

Ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve Sv. Roka u Draškovcu

Cmrečnjak, Željka

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:860231>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-28**

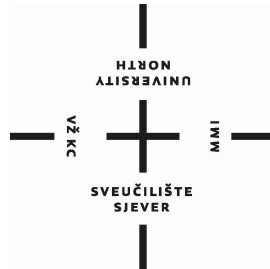


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN



DIPLOMSKI RAD br. 31/GRD/21

OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE
KONSTRUKCIJE CRKVE SV. ROKA U
DRAŠKOVCU

Željka Cmrečnjak, 0817/336D

Varaždin, rujan 2021.

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN
Studij Graditeljstva



DIPLOMSKI RAD br. 31/GRD/21

OCJENA POSTOJEĆEG STANJA NOSIVE
KONSTRUKCIJE CRKVE SV. ROKA U
DRAŠKOVCU

Student:

Željka Cmrečnjak, 0817/336D

Mentor:

doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2021.

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Željka Cmrečnjak	MATIČNI BROJ	0817/336D
DATUM	5.08.2021.	KOLESIJ	Tehnička dijagnoza
NASLOV RADA	Ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve Sv. Roka u Draškovcu		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Assessment of the structural condition of the Sv. Rok church in Draškovec		

MENTOR	dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo SOLDO		
	2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ		
	3. doc.dr.sc. Bojan ĐURIN		
	4. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN		
	5. _____		

Zadatak diplomskog rada

BROJ	31/GRD/2021
OPIS	

Dana 28. prosinca 2020. godine u 6:28 h prema lokalnom vremenu dogodio se jak potres magnitude $M_L=5.0$ kod Petrinje. Osim u užem epicentralnom području Petrinje, Siska, Gline i okolice, potres se osjetio i na području cijele središnje Hrvatske. Tim potresom oštećena je i nosiva konstrukcija crkve Sv. Roka u Draškovcu, Međimurska županija.

U Diplomskom je radu potrebno napraviti potpunu ocjenu postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve uz detaljan pregled te detaljnu dijagnostiku oštećenja. Sva oštećenja je potrebno navesti te slikovno prikazati uz njihovu klasifikaciju prema EMS-98 ljestvici oštećenja.

Potrebno je proračunati opterećenja koja djeluju na crkvu: snijeg, vjetar i potres.

Nadalje, potrebno je iznijeti prijedlog mjera sanacije sa opisom metoda sanacije te prikazom lokacije te dinamike kojom bi se sanacija vršila.

Diplomski rad mora biti rađen prema Uputama za izradu Diplomskog rada Sveučilišta Sjever.

ZADATAK URUČEN

13.09.2021.



J. J. J.

ZAHVALA

Od sveg srca najprije se zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Matiji Oreškoviću koji je iznimnim trudom, zalaganjem, uložnim vremenom i svim svojim stručnim znanjem sudjelovao u izradi mog diplomskog rada.

Isto tako zahvaljujem se i svim nastavnicima Odjela Graditeljstva koji su nesebično, sa puno energije, predanosti i rada bili tu kroz moje obrazovanje.

Veliko hvala mojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su bili moj vjetar u leđa i u teškim danima, ali se isto tako veselili i svakom mom uspjehu.

Hvala na godinama strpljenja, na svakoj riječi podrške i zagrljaju ohrabrenja, bez vas ne bih uspjela!

Hvala od srca!

Željka Cmrečnjak

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu napravila se ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve sv. Roka u Draškovcu. Prvobitno se pristupilo analizi područja na kojem se nalazi spomenuta građevina što je iznimno važan podatak za daljnu analizu. U početnom djelu rada izvučeni su općeniti podaci o aktualnim potresima u Hrvatskoj. Dana 28. prosinca 2020. godine u 6:28 h prema lokalnom vremenu dogodio se jak potres magnitude $ML=5.0$ kod Petrinje. Osim u užem epicentralnom području Petrinje, Siska, Gline i okolice, potres se osjetio i na području cijele središnje Hrvatske. Tim potresom oštećena je i nosiva konstrukcija crkve Sv. Roka u Draškovcu, Međimurska županija. Posljedice potresa vidljive su na predmetnoj građevini u obliku raspucavanja i pukotinama. Napravljena je potpuna ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve uz detaljan pregled, te detaljnu dijagnostiku oštećenja, proračunata su opterećenja koja djeluju na crkvu: snijeg, vjetar i potres. Nakon svih analiza i proračuna iznijet je prijedlog mjera sanacije sa opisom metoda sanacije te prikazom lokacije i dinamike kojom bi se sanacija vršila.

Ključne riječi: potres, oštećenja, ocjena, sanacija

ABSTRACT

In this master's , an assessment was made of the existing condition of the load-bearing structure of the church of St. Rok in Draškovec. Initially, the analysis of the area where the mentioned building is located was approached, which is an extremely important piece of information for further analysis. In the initial part of the paper are drawn general data on current earthquakes in Croatia. On December 28., at 6:28 AM local time, a strong earthquake of magnitude ML 5.0 occurred near Petrinja. Except from the narrower epicentral area of Petrinja, Sisak and Glina, the earthquake was also felt in the entire area of central Croatia. This earthquake also damaged the load-bearing structure of the church of St. Rok in Draškovac, Međimurje County. The consequences of the earthquake are visible on the building in the form of cracks and fissures. A complete assessment of the existing condition of the load-bearing structure of the church was made, with a detailed inspection and detailed diagnosis of the damage, and the loads acting on the church were calculated; snow, wind and earthquake. After all analyzes and calculations, a proposal of remediation measures was presented with a description of remediation methods and a presentation of the location and dynamics by which remediation would be carried out.

Keywords: earthquake, damage, assessment, rehabilitation

Popis korištenih kratica:

Da	aluvijalni nanos Drave	VS	vertikalni serklaž
SiO ₂	silicijev dioksid	UG	ukrutna greda
CaO	kalcijev oksid	ZK	zidane kontrafore
MgO	magnezijev oksid	ČR	čelične razupore
Fe ₂ O ₃	željezov (III) oksid		
Al ₂ O ₃	aluminijev (III) oksid		
K ₂ O	kalijev oksid		
Na ₂ O	natrijev oksid		
ML	magnitudna ljestvica		
a _g	maksimalno ubrzanje		
a _{gr}	vršno ubrzanje tla		
Fh	horizontalna komponenta sile		
Fv	vertikalna komponenta sile		
D1	lagana oštećenja		
D2-D3	srednje – teško oštećenje		
D4-D5	vrlo velika oštećenja		

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Povijest crkve i župe	2
3.	Identifikacija nekretnine.....	3
3.1.	Izvadak iz posjedovnog lista.....	3
3.2.	Izvadak iz katastra	4
3.3.	Orto-foto snimak (Geoportal).....	5
3.4.	Prostorno-planska dokumentacija.....	7
4.	Geografski pregled	8
4.1.	Tektonska područja.....	10
5.	Potres na području Petrinje	12
6.	Prikaz oštećenja konstrukcije građevine	20
6.1.	Klasifikacija oštećenja	20
6.2.	Zgrada za obavljanje vjerskih obreda	24
7.	Proračun opterećenja na zgradu	63
8.	Prijedlozi i načini sanacije.....	74
8.1.	Sanacija nosivih konstruktivnih dijelova zgrade	74
8.2.	Prijedlog konstruktivnih mjera sanacije	76
8.3.	Temelji temeljno tlo crkve.....	77
8.4.	Zidovi i stropvi (svodovi i lukovi) crkve.....	81
8.5.	Kapa tornja sjevernog zvonika	89
9.	Zaključak.....	98
10.	Literatura	98
11.	Popis slika	98

1. UVOD

Župna crkva sv. Roka nalazi se u središtu današnjeg naselja Draškovec. Danas je to jednobrodna građevina sa spljoštenom apsidom u svetištu. Na zapadnom pročelju su dva tornja između kojih je trokutasti zabat. Na sjevernoj strani nalazi se sakristija s oratorijem, a s obje strane lađe dograđene su pobočne kapelice, pa tlocrt crkve ima oblik križa.

Uvidom u dostupne geološke karte i analizu područja na kojem se nalazi predmetna građevina utvrđeno je da promatrano područje ima geološku građu koja se sastoji od šljunka. Tlo na predmetnoj lokaciji nalazi se u razredu tla „B“ a koji označava slojeve stijene ili njoj slične formacije s najviše 5,0 m slabijeg materijala na površini te mješovite formacije.

Usprkos ubrzanom razvoju tehnologije proteklih godina, priroda nam s vremena na vrijeme još uvijek uspije pokazati svoju nepredvidivost i snagu. Tako su potresi koji su pogodili Hrvatsku prošle godine značajno uzdrmali sve segmente, a jedan od njih je i građevina. Projektiranjem građevinskih konstrukcija trebala bi se između ostalog i značajna pažnja posvetiti na protupotresne konstrukcije. Kad imamo već postojeće građevine, i to još kao u slučaju predmetne građevine, vrlo je važno napraviti najprije detaljnu dijagnostiku, analizu i zatim odabrati najbolji način sanacije i poboljšanja konstrukcije za siguran boravak ljudi.

Analizom su na nosivom sustavu konstrukcije zgrade utvrđena oštećenja koja su znatna i ozbiljnijeg karaktera. Većina detektiranih konstruktivnih oštećenja okarakterizirana je kao tip oštećenja II. - III., odnosno Umjereni oštećenja (lagana strukturna oštećenja, umjereni nestrukturna oštećenja) koja podrazumijevaju pukotine u mnogim nosivim zidovima, svodovima te lukovima.

Svrha sanacije jest u tome da sve konstruktivne komponente zgrade (temelji, stupovi, grede, zidovi, stropovi, svodovi, krovne grede i rogovi povežu jedna s drugom u jednu integralnu cjelinu kako bi se u slučaju novog potresa zgrada ponašala kao jedna integralna cjelina. Osim toga, sama statička stabilnost zgrade se znatno povećava.

2. Povijest crkve i župe

Izgradnja crkve vezana je uz grofa M. I. Althana, i traje od 1760. do 1779.g. No, tek prigradnjom bočnih kapela 1912. crkva dobiva današnji izgled. Iako po godinama gradnje pripada kasnobaroknom vremenu, detaljima na pročelju, te uređenjem prostora u cjelini odiše duhom klasicizma. Ovo je jednobrodna građevina, s dvije bočne kapele i s dva zvonika u liniji glavnoga zabatnog pročelja, tako da je tlocrtno u obliku križa.

Polovicom XVIII.st. u Međimurju je vladala stočna kuga, pa je u donjem Međimurju vidljiv nagli pad stoke što je bilo uzrok velikom osiromašenju stanovništva i teških gospodarskih prilika. Juraj pl.Osterhuber opunomoćenik Mihaela Ivana Althana III(1710.-1778.) glavnog donatora crkve i tadašnjeg gospodara Međimurja potpisao je 27.05.1760. godine u Legradu ispravu o utemeljenju crkve sv. Roka u Draškovcu.

Župa osnovana 30.11.1789. godine kada dolazi prvi župnik pavlin Vinko Horvat. Crkva se gradila od 1774.-1779.godine. Crkva je građena u kasnobaroknom i klasicističkom stilu.

Vizitator Kološvari 1793. godine 04.12. spominje da je crkva sv. Roka zidana, nadsvođena,pokrivena crijepom, popločena kamenom iznutra i izvana pobijeljena, ima toranj s četiri zvona. Nabavljene su orgulje sa 6 registara. 1793. godine spominje se sakristija i propovjedaonica kao novoizgrađene, a 1779. godine tri oltara kao neobojeni,1845. godine izgrađen oratorij iznad sakristije. 1822. godine spominju se dva tornja s kapama od bakra 1912. godine pobočne kapele tek izgrađene, Inventar crkve je iz kraja XVIII. i početka XIX. stoljeća.

Glavni oltar je tip tabernakula s dva anđela klanjatelja i tri anđela sa znakovima Vjere, Ufanja i Ljubavi, a sa strane oltara su dva prolaza iznad kojih su veliki drveni kipovi sv. Petra i sv. Pavla. Oltarna slika sv. Roka prislonjena je na zid svetišta koju pridržavaju dva anđela. S desne strane na slici, žena koja prstom pokazuje prema nozi sv.Roka je donatorica oltara grofica Julijana Althan. 1793. godine nije bilo župnog dvora, ali je bilo određeno mjesto za gradnju. Stari župni dvor je srušen 70-tih godina XX. stoljeća, te je tada izgrađen novi današnji.

3. Identifikacija nekretnine

3.1. IZVADAK IZ POSJEDOVNOG LISTA



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
PODRUČNI URED ZA KATASTAR ČAKOVEC
ODJEL ZA KATASTAR NEKRETNINA PRELOG

NESLUŽBENA KOPIJA

Stanje na dan: 09.08.2021. 23:26

PRIJEPIS POSJEDOVNOG LISTA

Katastarska općina: DRAŠKOVEC (Mbr. 302961)

Posjedovni list: 1303

Udio	Prezime i ime odnosno tvrtka ili naziv, prebivalište odnosno sjedište upisane osobe	OIB
1/1	ŽUPNA NADARBINA,, DRAŠKOVEC, DRAŠKOVIĆEVA	

Podaci o katastarskim česticama

Zgr	Dio	Broj katastarske čestice	Adresa katastarske čestice/Način uporabe katastarske čestice/Način uporabe zgrade, naziv zgrade, kućni broj zgrade	Površina/m2	Broj D.L.	Posebni pravni režimi	Primjedba
		183	Ž.CRKVA SV.ROKA	1481	6		
			CRKVA, Ž.CRKVA SV.ROKA	420			
			CRKVENO DVORIŠTE	1061			
		243	U MJESTU	2029	6		
			VOČNJAK	2029			
		244	U MJESTU	2830	6		
			KUĆA, U MJESTU	996			
			VOČNJAK	1834			
		245	U MJESTU	5323	6		
			VOČNJAK	4244			
			ORANICA	1079			
		1169/3	DONJI ŠTUK	16283	8		
			ORANICA	16283			
		1170	U MJESTU	6646	8		
			ORANICA	6646			
		1171/1	U MJESTU	2726	8		
			ORANICA	2726			
		1447/2	GNJIKA	3295	7		
			LIVADA	3295			
Ukupna površina katastarskih čestica				40613			

NAPOMENA: Ovaj prijepis posjedovnog lista nije dokaz o vlasništvu na katastarskim česticama upisanim u posjedovnom listu.

3.2. IZVADAK IZ KATASTRA

8/10/2021

Zajednički informacijski sustav zemljišnih knjiga i katastra - javna aplikacija



REPUBLIKA HRVATSKA
DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
ODJEL ZA KATASTAR NEKRETNINA PRELOG

NESLUŽBENA VERZIJA

K.o. DRAŠKOVEC, 302961
k.č. br.: 183

IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Približno mjerilo ispisa 1: 500
Izvorno mjerilo plana 1:1440



Datum ispisa: 10.08.2021

3.3. ORTO-FOTO SNIMAK (Geoportal)

KATASTARSKA ČESTICA BR.: 183

KATASTARSKA OPĆINA: DRAŠKOVEC



Slika 3.1. Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)



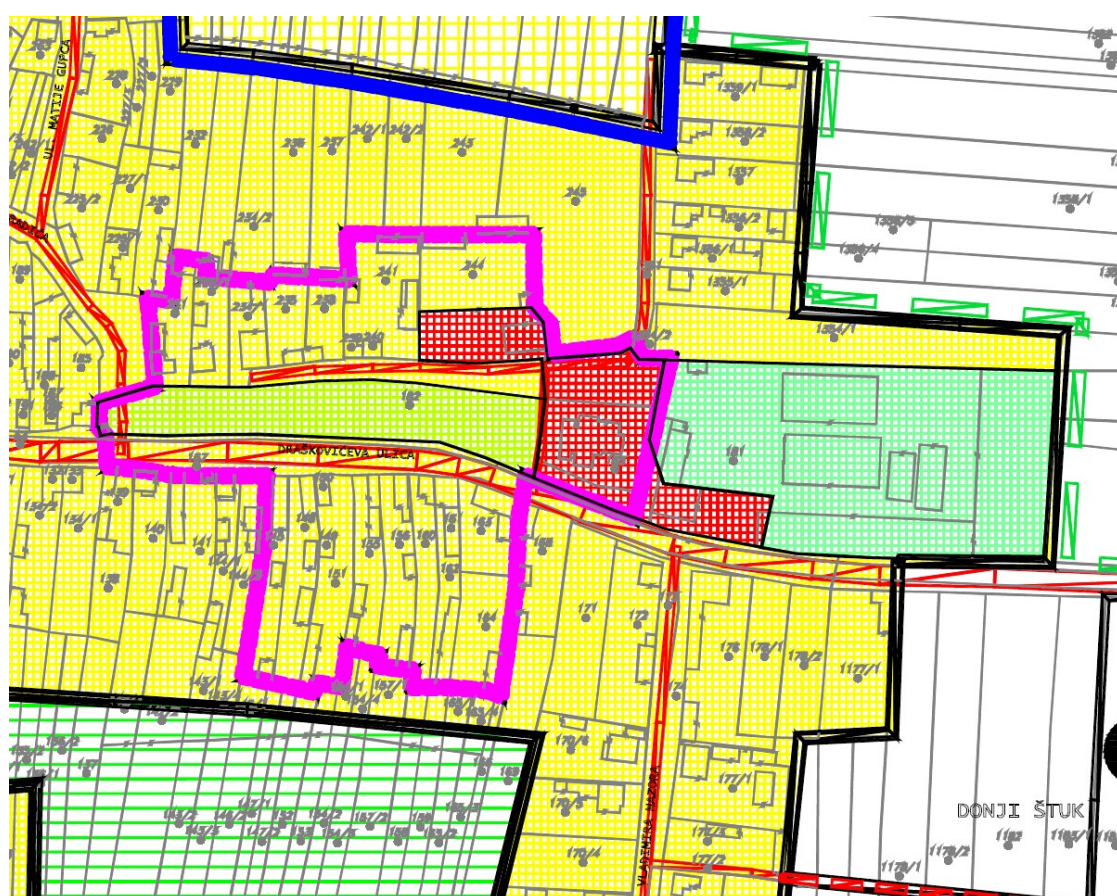
Slika 3.2. Prikaz makrolokacije predmetne katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

3.4. PROSTORNO - PLANSKA DOKUMENTACIJA

KATASTARSKA ČESTICA BR.: 183

KATASTARSKA OPĆINA: DRAŠKOVEC

Prema Prostornom planu uređenja Grada Preloga („Službeni glasnik Međimurske županije“, broj 7/03, 22/08, 5/09, 4/12, 5/13, 18/14 i 7/20) predmetna katastarska čestica nalazi se unutar zone centralnih i društvenih sadržaja, te u zoni s obvezom uređenja prostora kulturno-povijesnih ili krajobraznih vrijednosti.



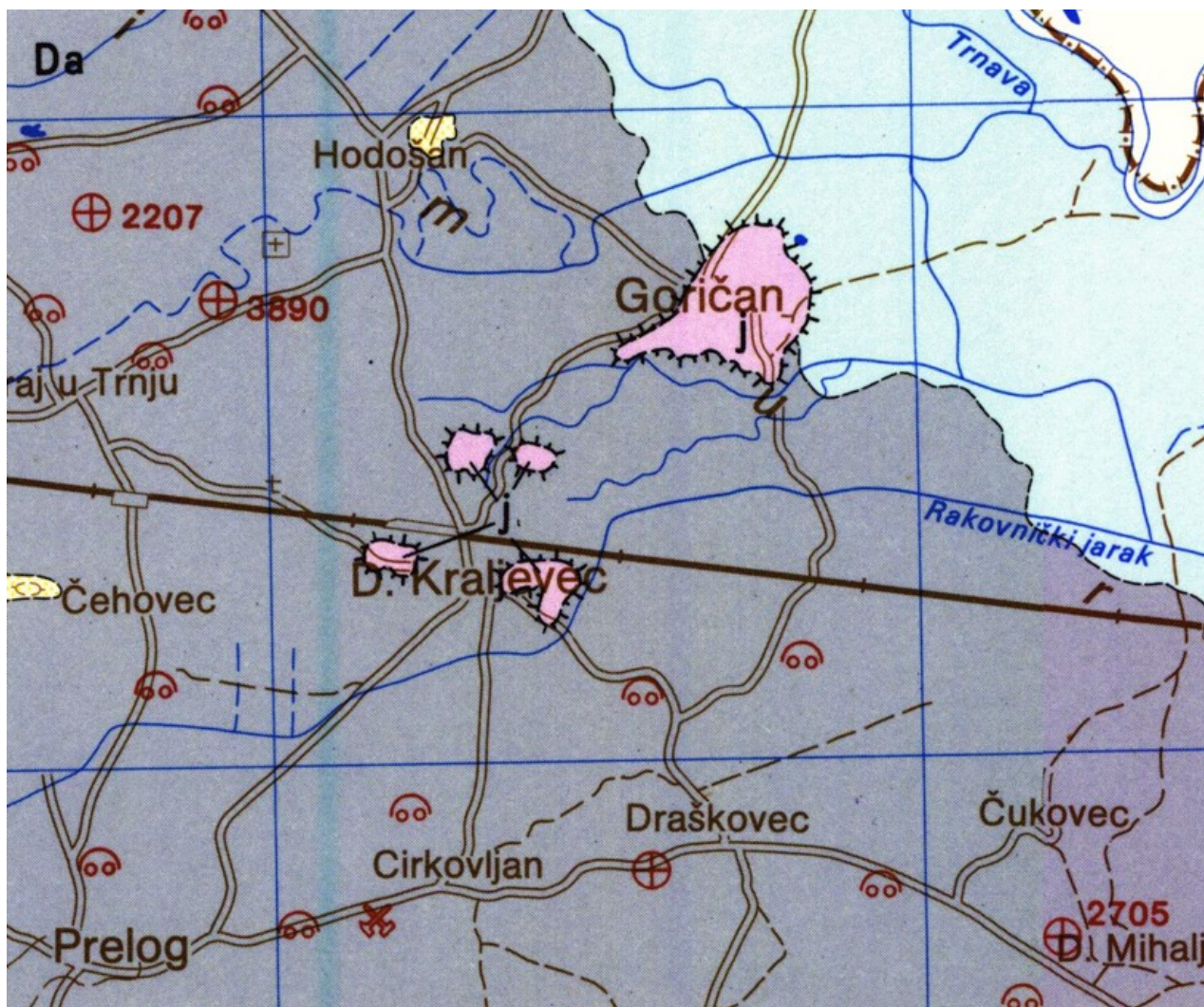
Slika 3.3.Prikaz mikrolokacije prema PPU-u Grada Preloga

 ZONE CENTRALNIH I DRUŠTVENIH SADRŽAJA

 OBAVEZA UREĐENJA PROSTORA
KULTURNO-POVIJESNIH ILI KRAJOBRAZNIH VRIJEDNOSTI
povijesna jezgra sa središnjim parkom i župnom crkvom
arheološki antički lokalitet okol i arheološki lokalitet

4. GEOGRAFSKI PREGLED

List Nađ-Kaniža (autori: S. Marković, P. Mioč, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd, 1987.).



Slika 4.1. Osnovna geološka karta promatranog područja (autori: S. Marković, P. Mioč, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd, 1982.)

Da	Aluvijalni nanos Drave: šljunci, pijesci
----	--

Da - Holocen – aluvijalni nanos Drave: šljunci i pijesci

Pregledom Osnovne geološke karte promatranog područja (slika 4.1.), vidljivo je da se predmetna zgrada nalazi na području geoloških struktura nastalih u doba holocena.

Promatrano područje ima geološku građu koja se sastoji od šljunka.

Najmlađi sediment na listu Nađ-Kaniža nastali su u holocenu i prema genetskoj pripadnosti može ih se svrstati u nekoliko nizova. Najrasprostranjeniji su sedimenti fluvijatilnog niza kome pripadaju aluvijalni nanos Drave i Mure, aluvijalni nanos potoka, sedimenti mrtvaja te povodanjski facijes korita Mure. U znatnoj mjeri zastupljeni su sedimenti eolskog niza-eolski pijesci, koji čine najmlađi pokrivač na međimurskog platou, dok su u podnožju Čentibskih gorica razvijene i izdvojene naslage padinskog niza – deluvijalno-proluvijalni nanos.

Fluvijatilni niz: ALUVIJALNI NANOS DRAVE (Da)

Na velikom prostranstvu koje je ograničeno približno linijom Orehovica-Belica-Domašinec-Goričan-Donji Vidovec-Prelog-Orehovica izdvojene su naslage aluvijalnog nanosa kojim je ispunjena dolina.

Taložine su predstavljene monotonom serijom šljunaka unutar kojih nalazimo pijeske uglavnom u obliku leća ili proslojaka. Granulometrijskom analizom šljunaka i pijeska ustanovljeni su svi mogući varijeteti od šljunaka 25% pjeskovite komponente preko jednakih postotaka do šljunkovitih pijesaka u kojima je pjeskovite komponente i do 75%. Valutice su u šljuncima dobro zaobljene a promjer im iznosi od par mm do 6 cm, rijetko doseže 10 cm. Prevladavaju obluci kvarca ali je prisutno i na desetke vrsta eruptivnih stijena, metamorfita, potom rožnaca, klasita, karbonata i dr..

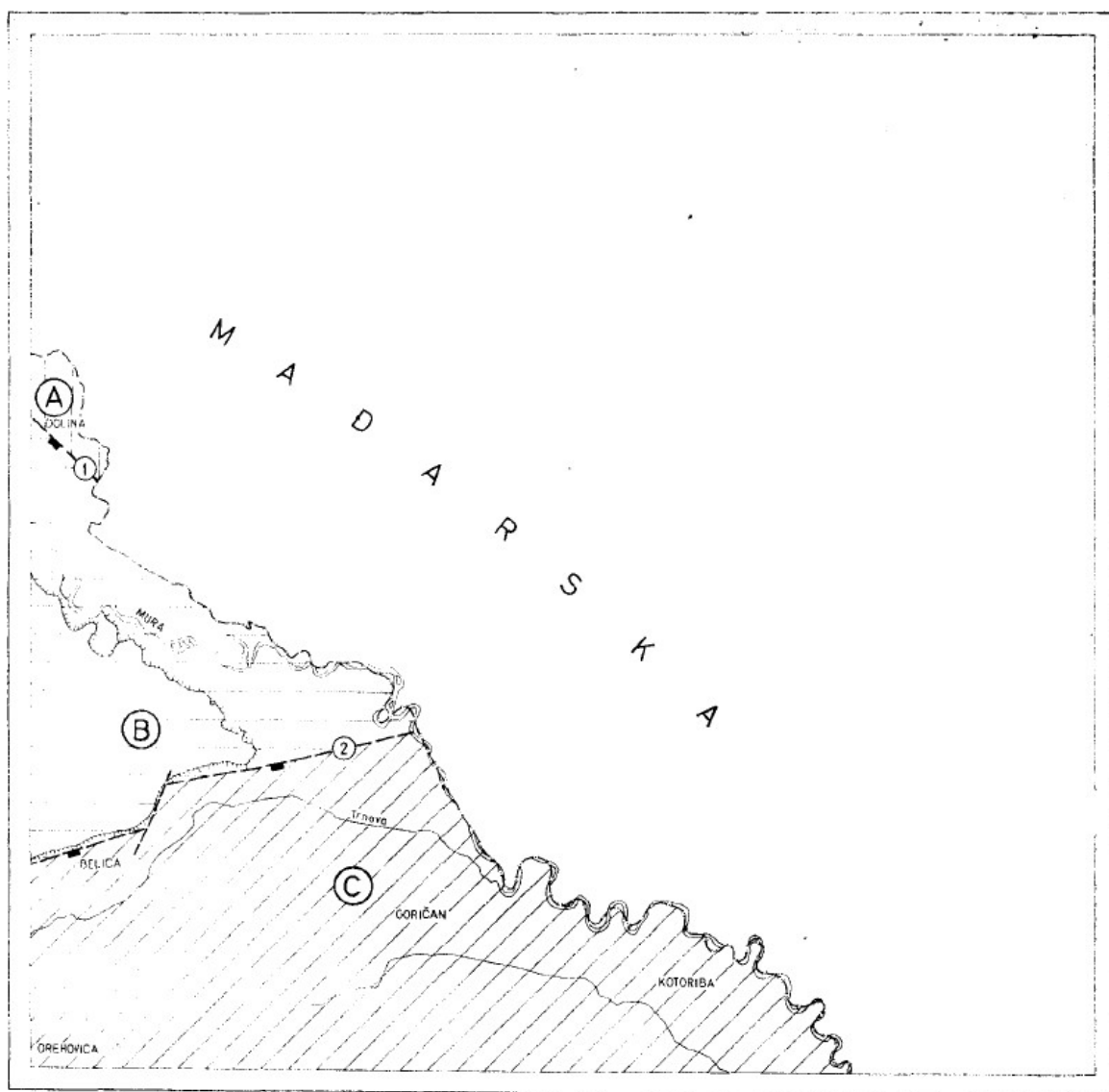
Analizirani uzroci pijeska pokazuju da su podjednako zastupljeni dobro sortirani pijesci i slabo do srednje sortirani. Sortiranost opada s povećanjem sadržaja silta u uzorcima. Sedimentološka analiza pokazala je da su lakoj frakciji minerala zastupljeni kvarc (50-70%), feldspati (14-26%), muskovit (4-13%) i čestice stijena (1-3%), a većina uzoraka sadrži i određenu količinu karbonatnih čestica. Sadržaj minerala teške frakcije dosta je visok (14-24%). Prozirni minerali čine 72-80% teške frakcije, opaki 14-26% a ostatak čini klorit. Najčešći prozirni minerali su graniti (44-62%), slijede epidot (14-25%) i amfibol (14-21%), potom još rutil, turmalin, cirkon, apatit i disten. Kemijski sastav je sljedeći: SiO₂ (51-86%), CaO (0,8-6,6%), MgO (0,5-3,5%), Fe₂O₃ (3,0-5,9%), Al₂O₃ (5,7-14,2%), K₂O (1,0-2,5%), Na₂O (1,0-2,0%). Gubitak žarenjem kod 1.100°C kreće se od 1,3-11,0%.

Fosilni ostaci u naslagama šljunaka i pijesaka nisu nađeni. Debljina naslaga vjerojatno je veća od 10 m.

Šljunci su vrlo kvalitetan građevinski materijal o čemu svjedoče brojna pozajmišta naznačena na geološkoj karti.

4.1. TEKTONIKA PODRUČJA

List Nađ-Kaniža omeđen je (po Greenwich-u) meridijanima 16°30' i 17°00' istočne zemljopisne užine i paralelama 46°20'-46°40' sjeverne zemljopisne širine. Područje lista pripada dvjema državama – glavnina je na teritoriju Mađarske, a tek manji dio pripada našoj zemlji. U SR Hrvatskoj nalazi se oko 308 km² terena i u SR Sloveniji samo oko 42 km²



Slika 4.2. Pregledna tektonska karta lista Nađ-Kaniža

*A. Tektonska jedinica Lendavski blok, B. Tektonska jedinica Međimurske gorice,
C. Tektonska jedinica Varaždinska depresija*

Rasjedi: 1 - Rasjed (Lendava) Dolina-Pince, 2 - Čakovečki rasjed

Strukturno tektonske odnose na listu Nađ-Kaniža vrlo je teško rekonstruirati jer najstarije otvorene naslage pripadaju pliocenu i izgrađuju svega nekoliko km² terena, dok je najveći dio površine prekriven naslagama kvartara. Stoga su izdvojene tektonske cjeline, njihovi nazivi i opisi sinteza prikupljenih podataka iz naftno-geološke literature, morfometrijske analize, fotogeološke obrade i OGK list Čakovec a tek kao posljednje minimalnu pomoć pružili su i rezultati istraživanja na samom listu Nađ-Kaniža.

