



STUDIO
ARHING

D.O.O. ZA PROJEKTIRANJE I INŽENJERING POSLOVE U GRADITELJSTVU | ĆIRE TRUHELKE 49, ZAGREB | T: 3772 480 | INFO@STUDIO-ARHING.COM | OIB: 17870151363

INVESTITOR

**Župa Rođenja Blažene Djevice Marije
Granešina 10, 10 000 Zagreb
OIB: 89126704852**

NAZIV PROJEKTA

**PROJEKT CJELOVITE OBNOVE
ZGRADE JAVNE NAMJENE**

STRUKOVNA ODREDNICA PROJEKTA

GRAĐEVINSKI - PROJEKT KONSTRUKCIJE

OZNAKA PROJEKTA

55/23-PO

PROJEKTANT KONSTRUKCIJE

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ., G 3870

SURADNICI

**David Anđić, mag.ing.aedif.
Tamara Horvat, mag.ing.aedif.
Maja Vrančić, mag.ing.aedif.
Nemanja Zečić, mag.ing.aedif.
Matej Kramarić, mag.ing.aedif.
Ivan Manović, mag.ing.aedif.
Mihaela Maslač, mag.ing.arch.**

MJESTO

Zagreb

GRAĐEVINA

**Crkva Rođenja Blažene Djevice Marije
Granešina 12, 10 000 Zagreb
k.č.br. 8838, k.o. Granešina Nova**

FAZA PROJEKTA

FAZA 1

**PROJEKT OBNOVE KONSTRUKCIJE ZGRADE
PROJEKT POJAČANJA GRAĐEVINSKE
KONSTRUKCIJE**

MAPA

2

ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA

55/23-PO-GR

GLAVNI PROJEKTANT

Ana Jeren, mag.ing.arch., A 4292

ODGOVORNA OSOBA

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

DATUM

listopad, 2023.

Stranica za ovjeru revidenta kvalificiranim elektroničkim potpisom:

Revident:

S A D R Ž A J

PROJEKT CJELOVITE OBNOVE ZGRADE JAVNE NAMJENE

FAZA 1

PROJEKT OBNOVE KONSTRUKCIJE ZGRADE –
PROJEKT POJAČANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE
MAPA 2

| | | |
|------------|--|-----------|
| I. | OPĆI DIO..... | 6 |
| 1.1 | Popis mapa..... | 7 |
| 1.2 | Opći podaci o građevinskoj konstrukciji..... | 7 |
| 1.3 | Izvadak iz sudskog registra | 8 |
| 1.4 | Rješenja o upisu u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva | 13 |
| 1.5 | Dopuštenja za obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara | 15 |
| 1.6 | Popis projektanata i suradnika | 17 |
| II. | TEHNIČKI DIO..... | 18 |
| 2 | Tehnički opis..... | 19 |
| 2.1 | Uvod | 19 |
| 2.2 | Postojeće stanje | 21 |
| 2.1 | Pojačano stanje | 27 |
| 2.2 | Tehnički dio..... | 30 |
| 3 | Program kontrole i osiguranja kvalitete | 33 |
| 3.1 | Opći podaci i definicije | 33 |
| 3.2 | Zemljani radovi | 34 |
| 3.3 | Betonski i armiranobetonski radovi..... | 35 |
| 3.4 | Čelična konstrukcija..... | 46 |
| 3.5 | Drvena konstrukcija | 48 |
| 3.6 | Zidarski radovi | 50 |
| 3.7 | Materijali za sanaciju konstrukcija | 51 |
| 3.8 | Nadzor | 54 |
| 3.9 | Mjere u slučaju nesukladnosti | 56 |
| 4 | Ocjena postojećeg stanja i zatečena potresna otpornost | 57 |
| 4.1 | Vizualni pregled | 57 |
| 4.1.1 | Vizualni pregled građevine | 57 |
| 4.1.2 | Prostorni model zgrade s prikazom oštećenja | 61 |
| 4.1.3 | Čelične zatege | 64 |
| 4.2 | Istražni radovi | 68 |
| 4.2.1 | Zidne istražne sonde | 69 |
| 4.2.2 | Stropna istražna sonda | 74 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.2.3 | Geotehnički istražni radovi | 75 |
| 4.2.4 | Ocjena stanja drvenih konstrukcija | 81 |
| 4.3 | Analiza zatečene potresne otpornosti | 87 |
| 4.3.1 | Opis nedostataka građevine | 87 |
| 4.3.2 | Kontrola zatečene potresne otpornosti | 88 |
| 4.3.3 | Mehanizmi otkazivanja | 97 |
| 4.3.4 | Zaključak o stanju građevine | 100 |
| 4.3.5 | Potrebna razina obnove | 100 |
| 4.3.6 | Zatečena potresna otpornost..... | 101 |
| 4.3.7 | Hitne mjere | 102 |
| 5 | Pojačanje konstrukcije | 105 |
| 5.1 | Ulazni podaci - analiza djelovanja na konstrukciju | 105 |
| 5.1.1 | Stalno djelovanje | 105 |
| 5.1.2 | Uporabno djelovanje..... | 105 |
| 5.1.3 | Djelovanje snijega..... | 106 |
| 5.1.4 | Djelovanje potresa | 106 |
| 5.1.5 | Djelovanje vjetra | 107 |
| 5.2 | Toranj..... | 109 |
| 5.2.1 | Seizmički proračun tornja | 109 |
| 5.2.2 | Proračun vlačnih spregova u tornju | 130 |
| 5.3 | Krovište | 133 |
| 5.3.1 | Proračun krovišta crkve | 133 |
| 5.3.2 | Proračun uzdužne stabilizacije krovišta broda | 158 |
| 5.3.3 | Provjera krovišta tornja na prevrtanje..... | 164 |
| 5.4 | Crkva | 165 |
| 5.4.1 | Proračun konstrukcije horizontalnog čeličnog sprega | 165 |
| 5.4.2 | Proračun čelične potkonstrukcije ferocementnih svodova i lučne grede..... | 174 |
| 5.4.3 | Proračun novih čeličnih zatega u glavnom brodu..... | 188 |
| 5.4.4 | Proračun armiranobetonske ploče kora..... | 189 |
| 5.4.5 | Proračun armiranobetonske ploče na bočnim brodovima | 193 |
| 5.4.6 | Proračun pojačanja zida apside | 197 |
| 5.4.7 | Pojačanje kontrafora FRP tkaninom..... | 201 |
| 5.4.8 | Pojačanje stupova | 205 |

| | | |
|---|---|------------|
| 5.4.9 | Nelinearno statička analiza crkve (push-over analiza) | 207 |
| 5.5 | Temelji | 218 |
| 5.5.1 | Proračun temelja apside | 218 |
| 5.5.2 | Proračun podne ploče..... | 221 |
| 6 | Karakteristični izvedbeni detalji | 225 |
| 6.1 | Toranj..... | 225 |
| 6.2 | Krovište | 228 |
| 6.3 | Crkva | 232 |
| 6.4 | Temelji | 240 |
| 7 | Ocjena potresne otpornosti građevine nakon pojačanja | 242 |
| 8 | Mogućnost i uvjeti uporabe dijelova zgrade prije dovršetka obnove | 243 |
| 9 | Posebni tehnički uvjeti obnove | 245 |
| 10 | Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevinskim otpadom | 252 |
| III. TROŠKOVNIK PROCIJENJENIH TROŠKOVA RADOVA OBNOVE | | 253 |
| IV. GRAFIČKI PRIKAZ | | 254 |

I. OPĆI DIO

1.1 Popis mapa

Projekt cjelovite obnove zgrade javne namjene

Faza 1 - Projekt obnove konstrukcije zgrade – Projekt pojačanja građevinske konstrukcije

Zajednička oznaka projekta (ZOP): 55/23-PO-GR

Glavni projektant: Ana Jeren, mag.ing.arch. A 4292

| MAPA | VRSTA PROJEKTA | BROJ PROJEKTA | TVRTKA | PROJEKTANT |
|------|--|---------------|--|---|
| 1 | ARHITEKTONSKI PROJEKT PROJEKT ARHITEKTURE | 55/23-PO | Studio Arhing d.o.o., Ćire Truhelke 49, 10000 Zagreb | Branka Petković, dipl.ing.arh, A 529 |
| 2 | GRAĐEVINSKI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE | 55/23-PO | Studio Arhing d.o.o., Ćire Truhelke 49, 10000 Zagreb | Juraj Pojatina, dipl.ing.građ. G 3870 |
| 3 | TROŠKOVNIK RADOVA | 55/23-PO | Studio Arhing d.o.o., Ćire Truhelke 49, 10000 Zagreb | Juraj Pojatina, dipl.ing.građ. G 3870 |

1.2 Opći podaci o građevinskoj konstrukciji

Vlasnik: Župa Rođenja Blažene Djevice Marije
Adresa vlasnika: Granešina 10, 10 000 Zagreb
OIB: 89126704852
Naziv građevine: Crkva Rođenja Blažene Djevice Marije
Adresa: Granešina 12, 10 000 Zagreb
Katastarska čestica: 8838
Katastarska općina: Granešina Nova

1.3 Izvadak iz sudskog registra

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U ZAGREBUElektronički zapis
Datum: 28.03.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

MBS:

080059522

OIB:

17870151363

EUID:

HRSR.080059522

TVRTKA:

- 1 STUDIO ARHING društvo s ograničenom odgovornošću za inženjering poslove u građevinarstvu
- 1 STUDIO ARHING d.o.o.

SJEDIŠTE/ADRESA:

- 6 Zagreb (Grad Zagreb)
Ulica Čire Truhelke 49

ADRESA ELEKTRONIČKE POŠTE:

- 9 juraj@studio-arhing.com

PRAVNI OBLIK:

- 1 društvo s ograničenom odgovornošću

PREDMET POSLOVANJA:

- 1 22.2 - Tiskarska djelatnost i s njom povezane usluge
- 1 22.33 - Umnožavanje računalnih (kompjutorskih) zapisa
- 1 45.5 - Iznajm. građ. strojeva i opr. s rukovateljem
- 1 51 - Trgovina na veliko i posredovanje u trgovini, osim trgovine motornim vozilima i motociklima
- 1 52.1 - Trgovina na malo u nespecijaliziranim prod.
- 1 60.23 - Ostali prijevoz putnika cestom
- 1 60.24 - Prijevoz robe (tereta) cestom
- 1 63.40 - Djelatnost ostalih agencija u prometu
- 1 70.3 - Poslovanje nekretn., uz naplatu ili po ugovoru
- 1 71.32 - Iznajmljivanje strojeva i opreme za građevin.
- 1 72.3 - Obrada podataka
- 1 73.1 - Istraž. i raz. u prir., tehn. i tehnol. znan.
- 1 74.13 - Istraživanje tržišta i ispit. javnog mnijenja
- 1 74.2 - Arhitektonske i inženj. djel. i tehn. savjet.
- 1 74.3 - Tehničko ispitivanje i analiza
- 1 74.4 - Promidžba (reklama i propaganda)
- 1 * - stručni poslovi prostornog uređenja, izrada dokumenata prostornog uređenja i stručne podloge za izdavanje lokacijskih dozvola
- 1 * - građenje, projektiranje i nadzor
- 1 * - instalacijski i završni radovi u građevinarstvu
- 1 * - računovodstveni i knjigovodstveni poslovi
- 1 * - izvođenje investicijskih radova u inozemstvu i

Izrađeno: 2023-03-28 14:39:44
Podaci od: 2023-03-28D004
Stranica: 1 od 5

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U ZAGREBUElektronički zapis
Datum: 28.03.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PREDMET POSLOVANJA:

- ustupanje investicijskih radova stranoj osobi u zemlji
- | | | |
|---|---|---|
| 1 | * | - međunarodni prijevoz robe i putnika u cestovnom prometu |
| 1 | * | - međunarodno otpremništvo |
| 1 | * | - turistički poslovi s inozemstvom |
| 1 | * | - zastupanje stranih tvrtki |
| 6 | * | - kupnja i prodaja robe |
| 6 | * | - obavljanje trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu |
| 6 | * | - održavanje i popravak motornih vozila |
| 6 | * | - prekrcaj tereta i skladištenje |
| 6 | * | - izvođenje instalacijskih radova u inozemstvu |
| 6 | * | - pripremanje hrane i pružanje usluga prehrane, pripremanje i usluživanje pićem i napitcima |
| 6 | * | - turističke usluge u nautičkom turizmu |
| 6 | * | - turističke usluge u ostalim oblicima turističke ponude |
| 6 | * | - ostale turističke usluge |
| 6 | * | - turističke usluge koje uključuju športsko-rekreativne ili putoslovne aktivnosti |

OSNIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:

- | | |
|----|----------------------------------|
| 11 | Juraj Pojatina, OIB: 91759379755 |
| | Zagreb, Putine 23A |
| 11 | - član društva |
| 11 | David Anđić, OIB: 55851712103 |
| | Zagreb, Zvonigradska ulica 33 |
| 11 | - član društva |

OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:

- | | |
|---|--|
| 8 | JURAJ POJATINA, OIB: 91759379755 |
| | Zagreb, PUTINE 23A |
| 7 | - direktor |
| 7 | - zastupa društvo pojedinačno i samostalno od dana 17.04.2012.godine |

TEMELJNI KAPITAL:

- | | |
|---|--|
| 6 | 352.100,00 kuna / 46.731,70 euro (fiksni tečaj konverzije 7.53450) |
|---|--|

Napomena:

Iznos temeljnog kapitala informativno je prikazan u euru i ne utječe na prava i obveze društva niti članova društva. Društva su u obvezi temeljni kapital uskladiti sukladno Zakonu o izmjenama Zakona o trgovačkim društvima ("Narodne novine" broj 114/22.).

Izrađeno: 2023-03-28 14:39:44
Podaci od: 2023-03-28D004
Stranica: 2 od 5

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U ZAGREBUElektronički zapis
Datum: 28.03.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRAVNI ODNOSI:

Osnivački akt:

- 1 Ugovor o osnivanju društva s ograničenom odgovornošću od 19. ožujka 1991. godine izmjenjen Društvenim ugovorom o usklađenju sa Zakonom o trgovačkim društvima 02. listopada 1995. godine.
- 2 Odlukom Uprave od 28. 11. 1997. godine izmjenjen je Društveni ugovor o usklađenju društva sa ZTD-om i to članak 7. odredba o temeljnom kapitalu.
- 3 Odlukama članova Društva od 7. siječnja 1999. godine izvršene su izmjene čl. 4 o sjedištu društva, članaka 6 i 8 o ovlasti uprave, članaka 7.11.4 i 15 o poslovnim udjelima i dijeljenju poslovnih udjela Društvenog ugovora od 28. studenog 1997. godine te je pročišćeni tekst Društvenog ugovora od 7. siječnja 1999. godine dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 4 Društveni ugovor od 07.01.1999. stavljen van snage Odlukom Skupštine od 03.10.2002. promijenila oblik u Izjavu te u Pročišćenom tekstu od 03.10.2002. dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 6 odlukom jedinog člana društva kao Skupštine društva od dana 23. travnja 2008. godine Izjava od 03. listopada 2002. godine čiji se pročišćeni tekst nalazi pohranjen u zbirci isprava sudskog registra Trgovačkog suda u Zagrebu stavljena je u cijelosti izvan snage i zamjenjena potpuno novim tekstom Izjave od 23. travnja 2008. godine koja se dostavlja sudu za zbirku isprava.
- 7 Odlukom članova društva od 17.04.2012.god. promijenjene su odredbe Izjave od 23.04.2008.god. i to u čl. 4. - odredba o članovima društva i poslovnim udjelima i u cijelosti se mijenja i preoblikuje u Društveni ugovor od 17.04.2012.god., koji se dostavlja u zbirku isprava.
- 10 Odlukom člana društva od 27.07.2021. godine, Društveni ugovor od 17.04.2012. godine u cijelosti je izmijenjen i zamijenjen Društvenim ugovorom od 27.07.2021. godine, koji se dostavlja sudu i ulaže u zbirku isprava.

Promjene temeljnog kapitala:

- 2 Odlukom osnivača od 27. 11. 1997. godine povećan je temeljni kapital društva sa 3.300,00 kn za 30.000,00 kn na 33.300,00 kn.
- 5 Zbog provedbe pripajanja ovom društvu društva STUDIO STRUKTURA d.o.o. Zagreb, Klaićeva 48, temeljni kapital društva povećan je sa iznosa od 33.300,00 kn za iznos visine temeljnog kapitala pripojenog društva odnosno za iznos od 18.800,00 kn na iznos od 52.100,00 kn.
- 6 Odlukom jedinog člana društva kao Skupštine društva od 23. travnja 2008. godine povećan je temeljni kapital društva sa iznosa od 52.100,00 kn za iznos od 300.000,00 kn na iznos od 352.100,00 kn, pretvaranjem rezervi društva u temeljni kapital.

Statusne promjene: subjektu upisa pripojen drugi

- 5 Ovom društvu pripojeno je društvo STUDIO STRUKTURA d.o.o., sa sjedištem u Zagrebu, Klaićeva 48, upisano u sudski registar Trgovačkog suda u Zagrebu u registarski uložak s matičnim brojem

Izrađeno: 2023-03-28 14:39:44
Podaci od: 2023-03-28D004
Stranica: 3 od 5

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U ZAGREBUElektronički zapis
Datum: 28.03.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRAVNI ODNOSI:

Statusne promjene: subjektu upisa pripojen drugi

subjekta upisa MBS 080028751, temeljem Ugovora o pripajanju od 23. travnja 2008.godine, te Odluka članova kao skupštine ovog društva i pripojenog društva od istog dana.
Članovi društva odrekli su se prava na tužbu radi pobijanja odluke o pripajanju.

OSTALI PODACI:

- 1 Subjekt upisan kod Trgovačkog suda u Zagrebu na reg.ul. 1-14062
- 5 Ovime se obavještavaju i upozoravaju vjerovnici društava koja sudjeluju u pripajanju i daje im se osiguranje da mogu tražiti da im se podmiri tražbina u roku od šest mjeseci od objavljivanja upisa pirpanja u sudski registar, a sve u skladu sa odredbom članka 523. ZTD-a. To pravo imaju vjerovnici društva STUDIO ARHING d.o.o. samo onda ako mogu dokazati da je pripajanjem društva ugroženo ispunjenje njihovih tražbina.

FINANCIJSKA IZVJEŠĆA:

| | Predano | God. | Za razdoblje | Vrsta izvještaja |
|----|----------|------|---------------------|-------------------|
| eu | 27.04.22 | 2021 | 01.01.21 - 31.12.21 | GFI-POD izvještaj |

Upise u glavnu knjigu proveli su:

| RBU Tt | Datum | Naziv suda |
|--------------------|------------|-------------------------|
| 0001 Tt-95/2819-2 | 15.05.1996 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0002 Tt-97/6067-4 | 19.10.1998 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0003 Tt-99/44-2 | 22.03.1999 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0004 Tt-02/7191-2 | 17.10.2002 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0005 Tt-08/5718-2 | 27.05.2008 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0006 Tt-08/5720-2 | 12.06.2008 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0007 Tt-12/6984-2 | 26.04.2012 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0008 Tt-19/13094-1 | 28.03.2019 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0009 Tt-20/17302-2 | 21.07.2020 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0010 Tt-21/35012-2 | 03.08.2021 | Trgovački sud u Zagrebu |
| 0011 Tt-21/51404-2 | 22.11.2021 | Trgovački sud u Zagrebu |
| eu / | 30.06.2009 | elektronički upis |
| eu / | 30.06.2010 | elektronički upis |
| eu / | 16.06.2011 | elektronički upis |
| eu / | 26.06.2012 | elektronički upis |
| eu / | 18.06.2013 | elektronički upis |
| eu / | 27.06.2014 | elektronički upis |
| eu / | 31.03.2015 | elektronički upis |
| eu / | 04.04.2016 | elektronički upis |
| eu / | 28.04.2017 | elektronički upis |

Izrađeno: 2023-03-28 14:39:44
Podaci od: 2023-03-28D004
Stranica: 4 od 5

REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U ZAGREBUElektronički zapis
Datum: 28.03.2023

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

Upise u glavnu knjigu proveli su:

| RBU | Tt | Datum | Naziv suda |
|-----|----|------------|-------------------|
| eu | / | 27.04.2018 | elektronički upis |
| eu | / | 29.04.2019 | elektronički upis |
| eu | / | 06.05.2020 | elektronički upis |
| eu | / | 07.05.2021 | elektronički upis |
| eu | / | 27.04.2022 | elektronički upis |

Sudska pristojba po Thr. 29. st. 3. Uredbe o tarifi sudskih pristojbi (NN br. 53/19 i 92/21), za izvadak iz sudskog registra u iznosu od 0.66 EUR naplaćena je elektroničkim putem.



Ova isprava je u digitalnom obliku elektronički potpisana certifikatom:
CN=sudreg, L=ZAGREB,
O=MINISTARSTVO PRAVOSUĐA I UPRAVE HR72910430276, C=HR

Broj zapisa: 00sOo-dG6vn-YxULb-ecdSI-xLXww
Kontrolni broj: pu9Np-Qx8Zt-soTfy-xpvt0

Skeniranjem ovog QR koda možete provjeriti točnost podataka.

Isto možete učiniti i na web stranici

http://sudreg.pravosudje.hr/registar/kontrola_izvornika/ unosom gore navedenog broja zapisa i kontrolnog broja dokumenta.

U oba slučaja sustav će prikazati izvornik ovog dokumenta. Ukoliko je ovaj dokument identičan prikazanom izvorniku u digitalnom obliku, Ministarstvo pravosuđa i uprave potvrđuje točnost isprave i stanje podataka u trenutku izrade izvotka.

Provjera točnosti podataka može se izvršiti u roku tri mjeseca od izdavanja isprave.

Izrađeno: 2023-03-28 14:39:44
Podaci od: 2023-03-28

D004
Stranica: 5 od 5

1.4 Rješenja o upisu u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva



3

REPUBLIKA HRVATSKA HRVATSKA KOMORA ARHITEKATA I INŽENJERA U GRADITELJSTVU

Klasa: UP/I-360-01/07-01/ 3870
Urbroj: 314-02-07-1
Zagreb, 27. siječnja 2007. godine

Na temelju članka 24. i članka 26. stavka 2. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 47/98), Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05), te na temelju Odluke i nacrtu Rješenja Odbora za upis u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva od 24.01.2007. godine, koji je rješavao po Zahtjevu za upis POJATINA JURAJA, dipl.ing.građ., ZAGREB, BOLNIČKA CESTA 63, predsjednik Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu donosi i potpisuje

RJEŠENJE

1. U **Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva** upisuje se **POJATINA JURAJ**, dipl.ing.građ., ZAGREB, pod rednim brojem **3870**, s danom upisa **24.01.2007.** godine.
2. Upisom u **Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva**, POJATINA JURAJ, dipl.ing.građ., stječe pravo na uporabu strukovnog naziva "**ovlašteni inženjer građevinarstva**" i pravo na obavljanje stručnih poslova temeljem članka 25. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu, a u svezi s člankom 4. stavkom 1., 4. i 5. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu, te ostala prava i dužnosti sukladno posebnim propisima.
3. Ovlašteni inženjer građevinarstva poslove iz točke 2. ovoga Rješenja dužan je obavljati stvarno i stalno, te sukladno temeljnim načelima i pravilima struke koje treba poštovati ovlašteni inženjer građevinarstva.
4. Ovlaštenom inženjeru građevinarstva Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu izdaje "**inženjersku iskaznicu**" i "**pečat**", koji su trajno vlasništvo Komore.
5. Ovlašteni inženjer građevinarstva dobiva posredstvom Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu policu osiguranja od profesionalne odgovornosti od odabranog osiguravatelja. Polica se izdaje za razdoblje od godinu dana i obnavlja svake godine. Premija osiguranja uračunata je u članarinu.
6. Ovlašteni inženjer građevinarstva dužan je plaćati Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu članarinu i ostala davanja koja utvrde tijela Komore i Razreda, osim u slučaju mirovanja članstva, te pri prestanku članstva u Komori podmiriti sve dospjele financijske obveze prema istima.

Obrazloženje

POJATINA JURAJ, dipl.ing.građ., podnio je Zahtjev za upis u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva.

Odbor za upis u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva proveo je na sjednici održanoj 24.01.2007. godine postupak razmatranja dostavljenog potpunog Zahtjeva imenovanog, te je temeljem članka 24. stavka 2. i članka 26. stavka 2. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 47/98), a u svezi s člankom 5. stavkom 2. i člankom 22. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05), donio Odluku i nacrt Rješenja o upisu imenovanog u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva. Nacrt Rješenja dostavljen je na potpis predsjedniku Komore.

Ovlašteni inženjer građevinarstva stekao je pravo na obavljanje poslova projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja prema članku 49. Zakona o gradnji ("Narodne novine", br. 175/03 i 100/04) i članku 4. stavku 1. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05), u svojstvu odgovorne osobe upisom u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu i to pravo mu traje dok traje polica osiguranja od profesionalne odgovornosti, odnosno do izricanja stegovne kazne iz članka 30. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 47/98), a u svezi s člankom 4. stavkom 4. i 5. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05).

Ovlašteni inženjer građevinarstva, osim u slučaju mirovanja članstva, dobiva posredstvom Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu policu osiguranja od profesionalne odgovornosti od odabranog osiguravatelja. Polica se izdaje za razdoblje od godinu dana i obnavlja svake godine. Premija osiguranja uračunata je u članarinu.

Upisom u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva imenovani je stekao pravo na "pečat" i "inženjersku iskaznicu" koje mu izdaje Hrvatska komora arhitekata i inženjera u graditeljstvu, a koji su trajno vlasništvo Komore temeljem članka 4. stavka 2. i 3. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05).

Sva prethodno navedena prava obvezuju ovlaštenog inženjera građevinarstva na redovno i uredno plaćanje članarine u skladu s člankom 31. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu ("Narodne novine", br. 147/05).

Ovlašteni inženjer građevinarstva može poslove projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja prema članku 51., 52., 53. i 55. Zakona o gradnji ("Narodne novine", br. 175/03 i 100/04) obavljati samostalno u vlastitom uredu, zajedničkom uredu, projektantskom društvu, odnosno u pravnoj osobi registriranoj za tu djelatnost.

Ovlašteni inženjer građevinarstva dužan je u obavljanju poslova projektiranja i/ili stručnog nadzora građenja poštivati odredbe Zakona o gradnji i posebnih zakona, te osigurati da obavljanje poslova projektiranja i/ili stručnog nadzora bude u skladu s načelima i pravilima struke, koja treba poštivati ovlašteni inženjer građevinarstva.

Na temelju svega prethodno navedenog, riješeno je kao u dispozitivu ovoga Rješenja.

Pouka o pravnom lijeku

Protiv ovog Rješenja žalba nije dopuštena, ali se može pokrenuti upravni spor podnošenjem tužbe Upravnom sudu Republike Hrvatske, u roku od 30 dana od primitka ovog Rješenja.



Dostaviti:

1. JURAJ POJATINA, 10000 ZAGREB, BOLNIČKA CESTA 63
2. U Zbirku isprava Komore
3. Pismohrana Komore

[Handwritten mark]

1.5 Dopuštenja za obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO KULTURE

UPRAVA ZA ZAŠTITU KULTURNE BAŠTINE

Klasa: UP/I-612-08/15-03/0157
Urbroj: 532-04-01-01-01/7-15-10
Zagreb, 10. rujna 2015.

Ministarstvo kulture rješavajući o zahtjevu Jurja Pojatine, dipl. ing. građ. iz Zagreba na temelju članka 100. stavka 1. i 3. Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara ("Narodne novine", br. 69/99, 151/03, 157/03, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14) i članka 11. stavka 1. Pravilnika o uvjetima za fizičke i pravne osobe radi dobivanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara ("Narodne novine", br. 74/03, 44/10), u postupku izdavanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, na prijedlog Stručnog povjerenstva za utvrđivanje uvjeta za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, donosi

RJEŠENJE

1. Dopušta se **Jurju Pojatinu, dipl. ing. građ. iz Zagreba** obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara iz članka 2. stavka 1. toč. 1., 2. i 3. Pravilnika o uvjetima za fizičke i pravne osobe radi dobivanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, i to **istraživanje i proučavanje nosve konstrukcije nepokretnog kulturnog dobra, dokumentiranje nosive konstrukcije te izrada idejnog, glavnog i izvedbenog projekta za radove na nosivoj konstrukciji nepokretnog kulturnog dobra.**

2. Utvrđuje se da Juraj Pojatina, dipl. ing. građ. iz Zagreba ispunjava sve uvjete propisane citiranim Pravilnikom za obavljanje poslova iz toč. 1. izreke ovoga rješenja.

Ovlašteni inženjer građevinarstva Juraj Pojatina, dipl. ing. građ. iz Zagreba dužan je o svakoj promjeni glede ispunjenja propisanih uvjeta za obavljanje poslova iz toč. 1. izreke ovoga rješenja, pisano obavijestiti Ministarstvo kulture u roku od 8 dana od nastale promjene.

3. Ovo dopuštenje daje se na vrijeme od pet godina.

4. Rješenjem Klasa: UP/I-612-08/09-03/0326, Urbroj: 532-04-01-02/5-10-3 od 15. lipnja 2010., Juraj Pojatina, dipl. ing. građ. iz Zagreba upisan je u Upisnik specijaliziranih pravnih i fizičkih osoba koje imaju dopuštenje za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara pod rednim brojem **1449**.

O b r a z l o ž e n j e

Juraj Pojatina, dipl. ing. građ. iz Zagreba podnio je Ministarstvu kulture zahtjev za produljenje dopuštenja za obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara prema Pravilniku o uvjetima za fizičke i pravne osobe radi dobivanja dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara.

Navedenom zahtjevu priloženi su preslika Potvrde o upisu u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva Hrvatske komore inženjera građevinarstva od 11. ožujka 2015., Popis kulturnih dobara i poslova na kojima je podnositelj zahtjeva radio, Opis tehničke opremljenosti u potrebnih mjera iz članka 7. uvodno cit. Pravilnika.

U provedenom postupku utvrđivanja uvjeta za obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara, sukladno članku 10. stavku 1. navedenog Pravilnika, o radovima Jurja Pojatine, dipl. ing. građ., STUDIO ARHING d.o.o. iz Zagreba zatraženo je stručno mišljenje nadležnih konzervatorskih tijela.

Stručno povjerenstvo je na temelju priložene dokumentacije i stručnih mišljenja Konzervatorskog odjela u Požegi od 7. srpnja 2015., Konzervatorskog odjela u Slavonskom Brodu od 8. srpnja 2015., Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode u Zagrebu od 3. srpnja 2015., Konzervatorskog odjela u Splitu od 10. srpnja 2015. i Konzervatorskog odjela u Zadru od 13. srpnja 2015., a sukladno čl. 10. st. 4. Pravilnika, utvrdilo da postoje propisani uvjeti za obavljanje poslova iz čl. 2. st. 1. toč. 1., 2. i 3. Pravilnika: istraživanje i proučavanje nosive konstrukcije nepokretnog kulturnog dobra, dokumentiranje nosive konstrukcije te izrada idejnog, glavnog i izvedbenog projekta za radove na nosivoj konstrukciji nepokretnog kulturnog dobra.

Prema odredbi članka 12. uvodno cit. Pravilnika ovo se dopuštenje daje na vrijeme od pet godina, a podnositelj zahtjeva kojemu je ono izdano može šest mjeseci prije isteka važenja dopuštenja Ministarstvu kulture podnijeti zahtjev za njegovo produljenje.

Podnositelj zahtjeva kojem je izdano dopuštenje za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, odnosno odgovorna osoba dužna je o svakoj promjeni glede ispunjenja Pravilnikom propisanih uvjeta, pisano obavijestiti Ministarstvo kulture u roku od 8 dana od nastale promjene, sukladno članku 13. stavku 1. Pravilnika.

Sukladno članku 100. stavku 3. Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara i članku 11. stavku 3. Pravilnika po pravomoćnosti ovoga rješenja, izvršit će se upis podnositelja zahtjeva u Upisnik specijaliziranih pravnih i fizičkih osoba koje imaju dopuštenje za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, u kojem će se evidentirati da je dobio dopuštenje za obavljanje poslova iz toč. 1. izreke ovoga rješenja.

Iz gore navedenog riješeno je kao u izreci.

Uputa o pravnom lijeku:

Protiv ovoga Rješenja može se izjaviti žalba Povjerenstvu za žalbe pri Ministarstvu kulture u roku od 15 dana od dana dostave Rješenja. Žalba se izjavljuje ovome tijelu neposredno ili šalje poštom preporučeno.

POMOĆNICA MINISTRA

Sanija Šaban, dipl. ing. arh.

Dostavlja se:

1. Juraj Pojatina, d.i.g., STUDIO ARHING d.o.o., Čire Truhelke 49, 10000 Zagreb (s povratnicom)
2. Konzervatorski odjeli Ministarstva kulture, svi
3. Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode u Zagrebu
4. Upisnik specijaliziranih fizičkih i pravnih osoba koje imaju dopuštenje za obavljanje poslova zaštite i očuvanja kulturnih dobara, ovdje
5. Pismohrana, ovdje

1.6 Popis projekatata i suradnika

| | |
|---------------------|--|
| Glavni projektant: | Ana Jeren, mag.ing.arch. A 4292 |
| Mapa: | 1 – Arhitektonski projekt |
| Projekt: | Projekt cjelovite obnove zgrade javne namjene |
| Projektantski ured: | Studio Arhing d.o.o., Čire Truhelke 49, Zagreb |
| OIB: | 17870151363 |
| Sadržaj : | Projekt arhitekture |
| Projektant: | Branka Petković, dipl.ing.arh, A 529 |
| Suradnici: | Mihaela Maslač, mag.ing.arch. Ana Jeren, mag.ing.arch |
| Mapa: | 2 – Građevinski projekt |
| Projekt: | Projekt konstrukcije |
| Projektantski ured: | Studio Arhing d.o.o., Čire Truhelke 49, Zagreb |
| OIB: | 17870151363 |
| Sadržaj : | Projekt pojačanja građevinske konstrukcije |
| Projektant: | Juraj Pojatina, dipl.ing.građ., G 3870 |
| Suradnici: | David Anđić, mag.ing.aedif. Tamara Horvat, mag.ing.aedif. Maja Vrančić, mag.ing.aedif. Nemanja Zečić, mag.ing.aedif. Matej Kramarić, mag.ing.aedif. Ivan Manović, mag.ing.aedif. Mihaela Maslač, mag.ing.arch. |
| Mapa: | 3 – Građevinski projekt |
| Projekt: | Troškovnik procijenjenih troškova radova obnove |
| Projektantski ured: | Studio Arhing d.o.o., Čire Truhelke 49, Zagreb |
| OIB: | 17870151363 |
| Sadržaj : | Troškovnik procijenjenih troškova radova obnove |
| Projektant: | Juraj Pojatina, dipl.ing.građ., G 3870 |
| Suradnici: | Renato Gulić, mag.ing.aedif. David Anđić, mag.ing.aedif. Tamara Horvat, mag.ing.aedif. Maja Vrančić, mag.ing.aedif. Nemanja Zečić, mag.ing.aedif. Matej Kramarić, mag.ing.aedif. Ivan Manović, mag.ing.aedif. Mihaela Maslač, mag.ing.arch. |

Zagreb, listopad 2023.

Projektant :
Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Juraj Pojatina
dipl. ing. građ.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
G 3870

II. TEHNIČKI DIO

2 Tehnički opis

2.1 Uvod

Crkva rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini oštećena je u potresima 2020. godine te je brzim pregledom ocijenjena kao neuporabljiva (crvena naljepnica). U sklopu predmetnog Projekta obnove konstrukcije daje se uvid o stanju konstrukcije unutar poglavlja Ocjena postojećeg stanja građevinske konstrukcije koji obuhvaća detaljan vizualni pregled s utvrđivanjem pozicija i jačine oštećenja nosive i nenosive konstrukcije zgrade. Zaključuje se kako je građevina značajno oštećena u potresu, zbog čega se prema Tehničkom propisu, zahtijevaju radovi Razine 3, odnosno pojačanje nosive konstrukcije. Sadržaj ovog projekta obnove oblikovan je prema važećem Pravilniku o sadržaju i tehničkim elementima projekta obnove, projekta za uklanjanje zgrade, projekta za građenje zamjenske obiteljske kuće i projekta za građenje višestambene i stambeno-poslovne zgrade oštećene potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 28/23) Sadržaj projekta obnove definiran ovim pravilnikom uključuje:

- elaborat ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije,
- tehnički opis,
- analizu potresne otpornosti građevine,
- opis očekivanih zahvata s tehničkim rješenjima za obnovu,
- dokaz o ispunjavanju temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti,
- posebne tehničke uvjete obnove,
- indeks znatnog oštećenja,
- troškovnik procijenjenih troškova obnove (zasebna mapa),
- grafički prilog.

Zbog kulturno-povijesne, arhitektonske i tipološke vrijednosti, Crkva Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini pojedinačno je zaštićeno kulturno dobro, upisana u Registar kulturnih dobara RH pod oznakom Z-2282.



Slika 2-1 Pogled na crkvu iz zraka (Izvor: Izvještaj konzervatorsko – restauratorskih istražnih radova u Granešini, Crkva Rođenja BDM)

U nastavku je dan prikaz građevine na snimci iz katastra kao dokaz o izgrađenosti građevine.



Slika 2-2 Smještaj građevine u prostoru (izvor: uredjenazemlja.hr)



Slika 2-3 Prikaz građevine na ortofoto snimci iz 1968. (izvor: uredjenazemlja.hr)

2.2 Postojeće stanje

Crkva Rođenja Blažene Djevice Marije nalazi se na adresi Granešina 12 u Zagrebu. Smještena je na katastarskoj čestici oznake k.č.br. 8838, k.o. Granešina Nova. Katastarska čestica je nepravilnog oblika i površine 2517 m². Građevinska bruto površina crkve iznosi 526,2 m². Ploština podova građevine iznosi 373,6 m². Orijentacija crkve je zapad - istok s ulaznim pročeljem i tornjem orijentiranim prema zapadu.



Slika 2-4 Zatečeno stanje

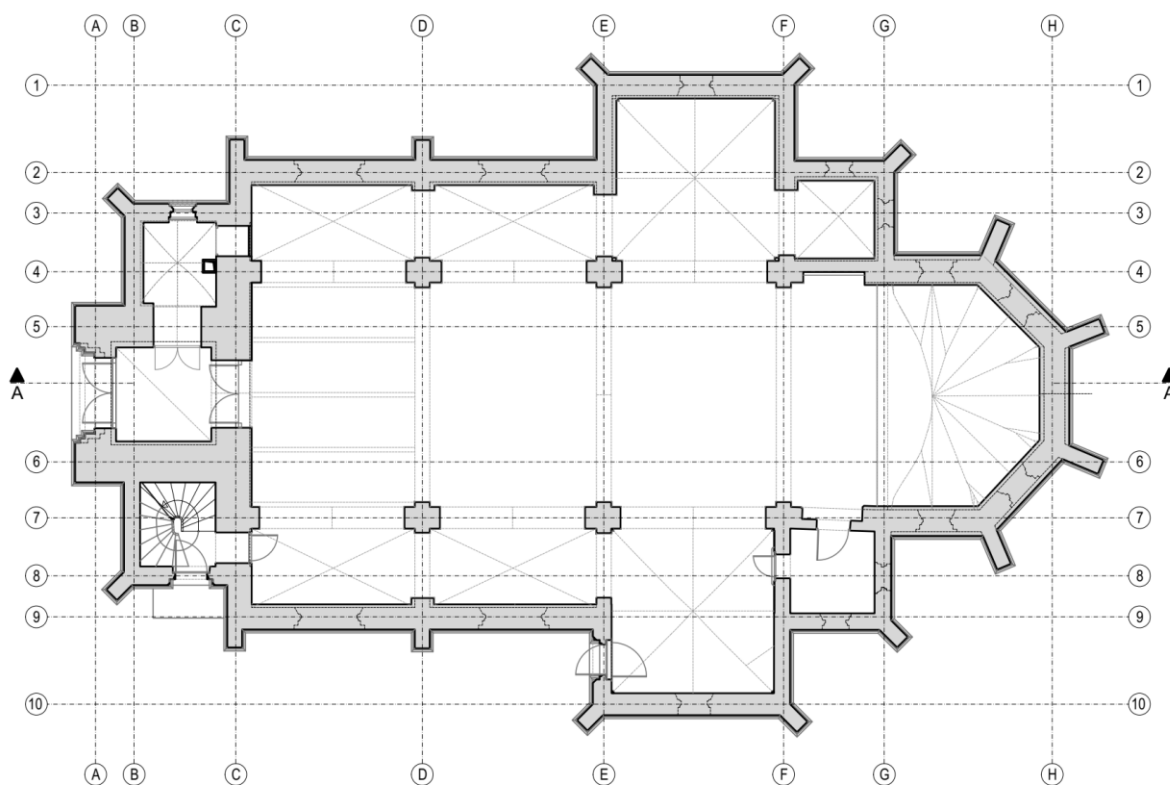
Crkva Rođenja BDM je prostrana trobrodna crkva s tornjem koji se uzdiže na sredini ulaznog (zapadnog) pročelja. Okomito na glavni brod crkve položen je poprečni brod (transept), koji crkvi daje oblik latinskog križa. U nastavku glavnog broda, na istočnoj strani, nalazi se apside koja je u odnosu na glavni brod iste širine i visine. Sa sjeverne strane apsida nalazi se kapela, dok se s južne strane nalazi jednoetažna sakristija. Tlocrtno gledajući između najisturenijih točaka, dimenzije građevine su 20,0 x 31,1 m. Visina crkve mjerena od najniže kote uređenog terena do vrha sljemena glavnog broda iznosi 16,2 m, dok je visina vijenca na približno 11,2 m. Ukupna visina tornja iznosi približno 38,0 m do vrha kape tornja. U nastavku slijedi osvrt na stanje građevine tijekom posljednjeg pregleda te osvrt na dimenzije elemenata prije razgradnje.

Osnovni nosivi sustav crkve za preuzimanje horizontalnih djelovanja izveden je neomeđenim opečnim zidom debljine 50-130 cm (zidovi crkve, apsida i transepta su debljine 75-90 cm, zidovi sakristije 50 cm, dok su zidovi tornja debljine 80-130 cm). Opečno zide zidano je od pune opeke starog formata dimenzija 29x14x6,5 cm. Zidovi glavnog broda, bočnih brodova, apsida i transepta zadebljani su s vanjske strane kontraforama. Dimenzije kontrafora na dnu su 45 x 156 cm te se protežu do visine vijenca crkve. Kontrafore su uzidane u linijama lukova i pilastara, odnosno na mjestima s najvećim opterećenjem od lučnih konstrukcija. U glavnom brodu vidljive su zatege, kvadratnog poprečnog presjeka $a = 30$ mm, koje su visinski smještene u razini pete lukova na ~6,5 m. U bočnim brodovima, kvadratne (spiralne) čelične zatege nalaze se na visini od ~4,7 m.

Prostor glavnog broda i apsida bio je nadsvođen križnim svodovima koji su se oslanjali na uzdužne zidove i poprečne lukove. Uslijed cikličkog potresnog djelovanja, došlo je do urušavanja svoda iznad glavnog broda te djelomičnog urušavanja svoda iznad apsida. Zbog opasnosti od daljnjeg urušavanja, hitnim mjerama zaštite razgrađuju se svi preostali dijelovi svodova i lukova glavnog broda. Svodovi bočnih brodova su također križni, s tjemnom na visini od ~5,1 m. Stropna konstrukcija transepta nije bila dostupna za vizualni pregled, ali se dostupnom arhivskom dokumentacijom utvrđuje da je južno krilo transepta nadsvođeno križnim svodom s remenatama, koje su spojene na drveni grednik koji se nalazi iznad svoda (*Statički proračun stropne konstrukcije kapele u Župnoj crkvi B.D.Marije u Granešini*, mr.sc. Miljenko Haiman, dipl.ing.građ., travanj 1999.).

Na zapadnom dijelu glavnog broda, iznad ulaza u crkvu, a nasuprot apside, nalazi se kor. Kor je na visini od ~4,8 m. Kor je na zapadnoj strani oslonjen na zid pročelja, a s istočne na gredu koja se oslanja na stupove. Unutar ograde kora uzidana je kvadratna čelična zatega. Pristup kora omogućen je spiralnim drvenim stubištem, koje se nalazi na južnoj strani narteksa. Stropna konstrukcija ispod kora je originalno bila izvedena kao drvena, ali je zbog dotrajalosti zamijenjena pruskim svodovima na željeznim traverzama. Stubištem u narteksu omogućen je pristup i tornju. Na razini kora nalazi se ulaz u toranj unutar kojega je vertikalna komunikacija omogućena drvenim stubištem s međupodestima. Krovu se pristupa iz tornja.

Toranj koji je dio zapadnog ulaznog pročelja u potpunosti je izveden u opeci starog formata dimenzija 29x14x6,5 cm. Debljina zida tornja u podnožju iznosi 130 cm te se smanjuje do 80 cm na vrhu. Pristup tornju omogućen je na razini kora pomoću drvenog stubišta. Konstrukcije međupodesta u tornju izvedene su kao drveni grednici. U razini etaže zvona, izvedeni su vertikalni i horizontalni serklaži u koju je sidrena čelična konstrukcija jarma (nosač zvona). Jaram je izveden od kutnika i U profila koji su povezani vijčanim spojevima. Na konstrukciji jarma nije uočena površinska korozija i/ili oštećenje, spojevi su izvedeni uredno i prema pravilima struke, stoga se njena izvedba može ocijeniti urednom.



Slika 2-5 Tlocrt na koti +1,65 m

Krovište glavnog broda crkve izvedeno je kao dvostrešno u nagibu od 52°, tlocrtnih dimenzija 21,4x8,4 m. Krovište broda je konstruktivnog sustava dvostruke visulje, raspona 7,1 m i visine 5,0 m. Puni vez visulje sastoji se od stupova visulje dimenzija 17/17 cm, vezne grede 20/20 cm, rogova 12/14 cm, kosnika 15/17 cm, razupore 15/17 cm, podrožnica 15/17 cm i pajante 2x10/18 cm. Vezovi visulje nalaze se na razmaku 4,5 – 5,6 m, dok su rogovi na osnim razmacima 86-96 cm. Stabilizacija krovišta u uzdužnom smjeru ostvarena je rukama na svakom stupu punog veza i podaskanjem, a u poprečnom smjeru izvedbom kosnika u sustavu visulje. Dijelovi krovne konstrukcije dostupni vizualnim pregledu izvedeni su od crnogorice klasičnom tesarskom tehnikom po svim pravilima struke. Vidljiva drvena građa je izrazito suha i mjestimično slabe kakvoće s izraženim pukotinama i lokalnim deformacijama nosivog sustava. Opće stanje drvene konstrukcije je zadovoljavajuće. Pokrov središnjeg broda i bočnih brodova izveden je od biber crijepa, dok je dio krova uz toranj izveden od pertlanog lima.

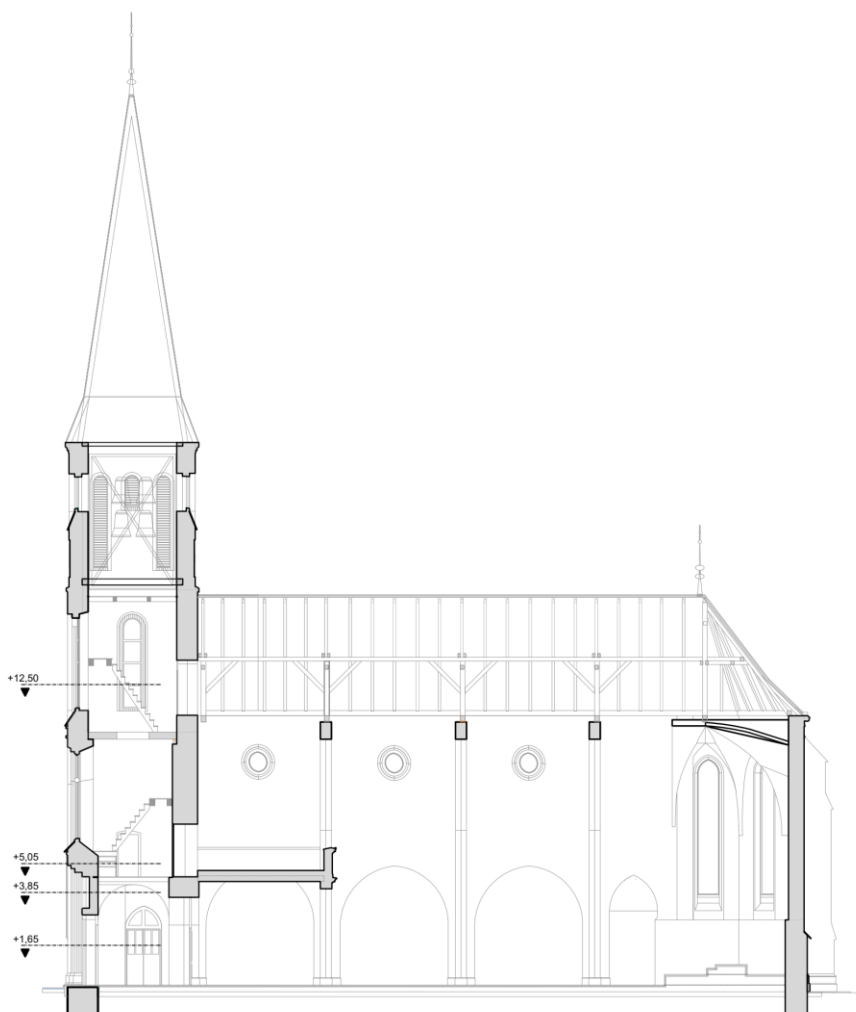
Krovište iznad transepta i bočnih brodova nije bilo dostupno vizualnom pregledu. Pokrov je izveden od biber crijeva.

Drvena konstrukcija iznad apside je izvedena je kao dvostrešna sa šatorastim završetkom u nagibu od 52°, tlocrtnih dimenzija 8,4x4,1 m (raspon 7,1 m). Visina krovišta je ~5,0 m. Krovište je sustava jednostruke visulje, a puni vez se sastoji od stupa, vezne grede, podrožnice i rogova. Uzdužna stabilizacija krovišta osigurana je šatorastim završetkom krova na istočnoj strani. Pokrov apside izveden je od biber crijeva.

Krov tornja je drvena prostorna rešetkasta konstrukcija visine ~14,5 m, čija je baza dimenzija 5,3 x 5,3 m. Krovište je četverostrešno, nagiba 81° te je pokrov tornja izveden od pertlanog lima.

Svi temelji crkve izvedeni su na dubini od cca 1,35 m mjereno od razine terena. Postojeći temelji izvedeni su od kamena u širini od 90 cm. Uz postojeće temelje je izveden drenažni sustav.

Prilikom pregleda za potrebe izrade ovog Projekta sve hitne mjere su izvedene, a koje su uključivale uklanjanje nestabilnih dijelova građevine. Dokumentom *Elaborat hitnih mjera zaštite (Urbane ideje, ožujak 2023., 38/2023-UI)* utvrđena su kritična oštećenja građevine koja izravno ugrožavaju mehaničku otpornost i stabilnost građevine, te su dana rješenja – hitne mjere sanacije – kojima se ista uklanjaju. Nakon provedenih hitnih mjera stabilizacije i zaštite, crkva se i dalje ne može upotrebljavati.



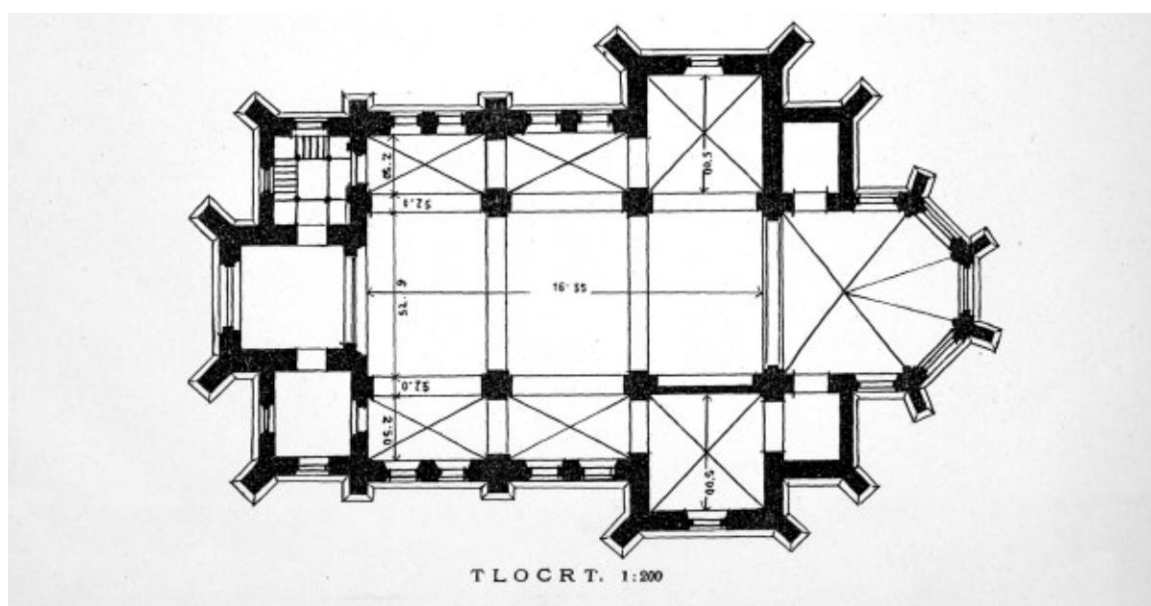
Slika 2-6 Uzdužni presjek kroz crkvu

U nastavku je dan povijesni presjek gradnje crkve s fokusom na konstrukcijske zahvate. Prema najstarijim zapisima, crkva je izgrađena na mjestu stare crkve koja je urušena u potresu 1880. godine. Granešinska crkva podignuta je kao trobrodna jednotoranjaska neogotička bazilika tlocrta latinskog križa, prema projektu Hermana Bolléa. U odnosu na projektirani tlocrt današnja građevina pokazuje stanovite razlike – cijeli prostor transepta integriran je s glavnim brodom crkve, dok je kapela izvedena sa sjeverne strane apside. Najveće odstupanje uočava se u rješenju glavnog broda. Projekt je predvidio pokrivanje broda dvodijelnim stropom koji je pratio nagib krova, dok su naposljetku izvedeni masivni križni svodovi, koji su bili projektirani samo za bočne brodove. Kor je originalno izveden kao drveni ali je zbog dotrajalosti zamijenjen masivnim svodovima, u periodu od 10 godina po završetku gradnje. Daščani pod iz 1886. godine, u obje je sakristije zbog truleži zamijenjen opločanjem. Zbog pojave pukotina na zidovima apside i sakristije, 1909. godine postojeći plitki opečni temelji se podbetoniravaju. Prema Bolléovom projektu, zatege zidanog svoda broda i lukova nisu bile predviđene stoga se one naknadno dodaju 1910. godine. Crkva Rođenja BDM ubraja se u vrijedne sakralne spomenike te ima visoku arhitektonsku i povijesnu vrijednost.

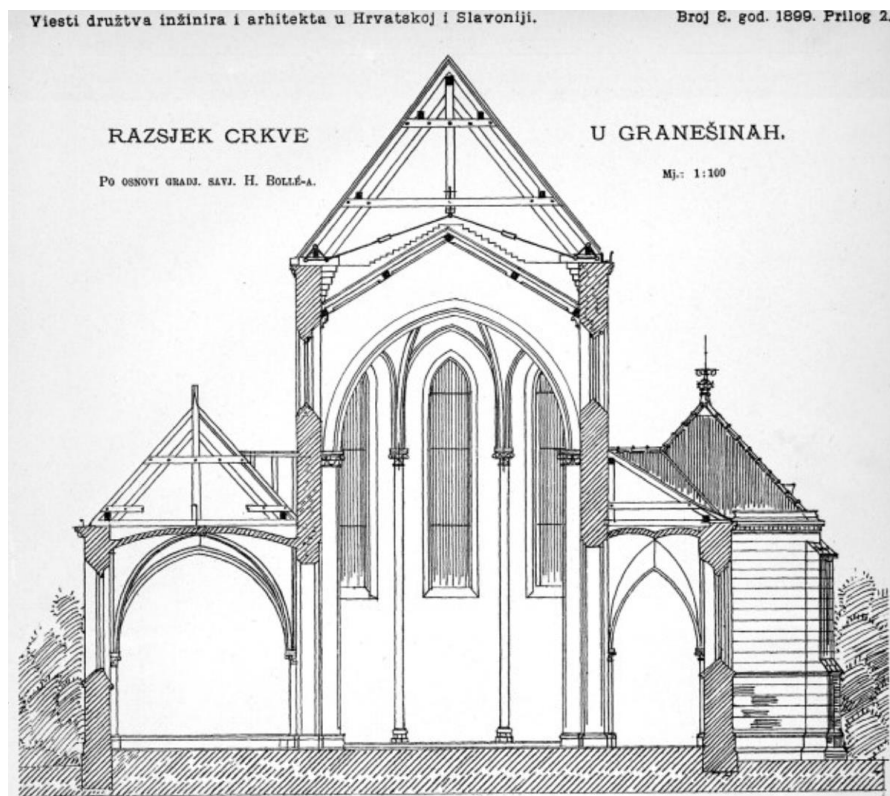
Veća obnova uslijedila je 1924. godine i završena je 1929. godine, a uključivala je radove na zamijeni crijeva, gromobrana, limarije te popravke na oštećenoj žbuci. Visoka vlaga u fasadnim zidovima pokušala se sanirati 1976. godine, izvedbom zida u unutrašnjosti po cijelom obodu. U tu svrhu otučena je žbuka s oslikom i na razmaku dograđen zid od šuplje opeke postavljen sjekomice do prozora i vijenca. Veći zahvat 1979. godine bila je sanacija vlage izvedbom drenaže oko crkve.

Godine 1991. započeli su radovi sanacije konstrukcije kape tornja i krovništva crkve jer su oborine oštećivale interijer. Druga faza, sljedeće godine, bila je sanacija kapilarne vlage u zidovima i izvedba drenaže. Nakon nekoliko godina, predloženo je da se sakristija smjesti u manju prostoriju uz apsidu, a prostor sakristije potpuno otvori prema crkvi i organizira kapela s oltarom kao na sjevernoj strani transepta. Za potpuno istovjetan izgled prostora predložena je izvedba križnog svoda. Statičar Miljenko Haiman izradio je elaborat u kojem je predvidio ovjes lagane daščane oplote o postojeći drveni grednik stropa sakristije. Na oplatu je stavljena trstika i žbuka.

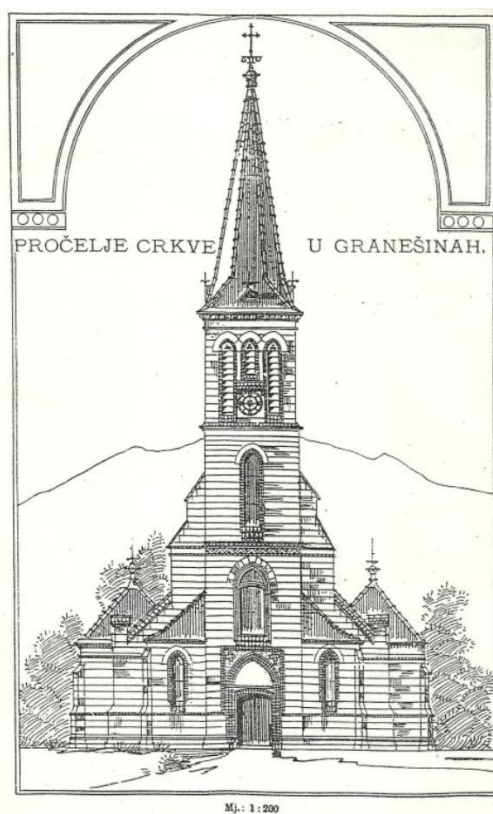
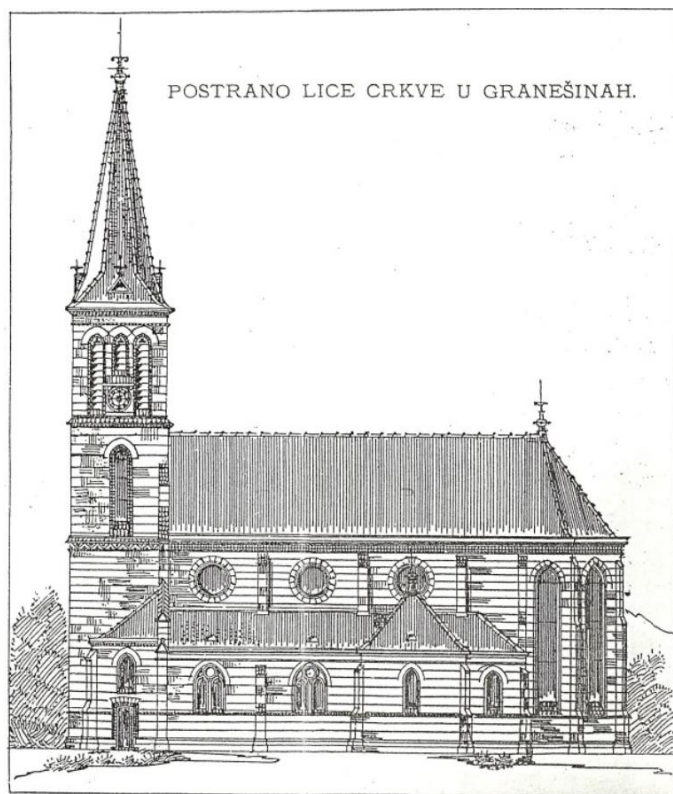
Nakon četvrt stoljeća ponovno se pojavila kapilarna vlaga te su osim podnožja, obnovljena i sva pročelja i toranj crkve. Potresima 2020. godine crkva je doživjela značajna oštećenja kao što su urušavanje svodova lađe i otkazivanje tornja.



Slika 2-7 Arhivski nacrt - tlocrt



Slika 2-8 Arhivski nacrt - presjek



Slika 2-9 Arhivski nacrt - južno i zapadno pročelje

U brzom pregledu utvrđeno je niz oštećenja konstrukcije karakterističnih za djelovanje potresa, a na temelju kojih je ustanovljeno da je građevina značajno oštećena. Uslijed cikličnog djelovanja potresa došlo je do aktivacije horizontalne komponente sile od težine svodova i prekoračenja vlačne čvrstoće osnovnog i vezivnog materijala te izmicanja oslonaca svodova. To je rezultiralo padom svodova iznad glavnog broda i velikim pukotinama na svodu apside i bočnih brodova. Također, značajno oštećenje pretrpio je toranj na kojem je jasno uočljiva klizna ploha koja se otvorila uslijed posmičnog sloma зида. Uz navedena oštećenja konstruktivnih elemenata, zabilježena su i oštećenja nekonstruktivnih elemenata, kao što su otpadanje žbuke na fasadi te pukotine na žbuci na unutarnjim zidovima.

Prema Tehničkom propisu o izmjenama i dopunama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije – Prilog III, Razine obnove potresom oštećenih konstrukcija zgrada u odnosu na mehaničku otpornost i stabilnost (NN 17/17, 75/20, 7/22) te prema Zakonu o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 21/23), izvodi se popravak konstrukcije kojim se postiže mehanička otpornost i stabilnost zgrade na potresno djelovanje – razina 3. Navedena razina podrazumijeva popravak potresom oštećene građevinske konstrukcije zgrade uz pojačanja kojima se postiže mehanička otpornost i stabilnost zgrade na potresno djelovanje za poredbenu vjerojatnost premašaja od 20% u 50 godina (povratni period 225 god.) za granično stanje znatnog oštećenja.

2.1 Pojačano stanje

U nastavku su opisani, a potom i proračunski dokazani zahvati kojima se osigurava ispunjavanje temeljnog zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.

Toranj

Osnovni zahvati kojima se utječe na poboljšanje globalne stabilnosti tornja je izvedba armiranobetonske obloge s unutarnje strane te pojačanje vanjskog lica zidovima sustavom armirane žbuke (FRCM) u kombinaciji s čeličnim prstenovima, prema shemi danoj u grafičkim prilogima. Armiranobetonska obloga se izvodi na unutarnjem licu do razine etaže zvona (razina donjeg postojećeg horizontalnog serklaža), u debljini od 16 cm, pri čemu obloga prati postojeće arhitektonsko oblikovanje zidova (profilacije, niše, otvori i slično). Sprezanje postojećih zidova s armiranobetonskom oblogom izvodi se ugradnjom povinutih šipki Ø10 (4 kom/m²). U razini etaže zvona, sa svih četiri unutarnjih strana izvodi se vlačni X spreg Ø28. S ciljem bolje preraspodjele sila uslijed potresa te povećanja torzijske krutosti, međukatne konstrukcije tornja izvode se kao armiranobetonske ploče debljine 20 cm. Čelični prstenovi debljine $t = 8$ mm, koji prate postojeće arhitektonsko oblikovanje zidova (profilacije, niše, otvori i slično) te se visina lima razlikuje ovisno o poziciji na tornju. Povezivanje limova s postojećim opečnim zidom ostvaruje se prolaznim štapnim sidrima Ø20/80 cm. Kvaliteta betona je C25/30.

Na vrhu tornja, ispod kape, nalazi se postojeći horizontalni serklaž kojeg je potrebno svakih 1,0 m sidrenim ankerima Ø20 duljine ~1,0 m kemijski sidriti u opečni zid. Također, provodi se zamjena i rekonstrukcija drvenih hodnih platformi i stubišta unutar tornja u čeličnoj izvedbi. Temelji tornja pojačavaju se izvedbom nove temeljne ploče debljine $d = 100$ cm koja se s postojećim temeljima spreže ubušavanjem armaturnih šipki Ø25/50 cm u dva reda na otprilike trećinama visine temelja. Prije izvođenja navedenih zahvata pretpostavlja se demontaža kape tornja i njeno privremeno deponiranje na gradilištu. Obzirom na tehnologiju izvođenja moguće je izbjeći demontažu kape tornja uz konzultaciju s projektantom konstrukcije.

Krovište

Provedenim vizualnim pregledom i ocjenom stanja drvene konstrukcije utvrđeno je da je konstrukcija krovišta generalno postojana i stabilna, ali su primijećene lokalne deformacije i oštećenja spojeva te lokalna trulež i dotrajalost. Ovim projektom predviđa se zamjena oštećenih dijelova konstrukcije krovišta kao i pojačanje svih oštećenih spojeva i ležajeva. Sva zamjena dotrajalih dijelova drvene konstrukcije izvodi se drvenom građom kvalitete drva C24. Postojeća drvena građa svrstava se u razred kvalitete drva C18.

Primijećeno je aktualno, ali opsegom i intenzitetom značajno oštećenje veznih greda u punom vezu krovišta uslijed rasušivanja i biološkog djelovanja. Stoga će se vezne grede obostrano pojačati čeličnim profilom UPE 200 i time se isključiti iz daljnjeg prijenosa opterećenja. Zbog izvedbe horizontalnog čeličnog sprega u razini veznih greda te dotrajalosti, trajno se uklanjaju radijalne grede krovišta iznad apsida. Osigurava se privremena stabilizacija tog dijela krovišta ugradnjom privremenih drvenih greda ili čeličnih šipki do ugradnje elemenata horizontalne čelične dijafragme koja zatim preuzima ulogu istih.

Zbog nedostatne uzdužne stabilizacije krovišta, predviđa se ugradnja sljemenjače dimenzija $b/h = 14/14$ cm, koja se prihvaća za rogove vijcima za drvo te kosnika $b/h = 14/14$ cm koji zajedno u sustavu s rogovima i podrožnicom tvori uzdužni spreg. Rogovi u sustavu sprega pojačavaju se obostranim drvenim elementima debljine $b/h = 4/20$ cm.

Projektom obnove ocijenjena je mehanička otpornost i stabilnost konstrukcije krovišta na sva predviđena vertikalna i horizontalna djelovanja te su dani detalji konstruktivnog pojačanja spojeva konstrukcije s ciljem povećanja duktilnosti spojeva pri cikličkom djelovanju.

U sklopu navedenih pojačanja, predviđa se i izvedba revizijske staze unutar krovišta koja omogućuje pristup dijelovima konstrukcija krovišta u sklopu redovnog održavanja. Stoga se po središnjem dijelu krovišta izvodi staza od dvije međusobno paralelne drvene grede presjeka $b/h=12/16$ cm, statičkog sustava proste grede na rasponu jednakom razmaku punih vezova krovišta, osnog razmaka 1,2 m te podaskane s hodnom plohom debljine 5 cm. Grede se oslanjaju na postojeće vezne grede krovišta te se za iste prihvaćaju obostranim čeličnim kutnicima. Također, rade se dva bočna prilaza koji omogućuju pregled ležajnih elemenata. Potrebno je sukladno pravilima zaštite na radu izvesti jednostrani rukohvat. Kvaliteta drva je C24.

Opće stanje postojeće kape tornja ocijenjeno je prihvatljivo dobrim, stoga se krovište zadržava. Nakon pregleda demontirane kape tornja potrebno je pojačati oslabljene spojeve i zamijeniti dotrajale elemente kape tornja, u skladu s prikazanim detaljima pojačanja krovišta glavnog broda crkve. Pri ponovnoj montaži kape tornja, istu je potrebno usidriti u postojeći horizontalni serklaž $\varnothing 20$ svakih 100 cm.

Crkva

Osnovni zahvat kojim se povećava globalna potresna otpornost tijela crkve je izvedba punoplošne armirane žbuke u sustavu FRCM. Tom zahvatu, kojim se značajno pospješuje posmični/vlačni kapacitet ziđa, prethodi čišćenje i ponovno fugiranje opečnog ziđa.

U razini vijenca zidova broda i apside, s unutarnje strane, izvodi se kontinuirani čelični prsten profila UPE200, kojim se postiže bolja povezanost zidova te duktilniji odgovor konstrukcije prilikom potresa. Sidrenje čeličnog prstena u opečni zid izvodi se prolaznim navojnim šipkama $\varnothing 20$, kv. 5.6 svakih 80 cm. S druge strane, u razini vijenca zidova bočnih brodova izvodi se kontinuirani horizontalni serklaž $b/h = 30/35$ cm i $25/65$ cm, koji se svakih 1,5 m sidrenim ankerima $\varnothing 20$ i duljine ~1,0 sidri u opečni zid.

Svodovi i lukovi su prilikom djelovanja potresa vrlo teško oštećeni pri čemu je intenzitet oštećenja u nosivom sustavu ocijenjen prevelik za popravke (pojačanje). U sklopu hitnih mjera sanacije, svodovi i lukovi glavnog broda su trajno razgrađeni, dok je svod iznad apside zadržani uz privremeno podupiranje. Ovim projektom ocjenjuje se da postojeći svod iznad apside ne posjeduje dovoljnu nosivost i stabilnost ni nakon zahvata pojačanja, stoga se predviđa njegovo uklanjanje. Na pozicijama uklonjenih zidanih svodova i lukova izvodi se nova svodna struktura iste geometrije i vanjske obrade. Konstrukcijski je predviđena izvedba ferocementne ljuske debljine 6 cm oslonjene na nove armiranobetonske lučne grede i čeličnu konstrukciju (s gornje strane). Ukupno se izvode tri nove armiranobetonske lučne grede $b/h = 45/40$ cm i jedna greda dimenzija $b/h = 30/40$ cm, iznad kojih se izvodi omeđeno ziđe s horizontalnim serklažom $b/h = 45(30) / 25$ cm. Čelična konstrukcija za prihvat novog svoda se sastoji od dijagonalno postavljenih lučnih greda HEA 200, horizontalnih greda HEA 200 koje prate izvodnice svodova te obodnih UPE 200 zaobljenih profila na koje se oslanjaju rasponski elementi, a kemijski se sidri navojnim šipkama u zidove broda sidrima $\varnothing 20/50$ cm (dubina sidrenja 40 cm). Kvaliteta čelika je S355J2. Geometrija nove svodne strukture prati konture postojeće odnosno stare urušene konstrukcije svodova i lukova.

Sve postojeće zatege u petama svodova glavnog broda zamjenjuju se novim prednapetim zategama $\varnothing 20$ s prednaponom od 5,0 kN.

Postojeći svodovi iznad bočnih brodova popravljaju se i pojačavaju izvedbom armirane žbuke sustava FRCM po ekstradosu svodova. Nakon čega se izvodi armiranobetonska ploča debljine $d = 20$ cm, koja je povezana s novim horizontalnim serklažem na uzdužnim zidovima bočnih brodova i vertikalnim završetkom debljine 20 cm i visine 135-185 cm. Prostor između svodova i ploče ispunjava se perlit-betonom. Ploču armirati prema dijagramima armature iz proračuna. Opisana pojačanja svodova i lukova doprinose povećanju otpornosti na ciklička potresna djelovanja te očuvanju cjelovitosti lučnih konstrukcija.

Pojačanje zida apside izvodi se kao čelična spregnuta obloga koja će imati ulogu prenijeti silu potresa s horizontalnog čeličnog sprega u temelje. Čelična obloga sastoji se od horizontalnih i dijagonalnih elemenata koji su sastavljeni od čeličnih limova poprečnog presjeka 200×10 mm. Vertikalni elementi sastoji se od tri

međusobno spojena čelična lima, koji su poprečnog presjeka 200x10 mm. Sidrenje čelične spregnute obloge ostvaruje se sidrenim ankerima 6M24, duljine 60 cm, kv. 5.6 i čeličnom pločom debljine $t = 20$ mm. Povezivanje limova s postojećim opečnim zidom ostvaruje se štapnim sidrima $\varnothing 20/50$ cm. Kvaliteta čelika je S355J2.

Sve pukotine zidova i svodova veće od 1,5 mm zapunjavaju se reparaturnim mortom. Lokalno, na mjestima pukotina, predviđa se šivanje inox sidrima prema detalju prikazanom u grafičkom prilogu ovog projekta.

S ciljem povezivanja volumena tornja i tijela crkve, povrh postojećih svodova kora izvodi se armiranobetonska ploča debljine $d = 20$ cm. Zidana ograda kora se s pločom povezuje oblaganjem armiranom žbukom u sustavu FRCM te se povrh ograde predviđa izvedba horizontalnog serklaža $b/h = 20/20$ cm. Ugrađena postojeća zatega se trajno uklanja prije izvedbe horizontalnog serklaža. Greda ispod ograde kora pojačava se čeličnim limom širine 400 mm i debljine 10 mm. Zahvati su konstruktivni, s ciljem povećanja duktilnosti konstrukcije te smanjenja mogućnosti formiranja lokalnih mehanizama otkazivanja pri horizontalnoj pobudi.

Zidani stupovi se pojačavaju kutnicima 100x100x10 mm, kv. S355J2, koji se u svakom uglu naizmjenično kemijski sidre s navojnim šipkama $2\varnothing 20$, duljine 30 cm svakih 30 cm.

Sve kontrafore se pojačavaju FRP tkaninom u 1 sloju prema detalju prikazanom u poglavlju 6. FRP tkanina se sidri na postojeće temelje kontrafora. Spomenutim zahvatima povećava se otpornost ziđa van ravnine na ciklička potresna opterećenja te očuvanje cjelovitosti kontrafora. Na mjestima značajne redukcije poprečnog presjeka kontrafora i zidova (mjesto na kojima su opečni elementi ispali iz svog položaja ili su oštećeni) potrebno je izvesti prezidavanje i/ili zapunjavanje presjeka reparaturnim mortom.

Generalni problem građevine je nepostojanje horizontalne krute dijafragme koja međusobno povezuje sve zidove konstrukcije i omogućuje približno sandučasto ponašanje čime se ravnomjerno raspoređuju horizontalne sile uslijed potresa, odnosno ukupna potresna sila raspoređuje se na svaki od zidova u omjeru njihove krutosti. Kako bi se približila konstrukcija predmetne građevine ovoj vrsti ponašanja, predviđa se izvedba horizontalnog čeličnog sprega u razini veznih greda krovništa. Horizontalni spreg se sastoji od punih vlačnih dijagonala $\varnothing 20$ i pojaseva izvedenih od okruglih cijevnih profila $\varnothing 139,7 \times 5,0$. Pojasevi horizontalnog sprega su na krajevima usidreni u horizontalni čelični prsten izveden od UPE 200, dok se u polju povezuju na postojeće vezne grede visulje $b/h = 20/20$ koje su sa svake strane pojačane čeličnim profilom UPE 200. Kvaliteta čelika je S355J2. Svi izvedbeni detalji dani su u poglavlju 6 Karakteristični izvedbeni detalji.

Temelji i podna ploča

Tehničko rješenje pojačanja temelja uključuje izvedbu armiranobetonske temeljne trake s vanjske strane obodnog zida apside te izvedbu dubokog temeljenja ugradnjom armiranobetonskih pilota promjera $\varnothing 40$ cm i duljine 12 m (vidi grafički prilog). Armiranobetonska temeljna traka je dimenzija $b/h = 60/80$ cm i konstruktivno se spreže s postojećim temeljima preko armiranobetonskog trna $b/h = 30/30$ cm (vidi detalj u poglavlju 6). Prije izvedbe temelja potrebno je postići zbijenost temeljenog tla od minimalno 40 MPa.

S ciljem povezivanja dna zidova te osiguranja jednolikog prijenosa vertikalnog opterećenja na temeljno tlo, u cijeloj se crkvi izvodi podna ploča debljine 20 cm. Podna ploča polaže se na sloj prethodno zbijenog nasipa tucanika (minimalne zbijenosti 30 MPa) te se izvodi spojeno bez dilatacije, uz sidrenje u sve okolne temeljne sklopove armaturnim šipkama $\varnothing 20$ svakih 2,0 m prema shemi u grafičkom prilogu. U podnim pločama većih tlocrtnih dimenzija potrebno je izvesti rezane radne reške dubine 5 cm i širine 3 mm, izrezane 24 do 36 h nakon betoniranja. Razred betona podne ploče i temelja apside je C25/30.

2.2 Tehnički dio

Djelovanja na konstrukciju

Prilikom proračuna, u obzir se uzimaju sva predviđena djelovanja, sukladno namjeni građevine: stalno i uporabno djelovanje, snijeg, vjetar i potres. Detaljan prikaz djelovanja na konstrukciju dan je u poglavlju 5.1 Ulazni podaci - analiza djelovanja na konstrukciju.

Materijal, klase izloženosti i zaštitni sloj

| | | |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| Beton: | C25/30 | (HRN EN 206-1:2006) |
| Armatura: | B500A, B500B | (HRN EN 10080:2005) |
| Zaštitni slojevi: | temelji i elementi u kontaktu s tlom | c = 4,0 cm |
| | ostalo | c = 2,5 cm |
| Čelik: | S355J2 | (HRN EN 10025-1:2006) |
| | 5.6 | navojne šipke za spoj beton-beton, beton-čelik, čelik-drvo (DIN 976-1) |
| | 8.8 | vijci za spojeve čelik-čelik (HRN EN 15048) |
| Inox: | 1.4301 | štapna sidra |
| Drvo: | C18 | postojeći elementi krovišta (HRN EN 14080:2006) |
| | C24 | dodatni elementi krovišta (HRN EN 14080:2006) |

*Napomena: Svi cijevni profili izvide se kao hladnooblikovani, sukladno normi EN 10219, dok se valjani profili izvide sukladno normi EN 10025. Limovi se izvide sukladno normi HRN EN 10029.

Norme za proračun

Važeća tehnička regulativa za sve elemente konstrukcije su norme niza EN (Euronorme), uz primjenu važećih nacionalnih dodataka (NA). Sve norme za proračun su navedene u pripadajućem *Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)*.

Izvedba konstrukcije

Svi nadzemni armiranobetonski elementi svrstavaju se u razred okoliša XC1, dok se podzemni AB elementi svrstavaju u razred okoliša XC2.

Nosiva čelična konstrukcija se izrađuje u zavarenoj izvedbi te potom vijčano sastavlja na gradilištu. Zavari su zaokruženi, kompaktni, bez naprslina i nepropusni i u svemu moraju zadovoljavati zahtjeve kvalitete prema normi HRN EN ISO 5817. Vijčane rupe izrađuju se bušenjem. Sidrena konstrukcija ugrađuje se u postojeći serklaž pomoću metalne šablone, uz geodetsku kontrolu položaja i vertikalnosti sidrišta. Klasa izvedbe: EXC2.

Elementi drvene konstrukcije moraju biti označeni smjerom montiranja ako to nije jasno vidljivo iz njihovog oblika. Prilikom transporta do gradilišta i po gradilištu te prilikom montaže potrebno je u svemu se pridržavati zahtjeva iz projekta drvene konstrukcije i osigurati da se drvni proizvodi i predgotovljeni elementi ne dovedu u položaj neusklađen s projektom koji bi mogao prouzročiti prekoračenje naprezanja u odnosu na ona u eksploataciji, gubitak stabilnosti elementa ili prevrtanje. Tijekom izvođenja drvena konstrukcija mora biti osigurana od opterećenja prouzročenih samom izvedbom (uključujući od opreme koja se koristi pri izvođenju ili samih postupaka izvedbe) kao i od utjecaja vjetra ili nedovršenosti konstrukcije u skladu s projektom drvene konstrukcije. Sva se privremena učvršćenja i pridržanja moraju ostaviti u drvenoj konstrukciji dok drvena konstrukcija ne bude izvedena do onog stupnja koji dopušta njihovo sigurno uklanjanje.

Antikorozivna zaštita (AKZ)

Predviđena je AKZ čelične konstrukcije u klasi C2 za blagi okoliš s mogućnošću kondenzacije. Postupak premazivanja predviđa: odmašćivanje, čišćenje i ispiranje te premazivanje zahtijevanim premazima. Hladni premazi moraju u svemu zadovoljavati zahtjeve niza normi HRN EN ISO 12944 te norme HRN ISO 19840. Pri montaži, prihvatna užad mora biti od nemetala (gurtne), koji ne oštećuje slojeve AKZ na konstrukciji. Svi vanjski elementi čelične konstrukcije svrstavaju se u klasu izloženosti C3 za srednje agresivan okoliš. Po završetku radova, izvođač je dužan popraviti sva oštećenja na AKZ.

