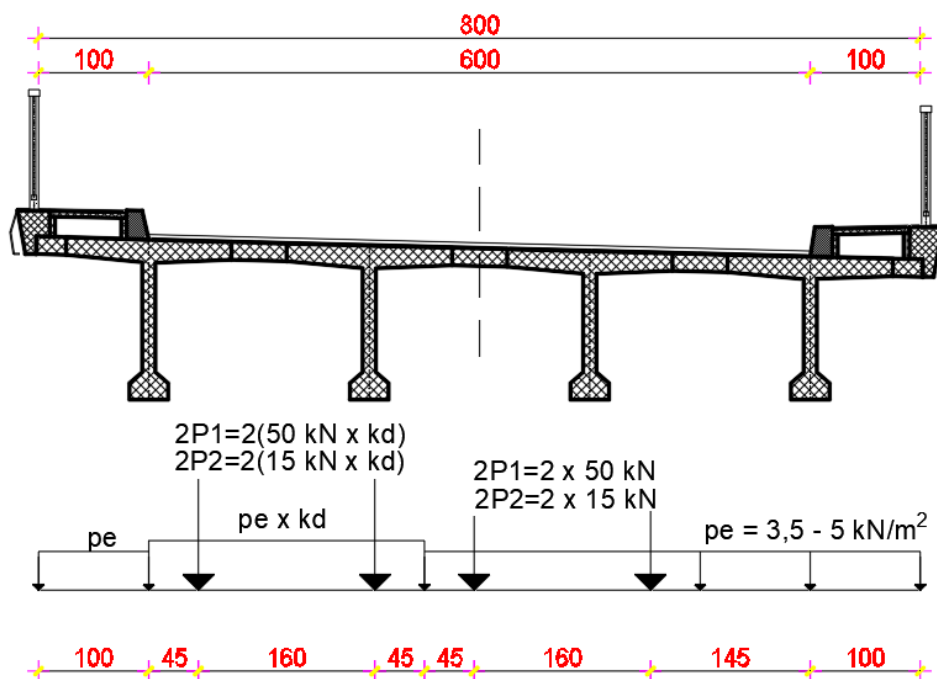


Slika 185. Sheme prometnog opterećenja državne ceste (PTP i EC)

6.1.2. Prometno opterećenje prema PTP - 5

Velik broj naših postojećih mostova proračunan je prema starim Privremenim tehničkim propisima (PTP).

Prema starim Privremenim tehničkim propisima za opterećenje mostova na putovima (PTP-5) za ovu širinu kolnika predviđaju se dva motorna vozila, kontinuirano opterećenje ovisno o rasponu te uvećanje opterećenja u jednom traku dinamičkim faktorom.



Slika 186. Shema prometnog opterećenja prema PTP-5

Prema sljedećoj literaturi prikazani su načini izračuna dinamičkog koeficijenta prema normama, prikazani u Tablici 2.;

[1] Furundžić, B.: Privremeni tehnički propisi za opterećenje mostova na putovima PTP-5 (1949.), Zbirka tehničkih propisa u građevinarstvu, Građevinska knjiga, Beograd, 1969.

[2] Pravilnik o tehničkim normativima za određivanje veličine opterećenja mostova, Službeni list SFRJ, Beograd, 1991.

[3] Meštrović, D.: Dinamička analiza grednih cestovnih mostova pod prometnim opterećenjem, magistarski rad, Građevinski institut - Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1986.

Tablica 9. Dinamički koeficijenti prema normama

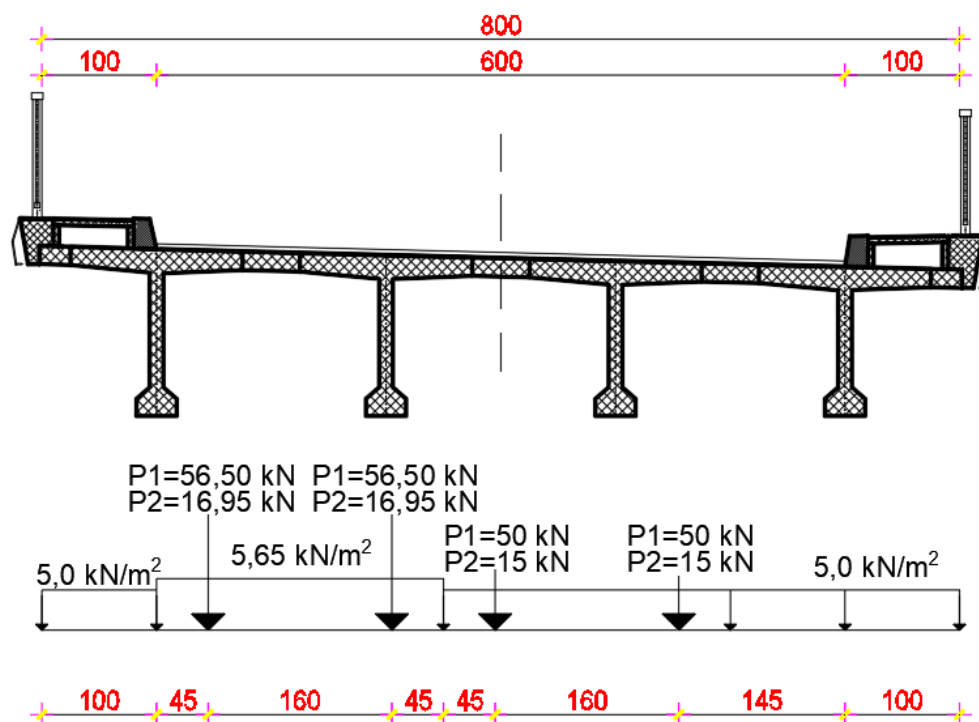
Zemlja	Izraz za dinamički koeficijent k_d
Belgija [3]	$1 + 0,377 \cdot \frac{v}{L \cdot \sqrt{f}} \cdot \sqrt{1 + 2 \frac{P}{G}}$ vrijedi za $v \geq 60 \text{ km/h}$
Francuska [3]	$1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \cdot L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{P}}$
Italija [3]	$1 + \frac{(100 - L)^2}{100 \cdot (250 - L)}$
SAD [3]	$1 + \frac{50}{L + 125}$
Japan [3]	$1 + \frac{20}{L + 50}$ vrijedi za čelične mostove
Hrvatska [2], Njemačka [3]	$1,4 - 0,008L \geq 1$
Hrvatska [1]	$1 + \frac{550 - 5L}{100 \cdot (10 + L)}$

Dinamički koeficijent za cestovne mostove građene u doba kada je građen i most Ždrelac (1971. – 1973. godine), izračunava se prema izrazu:

$$Kd = 1,00 + \left(\frac{550 - 5L}{100 \cdot (10 + L)} \right)$$

gdje je L raspon koji se proračunava, $L = 22,65 \text{ m}$.

$$Kd = 1,00 + \left(\frac{550 - 5 \cdot 22,65}{100 \cdot (10 + 22,65)} \right) = 1,13$$



Slika 187. Razdioba prometnog opterećenja prema PTP-5

Širina kolnika: $w = 6,0 \text{ m}$

Broj prometnih trakova širine 3 m: $n = 2$

Preostala širina kolnika: $w - 6 \text{ m} = 0,0 \text{ m}$

Osovinsko opterećenje u 1. voznom traku: - 1. osovina: $P_1 = 113,0 \text{ kN}$

- 2. osovina: $P_2 = 33,90 \text{ kN}$

Osovinsko opterećenje u 2. voznom traku: - 1. osovina: $P_1 = 100,0 \text{ kN}$

- 2. osovina: $P_2 = 30,00 \text{ kN}$

Kontinuirano opterećenje po širini mosta: $q_{k,1} = 5,0 \text{ kN/m}^2 + 5,65 \text{ kN/m}^2 + 5,0 \text{ kN/m}^2$

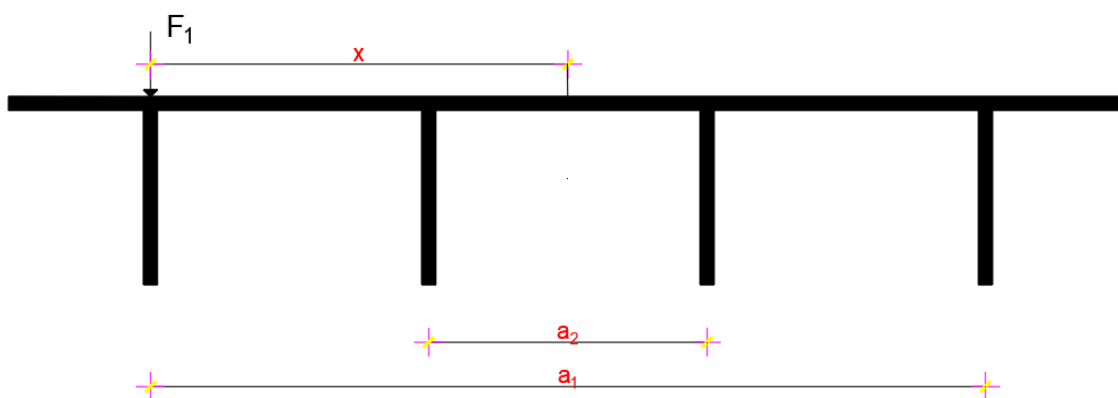
Kontinuirano opterećenje u drugim trakama: $q_{k,2} = 5,00 \text{ kN/m}^2$

Roštiljno djelovanje – poprečna preraspodjela prometnog opterećenja

U slučaju kada je odnos raspona i širine mosta $l/b \geq 2$ može se uzeti da se poprečni nosač deformira po pravcu (poprečni nosač apsolutno je krut – pretpostavka Courbona), pa se opterećenje koje otpada na pojedine glavne nosače može odrediti analogno naprezanju ravnog presjeka opterećenog uzdužnom silom i momentom savijanja.

$$\sigma = \frac{F}{A} \pm \frac{M \cdot \xi}{I}$$

Ovakav postupak proračuna roštilja stoga se često naziva „Metoda ekscentričnog pritiska“.



Slika 188. Metoda ekscentričnog pritiska

I_i – moment tromosti nosača

S_i – opterećenje koje otpada na pojedini nosač

Kada se uvrsti da je:

$$\sigma = \frac{S_i}{I_i} \quad A = \sum I_i \quad I = 2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2}\right)^2 \quad M = F \cdot x \quad \xi = \frac{a_i}{2}$$

Slijedi:

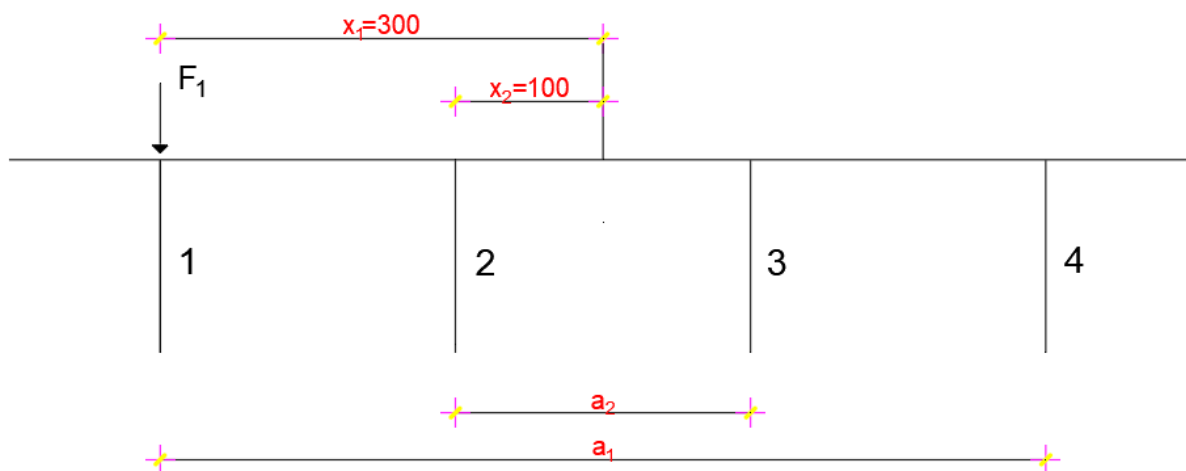
$$\frac{S_i}{I_i} = \frac{F}{\sum I_i} \pm \frac{F \cdot x}{2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2}\right)^2} \cdot \frac{a_i}{2} \rightarrow S_i = F \cdot \left(\frac{I_i}{\sum I_i} \pm \frac{I_i \cdot a_i \cdot x}{\sum I_i \cdot a_i^2} \right)$$

Za $F = 1$ i konstantan $I_i = const$, ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

Momenti tromosti poprečnih presjeka nosača: $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \text{const.}$

Rubni nosač opterećen jediničnom silom $F = 1$; $x_1 = 3,00 \text{ m}$; $n = 4$



Slika 189. Prikaz utjecajne linije

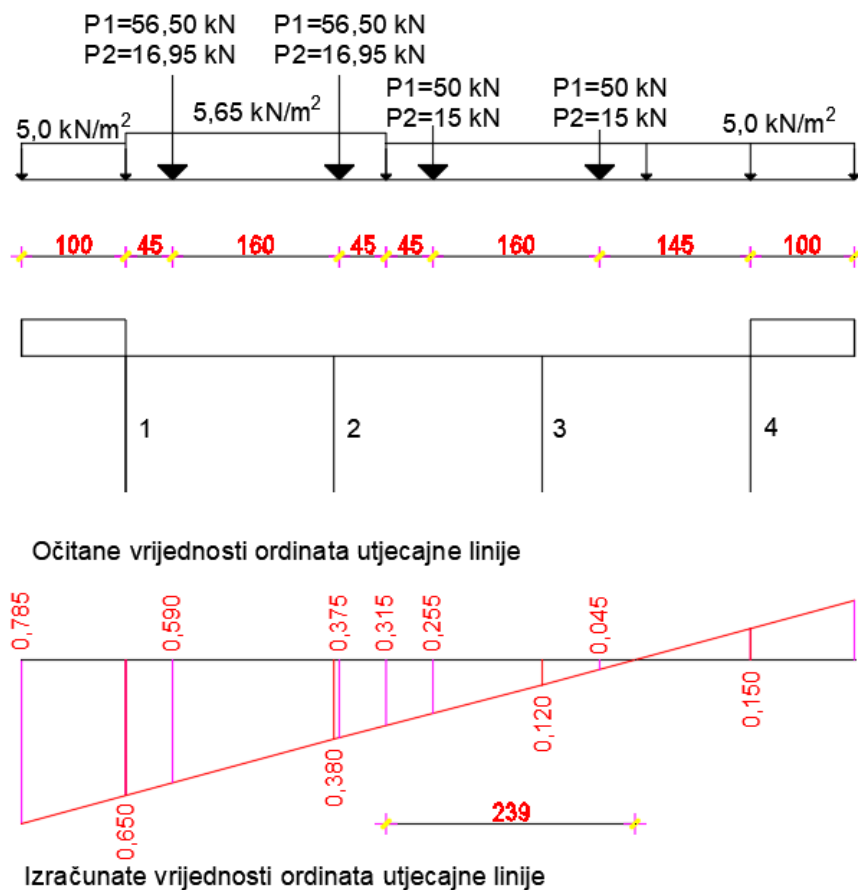
Za $F = 1$ i $I_i = \text{const}$ ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

Ordinate utjecajne linije:

$$\eta_{1,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{6,00 \cdot 3,00}{6,00^2 + 3,00^2} = 0,25 \pm 0,40 \rightarrow \eta_1 = 0,65; \eta_4 = -0,15$$

$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{6,00 \cdot 1,00}{6,00^2 + 3,00^2} = 0,25 \pm 0,13 \rightarrow \eta_2 = 0,38; \eta_3 = 0,12$$



Slika 190. Poprečna preraspodjela pomoću utjecajnih linija – PTP-5

Koncentrirana opterećenja na runi nosač:

Osovinsko prometno opterećenje za 1. vozilo:

1. osovina

$$Q_1 = 56,50 \cdot (0,590 + 0,375) + 50 \cdot (0,255 + 0,045) \rightarrow$$

$$Q_1 = 69,52 \text{ kN}$$

2. osovina

$$Q_2 = 16,95 \cdot (0,590 + 0,375) + 15 \cdot (0,255 + 0,045) \rightarrow$$

$$Q_2 = 20,86 \text{ kN}$$

Za drugo vozilo vrijede isti iznosi koncentriranih opterećenja kao i za 1. vozilo.

Kontinuirana opterećenja na rubni nosač:

Zbroj svih kontinuiranih opterećenja po širini mosta:

$$q_1 = 5,0 \cdot 1,00 \cdot \left(\frac{0,785 + 0,650}{2} \right) + 5,65 \cdot 2,50 \cdot \left(\frac{0,650 + 0,315}{2} \right) + 5,0 \cdot 2,39 \cdot \left(\frac{0,315}{2} \right) \rightarrow$$

$$\mathbf{q_1 = 12,28 \text{ kN/m'}}$$

Zbroj ostalih opterećenja u drugim trakama:

$$q_2 = 5,0 \cdot 1,00 \cdot \left(\frac{0,785 + 0,650}{2} \right) \rightarrow$$

$$\mathbf{q_2 = 3,59 \text{ kN/m'}}$$

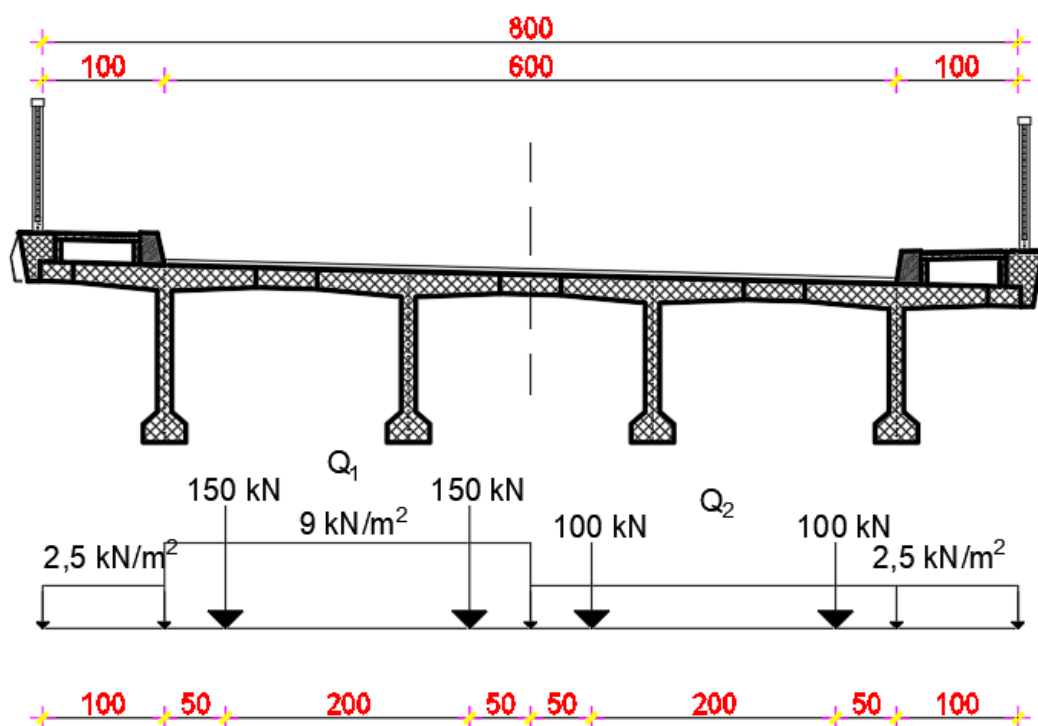
6.1.3. Prometno opterećenje prema europskim normama EN 1991-2

Prema EN 1991-2 predviđaju se dva vozna traka s odgovarajućim dvostrukim osovinskim i kontinuiranim opterećenjima. Dinamički utjecaji uključeni su u vrijednosti shematskih opterećenja.

Kod Modela opterećenja 1 glavni sustav opterećenja sastoji se od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja koje obuhvaća učinke teških i osobnih vozila. Broj i širina trakova prema Eurocod-u za model opterećenja 1 ovisi o širini kolnika.

Tablica 10. Raspored prometnih trakova

Širina kolnika w	Broj prometnih trakova	Širina prometnih trakova (m)	Preostala širina kolnika (m)
$< 5,4 \text{ m}$	$n=1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n=2$	$w/2$	0
$w \geq 6 \text{ m}$	$n = \text{Int} (w / 3)$	3 m	$w - 3 \times n$



Slika 191. Razdioba prometnog opterećenja prema EN 1991-2

Širina kolnika: $w = 6,0 \text{ m}$

Broj prometnih trakova širine 3 m: $n = 2$

Preostala širina kolnika: $w - 6 \text{ m} = 0,0 \text{ m}$

Osovinsko opterećenje u 1. voznom traku: $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$

Osovinsko opterećenje u 2. voznom traku: $Q_{k,2} = 200 \text{ kN}$

Kontinuirano opterećenje u 1. voznom traku: $q_{k,1} = 9 \text{ kN/m}^2$

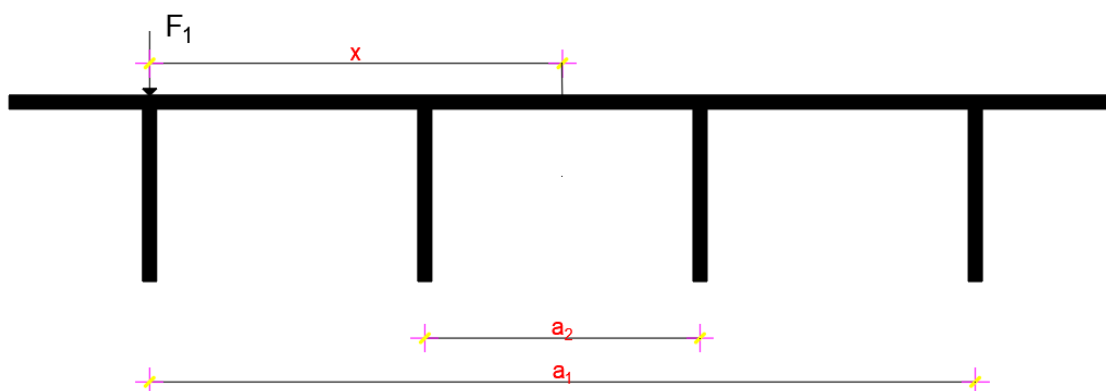
Kontinuirano opterećenje u 2. voznom traku: $q_{k,2} = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Roštiljno djelovanje – poprečna preraspodjela prometnog opterećenja

U slučaju kada je odnos raspona i širine mosta $l/b \geq 2$ može se uzeti da se poprečni nosač deformira po pravcu (poprečni nosač apsolutno je krut – pretpostavka Courbona), pa se opterećenje koje otpada na pojedine glavne nosače može odrediti analogno naprezanju ravnog presjeka opterećenog uzdužnom silom i momentom savijanja.

$$\sigma = \frac{F}{A} \pm \frac{M \cdot \xi}{I}$$

Ovakav postupak proračuna roštilja stoga se često naziva „Metoda ekscentričnog pritiska“.



Slika 188. Metoda ekscentričnog pritiska

I_i – moment tromosti nosača

S_i – opterećenje koje otpada na pojedini nosač

Kada se uvrsti da je:

$$\sigma = \frac{S_i}{I_i} \quad A = \sum I_i \quad I = 2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2}\right)^2 \quad M = F \cdot x \quad \xi = \frac{a_i}{2}$$

Slijedi:

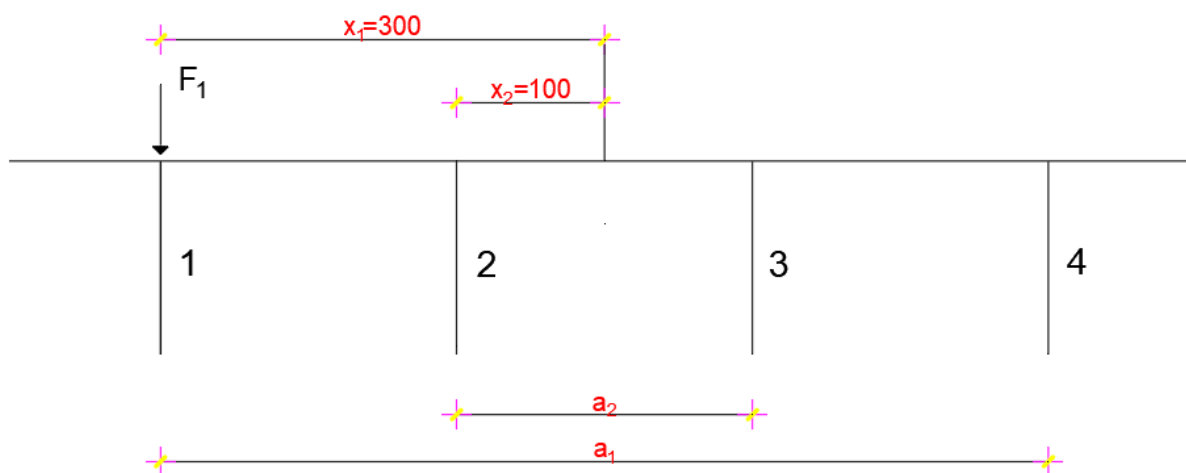
$$\frac{S_i}{I_i} = \frac{F}{\sum I_i} \pm \frac{F \cdot x}{2 \sum I_i \left(\frac{a_i}{2}\right)^2} \cdot \frac{a_i}{2} \rightarrow S_i = F \cdot \left(\frac{I_i}{\sum I_i} \pm \frac{I_i \cdot a_i \cdot x}{\sum I_i \cdot a_i^2} \right)$$

Za $F = 1$ i konstantan $I_i = \text{const}$, ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

Momenti tromosti poprečnih presjeka nosača: $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \text{const}$.

Rubni nosač opterećen jediničnom silom $F = 1$; $x_1 = 3,00 \text{ m}$; $n = 4$



Slika 189. Prikaz utjecajne linije

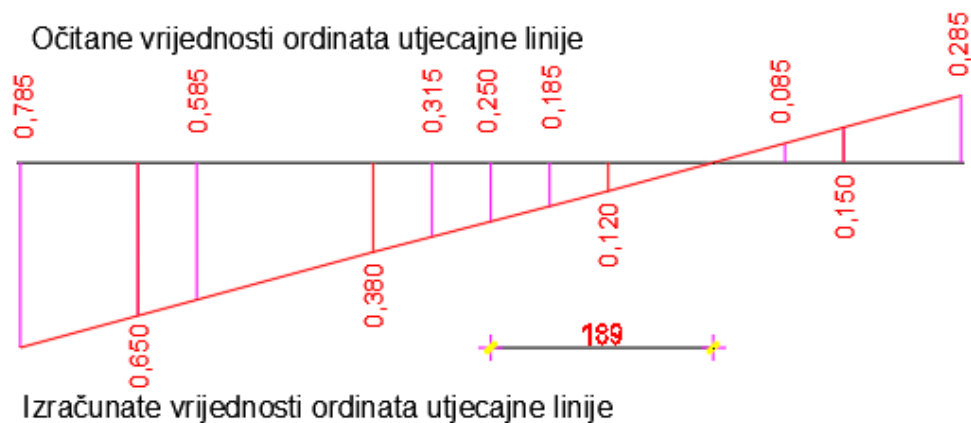
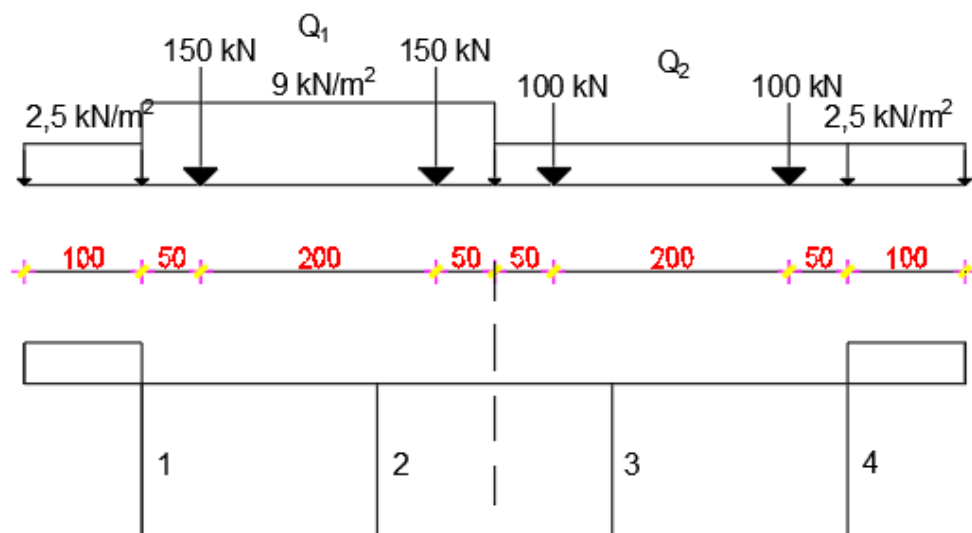
Za $F = 1$ i $I_i = \text{const}$ ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

Ordinate utjecajne linije:

$$\eta_{1,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{6,00 \cdot 3,00}{6,00^2 + 3,00^2} = 0,25 \pm 0,40 \rightarrow \eta_1 = 0,65; \eta_4 = -0,15$$

$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{6,00 \cdot 1,00}{6,00^2 + 3,00^2} = 0,25 \pm 0,13 \rightarrow \eta_2 = 0,38; \eta_3 = 0,12$$



Slika 192. Poprečna preraspodjela pomoću utjecajnih linija EN 1991 -2

Osovinsko prometno opterećenje na rubni nosač:

$$Q = 150 \cdot (0,585 + 0,315) + 100 \cdot 0,185 \rightarrow$$

$$\mathbf{Q = 153,50\ kN}$$

Kontinuirano prometno opterećenje na rubni nosač:

$$q = 2,5 \cdot 1,00 \cdot \left(\frac{0,785 + 0,650}{2} \right) + 9,0 \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{0,650 + 0,250}{2} \right) + 2,5 \cdot 1,89 \cdot \left(\frac{0,250}{2} \right) \rightarrow$$

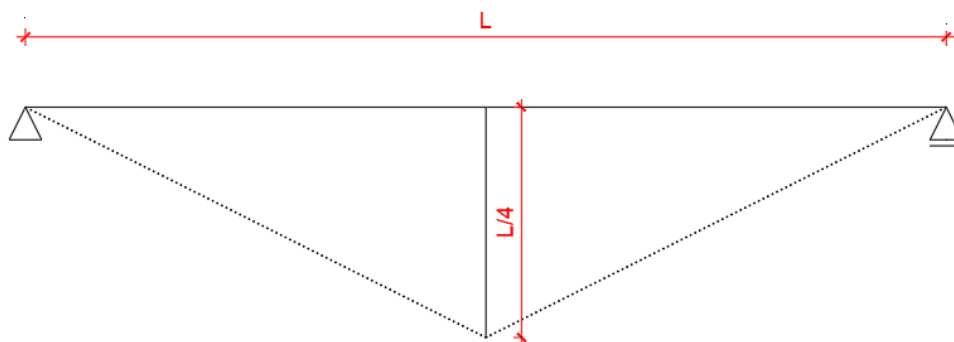
$$\mathbf{q = 14,53\ kN/m'}$$

6.2. Statički proračun i rezne sile

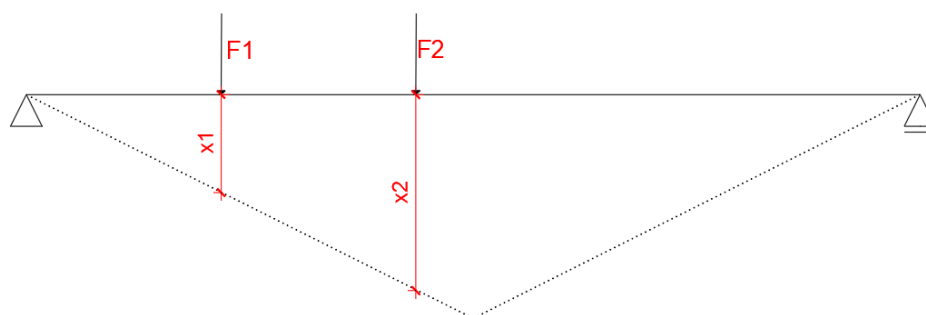
6.2.1. Stari Privremeni tehnički propisi za opterećenja mostova (PTP)

Statički proračun se vrši na prostoj gredi raspona $L=22,65$ m koja predstavlja rubni nosač analiziran u prethodnom poglavlju. Sustav je statički određen pa na unutarnje sile ne djeluje promjena temperature.

U prvom koraku potrebno je odrediti maksimalni moment savijanja na prostu gredu Metodom utjecajnih linija.



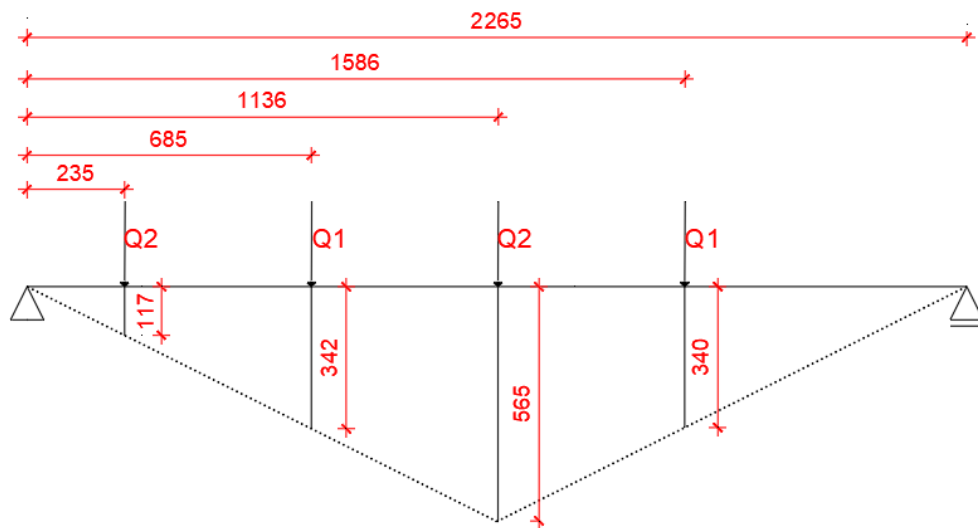
Slika 193. Utjecajna linija za moment savijanja u sredini raspona proste grede



$$\sum M = F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 \dots$$

Slika 194. Metoda izračuna momenta savijanja

Najnepovoljniji položaj opterećenja pronađen je uz pomoć Excela i metode utjecajnih linija, te je maksimalni moment savijanja postignut u sljedećem slučaju opterećenja:



Ako je :

$$Q_1 = 69,52 \text{ kN} \text{ i } Q_2 = 20,85 \text{ kN}$$

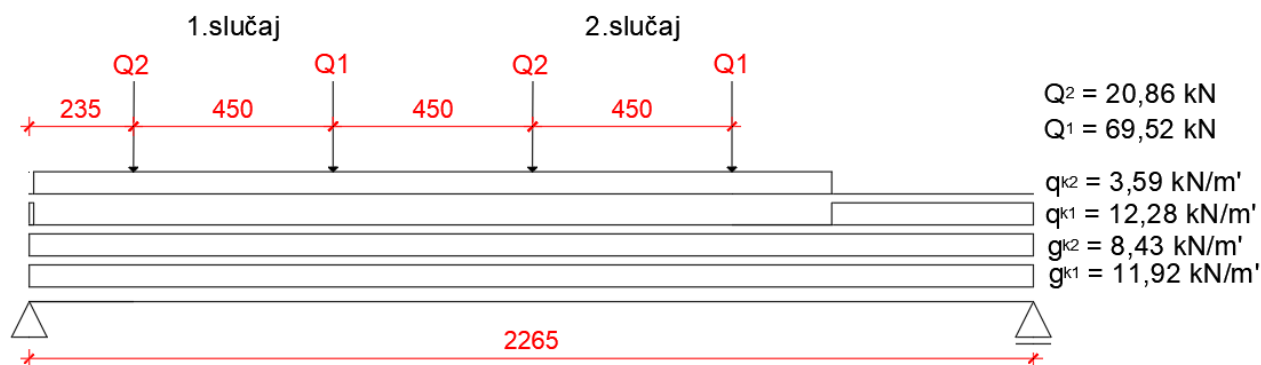
Slijedi maksimalni moment od koncentriranog prometnog opterećenja:

$$M_Q = Q_2 \cdot 1,17 + Q_1 \cdot 3,42 + Q_2 \cdot 5,65 + Q_1 \cdot 3,40$$

$$M_Q = 20,85 \cdot 1,17 + 69,52 \cdot 3,42 + 20,85 \cdot 5,65 + 69,52 \cdot 3,40$$

$$M_Q = 616,32 \text{ kNm}$$

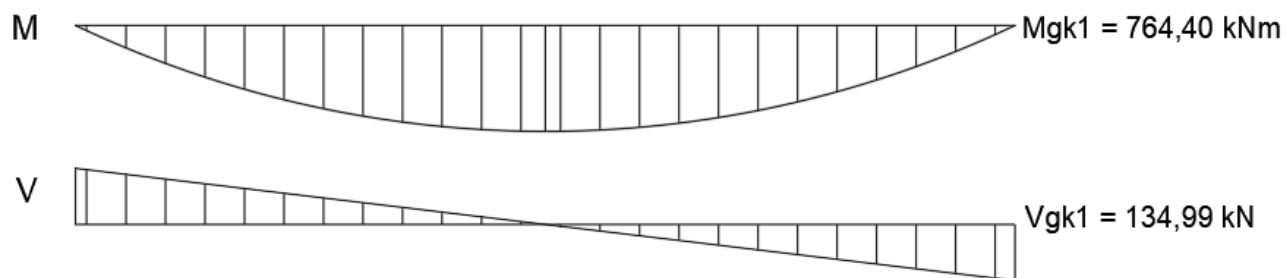
Statički sustav:



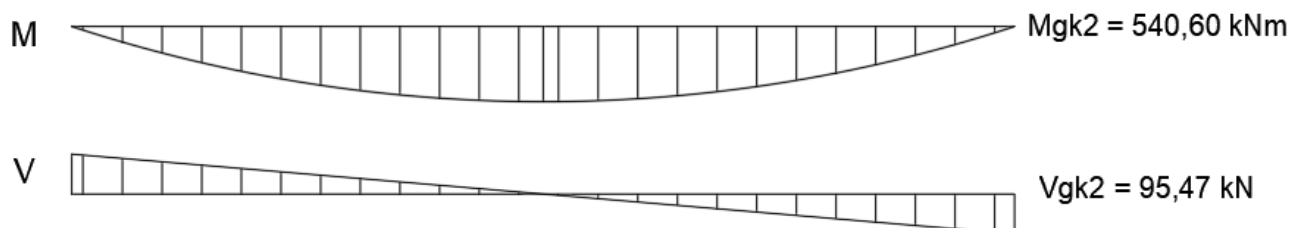
Slika 195. Slučajevi opterećenja karakterističnog nosača prema PTP - 5

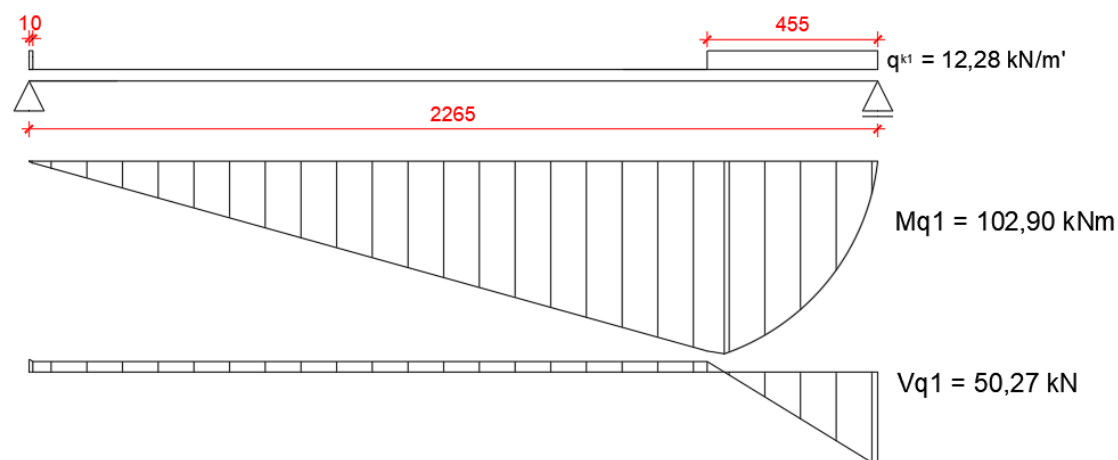
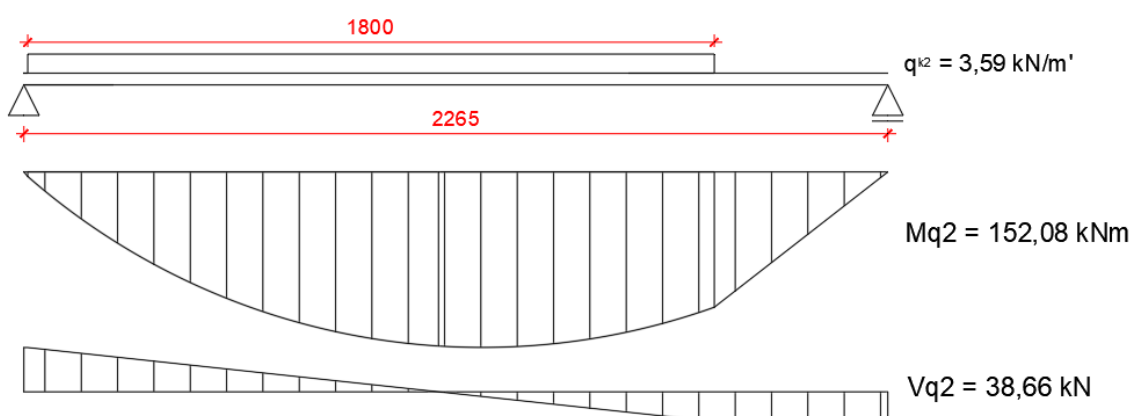
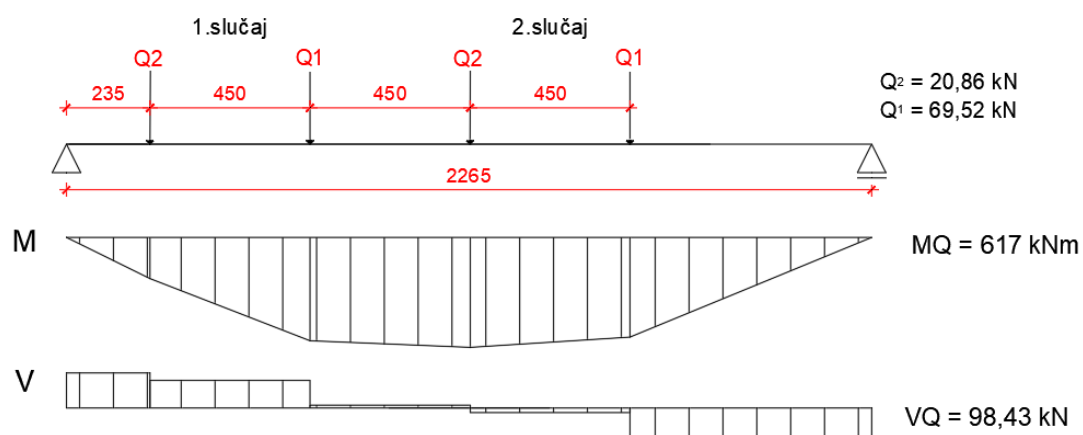
Rezne sile:

- Slučaj opterećenja – vlastita težina:



- Slučaj opterećenja – dodatno stalno opterećenje



➤ Slučaj opterećenja – kontinuirano prometno opterećenje q_1 ➤ Slučaj opterećenja – kontinuirano prometno opterećenje q_2 ➤ Slučaj opterećenja – koncentrirano prometno opterećenje

Ukupni moment savijanja od vanjskog opterećenja (PTP):

$$M_{max} = 1,00 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 1,00 \cdot (M_{q1} + M_{q2} + M_Q)$$

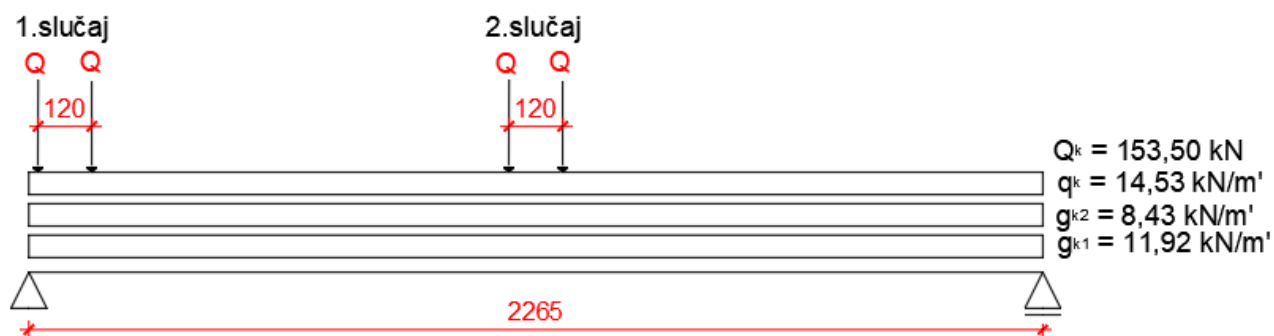
$$M_{max} = 1,00 \cdot (764,40 + 540,60) + 1,00 \cdot (102,90 + 152,08 + 617,00) = 2176,98 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{Ed, PTP} = 2176,98 \text{ kNm}}$$

6.2.2. Model 1 – EN 1991 - 2

Statički proračun se vrši na prostoj gredi raspona $L=22,65$ m koja predstavlja rubni nosač analiziran u prethodnom poglavlju. Sustav je statički određen pa na unutarnje sile ne djeluje promjena temperature.