Prema provedenoj geotektonskoj rajonizaciji Vonćine i Najdenovskog (1954) područje lista nalazi se u Murskoj potolini koja predstavlja zapadni rubni dio Panonskog bazena. U utrašnjoj građi potoline ističe se niz pragova i depresija koji se nižu idući od Legradskog praga (granica s Dravskom potolinom – list Koprivnica) u pravcu sjeverozapada. Krajnji jugoistočni dio Murske potoline čini Varaždinska depresija a dalje se redaju Ormoško-hahotski antiklinalni niz (s antiklinalom Ormož-Selnica na listu Čakovec) – Ljutomerska depresija – Mariborsko-Šalmovarski prag (sa Sobotskim masivom) i Radgonska depresija. Na karti tektonskih elemenata u našem dijelu Murske depresije Kisovar (1977) luči (idući od sjevera prema jugu) Ormoško-selničku antiklinalu, Čakovečku ulekninu, Čakovečki blok i Varaždinsku ulekninu.

Fotogeološkom obradom Haček i Hanich (1975) opredjeljuju se u Prekomurju, Slovenskim goricama i Međimurju za slijedeće tektonske cjeline: Ptujsko-ljutomersku tektonsku jedinicu, Mursku depresiju, Ormoško-selničku tektonsku jedinicu i Varaždinsku depresiju.

Morfometrijskom analizom Prekomurja, Međimurja i zapadne Podravine Urumović i Šikić (1979) razlikuju nekoliko tektonskih jedinica: Prekomurske gorice, Mursko-Sobotsku potolinu, Slovenske i Međimurske gorice, Varaždinsku potolinu i Južno brežuljkasto područje. Prema toj podjeli u sklopu lista Nađ-Kaniža učestvuju dijelovi struktura Varaždinske potoline, Slovenskih i Međimurskih gorica te strukture Lendavskih gorica.

Nakon najnovijih istraživanja na listu Čakovec – područje SRH – Marković (1984) razlikuje u prostoru između Drave i Mure dvije tektonske jedinice: Međimurske gorice (s antiklinalama Sv. Urban-Veliki Grabrovnik i Vučkovec-Selnica-Paklenica te sinklinalom Dragoslavec-Vučetinec) i Varaždinsku depresiju. Spomenute tektonske cjeline prostiru se i na list Nađ-Kaniža a kao zasebna jedinica izdvojen je još Lendavski blok.

Tektonska jedinica: VARAŽDINSKA DEPRESIJA (C)

Dolina Drave predstavlja zasebnu tektonsku cjelinu – jedinicu koja je definitivne granice dobila tek krajem ili čak nakon pleistocena. Prema posudbi najmlađe relativno spuštanje duž Čakovečkog rasjeda (2) iznosi svega 20-30 m. Čitavo područje prekriveno je naslagama holocena osim Goričana i Donjeg Kraljevca gdje na površinu izbijaju taložine pleistocena. Dubinska građa istražena je geofizičkim metodama i dubokim bušotinama. Prema Kisovaru (1977) ovdje dominira tzv. Čakovečki blok s utvrđenim strukturama kod Hodošana, Goričana, Kotoribe, Draškovca i Pustakovca. Uglavnom se radi o antiklinalama izraženim u naslagama miocena. Sjeverno od

Čakovečkog bloka nastavlja se Čakovečka uleknina smještena približno u šire područje toka Trnava potoka.

5. POTRES NA PODRUČJU PETRINJE 28.XII.2020.

Izvor: UNIZG, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geofizički odjel

Dana 28. prosinca 2020. godine u 6:28 h prema lokalnom vremenu dogodio se jak potres magnitude $ML=5.0$ kod Petrinje. Osim u užem epicentralnom području Petrinje, Siska, Gline i okolice, potres se osjetio i na području cijele središnje Hrvatske. Uslijedila je serija naknadnih potresa. Već sljedeći dan, 29. prosinca 2020. godine na istom se području u 12:19 h dogodio razoran potres magnitude $ML=6.2$. Osim značajnih materijalnih šteta ovaj je potres uzeo i 7 ljudskih žrtava. Nakon tog potresa na spomenutom epicentralnom području uslijedili su jaki naknadni potresi unutar izražene seizmičke sekvence koja će potrajati tijekom 2021., a možda i dulje.

Petrinjski potres magnitude $ML=6.2$ jedan je od dva najjača instrumentalno zabilježena potresa koji su se dogodili na teritoriju Republike Hrvatske od početka 20. stoljeća otkada počinje instrumentalno bilježenje potresa u Hrvatskoj. Jedino je potres kod Imotskog u prošlom stoljeću 1942. godine bio jednake magnitude, a dogodio se na isti datum, 29. prosinca. Do sada najjači instrumentalno zabilježeni potres u području Pokuplja bio je povijesni Pokupski potres iz 1909. godine magnitude $ML=5.8$ na temelju kojeg je naš proslavljeni geofizičar Andrija Mohorovičić otkrio postojanje diskontinuiteta u unutrašnjosti Zemlje. Taj diskontinuitet između Zemljine kore i plašta nazvan je stoga upravo Mohorovičićev diskontinuitet.

Na temelju zapisa akcelerografa postavljenih na području Grada Zagreba izvršena je preliminarna obrada i analiza akcelerograma Petrinjskih potresa magnituda $ML=6.2$ i $ML=5.0$. Kao rezultat definirani su parametri koji opisuju jačinu zabilježene potresne trešnje. Bitno je naglasiti kako su navedeni podaci preliminarni te su stoga i podložni korekciji kako će se provoditi kompleksnije i detaljnije analize.

PETRINJSKI POTRES – preliminarna analiza akcelerograma

Akcelerografske postaje

U trenutku potresa, na području Grada Zagreba bila je operativna akcelerografska mreža od 6 postaja, od kojih su četiri postavljene u suradnji s Uredom za upravljanje u hitnim situacijama. Sve su postaje opremljene instrumentima engleskog proizvođača Güralp. Oba gore navedena potresa uspješno su zabilježena akcelerografima na svim postajama.

Akcelerografi su seizmološki instrumenti namijenjeni za registraciju snažnog gibanja tla. Postavljaju se u neposrednoj blizini aktivnih rasjeda jer omogućuju registraciju gibanja tla bez zasićenja zapisa. Za dobivanje kvalitetnih zapisa gibanja tla - akcelerograma, neophodno je osigurati adekvatne uvjete za rad tih instrumenata. Na temelju analize akcelerograma određuju se parametri koji definiraju jačinu potresne pobude (npr. *PGA*, *PGV*, *PGD*, Arias-ov intenzitet, spektri odziva,...) te su stoga ti zapisi vrlo važni za procjenu seizmičkog hazarda i neizostavni su dio inženjersko-seizmoloških analiza te građevinarskih analiza vezanih uz protupotresno projektiranje i gradnju. Ti zapisi omogućuju izvođenje atenuacijskih relacija (eng. *GMPE - Ground Motion Prediction Equations*) koje opisuju, procjenjuju razinu trešnje tla na određenoj lokaciji ovisno o parametrima potresa (magnituda, hipocentralna udaljenost, tip rasjeda) te lokalnim uvjetima tla. Takve su relacije neizostavni dio svake procjene seizmičkog hazarda. Nadalje, zabilježeni akcelerogrami realnih potresa bitan su dio i građevinarskih analiza jer se koriste za unaprjeđenje građevinskih propisa vezanih uz protupotresno projektiranje i gradnju, kao i za verifikaciju potresne otpornosti postojećih građevina.

Informacije o postajama koje čine akcelerografsku mrežu na području Grada Zagreba prikazane su u Tablici 1. Preliminarno određeni parametri oba potresa prikazani su Tablicom 2. Prostorni prikaz epicentara potresa kao i lokacije akcelerografskih postaja prikazani su na Slici 5.1.

Tablica 1. *Prikaz osnovnih informacija o postajama akcelerografske mreže operativne na području Grada Zagreba u trenutku potresa. U posljednjem stupcu navedena je epicentralna udaljenost od Petrinjskog potresa $M_L=6.2$ koji se dogodio 29. prosinca 2020 u 12:19 h.*

Kod postaje	Tip instrumenta	G. širina j [°N]	G. dužina l [°E]	Nadmorska visina [km]	Epicentralna udaljenost R_{epi} [km]
QARH	CMG 5TDE	45.777	15.993	0.100	45.462
QZAG	CMG 5TD	45.827	15.987	0.179	50.775
QKAS	CMG 5TDE	45.914	16.103	0.264	57.795
QUHS	CMG 5TDE	45.808	15.999	0.115	48.503
QGAJ	CMG 5TDE	45.811	15.879	0.122	52.754
QPTJ	CMG 5TCDE	45.907	15.968	0.994	59.654

Tablica 2. Preliminarni parametri potresa kod Petrinje – hipocentralno vrijeme, geografska širina, dužina i dubina hipocentra te lokalna magnituda. Potresi su navedeni prema jačini

Red. br.	Hipocentralno vrijeme (lokalno vrijeme)	G. širina j [°N]	G. dužina l [°E]	Dubina h [km]	Lokalna magnituda M_L
1	29. 12. 2020. 12:19	45.400	16.219	11	6.2
2	28.12.2020. 06:28	45.407	16.223	10	5.0



Slika 5.1. Epicentri potresa kod Petrinje prikazani su crvenim kružnicama, dok su lokacije postaja operative akcelero-grafske mreže na području Grada Zagreba označene crvenim trokutima.

U nastavku su navedeni osnovni podaci o tri najjača potresa koja su zadesila područje Petrinje 28. i 29. prosinca 2020. a koja su direktan uzrok nastalih oštećenja zgrade koja je predmet ovog Elaborata. Izvor podataka je <https://www.emsc-csem.org>, odnosno *The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC) – Europsko-Mediterranski seizmološki centar*.

- ➔ Magnitude **mb 5.2**
- ➔ Region **CROATIA**
- ➔ Date time **2020-12-28 05:28:07.1 UTC**
- ➔ Location **45.42 N ; 16.22 E**
- ➔ Depth **10 km**
- ➔ Distances 48 km SE of Zagreb, Croatia / pop: 698,000 / local time: 06:28:07.1 2020-12-28
13 km WSW of Sisak, Croatia / pop: 35,700 / local time: 06:28:07.1 2020-12-28

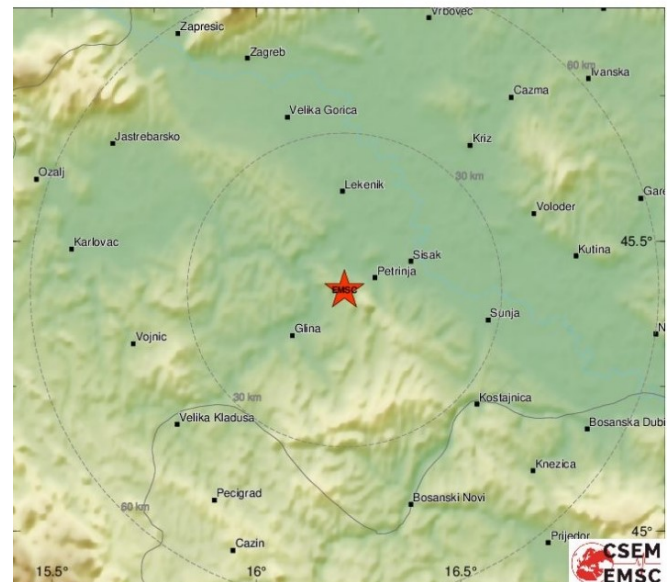
M5.0 2020/12/28 - 06:49:56 UTC Lat 45.42 Lon 16.28 Depth 10.0 km
50 km SE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 07:49 2020/12/28)
9 km SW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 07:49 2020/12/28)



Depth
 ★ D ≤ 40 km
 ★ 40 < D ≤ 80 km
 ★ 80 < D ≤ 150 km
 ★ 150 < D ≤ 300 km
 ★ D > 300 km

— Political boundaries
 — Tectonic plates boundaries

M5.2 2020/12/28 - 05:28:07 UTC Lat 45.42 Lon 16.22 Depth 10.0 km
48 km SE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 06:28 2020/12/28)
13 km WSW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 06:28 2020/12/28)



Depth
 ★ D ≤ 40 km
 ★ 40 < D ≤ 80 km
 ★ 80 < D ≤ 150 km
 ★ 150 < D ≤ 300 km
 ★ D > 300 km

— Political boundaries
 — Tectonic plates boundaries

Slika 5.2. Područje epicentra potresa magnitude 5.2 koji se dogodio 28.XII.2020. u 6²⁸ h po lokalnom vremenu

- Magnitude **mb 5.0**
- Region **CROATIA**
- Date time **2020-12-28 06:49:56.8 UTC**
- Location **45.42 N ; 16.28 E**
- Depth **10 km**
- Distances 50 km SE of Zagreb, Croatia / pop: 698,000 / local time: 07:49:56.8 2020-12-28
9 km SW of Sisak, Croatia / pop: 35,700 / local time: 07:49:56.8 2020-12-28

M5.2 2020/12/28 - 05:28:07 UTC Lat 45.42 Lon 16.22 Depth 10.0 km
48 km SE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 06:28 2020/12/28)
13 km WSW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 06:28 2020/12/28)



Depth
 ★ D <= 40 km
 ☆ 40 < D <= 80 km
 ☆ 80 < D <= 150 km
 ☆ 150 < D <= 300 km
 ☆ D > 300 km

— Political boundaries
 — Tectonic plates boundaries

M5.0 2020/12/28 - 06:49:56 UTC Lat 45.42 Lon 16.28 Depth 10.0 km
50 km SE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 07:49 2020/12/28)
9 km SW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 07:49 2020/12/28)



Depth
 ★ D <= 40 km
 ☆ 40 < D <= 80 km
 ☆ 80 < D <= 150 km
 ☆ 150 < D <= 300 km
 ☆ D > 300 km

— Political boundaries
 — Tectonic plates boundaries

Slika 5.3. Područje epicentra potresa magnitude 5.0 koji se dogodio 28.XII.2020. u 7⁴⁹ h po lokalnom vremenu

- ➔ Magnitude **Mw 6.4**
- ➔ Region **CROATIA**
- ➔ Date time **2020-12-29 11:19:54.1 UTC**
- ➔ Location **45.42 N ; 16.21 E**
- ➔ Depth **10 km**
- ➔ Distances 47 km SSE of Zagreb, Croatia / pop: 698,000 / local time: 12:19:54.1 2020-12-29
14 km WSW of Sisak, Croatia / pop: 35,700 / local time: 12:19:54.1 2020-12-29

M6.4 2021/12/29 - 11:19:54 UTC Lat 45.42 Lon 16.21 Depth 10.0 km
47 km SSE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 12:19 2020/12/29)
14 km WSW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 12:19 2020/12/29)



M6.4 2021/12/29 - 11:19:54 UTC Lat 45.42 Lon 16.21 Depth 10.0 km
47 km SSE of Zagreb, Croatia (pop: 698,000 local time: 12:19 2020/12/29)
14 km WSW of Sisak, Croatia (pop: 35,700 local time: 12:19 2020/12/29)



Slika 5.4. Područje epicentra potresa magnitude 6.4 koji se dogodio 29.XII.2020. u 12¹⁹ h po lokalnom vremenu

Prema Eurocodu 8 svaka zemlja je podijeljena na seizmičke zone ovisno o tektonskim svojstvima. Ovisno o seizmičkoj zoni definirana je vrijednost maksimalnog ubrzanja „a_g“ u stjenovitom ili drugom tlu. Potresno djelovanje određuje se preko proračunskog ubrzanja „a_g“, koje odgovara povratnom periodu od 500 godina. Utjecaj potresnog djelovanja koji se odnosi na tlo, općenito se uzima u obzir razmatranjem razreda tla. Tlo je podijeljeno u pet osnovnih razreda (A, B, C, D i E), te ovi razredi imaju i podrazrede. Tlo na predmetnoj lokaciji nalazi se u razredu tla „B“ a koji označava slojeve stijene ili njoj slične formacije s najviše 5,0 m slabijeg materijala na površini te mješovite formacije. Prema karti potresnih područja Republike Hrvatske, koja je sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, određeno je vršno ubrzanje za tip tla „B“, a za istražni prostor iznosi: $a_{gR} = 0,19 \cdot g$ [m/s] (povratni period 475 godina – slika 5.5.).



Slika 5.5. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1\text{ g} = 9.81\text{ m/s}^2$) – Izvor: <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>

Tablica 3. Kategorizacija tla prema seizmičnosti (Eurocode 8, HRN EN 1998-1:2008 en)

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT} [n/30cm]	C_u [kPa]
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najmanje 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	–	–
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	> 50	> 250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlama.	< 180	< 15	< 70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tzv. tipove tla C i D i	–	–	–

debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800 m/s

S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($I_p > 40$) i visokim sadržajem vode	< 100	–	10 - 20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1	–	–	–

$v_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;

N_{spt} - standardni penetracijski test (broj udaraca); C_u - posmična čvrstoća tla

Tip tla	S	T_p (s)	T_c (s)	T_D (s)
A	1,00	0,15	0,4	2,0
B	1,20	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,40	0,15	0,5	2,0

- horizontalna komponenta sile: $F_H = 0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W = 0,5 \cdot 0,19g \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cong 0,11g$

- vertikalna komponenta sile: $F_V = 0,5F_H = 0,5 \cdot 0,11g \cong 0,06g$

Iz gornjeg izraza možemo zaključiti koliki je doprinos horizontalnog ubrzanja tla na pojavu horizontalne sile koja djeluje na građevinu. Drugim riječima, sama vertikalna sila na zid se povećava za 50% horizontalne sile koja je uzrokovana potresom! Ta dodatna vertikalna sila predstavlja novo opterećenje na temelj i temeljno tlo dok „nova“ horizontalna sila predstavlja sasvim novo opterećenje na kompletni nosivi sustav zgrade koji još dodatno uzrokuje i momente u konstrukciji koji se najviše okarakteriziraju na samim temeljima i vertikalnim nosivim sustavima (ako oni postoje!).

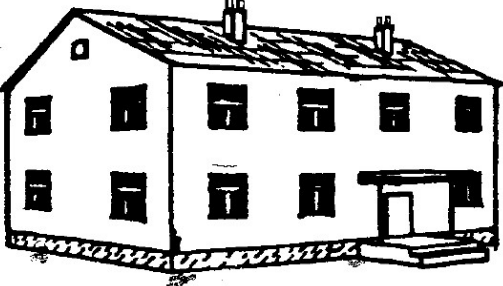

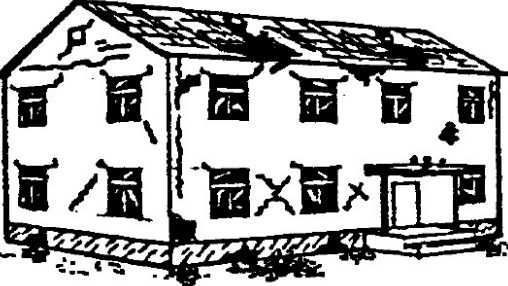
6. PRIKAZ OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJE GRAĐEVINE

6.1. KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA

Način na koji se zgrada deformira pri potresnom opterećenju ovisi o vrsti zgrade. Za opću kategorizaciju možemo zgrade grupirati u osnovne dvije skupine: zidane zgrade (konstrukcije) te armirano-betonske konstrukcije (zgrade). Jasno je da je većina zgrada konstruirana kombinacijom ab konstrukcije i zidanih elemenata, ali u tom smislu pravilna ab konstrukcija (ab okvir) na sebe preuzima potresno djelovanje, odnosno potresnu otpornost (horizontalne sile).

Nastala te detektirana oštećenja formirat ćemo u 5 razreda prema tablicama u nastavku. Pri tom treba imati u vidu da je predmetna zgrada građena pretežito od zidanih elemenata te je u tom smislu i potrebno klasificirati strukturalna i nestrukturalna oštećenja.

KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA ZIDANIH ZGRADA

I.		<p>RAZRED 1.: Zanemarivo do lagano oštećenje (nema strukturnih oštećenja, lagana nestrukturna oštećenja) Vrlo tanke pukotine u pojedinim zidovima. Pad samo malih komada žbuke. Pad labavog kamenja s gornjih dijelova zgrada u vrlo malo slučajeva.</p> <p>Korištenje objekta: <i>Bez ograničenja</i></p>
II.		<p>RAZRED 2.: Umjereni oštećenja (lagana strukturna oštećenja, umjereni nestrukturna oštećenja) Pukotine u mnogim zidovima. Pad prilično velikih komada žbuke. Djelomično rušenje dimnjaka.</p> <p>Korištenje objekta: <i>Ograničeno korištenje</i></p>
III.		<p>RAZRED 3.: Znatna do velika oštećenja (umjereni strukturni oštećenja, velika nestrukturna oštećenja). Velike i ekstenzivne pukotine u većini zidova. Odvajanje crjepova na krovu. Pucanja dimnjaka na ravnini krova. Lomovi pojedinih nestrukturnih elemenata (pregrade, zabatni zidovi).</p> <p>Korištenje objekta: <i>Privremeno korištenje</i></p>
IV.		<p>RAZRED 4.: Vrlo velika oštećenja (velika strukturna oštećenja, vrlo velika nestrukturna oštećenja). Ozbiljna oštećenja zidova. Djelomična strukturna oštećenja krovova i podova.</p> <p>Korištenje objekta: <i>Ne koristiti</i></p>
V.		<p>RAZRED 5.: Rušenje (vrlo velika strukturna oštećenja) Totalno ili gotovo potpuno urušavanje.</p> <p>Korištenje objekta: <i>Ne koristiti</i></p>

KLASIFIKACIJA OŠTEĆENJA ARMIRANOBETONSKIH ZGRADA

I.		<p>RAZRED 1.: Zanemarivo do lagano oštećenje (nema strukturnih oštećenja, lagana nestrukturna oštećenja)</p> <p>Tanke pukotine na žbuci preko nosača ili zidova u podnožju.</p> <p>Tanke pukotine na pregradama i ispunama.</p>
II.		<p>RAZRED 2.: Umjerena oštećenja (lagana strukturna oštećenja, umjerena nestrukturna oštećenja)</p> <p>Pukotine u stupovima i gredama nosivog okvira te u konstruktivnim zidovima.</p> <p>Pukotine na pregradnim zidovima.</p> <p>Opadanja krhkih obloga i žbuke.</p>
III.		<p>RAZRED 3.: Znatna do velika oštećenja (umjerena strukturna oštećenja, velika nestrukturna oštećenja).</p> <p>Pukotine na stupovima i spojevima stupova i greda, u podnožju nosivog okvira te na spojevima zidova; lomljenje zaštitnog sloja betona.</p> <p>Izvijanje armaturnih šipki.</p> <p>Velike pukotine na pregradnim i popunjavajućim zidovima; lom pojedinih ispuna.</p>
IV.		<p>RAZRED 4.: Vrlo velika oštećenja (velika strukturna oštećenja, vrlo velika nestrukturna oštećenja).</p> <p>Velike pukotine u strukturnim elementima praćene gubitkom tlačne nosivosti betona i pucanjem armaturnih šipki; gubitak spoja kod armature grede.</p> <p>Naginjanje (deformacija) stupova; rušenje nekoliko stupova ili jednog gornjeg kata.</p>
V.		<p>RAZRED 5.: Rušenje (vrlo velika strukturna oštećenja)</p> <p>Urušavanje prizemlja ili dijelova (npr. krila) zgrada.</p>

Imajući u vidu sve gore navedeno, detektirana ćemo oštećenja svrstati u sljedeće razrede:

D1 LAGANO OŠTEĆENJE

Ovaj stupanj oštećenja ne utječe značajno na nosivost konstrukcije i ne ugrožava sigurnost stanara zbog pada nestrukturnih elemenata ili predmeta. Oštećenja se smatraju laganim čak i kada se pad predmeta može hitro izbjeći.

D2-D3 SREDNJE-TEŠKO OŠTEĆENJE

Ovaj stupanj oštećenja moga bi značajno promijeniti nosivost konstrukcije bez približavanja granici djelomičnog urušavanja osnovnih strukturnih komponenti konstrukcije/zgrade.

D4-D5 VRLO VELIKA OŠTEĆENJA

Ovaj stupanj oštećenja značajno mijenja i narušava nosivu sposobnost konstrukcije dovodeći je do granice djelomičnog ili potpunog urušavanja osnovnih strukturalnih komponenti. Ovu razinu karakteriziraju oštećenja veća od prethodnih, uključujući i potpuna urušavanja/urušavanje.

Procjena uporabljivosti zgrade rađena je na temelju detaljnog pregleda zgrade, pregleda i ocjenjivanja konstruktivnih elemenata, procjene stanja nosivosti konstruktivnih elemenata, procjene i detekcije nastalih deformacija (pomaka, progiba, pukotina) te sveopće specifikacije oštećenja i zgrade prema stupnjevima oštećenja. Definicija promatrane razine štete vrlo je relevantna i temelji se na europskoj makroseizmičkoj skali EMS98 (Europska makroseizmička skala) koja je osnova za procjenu seizmičkog intenziteta u europskim zemljama, a koristi se i u velikom broju zemalja izvan Europe. EMS-98 je prva ljestvica seizmičkog intenziteta namijenjena poticanju suradnje između građevinskih inženjera i seizmologa, umjesto samo za seizmološko korištenje. Dolazi s detaljnim priručnikom koji uključuje smjernice, ilustracije te aplikativne primjere. U tom smislu, osnovnu razdiobu ljestvice potresa možemo podijeliti u 12 osnovnih razreda.

6.2. ZGRADA ZA OBAVLJANJE VJERSKIH OBREDA

Detaljni terenski pregled zgrade izvršen je 07. kolovoza 2021. god. tijekom kojeg je rekognoscirana kompletna zgrada za obavljanje vjerskih obreda na čestici 183 k.o. Draškovec.

Fotografije vanjskih oštećenja crkve kao i slike vanjskih elemenata oko crkve prikazani su u nastavku. Daljnja detektirana oštećenja prikazat će se na tlocrtima crkve uz prateću fotodokumentaciju svakog pojedinog oštećenja.



Slika 6.1. Sjeverno pročelje



Slika 6.2. Južno pročelje

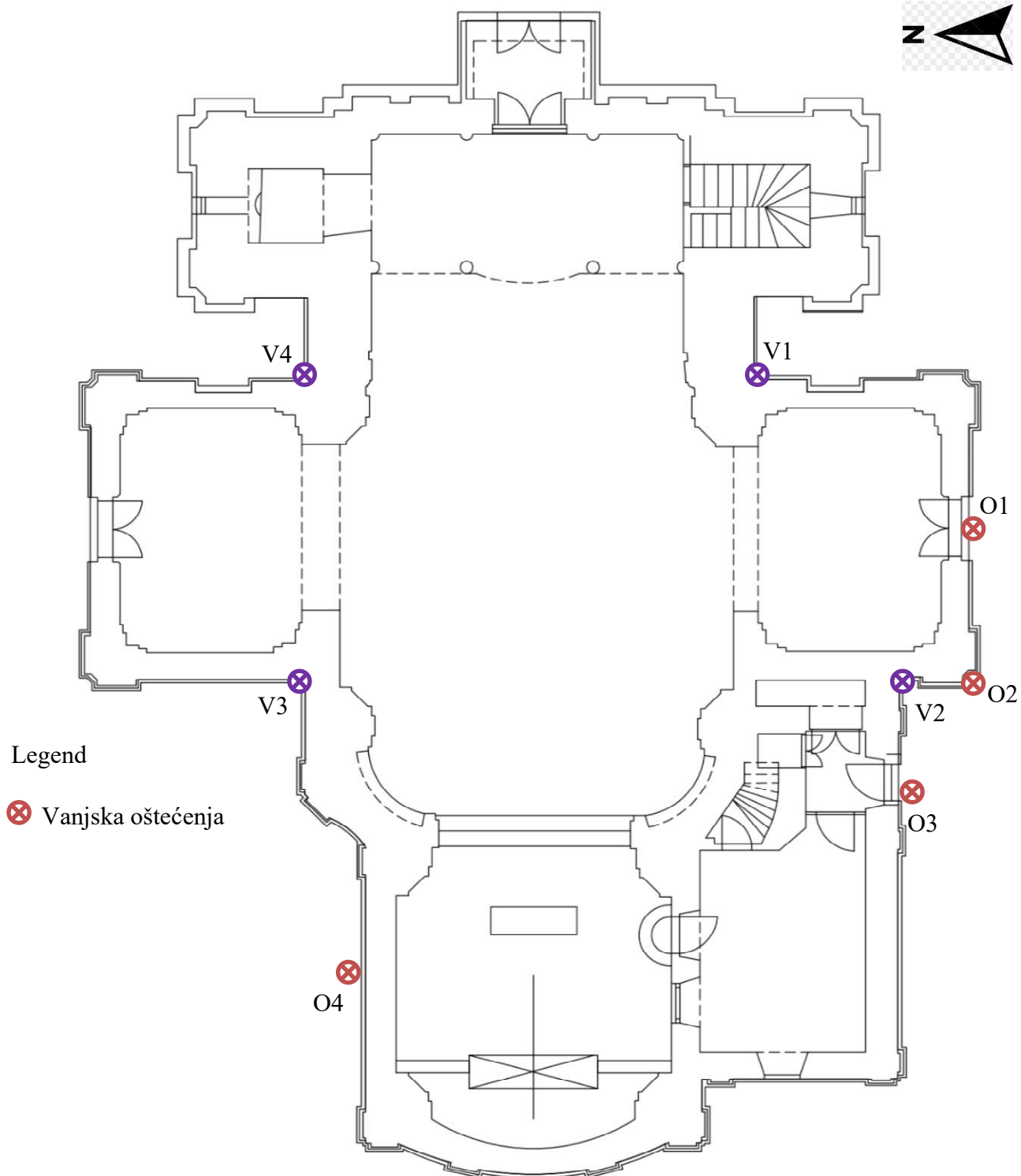


Slika 6.3. Istočno pročelje



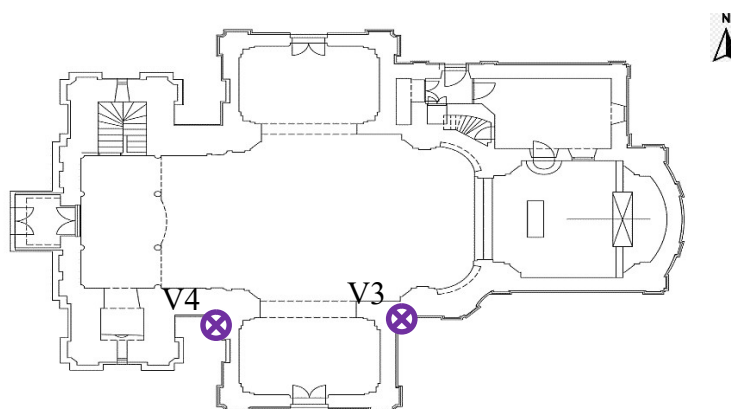
Slika 6.4. Zapadno pročelje

VANJSKI PREGLED CRKVE

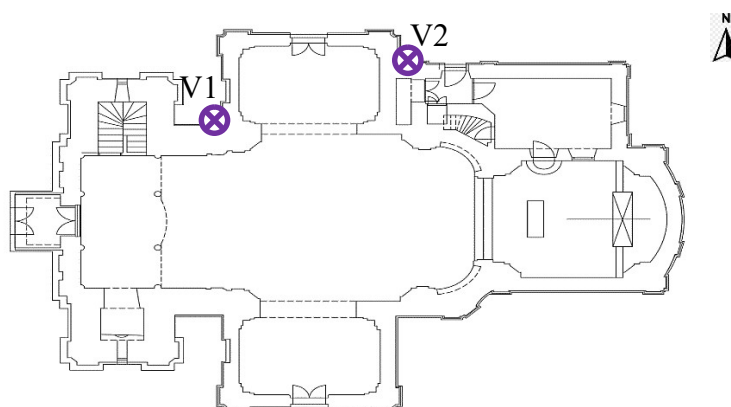


Slika 6.5. Tlocrt prizemlja župe sv. Roka u Draškovcu. s naznakama vanjskih oštećenja

Na vanjskom dijelu crkve najviše se primjete oštećenja na dvijema bočnim kapelama (sjeverna i južna) koje su dograđene 1912. god. Sama ta dogradnja već djelomično i objašnjava ovakav tip oštećenja. Petrinjski potres je izazvao dodatna slijeganja u tlu bočnih kapela te ih vidljivo odvojio od glavnog broda crkve (što se najbolje vidi u unutrašnjosti crkve, na samom spoju kapela i glavnog broda).