Održavanje i vijek trajanja

Radnje u okviru održavanja konstrukcije treba provoditi prema Pravilniku o održavanju građevine (NN 122/14, 98/19) i Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20, 7/22) s pripadnim pravilnicima i normama. Predviđeni vijek trajanja građevine je 50 godina. Osnovne preglede konstrukcije crkve provoditi jednom godišnje, a glavne jednom u 10 godina.

Utjecaj namjene i načina uporabe te okoliša na građevinu

Projektom cjelovite obnove, mapom 2 u obzir su uzeta sva predvidiva opterećenja prema aktualnim normama – utjecaj atmosferičarija, odnosno uporabnog opterećenja uzeti su u obzir pri proračunu i dimenzioniranju novih i postojećih elemenata konstrukcije. Izvedba nove fasade, pokrova te završne obloge podova te njihovo međudjelovanje s okolišem i uporabnim opterećenjem detaljno su obrađeni mapom 1.

Zaštita na radu

Prilikom izvođenja obavezno je pridržavati se odredbi zaštite na radu. Sve elemente konstrukcije, potrebno je u fazi montaže podupirati kako bi se osigurala globalna i lokalna stabilnost konstrukcije i njenih elemenata.

Ostale napomene

Prije izrade drvene i čelične konstrukcije izvođač je dužan izraditi radioničku dokumentaciju koju ovjerava projektant. Sheme i projekte podupiranja izrađuje izvođač, a ovjerava projektant konstrukcije. Obavezna je kontrola izvođenja od strane nadzornog inženjera za konstrukciju.

Sav ugrađeni materijal treba biti međusobno kompatibilan, kompatibilan sa zatečenim materijalima i mora odgovarati važećim standardima te posjedovati ateste. Radovi se moraju izvoditi prema uputama proizvođača ili tehničkim rješenjima danim u nastavku Projekta.

Prije početka radova potrebno je obavijestiti nadležno tijelo iz područja zaštite kulturnih dobara.

Za izradu ovog Projekta korišteno je sljedeće:

Dokumentacija:

1. Arhitektonska snimka zatečenog stanja (Institut IGH d.d., srpanj 2022., 72140-444/22)
2. Statički proračun stropne konstrukcije kapele u Župnoj crkvi Rođenja BDM u Granešini (mr.sc. Miljenko Haiman, dipl.ing.građ., travanj 1999.)
3. Izvješće statičara o stanju građevine nakon potresa 22.03.2020. godine i naknadnih potresa (Arbi d.o.o., travanj 2020., 019-a/2020)
4. Elaborat hitnih mjera zaštite Crkve Rođenja BDM (Urbane ideje d.o.o., ožujak 2023., 38/2023-UI)
5. Izvještaj o provedenim istražnim radovima (Examen Lab d.o.o., travanj 2023., EL-230412-01)
6. Izvještaj o laboratorijskom ispitivanju uzoraka tla (Geotest d.o.o., siječanj 2016., LI-02-12-15)
7. Geotehnički izvještaj (Institut IGH d.d., rujn 2022., 72150-161/22)

8. Izvještaj konzervatorsko-restauratorskih istražnih radova u Crkvi Rođenja BDM, Granešina (Vuksan slikarsko konzervatorska radionica d.o.o., ožujak 2023.)
9. Konzervatorski elaborat (autor: Mladen Perušić, dipl.ing.arh., suradnik: Josip Vuksan, viši restaurator, ožujak 2023.)

Literatura:

1. Državna geodetska uprava, katastar.hr
2. <https://ika.hkm.hr/>
3. Geoportal kulturnih dobara RH, <https://geoportal.kulturnadobra.hr/>
4. Cangi, G. (2012) *Manuale del Recupero strutturale e antisismico*. Rim
5. Sorić, Z. (2016) *Zidane konstrukcije*. Zagreb
6. Borri, A. et Al. (2011) *Manuale delle Murature storiche, Analisi e valutazione del compatamento strutturale*, Rim

Propisi i norme:

1. Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
2. Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)
3. Zakon o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 21/23)
4. Pravilnik o sadržaju i tehničkim elementima projekata obnove, projekta za uklanjanje zgrade, projekta za građenje zamjenske obiteljske kuće i projekta za građenje višestambene i stambeno-poslovne zgrade oštećene potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 28/23)
5. Program mjera obnove zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (NN 28/23)
6. HRN EN 1990 – Osnove projektiranja konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodatkom
- norma HRN EN 1990/NA
7. Niz normi HRN EN 1991 – Djelovanja na konstrukcije s pripadnim nacionalnim dodacima
- niz normi HRN EN 1991/NA
8. Niz normi HRN EN 1992 – Projektiranje betonskih konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodacima
- niz normi HRN EN 1992/NA
9. Niz normi HRN EN 1993 – Projektiranje čeličnih konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodacima
- niz normi HRN EN 1993/NA
10. Niz normi HRN EN 1995 – Projektiranje drvenih konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodacima
- niz normi HRN EN 1995/NA
11. Niz normi HRN EN 1996 – Projektiranje zidanih konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodacima
- niz normi HRN EN 1996/NA
12. Niz normi HRN EN 1998 – Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija s pripadnim nacionalnim dodacima - niz normi HRN EN 1998/NA

Zagreb, listopad 2023.

Projektant :
Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Juraj Pojatina
dipl. ing. građ.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
G 3870

3 Program kontrole i osiguranja kvalitete

3.1 Opći podaci i definicije

Primjena općih tehničkih uvjeta

Ovi tehnički uvjeti i program kontrole kvaliteta (u daljnjem tekstu Tehnički uvjeti) sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, tehnologiju izvođenja, način ocjenjivanja kvalitete. Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su neophodni za potpuno dovršenje predmetne građevina.

Primjena ovih Tehničkih uvjeta je obavezna. Ovi tehnički uvjeti izrađeni su sukladno Zakonu o gradnji (NN br. 153/13, 20/17, 39/19, 125/19). Svi sudionici u građenju (investitor, izvođač i dr.) dužni su se pridržavati odredbi navedenog zakona.

Investitor je dužan:

- projektiranje, građenje i nadzor povjeriti osobama ovlaštenim za obavljanje tih djelatnosti
- prije gradnje ishoditi građevinsku dozvolu
- osigurati stručni nadzor nad građenjem
- po završetku gradnje poduzeti potrebne radnje za obavljanje tehničkog pregleda i ishođenje uporabne dozvole
- pridržavati se ostalih obveza po navedenom zakonu

Izvođač je dužan:

- graditi u skladu sa građevnom dozvolom, i drugim dokumentima koji su njoj prethodili - posebnim suglasnostima za gradnju, projektima na osnovi kojih je izdana građevna dozvola
- radove izvoditi na način da zadovolje svojstva u smislu pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti za slučaj požara, zaštite zdravlja ljudi, zaštite korisnika od povreda, zaštite od buke i vibracija, toplinske zaštite i uštede energije, zaštite od korozije, te ostala funkcionalna i zaštitna svojstva.
- ugrađivati materijale, opremu i proizvode predviđene projektom, provjerene u praksi, a čija je kvaliteta dokazana certifikatima sukladno propisima i normama.
- osigurati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme

Dokumentacija:

Da bi se osigurao ispravan tok i kvaliteta građenja, Izvođač mora na gradilištu posjedovati odgovarajuću dokumentaciju za građenje i pridržavati se nje kako slijedi:

- građevinsku dozvolu i dokumentaciju koja je njoj prethodila (suglasnosti)
- uredno vođen građevinski dnevnik i građevinsku knjigu
- rješenja o imenovanju odgovornih osoba
- elaborat o organizaciji gradilišta sa mjerama zaštite na radu i zaštite od požara.
- zapisnik o iskolčenju objekta i način osiguranja stalnih točaka iskolčenja
- dokumentaciju o kvaliteti radova i ugrađenog materijala i opreme (atesti, uvjerenja certifikati, jamstveni listovi i sl.) a naročito:
- izvještaje o svim ispitivanjima koja su provedena po nalogu ispitivanju nadzornog inženjera ili bez njegovog naloga, a koja su potrebna radi dokazivanja kvalitete izvedenih radova i ugrađenih materijala.

Kontrolna ispitivanja:

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala koji se ugrađuje u građevinu mora se cijelo vrijeme građenja voditi evidencija te sačiniti izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala sukladno projektu, ovom programu ili citiranim pravilnicima, normama i standardima.

Izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala mora sadržavati slijedeće dijelove:

- Naziv materijala, laboratorijsku oznaku uzorka, količinu uzoraka, namjenu materijala, mjesto i vrijeme (datum) uzimanja uzoraka te izvršenih ispitivanja, podatke o proizvođaču i investitoru, podatke o građevini za koju se uzimaju uzorci, odnosno vrši ispitivanje.
- Prikaz svih rezultata, laboratorijskih, terenskih ispitivanja za koja se izdaje ocjena kvalitete.
- Ocjenu kvalitete i mišljenje o pogodnosti (uporabljivosti) materijala za primjenu na navedenoj građevini te rok do kojega vrijedi izvješće.

Uzimanje uzoraka i rezultati laboratorijskih ispitivanja moraju se upisivati u laboratorijsku i gradilišnu dokumentaciju (građevinski dnevnik)

Uz dokumentaciju koja prati isporuku proizvoda ili poluproizvoda proizvođač je dužan priložiti rezultate tekućih ispitivanja koja se odnose na isporučene količine.

Za materijale koji podliježu obveznom atestiranju mora se izdati atestna dokumentacija sukladno propisima. Sva izvješća, atesti i drugi dokazi kvalitete moraju se odmah po dobivanju dostaviti i nadzornom inženjeru.

Po završetku svih radova izvođač je obavezan izraditi elaborat izvedenog stanja građevine i katastra podzemnih instalacija.

Standardi

Nabavku opreme i materijala izvoditelj mora usuglasiti s ovim specifikacijama i važećim standardima:

- HRN (i privremeno preuzet JUS).
- HRN EN (Hrvatske norme – preuzete europske norme)

Ukoliko neki radovi nisu obuhvaćeni ovim standardima, mjerodavni će biti:

- Međunarodne Organizacije za Standardizaciju ISO
- Njemačke Industrijske Organizacije DIN

3.2 Zemljani radovi

Prije početka gradnje zemljište se mora očistiti od raslinja, smeća i otpadaka. To se isto odnosi na dio zemljišta na kojem je bila prethodno konstrukcija, a srušena je kako bi sad na istom mjestu gradila nova.

Tlo na mjestu građenja potrebno je isplanirati i iskolčiti. Prilikom iskopa izvođač je dužan obavijestiti geomehaničara koji mora izvršiti kontrolu svojstava tla i napraviti kontrolu statičkog proračuna.

Potrebno je napraviti i kontrolu geometrije i kvalitete gradiva postojeće temeljne konstrukcije. Ako se ustvrdi da geometrija odstupa od pretpostavki potrebno je napraviti dodatnu kontrolu statičkog proračuna.

Sve iskope potrebno je izvesti po projektu s bočnim odsijecanjem i zaštitom bočnih strana kako ne bi došlo do urušavanja zemljišta prilikom njihova betoniranja. Sve radove, kontrolu i potvrdu parametara izvođač, geomehaničar i nadzorni inženjer su dužni upisati u građevinski dnevnik. Kod zatrpavanja i nasipanja prostora oko temelja do nivoa tla potrebno je nasipavati i nabijati u slojevima po 30 cm.

Na kraju je potrebno obaviti planiranje zemljišta, zatrpavanje svih jama i uklanjanje svega nepotrebnog s gradilišta.

3.3 Betonski i armiranobetonski radovi

Beton proizveden prema odredbama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20, 7/22) i ovih tehničkih uvjeta ugrađuje se u betonsku konstrukciju prema projektu, normi HRN EN 13670 te HRN EN 13670/NA, normama na koje ta norma upućuje. U glavnom projektu je specificiran razred tlačne čvrstoće i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206:2016.

Izvođač mora prema normi HRN EN 13670:2010 prije početka ugradnje provjeriti je li beton u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije, te je li tijekom transporta betona došlo do promjene njegovih svojstava koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670:2010 i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrsnulog betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima projekta betonske konstrukcije, ali ne manje od jednog uzorka za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača.

- Ako je količina ugrađenog betona veća od 100 m³, za svakih slijedećih ugrađenih 100 m³ uzima se po jedan dodatni uzorak betona.
- Podaci o istovrsnim elementima betonske konstrukcije izvedenim od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača evidentiraju se uz navođenje podataka iz otpremnice tog betona, a podaci o uzimanju uzoraka betona evidentiraju se uz obvezno navođenje oznake pojedinačnog elementa betonske konstrukcije i mjesta u elementu betonske konstrukcije na kojem se beton ugrađivao u trenutku uzimanja uzoraka.
- Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrsnulog betona ocjenjivanjem rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanje karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi se odgovarajućom primjenom kriterija norme HRN EN 206:2016 »Ispitivanje identičnosti tlačne čvrstoće.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrsnulog betona ugrađenog u pojedini element betonske konstrukcije u slučaju sumnje, provodi se kontrolnim ispitivanjem na mjestu koje se određuje na temelju podataka iz točke d.2.

Za slučaj nepotvrđivanja zahtijevanog razreda tlačne čvrstoće betona treba na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanog razreda tlačne čvrstoće provesti naknadno ispitivanje tlačne čvrstoće betona u konstrukciji prema HRN EN 12504-1:2019 i ocjenu sukladnosti prema HRN EN 13791:2019.

Materijali za spravljanje betona moraju biti u skladu sa slijedećim propisima i normama:

Cement:

Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20, 7/22).

Kontrola cementa provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za predgotovljene elemente i u betonari na gradilištu prema normi HRN EN 206:2016.

Agregat:

HRN EN 12620:2008 Agregati za beton

HRN EN 13055:2016 Lagani agregati: Lagani agregati za beton, mort i mort za zalijevanje

Voda:

HRN EN 1008:2002 Voda za pripremu betona –

Specifikacija za uzrokovanje, ispitivanje i potvrđivanje prikladnosti vode, uključujući vodu za pranje iz instalacija za otpadnu vodu u industriji betona kao vode za pripremu betona

Dodaci betonu moraju zadovoljavati uvjete kvalitete prema HRN EN 480. Za upotrebu bilo kojeg dodatka betonu mora se pribaviti mišljenje projektanta konstrukcije.

Tehnička svojstva i drugi zahtjevi te potvrđivanje sukladnosti betona određuje se odnosno provode prema normi HRN EN 206:2016 Beton - Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost.

Tehnička svojstva betona moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu betona i moraju biti specificirane prema normi HRN EN 206:2016.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstva svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstva očvrstelog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje otpornosti betona na smrzavanje i odmrzavanje provodi se prema normama HRN CEN/TR 15177:2006.

Isporuka svježeg betona

Informacije korisnika betona proizvođaču

Korisnik će usuglasiti s proizvođačem:

datum isporuke,

vrijeme i

količinu,

posebni transport na gradilište,

posebne postupke ugradnje,

ograničenjima vozila isporuke, npr. tipa veličine, visine ili bruto težine.

Informacije proizvođača betona korisniku

Kada naručuje beton, korisnik će zahtijevati informacije o sastavu mješavine betona radi primjene pravilne ugradnje i zaštite svježeg betona i utvrđivanja razvoja čvrstoće betona.

Te informacije mora na zahtjev korisnika dati proizvođač prije isporuke betona, već prema tome kako odgovara korisniku.

Kad je posrijedi tvornički proizvedeni beton, informacije, kad se zatraže, mogu također biti dane i referencama proizvođačeva kataloga sastava mješavina betona, u kojima su iskazane pojedinosti o klasama čvrstoće, klasama konzistencije, težina mješavine i drugi mjerodavni podaci.

Informacije za utvrđivanje vremena zaštite betona prema razvoju čvrstoće mogu biti iskazane nazivima iz tablice 2 ili krivuljom razvoja čvrstoće betona pri 20°C između 2 i 28 dana.

Tablica 2. Razvoj čvrstoće betona pri 20°C

| Razvoj čvrstoće | Omjeri čvrstoće - σ_2 / σ_{28} |
|-----------------|--|
| Brz | > 0,5 |
| Srednji | > 0,3 < 0,5 |
| Polagan | > 0,15 < 0,3 |
| Vrlo polagan | < 0,15 |

Omjer čvrstoće kao indikator razvoja čvrstoće jest omjer srednje vrijednosti tlačne čvrstoće nakon 2 dana σ_2 i srednje vrijednosti tlačne čvrstoće nakon 28 dana σ_{28} utvrđen početnim ispitivanjima ili zasnovan na poznatim svojstvima betona komparabilnog sastava.

U ovim početnim ispitivanjima uzorke za utvrđivanje čvrstoće treba praviti, njegovati i ispitivati prema HRN EN 12350-1:2019, HRN EN 12390-1:2012, HRN EN 12390-2:2019 i HRN EN 12390-3:2019.

Proizvođač treba informirati korisnika o zdravstvenom riziku koji se može pojaviti tijekom rukovanja betonom.

Otpremnica za gotov (tvornički proizveden) beton

Pri isporuci betona proizvođač mora dostaviti korisniku otpremnicu za svaku transportnim sredstvom isporučenu količinu betona, na kojoj su otisnute, utisnute ili upisane najmanje sljedeće informacije:

- ime tvornice betona,
- serijski broj otpremnice,
- datum i vrijeme utovara, tj. vrijeme prvog kontakta cementa i vode,
- broj vozila,
- ime kupca,
- ime i lokacija gradilišta,
- detalji ili reference uvjeta, npr. kodni broj, redni broj,
- količina betona u m^3 ,
- deklaracija sukladnosti s referentnim uvjetima kvalitete i EN 206:2016,
- ime ili znak certifikacijskog tijela ako je relevantno,
- vrijeme kad beton stiže na gradilište,
- vrijeme početka istovara,
- vrijeme završetka istovara.

Otpremne informacije za gradilišni beton

Odgovarajuća informacija tražena potpoglavljem 2.1.3. za otpremnicu betona mjerodavna je i za beton proizveden na velikom gradilištu ili kad uključuje više tipova betona.

Konzistencija pri isporuci

Općenito je svako dodavanje vode ili kemijskih dodataka pri isporuci zabranjeno. U posebnim slučajevima voda ili kemijski dodaci mogu biti dodani kad je to pod odgovornošću proizvođača i primjenjuje se za dobivanje uvjetovane vrijednosti konzistencije, osiguravajući da uvjetovane granične vrijednosti nisu prekoračene i da je dodatak kemijskog dodatka uključen u projekt betona. Količina svakog dodatka vode ili kemijskog dodatka dodana u vozilo (mikser) mora biti upisana u otpremni dokument u svim slučajevima.

Kontrola sukladnosti i kriteriji sukladnosti

Kontrola sukladnosti sastoji se od aktivnosti i odluka koje treba poduzeti u skladu s pravilima ocjene sukladnosti radi provjere sukladnosti betona s propisanim uvjetima. Kontrola sukladnosti je integralni dio kontrole proizvodnje.

Svojstva betona kojima se kontrolira sukladnost jesu ona koja se mjere odgovarajućim ispitivanjima prema normiranim postupcima. Stvarne vrijednosti svojstava betona u konstrukcijama mogu se razlikovati od tih utvrđenih ispitivanjima, npr. ovisno o dimenzijama konstrukcije, ugradnji, zbijanju, njegovanju i klimatskim uvjetima.

Plan uzorkovanja i ispitivanja te kriteriji sukladnosti trebaju zadovoljavati postupke navedene u normi HRN EN 206:2016 i odredbama ovog poglavlja projekta .

Mjesto uzimanja uzoraka za ispitivanje sukladnosti treba odabrati tako da se mjerodavna svojstva betona i sastav betona značajnije ne mijenjaju od mjesta uzorkovanja do mjesta isporuke.

Proizvođač može koristiti i druge rezultate ispitivanja isporučenog betona u prihvaćanju sukladnosti. Sukladnost ili nesukladnost prosuđuje se prema kriterijima ocjene sukladnosti.

Kontrola proizvodnje

Proizvođač je odgovoran za besprijekorno upravljanje proizvodnjom betona. Sav beton mora biti predmet kontrole proizvodnje. Kontrola proizvodnje obuhvaća sve mjere nužne za održavanje svojstava betona u sukladnosti s uvjetovanim svojstvima. To uključuje:

- izbor materijala,
- projektiranje betona,
- proizvodnju betona,
- preglede i ispitivanja,
- uporabu rezultata ispitivanja sastavnih materijala, svježeg i očvrslog betona i opreme
- kontrolu sukladnosti .

Sustav kontrole proizvodnje treba sadržavati odgovarajuće dokumentirani postupak i upute. Taj postupak i upute treba po potrebi utvrditi uzimajući u obzir potrebe kontrole iskazane u tablicama 22, 23 i 24 norme HRN EN 206:2016. Namjeravanu učestalost ispitivanja i nadzora treba dokumentirati. Rezultate ispitivanja i kontrola treba evidentirati izvještajima.

Svi mjerodavni podaci o kontroli proizvodnje trebaju biti zapisani (sadržani u izvještajima). Izvještaje o kontroli proizvodnje treba čuvati najmanje 3 godina, ako zakonske obveze ne traže duže razdoblje.

Vrednovanje i potvrđivanje sukladnosti

Proizvođač je odgovoran za ocjenu sukladnosti betona s uvjetovanim svojstvima te mora provoditi:

- početno ispitivanje kad je traženo
- kontrolu proizvodnje
- kontrolu sukladnosti

Proizvođačevu kontrolu proizvodnje treba za sve betone klase iznad C16/20 vrednovati i pregledavati ovlašteno nadzorno tijelo i zatim ovjeriti ovlašteno certifikacijsko tijelo.

Proizvođač je odgovoran za održavanje sustava kontrole proizvodnje.

Skele i oplata

Osnovni zahtjevi

Skele i oplata, uključujući njihove potpore i temelje, treba projektirati i konstruirati tako da su:

- otporne na svako djelovanje kojem su izložene tijekom izvedbe,
- dovoljno čvrste da osiguraju zadovoljenje tolerancija uvjetovanih za konstrukciju i spriječe oštećivanje konstrukcije.
- oblik, funkcioniranje, izgled i trajnost stalnih radova ne smiju biti ugroženi ni oštećeni svojstvima skela i oplata te njihovim uklanjanjem.
- skele i oplata moraju zadovoljavati mjerodavne hrvatske i europske norme.

Općenito

Može se upotrijebiti svaki materijal koji će ispuniti uvjete konstrukcije. Moraju zadovoljavati odgovarajuće norme za proizvod ako postoje. U obzir treba uzeti svojstva posebnih materijala.

Oplatna ulja

Oplatna ulja treba odabrati i primijeniti na način da ne štete betonu, armaturi ili oplati i da ne djeluju štetno na okolinu. Nije li namjerno specificirano, oplatna ulja ne smiju štetno utjecati na valjanost površine, njezinu boju ili na posebne površinske premaze. Oplatna ulja treba primjenjivati u skladu s uputama proizvođača ili isporučitelja.

Skele

Projekt skele treba uzeti u obzir deformacije tijekom i nakon betoniranja kako bi se izbjegle štetne pukotine u mladom betonu. To se može postići:

- ograničenjem progibanja i/ili slijeganja,
- kontrolom betoniranja i/ili specificiranjem betona npr. usporavanjem ugradnje.

Oplate

Oplata treba osigurati betonu traženi oblik dok ne očvrstne.

Oplata i spojnice između elemenata trebaju biti dovoljno nepropusni da spriječe gubitak finog morta.

Oplatu koja apsorbira značajniju količinu vode iz betona ili omogućava evaporaciju treba odgovarajuće vlažiti da se spriječi gubitak vode iz betona, osim ako nije za to posebno i kontrolirano namijenjena.

Unutarnja površina oplate mora biti čista. Ako se koristi za vidni beton, njezina obrada mora osigurati takvu površinu betona.

Površinska obrada

Posebnu površinsku obradu betona, ako se traži, treba utvrditi projektnim specifikacijama.

Za prihvaćanje zadane kvalitete površinske obrade mogu biti uvjetovani pokusni betonski paneli.

Vrsta i kvaliteta površinske obrade ovise o tipu oplate, betonu (agregatu, cementu, kemijskim i mineralnim dodacima), izvedbi i zaštiti tijekom izvedbe.

Oplatni ulošci i nosači

Privremeni držači oplate, šipke, cijevi i slični predmeti koji će se ubetonirati u sklop koji se izvodi i ugrađeni elementi kao npr. ploče, ankeri i distanceri trebaju:

- biti čvrsto fiksirani tako da očuvaju projektirani položaj tijekom betoniranja,
- ne uzrokovati neprihvatljive utjecaje na konstrukciju,
- ne reagirati štetno s betonom, armaturom ili prednapetim čelikom,
- ne uzrokovati neprihvatljivi površinski izgled betona,
- ne štetiti funkcionalnosti i trajnosti konstrukcijskog elementa.

Svaki ugrađeni dio treba imati dovoljnu čvrstoću i krutost da zadrži oblik tijekom betoniranja. Ne smije sadržavati tvari koje mogu štetno djelovati na njih same, beton ili armaturu.

Udubljenja ili otvore za privremene radove treba zapuniti i završno obraditi materijalom kakvoće slične okolnom betonu, osim ako ne ostaju otvoreni ili im je drugi način obrade specificiran.

Otpuštanje skela i uklanjanje oplata

Skele ni oplata se ne smiju uklanjati dok beton ne dobije dovoljnu čvrstoću:

- otpornu na oštećenje površine skidanjem oplata,
- dovoljnu za preuzimanje svih djelovanja na betonski element u tom trenutku,
- da izbjegne deformacije veće od specificiranih tolerancija elastičnog ili neelastičnog ponašanja betona.

Uklanjanje oplata treba izvoditi na način da se konstrukcija ne preoptereti i ne ošteti.

Opterećenja skela treba otpuštati postupno tako da se drugi elementi skele ne preopterete. Stabilnost skela i oplata treba održavati pri oslobađanju i uklanjanju opterećenja.

Postupak podupiranja ili otpuštanja kad se primjenjuje za reduciranje utjecaja početnog opterećenja, sukcesivno opterećenje i/ili izbjegavanje velike deformacije treba detaljno utvrditi.

Armatura i ugradnja armature

Armatura izrađena od čelika za armiranje prema odredbama ugrađuje se u armiranu betonsku konstrukciju prema projektu betonske konstrukcije, normi HRN EN 13670, normama na koje ta upućuje.

Rukovanje, skladištenje i zaštita armature treba biti u skladu sa zahtjevima tehničkih specifikacija koje se odnose na čelik za armiranje, projekta betonske konstrukcije te odredbama ovoga Priloga.

Izvođač mora prema normi HRN EN 13670 prije početka ugradnje provjeriti je li armatura u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije, te je li tijekom rukovanja i skladištenja armature došlo do njezinog oštećivanja, deformacije ili druge promjene koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije. Nadzorni inženjer neposredno prije početka betoniranja mora:

- provjeriti postoji li isprava o sukladnosti za čelik za armiranje, odnosno za armaturu i jesu li iskazana svojstva sukladna zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije
- provjeriti je li armatura izrađena, postavljena i povezana u skladu s projektom betonske konstrukcije te u skladu s Prilozima »B« te dokumentirati nalaze svih provedenih provjera zapisom u građevinski dnevnik.

Materijali

Čelik za armiranje betona treba zadovoljavati uvjete HRN EN 10080 i uvjete projekta konstrukcije. Svaki proizvod treba biti jasno označen i prepoznatljiv.

Sidreni i spojni elementi trebaju zadovoljavati uvjete EN 1992-1-1, priznatih propisa navedenih u TPGK i uvjete projekta.

Površina armature mora biti očišćena od slobodne hrđe i tvari koje mogu štetno djelovati na čelik, beton ili vezu između njih.

Galvanizirana armatura može se koristiti samo u betonu s cementom koji nema štetnog djelovanja na vezu s galvaniziranom armaturom.

Za sve čelike izvođač treba pribaviti ateste koji nisu stariji od 6 mjeseci. Nadzorni inženjer treba upisom u dnevnik potvrditi da li su isporučeni čelici odgovarajuće kakvoće i dozvoliti ugradnju u armiranobetonsku konstrukciju. Za čelike koji su dopremljeni na gradilište ili centralno savijalište bez odgovarajućih atesta ili certifikata ne smiju se ugrađivati dok se ne provede naknadno atestiranje.

Nastavljanje armature zavarivanjem mogu obavljati samo atestirani varioci za tu vrstu zavarivanja, sa atestom ne starijim od 1 godine. Izvoditelj mora voditi dnevnik zavarivanja s podacima – ime varioca, način zavarivanja, proizvođača, vrstu i šaržu elektrode te poziciju na kojoj se prema planu armature radilo. Nadzorni inženjer treba utvrditi da se izvoditelj pridržava ovih uvjeta i odobriti način nastavljanja zavarivanjem.

Savijanje, rezanje, prijevoz i skladištenje

Čelik za armiranje betona treba rezati i savijati prema projektnim specifikacijama. Pri tome:

- savijanje treba izvoditi jednolikom brzinom,
- savijanje čelika pri temperaturi ispod -5°C , ako je dopušteno projektnim specifikacijama, treba izvoditi uz poduzimanje odgovarajućih posebnih mjera osiguranja,
- savijanje armature grijanjem smije se izvoditi samo uz posebno odobrenje u projektnim specifikacijama.

Promjer trna za savijanje šipki treba biti prilagođen stvarnom tipu armature.

Betoniranje

Uvjeti kakvoće betona

Beton mora biti proizveden prema uvjetima iz HRN EN 206:2016.

Isporuka, preuzimanje i gradilišni prijevoz svježeg betona

Nadzor i kontrolu kakvoće treba provesti na mjestu ugradnje i to najmanje u opsegu definiranom ovim tehničkim uvjetima. Među ostalim treba provjeriti otpremni dokument i paraфом potvrditi izvršeni nadzor.

Kontrola prije betoniranja

- Treba pripremiti planove betoniranja i nadzora kao i sve ostale mjere predviđene ovim projektom, a ako ne postoji projekt a prema složenosti izvedbe je neophodan, potrebo ga je izraditi.
- Treba po potrebi izvesti početno ispitivanje betoniranja pokusnom ugradnjom i to prije izvedbe dokumentirati.
- Sve pripremne radnje treba provjeriti i dokumentirati prema ovim uvjetima prije no što ugradnja betona počne.
- Konstrukcijske spojnice moraju biti čiste i navlažene. Oplatu treba očistiti od prljavštine, leda, snijega ili vode.
- Ako se beton ugrađuje izravno na tlo, svježi beton treba zaštititi od miješanja s tlom i gubitka vode.
- Konstrukcijske elemente treba podložnim betonom od najmanje 3-5 cm odvojiti od temeljnog tla ili za odgovarajuću vrijednost povećati donji zaštitni sloj betona.
- Temeljno tlo, stijena, oplata ili konstrukcijski dijelovi u dodiru s pozicijom koja se betonira trebaju imati temperaturu koja neće uzrokovati smrzavanje betona prije no što dostigne dovoljnu otpornost na smrzavanje. Ugradnja betona na smrznuto tlo nije dopuštena ako za takve slučajeve nisu predviđene posebne mjere.
- Predviđa li se temperatura okoline ispod 0°C u vrijeme ugradnje betona ili u razdoblju njegovanja, treba planirati mjere zaštite betona od oštećenja smrzavanjem.
- Površinska temperatura betona spojnice prije betoniranja idućeg sloja treba biti iznad 0°C . Ako se predviđa visoka temperatura okoline u vrijeme betoniranja ili u razdoblju njegovanja, treba planirati mjere zaštite betona od tih negativnih djelovanja.

Ugradnja i zbijanje

- Beton treba ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonom i osigura zaštitni sloj betona unutar propisanih tolerancija te beton dobije traženu čvrstoću i trajnost. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima promjene presjeka, suženja presjeka, uz otvore, na mjestima zgusnute armature i prekida betoniranja.
- Vibriranje, osim ako nije drugačije uvjetovano projektom, treba u pravilu izvoditi uronjenim vibratorima. Beton treba uložiti što bliže konačnom položaju u konstrukcijskom elementu: Vibriranjem se beton ne smije namjerno navlačiti kroz oplatu i armaturu.
- Normalna debljina sloja ne bi smjela biti veća od visine uronjenog vibratora. Vibriranje treba izvoditi sustavnim vertikalnim uranjanjem vibratora tako da se površina donjeg sloja revibrira. Kod debljih slojeva je revibriranje površinskog sloja preporučljivo i radi izbjegavanja plastičnog slijeganja betona ispod gornjih sipki armature.
- Vibriranje površinskim vibratorima treba izvoditi sustavno dok se iz betona oslobađa zarobljeni zrak. Prekomjerno površinsko vibriranje koje slabi kvalitetu površinskog sloja betona treba izbjeći. Kad se primjenjuje samo površinsko vibriranje, debljina sloja nakon vibriranja obično ne treba prelaziti 100 mm, osim ako nije prethodno eksperimentalno dokazano drugačije. Korisno je dodatno vibriranje površina uz podupore.
- Brzina ugradnje i zbijanja betona treba biti dovoljno velika da se izbjegnu hladne spojnice i dovoljno niska da se izbjegnu pretjerana slijeganja ili preopterećenje oplata i skela. Hladna spojnica se može stvarati tijekom betoniranja, ako beton ugrađenog sloja veže prije ugradnje i zbijanja narednog. Dodatni zahtjevi na postupak i brzinu ugradnje betona mogu biti potrebni kod posebnih zahtjeva za površinsku obradu.
- Segregaciju betona treba pri ugradnji i zbijanju svesti na najmanju mjeru.
- Beton treba tijekom ugradnje i zbijanja zaštititi od insolacije, jakog vjetrova, smrzavanja, vode, kiše i snijega.
- Naknadno dodavanje vode, cementa, površinskih otvrdivača ili sličnih materijala nije dopušteno.

Njegovanje i zaštita

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi:

- da se skupljanje svede na najmanju mjeru,
- da se postigne potrebna površinska čvrstoća,
- da se osigura dovoljna trajnost površinskog sloja,
- od smrzavanja,
- od štetnih vibracija, udara ili drugih oštećivanja.

Pogodni su sljedeći postupci njegoovanja primijenjeni odvojeno ili uzastopno:

- držanje betona u oplati,
- pokrivanje površine betona paronepropusnim folijama, posebno učvršćenim i osiguranim na spojevima i na krajevima,
- pokrivanjem vlažnim materijalima i njihovom zaštitom od sušenja,
- držanjem površine betona vidljivo vlažnom prikladnim vlaženjem,
- primjenom zaštitnog premaza utvrđene uporabivosti (potvrđene certifikatom ili tehničkim dopuštenjem).

Postupci njegoovanja trebaju osigurati nisku evaporaciju vlage iz površinskog sloja betona ili držati površinu stalno vlažnom. Prirodno njegoovanje je dovoljno ako su uvjeti u cijelom razdoblju potrebnog njegoovanja takvi daje brzina evaporacije vlage iz betona dovoljno niska, npr. u vlažnom, kišnom ili maglovitom vremenu. Njegoovanje površine betona treba bez odgode započeti odmah po završetku zbijanja i površinske obrade. Ako slobodnu površinu betona treba zaštititi od pucanja zbog plastičnog skupljanja, privremeno njegoovanje treba primijeniti i prije površinske obrade.

Trajanje primijenjenog njegovanja treba biti funkcija razvoja svojstava betona u površinskom sloju ovisno o omjeru:

- čvrstoće i zrelosti betona,
- oslobođene topline i ukupne topline oslobođene u adijabatskim uvjetima.

Beton za uporabu u uvjetima izloženosti konstrukcije definiranim u poglavlju 3 a treba njegovati dok površinski sloj betona ne dosegne najmanje 50 % uvjetovane tlačne čvrstoće. Iskustveno se taj uvjet, iskazan vremenski, može kontrolirati prema podacima danim u tablici "Najmanje razdoblje njegovanja betona za klase izloženosti betona drugačije od X0 i XC1.

Tablica 3: Najmanje razdoblje njegovanja betona za klase izloženosti betona drugačije od X0 i XC1

| Površinska temperatura betona, °C | Najmanje razdoblje njegovanja, dana ^{1) 2)} | | | |
|--|---|---------------------|------------------|------------|
| | Razvoj čvrstoće betona ⁴⁾ f_{cm2} / f_{cm28} | | | |
| | brz, $r > 0,50$ | srednji, $r = 0,30$ | spor, $r = 0,15$ | vrlo spor, |
| $r < 0,15$ | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 |
| $T > 25$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 5,0 |
| $25 > T > 5$ | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 10,0 |
| $15 > T > 10$ | 3,0 | 6,0 | 10,0 | 15,0 |
| $10 > T > 5$ ³⁾ | | | | |
| 1) dodajući svako vrijeme vezanja iznad 5 sati 2) linearna interpolacija između vrijednosti u redovima je moguća 3) za temperature ispod 5°C trajanje treba produžiti za razdoblje jednako vremenu ispod 5°C 4) razvoj čvrstoće betona je omjer između srednje tlačne čvrstoće betona nakon 2 dana i srednje tlačne čvrstoće betona nakon 28 dana | | | | |

Ako se razvoj topline koristi za mjerenje razvoja svojstava betona, omjer topline i odgovarajuće čvrstoće treba prethodno utvrditi ili odobriti ovlaštena institucija.

Pobliža određenja razvoja svojstava betona mogu se temeljiti na jednom od slijedećih postupaka:

- računu zrelosti iz mjerenja temperature na dubini najviše 10 mm u betonu ispod površine,
- računu zrelosti iz mjerenja srednjih dnevnih temperatura zraka,
- temperaturi grijanja,
- drugim pogodnim postupcima.

Račun zrelosti treba se zasnivati na odgovarajućoj funkciji zrelosti, dokazanoj za tip cementa ili kombinaciju cementa i uporabljenog mineralnog dodatka.

Primjena zaštitnih premaza nije dopuštena na konstrukcijskim spojnica, na površinama koje će se naknadno obrađivati ili na površinama na kojima treba osigurati vezu s drugim materijalima, osim ako se prethodno potpuno ne uklone prije te sljedeće operacije ili ako dokazano ne djeluju štetno na tu sljedeću operaciju. Ako projektnim specifikacijama nije naglašeno dopušteno, zaštitni premazi se ne smiju koristiti ni na površinama s uvjetovanim posebnim izgledom površine.

Površinska temperatura betona ne smije pasti ispod 0°C dok površina betona ne dosegne čvrstoću dovoljnu za otpornost na smrzavanje (obično iznad 5 N/mm²).

Najviša temperatura betona ne smije prijeći 65°C.

Mogući negativni utjecaji visokih temperatura betona tijekom njegovanja uključuju:

- značajno smanjenje čvrstoće,
- značajno povećanje poroznosti,
- odloženo formiranje etringita,
- povećanje razlike temperature betoniranog i prethodnog elementa.

Aktivnosti poslije betoniranja

Nakon skidanja oplata nadzorni inženjer treba prema uvjetovanom razredu nadzora provesti kontrolu površine betona i potvrditi sukladnost za zahtjevima. Površinu betona treba tijekom izvedbe zaštititi od oštećivanja i remećenja površinske teksture. Potrebe ispitivanja betona na građevini (svojstvo, učestalost i kriterije sukladnosti) treba prema uvjetima izvedbe i eksploatacije građevine utvrditi projektom konstrukcije i planom kontrole kvalitete izvedbe radova.

Konstrukcijske spojnice

Spojni dijelovi bilo kojeg tipa trebaju biti neoštećeni, točno postavljeni i ispravno izvedeni tako da osiguraju učinkovito ponašanje konstrukcije.

Geometrijske tolerancije

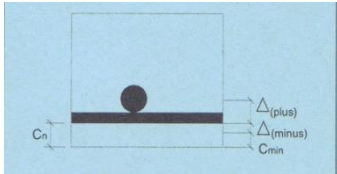
Izvedene dimenzije konstrukcija trebaju biti unutar najvećih dopuštenih odstupanja radi izbjegavanja štetnih utjecaja na:

- mehaničku otpornost i stabilnost u privremenom i kasnijem uporabnom stanju,
- ponašanje tijekom uporabe građevine,
- kompatibilnost postavljanja i izvedbe konstrukcije i njezinih nekonstrukcijskih dijelova.

Nenamjerna mala odstupanja od referentnih vrijednosti koje nemaju značajniji utjecaj na ponašanje izvedene konstrukcije mogu se zanemariti.

Date tolerancije, nominirane kao normalne tolerancije, odgovaraju projektnim pretpostavkama, HRN EN 1992 i traženoj razini sigurnosti. Zahtjevi ovog poglavlja odnose se na ukupnu konstrukciju. Kod pojedinih dijelova svaka međukontrola tih dijelova mora poštivati uvjete konačne kontrole izvedene konstrukcije. Ako je određeno geometrijsko odstupanje pokriveno različitim zahtjevima (preduvjetovano), primjenjuje se stroži uvjet. Dimenzije poprečnog presjeka, zaštitni sloj betona i položaj armature ne smiju odstupati od zadanih vrijednosti više no što je prikazano u sljedećoj tablici:

Tablica 4 – Tolerancije

| N° | Tip odstupanja | Opis | Dopušteno odstupanje |
|--|---|--|---|
| a | Dimenzije poprečnog presjeka | | + 10 mm |
| b | Položaj obične armature u poprečnom presjeku  | Za sve h vrijednosti je: Δ negativno (minus) a pozitivno za h < 150 mm h = 400 mm h > 2500 mm | - 10 mm + 10 mm + 15 mm + 20 mm uz linearnu interpolaciju |
| c_{min} = traženi najmanji zaštitni sloj betona c_n = nominalni zaštitni sloj = $c + \Delta(\text{minus}) $ c = stvarni zaštitni sloj Δ = dopušteno odstupanje od c_n h = visina poprečnog presjeka Uvjet: $c + \Delta(\text{plus}) > c_n - \Delta(\text{minus}) $ | | | |
| Dopušteno pozitivno odstupanje zaštitnog sloja temelja i elemenata u temeljima može se povećati za 15 mm. Dano negativno odstupanje ne može. | | | |
| c | Preklopni spoj | l preklopna duljina | -0,06 l |
| d | okomitost poprečnog presjeka | a – duljina dimenzije popr. presjeka | ne više od 0,04a ili 10 mm |
| e | ravnost | | |
| | Oplaćena ili zaglađena površina | L = 2,0 m L = 0,2 m | 9 mm 4 mm |
| | Ne oplaćene površine : ➤ globalno ➤ lokalno | L 2,0 m L = 0,2 m | 15 mm 6 mm |
| f | Zakošenost poprečnog presjeka | ne veće od h/25 ili b/25, ali ne više od 30 mm | |
| g | ravnost bridova | za dužine: ≤ 1 m > 1 m | 8mm 8 mm/m, ali ne više od 20 mm |
| h | otvori u ulošci | Δ ₁ ; Δ ₂ ; Δ ₃ | ± 25 mm |

3.4 Čelična konstrukcija

Kod izrade i montaže konstrukcije izvođač se mora držati odredbi Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN br. 17/17, 75/20, 7/22), pravila i standarda navedenih u prilogima A – F istog propisa.

Izvedba čelične konstrukcije definirana je normama:

- izvedba čeličnih i aluminijskih konstrukcija niz HRN EN 1090
- toplinsko rezanje – razredba rezova HRN EN ISO 9013
- sustav dimenzionalnih tolerancija (rupe) HRN EN ISO 286-2
- tolerancije u zgradarstvu – metode mjerenja niz HRN ISO 7976
- provjera osposobljenosti zavarivača niz HRN EN 287
- preporuke za zavarivanje metalnih materijala HRN EN 1011
- provjera osposobljenosti rukovoditelja pri potpuno mehaniziranom i automatiziranom zavarivanju metalnih materijala HRN EN 1418
- zahtjevi za kvalitetu zavarivanja taljenjem metalnih materijala niz HRN EN ISO 3834
- krovopokrivački proizvodi od lima niz HRN EN 508

Zahtjevi za kakvoću osnovnog materijala dati su u specifikaciji materijala u tehničkoj dokumentaciji za svaku pojedinu poziciju, kojih se treba u potpunosti pridržavati. Oznake kakvoće date su kako je propisano u Tehničkom propisu. Materijal druge vrste i kakvoće nego što je propisan može se upotrijebiti samo po prethodnom pismenom odobrenju projektanta. Karakteristike i kakvoća osnovnog materijala određeni su propisima u hrvatskim standardima:

- definicija i razredba vrsta čelika HRN EN 10020
- opći tehnički uvjeti isporuke za čelične proizvode HRN EN 10021
- označavanje čelika HRN EN 10027-1, HRN EN 10027-2
- toplovaljani proizvodi od konstrukcijskih čelika niz HRN EN 10025
- toplovaljani I–profili sa skošenim pojasnicama HRN EN 10024
- toplovaljani čelični limovi (debljine veće od 3 mm) HRN EN 10029
- I–profili i H–profili od konstrukcijskih čelika HRN EN 10034
- toplovaljana čelična traka HRN EN 10048
- neprekinuti, neprevučeni toplovaljani lim i traka HRN EN 10051
- toplovaljani T–profil HRN EN 10055
- čelični kutnici HRN EN 10056-1, HRN EN 10056-2
- toplooblikovani šuplji profili niz HRN EN 10210
- toplo valjani čelični U–profili HRN EN 10279
- toplovaljane šipke – plosnate, četverokutne, okrugle, šesterokutne HRN EN 10058, HRN EN 10059, HRN EN 10060, HRN EN 10061
- uvjeti isporuke za stanje površine toplovaljanih čel. ploča, traka i profila niz HRN EN 10163

Mehanička spojna sredstva (vijci, zakovice) definirana su u slijedećim hrvatskim standardima.

- konstrukcijski vijčani spojevi bez predopterećenja HRN EN 10548-1
- konstrukcijski predopterećeni vijčani spojevi visoke čvrstoće niz HRN EN 14399
- mehanička svojstva spojnih elemenata – vijci i svorni elementi HRN EN ISO 898-1
- mehanička svojstva spojnih elemenata – matice HRN EN ISO 3506-2
- čelične matice osigurane od odvijanja HRN EN ISO 2320
- šesterokutne matice osigurane od odvijanja HRN EN ISO 7040, HRN ISO 7042, HRN ISO 7719, HRN ISO 10511, HRN ISO 10512, HRN ISO 10513
- vijci za lim HRN EN ISO 1479, HRN EN ISO 1481
- samorezni vijci HRN EN ISO 15480
- zakovice HRN EN ISO 15976, HRN EN ISO 15979, HRN EN ISO 15980, HRN EN ISO 15983

Karakteristike dodatnog i potrošnog materijala za zavarivanje (i opreme) određene su propisima u hrvatskim standardima: HRN EN 13479, HRN EN ISO 2560, HRN EN ISO 14175, HRN EN 440, HRN EN ISO 17632, HRN EN ISO 14341, HRN EN ISO 26304, HRN EN 13918, HRN EN ISO 14343, HRN EN ISO 16834, HRN EN ISO 17633, HRN EN ISO 18276, HRN EN ISO 636

Nadzor nad svim fazama izrade čelične konstrukcije u radionici i nad montažom vrši nadzorni inženjer imenovan od strane investitora.

- Izvođač je dužan nadzornom inženjeru dostaviti na uvid:
- dokaze sukladnosti materijala od kojih je izrađena čelična konstrukcija,
- dokaze sukladnosti za spojni materijal (vijke, elektrode, zakovice)
- dokaze o osposobljenosti zavarivača, koji izrađuju ovu konstrukciju,
- uvjerenje o kvalifikacijama drugih stručnih osoba angažiranih na izradi konstrukcije,
- planovi slijeda zavarivanja s točnim odredbama rasporeda i slijeda zavarivanja svakog pojedinog zavara
- zakonski propisano vođenje dnevnika (radionički dnevnik, dnevnik zavarivanja),
- skice s ucrtanim brojevima dokaza sukladnosti osnovnog i spojnog materijala iz kojeg je izrađena svaka pojedina pozicija s označenim zavarima, s brojem dokaza sukladnosti elektrode i oznakom zavarivača koji je to zavario.

Kod montaže konstrukcije na gradilištu:

- plan montaže konstrukcije,
- radioničke nacрте sa svim izmjenama i dopunama,
- dokumente o prijemu konstrukcije u radionici,
- dokaz o osposobljenosti zavarivača koji vrši zavarivanje konstrukcije na montaži,
- dokumente o kontroli izvođenja montažnih spojeva,
- montažni dnevnik, dnevnih zavarivanja,
- podatke o geodetskim i drugim mjerenjima tijekom montaže,
- foto dokumentacije o građenju objekta.

Dužnosti i obveze nadzornog inženjera su:

- kontinuirana kontrola izrade i montaže čelične konstrukcije u svim fazama,
- ovjeravanje naprijed navedenih dokumenata,
- sudjelovanje kod prijema konstrukcije u radionici
- sudjelovanje kod prijema gotove montirane konstrukcije.

Izvođačeva je dužnost i zakonska obveza da projektanta upozori na uočene proturječnosti i nedostatke u tehničkoj dokumentaciji. Isto tako dužan je za sve nejasnoće tražiti objašnjenje od projektanta.

Izvođač može predanu mu tehničku dokumentaciju upotrebljavati isključivo za izradu konstrukcije obrađene u ovom elaboratu.

Jediničnom cijenom po kg konstrukcije uključeni su:

- svi troškovi dobave, izrade i montaže konstrukcije,
- sav potreban pomoćni materijal, alat, mehanizacija i skladištenje,
- priprema površine, te kvaliteta i debljina sloja prvog temeljnog premaza prema posebnim uvjetima antikorozivne zaštite (prilog TPGK-a),
- svi horizontalni i vertikalni transporti do mjesta ugradbe,
- sva potrebna radna skela,
- sva šteta i troškovi popravka kao posljedica nepažljive izvedbe,
- troškovi zaštite na radu i troškovi dokazivanja sukladnosti.

Osnovni, kao i dodatni materijal preuzima izvođač radova - suglasnost zahtjevima standarda odnosno propisa - ukoliko u ugovoru između investitora i izvođača nije drugačije utvrđeno.

Limovi i lamele koje se ugrađuju u čeličnu konstrukciju glavnih nosača treba kontrolirati ultrazvukom radi dvoplosnosti. Nadzorni inženjer i izvođač dogovoriti će se o obimu kontrole ultrazvukom.

Izvođač je dužan izraditi detaljni plan tehnološkog procesa izrade. Plan treba sadržavati suglasnost zahtjevu projekta, raspored limova i radioničkih nastavaka, oblik i dimenzije šavova zavarenih spojeva, način radioničkog sklapanja konstrukcije, postupak zavarivanja s karakterističnim uputstvima svih faznih operacija od početka do završetka radioničkih radova.

Detaljnu tehnologiju zavarivanja suglasno raspoloživoj opremi i kadrovima predlaže izvođač investitoru donosno nadzornom inženjeru i projektantu.

Osnovni je zahtjev da predviđeni način odnosno postupak ne daje spojeve koji imaju gora mehanička svojstva od osnovnog materijala. Tehnološki postupak ulazi u tehničku dokumentaciju i sastavni je dio dokumenata koje odobrava nadzorni inženjer.

Tijekom radova se po nahođenju nadzornog inženjera može vršiti dopunsko atestiranje pojedinih zavarivača ako se za to ukažu potrebe. Troškove osposobljavanja snosi izvođač.

Dodatni materijal mora se uskladištiti u suhom prostoru tako da ne bi došlo do vlaženja. Skladištenje dodatnog materijala, bilo elektroda, žica ili praškova vrši se u originalnoj ambalaži isporučioca elektroda. Sav dodatni materijal koji se u radionici ili na gradilištu ostavlja poslije izvršenog dnevnog rada u otvorenoj ambalaži, mora se prije ponovne upotrebe podvrgnuti propisanom sušenju na peći, na temperaturi koja je u te svrhe propisana. To važi za oploštene elektrode kao i za praškove za automatska ili poluautomatska zavarivanja.

Uvjetima antikorozivne zaštite i ugovorom propisat će se stupanj pripreme površine, te debljina i kakvoća prvog temeljnog premaza.

Investitor mora osigurati prostor za istovar i manipulaciju čelične konstrukcije, te osigurati adekvatni izvor električne energije u slučaju da izvođač koristi kranove pogonjene električnom energijom. Ovi opći uvjeti se mijenjaju ili dopunjuju pojedinim stavkama troškovnika.

Za sve građevne proizvode koji nisu obuhvaćeni ovim uvjetima kontrole i osiguranja kvalitete mjerodavni su propisi navedeni u prilogima Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije.

3.5 Drvena konstrukcija

Kod izrade i montaže konstrukcije izvođač se mora držati odredbi Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22), odnosno pravila i standarda navedenih u prilogima istog propisa.

Izvedba drvene konstrukcije definirana je normama:

- projektiranje drvenih konstrukcija – opća pravila i pravila za zgrade HRN EN 1995-1-1
- sadržaj vlage piljenog drva niz HRN EN 13183
- ploče na osnovi drva – smjernice za uporabu nosivih ploča HRN CEN/TR 12872
- adhezivi za nosive drvene konstrukcije niz HRN EN 302
- metode ispitivanja niz HRN EN 594
- ispitivanje konstrukcija visokogradnje pokusnim opterećenjem HRN U.M1.047

Zahtjevi za kakvoću osnovnog materijala dati su u specifikaciji materijala u tehničkoj dokumentaciji za svaki pojedini element, kojih se treba u potpunosti pridržavati. Oznake kakvoće date su kako je propisano u Tehničkom propisu. Materijal druge vrste i kakvoće nego što je propisan može se upotrijebiti samo po

prethodnom pismenom odobrenju projektanta. Karakteristike i kakvoća osnovnog materijala određeni su propisima u hrvatskim standardima:

- konstrukcijsko drvo niz HRN EN 14081
- ploče na osnovi drva HRN EN 13986
- lamelirane furnirske ploče HRN EN 14279
- štapasta spajala HRN EN 14592
- neštapasti spojni elementi HRN EN 14545
- spajala za drvo – moždanici posebne izvedbe za drvo HRN EN 912
- kazeinski adhezivi za nosive drvene konstrukcije HRN EN 12436
- fenolni i aminoplastični adhezivi za nosive drvene konstrukcije HRN EN 301
- jednokomponentni poliuretanski adhezivi za drv. strukture pod opt. HRN EN 15425
- predgotovljeni drveni nosači oplata HRN EN 13377

Proizvodnja drvene konstrukcije mora se provoditi u svemu prema odredbama navedenih hrvatskih normi za izradu drvenih konstrukcija.

Čelični okov kao i čelični elementi krovnih spregova predviđeni u kvaliteti osnovnog čeličnog materijala: S355J2. Sve čelične papuče oslonaca kao i sva spojna sredstva antikorozivno se zaštićuju cinčanjem. Cinčanju mora prethoditi pjeskarenje svih elemenata koji se cinčaju.

Kompletanu novu drvenu konstrukciju potrebno je u tvornici zaštititi fungicidnim i insekticidnim sredstvima, dok se zaštita od vlage osigurava dvostrukim lazurnim nanosima. Svi premazi drva moraju biti bezbojni. Nakon nanošenja zaštitnih sredstava nije dozvoljena daljnja dodatna obrada drva.

Proizvođač je dužan predati naručitelju sve protokole o proizvodnji te o sadržaju vlage u drvu.

Nadzorni inženjer i proizvođač konstrukcije dužni su tijekom proizvodnje u radionici zapisnički pratiti:

- temperaturu, vlažnost i čistoću radionice
- kvalitetu svake pojedine lamele
- vlažnost drva
- ljepilo (vrstu, proizvođača, broj i datum isporuke, debljine slojeva, miješanja)
- uvjete lijepljenja i prešavanja, vrijeme otpuštanja
- geometrijsku kontrolu gotovih elemenata

Ovi protokoli sastavni su dio kompletne atestne dokumentacije koju je izvođač dužan predložiti na tehničkom pregledu i tijekom gradnje.

Prilikom transporta nosače je potrebno zaštititi od utjecaja atmosferilija, a ovisno o načinu montaže i transporta potrebno je dokazati stabilnost pojedinih elemenata u fazi transporta.

Prije početka proizvodnje konstrukcije proizvođač ima obavezu izraditi radioničke nacрте kompletne krovne drvene konstrukcije i svih čeličnih dijelova (papuče, oslonci i spojna sredstva), te iste predložiti na ovjeru projektantu glavnog projekta konstrukcije. Izvođač radova također je dužan dati na ovjeru i plan montaže pri čemu se posebno naglašava potreba određivanja redoslijeda montaže obzirom na raspored krovnih spregova.

3.6 Zidarski radovi

Prilikom izvedbe zidarskih radova prema projektu i troškovniku izrađenog na osnovu ovog projekta, izvođač radova mora se pridržavati svih uvjeta i opisa u projektu i troškovniku kao i važećih propisa, a posebno Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)

Materijali

Materijali koji se upotrebljava za zidarske radove mora biti ispravan, kvalitetan, a na zahtjev izvođač mora predložiti važeće ateste ili dati ispitati prema važećim standardima. Ispitivanje pada na teret izvođača. Materijal koji je upotrebljavan mora zadovoljiti slijedeće standarde:

Zidni elementi

- opečni zidani elementi – specifikacije HRN EN 771-1
- vapnenosilikatni zidni elementi – specifikacije HRN EN 771-2
- betonski zidni elementi – specifikacije HRN EN 771-3
- porobetonski zidni elementi – specifikacije HRN EN 771-4
- zidni elementi od umjetnog kamena – specifikacije HRN EN 771-5
- zidni elementi od prirodnog kamena – specifikacije HRN EN 771-6
- tlačna čvrstoća HRN EN 772-1
- izmjere zidnih elemenata HRN EN 772-16
- neto obujam i postotak šupljina opečnih zidnih el. HRN EN 772-3
- gustoća i obujamska masa zidnih el. od prirodnog kamena HRN EN 771-4

Mort

- poroznost svježeg morta HRN EN 1015-7
- konzistencija svježeg morta HRN EN 1015-3
- gustoća svježeg morta HRN EN 1015-6
- tlačna i savojna vlačna čvrstoća morta HRN EN 1015-11
- uzorci za ispitivanje morta HRN EN 1015-2

Uskladištenje materijala, koji se koriste za zidanje, mora biti takvo da nije moguće oštećenje do stupnja kada nisu pogodni za korištenje. Opeka se ne smije polagati na površine koje sadrže kemijske nečistoće, klinker ili pepeo, niti na novo betonirane ploče, dok ta konstrukcija nema dovoljnu nosivost. U zimi opeku koja nije otporna na mraz potrebno je skladištiti u zatvorenim prostorima gdje temperatura nije niža od 0°C.

Cement i vapno trebaju biti zaštićeni od djelovanja vlage za vrijeme transporta i skladištenja. Veziva skladištiti odvojeno tako da ne dođe do miješanja.

Pijesak različitih tipova treba pohraniti odvojeno na tvrdj podlozi, gdje neće biti onečišćen.

Mort treba biti miješan u omjerima materijala kako je određeno projektom morta, a koji je dužan dostaviti izvođač. Navedenim projektom se mora postići projektirana marka morta. Sav pribor koji se koristi pri miješanju i transportu treba održavati čistim. Nakon što se mort izmiješa i izvađen je iz miješalice ne smije mu se dodavati nikakav materijal.

Mort mora biti upotrijebljen prije nego počne vezivanje. Mort mora imati plastičnu konzistenciju određenu normama za mort.

Unaprijed pripremljeni mort treba rabiti u skladu sa uputama proizvođača i prije kraja roka uporabe deklariranog od proizvođača.

Zidne elemente treba postavljati u pravilan zidni vez. Opeka mora biti čista i neoštećena. Prije nego se opeka počne postavljati u mort mora imati potrebnu vlažnost da se postigne što bolja prionjivost sa mortom. Stoga se preporuča kvašenje elemenata prije polaganja u mort. Duljinu kvašenja odrediti ovisno o konzistenciji morta, tipu opeke i preporukama pojedinih radova i propisa danih u ovom projektu.

Zidanje je potrebno obustaviti ako temperatura padne ispod $+5^{\circ}\text{C}$ ili je veća od $+35^{\circ}\text{C}$.

Kod izvedbe vertikalnih serklaža opeku je potrebno ozidati tako da zid završava na "šmorc". Horizontalne serklaže na razini stropova betonirati zajedno sa stropnom konstrukcijom.

Novoizvedene zidove potrebno je zaštititi od mehaničkih oštećenja i utjecaja nevremena. Vrhovi zidova trebaju biti pokriveni vodonepropusnim presvlakama. Zidovima se ne smije dopustiti prebrzo sušenje, stoga ih je u vrućim danima potrebno vlažiti dok ne postigne odgovarajuću čvrstoću.

Kvaliteta zidanja mora biti u skladu sa zahtijevanom kvalitetom zidova u ovom projektu, prema važećim propisima za zidane konstrukcije, a u nedostatku državnih normi koristiti pripadne euronorme.

3.7 Materijali za sanaciju konstrukcija

Vlaknima pojačani polimeri (FRP sustavi)

Prilikom uporabe FRP sustava, izvođač radova se obvezuje pridržavati svih uvjeta i opisa u projektu i troškovniku kao i važećih propisa i normi. Izvođač je dužan osigurati dokaze o kvaliteti izvedenih radova i ugrađenih materijala, izvješća o provedenim ispitivanjima i obrađene rezultate provedenih ispitivanja te certifikate izrađene prema važećim propisima i normama.

Prije početka proizvodnje, potrebno je pripremiti popis zahtijevanih karakteristika i svojstava FRP materijala, plan ispitivanja FRP sustava koji obuhvaća ispitivanja kvalitete ugrađenog materijala, plan kvalitete proizvodnje koji opisuje materijal, postupak očvršćivanja, kontrolu postupka ugradnje i završnu kontrolu.

Izvođač je dužan posjedovati izvješće o ugrađenom materijalu, uključujući podatke o dobavljaču te utjecajima na zdravlje i sigurnost, procijenjenu težinu potrebnih alata za ugradnju, izvješće o kontroli kvalitete, izvješće o provedenom proračunu (projekt konstrukcije), izvješće o provedenim ispitivanjima i rezultatima ispitivanja.

Materijali

Materijali koji se ugrađuju moraju biti u skladu s HRN EN 16245 (1-5).

Prisustvo vlage i prašine mora se spriječiti tijekom proizvodnje FRP sustava. Proizvodnja vezivnog sredstva treba se izvoditi na najmanjoj temperaturi od 3°C iznad temperature kondenzacije vezivnog sredstva i na temperaturi u pogonu koja je u rasponu zahtijevane temperature od proizvođača vezivnog sredstva.

Vlakna, vezivno sredstvo, ljepila i ostali kemijski materijali moraju biti obrađeni u skladu s propisima proizvođača i ne smiju se koristiti nakon isteka roka trajanja.

Proizvodnja

Tijekom proizvodnje FRP materijala potrebno je provoditi kontrolu temperature, postotka vlažnosti i tlaka zraka, broja slojeva te njihovu debljinu i težinu, pozicije spojeva i duljine preklopa, orijentaciju i poravnanje vlakana, napetost vlakana, vlaženje vlakana, količinu šupljina, volumen vlakana i čvrstoću (Barcol test).

Orijentacija i ravnost vlakana ne smije odstupati više od 1 stupnja od orijentacije vlakana koja je korištena za određivanje mehaničkih karakteristika materijala prema kojima je izvršen proračun.

Spojevi

Kod izvođenja spojeva na ugrađenim FRP sustavima, potrebno je izvoditi veće rupe za sidra (1,6 mm veće od promjera sidra). Svi rubovi rupa trebaju biti zapečaćeni s premazom (vezivni materijal, silikon, lak). Premaz mora biti kompatibilan s vezivnim sredstvom FRP sustava.

Za bušenje rupa potrebno je koristiti alat namijenjen radu s FRP sustavima. Za vrijeme izvođenja, dijelovi FRP sustava moraju biti zaštićeni kako bi se spriječilo cijepanje, kidanje i delaminacija. Vijci ne smiju biti previše zategnuti. Šteta na lamelama FRP sustava nije dopuštena. Preporuča se upotreba momentnog ključa za zatezanje. Spojevi na ugrađenim FRP sustavima na bazi ljepila moraju se izvoditi u klimatski kontroliranim uvjetima u skladu s instrukcijom za upotrebu proizvođača ljepila. Površina na koju se aplicira ljepilo mora biti čista, bez prisustva vlage, masnoće i prašine.

Rukovanje i skladištenje

Tijekom rukovanja i skladištenja, koncentrirane sile trebaju se izbjeći. Podizanje dijelova FRP sustava dopušteno je jedino upotrebom propisanih metoda i alata koje je odobrio projektant. U slučaju odstupanja od navedenih zahtjeva, negativne učinke krivog rukovanja procjenjuje projektanta ili stručnjak za FRP sustave. Tijekom transporta i rukovanja, šteta prouzročena neadekvatnim rukovanjem treba biti spriječena, a dijelovi sustava skladišteni odvojeno. Prilikom podizanja FRP dijelova preporuča se korištenje zaštitnih materijala.

Ugradnja

Prije početka radova potrebno je izraditi detaljan plan izvođenja. Ugradnja FRP sustava treba biti izvršena od strane osposobljenih radnika pod nadzorom ovlaštenog inženjera, a sve u skladu s EN 1990. Ukoliko se prije ili tijekom ugradnje pojave neočekivana opterećenja, potrebno ih je evaluirati i odobriti od strane projektanta.

Korištenje

Ukoliko se za vrijeme korištenja pojave iznenadna opterećenja, potrebno ih je evaluirati i odobriti od strane projektanta. Potrebno je provoditi redovite preglede ugrađenih FRP sustava i odražavanja u skladu s izrađenim planom održavanja.

Održavanje, pregledi i popravci

FRP sustavi moraju imati izrađeni plan odražavanja i pregleda kojima se omogućuje održavanje sustava u uporabljivom stanju tijekom njegovog životnog vijeka.

Plan održavanja mora sadržavati mjesta u sustavu koja su podložna pregledima određena od strane projektanta, ograničenja tijekom uporabe određena od strane projektanta, ograničenja tijekom uporabe određena od strane proizvođača, pregledni plan izvedene konstrukcije s ugrađenim materijalima, upute za popravke, upute za zamjenu dijelova konstrukcije kada je to potrebno.

Održavanje FRP sustava sastoji se od pregleda, čišćenja površina, održavanja spojeva, popravka površinskih i većih oštećenja, popravaka ili zamjene sekundarnih dijelova sustava s kraćim životnim vijekom od konstrukcije (npr. habajući slojevi).

Preporuča se redovito čišćenje površina vodom ili posebnim sredstvima. U slučaju površinskih oštećenja premaza i završnih slojeva, iste je potrebno popraviti. Slojevi ljepila moraju biti zaštićeni od prljavštine i vlage. Vijčani spojevi izvedeni na FRP sustavu trebaju se redovito provjeravati.

Redoviti pregledi moraju se bazirati na ispitivanju oštećenja, spojeva i mogućim promjenama u okolišu konstrukcije koje su se dogodile tijekom uporabe. Detaljni pregledi moraju sadržavati procjenu dugotrajnih deformacija i ponašanje konstrukcije.

U slučaju oštećenja FRP sustava, potrebne popravke određuje projektant i/ili proizvođač FRP sustava. Moguće metode popravka su ugradnja prenosnih ploča, zapunjavanje vezivnim sredstvom, uklanjanje oštećenog FRP materijala i ugradnja zamjenskog, pojačavanje dodatnim FRP sustavom.

Norme

- HRN EN 16245-1 Vlaknima ojačani plastični kompoziti – Deklaracija o karakteristikama sirovina – 1. dio: Opći zahtjevi
- HRN EN 16245-2 Vlaknima ojačani plastični kompoziti – Deklaracija o karakteristikama sirovina – 2. dio: Posebni zahtjevi za smolu, očvršćivalo, dodatke i modifikatore
- HRN EN 16245-3 Vlaknima ojačani plastični kompoziti – Deklaracija o karakteristikama sirovina – 3. dio: Posebni zahtjevi za vlakna
- HRN EN 16245-4 Vlaknima ojačani plastični kompoziti – Deklaracija o karakteristikama sirovina – 4. dio: Posebni zahtjevi za tkanje
- HRN EN 16245-5 Vlaknima ojačani plastični kompoziti – Deklaracija o karakteristikama sirovina – 5. dio: Posebni zahtjevi za osnovne sastojke
- HRN EN 1504-1 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 1. dio: Definicije
- HRN EN 1504-2 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 2. dio: Sustavi površinske zaštite
- HRN EN 1504-3 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 3. dio: Konstrukcijski i nekonstrukcijski popravak
- HRN EN 1504-4 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 4. dio: Konstrukcijsko lijepljenje
- HRN EN 1504-5 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 5. dio: Injektiranje betona
- HRN EN 1504-6 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 6. dio: Sidrenje čelične armature
- HRN EN 1504-7 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 7. dio: Zaštita armature od korozije
- HRN EN 1504-8 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 8. dio: Kontrola kvalitete i ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava (AVCP)
- HRN EN 1504-9 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 9. dio: Opća načela za uporabu proizvoda i sustava
- HRN EN 1504-10 Proizvodi i sustavi za zaštitu u popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova

Mort za FRCM i CRM sustave

Karakteristike morta (sanacijske žbuke) za uporabu u FRCM i CRM sustavima trebaju ispuniti sljedeće uvjete:

- tlačna čvrstoća nakon 28 dana (HRN EN 1015-11): CS IV ($> 6,0 \text{ N/mm}^2$)
- čvrstoća prionjivosti (HRN EN 1015-12): SL:B ($> 0,5 \text{ N/mm}^2$)

Sve podloge moraju biti čiste, čvrste, nosive, suhe i nesmrznute.

Sanacijsku žbuku nanositi ručno ili strojno. Kod ručnog nanašanja, sanacijsku žbuku nanositi u debljini od 50 mm u jednom sloju i izravnati aluminijskom H letvom. Prilikom primjene i sušenja, temperatura podloge i zraka ne smije biti niža od $+5^\circ\text{C}$ niti viša od $+30^\circ\text{C}$.

Norme

- HRN EN 998-1 Specifikacija morta za ziđe – 1. dio: Vanjska i unutarnja žbuka
- HRN EN 998-2 Specifikacija morta za ziđe – 2. dio: Mort za ziđe

3.8 Nadzor

Pregledi i nadzor trebaju osigurati da se radovi završavaju u skladu s zahtjevima projektnih specifikacija i važećim propisima.

Nadzor u ovom kontekstu odnosi se na verifikaciju (potvrđivanje) sukladnosti svojstava proizvoda i materijala koji će se upotrijebiti i na nadzor nad izvedbom radova.

Nadzor materijala i proizvoda

Koji će se nadzor svojstava materijala i proizvoda primijeniti u radovima prikazano je slijedećom tablicom.

Tablica 5: Zahtjevi nadzora materijala i proizvoda

| PREDMET | VRSTA NADZORA |
|--|--|
| Materijali oplata | Vizualni nadzor |
| Armaturni čelik | Prema HRN EN 10080 i zahtjevima projekta ³⁾ |
| Svježi beton proizveden u tvornici ili na gradilištu ¹⁾ | Prema HRN EN 206:2016, i prema ovim tehničkim uvjetima. Pri preuzimanju betona treba postojati otpremnica. |
| Ostali materijali ²⁾ | Prema projektnim specifikacijama i normama |
| Predgotovljeni elementi | Prema projektnim specifikacijama ³⁾ |
| Nadzorni izvještaj | Treba |
| 1) Na gradilištu izrađeni sastavni dijelovi smatraju se kao sastavni dijelovi proizvedeni sa „svježim betonom, tvorničkim ili gradilišnim”, osim ako nisu proizvedeni prema normi 2) Npr. element ugrađenog čelika, opeka i sl. 3) Proizvode s potvrdom sukladnosti treće osobe treba vizualno pregledati i provjeriti otpremnicu. U slučaju sumnje treba poduzeti daljnje provjere sukladnosti sa specifikacijama. Ostale proizvode treba provjeriti i ispitati prema projektnim specifikacijama. | |

Područje nadzora izvedbe

Područje nadzora koji treba provesti prikazano je u tablici:

Tablica 6: Područje nadzora

| PREDMET | VRSTA NADZORA |
|---------------------------------------|---|
| Kalupi, oplata i skele | Glavne kalupe i oplatu pregledati prije betoniranja |
| Obična armatura | Glavnu armaturu pregledati prije betoniranja |
| Ugrađeni elementi | Prema projektnim specifikacijama i ovim tehničkim uvjetima |
| Zidani elementi | Prema projektnim specifikacijama i ovim tehničkim uvjetima |
| Drvena konstrukcija i elementi | Prema projektnim i izvedbenim specifikacijama i teh. uvjetima |
| Predgotovljeni elementi | Prema izvedbenim specifikacijama |
| Gradilišni prijevoz i ugradnja betona | Prema ovim tehničkim uvjetima |
| Završna obrada i njegovanje betona | Prema ovim tehničkim uvjetima |
| Geometrija | Prema projektnim specifikacijama |
| Nadzorna dokumentacija | Kako se traži ovim uvjetima |

Nadzor prije betoniranja

Prije početka betoniranja nadzor treba uključivati:

- geometriju oplata,
- stabilnost oplata, skela i njihovih temelja,
- nepropusnost oplata,
- uklanjanje nečistoća (kao što su prašina, snijeg i/ili led i ostaci žice) s dijela koji će se betonirati,
- obradu lica konstrukcijskih spojnica,
- uklanjanje vode s dna oplata, osim ako se ne betonira pod vodom,
- pripremu površine oplata,
- otvore u oplati.

Nadzor poslije betoniranja

Na konstrukcijskim spojnica treba provjeriti i potvrditi da je preklopna (kontinuitetna) armatura u projektiranom položaju.

Treba provjeriti položaj dilatacijske trake.

Nadzor armature

Nadzor prije betoniranja

Prije betoniranja nadzor u skladu s odgovarajućim nadzornim razredom treba potvrditi daje:

- armatura iskazana u nacrtima ugrađena i prema nacrtima postavljena u projektiranu poziciju,
- zaštitni sloj u skladu s ovim uvjetima i projektnim specifikacijama,
- armatura nezagađena uljem, mastima, bojom ili drugim štetnim materijalima,
- armatura ispravno učvršćena i osigurana od pomicanja tijekom betoniranja,
- razmak između sipki armature dovoljan za ugradnju i zbijanje betona,
- ugrađena armatura popraćena odgovarajućom potvrdom sukladnosti sa svojstvima uvjetovanim u EN 10080.

Ako za armaturu dopremljenu u savijalište ili na građevinu nema odgovarajuće potvrde sukladnosti s uvjetovanim svojstvima, ta svojstva treba korisnik potvrditi ispitivanjem odgovarajućeg broja uzoraka dopremljenih profila.

Nadzor poslije betoniranja

Na konstrukcijskim spojnica treba provjeriti i potvrditi daje preklopna (kontinuitetna) armatura u projektiranom položaju.

Nadzor postupka betoniranja

Nadzor i ispitivanje postupka betoniranja treba planirati, izvoditi i dokumentirati prema tablici

Tablica 7: Planiranja, nadzora i dokumentiranja

| PREDMET | VRSTA NADZORA |
|--------------------|--|
| Planiranje nadzora | Plan nadzora, procedure i instrukcije prema specifikacijama Aktivnosti kod nesukladnosti |
| Nadzor | Osnovni i povremeni detaljni nadzor |
| Dokumentacija | Svi dokumenti planiranja, Izvještaji o svim nadzorima Izvještaji o svim nesukladnostima i popravnim mjerama |

Plan nadzora treba identificirati sve nadzore, motrenja i ispitivanja za potrebne dokaze kvalitete. Najbolji nadzor je kontinuirani nadzor sukladnosti i uobičajene dobre prakse.

3.9 Mjere u slučaju nesukladnosti

Kad nadzor otkrije nesukladnost, treba poduzeti odgovarajuće radnje koje će osigurati uvjetovanu stabilnost i sigurnost konstrukcije i zadovoljiti namjeravanu uporabu.

Kad je nesukladnost potvrđena, treba istražiti sljedeće:

- utjecaj nesukladnosti na izvedbu i uporabu,
- mjere potrebne da bi se nesukladni element ili dio konstrukcije učinili prihvatljivima,
- potrebu zabrane i zamjene nepopravljivog nesukladnog elementa ili dijela konstrukcije.

Veličina nesukladnosti uvjetovanih svojstava betona utvrđuje se naknadnim ispitivanjima istih svojstava na uzorcima betona iz konstrukcijskog elementa prema važećim normama. Ispitivanja se odlukom nadzornog inženjera povjeravaju odgovarajućoj ovlaštenoj instituciji.

Nesukladnost tlačne čvrstoće (postignute i uvjetovane klase) betona rješava se naknadnim ispitivanjem uzoraka betona izvađenih iz dijela konstrukcije u koji je ugrađen nesukladni beton.

Ispitivanja treba provesti prema HRN EN 12504-1 i utvrditi klasu tlačne čvrstoće kojoj ugrađeni beton odgovara u vrijeme ispitivanja i približnu klasu kojoj je odgovarao pri 28-dnevnoj starosti. Prva služi za kontrolu stabilnosti i sigurnosti predmetnog konstrukcijskog dijela a druga za reguliranje ugovornih odnosa između proizvođača i kupca betona. Ako su neispravnosti i nesukladnosti zanemarive za izvedbu i uporabu element treba preuzeti. Ako se nesukladnost može popraviti, element treba preuzeti nakon popravka.

Ocjenu sukladnosti elementa nakon popravka trebaju dati nadzorni inženjer i ovlaštena institucija koja je utvrdila veličinu nesukladnosti i uvjetovala popravak.



Rektifikacija nesukladnosti mora biti u skladu s projektnim specifikacijama i ovim Tehničkim uvjetima. Dokumentaciju postupka i materijala koji će se upotrijebiti treba prije popravka odobriti nadzorni inženjer.


4 Ocjena postojećeg stanja i zatečena potresna otpornost




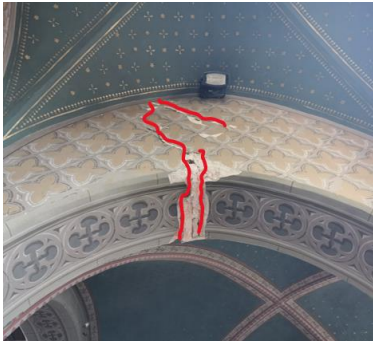

4.1 Vizualni pregled

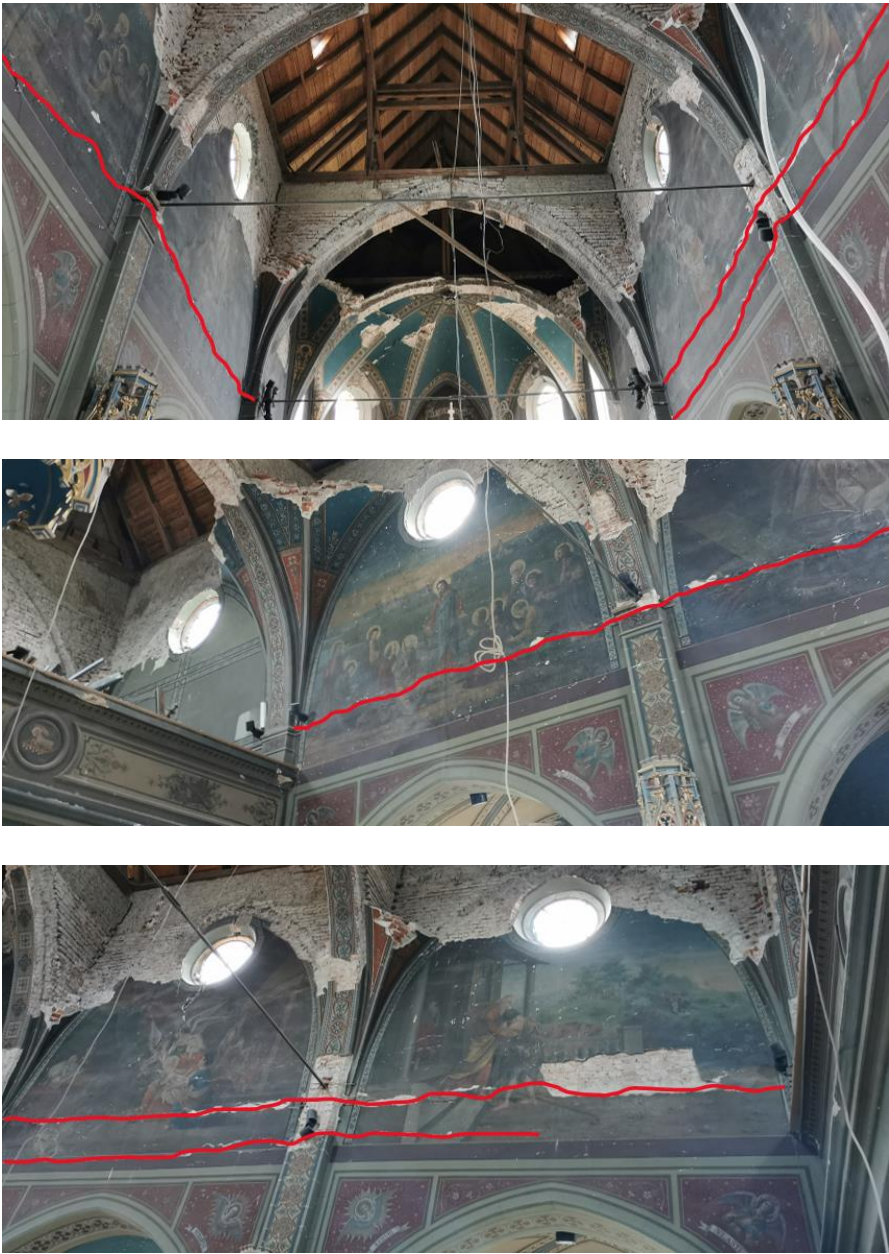
4.1.1 Vizualni pregled građevine

Vizualni pregled i bilježenje oštećenja na nosivoj konstrukciji i nekonstruktivnim elementima crkve izvršen je u nekoliko izlazaka tijekom 2023. Kao rezultat pregleda utvrđena su konstruktivna i mehanička oštećenja elemenata (pukotine, pomaci i deformacije) te stanje slojeva (žbuke). Na slikama slijedi prikaz karakterističnih oštećenja po tipu otkazivanja, s komentarima i opisom stanja.