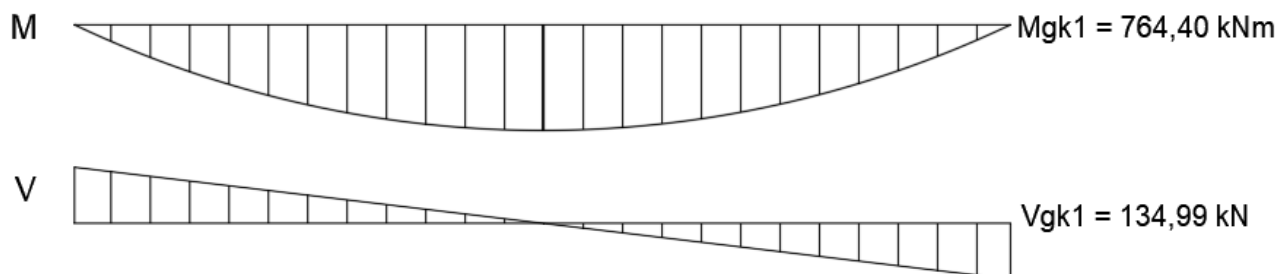
Statički sustav:



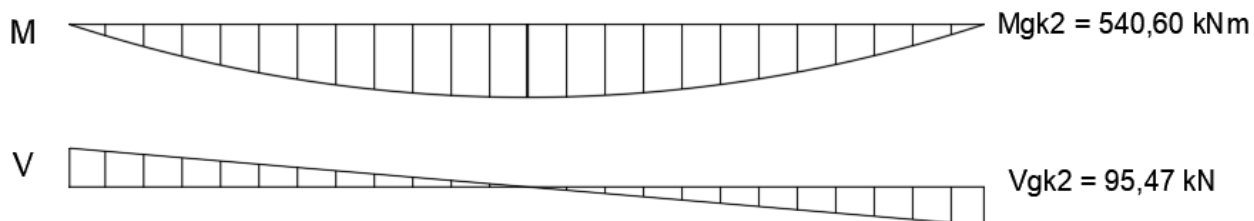
Slika 196. Slučajevi opterećenja karakterističnog nosača prema EN 1991 - 2

Rezne sile:

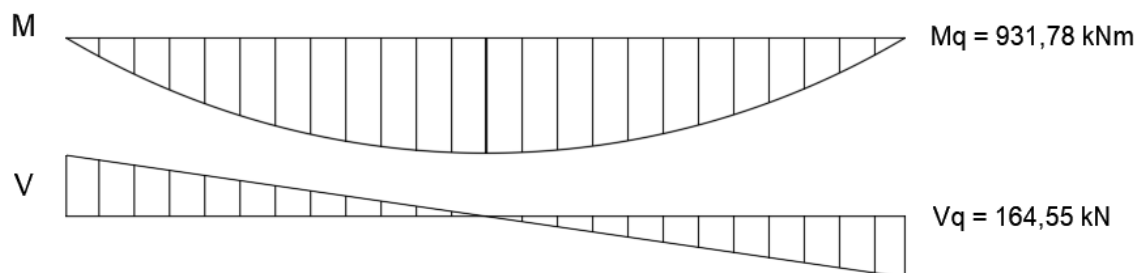
- Slučaj opterećenja – vlastita težina:



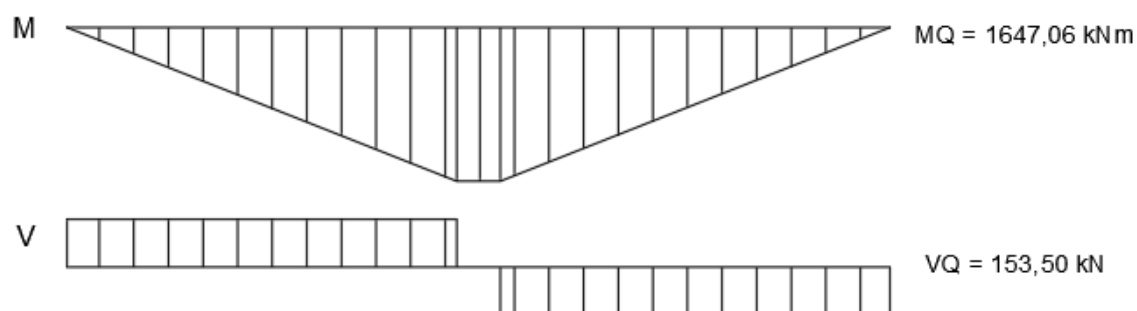
- Slučaj opterećenja – dodatno stalno opterećenje



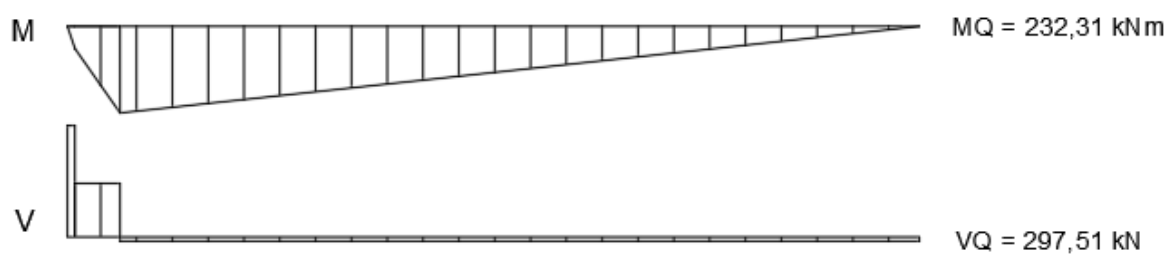
➤ Slučaj opterećenja – kontinuirano prometno opterećenje



➤ Slučaj opterećenja –koncentrirano prometno opterećenje u $L/2$



➤ Slučaj opterećenja – koncentrirano prometno opterećenje na početku mosta



Ukupni moment savijanja od vanjskog opterećenja u $x=L/2$ (EN):

- Osnovna kombinacija:

$$M_{max} = 1,35 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 1,5 \cdot (M_q + M_Q)$$

$$M_{max} = 1,35 \cdot (764,40 + 540,60) + 1,5 \cdot (931,78 + 1647,06) = 5630,01 \text{ kNm}$$

- Učestala kombinacija:

$$M_{max} = 1,00 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 0,75 \cdot (M_q + M_Q)$$

$$M_{max} = 1,00 \cdot (764,40 + 540,60) + 0,75 \cdot (931,78 + 1647,06) = 3239,13 \text{ kNm}$$

- Nazovistalna kombinacija:

$$M_{max} = 1,00 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + \Psi \cdot (M_q + M_Q)$$

$$M_{max} = 1,00 \cdot (764,40 + 540,60) + 0,30 \cdot (931,78 + 1647,06) = 2078,65 \text{ kNm}$$

MJERODAVNO: $M_{Ed, EN} = 5630,01 \text{ kNm}$

6.3. Nosivost na savijanje

Proračunsku nosivost presjeka i glavnog nosača na savijanje određujemo poznavanjem geometrijskih karakteristika nosača i postojeće prednapete (A_p) i nenapete armature (A_s) koja sudjeluje u nosivosti na savijanje. Obzirom da je riječ o mostu Ždrelac starom gotovo 50 godina, nisu poznati podaci o nenapetoj armaturi, pa je ista pretpostavljena na način da se odabrala armatura prema dostupnim podacima o mostovima građenim u to doba (tablica 11).

Tablica 11. Podaci o postojećoj armaturi

NATEGE ZA PREDNAPINJANJE		UZDUŽNA ARMATURA	
Vlačna čvrstoća čelika f_{pk} [N/mm ²]	1570	Čelik	GA220/340
Granica elastičnosti čelika za prednapinjanje $f_{pk,el}$ [N/mm]	1352,8	Karakteristična granica elastičnosti čelika f_{yk} [N/mm ²]	220
Broj žica u 1 kabelu	6	SREDNJE POLJE	
Promjer žice [mm]	7	Armatura u donjoj zoni	4Φ20
SREDNJE POLJE			
Kabeli u rubnom nosaču	10 · 6Φ7	Poprečna armatura	
Ukupan broj kabela	40 (4 nosača)	Armature vilice	Φ8

Kod roštiljnih prednapetih armiranobetonskih konstrukcija za određivanje proračunske nosivosti glavnog nosača na savijanje u polju primjenjujemo granicu elastičnosti čelika za prednapinjanje $f_{pk,el}$ te karakterističnu granicu popuštanja nenapete armature f_{yk} .

Parcijalni koeficijent čelika za prednapinjanje jest $\gamma_p = 1,0$, a parcijalni je koeficijent čelika za armiranje $\gamma_s = 1,15$. Krak unutrašnjih sila uzimamo s približno 90 % statičke visine nosača (d_p za natege i d_s za nenapetu armaturu).

Ploština natege je A_p , a ploština nenapete armature A_s .

Izraz za određivanje nosivosti na savijanje:

$$M_{Rd,djelotvorno} = A_p \cdot \frac{f_{pk,el}}{\gamma_p} \cdot 0,9 \cdot d_p + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot 0,9 \cdot d_s$$

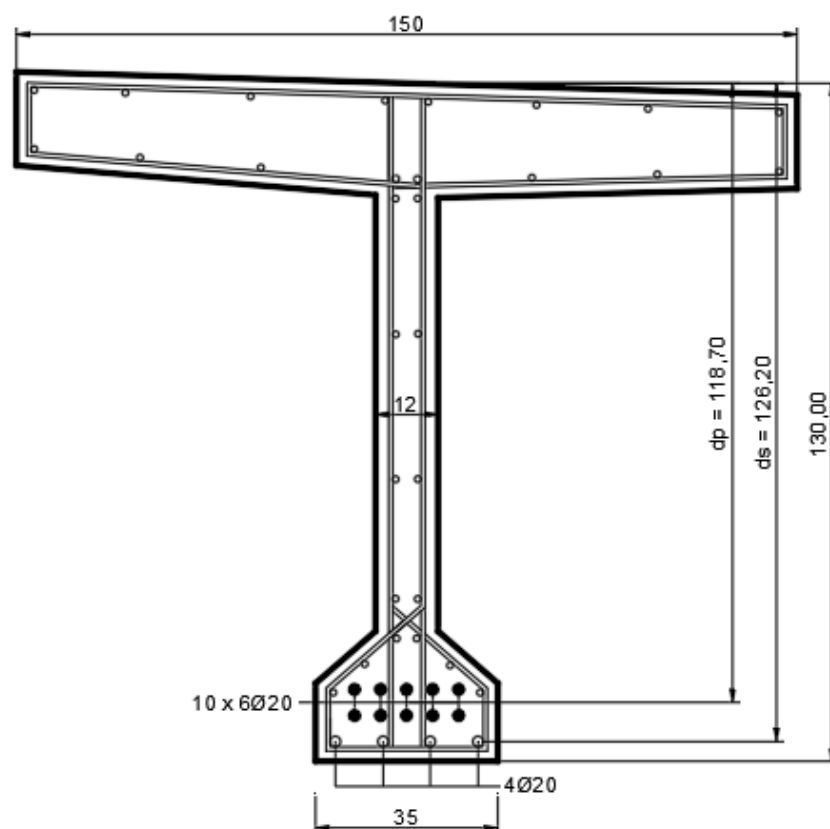
Nosivost rubnog nosača na savijanje u srednjem polju :

Površina sudjelujuće uzdužne armature:

$$A_s = A(4\emptyset 20) = 4 \cdot \frac{20^2 \cdot \pi}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2$$

Površina kabela:

$$A_p = 10 \cdot 6 \cdot \frac{7^2 \cdot \pi}{4} = 2309,07 \text{ mm}^2$$



Slika 197. Raspored natega i armature karakterističnog nosača

Statička visina natega d_p :

$$\begin{aligned}d_p &= 130 - \frac{5 \cdot (5 + 1 + 0,80 + 2) + 5 \cdot (10 + 1 + 0,80 + 2)}{10} \\&= 118,70 \text{ cm} = 1187,00 \text{ mm}\end{aligned}$$

Statička visina sudjelujuće uzdužne armature d_s :

$$d_s = 130 - \frac{4 \cdot (1 + 0,80 + 2)}{4} = 126,20 \text{ cm} = 1262,00 \text{ mm}$$

Proračunska nosivosti na savijanje:

$$M_{Rd,djelotvorno} = 2309,07 \cdot \frac{1352,80}{1,0} \cdot 0,9 \cdot 1187,00 + 1256,64 \cdot \frac{220}{1,15} \cdot 0,9 \cdot 1262,00$$

$$\mathbf{M_{Rd,djelotvorno} = 3610,11 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 3610,11 \text{ kNm}}$$

6.4. Ocjena nosivosti

6.4.1. Privremeni tehnički propisi za opterećenje mostova (PTP – 5)

$$M_{Ed,PTP} \leq M_{Rd,djelotvorno}$$

Osnovna kombinacija:

$$M_{Ed,PTP} = 1,00 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 1,00 \cdot (M_{q1} + M_{q1} + M_Q)$$

$$M_{Ed,PTP} = 2176,98 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,PTP} = 2176,98 \text{ kNm} < M_{Rd,djelotvorno} = 3610,11 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Rd,djelotvorno}}{M_{Ed,PTP}} > 1,0$$

1,66 > 1,0 – ZADOVOLJAVA!

6.4.2. Eurocode EN 1991 – 2 – Model 1

$$M_{Ed,\alpha,EN} \leq M_{Rd,djelotvorno}$$

Osnovna kombinacija:

$$M_{Ed,\alpha,EN} = 1,35 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 1,5 \cdot (M_q + M_Q)$$

$$M_{max} = 1,35 \cdot (764,40 + 540,60) + 1,5 \cdot (931,78 + 1647,06) = 5630,01 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,\alpha,EN} = 5630,01 \text{ kNm} > M_{Rd,djelotvorno} = 3610,11 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Rd,djelotvorno}}{M_{Ed,\alpha,EN}} > 1,0$$

0,64 < 1,0 – NE ZADOVOLJAVA!

6.4.3. Reducirana vrijednost Modela 1

Učinci prometnog opterećenja (momenti savijanja) proračunani su na slobodno oslonjenim gredama te su kao rezultat predloženi koeficijenti prilagođavanja europskog modela 1 stvarnom prometnom opterećenju na hrvatskim cestama (Tablica 12.).

Tablica 12. Preporučene vrijednosti koeficijenata prilagođavanja α modela 1 stvarnom prometu na hrvatskim cestama za ocjenu graničnih stanja postojećih mostova

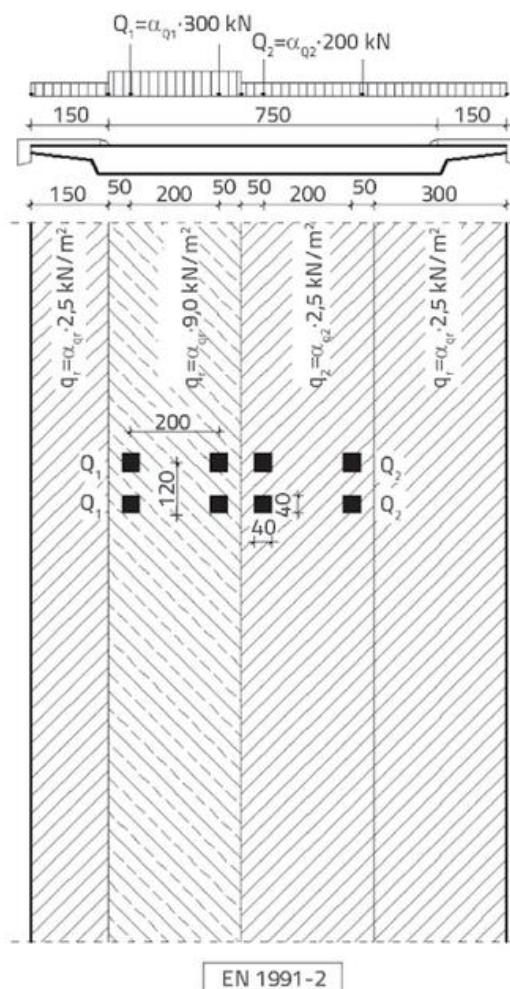
Raspon L (m)		≤ 10	$10 < \leq 20$	$20 < \leq 30$	$30 < \leq 40$	$40 < \leq 50$
DRŽAVNA CESTA						
Slobodno oslonjena greda $\alpha_{q2} = 1,0$; $\alpha_{qr} = 1,0$	α_{Q1}	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	α_{Q2} α_{q1}	0,30	0,38	0,51	0,58	0,62
Kontinuirana greda $\alpha_{q2} = 1,0$; $\alpha_{qr} = 1,0$	α_{Q1}	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	α_{Q2} α_{q1}	0,48	0,72	0,78	0,81	0,82
AUTOCESTA						
Slobodno oslonjena greda $\alpha_{q2} = 1,0$; $\alpha_{q3} = 1,0$; $\alpha_{qr} = 1,0$	α_{Q1}	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	α_{Q2} , α_{Q3} α_{q1}	0,38	0,53	0,65	0,72	0,77
Kontinuirana greda $\alpha_{q2} = 1,0$; $\alpha_{q3} = 1,0$; $\alpha_{qr} = 1,0$	α_{Q1}	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
	α_{Q2} , α_{Q3} α_{q1}	0,51	0,72	0,77	0,81	0,84

S obzirom na to da se most Ždrelac sa svojim maksimalnim rasponom $L = 22,65$ m nalazi u granicama od $20 < L \leq 30$, odabrani su koeficijent prilagođavanja prema Tablici 12.;

$$\alpha_{Q1} = 0,80, \quad \alpha_{Q2} = 0,51$$

$$\alpha_{q1} = 0,51, \quad \alpha_{q2} = 1,0$$

U nastavku je provedena kontrola prve ocjene nosivosti s prilagođenim prometnim opterećenjem stvarnom prometu na državnim cestama.



Slika 198. Model opterećenja prema EN 1991-2 s koeficijentima prilagođavanja α

Reducirano osovinsko prometno opterećenje na rubni nosač:

$$Q = 150 \cdot \alpha_{q1} \cdot (0,585 + 0,315) + 100 \cdot \alpha_{q2} \cdot 0,185$$

$$Q = 117,44 \text{ kN}$$

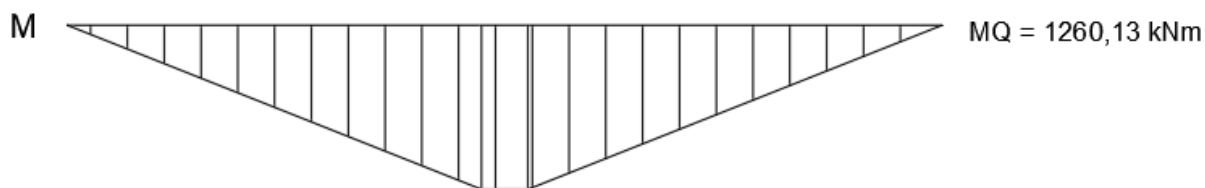
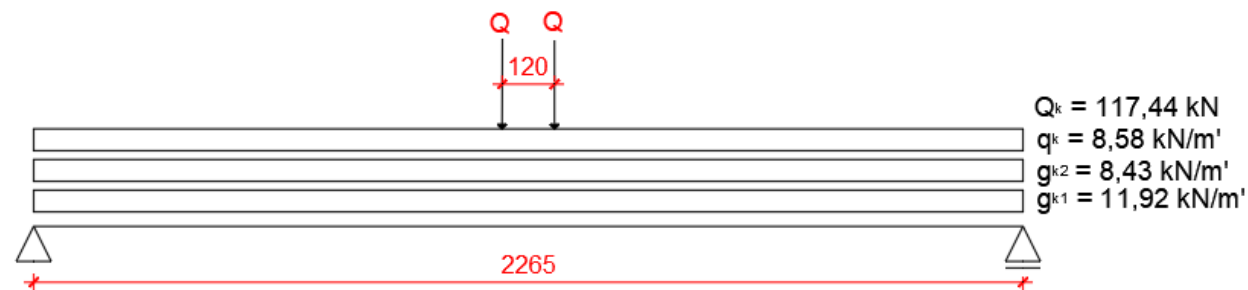
Reducirano kontinuirano prometno opterećenje na rubni nosač:

$$q = 2,5 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,785 + 0,650}{2} \right) + 9,0 \cdot 3 \cdot \alpha_{q1} \cdot \left(\frac{0,650 + 0,250}{2} \right) + 2,5 \cdot 1,89 \cdot \alpha_{q2} \cdot \left(\frac{0,250}{2} \right)$$

$$q = 8,58 \text{ kN/m'}$$

Momentni dijagrami

Statički sustav s reduciranim prometnim opterećenjima:



➤ Osnovna kombinacija:

$$M_{max} = 1,35 \cdot (M_{gk1} + M_{gk2}) + 1,5 \cdot (M_q + M_Q)$$

$$M_{Ed,\alpha,EN} = 1,35 \cdot (764,40 + 540,60) + 1,5 \cdot (550,22 + 1260,13) = 4477,28 \text{ kNm}$$

Prva ocjena nosivosti karakterističnog nosača:*EUROCODE EN 1991 – 2 – REDUCIRANI MODEL 1*

$$M_{Ed,\alpha,EN} \leq M_{Rd,djelotvorno}$$

Osnovna kombinacija:

$$M_{Ed,\alpha,EN} = 1,35 \cdot (764,40 + 540,60) + 1,5 \cdot (550,22 + 1260,13) = 4477,28 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,\alpha,EN} = 4477,28 \text{ kNm} > M_{Rd,djelotvorno} = 3610,11 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Rd,djelotvorno}}{M_{Ed,\alpha,EN}} > 1,0$$

0,81 < 1,0 – NE ZADOVOLJAVA!

Obzirom da je odnos graničnog stanje nosivosti na savijanje prema Eurokodu manji od jedinice, prva ocjena nije zadovoljavajuća i treba krenuti u točniji postupak – drugu ocjenu u sklopu koje valja odrediti učinke stvarnog prometa na danoj lokaciji.

Za daljnji postupak potrebna su mjerenja i analize stvarnog prometa na temelju postojećih podataka o prometu i voznom parku, no to nije bio predmet ovog diplomskog rada.

7. ZAKLJUČAK

Tijekom 46 godina eksploatacije, most preko morskog tjesnaca Mali Ždrelac izložen je prometnom opterećenju i utjecajima okoliša, odnosno razornom djelovanju vjetra i mora. Starost građevine, loše održavanje i neredoviti pregledi dominantno su rezultirali devastacijom određenih elemenata nosive konstrukcije. Ovim pregledom uočena oštećenja odnose se na niz imperfekcija u izvođenju, uglavnom izrazite segregacije betona te na oštećenja koja su posljedica dotrajanja uslijed vanjskih djelovanja, kao degradacija betona ploče rasponske konstrukcije, delaminacije stupova upornjaka i naglavnica, te degradacija betonske površine čeonih zidova upornjaka.

Projekt rekonstrukcije iz 2009. godine obuhvatio je zamjenu triju postojećih raspona mosta (srednji u osi plovnog puta) jednom lučnom konstrukcijom raspona 65,50 m, rekonstrukciju i ojačanje stupova S3 i S6 nakon rušenja stupova S4 i S5, proširenje i produbljivanje plovnog kanala. Glavni rezultati koji su se postigli ovakvim rješenjem su: mogućnost dvosmjerne plovidbe ispod mosta, nedvojbeno sigurnost stupova mosta od udara broda, skraćenje pojedinih ruta plovnih putova te smanjenje broja prolaza većih plovila Pašmanskim kanalom, mogućnost sigurnog prolaza većih brodova (Slika 199.).



Slika 199. Prolazak trajekta ispod mosta Ždrelac

Radovi sanacije mosta na gornjem ustroju obuhvaćali su uklanjanje postojeće ograde, AB vijenaca i pješačkih staza sa rubnjacima, uklanjanje asfalta i hidroizolacije, premještanje vodovodne instalacije, izradu nove hidroizolacije i kolničke konstrukcije, izradu nove pješačke staze sa vijencima i granitnim rubnjacima, postavljanje nove ograde i zamjenu dilatacijskih naprava. Na donjem ustroju za sve kategorije oštećenja za oštećene dijelove stupova, s obzirom na blizinu agresivne morske sredine, primjenjivao se migrirajući inhibitor korozije i mort, odnosno sanir beton visoke trajnosti, kao i čišćenje konstrukcije pomoću hidrodinamičke opreme. Postupci i materijali su se razlikovali i bili su primjereni pojedinoj kategoriji oštećenja. Krajnji stupovi S3 i S6 na koje se oslanjala nova rasponska konstrukcija prošireni su i ojačani. Temeljeni su na postojećim temeljima koji su ojačani i produbljeni. Obala plovnog kanala uredila se i zaštitila posebno za stupove mosta. Preko mosta se provela vodovodna cijev na isti način kao što je bilo i prije, cijevi su pričvršćene ispod grednih nosača. Kanal je produbljen na 5 m kada se računa od hidrografske nule ili 4,9 m kada se računa od geodetske nule.

Iako je sanacija mosta nedavno izvedena, uspoređujući fotografije oštećenja iz 2007. godine, prije rekonstrukcije i sanacije, i fotografije mosta danas, nisu uočene velike razlike. Vizualnim pregledom mosta Ždrelac obuhvaćene su sve površine mosta kako bi se utvrdilo stanje svih elemenata i opreme mosta. Pojedini elementi mosta su zatečeni u još gorem stanju nego prije sanacije izvedene 2009. godine, osim nove čelične rasponske konstrukcije na kojoj se u podgledu vide minimalna oštećenja poput početka procesa hrđe i oštećenja od zapinjanja jarbola jedrilica (slika 200.).



Slika 200. Zapinjanje jarbola jedrilica o rasponsku konstrukciju mosta Ždrelac

Slobodni profil starog plovnog kanala bio je 20.00 x 16.50 m, a rekonstrukcijom su se postigle dimenzije 56.00 x 17.07 m. Naime, most je unatoč rekonstrukciji i dalje zapreka za jedrilice s malo većim jarbolom, a takvih je sve više, kao i nautičara koji nisu upućeni ili nisu svladali nautičke vještine. Postojeća niveleta na dijelu mosta je konveksna s radijusom vertikalnog zaobljenja 1000 m koja je ostala neizmijenjena. Projektom rekonstrukcije nije dobivena očekivana visina jer bi za povećanje visina na 20 m bio potreban potpuno novi most, kao i cjelovita rekonstrukcija ceste D-110 na njegovim prilazima. U nautičkim peljarima precizno piše kako je most dugačak 210 i visok 16,50 metara, da je plovni kanal obilježen sa 6 stupova crvene i zelene boje i svjetla. Širina prolaza pod mostom je 20 metara, a dubina 4,3 metra. Tome treba dodati plime i oseke te jake morske struje u tom morskom kanalu [27]. Većina jedrilica u obližnjim marinama koje su u charteru, odnosno za iznajmljivanje, na sebi ima naljepnicu koja upozorava da zbog visine jarbola ne mogu proći ispod mosta, ukoliko je to slučaj s dimenzijama broda, no unatoč pustim upozorenjima na visinu mosta, ovakva zapinjanja jarbola su vrlo česta pojava pod mostom Ždrelac, a u sezoni se izbroji i desetak ovakvih i sličnih slučajeva. Jedan od prijedloga rješenja ovog problema bio bi postavljanje svjetlećih oznaka koje upozoravaju na visinu mosta, posebice u noćnim satima, s obzirom na to da most nije osvijetljen i teško su vidljivi znakovi upozorenja.

Veliki je nedostatak što se rekonstrukcijom i sanacijom mosta Ždrelac nije obuhvatila i rasvjeta mosta. Most je od vrlo velike važnosti kako za nautički, tako i otočni promet, velika je atrakcija za turiste, a još bi veća bila da je most adekvatno osvijetljen i da omogućiti pješacima siguran prolaz u večernjim satima. Nakon više od 40 godina, u bližoj budućnosti otoka Ugljana planira se izgraditi nova prometnica u dužini od 13,50 kilometara, širine 7 metara, koja će u svakom mjestu biti spojena s postojećom D110 cestom. U planu je i gradnja biciklističke staze uz novu cestu, južnom stranom otoka, što bi zasigurno podiglo kvalitetu otočke ponude poglavito u turističkom segmentu. Nakon pokretanja ove inicijative za gradnju prometnice duž otoka Ugljana, došlo se do ideje da se pokrene nova priča s Općinom Pašman, Županijskom turističkom zajednicom, Hrvatskim cestama, Fondom za zaštitu okoliša te Ministarstvom turizma, a radi se o projektu osvijetljenja i ozvučenja mosta Ždrelac. Na razini općina, Županijske TZ, Ispostave HC Zadar već se načelno o ovom projektu razgovaralo te konzultiralo stručne ljude. Uz štednu led rasvjetu postavilo bi se i zvučne efekte u vidu melodije na samom mostu, time bi dobili prvi most u Hrvatskoj koji uz led rasvjetu ima i

zvučne efekte. Nasuprot mostu nalazi se 500 godina stara crkva Gospe od Sniga pa bi uz mogućnost da se na mostu ostavljaju zavjetni lokoti, kako je to već počela biti praksa na mostovima u velikim europskim gradovima, most u prolazu Mali Ždrelac mogao postati turistička priča otoka Ugljana i Pašmana, kao što su to Morske orgulje u Zadru, no prije svega, trebalo bi sanirati prikazana oštećenja mosta te ga načiniti sigurnim kako za promet tako i za ljude [28] .

Na temelju provedenog vizualnog pregleda, i opisu stanja pregledanih elemenata konstrukcije, može se zaključiti da je građevina u stanju koje ne osigurava ispunjavanje svih temeljnih zahtjeva (TZ) za građevinu:

➤ TZ1 - Mehanička otpornost i stabilnost

Utvrđena oštećenja rasponske konstrukcije i donjeg ustroja ukazuju na degradaciju betona koja je posljedica loše ugradnje, eksploatacije, djelovanja atmosferilija i razornog djelovanja uzrokovanog vodom. Količina oštećenja utvrđena ovim pregledom ne ukazuje na opasnost za sigurnost u smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti, ali je potrebno što prije poduzeti mjere popravka kako bi se zaustavila daljnja degradacija.

➤ TZ3 – Higijena zdravlje i okoliš

Potrebno je popraviti ili zamijeniti one elemente čija degradacija ugrožava okoliš – oštećena mjesta rasponske konstrukcije, te betonske površine donjeg ustroja.

➤ TZ4 – Sigurnost i pristupačnost pri uporabi

Zbog sigurnosti pješaka potrebno je sanirati ili zamijeniti asfalt pješačkog hodnika, i prekontrolirati stanje AB montažnih ploča hodnika. Potrebno je postaviti rasvjetu kako na gornjem tako i na donjem ustroju, zbog lakšeg prometovanja vozila i plovila, kao i sigurnosti pješaka. Sanirati i provjeriti sve spojeve ograde s betonom pješačkog hodnika.

➤ TZ5 – Zaštita od buke

Vozna površina mosta u dobrom je stanju, osim nekolicine asfaltnih zakrpa. Vibracije i buka svedene su na minimum, pa nisu potrebne posebne mjere zaštite od buke.

➤ TZ7 – Održiva uporaba prirodnih izvora

Potrebno je provesti popravak zamjenom, poboljšanjem i ojačanjem elemenata građevine te zaštitom površina elemenata od utjecaja agresivnih tvari da se osigura trajnost građevine.

U skladu s rezultatima vizualnog pregleda, projektom sanacije potrebno je predvidjeti sljedeće radove:

➤ Sanacija prilaza i čunjeva

Nadopuniti erodirani materijal kako bi spriječili daljnju eroziju, sanirati pukotine na gornjem ustroju, posebice na pješačkom hodniku gdje voda prodire kroz pukotine na ležajne grede i pritom oštećuje elemente donjeg ustroja. Isto tako trebalo bi redovito održavati čistoću na prilazima i čunjevima, očistiti prilaze od smeća i vegetacije.

➤ Popravak donjeg ustroja

Uklanjanje vodom pod visokim tlakom svih loših i nevezanih dijelova, sanacija pukotina injektiranjem s prijenosom sile, lokalni popravak mortom za popravak razreda R3 i/ili betonom C25/30, izravnanje svih površina mortom razreda R3 te zaštita svih površina polimercementnim premazom. Potrebno je sanirati čelone i krilne zidove upornjaka. Oštećenja upornjaka u vidu odlamanja zaštitnog sloja, curenja betona i korozije armature kritična su za sigurnost konstrukcije, prometnu sigurnost, kao i procjenu stanja mosta. Na stupovima i naglavnicama S2, S7, S8 i S9 su vidljiva značajna oštećenja koja mogu smanjiti nosivost u slučaju da se na vrijeme ne reagira. Korozija armature je uznapredovala, pa dolazi do mrežastih pukotina, odlamanja zaštitnog sloja betona, delaminacije, vidljive su mrlje od hrđe i segregacija betona. Glavni uzrok ovih oštećenja je loše izvedena dilatacija nad stupovima pa bi radovi trebali započeti s njihovom sanacijom i zatvaranjem otvorenih pukotina na asfaltnom zastoru uz dilatacije. Preporučuje se geodetsko snimanje vertikalnosti stupova i upornjaka i kontrola nivelete.

➤ Sanacija gornjeg ustroja

Glavni betonski uzdužni nosači znatno su zahvaćeni korozijom. Navedena oštećenja ne ugrožavaju globalnu stabilnost i nosivost konstrukcije, ali se preporučuje što hitnija sanacija.

Potrebno je sanirati i sve prijelazne i dilatacijske naprave, jer je došlo do vodopropusnosti koja bi mogla, ako već nije, stvoriti veliku štetu na kolničkoj konstrukciji, nosačima i ležajevima. Zbog nemogućnosti pregleda svih ležajeva bilo bi poželjno izvesti detaljan pregled ležajeva, te uz pomoć hidrauličkih preša zamijeniti stare i dotrajale ležajeve koji više ne služe svojoj svrsi.

➤ Sanacija opreme mosta

Uklanjanje postojećeg sloja asfalta pješačkog hodnika, uklanjanje vodom pod visokim tlakom svih loših i nevezanih dijelova, sanacija pukotina injektiranjem, lokalni popravak mortom ili betonom, zaštita svih površina policementnim premazom, skidanje drvenih uložaka ispod AB ploča pješačkog hodnika i pronalazak adekvatne zamjene. Sve korodirane dijelove ograde trebalo bi očistiti i ponovno premazati antikorozivnom zaštitom.

➤ Ostali popravci

Demontaža i ponovno postavljanje rubnjaka na određenim dijelovima konstrukcije, te zapunjavanje sljubnica trajnoelastičnim kitom kako bi se spriječio prodor vode između rubnjaka i pješačkog hodnika, što dovodi do degradacije betona. Odvodnja je slaba točka ovog mosta pa bi trebalo redovito voditi računa o čistoći slivnika kao i cijevi kroz koje se voda ispušta ispod mosta, te zamijeniti dotrajale i oštećene cijevi. Sve korodirane dijelove konstrukcije kao što su elementi odvodnje, maske vijenca i čelične rasponske konstrukcije trebalo bi očistiti i ponovno premazati antikorozivnom zaštitom.

Ostala oštećenja su neznatna i bez potrebe za hitnim zahvatima na njima.

➤ Nosivost karakterističnog nosača mosta

Provedenom kontrolom ocjene nosivosti karakterističnog nosača, utvrđeno je da nisu zadovoljeni uvjeti graničnog stanja nosivosti na prometno opterećenje prema Eurokodu. Moguće je daljnjom ocjenom uz primjenu podataka o stvarnom prometnom opterećenju te detaljnim testiranjima stvarne konstrukcije dobiti povoljnije rezultate. U slučaju da i te vrijednosti ne zadovolje bilo bi potrebno što prije provesti odgovarajuće mjere u cilju održanja nosivosti mosta – popravke, sanacije, ojačanja, rekonstrukcije ili možda cjelokupnu zamjenu stare betonske konstrukcije.

8. LITERATURA

- [1] A. Mandić-Ivanković i M. Kušter-Marić, Predavanja i vježbe iz Trajnosti konstrukcija 1, Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2017.
- [2] Hrvatske ceste d.o.o., Priručnik oštećenja po dijelovima mosta, 2014.
- [3] Croatian highways ltd. (Hrvatske autoceste d.o.o.), Guideline for bridge evaluation (Smjernice za ocjenjivanje mostova), 2010.
- [4] Hrvatske autoceste d.o.o., Planiranje upravljanja mostovima, 2008.
- [5] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, »Održavanje cestovnih građevina«, Središnji državni portal, [Mrežno]. Available: <https://mgipu.gov.hr/o-ministarstvu-15/djelokrug/graditeljstvo-98/odrzavanje-cestovnih-gradjevina/7863>. [Pokušaj pristupa 01. 06. 2019.]
- [6] D. Tenžera, G. Puž i J. Radić, »Vizualni pregled kao pomagalo za ocjenu stanja mostova«, *Građevinar*, svez. 64, br. 9, pp. 717-726, 2012.
- [7] Narodne novine, »Zakon o prostornom uređenju i gradnji, Urednički pročišćeni tekst«, *Narodne novine*, br. 76/07, 38/09, 55/11 i 90/11.
- [8] »Zakon o javnim cestama, Urednički pročišćeni tekst«, *Narodne novine*, br. 84/11.
- [9] »Pravilnik o održavanju i zaštiti javnih cesta«, *Narodne novine*, br. 25/98.
- [10] D. Tenžera, G. Puž i J. Radić, »Pregledi mostova na državnim cestama u Hrvatskoj«, ResearchGate, Zagreb, 2012.
- [11] J. Radić, »Prosudba utjecaja na trajnost mostova u Hrvatskoj«, *Zbornik radova prvog znanstvenog kolokvija "Mostovi"*, pp. 219-232, 1991.
- [12] V. Lisac, »Rastavljaju most koji veže otoke da bi ga poboljšali«, 24 sata, 15. 02. 2009. [Mrežno]. Available: <https://www.24sata.hr/news/rastavljaju-most-koji-veze-otoke-da-bi-ga-poboljsali-102574>. [Pokušaj pristupa 01. 06. 2019.]