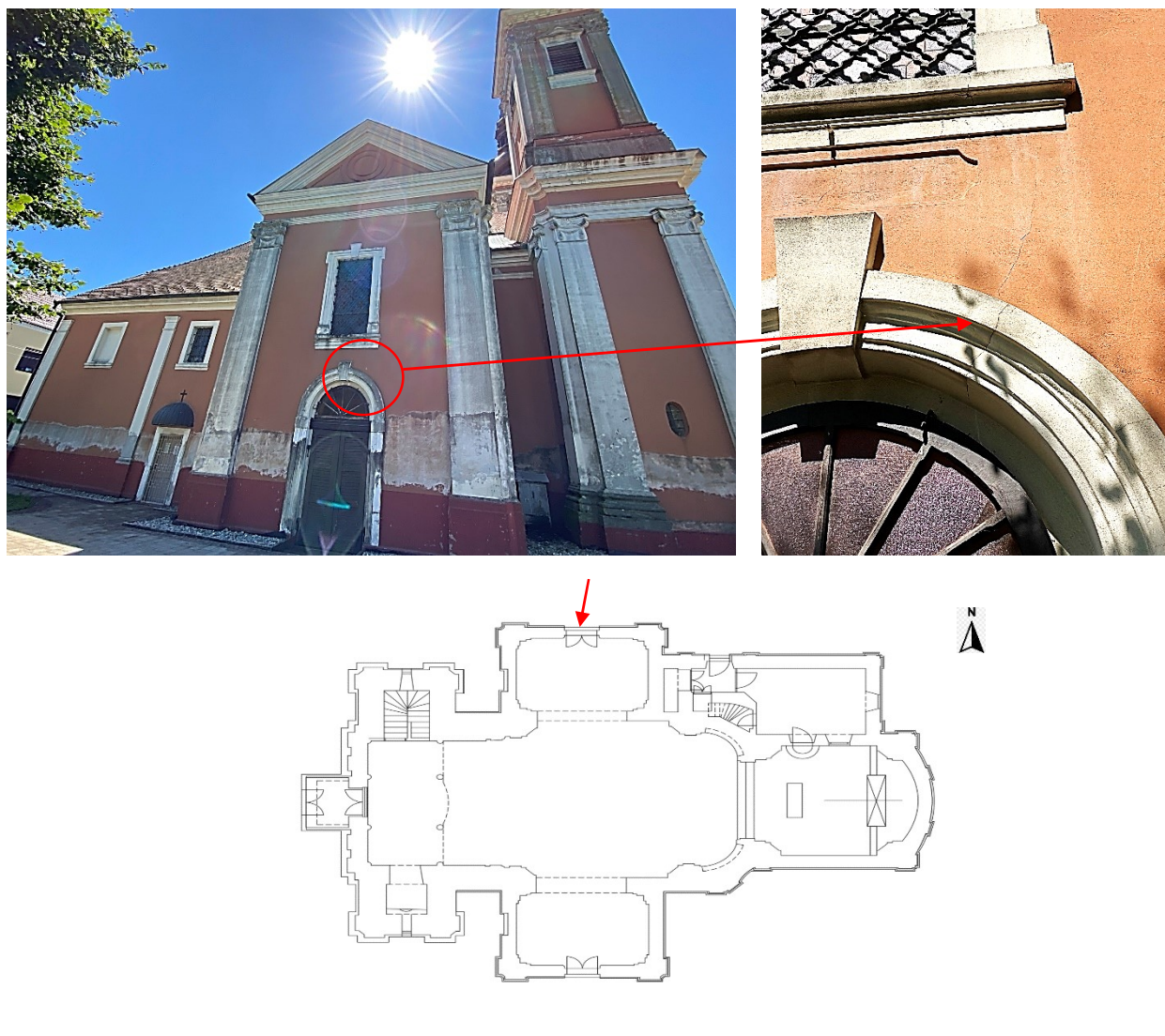
Slika 6.6. Vanjska oštećenja na spoju južne bočne kapele



Slika 6.7. Vanjska oštećenja na spoju sjeverne bočne kapele

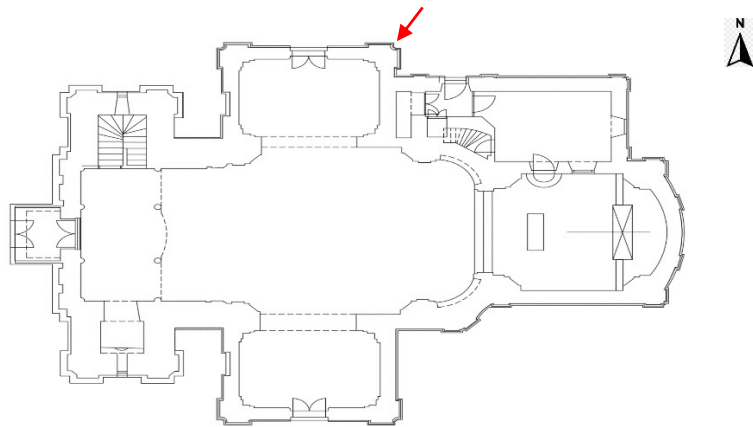
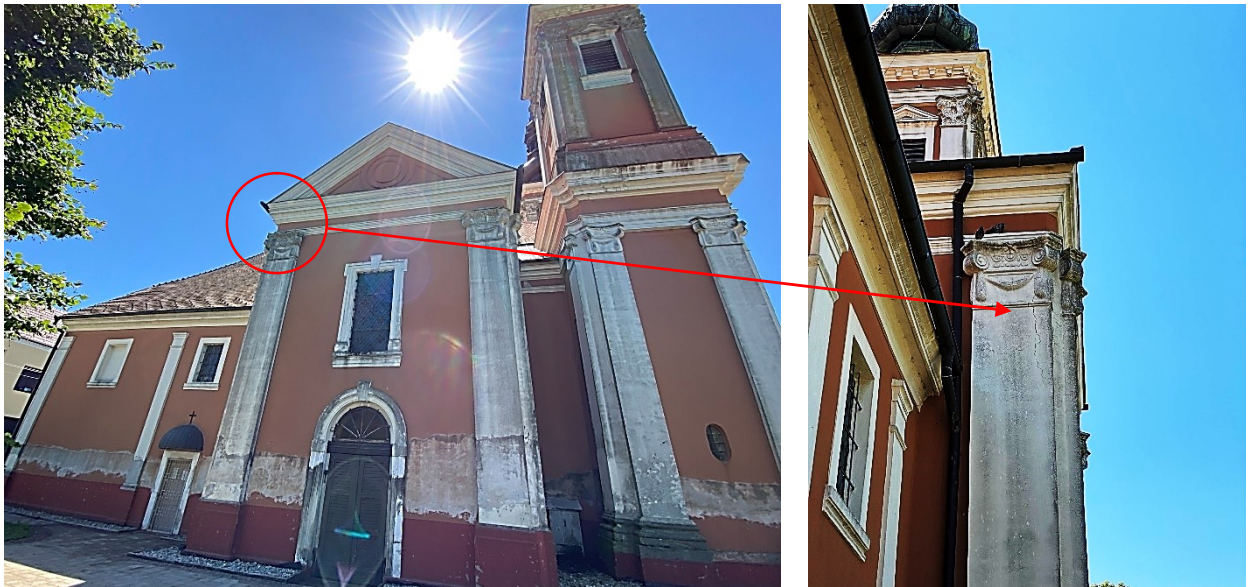
Uzrok nastanka vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa. Naime, bočne kapele su naknadno nadograđene na glavni brod crkve cca 150 godina nakon same izgradnje crkve (koja je do tada već odradila glavna slijeganja). Tadašnja gradnja nije omogućavala kvalitetan spoj ovih dijelova građevina a u ovom slučaju je dodatno temeljenje najbitniji njen dio. Time se može jasno ilustrirati kako su se bočne kapele tijekom potresa ponašale kao zasebne građevine te su njihove oscilacije bile dijelomično drugačije od onih glavnog broda crkve i cjelokupne crkve (ovdje ne smijemo zanemariti i dva masivna zvonika spojena na glavni crkveni brod). Vertikalne pukotine su vidljiva manifestacija svega navedenoga te bi se osnovna hitna sanacija trebala usmjeriti na

stabilizaciju temelja i temeljnog tla, odnosno direktno mjesta u kojima se pojavio uzrok ovih oštećenja.

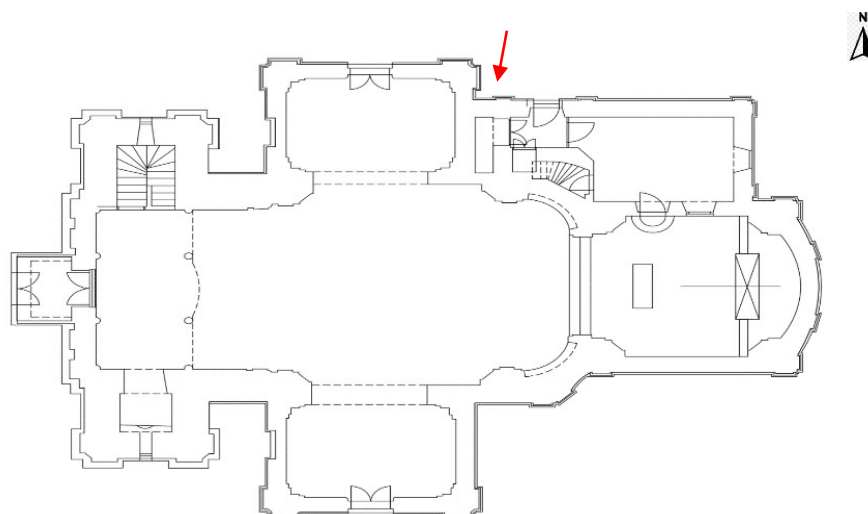
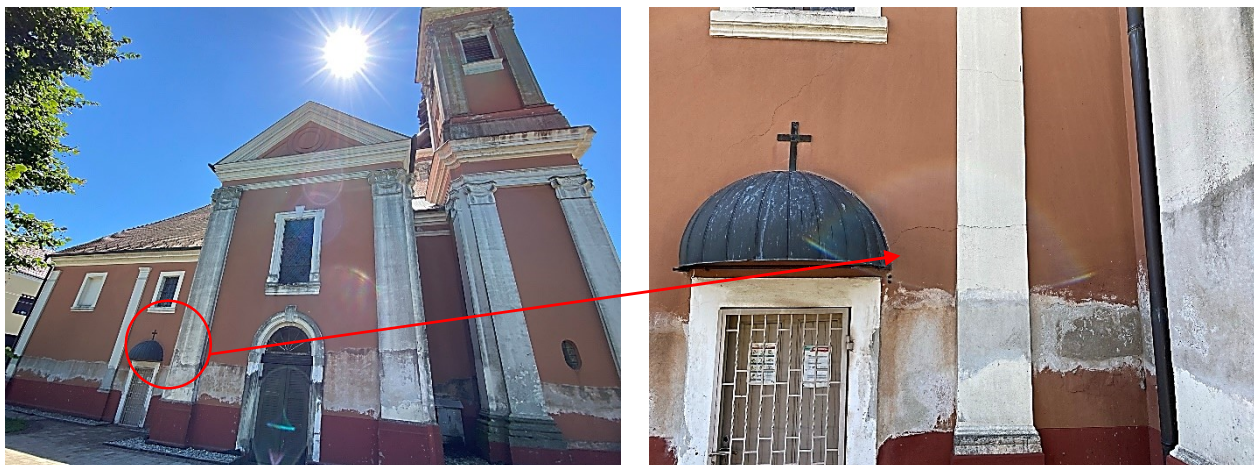


Slika 6.8.O1

Daljnja oštećenja na vanjskom oplošju crkve sekundarne su naravi te će se nakon prioritetne hitne sanacije (temelji i temeljno tlo) moći sanirati i sekundarna oštećenja i pukotinski sustavi koji su najviše nastali na oslabljenim mjestima nosivih zidova: lukovi, nadvoji, odnosno mjesta prodora u vanjskom nosivom sustavu.

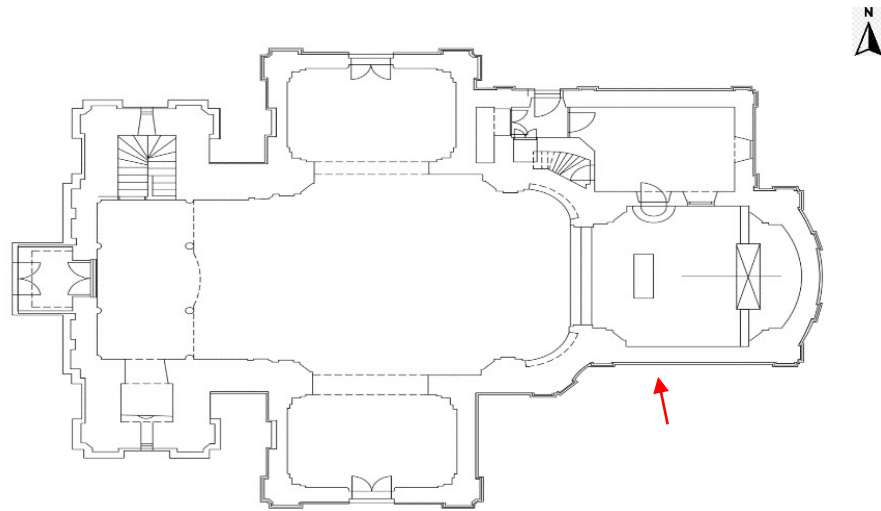


Slika 6.9. O2



Slika 6.10.O3

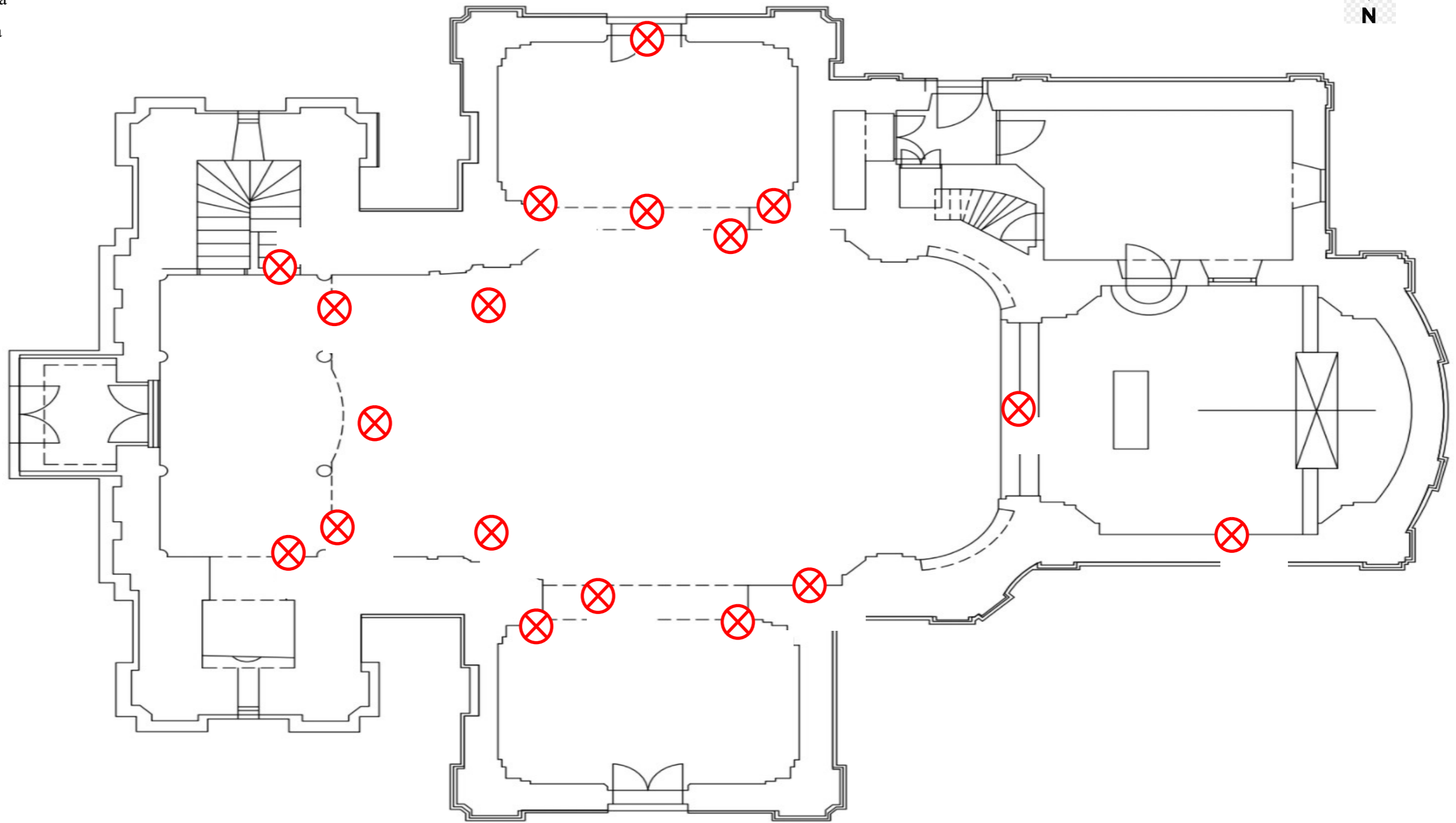
Horizontale pukotine na vanjskom oplošju crkve samo su dodatna potvrda slijeganja bočnih kapela, odnosno vertikalnog pomaka temelja uzrokovanih potresom. Predloženom sanacijom temelja i temeljnog tla ove će se pukotine sanirati u drugoj fazi dok će se njihov osnovni uzrok ukloniti samom prioriternom hitnom sanacijom.



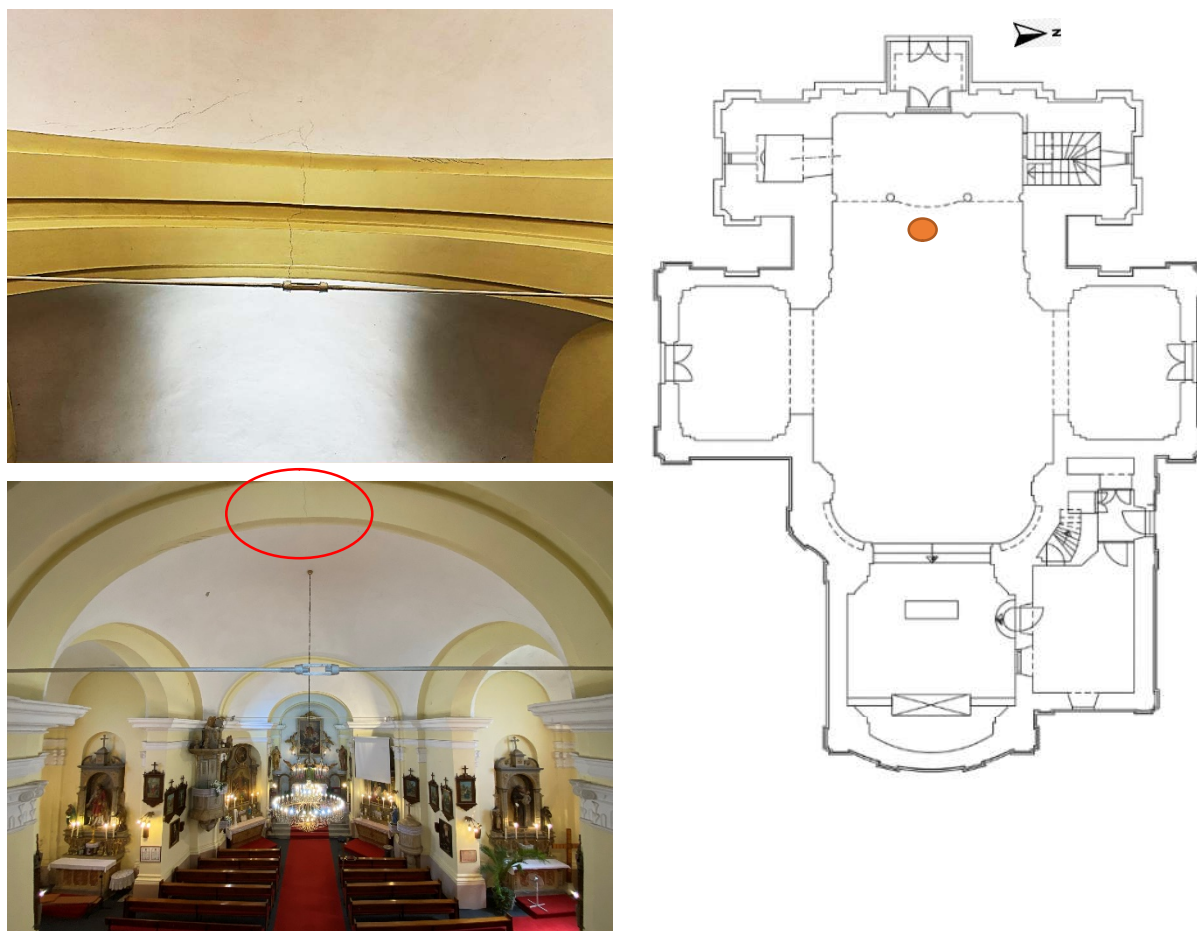
Slika 6.11.04

Legend

⊗ Unutarnja
oštećenja

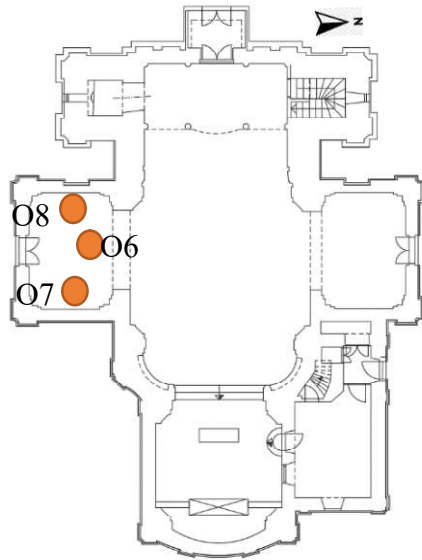


UNUTRAŠNJOST CRKVE



Slika 6.12.05

Oštećenje O5 nalazi se nakon samog ulaza, na glavnom brodu crkve, luku iznad pjevališta. Iako na tom mjestu postoji zatega (koja je evidentno ugrađena tijekom obnove crkve 1991. god.), očito je da su glavni pomaci tijekom potresa (koji su se odvijali u smjeru sjever-jug) ipak bili presnažni i za luk i za zategu. Pukotina nastala na luku se dalje proširila na svod južne kapele, do njezinog tjemena. To dodatno upućuje kako bi zategu trebalo dodatno napregnuti a pukotinu sanirati injekcijskim metodama.



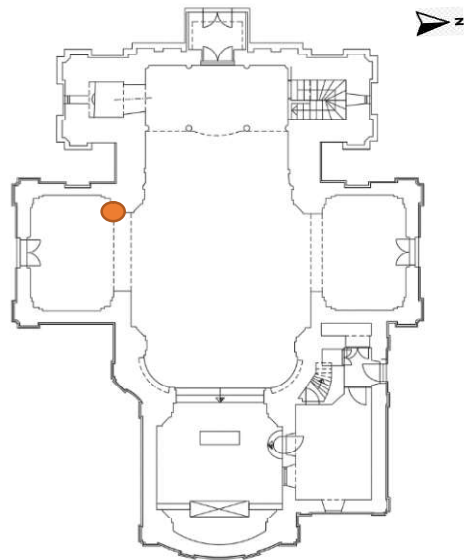
Slika 6.13. O6

Ulazeći prema južnoj nadograđenoj kapeli, možemo vidjeti manifestaciju pukotinskog oštećenja koje je već prikazano i opisano s vanjske strane kapele. Ovdje postoje tri glavna oštećenja (O6-O8) koja prikazuju odvajanje južne kapele od glavnog broda crkve. O7 i O8 su vertikalne pukotine uz sam spoj kapele i glavnog broda dok se pukotina O6 nalazi na samom tjemenu luka, njegovom podgledu. Pukotine O7 i O8 direktno se nastavljaju na luk koji dijeli glavni brod od dograđene kapele te se time odvajanje kapele još dodatno potvrđuje.

Nakon sanacije temelja (koje će se morati izvesti cijevnim pilotima) sanirat će se unutrašnjost crkve, počevši također od ovih mjesta gdje su se sjeverna i južna kapela odvojile od glavnog broda crkve. Ta hitna sanacija morat će se provesti kombinacijom novih zatega te injektiranjem pukotina na mjestima odvajanja. No, glavninu oštećenja riješit će hitna sanacija temelja i temeljnog tla uz obod dograđenih kapela.

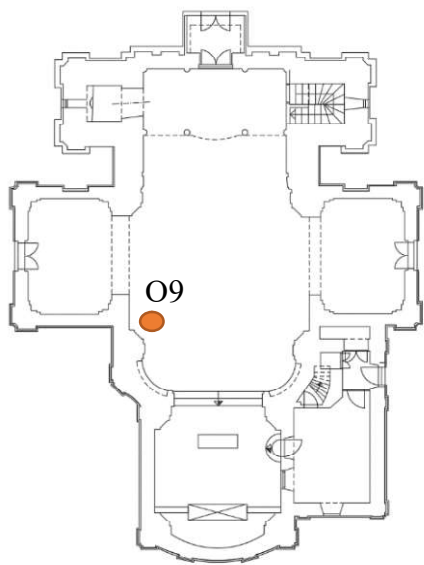


Slika 6.14.07



Slika 6.15.08

Pukotina O9 manifestira se s druge strane luka spoja južne kapele te je samo dodatan dokaz bočnog odvajanja kapele od glavnog broda crkve.



Slika 6.16.O9

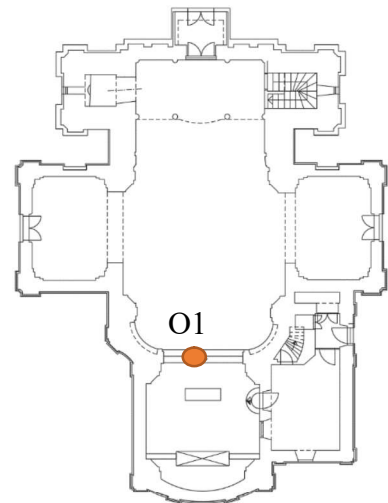


Slika 6.17. Glavni svod crkve te pukotina na trijumfalnom luku svetišta O10

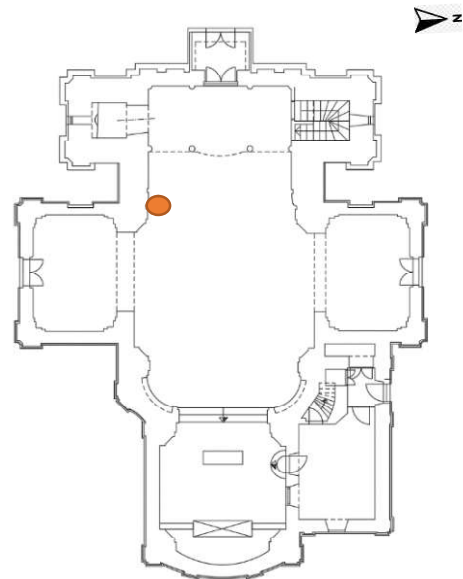
Gledajući masivni svod crkve, na njemu se ne primjećuju veće strukturalne pukotine. Na trijumfalnom luku crkvenog svetišta primjećuje se pukotina na njegovom tijemenu, no ta pukotina ne ugrožava strukturalni integritet cijelog luka. Na ovom bi mjestu svakako trebalo ugraditi dodatnu zategu dok bi se osnovna sanacija opet riješavala s vanjske strane dubinskim temeljenjem.



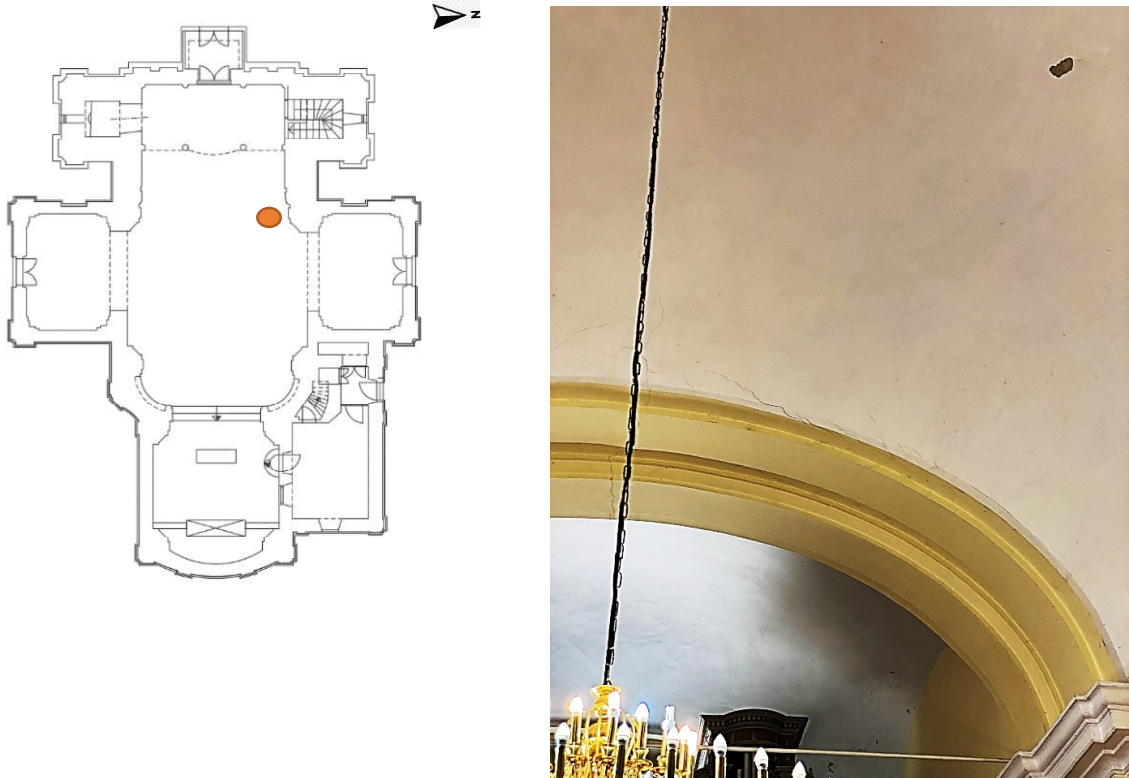
Slika 6.18.O10



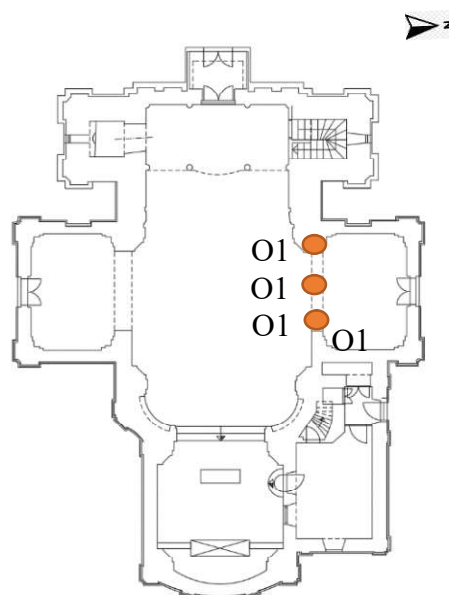
Slika 6.19. O11



Daljnja oštećenja O11 i O12 nastavak su oštećenja O5 koja se nalaze na luku uz pjevalište crkve te se javljaju poprečno na luk na njegovim bočnim segmentima, odnosno to su njegova proširenja na glavni svod crkve. Ta oštećenja se mogu okarakterizirati kao tip oštećenja D2, odnosno oštećenje bez približavanja granici djelomičnog urušavanja osnovnih strukturnih komponenti konstrukcije/zgrade.