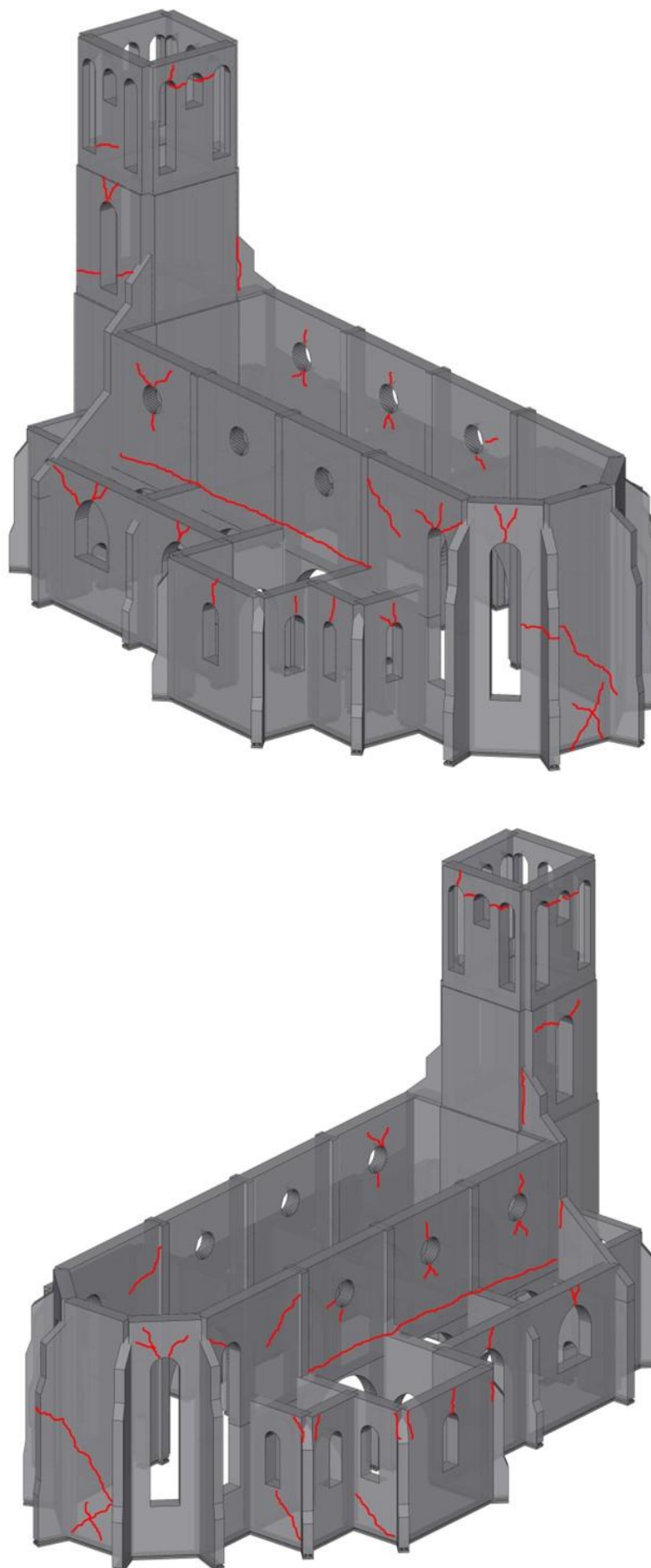
| Broj fotografije | Pozicija oštećenja | Fotografija oštećenja |
|------------------|--|--|
| Slika 4-1 | Istočno pročelje (zid apside) |  |
| | Južno pročelje |  |
| | | |
| | | |
| Opis oštećenja | Dijagonalne pukotine vidljive u poprečnim zidovima nastale zbog nedostatka zidova u poprečnom smjeru crkve. Križne pukotine na zidu apside ukazuju na posmični slom зида nastao zbog lošeg osnovnog i vezivnog materijala зида koje nema dostatnu nosivost za preuzimanje horizontalnog djelovanja od potresa. | |

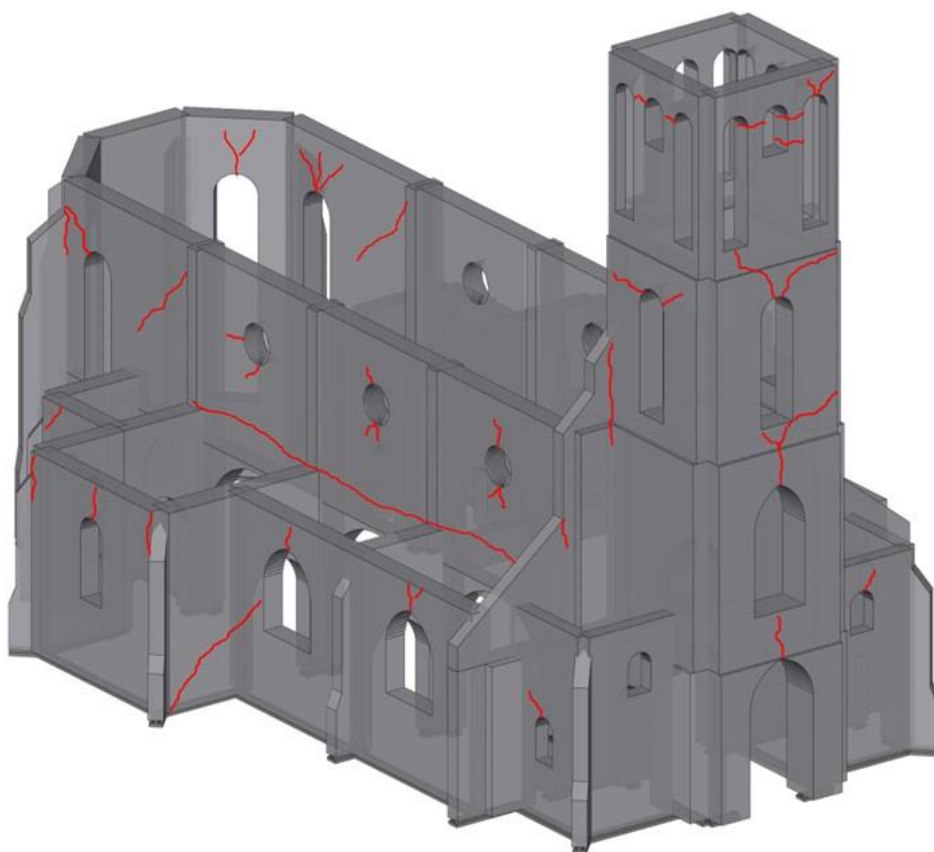
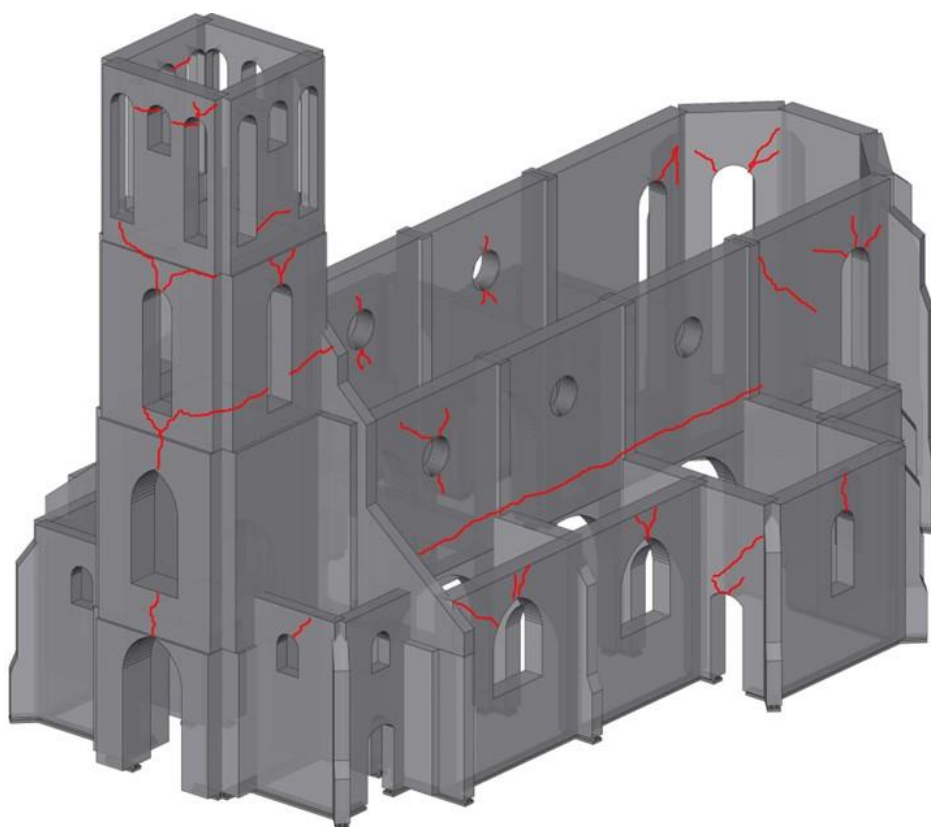
| Broj fotografije | Pozicija oštećenja | Fotografija oštećenja |
|------------------|--|---|
| Slika 4-1 | Zapadno i južno pročelje tornja |  |
| Opis oštećenja | <p>Na pročeljima tornja vidljive su karakteristične horizontalne i dijagonalne pukotine nastale na mjestima oslabljena u zidu (otvori) te promjeni debljine zida po visini što rezultira promjeni njegove krutosti. U razini vrha zidova glavnog broda vidljiva horizontalna pukotina po čitavom tornju koja ukazuje na otvaranje klizne plohe i posmični otkaz tornja. Vertikalne pukotine vidljive iznad otvora nastale su zbog koncentracije naprezanja uslijed potresa pri čemu dolazi do prekoračenja vlačne čvrstoće osnovnog i veznog materijala.</p> | |

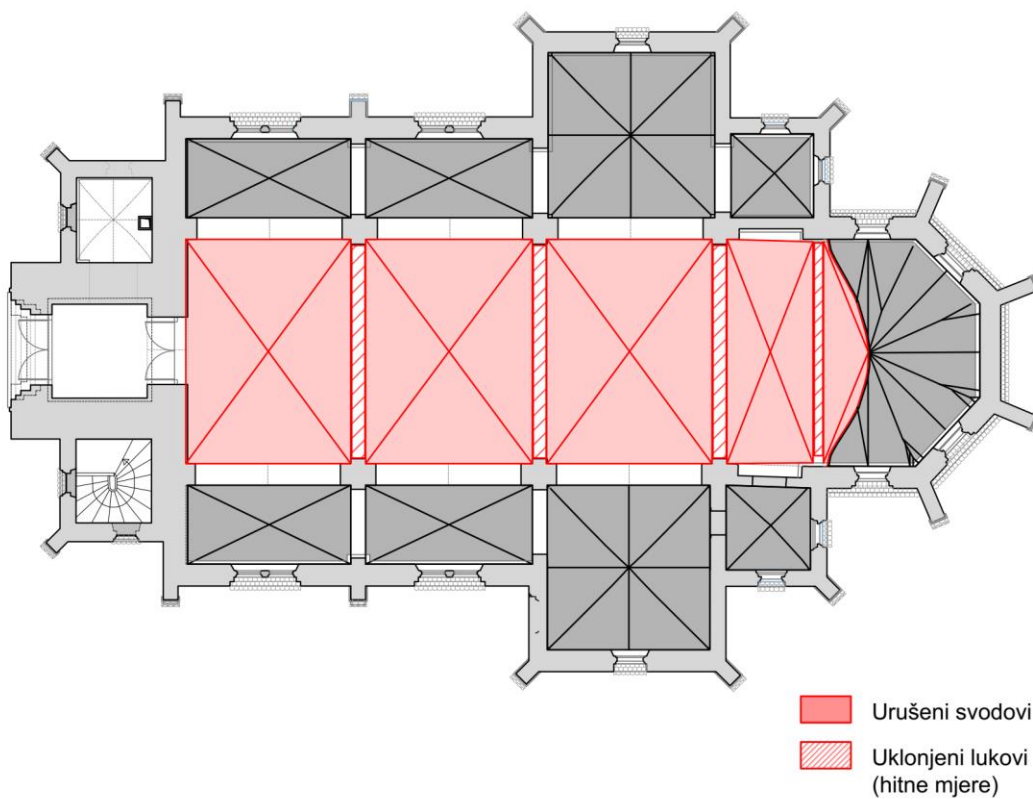
| Broj fotografije | Pozicija oštećenja | Fotografija oštećenja |
|------------------|---|--|
| Slika 4-3 | Glavni i bočni brodovi - lukovi i svodovi |      |
| Opis oštećenja | <p>Problem nedostatka zidova u poprečnom smjeru te izostanak horizontalne dijafragme koja bi ravnomjerno preraspodijelila sile na uzdužne i poprečne zidove, dovodi do značajnog horizontalnog opterećenja na lukove uslijed potresa. Pukotine i ispadanje dijelova luka na karakterističnim mjestima u tjemenu i u trećinama raspona ukazuju na otvaranje plastičnih zglobova pri čemu tlačna linija izlazi iz stabilnog ravnotežnog položaja. Uslijed cikličnog djelovanja potresa došlo je do aktivacije horizontalne komponente sile od težine svodova i prekoračenja vlačne čvrstoće osnovnog i vezivnog materijala te izmicanja oslonaca svodova. To je rezultiralo padom svodova iznad glavnog broda i velikim pukotinama na svodu apsida i bočnih brodova. Mreža pukotina koja se kontinuirano nastavlja iz lukova i zidova u svodove bočnih brodova dodatno je izražena na mjestima otvora uslijed koncentracije vlačnih naprezanja.</p> | |

| Broj fotografije | Pozicija oštećenja | Fotografija oštećenja |
|------------------|---|--|
| Slika 4-4 | Uzdužni zidovi glavnog broda |  <p>The block contains three photographs showing the interior of a church, specifically the longitudinal walls of the main nave. Each photograph has a red line drawn across it to highlight horizontal cracks in the masonry. The top photo shows a wide view of the nave with a wooden roof structure. The middle and bottom photos are closer views of the walls, showing frescoes and the extent of the cracking.</p> |
| Opis oštećenja | <p>Na uzdužnim zidovima glavnog broda uslijed djelovanja potresa otvorile su se horizontalne pukotina cijelom dužinom zidova. One upućuju na otvaranje plastičnog zgloba u zidu, približno na mjestu oslanjanja lukova. Također, u nivou pukotina završavaju bočni brodovi te su zidovi glavnog broda od te kote statičkog sustava konzole i potpuno ne pridržani van ravnine. Uslijed nedostatka horizontalne krute dijafragme ne dolazi do pravilne raspodjele potresne sile te zidovi prihvaćaju djelovanja van svoje ravnine. Do formiranja mehanizma sloma dolazi uslijed superponiranja horizontalne (razuporne) komponente svoda s horizontalnom potresnom silom, pri čemu zid ima relativno malu stabilizirajuću (vertikalnu) uzdužnu silu.</p> | |

4.1.2 Prostorni model zgrade s prikazom oštećenja







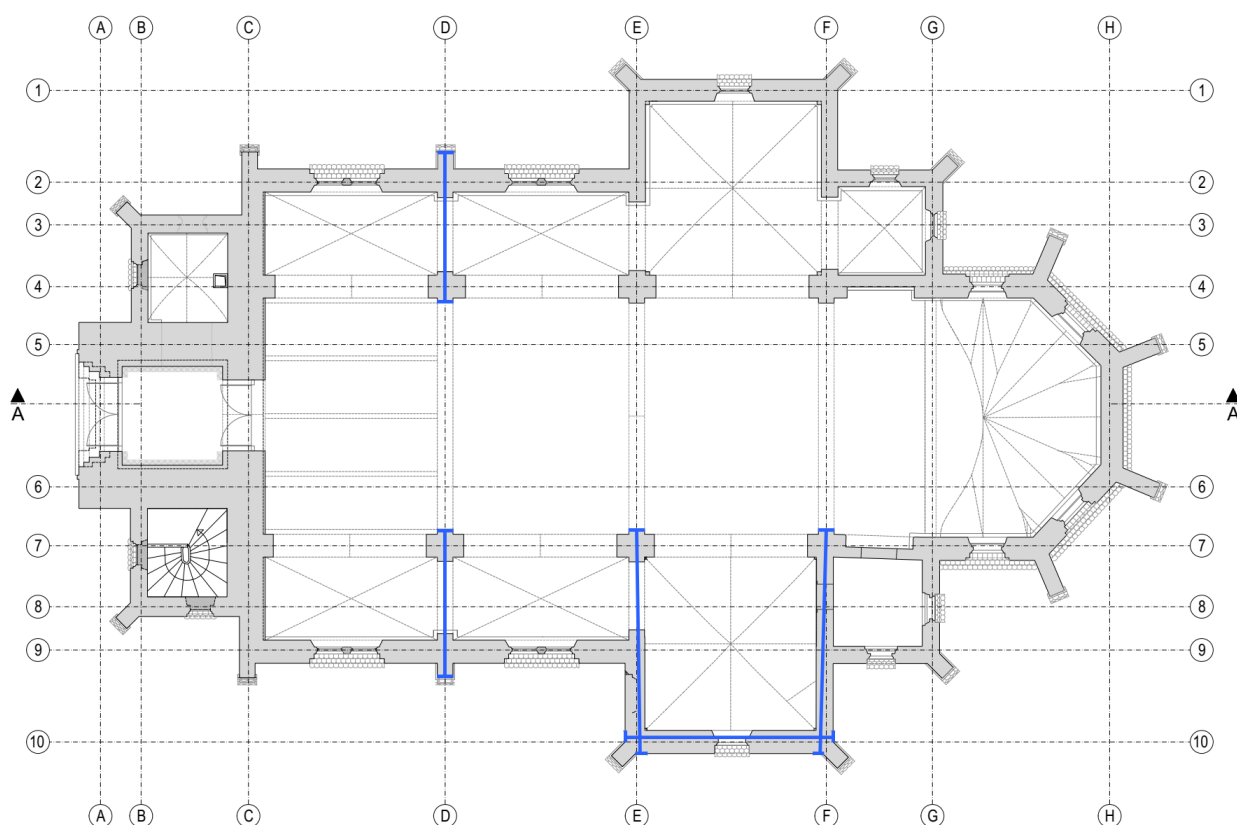
4.1.3 Čelične zatege

Vizualnim pregledom uočene su zatege u glavnom i bočnim brodovima koje doprinose mehaničkoj otpornosti i stabilnosti lukova pri horizontalnim djelovanjima. Grafički prikaz tlocrtne i poprečne dispozicije zatega nalazi se u nastavku.

Čelične zatege u osi D kvadratnog poprečnog presjeka (spiralne) nalaze se na visini od ~4,7 m u bočnim brodovima crkve. Vizualnim pregledom nije uočeno provješenje zatega ili površinska korozija te se izvedba može ocijeniti urednom. Kotveni detalji zatega nisu vidljivi zbog izvedbe završne obloge.

Čelična zatega u osi E pravokutnog poprečnog presjeka nalazi se na visini od ~4,7 m u bočnom brodu crkve. Vizualnim pregledom nije uočeno provješenje zatega ili površinska korozija te se izvedba može ocijeniti urednom. Kotveni detalj s vanjske i unutarnje strane ocjenjuje se urednim.

Čelična zatega u osi F nalazi se na visini od ~4,7 m, dok je zatega u osi 10 na visini od ~4,0 m. Zatege su uzidane pa se stoga ne može odrediti njihov poprečni presjek i dimenzije. Kotveni detalji s vanjske i unutarnje strane ocjenjuju se urednim.



Slika 4-1 Tlocrt na razini +3,85 m - položaj utvrđenih zatega (plavo)



Slika 4-2 Zatega u osi D - desni bočni brod



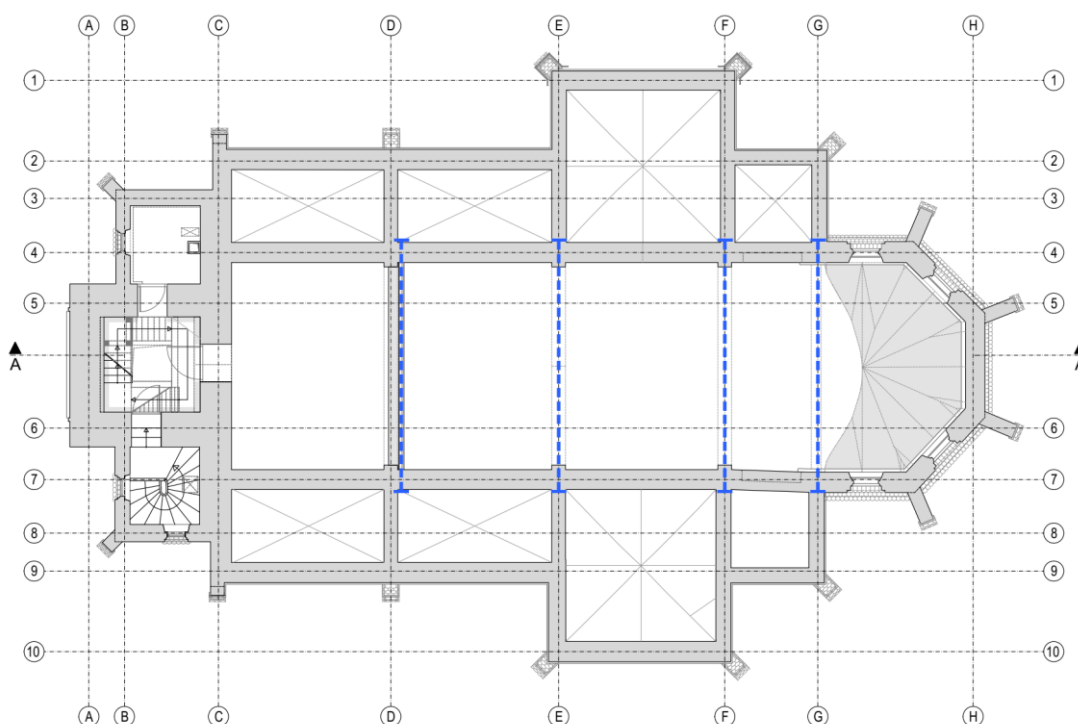
Slika 4-3 Zatega u osi D - lijevi bočni brod



Slika 4-4 Kotveni detalj zatege u osi E (unutrašnjost)

Čelična zatega u osi D kvadratnog poprečnog presjeka $a = 30$ mm uzidana je u ogradu kora te se nalazi na visini od ~5,3 m. Vizualnim pregledom uočena je površinska korozija, dok kotveni detalji nisu bili dostupni za pregled.

Čelične zatege u osima E, F i G kvadratnog poprečnog presjeka $a = 30$ mm nalaze se na visini od ~6,5 m u glavnom brodu crkve. Zatege ne pripadaju izvornoj konstrukciji crkve, nego su ugrađene naknadno. Prilikom potresa i/ili u fazi razgradnje svodova i lukova došlo je do deformiranja zatega. Vizualnim pregledom vidljiva je površinska korozija. Na dijelu gdje je zatega uzidana u zid vidljivo je odlamanje dijela krovnog vijenca i zida crkve, dok kotveni detalji nisu vidljivi zbog izvedbe završne obloge.



Slika 4-5 Tlocrt na razini +5,05 m - položaj utvrđenih zatega (plavo)



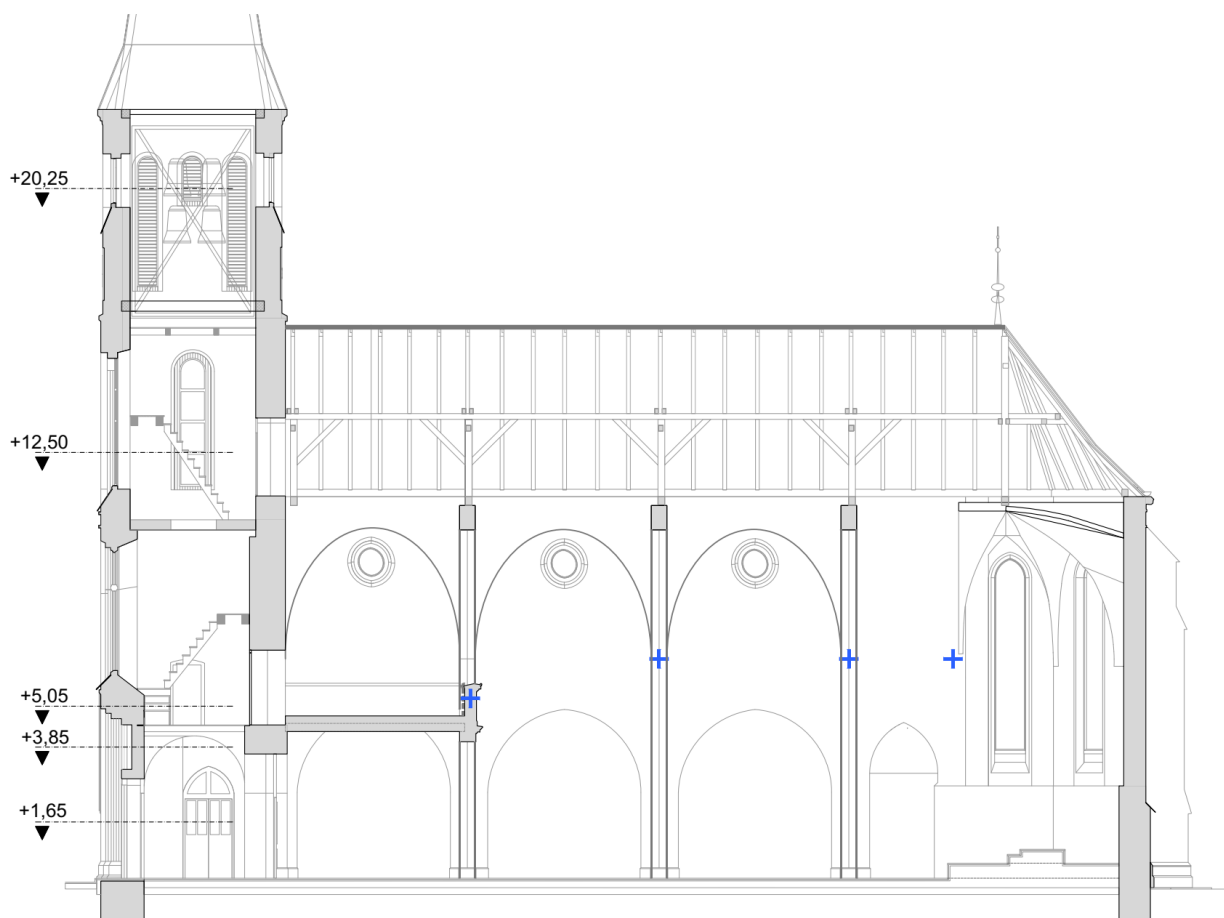
Slika 4-6 Zatega u osi E



Slika 4-7 Zatega u osi E - detalj



Slika 4-8 Zatega u osi D – ograda kora

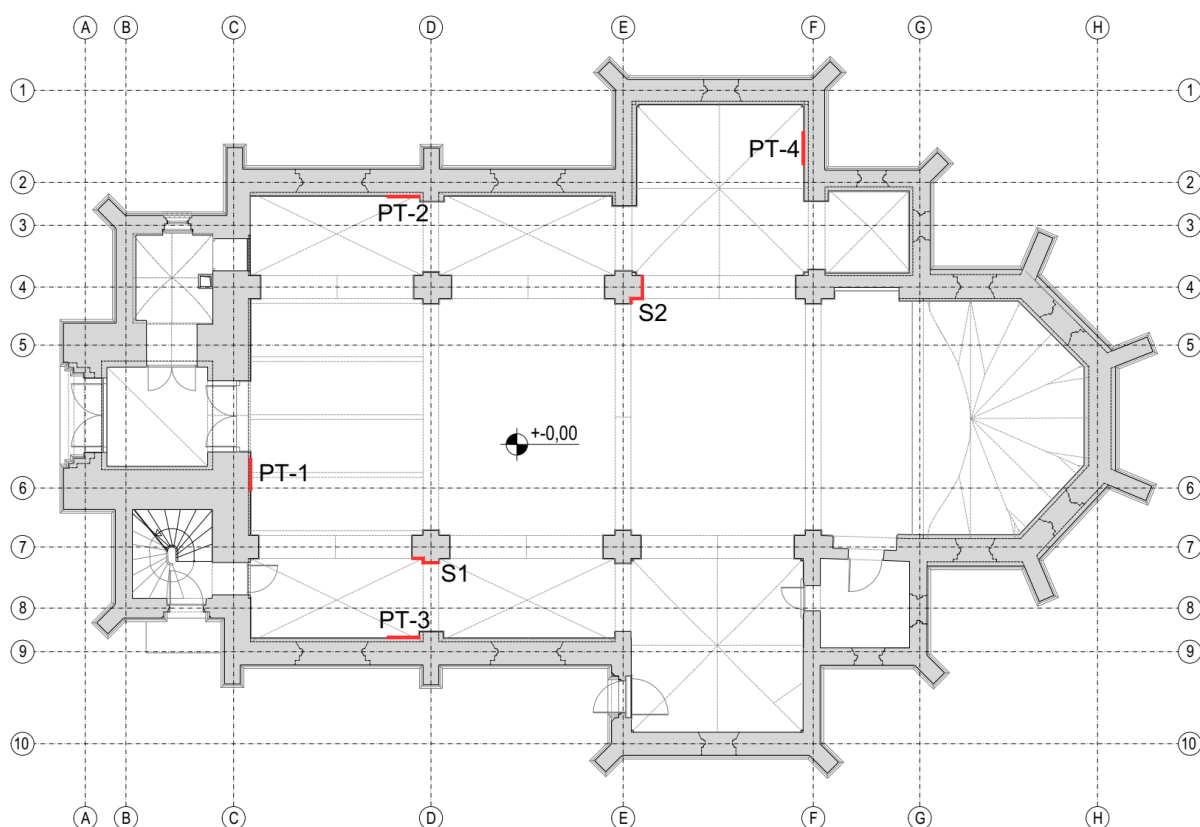


Slika 4-9 Položaj utvrđenih zatega na uzdužnom presjeku

4.2 Istražni radovi

S ciljem utvrđivanja vrste i kvalitete materijala te potvrde nosivog sustava, izvedeni su istražni radovi na konstrukciji. Istražni radovi uključuju otvaranje površinskih istražnih sondaža na vertikalnim elementima s ciljem utvrđivanja vrste i kvalitete ugrađenog materijala. U nastavku je dan shematski prikaz istražnih mjesta, nakon čega slijede rezultati ispitivanja sa zaključcima.

(PT – zidna sondaža, S – sondaža na stupu)




Slika 4-10 Tlocrtni položaj istražnih sondaža – tlocrt na koti +1,65 m


Program ispitivanja obuhvatio je sljedeće radove i ispitivanja:


1. Određivanje indeksa posmične čvrstoće зида bez kontroliranog tlačnog opterećenja pomoću plosnatih preša, prema normi ASTM C1531-16, metoda B.
2. Određivanje tlačne čvrstoće зида na terenu pomoću hidraulične tlačne preše.
3. Otvaranje sloja žbuke na stupovima radi utvrđivanja materijala izvedbe i vrste veza.


4.2.1 Zidne istražne sondeže

Izvršitelj ispitivanja: Examen Lab d.o.o.
Ljudevita Gaja 26A, 10430 Samobor
OIB: 27443820950

| Broj istražne sondaže | Pozicija istražne sondaže | Fotografija istražne sondaže |
|-----------------------|--|--|
| PT-1 | 85 cm od poda, 95 cm mjereno od desnog ruba zida |  |
| Opis | | Ispunjenost sljubnica mortom: 100 % Uredan i pravilan raspored vežnjaka i uzdužnjaka. |

| Broj istražne sondaže | Pozicija istražne sondaže | Fotografija istražne sondaže |
|-----------------------|--|--|
| PT-2 | 100 cm od poda, 180 cm mjereno od desnog ruba zida |  |
| Opis | | Ispunjenost sljubnica mortom: 100 % Uredan i pravilan raspored vežnjaka i uzdužnjaka. |

| Broj istražne sondaže | Pozicija istražne sondaže | Fotografija istražne sondaže |
|-----------------------|---|--|
| PT-3 | 100 cm od kote poda, 110 cm mjereno od desnog ruba zida |  |
| Opis | | Ispunjenost sljubnica mortom: 100 % Uredan i pravilan raspored vežnjaka i uzdužnjaka. |

| Broj istražne sondaže | Pozicija istražne sondaže | Fotografija istražne sondaže |
|-----------------------|---|--|
| PT-4 | 113 cm od kote poda, 83 cm mjereno od lijevog ruba zida |  |
| Opis | | Ispunjenost sljubnica mortom: 100 % Uredan i pravilan raspored vežnjaka i uzdužnjaka. |

Rezultati ispitivanja posmične čvrstoće ziđa prikazani su u tablici u nastavku.

| OZNAKA ISPITNE POZICIJE | | Duljina ispitnog elementa | Širina ispitnog elementa | Sila loma | f_{vk} |
|-------------------------|-----------|---------------------------|--------------------------|-----------|-------------------|
| Laboratorij | Na terenu | mm | mm | N | N/mm ² |
| 230405-01 | PT-1 | 280 | 130 | 19635 | 0,27 |
| 230405-02 | PT-2 | 290 | 153 | 19635 | 0,22 |
| 230405-03 | PT-3 | 285 | 150 | 14726 | 0,17 |
| 230405-04 | PT-4 | 292 | 143 | 14726 | 0,18 |

Rezultati ispitivanja tlačne čvrstoće opeke prikazani su u tablici u nastavku.


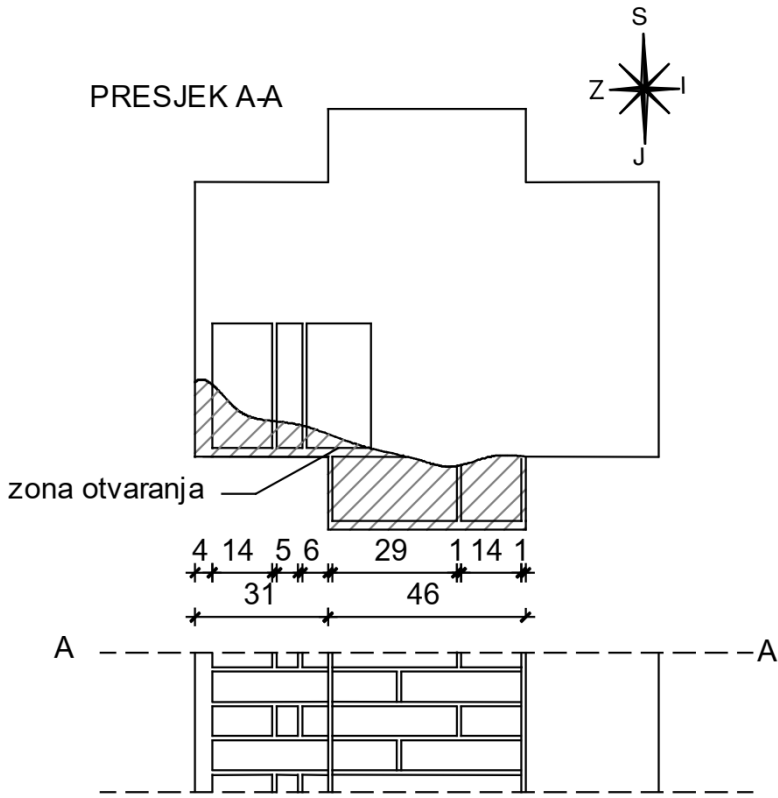
| OZNAKA ISPITNE POZICIJE | | Sila loma | f_{ck} |
|-------------------------|-----------|-----------|-------------------|
| Laboratorij | Na terenu | N | N/mm ² |
| 230405-05 | PT-1 | 23562 | 12,0 |
| 230405-06 | PT-2 | 15708 | 10,00 |
| 230405-07 | PT-3 | 14726 | 7,50 |
| 230405-08 | PT-4 | 13744 | 6,5 |


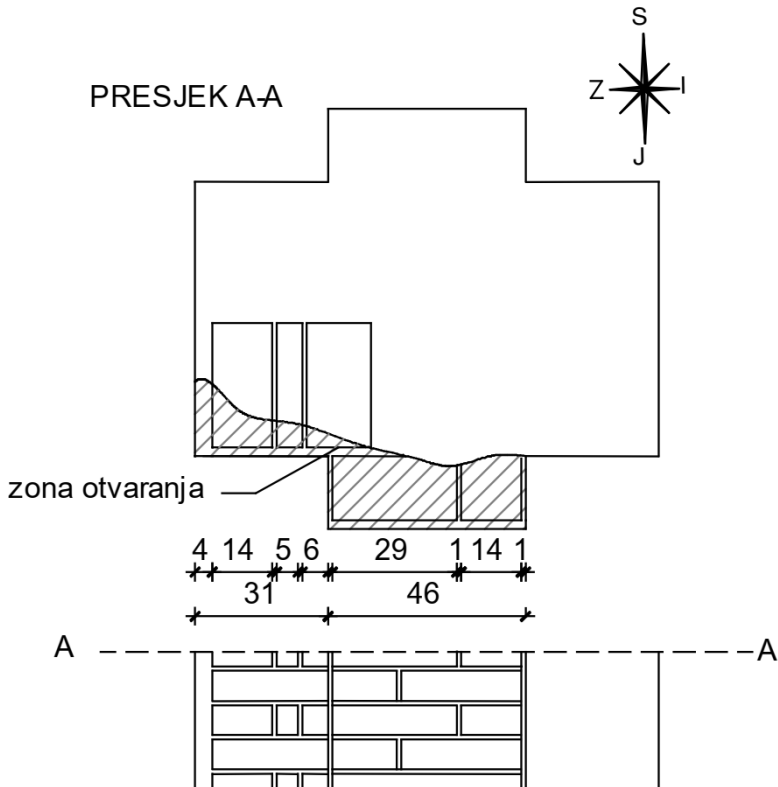
Zaključak ispitivanja ziđa

Ispitivanje tlačne čvrstoće i posmične čvrstoće pokazalo je značajno rasipanje rezultata. Na temelju *in-situ* ispitivanja mogu se usvojiti sljedeće mehaničke karakteristike ziđa:

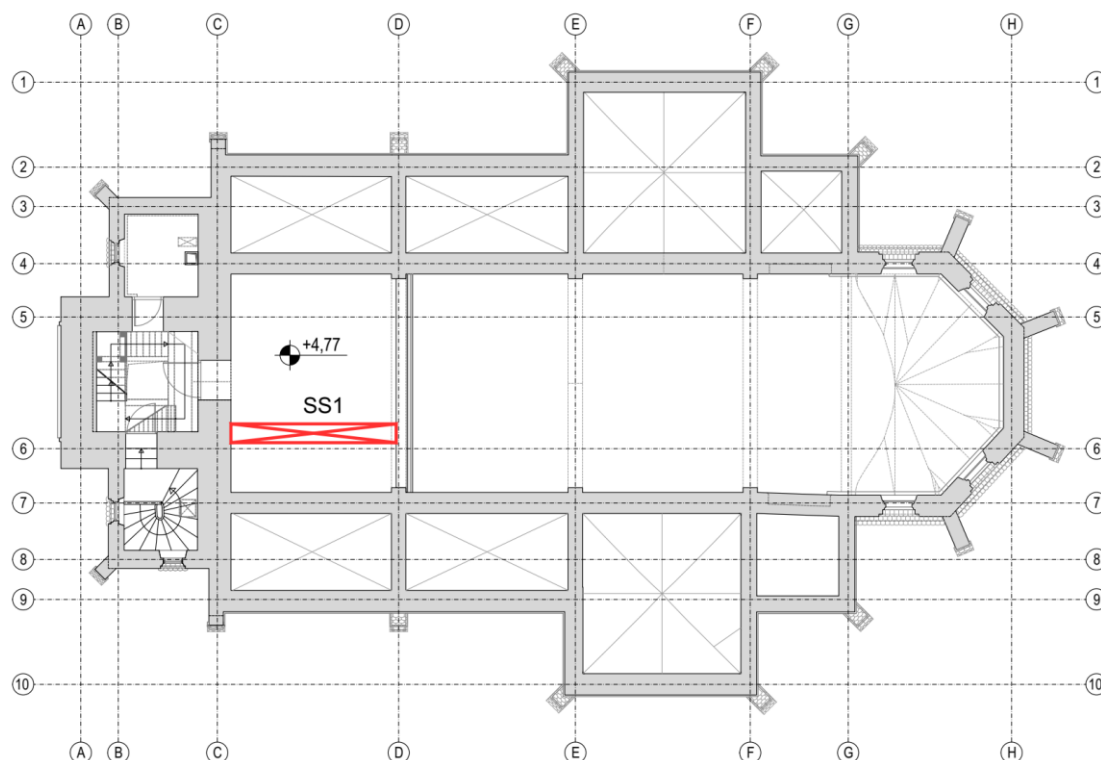
| VRSTA ZIDA | Tlačna čvrstoća f_m (MPa) | Modul elastičnosti E (MPa) | Posmična čvrstoća T_0 (MPa) | Modul posmika G (MPa) | Vlačna čvrstoća f_t (MPa) |
|--------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Opečno ziđe | 2,0 | 800 | 0,10 | 50 | 0,18 |

Utvrđivanje materijala izvedbe i vrste veza stupova


| Broj istražne sondaže | Pozicija | Fotografija |
|-----------------------|---|--|
| S1 | Stup ispod kora - desni bočni brod |  |
| Opis | Opečno zide s pravilnim rasporedom horizontalnih i vertikalnih sljubnica od vapnenog morta. Vez opeke je uredan. Dimenzije opeke: 29/14/6,5 cm | |
| Skica | <p>PRESJEK AA</p>  | |

| Broj istražne sondaže | Pozicija | Fotografija |
|-----------------------|--|--|
| S2 | Središnji stup uz lijevi bočni brod |  |
| Opis | Opečno zide s pravilnim rasporedom horizontalnih i vertikalnih sljubnica od vapnenog morta. Vez opeke je uredan. Dimenzije opeke: 29/14/6,5 cm | |
| Skica | <p>PRESJEK AA</p>  <p>zona otvaranja</p> <p>4 14 5 6 29 1 14 1</p> <p>31 46</p> <p>A ——— A</p> | |

4.2.2 Stropna istražna sondaža



Slika 4-11 Tlocrtni položaj istražnih sondaža – tlocrt na koti +5,05 m

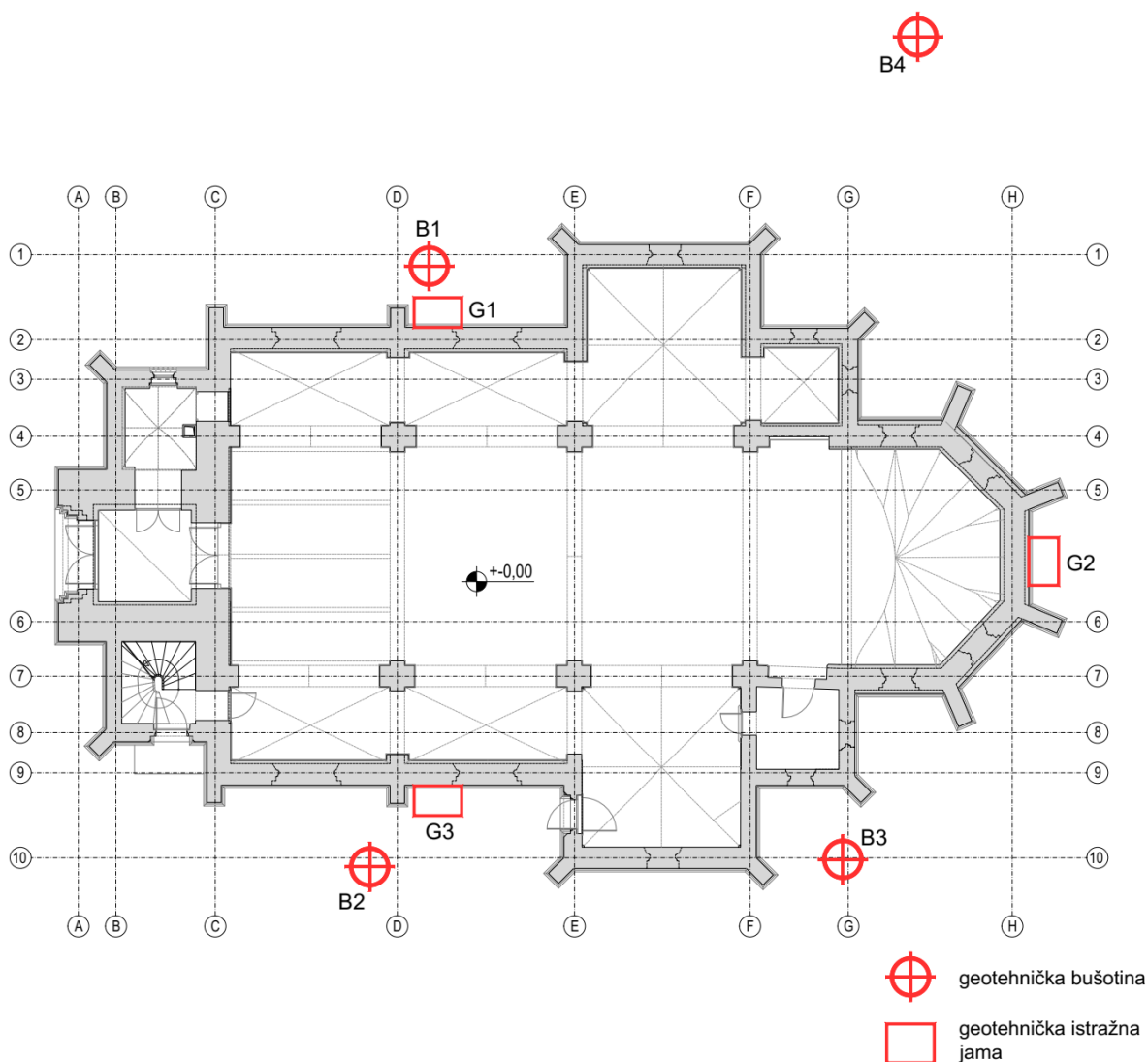
| Broj istražne sondaže | Pozicija istražne sondaže | Fotografija istražne sondaže |
|-----------------------|--------------------------------------|--|
| SS1 | Strop iznad ulaza u crkvu – pod kora |  |
| Opis | | <p>Svod iznad ulaza u crkvu izveden je kao plitki, „pruski“ svod izveden od opeke na čeličnim traverzama. Dobra kvaliteta osnovnog i veznog materijala.</p> <p>Dimenzije opeke: 29/14/6,5 cm</p> |

4.2.3 Geotehnički istražni radovi

Izvršitelj ispitivanja: Institut d.d.
Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb
OIB: 79766124714

Examen Lab d.o.o.
Ljudevita Gaja 26A, 10430 Samobor
OIB: 27443820950

Geotehnički istražni radovi vrše se radi utvrđivanja vrste i kvalitete tla te dubine temeljenja konstrukcije. U nastavku se prikazuje položaj geotehničkih sondaža te rezultati istražnih radova.



Slika 4-12 Položaj geotehničkih bušotina i istražnih jama

Sastav i karakteristike temeljnog tla

Površinske slojeve čine sloj humusa (debljine cca 15-30 cm) i nasipa od mješavine šljunka, krhotine cigle, praha i pijeska (do 0,50-0,60 m dubine).

GEOTEHNIČKA SREDINA 1

Ispod sloja humusa i nasipa do dubine 1,60 m (CGR-2), 1,70 m (CGR-3) i 3,00 m (CGR-4) registrirani su slojevi niskokoplastične gline (CL_CGR-4), te visokoplastični glina do prah (CH-MH_CGR-2; CGR-3).

CL/CH-MH

in situ:

broj udaraca SPP-a

$N_{60} = 26$

jednoosna tlačna čvrstoća: $q_u = 450$ kPa (džepni penetrometar)

vršna tlačna čvrstoća $c_u = 225$ kPa

Laboratorij:

- granica tečenja $w_l = 47,93\%$

- granica plastičnosti $w_p = 24,32\%$

- indeks plastičnosti $I_p = 23,61\%$

- granulometrijski sastav: šljunak 0,34%, pijesak 7,50%, prah 61,51%, glina 30,65%

Rezultati se odnose samo na bušotinu CGR-4

GEOTEHNIČKA SREDINA 2

Do dubine 8,10 m (CGR-3; CGR4) registrirani su slojevi visokoplastične gline (CH), te do dubine 9,30 m (CGR-1).

Do dubine 7,65 m (CGR-2) registrirana je visokoplastična glina (CH) sa međuslojem prahovitog pijeska sa šljunkom (SM).

CH

in situ:

broj udaraca SPP: $N_{60} = 5-11$ (CGR-1); 9-18(CGR-2); 4-9(CGR-3); 9-14(CGR-4)

jednoosna tlačna čvrstoća: $q_u = 125-450$ kPa (džepni penetrometar)

vršna tlačna čvrstoća $c_u = 80-225$ kPa

Laboratorij:

- granulometrijski sastav: šljunak 0,35-34,15%, pijesak 3,45-36,87%, prah 16,01-69,98%, glina 1,22-49,16%

GEOTEHNIČKA SREDINA 3

Do dna bušotine 10,00 m (CGR-1; CGR3; CGR-4) registrirani su slojevi šljunka (GM).

Do dna bušotine 15,00 m (CGR-2) registrirani su slojevi šljunka (GM) do 12,55 m, te do 15,00 m visokoplastična glina (CH).

CH

in situ:

broj udaraca SPP-a

$N_{60} = 8-25$

jednoosna tlačna čvrstoća: $q_u = 275-300$ kPa (džepni penetrometar)

vršna tlačna čvrstoća $c_u = 135-150$ kPa

Laboratorij:

- granulometrijski sastav: šljunak 41,97-54,93%, pijesak 27,71-31,67%, prah 14,73-32,58%, glina 1,22-2,03%

Zaključak

Prema rezultatima istražnog bušenja i inženjerskogeološkog kartiranja vidljivo je da teren generalno izgrađuje tlo sastavljeno od glinovitog praha i prahovite gline u izmjeni s prahovitim šljunkom s pijeskom (slika 14).

Površina terena je na mjestima bušenja pokrivena tankim slojem humusa, tamnosmeđe do sivosmeđe boje, koji je ponegdje izmiješan sa manjom količinom raznovrsnog nasutog materijala. Debljina sloja humusa najčešće iznosi od 0,15 do 0,30 m.

Materijal nasipa je raznolik. Prevladava glina i prah, no mjestimice je pomiješana sa valuticama i pijeskom, a nađe se i pokoji odlomak stijene, kršja, rijetki komad cigle i sl. Nasip je raznolike debljine. U bušotini CGR-1 je do 0,80 m, dok je u ostalim bušotinama dublji i iznosi do 1,60 m i 1,70 m, a u CGR-4 i do 3,00 m.

Uže područje crkve nalazi se na izdignutom prostoru u odnosu na okolni teren, a smješteno je na krajnjem južnom rubu brežuljka, odnosno hrptu južnih obronaka Medvednice koji je izdužen pravcem približno sjever-jug. Sa tri strane hrbat odvajaju potočne doline dok je prema sjeveru spojen s ostatkom izduženog brijega.

Sama površina terena oko crkve je uređena, ravna, staze popločene, prostor ograđen punim zidom (slika 16). Mjestimice su prisutna visoka i starija stabla bjelogorice, ponegdje i crnogorice. U rubnom dijelu dvorišta površina terena se umjereno spušta prema zidu.

Na površini tla uz temelj crkve nisu vidljiva znatna oštećenja i nepravilnosti. U sjeverozapadnom dijelu na popločenoj stazi vidljiva su dva plitka udubljenja (slijeganja) gotovo kružnog oblika veličine manje od 1 m u promjeru, a dubine do 3 centimetara. Nalikuju plitkoj sufoziji površine tla ili je pak to rezultat mehaničkog opterećenja uslijed radova na obnovi crkve.

Manje odvajanje opločnika staze vidljivo je uz betonski rubnjak odnosno kanalicu na južnom dijelu dvorišta.

Izraženije su pukotine na obodnom zidu dvorišta crkve (slika 18). Češće su prisutne na južnom dijelu zida. Najčešće su vertikalne. Naginjanje zida nije primijećeno.

Potrebno je naglasiti da se predmetno područje nalazi unutar prostora koji je na detaljnoj IG karti podsljemenske zone grada Zagreba označeno kao umireno klizište (br. 1019) (slika 3). Pretpostavljena kontura nestabilnog područja u potpunosti obuhvaća prostor oko crkve, djelomično se širi prema sjeveru, dok se prema jugu i istoku pruža sve do dna padine i doline potoka Trnava i Čučerje.

Na južnom dijelu padine podno crkve nema većih znakova nestabilnost. Cijeli prostor je uredan, zatravnjen, mjestimice blago povijen i pomalo neravan, ali bez naglih skokova i pukotina u terenu. Mjestimice su tek prisutne pukotine na stazi križnog puta, te ponegdje odvajanje i naginjanje rubnjaka betonskih stepenica koje vode prema crkvi (slika 19).


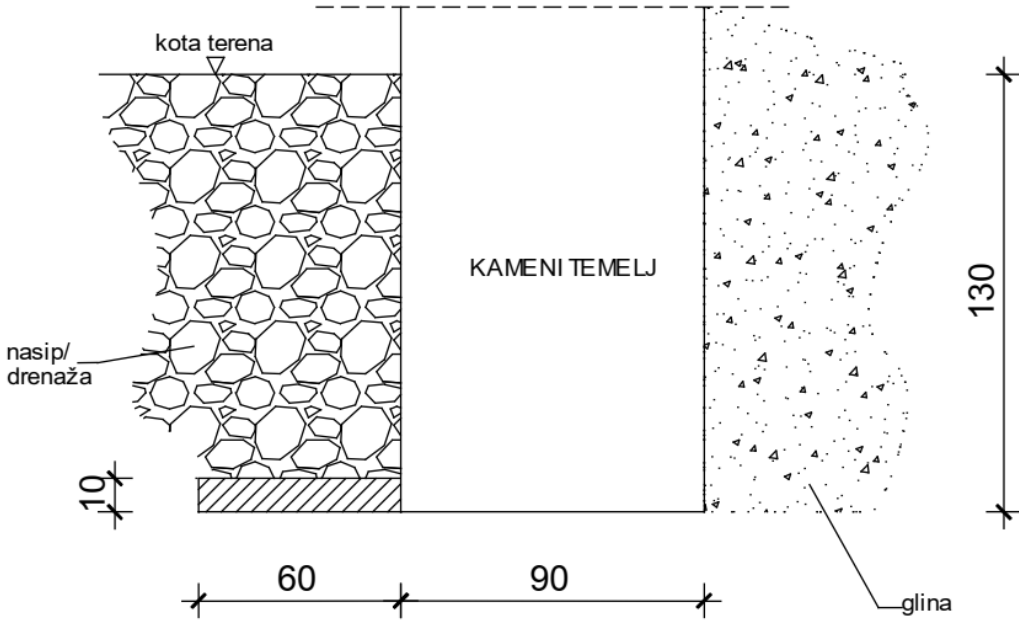
Geotehnička istražna jama G1

| | |
|----------|---|
| POZICIJA | Temelj glavnog broda na sjevernom pročelju |
| OPIS | Temelj glavnog broda izveden je od kamena, širine 90 cm, dubina temelja iznosi 1,35 m mjereno od razine terena. |
| SKICA | |


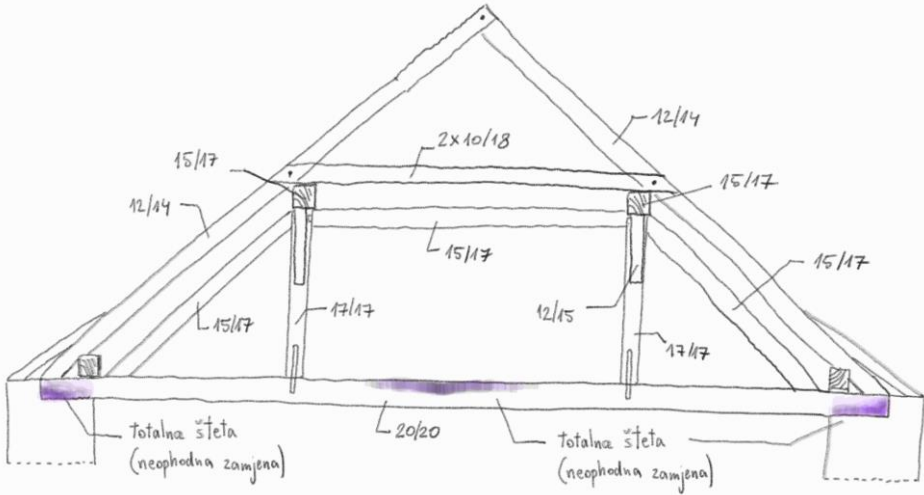
Geotehnička istražna jama G2


| | |
|----------|---|
| POZICIJA | Temelj apside na istočnom pročelju |
| OPIS | Temelj glavnog broda izveden je od kamena, širine 90 cm, dubina temelja iznosi 1,35 m mjereno od razine terena. |
| SKICA | |

Geotehnička istražna jama G3




| | |
|-------------|---|
| FOTOGRAFIJA |  |
| POZICIJA | Temelj apsida na istočnom pročelju |
| OPIS | Temelj glavnog broda izveden je od kamena, širine 90 cm, dubina temelja iznosi 1,35 m mjereno od razine terena. |
| SKICA |  |


4.2.4 Ocjena stanja drvenih konstrukcija

| Broj fotografije | Pozicija | Fotografija |
|------------------|---|---|
| Slika 4-13 | Krovište iznad glavnog broda |   |
| Opis | <p>Konstruktivni sustav nosive konstrukcije krovišta iznad glavnog broda je dvostruka visulja. Visulje se nalaze na osnovom razmaku od 4,5-5,6 m i raspona su 7,1 m. Građa je tesana crnogorica mjestimično slabe kakvoće s izraženim dugim i uskim pukotinama nastalim zbog rasušivanja. Na donjoj slici, shematski su prikazane pozicije gdje su uočene površinske naznake biološkog truljenja i vlaženja. Zapaženo je lokalno, ali ograničeno prokišnjavanje na nekoliko mjesta. Geometrija krovišta je uglavnom održana, osim pojedinih veznih greda koje iskazuju mjestimične deformacije. Većina spojeva nije funkcionalna, stoga se preporučuje korigirati učepljenja (koja nisu osigurana od cikličkih opterećenja uslijed potresa) pritezanjem metalnim okovima, a po potrebi i ugradnjom zamjenskih dijelova.</p> | |

| Broj fotografije | Pozicija | Fotografija |
|------------------|--|---|
| Slika 4-14 | Ležajna konstrukcija |  |
| Opis | <p>Na ležaju su vidljive intervencije koje su izvršene u sklopu hitnih mjera, a odnose se na dodavanje drvene grede b/h = 16/18 cm uz nazidnicu između rogova. Nova greda je dodana kako bi se postojeća nazidnica rasteretila od rogova koji direktno nasjedaju na nju, a uslijed kojeg je došlo do lokalne rotacije nazidnice. Vizualnim pregledom uočeno je da je konstrukcija ležaja na mnogim mjestima vlažna i podložna truleži. Spojevi izvedeni čeličnim okovima nedovoljno su duktilni te su vidljiva lokalna popuštanja skoba.</p> | |

| Broj fotografije | Pozicija | Fotografija |
|------------------|----------|-------------|
|------------------|----------|-------------|

| | | |
|---------------|--|---|
| Slika 4-15 | Uzdužna i poprečna stabilizacija krova |    |
| Opis | <p>Uzdužna stabilizacija krovišta ostvarena je rukama na svakom stupu punog veza i podaskanjem cijele površine krovne plohe. U poprečnom smjeru, stabilizacija je osigurana izvedbom kosnika u sustavu visulje. Ruke su na donjem dijelu učepljene u stup visulje, a u gornjem dijelu u podrožnicu. Također, spajanje kosnika je riješeno učepljenjem na stup i veznu gredu visulje.</p> <p>Neki spojevi izrađeni su neadekvatno, tj. bez osiguranja od izvlačenja uslijed djelovanja potresa ili uslijed pomicanja tijekom vremena. Preporučuje se korigirati učepljenja pritezanjem metalnom okovima, na mjestima gdje je došlo do vidljivih lokalnih popuštanja tesarških veza.</p> | |

| Broj fotografije | Pozicija | Fotografija |
|------------------|-----------------------|---|
| Slika 4-16 | Krovište iznad apside |  |
| Opis | | <p>Krovište apside izvedeno je kao dvostrešno sa šatorastim završetkom. Krovište je sustava jednostruke visulje, a puni vez se sastoji od stupa, vezne grede, podrožnice i rogova. Uzdužna stabilizacija krovišta osigurana je šatorastim završetkom krova. Većina spojeva nije funkcionalna, a drveni elementi su značajno dotrajali i oštećeni. Previđa se njihova zamjena ili pojačanje.</p> |

| Broj fotografije | Pozicija | Fotografija |
|------------------|--|---|
| Slika 4-17 | Toranj |  |
| Opis | <p>Postojeća drvena konstrukcija međupodesta i stubišta uklanja se te će se prilikom interpoliranja nove armiranobetonske obloge u tornju, na istim pozicijama, izvesti armiranobetonske ploče i čelično stubište.</p> | |

Zaključak:

Unatoč lokalnim deformacijama i ponekim nedostacima nosive konstrukcije, opće stanje drvene konstrukcije može se ocijeniti kao zadovoljavajuće. Konstrukcija je najvećim dijelom stabilna i funkcionalna. Krovna ploha je zadovoljavajuće ravna te nije nužna nikakva intervencija. Na veznim gredama je uočeno površinsko oštećenje te nedostatak osiguranja spojeva od izvlačenja u punim vezovima.

Vezne grede su uglavnom oštećene po cijelom opsegu uslijed biološkog truljenja te površinskog oštećenja uslijed rasušivanja, što je dovelo do značajnog smanjenja poprečnog presjeka elementa u srednjem dijelu raspona. Stoga će se izvest pojačanje čeličnim elementima, pri čemu se postojeće vezne grede isključuju iz prijenosa opterećenja.

Zbog izvedbe horizontalnog čeličnog sprega u razini veznih greda te dotrajalosti, trajno se uklanjaju grede krovišta iznad apside. Prilikom izvedbe navedenog zahvata, potrebno je taj dio krovišta privremeno stabilizirati ugradnjom drvenih greda ili čeličnih šipki.

Intervencijama u vidu pojačanja spojeva, zamjene dotrajalih elemenata te implementiranja dodatnih elemenata uzdužne stabilizacije u ravnini krovišta osigurat će se adekvatan prijenos sila te globalna stabilnost krovišta. Također, predlaže se izvedba revizijske staze u krovištu za tehničko praćenje stanja drva i drvene konstrukcije.

Stanje krovišta koja nisu bila dostupna pregledu (krovište bočnih brodova i krovišta iznad narteksa) se također pretpostavlja zadovoljavajuće po uzoru na krovište glavnog broda uz predviđanje intervencija u obliku pojačanja spojeva i lokalnih zamjena dotrajalih i trulih elemenata.

Stubište u tornju se ocjenjuje kao dotrajalo i vrlo oštećeno te iziskuje zamjenu novim. Novo stubište je potrebno izvesti od čelika i drva.

Kvaliteta drvne građe se pretpostavlja C18 s obzirom na period građenja, lokaciju i iskustvo na građevinama sličnih konstrukcijskih karakteristika.

4.3 Analiza zatečene potresne otpornosti

4.3.1 Opis nedostataka građevine

Izvorni i stečeni nedostaci građevine posljedica su koncepcije, tehnike gradnje i korištenih materijala. Upravo su pozicije nedostataka pozicije na kojima se očekuje otvaranje lokalnih mehanizama otkazivanja. Prilikom provedenog vizualnog pregleda te istražnih radova uočeni su sljedeći izvorni i stečeni nedostaci:

- 1) izostanak horizontalne dijafragme (koju formira međukatna konstrukcija adekvatno povezana sa zidovima),
- 2) zidani svodovi i lukovi velike vitkosti neprikladni za preuzimanje cikličkog potresnog opterećenja,
- 3) izostanak vertikalnih i horizontalnih serklaža povrh zidova glavnog i bočnih brodova,
- 4) mehanizam otkazivanja visokih bočno nepridržanih zidova pročelja van ravnine,
- 5) nesrazmjeran broj zidova poprečnog smjera u odnosu na uzdužni smjer,
- 6) posmični slom zidova tornja uz naznake klizne plohe na gornjoj trećini,
- 7) nedostatna uzdužna stabilnost krovništva.

4.3.2 Kontrola zatečene potresne otpornosti

Nelinearna statička analiza provedena je u programu HiStrA. Debljine modeliranih zidova i svodova usvojene su na temelju snimaka postojećeg stanja, dok su mehaničke karakteristike materijala definirane prema provedenim istražnim radovima.

Push-over analiza provedena je za sljedeća granična stanja:

- Granično stanje blizu rušenja za povratni period od 2475 godina
- Granično stanje značajnog oštećenja za povratni period od 475 godina
- Granično stanje ograničenog oštećenja za povratni period od 225 godina

Analiza je prekinuta u trenutku dosezanja maksimalnih definiranih pomaka ili u trenutku pada poprečne sile (eng. base shear) za 20 %, čime je definirana sposobnost konstrukcije za granično stanje blizu rušenja. Sposobnost konstrukcije za granično stanje značajnog oštećenja jednaka je $\frac{3}{4}$ najveće sposobnosti konstrukcije za granično stanje blizu rušenja, dok je za granično stanje ograničenog oštećenja sposobnost definirana kao granica popuštanja idealiziranog elastično-savršeno plastičnog odnosa sila-pomak istovrijednog sustava s jednim stupnjem slobode.

Ulazni podaci

Klasa uporabe: III

Prigušenje: 5%

Tip tla: C

Topografski tip: T1 – ravan teren

Materijali:

Zidovi katedrale, kao i svodovi, modelirani su kao opečno ziđe. Toranj je također u cijelosti od opečnog ziđa s armiranobetonskim elementima na vrhu u vidu serklaža. Čelične zatege modelirane su na mjestima postojećih s ekvivalentnom površinom poprečnog presjeka.

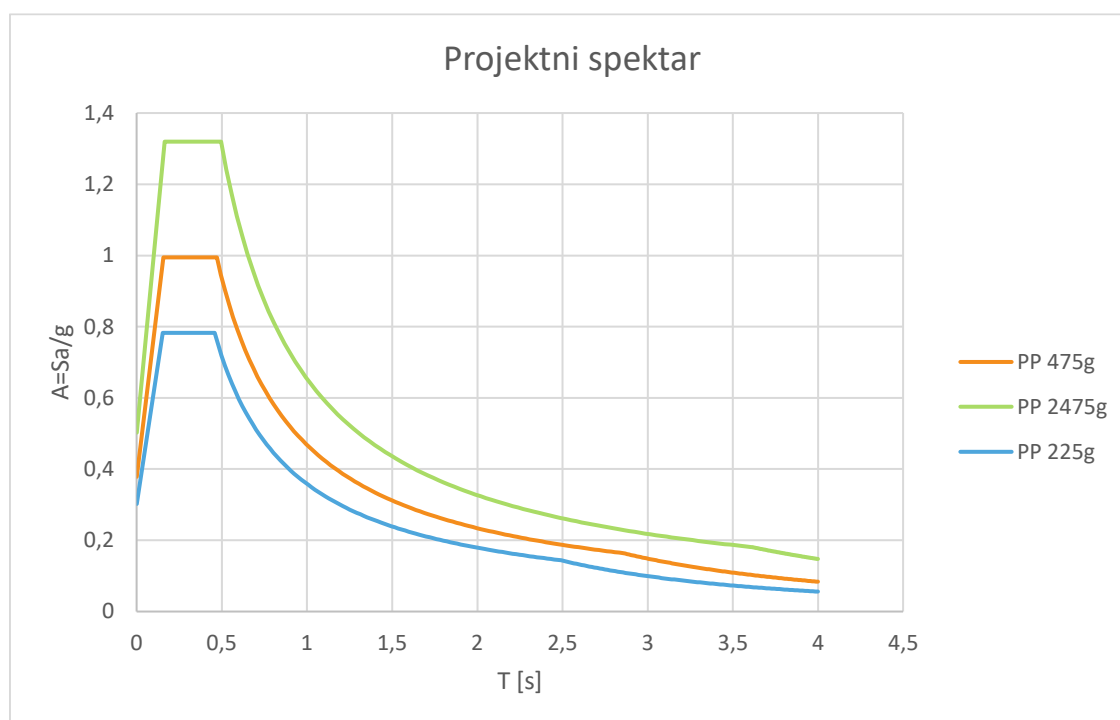
| | W | E | G | Fm | Ftm | Tau0 |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | kNm^{-3} | Nmm^{-2} | Nmm^{-2} | Ncm^{-2} | Ncm^{-2} | Ncm^{-2} |
| Beton | 25 | 31000 | 12917 | 2500 | 250 | - |
| Opeka | 18 | 800 | 50 | 200 | 18 | 10 |
| Čelik | 78,5 | 210000 | 81000 | 23500 | 23500 | - |

Tablica 4-1 Potresna analiza

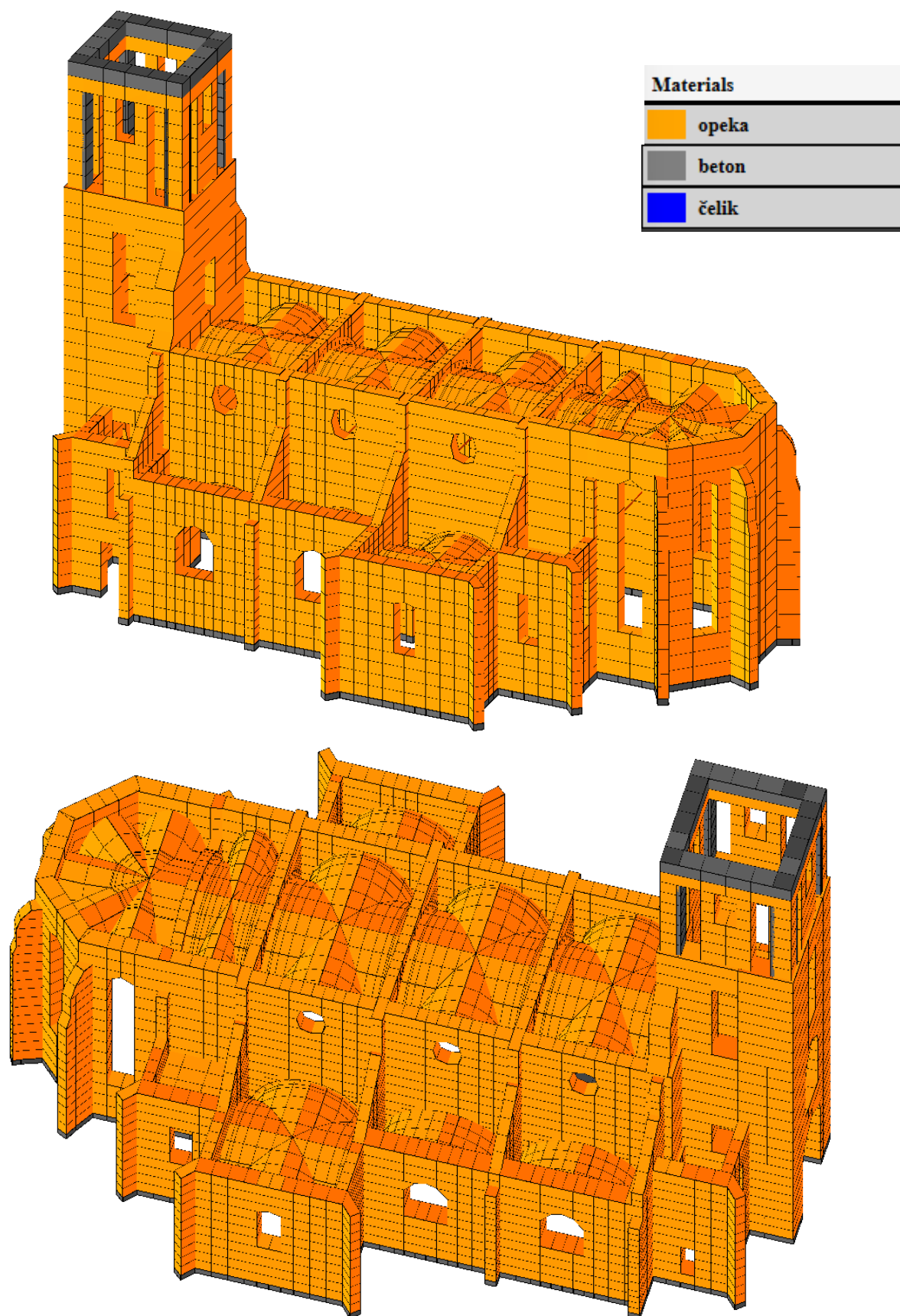
| Ime | Opis | Početak analize | Kombinacija | Seizmička | Smjer | Distribucija |
|----------|---|-----------------|-------------|-----------|-------|--------------|
| Vert | Osnovna analiza usvojena za sve analize izvedene iz seizmičke kombinacije | - | SEIZMIČKA | Ne | -Z | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u smjeru +X s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | +X | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u -X smjeru s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | -X | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u smjeru +Y s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | +Y | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u -Y smjeru s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | -Y | Sila |
| Modal | Modalna analiza | - | SEIZMIČKA | Da | +X | Sila |

Tablica 4-2 Granična stanja

| Granično stanje | Pvr % | Tr [year] | Ag/g | Fo | Tc* [s] | Eta | S | Tb [s] | Tc [s] | Td [s] | Te [s] | Tf [s] |
|---------------------------------------|-------|-----------|-------|-------|---------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Granično stanje ograničenog oštećenja | 10 | 225 | 0,223 | 2,594 | 0,290 | 1 | 1,353 | 0,153 | 0,458 | 2,492 | 6 | 10 |
| Granično stanje značajnog oštećenja | 10 | 475 | 0,314 | 2,628 | 0,302 | 1 | 1,205 | 0,157 | 0,470 | 2,856 | 6 | 10 |
| Granično stanje blizu rušenja | 5 | 2475 | 0,502 | 2,629 | 0,326 | 1 | 1,000 | 0,165 | 0,495 | 3,608 | 6 | 10 |

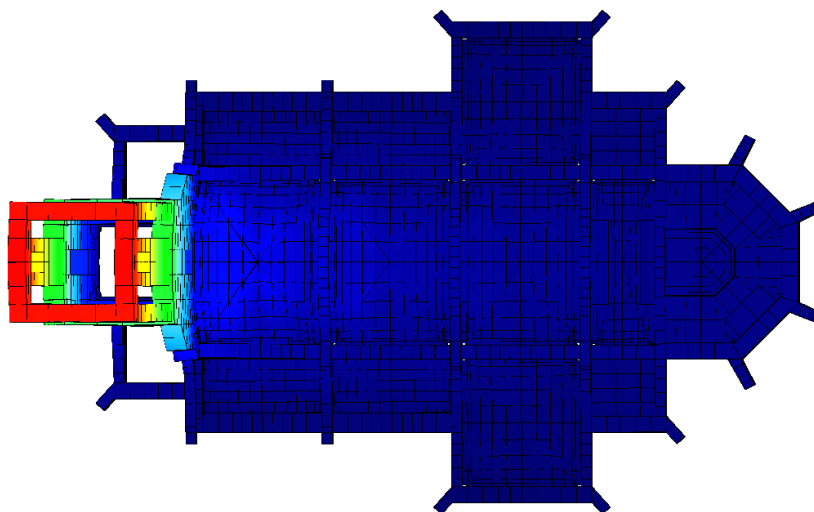


Slika 4-18 Projektni spektar

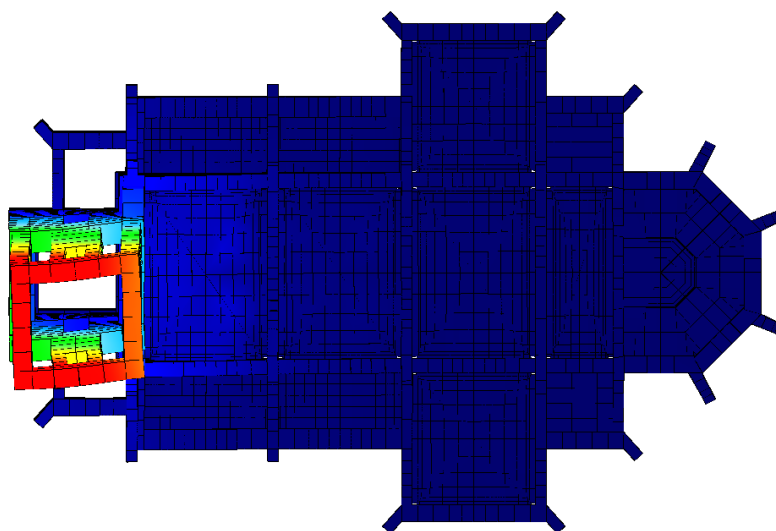


Slika 4-19 3D prikaz modela

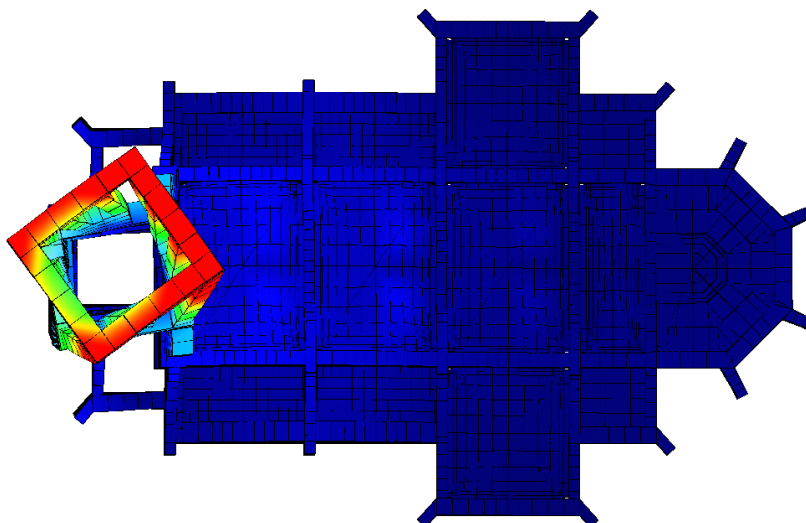
Modalna analiza



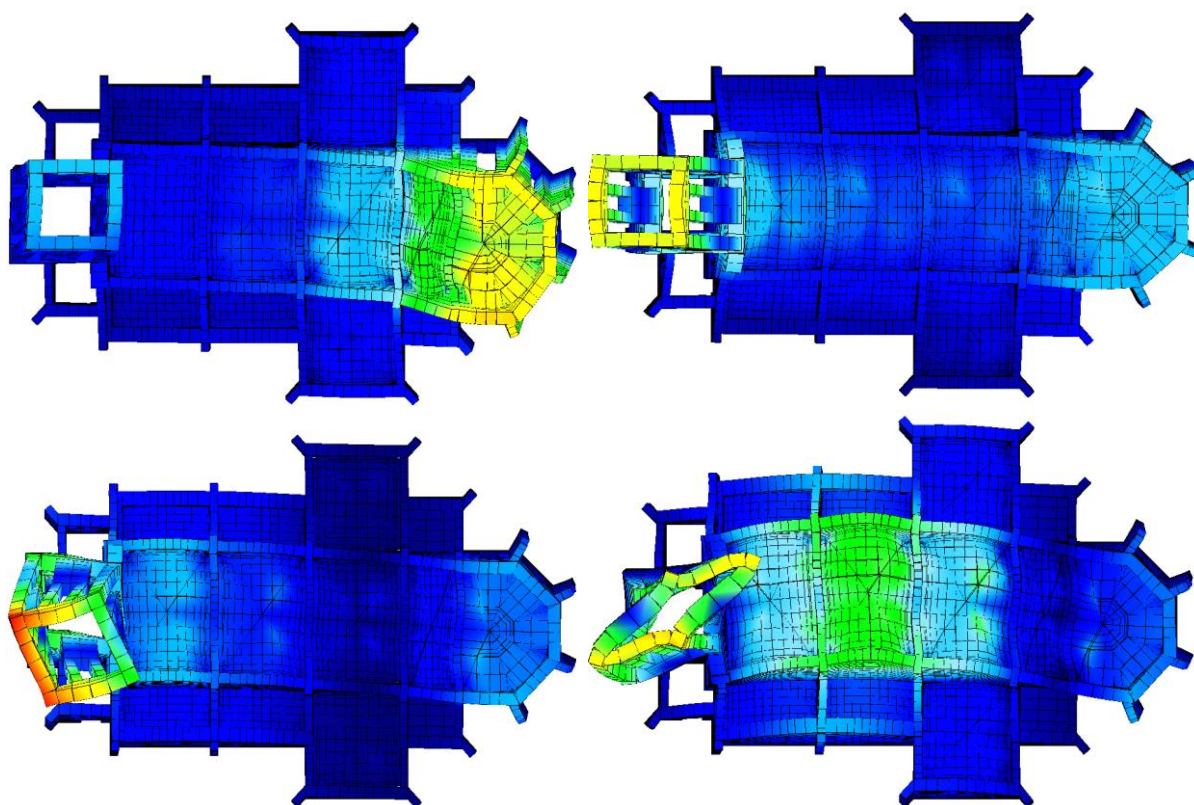
Slika 4-20 Prvi oblik titranja $T_1 = 0,51$ s



Slika 4-21 Drugi oblik titranja $T_2 = 0,44$ s



Slika 4-22 Treći oblik titranja $T_3 = 0,26$ s






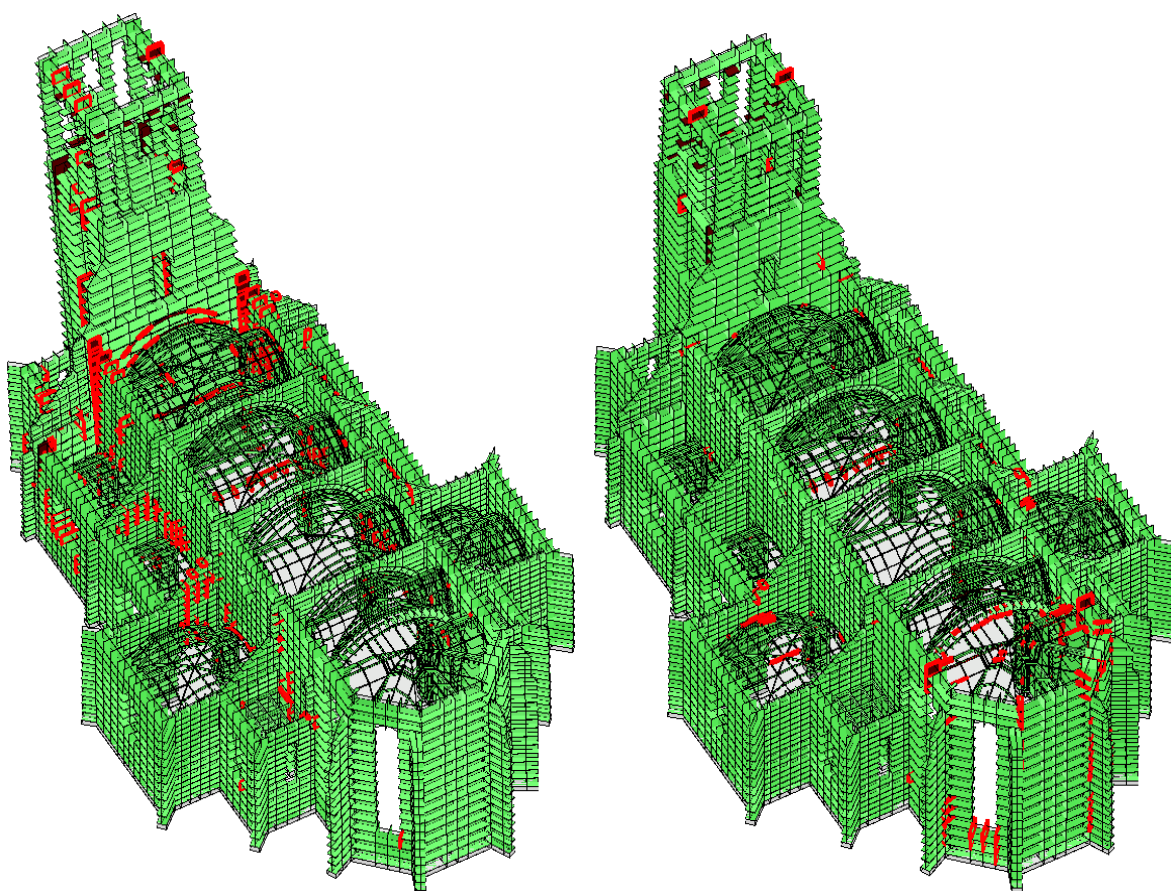
Slika 4-23 Ostali oblici titranja

Oblici titranja su očekivani i primjereni za tip i oblik konstrukcije. Toranj u odnosu na ostatak crkve je znatno podatniji. Prva tri oblika titranja se isključivo odnose na translaciju i torziju tornja, a u višim oblicima titranja aktivira se i tijelo crkve.