- [13] A. Vučetić-Škrbić, »Zadarski.hr«, Slobodna Dalmacija, 26. 06. 2018. [Mrežno]. Available: <https://zadarski.slobodnadalmacija.hr/4-kantuna/clanak/id/552176/mostovi-donijeli-zivot-viru-ugljanu-i-pasmanu>. [Pokušaj pristupa 2019. 07. 15.]
- [14] D. Tenžera, Katalog oštećenja elemenata mostova, D. Tenžera, ur., Zagreb: Hrvatske ceste d.o.o., 2014.
- [15] C. Rus, »S naših i inozemnih gradilišta: Cestovni most "Ždrelac" - veza otoka Ugljana i Pašmana«, *Građevinar*, svez. 2, pp. 57-58, 1974.
- [16] Z. Marić, »Most "Ždrelac"«, *Naši mostovi*, svez. 35, br. 2, pp. 56-57, 1989.
- [17] V. Vidov i I. Vukasović- Lončar, »Seminarski rad: Ocjena stanja mosta Ždrelac«, u *Trajnost konstrukcija I*, Zagreb, 2008.
- [18] B. Nadilo, »Gradilišta: Rekonstrukcija plovnog puta i mosta u malom Ždrelcu«, *Građevinar*, svez. 61, br. 3, pp. 269-277, 2009.
- [19] A. Runjić i S. Budić, »Tehnički dio«, u *Glavni projekt rekonstrukcije mosta na cesti D-110 preko morskog tjesnaca Ždrelac između otoka Ugljana i Pašmana*, Split, PB Konstruktor d.d., 2007, pp. 14/07-G.
- [20] Ministarstvo pomorstva, »Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa«, Narodne novine, 13. 12. 2001. [Mrežno]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_12_110_1829.html. [Pokušaj pristupa 05. 07. 2019.]
- [21] D. Proske i S. Loos, »Eurocode road traffic load models for weight restricted bridges«, Taylor & Francis Group, London, 2009.
- [22] I. Burica, »Stari most otišao u povijest«, *Zadarski list*, 23. 02. 2009. [Mrežno]. Available: <https://www.zadarskilist.hr/clanci/23022009/stari-most-otisao-u-povijest>. [Pokušaj pristupa 20. 06. 2019.]
- [23] N. Kršinić, Sustav za upravljanje i gospodarenje mostovima u Republici Hrvatskoj, J.

- Radić, ur., Cavtat: Zbornik radova IV. kongresa HDGK, Hrvatsko društvo građevinskih konstruktora, 1996., pp. 87-93.
- [24] V. Žugelj, Hrvatski sustav za upravljanje i gospodarenje mostovima (HRMOS), J. Radić, ur., Brijuni: Zbornik radova četvrtog općeg sabora HDGK, Hrvatsko društvo građevinskih konstruktora, 1998, pp. 231-236.
- [25] Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, »Pravilnik o održavanju građevina«, *Narodne novine d.d.*, svez. 122, br. 2343, 2014.
- [26] A. Mandić, J. Radić i Z. Šavor, »Ocjenjivanje graničnih stanja postojećih mostova«, *Građevinar*, svez. 6, br. 61, pp. 533-545, 12. 12. 2009.
- [27] »Prvi hrvatski on-line peljar Jadranskog mora«, peljar.cvs.hr, [Mrežno]. Available: http://peljar.cvs.hr/show_place_info.php?id=364&type=. [Pokušaj pristupa 12. 08. 2019.]
- [28] S. Bandić, »Otočani će osvijetliti i ozvučiti most Mali Ždrelac po uzoru na Morske orgulje«, croatialink.com, 03. 06. 2015. [Mrežno]. Available: <http://croatialink.com/vijesti/promet/63195/Oto%C4%8Dani-%C4%87e-osvijetliti-i-ozvu%C4%8Diti-most-Mali-%C5%BDdrelac-po-uzoru-na-Morske-orgulje>. [Pokušaj pristupa 01. 09. 2019.]

9. POPIS ILUSTRACIJA

Slika 1. Pojednostavljena shema procesa planiranja izvanrednog održavanja mostova	11
Slika 2. Makrolokacija mosta Ždrelac.....	13
Slika 3. Mikrolokacija mosta Ždrelac	13
Slika 4. Pogled na današnji most Ždrelac (lijevo – Pašman, desno – Ugljan)	14
Slika 5. Pogled iz zraka na most Ždrelac (1973. godina).....	17
Slika 6. Uzdužni presjek mosta iz 1971. godine	18
Slika 7. Pogled na most (foto Vidov.V., 2008.)	18
Slika 8. Poprečni presjek u polju.....	19
Slika 9. Poprečni presjek nad stupom	19
Slika 10.a. Izvedba stupova mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.).....	20
Slika 10.b. Izvedba stupova mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.)	21
Slika 11. Pogled na donji ustroj mosta Ždrelac (foto Seferović, A., 1972.)	21
Slika 12. Kanal mali Ždrelac prije zadnje rekonstrukcije (snimak s mosta, 2009.).....	22
Slika 13. Kolnik (2008.).....	23
Slika 14. Prijelazna naprava (2008.)	23
Slika 15. Spoj asfalta i rubnjaka (2008.)	23
Slika 16. Oštećenje rubnjaka (2008.)	23
Slika 17. Slivnik (2008.)	23
Slika 18. Vegetacija u slivniku (2008.)	23
Slika 19. Pješački hodnik (2008.).....	24
Slika 20. Propusnost hodnika (2008.)	24
Slika 21. Sanacija hodnika (2008.).....	24
Slika 22. Korozija ograde (2008.)	25
Slika 23. Korozija ograde (2008.)	25
Slika 24. Pričvršćenje ograde u sklop (2008.).....	25
Slika 25. Kameni pokos U1 (2008.).....	26
Slika 26. Odron kamenog pokosa (2008.).....	26
Slika 27. Kameni pokos U2 (2008.).....	26
Slika 28. Vegetacija na upornjaku U2 (2008.)	26
Slika 29. Zid upornjaka U1 (2008.).....	27
Slika 30. Krilo upornjaka U1 (2008.).....	27

Slika 31. Upornjak U2 (2008.).....	27
Slika 32. Zid upornjaka U2 (2008.).....	27
Slika 33. Ležaj na upornjaku U2 (2008.)	28
Slika 34. Ležaj na upornjaku U1 (2008.)	28
Slika 35. Donja zona stupa (2008.)	29
Slika 36. Gornja zona stupa (2008.).....	29
Slika 37. Naglavna greda (2008.).....	29
Slika 38. Naglavna greda (2008.).....	29
Slika 39. Odlamanje betona S4 (2008.).....	29
Slika 40. Rasponski sklop (2008.).....	30
Slika 41. Vlaženje betona (2008.)	30
Slika 42. Vlaženje betona (2008.)	30
Slika 43. Cijev za vodu (2008.).....	31
Slika 44. Slika rekonstrukcije mosta Ždrelac (foto Konstruktor - Split, 2009.)	33
Slika 45. Ojačavanje stupova	35
Slika 46. Novi oblik naglavnih greda stupova S3 i S6.....	35
Slika 47. Poprečni presjek u polju čeličnog rasponskog sklopa	36
Slika 48. Skice mosta prije i nakon rekonstrukcije (1.slika – prije, 2. slika – nakon)	38
Slika 49. Shematski prikaz faza izvedbe (foto PB Konstruktor d.o.o.).....	39
Slika 50. Demontaža prvog nosača na mostu (foto Nadilo, B., 2009.)	40
Slika 51. Demontaža preostalih nosača na mostu (foto Zadarski list, 2009.)	41
Slika 52. Demontaža zadnjeg nosača na mostu (foto Zadarski list, 2009.).....	41
Slika 53. Pogled na demontirane nosače s gornjeg ustroja (foto Zadarski list, 2009.)	41
Slika 54. Ojačavanje temelja S3 i S6	43
Slika 55. Ojačanje stupa pomoću penjajuće oplata	44
Slika 56. Ojačanje nosivog stupa čelične konstrukcije (foto Nadilo, B., 2009.).....	45
Slika 57. Slika skele za izradu naglavnica	46
Slika 58. Slika skele za privremeno oslanjanje nove rasponske konstrukcije na S3 i S6	48
Slika 59. prikaz faza montaže nove rasponske konstrukcije	49
Slika 60. Plovni kanal Mali Ždrelac nakon rekonstrukcije (foto 057info, 2016.).....	50
Slika 61. Iskop i proširenje postojećeg kanala (foto Građevinar, 2009.)	51
Slika 62. Iskop u plovnom kanalu (foto Zadarski list, 2009.).....	52

Slika 63. Postojeće stanje objekta 2008.godine	53
Slika 64. Demontaža rasponske konstrukcije 2009. godine.....	53
Slika 65. Demontaža rasponske konstrukcije 2009. godine.....	53
Slika 66. Ojačanje temelja S3 i S6 – Predmontaža rasponske konstrukcije.....	54
Slika 67. Ojačanje stupišta i naglavnih greda S3 i S6 – Predmont. rasponske konstr.	54
Slika 68. Montaža raspona S3 – S4.....	54
Slika 69. Montaža raspona S5 – S6.....	55
Slika 70. Montaža raspona S4 – S5.....	55
Slika 71. Otpuštanje privremenih oslonaca na S4 i S5 - Priprema za miniranje.....	55
Slika 72. Rušenje stupova S4 i S5 te obalnih zidova	56
Slika 73. Uklanjanje materijala i proširenje postojećeg kanala.....	56
Slika 74. Pogled na gradilište s vrha AB dijela mosta (foto Nadilo, B.,2009.).....	60
Slika 75. Presjek temelja ojačanog stupa na koji se oslanja čelična konstrukcija.....	61
Slika 76. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1\ g = 9.81\ m/s^2$), prema Karti potresnih područja Republike Hrvatske (http://seizkarta.gfz.hr/karta.php)	65
Slika 77. Karta potresnih područja Republike Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temelnog tla a_g , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti promašaja 10% u 50 godina, za povratno razdoblje od 475 godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g	66
Slika 78. Detalj karte iz slike 73.za morski tjesnac Mali Ždrelac	66
Slika 79. Pogled iz zraka na most Ždrelac danas (foto Kačan, B., 2010.)	70
Slika 80. Shematski prikaz objekta	76
Slika 81. Naslovnica podloga za pregled građevine.....	77
Slika 82. Upornjak U1- erozija kosine nasipa. Stupanj oštećenja S4.	82
Slika 83. Vegetacija na upornjaku U1. Stupanj oštećenja S2.	82
Slika 84. Vegetacija na upornjaku U10. Stupanj oštećenja S4.	82
Slika 85. Pukotine završnog sloja hodnika. Stupanj oštećenja S3.	82
Slika 86. Delaminacija na stupu S8. Stupanj oštećenja S4.	87
Slika 87. Odlamanje zaštitnog sloja betona stupa S1. Stupanj oštećenja S3.	87
Slika 88. Korozija armature u segregiranom dijelu stupa S2. Stupanj oštećenja S4.....	87
Slika 89. Korozija armature stupa S6 u blizini mora. Stupanj oštećenja S3.	87
Slika 90. Korozija armature stupa S3 u blizini mora. Stupanj oštećenja S3.	87

Slika 91. Vegetacijom obrasli temelji stupa S2. Stupanj oštećenja S2.	87
Slika 92. Upornjak U1 – nedovoljan zaštitni sloj betona. Stupanj oštećenja S4.....	90
Slika 93. Upornjak U1 – delaminacija i ljuštenje betona. Stupanj oštećenja S4.....	90
Slika 94. Oštećenje upornjaka U1- korozija armature. Stupanj oštećenja S4.	90
Slika 95. Oštećenje upornjaka U2 – pukotine. Stupanj oštećenja S3.....	90
Slika 96. Oštećenje upornjaka U2 – ljuštenje. Stupanj oštećenja S3.	90
Slika 97. Oštećenje upornjaka U2 – korozija armature. Stupanj oštećenja S3.	90
Slika 98. Oštećenje stupa S9 – korozija. Stupanj oštećenja S3.....	104
Slika 99. Oštećenje stupa S8 i naglavnice stupa – korozija armature koja uzrokuje lomljenje i delaminaciju zaštitnog sloja. Stupanj oštećenja S4.	104
Slika 100. Naglavnica stupa S9 – delaminacija betona uslijed vlaženja. Stupanj oštećenja S3.	104
Stupa 101. Naglavnica stupa S8 – oštećenja uslijed vlaženja betona. Stupanj oštećenja S3.	104
Slika 102. Stup S7 – nedovoljan zaštitni sloj betona. Stupanj oštećenja S3.	105
Slika 103. Stup S6 –curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S2.....	105
Slika 104. Naglavnica stupa S7 – ljuštenje usred korozije. Stupanj oštećenja S2.	105
Slika 105. Naglavnica stupa S6 –smeđe mrlje na betonu. Stupanj oštećenja S2.	105
Slika 106. Stup S3 – curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S1.....	105
Slika 107. Stup S2 – lomljenje uslijed korozije. Stupanj oštećenja S3.....	105
Slika 108. Naglav. stupa S3 – curenje vode s gornjeg ustroja. Stupanj oštećenja S1.....	106
Slika 109. Naglavnica stupa S2 – oštećenje zbog vlaženja. Stupanj oštećenja S3.	106
Slika 110. Vlaženje donje strane kolnika mosta. Stupanj oštećenja S2.	114
Slika 111. Procjeđivanje vode zbog lošeg sustava odvodnje. Stupanj oštećenja S2.....	114
Slika 112. Korozija armature na donjoj pojasnici nosača i na spoju između 2 nosača. Stupanj oštećenja S2.....	114
Slika 113. Korozija armature koja uzrokuje lomljenje i delaminaciju zaštitnog sloja. Stupanj oštećenja S3.....	114
Slika 114. Delaminacija donje pojasnice betonskog nosača. Stupanj oštećenja S2.....	114
Slika 115. Delaminacija na desnom rubu betonske rasponske konstrukcije uslijed alkalno-silicijske reakcije. Stupanj oštećenja S3.....	114
Slika 116. Vlaženje betona uzrokovano oštećenom hidroizolacijom. Stupanj oštećenja S3.	115
Slika 117. Segregacija betona. Stupanj oštećenja S2.	115

Slika 118. Čelična rasponska konstrukcija.....	118
Slika 119. Vidljiva hrđa na poprečnim nosačima i oštećenje boje.....	118
Slika 120. Grafiti na lukovima	118
Slika 121. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stupanj oštećenja S2.	121
Slika 122. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stupanj oštećenja S2.	121
Slika 123. Propadanje prijelazne naprave zbog lošeg održavanja. Stup. oštećenja S2.	121
Slika 124. Loše riješen detalj dilatacije na pješačkoj stazi. Stupanj oštećenja S3.	121
Slika 125. Loše izveden spoj prijelazne naprave i hodnika. Stupanj oštećenja S3.	121
Slika 126. Propusnost bitumenske dilatacijske naprave. Stupanj oštećenja S3.	122
Slika 127. Propusnost bitumenske dilatacijske naprave. Stupanj oštećenja S3.	122
Slika 128. Hrapavost ležajne klupe na upornjaku U2. Stupanj oštećenja S3.	126
Slika 129. Drobljenje betona uz ležaj na upornjaku U2. Stupanj oštećenja S2.	126
Slika 130. Oštećenja konstrukcije neposredno uz ležaj na upornjaku U1. Stupanj oštećenja S3.	126
Slika 131. Elastomerni ležaj upornjaka U1 u potpunosti deformiran. Nosač je praktički oslonjen na beton. Stupanj oštećenja S4.	126
Slika 132. Identifikacija mosta Ždrelac.....	129
Slika 133. Kolnik.....	129
Slika 134. „Zakrpa“ asfalta kolnika. Stupanj oštećenja S2.	129
Slika 135. Oštećenje kolničke konstrukcije u obliku pojedinačnih pukotina. Stupanj oštećenja S3.....	129
Slika 136. Vegetacija na rubu asfaltnog sloja i rubnjaka. Stupanj oštećenja S2.	130
Slika 137. Spoj asfaltnog sloja i rubnjaka. Pojedinačne pukotine na spoju. Stupanj oštećenja S2.....	130
Slika 138. Pješački hodnik. Stupanj oštećenja S4.	135
Slika 139. Pukotina na asfaltnom zastoru. Stupanj oštećenja S4.	135
Slika 140. Pukotina u blizini prijelazne naprave. Stupanj oštećenja S4.	135
Slika 141. Pukotina na spoju montažnih ploča. Stupanj oštećenja S4.	135
Slika 142. Pukotine uz revizijska okna. Stupanj oštećenja S4.	135
Slika 143. Oštećenje pješačkog hodnika u obliku boranja. Stupanj oštećenja S3.	135
Slika 144. Pukotine uz slivnik. Stupanj oštećenja S4.	136
Slika 145. Pukotina uz slivnik. Stupanj oštećenja S4.	136

Slika 146. Pukotine uz vješaljke glavnog nosača. Stupanj oštećenja S4.	136
Slika 147. Loše izveden spoj asfalta i prijelazne naprave. Stupanj oštećenja S4.	136
Slika 148. Drveni podmetači ispod betonskih ploča. Stupanj oštećenja S4.	136
Slika 149. Drveni podmetači. Stupanj oštećenja S4.	136
Slika 150. Raslinje uz ogradu. Stupanj oštećenja S1.	137
Slika 151. Nedostajanje pričvršćenja ograde. Stupanj oštećenja S3.	137
Slika 152. Loše izveden spoj ograde s betonom. Stupanj oštećenja S2.	138
Slika 153. Ljuštenje boje. Stupanj oštećenja S2.	138
Slika 154. Pukotine u asfaltu uz ogradu	138
Slika 155. Pukotine u asfaltu oko ograde	138
Slika 156. Oštećenja montažnih rubnjaka pješačkih hodnika. Stupanj oštećenja S3.	140
Slika 157. Loše postavljeni rubnjaci u krivini. Stupanj oštećenja S4.	140
Slika 158. Nedostajanje mase za brtvljenje između rubnjaka. Stupanj oštećenja S4.	140
Slika 159. Loše postavljeni rubnjaci. Stupanj oštećenja S4.	140
Slika 160. Nedostajanje mase za brtvljenje između montažnih el. pješačke staze. Stupanj oštećenja S3.	140
Slika 161. Propadanje mase za brtvljenje između asfalta hodnika i rubnjaka. Stupanj oštećenja S3.	140
Slika 162. Vegetacija u slivniku. Stupanj oštećenja S2.	141
Slika 163. Slivnik zapunjen kamenjem. Stupanj oštećenja S2.	141
Slika 164. Osinjak u odvodnoj cijevi. Stupanj oštećenja S4.	141
Slika 165. Oštećenje odvodne cijevi. Stupanj oštećenja S5.	141
Slika 166. Korozija maske. Stupanj oštećenja S3.	144
Slika 167. Odlamanje betona na mjestu stare ograde uzrokovano korozijom. Stupanj oštećenja S3.	144
Slika 168. Eflorescencija uzrokovana curenjem vode s pješačkog hodnika. Stupanj oštećenja S3.	144
Slika 169. Odstupanje maske od ravnosti zbog loših ili nedostajućih vijčanih spojeva. Stupanj oštećenja S2.	144
Slika 170. Loše izvedeni vijčani spojevi maske. Stupanj oštećenja S2.	144
Slika 171. Curenje vode. Stupanj oštećenja S2.	144
Slika 172. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S3.	148

Slika 173. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S3.	148
Slika 174. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S4.	148
Slika 175. Oštećenje hidroizolacije kolničke konstrukcije. Stupanj oštećenja S4.	148
Slika 176. Identifikacija mosta Ždrelac.....	149
Slika 177. Znakovi koji definiraju visinu slobodnog profila.	149
Slika 178. Nedostajanje strujnih kablova na stupu S8. Stupanj oštećenja S5.	149
Slika 179. Nefunkcionalan strujni ormarić na stupu S8. Stupanj oštećenja S5.	149
Slika 180. Pokidani strujni kablovi. Stupanj oštećenja S5.	150
Slika 181. Vodovodne cijevi van funkcije.	151
Slika 182. Oštećenje zaštitne cijevi za strujne kablove na upornjaku U1.....	151
Slika 183. Uništeno uzemljenje konstrukcije na stupu S6.	151
Slika 184. Uzemljenje na stupu S3 van funkcije.....	151
Slika 185. Sheme prometnog opterećenja državne ceste (PTP i EC).....	164
Slika 186. Shema prometnog opterećenja prema PTP-5.....	165
Slika 187. Razdioba prometnog opterećenja prema PTP-5.....	167
Slika 188. Metoda ekscentričnog pritiska	168
Slika 189. Prikaz utjecajne linije.....	169
Slika 190. Poprečna preraspodjela pomoću utjecajnih linija – PTP-5	170
Slika 191. Razdioba prometnog opterećenja prema EN 1991-2	172
Slika 192. Poprečna preraspodjela pomoću utjecajnih linija EN 1991 -2.....	175
Slika 193. Utjecajna linija za moment savijanja u sredini raspona proste grede	177
Slika 194. Metoda izračuna momenta savijanja	177
Slika 195. Slučajevi opterećenja karakterističnog nosača prema PTP - 5	179
Slika 196. Slučajevi opterećenja karakterističnog nosača prema EN 1991 - 2	182
Slika 197. Raspored natega i armature karakterističnog nosača	186
Slika 198. Model opterećenja prema EN 1991-2 s koeficijentima prilagođavanja α	190
Slika 199. Prolazak trajekta ispod mosta Ždrelac	193
Slika 200. Zapinjanje jarbola jedrilica o rasponsku konstrukciju mosta Ždrelac	194

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Zahtjevi za projektirani beton.....	63
Tablica 2. Sustav ocjenjivanja oštećenja na temelju vizualnog pregleda	74
Tablica 3. Način označavanja uočenih oštećenja pri vizualnom pregledu na podlogama	75
Tablica 4. Oznake i nazivi konstruktivnih elemenata	76
Tablica 5. Kriteriji za ocjenu kod vizualnih pregleda prema HRMOS-u.....	153
Tablica 6. Ukupni udjeli (% površine) vizualno utvrđenih nedostataka po konstruktivnim elementima mosta Ždrelac.....	154
Tablica 7. Kategorizacija oštećenja prema HRMOS-u	155
Tablica 8. Kategorizacija oštećenja konstruktivnih elemenata mosta Ždrelac	156
Tablica 9. Dinamički koeficijenti prema normama.....	166
Tablica 10. Raspored prometnih trakova	172
Tablica 11. Podaci o postojećoj armaturi	185
Tablica 12. Preporučene vrijednosti koeficijenata prilagođavanja α modela 1 stvarnom prometu na hrvatskim cestama za ocjenu graničnih stanja postojećih mostova.....	189

11. PRILOZI

11.1. Razvijene podloge mosta Ždrelac s kartiranim oštećenjima

11.2. Pogled 1:200

11.3. Uzdužni presjek 1:200

11.4. Tlocrt starog mosta 1:200

11.5. Tlocrt rekonstruiranog mosta 1:200

11.6. Poprečni presjek u polju betonske rasponske konstrukcije 1:50

11.7. Poprečni presjek nad stupom betonske raspon. konstrukcije 1:50

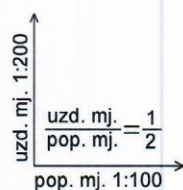
11.8. Poprečni presjek u polju čelične rasponske konstrukcije 1:50

11.9. Stupište S3 1:100

11.10. Stupište S6 1:100

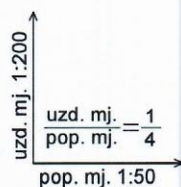
Prilozi su priloženi prema popisu u džepu za nacрте na kraju diplomskog rada, osim priloga 11.1. koji se nalazi u nastavku.

1.1. Polje U1 - prometne površine, ograde



15.srpnja 2019.

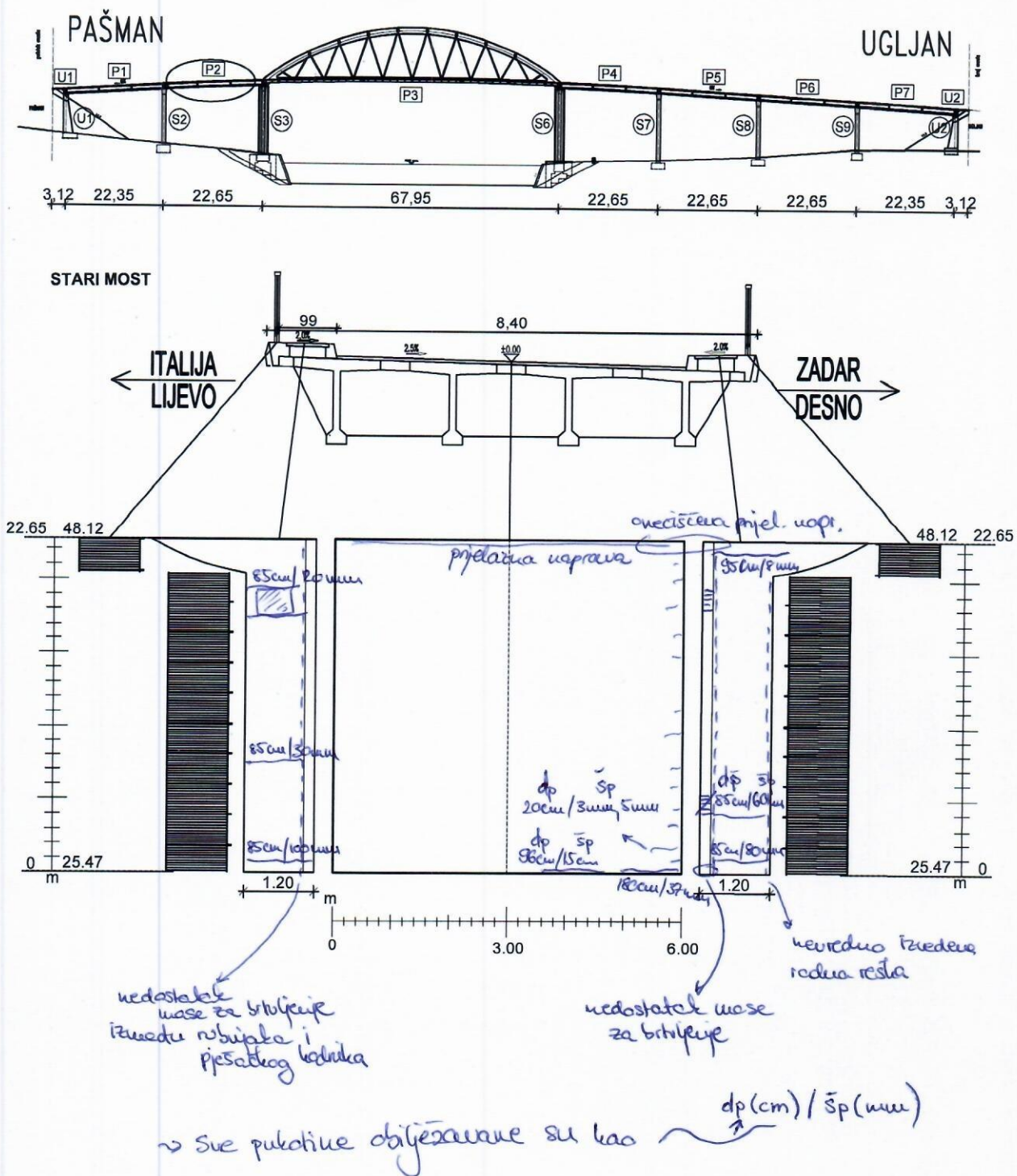
1.2. Polje P1 - prometne površine, ograde



15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

1.3. Polje P2 - prometne površine, ograde



Pregled izvršila:

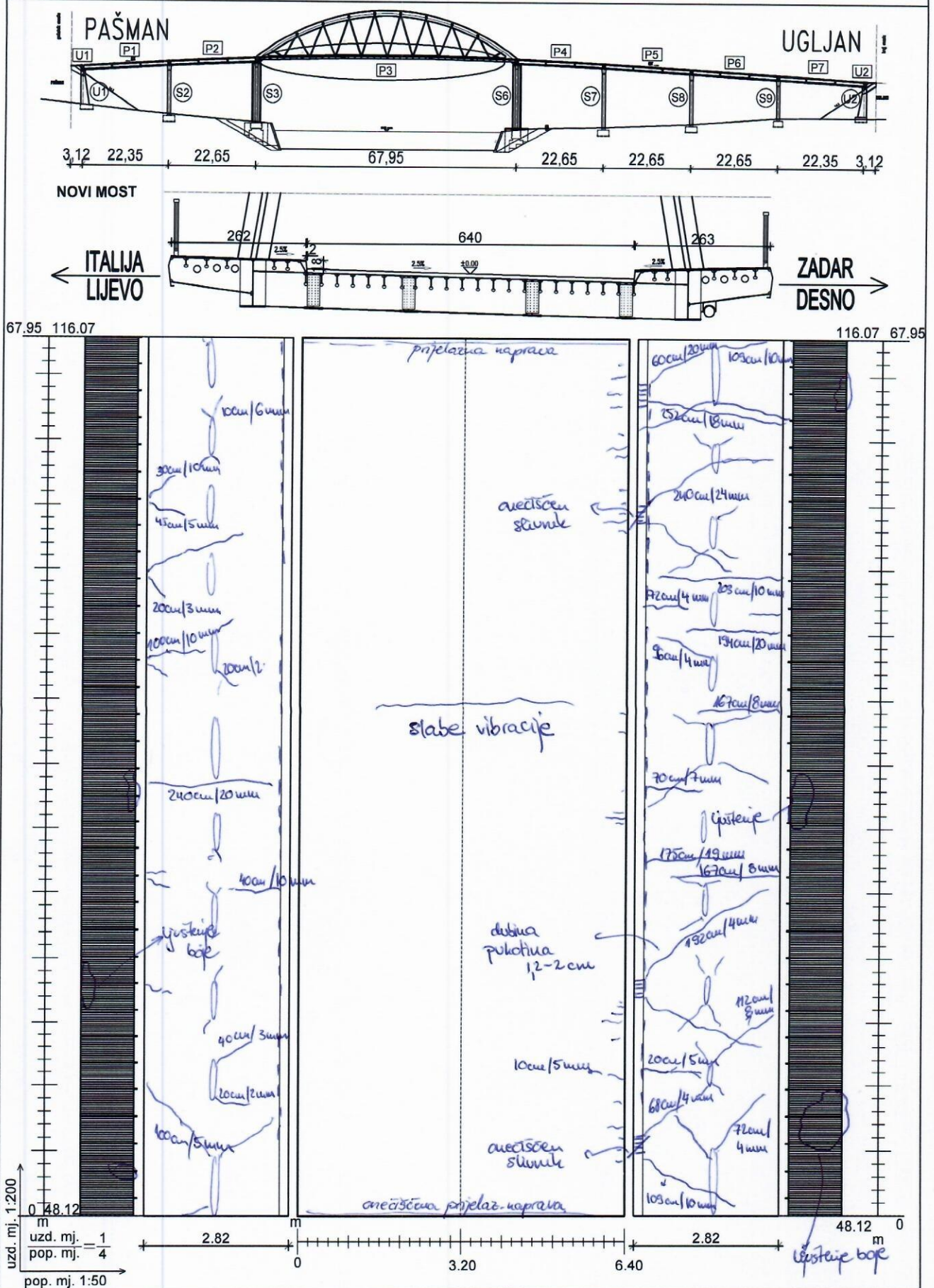
Katičin Milena

Datum:

15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

1.4. Polje P3 - prometne površine, ograde



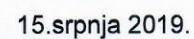
Pregled izvršila:

Katičin Milena

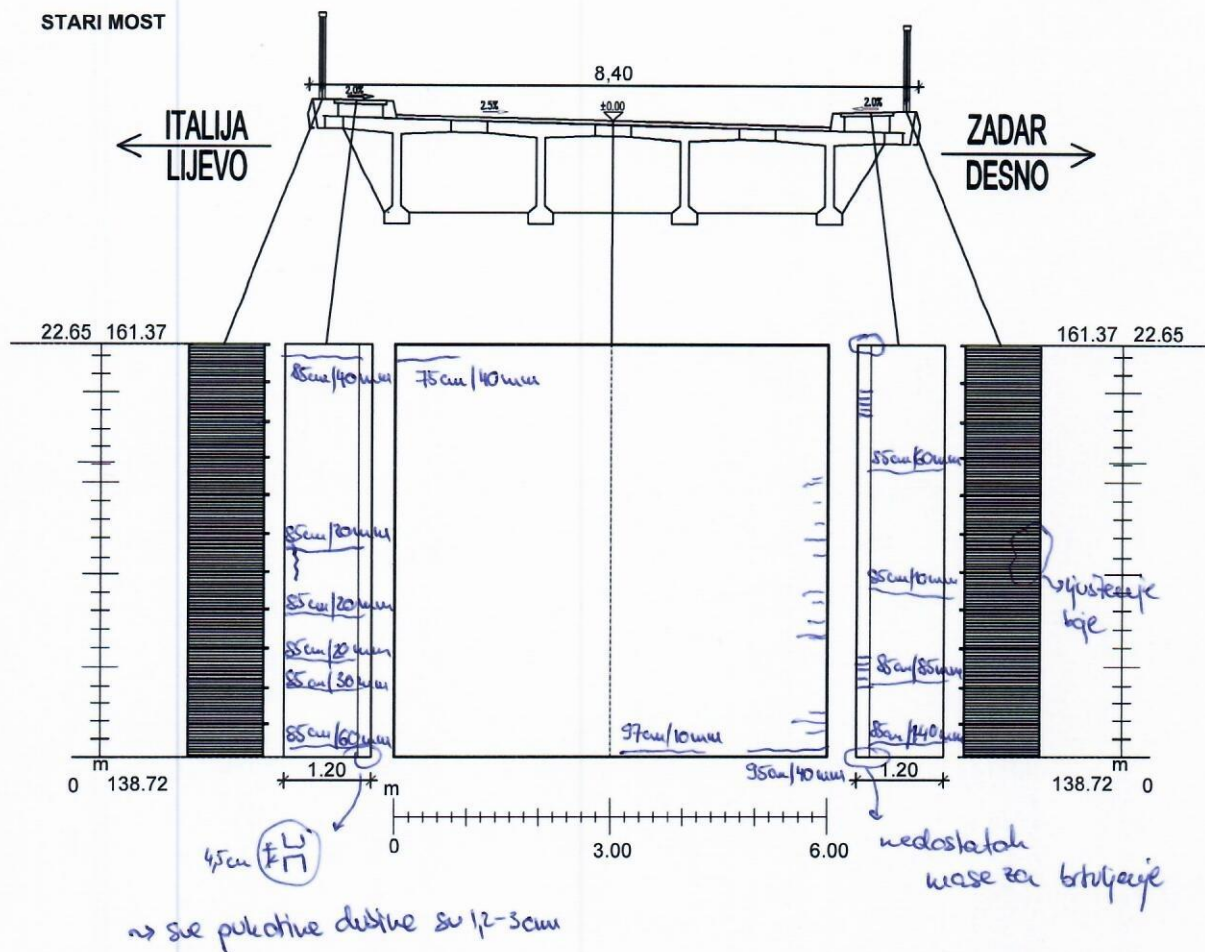
Datum:

15.srpnja 2019.

1.5. Polje P4 - prometne površine, ograde



1.6. Polje P5 - prometne površine, ograde



uzd. mj. 1:200

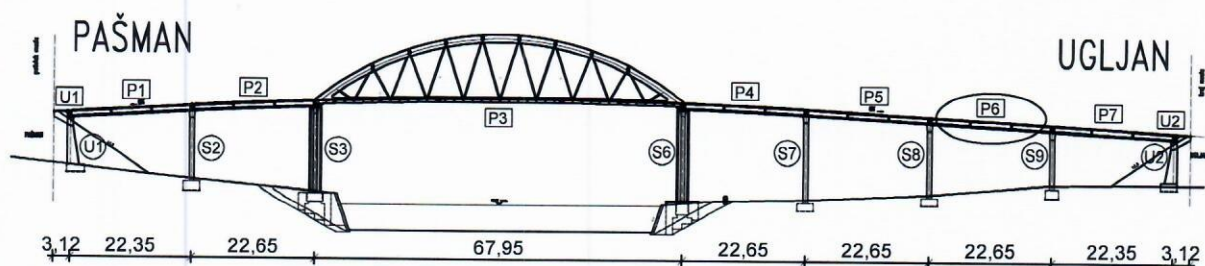
$\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{4}$

pop. mj. 1:50

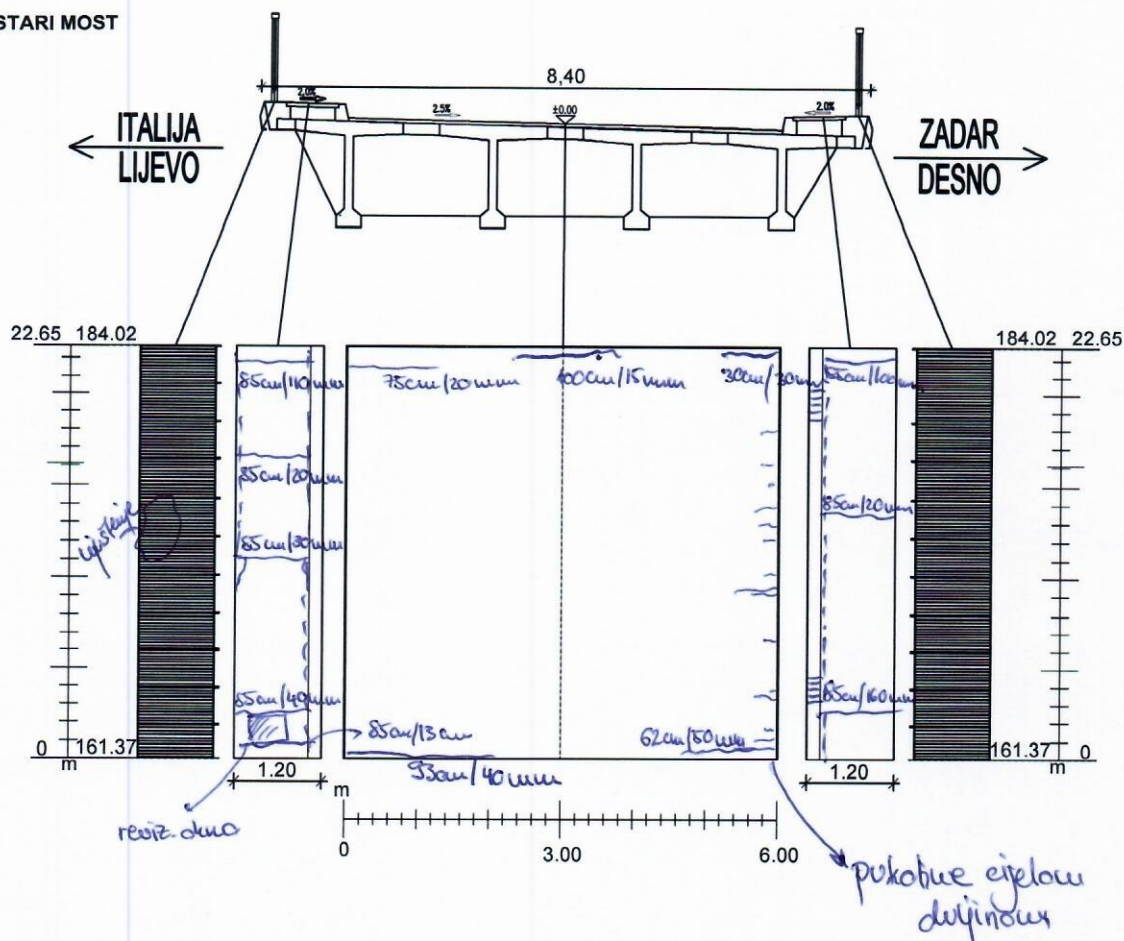
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

1.7. Polje P6 - prometne površine, ograde



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 uzd. mj. = 1
 pop. mj. = 4
 pop. mj. 1:50

Pregled izvršila:

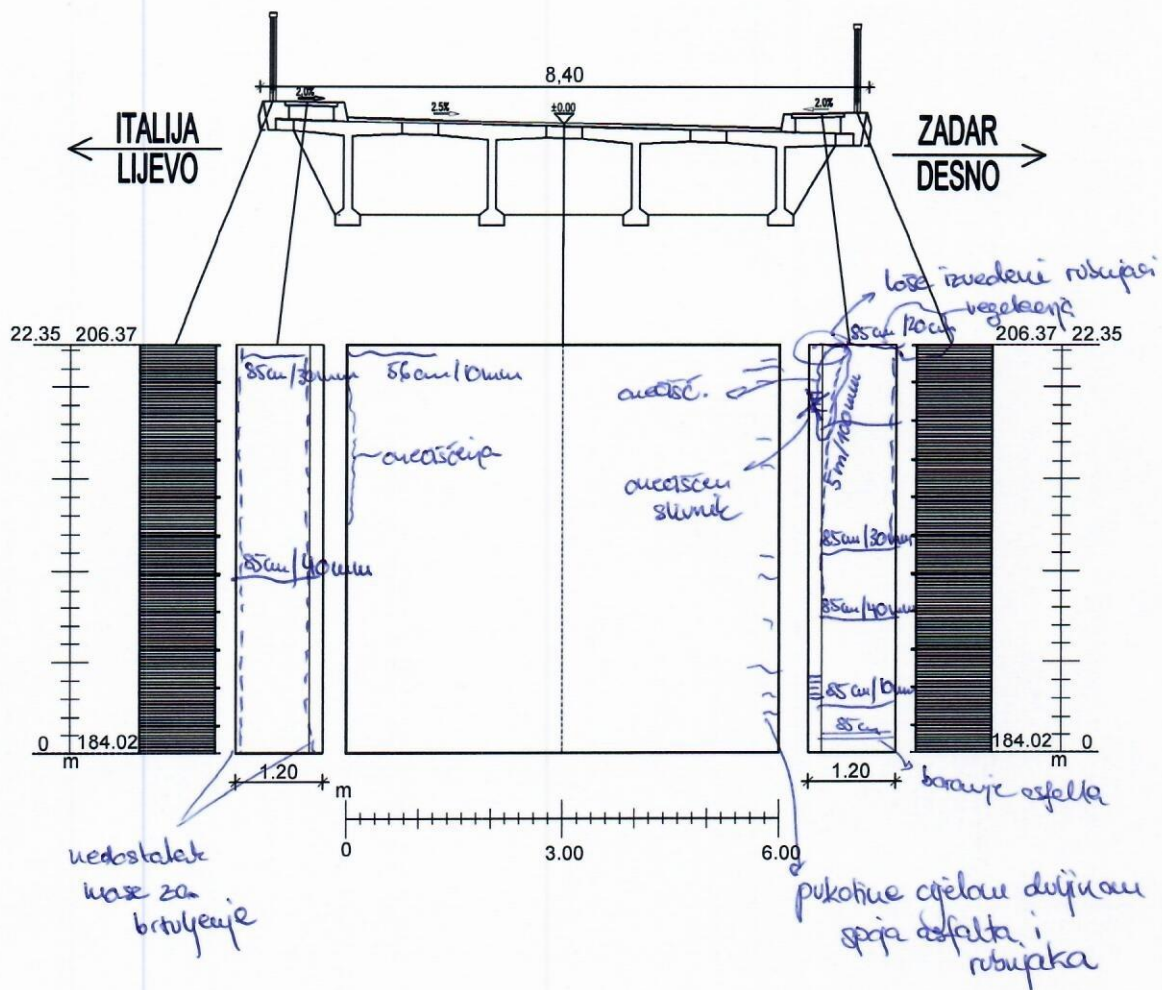
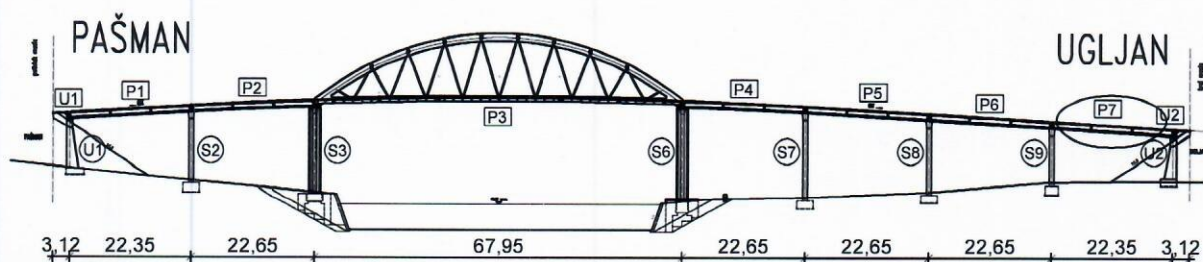
Katičin Milena