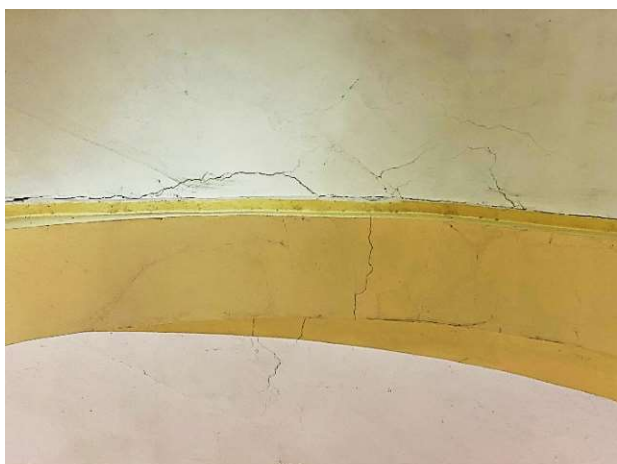
Slika 6.20.O12



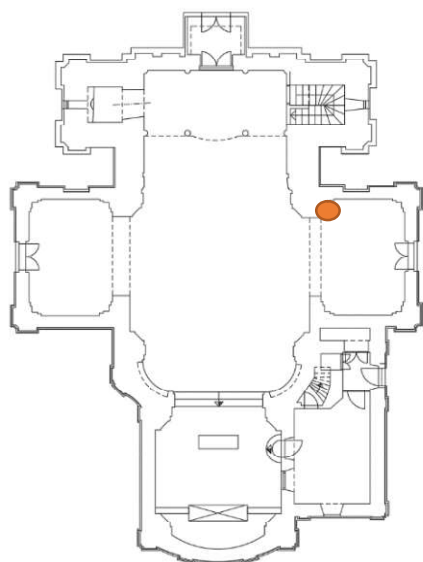
Slika 6.21. O13

Oštećenja bočne sjeverne kapele O13, 16, 17, i 18 identične su onima južne bočne kapele. Ta konstruktivna oštećenja također direktno ukazuju na odvajanje bočne kapele po njenom cijelom obodu a što se detaljno može razaznati na temelju pukotinskog sustava koji se širi uz cijeli luk spoja kapele i glavnog broda crkve. Kako je pomak okomit na pukotinu, ovdje je jasno da je došlo do odvajanja bočne kapele u smjeru sjevera a čemu se uzrok mora tražiti u temelju, odnosno temeljnom tlu.

Prioritetna sanacija ove vrste oštećenja isto tako se treba nalaziti na mjestu uzroka, odnosno također temelju i temeljnom tlu dok su za to najadekvatnije metode pilotiranja temelja (u ovom slučaju cijevnim pilotima naknadno injektiranim cementnom suspenzijom).



Slika 6.22. O16

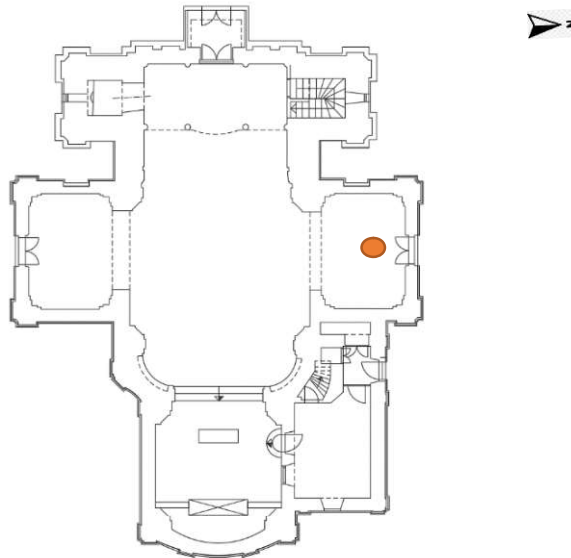


Slika 6.23. O17



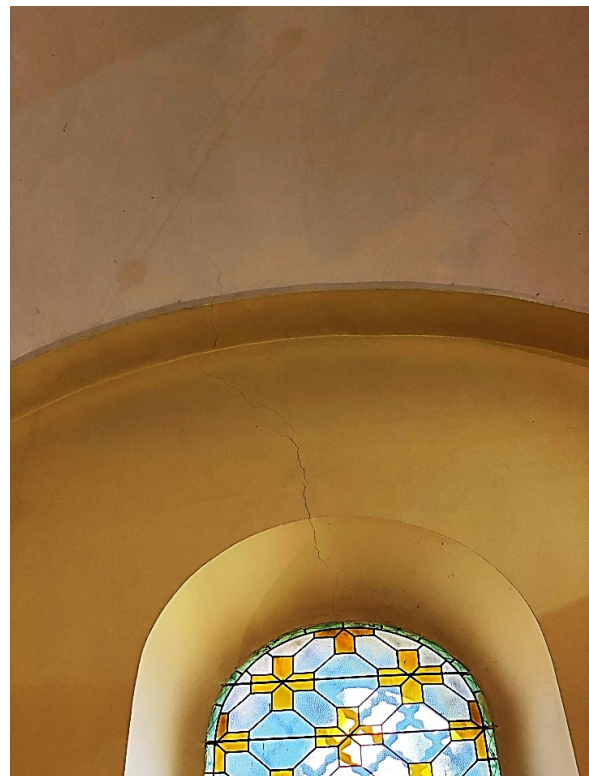
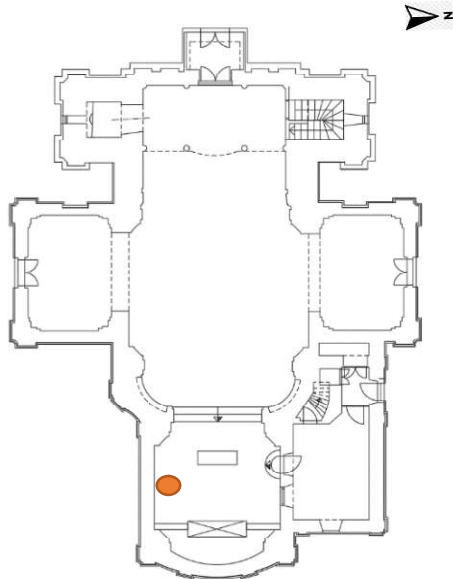
Slika 6.24.O18



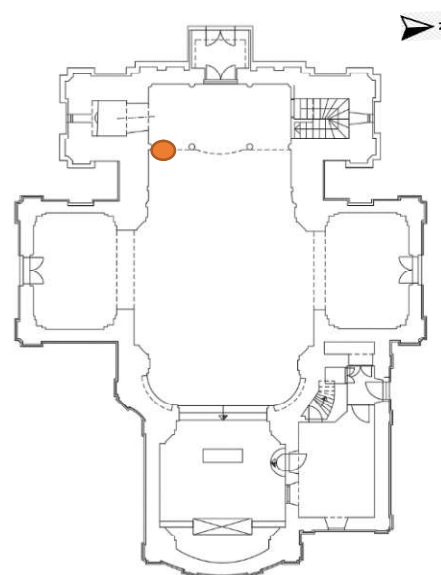


Slika 6.25.O15

Pukotina O15 i O14 nastale su na mjestima oslabljenja u vanjskim nosivim zidovima, odnosno na mjestima otvora u zidovima. Pukotine se na ovim mjestima pojavljuju uvijek u kutovima prozora i tjemenu nadvoja, odnosno lukova prozora. Sanacija ovakvih pukotina odrađuje se nakon primarne sanacije (temelji i temeljno tlo).

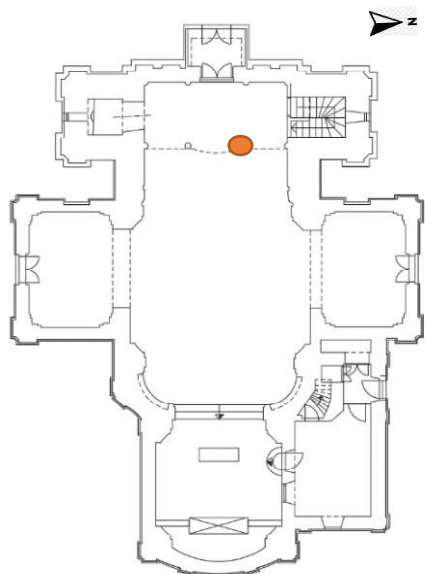


Slika 6.26.O14

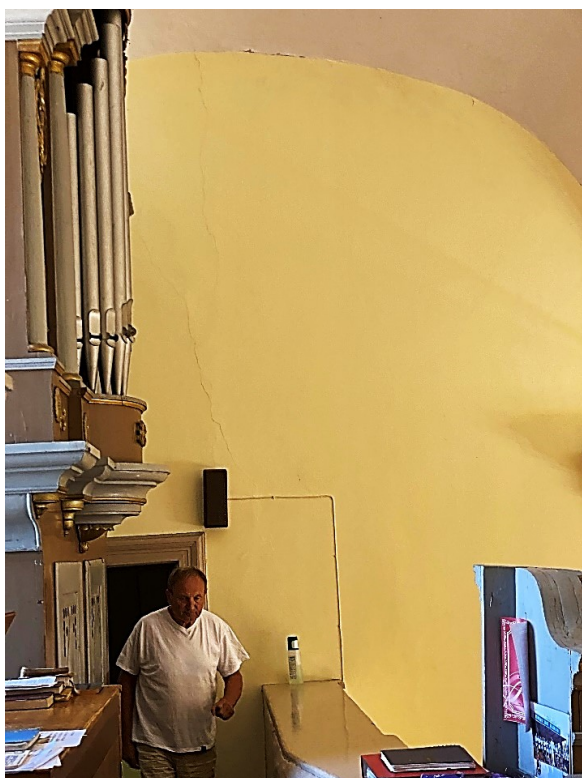


Slika 6.27.O19

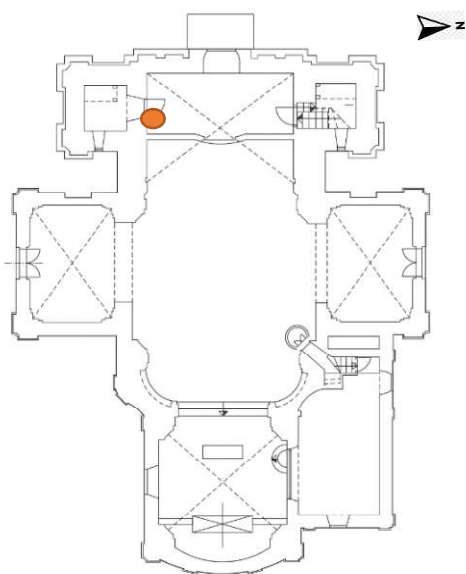
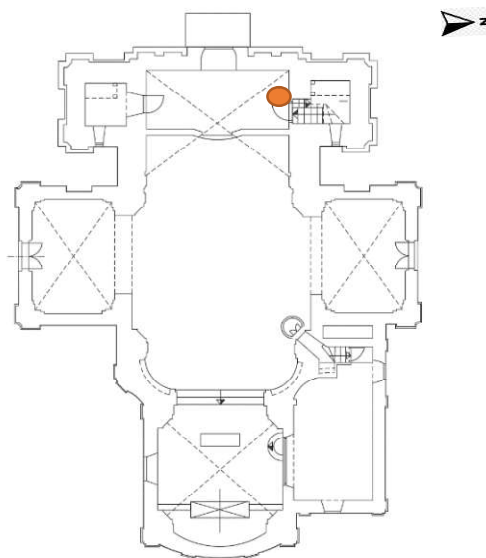
Identične pukotine O19 i O20 nalaze se na spoju zida kora sa vanjskim nosivim zidovima glavnog broda crkve. Ovdje je bitno za primjetiti kako se pomak odvija prema nosivim zidovima, odnosno prema nosivim zidovima crkvenih zconika. U ovom slučaju to i ima smisla, pošto su zvonici najveća masa na ovom dijelu crkve te su prilikom potresa oscilirali u smjeru sjever-jug. Time se i ove pukotine na spojevima zida kora te samim vanjskim nosivim zidovima crkve mogu i objasniti (pukotina O21 i O22).



Slika 6.28.O20

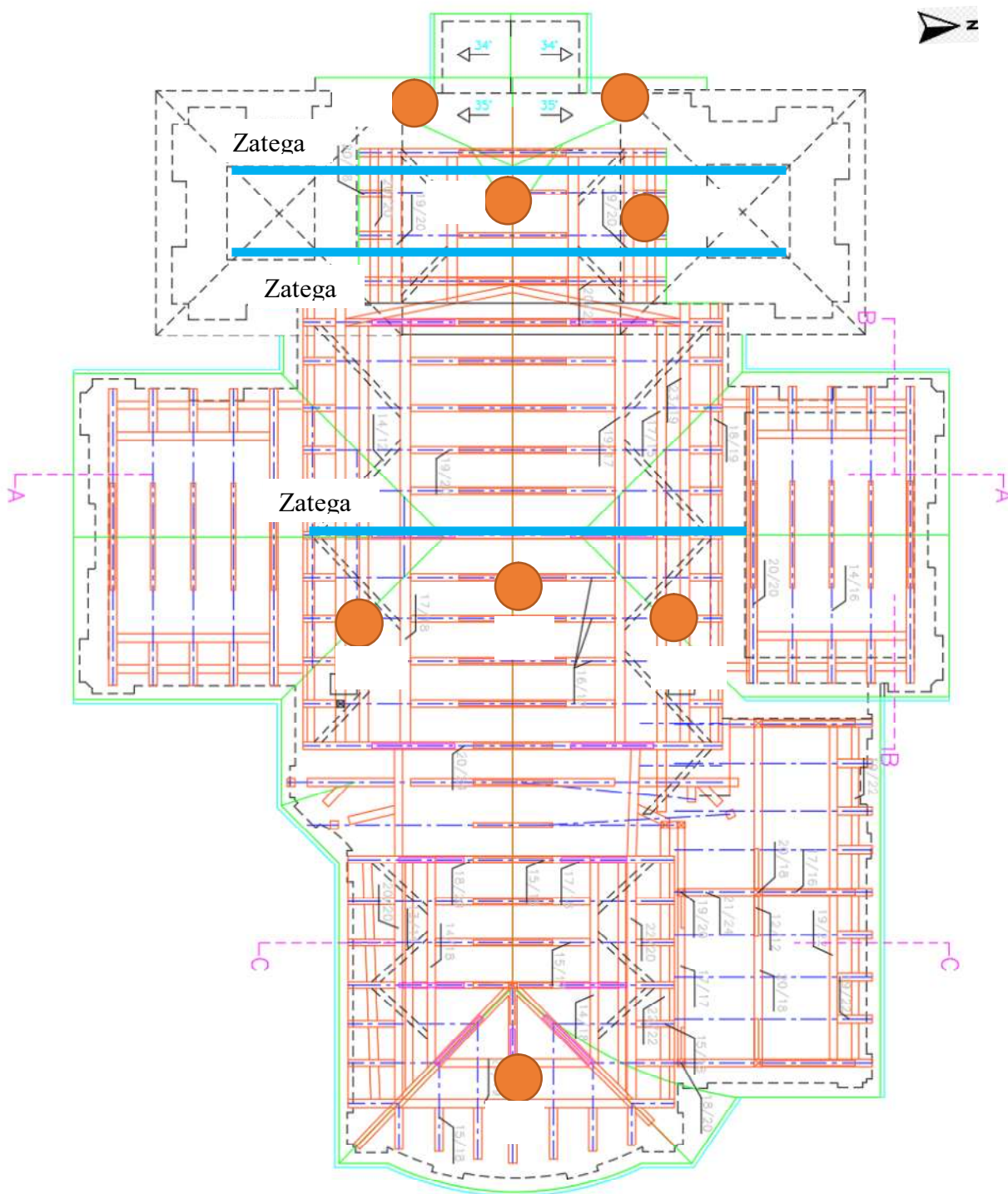


Slika 6.29. O21

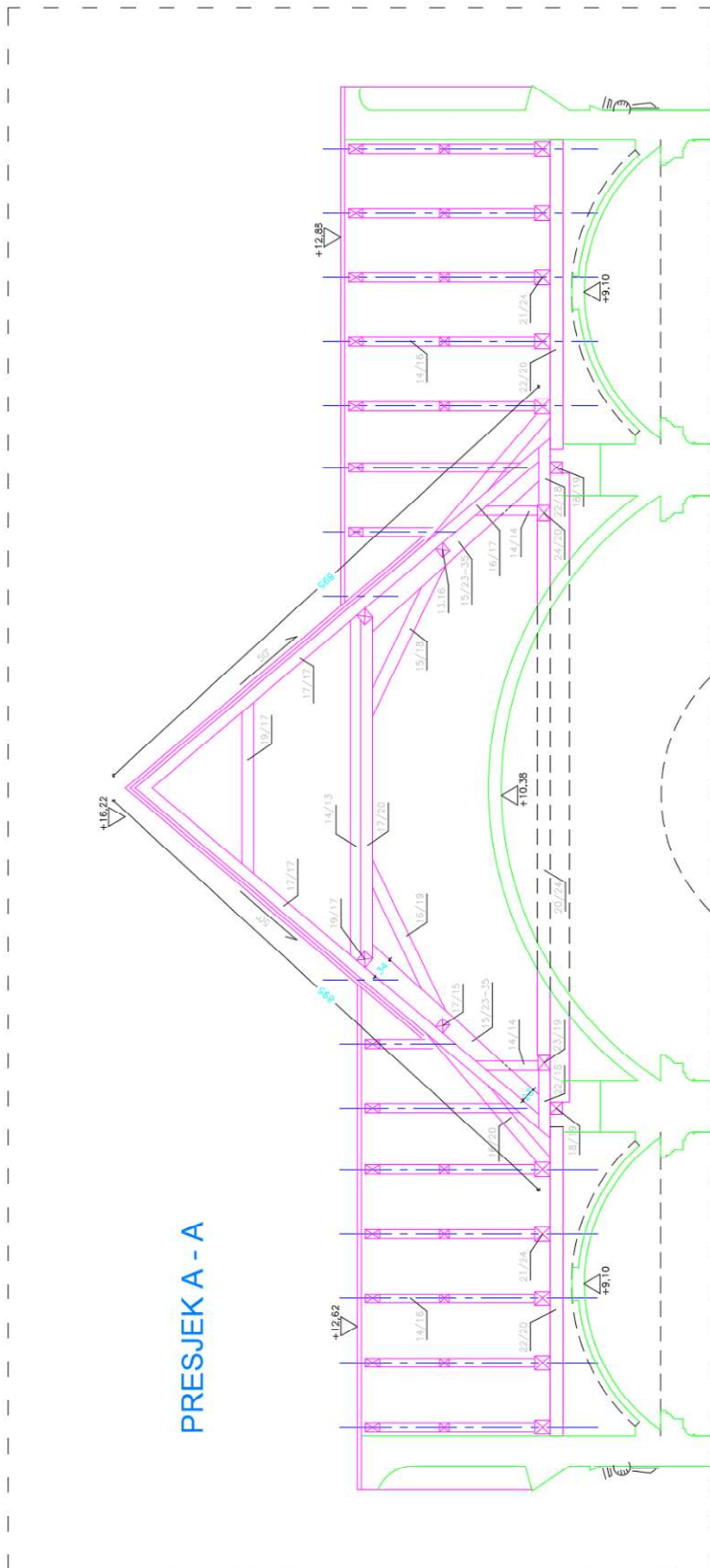


Slika 6.30. O22

KROVIŠTE CRKVE

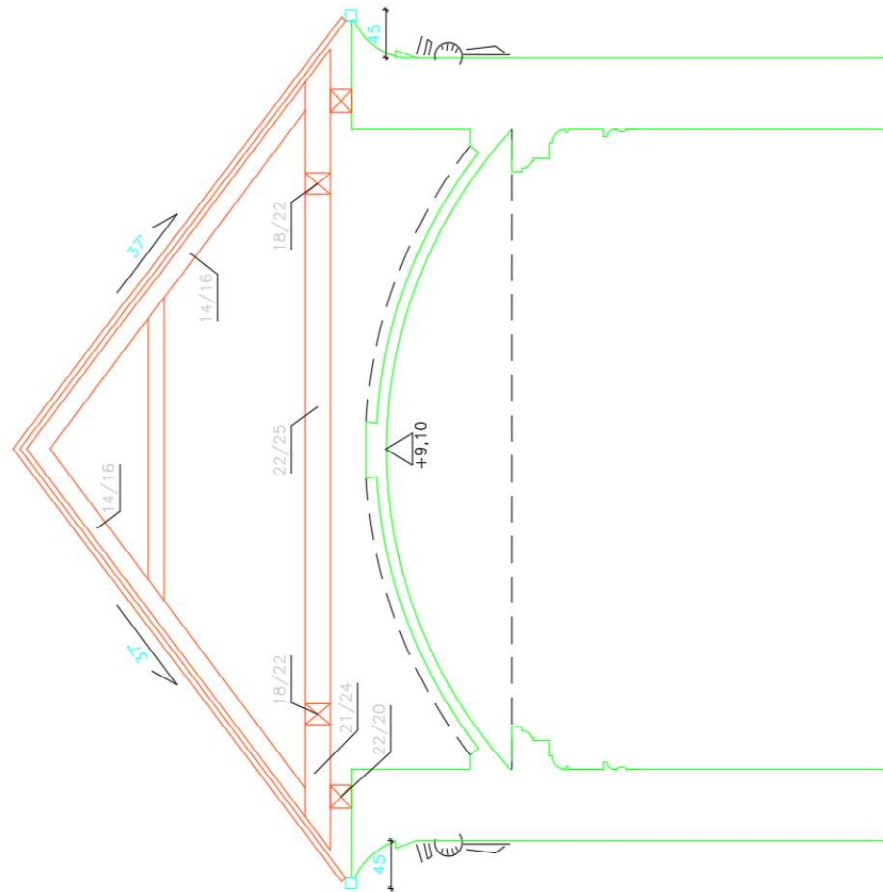


Slika 6.31. Tlocrt krovista župe sv. Roka u Draškovcu

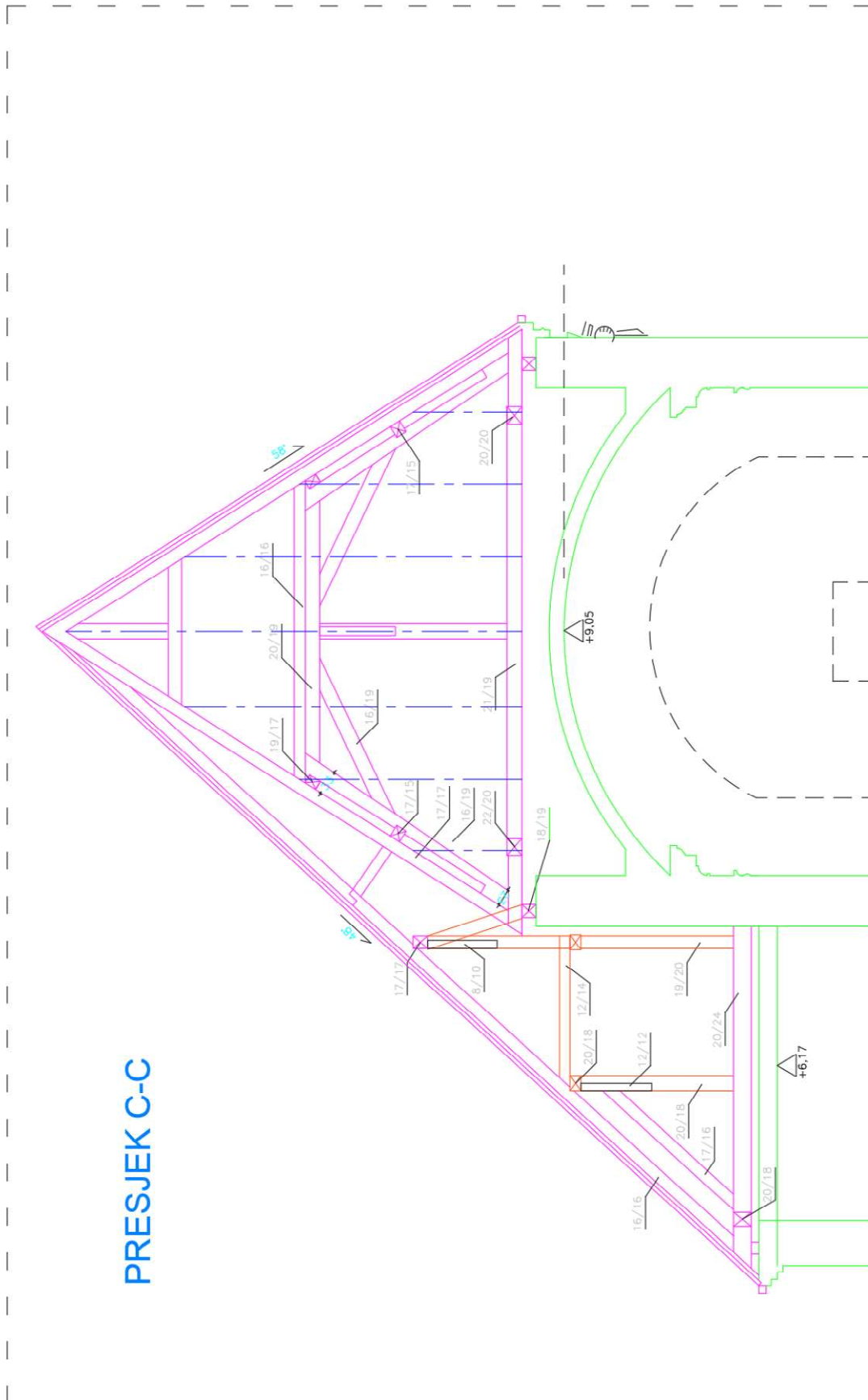


Slika 6.32. Presjek A-A krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

PRESJEK B-B

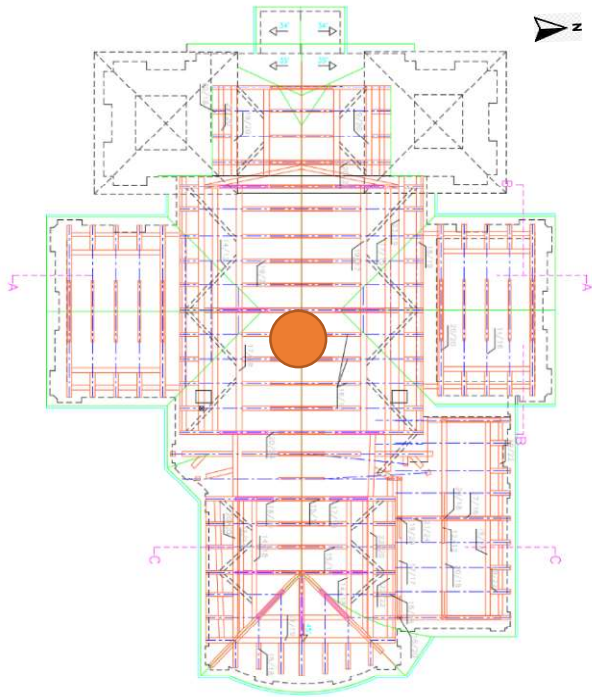


Slika 6.33.Presjek B-B krovista župe sv. Roka u Draškovcu

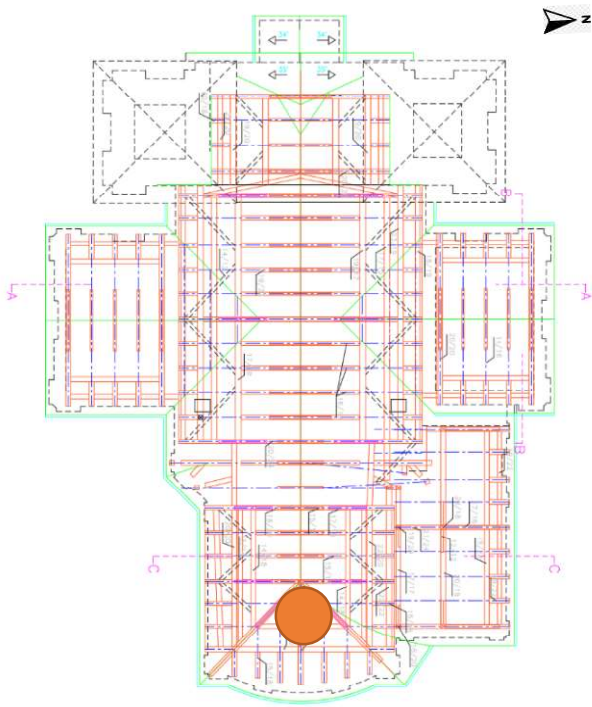


Slika 6.34. Presjek C-C krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

U potkrovlju crkve su instalirane su poprečne zatege koje osim nad svodovima crkve spajaju i dva glavna zvonika crkve (zatege 2 i 3). Time je poprečna stabilnost crkve uvelike dostignuta te su te zatege pridonijele stabilnosti crkve prilikom potresa. Sanacijom bi trebalo zatege dodatno pregledati i zategnuti a neke i (ako je to moguće) i zamjeniti. Naime, zatege u potkrovlju su starijeg datuma, odnosno njihovo zatezanje postže se dodavanjem klinova u otvor zatege.