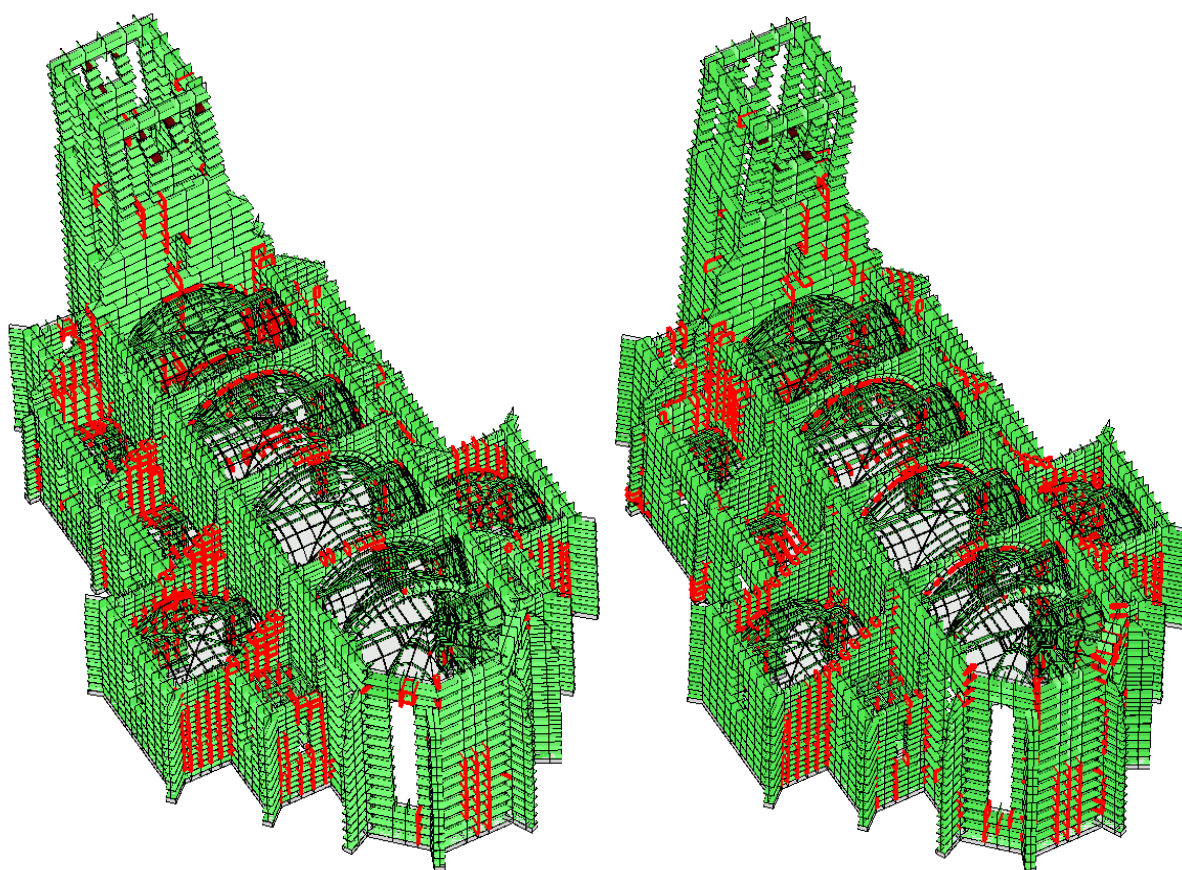
Pushover analiza

Nakon provedene pushover analize prvo su utvrđena moguća oštećenja na konstrukciji i oblici otkazivanja elemenata, a zatim su prikazane pushover krivulje za svaki smjer potresa iz kojih se zaključuje ponašanje konstrukcije uslijed potresnog opterećenja. Na kraju poglavlja je rekapitulacija s izraženim otpornostima crkve za pojedini smjer potresnog opterećenja te globalna otpornost.

| Tip oštećenja | Razina oštećenja | |
|-------------------------|--|---|
| | Niska | Visoka |
| Dijagonalno otkazivanje |  |  |
| Klizanje ploha |  | |



Slika 4-24 Prikaz oštećenja - Push-over u smjeru +x i -x



Slika 4-25 Prikaz oštećenja - Push-over u smjeru +y i -y

Na prethodnim slikama su vidljiva oštećenja uslijed potresnog opterećenja za svaki smjer.

U slučaju potresa u smjeru +x vidljivo je odvajanje tornja od uzdužnih zidova crkve koji za sobom povlači i svodove koji otkazuju na vlak. Cijeli toranj je raspucan, a raspucavanja su vidljiva i u uzdužnim zidovima i lukovima orijentiranim u uzdužnom smjeru. Za -x smjer kritična zona, osim tornja, je svetište sa svojim složenim svodom. Mogu se vidjeti prekomjerne smične plohe po rebrima svodova kao i oštećenja na apsidalnom poligonalnom završetku.

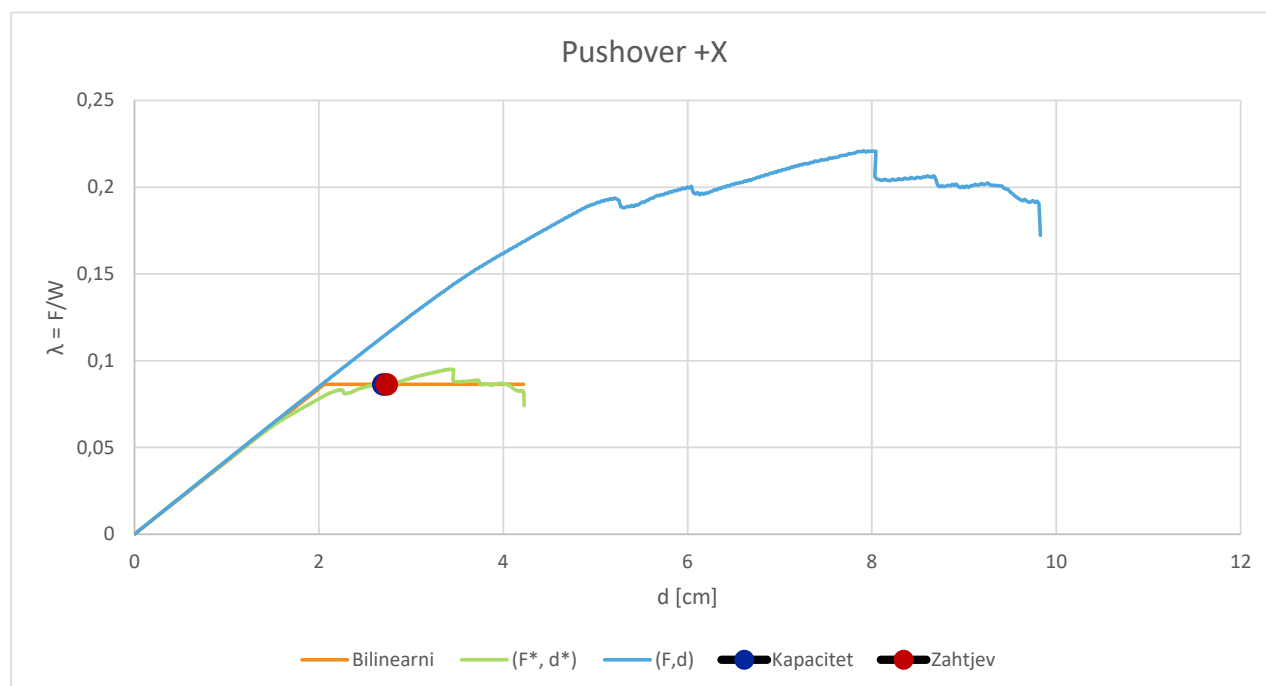
Premda i u y smjeru crkva posjeduje veću površinu zidova nego što je uobičajeno za ovaj tip građevine, oštećenja su značajna. Na poprečnim lukovima na koje se oslanjaju glavni svodovi u tjemenu se otvaraju plastični zglobovi i na taj način otkazuju i lukovi i svodovi. Poprečni zidovi crkve su puni posmičnih linija i raspucavaju se u značajnoj mjeri. Toranj također trpi značajna raspucavanja.

Procjena seizmičke ranjivosti – PP 475 godina

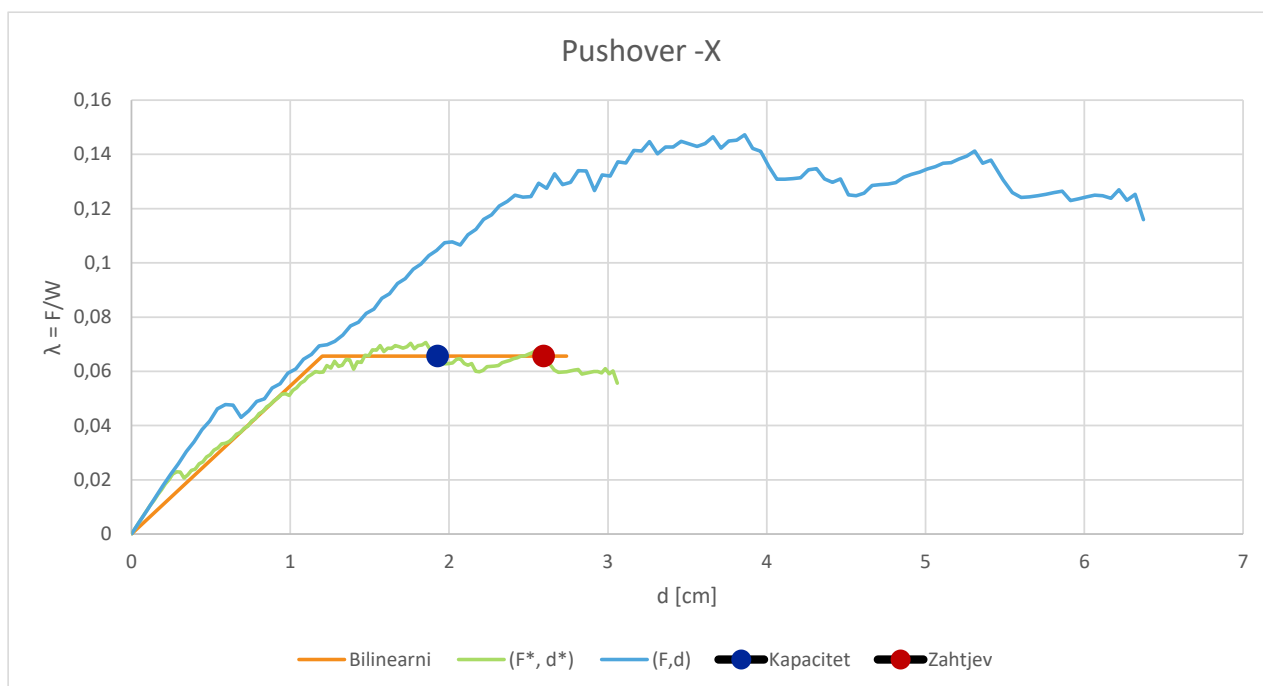
Na slikama u nastavku prikazane su push-over krivulje stvarnog sustava (sustava s više stupnjeva slobode – plava linija), reduciranog sustava (sustav s jednim stupnjem slobode – zelena linija) te ekvivalentna bilateralna krivulja (narančasta krivulja). Označene su i vrijednosti kapaciteta pomaka (tamno plava točka) te zahtijevanog pomaka (crvena točka). U tablici je zatim dana rekapitulacija te odnos kapaciteta i zahtjeva za svaku analizu, tj. svaki od smjerova potresnog djelovanja.

Kapacitet konstrukcije, tj. maksimalni pomak za granično stanje značajnog oštećenja određuje se u programu HiStrA kao pomak koji iznosi 75 % pomaka graničnog stanja blizu rušenja. Maksimalni pomak graničnog stanja blizu rušenja određuje se kao pomak koji odgovara vrijednosti sile od 80 % maksimalne poprečne sile.

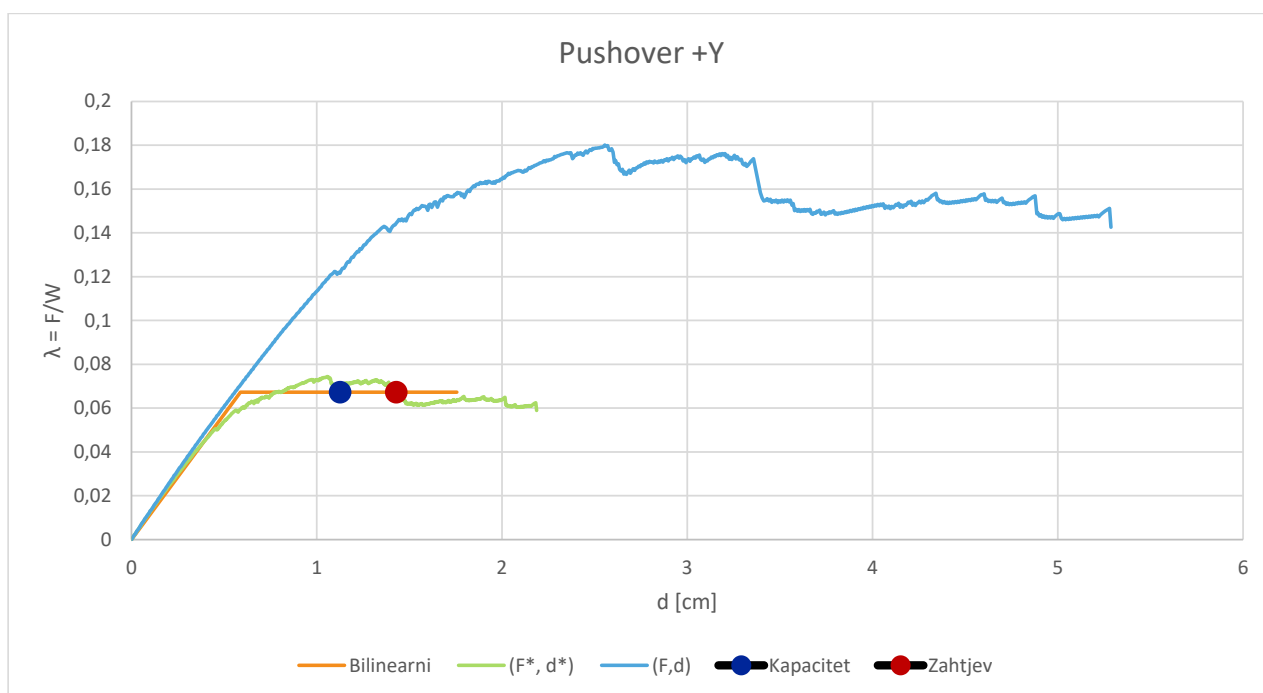
Zahtijevani pomak određuje se na temelju proračunskog spektra odziva za promatrani povratni period za prvi perioda osciliranja. Uspoređujući kapacitet i zahtjev pomaka određuje se seizmička ranjivost konstrukcije.



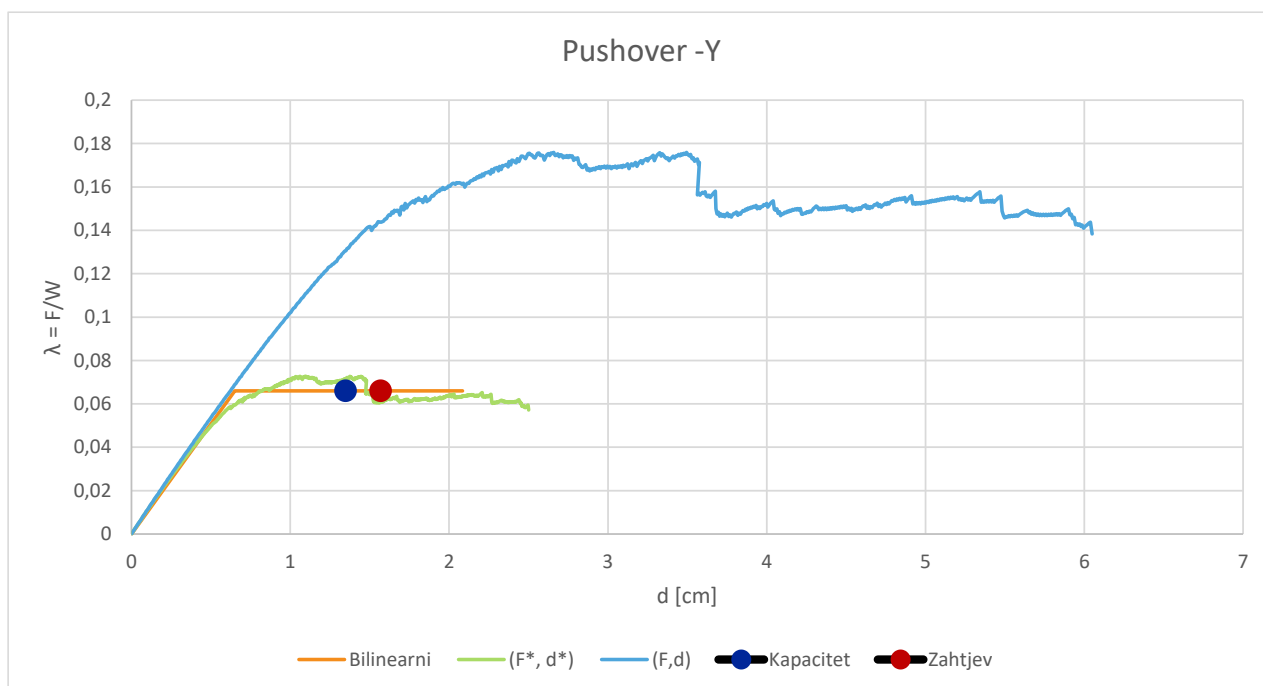
Slika 4-26 Push-over +X; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 4-27 Push-over -X; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 4-28 Push-over +Y; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 4-29 Push-over -Y; procjena seizmičke ranjivosti

Tablica 4-3 Rekapitulacija pushover analize za granično stanje značajnog oštećenja

| Analiza | Pomak [cm] | | Usporedba [%] |
|-------------|------------|---------|---------------|
| | Kapacitet | Zahtjev | |
| Pushover +X | 2,70 | 2,73 | 98,66 |
| Pushover -X | 1,93 | 2,59 | 74,25 |
| Pushover +Y | 1,13 | 1,43 | 78,74 |
| Pushover -Y | 1,35 | 1,57 | 85,92 |

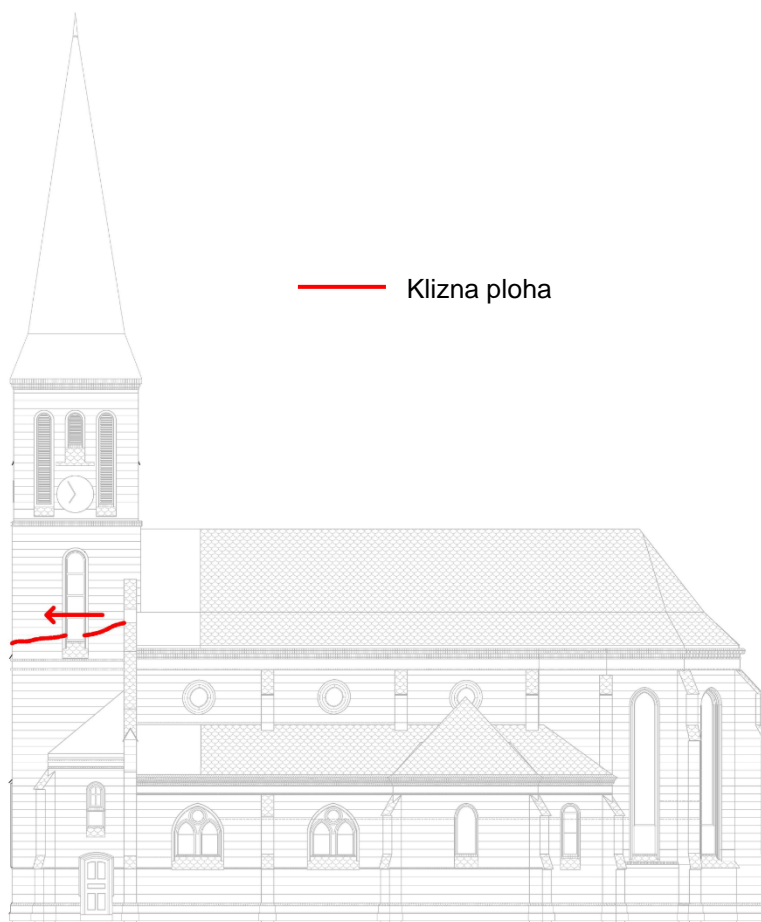
Procjenom seizmičke ranjivosti, potresna otpornost crkve iznosi **74,25%** zahtijevane otpornosti za granično stanje značajnog oštećenja.

4.3.3 Mehanizmi otkazivanja

Na temelju kronologije izgradnje građevine, vizualnog pregleda, istražnih radova te analize potresne otpornosti, uočeni su sljedeći mehanizmi otkazivanja građevine:

- 1) posmični slom zidova zvonika uz naznake klizne plohe u razini vrha zidova glavnog broda

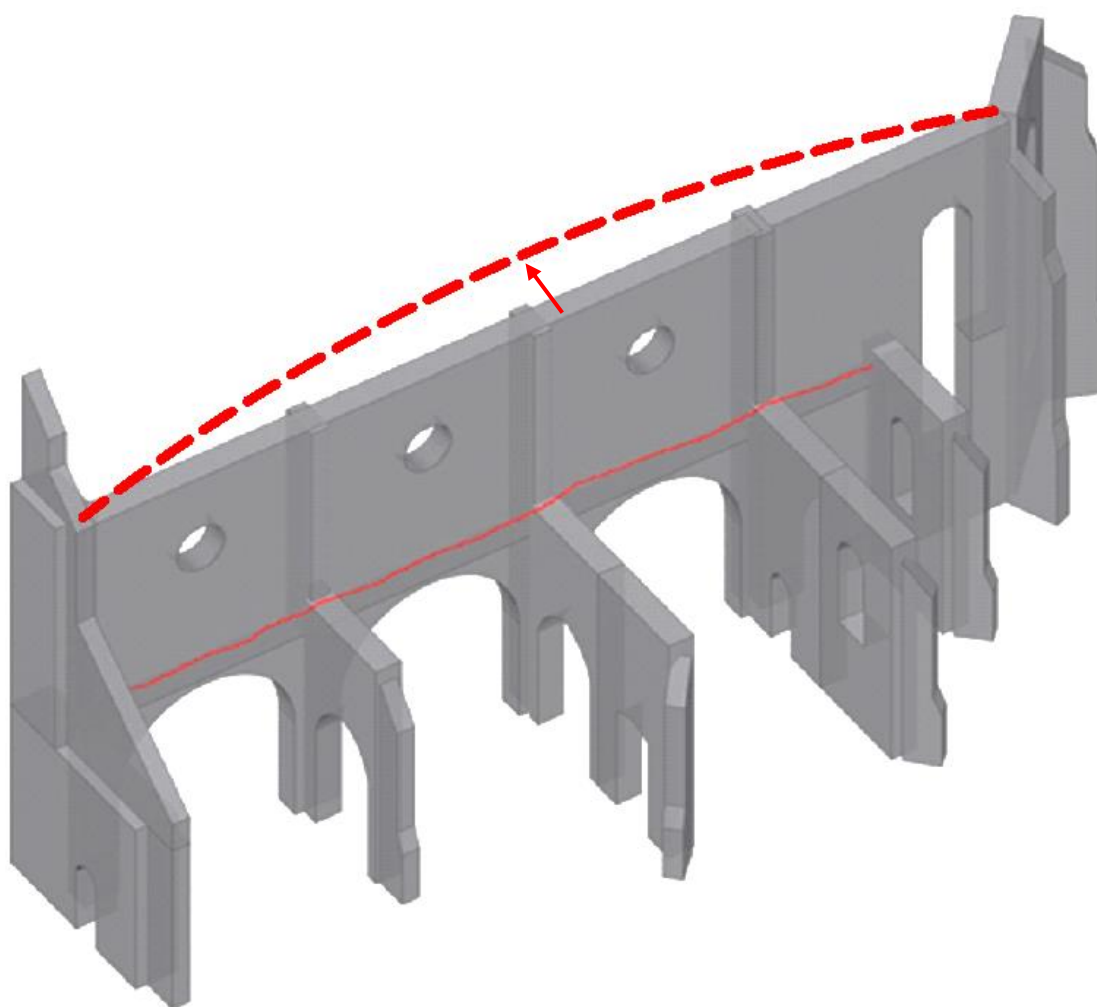
Ad1) Na zapadnom je pročelju po visini zvonika izveden niz otvora u zidnom platnu, što rezultira ponašanjem tog zida kao zidanog okvira - gdje su horizontale ispod i iznad prozora "krute" prečke, a rubni dijelovi zidova čine stupovi. Pri horizontalnoj se pobudi u prečkama, odnosno veznim elementima, javlja značajna uzdužna sila, koja rezultira posmičnim slomom. U razini vrha zidova glavnog broda nazire i klizna ploha, u vidu velike horizontalne pukotine po čitavom tornju što je očekivano, s obzirom na promjenu debljine zidova sa 110 na 85 cm te postojanja velikih otvora što rezultira smanjenom površinom vezivnog materijala na tom spoju. Također na toj razini imamo znatnu promjenu krutosti gdje se završavaju zidovi glavnog broda te toranj uslijed seizmičke pobude titra vlastitim tonom osciliranja.



Slika 4-30 Južno pročelje - mehanizam otkazivanja tornja

- 2) otkazivanje zidova glavnog broda van ravnine i rušenje svodova uslijed nepostojanja krute dijafragme u razini vrha zidova

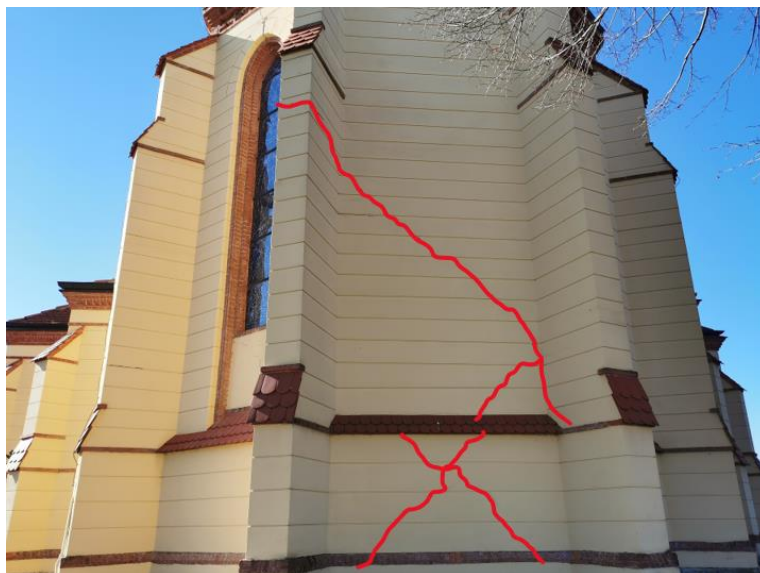
Ad2) Jedan od najčešćih izvornih nedostataka sakralnih građevina su visoki zidovi nepridržani van ravnine, na koje se u gornjoj četvrtini oslanjaju svodovi. Pri horizontalnoj pobudi dolazi do superponiranja razuporne sile svoda sa potresnom silom, što u kombinaciji s relativno malom tlačnom stabilizirajućom silom na vrhu zida rezultira otkazivanjem zida van ravnine. Posljedično, na intradosu svodova se u trenutku razilaženja oslonaca javljaju izrazita tlačna naprezanja, a na ekstradosu vlačna naprezanja, uslijed kojih dolazi do opadanja žbuke i otvaranja pukotina. Na mjestima prekoračenja vlačne čvrstoće зида / vezivnog materijala tada se otvaraju plastični zglobovi. Što je rezultiralo padom svodova i velikim oštećenjima lukova na glavnom brodu crkve, koji su u sklopu hitnih mjera uklonjeni.



Slika 4-31 Shematski prikaz mehanizma otkazivanja visokog nepridržanog zida

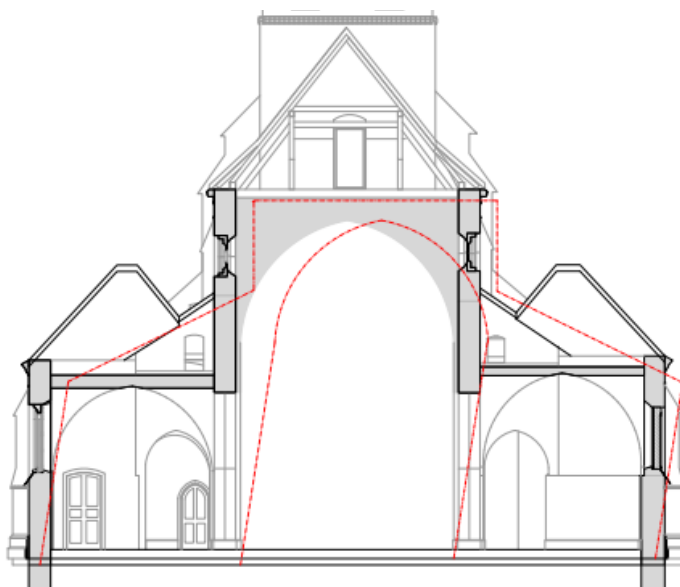
- 3) posmični mehanizam otkazivanja zida apside uslijed nedostatka zidova u poprečnom smjeru crkve te nedovoljne posmične nosivosti ziđa.

Ad3) Uslijed horizontalne seizmičke pobude i nedostatka zidova u poprečnom smjeru crkve zidovi apside su kao najkrući elementi preuzeli najveći dio seizmičke sile. To je izazvalo pojavu vlačnih naprezanja u ziđu koja su prekoračila njegov kapacitet nosivosti što je rezultiralo velikim dijagonalnim pukotinama i posmičnim otkazivanjem ziđa.



- 4) kritična pozicija oslabljenja otvorima na poziciji luka u osi F pri čemu vezni element (trijumfalni luk) između punih dijelova ziđa (poprečni zidovi transepta) nema dostatnu otpornost na ciklička potresna djelovanja

Ad4) Pozicija luka u osi F je zbog velikog otvora u zidnom platnu kritična pozicija u poprečnom smjeru crkve. Pri cikličkom potresnom djelovanju kruta zidna platna se deformiraju uz pomak na vrhu, dok se u relativno mekanom luku događa disipacija potresne energije uz otvaranje pukotina. Pri cikličkom opterećenju pukotine iz nadvoja su se proširile i na plitke križne svodove koji graniče s lukom.



4.3.4 Zaključak o stanju građevine

Osnovni globalni nedostatak građevine je izostanak krutih međukatnih konstrukcija koje osiguravaju ujednačen prijenos opterećenja na zidove te zajednički odgovor svih zidova. Zbog navedenog nedostatka došlo je do urušavanja svodova uslijed potresa. Toranj je doživio teška oštećenja, koja su vidljiva na kritičnim pozicijama, tj. na oslabljenom dijelu poprečnog presjeka gdje se otvorila klizna ploha. Nakon preliminarne analize potresne otpornosti, detaljnog pregleda te zatečenih oštećenja, zaključuje se kako je građevina prema EMS98 ljestvici značajno oštećena u potresu. Stoga je pogodna za obnovu i to do razine 3 - pojačanje konstrukcije.

| Kategorizacija | I | II | III | IV | V |
|----------------|---|---|---|--|---|
| | Blago oštećenje | Umjereno oštećenje | Značajno oštećenje | Vrlo teško oštećenje | Otkazivanje |
| AB |  |  |  |  |  |
| zidane |  |  |  |  |  |
| opis | zanemarivo konstrukcijsko i blago nekonstrukcijsko oštećenje | blago konstrukcijsko oštećenje i umjereno nekonstrukcijsko oštećenje | umjereno konstrukcijsko oštećenje i teško nekonstrukcijsko oštećenje | teško konstrukcijsko oštećenje i vrlo teško nekonstrukcijsko oštećenje | vrlo teško konstrukcijsko oštećenje |

Slika 4-32 Kategorije oštećenja prema EMS98 ljestvici

4.3.5 Potrebna razina obnove

Prema Tehničkom propisu o izmjenama i dopunama Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije - Prilog III, Razine obnove potresom oštećenih konstrukcija zgrada u odnosu na mehaničku otpornost i stabilnost (NN 17/17, 75/20, 7/22), predviđa se cjelovita obnova zgrade uz popravak i pojačanje konstrukcije kojima se postiže mehanička otpornost i stabilnost zgrade na potresno djelovanje razine III. Građevina je zaštićeno kulturno dobro pod registarskim brojem Z-2282 liste zaštićenih nepokretnih kulturnih dobara Republike Hrvatske.

S obzirom da je predmetna građevina značajno oštećena u potresu i klasificirana u razred važnosti III (zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem), prema Zakonu o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije – (NN 21/23) predviđa se cjelovita obnova zgrade (razina 3).

4.3.6 Zatečena potresna otpornost

Ulazni podaci o mehaničkim karakteristikama zida korišteni za daljnji proračun (proračun pojačanog stanja) preuzeti su iz poglavlja 4.2.1 *Zidne istražne sonde*.

| VRSTA ZIDA | Tlačna čvrstoća f_m (MPa) | Modul elastičnosti E (MPa) | Posmična čvrstoća T_0 (MPa) | Modul posmika G (MPa) | Vlačna čvrstoća f_t (MPa) |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Opečni zid | 2,0 | 800 | 0,10 | 50 | 0,18 |

Zaključuje se da će zatečeno stanje postojećih materijala i ugrađenih građevnih proizvoda zadovoljiti propisane zahtjeve i uvjete te da je zgrada prikladna za obnovu i pojačanje.

U nastavku slijedi proračun konstrukcije i dokazi mehaničke otpornosti i stabilnosti.

4.3.7 Hitne mjere

Za pojedine lokalne mehanizme opisane u poglavlju 4.3.3 *Mehanizmi otkazivanja*, koji ugrožavaju mehaničku otpornost i stabilnost građevine, u dokumentima *Elaborat hitnih mjera zaštite Crkve Rođenja BDM, Granešina 12, Zagreb* (Urbane ideje d.o.o., ožujak 2023., 38/2023-UI) i *Elaborat radova obnove – faza 1 Crkve Rođenja BDM, Granešina 12, Zagreb* (Urbane ideje d.o.o., travanj 2023., 44/2023-UI) dano je privremeno rješenje stabilizacije. U nastavku je dana rekapitulacija zahvata.

4.3.7.1 Podupiranje kora



Slika 4-33 Hitna mjera - podupiranje kora

4.3.7.2 Uklanjanje lukova



Slika 4-34 Faze podupiranja lukova



Slika 4-35 Hitna mjera - uklanjanje lukova

4.3.7.3 Punoplošno injektiranje zidova



Slika 4-36 Hitna mjera - punoplošno injektiranje zidova

104

5 Pojačanje konstrukcije

S obzirom da je građevina ocijenjena kao prikladna za obnovu kao cjelina, a uzevši u obzir razinu oštećenja i razred važnosti, predviđa se pojačanje konstrukcije - razina 3. U nastavku su prikazana sva predvidiva djelovanja na konstrukciju sukladno aktualnim normama.

Globalna potresna otpornost te stabilnost konstrukcije predmet je linearno dinamičkog proračuna (modalna analiza) provedenog u programskom paketu (Tower 8.4). Zahvati na mjestima potencijalnih lokalnih mehanizama otkazivanja dokazuju nizom jednostavnijih, ravninskih ili manjih prostornih modela uz linearno dinamički proračun (modalna analiza) ili metodu bočnih sila.

5.1 Ulazni podaci - analiza djelovanja na konstrukciju

5.1.1 Stalno djelovanje

Opterećenje sukladno normi HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012.

*Vlastita težina elemenata uzima se automatski u programu za numerički proračun i dimenzioniranje.

Toranj

| | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Kapa tornja | $G = 150 \text{ kN}$ |
| Dodatno stalno (težina zvona i jarma) | $\Delta G = 20 \text{ kN}$ |
| Vlastita težina konstrukcije* | |

Krovište

| | |
|-------------------------------|---|
| Biber crijep | $g = 0,80 \text{ kN/m}^2$ |
| Drvena oplata | $g = 0,20 \text{ kN/m}^2$ |
| Vlastita težina konstrukcije* | |
| | $g_{uk} = 1,0 \text{ kN/m}^2$ |

Strop iznad bočnih brodova

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Svod + perlit beton | $g = 4,0 \text{ kN/m}^2$ |
|---------------------|--------------------------|

Kor

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Završni slojevi poda | $g = 2,0 \text{ kN/m}^2$ |
| Vlastita težina potkonstrukcije* | |
| Dodatno stalno (težina orgulja) | $\Delta G = 20 \text{ kN}$ |

5.1.2 Uporabno djelovanje

Djelovanje definirano sukladno normi HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012. Uporabno djelovanje definirano je namjenom prostora i kao takvo prikazano u nastavku. Prostor sakristije svrstava se u kategoriju B1, prostori potkrovlja u kategoriju A1, a ostatak građevine se svrstava u C2 kategoriju uporabnih opterećenja s obzirom na namjenu zgrade.

| | |
|---|---------------------------|
| Površinsko uporabno opterećenje kategorija A1 | $q = 1,50 \text{ kN/m}^2$ |
| Površinsko uporabno opterećenje kategorija B1 | $q = 2,00 \text{ kN/m}^2$ |
| Površinsko uporabno opterećenje kategorija C2 | $q = 5,00 \text{ kN/m}^2$ |

5.1.3 Djelovanje snijega

Opterećenje sukladno normi HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012.

Za predmetnu lokaciju vrijede sljedeće vrijednosti opterećenja:

| | |
|---|--|
| Karakteristično opterećenje snijegom | $s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$ |
| Nagib krovne plohe | $\alpha = 52^\circ$ |
| Koeficijent oblika za nagib $30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ | $u_1 = 0,80 \cdot (60 - \alpha) / 30 = 0,19$ |
| Opterećenje snijegom na krov* | $s = 1,25 \cdot 0,19 = 0,24 \text{ kN/m}^2$ |

*S obzirom da su projektom arhitekture predviđeni snjegobrani, redukcija opterećenja snijegom s obzirom na nagib se ne provodi.

5.1.4 Djelovanje potresa

Opterećenje sukladno normi HRN EN 1998-1:2012.



Slika 5-1 Karta potresnih područja Hrvatske (izvor: seizkarta.gfz.hr)

| | |
|------------------------------------|--|
| Vršno ubrzanje tla | $a_g = 0,129 \text{ g}$ (475 god) $a_g = 0,186 \text{ g}$ (225 god) $a_g = 0,262 \text{ g}$ (95 god) |
| Razred tla (geotehnički izvještaj) | C |
| Razred važnosti | III |
| Faktor ponašanja | $q = 1,5 \rightarrow$ neomeđeno zide – postojeće stanje) $q = 2,0 \rightarrow$ tijelo crkve – pojačano stanje $q = 2,5 \rightarrow$ toranj – pojačano stanje |

5.1.5 Djelovanje vjetra

Djelovanje vjetra određeno je za proračun konstrukcije krovišta glavnog broda. Djelovanje sukladno normi HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012.

Djelovanje vjetra (HRN EN 1991-1-4 2012)

-osnovna brzina vjetra $v_{b,0}$:

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

-brzina vjetra v_b :

$$v_b = 25 \text{ m/s}$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.1)$$

-faktor izloženosti:

$$c_e(z) = 2,03$$

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4.9)$$

-osnovno opterećenje vjetrom:

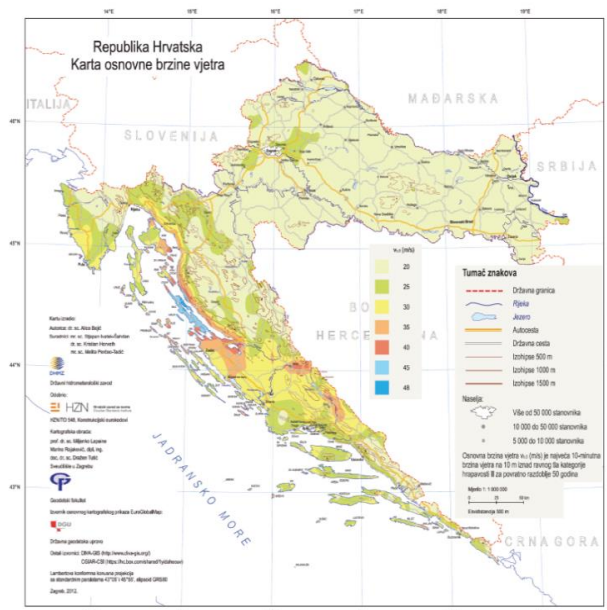
$$q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.10)$$

-vršno opterećenje vjetrom $q_{p(z)}$:

$$q_{p(z)} = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.8)$$



Slika: Osnovna brzina vjetra

$$h = 16,7 \text{ m}$$

kategorija terena 3

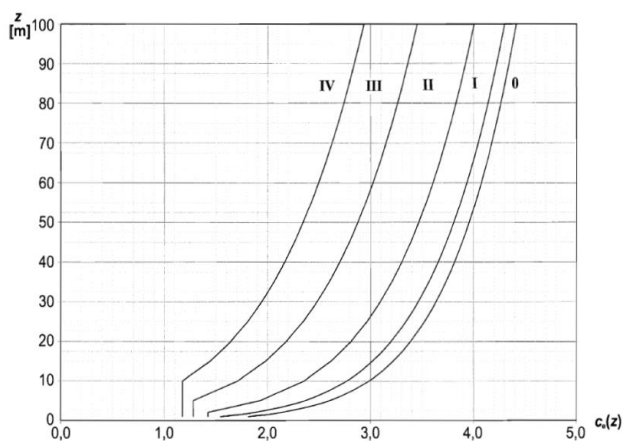


Figure 4.2 — Illustrations of the exposure factor $c_e(z)$ for $c_0=1,0$, $k=1,0$

Smjer vjetra $\theta=0^\circ$ Vjetar puše u smjeru kraće stranice građevine

| | | |
|-----------|------|---|
| h= | 16,7 | m |
| b= | 24,5 | m |
| d= | 7,1 | m |
| $\alpha=$ | 60 | ° |

Za $h \leq b$

| | | |
|-----------------|------|---|
| $z_e=$ | 16,7 | m |
| $e=\min(b;2h)=$ | 24,5 | m |
| $e/10=$ | 2,45 | m |

Površine

| | | | | |
|----|------|----------------|---|-------------|
| F= | 15,0 | m ² | → | $C_{pe,F}=$ |
| G= | 30,0 | m ² | → | $C_{pe,G}=$ |
| H= | 27,0 | m ² | → | $C_{pe,H}=$ |
| I= | 60,0 | m ² | → | $C_{pe,H}=$ |
| J= | 27,0 | m ² | → | $C_{pe,H}=$ |

| Odizanje | Pritisak |
|----------|----------|
| 0,00 | 0,70 |
| 0,00 | 0,70 |
| 0,00 | 0,70 |
| -0,20 | 0,00 |
| -0,30 | 0,00 |

Vanjski pritisak vjetra

| | Odizanje |
|------------|-------------------------|
| $w_{e,F}=$ | 0,00 kn/m ² |
| $w_{e,G}=$ | 0,00 kn/m ² |
| $w_{e,H}=$ | 0,00 kn/m ² |
| $w_{e,I}=$ | -0,16 kn/m ² |
| $w_{e,J}=$ | -0,24 kn/m ² |

| Pritisak |
|------------------------|
| 0,55 kn/m ² |
| 0,55 kn/m ² |
| 0,55 kn/m ² |
| 0,00 kn/m ² |
| 0,00 kn/m ² |

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

Smjer vjetra $\theta=90^\circ$ Vjetar puše u smjeru duže stranice građevine

| | | |
|-----------|------|---|
| h= | 16,7 | m |
| b= | 7,1 | m |
| d= | 24,5 | m |
| $\alpha=$ | 60 | ° |

Za $h \leq b$

| | | |
|-----------------|------|---|
| $z_e=$ | 16,7 | m |
| $e=\min(b;2h)=$ | 7,1 | m |
| $e/5=$ | 1,42 | m |

Površine

| | | | | |
|----|-------|----------------|---|-------------|
| F= | 1,3 | m ² | → | $C_{pe,F}=$ |
| G= | 5,0 | m ² | → | $C_{pe,G}=$ |
| H= | 13,3 | m ² | → | $C_{pe,H}=$ |
| I= | 154,3 | m ² | → | $C_{pe,I}=$ |

| Odizanje |
|----------|
| -1,10 |
| -1,20 |
| -0,80 |
| -0,50 |

Vanjski pritisak vjetra

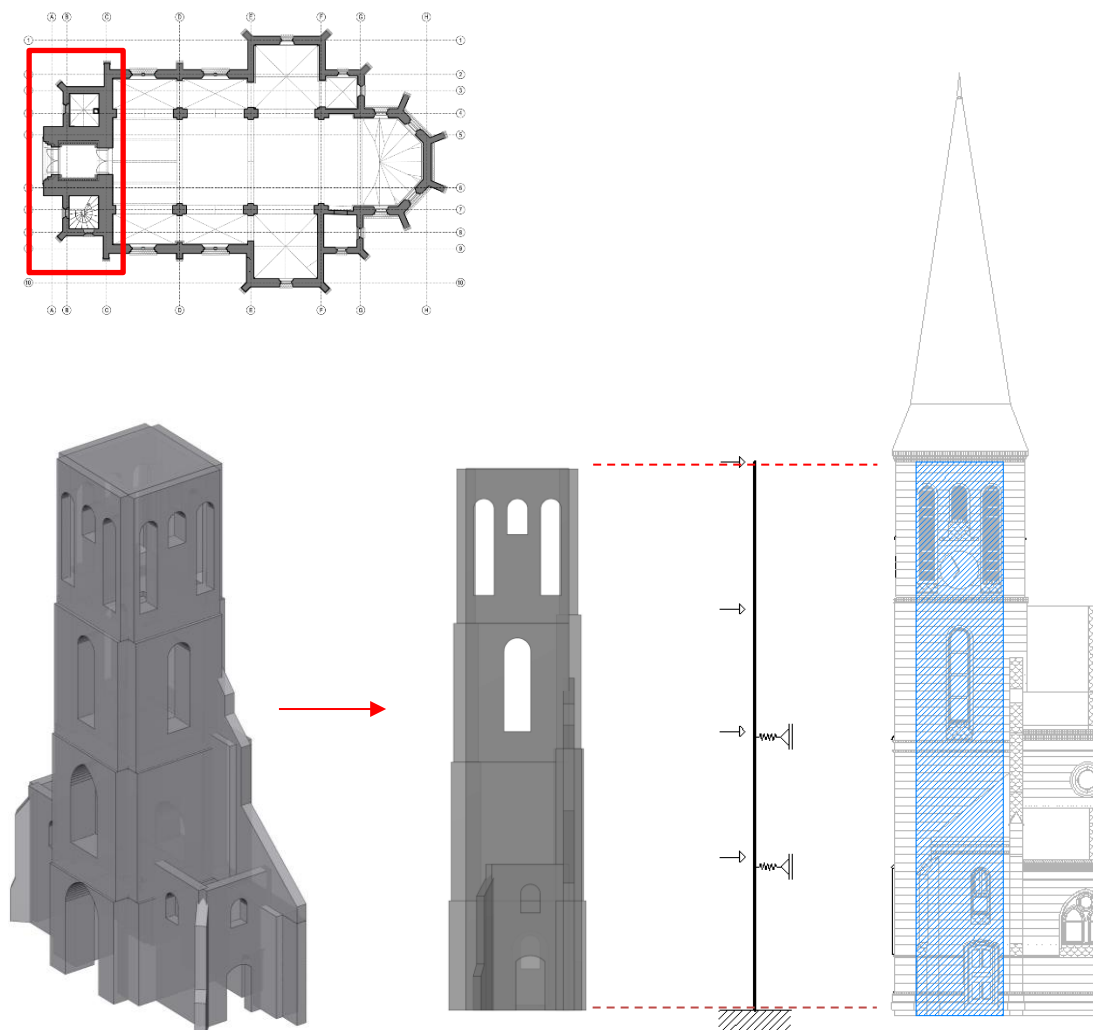
| | Odizanje |
|------------|-------------------------|
| $w_{e,F}=$ | -0,87 kn/m ² |
| $w_{e,G}=$ | -0,95 kn/m ² |
| $w_{e,H}=$ | -0,63 kn/m ² |
| $w_{e,I}=$ | -0,40 kn/m ² |

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (5.1)$$

5.2 Toranj

5.2.1 Seizmički proračun tornja

Toranj crkve proračunava se u odvojenom proračunskom modelu pri čemu će se modelirati samo konstrukcija tornja uz pripadajuće zidove narteksa. Utjecaj ostatka konstrukcije crkve uzet je u obzir točkastim osloncima kojima je krutost analogna krutosti elemenata koje zamjenjuju (pomak od jedinične sile). Proračunom će se očitati pripadne rezne sile u zidovima tornja te izvršiti kontrola zidova na posmična naprezanja, dok se za dimenzioniranje armiranobetonske obloge proračunava potrebna armatura.



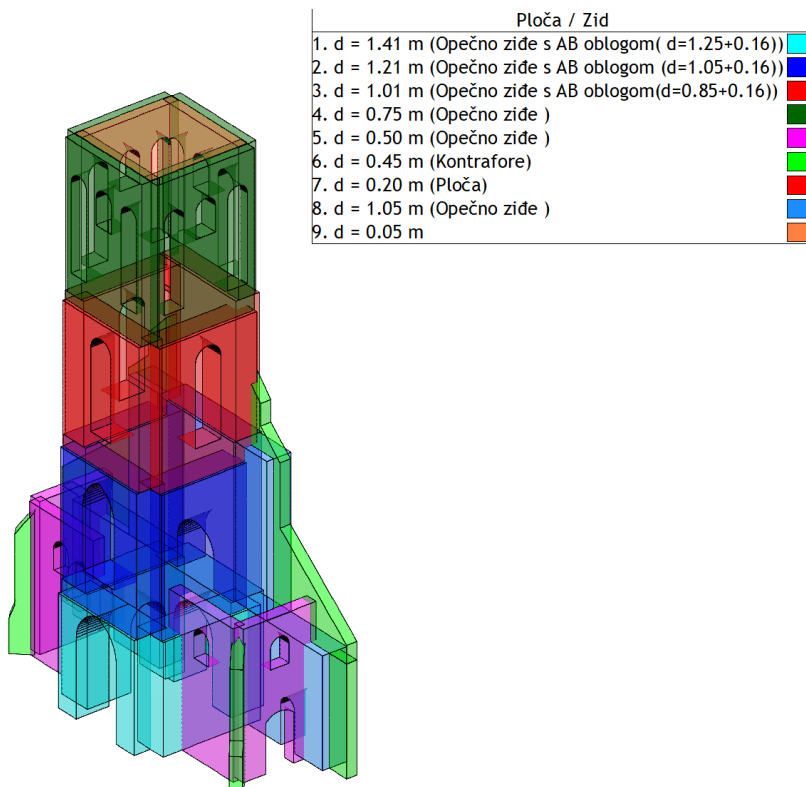
Slika 5-2 Shematski prikaz proračunskog modela

Proračunski model

- težina kape tornja te težina konstrukcije zvona nanese su kao opterećenje
- zidovi crkve uzeti su u obzir elastičnim ležajevima
- zidovi tornja modelirani sa zamjenskim modulom elastičnosti zbog utjecaja nove Armiranobetonske obloge
- masa armiranobetonske obloge uzeta je u obzir promijenjenom zapreminskom težinom зида
- elastična krutost зида tornja umanjena je za 50% vrijednosti u seizmičkom proračunu

5.2.1.1 Proračunski model

Ulazni podaci

Setovi numeričkih podataka
Ploča / Zid (1-9)

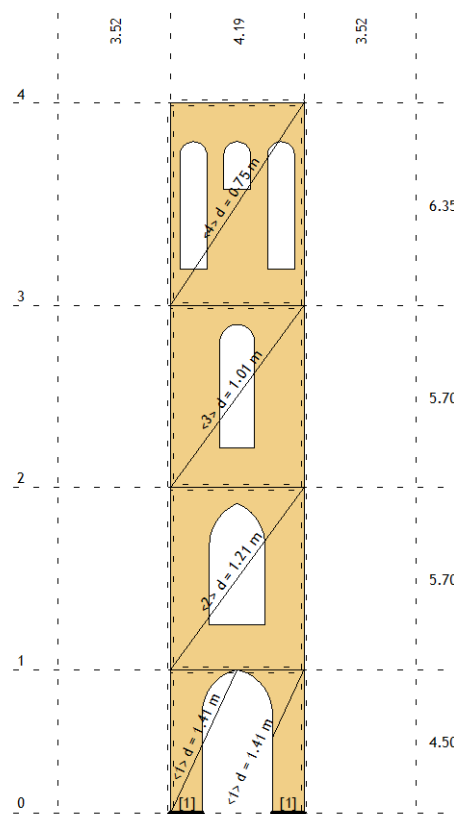
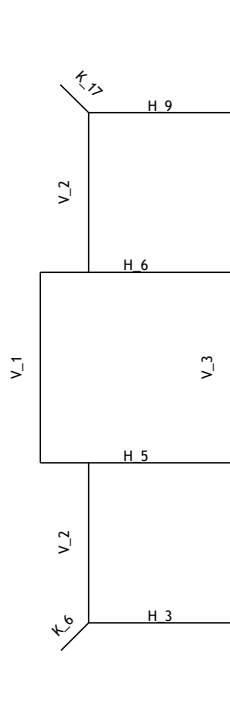
| Shema nivoa | | | |
|-------------------|--|-------|-------|
| Naziv | | z [m] | h [m] |
| Vrh tornja | | 22.25 | 6.35 |
| Podest 2 | | 15.90 | 5.70 |
| Podest 1 | | 10.20 | 5.70 |
| Razina ploce kora | | 4.50 | 4.50 |
| Temelji | | 0.00 | |

| Tabela materijala | | | | | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------|----------|------------------------|------|
| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ[kN/m ³] | αt[1/C] | Em[kN/m ²] | μm |
| 1 | Staro zide - opeka u vapnenom mortu | 4.227e+6 | 0.30 | 20.00 | 1.000e-5 | 8.000e+5 | 0.30 |
| 2 | Staro zide - opeka u vapnenom mortu | 4.793e+6 | 0.30 | 20.00 | 1.000e-5 | 8.000e+5 | 0.30 |
| 3 | Staro zide - opeka u vapnenom mortu | 5.584e+6 | 0.30 | 20.00 | 1.000e-5 | 8.000e+5 | 0.30 |
| 4 | Staro zide - opeka u vapnenom mortu | 8.000e+5 | 0.30 | 19.00 | 1.000e-5 | 8.000e+5 | 0.30 |
| 5 | C25/30 | 3.100e+7 | 0.20 | 25.00 | 1.000e-5 | 3.100e+7 | 0.20 |
| 6 | C25/30 | 3.100e+7 | 0.20 | 0.00 | 1.000e-5 | 3.100e+7 | 0.20 |

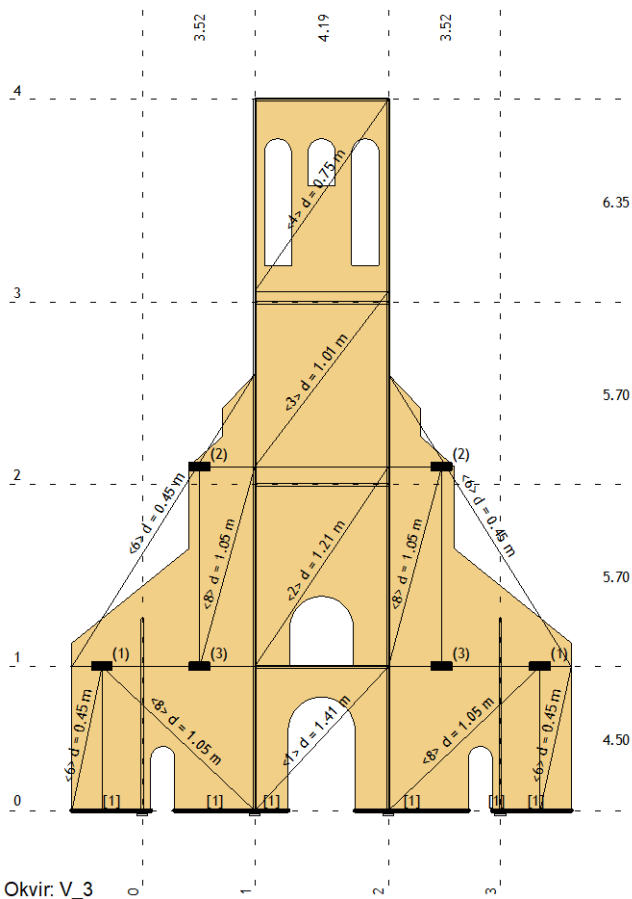
| Setovi ploča | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-----------|---------------|-------------|------------------------|-----------------------|---|
| No | d[m] | e[m] | Materijal | Tip proračuna | Ortotropija | E2[kN/m ²] | G[kN/m ²] | α |
| <1> | 1.410 | 0.705 | 1 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <2> | 1.210 | 0.605 | 2 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <3> | 1.010 | 0.505 | 3 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <4> | 0.750 | 0.375 | 4 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <5> | 0.500 | 0.250 | 4 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <6> | 0.450 | 0.225 | 4 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <7> | 0.200 | 0.100 | 5 | Tanka ploča | Izotropna | | | |
| <8> | 1.050 | 0.525 | 4 | Opeka/Blokovi | Izotropna | | | |
| <9> | 0.050 | 0.025 | 6 | Tanka ploča | Izotropna | | | |

| Setovi linijskih ležajeva | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------|---------|
| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | Tlo [m] |
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | |

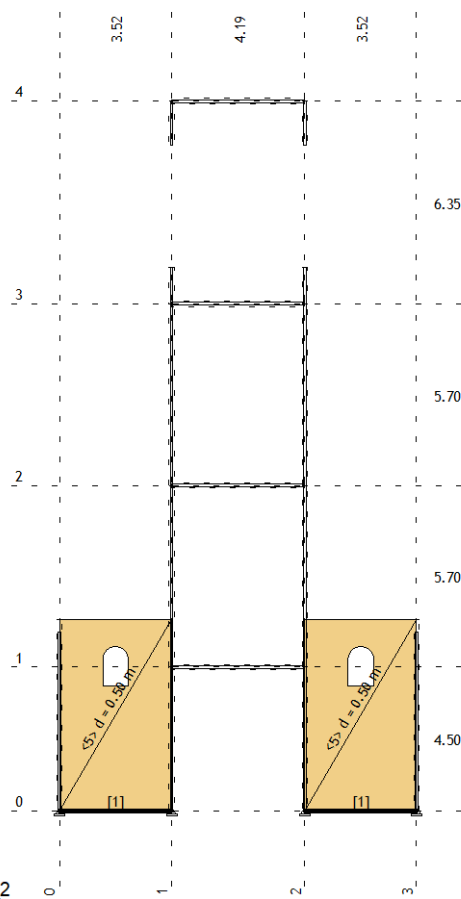
| Setovi točkastih ležajeva | | | | | | |
|---------------------------|----------|------|------|------|------|------|
| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
| 1 | 3.978e+4 | | | | | |
| 2 | 3.229e+4 | | | | | |
| 3 | 5.522e+4 | | | | | |

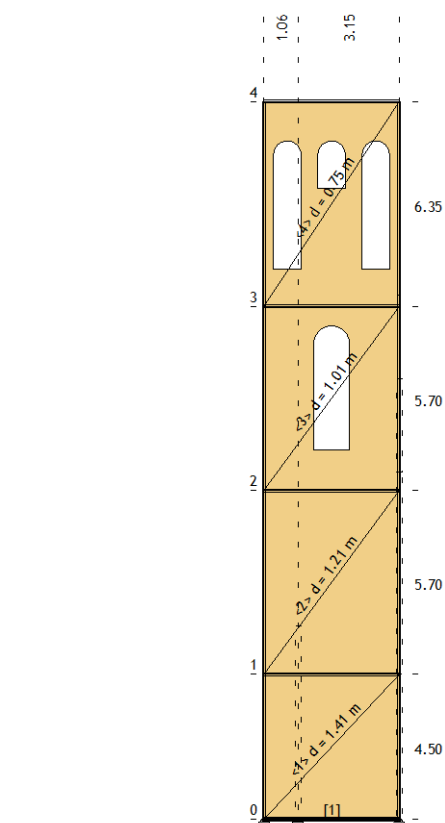


Dispozicija okvira

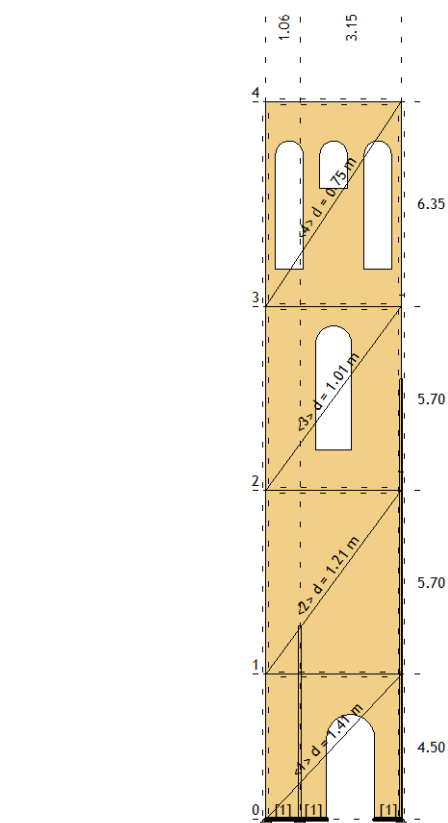


Okvir: V_1

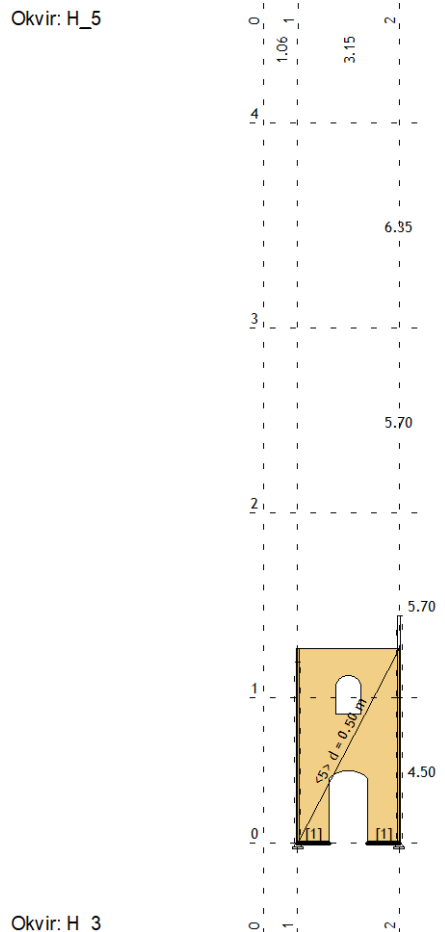




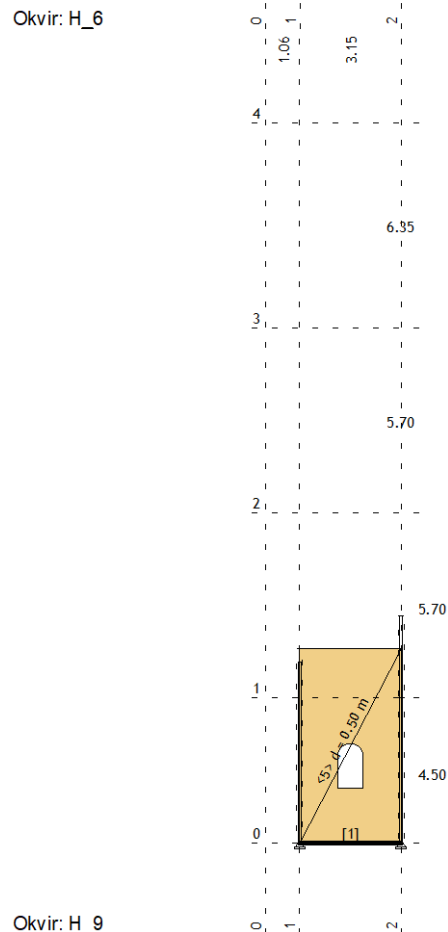
Okvir: H_5



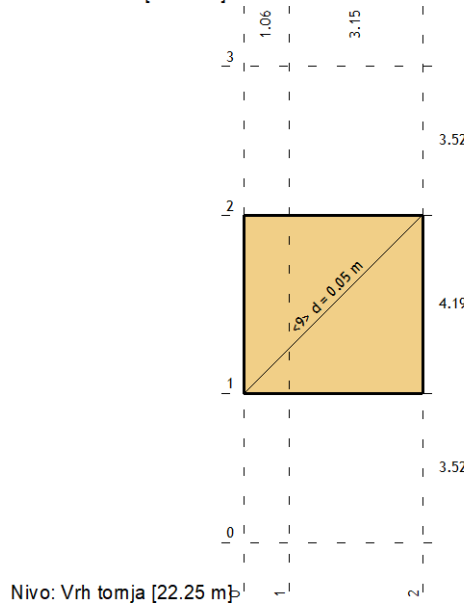
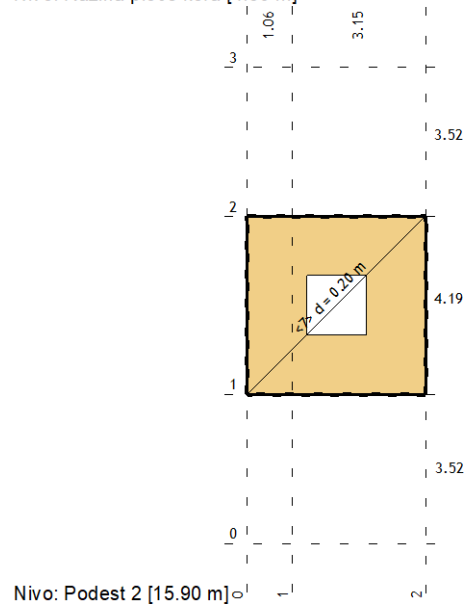
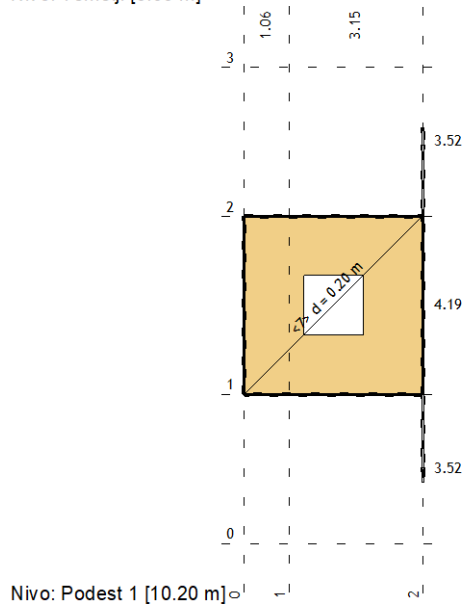
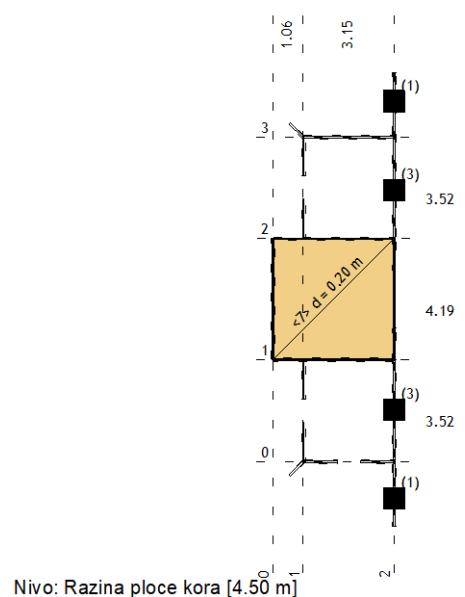
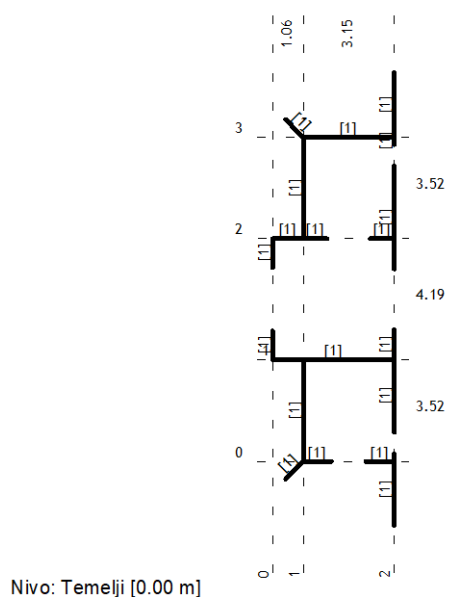
Okvir: H_6



Okvir: H_3



Okvir: H_9



Djelovanja i kombinacije djelovanja

| Lista slučajeva opterećenja | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| LC | Naziv |
| 1 | Vlastita težina i dodatno stalno (g) |
| 2 | Uporabno |
| 3 | Ex (+e) |
| 4 | Ex (-e) |
| 5 | Ey (+e) |
| 6 | Ey (-e) |
| 7 | SRSS: MAX(III,IV)+MAX(V,VI) |
| 8 | Komb.: I+0.3xII+VII |

Modalna analiza

- provedena za 10 tonova ($T_k \geq 3\sqrt{n_s}$)
- u uzdužnom smjeru (X) aktivirano je 97,48% mase
- u poprečnom smjeru (Y) aktivirano je 94,40% mase

Napredne opcije seizmičkog proračuna:

| | |
|--|-------|
| Mase grupirane u nivoima izabranih ploča | |
| Ploče - redukcija krutosti na savijanje: | 0.500 |
| Grede - redukcija krutosti na savijanje: | 0.500 |
| Zidovi - redukcija krutosti na savijanje: | 0.500 |
| Zidovi - redukcija aksijalne krutosti: | 0.500 |
| Stupovi - redukcija krutosti na savijanje: | 0.500 |
| Stupovi - redukcija aksijalne krutosti: | 0.500 |
| Spriječeno osciliranje u Z pravcu | |

| Faktori opterećenja za proračun masa | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| No | Naziv | Koeficijent |
| 1 | Vlastita težina i dodatno stalno (g) | 1.00 |
| 2 | Uporabno | 0.30 |

| Raspored masa po visini objekta | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|----------|------------------|
| Nivo | Z [m] | X [m] | Y [m] | Masa [T] | T/m ² |
| Vrh tornja | 22.25 | 9.76 | 13.54 | 69.32 | 3.93 |
| Podest 2 | 15.90 | 9.84 | 13.54 | 152.79 | 9.74 |
| Podest 1 | 10.20 | 10.14 | 13.54 | 242.47 | 15.46 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 10.24 | 13.52 | 327.51 | 18.56 |
| Temelji | 0.00 | 10.25 | 13.47 | 144.16 | |
| Ukupno: | 8.46 | 10.11 | 13.52 | 936.25 | |

| Položaj centara krutosti po visini objekta (približna metoda) | | | |
|---|-------|-------|-------|
| Nivo | Z [m] | X [m] | Y [m] |
| Vrh tornja | 22.25 | 9.76 | 13.54 |
| Podest 2 | 15.90 | 10.34 | 13.54 |
| Podest 1 | 10.20 | 9.79 | 13.54 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 9.99 | 13.61 |
| Temelji | 0.00 | 9.91 | 12.15 |

| Ekscentricitet po visini objekta (približna metoda) | | | |
|---|-------|---------|---------|
| Nivo | Z [m] | eox [m] | eoy [m] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.00 | 0.00 |
| Podest 2 | 15.90 | 0.49 | 0.00 |
| Podest 1 | 10.20 | 0.35 | 0.00 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 0.25 | 0.09 |
| Temelji | 0.00 | 0.33 | 1.32 |

| Periodi osciliranja konstrukcije | | |
|----------------------------------|--------|--------|
| No | T [s] | f [Hz] |
| 1 | 0.8034 | 1.2447 |
| 2 | 0.6898 | 1.4497 |
| 3 | 0.3184 | 3.1404 |
| 4 | 0.3100 | 3.2253 |
| 5 | 0.2998 | 3.3353 |
| 6 | 0.1897 | 5.2719 |
| 7 | 0.1747 | 5.7231 |
| 8 | 0.1666 | 6.0024 |
| 9 | 0.1225 | 8.1658 |
| 10 | 0.1172 | 8.5299 |

Seizmički proračun

- ubrzanje tla $a = 0,262 \text{ g}$ (za 475-godišnji povratni period)
- kategorija važnosti objekta: III $\rightarrow \gamma_I = 1,2$
- faktor ponašanja $q = 2,5$
- kategorija tla C
- poprečna sila u podnožju smjer X 1332,67 kN (16,7% težine tornja i narteksa iznad kote temelja)
- smjer Y 1465,8 kN (18,44% težine tornja i narteksa iznad kote temelja)

Spektar 1

Seizmički proračun: EC8 (HRN EN 1998-1:2011)

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Razred tla: | C |
| Razred važnosti: | III ($\gamma=1.2$) |
| Odnos agR/g : | 0.262 |
| Koeficijent prigušenja | 0.05 |
| Slučajni ekscentritet mase etaže: | $ei = \pm 0.050 \times Li$ |

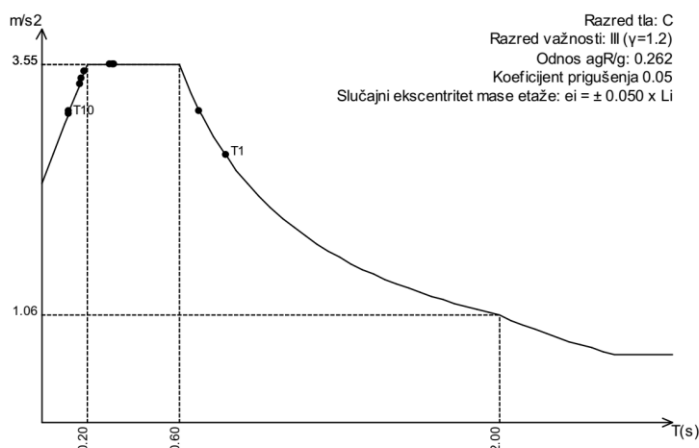
Faktori pravca potresa:

| Slučaj opterećenja | Kut α [°] | k, α | $k, \alpha+90^\circ$ | k_z | Faktor P. |
|--------------------|------------------|-------------|----------------------|-------|-----------|
| Ex | 0 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 |
| Ey | 90 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 |

Tip spektra

| Slučaj opterećenja | S | Tb | Tc | Td | avg/ag |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ex | 1.150 | 0.200 | 0.600 | 2.000 | 1.000 |
| Ey | 1.150 | 0.200 | 0.600 | 2.000 | 1.000 |