Datum:

15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

1.8. Polje P7 - prometne površine, ograde



uzd. mj. 1:200
 uzd. mj. 1
 pop. mj. 4
 pop. mj. 1:50

Pregled izvršila:

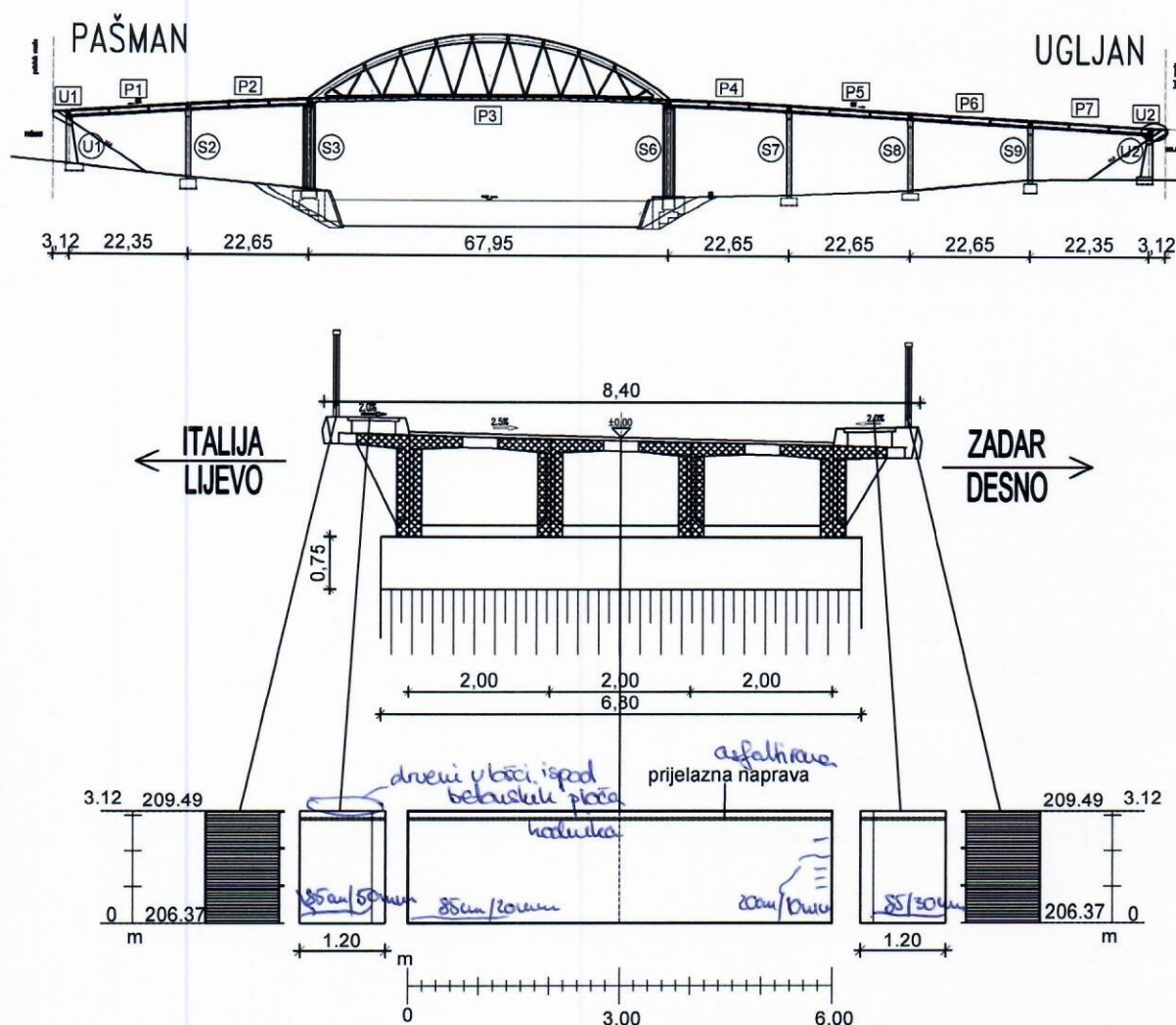
Katičin Milena

Datum:

15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

1.9. Polje U2 - prometne površine, ograde



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{2}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

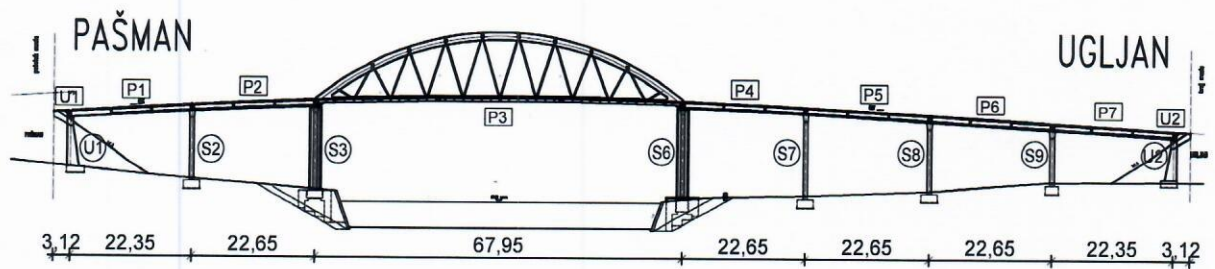
Katičin Milena

Datum:

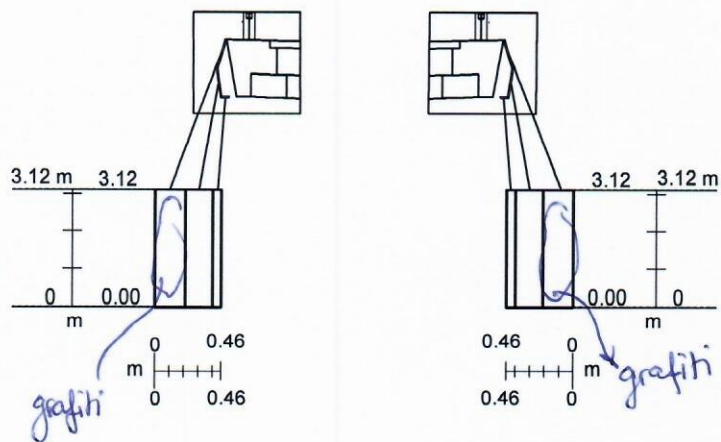
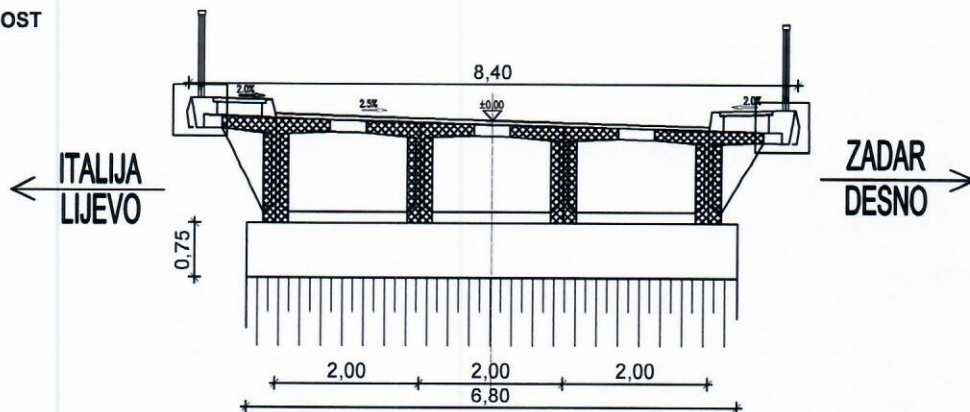
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.1. Polje U1 - vijenac / maska



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{4}$
 pop. mj. 1:50

Pregled izvršila:

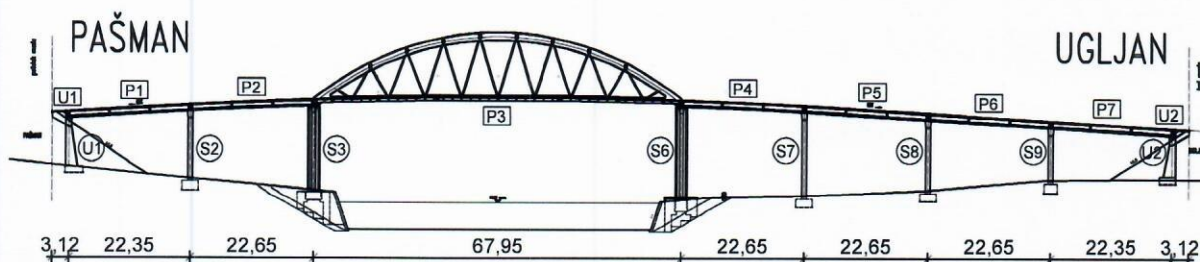
Katičin Milena

Datum:

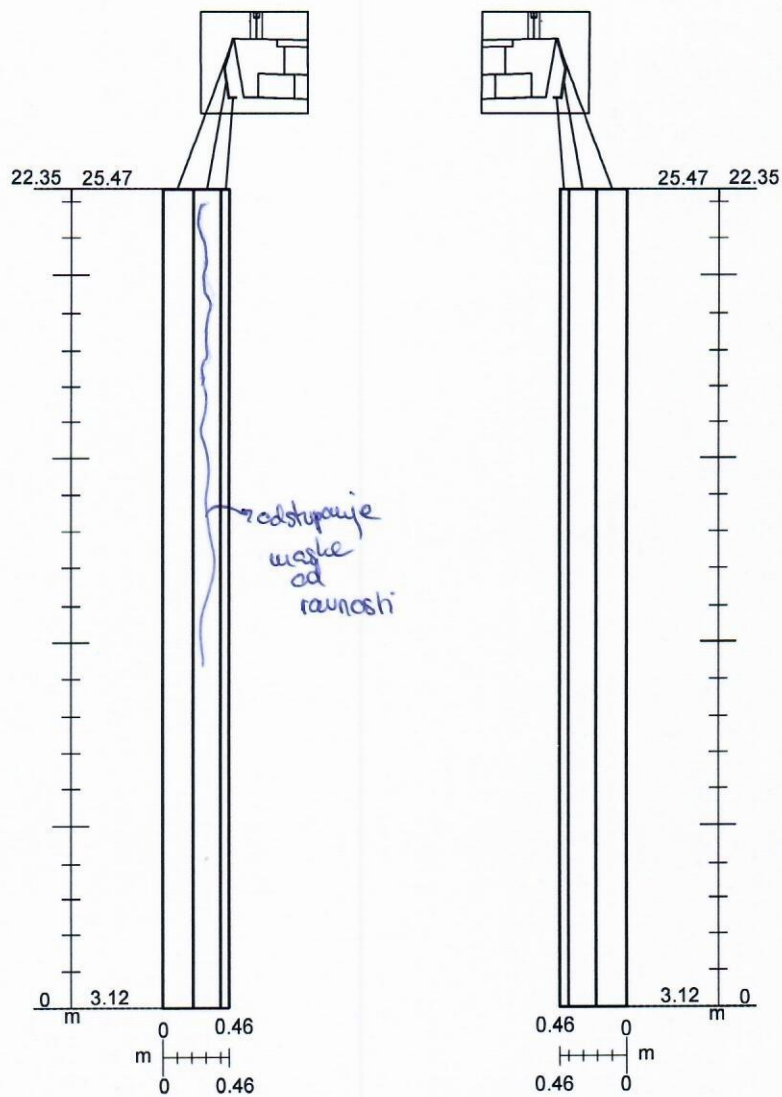
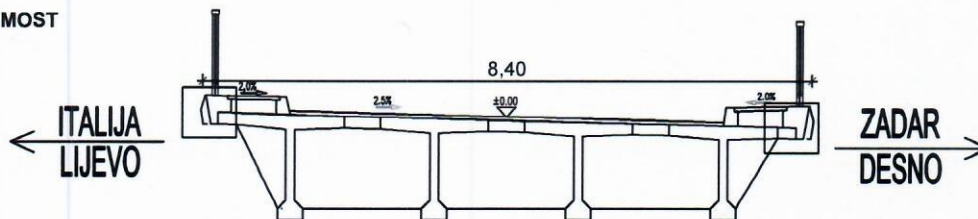
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.2. Polje P1 - vijenac / maska



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{4}$
 pop. mj. 1:50

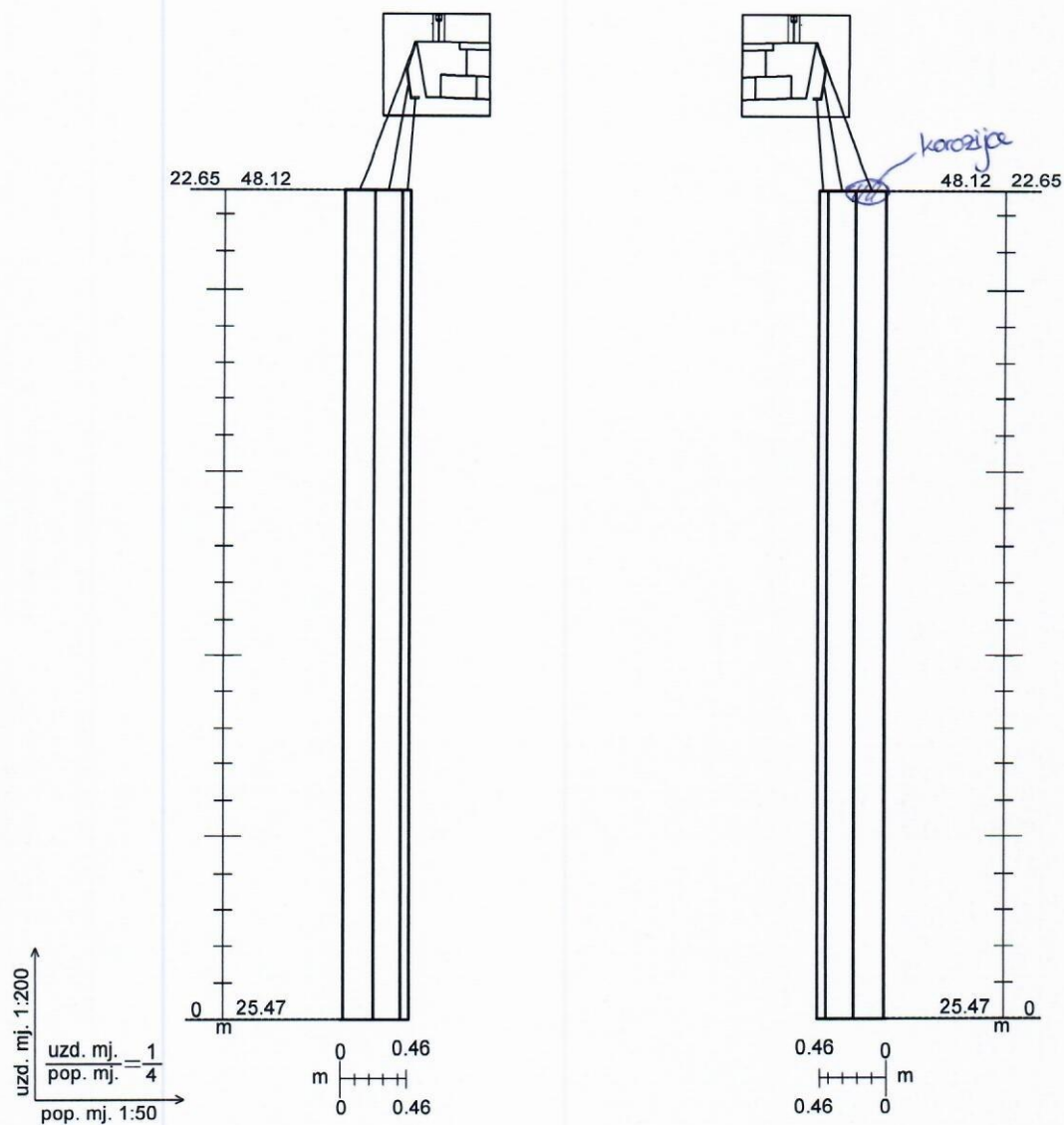
Pregled izvršila:

Katičin Milena

Datum:

15.srpnja 2019.

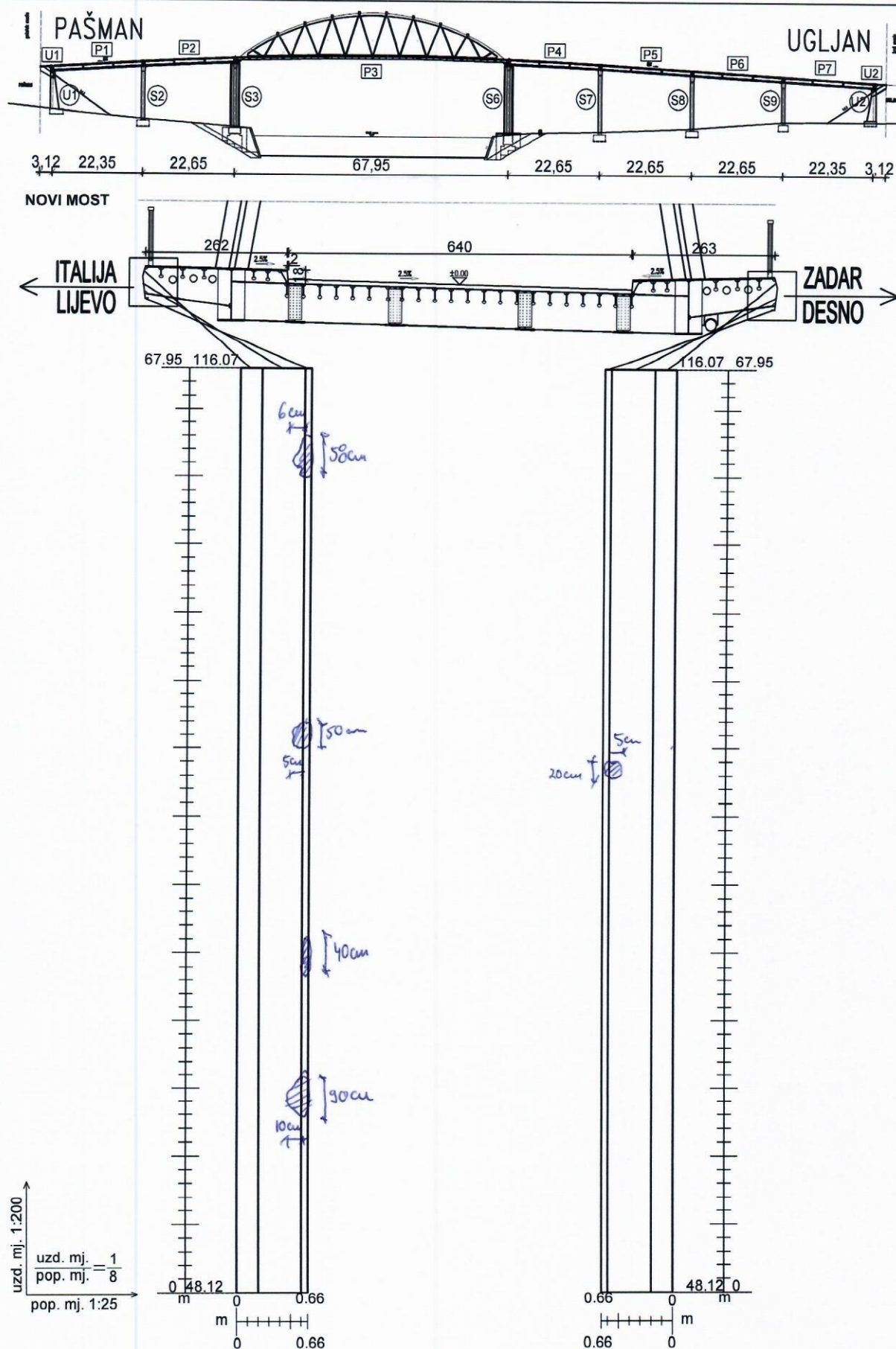
2.3. Polje P2 - vijenac / maska



15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.4. Polje P3 - maska



Pregled izvršila:

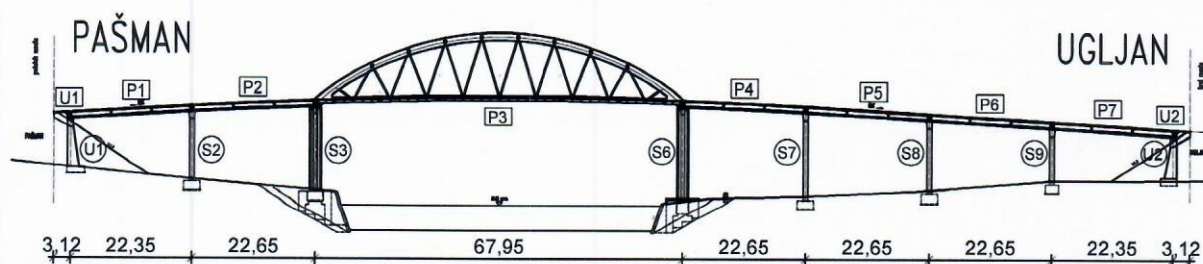
Katičin Milena

Datum:

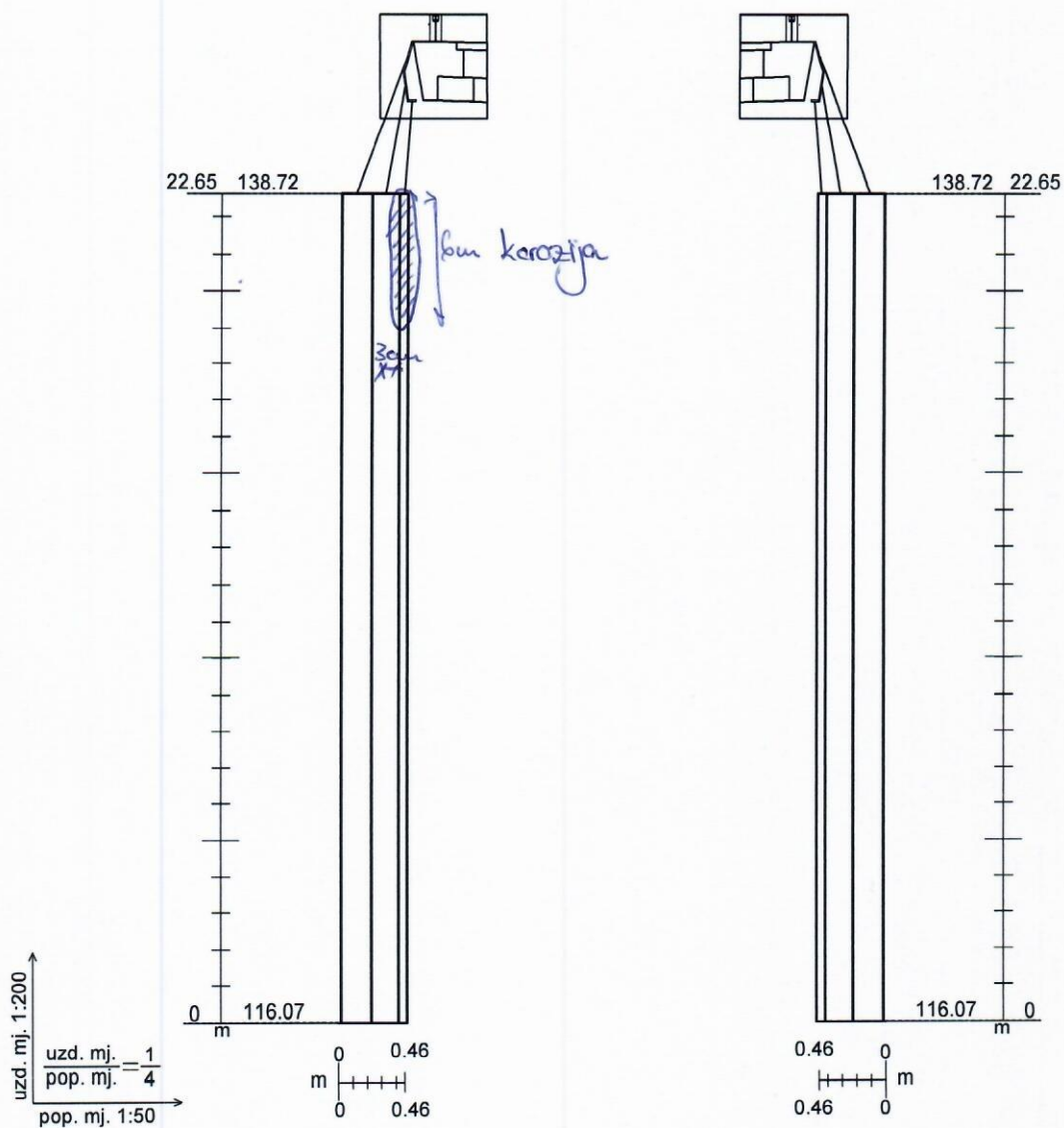
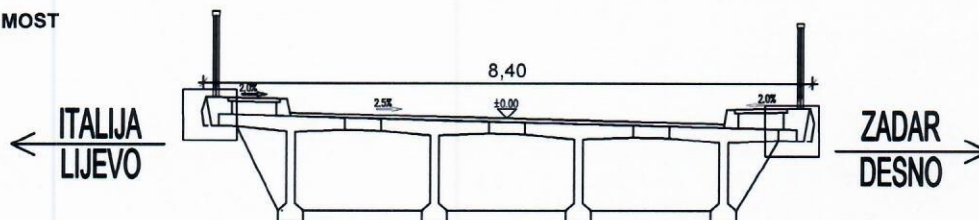
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.5. Polje P4 - vijenac / maska



STARI MOST



Pregled izvršila:

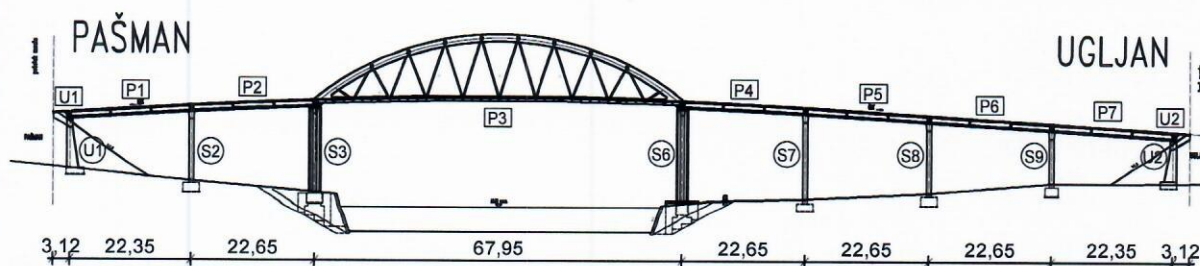
Katičin Milena

Datum:

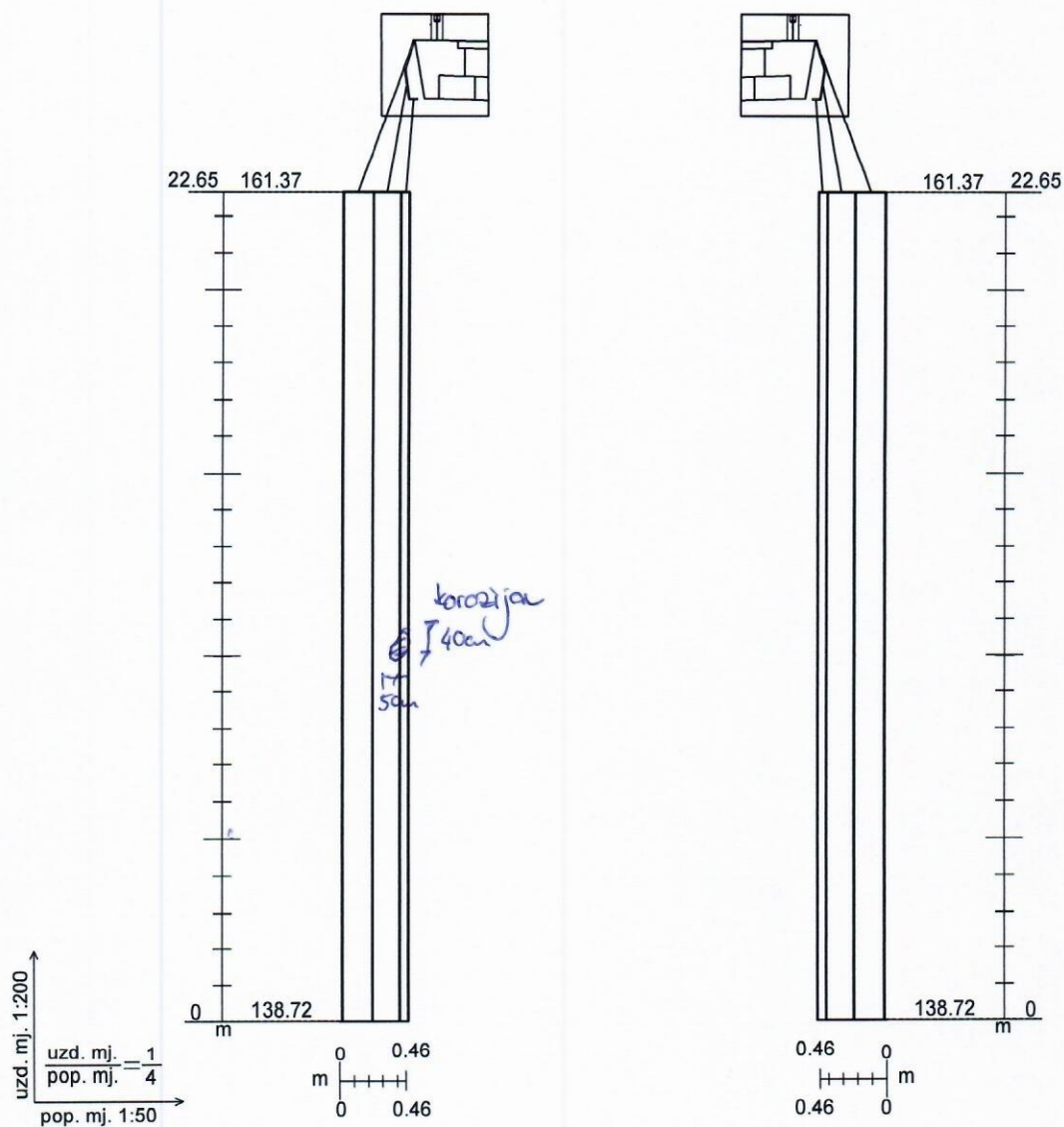
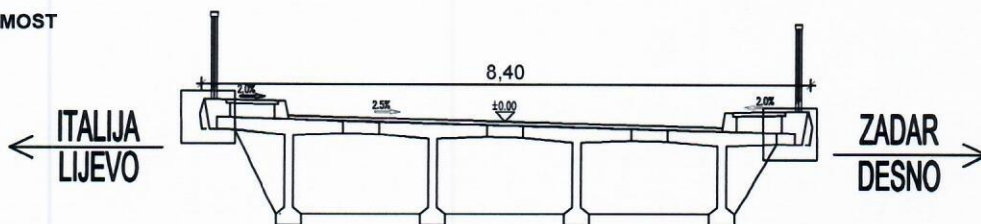
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.6. Polje P5 - vijenac / maska



STARI MOST



Pregled izvršila:

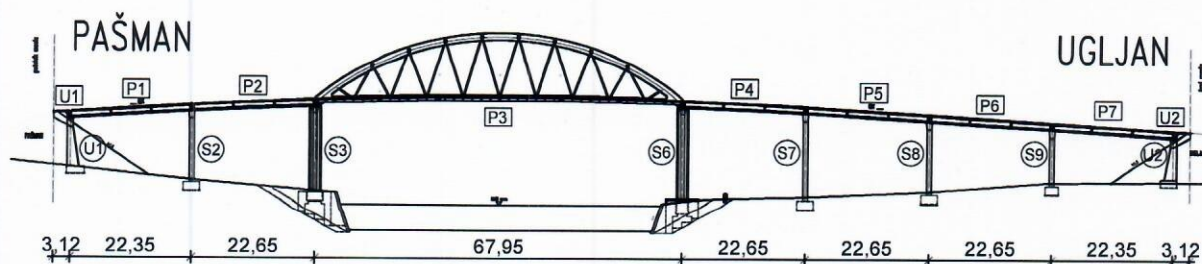
Katičin Milena

Datum:

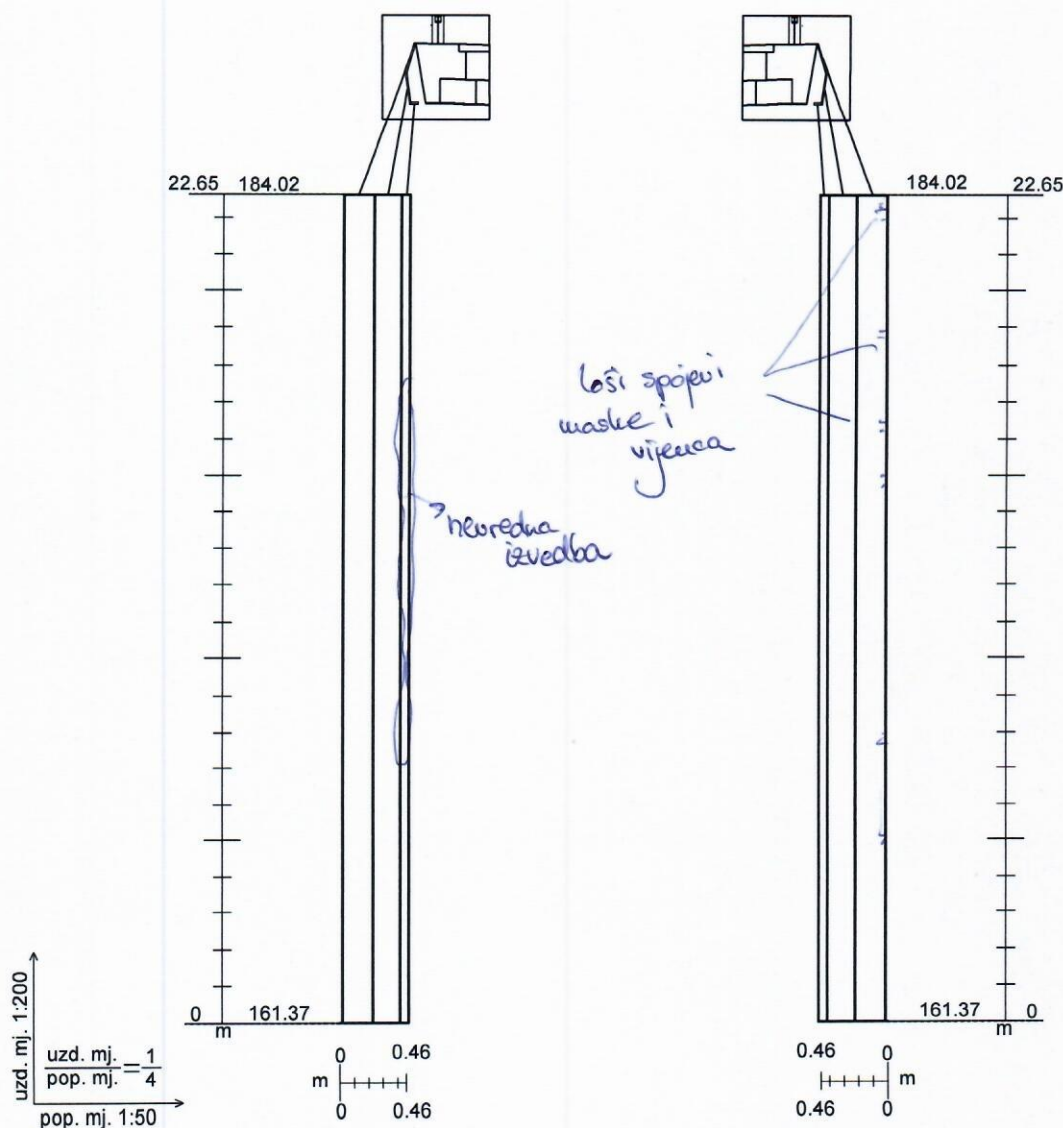
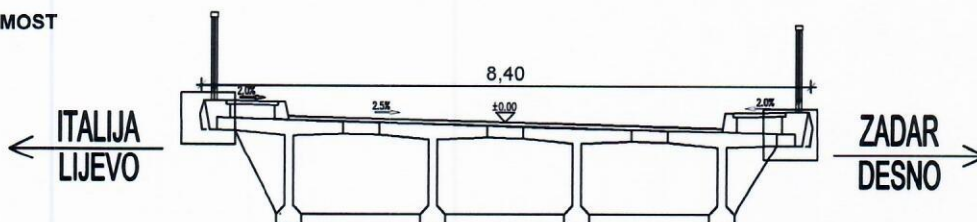
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.7. Polje P6 - vijenac / maska



STARI MOST



Pregled izvršila:

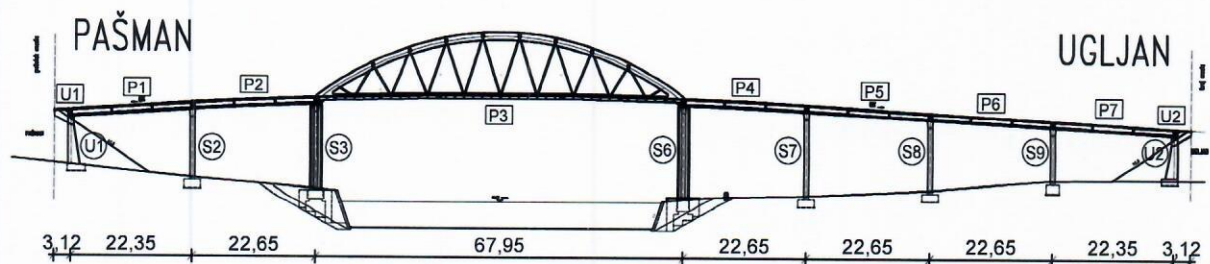
Katičin Milena

Datum:

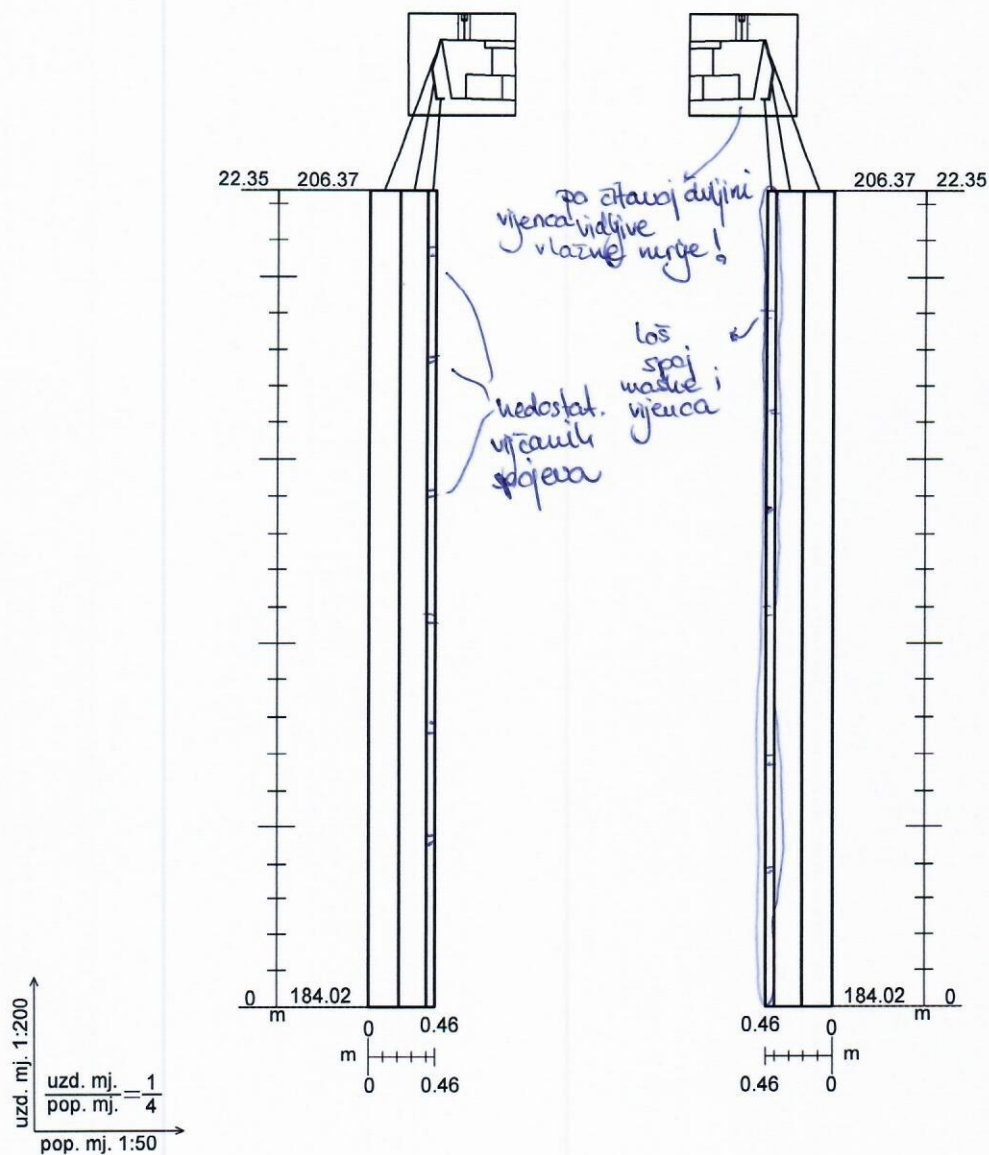
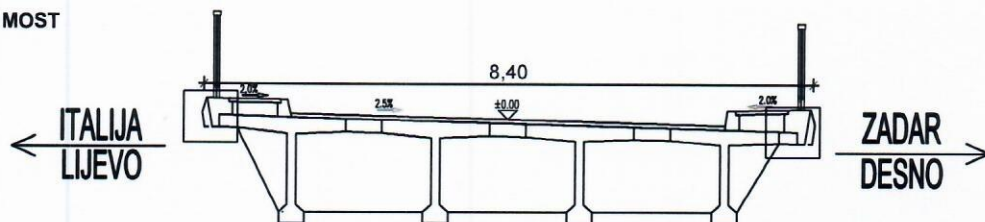
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.8. Polje P7 - vijenac / maska