Slika 6.35.K1

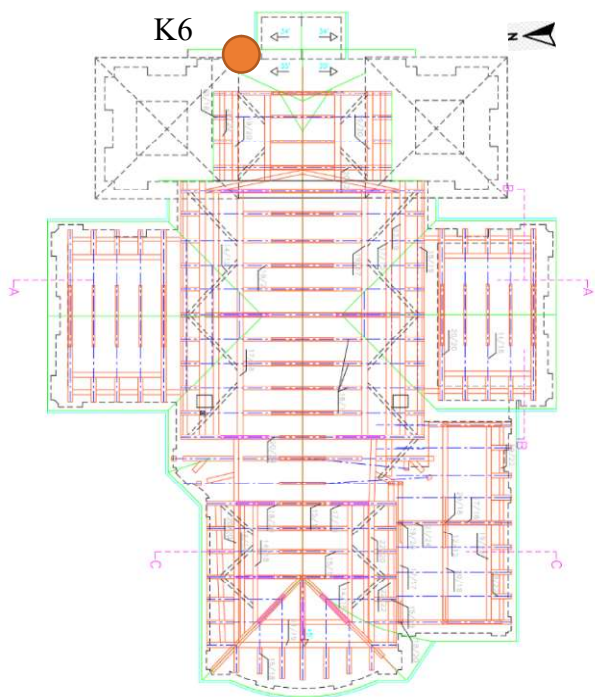


Slika 6.36. K2

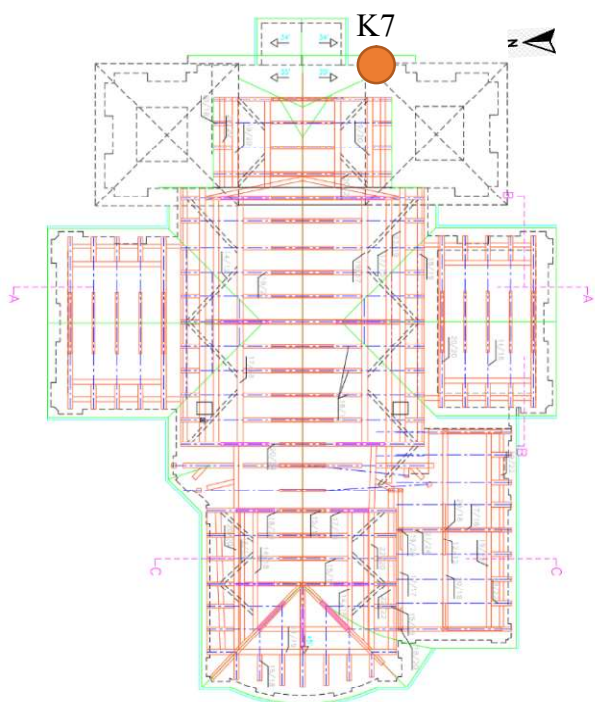


Slika 6.37.K2

Krovna konstrukcija crkve je u dobrom stanju, osim određenih spojeva koje bi svakako trebalo ojačati prilikom sanacije umetanjem čeličnih spojeva na vijak (tu se prvenstveno misli na mjesta spojeva rogova, greda i stupova).

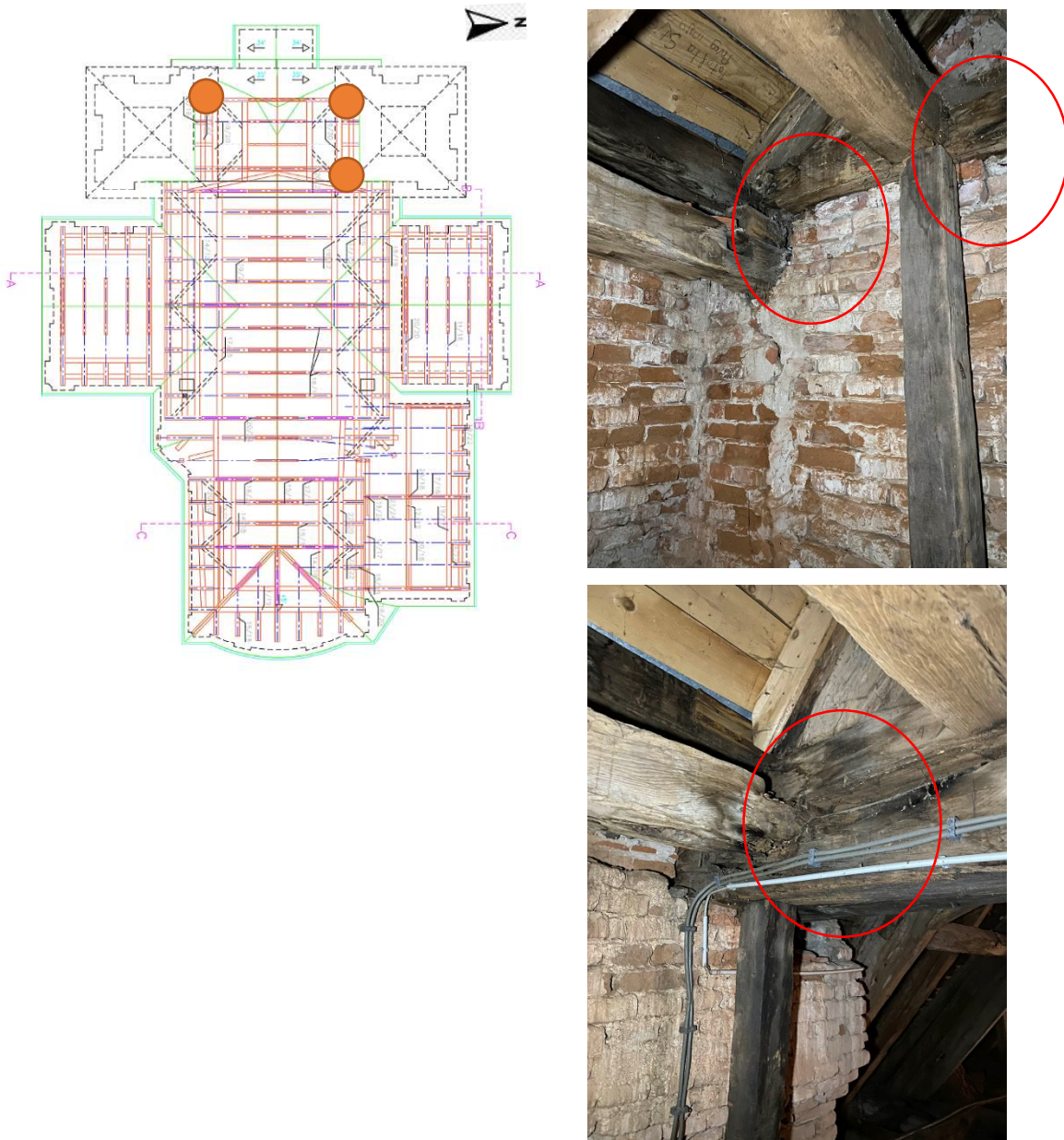


Slika 6.38. Vertikalna pukotina uz južni zvonik crkve, K6



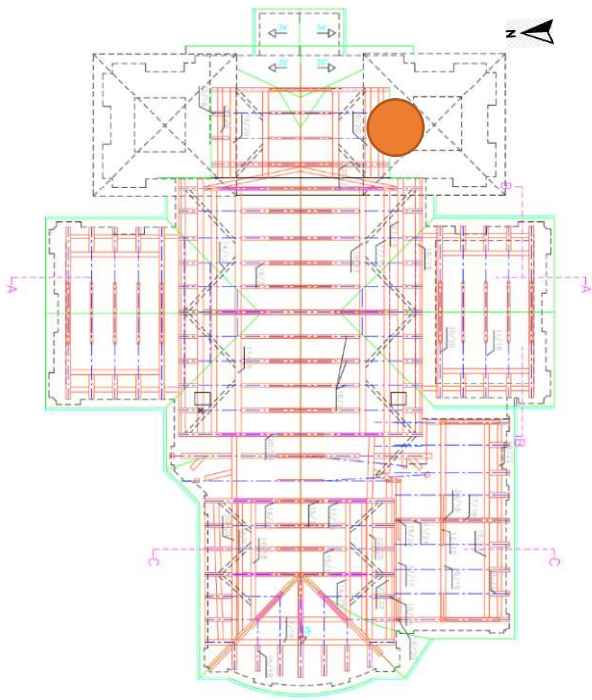
Slika 6.39. Vertikalna pukotina uz sjeverni zvonik crkve, K7

Na zapadnom vanjskom zidu primjećuju se dvije velike vertikalne pukotine uz same zvonike crkve koje se protežu cijelom visinom zida. Uzrok pukotina svakako leži u tome što su bočni zidovi (sjeverni i južni) ujedno i glavni nosivi zidovi tornjeva dvaju zvonika. Ti tornjevi su znatno veće mase i vertikalnog opterećenja nego ostali dio crkve te su time i više slijegali nego ostatak crkve (njezin glavni brod). Same pukotine nisu nastale tijekom petrinjskog potresa, no za sumnjati je kako su se svakako proširile. Njihova sanacija mora se odvijati nakon sanacije temelja i temeljnog tla bočnih kapela (kao i sva ostala sanacija) a svodit će se na ojačanje sljubnica između cigla nosivog zida a detaljno je opisana kroz poglavlje C.2. Prijedlozi i načini sanacije.

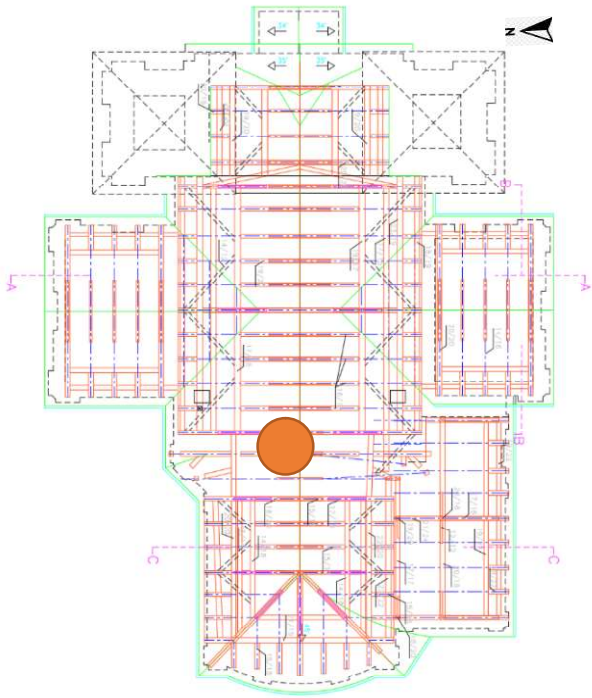


Slika 6.40. Dotrajali spoj krovne konstrukcije uz sjeverni toranj crkve

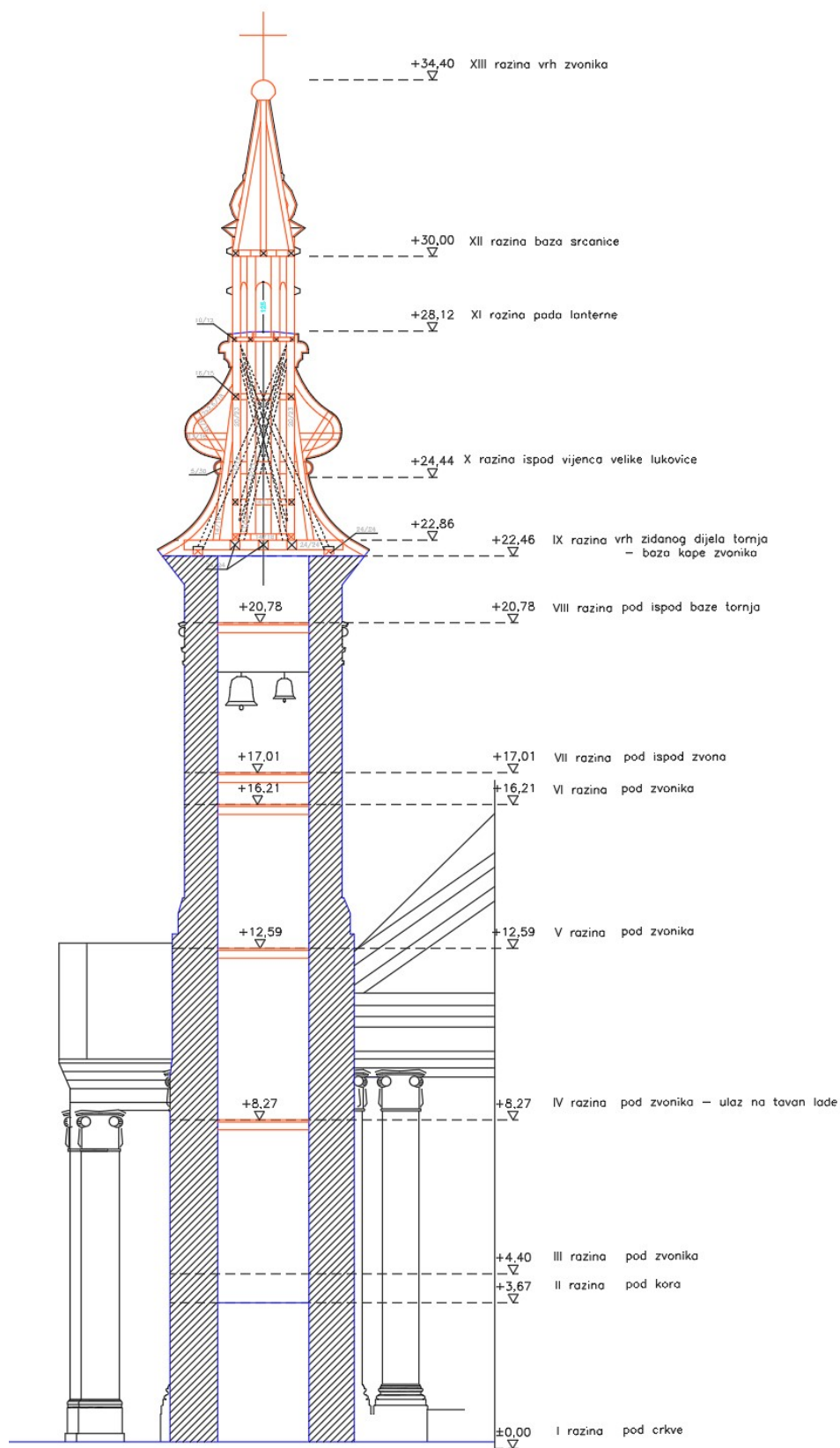
Uz sjeverni i južni zid spojeva tornjeva također se primjećuju dotrajali spojevi krovne konstrukcije koji su s vremenom otrunuli te ih je potrebno zamjeniti i sanirati. Spoj greda-stup na tom mjestu također nije izveden na adekvatan način te bi ga svakako trebalo sanirati umetanjem novog spoja te dodatnim ojačanjem čeličnim elementima (spojevima).



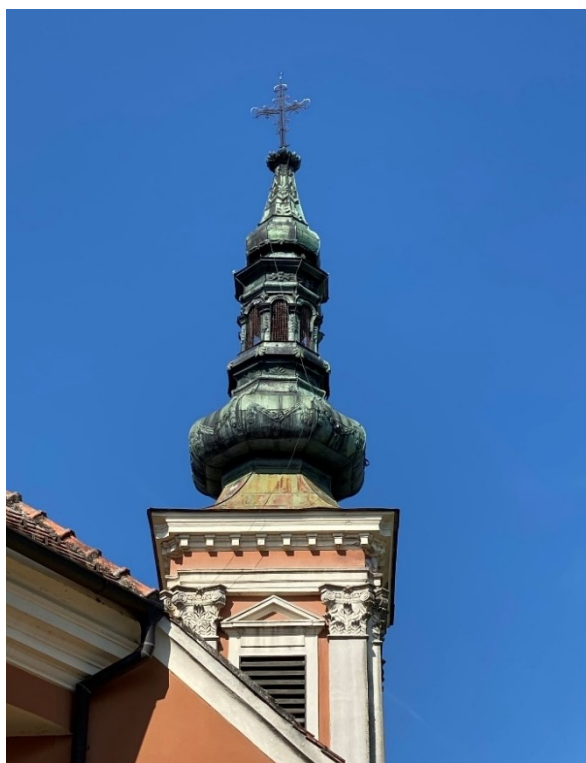
Slika 6.41.K3, prikaz spoja zvonika (na klin)



SJEVERNI TORANJ CRKVE (KAPA ZVONIKA)



Slika 6.42. Presjek zvonika

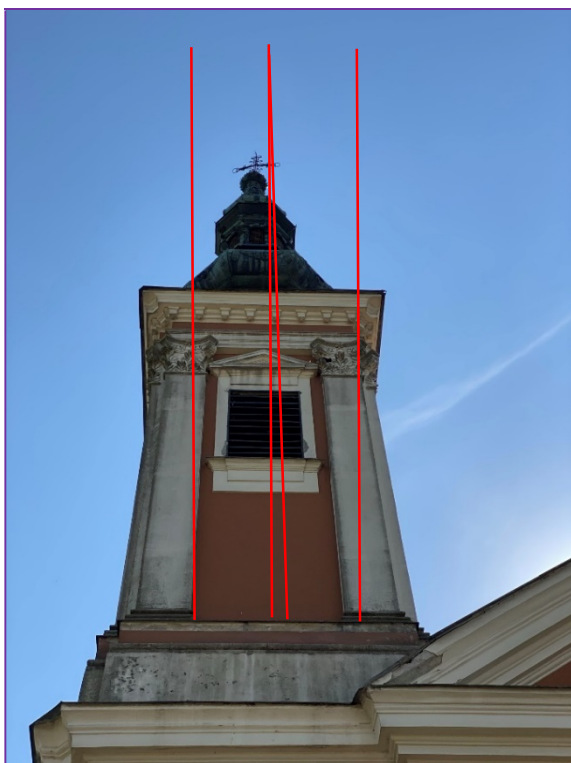


Slika 6.43.K2

Kapa (lanterna) sjevernog zvonika vidljivo se nagnula tijekom potresa a time i oštetila te bi hitne mjere sanacije također trebale obuhvatiti i taj dio crkve. Njezina sanacija trebala bi se odvijati umetanjem novog nosivog sustava u kapu zvonika, identično kako je to odrađeno na južnom zvoniku.



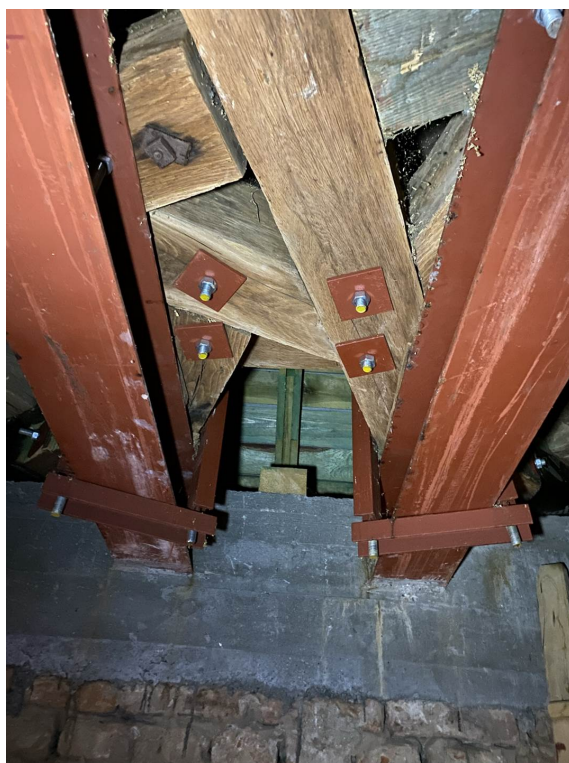
Slika 6.44. Vanjski pogled na zvonik te unutrašnjost zvonika sa starim zategama



Slika 6.45. Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve

Oštećenja uz sjeverni zvonik dodatno upućuju na pomake koji su se dogodili tijekom potresa a i samim nagib lukovice zvonika (koji je vidljiv prostim okom) implicira na oštećenja koja su nastala kombinacijom potresa, ranijih slijeganja tornja te samom dotrajalošću i opterećenjem lukovice zvonika i njenog nosivog sustava.

Cijelokupnu kapu sjevernog zvonika trebalo bi sanirati identično kao što se to izvelo na južnoj kapi zvonika, odnosno dati joj novi nosivi sustav umetanjem nove dodatne grede (opšavni nosivi vijenac) te sidrenjem vertikalnim šipkama u novu nosivu konstrukciju. Dotrajale daske i grede svakako bi trebalo zamjeniti novima te cijeli sustav upeti u glavnu nosivu konstrukciju.



Slika 6.46. Novi nosivi sustav južne lukovice zvonika, čelični profili umetnuti u horizontalnu gredu



Slika 6.47. Vertikalna sidra (čelične šipke) za sidrenje cijele lukovice zvonika

7. PRORAČUN OPTEREĆENJA NA ZGRADU

U nastavku su proračunata uporabna opterećenja na zgradu crkve:

Opterećenje snijegom;

Opterećenje vjetrom;

Potresno opterećenje.

Opterećenje snijegom

Eurocode 1 (EC1) Actions na structures, Snow load , EN1991-1-3:2003

Karakteristična vrijednost snježnog opterećenja na tlo: $s_k=1.300 \text{ kN/m}^2$

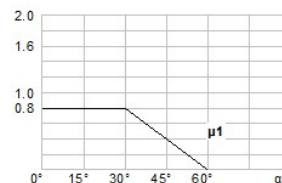
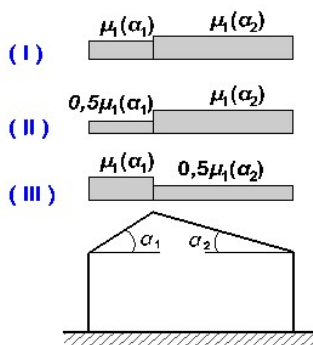
Opterećenje snijega na krov (EC1 EN1991-1-3:2003 §5)

Kut nagiba krovništa: $\alpha_1=45.000^\circ$

Kut nagiba krovništa: $\alpha_2=45.000^\circ$

Izloženost koef. : $C_e=1.000$ (EC1-1-3 §5.2(7) (III))

Thermal koef. : $C_t=1.000$ (EC1-1-3 §5.2(8))



Oblik koef. s , $\alpha_1=45.00^\circ$, $\alpha_2=45.00^\circ$, $i_1(\alpha_1)=0.400$, $i_1(\alpha_2)=0.400$

$$S(\alpha_1)=\mu_1(\alpha_1) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.400 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.300 = 0.520 \text{ kN/m}^2$$

$$S(\alpha_2)=\mu_1(\alpha_2) \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.400 \times 1.000 \times 1.000 \times 1.300 = 0.520 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje snijegom

Slučaj opterećenja (I) , $S(\text{Lijevo})=S(\alpha_1) = 0.520 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Desno})=S(\alpha_2) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

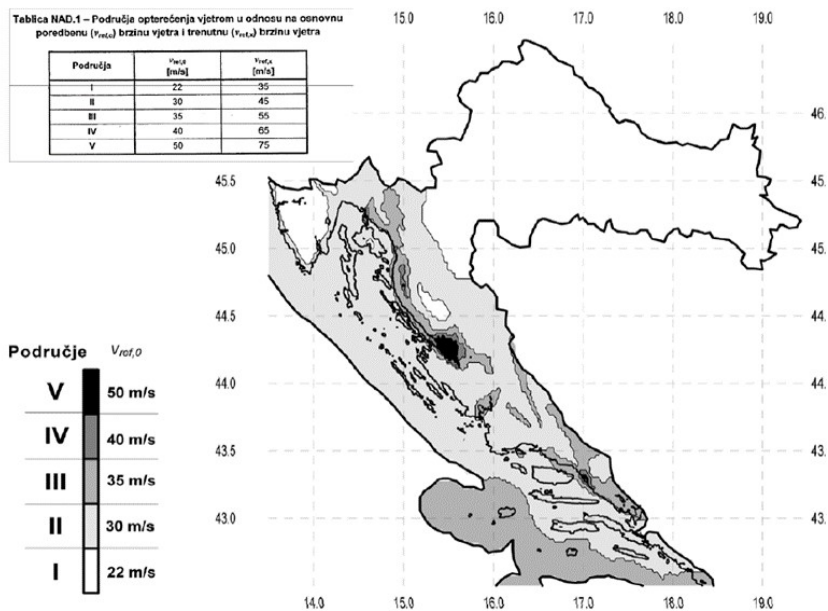
Slučaj opterećenja (II) , $S(\text{Lijevo})=0.5 \times S(\alpha_1) = 0.260 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Desno})=S(\alpha_2) = 0.520 \text{ kN/m}^2$

Slučaj opterećenja (III) , $S(\text{Lijevo})=S(\alpha_1) = 0.520 \text{ kN/m}^2$, $S(\text{Desno})=0.5 \times S(\alpha_2) = 0.260 \text{ kN/m}^2$

Opterećenje vjetrom na krovne površine

Poredbene brzine vjetra obzirom na zonu

Područje	I.	II.	III.	IV.	V.
m/s	22	30	35	40	50



Eurocode 1 (EC1) Actions na structures, Vjetar actions , EN1991-1-4:2005

Dvostrešno krovnište

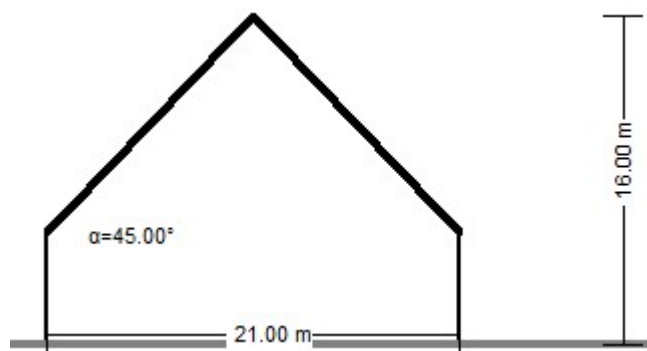
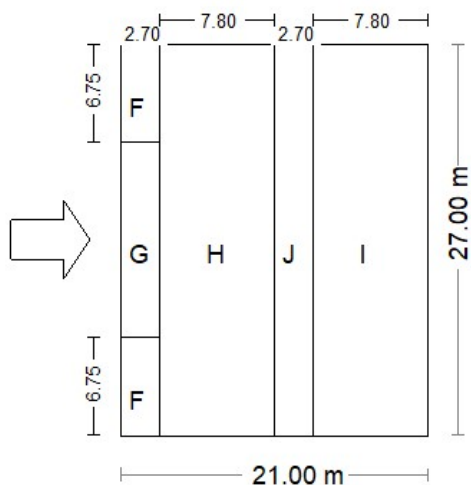
Zgrada visina $h = 16,00$ m

Zgrada duljina: $b = 27,00$ m

Zgrada širina $d = 21,00$ m

Nagib krova $\alpha_1 = 45,00$ °

Nagib krova $\alpha_2 = 45,00$ °



Kategorija terena: III

Referentna brzina

$v_{bo} = 22.00 \text{ m/s}$, Italy UNI EN, Zone: 1

$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{bo} = 22.00 \text{ m/s}$

Hrapavost factor $C_r(z)$

Teren kategorija: III, $z = 16.000 \text{ m}$, $z_0 = 0.300 \text{ m}$, $z_{min} = 5 \text{ m}$, $z_{max} = 200 \text{ m}$, $z_{oII} = 0.050 \text{ m}$

$k_r = 0.19 \cdot (0.300/0.05)^{0.07} = 0.215$

$C_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0.215 \times \ln(16.000/0.300) = 0.857$

Orography factor $C_o(z)$

$C_o(z) = 1.000$ (EN1991-1-4, §4.3.3)

Faktor turbulencije

$K_t = 1.000$

Izloženost factor $C_e(z)$

Teren kategorija: III

$z = 16.00 \text{ m}$, $k_r = 0.215$, $l_v(z) = 0.251$, $C_e(z) = 2.025$

$q(z) = C_e(z) \cdot (1/2\rho) \cdot V_b^2 = [0.001] \times 2.025 \times 0.625 \times 22.00^2 = 0.613 \text{ kN/m}^2$

Vjetar vršna brzina pritisak $q(z) = C_e(z) \cdot q_b = C_e(z) \cdot (0.625) \cdot V_b^2$

$$V_b = 22.00 \text{ m/sec}$$

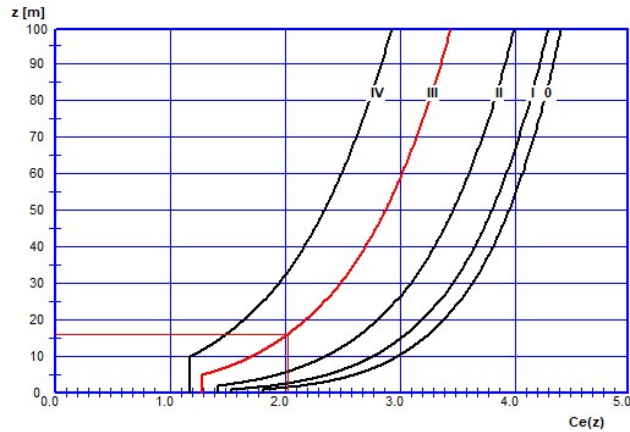
$$z = 16.000 \text{ m}$$

$$C_r(z) = 0.857$$

$$C_o(z) = 1.000$$

$$K_t = 1.000$$

$$C_e(z) = 2.025$$



$$q(z) = C_e(z) \cdot \left(\frac{1}{2}\rho\right) \cdot V_b^2$$

$$= [0.001] \times 2.025 \times 0.625 \times 22.00^2$$

$$= 0.613 \text{ kN/m}^2$$

Vjetar sile na dvostrešni krov, vjetar smjer: 0.00

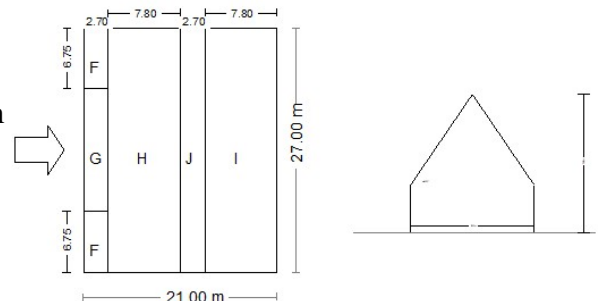
Vjetar pritisak koef. s Cpe

vjetar smjer: $\theta = 0.00$

$$b = 27.00 \text{ m}, d = 21.00 \text{ m}, h = 16.00 \text{ m}, e = \min(b, 2h) = 27.00 \text{ m}$$

$$e/4 = 6.75 \text{ m}, e/10 = 2.70 \text{ m}, e/2 = 13.50 \text{ m}$$

Nagib krova: $\alpha = 45.000$



Zone : F, $A = 25.77 \text{ m}^2$, $C_{pe,10} = +0.70$, $C_{pe,1} = +0.70$

Zone : G, $A = 51.55 \text{ m}^2$, $C_{pe,10} = +0.70$, $C_{pe,1} = +0.70$

Zone : H, $A = 297.83 \text{ m}^2$, $C_{pe,10} = +0.60$, $C_{pe,1} = +0.60$

Zone : I, $A = 297.83 \text{ m}^2$, $C_{pe,10} = +0.00$, $C_{pe,1} = +0.00$

Zone : J, $A = 103.10 \text{ m}^2$, $C_{pe,10} = +0.00$, $C_{pe,1} = +0.00$

Vjetar pritisak na krov površine $w_e = q(z) \cdot C_{pe} = 0.613 \times C_{pe}$ [kN/m²]

F	G	H	I	J					
$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
+0.429	+0.429	+0.429	+0.429	+0.368	+0.368	+0.000	+0.000	+0.000	+0.000

Vjetar sile na krov površine $Q_e = w_{e,10} \cdot A$ [kN]

F	G	H	I	J
$Q = +11.052$ kN	$Q = +22.103$ kN	$Q = +109.464$ kN	$Q = +0.000$ kN	$Q = +0.000$ kN