Projektni spektar



S=1.15, Tb=0.20, Tc=0.60, Td=2.00

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ex (+e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 316.21 | 1.49 | 5.80 | 0.01 | -0.94 | 0.00 | -5.88 | -31.55 | -0.04 |
| Podest 2 | 15.90 | 342.05 | 1.57 | 10.03 | 0.00 | -0.89 | 0.00 | 7.22 | 42.58 | -0.06 |
| Podest 1 | 10.20 | 215.60 | 1.05 | 3.00 | 0.00 | -0.57 | 0.00 | 10.28 | 57.13 | -0.08 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 57.02 | 0.32 | 1.06 | -0.00 | -0.19 | 0.00 | 6.14 | 31.85 | -0.05 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 930.87 | 4.43 | 19.90 | 0.01 | -2.59 | 0.01 | 17.76 | 100.01 | -0.23 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -241.51 | 39.18 | 0.08 | -2.10 | -8.97 | 0.00 | 2.88 | -0.91 | -0.27 |
| Podest 2 | 15.90 | 313.32 | -57.41 | 1.55 | 2.93 | 14.43 | 0.01 | -11.18 | 4.13 | -0.54 |
| Podest 1 | 10.20 | 402.91 | -79.05 | 1.06 | 3.21 | 22.42 | -0.01 | 9.50 | -13.86 | -0.27 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 204.48 | -44.42 | 0.97 | 1.13 | 13.31 | -0.00 | 15.84 | -15.58 | -0.17 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 679.20 | -141.70 | 3.66 | 5.17 | 41.18 | -0.00 | 17.03 | -26.22 | -1.25 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 63.37 | 7.80 | -5.99 | 0.54 | -6.58 | -0.14 | -0.99 | 0.70 | -0.16 |
| Podest 2 | 15.90 | -294.88 | -36.02 | -11.48 | -2.89 | 31.61 | -0.30 | 10.12 | -3.47 | -0.39 |
| Podest 1 | 10.20 | 327.37 | 40.11 | -3.59 | 3.70 | -27.49 | -0.33 | -26.30 | 1.70 | -0.95 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 419.29 | 59.11 | -0.14 | 4.00 | -44.40 | -0.30 | 68.25 | 7.82 | -0.54 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 515.16 | 71.00 | -21.20 | 5.35 | -46.86 | -1.08 | 51.09 | 6.74 | -2.04 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -2.24 | -0.61 | -0.73 |
| Podest 2 | 15.90 | 26.42 | 2.61 | -1.67 |
| Podest 1 | 10.20 | -72.10 | 0.85 | -3.11 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 159.66 | -11.95 | -2.01 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 111.74 | -9.10 | -7.52 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ex (-e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 316.21 | 1.49 | 5.80 | 0.01 | -0.94 | 0.00 | -5.88 | -31.55 | -0.04 |
| Podest 2 | 15.90 | 342.05 | 1.57 | 10.03 | 0.00 | -0.89 | 0.00 | 7.22 | 42.58 | -0.06 |
| Podest 1 | 10.20 | 215.60 | 1.05 | 3.00 | 0.00 | -0.57 | 0.00 | 10.28 | 57.13 | -0.08 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 57.02 | 0.32 | 1.06 | -0.00 | -0.19 | 0.00 | 6.14 | 31.85 | -0.05 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 930.87 | 4.43 | 19.90 | 0.01 | -2.59 | 0.01 | 17.76 | 100.01 | -0.23 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -241.51 | 39.18 | 0.08 | -2.10 | -8.97 | 0.00 | 2.88 | -0.91 | -0.27 |
| Podest 2 | 15.90 | 313.32 | -57.41 | 1.55 | 2.93 | 14.43 | 0.01 | -11.18 | 4.13 | -0.54 |
| Podest 1 | 10.20 | 402.91 | -79.05 | 1.06 | 3.21 | 22.42 | -0.01 | 9.50 | -13.86 | -0.27 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 204.48 | -44.42 | 0.97 | 1.13 | 13.31 | -0.00 | 15.84 | -15.58 | -0.17 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 679.20 | -141.70 | 3.66 | 5.17 | 41.18 | -0.00 | 17.03 | -26.22 | -1.25 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 63.37 | 7.80 | -5.99 | 0.54 | -6.58 | -0.14 | -0.99 | 0.70 | -0.16 |
| Podest 2 | 15.90 | -294.88 | -36.02 | -11.48 | -2.89 | 31.61 | -0.30 | 10.12 | -3.47 | -0.39 |
| Podest 1 | 10.20 | 327.37 | 40.11 | -3.59 | 3.70 | -27.49 | -0.33 | -26.30 | 1.70 | -0.95 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 419.29 | 59.11 | -0.14 | 4.00 | -44.40 | -0.30 | 68.25 | 7.82 | -0.54 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 515.16 | 71.00 | -21.20 | 5.35 | -46.86 | -1.08 | 51.09 | 6.74 | -2.04 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -2.24 | -0.61 | -0.73 |
| Podest 2 | 15.90 | 26.42 | 2.61 | -1.67 |
| Podest 1 | 10.20 | -72.10 | 0.85 | -3.11 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 159.66 | -11.95 | -2.01 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 111.74 | -9.10 | -7.52 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ey (+e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 1.51 | 0.01 | 0.03 | -2.10 | 378.86 | -0.61 | -33.10 | -177.68 | -0.25 |
| Podest 2 | 15.90 | 1.63 | 0.01 | 0.05 | -1.64 | 356.50 | -1.33 | 40.66 | 239.78 | -0.33 |
| Podest 1 | 10.20 | 1.03 | 0.01 | 0.01 | -0.05 | 228.78 | -1.91 | 57.88 | 321.72 | -0.46 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 0.27 | 0.00 | 0.01 | 1.20 | 77.28 | -1.70 | 34.57 | 179.38 | -0.26 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 4.43 | 0.02 | 0.09 | -2.59 | 1041.4 | -5.55 | 100.01 | 563.20 | -1.31 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 50.38 | -8.17 | -0.02 | -16.69 | -71.44 | 0.00 | -4.43 | 1.40 | 0.42 |
| Podest 2 | 15.90 | -65.37 | 11.98 | -0.32 | 23.33 | 114.88 | 0.08 | 17.21 | -6.36 | 0.82 |
| Podest 1 | 10.20 | -84.06 | 16.49 | -0.22 | 25.57 | 178.51 | -0.11 | -14.62 | 21.34 | 0.41 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -42.66 | 9.27 | -0.20 | 8.97 | 106.02 | -0.00 | -24.38 | 23.98 | 0.26 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -141.70 | 29.56 | -0.76 | 41.18 | 327.98 | -0.03 | -26.22 | 40.37 | 1.92 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 8.73 | 1.07 | -0.83 | -4.77 | 57.63 | 1.26 | -0.13 | 0.09 | -0.02 |
| Podest 2 | 15.90 | -40.64 | -4.96 | -1.58 | 25.30 | -276.71 | 2.65 | 1.34 | -0.46 | -0.05 |
| Podest 1 | 10.20 | 45.12 | 5.53 | -0.50 | -32.42 | 240.68 | 2.91 | -3.47 | 0.22 | -0.13 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 57.79 | 8.15 | -0.02 | -34.98 | 388.71 | 2.65 | 9.01 | 1.03 | -0.07 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 71.00 | 9.78 | -2.92 | -46.86 | 410.31 | 9.47 | 6.74 | 0.89 | -0.27 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.18 | 0.05 | 0.06 |
| Podest 2 | 15.90 | -2.15 | -0.21 | 0.14 |
| Podest 1 | 10.20 | 5.87 | -0.07 | 0.25 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -13.01 | 0.97 | 0.16 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -9.10 | 0.74 | 0.61 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ey (-e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 1.51 | 0.01 | 0.03 | -2.10 | 378.86 | -0.61 | -33.10 | -177.68 | -0.25 |
| Podest 2 | 15.90 | 1.63 | 0.01 | 0.05 | -1.64 | 356.50 | -1.33 | 40.66 | 239.78 | -0.33 |
| Podest 1 | 10.20 | 1.03 | 0.01 | 0.01 | -0.05 | 228.78 | -1.91 | 57.88 | 321.72 | -0.46 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 0.27 | 0.00 | 0.01 | 1.20 | 77.28 | -1.70 | 34.57 | 179.38 | -0.26 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 4.43 | 0.02 | 0.09 | -2.59 | 1041.4 | -5.55 | 100.01 | 563.20 | -1.31 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 50.38 | -8.17 | -0.02 | -16.69 | -71.44 | 0.00 | -4.43 | 1.40 | 0.42 |
| Podest 2 | 15.90 | -65.37 | 11.98 | -0.32 | 23.33 | 114.88 | 0.08 | 17.21 | -6.36 | 0.82 |
| Podest 1 | 10.20 | -84.06 | 16.49 | -0.22 | 25.57 | 178.51 | -0.11 | -14.62 | 21.34 | 0.41 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -42.66 | 9.27 | -0.20 | 8.97 | 106.02 | -0.00 | -24.38 | 23.98 | 0.26 |

| | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | -141.70 | 29.56 | -0.76 | 41.18 | 327.98 | -0.03 | -26.22 | 40.37 | 1.92 | |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 8.73 | 1.07 | -0.83 | -4.77 | 57.63 | 1.26 | -0.13 | 0.09 | -0.02 |
| Podest 2 | 15.90 | -40.64 | -4.96 | -1.58 | 25.30 | -276.71 | 2.65 | 1.34 | -0.46 | -0.05 |
| Podest 1 | 10.20 | 45.12 | 5.53 | -0.50 | -32.42 | 240.68 | 2.91 | -3.47 | 0.22 | -0.13 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 57.79 | 8.15 | -0.02 | -34.98 | 388.71 | 2.65 | 9.01 | 1.03 | -0.07 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 71.00 | 9.78 | -2.92 | -46.86 | 410.31 | 9.47 | 6.74 | 0.89 | -0.27 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.18 | 0.05 | 0.06 |
| Podest 2 | 15.90 | -2.15 | -0.21 | 0.14 |
| Podest 1 | 10.20 | 5.87 | -0.07 | 0.25 |
| Razina ploče kora | 4.50 | -13.01 | 0.97 | 0.16 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -9.10 | 0.74 | 0.61 |

Faktori participacije - Relativno učešće

| Ton \ Naziv | 1. Ex (+e) | 2. Ex (-e) | 3. Ey (+e) | 4. Ey (-e) |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.399 | 0.399 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.430 | 0.430 |
| 3 | 0.008 | 0.008 | 0.232 | 0.232 |
| 4 | 0.291 | 0.291 | 0.012 | 0.012 |
| 5 | 0.002 | 0.002 | 0.135 | 0.135 |
| 6 | 0.007 | 0.007 | 0.017 | 0.017 |
| 7 | 0.221 | 0.221 | 0.004 | 0.004 |
| 8 | 0.002 | 0.002 | 0.169 | 0.169 |
| 9 | 0.022 | 0.022 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 0.048 | 0.048 | 0.000 | 0.000 |

Faktori participacije - Sudjelujuće mase

| Ton | U [α=0°] | U [α=90°] |
|---|----------|-----------|
| U obzir se uzima samo masa iznad kote temelja | | |
| Kota temelja: | 0.00 m | |
| Ukupna masa iznad temelja: | 794.30 T | |
| Ukupna masa cijelog objekta: | 940.08 T | |
| 1 | 45.22 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 43.41 |
| 3 | 0.64 | 20.20 |
| 4 | 24.44 | 1.06 |
| 5 | 0.18 | 11.69 |
| 6 | 0.62 | 1.46 |
| 7 | 19.44 | 0.37 |
| 8 | 0.21 | 16.14 |
| 9 | 2.09 | 0.04 |
| 10 | 4.64 | 0.03 |
| ΣU (%) | 97.48 | 94.40 |

Poprečne sile u tlocrtu [0.00 m]

| Slučaj opterećenja | Kut α[°] | VtB[kN] |
|--------------------|----------|---------|
| Ex | 0 | 1332.67 |
| Ey | 90 | 1465.88 |

Spektar 2

Seizmički proračun: EC8 (HRN EN 1998-1:2011)

Razred tla: C
Razred važnosti: III ($\gamma=1.2$)
Odnos $a_g/R/g$: 0.262
Koeficijent prigušenja: 0.05
Slučajni ekscentritet mase etaže: $e_i = \pm 0.050 \times L_i$

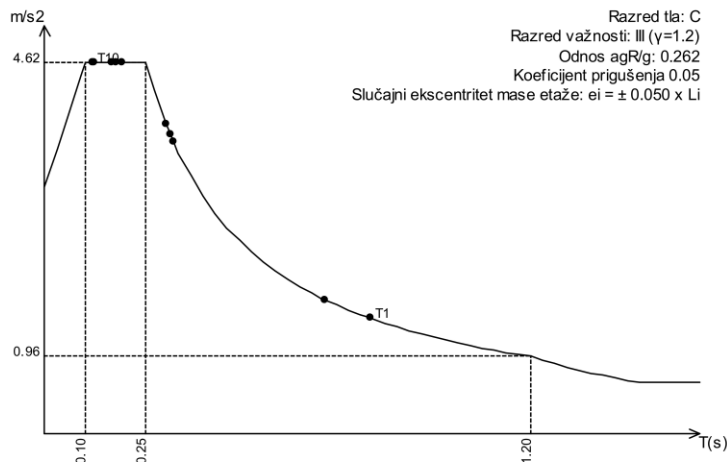
Faktori pravca potresa:

| Slučaj opterećenja | Kut α [°] | k, α | $k, \alpha+90^\circ$ | k_z | Faktor P. |
|--------------------|------------------|-------------|----------------------|-------|-----------|
| Ex | 0 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 |
| Ey | 90 | 1.000 | 0.000 | 0.000 | 2.500 |

Tip spektra

| Slučaj opterećenja | S | Tb | Tc | Td | avg/ag |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Ex | 1.500 | 0.100 | 0.250 | 1.200 | 1.000 |
| Ey | 1.500 | 0.100 | 0.250 | 1.200 | 1.000 |

Projektni spektar



S=1.50, Tb=0.10, Tc=0.25, Td=1.20

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ex (+e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 171.85 | 0.81 | 3.15 | 0.00 | -0.51 | 0.00 | -6.03 | -32.36 | -0.05 |
| Podest 2 | 15.90 | 185.90 | 0.85 | 5.45 | 0.00 | -0.48 | 0.00 | 7.40 | 43.67 | -0.06 |
| Podest 1 | 10.20 | 117.17 | 0.57 | 1.63 | 0.00 | -0.31 | 0.00 | 10.54 | 58.59 | -0.08 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 30.99 | 0.17 | 0.58 | -0.00 | -0.10 | 0.00 | 6.30 | 32.67 | -0.05 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 505.91 | 2.41 | 10.81 | 0.00 | -1.41 | 0.01 | 18.21 | 102.56 | -0.24 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -253.67 | 41.16 | 0.08 | -2.28 | -9.75 | 0.00 | 3.82 | -1.21 | -0.36 |
| Podest 2 | 15.90 | 329.10 | -60.30 | 1.63 | 3.18 | 15.68 | 0.01 | -14.85 | 5.48 | -0.71 |
| Podest 1 | 10.20 | 423.20 | -83.04 | 1.11 | 3.49 | 24.37 | -0.01 | 12.61 | -18.41 | -0.36 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 214.78 | -46.66 | 1.02 | 1.22 | 14.47 | -0.00 | 21.03 | -20.68 | -0.22 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 713.41 | -148.83 | 3.85 | 5.62 | 44.77 | -0.00 | 22.62 | -34.82 | -1.66 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 86.19 | 10.60 | -8.14 | 0.75 | -9.09 | -0.20 | -1.48 | 1.04 | -0.24 |
| Podest 2 | 15.90 | -401.03 | -48.98 | -15.61 | -3.99 | 43.67 | -0.42 | 15.16 | -5.20 | -0.58 |
| Podest 1 | 10.20 | 445.21 | 54.55 | -4.89 | 5.12 | -37.98 | -0.46 | -39.39 | 2.55 | -1.42 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 570.22 | 80.38 | -0.19 | 5.52 | -61.34 | -0.42 | 102.24 | 11.71 | -0.81 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 700.60 | 96.55 | -28.82 | 7.40 | -64.75 | -1.49 | 76.53 | 10.10 | -3.05 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -3.39 | -0.93 | -1.10 |
| Podest 2 | 15.90 | 39.97 | 3.95 | -2.52 |
| Podest 1 | 10.20 | -109.09 | 1.29 | -4.70 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 241.58 | -18.08 | -3.04 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 169.07 | -13.78 | -11.37 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ex (-e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 171.85 | 0.81 | 3.15 | 0.00 | -0.51 | 0.00 | -6.03 | -32.36 | -0.05 |
| Podest 2 | 15.90 | 185.90 | 0.85 | 5.45 | 0.00 | -0.48 | 0.00 | 7.40 | 43.67 | -0.06 |
| Podest 1 | 10.20 | 117.17 | 0.57 | 1.63 | 0.00 | -0.31 | 0.00 | 10.54 | 58.59 | -0.08 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 30.99 | 0.17 | 0.58 | -0.00 | -0.10 | 0.00 | 6.30 | 32.67 | -0.05 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 505.91 | 2.41 | 10.81 | 0.00 | -1.41 | 0.01 | 18.21 | 102.56 | -0.24 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -253.67 | 41.16 | 0.08 | -2.28 | -9.75 | 0.00 | 3.82 | -1.21 | -0.36 |
| Podest 2 | 15.90 | 329.10 | -60.30 | 1.63 | 3.18 | 15.68 | 0.01 | -14.85 | 5.48 | -0.71 |
| Podest 1 | 10.20 | 423.20 | -83.04 | 1.11 | 3.49 | 24.37 | -0.01 | 12.61 | -18.41 | -0.36 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 214.78 | -46.66 | 1.02 | 1.22 | 14.47 | -0.00 | 21.03 | -20.68 | -0.22 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 713.41 | -148.83 | 3.85 | 5.62 | 44.77 | -0.00 | 22.62 | -34.82 | -1.66 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 86.19 | 10.60 | -8.14 | 0.75 | -9.09 | -0.20 | -1.48 | 1.04 | -0.24 |
| Podest 2 | 15.90 | -401.03 | -48.98 | -15.61 | -3.99 | 43.67 | -0.42 | 15.16 | -5.20 | -0.58 |
| Podest 1 | 10.20 | 445.21 | 54.55 | -4.89 | 5.12 | -37.98 | -0.46 | -39.39 | 2.55 | -1.42 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 570.22 | 80.38 | -0.19 | 5.52 | -61.34 | -0.42 | 102.24 | 11.71 | -0.81 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 700.60 | 96.55 | -28.82 | 7.40 | -64.75 | -1.49 | 76.53 | 10.10 | -3.05 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | -3.39 | -0.93 | -1.10 |
| Podest 2 | 15.90 | 39.97 | 3.95 | -2.52 |
| Podest 1 | 10.20 | -109.09 | 1.29 | -4.70 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 241.58 | -18.08 | -3.04 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 169.07 | -13.78 | -11.37 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ey (+e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.82 | 0.00 | 0.02 | -1.14 | 205.90 | -0.33 | -33.95 | -182.21 | -0.26 |
| Podest 2 | 15.90 | 0.88 | 0.00 | 0.03 | -0.89 | 193.75 | -0.72 | 41.69 | 245.89 | -0.34 |
| Podest 1 | 10.20 | 0.56 | 0.00 | 0.01 | -0.03 | 124.34 | -1.04 | 59.36 | 329.92 | -0.48 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 42.00 | -0.92 | 35.46 | 183.95 | -0.27 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 2.41 | 0.01 | 0.05 | -1.41 | 565.99 | -3.02 | 102.56 | 577.55 | -1.35 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 52.92 | -8.59 | -0.02 | -18.15 | -77.65 | 0.00 | -5.88 | 1.87 | 0.56 |
| Podest 2 | 15.90 | -68.66 | 12.58 | -0.34 | 25.36 | 124.88 | 0.09 | 22.86 | -8.44 | 1.09 |
| Podest 1 | 10.20 | -88.29 | 17.32 | -0.23 | 27.80 | 194.05 | -0.11 | -19.42 | 28.34 | 0.55 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -44.81 | 9.73 | -0.21 | 9.75 | 115.25 | -0.00 | -32.38 | 31.85 | 0.35 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -148.83 | 31.05 | -0.80 | 44.77 | 356.53 | -0.03 | -34.82 | 53.62 | 2.55 |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 11.88 | 1.46 | -1.12 | -6.58 | 79.62 | 1.74 | -0.20 | 0.14 | -0.03 |
| Podest 2 | 15.90 | -55.27 | -6.75 | -2.15 | 34.96 | -382.31 | 3.66 | 2.00 | -0.69 | -0.08 |
| Podest 1 | 10.20 | 61.36 | 7.52 | -0.67 | -44.79 | 332.54 | 4.02 | -5.20 | 0.34 | -0.19 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 78.59 | 11.08 | -0.03 | -48.33 | 537.06 | 3.66 | 13.49 | 1.55 | -0.11 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 96.55 | 13.31 | -3.97 | -64.75 | 566.90 | 13.08 | 10.10 | 1.33 | -0.40 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.28 | 0.08 | 0.09 |
| Podest 2 | 15.90 | -3.26 | -0.32 | 0.21 |
| Podest 1 | 10.20 | 8.89 | -0.10 | 0.38 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -19.68 | 1.47 | 0.25 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -13.78 | 1.12 | 0.93 |

Raspored seizmičkih sila po visini objekta - Ey (-e)

| Nivo | Z [m] | Ton 1 | | | Ton 2 | | | Ton 3 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.82 | 0.00 | 0.02 | -1.14 | 205.90 | -0.33 | -33.95 | -182.21 | -0.26 |
| Podest 2 | 15.90 | 0.88 | 0.00 | 0.03 | -0.89 | 193.75 | -0.72 | 41.69 | 245.89 | -0.34 |
| Podest 1 | 10.20 | 0.56 | 0.00 | 0.01 | -0.03 | 124.34 | -1.04 | 59.36 | 329.92 | -0.48 |
| Razina ploce kora | 4.50 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 42.00 | -0.92 | 35.46 | 183.95 | -0.27 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | 2.41 | 0.01 | 0.05 | -1.41 | 565.99 | -3.02 | 102.56 | 577.55 | -1.35 |

| Nivo | Z [m] | Ton 4 | | | Ton 5 | | | Ton 6 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 52.92 | -8.59 | -0.02 | -18.15 | -77.65 | 0.00 | -5.88 | 1.87 | 0.56 |
| Podest 2 | 15.90 | -68.66 | 12.58 | -0.34 | 25.36 | 124.88 | 0.09 | 22.86 | -8.44 | 1.09 |
| Podest 1 | 10.20 | -88.29 | 17.32 | -0.23 | 27.80 | 194.05 | -0.11 | -19.42 | 28.34 | 0.55 |
| Razina ploce kora | 4.50 | -44.81 | 9.73 | -0.21 | 9.75 | 115.25 | -0.00 | -32.38 | 31.85 | 0.35 |

| | | | | | | | | | | |
|---------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|------|------|
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | -148.83 | 31.05 | -0.80 | 44.77 | 356.53 | -0.03 | -34.82 | 53.62 | 2.55 | |

| Nivo | Z [m] | Ton 7 | | | Ton 8 | | | Ton 9 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 11.88 | 1.46 | -1.12 | -6.58 | 79.62 | 1.74 | -0.20 | 0.14 | -0.03 |
| Podest 2 | 15.90 | -55.27 | -6.75 | -2.15 | 34.96 | -382.31 | 3.66 | 2.00 | -0.69 | -0.08 |
| Podest 1 | 10.20 | 61.36 | 7.52 | -0.67 | -44.79 | 332.54 | 4.02 | -5.20 | 0.34 | -0.19 |
| Razina ploče kora | 4.50 | 78.59 | 11.08 | -0.03 | -48.33 | 537.06 | 3.66 | 13.49 | 1.55 | -0.11 |
| Temelji | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 | -0.00 | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.00 |
| Σ= | | 96.55 | 13.31 | -3.97 | -64.75 | 566.90 | 13.08 | 10.10 | 1.33 | -0.40 |

| Nivo | Z [m] | Ton 10 | | |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | Px [kN] | Py [kN] | Pz [kN] |
| Vrh tornja | 22.25 | 0.28 | 0.08 | 0.09 |
| Podest 2 | 15.90 | -3.26 | -0.32 | 0.21 |
| Podest 1 | 10.20 | 8.89 | -0.10 | 0.38 |
| Razina ploče kora | 4.50 | -19.68 | 1.47 | 0.25 |
| Temelji | 0.00 | -0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ= | | -13.78 | 1.12 | 0.93 |

Faktori participacije - Relativno učešće

| Ton \ Naziv | 1. Ex (+e) | 2. Ex (-e) | 3. Ey (+e) | 4. Ey (-e) |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 0.228 | 0.228 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | 0.000 | 0.261 | 0.261 |
| 3 | 0.008 | 0.008 | 0.266 | 0.266 |
| 4 | 0.321 | 0.321 | 0.014 | 0.014 |
| 5 | 0.003 | 0.003 | 0.164 | 0.164 |
| 6 | 0.010 | 0.010 | 0.025 | 0.025 |
| 7 | 0.316 | 0.316 | 0.006 | 0.006 |
| 8 | 0.003 | 0.003 | 0.262 | 0.262 |
| 9 | 0.034 | 0.034 | 0.001 | 0.001 |
| 10 | 0.076 | 0.076 | 0.001 | 0.001 |

Faktori participacije - Sudjelujuće mase

| Ton | U [α=0°] | U [α=90°] |
|---|----------|-----------|
| U obzir se uzima samo masa iznad kote temelja | | |
| Kota temelja: | 0.00 m | |
| Ukupna masa iznad temelja: | 794.30 T | |
| Ukupna masa cijelog objekta: | 940.08 T | |
| 1 | 45.22 | 0.00 |
| 2 | 0.00 | 43.41 |
| 3 | 0.64 | 20.20 |
| 4 | 24.44 | 1.06 |
| 5 | 0.18 | 11.69 |
| 6 | 0.62 | 1.46 |
| 7 | 19.44 | 0.37 |
| 8 | 0.21 | 16.14 |
| 9 | 2.09 | 0.04 |
| 10 | 4.64 | 0.03 |
| ΣU (%) | 97.48 | 94.40 |

Poprečne sile u tlocrtu [0.00 m]

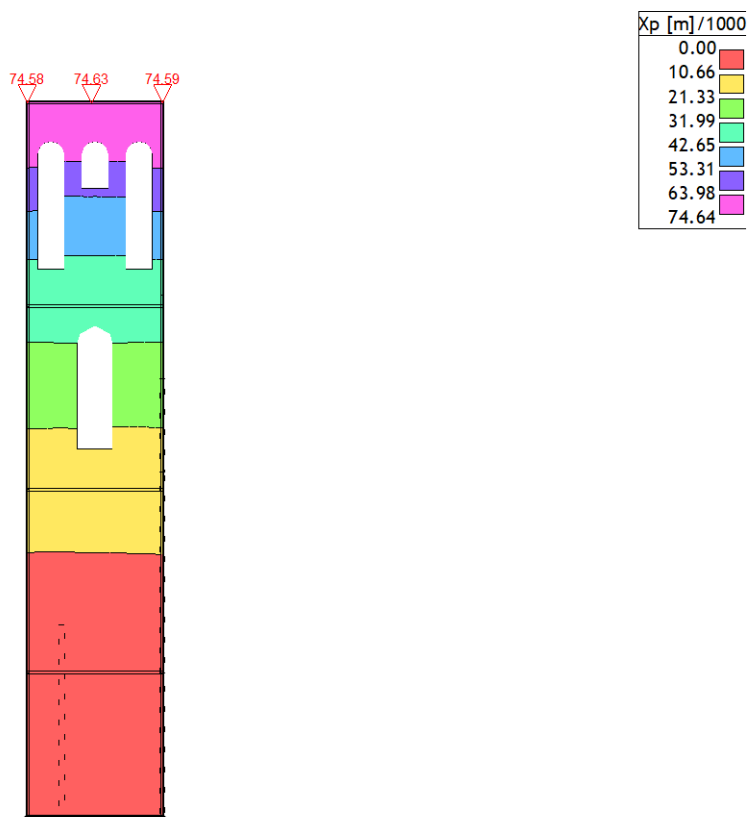
| Slučaj opterećenja | Kut α[°] | VtB[kN] |
|--------------------|----------|---------|
| Ex | 0 | 1218.93 |
| Ey | 90 | 1269.14 |

Zaključak:

Spektar 1 generira veće poprečne sile u tlocrtu („base shear“) u odnosu na spektar 2. Kao mjerodavan u nastavku proračuna koristit će se spektar 1.

Analiza rezultata seizmičkog proračuna

Opt. 8: I+0.3xII+VII



Okvir: H_5

Utjecaji u ploči: max Xp= 74.63 / min Xp= 0.00 m / 1000

Slika 5-3 Maksimalni pomak na vrhu za mjerodavnu potresnu kombinaciju

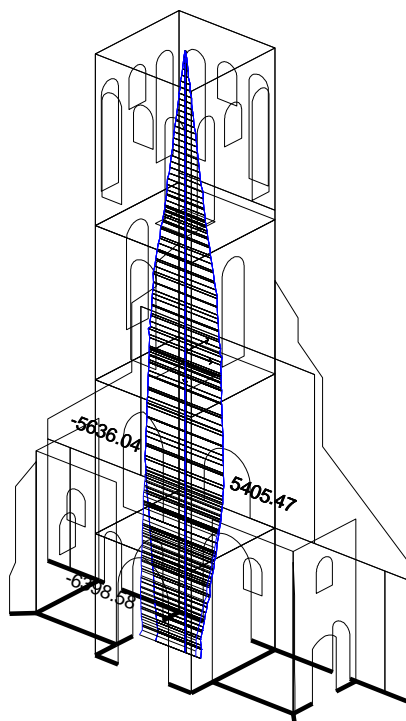
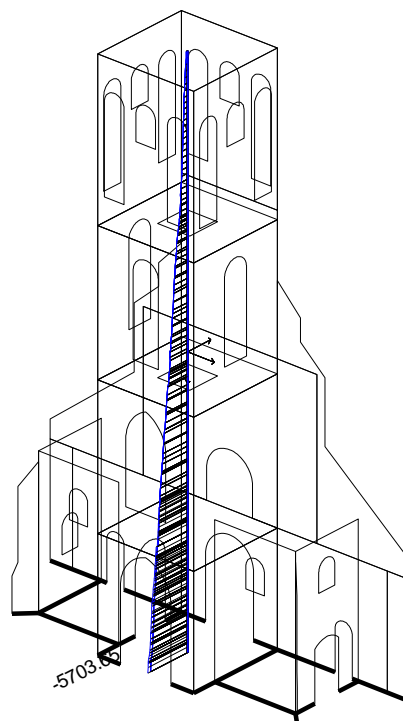
| | |
|--|----------|
| Pomak na vrhu konzole | 74,63 mm |
| Faktor ponašanja za pomak q | 2.5 |
| Koeficijent korekcije v (95 povratni period) | 0.5 |
| Ukupna visina tornja (do vijenca tornja) | 22,5 m |

Ograničenje pomaka konzole: $u = 74,63 \times 2,5 \times 0,5 = 93,28 \text{ mm} \rightarrow h/238 \rightarrow \text{zadovoljava!}$

Provjera zidova na tlak

Opt. 8: I+0.3xII+VII

Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno (g)

Izometrija
Dijagram reduktora: max M2= 5405.47 / min M2= -6398.58 kNmIzometrija
Dijagram reduktora: max N1= 0.00 / min N1= -5703.65 kN*Slika 5-4 Maksimalni moment za potresnu kombinaciju i normalna sila od stalnog opterećenja u podnožju tornja*

| | |
|--|--|
| Površina zidova tornja: | 17,0 m ² |
| Površina polovice zidova u prizemlju: | 8,5 m ² |
| Krak sila (od vanjskog do vanjskog ruba zida): | 5,5 m |
| Dopušteno tlačno naprezanje u zidu: | $\sigma_{dop} = 2,00 \text{ N/mm}^2$ |
| Parcijalni koeficijent za svojstva materijala: | $\gamma_M = 1,5$ |
| Faktorizirano dopušteno naprezanje u zidu: | $\sigma_{dop} = 2,00 \text{ N/mm}^2 / 1,5 = 1,33 \text{ N/mm}^2$ |

Tlačno naprezanje od vlastite težine:

$$\sigma_g = N_g / A = 5703,65 \text{ kN} / 17,0 \text{ m}^2 = 335,35 \text{ kN} / \text{m}^2 = 0,335 \text{ N/mm}^2$$

Tlačno naprezanje od potresa:

$$N_{ed} = M_{ed} / z = 6399 \text{ kNm} / 5,5 \text{ m} = 1163,5 \text{ kN}$$

$$\sigma_g = N_{ed} / (A / 2) = 1163,5 \text{ kN} / 8 \text{ m}^2 = 136,88 \text{ kN} / \text{m}^2 = 0,137 \text{ N/mm}^2$$

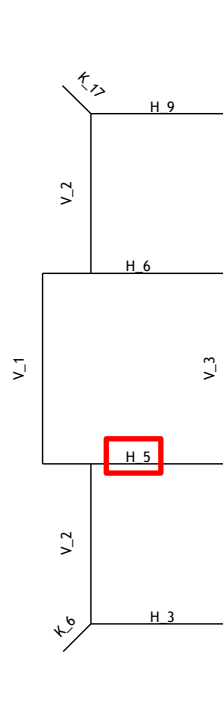
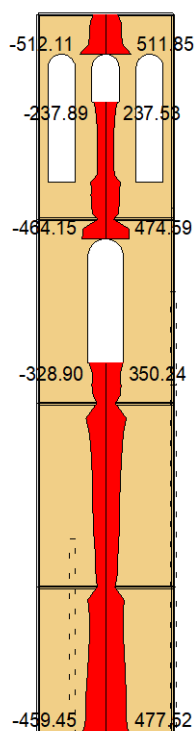
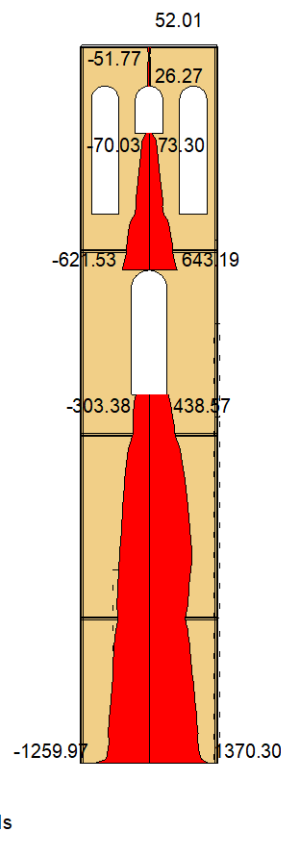
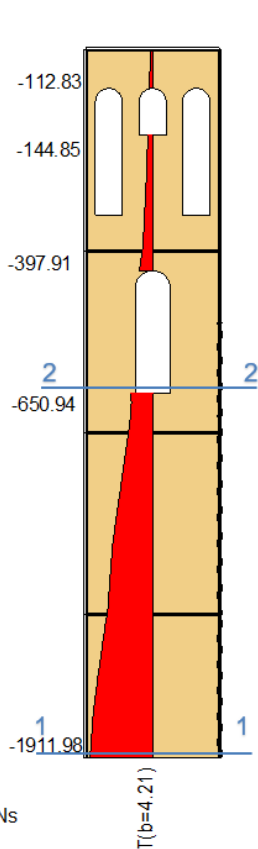
Ukupno tlačno naprezanje:

$$0,335 + 0,137 = 0,472 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

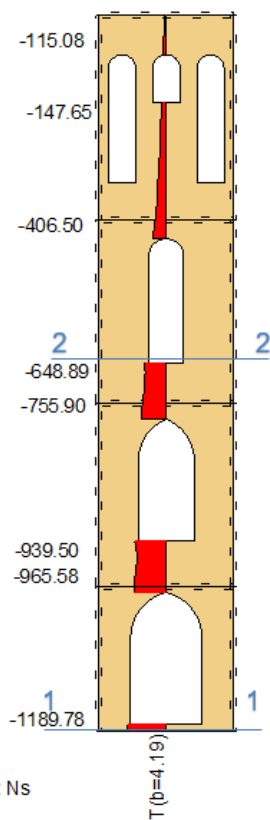
Provjera zidova na posmik

Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno (g)

Opt. 8: I+0.3xII+VII

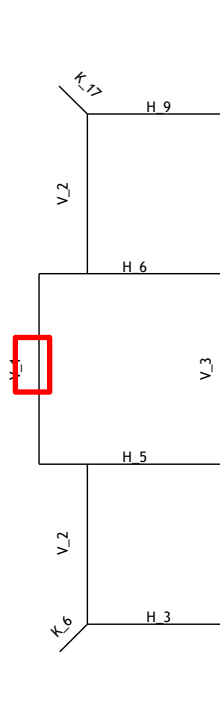
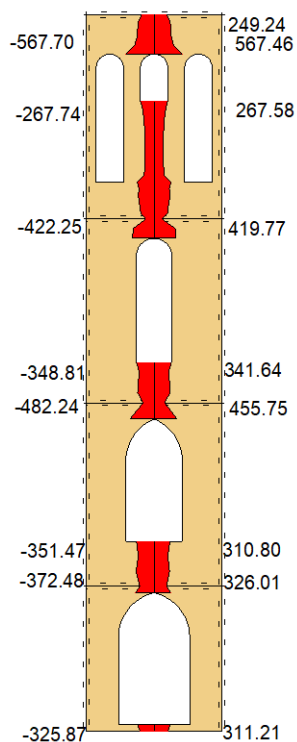
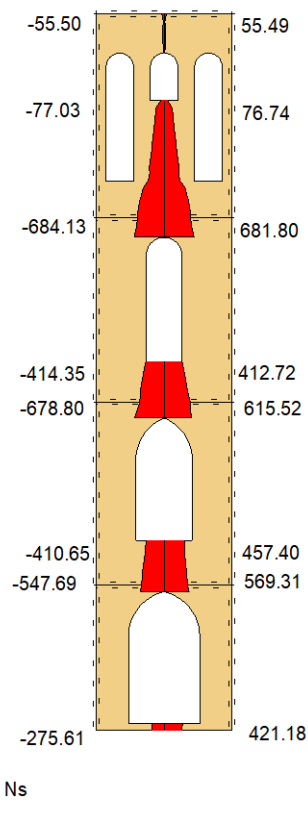


Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno (g)

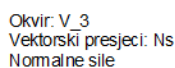


Opt. 8: I+0.3xII+VII

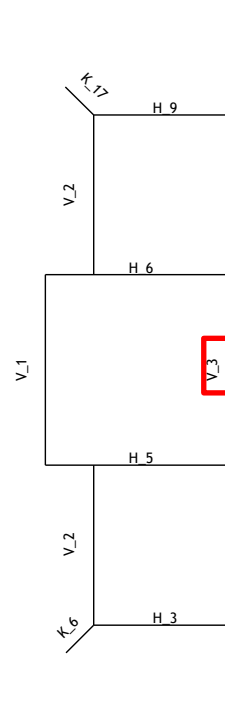
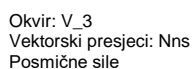
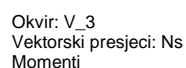
Opt. 8: I+0.3xII+VII



Opt. 8: I+0.3xII+VII

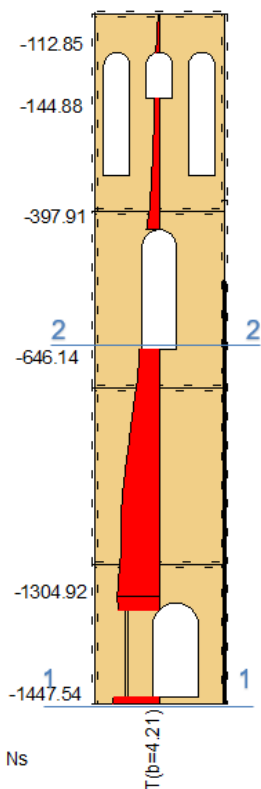


Opt. 8: I+0.3xII+VII

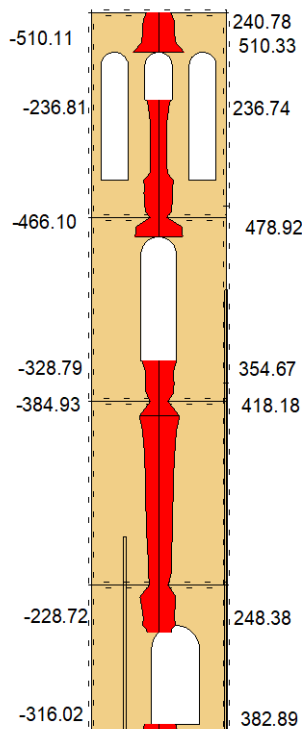


Dispozicija okvira

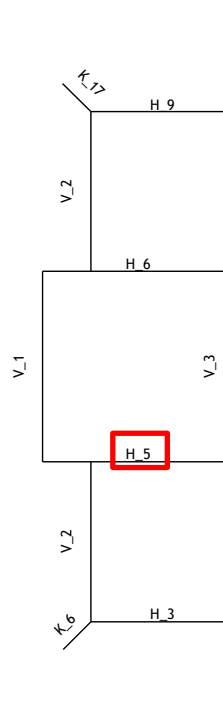
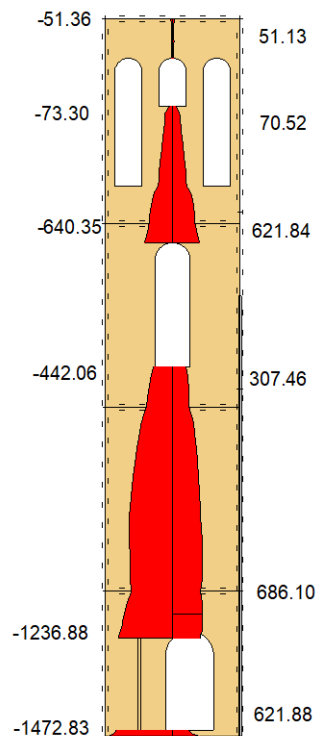
Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno (g)



Opt. 8: I+0.3xII+VII



Opt. 8: I+0.3xII+VII



$$f_{vk0} = 0,100 \text{ N/mm}^2 \quad f_{vk} = f_{vk0} + 0,4\sigma_d \quad \sigma_d = N_{Ed} / (t \cdot L_c) \quad V_{Rd} = t \cdot L_c \cdot f_{vd} / FP \quad f_{vd} = f_{vk} / \gamma_m \quad \gamma_m = 1,5 \quad FP = 1,2$$
$$f_{tk} = 0,180 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_{Rd} = (f_{td} / 1,5) \cdot (1 + \sigma_d / f_{td})^{0,5} \quad \sigma_d = N_{Ed} / A \quad f_{td} = f_{tk} / \gamma_m \quad V_{RHd} = C_r \cdot A \cdot \tau_{Rd} / FP \quad C_r = 0,9$$

Faktor povećanja otpornosti zbog armirane žbuke jednostrano pojačanje (1)-posmična nosivost zida×1,5; obostrano pojačanje (2)-posmična nosivost zida×2,0

| pojačanje | zid | L _w [cm] | t [cm] | A [cm ²] | V _{Ed} [kN] | N _{Ed} [kN] | M _{Ed} [kNm] | σ ₀ [N/mm ²] | L _c [cm] | σ _d [N/mm ²] | f _{vk} [N/mm ²] | τ _{Rd} [N/mm ²] | V _{Rd} [kN] | V _{Ed} / V _{Rd} | V _{RHd} [kN] | V _{Ed} / V _{RHd} | ΔV _{Ed} [kN] |
|-----------|------|---------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 2,0 | H5-1 | 550 | 125 | 68750 | 478,0 | 1912,0 | 1370,0 | 0,278 | 550 | 0,278 | 0,211 | 0,146 | 1613,7 | 0,30 | 1502,7 | 0,32 | |
| 2,0 | H6-1 | 400 | 125 | 50000 | 383,0 | 1448,0 | 1473,0 | 0,290 | 295 | 0,393 | 0,257 | 0,148 | 1053,0 | 0,36 | 1108,5 | 0,35 | |
| 2,0 | H5-2 | 410 | 85 | 34850 | 351,0 | 651,0 | 439,0 | 0,187 | 410 | 0,187 | 0,175 | 0,128 | 676,6 | 0,52 | 668,7 | 0,52 | |
| 2,0 | H6-2 | 410 | 85 | 34850 | 355,0 | 647,0 | 443,0 | 0,186 | 410 | 0,186 | 0,174 | 0,128 | 674,4 | 0,53 | 667,4 | 0,53 | |

| pojačanje | zid | L _w [cm] | t [cm] | A [cm ²] | V _{Ed} [kN] | N _{Ed} [kN] | M _{Ed} [kNm] | σ ₀ [N/mm ²] | L _c [cm] | σ _d [N/mm ²] | f _{vk} [N/mm ²] | τ _{Rd} [N/mm ²] | V _{Rd} [kN] | V _{Ed} / V _{Rd} | V _{RHd} [kN] | V _{Ed} / V _{RHd} | ΔV _{Ed} [kN] |
|-----------|------|---------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 2,0 | V1-1 | 320 | 125 | 40000 | 326,0 | 1190,0 | 422,0 | 0,298 | 320 | 0,298 | 0,219 | 0,149 | 973,3 | 0,33 | 895,3 | 0,36 | |
| 2,0 | V3-1 | 320 | 125 | 40000 | 293,0 | 1061,0 | 227,0 | 0,265 | 320 | 0,265 | 0,206 | 0,143 | 916,0 | 0,32 | 860,0 | 0,34 | |
| 2,0 | V1-2 | 440 | 85 | 37400 | 349,0 | 649,0 | 415,0 | 0,174 | 440 | 0,174 | 0,169 | 0,125 | 704,0 | 0,50 | 701,9 | 0,50 | |
| 2,0 | V3-2 | 440 | 85 | 37400 | 502,0 | 660,0 | 637,0 | 0,176 | 370 | 0,210 | 0,184 | 0,126 | 643,2 | 0,78 | 705,4 | 0,71 | |

*Napomena: kontrola naprezanja u zidovima tornja provedena je za potresno ubrzanje povratnog perioda T_p = 475 godina. Stoga je dobivene rezultate omjera proračunskog djelovanja i otpornosti elemenata pomnožiti s faktorom 0,75.

U proračunu kontrole nosivosti zidova korišteni su sljedeći izrazi:

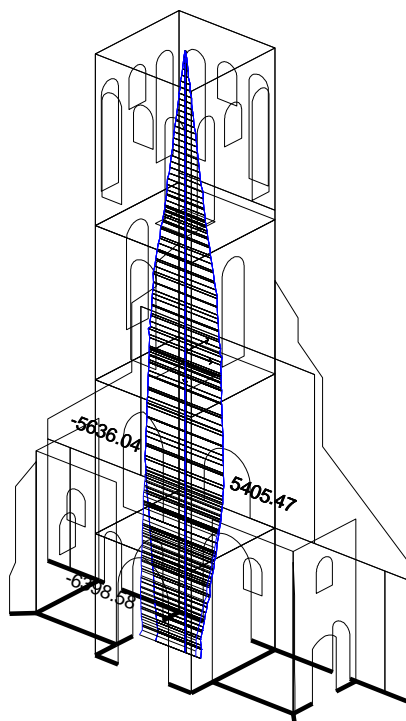
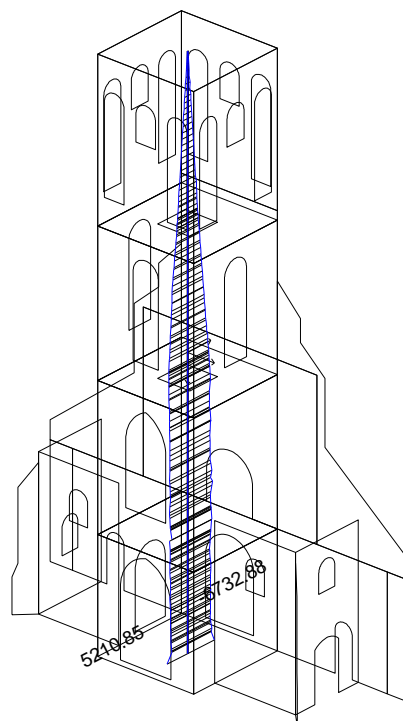
| | | |
|----------------------|--|--|
| L _w | duljina zida | |
| t | debljina zida | |
| A | površina zida | $A = L_w \cdot t$ |
| V _{Ed} | poprečna sila | iz seizmičkog proračuna |
| N _{Ed} | uzdužna sila | iz seizmičkog proračuna |
| M _{Ed} | moment savijanja | iz seizmičkog proračuna |
| σ _d | Proračunsko tlačno naprezanje | $\sigma_d = N_{Ed} / A$ |
| f _{vk} | karateristična posmična čvrstoća ziđa | $f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4 \cdot \sigma_d$ |
| f _{vk,0} | karakteristična početna posmična čvrstoća ziđa | iz literature |
| τ _{Rd} | proračunska vrijednost poprečne otpornosti zida | $\tau_{Rd} = (f_{td} / 1,5) \cdot (1 + \sigma_d / f_{td})^{0,5}$ |
| f _{td} | proračunska vrijednost vlačne otpornosti zida | $f_{td} = f_{tk} / \gamma_m$ |
| f _{tk} | karakteristična vlačna čvrstoća zida | iz literature |
| γ _m | parcijalni koeficijent za materijale | sukladno NA HRN EN 1998-1 |
| L _c | duljina tlačnog područja zida (neomeđeno ziđe) | $L_c = 3 \cdot [L_w / 2 - (M_{Ed} / N_{Ed, \min})] \leq L$ |
| N _{Ed, min} | minimalna vrijednost unutarnje uzdužne sile u zidu | vlastita težina |
| V _{Rd} | poprečna otpornost zida | $V_{Rd} = (f_{vk} \cdot t \cdot L_c) / \gamma_m \cdot C_F$ |
| FP | faktor povjerenja uzet iz EC 1998-3 | 1,20 za razinu znanja 2 |
| V _{RHd} | otpornost zida na horizontalnu silu | $V_{RHd} = C_r \cdot A \cdot \tau_{Rd}$ |
| C _r | faktor smanjenja opterećenja | dobiveno iz literature (C _r = 0,9) |

Proračunska pretpostavka za ovakvu kontrolu zidova je pojačano ziđe u kojem su lokalni mehanizmi otkazivanja (npr. raslojavanje, drobljenje) spriječeni. Predmetni se lokalni mehanizmi otkazivanja sprječavaju interpoliranjem novog čeličnog tornja.

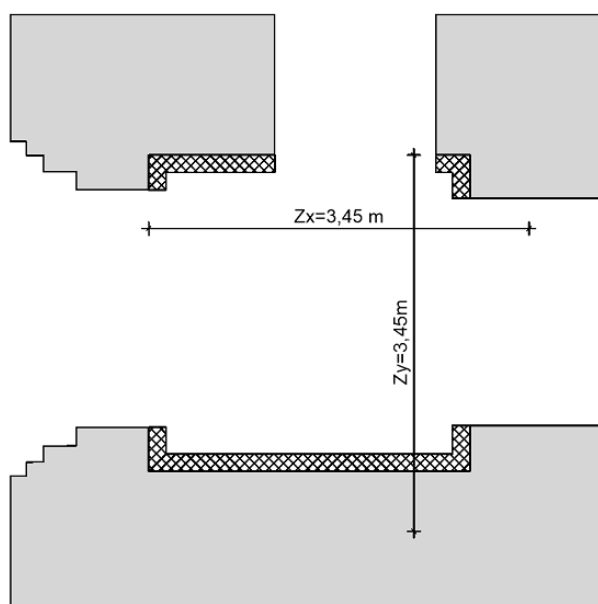
Dimenzioniranje armature armiranobetonske obloge unutar tornja

Opt. 8: I+0.3xII+VII

Opt. 8: I+0.3xII+VII

Izometrija
Dijagram reduktora: max M2= 5405.47 / min M2= -6398.58 kNmIzometrija
Dijagram reduktora: max M3= 5210.85 / min M3= -6732.88 kNm

Slika 5-5 Momenti savijanja u tornju za potresnu kombinaciju

 $M_{ed,x}=6733 \text{ kNm}$ $Z_x=3,45 \text{ m}$ $M_{ed,y}=6399 \text{ kNm}$ $Z_y=3,45 \text{ m}$ 

$$N_{ed,x} = M_{ed,x} / Z_x = 6733 \text{ kNm} / 3,45 \text{ m} = 1952 \text{ kN}$$
$$A_{sx,req} = N_{ed,x} / f_{yd} = 1952 \text{ kN} / 43,5 \text{ kN/cm}^2 = 44,87 \text{ cm}^2$$
$$24\varnothing 16 \quad A_{sx,prov} = 48,24 \text{ cm}^2$$

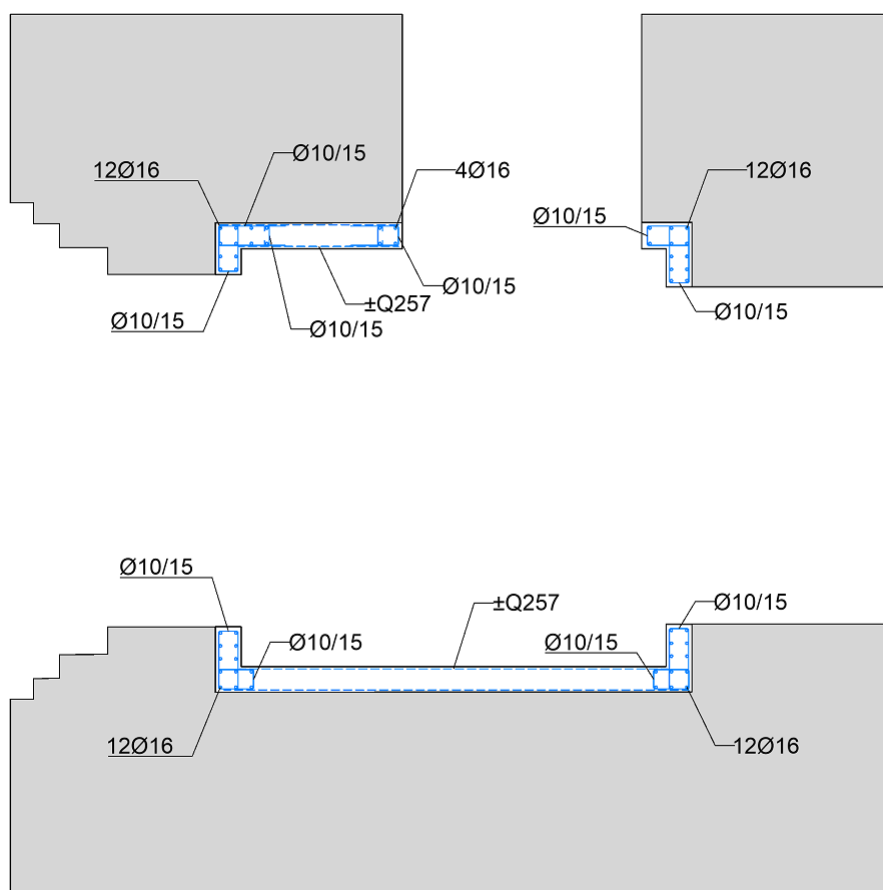
$$N_{ed,y} = M_{ed,y} / Z_y = 6399 \text{ kNm} / 3,45 \text{ m} = 1855 \text{ kN}$$
$$A_{sy,req} = N_{ed,y} / f_{yd} = 1855 \text{ kN} / 43,5 \text{ kN/cm}^2 = 42,64 \text{ cm}^2$$
$$24\varnothing 16 \quad A_{sx,prov} = 48,24 \text{ cm}^2$$

Proračun tornja na prevrtanje

Vlačna sila u podnožju tornja: $N_{ed} = 1952 \text{ kN}$
Vlastita težina polovice tornja: $N_{ed} = 5704/2 = 2852 \text{ kN}$
Rezultanta sila: $F_{ed} = 2852 \text{ kN} - 1952 \text{ kN} = 900 \text{ kN}$ (tlak)
Rezultantna sila je tlačna, stoga ne postoji opasnost od prevrtanja tornja.

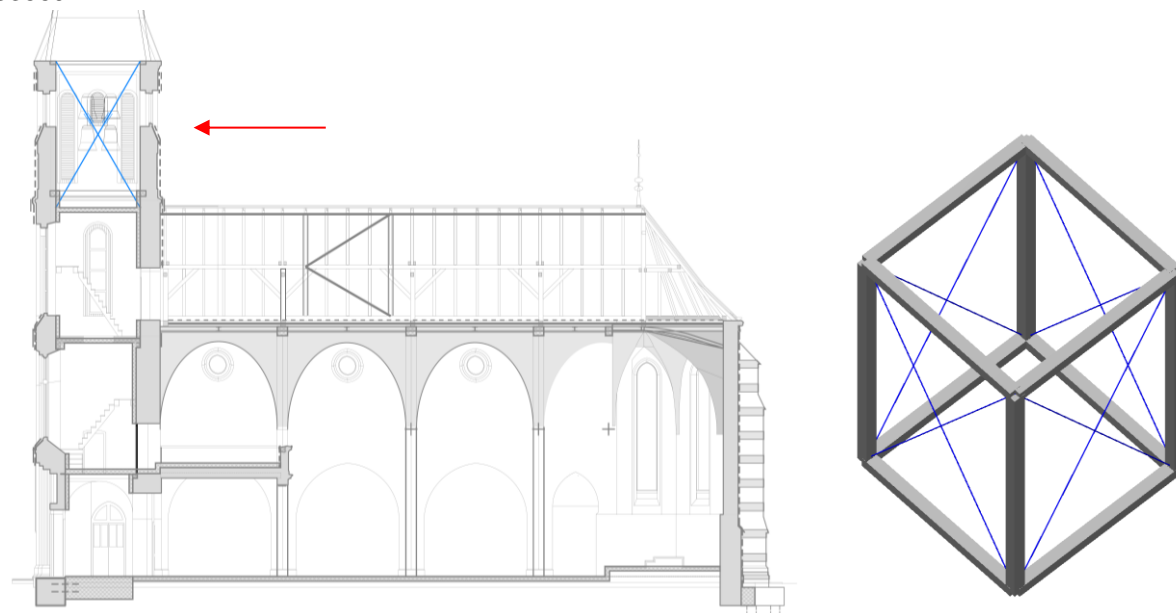
Shema armiranja i odabrana armatura

*Napomena: Presjek s prikazanom armaturom je na dnu tornja.

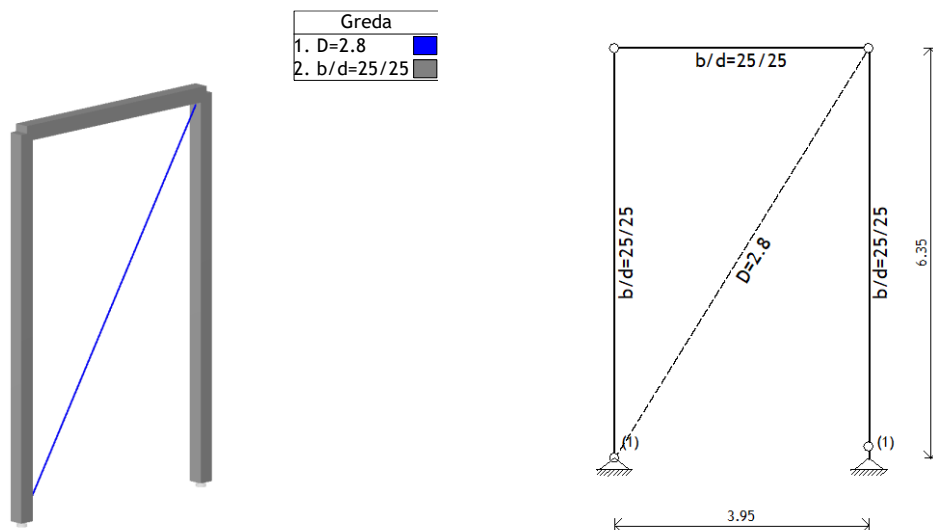


5.2.2 Proračun vlačnih spregova u tornju

Zbog nemogućnosti izvedbe armiranobetonske obloge u gornjem dijelu tornja (razina zvona i jarma) predviđa se izvedba vlačnih spregova koji će u sustavu postojećih vertikalnih i horizontalnih serklaža tvoriti horizontalno stabilnu sturkturu. Proračun se provodi na 2D ravninskom modelu te pripadajućom statičkom silom od potresa. Vlačne zatege su čelične pune šipke kružnog presjeka promjera $d=28$ mm i kvalitete čelika S355J2.



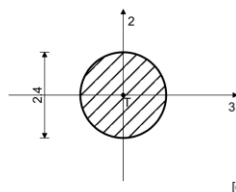
Slika 5-6 Prikaz zatega i betonskih serklaža u vrhu tornja (pogled i 3D prikaz)



Slika 5-7 Prikaz proračunskog modela (opis elemenata i dimenzije)

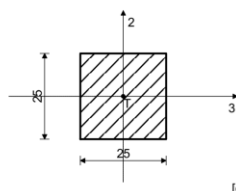
Setovi greda

Set: 1 Presjek: D=24, Fiktivna ekscentričnost



| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 4.524e-4 | 4.072e-4 | 4.072e-4 | 3.257e-8 | 1.629e-8 | 1.629e-8 |

Set: 2 Presjek: b/d=25/25, Fiktivna ekscentričnost



| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 - C25/30 | 6.250e-2 | 5.208e-2 | 5.208e-2 | 5.501e-4 | 3.255e-4 | 3.255e-4 |

Analiza djelovanja

Vlastita težina zidanog dijela tornja (iz software-a): $G_0=570$ kN
 Težina kape tornja: $G_k=150$ kN
 Težina zvona i jarma: $G_z=20$ kN
 Ukupna težina: **$W=740$ kN**

Potresna sila:

$$F_{b,d} = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \cdot (T_c/T) \cdot W/g \cdot \lambda = 0,186 \cdot g \cdot 1,15 \cdot 2,5/2,5 \cdot (0,6/0,803) \cdot 740/g = 118 \text{ kN}$$

$$F_{b,d} / 2 = 59 \text{ kN} \rightarrow \text{silu koju preuzima jedan okvir}$$

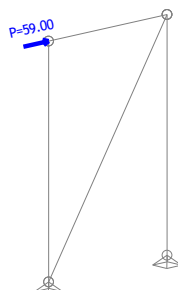
Uz pretpostavku da potresnu silu u jednom smjeru prenose dva nasuprotna okvira, polovica potresne sile otpada na svaki.

Djelovanja i kombinacija djelovanja

Lista slučajeva opterećenja

| LC | Naziv |
|----|---------------------|
| 1 | Vlastita težina (g) |
| 2 | Potresna sila |
| 3 | Komb.: I+II |

Opt. 2: Potresna sila

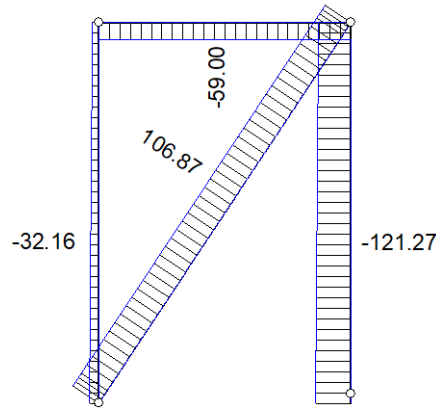


Točkasto opterećenje
1. P = 59.00 kN

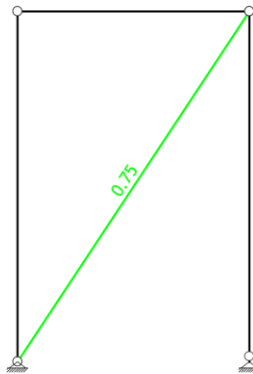
Setovi numeričkih podataka
Točkasto opterećenje (1)

Rezultati statičkog proračuna

Opt. 3: I+II

Utjecaji u gredi: max $N_1 = 106.88$ / min $N_1 = -121.27$ kN

Dimenzioniranje zatege

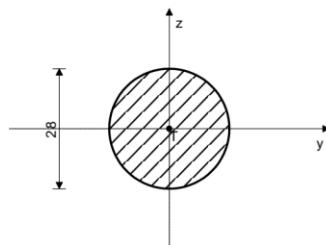


Kontrola stabilnosti

ŠTAP 48-1

POPREČNI PRESJEK: Kružni [S 355] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA

(fy = 35.5 kN/cm², fu = 51.0 kN/cm²)

| | |
|----------|-----------------------|
| Ax = | 6.158 cm ² |
| Ay = | 5.542 cm ² |
| Az = | 5.542 cm ² |
| Ix = | 6.034 cm ⁴ |
| Iy = | 3.017 cm ⁴ |
| Iz = | 3.017 cm ⁴ |
| Wy = | 2.155 cm ³ |
| Wz = | 2.155 cm ³ |
| Wy,pl = | 3.659 cm ³ |
| Wz,pl = | 3.659 cm ³ |
| γM0 = | 1.000 |
| γM1 = | 1.100 |
| γM2 = | 1.250 |
| Anet/A = | 0.900 |

3. γ=0.75

ŠTAP IZLOŽEN CENTRIČNOM VLAKU
(slučaj opterećenja 3, kraj štapa)

| | | |
|--------------------------|---------------------|-----------|
| Računska uzdužna sila | N _{Ed} = | 152.16 kN |
| Poprečna sila u z pravcu | V _{Ed,z} = | 0.102 kN |
| Sistemska dužina štapa | L = | 761.91 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka

N_{pl,Rd} =

218.59 kN

Granična rač.otpornost neto pres.

N_{u,Rd} =

203.49 kN

Računska otp. na vlak

N_{t,Rd} =

203.49 kN

Uvjet 6.5: N_{Ed} ≤ N_{t,Rd} (152.16 ≤ 203.49)

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

V_{pl,Rd,z} =

113.58 kN

Računska nosivost na posmik

V_{c,Rd,z} =

113.58 kN

Uvjet 6.17: V_{Ed,z} ≤ V_{c,Rd,z} (0.10 ≤ 113.58)

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

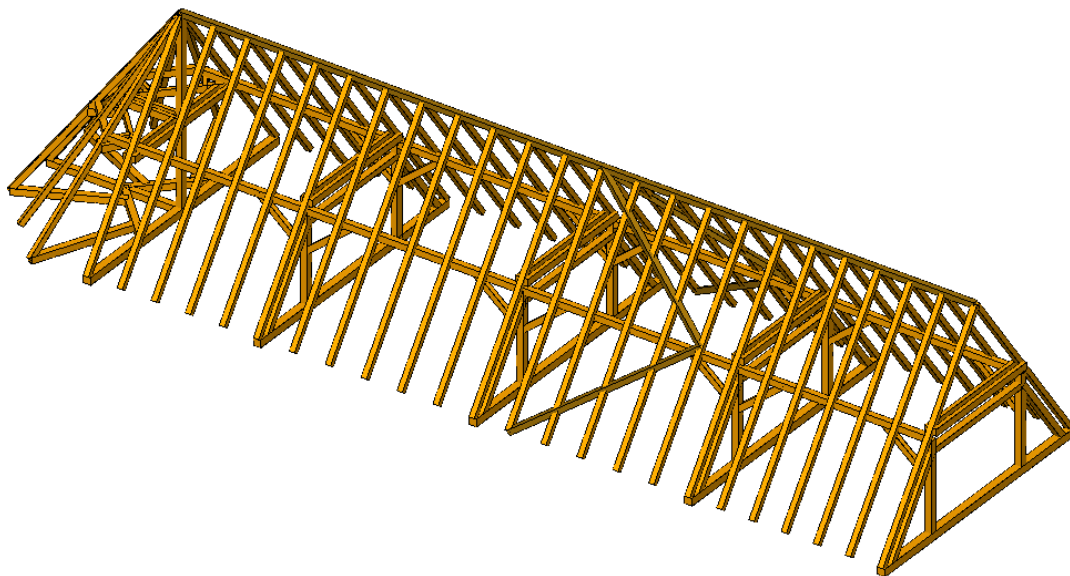
5.3 Krovništ

5.3.1 Proračun krovništ crkve

Opis konstrukcije i statičkog sustava

Krovništ broda crkve izvedeno je kao dvostrešno u nagibu od 52° , tlocrtnih dimenzija $21,4 \times 8,4$ m. Krovništ broda je konstruktivnog sustava dvostruke visulje, raspona 7,1 m i visine 5,0 m. Puni vez visulje sastoji se od stupova visulje dimenzija $17/17$ cm, vezne grede $20/20$ cm, rogova $12/14$ cm, kosnika $15/17$ cm, razupore $15/17$ cm, podrožnica $15/17$ cm i pajante $2 \times 10/18$ cm. Vezovi visulje nalaze se na razmaku 4,5 – 5,6 m, dok su rogovi na osnim razmacima 86-96 cm. Stabilizacija krovništ u uzdužnom smjeru ostvarena je rukama na svakom stupu punog veza i podaskanjem, a u poprečnom smjeru izvedbom kosnika u sustavu visulje. Dijelovi krovne konstrukcije dostupni vizualnim pregledu izvedeni su od crnogorice klasičnom tesarskom tehnikom po svim pravilima struke. Vidljiva drvena građa je izrazito suha i mjestimično slabe kakvoće s izraženim pukotinama i lokalnim deformacijama nosivog sustava. Opće stanje drvene konstrukcije je zadovoljavajuće.

Drvena konstrukcija iznad apside je izvedena je kao dvostrešna sa šatorastim završetkom u nagibu od 52° , tlocrtnih dimenzija $8,4 \times 4,1$ m (raspon 8,4 m). Visina krovništ je ~5,0 m. Krovništ je sustava jednostruke visulje, a puni vez se sastoji od stupa, vezne grede, podrožnice i rogova. Uzdužna stabilizacija krovništ osigurana je šatorastim završetkom krova na istočnoj strani. Pokrov apside izveden je od biber crijepa.



Slika 5-8 Izometrijski prikaz krovništ crkve

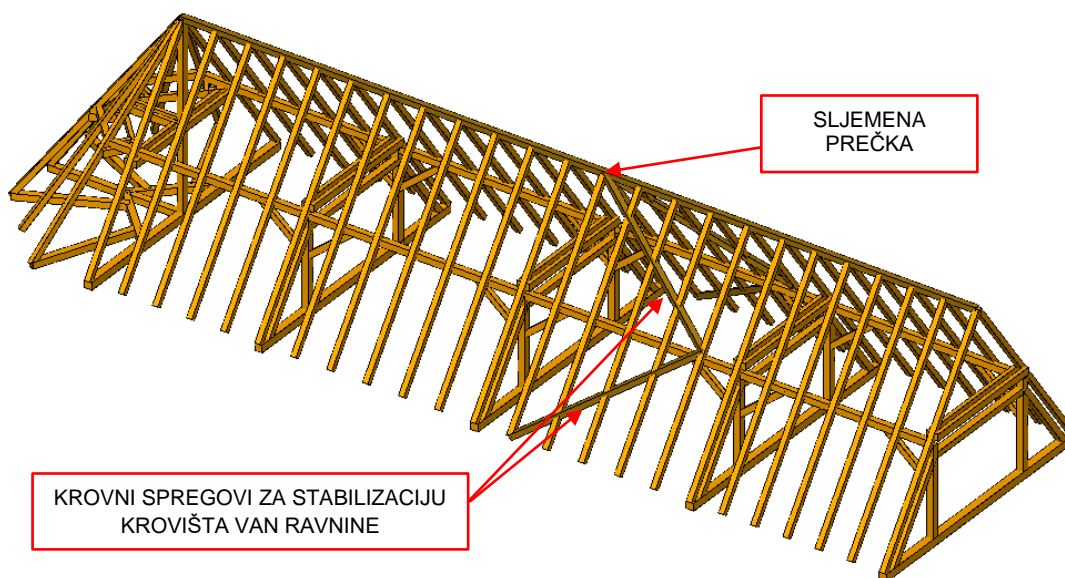
Postojeće stanje i zahvati pojačanja

Analizom postojećeg stanja utvrđeno je da je drvena konstrukcija krovišta izvedena od dobre kvalitete drva, odgovarajućim i dobrom tesarskom tehnikom ali uz zamijećena oštećenja. To su neadekvatni spojevi za ciklička horizontalna opterećenja (pri čemu dolazi do izvlačenja primarno tlačnih spojeva), neadekvatno oblikovan detalj nalijeganja rogova na veznu gredu, propadanje poprečnog presjeka u srednjem dijelu veznih greda u sustavu punog veza te vlaženje i propadanje presjeka na mjestu nalijeganja vezne grede punog veza na zidove crkve, izostanak uzdužne stabilizacije, izostanak hidroizolacije nazidnica i elemenata u kontaktu sa zidom te izostanak ventilacije krovišta.

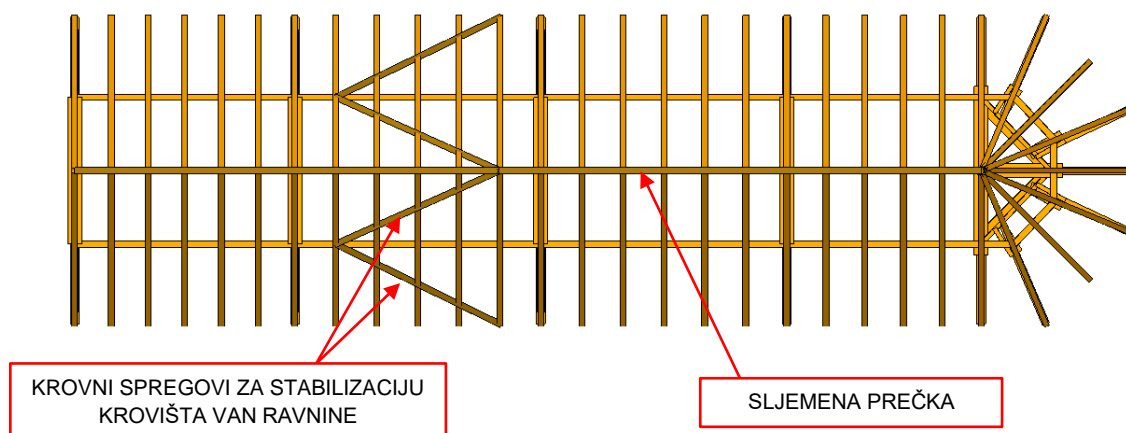
Sukladno navedenim oštećenjima i nedostacima, predviđaju se zahvati pojačanja na krovištu kojima se saniraju opisana oštećenja, a obuhvaćaju ugradnju novih sljemene prečke koje s novim drvenim kosnicima tvore uzdužnu stabilizaciju krovišta, zamjenu dijelova elemenata krovne konstrukcije iznad apside koji se zatim zamjenjuju čeličnim elementima u sustavu novog horizontalnog sprega, sanaciju i pojačanje spojeva tj. učepljenja pojedinih elemenata te sanaciju pokrova na oštećenim dijelovima. S obzirom da krovište bočnih brodova crkva nije bio dostupan pregledu, predviđa se sanacija spojeva i zamjena trulih elemenata po potrebi.

Materijali

Kvaliteta drva na krovištu može se svrstati najviše u razred čvrstoće C18 za meko drvo prema HRN EN 1912 (*Konstruktivsko drvo - razredi čvrstoće - dodjeljivanje vizualnih razreda i vrsta drva*) i izračun nosivosti prema dodijeljenim mehaničkim svojstvima za razred C18 za listače u normi HRN EN 338. Stanje izmjereno sadržaja vode drva za izračun nosivosti uzeto je kao razred uporabe 2. Sva pojačanja odnosno dodatna uvođenja elemenata izvesti će se sa drvom kvalitete C24.



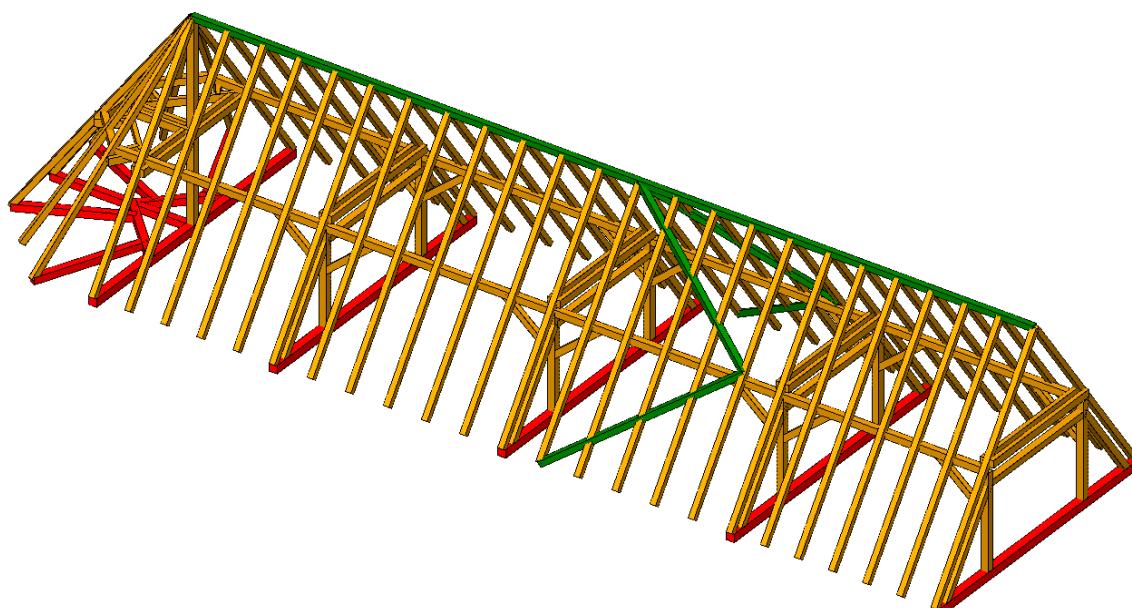
Slika 5-9 Zahvati pojačanja na krovištu (1)



Slika 5-10 Zahvati pojačanja na krovu (2)

Ugradnja novih elemenata

U nastavku su dani prikazi 3D modela s označenim zonama u kojima je potrebno izvršiti dodavanje novih nosivih elemenata. Zelenom bojom označeni su novi elementi koji se dodaju radi dodatne stabilizacije krovu. Sve zamjene dotrajalih dijelova drvene konstrukcije te novi elementi izvođač se drvenom građom klase C24 (*ukoliko se prilikom izvođenja utvrdi dotrajalost elemenata koji nisu označeni, iste je potrebno zamijeniti!*).



Slika 5-11 3D prikaz krovu s označenim zonama zahvata

LEGENDA:

- Elementi koji se zadržavaju
- Novi drveni elementi
- Oštećeni elementi – zamjena ili pojačanje

Predviđa se i ugradnja revizijske staze koja je opisana u sklopu tehničkog opisa – novog stanja te su izvedbeni detalji prikazani u nastavku ovog projekta, u sklopu izvedbenih detalja.

Nosivost i stabilnost krovišta na horizontalna djelovanja – potres i vjetar

U nastavku je provedena usporedba djelovanja vjetra i potresa na krovšte broda (mjerodavno), s ciljem utvrđivanja mjerodavnog horizontalnog djelovanja na krovšte.

Vjetar

Površina polovice krovišta
Sila udara vjetra na krovšte

$$A = 147 \text{ m}^2$$

$$F_w = 1,5 \times w_{F,G,H} \times A = 1,5 \times 0,55 \times 147 =$$

$$= 121 \text{ kN} \rightarrow \text{mjerodavno!}$$

Potres

Težina konstrukcije krovišta (očitanje iz modela)
Težina daščane oplata i pokrova
Ukupna težina krovišta
Sila potresa na krovšte

$$g_k = 61,7 \text{ kN}$$

$$g_p = 174 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ kN/m}^2 = 174 \text{ kN}$$

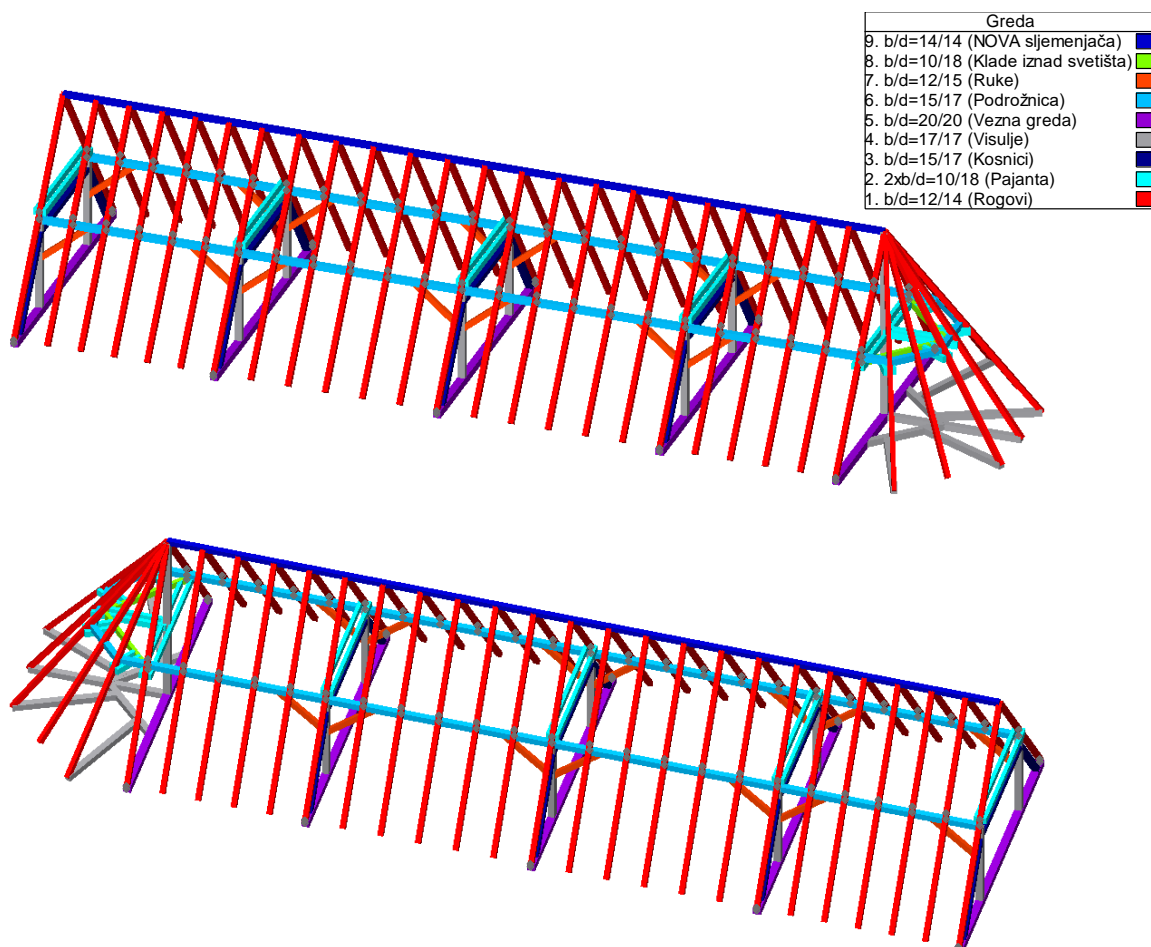
$$G = 236 \text{ kN}$$

$$F_{b,d} = a_g \times S \times 2,5/q \times G/g =$$

$$= 0,186g \times 1,15 \times (2,5/2,0) \times (236/g) =$$

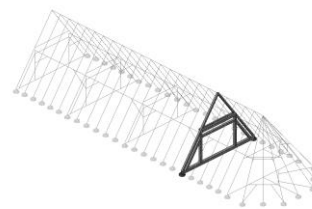
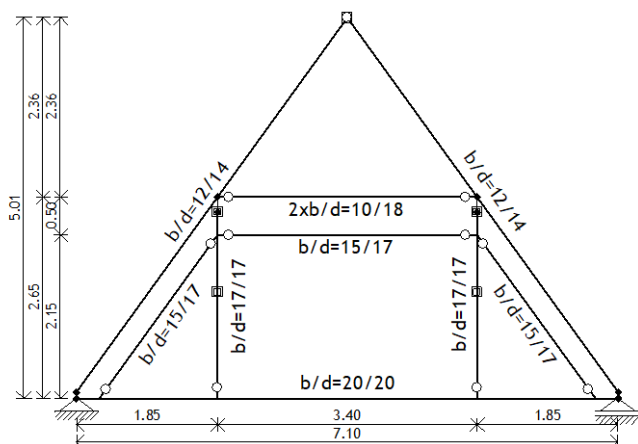
$$= 63,1 \text{ kN}$$

Djelovanje vjetra ocijenjeno je kao mjerodavno horizontalno djelovanje na konstrukciju krovišta. U nastavku je dan proračun te dokazi mehaničke otpornosti i stabilnosti glavnih elemenata krovišta u modelu na kojemu je modelirana zatečena geometrija krovišta te na kojega su nanosena djelovanja prema aktualnim propisima. Pretpostavka proračuna je da su svi oštećeni spojevi pojačani.