STARI MOST



Pregled izvršila:

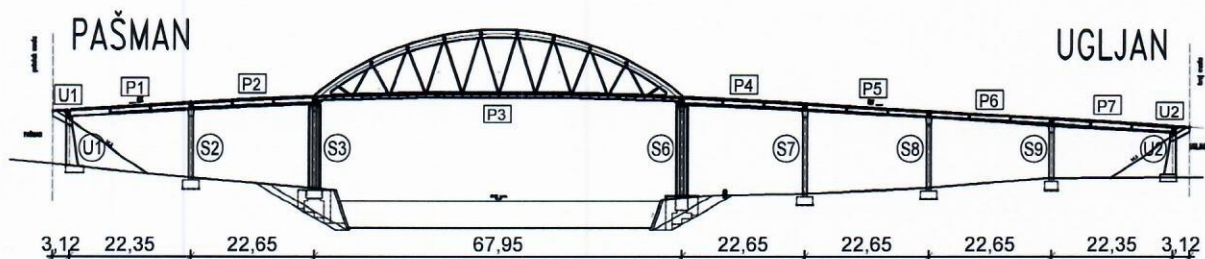
Katičin Milena

Datum:

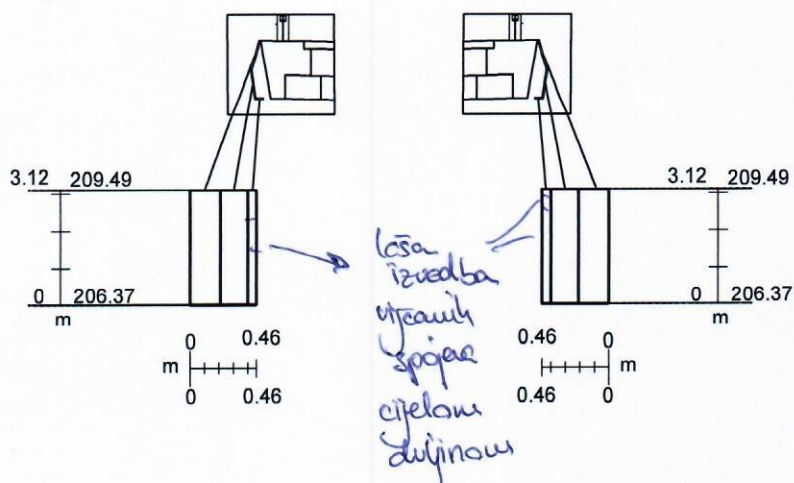
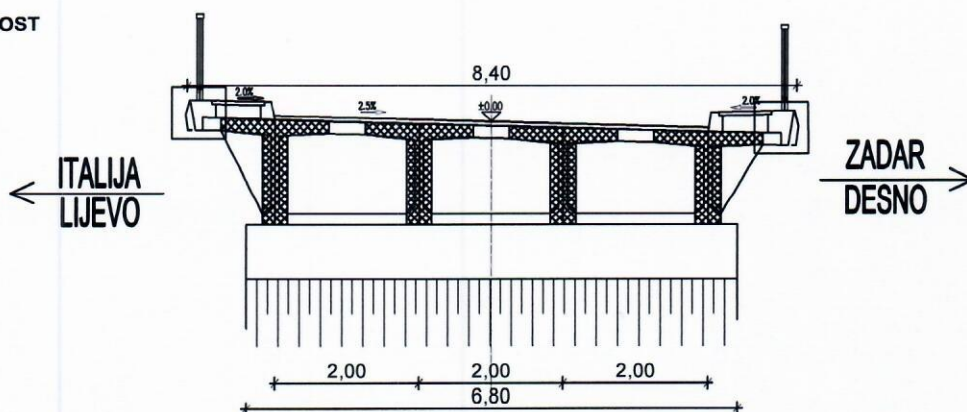
15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

2.9. Polje U2 - vijenac / maska



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{4}$
 pop. mj. 1:50

Pregled izvršila:

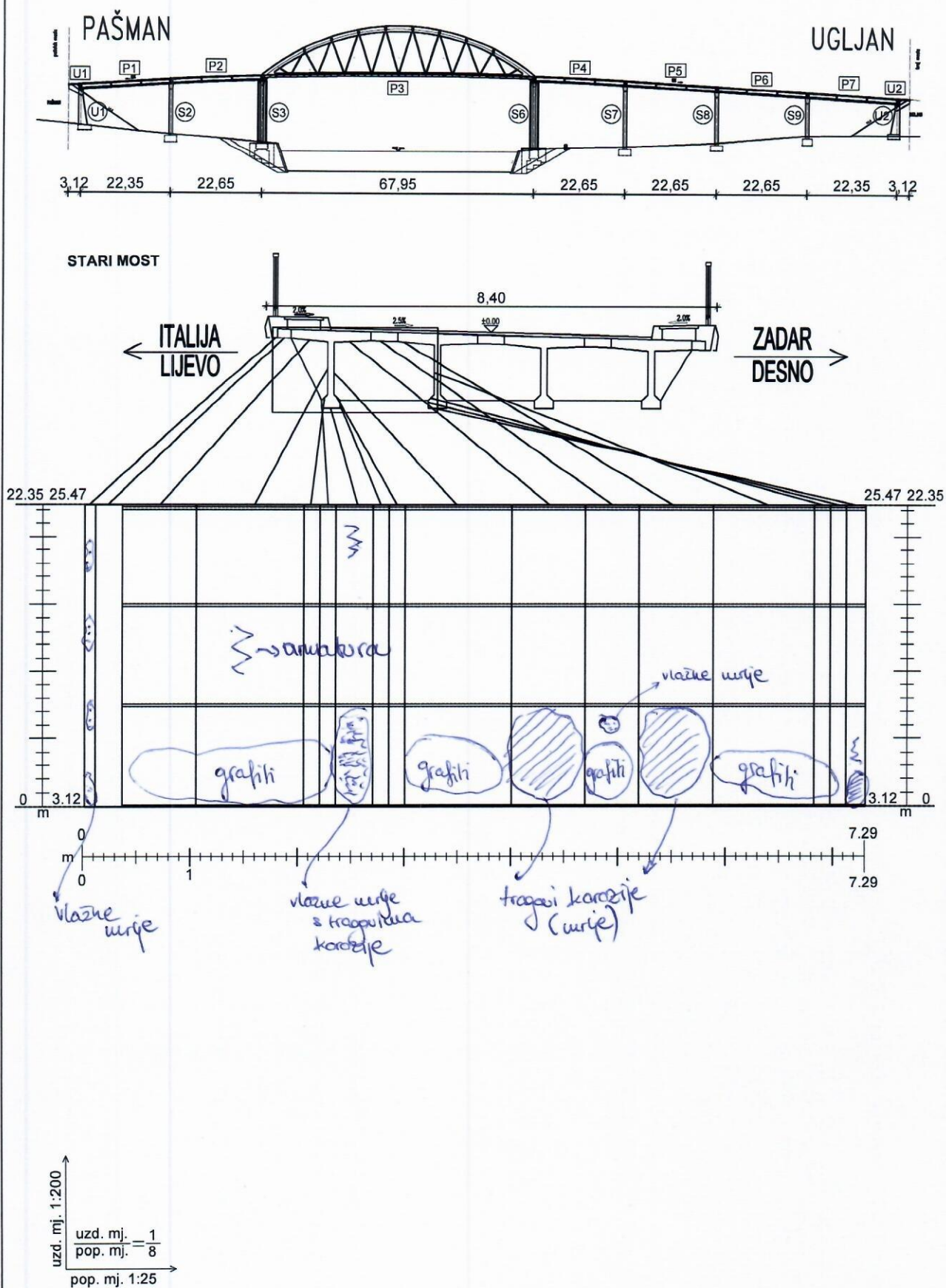
Katičin Milena

Datum:

15.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.1.1. Polje P1 - glavni nosač, lijeva trećina



Pregled izvršila:

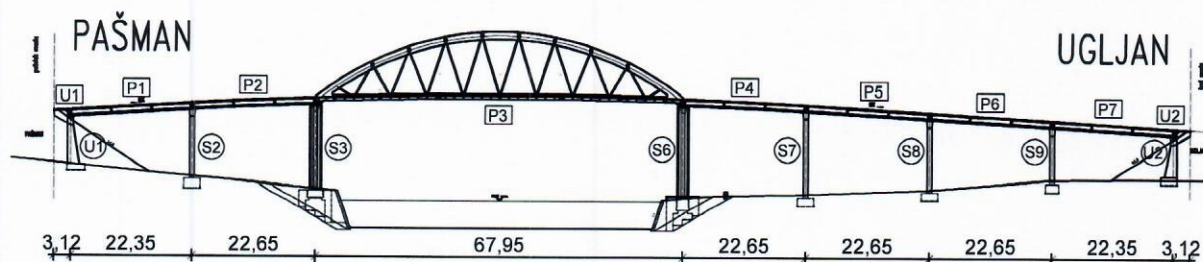
Katičin Milena

Datum:

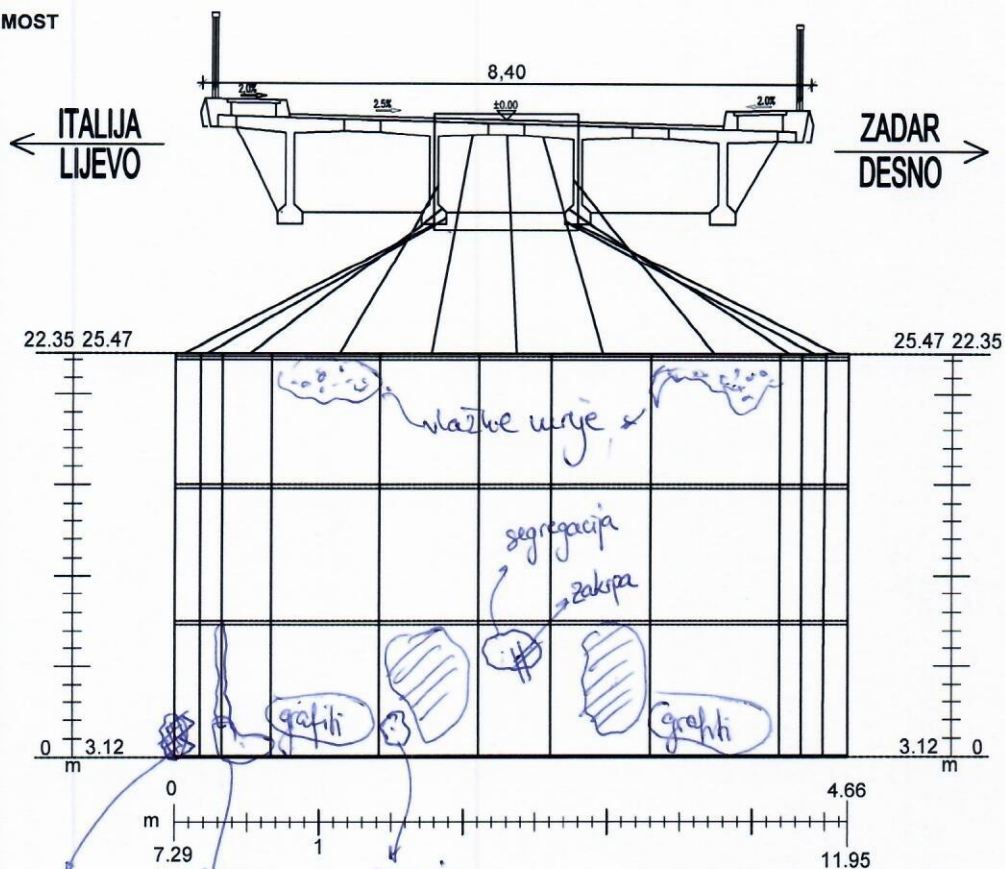
19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.1.2. Polje P1 - glavni nosač, sredina



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

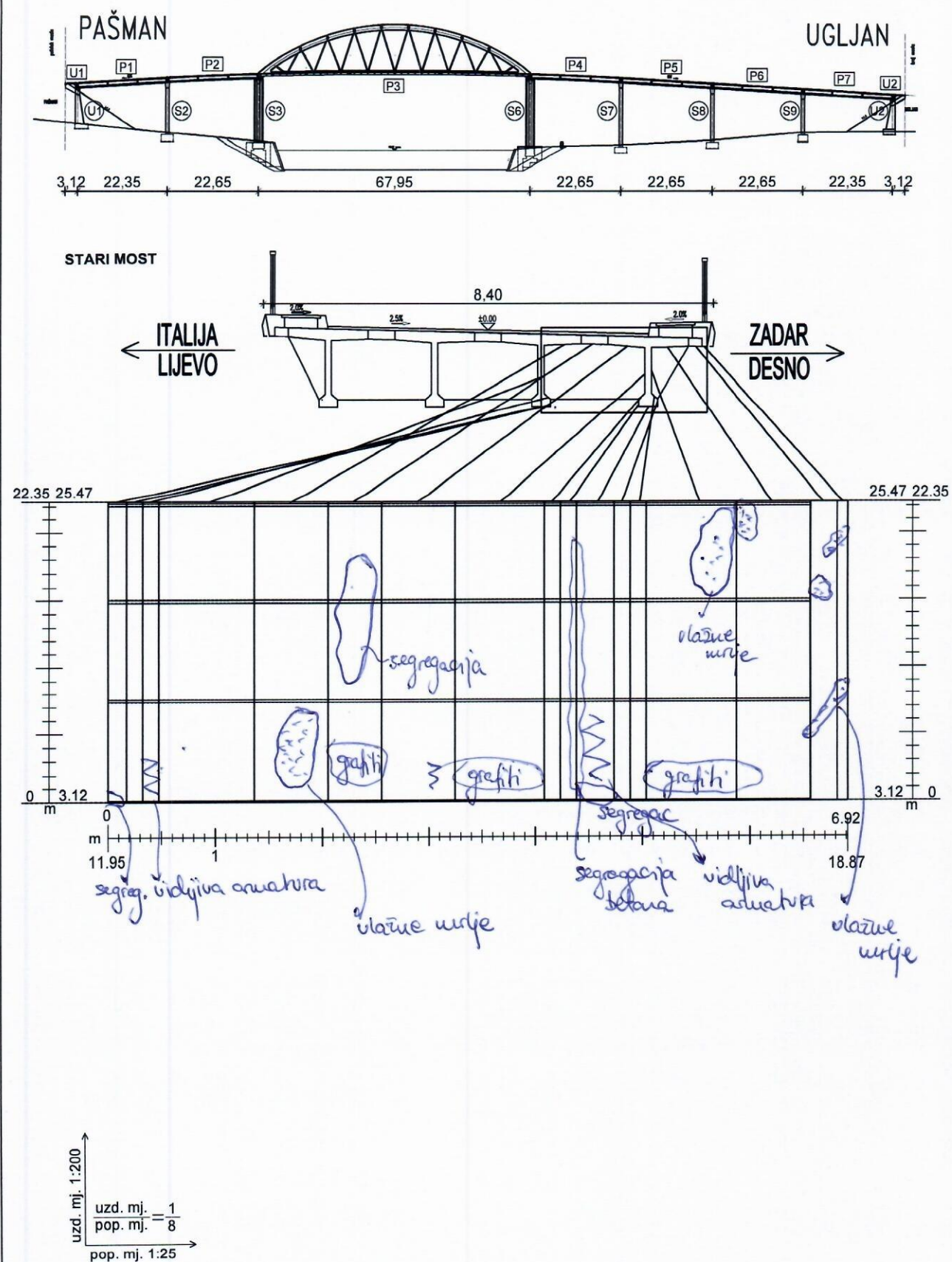
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.1.3. Polje P1 - glavni nosač, desna trećina



Pregled izvršila:

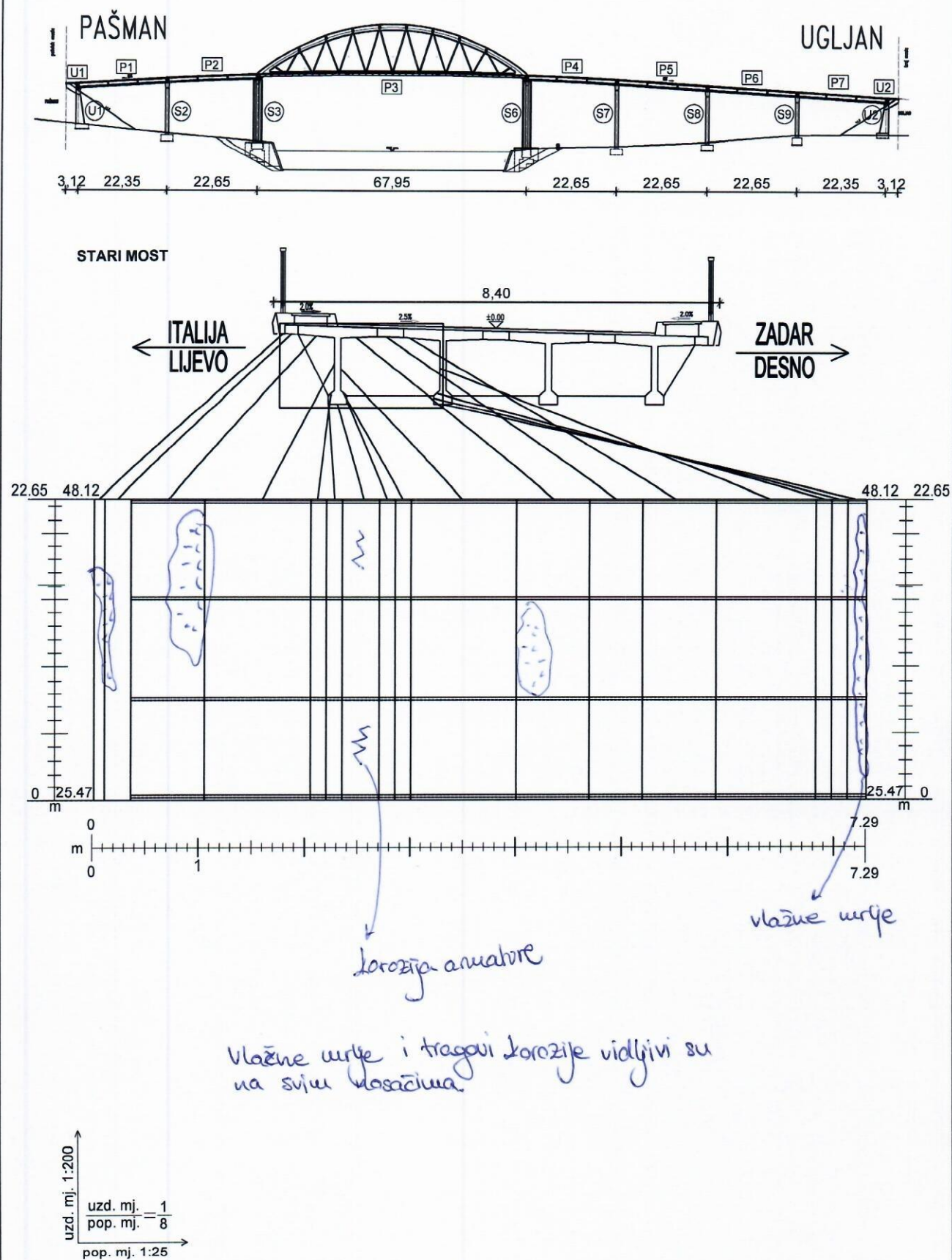
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.2.1. Polje P2 - glavni nosač, lijeva trećina



Pregled izvršila:

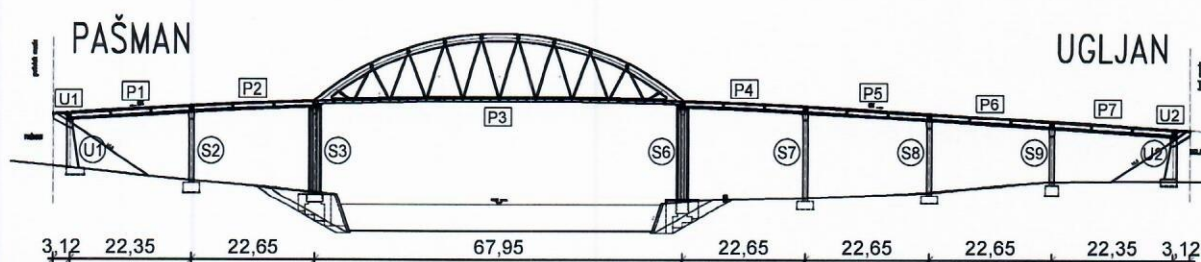
Katičin Milena

Datum:

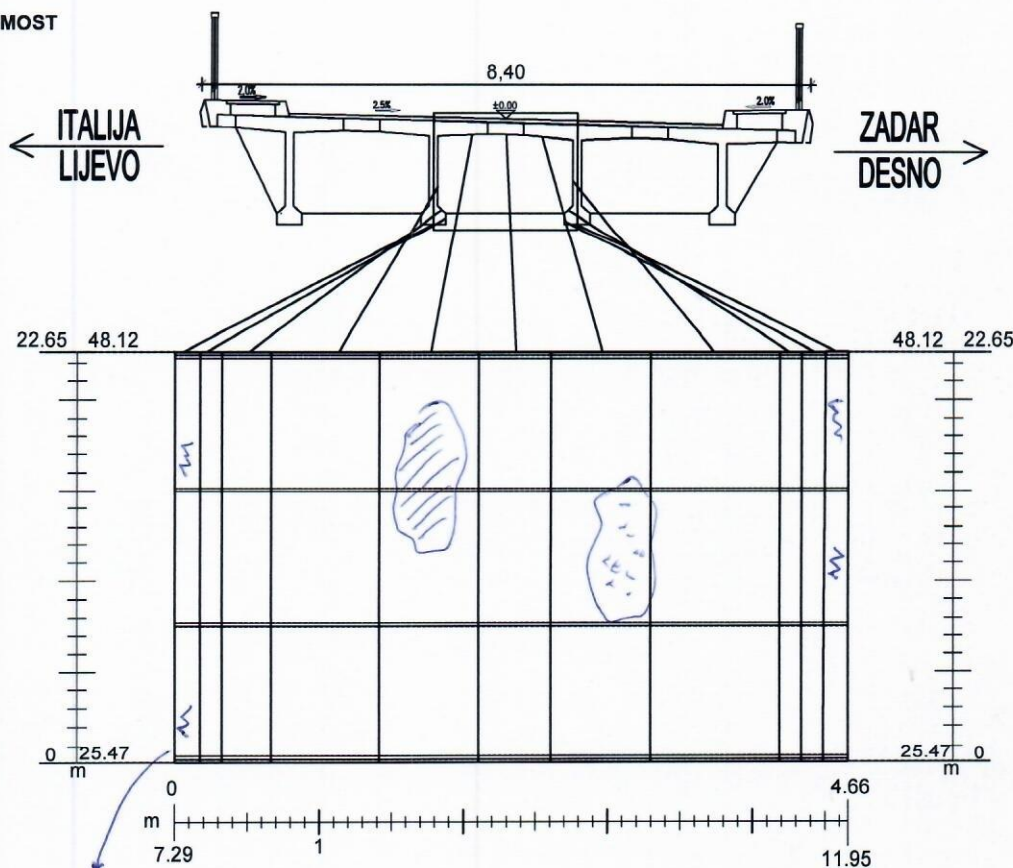
19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.2.2. Polje P2 - glavni nosač, sredina



STARI MOST



korozija anode

uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

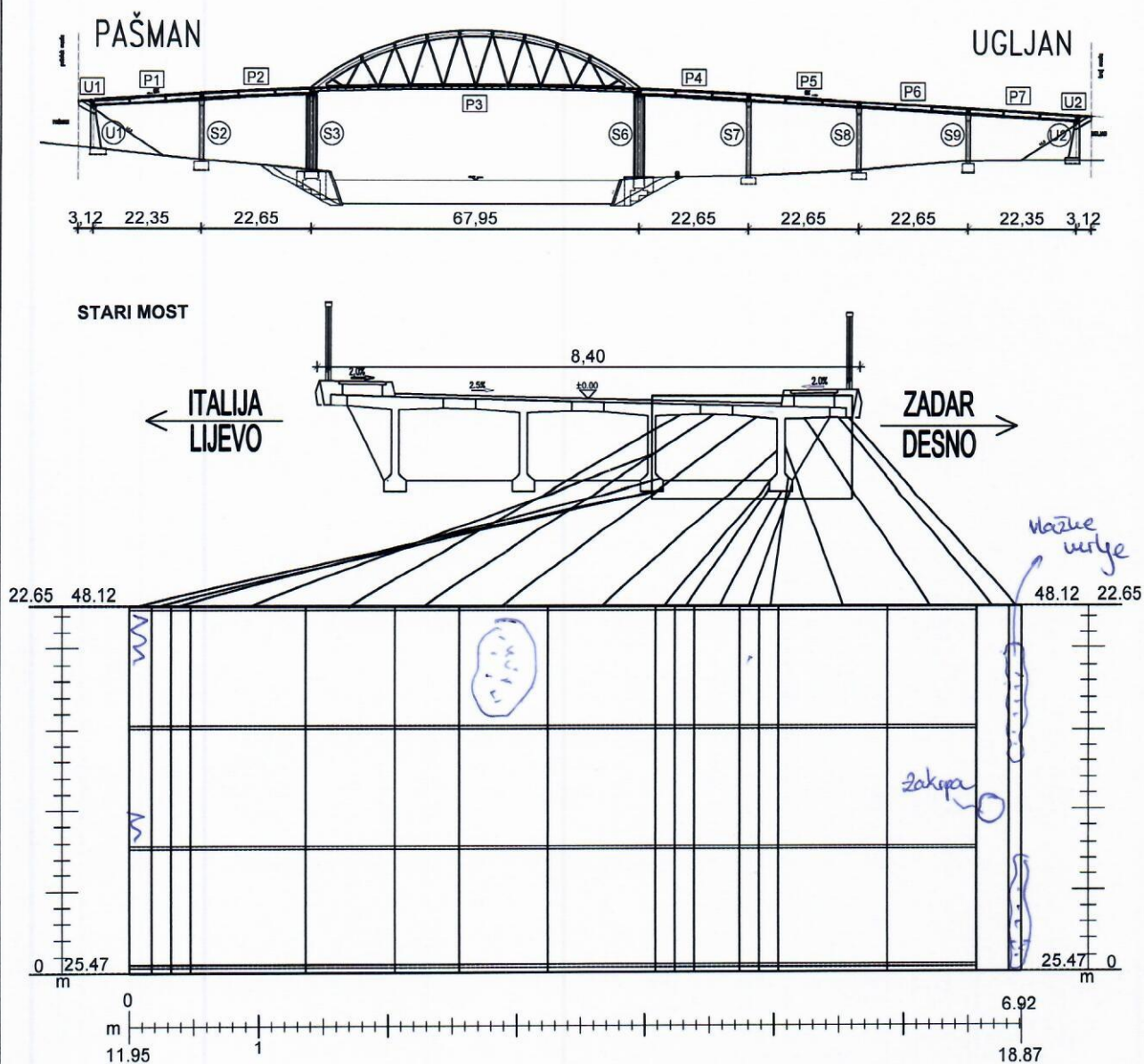
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.2.3. Polje P2 - glavni nosač, desna trećina



Pregled izvršila:

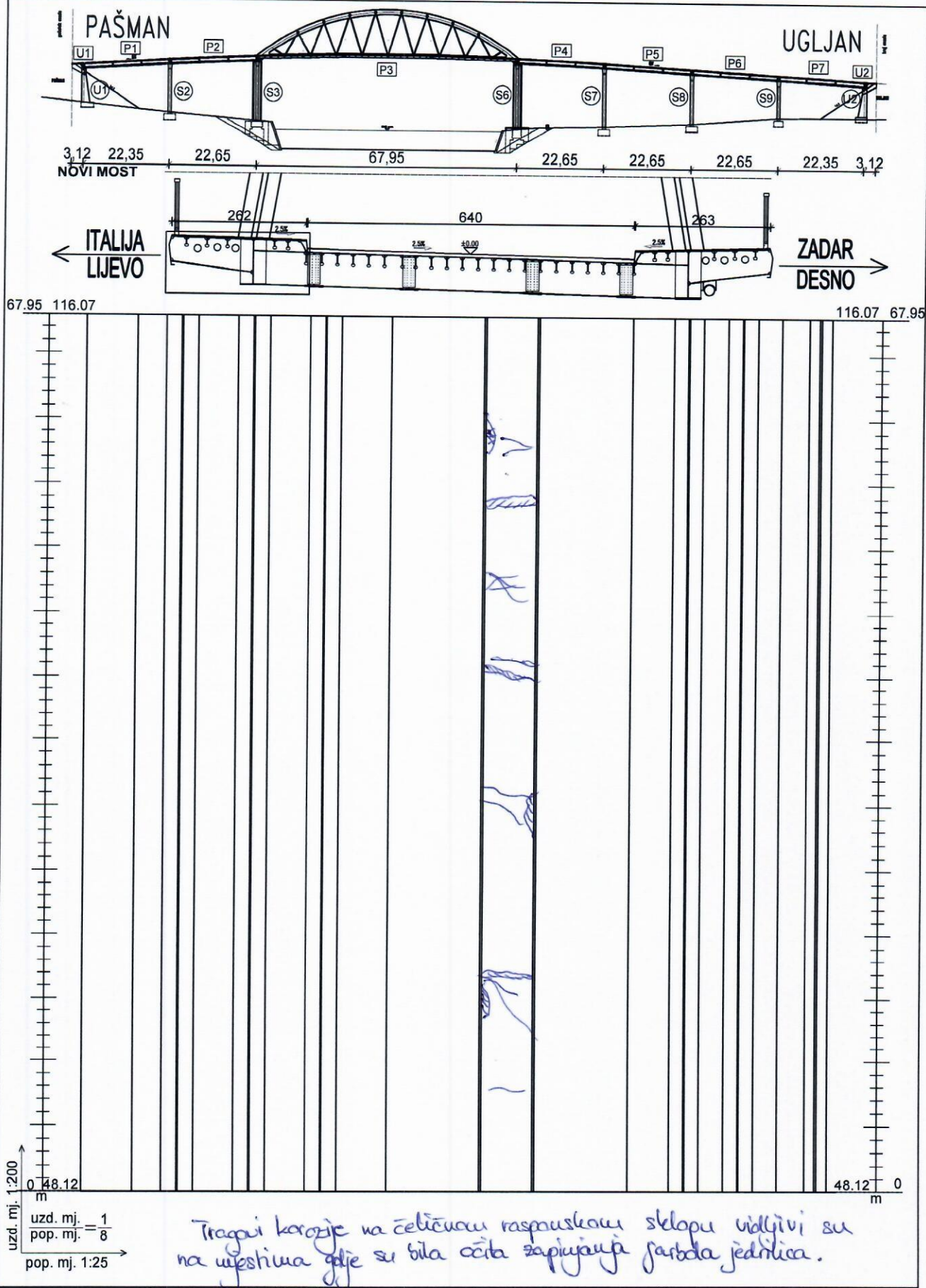
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.3.1. Polje P3 - glavni nosač, prva (lijeva) četvrtina



Pregled izvršila:

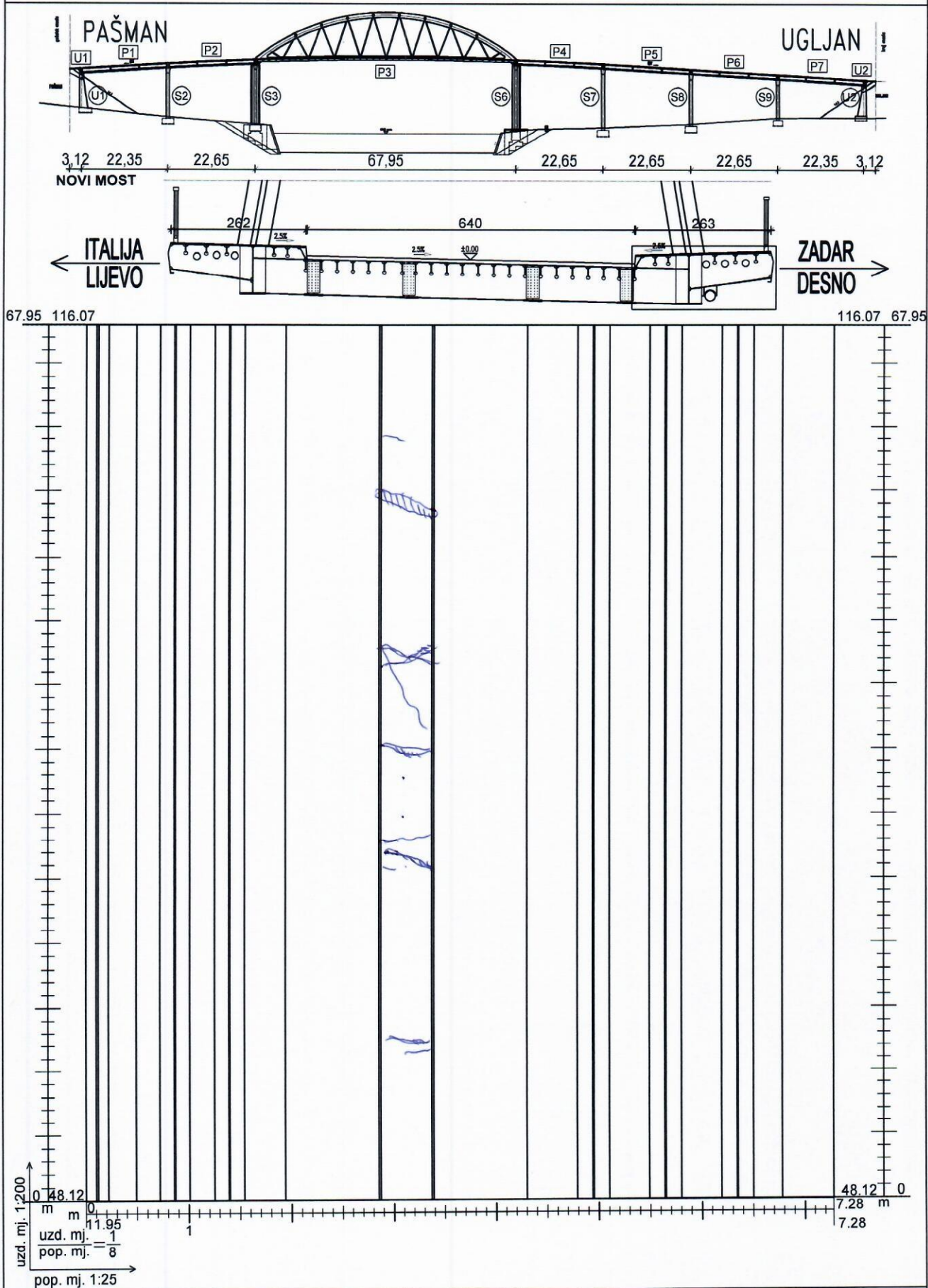
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.3.4. Polje P3 - glavni nosač, zadnja (desna) četvrtina



Pregled izvršila:

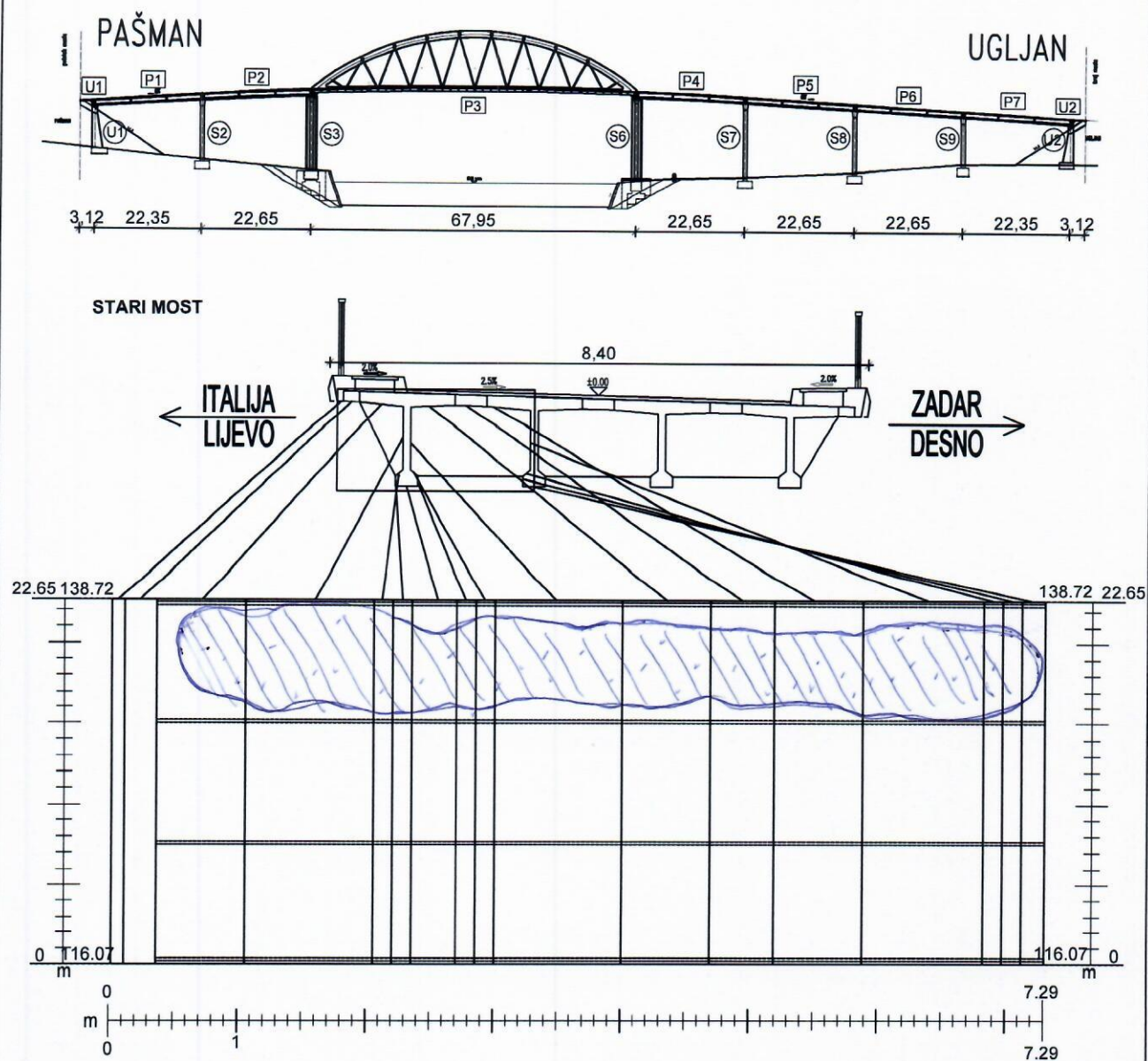
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.4.1. Polje P4 - glavni nosač, lijeva trećina



Vlažne mrlje s tragovima korozije vidljive su na svim nosačima.

uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

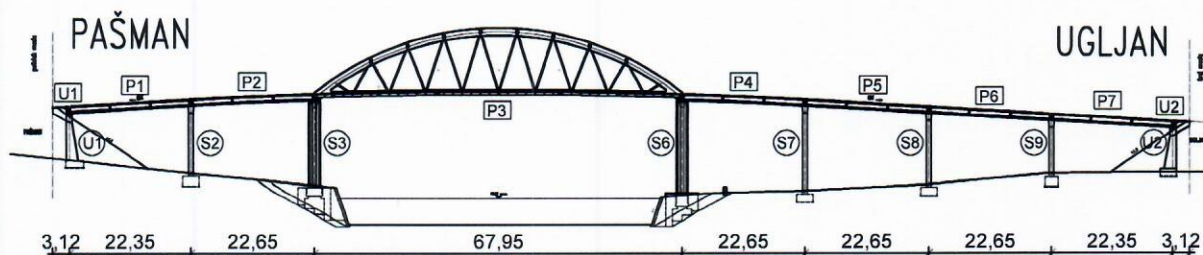
Katičin Milena

Datum:

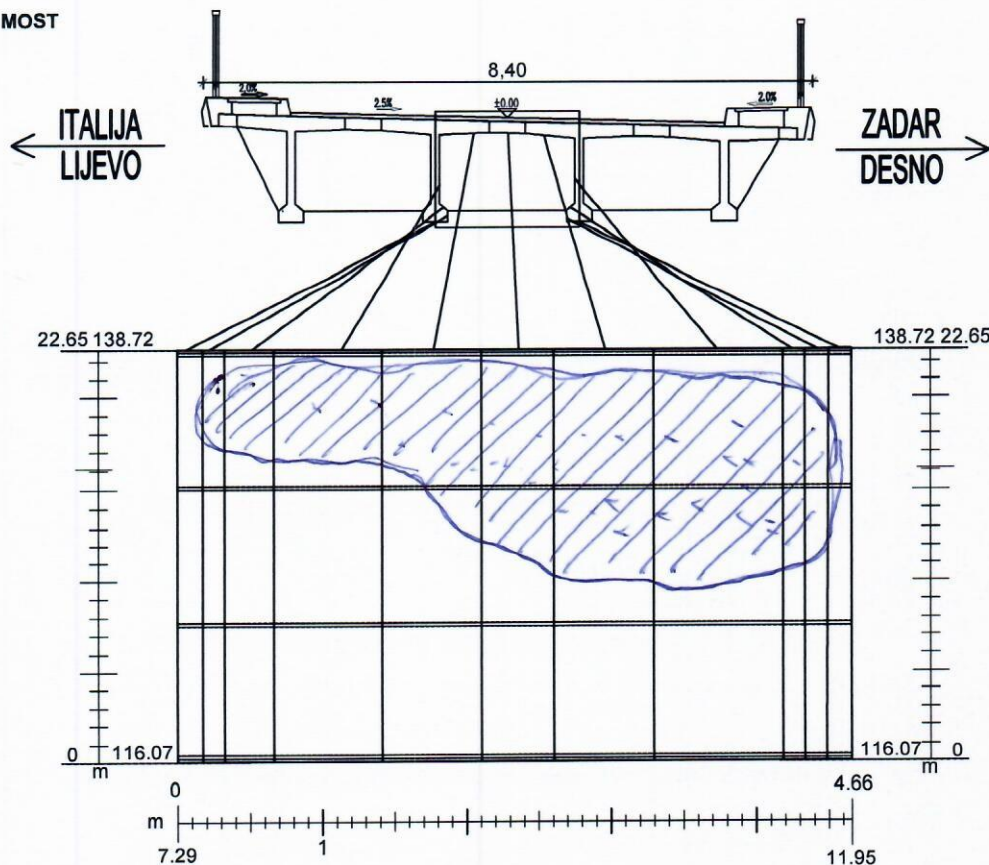
19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.4.2. Polje P4 - glavni nosač, sredina