Total sila na krov površina (suma svih površina) $F = 153.7$ kN

Total moment od sile na krov oko lijevog ruba $M_y = 1106.1$ kNm

Total moment od sile na krov oko desnog ruba $M_x = 2074.6$ kNm

Vjetar sile na dvostrešni krov, vjetar smjer: 90.00

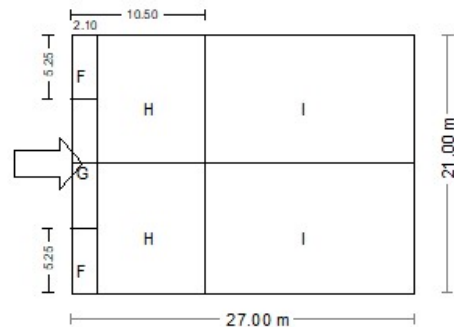
Vjetar pritisak koef. s C_{pe}

vjetar smjer: $\theta = 90.00$

$b = 21.00$ m, $d = 27.00$ m, $h = 16.00$ m, $e = \min(b, 2h) = 21.00$ m

$e/4 = 5.25$ m, $e/10 = 2.10$ m, $e/2 = 10.50$ m

Nagib krova: $\alpha = 45.000$



Zone : F, $A = 15.59$ m², $C_{pe,10} = -1.10$, $C_{pe,1} = -1.50$

Zone : G, $A = 31.18$ m², $C_{pe,10} = -1.40$, $C_{pe,1} = -2.00$

Zone : H, $A = 249.47$ m², $C_{pe,10} = -0.90$, $C_{pe,1} = -1.20$

Zone : I, $A = 490.02$ m², $C_{pe,10} = -0.50$, $C_{pe,1} = -0.50$

Vjetar pritisak na krov površine $w_e = q(z) \cdot C_{pe} = 0.613 x C_{pe}$ [kN/m²]

F	G	H	I
$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
-0.674	-0.919	-0.858	-1.225
-0.551	-0.735	-0.306	-0.306

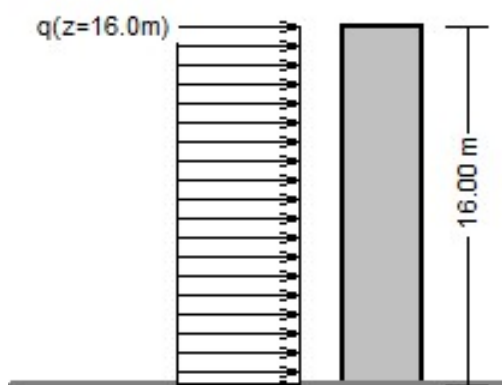
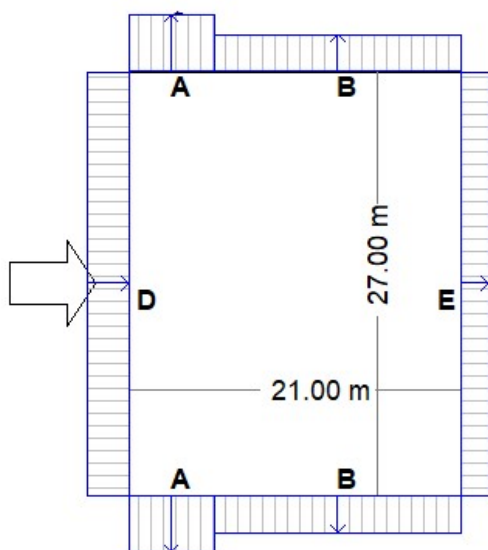
Vjetar sile na krov površine $Q_e = w_{e,10} \cdot A$ [kN]

F	G	H	I
$Q = -10.506$ kN	$Q = -26.742$ kN	$Q = -137.532$ kN	$Q = -150.085$ kN

Total sila na krov površina (suma svih površina) $F = -335.4 \text{ kN}$
Total moment od sile na krov oko lijevog ruba $M_y = -3370.3 \text{ kNm}$
Total moment od sile na krov oko vršnog ruba $M_x = -3586.3 \text{ kNm}$

Opterećenje vjetrom na vertikalne površine

Exposure factor $C_e(z)$



Kategorija terena: III

$z=16.00$ m, $k_r=0.215$, $l_v(z)=0.251$, $C_e(z)=2.025$

$q(z)=C_e(z) \cdot (\frac{1}{2}\rho) \cdot V_b^2 = [0.001] \times 2.025 \times 0.625 \times 22.00^2 = 0.613$ kN/m²

Vjetar vršna brzina pritisak $q(z)=C_e(z) \cdot q_b = C_e(z) \cdot (0.625) \cdot V_b^2$

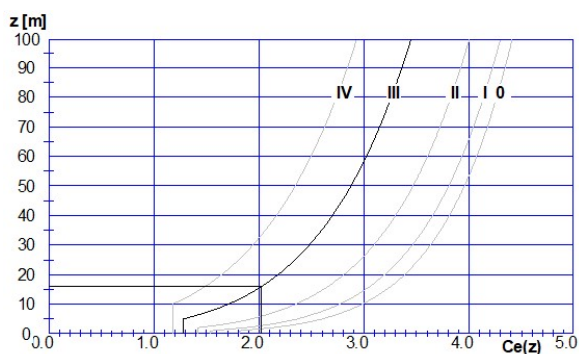
$V_b=22.00$ m/sec

$z=16.00$ m, $C_r(z)=0.857$, $C_o(z)=1.000$, $K_t=1.000$

$q(z)=C_e(z) \cdot (\frac{1}{2}\rho) \cdot V_b^2 = [10^{-3}] C_e(z) \times 0.625 \times 22.00^2$ kN/m²

$c(z)=2.025$

$q(z)=[10^{-3}] \times 2.025 \times 0.625 \times 22.00^2 = 0.61$ kN/m²



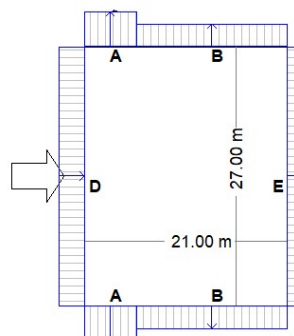
Vjetar sile na vertikalne zidove

Vjetar pritisak koef. C_{pe}

$h/d=16.00/21.00=0.762$, $e=27.00$ m

Zone : A, ($5.40 \times h$), $C_{pe,10}=-1.20$, $C_{pe,1}=-1.40$

Zone : B, ($15.60 \times h$), $C_{pe,10}=-0.80$, $C_{pe,1}=-1.10$



Zone : D, (27.00xh), $C_{pe,10}= 0.80$, $C_{pe,1}= 1.00$

Zone : E, (27.00xh), $C_{pe,10}=-0.44$, $C_{pe,1}=-0.44$

Vjetar pritisak na zid površine $w_e=q(z)\cdot C_{pe}$ [kN/m²]

	A		B		D		E	
	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$	$w_{e,10}$	$w_{e,1}$
$z=16.00\sim 0.00m$,	-0.735	-0.858	-0.490	-0.674	0.490	0.613	-0.267	-0.267

Vjetar sile na zid površine $F_w=w_e\cdot A$ [kN]

	A(5.40m)		B(15.60m)		D(27.00m)		E(27.00m)	
	$z_c[m]$	$dz[m]$	$F_w[kN]$	$F_w[kN]$	$F_w[kN]$	$F_w[kN]$	$F_w[kN]$	$F_w[kN]$
$z=16.00\sim 0.00m$,	8.00	16.00	-63.510	-122.316	211.700	-115.511		

Vjetar sile [kN] na zid površine, i momenti [kNm] obzirom na bazu

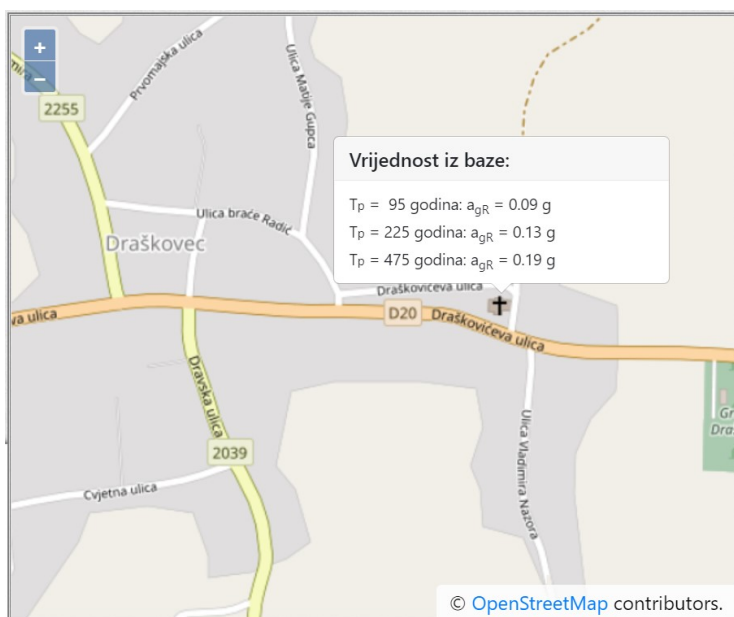
Zone : A, Sila $F_w= -63.51$ kN, $z_c= 8.00m$, Moment $M_w=z_c\cdot F_w= 508.08$ kNm

Zone : B, Sila $F_w=-122.32$ kN, $z_c= 8.00m$, Moment $M_w=z_c\cdot F_w= 978.53$ kNm

Zone : D, Sila $F_w= 211.70$ kN, $z_c= 8.00m$, Moment $M_w=z_c\cdot F_w= 1693.60$ kNm

Zone : E, Sila $F_w=-115.51$ kN, $z_c= 8.00m$, Moment $M_w=z_c\cdot F_w= 924.09$ kNm

Potresno opterećenje



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

Tablica 3. Kategorizacija tla prema seizmičnosti (Eurocode 8, HRN EN 1998-1:2008 en)

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ [m/s]	NSPT [n/30cm]	Cu [kPa]
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najmanje 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	–	–
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	> 50	> 250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	< 180	< 15	< 70

E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina vs tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od vs 800 m/s	–	–	–
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom (IP>40) i visokim sadržajem vode	< 100	–	10 - 20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1	–	–	–

vs,30 - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;

Nspt - standardni penetracijski test (broj udaraca); Cu - posmična čvrstoća tla

Tip tla	S	TP(s)	TC(s)	TD(s)
A	1,00	0,15	0,4	2,0
B	1,20	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,40	0,15	0,5	2,0

PRORAČUNSKI ELASTIČNI ODZIV SPEKTRA

Horizontal ubrzanje omjer $\alpha_g = 0.190 \times g$

Faktor tla $S = 1.20$

Faktor ponašanja [horizontal] $q = 1.50$

Faktor ponašanja [vertical] $q_v = 1.50$

Verti./horiz. $\alpha_{vg}/\alpha_g = 0.90$

Karakt. periode spektra

[horizontal] $T_b = 0.15 \text{ sec}$

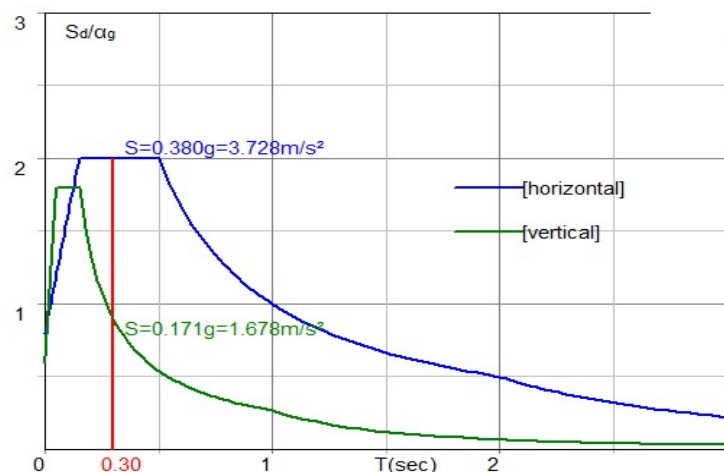
$T_c = 0.50 \text{ sec}$

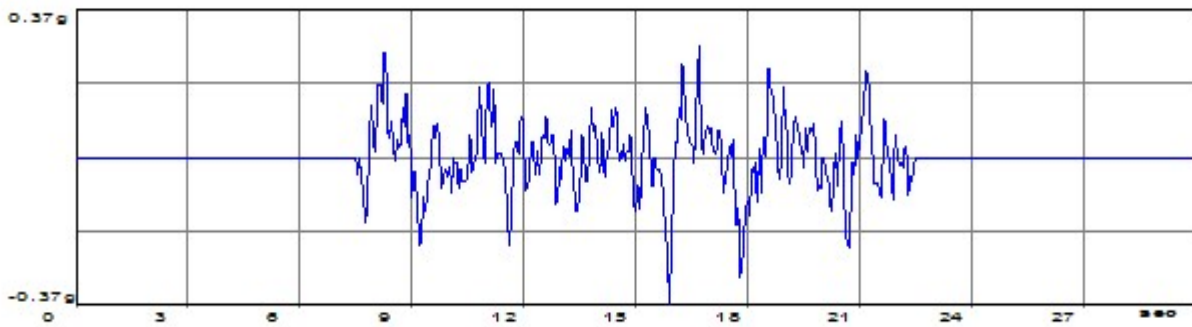
$T_d = 2.00 \text{ sec}$

[vertikal] $T_{vb} = 0.05 \text{ sec}$

$T_{vc} = 0.15 \text{ sec}$

$T_{vd} = 1.00 \text{ sec}$





Horizontalni elastična spektar odziva $S_d(T)$

$$0.00 \leq T < 0.15: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times [2/3 + (T/0.15) \times (2.5/1.50 - 2/3)]$$

$$0.15 \leq T < 0.50: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50)$$

$$0.50 \leq T < 2.00: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50) \times [0.50/T]$$

$$2.00 \leq T < 4.00: S_d(T) = 0.190 \times 1.20 \times (2.5/1.50) \times [0.50 \times 2.00/T^2]$$

Vertikalni elastična spektar odziva $S_{vd}(T)$

$$0.00 \leq T < 0.05: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times [2/3 + (T/0.05) \times (3.0/1.50 - 2/3)]$$

$$0.05 \leq T < 0.15: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50)$$

$$0.15 \leq T < 1.00: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50) \times [0.15/T]$$

$$1.00 \leq T < 4.00: S_{vd}(T) = 0.90 \times 0.190 \times 1.0 \times (3.0/1.50) \times [0.15 \times 1.00/T^2]$$

8. PRIJEDLOZI I NAČINI SANACIJE

Opisana oštećenja u ovom radu svakojake su naravi i na raznim mjestima. U suštini, ona se protežu cijelim konstruktivnim sustavom crkve Sv. Roka. Najveća oštećenja detektirana su na

bočnim kapelama (sjeverna i južna) koje su dograđene 1912. god.

sjevernom tornju zvonika crkve (kapa zvonika)

unutrašnjost crkve – lukovi i svodovi a opet najviše spoj bočnih kapela

dotrajali spojni dijelovi krovne konstrukcije

U tom smislu i nastavno na sve navedeno, sanacije koje će se izvesti moraju pokriti različite tipove oštećenja i različite tipove konstrukcija. Ni jedan od navedenih dijelova zgrade ne bi se pri tom smio zanemariti.

Pri tome je od iznimne važnosti zgradi dati novi nosivi sustav, odnosno, današnje metode integrirati u postojeći sustav zgrade.

Najvažniju ulogu u sanaciji svakako će imati hitna sanacija temelja i temeljnog tla crkve kao mjera hitne stabilizacije nosivog temeljnog sustava zgrade koji je znatno narušen potresom te je bio uzrok odvajanja dviju bočnih kapela (sjeverna i južna).

U daljnjem tekstu bit će detaljno objašnjene metode i mjere hitne sanacije kao i redosljed kojim bi se one trebale izvoditi.

8.1.SANACIJA NOSIVIH KONSTRUKTIVNIH DIJELOVA ZGRADE

Kao što je detaljno opisano u svim poglavljima rekognosciranja zgrade, oštećenja na nosivom sustavu konstrukcije zgrade su znatna i ozbiljnijeg karaktera. Većina detektiranih konstruktivnih oštećenja okarakterizirana je kao tip oštećenja II. - III., odnosno Umjerena oštećenja (lagana strukturna oštećenja, umjerena nestrukturna oštećenja) koja podrazumijevaju pukotine u mnogim nosivim zidovima, svodovima te lukovima.

Svrha sanacije jest u tome da sve konstruktivne komponente zgrade (temelji, stupovi, grede, zidovi, stropovi, svodovi, krovne grede i rogovi) povežu jedna s drugom u jednu integralnu cjelinu kako bi se u slučaju novog potresa zgrada ponašala kao jedna integralna cjelina. Osim toga, sama statička stabilnost zgrade se znatno povećava.

Sanacijske metode i pojačanje konstrukcije zgrade u sebi moraju sadržavati:

Čvrstoću

Čvrstoćom nosivih elemenata se konstrukcija odupire dinamičkoj sili uzrokovanoj potresnim udarom te zgrada djeluje kao jedna integralna jedinica.

Krutost

Krutost predstavlja otpor konstrukcije deformaciji te se može primijeniti samo na strukturne jedinice konstrukcije.

Duktilnost

Duktilnost je svojstvo materijala da podnese plastičnu deformaciju bez loma, a mjera duktilnosti izražava se omjerom između deformacija kod sloma i deformacija pri popuštanju.

Otpornost na požar

Sanirani i nosivi elementi moraju imati traženu vatrootpornost po današnjim standardima i pravilnicima. Požarna opasnost često prati potrese zbog velikih pomaka u instalacijama, mogućnosti pojave kratkih spojeva, prevrtanja zapaljivih kućanskih elemenata itd.

U tom smislu, mjere sanacije možemo podijeliti na kratkoročne mjere i dugoročne, odnosno one trajne, tj. kompletnu sanaciju.

Kratkoročne mjere sanacije:

- Zatezanje ili nanošenje zatega/kabli
- Pregrade i zaštita prolaza
- Podupiranje oštećenog nosivog sustava (grede, serklaži, stropovi, lukovi i svodovi)

Dugoročne mjere sanacije:

- Hitna sanacija temelja i temeljnog sustava ugradnjom injektiranih cijevnih mikropilota
- Rušenje oštećenih zidova, te zamjena i gradnja novih
- Uklanjanje oštećenih dijelova zidova, jače povezivanje s temeljima, ugradnja nove armature i kompletna obnova
- Izgradnja i ugradnja novog nosivog sustava zgrade
- Povezivanje i uklapanje novoizgrađenog vertikalnog nosivog sustava u horizontalni sustav zgrade (vab vijenci, ab nadvoji, ab hor. serklaži)
- Dubinsko injektiranje nosivog zidnog sustava
- Izrada novih nadvoja i horizontalnih serklaža
- Postavljanje čeličnih kabli za prednaprezanje nosivih elemenata zgrade
- Ankeriranje zidova za vertikalne nosive strukture
- Ankeriranje i povezivanje drvenog krovišta (rogovi i grede te nazidnice)
- Krpanje pukotina i mjesta opadanja žbuke
- Ugradnja armaturnih mrežica u zidove (na obje strane zida), njihovo međusobno povezivanje te prekrivanje završnim slojevima

- Obnavljanje oštećenih zidova pojačanim armaturnim mrežicama te ugradnja kvalitetnog vežećeg sredstva koje ima smanjenu razinu stezanja
- Specijalni radovi: kabela ili zatezna prednaprezanja unutar (ili izvan) nosivog vertikalnog i horizontalnog sustava zgrade.

8.2. PRIJEDLOG KONSTRUKTIVNIH MJERA SANACIJE

U nastavku su dani određeni primjeri moguće sanacije konstruktivnog nosivog i nenosivog sustava zgrade. Potrebno je imati na umu da će i cijena sanacije varirati ovisno o metodi izbora sanacije. Za predvidjeti je da će sanacija posebnim materijalima (posebne injektirajuće smole, cementne suspenzije i sl.) koštati više nego običnim materijalima i metodama (cementni mort, armaturne mreže i sl.), no uvelike je već danas dokazano da je takav tip sanacije (posebice zgrada pogođenim potresom) često najbrži, najekonomičniji, kompletan i svrsishodan. Svakako se preporučuje kombinacija suvremenih i klasičnih metoda, ovisno o stupnju i mjestu oštećenja kako i prioritetu sanacije.

Važno je za napomenuti kako sanacija korištenjem spomenutih suvremenih metoda predstavlja lakše i brže izvedivu sanaciju ali uz podizanje mehaničke otpornosti i stabilnosti zgrade na viši stupanja (Razina II./III.). Istovremeno nije potrebno dodatno duboko zadiranje u postojeću konstrukciju, duboka štemanja i sl. radovi koji dodatno oštećuju konstrukciju.

Zbog samog tipa zgrade, njene starosti, konzervatorske vrijednosti te materijala i načina na koji je crkva građena, osnovni tip predložene sanacije u nastavku će se također oslanjati na te iste metode (injektiranje nosivog sustava – zidovi, lukovi, svodovi).

Ostale predložene metode služe za prikaz investitoru i izvođaču u slučaju odluke i mogućnosti za kombinaciju navedenih metoda.

8.3.TEMELJI I TEMELJNO TLO CRKVE

KONCEPT SANACIJSKOG RJEŠENJA

Kao što je kroz ranija poglavlja rečeno, najvažniju ulogu u sanaciji svakako će imati hitna sanacija temelja i temeljnog tla crkve kao mjera hitne stabilizacije nosivog temeljnog sustava zgrade koji je znatno narušen potresom koji je uzrokovao dodatno odvajanje bočnih kapela crkve (sjeverne i južne). Petrinjski potres je izazvao dodatna slijeganja u tlu bočnih kapela te ih vidljivo odvojio od glavnog broda crkve (što se najbolje vidi u unutrašnjosti crkve, na samom spoju kapela i glavnog broda).



Slika 8.1. Vanjska oštećenja na spoju južne bočne kapele

Uzrok nastanka vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa. Vertikalne pukotine su vidljiva manifestacija svega navedenoga te bi se osnovna hitna sanacija trebala usmjeriti na stabilizaciju temelja i temeljnog tla, odnosno direktno mjesta u kojima se pojavio uzrok ovih oštećenja.

Hitnim mjerama sanacije svakako bi se trebalo stabilizirati temelje i temeljno tlo dviju kapela jer će se u suprotnom vertikalne pukotine i dalje širiti bez obzira na njihovu sanaciju (injektiranjem i drugim metodama).

Hitnom mjerom sanacije (cijevni piloti koji se ovdje predlažu) temelji kapela će se stabilizirati, anulirat će se daljnje slijeganje te njegove posljedice a same bočne kapele će se stabilizirati uz glavni brod crkve.

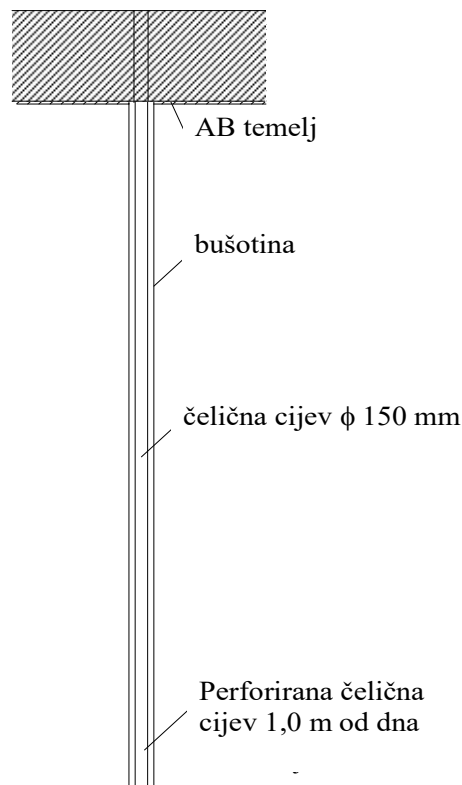
Osnovno je i od svega najvažnije, da je ovdje prezentirano sanacijsko rješenje koje se sastoji od: ugradnje cijevnih pilota – ojačanje temeljnog tla ispod temelja zgrade i to injektiranjem kroz čelične cijevi.

Ojačanje temeljnog tla postiže se otpornije tlo na djelovanja vode i suše, tj tlo koje je manje stišljivije odnosno ovim bi se zaustavila daljnja slijeganja i puzanja tla.

Sažeto rečeno, obzirom na značajnu tehničku dijagnozu, a imajući u vidu i ostale okolnosti koje karakteriziraju dotičnu lokaciju, postavljen je slijedeći koncept sanacijskog rješenja u naznačenom redoslijedu:

Hitna sanacija temelja i temeljnog tla sjeverne i južne kapele kao mjera hitne stabilizacije nosivog temeljnog sustava crkve:

- Izrada čeličnih bušenih pilota dubine 5 m kao hitne sigurnosne mjere stabilizacije crkve.
- Bušenje bušotina promjera 300mm na razmacima od 1,5m, dubine 5,0m;
- Injektiranje injekcijskom smjesom pod tlakom te ispunjavanje bušotine.
- Umetanje čelične cijevi promjera 150 mm, debljine stijenke 4 mm duljine 4,0 m.
- Prilikom ugradnje potrebno je osigurati centričnost uz primjenu pripadajućih distancera;



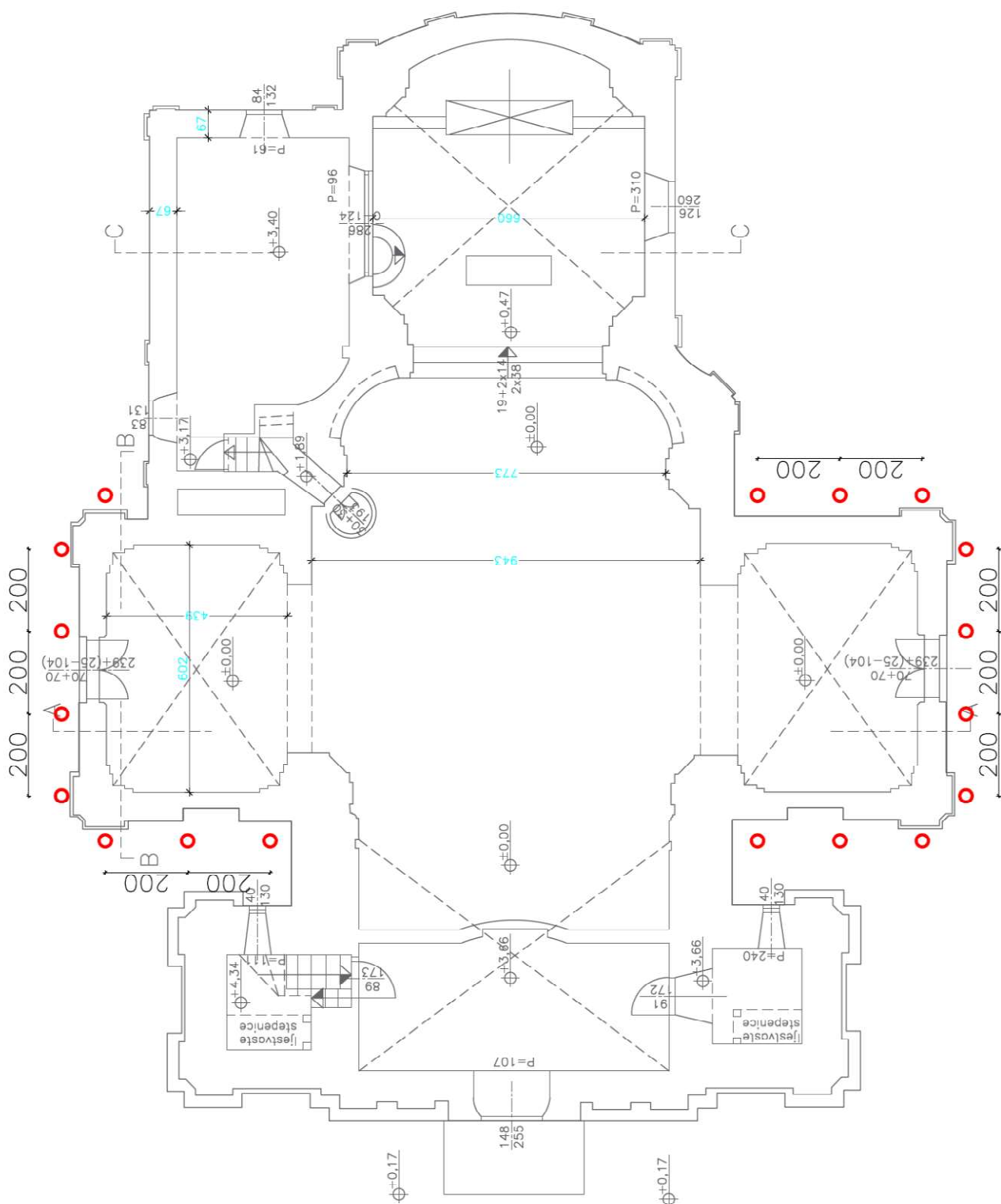
Slika 8.2. Skica; temelj, bušotina, čelična cijev

NADZOR

Tijekom realizacije sanacijskih radova svakako se preporuča česta nazočnost projektanta geotehničara (u funkciji direktivnog, a za osjetljive radne faze i stalnog nadzora) jer je to jedina stvarna garancija da će radovi biti izvedeni svrsishodno, a financijski optimalno, jednom riječju racionalno, te naročito jer se realno može očekivati višekratna potreba adaptacija postojećih projektnih rješenja prema zahtjevima aktualnog stanja na terenu.

Napomena:

Prije započinjanja ove vrste radova, Naručitelj bi svakako trebao izvesti barem jednu istražnu bušotina na mjestu planirane ugradnje cijevnih pilota te provesti geomehničke istražne radove na toj bušotini i lokaciji.

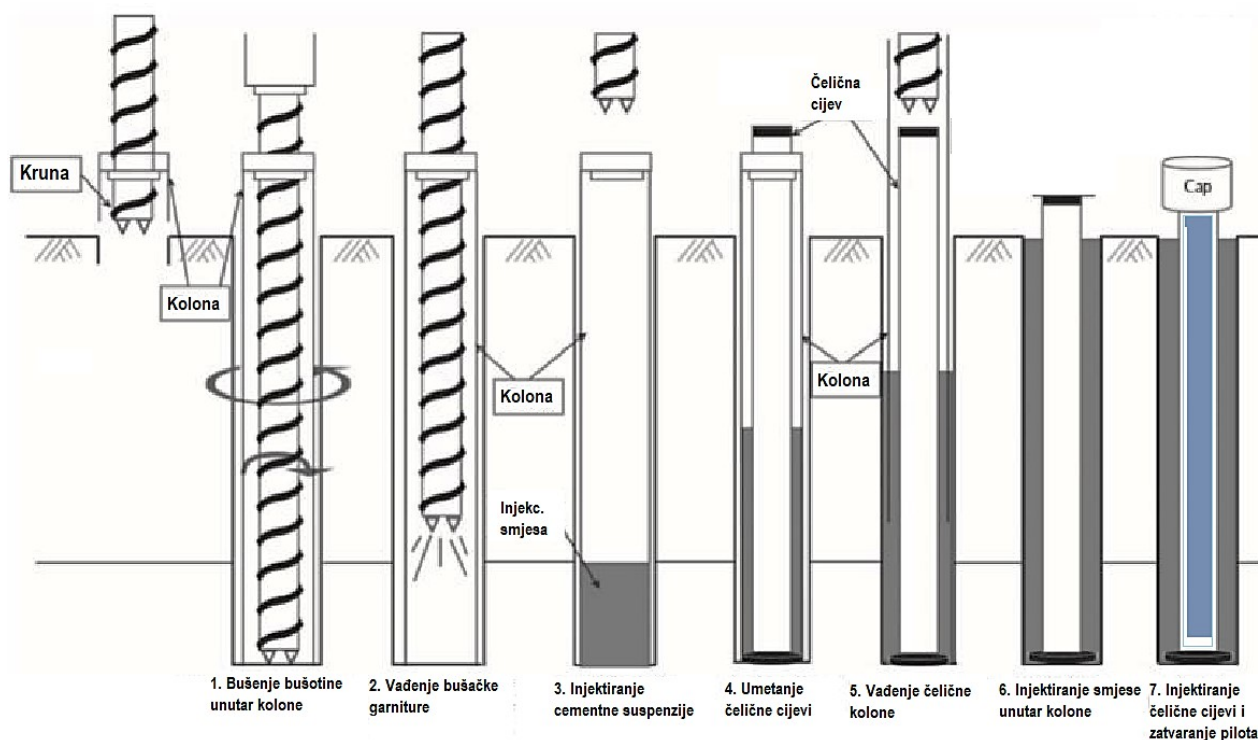


Slika 8.3. Tlocrtni raspored injektiranih cijevnih pilota kao mjera hitne sanacije temelja bočnih kapela

Nakon postavljanja pilota uz temelj crkve pristupa se hitnoj stabilizaciji temelja i temeljnog sustava sjeverne i južne kapele podbetoniravanjem temelja, odnosno izvedbom naglavne grede pilota.