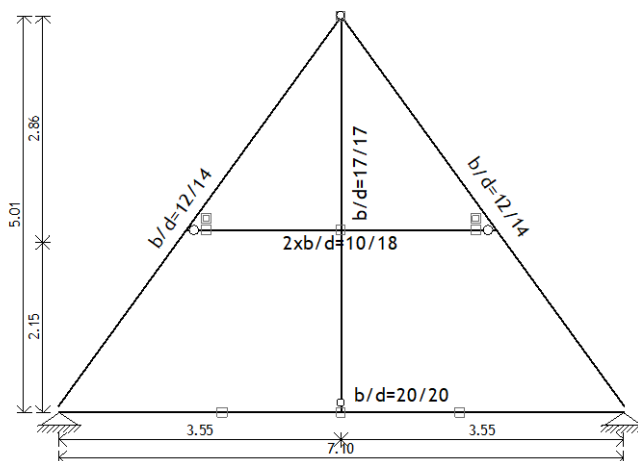
Proračun krovišta

Slika 5-12 3D prikaz krovišta s opisom i dimenzijama elemenata

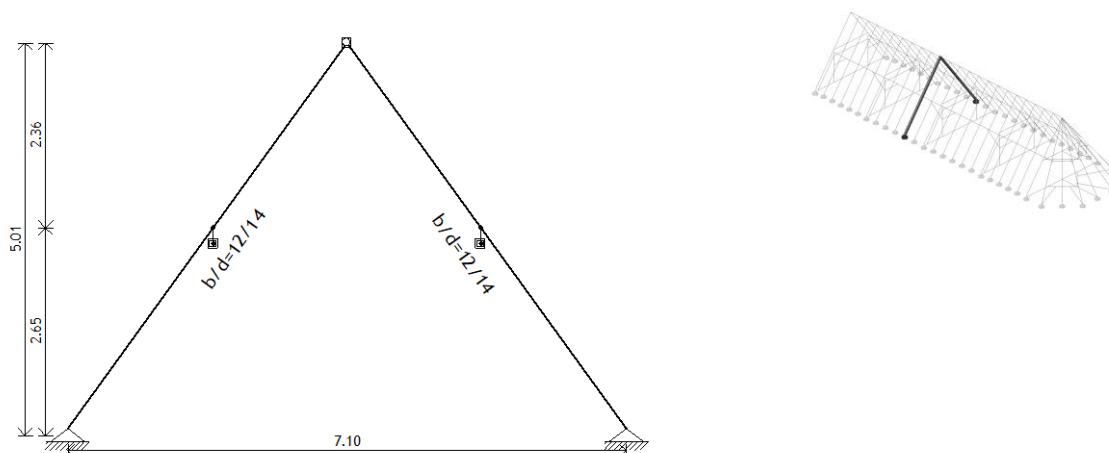
Karakteristični presjek glavnog krovišta – puni vez visulje



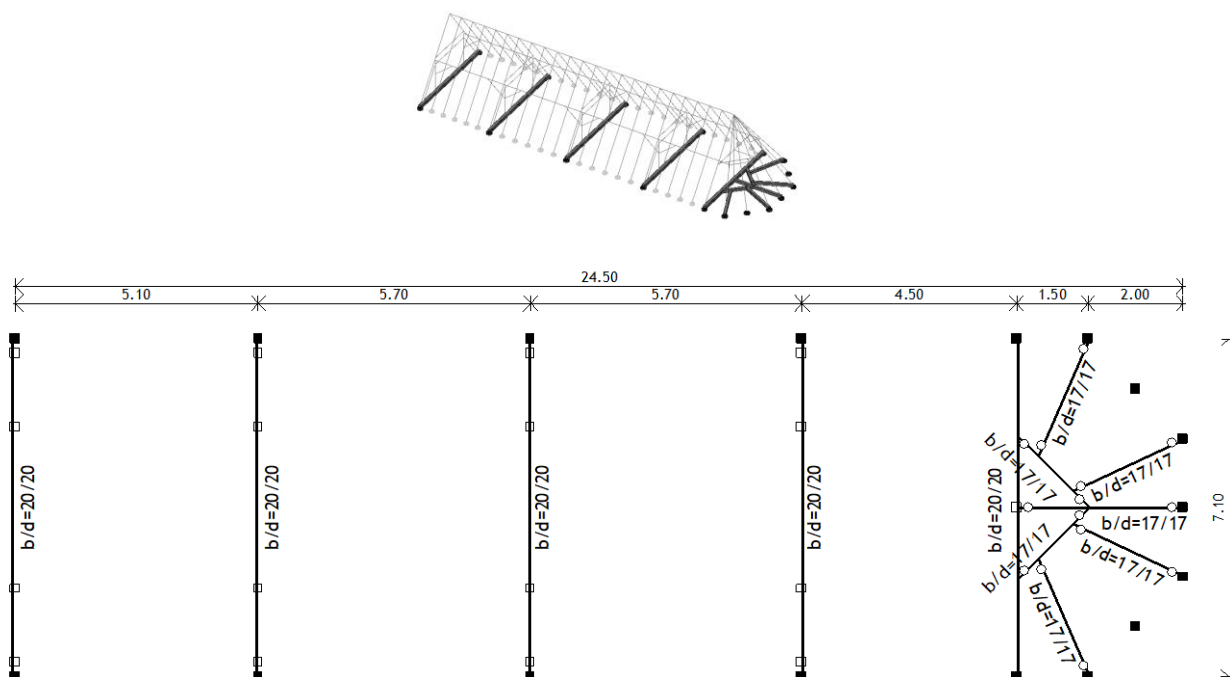
Karakteristični presjek krovišta iznad apside – puni vez visulje

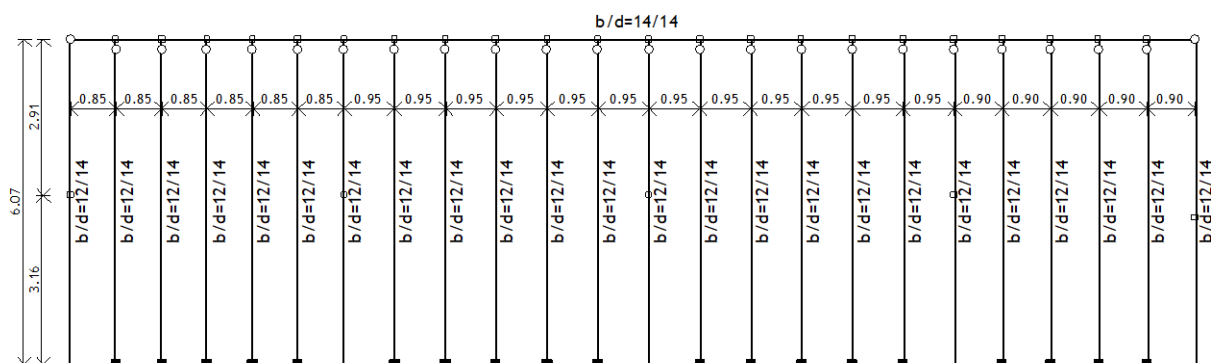


Karakteristični presjek krovišta izvan punog veza

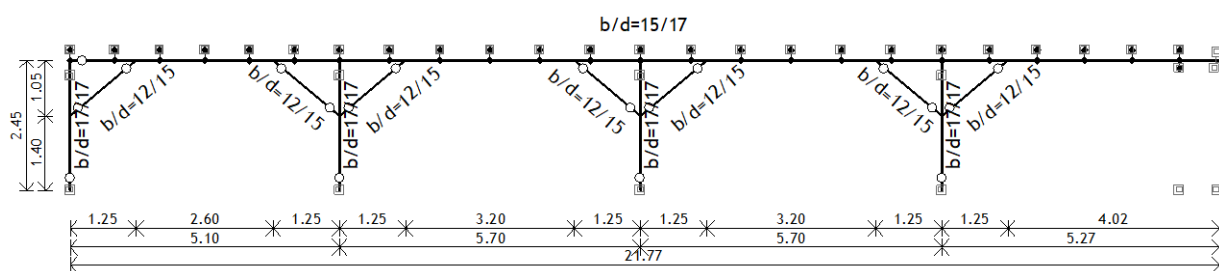


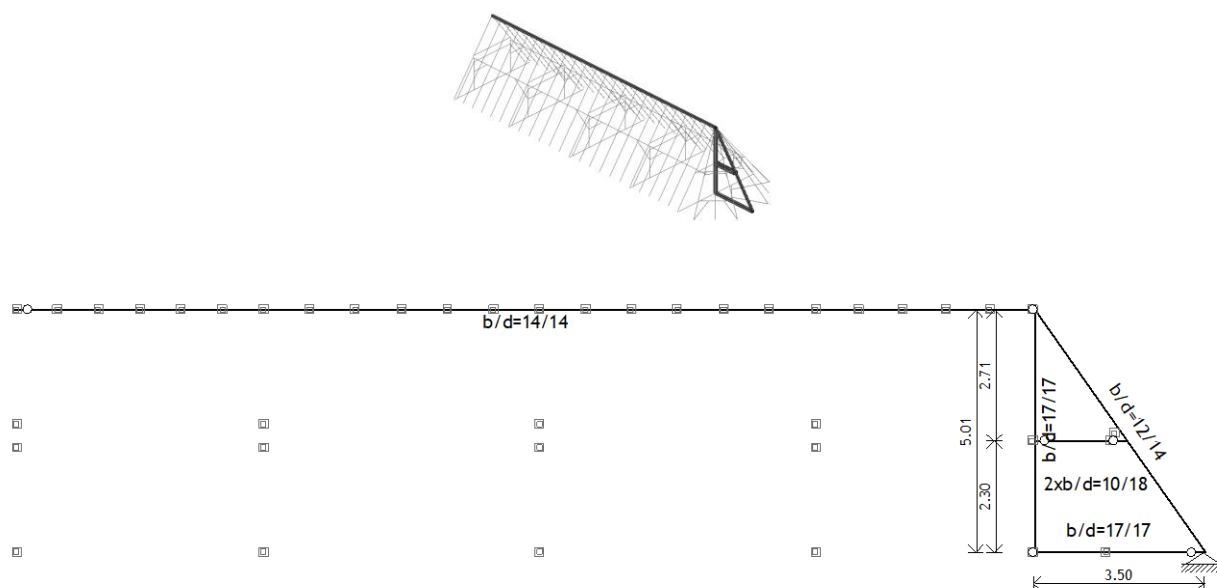
Tlocrt krovišta u razini veznih greda





A 3D wireframe model of a roof truss system. The structure consists of a series of vertical supports (columns) and horizontal beams. The main beam, which is highlighted in a darker color, runs along the length of the structure. The roof is supported by a network of trusses. The model is shown from a perspective view, highlighting the spatial arrangement of the components.

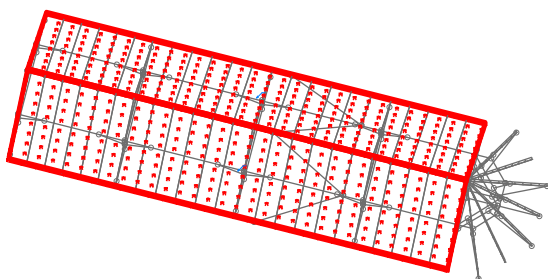
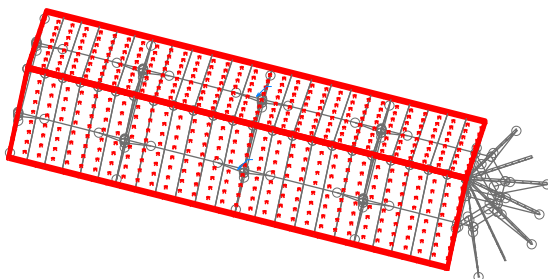
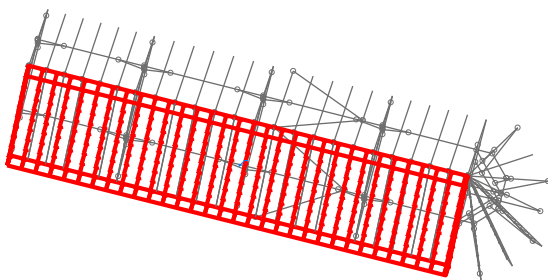


Uzdužni presjek krovišta u sljemenu krovišta – rog iznad apside

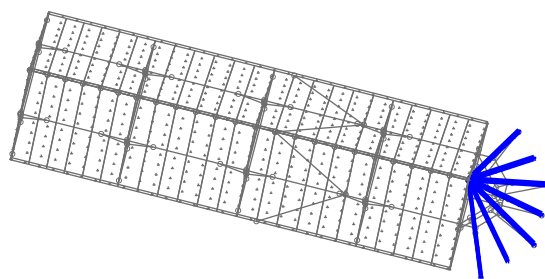
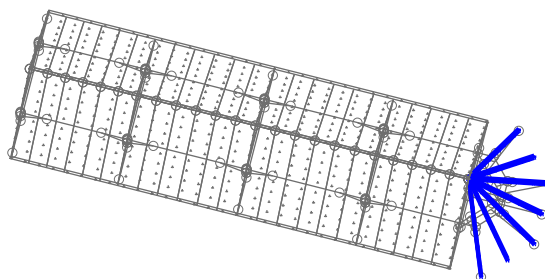
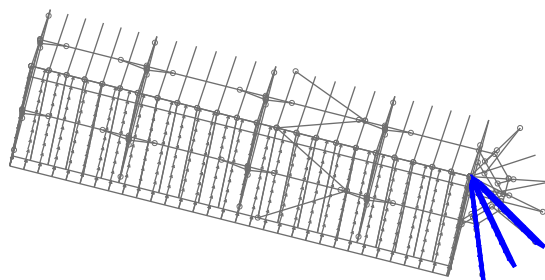
Opterećenja

| Lista slučajeva opterećenja | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|
| LC | Naziv | pX [kN] | pY [kN] | pZ [kN] |
| 1 | Stalno (g) | 0.00 | 0.00 | -350.35 |
| 2 | Snijeg | 0.00 | 0.00 | -78.42 |
| 3 | Vjetar | -4.45 | 61.31 | -45.92 |
| 4 | Komb.: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII | -4.01 | 55.18 | -631.93 |
| 5 | Komb.: 1.35xI+0.75xII+1.5xIII | -6.68 | 91.96 | -600.67 |
| 6 | Komb.: II+0.6xIII | -2.67 | 36.78 | -105.98 |
| 7 | Komb.: 0.5xII+III | -4.45 | 61.31 | -85.13 |

Opt. 1: Stalno (g)

Površinsko opterećenje
2. p=-1.00 kN/m²Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (2)
Opt. 2: SnijegPovršinsko opterećenje
2. p=-0.27 kN/m²Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (2)
Opt. 3: VjetarPovršinsko opterećenje
1. p=-0.55 kN/m²Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (1)

Opt. 1: Stalno (g)

Linijsko opterećenje
2. p = -0.80 kN/mSetovi numeričkih podataka
Linijsko opterećenje (2)
Opt. 2: SnijegLinijsko opterećenje
2. p = -0.22 kN/mSetovi numeričkih podataka
Linijsko opterećenje (2)
Opt. 3: VjetarLinijsko opterećenje
1. p = 0.44 kN/mSetovi numeričkih podataka
Linijsko opterećenje (1)

Granično stanje uporabivosti (GSU) – deformacije

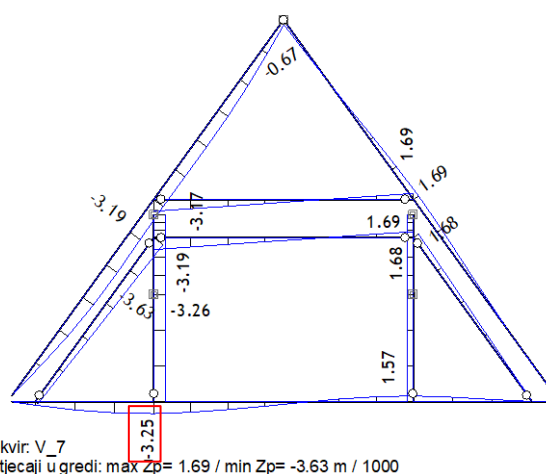
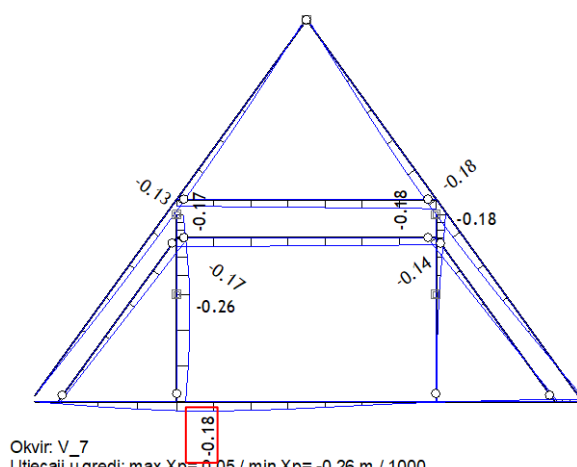
U nastavku su prikazane maksimalne deformacije elemenata za mjerodavnu kombinaciju graničnog stanja uporabivosti, te je iskazan omjer deformacije i pripadnog raspona.

Karakteristični presjek glavnog krovišta – vezna greda u punom vezu visulje

L = 7100 mm

Opt. 6: II+0.6xIII

Opt. 6: II+0.6xIII



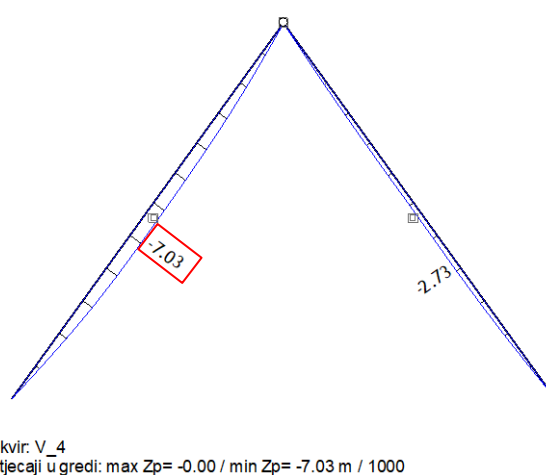
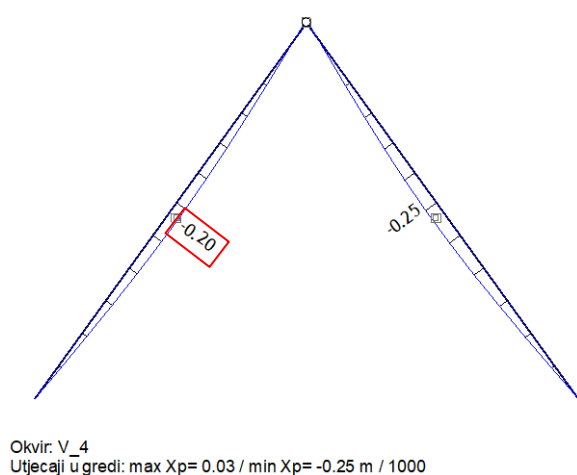
$$u_{\max} = \sqrt{X_p^2 + Z_p^2} = \sqrt{0,18^2 + 3,25^2} = 3,26 \text{ mm} = L/2177$$

Karakteristični presjek krovišta izvan punog veza – rog

L = 6070 mm

Opt. 6: II+0.6xIII

Opt. 6: II+0.6xIII

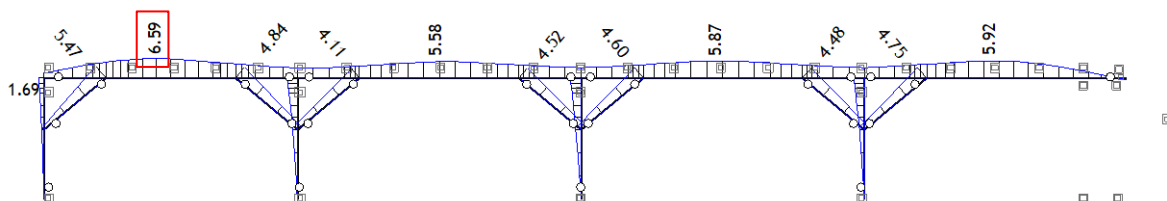


$$u_{\max} = \sqrt{X_p^2 + Z_p^2} = \sqrt{0,20^2 + 7,03^2} = 7,04 \text{ mm} = L/862$$

Uzdužni presjek krovišta iznad apside – podrožnica

L = 5700 mm

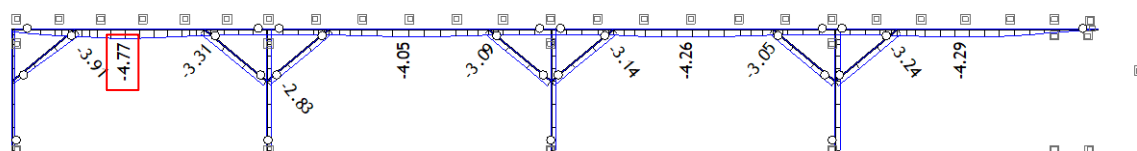
Opt. 6: II+0.6xIII



Okvir: H_1

Utjecaji u gredi: max Yp= 6.59 / min Yp= -0.46 m / 1000

Opt. 6: II+0.6xIII



Okvir: H_1

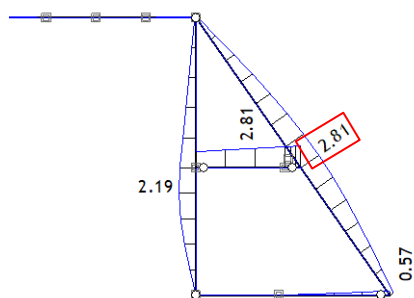
Utjecaji u gredi: max Zp= 0.29 / min Zp= -4.77 m / 1000

$$u_{\max} = \sqrt{Y_p^2 + Z_p^2} = \sqrt{6,59^2 + 4,77^2} = 8,14 \text{ mm} = L/700$$

Uzdužni presjek krovišta u sljemenu krovišta – rog iznad apside

L = 6070 mm

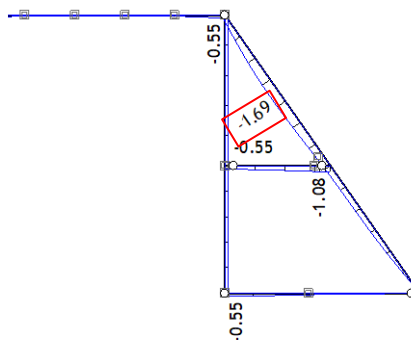
Opt. 6: II+0.6xIII



Okvir: H_2

Utjecaji u gredi: max Yp= 2.81 / min Yp= -0.01 m / 1000

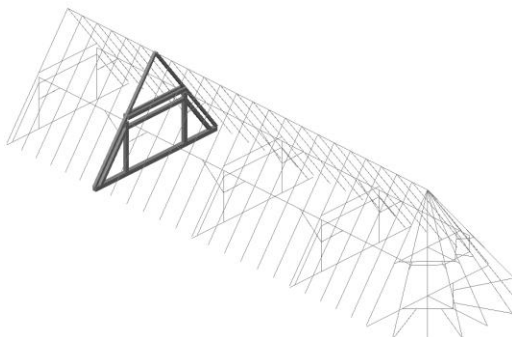
Opt. 6: II+0.6xIII



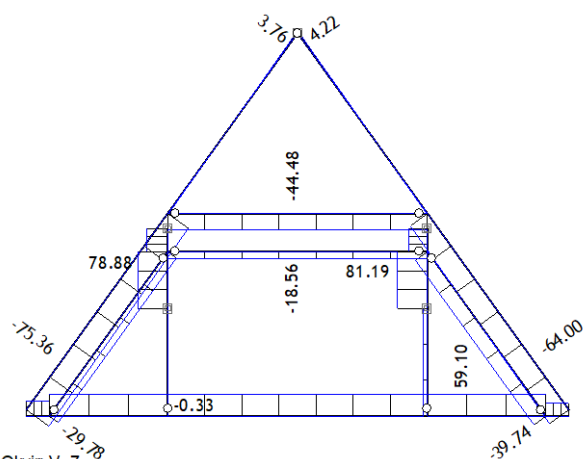
Okvir: H_2

Utjecaji u gredi: max Zp= 0.06 / min Zp= -1.69 m / 1000

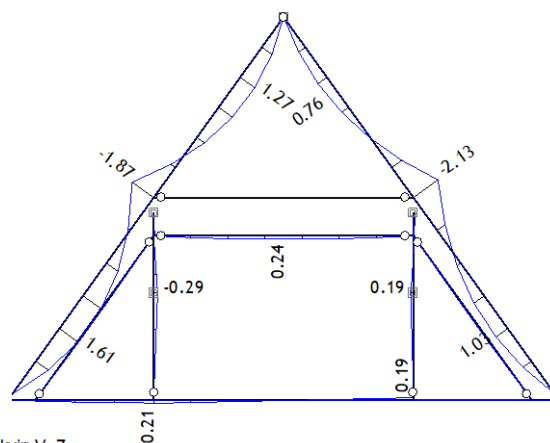
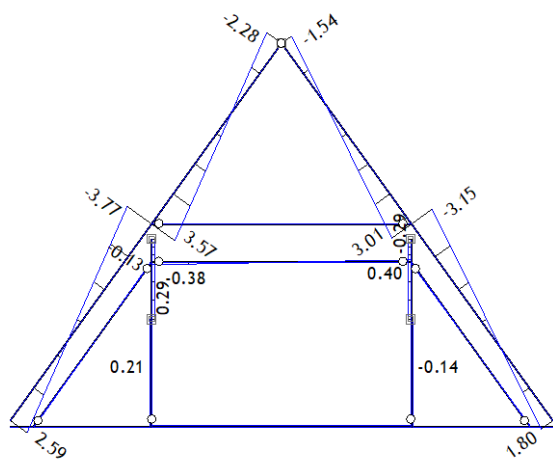
$$u_{\max} = \sqrt{Y_p^2 + Z_p^2} = \sqrt{2,81^2 + 1,69^2} = 3,28 \text{ mm} = L/1850$$

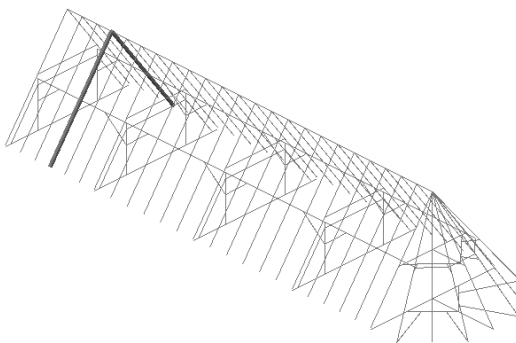
Granično stanje nosivosti (GSN) – rezne sileKarakteristični presjek glavnog krovista – puni vez visulje

Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

Okvir: V_7
Utjecaji u gredi: max N1= 81.19 / min N1= -75.36 kN
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

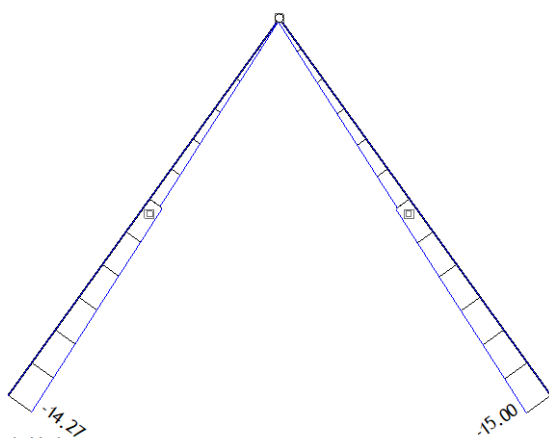
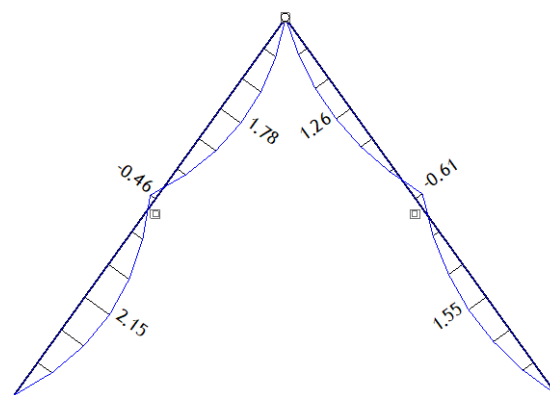
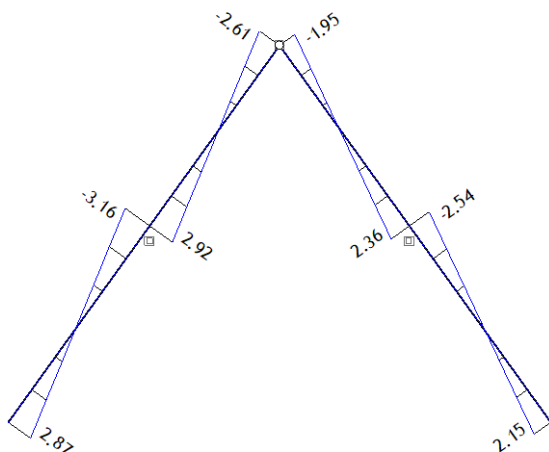
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

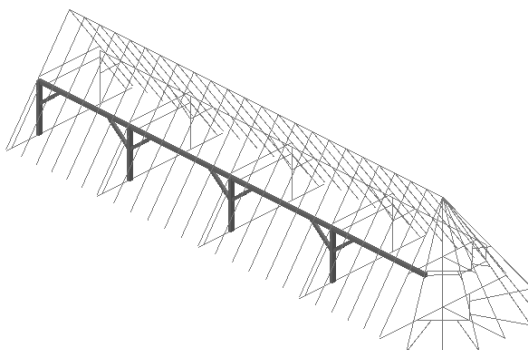
Okvir: V_7
Utjecaji u gredi: max M2= 1.61 / min M2= -2.13 kNmOkvir: V_7
Utjecaji u gredi: max T3= 3.57 / min T3= -3.77 kN

Karakteristični presjek krovišta izvan punog veza – rog

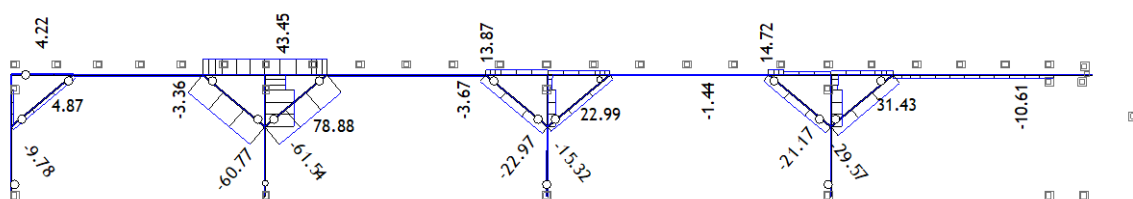
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

Okvir: V_4
Utjecaji u gredi: max N1= -0.39 / min N1= -15.00 kN
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIIIOkvir: V_4
Utjecaji u gredi: max M2= 2.15 / min M2= -0.61 kNmOkvir: V_4
Utjecaji u gredi: max T3= 2.92 / min T3= -3.16 kN

Uzdužni presjek krovišta iznad apside – podrožnica

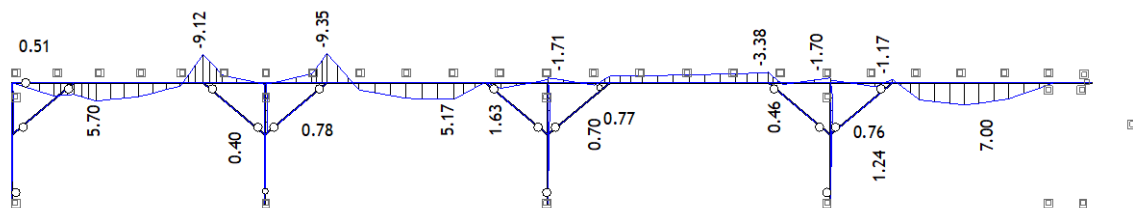
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII



Okvir: H_1

Utjecaji u gredi: max N1= 78.88 / min N1= -61.54 kN

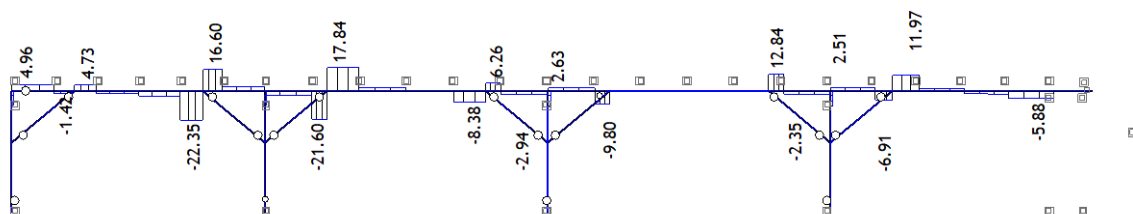
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII



Okvir: H_1

Utjecaji u gredi: max M3= 7.00 / min M3= -9.35 kNm

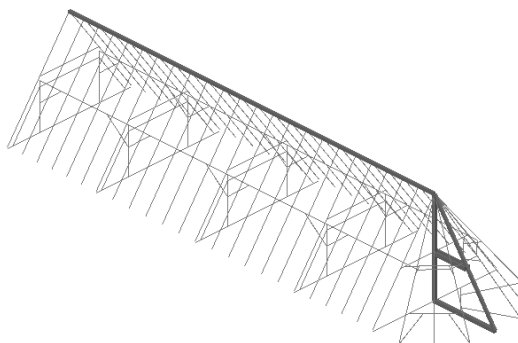
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII



Okvir: H_1

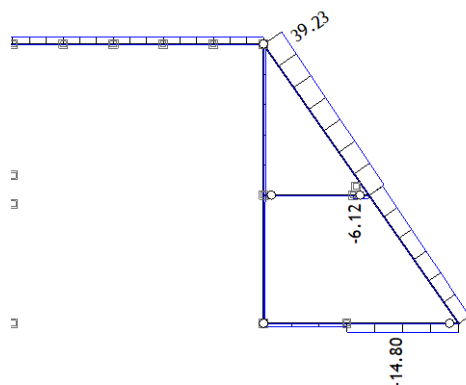
Utjecaji u gredi: max T2= 17.84 / min T2= -22.35 kN

Uzdužni presjek krovišta u sjemenu krovišta – rog iznad apside

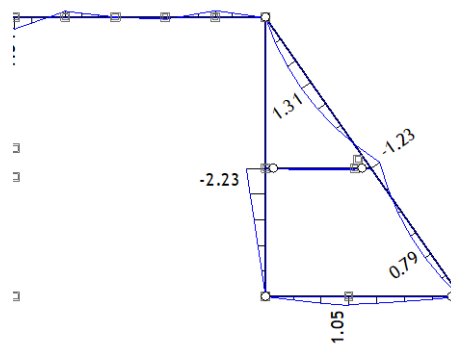


Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII

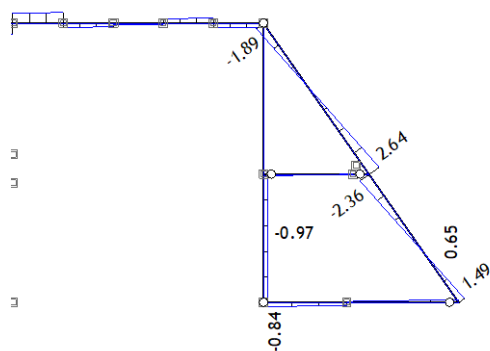
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII



Okvir: H_2
Utjecaji u gredi: max N1= 39.23 / min N1= -14.80 kN
Opt. 4: 1.35xI+1.5xII+0.9xIII



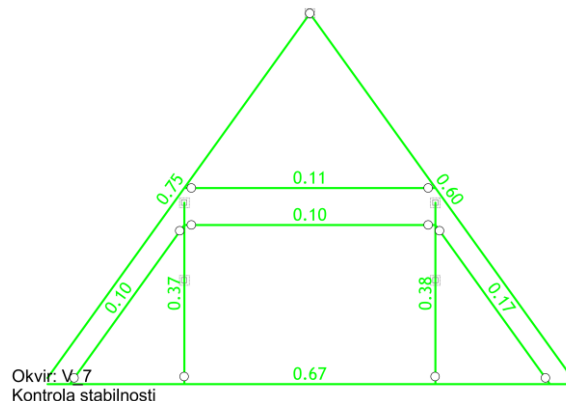
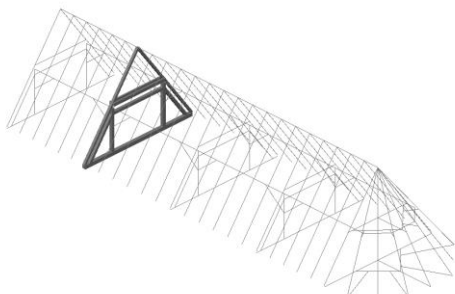
Okvir: H_2
Utjecaji u gredi: max M3= 2.56 / min M3= -2.23 kNm



Okvir: H_2
Utjecaji u gredi: max T2= 4.27 / min T2= -4.67 kN

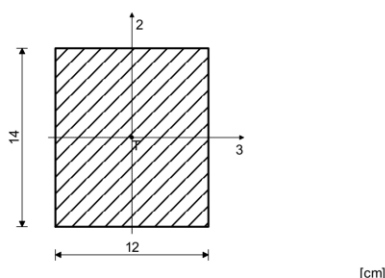
Granično stanje nosivosti GSN – kontrola nosivosti

Karakteristični presjek glavnog krovista – puni vez visulje



Rog

ŠTAP 16-94

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.75$ 4. $\gamma=0.71$ 7. $\gamma=0.20$
6. $\gamma=0.17$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)Računska uzdužna sila
Poprečna sila u pravcu osi 2Ned = -57.822 kN
V2ed = 0.000 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

Karakteristična tlačna čvrstoća

Računska tlačna čvrstoća

Karakteristična čvrstoća na savijanje

Računska čvrstoća na savijanje - os 2

Računska čvrstoća na savijanje - os 3

Relativna vitkost

Relativna vitkost

Kmod = 0.900
ym = 1.300

Kh_2 = 1.046

Kh_3 = 1.014

km = 0.700

fc,0,k = 18.000 MPa

fc,0,d = 12.462 MPa

fm,k = 18.000 MPa

fm,2,d = 13.030 MPa

fm,3,d = 12.635 MPa

λrel,2 = 1.528

λrel,3 = 1.309

TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST

Početna imperfekcija

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

βc = 0.200

k3 = 1.458

k2 = 1.790

kc,3 = 0.476

kc,2 = 0.367

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.752 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 75.2%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.580 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 58.0%

DOKAZ STABILNOSTI ELEMENTA

(slučaj opterećenja 4, na 316.3 cm od početka štapa)

Računska uzdužna sila

Poprečna sila u pravcu osi 2

Moment savijanja oko osi 3

Ned = -50.461 kN

V2ed = 0.000 kN

M3ed = -0.255 kNm

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2

Kmod = 0.900

ym = 1.300

lef = 607.04 cm

E0.05 = 6000.0 MPa

G0.05 = 370.00 MPa

Itor = 3904.5 cm⁴I2 = 2016.0 cm⁴W3 = 392.00 cm³

σm,crit = 55.189 MPa

λrel = 0.571

k_krit = 1.000

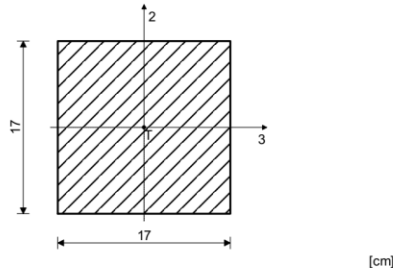
σm,3,d = 0.651 MPa

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (0.651 \leq 12.635)$$

Iskorištenje presjeka je 5.1%

Stup visulje

ŠTAP 88-60

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.38$ 4. $\gamma=0.32$ 7. $\gamma=0.15$
6. $\gamma=0.11$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, na 30.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 58.780 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | 0.762 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -0.264 kN |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | 0.000 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -1.163 kNm |

KONTROLA NAPONA - VLAK I SAVIJANJE

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - vlak

| | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Karakteristična vlačna čvrstoća | ft,k = | 11.000 MPa |
| Računska vlačna čvrstoća | ft,0,d = | 7.615 MPa |
| Faktor oblika (za pravokutni presjek) | km = | 0.700 |
| Karakteristična čvrstoća na savijanje | fm,k = | 18.000 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje | fm,d = | 12.462 MPa |
| Normalni vlačni napon | $\sigma_{t,0,d}$ = | 2.034 MPa |
| Moment otpora | W3 = | 818.83 cm ³ |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | $\sigma_{m,3,d}$ = | 1.421 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,d} \quad (1.421 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 11.4%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$$
$$(0.347 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 34.7%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) \leq 1$$
$$(0.381 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 38.1%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -5.815 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -0.264 kN |

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Karakteristični posmični napon

Računska posmična čvrstoća

Površina poprečnog presjeka

Stvarni posmični napon(os 2)

Stvarni posmični napon(os 3)

Superpozicija utjecaja od poprečne sile

(2)

(3)

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Kmod = | 0.900 |
| γ_m = | 1.300 |
| $f_{v,k}$ = | 3.400 MPa |
| $f_{v,d}$ = | 2.354 MPa |
| A = | 289.00 cm ² |
| $\tau_{2,d}$ = | 0.302 MPa |
| $\tau_{3,d}$ = | 0.014 MPa |
| $\tau_{2,d} / f_{v,d}$ = | 0.128 |
| $\tau_{3,d} / f_{v,d}$ = | 0.006 |

$$(2)^2 + (3)^2 \leq 1 \quad (0.017 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 1.7%

DOKAZ STABILNOSTI ELEMENTA

(slučaj opterećenja 5, na 30.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 31.340 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -5.815 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -0.264 kN |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | 0.000 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -1.163 kNm |

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2

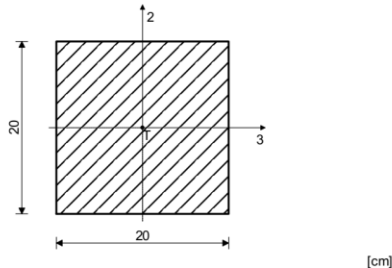
| | | |
|--|---------------------|------------------------|
| 5% fraktil modula E paralelno vlaknima | lef = | 245.00 cm |
| 5% fraktil modula posmika G | E0.05 = | 6000.0 MPa |
| Torzijski momenat inercije | G0.05 = | 370.00 MPa |
| Moment inercije | I _{tor} = | 11764 cm ⁴ |
| Moment otpora | I ₂ = | 6960.1 cm ⁴ |
| Kritični napon izvijanja | W3 = | 818.83 cm ³ |
| Relativna vitkost za izvijanje | $\sigma_{m,crit}$ = | 211.13 MPa |
| Koeficijent | λ_{rel} = | 0.292 |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | k _{krit} = | 1.000 |
| | $\sigma_{m,3,d}$ = | 1.421 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (1.421 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 11.4%

Vezna greda

ŠTAP 14-81

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.67$ 4. $\gamma=0.47$ 7. $\gamma=0.37$
6. $\gamma=0.23$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, na 525.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 45.073 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -9.506 kN |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | 8.668 kNm |

KONTROLA NAPONA - VLAK I SAVIJANJE

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - vlak

| | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Karakteristična vlačna čvrstoća | $f_{t,0,k}$ = | 11.000 MPa |
| Računska vlačna čvrstoća | $f_{t,0,d}$ = | 7.615 MPa |
| Faktor oblika (za pravokutni presjek) | k_m = | 0.700 |
| Karakteristična čvrstoća na savijanje | $f_{m,k}$ = | 18.000 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje | $f_{m,d}$ = | 12.462 MPa |
| Normalni vlačni napon | $\sigma_{t,0,d}$ = | 1.127 MPa |
| Moment otpora | W_3 = | 1333.3 cm ³ |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | $\sigma_{m,3,d}$ = | 6.501 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,d} \quad (6.501 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 52.2%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad (0.513 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 51.3%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) \leq 1 \quad (0.670 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 67.0%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, kraj štapa)Poprečna sila u pravcu osi 2 $V_{2ed} =$ 19.182 kN

KONTROLA NAPONA - POSMIK

| | | |
|---|----------------|------------------------|
| Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno | Kmod = | 0.900 |
| Korekcijski koeficijent | γ_m = | 1.300 |
| Parcijalni koef. za svojstva gradiva | $f_{v,k}$ = | 3.400 MPa |
| Karakteristični posmični napon | $f_{v,d}$ = | 2.354 MPa |
| Računska posmična čvrstoća | A = | 400.00 cm ² |
| Površina poprečnog presjeka | $\tau_{2,d}$ = | 0.719 MPa |
| Stvarni posmični napon(os 2) | | |

$$\tau_{2,d} \leq f_{v,d} \quad (0.719 \leq 2.354)$$

Iskorištenje presjeka je 30.6%

DOKAZ STABILNOSTI ELEMENTA

(slučaj opterećenja 5, na 525.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 44.311 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | 5.271 kN |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | 8.668 kNm |

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

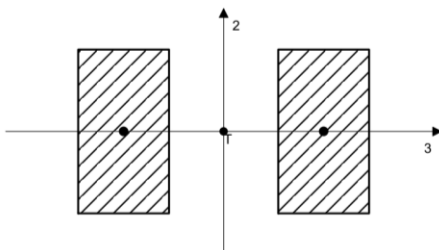
| | | |
|--|---------------------|------------------------|
| Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno | Kmod = | 0.900 |
| Korekcijski koeficijent | γ_m = | 1.300 |
| Parcijalni koef. za svojstva gradiva | | |
| Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2 | l_{ef} = | 710.00 cm |
| 5% fraktil modula E paralelno vlaknima | $E_{0.05}$ = | 6000.0 MPa |
| 5% fraktil modula posmika G | $G_{0.05}$ = | 370.00 MPa |
| Torzijski momenat inercije | I_{tor} = | 22535 cm ⁴ |
| Moment otpora | I_2 = | 13333 cm ⁴ |
| Kritični napon izvijanja | W_3 = | 1333.3 cm ³ |
| Relativna vitkost za izvijanje | $\sigma_{m,crit}$ = | 85.710 MPa |
| Koeficijent | λ_{rel} = | 0.458 |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | k_{krit} = | 1.000 |
| | $\sigma_{m,3,d}$ = | 6.501 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (6.501 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 52.2%

Pajanta

ŠTAP 54-90

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.11$ 4. $\gamma=0.11$ 7. $\gamma=0.03$
6. $\gamma=0.02$

| | | | | |
|-------|-----------|-----------------|-----------------|-----|
| R.br. | Naziv | $\Delta 3$ (mm) | $\Delta 2$ (mm) | kut |
| 1. | b/d=10/18 | 110.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2. | b/d=10/18 | -110.0 | 0.0 | 0.0 |

KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)Računska uzdužna sila $N_{ed} =$ -29.279 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK

| | | |
|---|---------------------|------------|
| Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno | Kmod = | 0.900 |
| Korekcijski koeficijent | γ_m = | 1.300 |
| Parcijalni koef. za svojstva gradiva | | |
| Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2 | $K_{h,2}$ = | 1.084 |
| Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3 | $K_{h,3}$ = | 1.000 |
| Faktor oblika (za pravokutni presjek) | k_m = | 0.700 |
| Karakteristična tlačna čvrstoća | $f_{c,0,k}$ = | 18.000 MPa |
| Računska tlačna čvrstoća | $f_{c,0,d}$ = | 12.462 MPa |
| Karakteristična čvrstoća na savijanje | $f_{m,k}$ = | 18.000 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje - os 2 | $f_{m,2,d}$ = | 13.514 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje - os 3 | $f_{m,3,d}$ = | 12.462 MPa |
| Relativna vitkost | $\lambda_{rel,2}$ = | 0.521 |
| Relativna vitkost | $\lambda_{rel,3}$ = | 1.141 |
| Normalni tlačni napon | $\sigma_{c,0,d}$ = | 0.813 MPa |
| TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST | | |
| Početna imperfekcija | β_c = | 0.200 |
| Koeficijent | k_3 = | 1.235 |
| Koeficijent | k_2 = | 0.658 |
| Koeficijent | $k_{c,3}$ = | 0.586 |
| Koeficijent | $k_{c,2}$ = | 0.944 |

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.069 \leq 1)$$

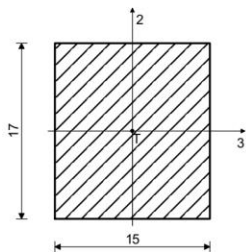
Iskorištenje presjeka je 6.9%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.111 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 11.1%

Kosnik

ŠTAP 85-77

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

5. $\gamma=0.17$ 4. $\gamma=0.15$ 7. $\gamma=0.06$
6. $\gamma=0.04$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, kraj štapa)

Računska uzdužna sila Ned = -34.654 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3Faktor oblika (za pravokutni presjek)
Karakteristična tlačna čvrstoća
Računska tlačna čvrstoća
Karakteristična čvrstoća na savijanje
Računska čvrstoća na savijanje
Relativna vitkost
Relativna vitkost
Normalni tlačni napon
TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST
Početna imperfekcija
Koeficijent
Koeficijent
Koeficijent
KoeficijentKmod = 0.900
 $\gamma_m = 1.300$
Kh_2 = 1.000
Kh_3 = 1.000
km = 0.700
fc,0,k = 18.000 MPa
fc,0,d = 12.462 MPa
fm,k = 18.000 MPa
fm,d = 12.462 MPa
 $\lambda_{rel,2} = 1.067$
 $\lambda_{rel,3} = 0.942$
 $\sigma_{c,0,d} = 1.359$ MPa
 $\beta_c = 0.200$
k3 = 1.007
k2 = 1.146
kc,3 = 0.732
kc,2 = 0.639

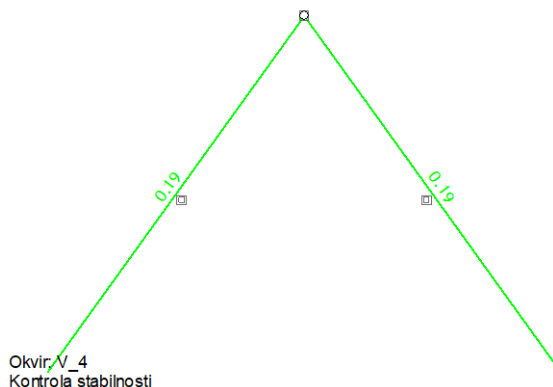
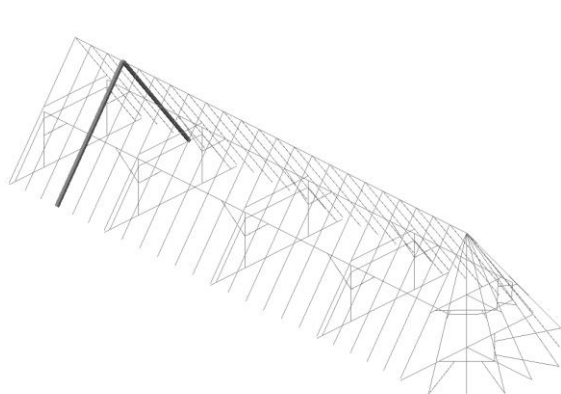
$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad (0.171 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 17.1%

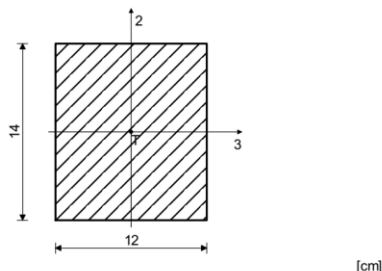
$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) \leq 1 \quad (0.149 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 14.9%

Karakteristični presjek krovišta izvan punog veza – rog



ŠTAP 7-69

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
4. $\gamma=0.19$ 5. $\gamma=0.14$ 6. $\gamma=0.13$
7. $\gamma=0.10$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 4, početak štapa)Računska uzdužna sila $N_{ed} = -14.269 \text{ kN}$
Poprečna sila u pravcu osi 2 $V_{2ed} \approx 0.000 \text{ kN}$ KONTROLA NAPONA - TLAK
Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajnoKorekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3Faktor oblika (za pravokutni presjek)
Karakteristična tlačna čvrstoća
Računska tlačna čvrstoća
Karakteristična čvrstoća na savijanje
Računska čvrstoća na savijanje - os 2
Računska čvrstoća na savijanje - os 3
Relativna vitkost
Relativna vitkost
Normalni tlačni napon
TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST
Početna imperfekcija
Koeficijent
Koeficijent
Koeficijent
Koeficijent $K_{mod} = 0.900$
 $\gamma_m = 1.300$
 $K_{h,2} = 1.046$
 $K_{h,3} = 1.014$
 $k_m = 0.700$
 $f_{c,0,k} = 18.000 \text{ MPa}$
 $f_{c,0,d} = 12.462 \text{ MPa}$
 $f_{m,k} = 18.000 \text{ MPa}$
 $f_{m,2,d} = 13.030 \text{ MPa}$
 $f_{m,3,d} = 12.635 \text{ MPa}$
 $\lambda_{rel,2} = 1.528$
 $\lambda_{rel,3} = 1.309$
 $\sigma_{c,0,d} = 0.849 \text{ MPa}$
 $\beta_c = 0.200$
 $k_3 = 1.458$
 $k_2 = 1.790$
 $k_{c,3} = 0.476$
 $k_{c,2} = 0.367$

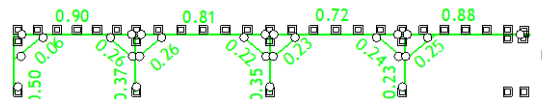
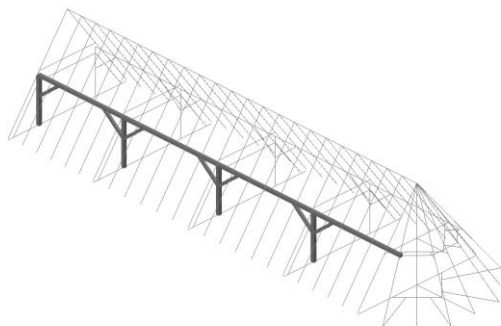
$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.185 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 18.5%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.143 \leq 1)$$

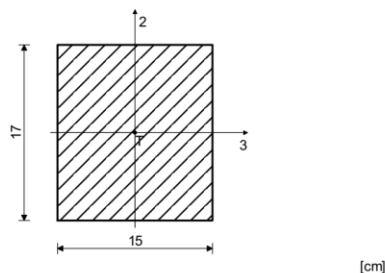
Iskorištenje presjeka je 14.3%

Uzdružni presjek krovišta iznad apside – podrožnica

Okrvir: H_1
Kontrola stabilnosti

Podrožnica

ŠTAP 11-51

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.90$ 4. $\gamma=0.84$ 7. $\gamma=0.26$
6. $\gamma=0.22$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, na 170.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -4.566 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | 1.387 kN |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | -4.398 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -4.413 kNm |

KONTROLA NAPONA - SAVIJANJE

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

Karakteristična čvrstoća na savijanje

Računska čvrstoća na savijanje

Moment otpora

Normalni napon savijanja oko osi 2

Moment otpora

Normalni napon savijanja oko osi 3

Kmod = 0.900

ym = 1.300

Kh_2 = 1.000

Kh_3 = 1.000

km = 0.700

fm,k = 18.000 MPa

fm,d = 12.462 MPa

W2 = 637.50 cm³

σm2,d = 6.898 MPa

W3 = 722.50 cm³

σm3,d = 6.107 MPa

$$k_m \times (\sigma_{m3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.897 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 89.7%

$$\sigma_{m3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.878 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 87.8%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA

(slučaj opterećenja 5, na 385.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | 16.443 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -1.272 kN |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | 0.850 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | 6.035 kNm |

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Karakteristični posmični napon

Računska posmična čvrstoća

Površina poprečnog presjeka

Stvarni posmični napon(os 2)

Stvarni posmični napon(os 3)

Superpozicija utjecaja od poprečne sile

(2)

(3)

Kmod = 0.900

ym = 1.300

fv,k = 3.400 MPa

fv,d = 2.354 MPa

A = 255.00 cm²

τ2,d = 0.967 MPa

τ3,d = 0.075 MPa

τ2,d / fv,d = 0.411

τ3,d / fv,d = 0.032

$$(2)^2 + (3)^2 \leq 1 \quad (0.182 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 18.2%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak pridrčajnih točaka okomitih na pravac osi 2

Kmod = 0.900

ym = 1.300

lef = 510.00 cm

E0.05 = 6000.0 MPa

G0.05 = 370.00 MPa

Itor = 9038.6 cm⁴I2 = 4781.3 cm⁴W3 = 722.50 cm³

σm,crit = 83.510 MPa

Arel = 0.464

k_krit = 1.000

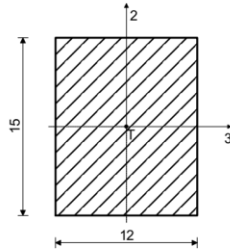
σm3,d = 8.352 MPa

$$\sigma_{m3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (8.352 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 67.0%

Ruka

ŠTAP 40-64

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)

[cm]

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

5. $\gamma=0.26$ 4. $\gamma=0.23$ 7. $\gamma=0.08$
6. $\gamma=0.06$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)

Računska uzdužna sila

Ned = -46.804 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno
Korekcijski koeficijent

Kmod = 0.900

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

Karakteristična tlačna čvrstoća

Računska tlačna čvrstoća

Karakteristična čvrstoća na savijanje

Računska čvrstoća na savijanje - os 2

Računska čvrstoća na savijanje - os 3

Relativna vitkost

Relativna vitkost

Normalni tlačni napon

TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST

Početna imperfekcija

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Kh_2 = 1.046

Kh_3 = 1.000

km = 0.700

fc,0,k = 18.000 MPa

fc,0,d = 12.462 MPa

fm,k = 18.000 MPa

fm,2,d = 13.030 MPa

fm,3,d = 12.462 MPa

λrel,2 = 0.822

λrel,3 = 0.657

σc,0,d = 2.600 MPa

βc = 0.200

k3 = 0.752

k2 = 0.890

kc,3 = 0.896

kc,2 = 0.812

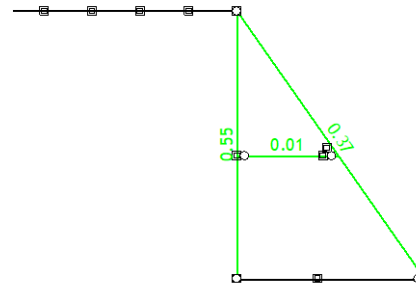
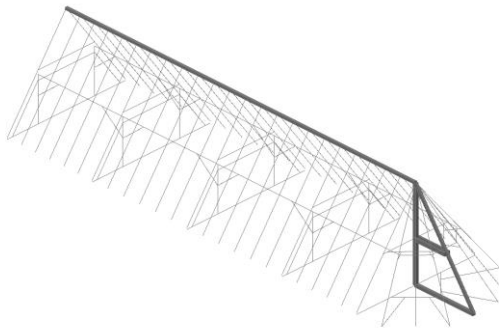
$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.257 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 25.7%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.233 \leq 1)$$

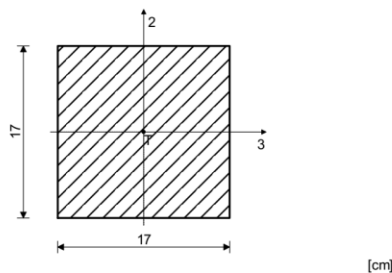
Iskorištenje presjeka je 23.3%

Uzdužni presjek krovišta u sljemenu krovišta – rog iznad apside

Okrvir: H_2
Kontrola stabilnosti

Stup visulje

ŠTAP 256-203

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.55$ 4. $\gamma=0.47$ 7. $\gamma=0.24$
6. $\gamma=0.17$ KONTROLA NORMALNIH I POSMIČNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 5, na 270.8 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 3.069 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -1.606 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -1.124 kN |
| Moment torzije | M1ed = | 0.226 kNm |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | -2.586 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | 3.693 kNm |

KONTROLA NAPONA - VLAK I SAVIJANJE

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - vlak

| | | |
|---------------------------------------|----------|------------------------|
| Karakteristična vlačna čvrstoća | Kh_t = | 1.000 |
| Računska vlačna čvrstoća | ft,0,k = | 11.000 MPa |
| Faktor oblika (za pravokutni presjek) | ft,0,d = | 7.615 MPa |
| Karakteristična čvrstoća na savijanje | km = | 0.700 |
| Računska čvrstoća na savijanje | fm,k = | 18.000 MPa |
| Normalni vlačni napon | fm,d = | 12.462 MPa |
| Moment otpora | ot,0,d = | 0.106 MPa |
| Normalni napon savijanja oko osi 2 | W2 = | 818.83 cm ³ |
| | om2,d = | 3.158 MPa |

$$\sigma_{m2,d} \leq f_{m,d} \quad (3.158 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 25.3%

| | | |
|------------------------------------|---------|------------------------|
| Moment otpora | W3 = | 818.83 cm ³ |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | om3,d = | 4.510 MPa |

$$\sigma_{m3,d} \leq f_{m,d} \quad (4.510 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 36.2%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + k_m \times (\sigma_{m3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad (0.521 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 52.1%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m2,d} / f_{m,d}) \leq 1 \quad (0.553 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 55.3%

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

| | | |
|---|---------------|------------------------|
| Korekcijski koeficijent | Kmod = | 0.900 |
| Parcijalni koef. za svojstva gradiva | ym = | 1.300 |
| Karakteristični posmični napon | fv,k = | 3.400 MPa |
| Računska posmična čvrstoća | fv,d = | 2.354 MPa |
| Površina poprečnog presjeka | A = | 289.00 cm ² |
| Stvarni posmični napon(os 2) | t2,d = | 0.083 MPa |
| Stvarni posmični napon(os 3) | t3,d = | 0.058 MPa |
| Superpozicija utjecaja od poprečne sile | | |
| (2) | t2,d / fv,d = | 0.035 |
| (3) | t3,d / fv,d = | 0.025 |

$$(2)^2 + (3)^2 \leq 1 \quad (0.002 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 0.2%

KONTROLA NAPONA - TORZIJA

| | | |
|-----------------------------------|----------|------------------------|
| Karakteristična posmična čvrstoća | fv,k = | 3.400 MPa |
| Računska posmična čvrstoća | fv,d = | 2.354 MPa |
| Koeficijent | kshape = | 1.150 |
| Torzijski moment otpora | Wt = | 1021.9 cm ³ |
| Stvarni posmični napon | ttor,d = | 0.221 MPa |

$$t_{tor,d} \leq k_{shape} \times f_{v,d} \quad (0.221 \leq 2.707)$$

Iskorištenje presjeka je 8.2%

Superpozicija utjecaja od poprečne sile i momenta torzije

| | | |
|-----|----------------------------|-------|
| (1) | ttor,d / (kshape x fv,d) = | 0.082 |
| (2) | t2,d / fv,d = | 0.035 |
| (3) | t3,d / fv,d = | 0.025 |

$$(1) + (2)^2 + (3)^2 \leq 1 \quad (0.084 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 8.4%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

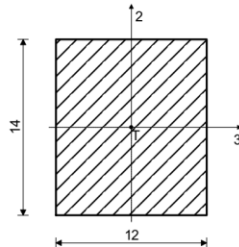
| | | |
|--|-----------|------------------------|
| Korekcijski koeficijent | Kmod = | 0.900 |
| Parcijalni koef. za svojstva gradiva | ym = | 1.300 |
| Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2 | lef = | 500.81 cm |
| 5% fraktil modula E paralelno vlaknima | E0.05 = | 6000.0 MPa |
| 5% fraktil modula posmika G | G0.05 = | 370.00 MPa |
| Torzijski momenat inercije | Itor = | 11764 cm ⁴ |
| Moment inercije | I2 = | 6960.1 cm ⁴ |
| Moment otpora | W3 = | 818.83 cm ³ |
| Kritični napon izvijanja | om,crit = | 103.28 MPa |
| Relativna vitkost za izvijanje | λrel = | 0.417 |
| Koeficijent | k_krit = | 1.000 |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | om3,d = | 4.510 MPa |

$$\sigma_{m3,d} \leq k_{krit} \times f_{m3,d} \quad (4.510 \leq 12.462)$$

Iskorištenje presjeka je 36.2%

Rog

ŠTAP 256-239

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

4. $\gamma=0.36$ 5. $\gamma=0.36$ 7. $\gamma=0.09$
6. $\gamma=0.07$

KONTROLA NORMALNIH NAPONA

(slučaj opterećenja 4, na 136.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 21.656 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -0.154 kN |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -1.006 kNm |

KONTROLA NAPONA - VLAK I SAVIJANJE

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - vlak

| | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Karakteristična vlačna čvrstoća | $f_{t,0,k}$ = | 11.000 MPa |
| Računska vlačna čvrstoća | $f_{t,0,d}$ = | 7.963 MPa |
| Faktor oblika (za pravokutni presjek) | k_m = | 0.700 |
| Karakteristična čvrstoća na savijanje | $f_{m,k}$ = | 18.000 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje - os 2 | $f_{m,2,d}$ = | 13.030 MPa |
| Računska čvrstoća na savijanje - os 3 | $f_{m,3,d}$ = | 12.635 MPa |
| Normalni vlačni napon | $\sigma_{t,0,d}$ = | 1.289 MPa |
| Moment otpora | W_3 = | 392.00 cm ³ |
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | $\sigma_{m,3,d}$ = | 2.567 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,3,d} \quad (2.567 \leq 12.635)$$

Iskorištenje presjeka je 20.3%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 \quad (0.304 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 30.4%

$$\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 \quad (0.365 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 36.5%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA

(slučaj opterećenja 4, na 330.4 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|----------|
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | 1.542 kN |
|------------------------------|--------|----------|

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Karakteristični posmični napon

Računska posmična čvrstoća

Površina poprečnog presjeka

Stvarni posmični napon(os 2)

| | |
|----------------|------------------------|
| K_{mod} = | 0.900 |
| γ_m = | 1.300 |
| $f_{v,k}$ = | 3.400 MPa |
| $f_{v,d}$ = | 2.354 MPa |
| A = | 168.00 cm ² |
| $\tau_{2,d}$ = | 0.138 MPa |

$$\tau_{2,d} \leq f_{v,d} \quad (0.138 \leq 2.354)$$

Iskorištenje presjeka je 5.9%

DOKAZ STABILNOSTI ELEMENTA

(slučaj opterećenja 4, na 155.5 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 21.413 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | 0.000 kN |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -1.010 kNm |

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - kratkotrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak podržajnih točaka okomitih na pravac osi 2

| | |
|---------------------|------------------------|
| K_{mod} = | 0.900 |
| γ_m = | 1.300 |
| l_{ef} = | 610.99 cm |
| $E_{0.05}$ = | 6000.0 MPa |
| $G_{0.05}$ = | 370.00 MPa |
| I_{tor} = | 3904.5 cm ⁴ |
| I_2 = | 2016.0 cm ⁴ |
| W_3 = | 392.00 cm ³ |
| $\sigma_{m,crit}$ = | 54.832 MPa |
| λ_{rel} = | 0.573 |
| k_{krit} = | 1.000 |
| $\sigma_{m,3,d}$ = | 2.575 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} \quad (2.575 \leq 12.635)$$

Iskorištenje presjeka je 20.4%

Dimenzioniranje zamjenskih čeličnih profila vezne grede u punom vezu

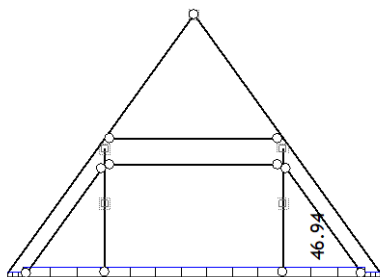
Zbog dotrajalosti i značajnog propadanja poprečnog presjeka na središnjem dijelu elementa vezne grede u punom vezu krovišta, previđa se ugradnja 2x UPE 200 profila koji se obostrano povezuju na postojeću drvenu veznu gredu $b/h = 20/20$ cm i time zamjenjuju istu u sustavu puno veza. Dimenzioniranje profila prilaže se u nastavku poglavlja, dok se izvedbeni detalji nalaze u zasebnom poglavlju. Kvaliteta čelika je S355J2.

Rezne sile mjerodavne za dimenzioniranje

Opt. 5: 1.35xI+0.75xII+1.5xIII

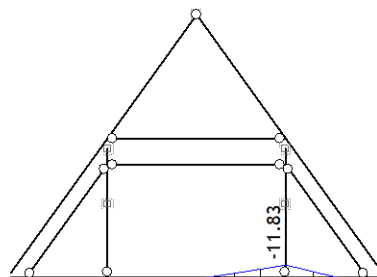
Opt. 5: 1.35xI+0.75xII+1.5xIII

Opt. 5: 1.35xI+0.75xII+1.5xIII



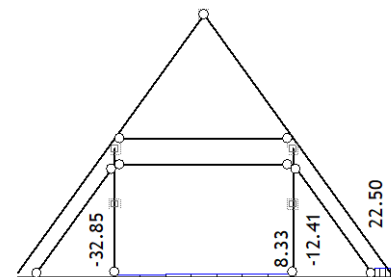
Okvir: V_7

Utjecaji u gredi: max N1= 59.90 / min N1= -4...



Okvir: V_7

Utjecaji u gredi: max M3= 13.21 / min M3= -1...



Okvir: V_7

Utjecaji u gredi: max T2= 22.50 / min T2= -3...

Dimenzioniranje profila

Kontrola stabilnosti
($f_y = 35.5$ kN/cm², $f_u = 51.0$ kN/cm²)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
5. $\gamma=0.16$ 4. $\gamma=0.11$ 7. $\gamma=0.11$
6. $\gamma=0.07$ ŠTAP IZLOŽEN VLAKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 5, na 185.0 cm od početka štapa)

| | |
|----------------------------|-------------------------|
| Računska uzdužna sila | $N_{Ed} = 46.941$ kN |
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z} = -1.736$ kN |
| Moment savijanja oko y osi | $M_{Ed,y} = 13.205$ kNm |
| Sistemska dužina štapa | $L = 710.00$ cm |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA
Klasa presjeka 2

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka

Granična rač.otpornost neto pres.

Računska otp. na vlak

Uvjet 6.5: $N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$ (46.44 ≤ 1777.98)

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (13.21 ≤ 116.91)

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (1.74 ≤ 369.95)

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\% V_{pl,Rd,z}$ Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$
Reduc.moment plast.otp.na savijanje
Koeficijent
Omjer $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^{\alpha}$
Uvjet 6.41: (0.09 ≤ 1) $M_{N,y,Rd} = 0.024$
150.12 kNm
 $\alpha = 1.000$
0.088

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih točaka

Sektorski moment inercije

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje

Odgovarajući moment otpora

Koeficijent imperf.

Bezdimenzionalna vitkost

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

Računska otpornost na izvijanje

Uvjet 6.54: $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$ (13.21 ≤ 80.96)C1 = 1.132
C2 = 0.459
C3 = 0.525
k = 1.000
kw = 1.000
zg = 0.000 cm
zj = 0.000 cm
L = 710.00 cm
lw = 1.08e+5 cm6
Mcr = 123.15 kNm
Wy = 422.87 cm3
 $\alpha_{LT} = 0.210$
 $\lambda_{LT} = 1.104$
 $\chi_{LT} = 0.593$
 $M_{b,Rd} = 80.959$ kNmPROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK
(slučaj opterećenja 5, početak štapa)Računska uzdužna sila
Poprečna sila u z pravcu
Sistemska dužina štapa $N_{Ed} = 24.931$ kN
 $V_{Ed,z} = -32.852$ kN
 $L = 710.00$ cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

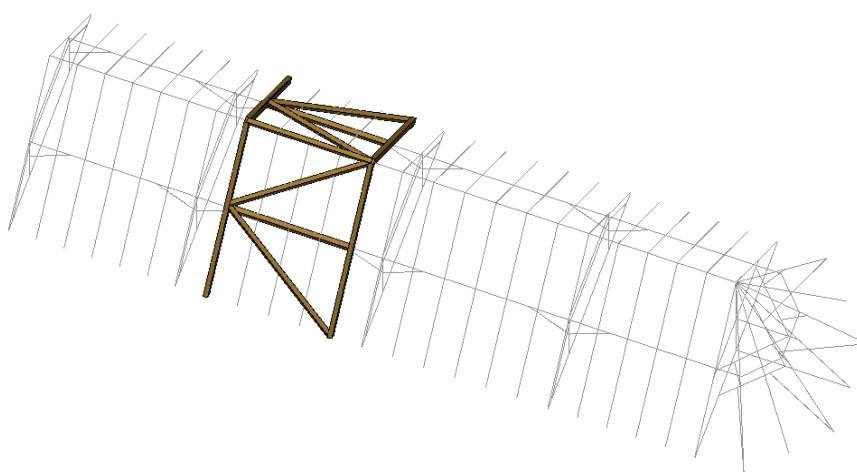
Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

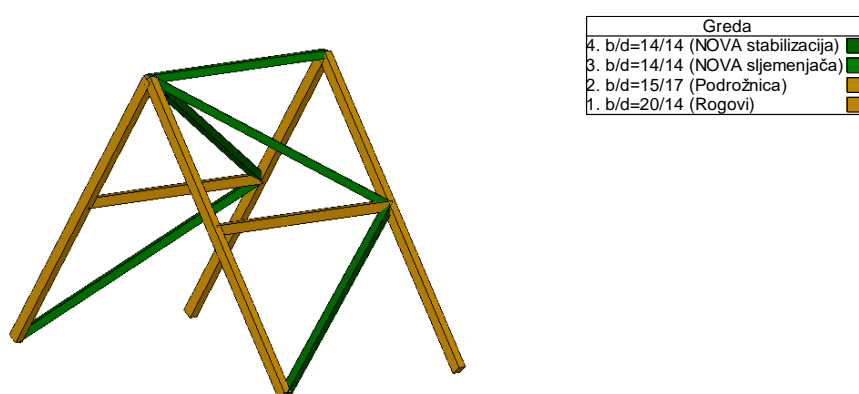
Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (32.85 ≤ 369.95) $V_{pl,Rd,z} = 369.95$ kN
 $V_{c,Rd,z} = 369.95$ kN

5.3.2 Proračun uzdužne stabilizacije krovišta broda

Uzdužna stabilnost krovišta broda dodatno će se osigurati izvedbom krovnog sprega tako da se na postojeće elemente krovišta (rogovi i podrožnice) ugrade nova sljemena prečka te drveni kosnici dimenzija $b/h = 14/14$ cm. Ležajevi krovnog sprega su nazidnice. Također, s obzirom na nedostatnu nosivost postojećih rogova u sustavu horizontalnog sprega, potrebno je iste pojačati obostranom ugradnjom drvenih elemenata $b/h = 4/20$ cm. Isti se za postojeći rog pričvršćuju pomoću naizmjeničnih vijaka za drvo M7 svakih 10 cm u jednom redu. Kosnici se ugrađuju pomoću L kutnika i vijaka za drvo sukladno detalju u zasebnom poglavlju. Uzdužna stabilnost krovišta je dodatno osigurana prihvaćanjem sljemene prečke i podrožnica na zid tornja. Sljemenjače se postavljaju ispod postojećih rogova za koje su pričvršćene vijčanim spojevima. Kvaliteta građe novih drvenih elemenata je C24.



Slika 5-13 Prostorni položaj krovnog sprega



Slika 5-14 3D prikaz krovnog sprega s opisom elemenata

Nova sljemenjača i podrožnice u sustavu sprega preuzimaju opterećenje od vjetra, te silu trenja po površini krovišta. Uz vjetar, potres također ima horizontalnu komponentu djelovanja. U nastavku su vjetar i potres uspoređeni te je proračun nastavljen s mjerodavnim opterećenjem.

Vjetar

Iz analize opterećenja preuzete su sljedeće vrijednosti karakterističnog opterećenja vjetrom:

Udar vjetra

- opterećenje u smjeru duže strane krovišta: $w_D = 0,55 \text{ kN/m}^2$
- površina na koju puše vjetar: $A_1 = 35 \text{ m}^2$
- sila udara vjetra: $F_D = w_D \times A_1 = 19,3 \text{ kN}$

Trenje vjetra

- koeficijent trenja na površinu krova: $c_{fr} = 0,04$ (vrlo gruba površina)
- vršni pritisak vjetra: $q_p(z) = 0,79 \text{ kN/m}^2$
- površina krova na koju djeluje trenje: $A_2 = 252 \text{ m}^2$ (površina krova glavnog broda)
- sila od trenja vjetra: $F_{tr} = c_{fr} \times q_p(z) \times A_2 = 0,04 \times 0,79 \times 252 = 7,96 \text{ kN}$

Horizontalnu silu u uzdužnom smjeru u jednom presjeku krovišta prenosi 3 elemenata (1 sljemena prečka, 2 podrožnice i 2 nazidnice). Ukupno opterećenje po jednom elementu je stoga:

- ukupno proračunsko djelovanje vjetra: $F_{Ed,uk} = 1,5 \times (19,3 + 7,96)/5 = \underline{8,04 \text{ kN}}$

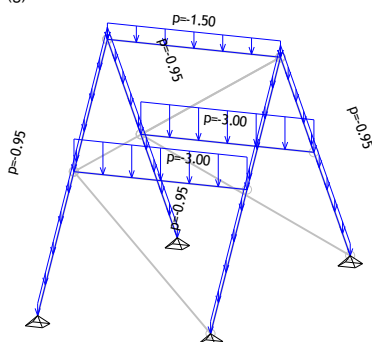
Potres

- težina konstrukcije krovišta (očitano) $g_k = 61,7 \text{ kN}$
- težina daščane oplata i pokrova $g_p = 174 \text{ m}^2 \times 1,00 \text{ kN/m}^2 = 174 \text{ kN}$
- ukupna težina krovišta $G = 236 \text{ kN}$
- sila potresa na krovište $F_{b,d} = a_g \times S \times 2,5/q \times G/g = 0,186g \times 1,15 \times (2,5/2,0) \times (236/g) / 5 = \underline{12,6 \text{ kN}} \rightarrow \text{mjerodavno!}$

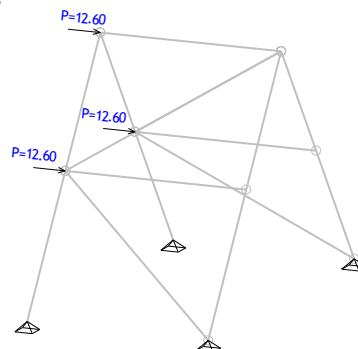
Djelovanja

| Lista slučajeva opterećenja | | | | |
|-----------------------------|-------------|---------|---------|---------|
| LC | Naziv | pX [kN] | pY [kN] | pZ [kN] |
| 1 | Stalno (g) | 0.00 | 0.00 | -58.22 |
| 2 | Potres | -37.80 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | Komb.: I+II | -37.80 | 0.00 | -58.22 |

Opt. 1: Stalno (g)



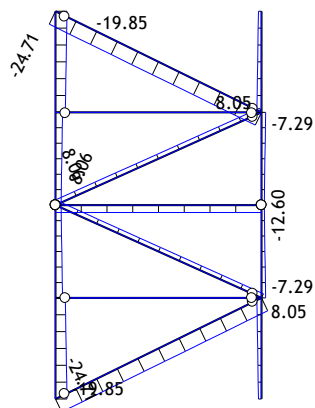
Opt. 2: Potres



U nastavku su dane rezne sile za sve elemente krovnog sprega te njihova provjera i dimenzioniranje.

Rezne sile

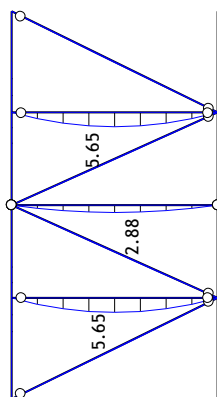
Opt. 3: I+II



Pogled: Kosina1+Kosina2

Utjecaji u gredi: max N1= 8.06 / min N1= -24.71 kN

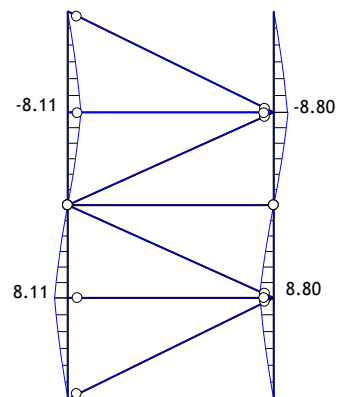
Opt. 3: I+II



Pogled: Kosina1+Kosina2

Utjecaji u gredi: max M3= 5.65 / min M3= -0.00...

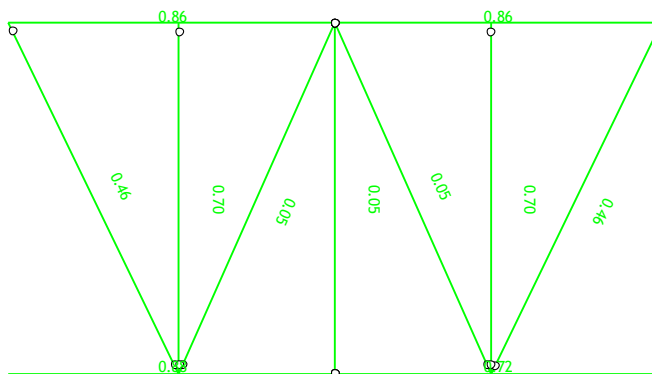
Opt. 3: I+II



Pogled: Kosina1+Kosina2

Utjecaji u gredi: max M2= 8.80 / min M2= -8.80...