STARI MOST



Iscijetavanje zbog vlage se javlja na cijeloj površini.

uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

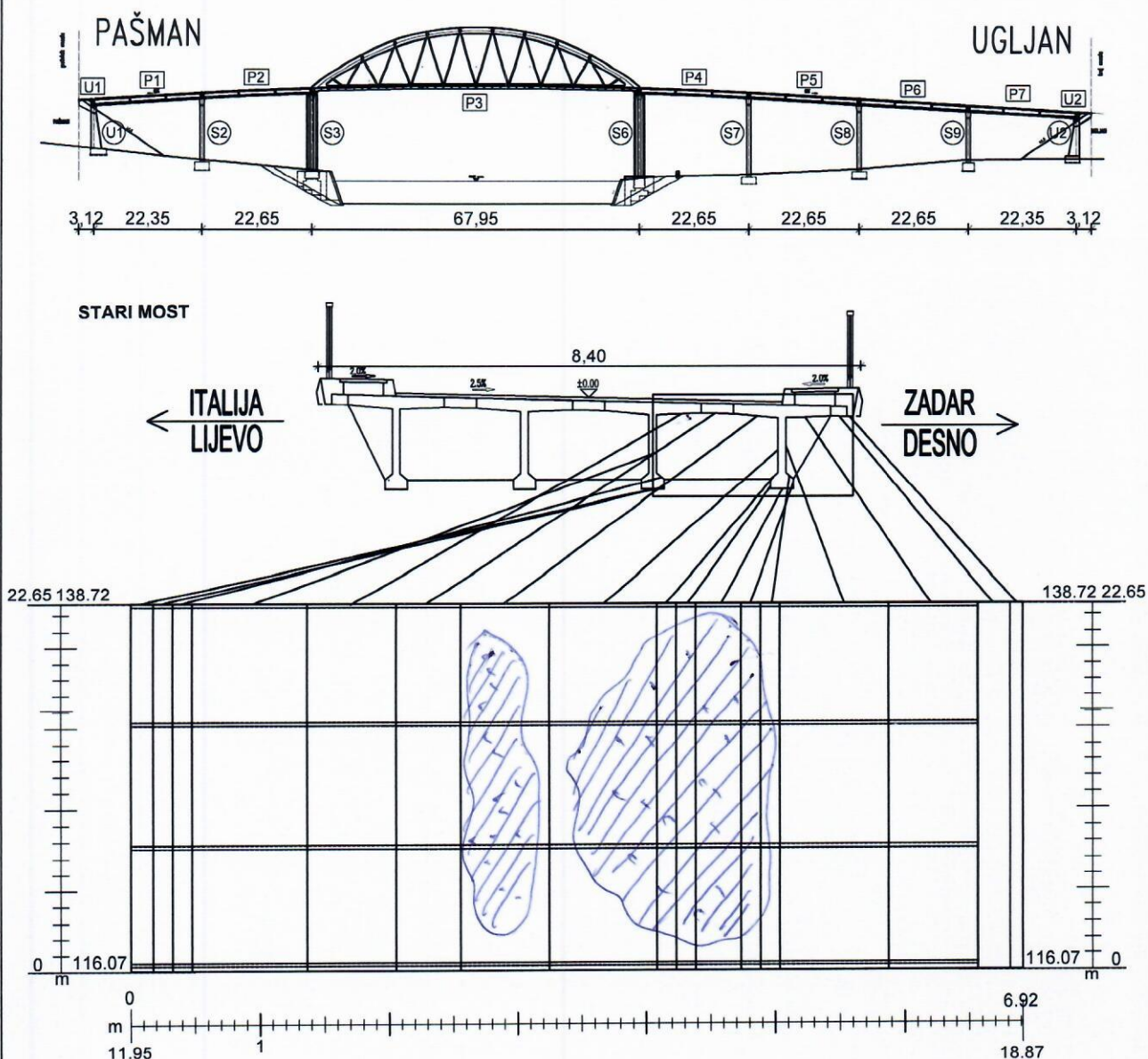
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.4.3. Polje P4 - glavni nosač, desna trećina



uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

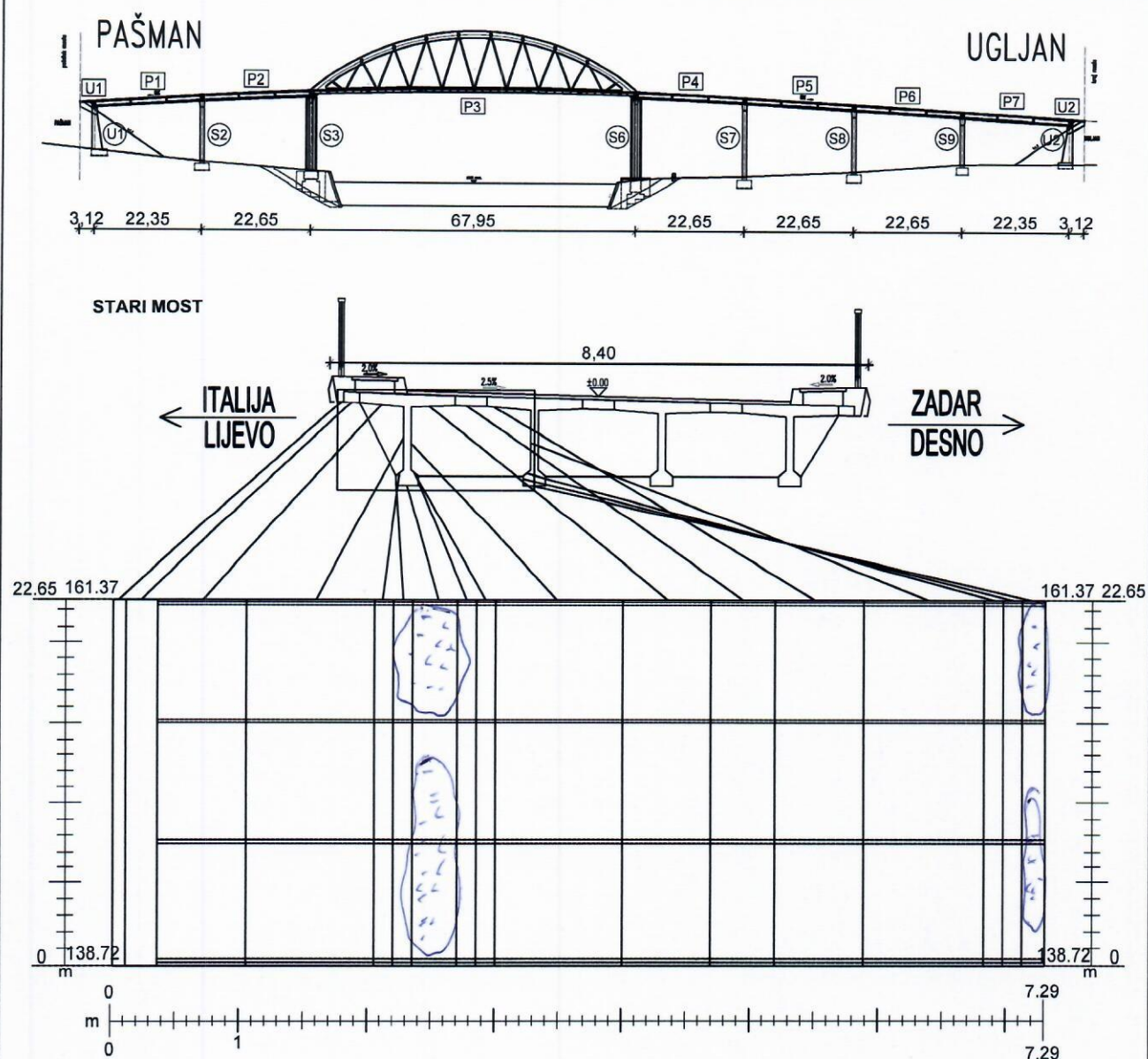
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.5.1. Polje P5 - glavni nosač, lijeva trećina



→ Osim vlažnih mrlja na nosačima nema značajnijih oštećenja.

uzd. mj. 1:200
 uzd. mj. = 1
 pop. mj. = 8
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

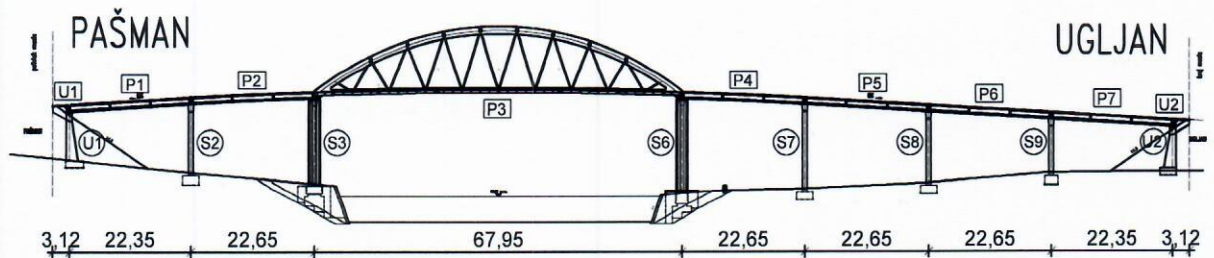
Katičin Milena

Datum:

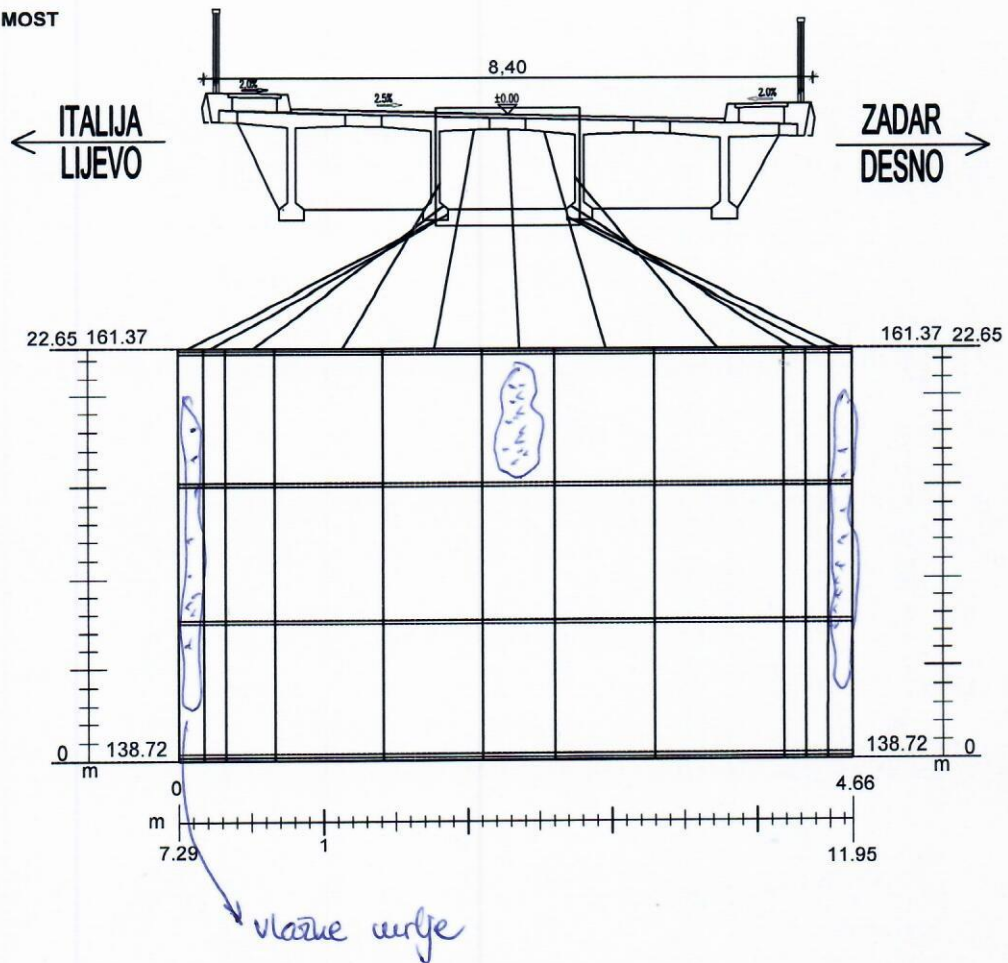
19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.5.2. Polje P5 - glavni nosač, sredina



STARI MOST



uzd. mj. 1:200
 uzd. mj. 1
 pop. mj. 8
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

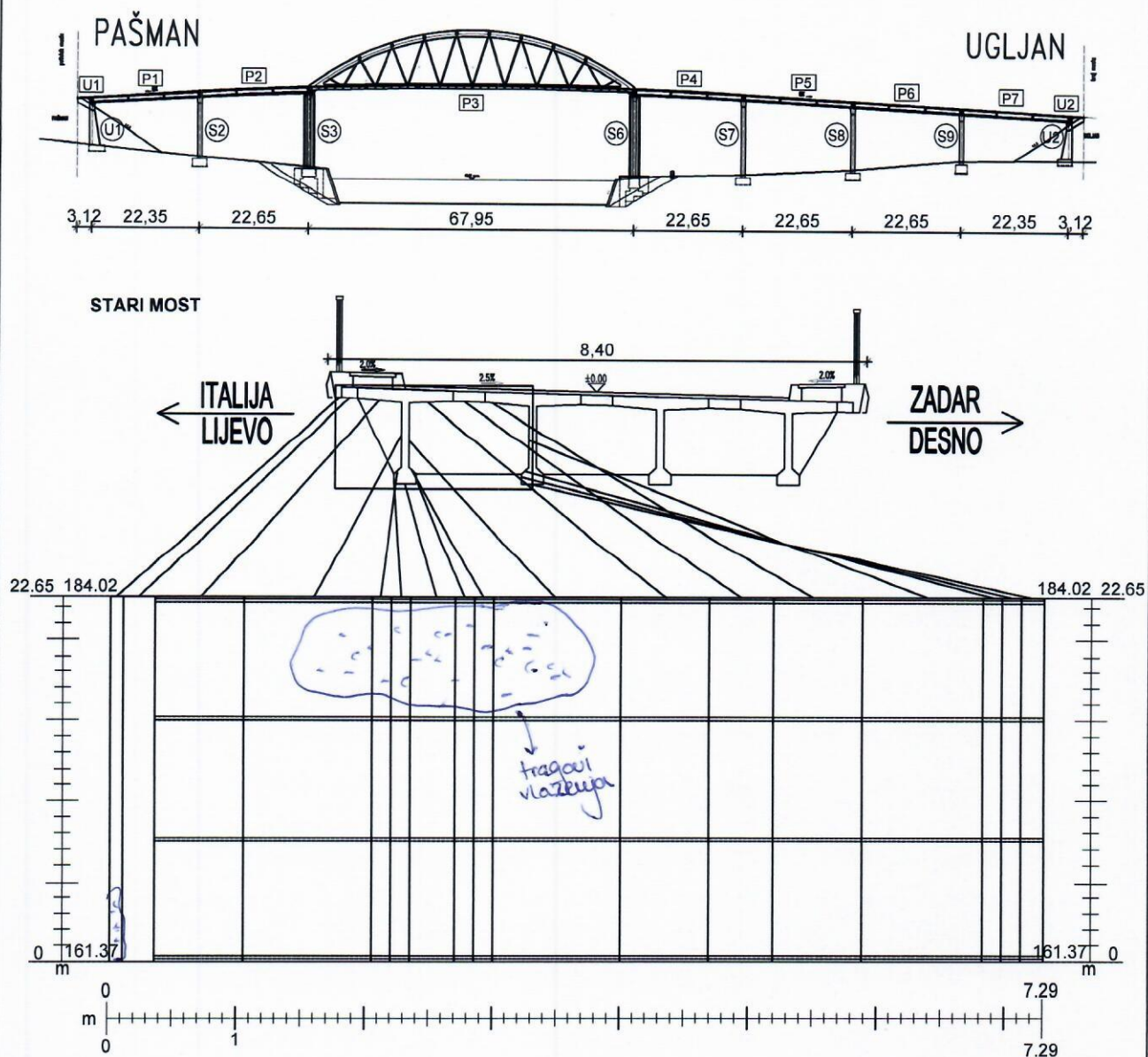
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.6.1. Polje P6 - glavni nosač, lijeva trećina



→ osim vlažnih mrlja nema značajnijih oštećenja

uzd. mj. 1:200
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

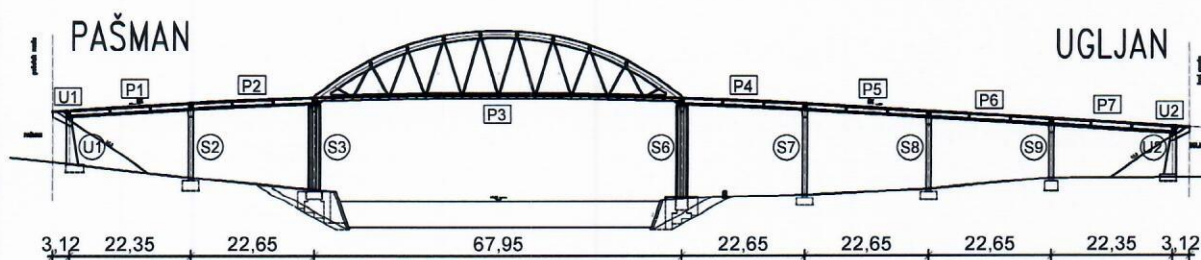
Katičin Milena

Datum:

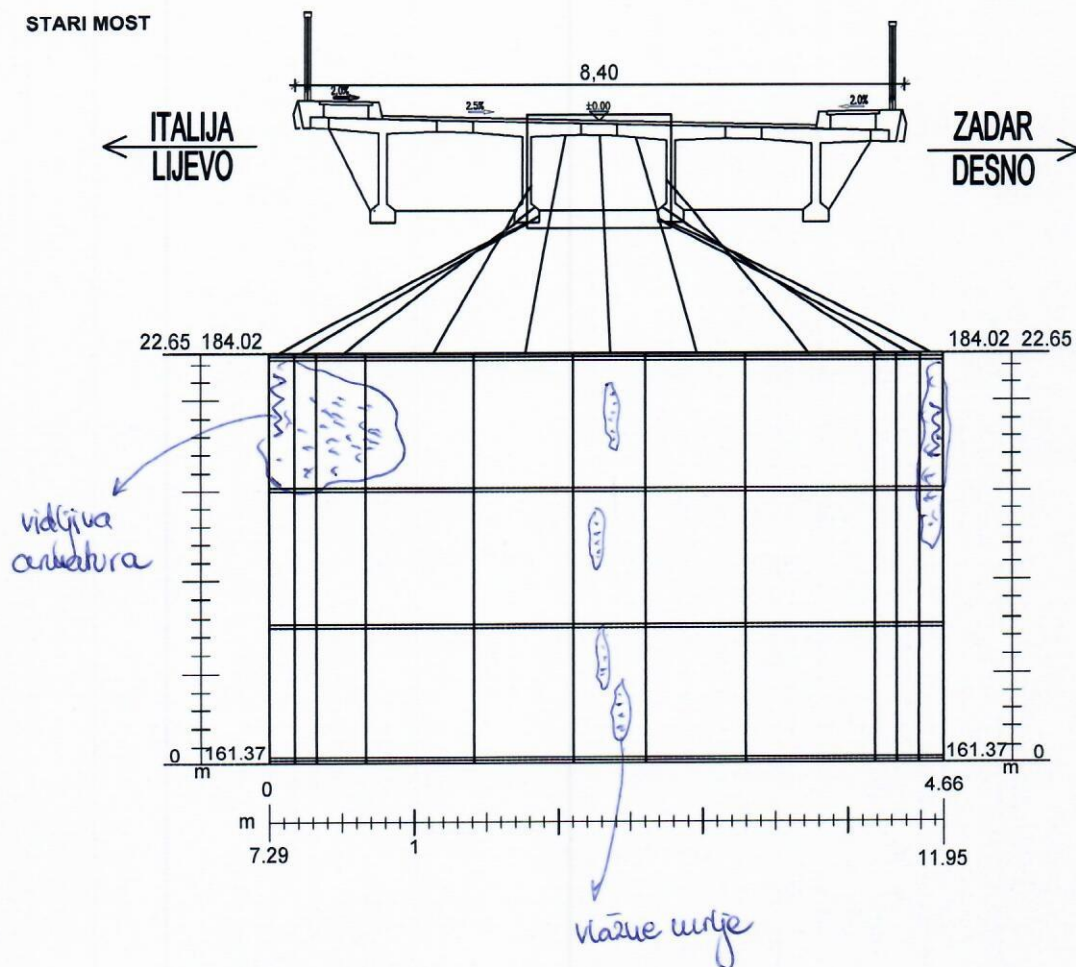
19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.6.2. Polje P6 - glavni nosač, sredina



STARI MOST



$\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{8}$
 uzd. mj. 1:200
 pop. mj. 1:25

Pregled izvršila:

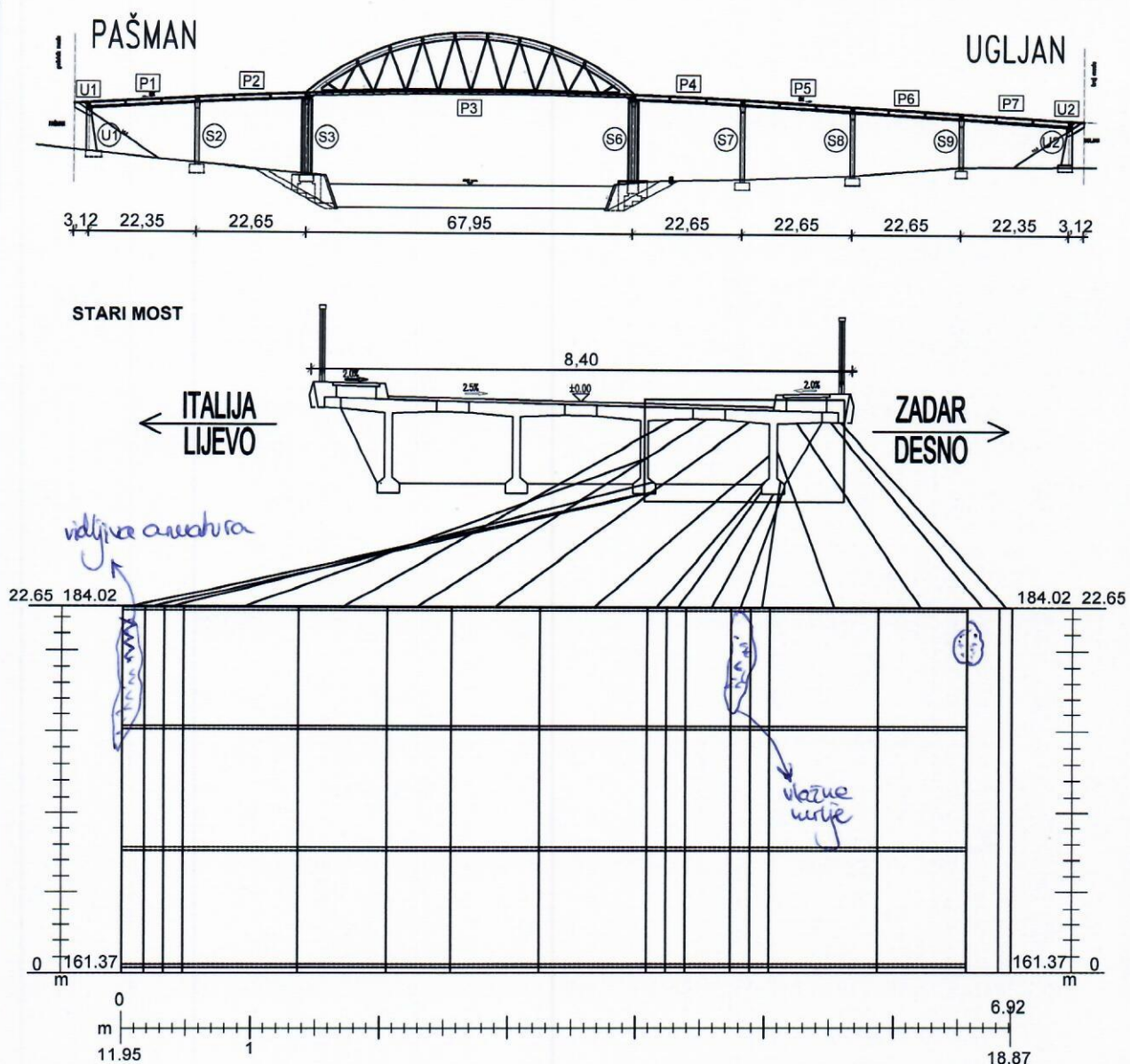
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.6.3. Polje P6 - glavni nosač, desna trećina



Pregled izvršila:

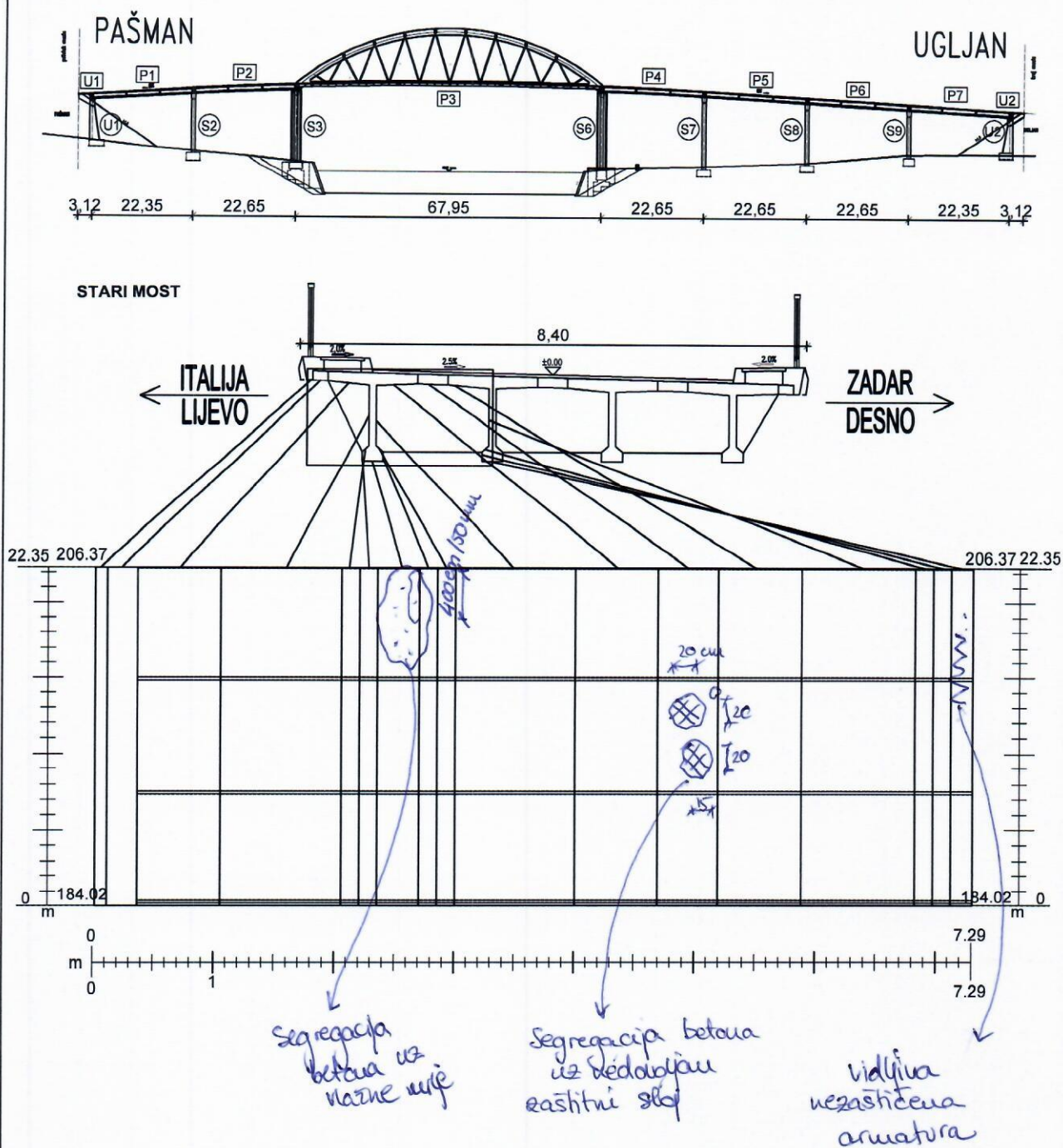
Katičin Milena

Datum:

19. srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.7.1. Polje P7 - glavni nosač, lijeva trećina



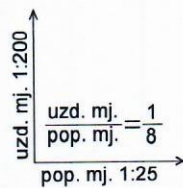
Pregled izvršila:

Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

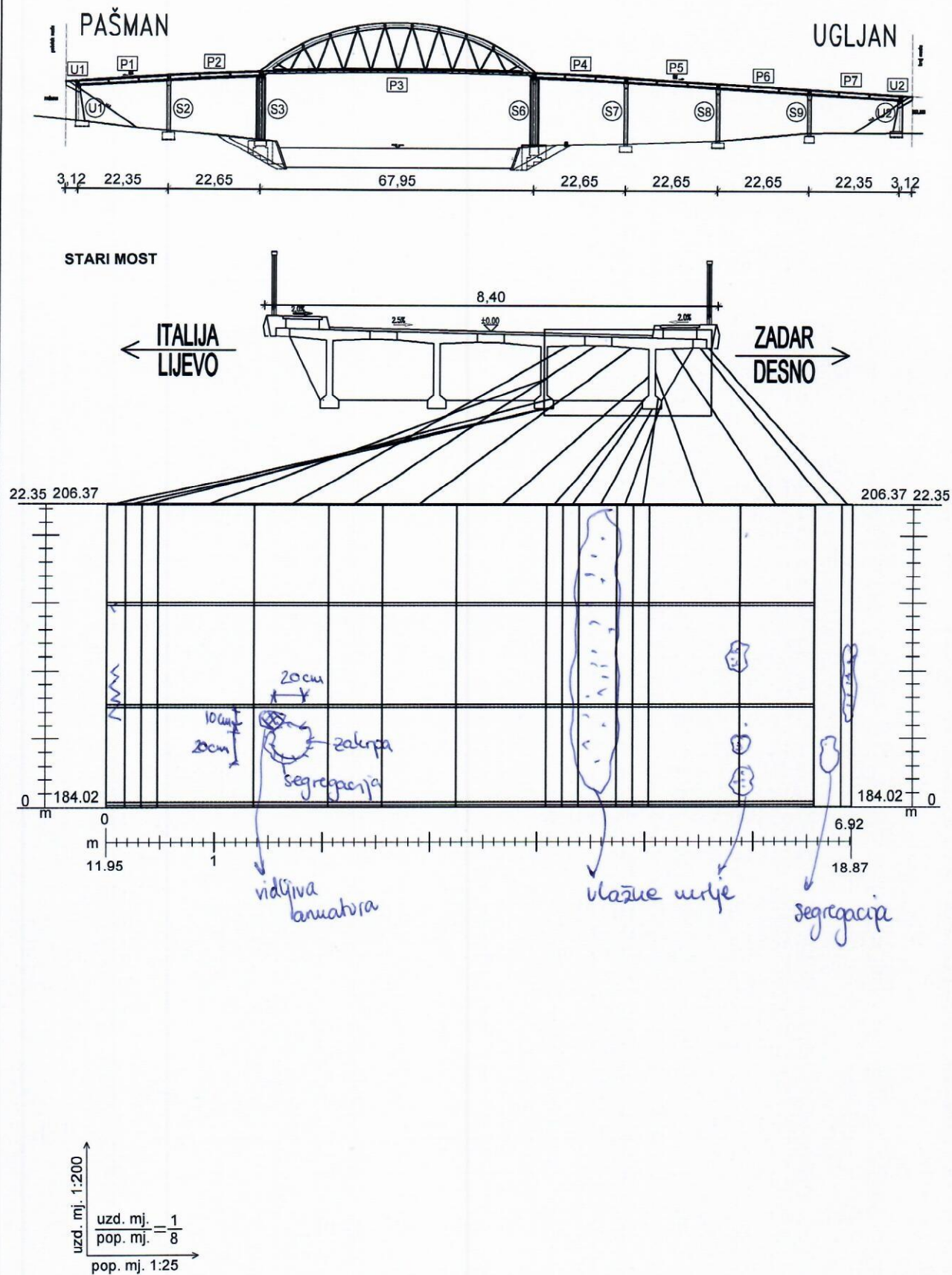
3.7.2. Polje P7 - glavni nosač, sredina



19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

3.7.3. Polje P7 - glavni nosač, desna trećina



Pregled izvršila:

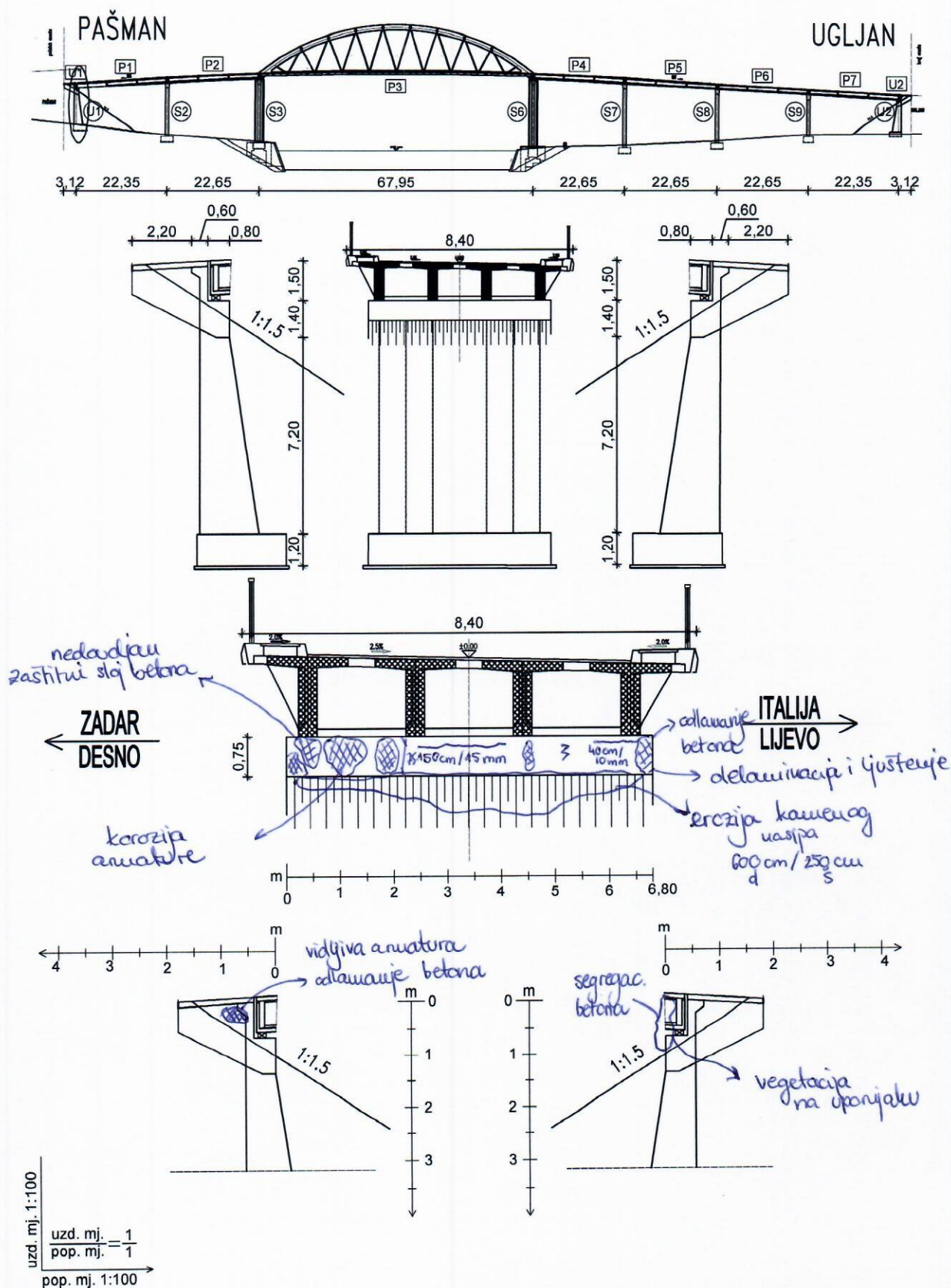
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

5.1.1. Upornjak U1 - zid i krila upornjaka



Pregled izvršila:

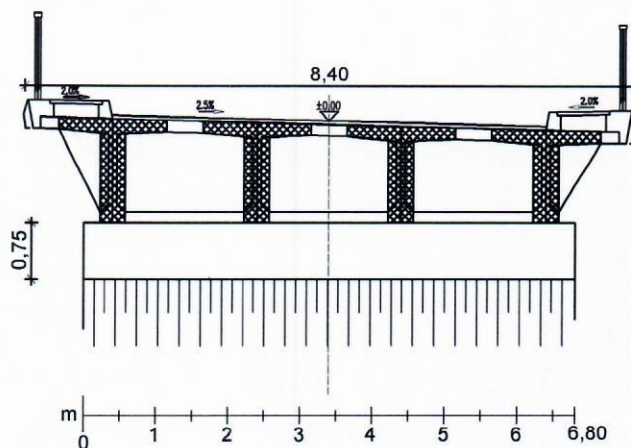
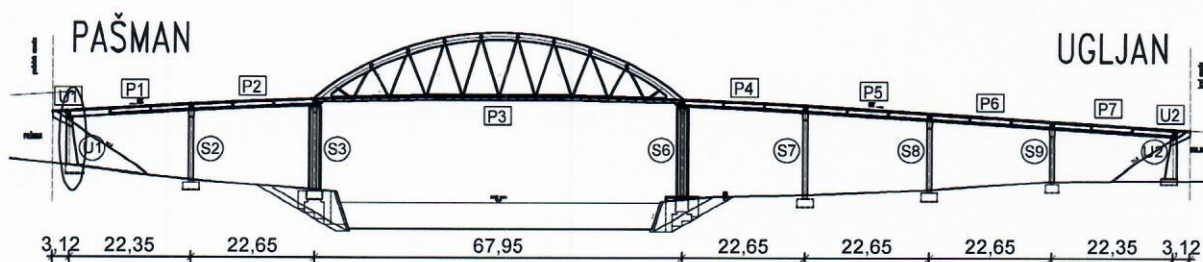
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

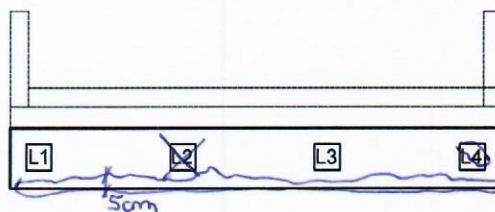
MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

5.1.2. Upornjak U1 - ležajevi



ZADAR
DESNO

80



ITALIJA
LIJEVO

LEŽAJ L1

a b c d

d
a **L1** c
b

LEŽAJ L2

a b c d

d
a **L2** c
b

↳ u potpunosti deformiran

LEŽAJ L3

a b c d

d
a **L3** c
b

LEŽAJ L4

a b c d

d
a **L4** c
b

↳ djelomično deformiran

segregacija betona
po cijeloj širini
ležajne klope
- hrapavost

uzd. mj. 1:50
uzd. mj. = 1
pop. mj. 1
pop. mj. 1:50

Pregled izvršila:

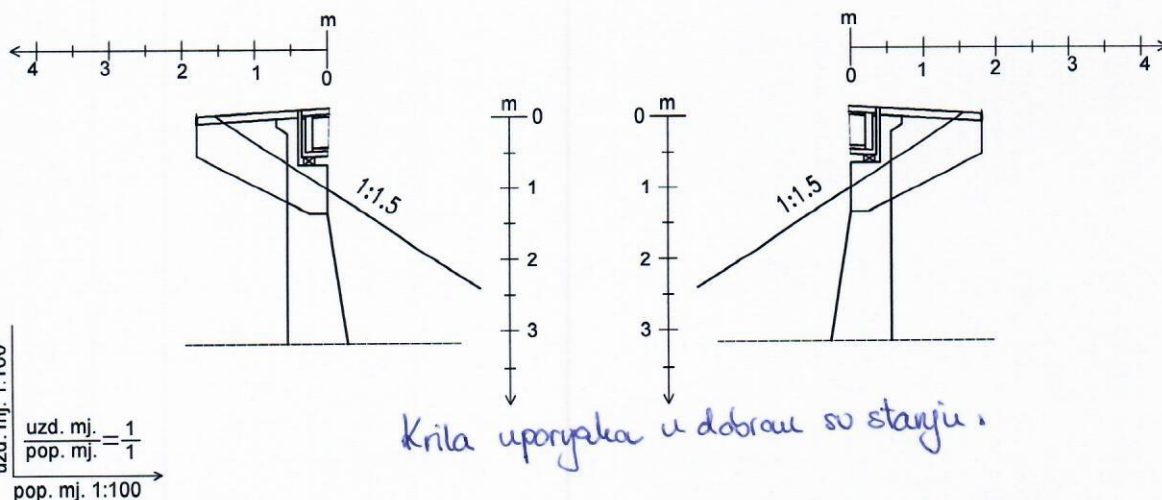
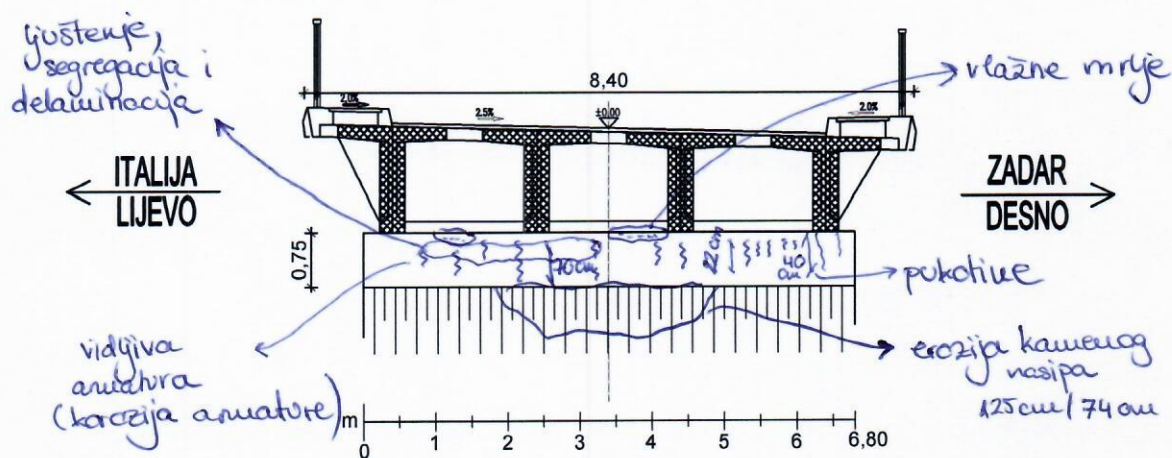
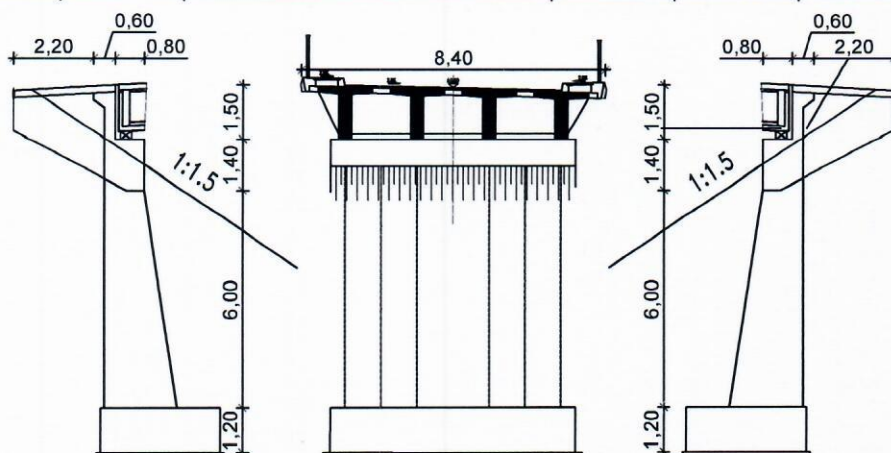
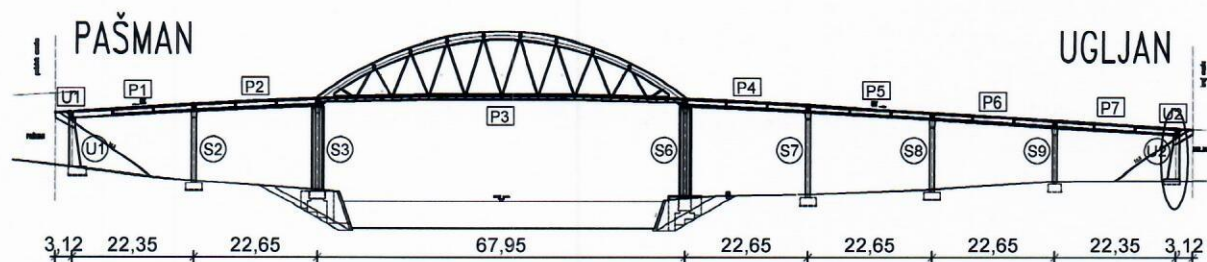
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

5.2.1. Upornjak U2 - zid i krila upornjaka



Pregled izvršila:

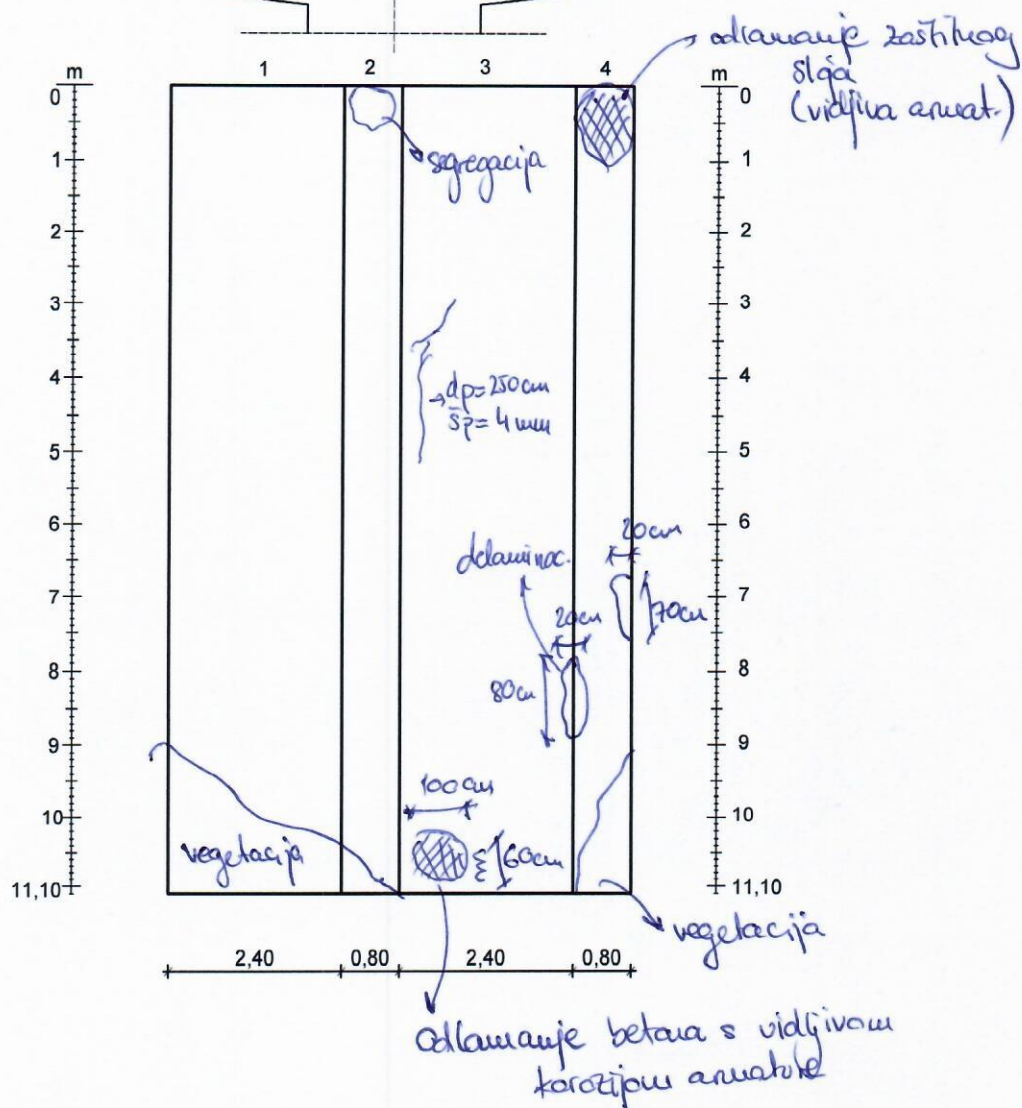
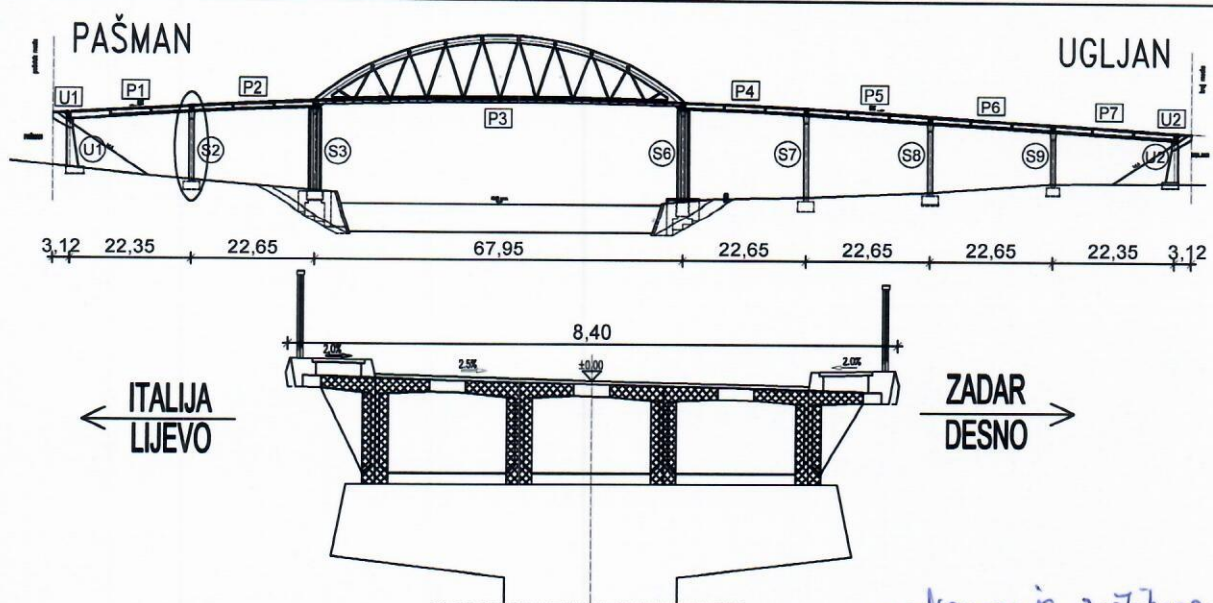
Katićin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.1.1. Stupište S2



uzd. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

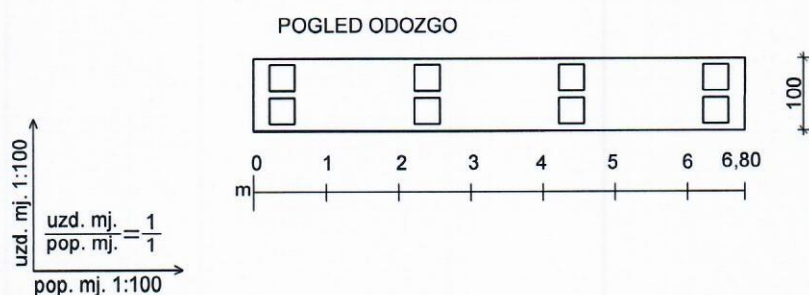
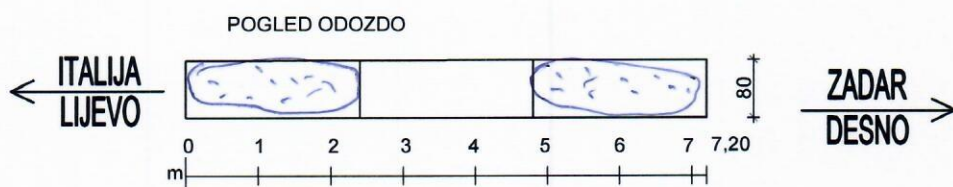
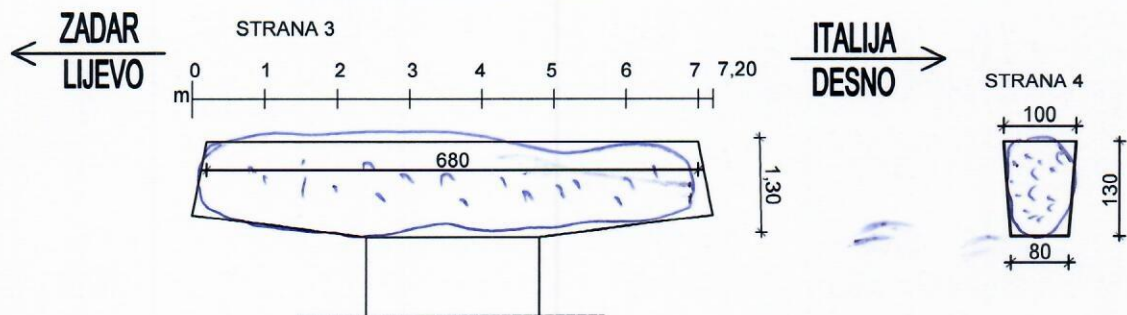
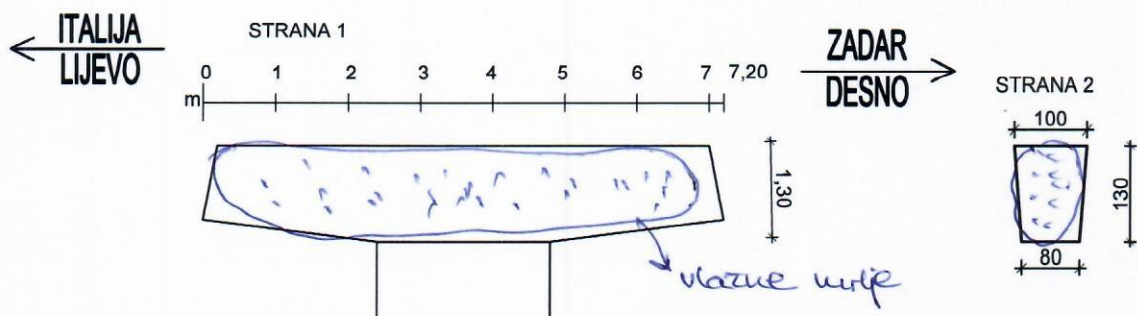
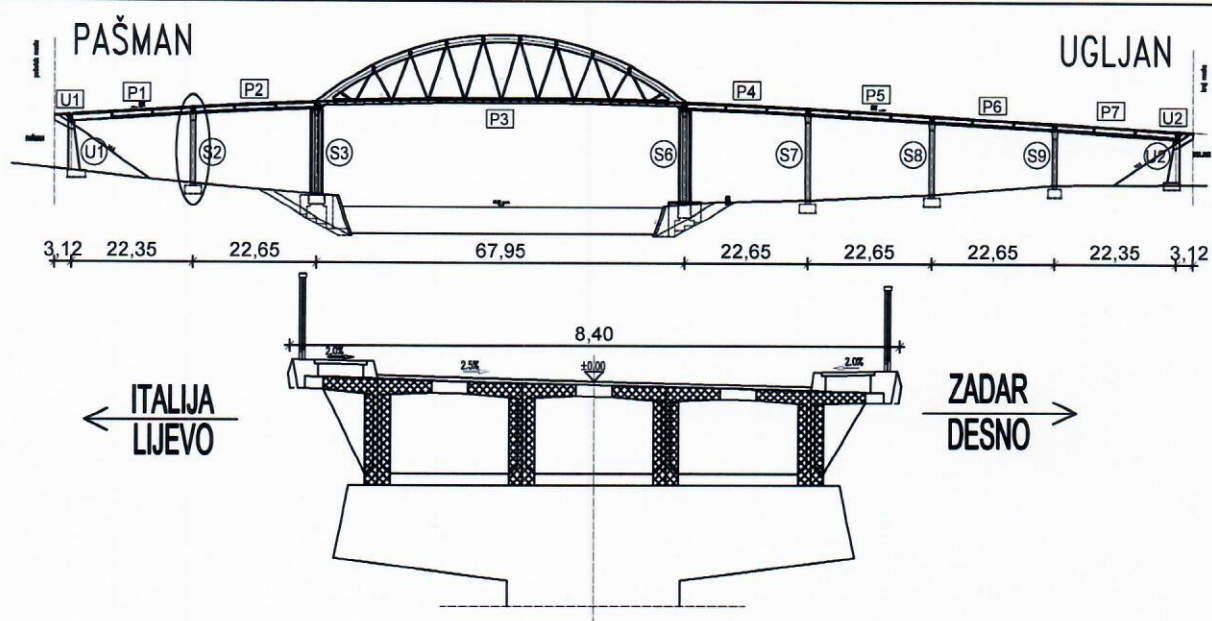
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.1.2. Stupište S2 - naglavna greda



Pregled izvršila:

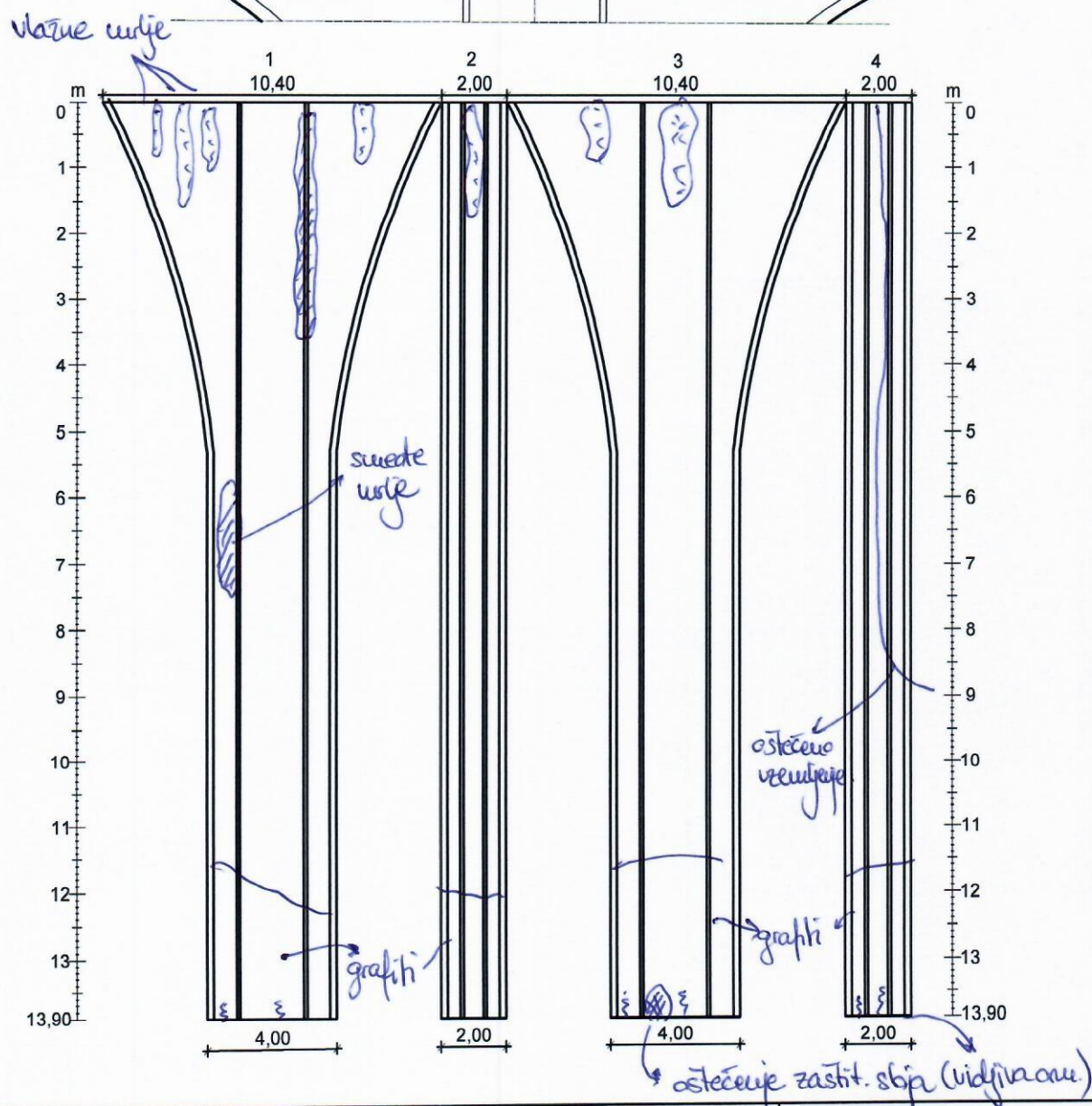
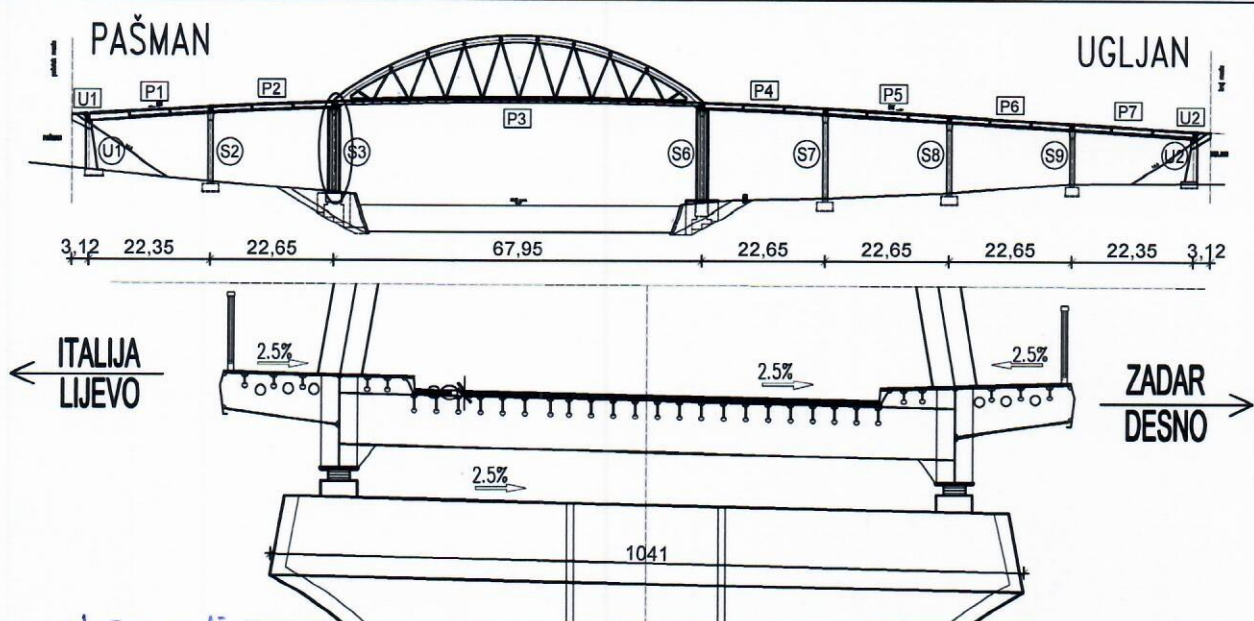
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.2.1. Stupište S3



Pregled izvršila:

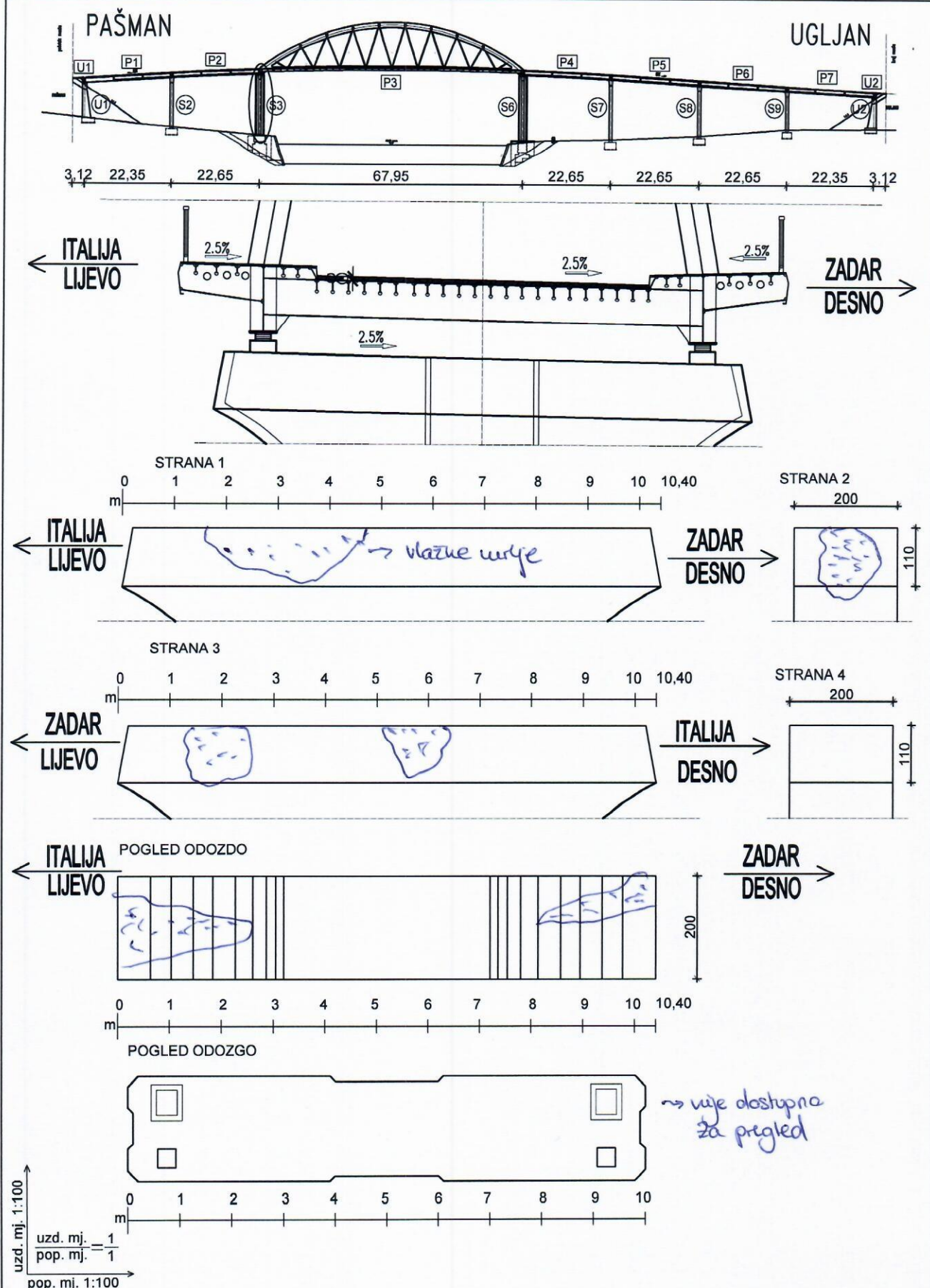
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.2.2. Stupište S3 - naglavna greda



Pregled izvršila:

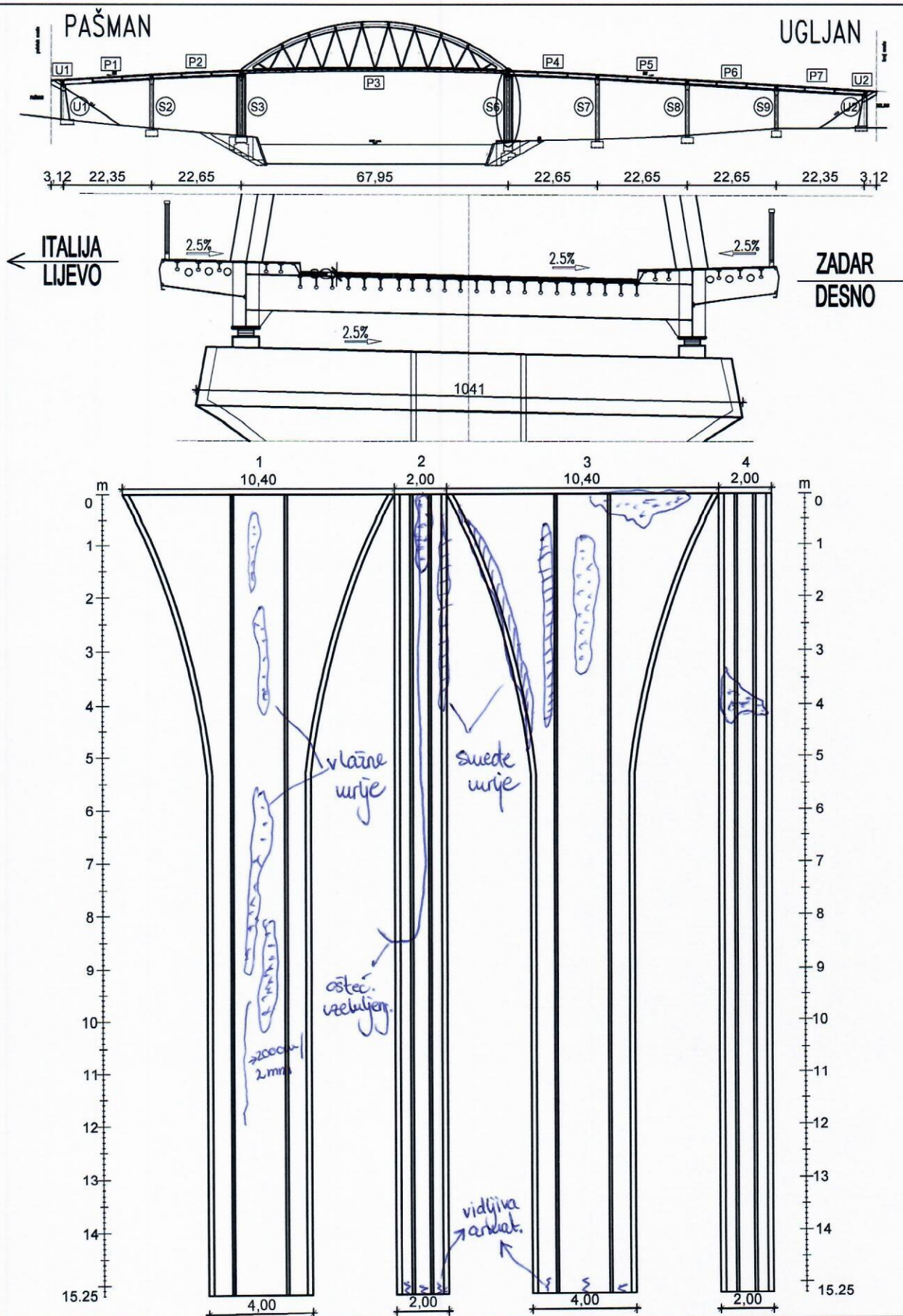
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.3.1. Stupište S6



Pregled izvršila:

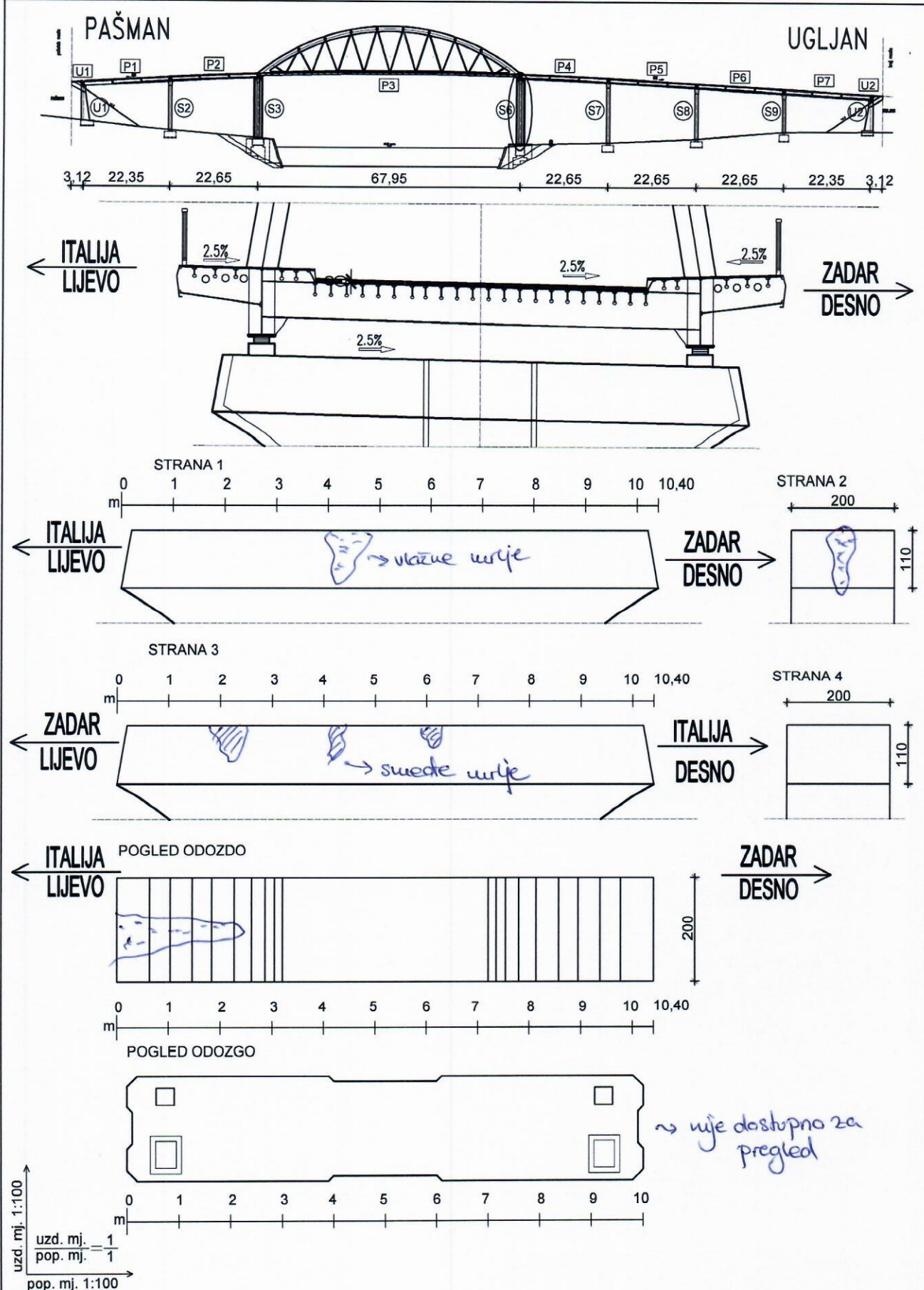
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.3.2. Stupište S6 - naglavna greda



Pregled izvršila:

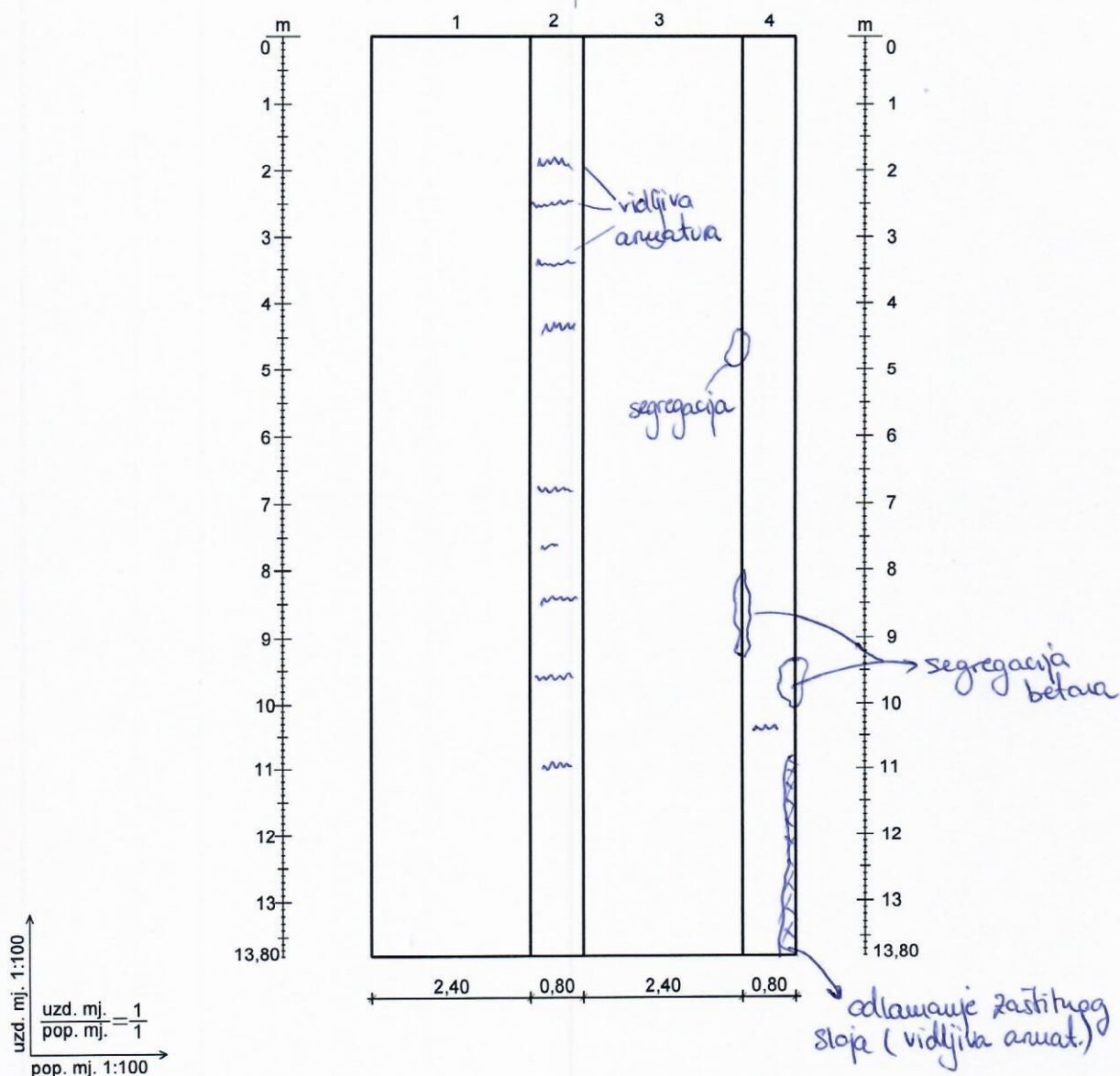
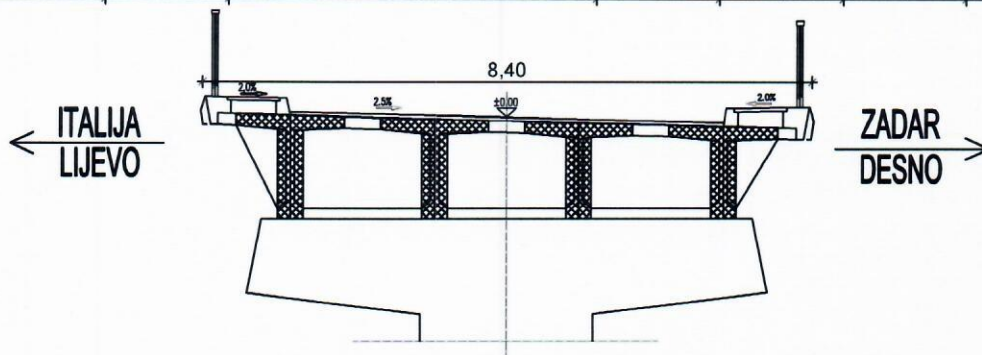
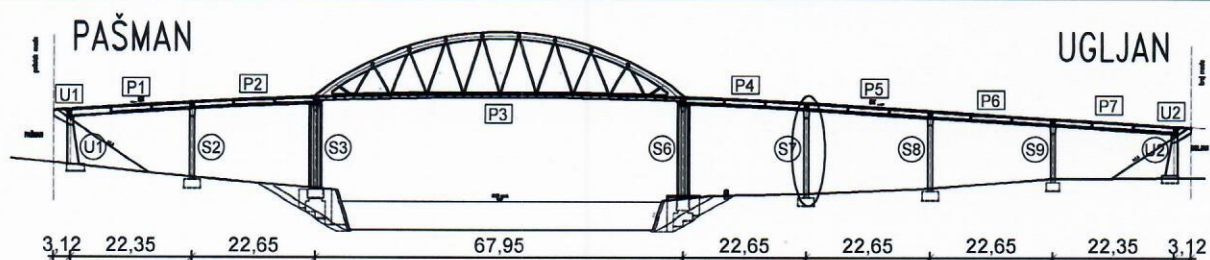
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.4.1. Stupište S7



Pregled izvršila:

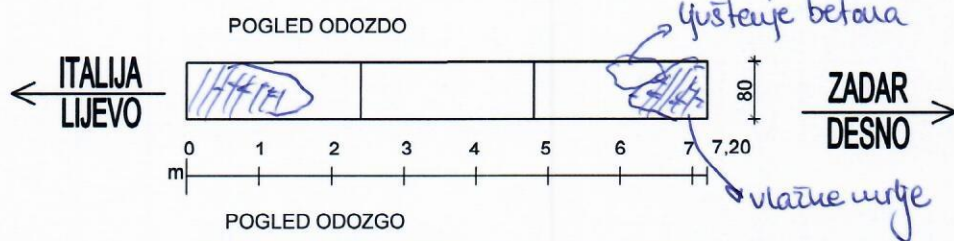
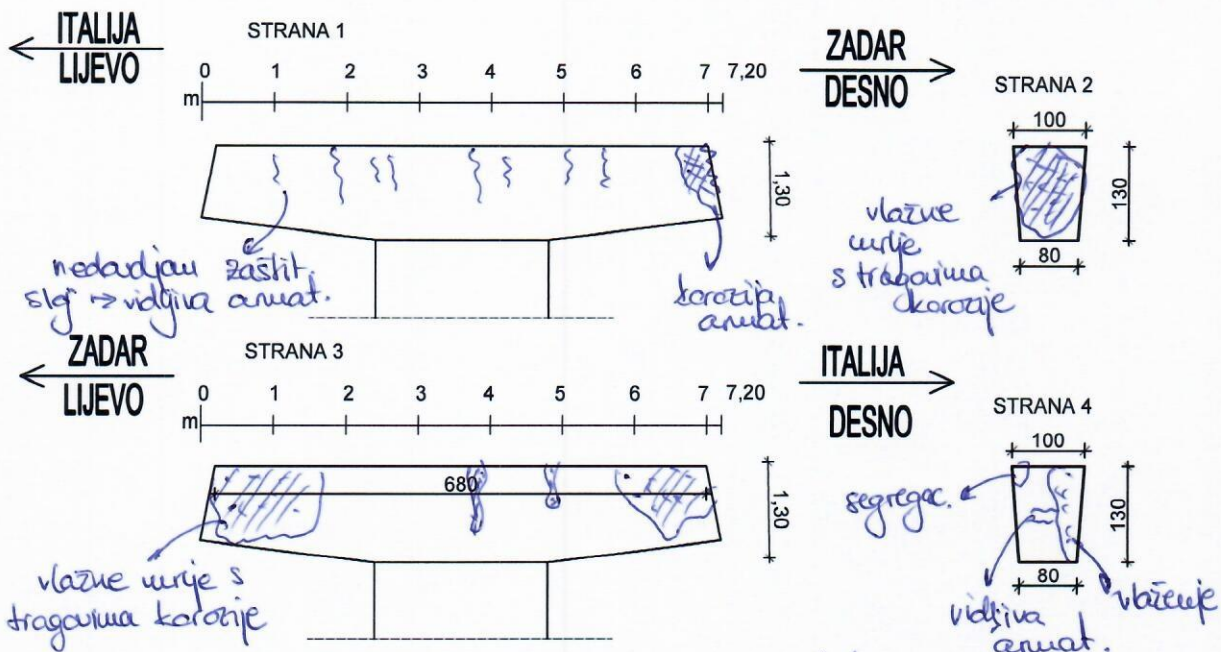
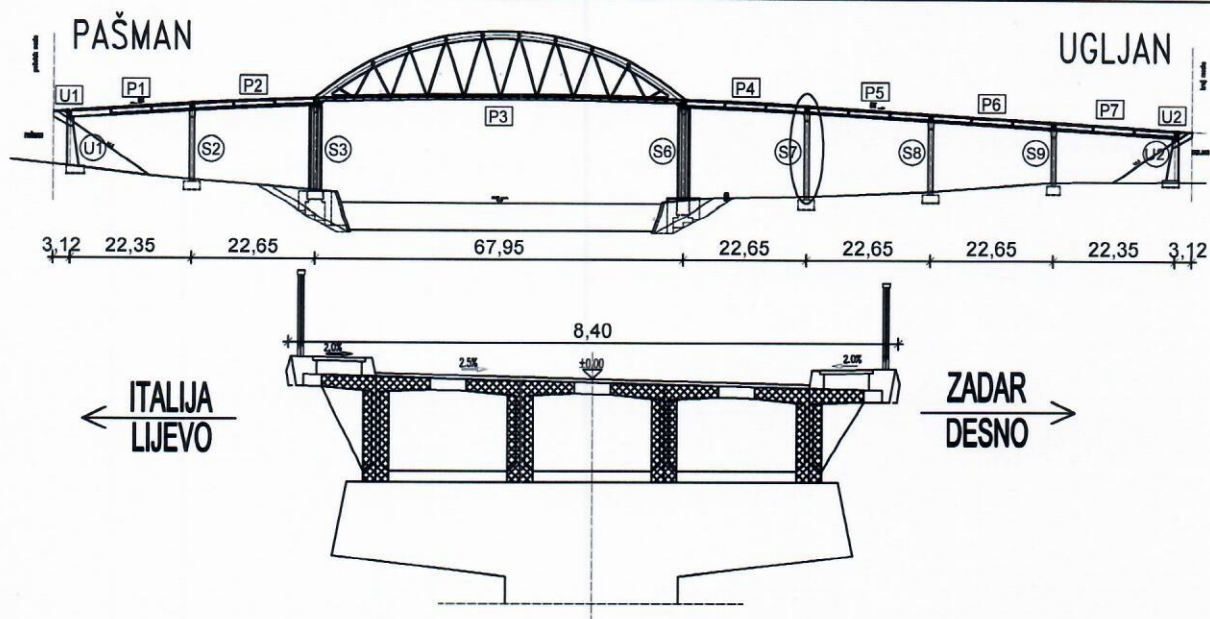
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.4.2. Stupište S7 - naglavna greda



uzd. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

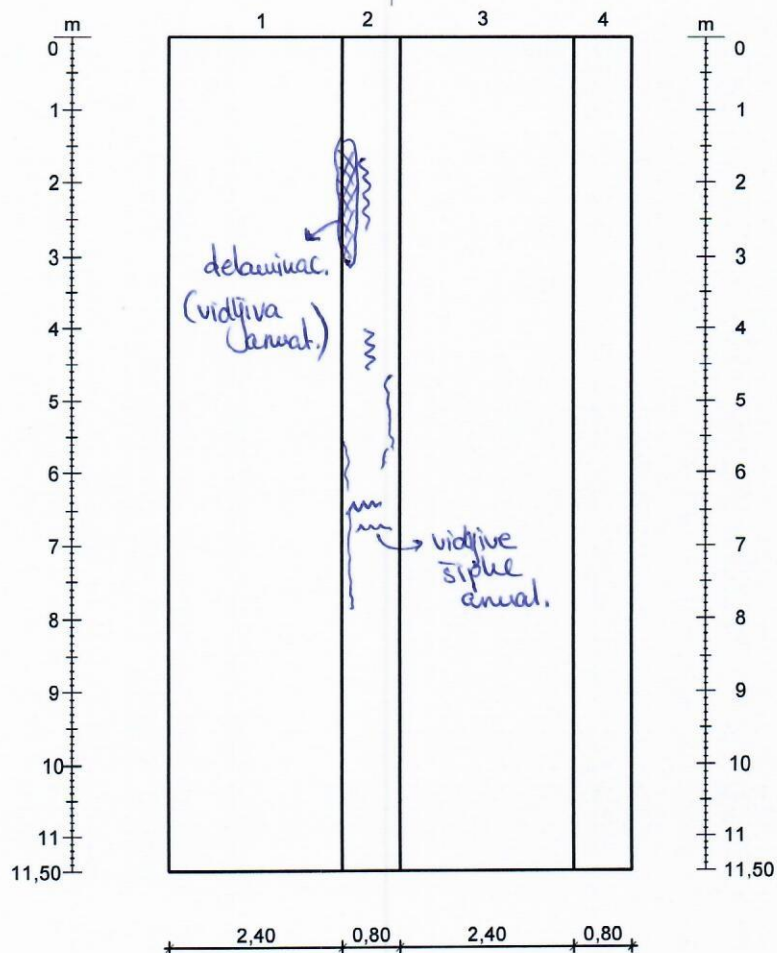
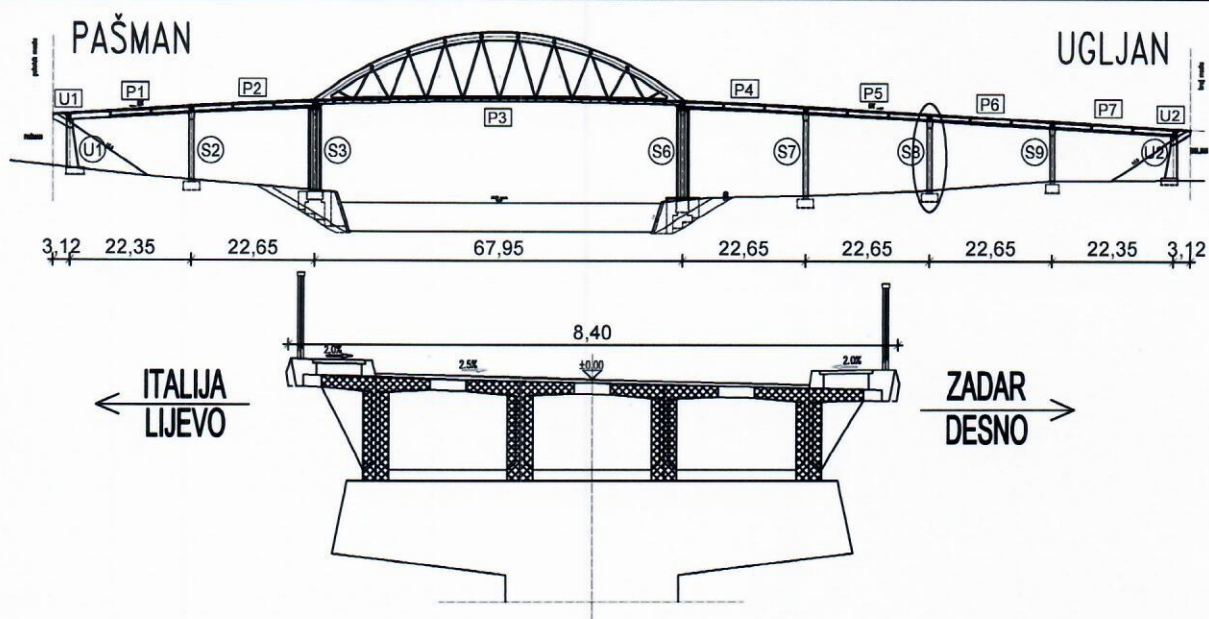
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.5.1. Stupište S8



uzd. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

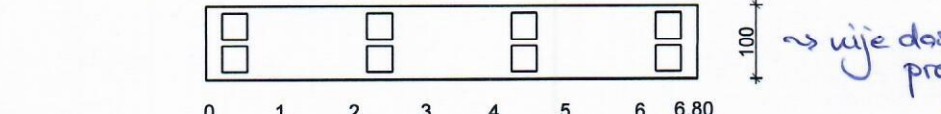
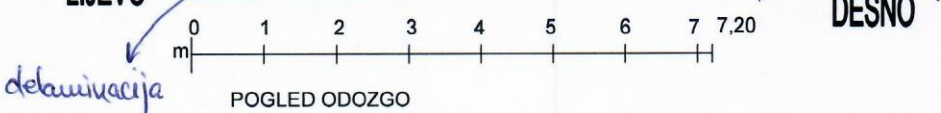
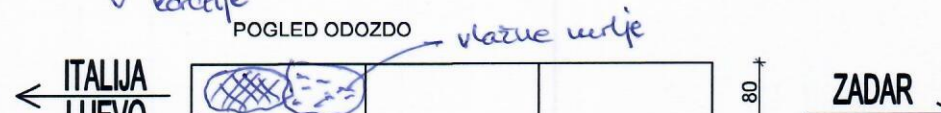
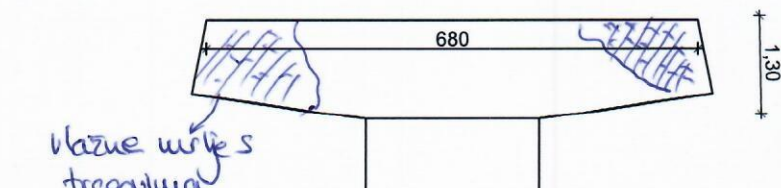
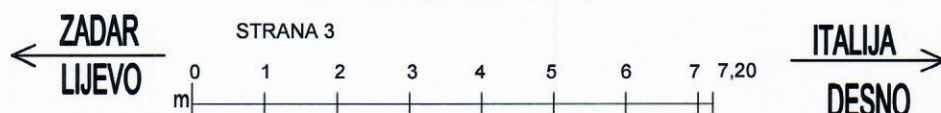
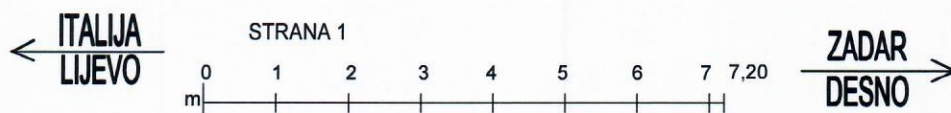
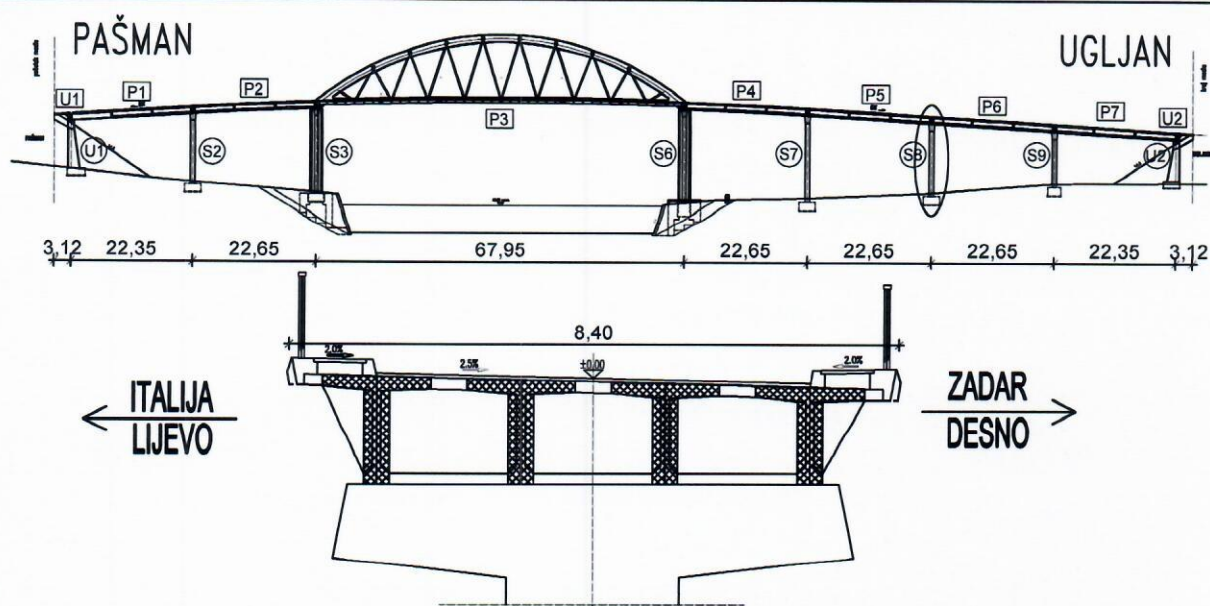
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.5.2. Stupište S8 - naglavna greda



uzd. mj. 1:100
 pop. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$

Pregled izvršila:

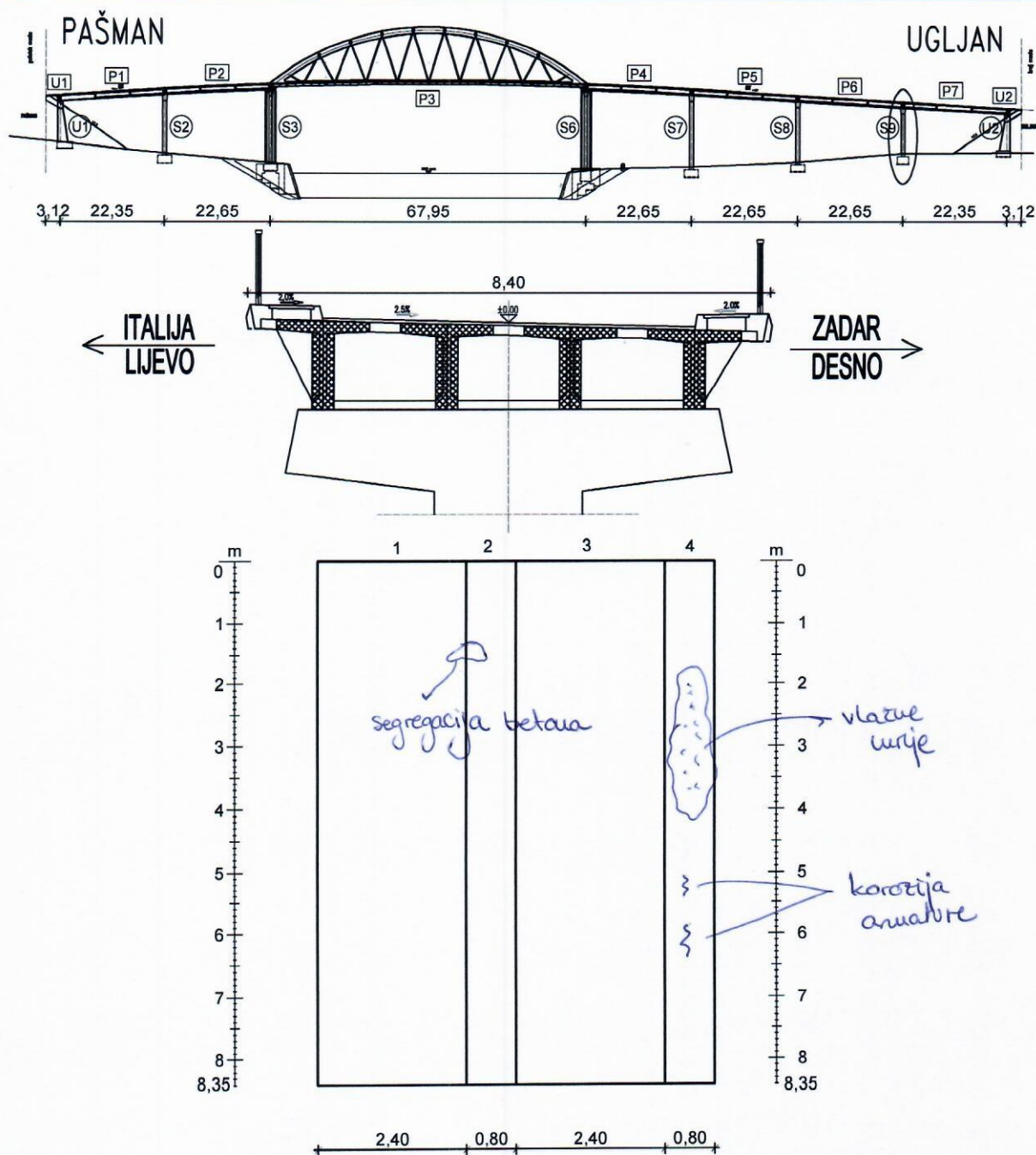
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.6.1. Stupište S9



uzd. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

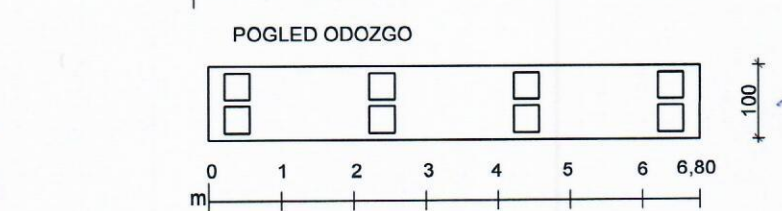
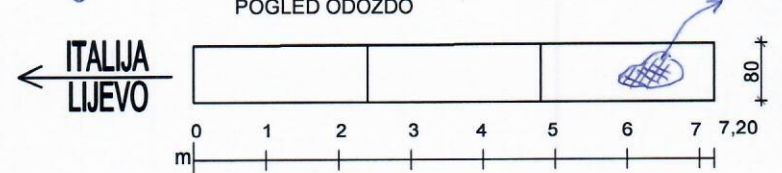
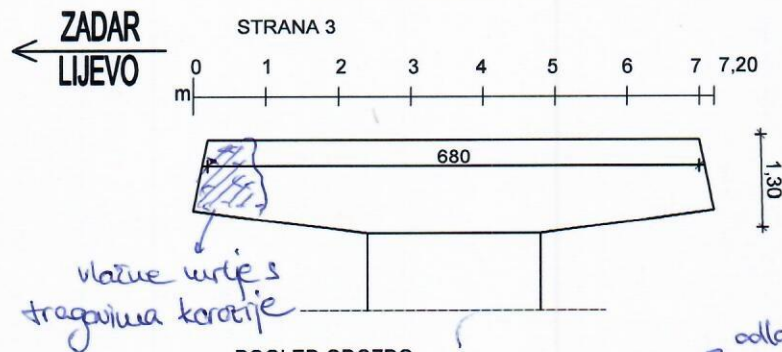
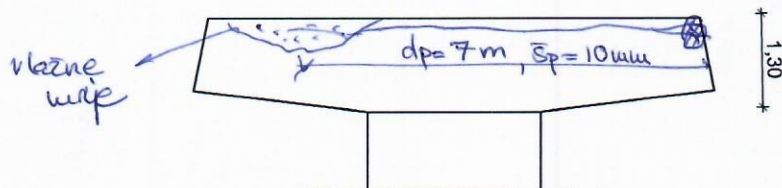
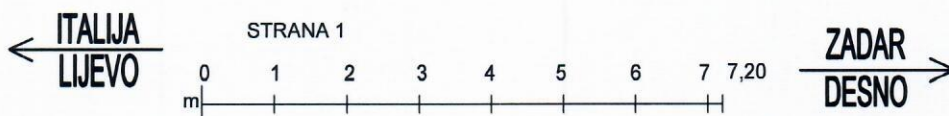
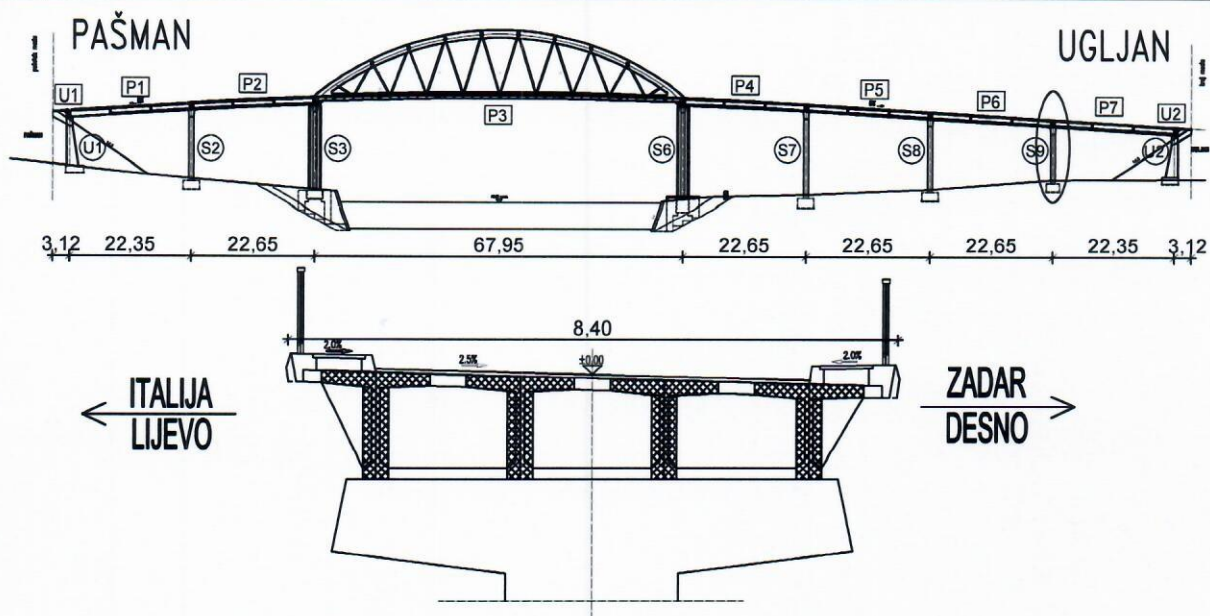
Katičin Milena

Datum:

19.srpnja 2019.

MOST "ŽDRELAC" (UGLJAN - PAŠMAN)

6.6.2. Stupište S9 - naglavna greda



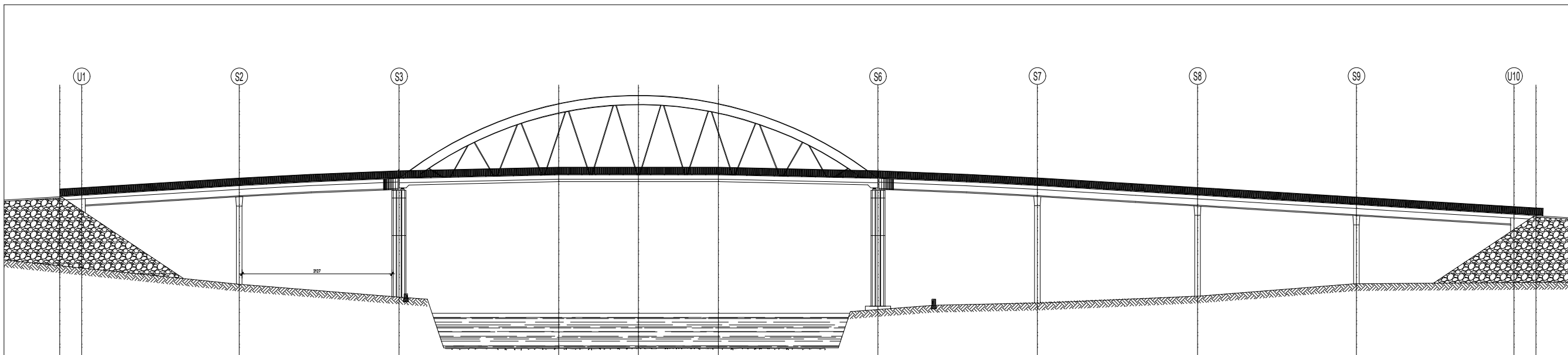
uzd. mj. 1:100
 $\frac{\text{uzd. mj.}}{\text{pop. mj.}} = \frac{1}{1}$
 pop. mj. 1:100

Pregled izvršila:

Katičin Milena

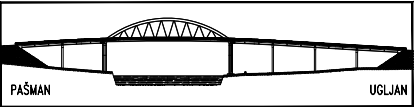
Datum:

19.srpnja 2019.



REKONSTRUIRANI MOST ŽDRELAC
PREKO MORSKOG TJESNACA MALI ŽDRELAC
IZMEĐU OTOKA UGLJANA I PAŠMANA

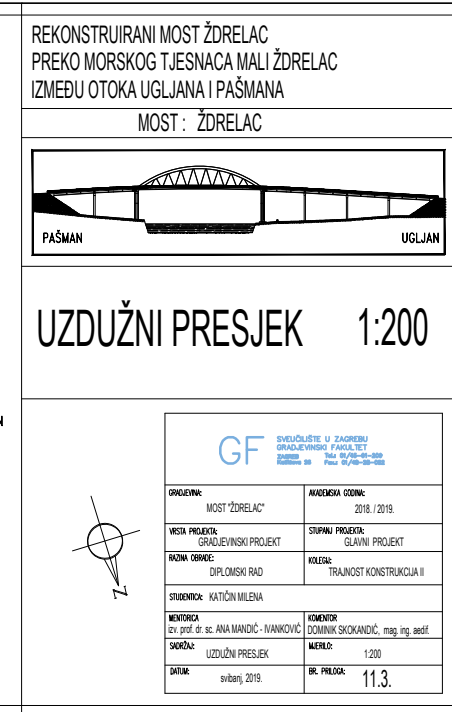
MOST : ŽDRELAC



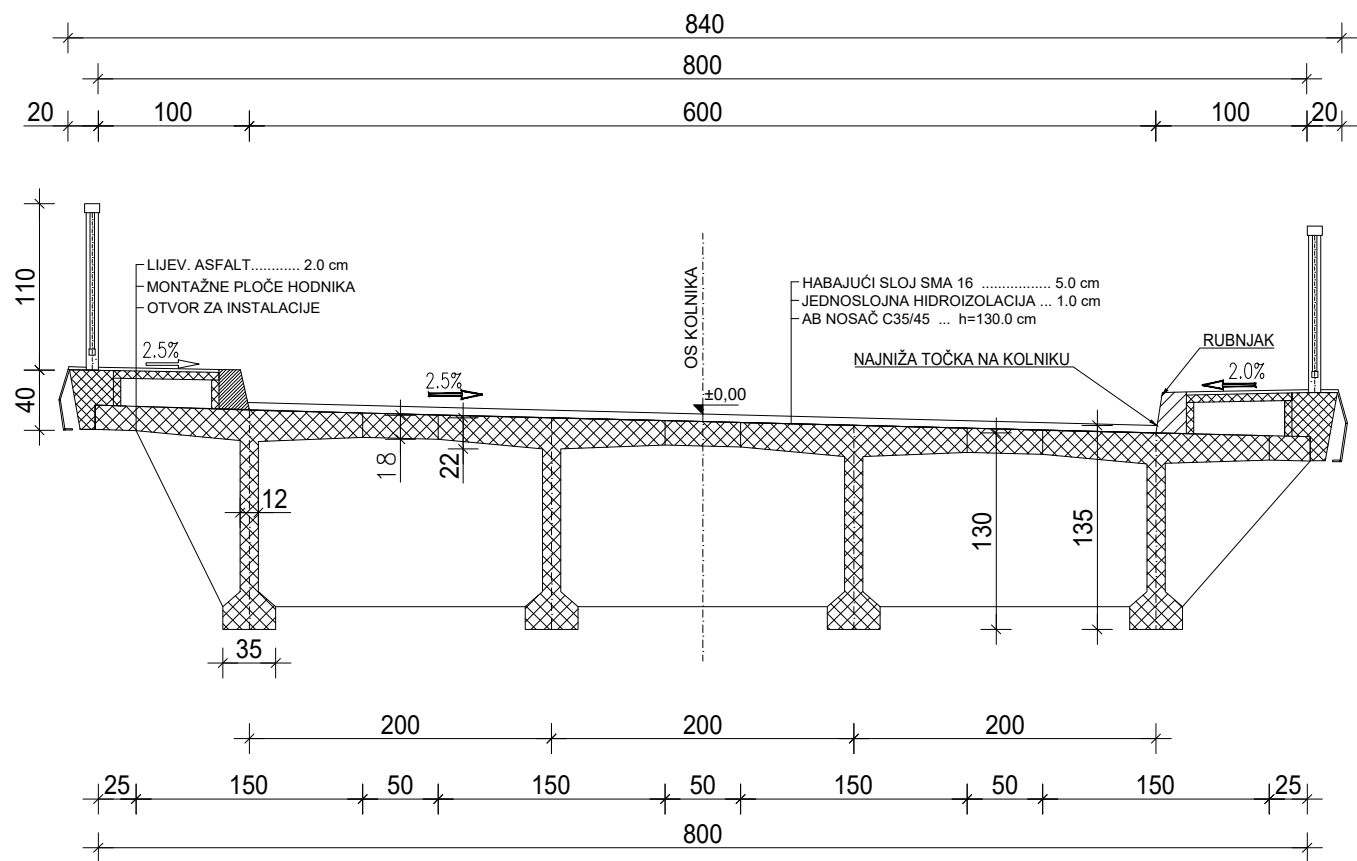
POGLED 1:200



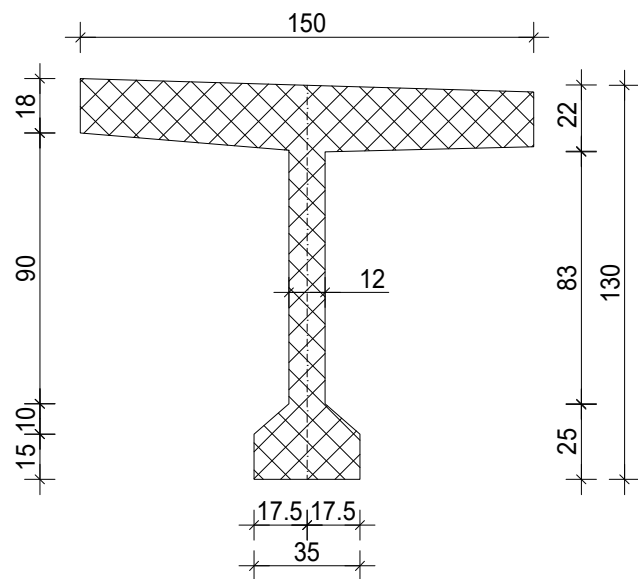
GF Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet BEOGRAD, 11000 Tel: 01 3631-1111 Fax: 01 3631-1111	
GRADJEVINA: MOST "ŽDRELAC"	AKADEMSKA GODINA: 2018. / 2019.
VRSTA PROJEKTA: GRADJEVINSKI PROJEKT	STUPANJ PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT
VRSTA OBIMNE: DIPLOMSKI RAD	KOLEGA: TRAJNOST KONSTRUKCIJA II
STUDENTICA: KATIČIN MILENA	MENTOR: DOJČIĆ SKOKANDIĆ, mag. ing. medf.
SKICA: POGLED	MEŠKO: 1:200
DATUM: svibanj, 2019.	BR. PRILOGA: 11.2.



POPREČNI PRESJEK U POLJU
1:50

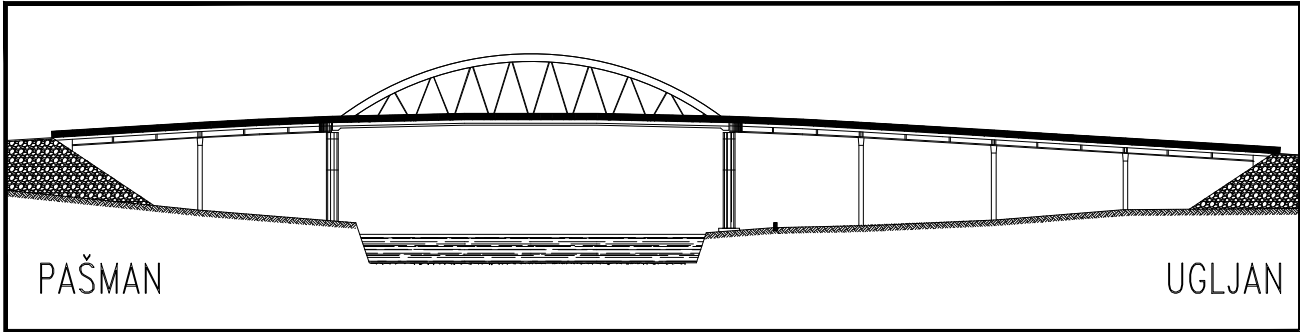


POPREČNI PRESJEK GLAVNOG NOSAČA
1:25



REKONSTRUIRANI MOST ŽDRELAC
PREKO MORSKOG TJESNACA MALI ŽDRELAC
IZMEĐU OTOKA UGLJANA I PAŠMANA

MOST : ŽDRELAC



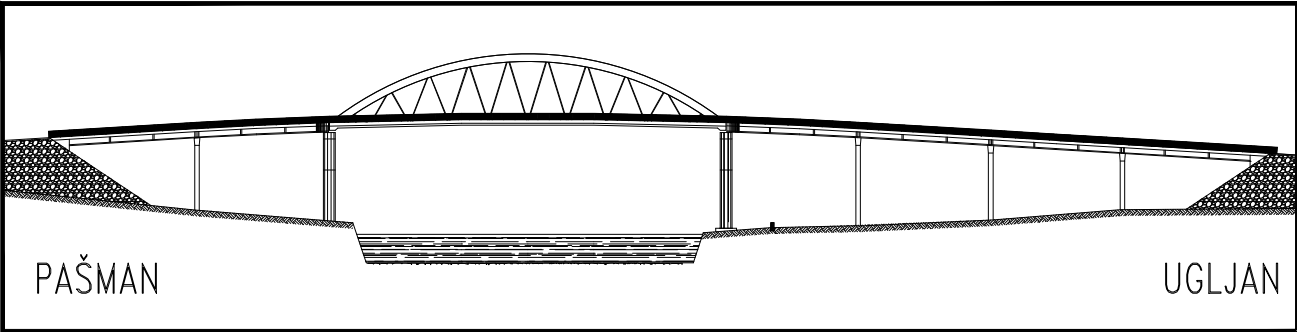
POPREČNI PRESJEK U POLJU
BETONSKOG RASPONSKOG SKLOPA

1:50

GF SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRADJEVINSKI FAKULTET ZAGREB Kačićeva 26 Tel.: 01/45-61-209 Fax.: 01/48-28-052	
GRADJEVINA: MOST "ŽDRELAC"	AKADEMSKA GODINA: 2018. / 2019.
VRSTA PROJEKTA: GRADJEVINSKI PROJEKT	STUPANJ PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT
RAZINA OBRADE: DIPLOMSKI RAD	KOLEGIJ: TRAJNOST KONSTRUKCIJA II
STUDENTICA: KATIČIN MILENA	
MENTORICA izv. prof. dr. sc. ANA MANDIĆ - IVANKOVIĆ	KOMENTOR DOMINIK SKOKANDIĆ, mag. ing. aedif.
SADRŽAJ: POPREČNI PRESJEK U POLJU	MJERILO: 1:50
DATUM: svibanj, 2019.	BR. PRILOGA: 11.5.

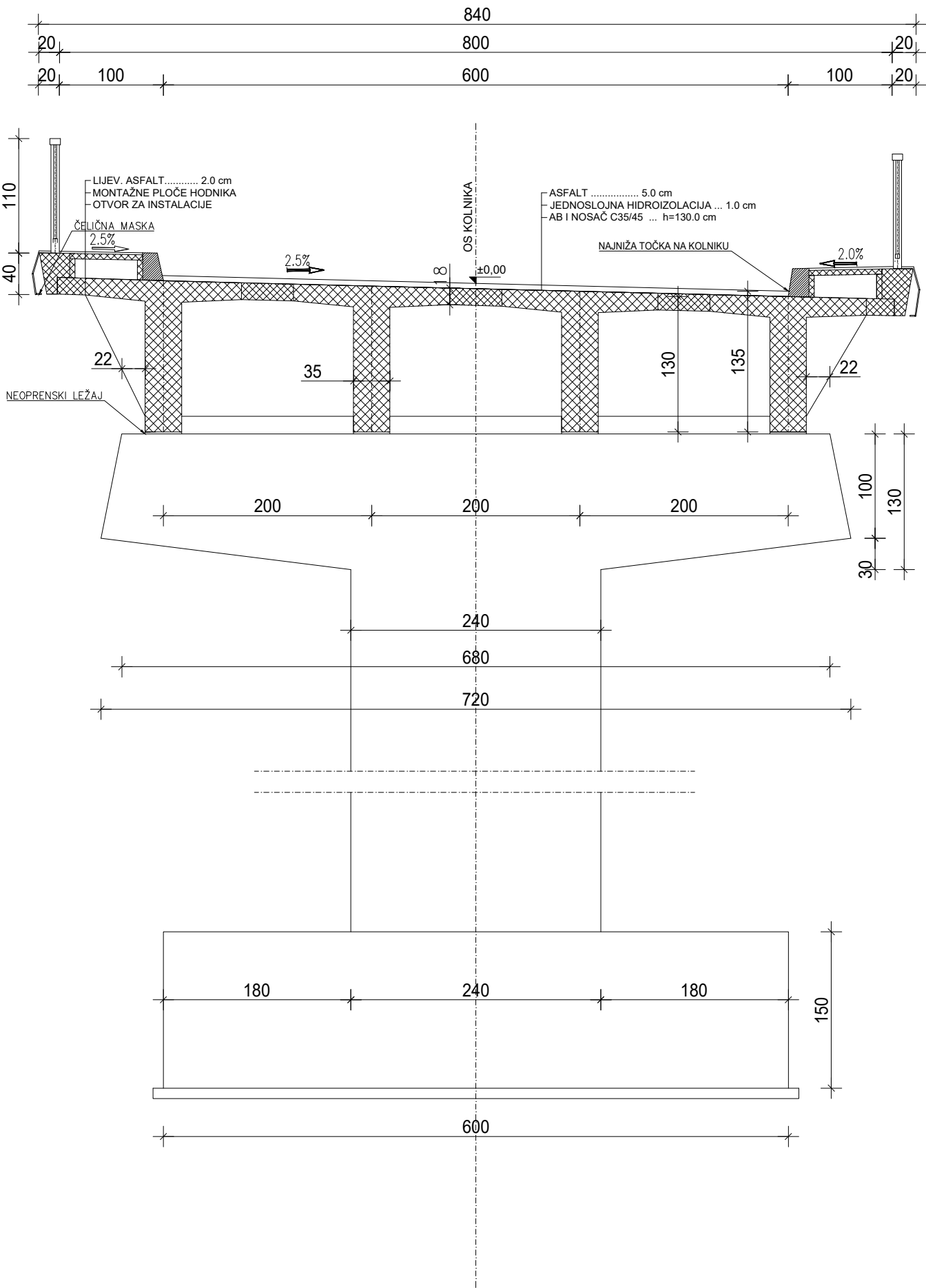
REKONSTRUIRANI MOST ŽDRELAC
PREKO MORSKOG TJESNACA MALI ŽDRELAC
IZMEĐU OTOKA UGLJANA I PAŠMANA

MOST : ŽDRELAC

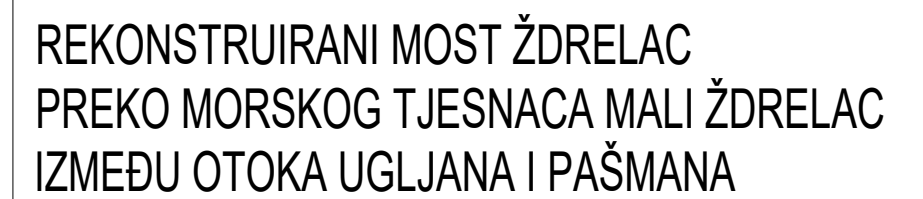


POPREČNI PRESJEK NAD STUPOM
BETONSKOG RASPONSKOG SKLOPA

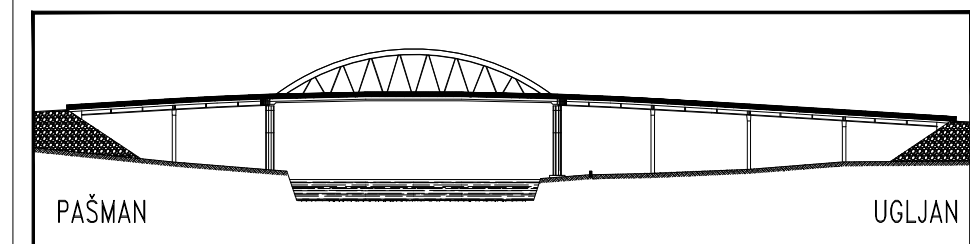
1:50



GF SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRADJEVINSKI FAKULTET ZAGREB Kačićeva 26 Tel.: 01/45-61-209 Fax.: 01/48-28-052	
GRADJEVINA: MOST "ŽDRELAC"	AKADEMSKA GODINA: 2018. / 2019.
VRSTA PROJEKTA: GRADJEVINSKI PROJEKT	STUPANJ PROJEKTA: GLAVNI PROJEKT
RAZINA OBRADE: DIPLOMSKI RAD	KOLEGIJ: TRAJNOST KONSTRUKCIJA II
STUDENTICA: KATIČIN MILENA	
MENTORICA izv. prof. dr. sc. ANA MANDIĆ - IVANKOVIĆ	KOMENTOR DOMINIK SKOKANDIĆ, mag. ing. aedif.
SADRŽAJ: POPREČNI PRESJEK NAD STUPOM S2	MJERILO: 1:50
DATUM: svibanj, 2019.	BR. PRILOGA: 11.6.



MOST : ŽDRELAC



POPREČNI PRESJEK U POLJU
ČELIČNOG RASPONSKOG SKLOPA 1:50

 SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GRADJEVINSKI FAKULTET ZAGREB Tel.: 01/45-61-209 Kačićeva 26 Fax.: 01/48-28-052	
GRADJEVINA:	AKADEMSKA GODINA:
MOST "ŽDRELAC"	2018. / 2019.
VRSTA PROJEKTA:	STUPANJ PROJEKTA:
GRADJEVINSKI PROJEKT	GLAVNI PROJEKT
RAZINA OBRADE:	KOLEGIJ:
DIPLOMSKI RAD	TRAJNOST KONSTRUKCIJA II
STUDENTICA:	KATIČIN MILENA
MENTORICA	KOMENTOR
izv. prof. dr. sc. ANA MANDIĆ - IVANKOVIĆ	DOMINIK SKOKANDIĆ, mag. ing. aedif.
SADRŽAJ:	MJERILO:
POPREJNI PRESJEK U POLJU	1:50
DATUM:	BR. PRILOGA:
svibanj, 2019.	11.7.