Izrada armiranobetonske naglavne grede čeličnih pilota kao hitne sigurnosne mjere stabilizacije crkve izvodi se na način:

- Iskop uz temelj objekta u širini do 40cm.
- Iskop se vrši do 1,0 m dubine uz temelj.
- Iskop se vrši u kampadama po 2m s time da se sljedeća kampada ostavlja slobodna te se daljnji iskop vrši u trećoj kampadi.
- Naglavna greda se spaja sa postojećim temeljem crkve ankeriranjem armaturnim šipkama pod kutom od minimalno 45°, predviđene su tri šipke po visini temelja.
- Šipke se postavljaju na svakih 40 cm uzdužno uz temelj te se spajaju na glavu pilota.
- Ugrađuje se armatura od rebrastog čelika B500B, za naglavnu gredu.
- Izvedba, kontrola kakvoće i obračun prema OTU 7-00.2.3, 7-01.5. i 3-05.5.
- Izrada naglavne AB grede betonom klase C30/37. Obujam ab naglavne grede je 0,40 m³/m' ugrađene ab grede.



8.4. Shematski prikaz procesa postavljanja čeličnih pilota

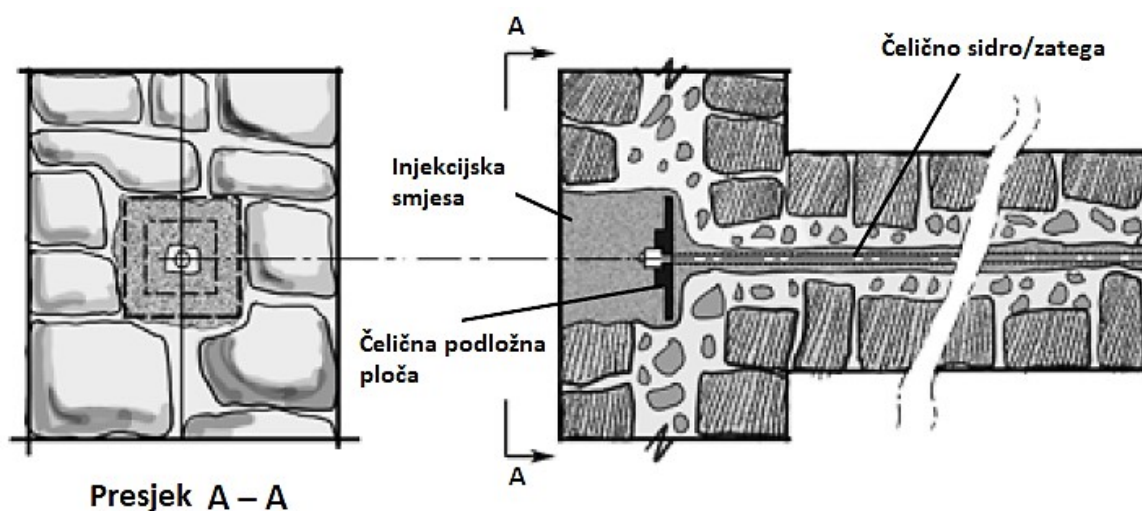
8.4. ZIDOVI I STROPOVI (SVODOVI I LUKOVI) CRKVE

Za sanaciju svodova i lukova crkve bit će potrebno postaviti radnu prenosivu skelu na visinu dohvata evidentiranih sistema pukotina. Bitno je da skela bude pokretna kako bi se mogla seliti po mjestima i fazama injektiranja svodova i zidova crkve. Unutarnju skelu je potrebno postaviti izasebno od vanjske skele, ovisno o poziciji te tipu i vrsti rada na sanaciji.

Nakon toga, sve evidentirane pukotine (te pukotinske sustave) potrebno je injektirati te sanirati prema detaljima u nacrtima i troškovniku Projekta hitne obnove.

Veze između zidova koji se sijeku mogu se ojačati ugrađivanjem vodoravnog stegnutog čeličnog sidra/zatege u rupu od cca 60 mm probušenu kroz zid na tom dijelu. Šipka je spojena na zid pomoću epoksidne žbuke. Vanjske čelične ploče i matice ugrađene su i prekrivene injekcijskom masom radi očuvanja vanjskog izgleda zida. Ova tehnika korištena je za naknadnu ugradnju kamenih zidanih zidova u Italiji nakon potresa u Moliseu 2002. (Maffei i sur. 2006.). Ova je tehnologija idealna za primjenu u kamenim zgradama od povijesne važnosti.

Kad su križanja zidova ozbiljno oštećena, bolje je obnoviti te oštećene dijelove. To zahtijeva pružanje privremene potpore za pod ili krovnu konstrukciju iznad zida. Posebnu pozornost tada je potrebno posvetiti postizanju čvrste veze između novog i postojećeg dijela zida.



Slika 8.5. Ugradnja prednapregnutih čeličnih sidara za poboljšanje veza između zidova koji se sijeku

Sanacija nosivih elemenata dubinskim injektiranjem

Injektiranje je postupak popunjavanja praznina u konstrukcijskim elementima, kojim se statički ojačava struktura, sprječava kapilarno dizanje vlage i postiže vodonepropusnost konstrukcije. Ako je došlo do propadanja i pucanja objekta u tom je slučaju potrebno izvršiti stabilizaciju dijela ili cijelog objekta. To se izvodi specijalnim poliuretanskim smolama. Smole se injektiraju ispod temeljnog zida objekta i prilikom injektiranja ispunjuju i lijepe postojeće tlo.

Sam postupak injektiranja uključuje analizu postojećeg stanja okoliša oko i ispod objekta, bušenje rupa, pozicioniranje kopalja za injektiranje i naravno educiranog i ovlaštenog izvođača za rukovanje alatima za injektiranje.

Što se tiče vrste i tipa injekcijske smjese, u suštini ih dijelimo na:

Epoksidna smola upotrebljava se za injektiranje betona i manjih oštećenja jer znatno bolje prodire u konstrukciju. To je kvalitetan, no nešto skuplji postupak.

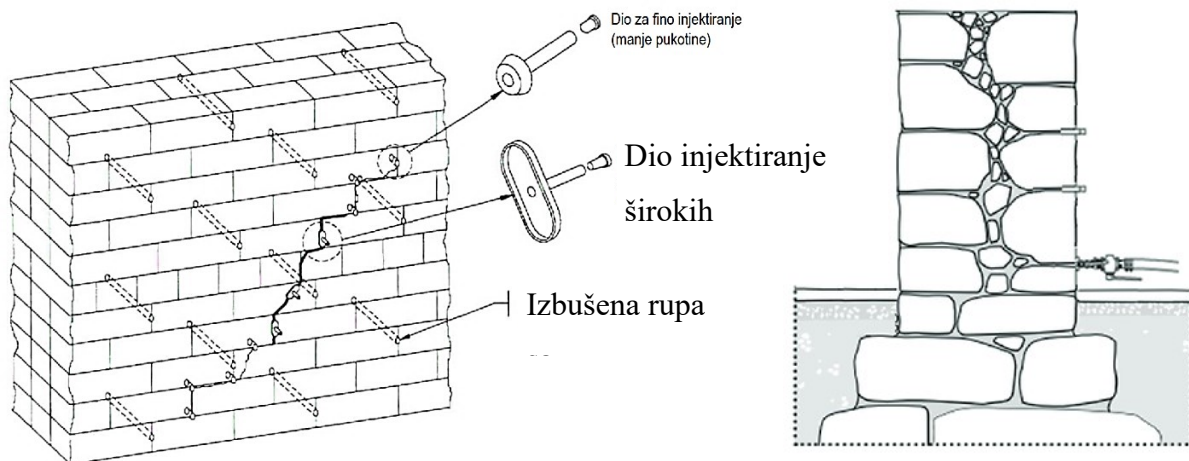
Silikonska emulzija smanjuje propusnost vlage.

S poliuretanima rješavaju se ozbiljnija oštećenja konstrukcije. Njima se također postiže vodonepropusnost građevinskih konstrukcija.

Cementna injekcijska masa koristi se za učvršćivanje zidova od kamena te kombinaciju konstruktivnih elemenata od kamena i opeke.

Postupak injektiranja

Rupe se najprije izbuše u željenom dijelu konstrukcije te se u njih ugrađuju adekvatni injekcijski nastavci. Stručnjak određuje dubinu, promjer i broj bušotina prema stanju konstrukcije i prethodnoj analizi sa sondiranjem. Nakon toga slijedi priprema injekcijske cementne mase s dodacima koji zbog hidrofobnih svojstava djelomično rješavaju i problem kapilarnog ovlaživanja temelja. Pritisak injektiranja prilagođava se u odnosu na čvrstoću same konstrukcije, a količina injekcijske mase u odnosu na volumen rupa i šupljina u konstrukciji. Ovaj zahtjevan postupak svakako treba i može izvoditi prethodno educirana i stručna osoba za tu vrstu radova.

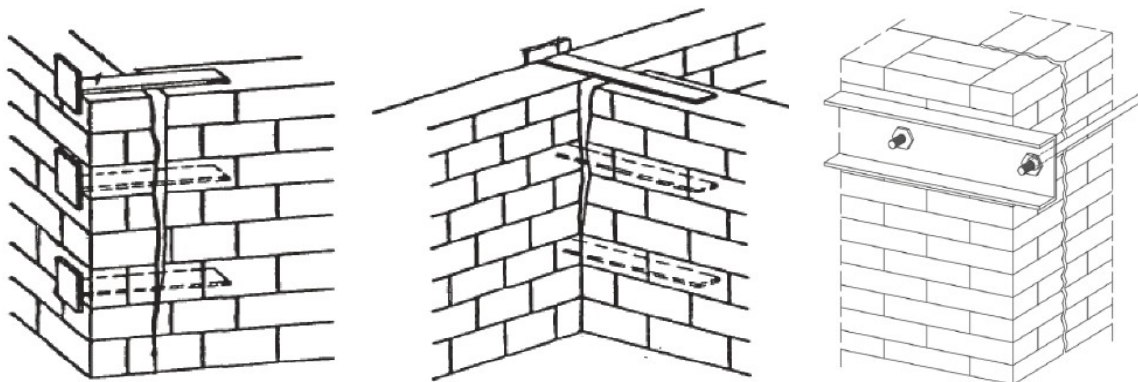


Slika 8.6. Shematski prikaz injektiranja zidova od opeke (lijevo) te kamena (desno)

Povezivanje konstrukcije sidrima i zategama

Prije izvedbe zatega treba razmotriti kvalitetu zida (starost materijala, nehomogenost, nedostatak veziva, rasprostranjenost pukotina) koja znatno utječe na primjenjivost ovakvih rješenja. Kako bi povezali zidovi koji su se odvojili zbog potresa mogu se upotrijebiti skobe poput lastina repa, metalne ploče ili polimerne mreže.

Kako bi se povezali zidovi koji su se odvojili potresom, mogu se upotrijebiti zatege koje završavaju na lastin rep, metalnim pločama ili polimernim mrežama. Takve ploče mogu biti jako učinkovite u ojačanju ugla, no ne mogu povratiti zidove u vertikalni položaj. Rascjep se zatim zapunjuje, a površine pokrivaju mrežicom i žbukom ili slično.



Slika 8.7. Mogući načini povezivanja nosivih zidova

(a) Povezivanje međusobno okomitih zidova metalnim pločama (skobe)

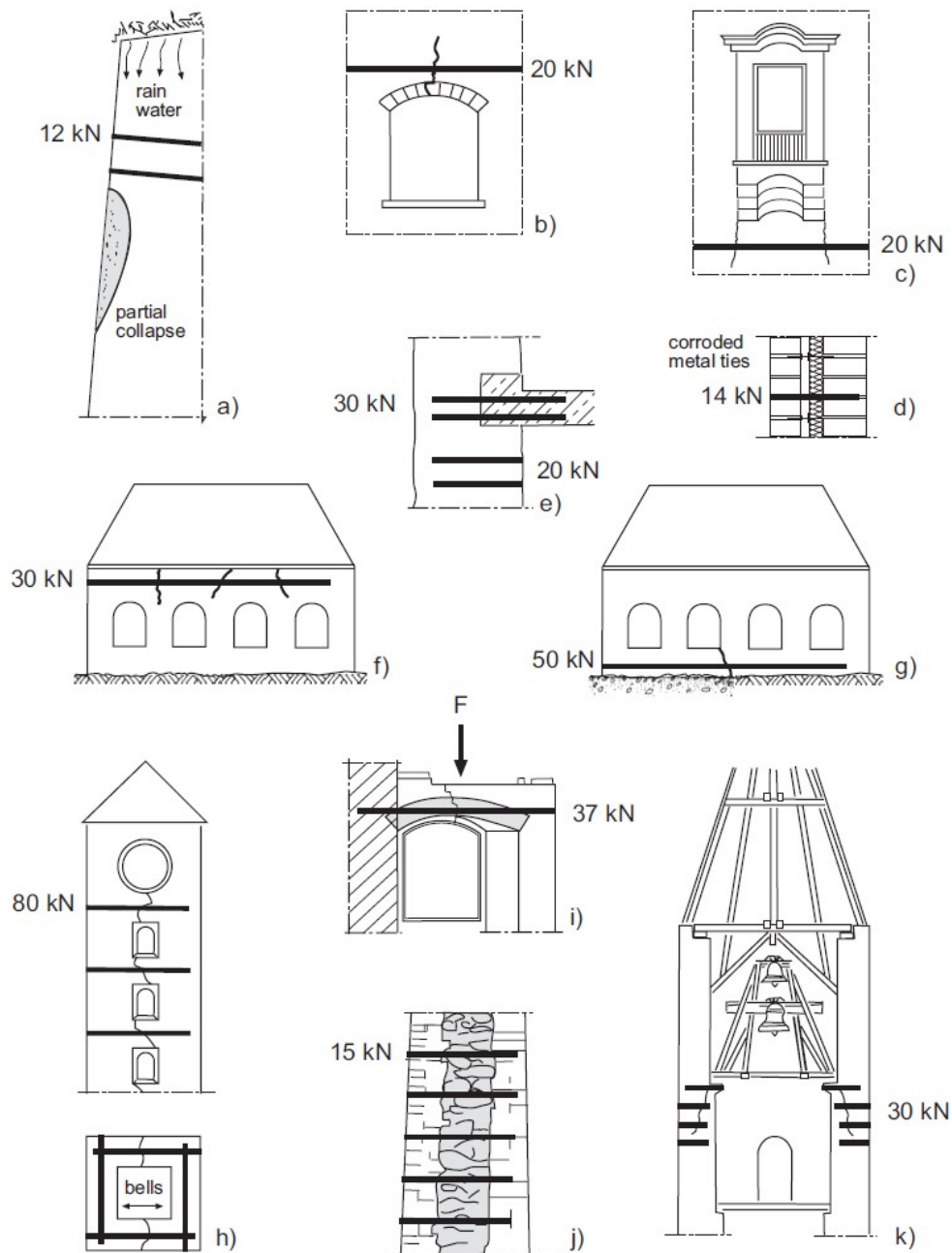
(b) Povezivanje međusobno okomitih zidova čeličnim sidrima ili zategama

Druga mogućnost je bušenje horizontalnih rupa u zidovima kroz vertikalnu pukotinu i injektiranje epoksidnom smolom ili drugim materijalom uz umetanje čeličnih šipki.

Daljnje detaljne prijedloge sanacijskih mjera i vrsta sanacije potrebno je razraditi u suradnji i savjet Projektanta te Konzervatora pa se tijekom projektiranja sanacije odlučiti za neke od njih. Napominjemo da je za određenu vrstu oštećenja dato više mogućih rješenja. Izabrano rješenje na kraju treba konstruktivno povezati nosive dijelove zgrade u jednu cjelinu, povećati im nosivost, krutost i otpornost povećanjem mehaničke otpornosti i stabilnosti te time zgradu funkcionalno podići na razini uporabljivosti i time je pripremiti za buduću eksploataciju ali i mogući novi potresni udar.

Predloženim metodama i rješenjima to je svakako moguće postići.

Na slici 8.6. prikazani su primjeri uporabe injekcijskih sidara u kamenim i zidanim konstrukcijama. Primjeri pokazuju popravak manjih elemenata poput kamenih nadvoja te ojačanje zidova i temelja koji bi ponekad mogli zahtijevati prednapregnuta sidra.



Slika 8.8. Primjene zatega u sanaciji i popravku kamenih i zidanih zidova

(a, d, j) Zatege (sidra) za stabilizaciju napuknutih ili deformiranih nosivih zidova

(b, c, f) Zatege (sidra) za sanaciju napuknutih struktura

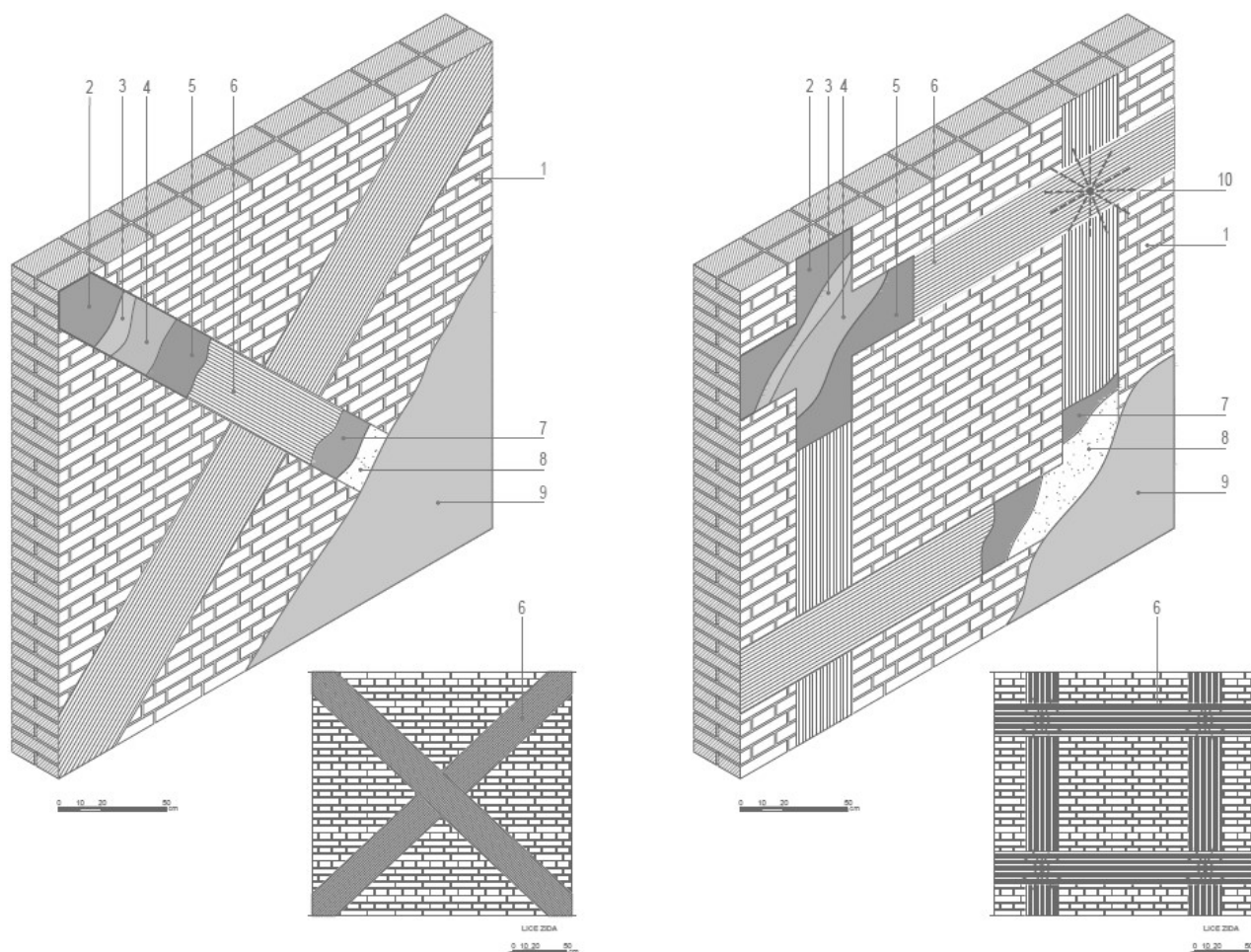
(h, k) Ojačanja radi dinamičkih opterećenja

(e, i) Zatege u spojevima postojećih zidova te novih ugrađenih dijelova

(g) Ojačanje nosivih zidova ili temelja protiv diferencijalnih slijeganja

OJAČANJA NOSIVIH ZIDOVA

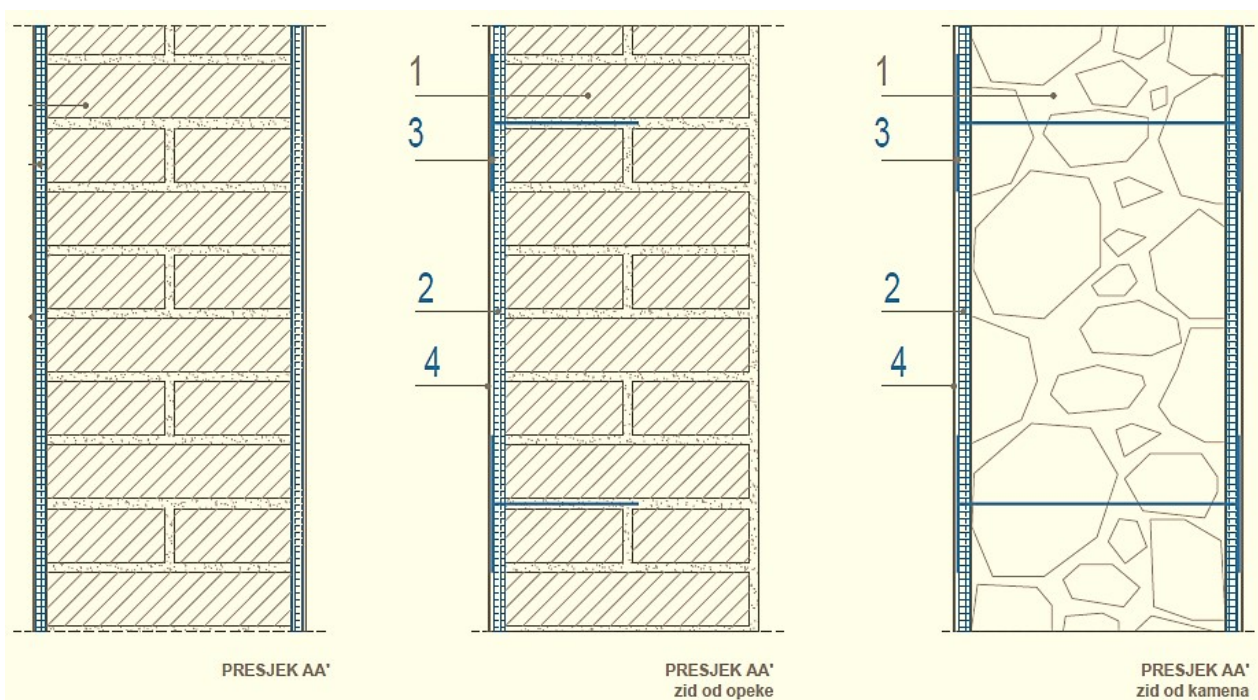
Postupak ojačanja zidova od opeke karbonskim vlaknima



Slika 8.9. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA.

Postupak ojačanja zidova od opeke armiranjem i sidrenjem

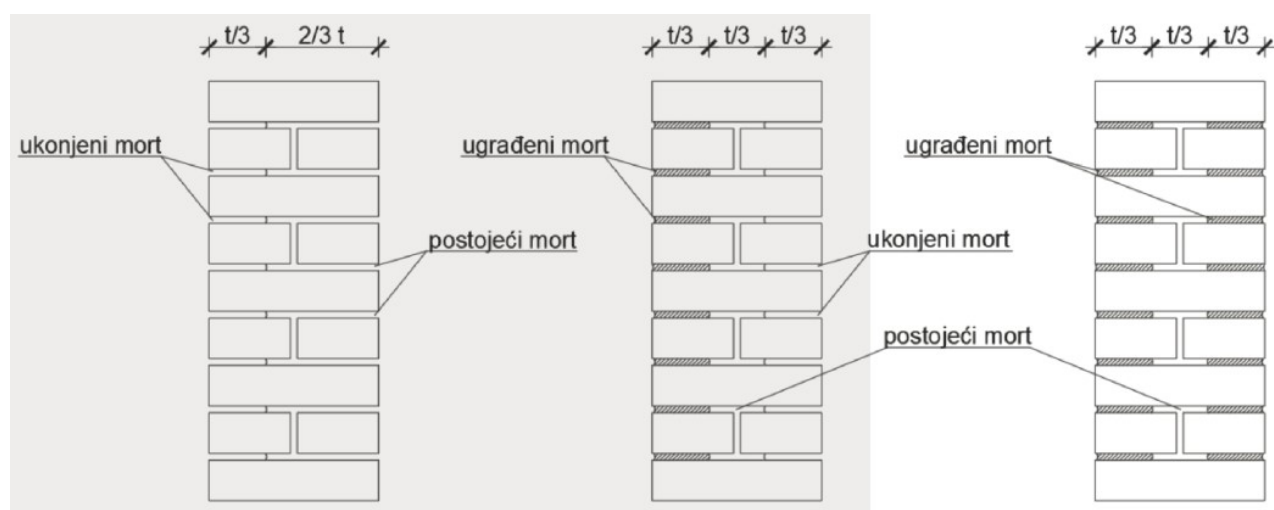
Posmično/vlačno ojačanje za nosive zidove (kamen, opeka i tuf) može se izvesti primjenom „kompaktne armirajuće žbuke“ koja se sastoji od armaturne mrežice (FRCM sustav ili obični rebrasti čelik) u kombinaciji s dvokomponentnim mortom visoke duktilnosti ojačanim vlaknima (slika 121). Ovakav tip sanacije posebno se preporučuje za vanjske i unutarnje nosive zidove jer se znatno dobiva na posmičnoj i vlačnoj čvrstoći zidova (koja dotad nije postojala) te se zidovi homogeniziraju po cijeloj svojoj dužini. Osim toga, u ovom slučaju se izbjegavaju razna injektiranja zidova, a koja se niti ne preporučuju na zidovima tanjim od 50 (60) cm. Povezivanje i sidrenje se svakako preporučuje izvesti s obje strane zida.



Slika 8.10. Ojačanje nosivog i/ili pregradnog zida od opeke, kamena ili tufa. Način ojačanja: 1. Postojeći zid od opeke; 2. Mrežica FRCM sustava ili obična ČBR mreža; 3. Sidrenje od posebnog užeta ili obična čelična šipka $\phi 6$ ili 8; 4. Posebne ili obične vrste cementne žbuke.

Djelomična zamjena morta u sljubnicama (zabatni zidovi)

Djelomična zamjena morta u sljubnicama sastoji se od djelomičnoga, ali dubokog uklanjanja oštećenoga morta u sljubnicama i zamjene novim mortom boljih mehaničkih svojstava i trajnosti. Tom je metodom moguće povećati otpornost zidanih konstrukcija na djelovanje vertikalnih i horizontalnih opterećenja (slika 8.11.).

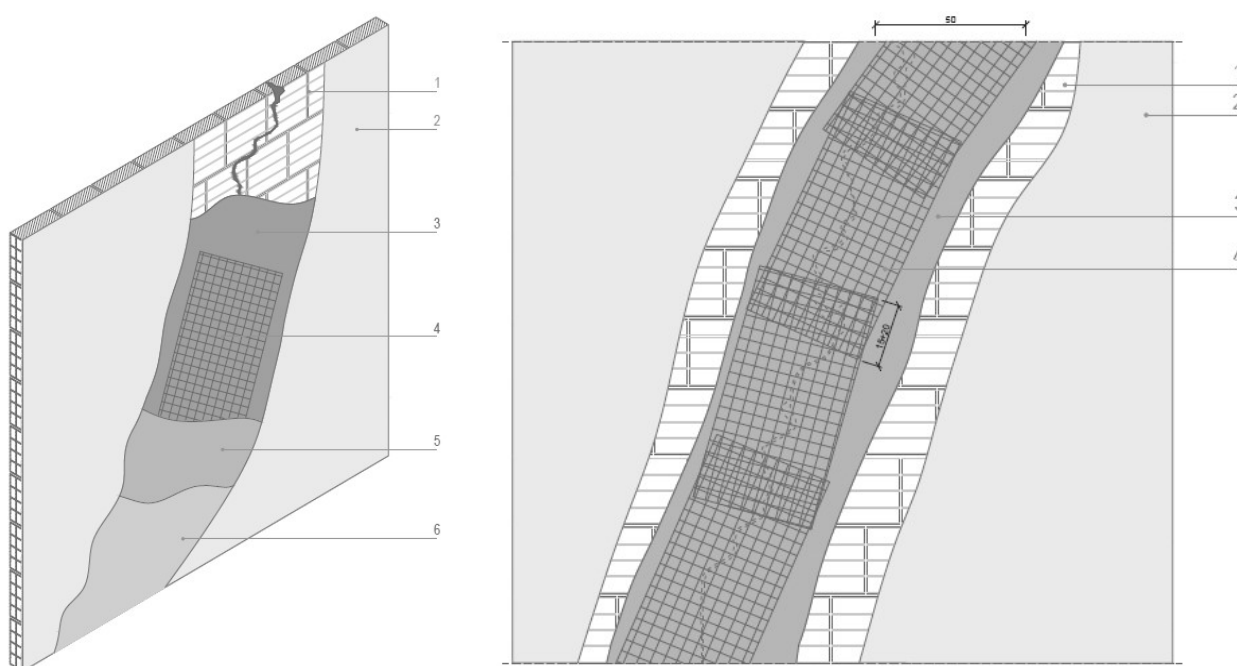


Slika 8.11. Djelomična zamjena morta u sljubnicama zidova

POPRAVAK PUKOTINA

Metode popravka pukotina ovise o vrsti i širini pukotina. Ako je širina pukotina razmjerno mala, manja od 10 mm, i ako je debljina zida razmjerno mala, pukotine se smiju zatvoriti mortom. Iste se pukotine kod debljih zidova zatvaraju injektiranjem. Popravak pukotina širine veće od 10 mm najčešće obuhvaća rekonstrukciju, odnosno djelomično preslagivanje dijela zida. Otpornost zidova na vertikalno raspucavanje može se značajno poboljšati ugradnjom čeličnih spirala ili polimerne armature maloga promjera u horizontalne sljubnice. Za popravak dijagonalnih pukotina može se uz prije navedene tehnike primijeniti ovijanje jednoga ili oba lica zida u kombinaciji s odgovarajućim mortom ili žbukom.

Ovu metodu poželjno je kombinirati sa metodom injektiranja pukotina.