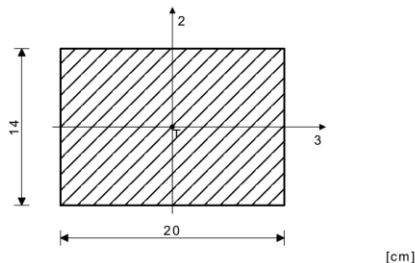
Dimenzioniranje



Rog – pojačani rog obostranim elementom b/h = 4/20 cm

Pogled: Kosina1+Kosina2
Kontrola stabilnosti

ŠTAP 4-7

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma = 0.86$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, na 316.3 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | -17.055 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | 1.611 kN |
| Moment savijanja oko osi 2 | M2ed = | -8.104 kNm |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | 0.000 kNm |

KONTROLA NAPONA - TLAK I SAVIJANJE
Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

| | |
|--------------|-------|
| Kmod = | 0.800 |
| $\gamma_m =$ | 1.300 |
| Kh_2 = | 1.000 |

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

| | |
|----------|------------|
| Kh_3 = | 1.014 |
| km = | 0.700 |
| fc,0,k = | 18.000 MPa |
| fc,0,d = | 11.077 MPa |
| fm,k = | 18.000 MPa |
| fm,2,d = | 11.077 MPa |
| fm,3,d = | 11.231 MPa |

Faktor oblika (za pravokutni presjek)
Karakteristična tlačna čvrstoća
Računska tlačna čvrstoća
Karakteristična čvrstoća na savijanje
Računska čvrstoća na savijanje - os 2
Računska čvrstoća na savijanje - os 3

| | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Relativna vitkost | $\lambda_{rel,2} =$ | 0.917 |
| Relativna vitkost | $\lambda_{rel,3} =$ | 1.309 |
| Normalni tlačni napon | $\sigma_{c,0,d} =$ | 0.609 MPa |
| Moment otpora | W2 = | 933.33 cm ³ |
| Normalni napon savijanja oko osi 2 | $\sigma_{m,2,d} =$ | 8.683 MPa |

$$\sigma_{m,2,d} \leq f_{m,2,d} (8.683 \leq 11.077)$$

Iskorišćenje presjeka je 78.4%

TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST

| | | |
|----------------------|-------------|-------|
| Početna imperfekcija | $\beta_c =$ | 0.200 |
| Koeficijent | k3 = | 1.458 |
| Koeficijent | k2 = | 0.982 |
| Koeficijent | kc,3 = | 0.476 |
| Koeficijent | kc,2 = | 0.750 |

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d} \leq 1 (0.857 \leq 1)$$

Iskorišćenje presjeka je 85.7%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,3,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,2,d}) \leq 1 (0.664 \leq 1)$$

Iskorišćenje presjeka je 66.4%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, kraj štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Poprečna sila u pravcu osi 3 | V3ed = | -3.717 kN |
|------------------------------|--------|-----------|

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Karakteristični posmični napon

Računska posmična čvrstoća

Površina poprečnog presjeka

Stvarni posmični napon(os 3)

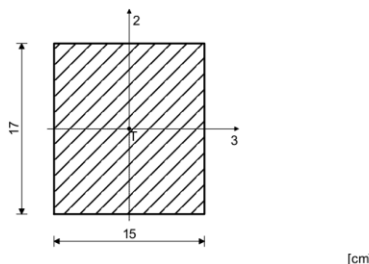
| | |
|--------------------|------------------------|
| Kmod = | 0.800 |
| $\gamma_m =$ | 1.300 |
| f _{v,k} = | 3.400 MPa |
| f _{v,d} = | 2.092 MPa |
| A = | 280.00 cm ² |
| $\tau_{3,d} =$ | 0.199 MPa |

$$\tau_{3,d} \leq f_{v,d} (0.199 \leq 2.092)$$

Iskorišćenje presjeka je 9.5%

Podrožnica

ŠTAP 3-6

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C18
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma = 0.70$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, na 180.0 cm od početka štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|------------|
| Računska uzdužna sila | Ned = | 0.000 kN |
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -0.313 kN |
| Moment savijanja oko osi 3 | M3ed = | -5.571 kNm |

KONTROLA NAPONA - SAVIJANJE
Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrajno
Korekcijski koeficijent
Parcijalni koef. za svojstva gradiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2

| | |
|--------------|-------|
| Kmod = | 0.800 |
| $\gamma_m =$ | 1.300 |
| Kh_2 = | 1.000 |

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

| | |
|--------|------------------------|
| Kh_3 = | 1.000 |
| km = | 0.700 |
| fm,k = | 18.000 MPa |
| fm,d = | 11.077 MPa |
| W3 = | 722.50 cm ³ |

Faktor oblika (za pravokutni presjek)
Karakteristična čvrstoća na savijanje
Računska čvrstoća na savijanje
Moment otpora

| | | |
|------------------------------------|--------------------|-----------|
| Normalni napon savijanja oko osi 3 | $\sigma_{m,3,d} =$ | 7.711 MPa |
|------------------------------------|--------------------|-----------|

$$\sigma_{m,3,d} \leq f_{m,3,d} (7.711 \leq 11.077)$$

Iskorišćenje presjeka je 69.6%

DOKAZ BOČNE STABILNOSTI

Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Razmak pridržajnih točaka okomitih na pravac osi 2

5% fraktil modula E paralelno vlaknima

5% fraktil modula posmika G

Torzijski moment inercije

Moment otpora

Kritični napon izvijanja

Relativna vitkost za izvijanje

Koeficijent

Normalni napon savijanja oko osi 3

| | |
|---------------------|------------------------|
| Kmod = | 0.800 |
| $\gamma_m =$ | 1.300 |
| l _{ef} = | 380.00 cm |
| E _{0.05} = | 6000.0 MPa |
| G _{0.05} = | 370.00 MPa |
| I _{tor} = | 9038.6 cm ⁴ |
| I ₂ = | 4781.3 cm ⁴ |
| W3 = | 722.50 cm ³ |
| $\sigma_{m,crit} =$ | 112.08 MPa |
| $\lambda_{rel} =$ | 0.401 |
| k _{krit} = | 1.000 |
| $\sigma_{m,3,d} =$ | 7.711 MPa |

$$\sigma_{m,3,d} \leq k_{krit} \times f_{m,3,d} (7.711 \leq 11.077)$$

Iskorišćenje presjeka je 69.6%

KONTROLA POSMIČNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, početak štapa)

| | | |
|------------------------------|--------|-----------|
| Poprečna sila u pravcu osi 2 | V2ed = | -5.942 kN |
|------------------------------|--------|-----------|

KONTROLA NAPONA - POSMIK

Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrajno

Korekcijski koeficijent

Parcijalni koef. za svojstva gradiva

Karakteristični posmični napon

Računska posmična čvrstoća

Površina poprečnog presjeka

Stvarni posmični napon(os 2)

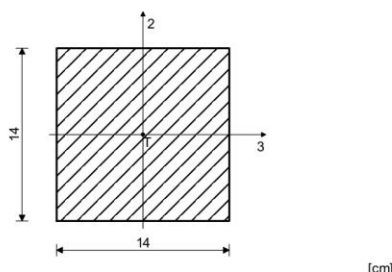
| | |
|--------------------|------------------------|
| Kmod = | 0.800 |
| $\gamma_m =$ | 1.300 |
| f _{v,k} = | 3.400 MPa |
| f _{v,d} = | 2.092 MPa |
| A = | 255.00 cm ² |
| $\tau_{2,d} =$ | 0.350 MPa |

$$\tau_{2,d} \leq f_{v,d} (0.350 \leq 2.092)$$

Iskorišćenje presjeka je 16.7%

Kosnik

ŠTAP 1-6

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C24
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma=0.46$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, početak štapa)

Računska uzdužna sila Ned = -24.710 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK
Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrojno
Korekcijski koeficijent

Kmod = 0.800

Parcijalni koef. za svojstva građiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2 $\gamma_m = 1.300$ $K_{h,2} = 1.014$

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

 $K_{h,3} = 1.014$

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

 $k_m = 0.700$

Karakteristična tlačna čvrstoća

 $f_{c,0,k} = 21.000 \text{ MPa}$

Računska tlačna čvrstoća

 $f_{c,0,d} = 12.923 \text{ MPa}$

Karakteristična čvrstoća na savijanje

 $f_{m,k} = 24.000 \text{ MPa}$

Računska čvrstoća na savijanje

 $f_{m,d} = 14.974 \text{ MPa}$

Relativna vitkost

 $\lambda_{rel,2} = 2.075$

Relativna vitkost

 $\lambda_{rel,3} = 2.075$

Normalni tlačni napon

 $\sigma_{c,0,d} = 1.261 \text{ MPa}$

TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST

Početna imperfekcija

 $\beta_c = 0.200$

Koeficijent

 $k_3 = 2.829$

Koeficijent

 $k_2 = 2.829$

Koeficijent

 $k_{c,3} = 0.210$

Koeficijent

 $k_{c,2} = 0.210$

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad (0.464 \leq 1)$$

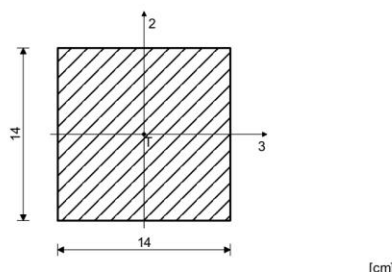
Iskorištenje presjeka je 46.4%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) \leq 1 \quad (0.464 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 46.4%

Sljemena prečka

ŠTAP 7-10

Puno drvo crnogorica i bjelogorica - C24
Klasa uporabljivosti 2
EUROCODE (EN 1995-1-1)FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma=0.05$ KONTROLA NORMALNIH NAPONA
(slučaj opterećenja 3, početak štapa)

Računska uzdužna sila Ned = -12.600 kN

KONTROLA NAPONA - TLAK
Vrsta opterećenja: osnovno - srednjetrojno
Korekcijski koeficijent

Kmod = 0.800

Parcijalni koef. za svojstva građiva
Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 2 $\gamma_m = 1.300$ $K_{h,2} = 1.014$

Dodatak za elemente sa malim dimenzijama - os 3

 $K_{h,3} = 1.014$

Faktor oblika (za pravokutni presjek)

 $k_m = 0.700$

Karakteristična tlačna čvrstoća

 $f_{c,0,k} = 21.000 \text{ MPa}$

Računska tlačna čvrstoća

 $f_{c,0,d} = 12.923 \text{ MPa}$

Karakteristična čvrstoća na savijanje

 $f_{m,k} = 24.000 \text{ MPa}$

Računska čvrstoća na savijanje

 $f_{m,d} = 14.974 \text{ MPa}$

Relativna vitkost

 $\lambda_{rel,2} = 0.399$

Relativna vitkost

 $\lambda_{rel,3} = 0.399$

Normalni tlačni napon

 $\sigma_{c,0,d} = 0.643 \text{ MPa}$

TLAK I SAVIJANJE - VELIKA VITKOST

Početna imperfekcija

 $\beta_c = 0.200$

Koeficijent

 $k_3 = 0.589$

Koeficijent

 $k_2 = 0.589$

Koeficijent

 $k_{c,3} = 0.977$

Koeficijent

 $k_{c,2} = 0.977$

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,2} \times f_{c,0,d})) + k_m \times (\sigma_{m,3,d} / f_{m,d}) + \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1 \quad (0.051 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 5.1%

$$(\sigma_{c,0,d} / (k_{c,3} \times f_{c,0,d})) + \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} + k_m \times (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) \leq 1 \quad (0.051 \leq 1)$$

Iskorištenje presjeka je 5.1%

Sljemenača se prihvaća za zid tornja tako da se jednostrano pričvrsti čelični UPE80 profil pomoću 3 vijka M16, dok se na drugoj strani profila zavari navojna šipka promjera 20 mm koja se ubušava kroz opečni zid i prihvaća podložnom pločicom 200x200x20 mm.

Kontrola spojnih sredstava i anker pločica:

1) Vijci opterećeni na posmik

- kvalitete materijala: 5.6
- promjer vijaka: M16
- posmična otpornost jednog vijka za dvije rezne ravnine: $F_{v,Rk} = 94,2 \text{ kN}$

$$\text{Uvjet nosivosti: } n \times F_{v,Rk} / \gamma_{M2} = 3 \cdot 94,2 / 1,25 = 226,1 \text{ kN} > V_{Ed} = 12,6 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen

2) Otpornost zavaraz između šipke i UPE profila

- kvaliteta materijala: S355
- duljina zavaraz: 2x150 mm
- minimalna debljina zavaraz: $a = 3 \text{ mm}$
- nosivost zavaraz: $F_{w,Rk} = f_u \times a \times L / (\sqrt{3} \times \beta_w) = 510 \times 3 \times 300 / (\sqrt{3} \times 0,9) = 298 \text{ kN}$

$$\text{Uvjet nosivosti: } F_{w,Rk} / \gamma_{M2} = 298 / 1,25 = 238 \text{ kN} > V_{Ed} = 12,6 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen

3) Navojna šipka opterećena uzdužnom silom

- kvaliteta materijala: 5.6
- promjer šipke: 20 mm
- vlačna otpornost šipke: $F_{t,Rk} = 110,3 \text{ kN}$

$$\text{Uvjet nosivosti: } F_{t,Rk} / \gamma_{M2} = 110,3 / 1,25 = 88,2 \text{ kN} > N_{Ed} = 12,6 \text{ kN}$$

Uvjet zadovoljen

4) Kontrola tlačne otpornosti zida ispod sidrene pločice

- površina sidrene pločice: $A = 400 \text{ cm}^2$
- tlačna čvrstoća ziđa (prosječna vrijednost iz klasifikacije): $f_m = 0,56 \text{ kN/cm}^2$

$$\text{Uvjet nosivosti: } N_{Ed} / A = 12,6 / 400 = 0,03 \text{ kN/cm}^2 < f_m = 0,56 / 1,35 = 0,41 \text{ kN/cm}^2$$

Uvjet zadovoljen

5.3.3 Provjera krovišta tornja na prevrtanje

Proračun krovišta tornja na prevrtanje računa se pri mjerodavnom horizontalnom djelovanju. Rezultat proračuna je dimenzioniranje ankera (navojnih šipki) na vlačno naprezanje. Na strani sigurnosti, kapa tornja se promatra kao reklamni pano sukladno normi HRN EN 1991-1-4. Koeficijent sile se očitava za reklamne panoe.

Analiza djelovanja

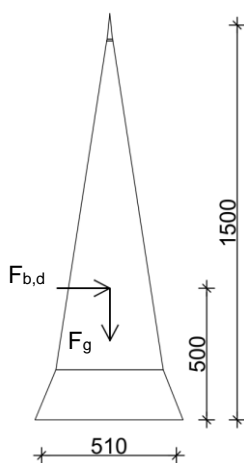
Vjetar

- opterećenje u smjeru duže strane krovišta: $q_p = 0,79 \text{ kN/m}^2$
- površina na koju puše vjetar: $A_1 = 36,7 \text{ m}^2$
- koeficijent sile vjetra: $c_f = 1,8$
- sila udara vjetra: $F_w = q_p \times A_1 \times c_f = \underline{52,2 \text{ kN}} \rightarrow \text{mjerodavno!}$

Potres

- ukupna težina krovišta $G = 90,0 \text{ kN}$
- sila potresa na krovište $F_{b,d} = a_g \times S \times 2,5/q \times G/g =$
 $= 0,186g \times 1,15 \times (2,5/2,0) \times (90,0/g) =$
 $= \underline{24,1 \text{ kN}}$

Kontrola stabilnosti kape tornja uslijed horizontalnog djelovanja



Horizontalno djelovanje od vjetra: $F_w = 52,2 \text{ kN}$
Moment prevrtanja: $M_{Ed} = F_{b,d} \times h = 52,2 \times 5,0 = 261 \text{ kNm}$

Težina krovišta tornja $F_g = 90,0 \text{ kN}$
Moment prevrtanja: $M_{Ed} = F_{b,d} \times h = 90 \times 2,55 = 230 \text{ kNm}$

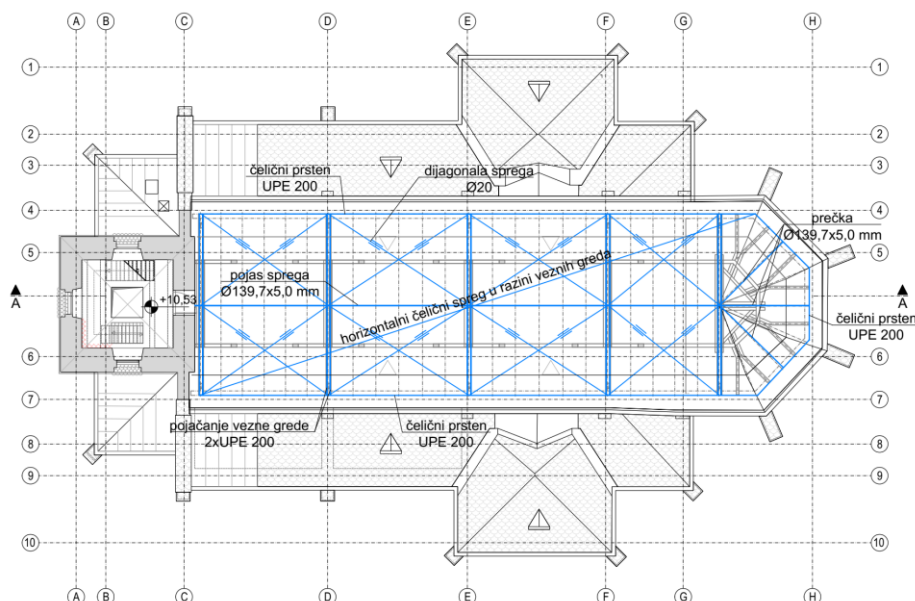
→ potrebno je osigurati kapu tornja na prevrtanje. Kapa tornja se sidri u zidove sidrima. Razliku momenata preuzimaju sidra.

Odabire se: M20 sidrenih vijaka na svakih 1,0 m, kv. 5.6. Dubina sidrenja je 50 cm u postojeće zidove tornja.

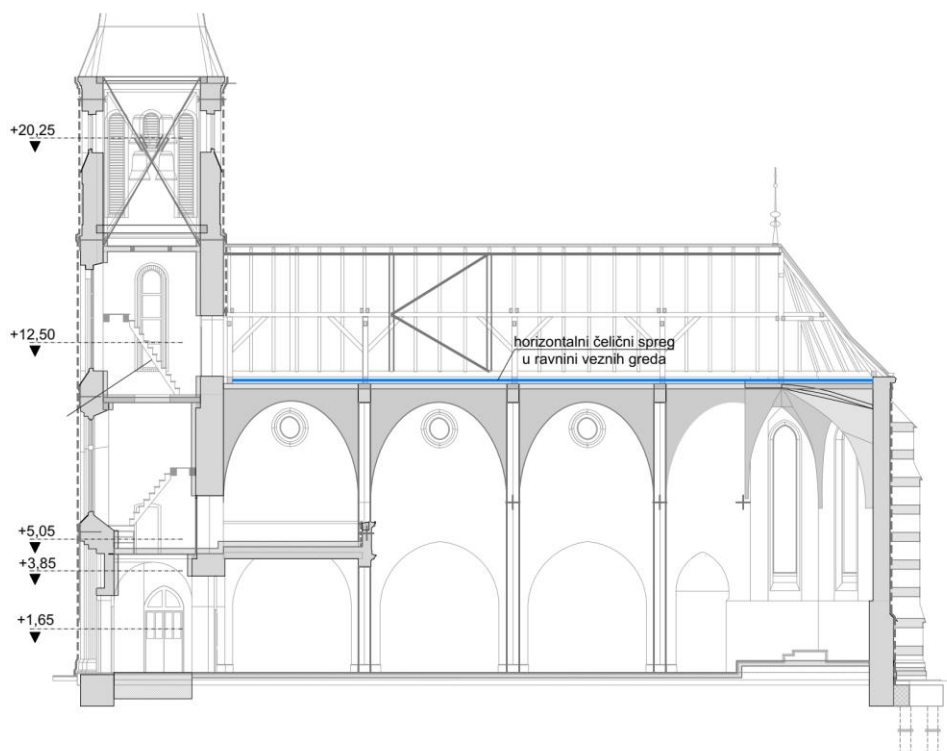
5.4 Crkva

5.4.1 Proračun konstrukcije horizontalnog čeličnog sprega

Jedan od nedostataka građevine je nepostojanje horizontalne krute dijafragme koja međusobno povezuje sve zidove konstrukcije i omogućuje približno sandučasto ponašanje, čime se horizontalne sile uslijed djelovanja potresa ravnomjerno raspoređuju na svaki od zidova u omjeru njihove krutosti. Kako bi se približila konstrukcija predmetne građevine ovoj vrsti ponašanja, predviđa se izvedba čeličnog horizontalnog sprega u razini veznih greda krovišta.

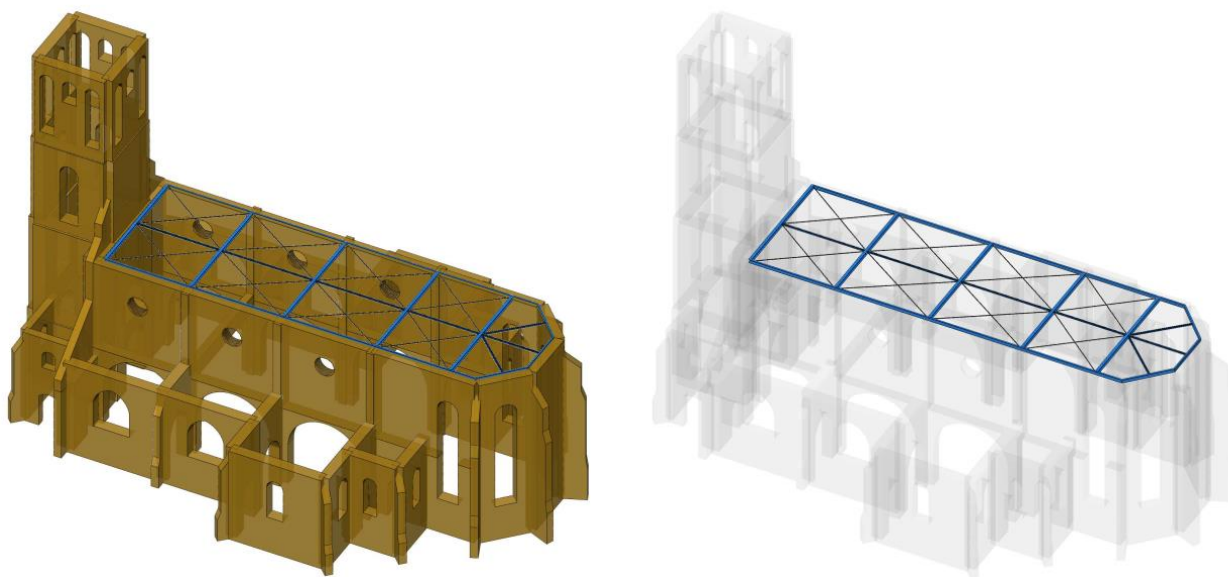


Slika 5-15 Tlocrtni položaj horizontalnog čeličnog sprega

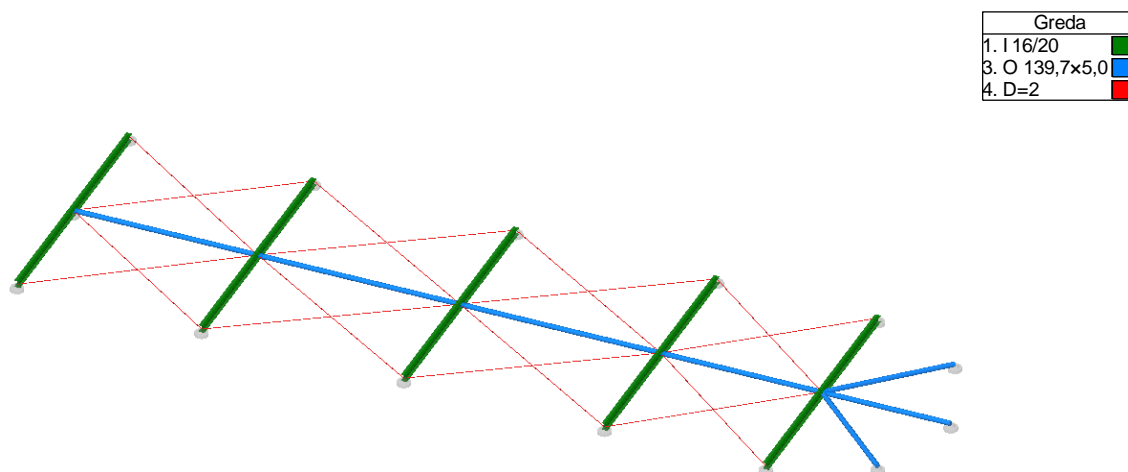


Slika 5-16 Visinski položaj horizontalnog čeličnog sprega

Proračun se provodi na 3D štapnom modelu u programskom paketu Tower 8.4. Tlocrtna dimenzija horizontalnog čeličnog sprega su 24,5 x 7,3 m a sastoji se od punih vlačnih dijagonala Ø20 mm i pojaseva izvedenih od okruglih cijevnih profila Ø139,7 x 5,0. Pojasevi horizontalnog sprega su na krajevima usidreni na horizontalni serklaž izveden od čeličnog profila UPE 200 koji se ugrađuje u razini vijenca zidova broda i apsida, dok se u polju povezuju na postojeće vezne grede visulje b/h = 20/20 cm koje su sa svake strane pojačane čeličnim profilom UPE 200. Kvaliteta čelika je S355J2. Svi izvedbeni detalji dani su u poglavlju 6 Karakteristični izvedbeni detalji.



3D proračunski model



Setovi numeričkih podataka
Greda (1,3,4)

Ulazni podaci

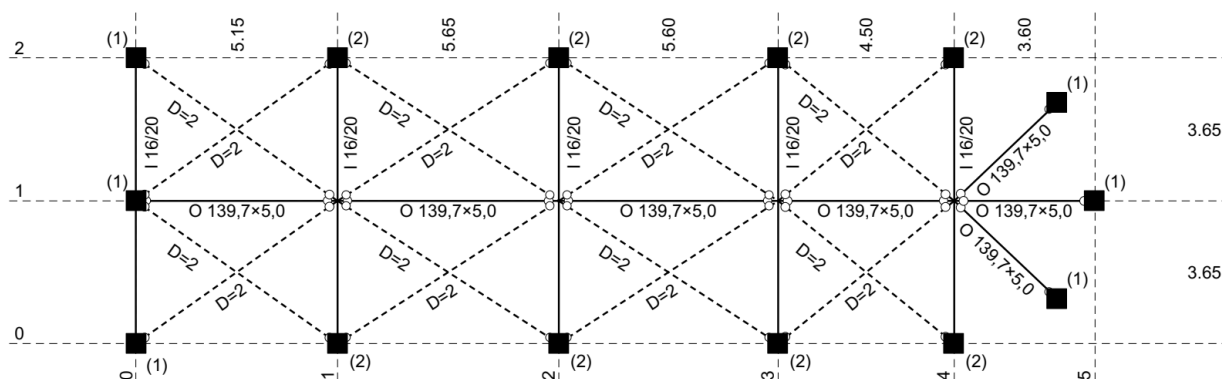


Tabela materijala

| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ [kN/m ³] | α [1/C] | Em[kN/m ²] | μ m |
|----|------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|----------------|------------------------|---------|
| 1 | Čelik | 2.100e+8 | 0.30 | 78.50 | 1.000e-5 | 2.100e+8 | 0.30 |

Setovi greda

Set: 1 Presjek: I 16/20, Fiktivna ekscentričnost

| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 5.656e-3 | 2.351e-3 | 3.370e-3 | 2.445e-7 | 7.535e-6 | 3.711e-5 |

Set: 3 Presjek: O 139,7x5,0, Fiktivna ekscentričnost

| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 2.116e-3 | 1.058e-3 | 1.058e-3 | 9.610e-6 | 4.805e-6 | 4.805e-6 |

Set: 4 Presjek: D=2, Jednostavan nelinearan (vlačni) štap, Fiktivna ekscentričnost

| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 3.142e-4 | 2.827e-4 | 2.827e-4 | 1.571e-8 | 7.854e-9 | 7.854e-9 |

Setovi točkastih ležajeva

| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
|-----|-----------|-----------|-----------|------|------|------|
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |
| 2 | 1.000e+10 | 1.050e+3 | 1.000e+10 | | | |

*Napomena: Na mjestima oslanjanja sprega na zidove glavnog broda, uzeta je u obzir bočna krutost istih.

Analiza djelovanja*Proračun težine za izračun sile potresa na spreg:*Zidovi (gornja polovica)

Duljina zidova: $l = 24,3 \text{ m}$
Visina zidova: $h = 2,90 \text{ m}$
Širina zidova: $b = 0,67 \text{ m}$
Težina ziđa: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Ukupna težina ziđa: $G_1 = 2 \times 20 \times (24,3 \times 2,90 \times 0,67) = 1888,6 \text{ kN}$

Krovište i pokrov

Težina krovne konstrukcije: $g = 0,3 \text{ kN/m}^2$
Težina pokrova: $g = 0,7 \text{ kN/m}^2$
Ukupna težina krova: $G_2 = 1,0 \times 24,3 \times 5,9 \times 2 = 286,7 \text{ kN}$

Ukupna masa za proračun sile od potresa: $G_{uk} = G_1 + G_2 = 1888,6 + 286,7 = 2175,3 \text{ kN}$

Sila potresa na horizontalnu dijafragmu: $F_{b,d} = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \cdot G/g =$
 $= 0,262g \cdot 1,15 \cdot (2,5/2,5) \cdot (2175,3/g) = 465,3 \text{ kN}$

Sila potresa na horizontalni spreg po čvorovima: $F_{b,d} = 465,3/5 = 93,1 \text{ kN}$

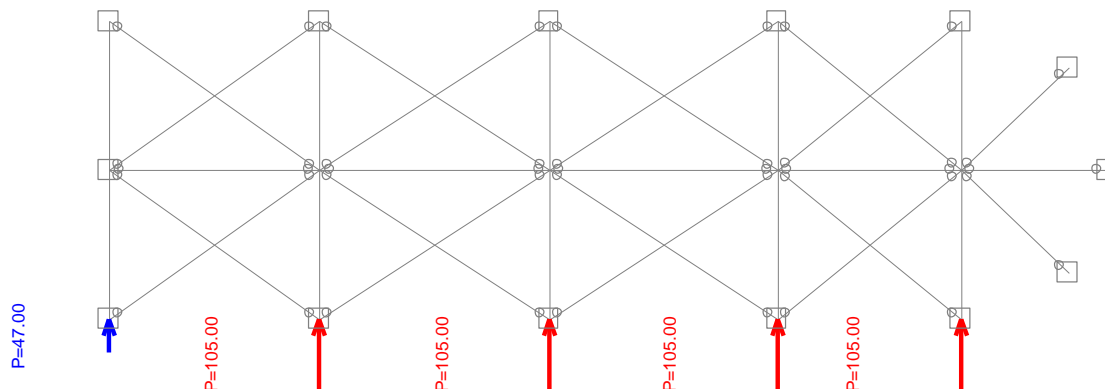
Rubni ležaj preuzima pola sile, a ostatak sile se raspodjeljuje na preostale ležajeve: $F_{b,d} / 2 = 93,1 / 2 = 46,6 \text{ kN}$

Unutarnji čvorovi: $F_{b,d} = 93,1 + (46,6 / 4) = 104,8 \text{ kN}$

| Lista slučajeva opterećenja | | |
|-----------------------------|-------------|--|
| LC | Naziv | |
| 1 | Stalno (g) | |
| 2 | Potres | |
| 3 | Komb.: I+II | |

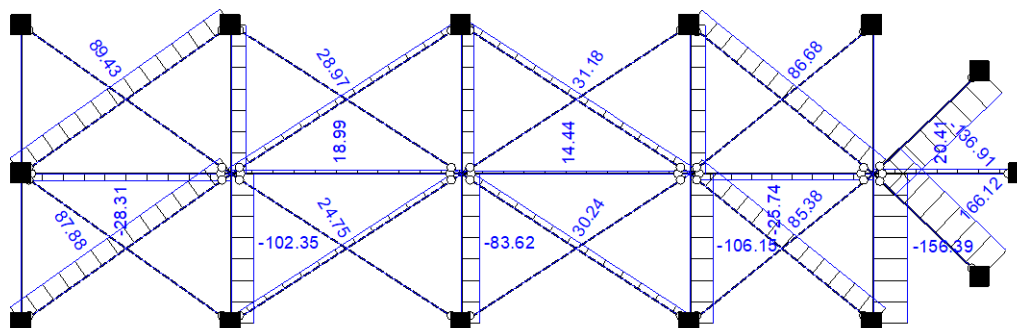
Opt. 2: Potres / Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m]

| Točkasto opterećenje | |
|----------------------------|--|
| 1. $P = 105.00 \text{ kN}$ | |
| 2. $P = 47.00 \text{ kN}$ | |



Rezultati statičkog proračuna

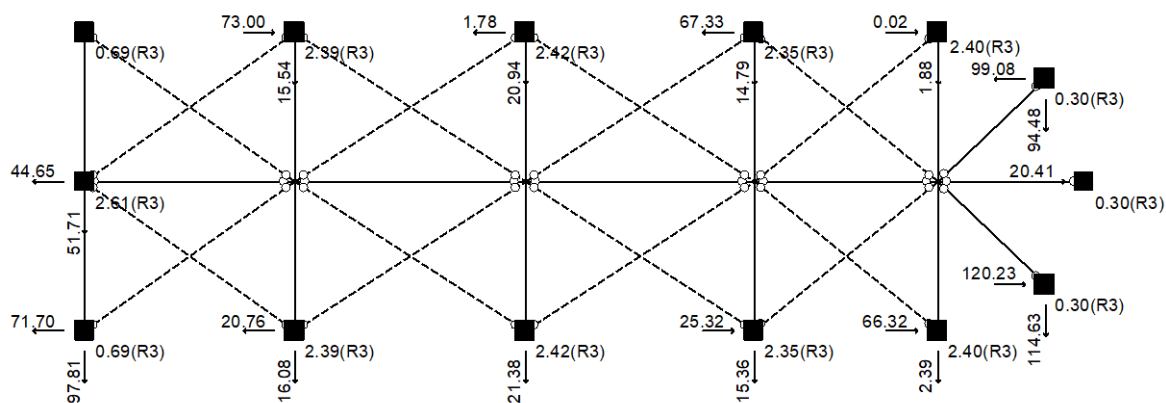
Opt. 3: I+II



Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m]

Utjecaji u gredi: max N1= 166.12 / min N1= -156.39 kN

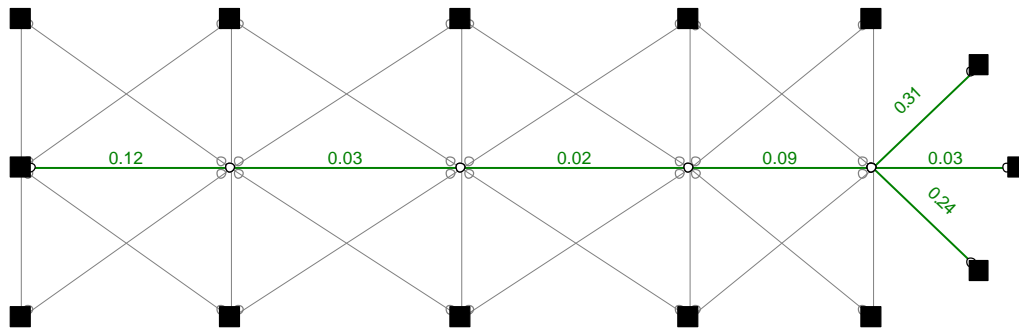
Opt. 3: I+II



Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m]

Reakcije ležajeva

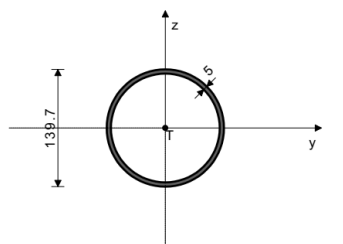
Pojas sprega 139,7x5,0



Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m] - Grupa: Pojas sprega
Kontrola stabilnosti

Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m] - Grupa: Pojas sprega
Kontrola stabilnosti
ŠTAP 18-14
POPREČNI PRESJEK: Cjevasti [S 355] [Set: 3]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



($f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$)

| | | |
|---------------|---|------------------------|
| A_x | = | 21.160 cm ² |
| A_y | = | 10.580 cm ² |
| A_z | = | 10.580 cm ² |
| I_x | = | 961.00 cm ⁴ |
| I_y | = | 480.50 cm ⁴ |
| I_z | = | 480.50 cm ⁴ |
| W_y | = | 68.790 cm ³ |
| W_z | = | 68.790 cm ³ |
| $W_{y,pl}$ | = | 90.762 cm ³ |
| $W_{z,pl}$ | = | 90.762 cm ³ |
| γ_{M0} | = | 1.000 |
| γ_{M1} | = | 1.100 |
| γ_{M2} | = | 1.250 |
| A_{net}/A | = | 0.900 |

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma = 0.31$

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 3, na 161.8 cm od početka štapa)

| | | | |
|----------------------------|------------|---|------------|
| Računska uzdužna sila | N_{Ed} | = | -136.91 kN |
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z}$ | = | 0.034 kN |
| Moment savijanja oko y osi | $M_{Ed,y}$ | = | 0.270 kNm |
| Sistemska dužina štapa | L | = | 364.06 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA
Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

Uvjet 6.9: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$ (136.91 ≤ 751.18)

$N_{c,Rd} = 751.18 \text{ kN}$

6.2.5 Savijanje y-y

Plastični moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (0.27 ≤ 32.22)

$W_{y,pl} = 90.762 \text{ cm}^3$

$M_{c,Rd} = 32.221 \text{ kNm}$

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (0.03 ≤ 216.85)

$V_{pl,Rd,z} = 216.85 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z} = 216.85 \text{ kN}$

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\% V_{pl,Rd,z}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$ 0.182
Uvjet 6.41: (0.01 ≤ 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

Relativna vitkost y-y

Krivulja izvijanja za os y-y: A

Elastična kritična sila

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$ (136.91 ≤ 454.61)

$I_y = 364.06 \text{ cm}^4$

$\lambda_{y} = 1.000$

$\alpha = 0.210$

$N_{cr,y} = 751.41 \text{ kN}$

$\chi_y = 0.666$

$N_{b,Rd,y} = 454.61 \text{ kN}$

Dužina izvijanja z-z

Relativna vitkost z-z

Krivulja izvijanja za os z-z: A

Redukcijski koeficijent

Računska otpornost na izvijanje

Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$ (136.91 ≤ 454.61)

$I_z = 364.06 \text{ cm}^4$

$\lambda_{z} = 1.000$

$\alpha = 0.210$

$\chi_z = 0.666$

$N_{b,Rd,z} = 454.61 \text{ kN}$

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom

metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent uniformnog momenta

Koeficijent interakcije

Koeficijent interakcije

Koeficijent interakcije

Koeficijent interakcije

Koeficijent interakcije

$C_{my} = 0.950$

$C_{mz} = 1.000$

$C_{mLT} = 0.950$

$k_{yy} = 1.179$

$k_{yz} = 0.745$

$k_{zy} = 0.707$

$k_{zz} = 1.241$

Redukcijski koeficijent

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$

$k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$

Uvjet 6.61: (0.31 ≤ 1)

$\chi_y = 0.666$

0.301

0.011

Redukcijski koeficijent

$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$

$k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$

Uvjet 6.62: (0.31 ≤ 1)

$\chi_z = 0.666$

0.301

0.007

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK

(slučaj opterećenja 3, početak štapa)

Računska uzdužna sila

Poprečna sila u z pravcu

Sistemska dužina štapa

$N_{Ed} = -136.91 \text{ kN}$

$V_{Ed,z} = 0.302 \text{ kN}$

$L = 364.06 \text{ cm}$

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

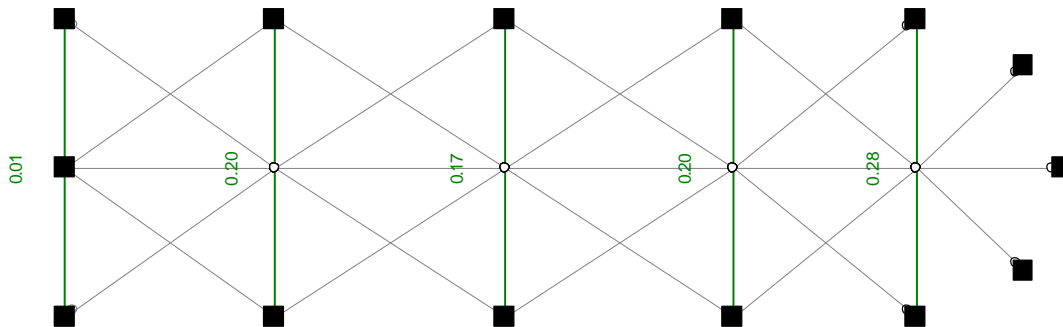
Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (0.30 ≤ 216.85)

$V_{pl,Rd,z} = 216.85 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z} = 216.85 \text{ kN}$

Pojas pojačanje vezne grede 2xUPE200



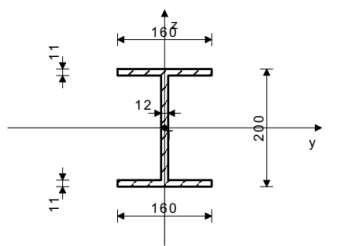
Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m] - Grupa: Pojačanje vezne grede
Kontrola stabilnosti

Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m] - Grupa: Pojačanje vezne grede
Kontrola stabilnosti

ŠTAP 17-12

POPREČNI PRESJEK: I-presjek [S 355] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



($f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$)

| | |
|-----------------|------------------------|
| $A_x =$ | 56.560 cm ² |
| $A_y =$ | 35.200 cm ² |
| $A_z =$ | 21.360 cm ² |
| $I_x =$ | 24.450 cm ⁴ |
| $I_y =$ | 3711.0 cm ⁴ |
| $I_z =$ | 753.50 cm ⁴ |
| $W_y =$ | 371.10 cm ³ |
| $W_z =$ | 94.187 cm ³ |
| $W_{y,pl} =$ | 427.69 cm ³ |
| $W_{z,pl} =$ | 140.80 cm ³ |
| $\gamma_{M0} =$ | 1.000 |
| $\gamma_{M1} =$ | 1.100 |
| $\gamma_{M2} =$ | 1.250 |
| $A_{net}/A =$ | 0.900 |

[mm]

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma = 0.28$ ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 3, na 365.0 cm od početka štapa)

| | | |
|----------------------------|--------------|------------|
| Računska uzdužna sila | $N_{Ed} =$ | -156.39 kN |
| Poprečna sila u y pravcu | $V_{Ed,y} =$ | -0.016 kN |
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z} =$ | -0.710 kN |
| Moment savijanja oko y osi | $M_{Ed,y} =$ | 5.550 kNm |
| Moment savijanja oko z osi | $M_{Ed,z} =$ | 0.059 kNm |
| Sistemska dužina štapa | $L =$ | 730.00 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA
Klasa presjeka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak
Uvjet 6.9: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$ (156.39 <= 2007.88)

$N_{c,Rd} =$ 2007.9 kN

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (5.55 <= 107.87)

$W_{y,eff} =$ 303.85 cm³
 $M_{c,Rd} =$ 107.87 kNm

6.2.5 Savijanje z-z

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,z} \leq M_{c,Rd,z}$ (0.06 <= 30.22)

$W_{z,eff} =$ 85.118 cm³
 $M_{c,Rd} =$ 30.217 kNm

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (0.71 <= 437.79)

$V_{pl,Rd,z} =$ 437.79 kN
 $V_{c,Rd,z} =$ 437.79 kN

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,y} \leq V_{c,Rd,y}$ (0.02 <= 696.54)

$V_{pl,Rd,y} =$ 696.54 kN

$V_{c,Rd,y} =$ 696.54 kN

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\% V_{pl,Rd,z}$; $V_{Ed,y} \leq 50\% V_{pl,Rd,y}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

0.078

Uvjet 6.41: (0.00 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

$I_y =$ 730.00 cm

Relativna vitkost y-y

$\lambda_{y,y} =$ 1.179

Krivulja izvijanja za os y-y: B

$\alpha =$ 0.340

Elastična kritična sila

$N_{cr,y} =$ 1443.3 kN

Redukcijski koeficijent

$\chi_{y,y} =$ 0.489

Računska otpornost na izvijanje

$N_{b,Rd,y} =$ 893.31 kN

Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$ (156.39 <= 893.31)

Dužina izvijanja z-z

$I_z =$ 365.00 cm

Relativna vitkost z-z

$\lambda_{z,z} =$ 1.309

Krivulja izvijanja za os z-z: C

$\alpha =$ 0.490

Redukcijski koeficijent

$\chi_{z,z} =$ 0.385

Računska otpornost na izvijanje

$N_{b,Rd,z} =$ 703.01 kN

Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$ (156.39 <= 703.01)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

$C1 =$ 1.365

Koeficijent

$C2 =$ 0.553

Koeficijent

$C3 =$ 1.730

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

$k =$ 1.000

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

$k_w =$ 1.000

Koordinata

$z_g =$ 0.000 cm

Koordinata

$z_j =$ 0.000 cm

Razmak bočno pridržanih točaka

$L =$ 365.00 cm

Sektorski moment inercije

$I_w =$ 67060 cm⁶

Krit.mom.za bočno torzizvijanje

$M_{cr} =$ 256.75 kNm

Odgovarajući moment otpora

$W_y =$ 427.69 cm³

Koeficijent imperf.

$\alpha_{LT} =$ 0.490

Bezdimenzionalna vitkost

$\lambda_{LT} =$ 0.769

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

$\chi_{LT} =$ 0.682

Računska otpornost na izvijanje

$M_{b,Rd} =$ 94.083 kNm

Uvjet 6.54: $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$ (5.55 <= 94.08)

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni

savijanjem i normalnim tlakom

Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom

metodom br. 2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta

$C_{my} =$ 0.900

Koeficijent uniformnog momenta

$C_{mz} =$ 0.900

Koeficijent uniformnog momenta

$C_{mLT} =$ 0.900

Koeficijent interakcije

$k_{yy} =$ 1.026

Koeficijent interakcije

$k_{yz} =$ 0.708

Koeficijent interakcije

$k_{zy} =$ 0.966

Koeficijent interakcije

$k_{zz} =$ 1.180

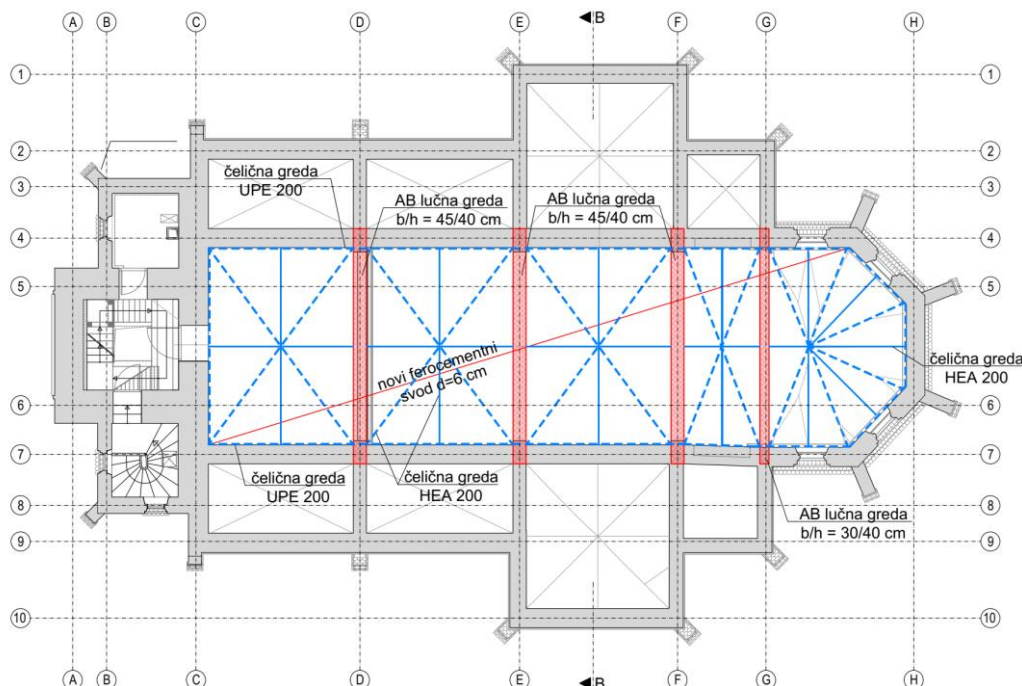
Redukcijski koeficijent

$\chi_y =$ 0.489

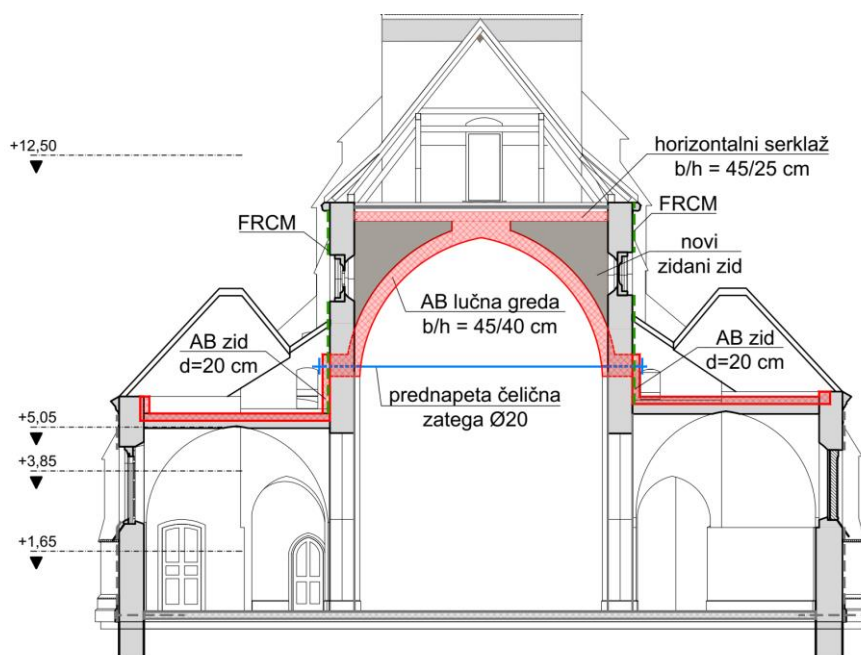
173

5.4.2 Proračun čelične potkonstrukcije ferocementnih svodova i lučne grede

Na pozicijama uklonjenih zidanih svodova izvodi se nova svodna struktura iste geometrije i vanjske obrade. Konstrukcijski je predviđena izvedba ferocementne ljuske debljine 6 cm oslonjene na nove armiranobetonske lučne grede te sustav dijagonalnih čeličnih greda s prihvatnim elementima za polje svoda. Glavna uloga novih armiranobetonskih lučnih greda $b/h = 45/40$ (30/40) cm je prihvat reakcija novog ferocementnog svoda te lokalna stabilizacija uzdužnih zidova crkve i horizontalna stabilizacija glavnog broda u poprečnom smjeru. Iznad novih lučnih greda izvodi se se omeđeno zide s horizontalnim serklažom $b/h = 45(30)/25$ cm, dok se u ležajnoj konstrukciji greda izvode prednapete zatege. Kvaliteta čelika je S355J2, a beton je razreda C25/30.



Slika 5-17 Tlocrtni položaj zahvata



Slika 5-18 Visinski položaj zahvata

Diagram illustrating the structural layout of a steel frame, showing dimensions and material specifications.

Dimensions:

- Horizontal span: 7.65 m (divided into two equal segments of 3.825 m).
- Vertical height: 5.65 m.

Material Specifications (Greda):

- 1. HEA 200 (Blue lines)
- 2. b/d=45/40 (Red dashed line)

Labels:

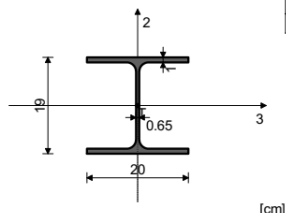
- Top left: Izometrija, Nivo: [3.80 m]
- Bottom left: Setovi numeričkih podataka, Greda (1,2)
- Bottom center: B
- Bottom right: C
- Top left corner: 1
- Top right corner: 0

Tabela materijala

| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ [kN/m ³] | α_t [1/C] | E_m [kN/m ²] | μ_m |
|----|------------------|-----------------------|-------|-------------------------------|------------------|----------------------------|---------|
| 1 | Čelik | 2.100e+8 | 0.30 | 78.50 | 1.000e-5 | 2.100e+8 | 0.30 |
| 2 | C25/30 | 3.100e+7 | 0.20 | 25.00 | 1.000e-5 | 3.100e+7 | 0.20 |

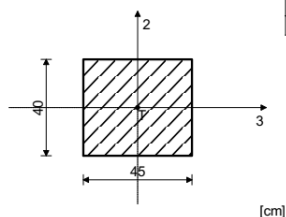
Setovi greda

Set: 1 Presjek: HEA 200, Fiktivna ekscentričnost



| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 5.380e-3 | 1.805e-3 | 3.575e-3 | 2.110e-7 | 1.340e-5 | 3.690e-5 |

Set: 2 Presjek: b/d=45/40, Fiktivna ekscentričnost

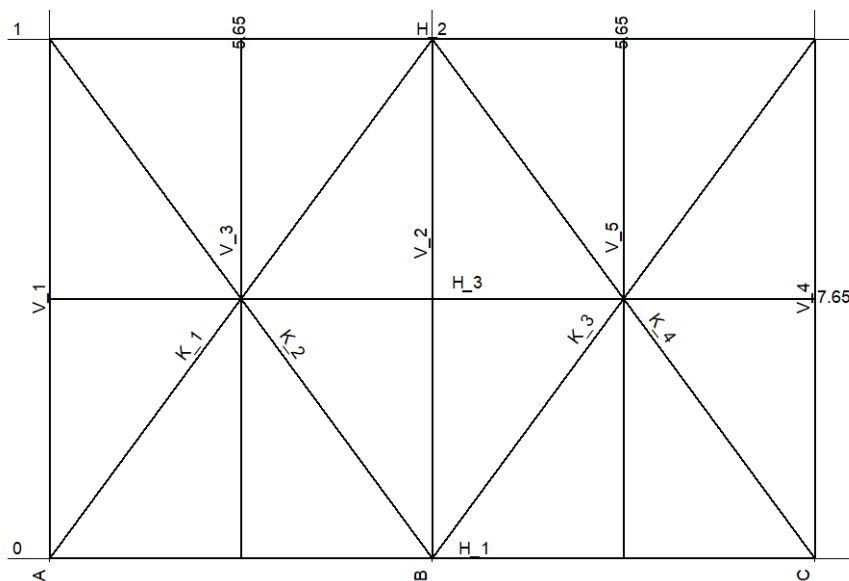


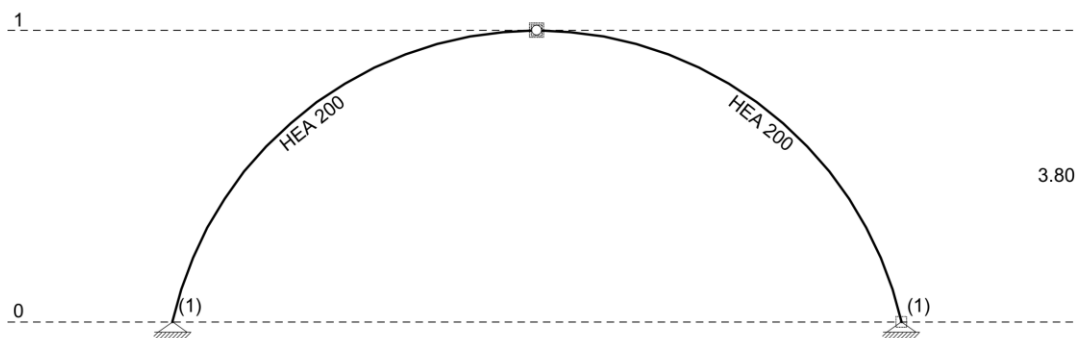
| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 - C25/30 | 1.800e-1 | 1.500e-1 | 1.500e-1 | 4.504e-3 | 3.038e-3 | 2.400e-3 |

Setovi točkastih ležajeva

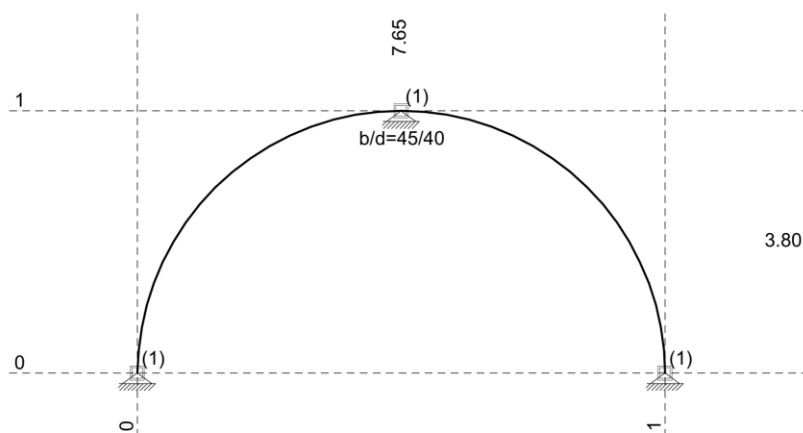
| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
|-----|-----------|-----------|-----------|------|------|------|
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |

Dispozicija okvira

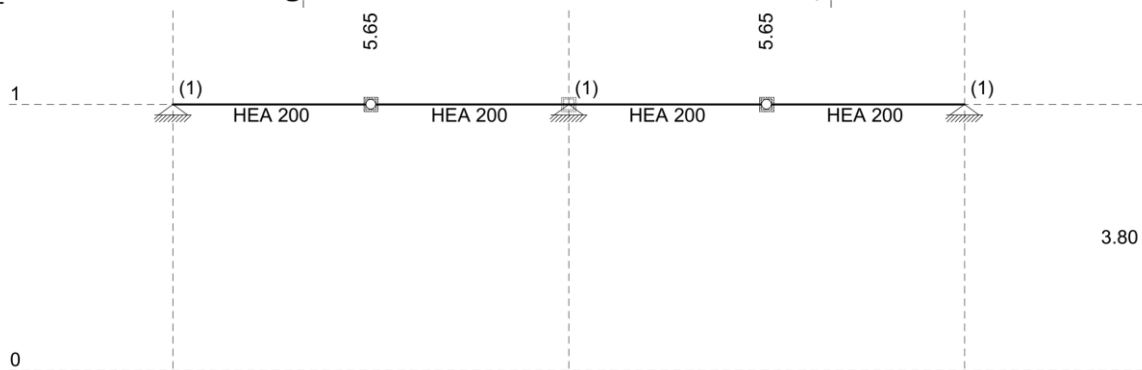




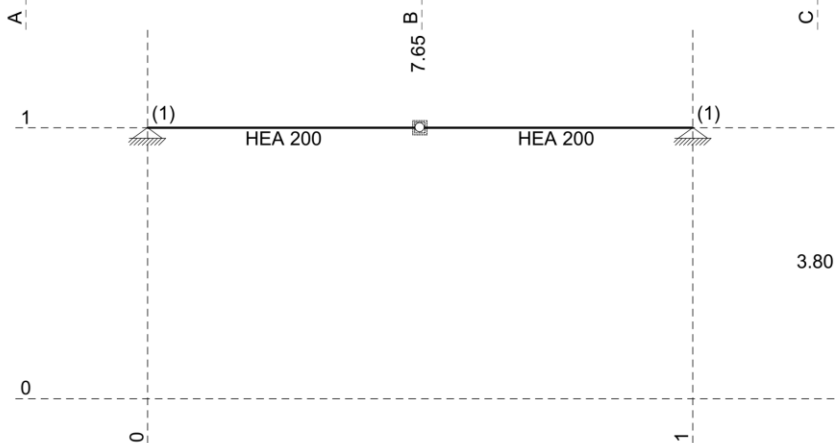
Okvir: K_1

Napomena:***Okviri K2, K3 i K4 su isti kao okvir K1.**

Okvir: V_2



Okvir: H_3



Okvir: V_3

Napomena:***Okviri V5 je isti kao okvir V3.**

Analiza djelovanja

Opterećenje koje lučne grede preuzimaju od okolne konstrukcije, uz vlastitu težinu, je:

1. vlastita težina opečnog zida iznad grede,
2. vlastita težina horizontalnog serklaža iznad grede,
3. vlastita težina novog ferocementnog svoda.

Opečni zid (iznad lučne grede)

| | |
|---|---|
| Površina zida: | $A = 6,70 \text{ m}^2$ |
| Širina zida: | $b = 0,45 \text{ m}$ |
| Težina zida: | $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$ |
| Duljina luka: | $L = 10,9 \text{ m}$ |
| Ukupna težina opečnog zida iznad grede: | $G_1 = 6,7 \cdot 0,45 \cdot 19,0 = 57,3 \text{ kN}$ $g_1 = 57,3 / 10,9 = 5,3 \text{ kN/m}$ |

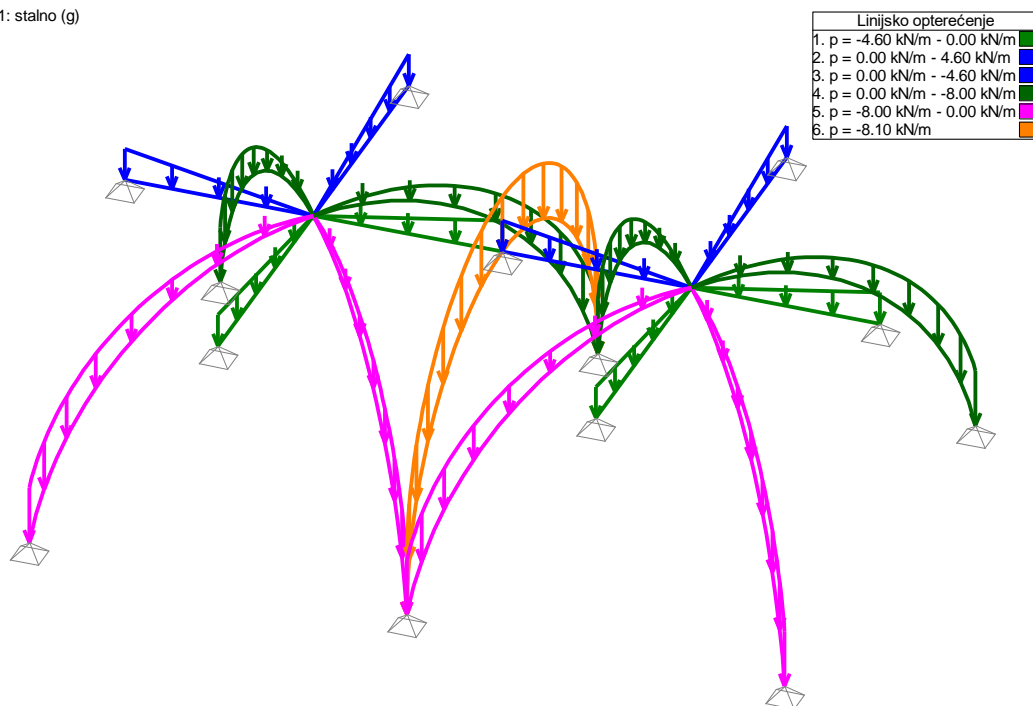
Horizontalni serklaž (iznad lučne grede)

| | |
|---------------------------------------|---|
| Duljina serklaža: | $L = 6,95 \text{ m}$ |
| Visina serklaža: | $h = 0,25 \text{ m}$ |
| Širina serklaža: | $b = 0,45 \text{ m}$ |
| Težina betona: | $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$ |
| Ukupna težina horizontalnog serklaža: | $G_2 = 6,95 \cdot 0,25 \cdot 0,45 \cdot 25,0 = 19,5 \text{ kN}$ $g_2 = 19,5 / 6,95 = 2,8 \text{ kN/m}$ |

Ukupno opterećenje na lučnu gredu: $g = 5,3 + 2,8 = 8,1 \text{ kN/m}$

| Lista slučajeva opterećenja | |
|-----------------------------|---------------|
| LC | Naziv |
| 1 | stalno (g) |
| 2 | Komb.: I |
| 3 | Komb.: 1.35xI |

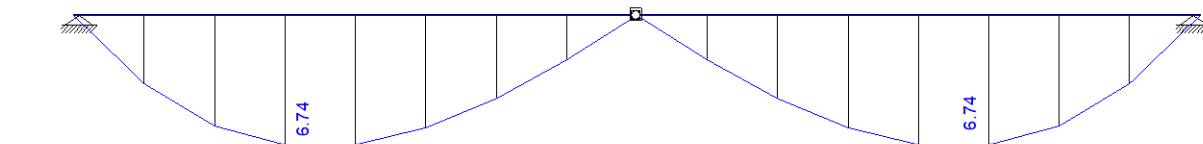
Opt. 1: stalno (g)



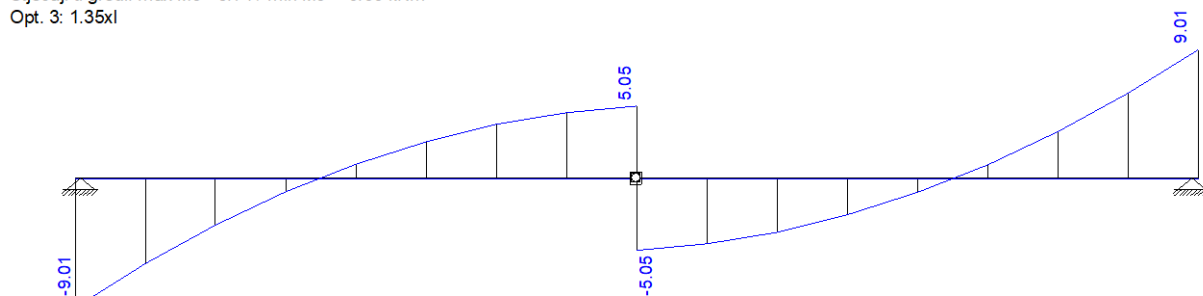
Setovi numeričkih podataka
Linijsko opterećenje (1-6)

Uzdužna greda

Opt. 3: 1.35xl



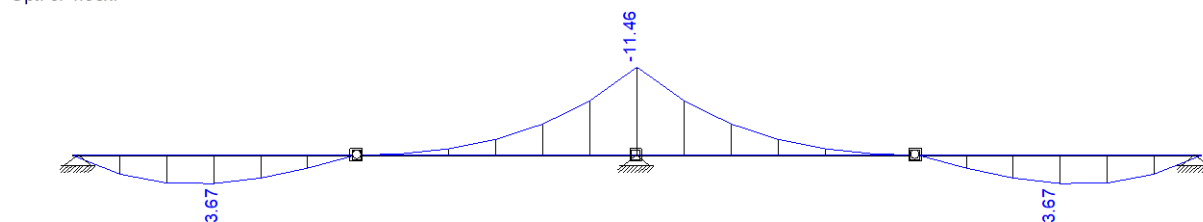
Okvir: V_3
Utjecaji u gredi: max M3= 6.74 / min M3= -0.00 kNm
Opt. 3: 1.35xl



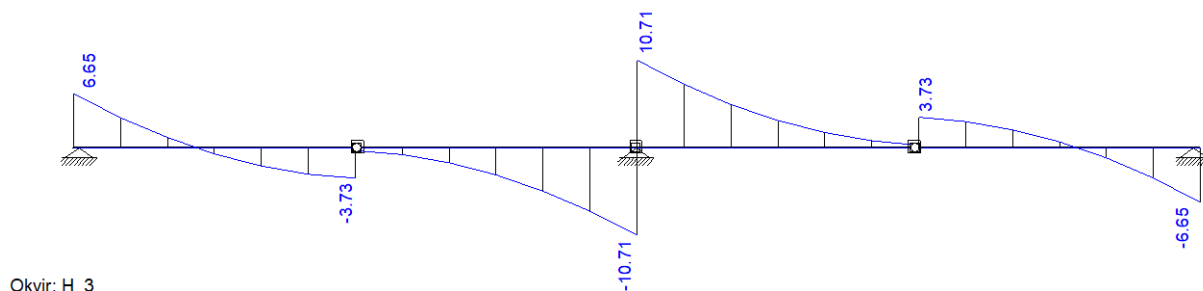
Okvir: V_3
Utjecaji u gredi: max T2= 9.01 / min T2= -9.01 kN

Poprečna greda

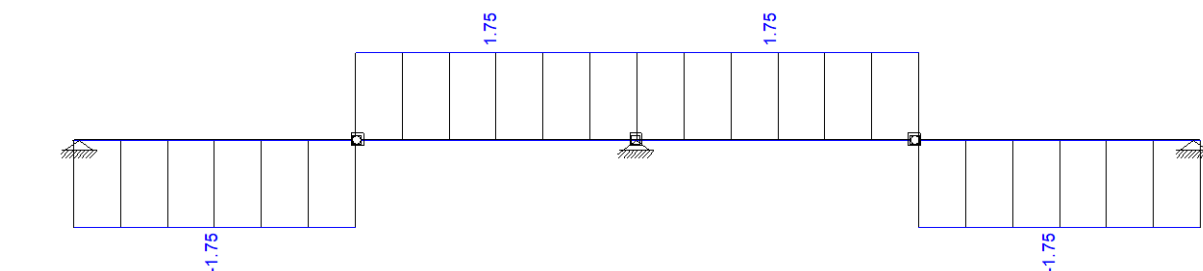
Opt. 3: 1.35xl



Okvir: H_3
Utjecaji u gredi: max M3= 3.67 / min M3= -11.46 kNm
Opt. 3: 1.35xl



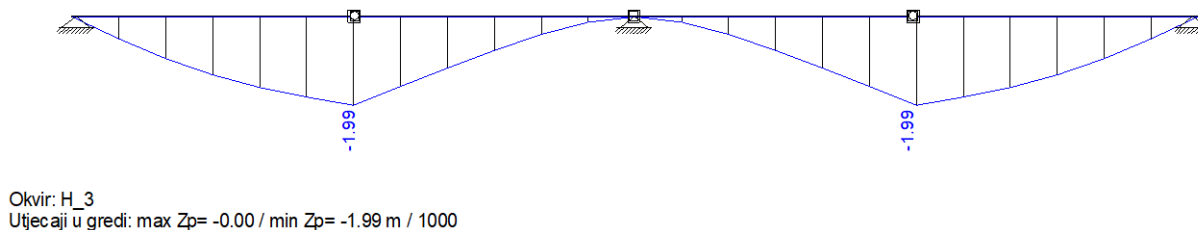
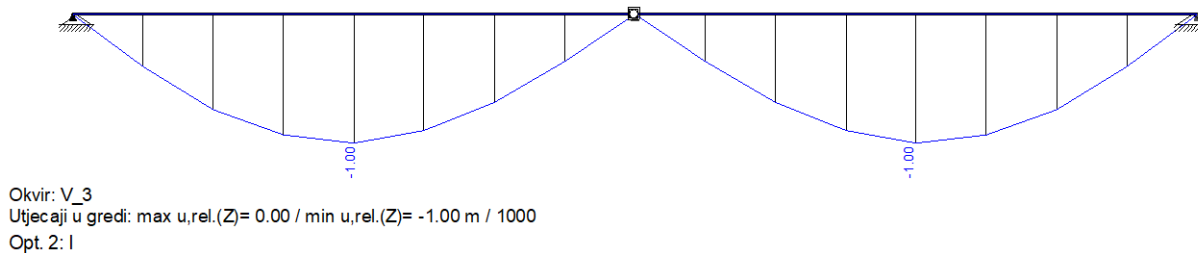
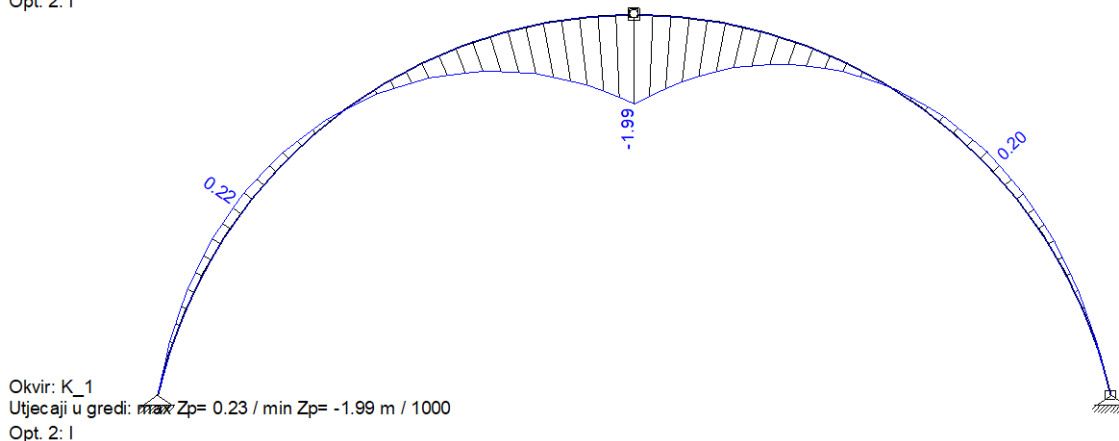
Okvir: H_3
Utjecaji u gredi: max T2= 10.71 / min T2= -10.71 kN
Opt. 3: 1.35xl



Okvir: H_3
Utjecaji u gredi: max N1= 1.75 / min N1= -1.75 kN

Rezultati statičkog proračuna čelične podkonstrukcije svoda - GSU

Opt. 2: I



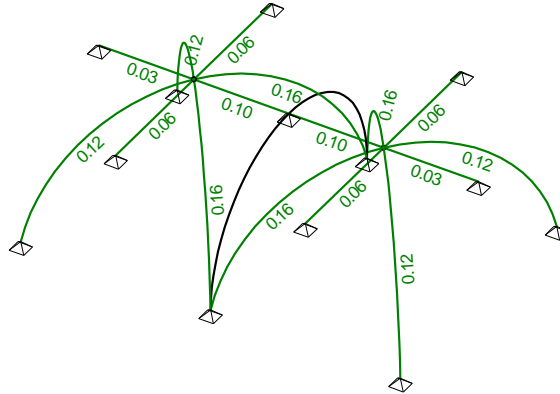
Granični progib:

Lučna greda: $u_z = 1,99 \text{ mm} < L/250 = 13140/250 = 52,56 \text{ mm}$
Uzdužna greda: $u_z = 1,00 \text{ mm} < L/250 = 3825/250 = 15,3 \text{ mm}$
Poprečna greda: $u_z = 1,99 \text{ mm} < L/250 = 5650/250 = 22,6 \text{ mm}$

Uvjet zadovoljen
Uvjet zadovoljen
Uvjet zadovoljen

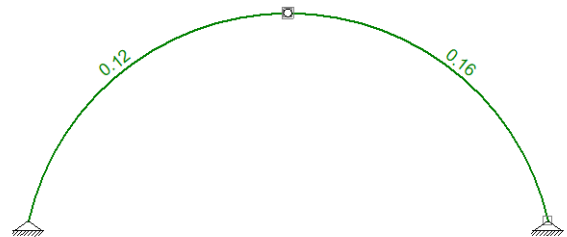
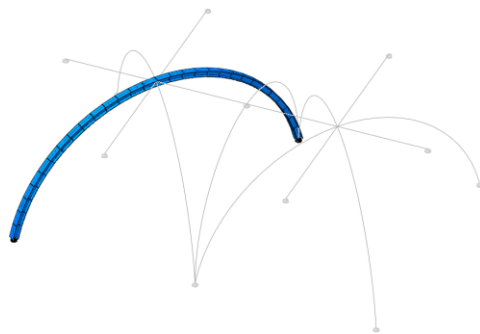
Dimenzioniranje elemenata

Slijedi grafički prikaz iskorištenosti elemenata čelične konstrukcije, nakon čega je dan detaljan postupak dimenzioniranja za kritični element po tipu poprečnog presjeka.



Izometrija
Kontrola stabilnosti

Lučna greda – HEA 200

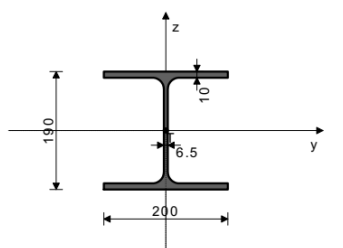


Izometrija (Okvir: K_1)

ŠTAP 67-47

POPREČNI PRESJEK: HEA 200 [S 355] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



($f_y = 35.5 \text{ kN/cm}^2$, $f_u = 51.0 \text{ kN/cm}^2$)

[mm]

$A_x = 53.800 \text{ cm}^2$
 $A_y = 35.750 \text{ cm}^2$
 $A_z = 18.050 \text{ cm}^2$
 $I_x = 21.100 \text{ cm}^4$
 $I_y = 3690.0 \text{ cm}^4$
 $I_z = 1340.0 \text{ cm}^4$
 $W_y = 388.42 \text{ cm}^3$
 $W_z = 134.00 \text{ cm}^3$
 $W_{y,pl} = 422.87 \text{ cm}^3$
 $W_{z,pl} = 200.00 \text{ cm}^3$
 $\gamma_{M0} = 1.000$
 $\gamma_{M1} = 1.100$
 $\gamma_{M2} = 1.250$
 $A_{net}/A = 0.900$

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. $\gamma = 0.16$ 2. $\gamma = 0.12$

ŠTAP IZLOŽEN TLAKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 3, kraj štapa)

| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Računska uzdužna sila | $N_{Ed} = -46.724 \text{ kN}$ |
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z} = 6.194 \text{ kN}$ |
| Momenat savijanja oko y osi | $M_{Ed,y} = -5.341 \text{ kNm}$ |
| Sistemska dužina štapa | $L = 657.04 \text{ cm}$ |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA

Okvir: K_1

Kontrola stabilnosti

Klasa presjeka 2

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.4 Tlak

Računska otpornost na tlak

Uvjet 6.9: $N_{Ed} \leq N_{c,Rd}$ ($46.72 \leq 1909.90$)

$N_{c,Rd} = 1909.9 \text{ kN}$

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$ ($5.34 \leq 116.91$)

$W_{y,eff} = 329.33 \text{ cm}^3$

$M_{c,Rd} = 116.91 \text{ kNm}$

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ ($6.19 \leq 369.95$)

$V_{pl,Rd,z} = 369.95 \text{ kN}$

$V_{c,Rd,z} = 369.95 \text{ kN}$

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\% V_{pl,Rd,z}$

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer $N_{Ed} / N_{pl,Rd}$

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

Koeficijent

Omjer $(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha$

Uvjet 6.41: ($0.04 \leq 1$)

$M_{N,y,Rd} = 0.024$

$M_{N,y,Rd} = 150.12 \text{ kNm}$

$\alpha = 1.000$

$\alpha = 0.036$

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y

Relativna vitkost y-y

Krivulja izvijanja za os y-y: B

Elastična kritična sila

Redukcijski koeficijent

$l_y = 657.04 \text{ cm}$

$\lambda_y = 1.038$

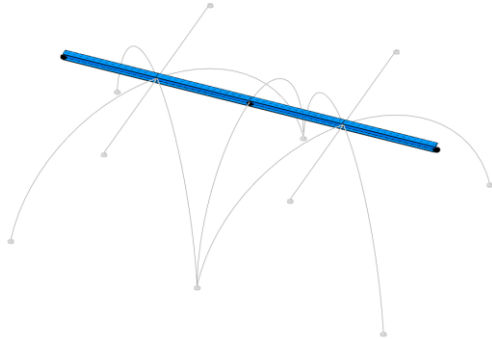
$\alpha = 0.340$

$N_{cr,y} = 1771.6 \text{ kN}$

$\chi_y = 0.573$

| | | | |
|---|--|--|--|
| Računska otpornost na izvijanje Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,y}$ (46.72 <= 994.75) | $N_{b,Rd,y} = 994.75 \text{ kN}$ | Koeficijent uniformnog momenta Koeficijent uniformnog momenta Koeficijent interakcije Koeficijent interakcije Koeficijent interakcije Koeficijent interakcije | $C_{mz} = 1.000$ $C_{mLT} = 0.605$ $k_{yy} = 0.627$ $k_{yz} = 0.690$ $k_{zy} = 0.970$ $k_{zz} = 1.149$ |
| Dužina izvijanja z-z Relativna vitkost z-z Krivulja izvijanja za os z-z: C Redukcijski koeficijent Računska otpornost na izvijanje Uvjet 6.46: $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$ (46.72 <= 437.73) | $I_{z,z} = 657.04 \text{ cm}$ $\lambda_{z,z} = 1.723$ $\alpha = 0.490$ $\chi_{z,z} = 0.252$ $N_{b,Rd,z} = 437.73 \text{ kN}$ | Redukcijski koeficijent $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})$ $k_{yy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$ Uvjet 6.61: (0.08 <= 1) | $\chi_y = 0.573$ $\chi_z = 0.047$ $\chi_z = 0.036$ |
| 6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje Koeficijent Koeficijent Koeficijent Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja Koordinata Koordinata Razmak bočno pridržanih točaka Sektorski moment inercije Krit.mom.za bočno torz.ivijanje Odgovarajući moment otpora Koeficijent imperf. Bezdimenzionalna vitkost Koeficijent redukcije (6.3.2.2.) Računska otpornost na izvijanje Uvjet 6.54: $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$ (5.34 <= 91.91) | $C1 = 1.285$ $C2 = 1.562$ $C3 = 0.753$ $k = 1.000$ $k_w = 1.000$ $z_g = 0.000 \text{ cm}$ $z_j = 0.000 \text{ cm}$ $L = 657.38 \text{ cm}$ $I_w = 1.08e+5 \text{ cm}^6$ $M_{cr} = 153.56 \text{ kNm}$ $W_y = 422.87 \text{ cm}^3$ $\alpha_{LT} = 0.210$ $\lambda_{LT} = 0.989$ $\chi_{LT} = 0.673$ $M_{b,Rd} = 91.911 \text{ kNm}$ | Redukcijski koeficijent $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})$ $k_{zy} * (M_{yEd} + \Delta M_{yEd}) / \dots$ Uvjet 6.62: (0.16 <= 1) | $\chi_z = 0.252$ $\chi_z = 0.107$ $\chi_z = 0.056$ |
| PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK (slučaj opterećenja 3, na 602.3 cm od početka štapa) | | | |
| | | Računska uzdužna sila Poprečna sila u z pravcu Momenat savijanja oko y osi Sistemska dužina štapa | $N_{Ed} = -40.975 \text{ kN}$ $V_{Ed,z} = 7.838 \text{ kN}$ $M_{Ed,y} = -1.494 \text{ kNm}$ $L = 657.04 \text{ cm}$ |
| 6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA 6.2.6 Posmik | | | |
| | | Računska nosivost na posmik Računska nosivost na posmik | $V_{pl,Rd,z} = 369.95 \text{ kN}$ $V_{c,Rd,z} = 369.95 \text{ kN}$ |
| | | Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (7.84 <= 369.95) | |
| 6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog presjeka opterećeni savijanjem i normalnim tlakom Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br. 2 (Aneks B) Koeficijent uniformnog momenta | $C_{my} = 0.605$ | | |

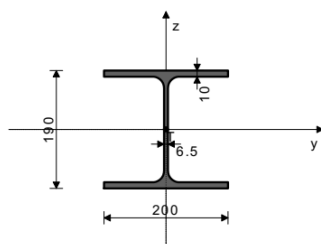
Uzdužna greda – HEA 200

Izometrija (Okvir: H_3)
Kontrola stabilnostiOkvir: H_3
Kontrola stabilnosti

ŠTAP 66-104

POPREČNI PRESJEK: HEA 200 [S 355] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

Ax = 53.800 cm2
Ay = 35.750 cm2
Az = 18.050 cm2
Ix = 21.100 cm4
Iy = 3690.0 cm4
Iz = 1340.0 cm4
Wy = 388.42 cm3
Wz = 134.00 cm3
Wy,pl = 422.87 cm3
Wz,pl = 200.00 cm3
γM0 = 1.000
γM1 = 1.100
γM2 = 1.250
Anet/A = 0.900

[mm]

FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
3. γ=0.10 2. γ=0.07ŠTAP IZLOŽEN VLAKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 3, kraj štapa)

Računska uzdužna sila NEd = 1.754 kN
Poprečna sila u z pravcu VEd,z = 10.709 kN
Momenat savijanja oko y osi MEd,y = -11.457 kNm
Sistemska dužina štapa L = 282.50 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA
Klasa presjeka 2

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.3 Vlak

Plast.rač.otpornost bruto presjeka Npl,Rd = 1909.9 kN
Granična rač.otpornost neto pres. Nu,Rd = 1778.0 kN
Računska otp. na vlak Nt,Rd = 1778.0 kN

Uvjet 6.5: NEd ≤ Nt,Rd (1.75 ≤ 1777.98)

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: MEd,y ≤ Mc,Rd,y (11.46 ≤ 116.91)

Wy,eff = 329.33 cm3
Mc,Rd = 116.91 kNm

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska otpornost na posmik

Uvjet 6.17: VEd,z ≤ Vc,Rd,z (10.71 ≤ 369.95)

Vpl,Rd,z = 369.95 kN
Vc,Rd,z = 369.95 kN

6.2.10 Savijanje, posmik i centrična sila

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: VEd,z ≤ 50%Vpl,Rd,z

6.2.9 Savijanje i centrična sila

Omjer NEd / Npl,Rd

Reduc.moment plast.otp.na savijanje

Koeficijent

Omjer (My,Ed / Mn,y,Rd)^α

Uvjet 6.41: (0.08 ≤ 1)

MN,y,Rd = 0.001
α = 150.12 kNm
α = 1.000
0.076

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja

Koef.efekt.dužine torzijskog uvijanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih točaka

Sektorski moment inercije

Krit.mom.za bočno torz.ivijanje

Odgovarajući moment otpora

Koeficijent imperf.