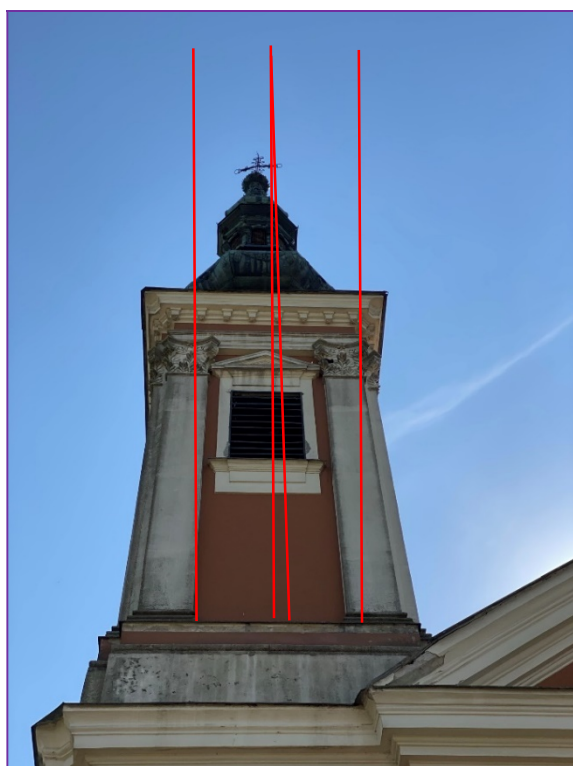


Slika 8.12. Sanacija pukotina i ojačanje pregradnih zidova može se izvesti primjenom sustava tankoslojne armirane žbuke koji se sastoji od mrežice iz FRCM SUSTAVA ili čelične rabitz mrežice (moguće i ČBR tanke mreže) u kombinaciji s dvokomponentnim mortom ojačanim vlaknima i visoke duktilnosti: 1. Postojeći pregradni zid; 2. Postojeća žbuka; 3. Dvokomponentni mort visoke duktilnosti; 4. Mrežica (alkalnootporna od staklenih vlakna ili čelična rabitz mrežica ili ČBR tankoprofilna mrežica); 5. Drugi sloj dvokomponentnog morta kao i pod 3); 6. Završni sloj

8.5. KAPA TORNJA SJEVERNOG ZVONIKA

Kapa (lukovica) sjevernog zvonika vidljivo se nagnula tijekom potresa a time i oštetila te bi hitne mjere sanacije također trebale obuhvatiti i taj dio crkve. Njezina sanacija trebala bi se odvijati umetanjem novog nosivog sustava u kapu zvonika, identično kako je to odrađeno na južnom zvoniku.

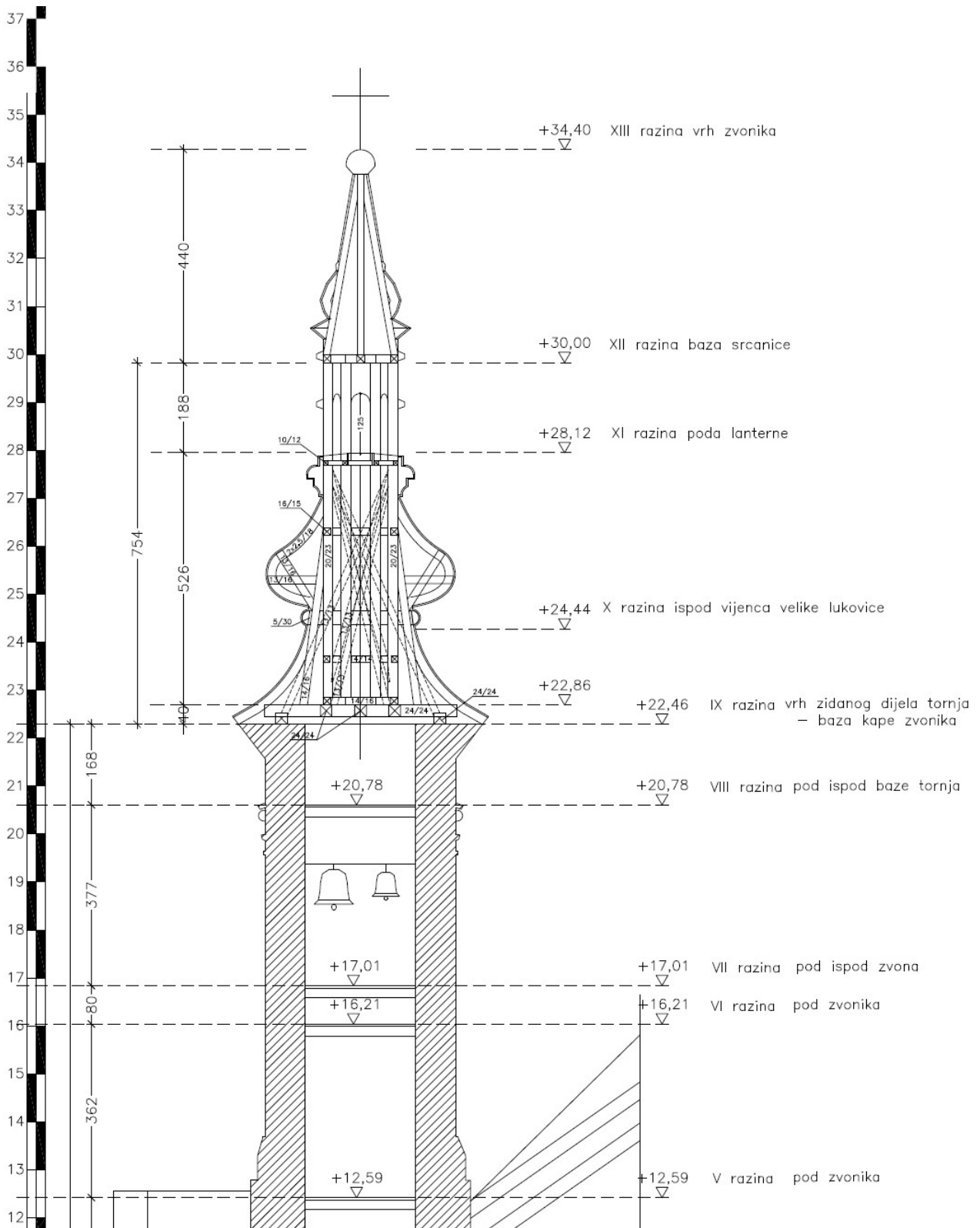
Oštećenja uz sjeverni zvonik dodatno upućuju na pomake koji su se dogodili tijekom potresa a i samim nagib lukovice zvonika (koji je vidljiv prostim okom) implicira na oštećenja koja su nastala kombinacijom potresa, ranijih slijeganja tornja te samom dotrajalošću i opterećenjem lukovice zvonika i njenog nosivog sustava.



Slika 8.13. Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve Cijelokupnu kapu sjevernog zvonika trebalo bi sanirati identično kao što se to izvelo na južnoj kapi zvonika, odnosno dati joj novi nosivi sustav umetanjem nove dodatne grede (opšavni nosivi vijenac) te sidrenjem vertikalnim šipkama u novu nosivu konstrukciju. Dotrajale daske i grede svakako bi trebalo zamjeniti novima te cijeli sustav upeti u glavnu nosivu konstrukciju.

Glavna nosiva konstrukcija lukovice tornja je kompletno drvena konstrukcija koja je izradena od hrasta I klase (alternativa je slovenskog ariša ili bora I klase), i svi novi nosivi dijelovi konstrukcije se moraju također izvoditi od hrasta I klase. Kod sjeverne lukovice tornja izvode se sljedeći radovi na sanaciji nosive konstrukcije:

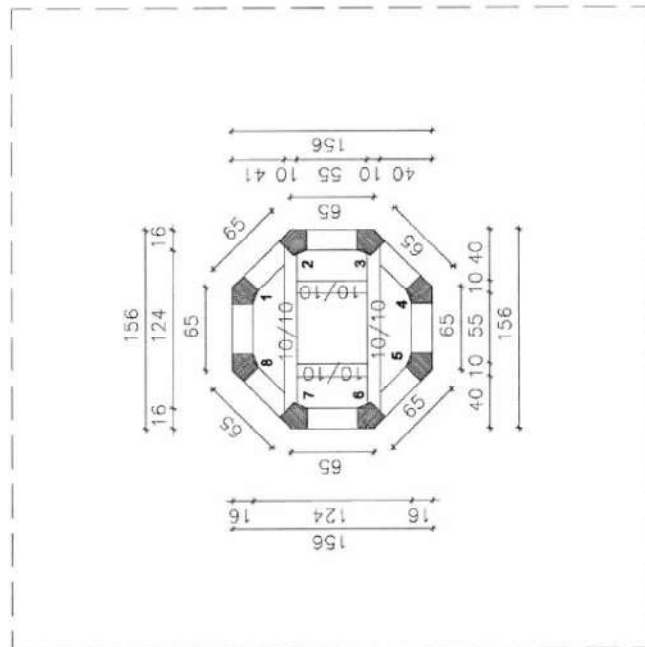
- skida se kompletna konstrukcija lukovice od baze srčanice i izvodi se nova konstrukcija, te se ugrađuju 2 para kliješta za ukrutu. Dobar materijal može se upotrijebiti za novu konstrukciju.
- skidaju se kompletna kosa kliješta od baze srčanice do poda lanterne, zatim se toranj dovede u vertikalnu i ugrađuju se kompletno nova kosa kliješta.
- na vrhu zidanog dijela tornja mijenjaju se sve nazidnice i izvodi se horizontalni vijenac u svemu prema detaljima iz statickog proračuna kojeg je potrebno izraditi u Projektu hitnih mjera sanacije.
- ispod baze lukovice ugrađuju se dvije podvlake i spajaju s ostalom konstrukcijom vijcima M20;
- konstrukcija baze lukovice se sidri u zidani dio zvonika prema detaljima danih u statickom proračunu
- kompletna nosiva konstrukcija okiva se pločevinama debljine 10 mm i vijcima M20.
- Sve drvene elemente nosive konstrukcije potrebno je zaštititi tako da budu otporne na požar. Premazima se postiže otpornost na požar minimalno 30 minuta, te drvo u slučaju požara pougljeni nekoliko milimetara i ostaje dovoljno poprečnog presjeka da se osigura nosivost prema statickom proračunu.



Slika 8.14. Presjek kroz sjeverni zvonik

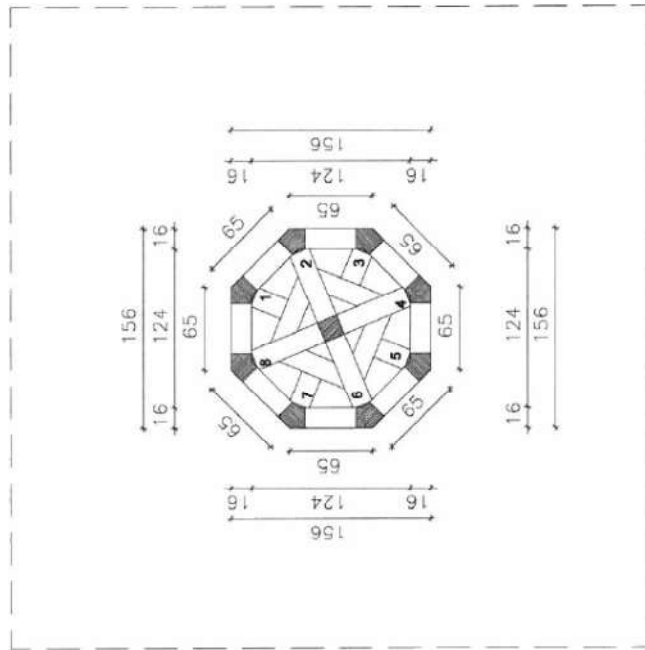
**TLOCRT U RAZINI PODA
LANTERNE NA KOTI +28,12**

MJ 1:50



**TLOCRT U RAZINI BAZE
SRČANICE NA KOTI +30,00**

MJ 1:50



9. ZAKLJUČAK

Detaljni terenski pregled zgrade izvršen je 07. kolovoza 2021. god. tijekom kojeg je rekognoscirana kompletna zgrada za obavljanje vjerskih obreda na čestici 183 k.o. Draškovec.

Opisana oštećenja u ovom radu svakojake su naravi i na raznim mjestima. U suštini, ona se protežu cijelim konstruktivnim sustavom crkve Sv. Roka. Najveća oštećenja detektirana su na bočnim kapelama (sjeverna i južna) koje su dograđene 1912. god.

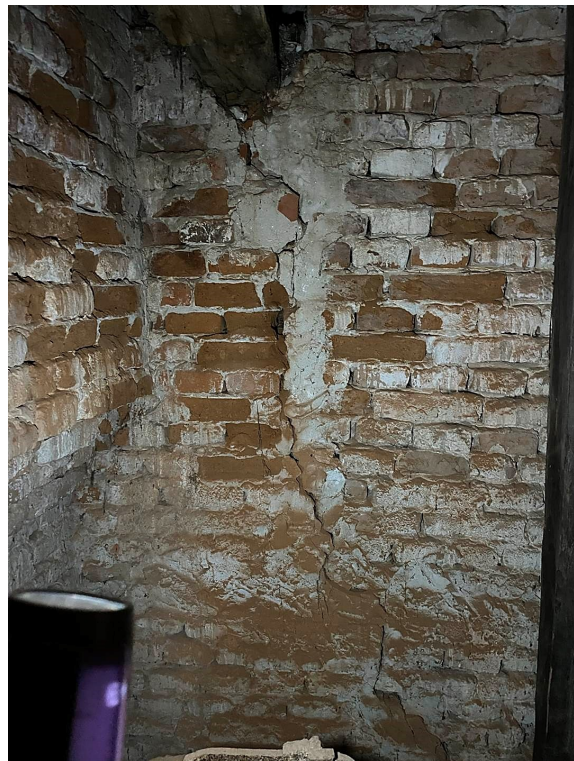
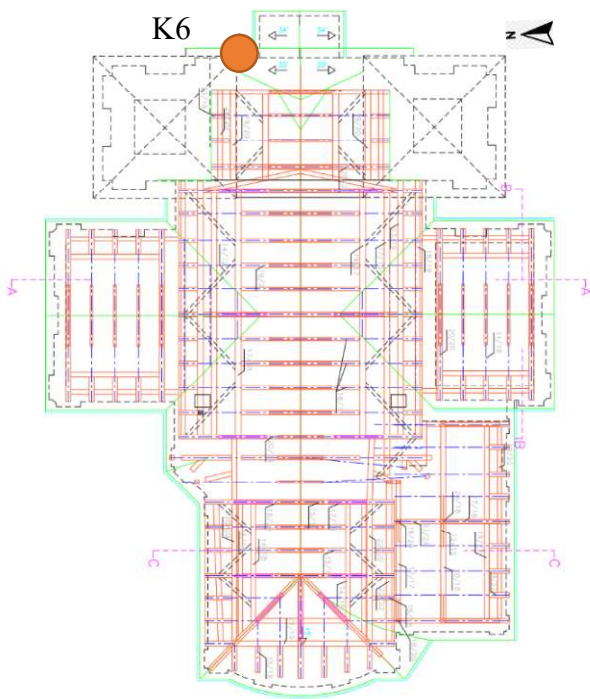
sjevernom tornju zvonika crkve (kapa zvonika)

unutrašnjost crkve – lukovi i svodovi a opet najviše spoj bočnih kapela

dotrajali spojni dijelovi krovne konstrukcije

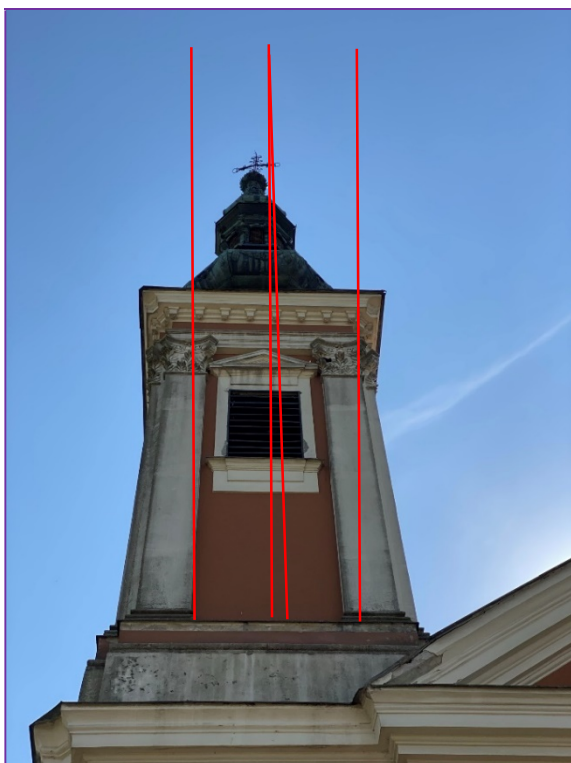
- Uzrok nastanka vertikalnih pukotina na spojevima sjeverne i južne bočne kapele je dodatno slijeganje tla ispod kapela koje se dogodilo tijekom i nakon potresa.
- Horizontale pukotine na vanjskom oplošju crkve samo su dodatna potvrda slijeganja bočnih kapela, odnosno vertikalnog pomaka temelja uzrokovanih potresom.
- Nakon sanacije temelja (koje će se morati izvesti cijevnim pilotima) sanirat će se unutrašnjost crkve, počevši također od ovih mjesta gdje su se sjeverna i južna kapela odvojile od glavnog broda crkve. Ta hitna sanacija morat će se provesti kombinacijom novih zatega te injektiranjem pukotina na mjestima odvajanja. No, glavninu oštećenja riješit će hitna sanacija temelja i temeljnog tla uz obod dograđenih kapela.
- Oštećenja bočne sjeverne kapele O13, 16, 17, i 18 identične su onima južne bočne kapele. Ta konstruktivna oštećenja također direktno ukazuju na odvajanje bočne kapele po njenom cijelom obodu a što se detaljno može razaznati na temelju pukotinskog sustava koji se širi uz cijeli luk spoja kapele i glavnog broda crkve.
- Kako je pomak okomit na pukotinu, ovdje je jasno da je došlo do odvajanja bočne kapele u smjeru sjevera a čemu se uzrok mora tražiti u temelju, odnosno temeljnom tlu.
- Prioritetna sanacija ove vrste oštećenja isto tako se treba nalaziti na mjestu uzroka, odnosno također temelju i temeljnom tlu dok su za to najadekvatnije metode pilotiranja temelja (u ovom slučaju cijevnim pilotima naknadno injektiranim cementnom suspenzijom).
- Sanacijom bi trebalo zatege dodatno pregledati i zategnuti a neke i (ako je to moguće) i zamjeniti. Naime, zatege u potkrovlju su starijeg datuma, odnosno njihovo zatezanje postže se dodavanjem klinova u otvor zatege.

- Krovna konstrukcija crkve je u dobrom stanju, osim određenih spojeva koje bi svakako trebalo ojačati prilikom sanacije umetanjem čeličnih spojeva na vijak (tu se prvenstveno misli na mjesta spojeva rogova, greda i stupova).
- Na zapadnom vanjskom zidu primjećuju se dvije velike vertikalne pukotine uz same zvonike crkve koje se protežu cijelom visinom zida. Uzrok pukotina svakako leži u tome što su bočni zidovi (sjeverni i južni) ujedno i glavni nosivi zidovi tornjeva dvaju zvonika.



Slika 9.1. Vertikalna pukotina uz južni zvonik crkve, K6

- Uz sjeverni i južni zid spojeva tornjeva također se primjećuju dotrajali spojevi krovne konstrukcije koji su s vremenom otrunuli te ih je potrebno zamjeniti i sanirati. Spoj greda-stup na tom mjestu također nije izveden na adekvatan način te bi ga svakako trebalo sanirati umetanjem novog spoja te dodatnim ojačanjem čeličnim elementima (spojevima).
- Kapa (lanterna) sjevernog zvonika vidljivo se nagnula tijekom potresa a time i oštetila te bi hitne mjere sanacije također trebale obuhvatiti i taj dio crkve. Njezina sanacija trebala bi se odvijati umetanjem novog nosivog sustava u kapu zvonika, identično kako je to odrađeno na južnom zvoniku.
- Oštećenja uz sjeverni zvonik dodatno upućuju na pomake koji su se dogodili tijekom potresa a i samim nagib lukovice zvonika (koji je vidljiv prostim okom) implicira na oštećenja koja su nastala kombinacijom potresa, ranijih slijeganja tornja te samom dotrajalošću i opterećenjem lukovice zvonika i njenog nosivog sustava.

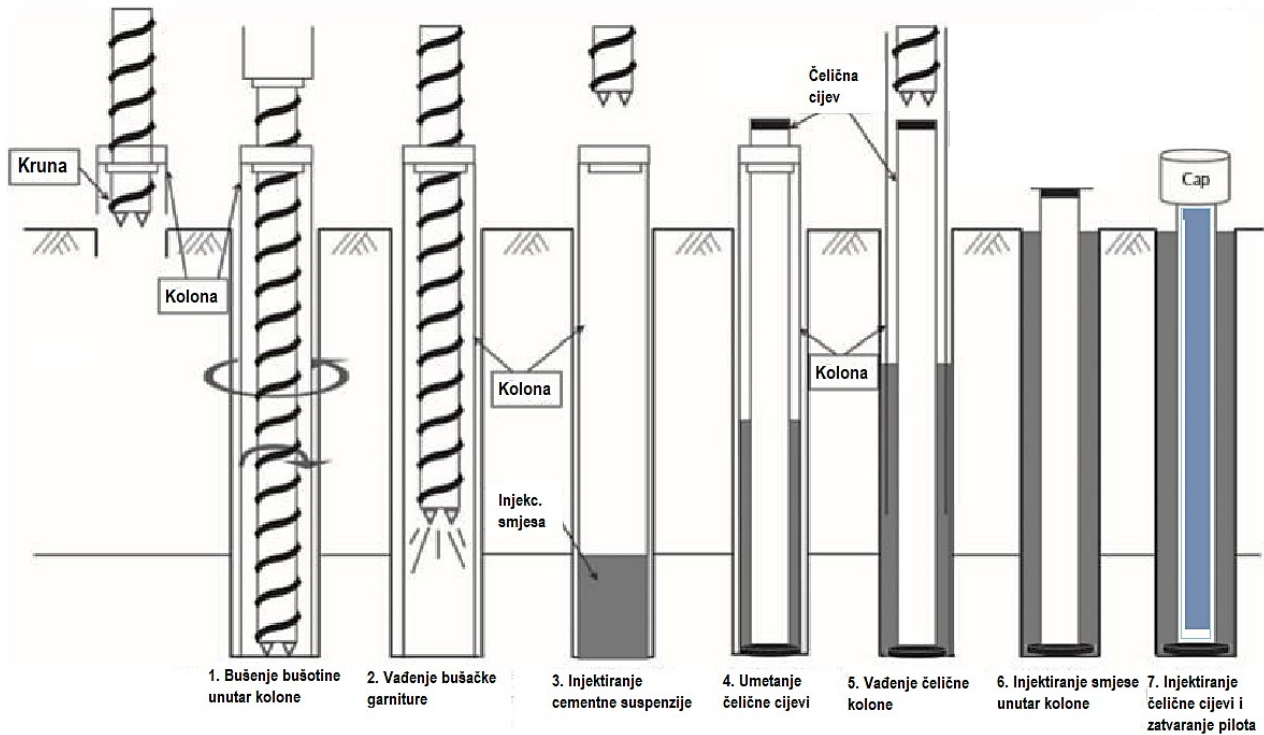


Slika 9.2. Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve

Najvažniju ulogu u sanaciji svakako će imati hitna sanacija temelja i temeljnog tla crkve kao mjera hitne stabilizacije nosivog temeljnog sustava zgrade koji je znatno narušen potresom te je bio uzrok odvajanja dviju bočnih kapela (sjeverna i južna).

Hitnim mjerama sanacije svakako bi se trebalo stabilizirati temelje i temeljno tlo dviju kapela jer će se u suprotnom vertikalne pukotine i dalje širiti bez obzira na njihovu sanaciju (injektiranjem i drugim metodama). Hitnom mjerom sanacije (cijevni piloti koji se ovdje predlažu) temelji kapela će se stabilizirati, anulirat će se daljnje slijeganje te njegove posljedice a same bočne kapele će se stabilizirati uz glavni brod crkve.

Nakon postavljanja pilota uz temelj crkve pristupa se hitnoj stabilizaciji temelja i temeljnog sustava sjeverne i južne kapele podbetoniravanjem temelja, odnosno izvedbom naglavne grede pilota.



Slika 9.3. Shematski prikaz procesa postavljanja čeličnih pilota

Nakon sanacije temelja pristupit će se sanaciji unutrašnjosti crkve, kombinaciji zatega i injektiranja te sanaciji lanterne sjevernog zvonika crkve.

Sve drvene elemente nosive konstrukcije potrebno je zaštititi tako da budu otporne na požar. Premazima se postiže otpornost na požar minimalno 30 minuta, te drvo u slučaju požara pougljeni nekoliko milimetara i ostaje dovoljno poprečnog presjeka da se osigura nosivost prema statičkom proračunu.

10. LITERATURA

- [1] S. Marković, P. Mioč: Osnovna geološka karta, L 33-58, Nađ-Kaniža; Savezni geološkog zavoda Beograd; 1987.
- [2] Kuk K., Šariri K., Kuk V., Prelogović E., Sović I., Seizmiološke i seizmološke značajke šireg Zagrebačkog područja, Građevinar 52 (2000), 11, 647-653
- [3] Gusić, D., Landeka, J., Lukić, A., Prša, M., Vidić, I., (2016): Seizmička aktivnost na području Republike Hrvatske, Ekscentar, br. 19, pp. 84-90
- [4] URGENTNI PROGRAM POTRESNE OBNOVE UPPO Građevinska tehnička rješenja, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, ISBN: 978-953-8168-41-3, Zagreb, svibanj 2020.
- [5] Muhovec I. (2020): STUDIJA indikativnog pružanja pukotina na vertikalnim stijenama (VSP) koje su položene paralelno pravcu potresnog udara (u povodu potresa u Zagrebu, 22. ožujka 2020.)

Internet izvori:

- [6] <http://zavod.hr/prostorni-planovi-uredenja-gradova-i-opcina>

11. POPIS SLIKA

Slika 2.1. Fotografija crkve sv. Roka u Draškovcu

Slika 3.3.1. Prikaz mikrolokacije predmetne katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

Slika 3.3.2. Prikaz makrolokacije predmetne katastarske čestice (izvor: <https://geoportal.dgu.hr/>)

Slika 3.4.1. Prikaz mikrolokacije prema PPU-u Grada Preloga

Slika 4.1. Osnovna geološka karta promatranog područja (autori: S. Marković, P. Mioč, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd, 1982.)

Slika 4.1.1. Pregledna tektonska karta lista Nađ-Kaniža

Slika 5.1. Epicentri potresa kod Petrinje prikazani su crvenim kružnicama, dok su lokacije postaja operativne akcelero-grafske mreže na području Grada Zagreba označene crvenim trokutima.

Slika 5.2. Područje epicentra potresa magnitude 5.2 koji se dogodio 28.XII.2020. u 6²⁸ h po lokalnom vremenu

Slika 5.3. Područje epicentra potresa magnitude 5.0 koji se dogodio 28.XII.2020. u 7⁴⁹ h po lokalnom vremenu

Slika 5.4. Područje epicentra potresa magnitude 6.4 koji se dogodio 29.XII.2020. u 12¹⁹ h po lokalnom vremenu

Slika 5.5. Iznosi horizontalnih vršnih ubrzanja tla tipa A (a_{gR}) za povratna razdoblja od $T_p = 95$ i 475 godina izraženih u jedinicama gravitacijskog ubrzanja ($1 g = 9.81 \text{ m/s}^2$) – Izvor: <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>

Slika 6.1. Sjeverno pročelje

Slika 6.2. Južno pročelje

Slika 6.3. Istočno pročelje

Slika 6.4. Zapadno pročelje

Slika 6.5. Tlocrt prizemlja župe sv. Roka u Draškovcu. s naznakama vanjskih oštećenja

Slika 6.6. Vanjska oštećenja na spoju južne bočne kapele

Slika 6.7. Vanjska oštećenja na spoju sjeverne bočne kapele

Slika 6.8.O1

Slika 6.9. O2

Slika 6.10.O3

Slika 6.11.O4

Slika 6.12.O5

Slika 6.13.O6

Slika 6.14.O7

Slika 6.15.O8

Slika 6.16.O9

Slika 6.17.10

Slika 6.18.10

Slika 6.19.11

Slika 6.20.12

Slika 6.21.13

Slika 6.22.16

Slika 6.23.17

Slika 6.24.18

Slika 6.25.15

Slika 6.27.19

Slika 6.28.20

Slika 6.29.21

Slika 6.30.O22

Slika 6.31. Tlocrt krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

Slika 6.32. Presjek A-A krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

Slika 6.33.Presjek B-B krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

Slika 6.34.Presjek C-C krovišta župe sv. Roka u Draškovcu

Slika 6.35.K1

Slika 6.36. K2

Slika 6.37.K2

Slika 6.38.Vertikalna pukotina uz južni zvonik crkve, K6

Slika 6.39.Vertikalna pukotina uz sjeverni zvonik crkve, K7

Slika 6.40.Dotrajali spoj krovne konstrukcije uz sjeverni toranj crkve

Slika 6.41.K3, prikaz spoja zatege zvonika (na klin)

Slika 6.42. Presjek zvonika

Slika 6.43.K2

Slika 6.44.Vanjski pogled na zvonik te unutrašnjost zvonika sa starim zategama

Slika 6.45.Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve

Slika 6.46.Novi nosivi sustav južne lukovice zvonika, čelični profili umetnuti u horizontalnu gredu

Slika 6.47.Vertikalna sidra (čelične šipke) za sidrenje cijele lukovice zvonika

Slika 8.1. Vanjska oštećenja na spoju južne bočne kapele

Slika 8.2. Skica; temelj, bušotina, čelična cijev

Slika 8.3. Tlocrtni raspored injektiranih cijevnih pilota kao mjera hitne sanacije temelja bočnih kapela

Slika 8.4. Shematski prikaz procesa postavljanja čeličnih pilota

Slika 8.5. Ugradnja prednapregnutih čeličnih sidara za poboljšanje veza između zidova koji se sijeku

Slika 8.6. Shematski prikaz injektiranja zidova od opeke (lijevo) te kamena (desno)

Slika 8.7. Mogući načini povezivanja nosivih zidova

Slika 8.8. Primjene zatega u sanaciji i popravku kamenih i zidanih zidova

Slika 8.9. Posmično/vlačno i kombinirano tlačno/savojno ojačanje za nosive zidove (kamen, cigla i tuf) može se izvesti primjenom tkanina iz linije FRP SUSTAVA.

Slika 8.10. Ojačanje nosivog i/ili pregradnog zida od opeke, kamena ili tufa. Način ojačanja

Slika 8.11. Djelomična zamjena morta u sljubnicama zidova

Slika 8.12. Sanacija pukotina i ojačanje pregradnih zidova

Slika 8.13. Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve

Slika 8.14. Presjek kroz sjeverni zvonik

Slika 9.1. Vertikalna pukotina uz južni zvonik crkve, K6

Slika 9.2. Vidljivi nagib sjevernog zvonika te oštećeni zid uz sjeverni toranj zvonika crkve

Slika 9.3. Shematski prikaz procesa postavljanja čeličnih pilota



Sveučilište
Sjever



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

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

Ja Željka Cmrečnjak pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključiva autorica diplomskog rada pod naslovom Ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve Sv. Roka u Draškovcu te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Studentica
Željka Cmrečnjak

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice o sastavu sveučilišta te kopirati u javno internetsku bazu završni-diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetničko ostvarenje objavljuju se na odgovarajući način.

Ja Željka Cmrečnjak neupozivo izjavljujem da sam suglasna s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom Ocjena postojećeg stanja nosive konstrukcije crkve Sv. Roka u Draškovcu čija sam autorica.

Studentica
Željka Cmrečnjak

(vlastoručni potpis)