Bezdimenzionalna vitkost

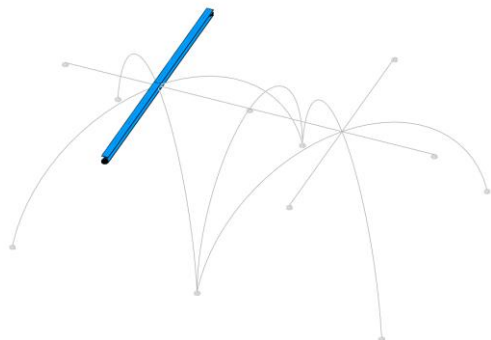
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

Računska otpornost na izvijanje

Uvjet 6.54: MEd,y ≤ Mb,Rd (11.46 ≤ 122.54)

C1 = 1.132
C2 = 0.459
C3 = 0.525
k = 1.000
kw = 1.000
zg = 0.000 cm
zj = 0.000 cm
L = 282.50 cm
Iw = 1.08e+5 cm6
Mcr = 448.42 kNm
Wy = 422.87 cm3
αLT = 0.210
λLT = 0.579
γLT = 0.898
Mb,Rd = 122.54 kNm

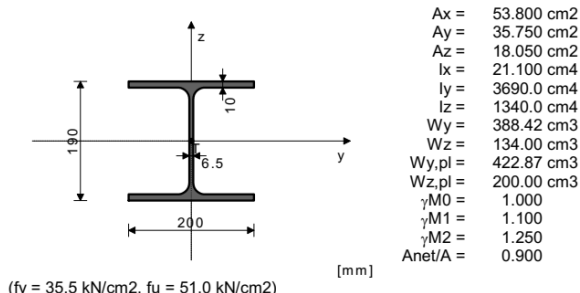
Poprečna greda – HEA 200

Izometrija (Okvir: V_3)
Kontrola stabilnostiOkvir: V_3
Kontrola stabilnosti

ŠTAP 83-47

POPREČNI PRESJEK: HEA 200 [S 355] [Set: 1]
EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA



FAKTORI ISKORIŠTENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

3. $\gamma = 0.06$ 2. $\gamma = 0.04$

ŠTAP IZLOŽEN SAVIJANJU

(slučaj opterećenja 3, na 221.4 cm od početka štapa)

| | | |
|----------------------------|--------------|-----------|
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z} =$ | 0.237 kN |
| Moment savijanja oko y osi | $M_{Ed,y} =$ | 6.736 kNm |
| Sistemska dužina štapa | $L =$ | 382.50 cm |

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESJEKA
Klasa presjeka 2

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.5 Savijanje y-y

U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni moment otpora

Računska otpornost na savijanje

Uvjet 6.12: $M_{Ed,y} \leq M_{c,Rd,y}$ (6.74 \leq 116.91)

| | |
|---------------|------------------------|
| $W_{y,eff} =$ | 329.33 cm ³ |
| $M_{c,Rd} =$ | 116.91 kNm |

6.2.6 Posmik

Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (0.24 \leq 369.95) $V_{pl,Rd,z} =$ 369.95 kN $V_{c,Rd,z} =$ 369.95 kN

6.2.8 Savijanje i posmik

Nije potrebna redukcija momenata otpornosti

Uvjet: $V_{Ed,z} \leq 50\% V_{pl,Rd,z}$

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent

Koeficijent

Koeficijent

Koef. efekt. dužine bočnog izvijanja

Koef. efekt. dužine torzijskog uvijanja

Koordinata

Koordinata

Razmak bočno pridržanih točaka

Sektorski moment inercije

Krit. mom. za bočno tor. izvijanje

Odgovarajući moment otpora

Koeficijent imperf.

Bezdimenzionalna vitkost

Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)

Računska otpornost na izvijanje

Uvjet 6.54: $M_{Ed,y} \leq M_{b,Rd}$ (6.74 \leq 113.60) $C1 =$ 1.132 $C2 =$ 0.459 $C3 =$ 0.525 $k =$ 1.000 $k_w =$ 1.000 $z_g =$ 0.000 cm $z_j =$ 0.000 cm $L =$ 382.50 cm $I_w =$ 1.08e+5 cm⁶ $M_{cr} =$ 280.49 kNm $W_y =$ 422.87 cm³ $\alpha_{LT} =$ 0.210 $\lambda_{LT} =$ 0.732 $\chi_{LT} =$ 0.832 $M_{b,Rd} =$ 113.60 kNm

PROVJERA OTPORNOSTI NA POSMIK

(slučaj opterećenja 3, kraj štapa)

| | | |
|--------------------------|--------------|-----------|
| Poprečna sila u z pravcu | $V_{Ed,z} =$ | 9.008 kN |
| Sistemska dužina štapa | $L =$ | 382.50 cm |

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESJEKA

6.2.6 Posmik

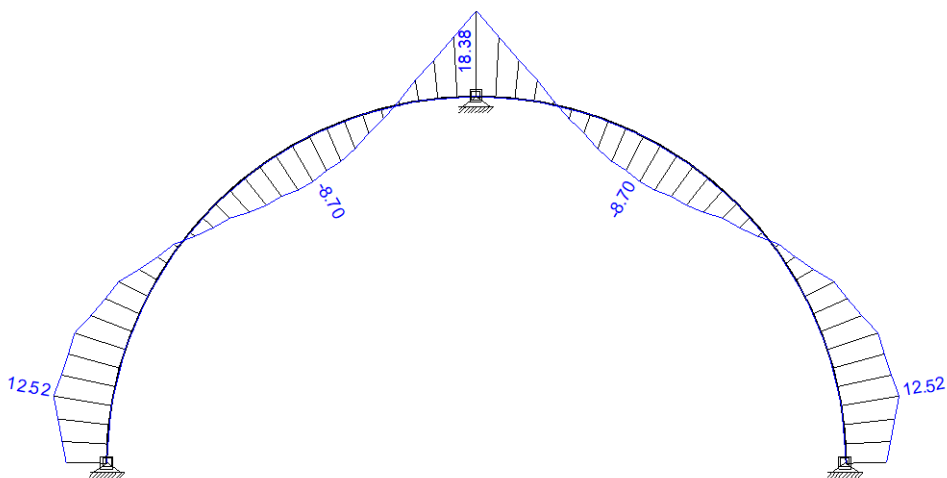
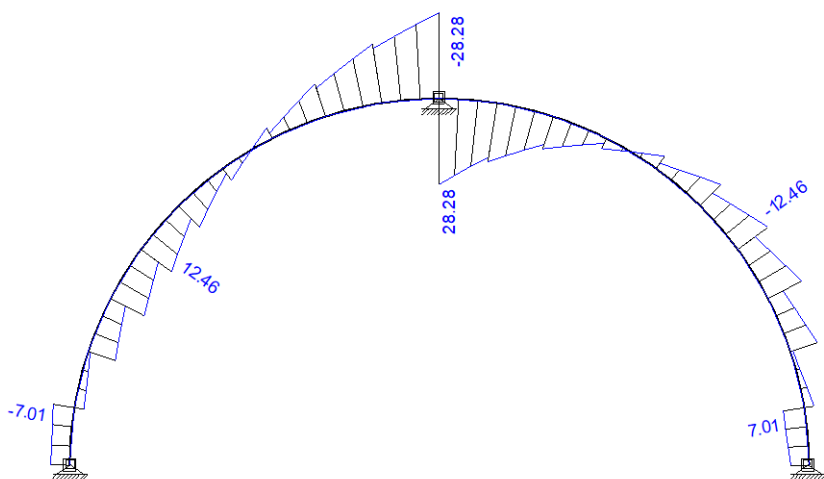
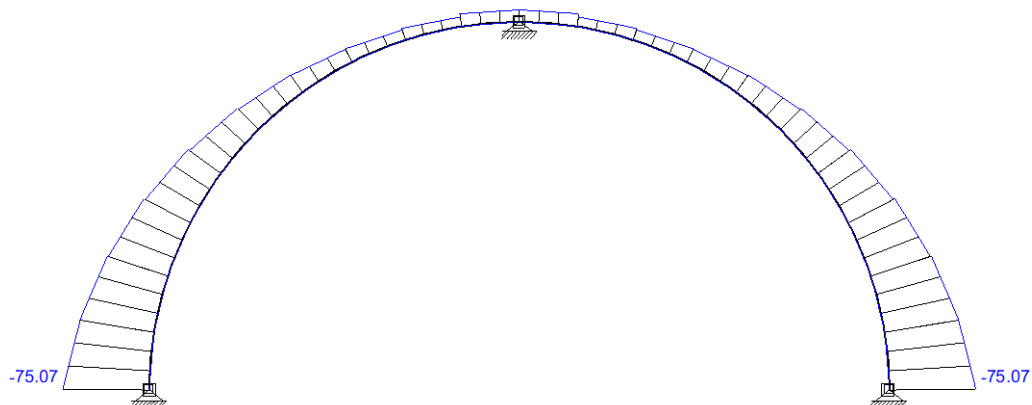
Računska nosivost na posmik

Računska nosivost na posmik

Uvjet 6.17: $V_{Ed,z} \leq V_{c,Rd,z}$ (9.01 \leq 369.95) $V_{pl,Rd,z} =$ 369.95 kN $V_{c,Rd,z} =$ 369.95 kN

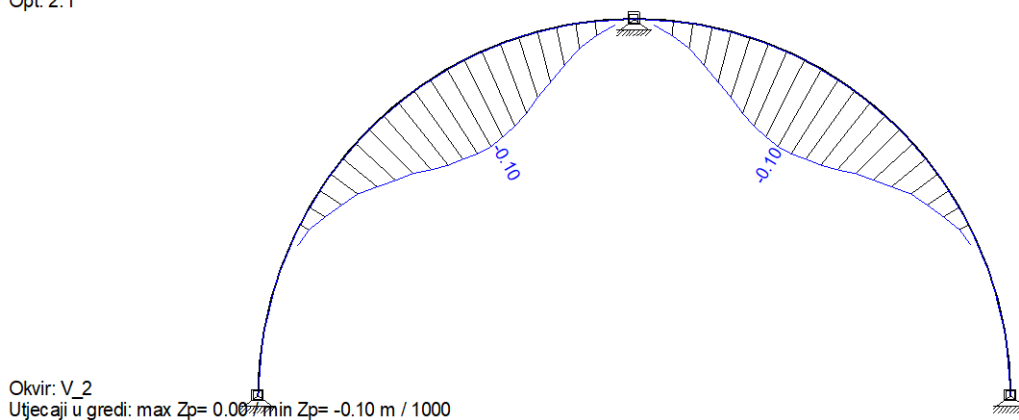
Rezultati statičkog proračuna AB lučne grede – GSN

Opt. 3: 1.35xl

Okvir: V_2
Utjecaji u gredi: max M3= 18.38 / min M3= -8.70 kNm
Opt. 3: 1.35xlOkvir: V_2
Utjecaji u gredi: max T2= 28.28 / min T2= -28.28 kN
Opt. 3: 1.35xlOkvir: V_2
Utjecaji u gredi: max N1= -8.13 / min N1= -75.07 kN

Rezultati statičkog proračuna AB lučne grede – GSU

Opt. 2: I



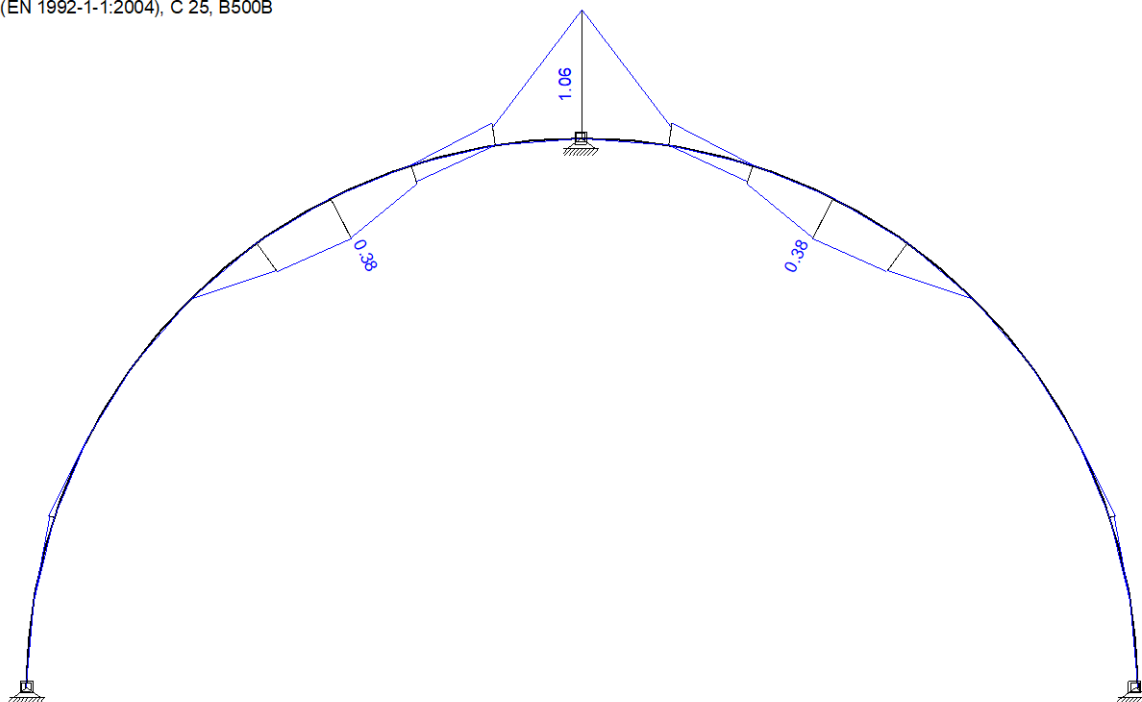
Granični progib:

AB lučna greda:

$$u_z = 0,10 \cdot 4 = 0,4 \text{ mm} < L/250 = 10900/250 = 43,6 \text{ mm}$$

Uvjet zadovoljen

Dimenzioniranje

Mjerodavno opterećenje: 1.35x
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B

Okvir: V_2

Armatura u gredama: max $A_{a2}/A_{a1} = 0.38 / 1.06 \text{ cm}^2$

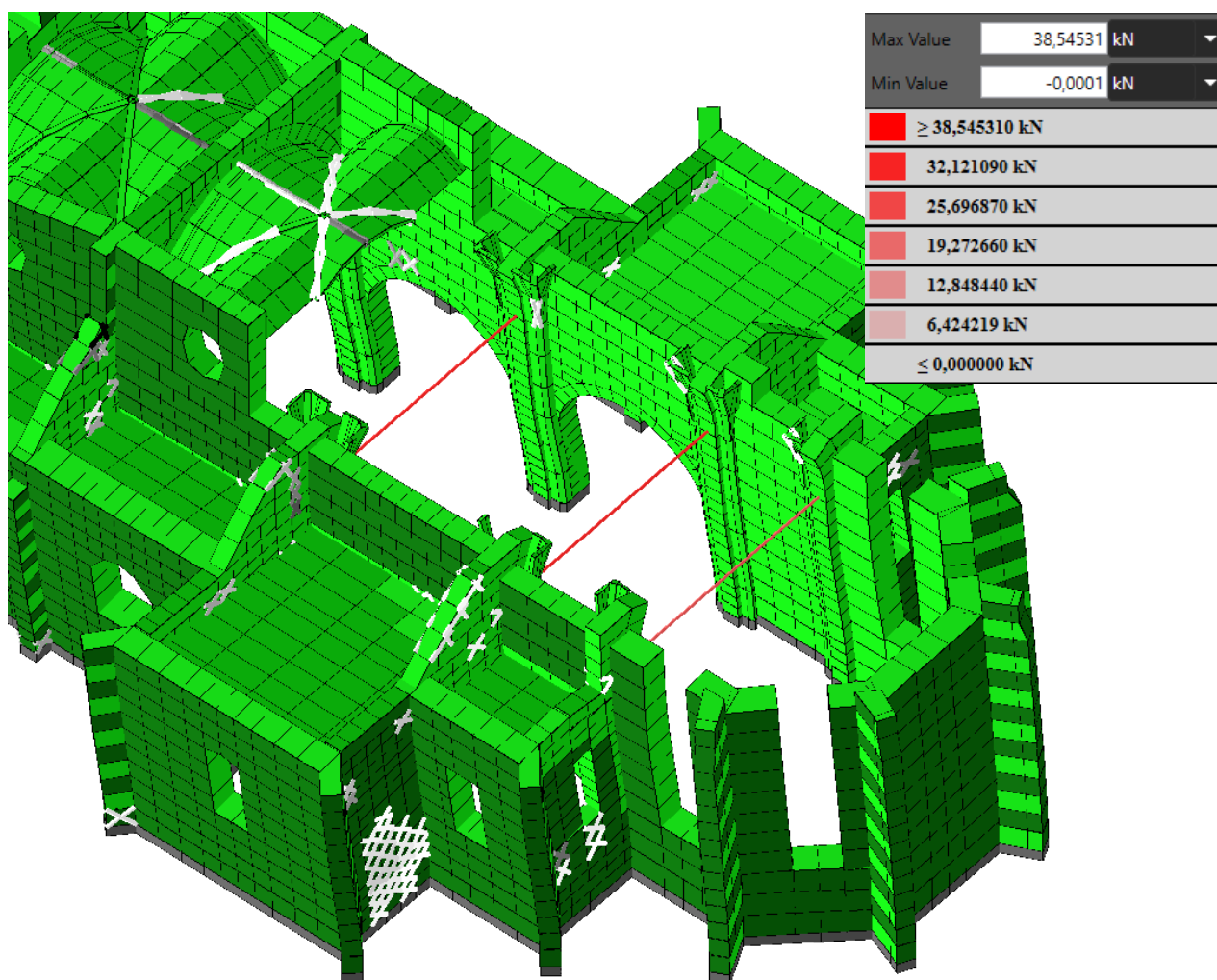
Odabrana armatura:

- armatura AB lučnih greda: $3\varnothing 16$ u obje zone, vilice $\varnothing 10/15 \text{ cm}$
- armatura ferocementnog svoda: 2 sloja armaturnih mreža Q335

5.4.3 Proračun novih čeličnih zatega u glavnom brodu

Pri izvedbi novih armiranobetonskih lukova u glavnom brodu, u petama je potrebno ugraditi po jednu prednapetu čeličnu zategu Ø20.

Nakon provedbe nelinearne statičke analize u programu HiStrA, za potresno opterećenje očitane su uzdužne sile u zategama. Na slici u nastavku prikazane su uzdužne sile u zategama stupnjevanjem crvene boje. Sile su očitane u slučaju mjerodavnog opterećenja potresom – smjer y (poprečni smjer).



Mjerodavna sila:

$$N_{c,Ed} = 38,55 \text{ kN}$$

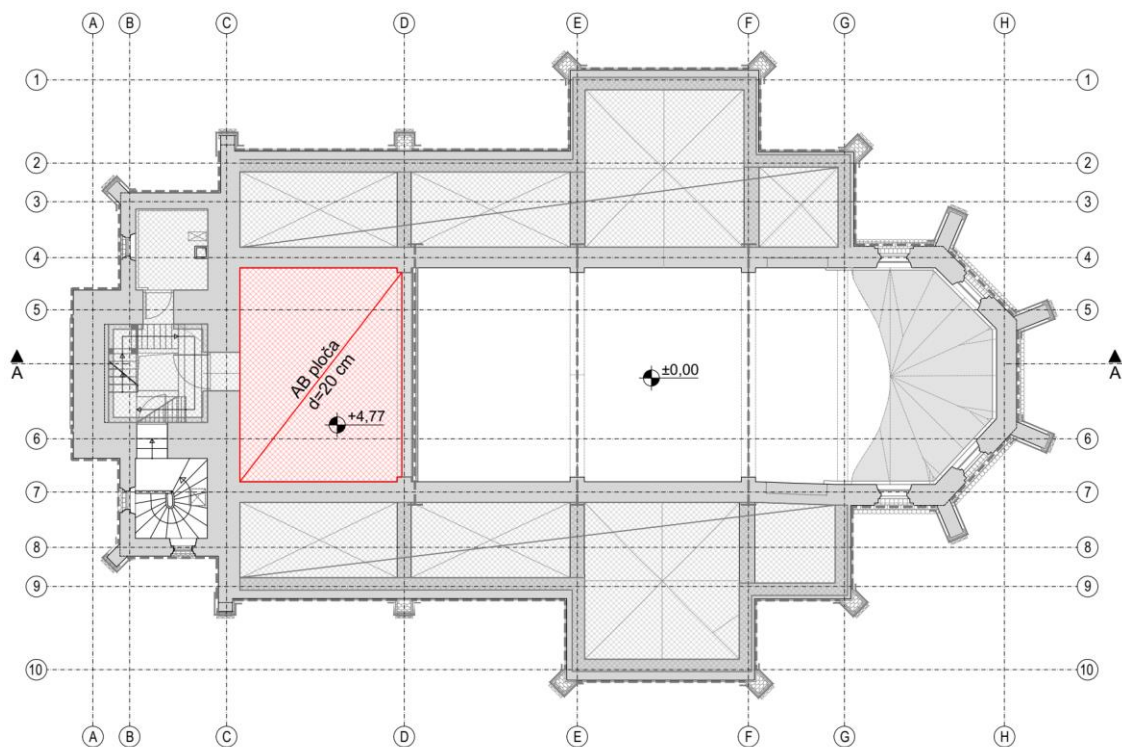
Otpornost nove zatega Ø20 na vlačnu silu:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A_{uk} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,14 \cdot 23,5}{1,00} = 73,79 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 38,55 \text{ kN}$$

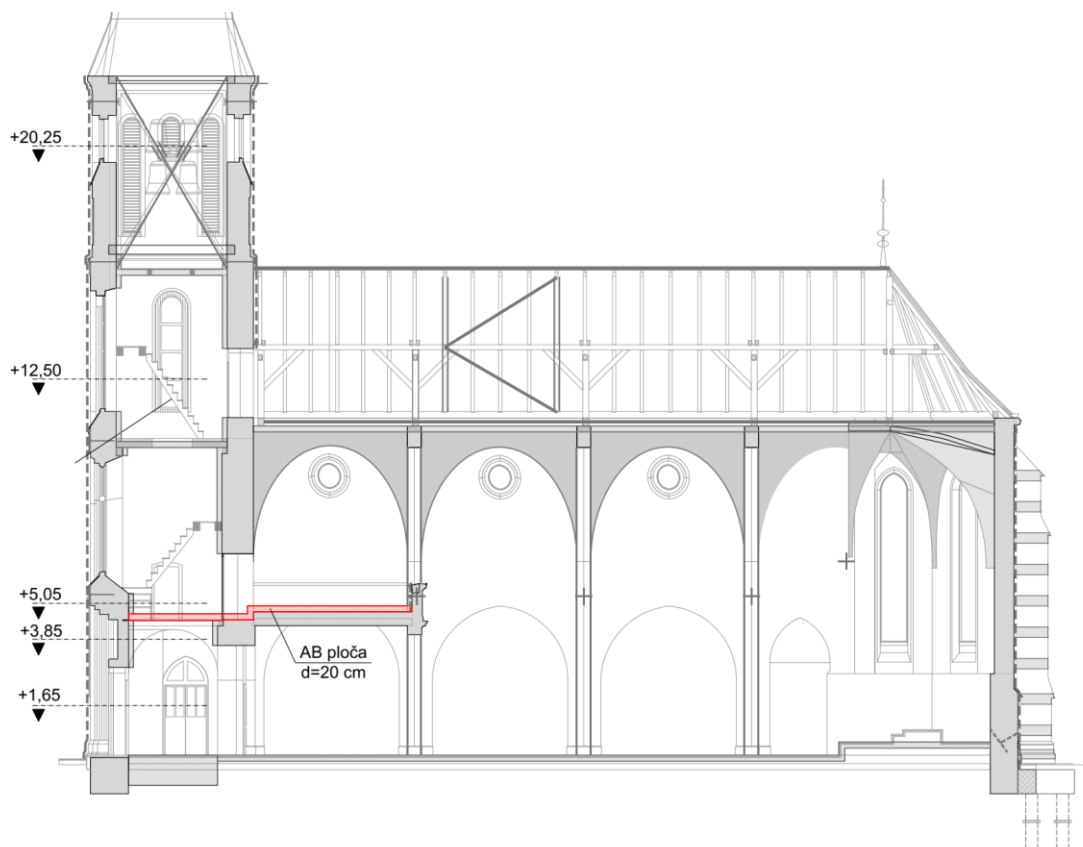
$$N_{c,Rd} = N_{u,Rd} = 0,9 \frac{A_{uk} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \frac{3,14 \cdot 43,0}{1,25} = 108,02 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 38,55 \text{ kN}$$

Nove zatega imaju dostatnu otpornost na vlačnu silu za mjerodavno potresno opterećenje, a pri ugradnji potrebno ih je prednapeti s 5,0 kN.

5.4.4 Proračun armiranobetonske ploče kora



Slika 5-19 Tlocrtni položaj ploče kora



Slika 5-20 Visinski položaj ploče kora

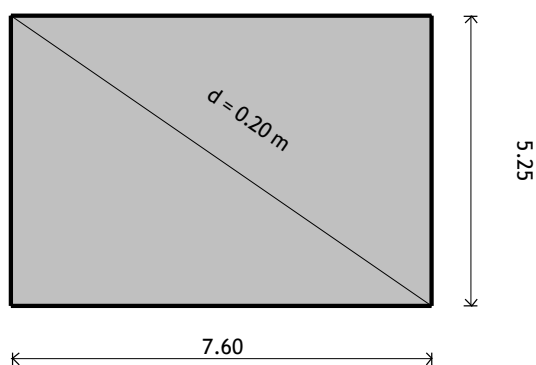
Proračun ploče kora provodi se na 2D ravninskom modelu ploče. Ploča kora slobodno je oslonjena na zid tornja sa zapadne strane te na gredu na istočnoj strani ispod ograde kora. Na kraćim stranicama, ploča je oslonjena preko segmentih ubetoniravanja ploče sukladno izvedbenom detalju. Ploča je debljine 20 cm i kvaliteta betona je C25/30.

Ulazni podaci

Setovi numeričkih podataka
Ploča / Zid (1)

| Setovi ploča | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-----------|---------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------|
| No | d[m] | e[m] | Materijal | Tip proračuna | Ortotropija | E2[kN/m ²] | G[kN/m ²] | α |
| <1> | 0.200 | 0.100 | 1 | Tanka ploča | Izotropna | | | |

| Setovi linijskih ležajeva | | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------|---------|--|
| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | Tlo [m] | |
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |



Opterećenje

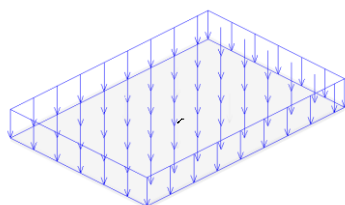
| Lista slučajeva opterećenja | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| LC | Naziv |
| 1 | Vlastita težina i dodatno stalno (g) |
| 2 | Uporabno |
| 3 | Komb.: 1.35xI+1.5xII |
| 4 | Komb.: I+II |

Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno opterećenje
1. p = -2.00 kN/m²

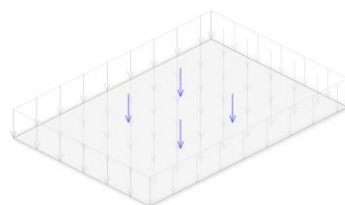
Opt. 1: Vlastita težina i dodatno stalno opterećenje
1. P = -5.00 kN

Opt. 2: Uporabno

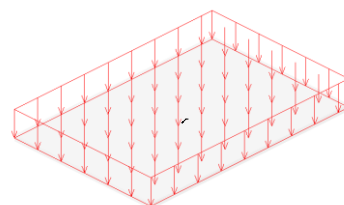
Površinsko opterećenje
2. p = -5.00 kN/m²



Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (1)



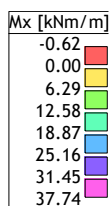
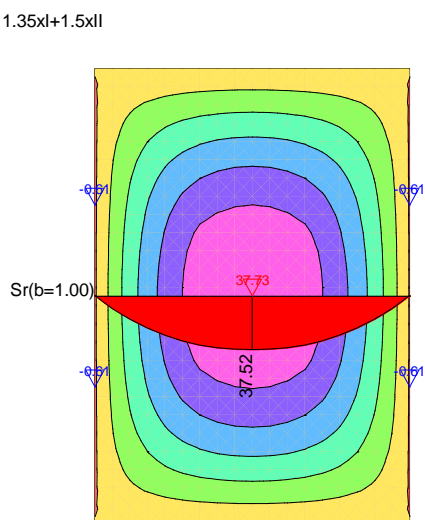
Setovi numeričkih podataka
Točkasto opterećenje (1)
Opterećenje od orgulja



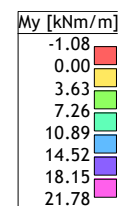
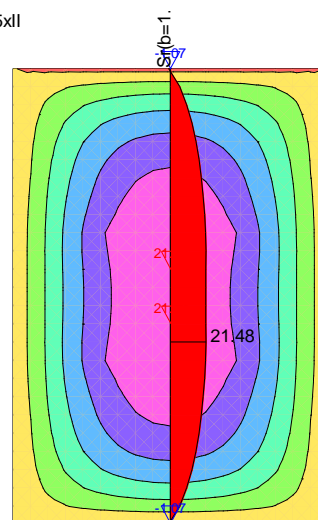
Setovi numeričkih podataka
Površinsko opterećenje (2)

Rezultati statičkog proračuna

Opt. 3: 1.35xl+1.5xII



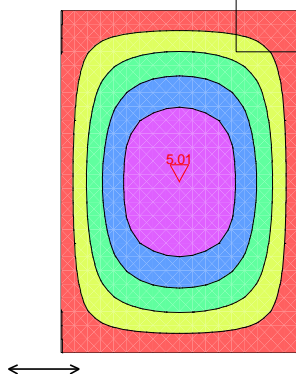
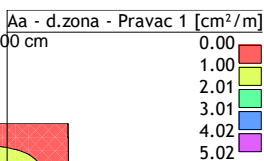
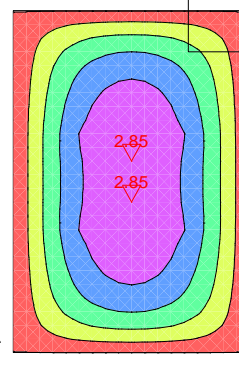
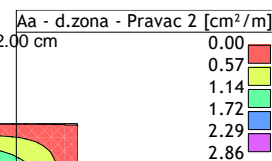
Opt. 3: 1.35xl+1.5xII



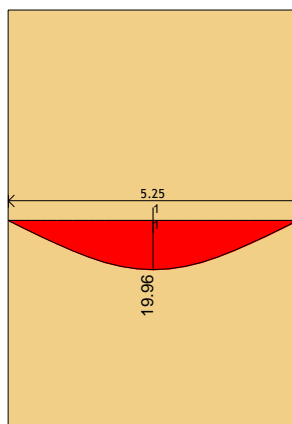
Utjecaji u ploči: max Mx= 37.73 / min Mx= -0.61 kNm/m

Utjecaji u ploči: max My= 21.78 / min My= -1.07 kNm/m

Granično stanje nosivosti - Dimenzioniranje

Mjerodavno opterećenje: 1.35xl+1.50xII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=2.00 cmAa - d.zona - Pravac 1 - max Aa1,d= 5.01 cm²/mMjerodavno opterećenje: 1.35xl+1.50xII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=2.00 cmAa - d.zona - Pravac 2 - max Aa2,d= 2.85 cm²/m

Granično stanje uporabljivosti

Dijagram progiba u ploči (T^∞)

$$w_{lim} = L/250, L=525\text{cm}$$

$$w_{max}(T \rightarrow \infty) = 19,96 \text{ mm} = 1,99 \text{ cm} \leq 525/250 = 2,1 \text{ cm} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Nivo: [0.00 m] - EC 2 (EN 1992-1-1:2004)

C 25 ($d, pl=20.0 \text{ cm}$)
Gornja zona: B500B ($a=2.0 \text{ cm}$)
Donja zona: B500B ($a=2.0 \text{ cm}$)
Modul elastičnosti betona
Vlačna čvrstoća pri savijanju
Modul elastičnosti armature
Koef. utjecaja prijanjanja arm.

Koeficijent tečenja betona
Dilatacija skupljanja betona
 $K_{ut} = 0^\circ$

Presjek 1-1

Kompletna shema opterećenja
(kvazi-stalne kombinacije)

$X=2.63 \text{ m}$; $Y=3.95 \text{ m}$; $Z=0.00 \text{ m}$
Gornja zona

$E_b(t_0) = 31000 \text{ MPa}$
 $f_{bzs} = 2.60 \text{ MPa}$
 $E_a = 2.00 \times 10^5 \text{ MPa}$
 $k_1 = 0.80$

$\varphi^\infty = 2.50$
 $\epsilon_s = 0.40 \text{ ‰}$

$\emptyset 7/15 \alpha = 0^\circ$
 $\emptyset 7/15 \alpha = 90^\circ$
Donja zona
 $\emptyset 8/10 \alpha = 0^\circ$
 $\emptyset 8/10 \alpha = 90^\circ$

$T = 0$
Mjerodavna kombinacija: $1.00xI + 0.60xII$
 $N_1 = 0.00 \text{ kN/m}$
 $M = 22.65 \text{ kNm/m}$

Veličina početnog progiba $u_g(0) = 4.77 \text{ mm}$

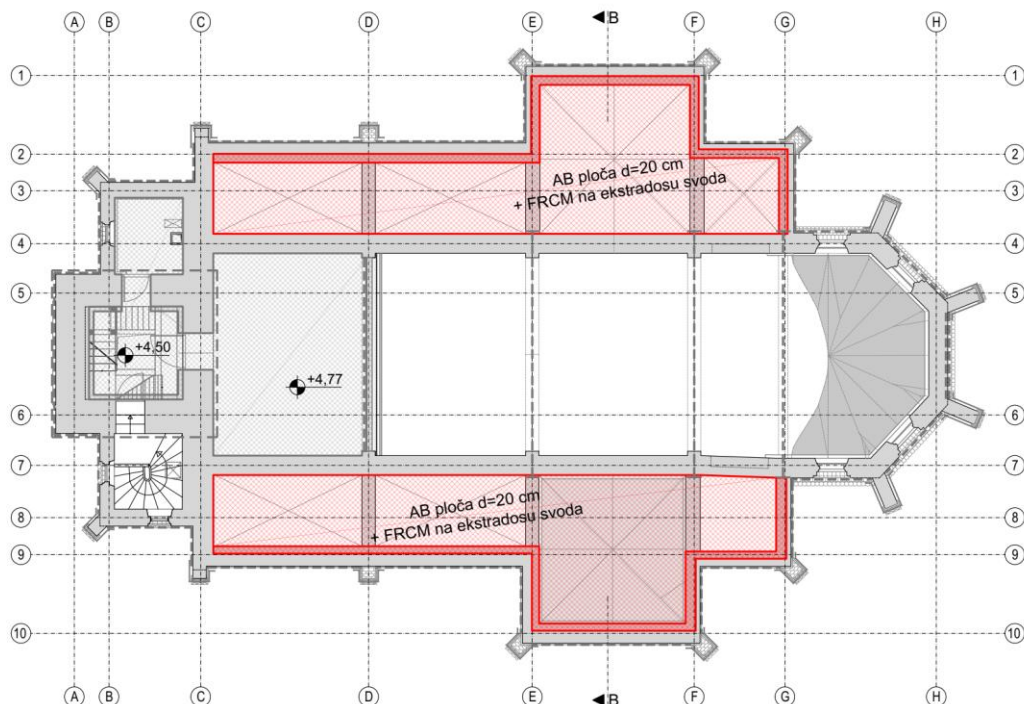
$T = \infty$
Dugotrajni utjecaji
Mjerodavna kombinacija: $1.00xI + 0.60xII$
 $N_1 = 0.00 \text{ kN/m}$
 $M = 22.65 \text{ kNm/m}$
Veličina trajnog progiba $u_g(\infty) = 19.96 \text{ mm}$

Odabrana armatura:

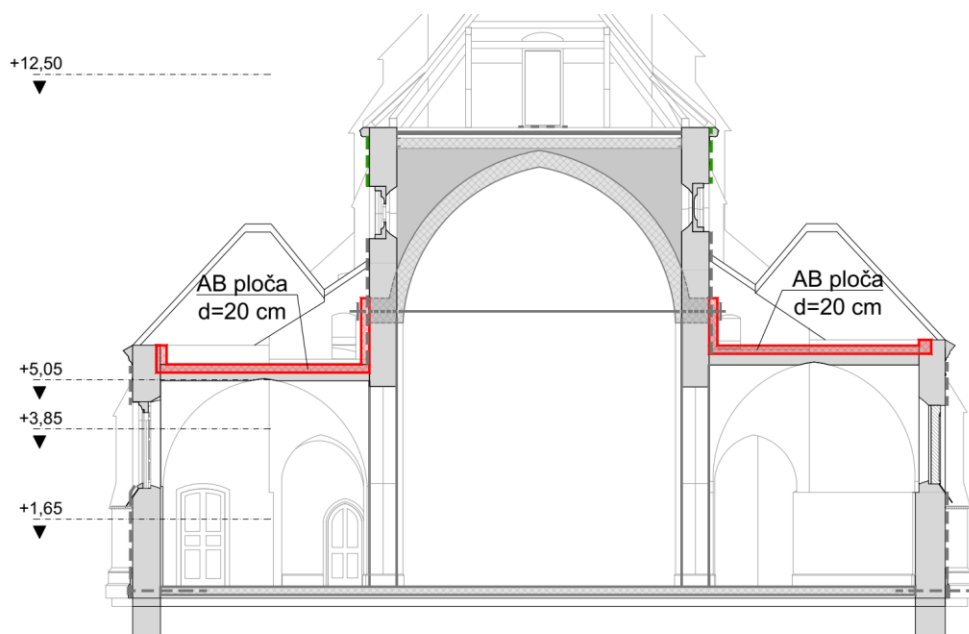
Ploču armirati mrežama Q524 u donjoj zoni i mrežama Q257 u gornjoj zoni, rubne vilice $\emptyset 10/15 \text{ cm}$ i uzdužna armatura $2\emptyset 12$ (ostala armatura sukladno izvedbenom detalju).

5.4.5 Proračun armiranobetonske ploče na bočnim brodovima

Proračun AB ploče na bočnim brodovima provodi se na 2D proračunskom modelu. Ploča se razmatra kao kruta dijafragma koja u vlastitoj ravnini prenosi opterećenja od potresa na poprečne zidove narteksa i transepta. Statičkog je sustava proste grede i dimenzionira se kao visokostijeni zidni nosač. Ploča je debljine 20 cm i klase betona C25/30. Ploča se povezuje s horizontalnim serklažima čija se izvedba predviđa na vrhi zidova bočnih brodova. Prema zidovima glavnog broda izvodi se vertikalni završetak (zid) debljine 20 cm koji se sidri u postojeće zide.



Slika 5-21 Tlocrtni položaj AB ploče na bočnim brodovima



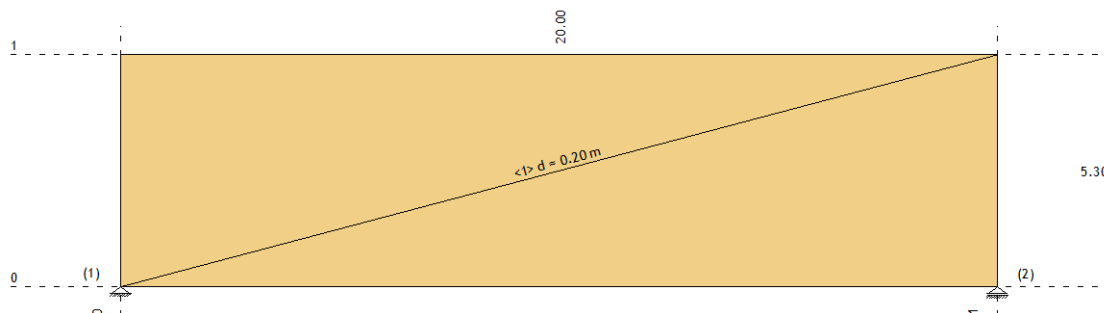
Slika 5-22 Visinski položaj AB ploče na bočnim brodovima

Ulazni podaci

| Tabela materijala | | | | | | | |
|-------------------|------------------|-----------------------|------|-----------------------|----------|------------------------|------|
| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ[kN/m ³] | αt[1/C] | Em[kN/m ²] | μm |
| 1 | C25/30 | 3.100e+7 | 0.20 | 25.00 | 1.000e-5 | 3.100e+7 | 0.20 |

| Setovi ploča | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------|-----------|---------------|-------------|------------------------|-----------------------|---|
| No | d[m] | e[m] | Materijal | Tip proračuna | Ortotropija | E2[kN/m ²] | G[kN/m ²] | α |
| <1> | 0.200 | 0.100 | 1 | Tanka ploča | Izotropna | | | |

| Setovi točkastih ležajeva | | | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------|------|------|
| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 | K,M1 | K,M2 | K,M3 |
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | | | |
| 2 | | | 1.000e+10 | | | |



Analiza djelovanja

Pripadajuća težina zidova:

$$G_0 = 107,5 \text{ kN/m'}$$

Težina svodova i perlit betona:

$$G_k = 26,5 \text{ kN/m'}$$

Težina AB ploče:

$$G_z = 31,5 \text{ kN/m'}$$

Ukupna težina:

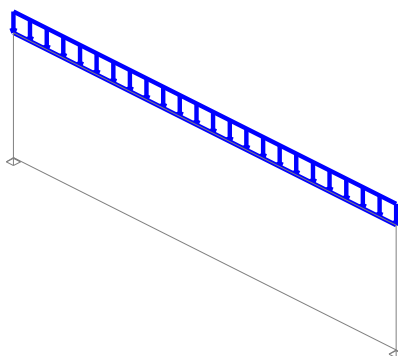
$$W = 165,5 \text{ kN/m'}$$

Potresna sila:

$$F_{b,d} = a_g \cdot S \cdot 2,5/q \cdot (T_c/T) \cdot W/g \cdot \lambda = 0,186 \cdot g \cdot 1,15 \cdot 2,5/2,0 \cdot (0,6/0,803) \cdot 165,5/g = 33 \text{ kN/m'}$$

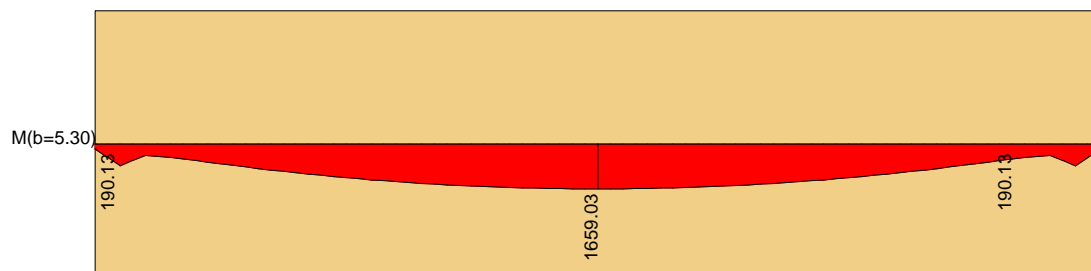
| Lista slučajeva opterećenja | |
|-----------------------------|--------|
| LC | Naziv |
| 1 | Potres |

Opt. 1: Potres

Linijsko opterećenje
1. p = -33.00 kN/mSetovi numeričkih podataka
Linijsko opterećenje (1)

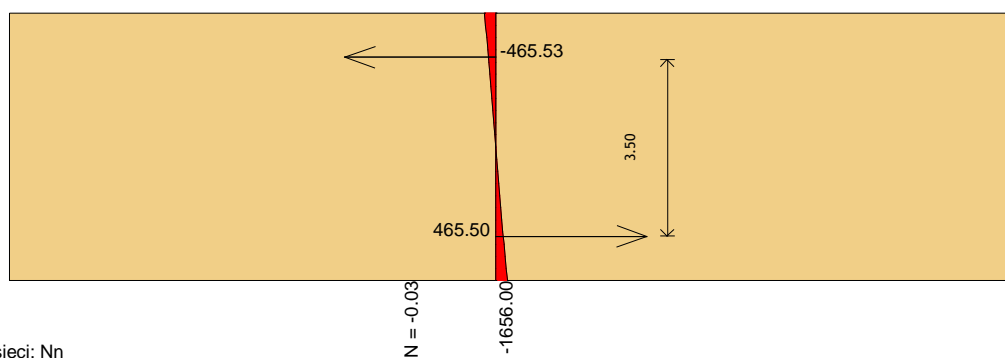
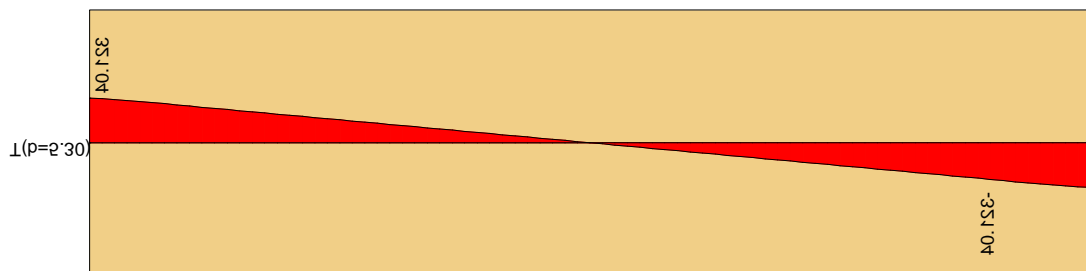
Rezultati statičkog proračuna

Opt. 1: Potres



Vektorski presjeci: Ns

Opt. 1: Potres

Vektorski presjeci: Nn
Vektorski presjeci: Nn

Opt. 1: Potres

Opt. 1: Potres



PRORAČUN VISOKOSTIJELOG NOSAČA

klasa betona

C25/30

proračunska tlačna čvrstoća betona

$$f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$$

proračunska vlačna čvrstoća betona

$$f_{ctm} = 0,26 \text{ kN/cm}^2$$

LINIJSKO DJELOVANJE ZA PRORAČUN 2D MODELA

duljina VN-a

$$L = 19,3 \text{ m}$$

Horizontalna glavna armatura u polju

Očitano s dijagrama dobivenih u software-u

Kraka sile očitano iz software-a

$$z = 3,50 \text{ m}$$

Proračunski krak sile prema EN¹

$$z = 4,33 \text{ m}$$

Mjerodavni krak (minimalni)

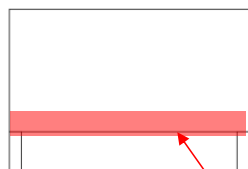
$$z = 3,50 \text{ m}$$

Proračunski moment očitano iz software-a

$$M_{Ed} = 1656 \text{ kNm} \rightarrow A_s = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} \quad A_{s,req} = 10,88 \text{ cm}^2$$

Proračunska uzdužna sila očitana iz software-a

$$F_{Ed} = 466 \text{ kN} \rightarrow A_s = \frac{F_{Ed}}{f_{yd}} \quad A_{s,req} = 10,72 \text{ cm}^2$$



$$A_{s,min} = \frac{k \times h_w \times b_w \times f_{ctm}}{f_{yk}} \quad A_{s,min} = 11,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,req} = 11,02 \text{ cm}^2$$

² Odabrana armatura

→ 4Φ20

$$A_{sv,prov} = 12,56 \text{ cm}^2$$

Armatura po visini zida

$$A_{s,db,min} = 0,1\% \cdot A_c = 2,00 > 1,5 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANO: vidjeti proračun zidova na vertikalno djelovanje

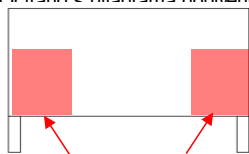
Ograničenje veličine reakcije nad osloncem³

Krajnji oslonac A

$$R_{A,Ed} = 330 \text{ kN}$$
$$R_{A,Ed,max} = 0,8 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot (c + h_f) = 2004 \text{ kN} \rightarrow \text{zadovoljava!}$$

Armatura u blizini ležaja

Očitano s dijagrama dobivenih u softwareu



$$V_{Ed} = 330 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = 0,1 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot h = 1770 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \geq 1/3 \times V_{Ed,max} = 590 \text{ kN}$$

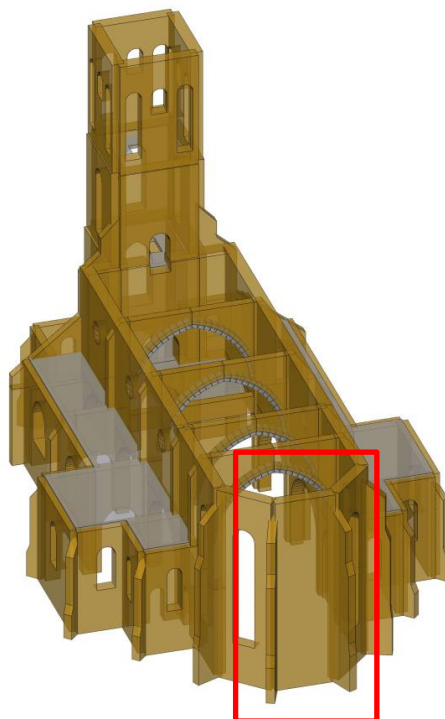
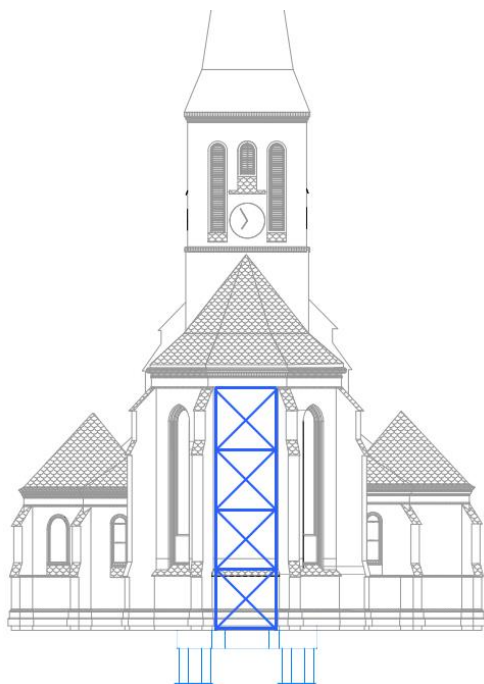
→ nije potrebna dodatna armatura!

Odabrana armatura:

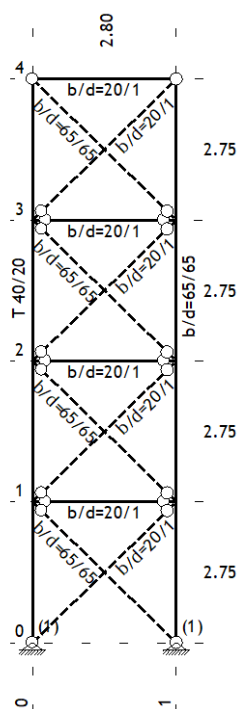
Ploču armirati mrežama Q335 u obje zone, rubne vilice Ø8/15 cm i uzdužna armatura 2Ø10 (ostala armatura sukladno izvedbenom detalju).

5.4.6 Proračun pojačanja zida apside

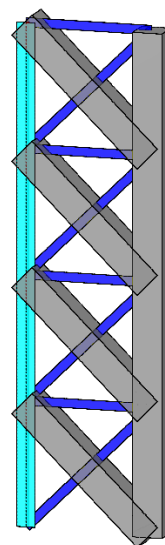
Pojačanje zida apside izvodi se kao čelična spregnuta obloga od čeličnih limova poprečnog presjeka 200x10 mm. Proračun se provodi na 2D modelu gdje su vlačni štapovi modelirani kao čelični profili poprečnog presjeka 200x10 mm (horizontale i dijagonale) i 3x200x10 (vertikale), dok ulogu tlačnih štapova preuzima zide koje je modelirano kao kvadratni poprečni presjek b/h= 65/65 cm. Lim je kvalitete S355J2.



Ulazni podaci



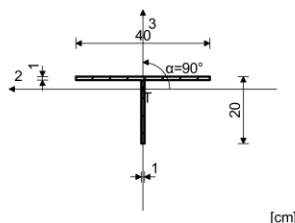
| Greda | |
|--------------|--|
| 1. T 40/20 | |
| 2. b/d=20/1 | |
| 3. b/d=65/65 | |



Setovi numeričkih podataka
Greda (1-3)

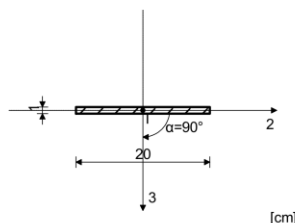
Setovi greda

Set: 1 Presjek: T 40/20, Fiktivna ekscentričnost



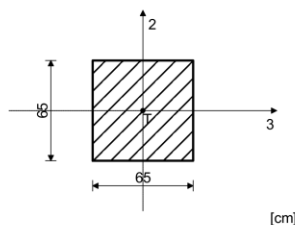
| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 5.900e-3 | 3.491e-3 | 1.740e-3 | 1.967e-7 | 1.863e-5 | 5.335e-5 |

Set: 2 Presjek: b/d=20/1, Fiktivna ekscentričnost



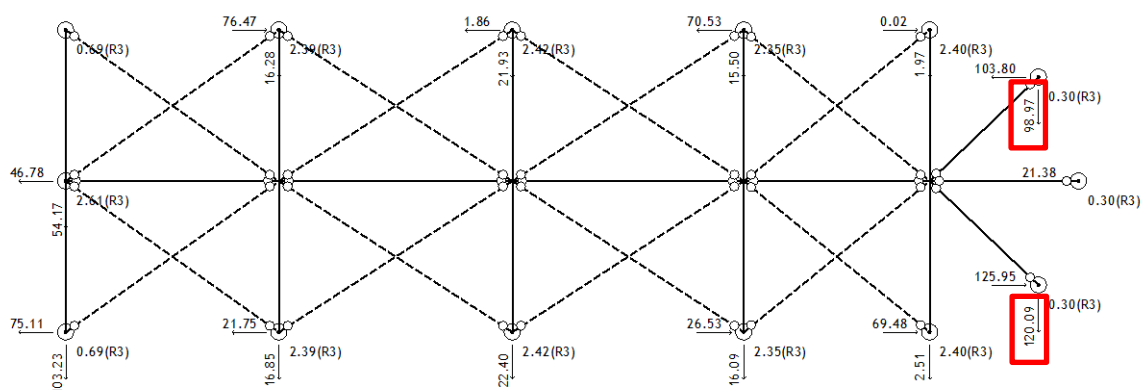
| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 - Čelik | 2.000e-3 | 1.667e-3 | 1.667e-3 | 6.457e-8 | 1.667e-8 | 6.667e-6 |

Set: 3 Presjek: b/d=65/65, Fiktivna ekscentričnost



| Mat. | A1 | A2 | A3 | I1 | I2 | I3 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 - Opeka/Blokovi... | 4.225e-1 | 3.521e-1 | 3.521e-1 | 2.514e-2 | 1.488e-2 | 1.488e-2 |

Opt. 3: I+II - Potresna kombinacija

Nivo: Vrh zidova glavnog broda [10.75 m]
Reakcije ležajeva horizontalnog čeličnog sprega

Analiza djelovanja

Za potresnu silu u proračunskom modelu uzeta je rekacija ležajeva horizontalnog čeličnog sprega koji seizmička djelovanja u poprečnom smjeru crkve dovodi do vertikalnog sprega u zidu apside i zabatnog zida u tornju.

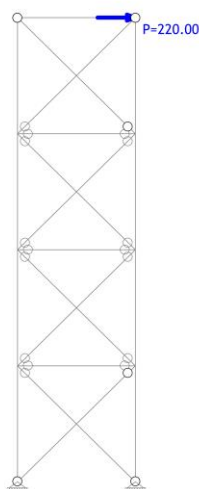
Lista slučajeva opterećenja

| LC | Naziv |
|----|---------------------|
| 1 | Vlastita težina (g) |
| 2 | Potresna sila |

Opt. 2: Potresna sila

Točkasto opterećenje

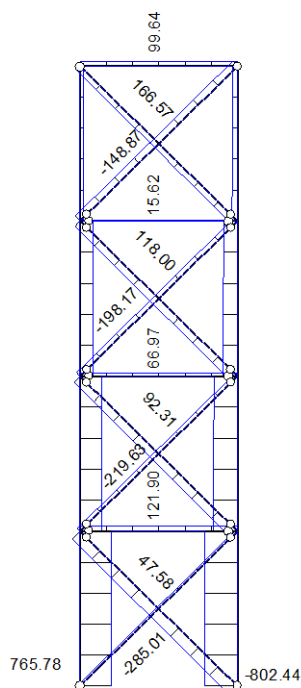
1. P = 220.00 kN



Setovi numeričkih podataka
Točkasto opterećenje (1)

Rezultati statičkog proračuna

Opt. 3: I+II



Utjecaji u gredi: max N1= 765.78 / min N1= -802.44 kN

Provjera nosivosti mjerodavnih tlačnih štapova

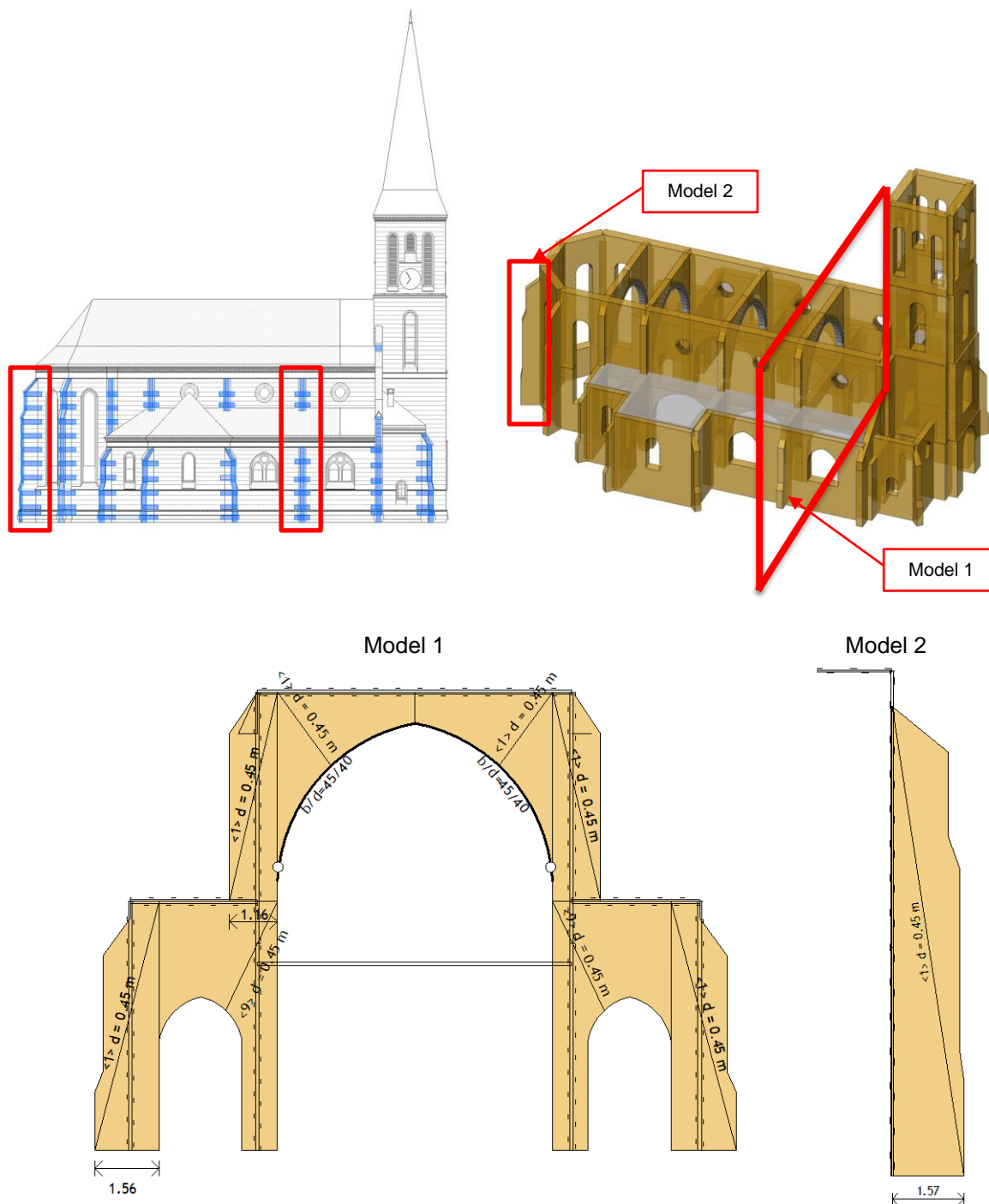
| | b (cm) | h (cm) | A (cm ²) | N _{ed} (kN) | $\sigma_c = N_{Ed}/A$ (kN/cm ²) | | σ_d (kN/cm ²) |
|------------|--------|--------|----------------------|----------------------|--|---|-------------------------------------|
| dijagonala | 65,00 | 65,00 | 4225,00 | 285,00 | 0,07 | < | 0,20 |
| vertikala | 65,00 | 65,00 | 4225,00 | 803,00 | 0,19 | < | 0,20 |

Provjera nosivosti mjerodavnih vlačnih štapova

| | A (cm ²) | N _{ed} (kN) | $\sigma_t = N_{Ed}/A$ (kN/cm ²) | | σ_d (kN/cm ²) | iskorištenost |
|------------|----------------------|----------------------|---|---|-------------------------------------|---------------|
| dijagonala | 20 | 167 | 8,35 | < | 35,50 | 24% |
| vertikala | 60 | 766 | 12,77 | < | 35,50 | 36% |

5.4.7 Pojačanje kontrafora FRP tkaninom

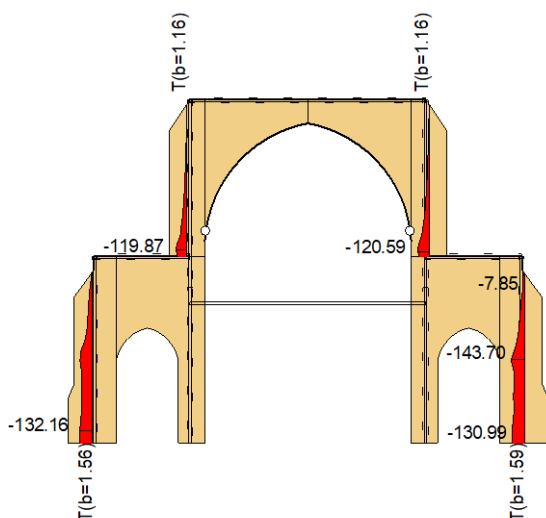
Pojačanje FRP tkaninom se izvodi po vanjskom licu kontrafora crkve. Uslijed potresne kombinacije, moment koji se javlja u kontrafori rastavlja se na spreg sila. Vlačnu silu preuzima FRP tkanina, dok će se tlak prenijeti zidom. Širina FRP tkanine je 30 cm i postavlja se vertikalno po sredini lica kontrafore. Kao dodatno konstruktivno pojačane postavljaju se horizontalne trake od FRP tkanine (po visini kontrafora – vidi detalj „*Pojačanje kontrafora FRP trakama*“). Vertikalna FRP traka se pruža od vrha kontrafore do temelja. Za dobivanje reznih sila korišten globalni 3D model. Svodovi nisu modelirani zato što ne posjeduju dostatnu krutost za horizontalnu preraspodjelu sila te je njihova težina uzeta u obzir opterećenjem koje je zadano na model.



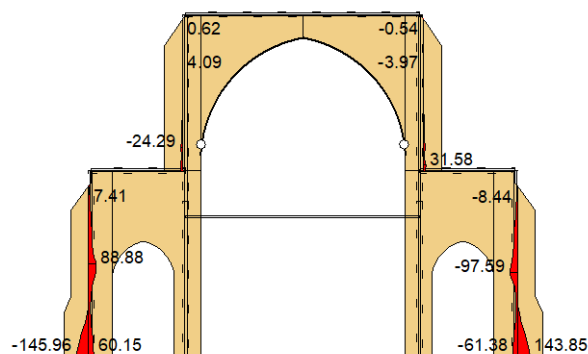
Utjecaji u kontraforama

U nastavku su prikazane sile koje se javljaju u kontraforama uslijed potresne kombinacije i od stalnog opterećenja u ravnini okvira. Sila koji preuzima FRP tkanina proizlazi iz sprega sila dobivena rastavljanjem momenta i umanjena za vrijednost uzdužne sile od stalnog opterećenja.

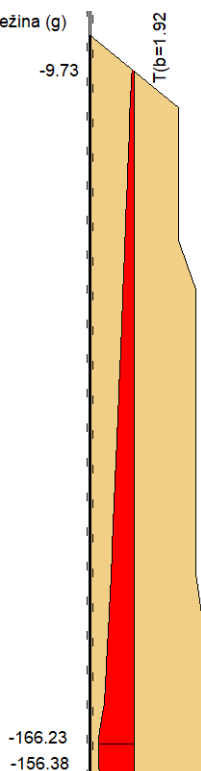
Opt. 1: Vlastita težina (g)



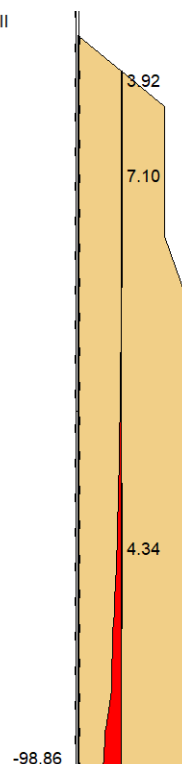
Opt. 9: I+0.3xII+VII

Okvir: V_4
Vektorski presjeci: Ns
Uzdužna sila

Opt. 1: Vlastita težina (g)

Okvir: K_19
Vektorski presjeci: Ns
Uzdužna silaOkvir: V_4
Vektorski presjeci: Ns
Maksimalni moment

Opt. 9: I+0.3xII+VII

Okvir: K_19
Vektorski presjeci: Ns
Maksimalni moment

Kontrafore na bočnim brodovima (model 1)

Dimenzioniranje FRP tkanine

Utjecaji u elementu

Maksimalni moment

$$M_{ed} = 207 \text{ kNm}$$

Krak sila

$$z = 1,5 \text{ m}$$

Uzdužna sila (od stalnog opt.)

$$N_{ed,g} = -132 \text{ kN}$$

Uzdužna sila u FRP

$$N_{ed} = 6 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} + N_{ed,g}$$

Ulazni podaci

$$\begin{array}{lll} \gamma_{f,d} = 1,2 & E_f [\text{MPa}] = 230000 & k_G = 0,031 \\ f_{bm} [\text{MPa}] = 9 & f_{btm} [\text{MPa}] = 0,18 & FC = 1 \end{array}$$

Širina b (mm)

$$300$$

Debljina t (mm)

$$0,167$$

Površina (mm²)

$$50,1$$

Dopušteno naprezanje u slučaju otkazivanja u vanjskom sloju ziđa (prema CNR-DT 200/2013)

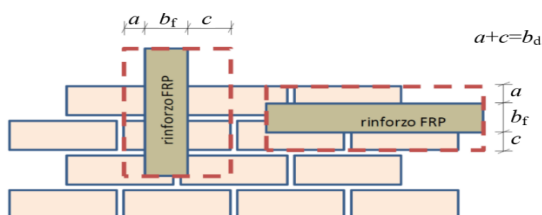
$$f_{fd} = \frac{1}{\gamma_{f,d}} \times \sqrt{\frac{2 \times E_f \times \Gamma_{fd}}{t_f}}$$

Specifična energija loma

$$\Gamma_{fd} = \frac{k_b \times k_G}{FC} \times \sqrt{f_{bm} \times f_{btm}}$$

 Γ_{fd} - specifična energija loma k_b - geometrijski korekcijski faktor k_G - korekcijski faktor ovisan o vrsti ziđa

FC - faktor povjerenja

 f_{bm} - srednja vrijednost tlačne čvrstoće zidnog elementa f_{btm} - srednja vrijednost vlačne čvrstoće zidnog elementa E_f - modul elastičnosti materijala vlakana

$$k_b = \sqrt{\frac{3 \times b_f / b}{1 + b_f / b}}$$

$$k_b = 1,225$$

$$\Gamma_{fd} = 0,04832$$

$$f_{fd} = 304,03 \text{ Mpa}$$

$$N_{rd} = f_{fd} \times A$$

$$N_{rd} = 15,23 \text{ kN}$$

$$N_{ed} / N_{rd} = 0,39$$

Nosivost tkanine na vlačna naprezanja

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{3850}{1,2} = 3208 \text{ MPa}$$

$$N_{rd} = f_d \times A = 320,8 \text{ kN/cm}^2 \times (30 \text{ cm} \times 0,0167 \text{ cm}) = 160,72 \text{ kN}$$

Kontrafore na glavnom brodu (model 1)

Dimenzioniranje FRP tkanine

Utjecaji u elementu

| | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-----|--|
| Maksimalni moment | $M_{ed} =$ | 32 | kNm | $N_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} + N_{ed,g}$ |
| Krak sila | $z =$ | 1,15 | m | |
| Uzdužna sila (od stalnog opt.) | $N_{ed} =$ | -121 | kN | |
| Uzdužna sila u kontrafori | $N_{ed} =$ | -93,2 | kN | |

Kontrafore na apsidi (model 2)

Dimenzioniranje FRP tkanine

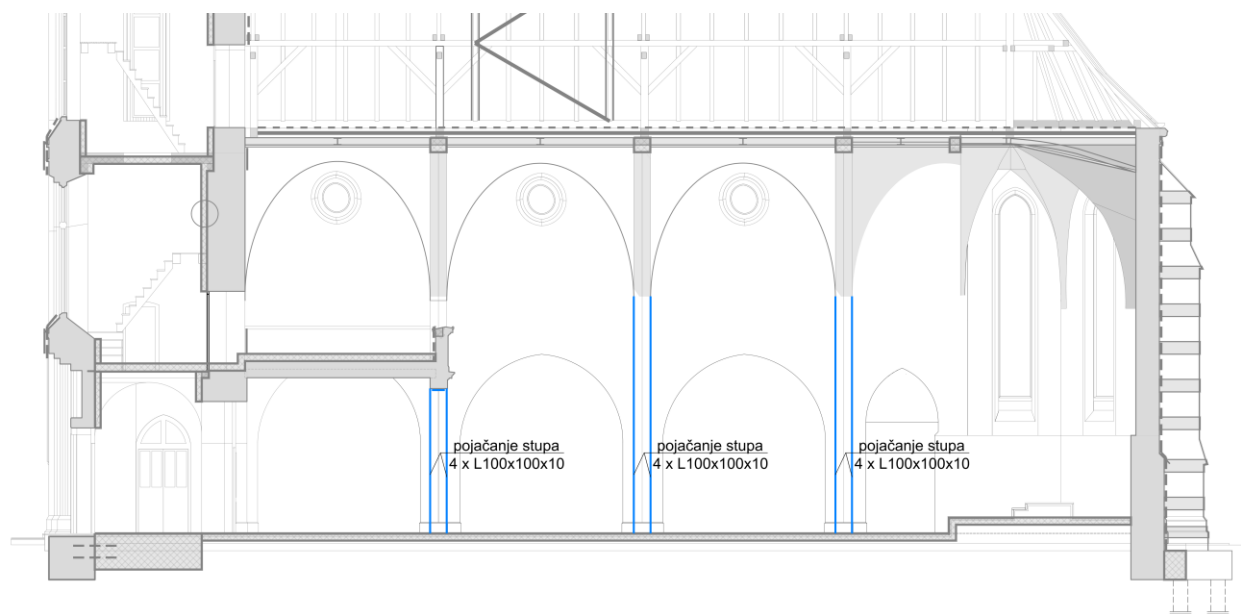
Utjecaji u elementu

| | | | | |
|--------------------------------|------------|------|-----|--|
| Maksimalni moment | $M_{ed} =$ | 99 | kNm | $N_{ed} = \frac{M_{ed}}{z} + N_{ed,g}$ |
| Krak sila | $z =$ | 1,5 | m | |
| Uzdužna sila (od stalnog opt.) | $N_{ed} =$ | -166 | kN | |
| Uzdužna sila u kontrafori | $N_{ed} =$ | -100 | kN | |

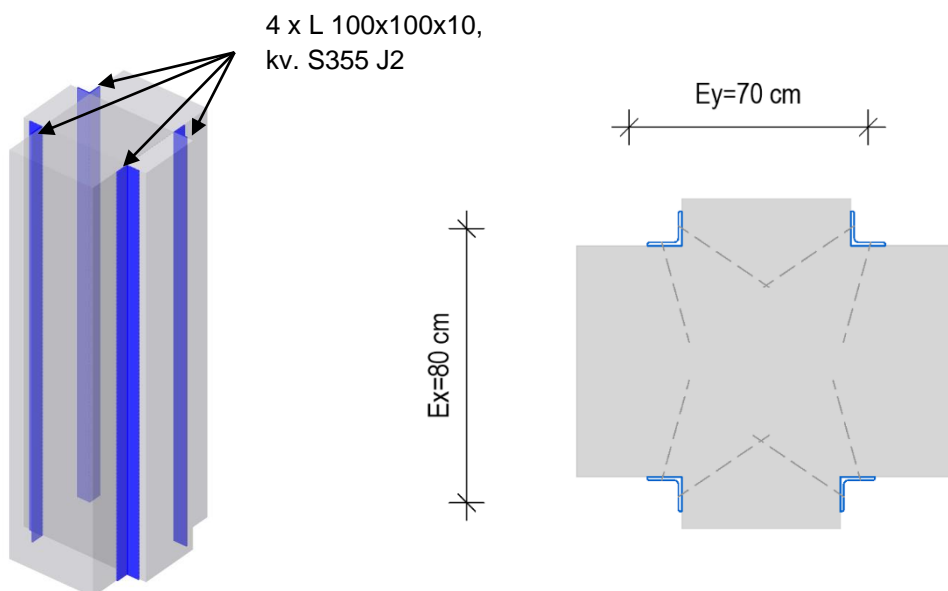
Cijeli poprečni presjek kontrafora glavnog broda i apsida pri djelovanju potresa je u tlaku te se pojačanje FRP tkaninom izvodi kao konstruktivno kako bi se osigurala dostatna duktilnost i otpornost elementa na ciklična djelovanja potresa. Trake se lijepe u jednom sloj, sukladno detalju u poglavlju 6 Karakteristični izvedbeni detalji.

5.4.8 Pojačanje stupova

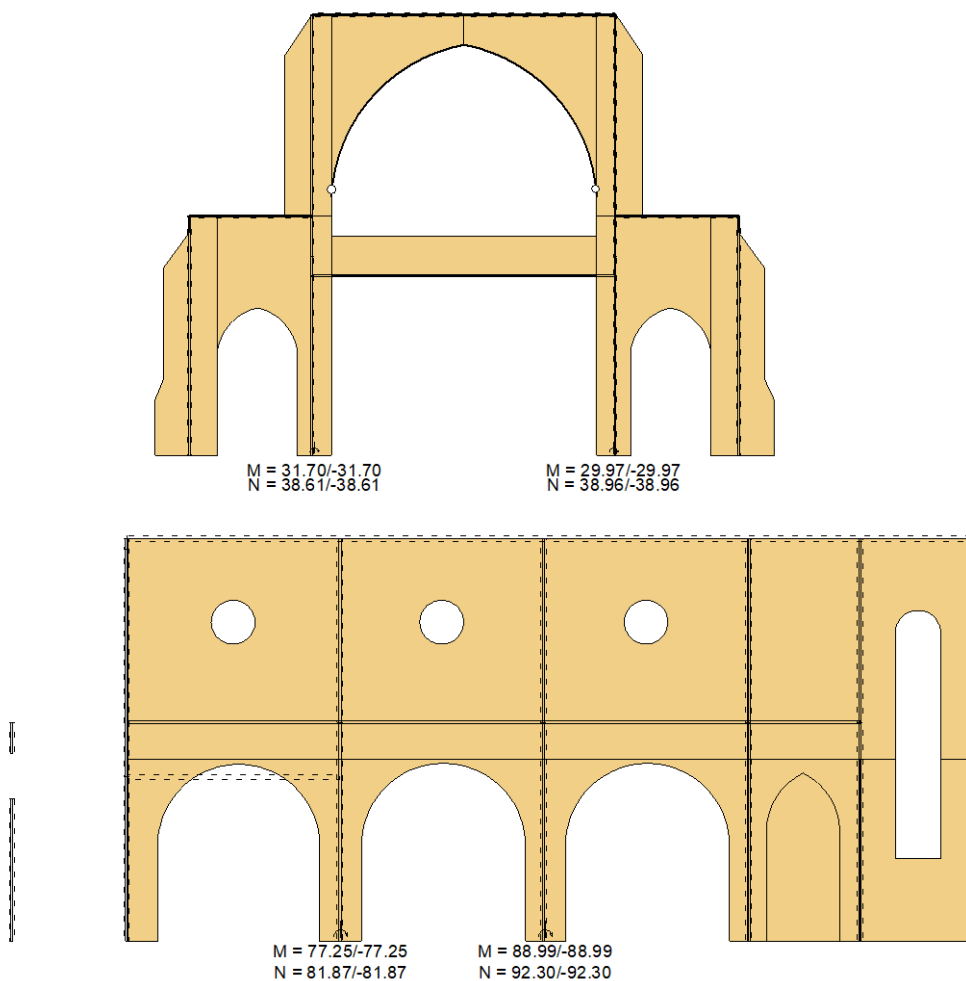
Zidani stupovi se pojačavaju kutnicima 100x100x10 mm, kv. S355J2, koji se u svakom uglu naizmjenično kemijski sidre s navojnim šipkama 2Ø20, duljine 30 cm svakih 30 cm. Kutnici prihvaćaju vlačnu silu dobivenu rastavljanjem momenta od potresnog djelovanja na spreg sila, dok tlačnu silu prihvaća zidani dio presjeka. Klasa čelika je S355J2.



Slika 5-23 Položaj stupova na granici glavnog i bočnih brodova (os 4 i 7)



U nastavku su prikazane sile koje se javljaju u podnožju stupova uslijed potresne kombinacije u međusobno ortogonalnim smjerovima. Sila koji preuzima L profil proizlazi iz sprega sila dobivenog rastavljanjem momenta.



Maksimalni moment oko osi X : $M_{Ed,x} = 37,70 \text{ kNm}$
 Krak sila: $z = 0,80 \text{ m}$
 Spreg sila: $N_{Ed,x} = 37,70 \text{ kNm} / 0,80 \text{ m} = 47,13 \text{ kN}$

Maksimalni moment oko osi Y : $M_{Ed,y} = 88,99 \text{ kNm}$
 Krak sila: $z = 0,70 \text{ m}$
 Spreg sila: $F_{Ed} = 88,99 \text{ kNm} / 0,70 \text{ m} = 127,13 \text{ kN}$

L 100x100x10

$A = 15,51 \text{ cm}^2$ $A_{net} = 15,51 - 2 \times 2,2 \times 1 = 11,11 \text{ cm}^2$

Nosivost L profila na vlačna naprezanja:

$$N_{u,rd} = \frac{f_u \times 0,9 \times A_{net}}{\gamma_{M2}} = \frac{36 \text{ kN/cm}^2 \times 0,9 \times 11,11 \text{ cm}^2}{1,25} = 287,97 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,x}}{2 \times N_{u,rd}} = \frac{47,13 \text{ kN}}{2 \times 287,97 \text{ kN}} = 0,08 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

$$\frac{N_{ed,y}}{2 \times N_{u,rd}} = \frac{127,13 \text{ kN}}{2 \times 287,97 \text{ kN}} = 0,22 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

5.4.9 Nelinearno statička analiza crkve (push-over analiza)

Nelinearna statička analiza provedena je u programu HiStrA. Debljine modeliranih zidova i svodova usvojene su na temelju snimaka postojećeg stanja, dok su mehaničke karakteristike materijala definirane prema provedenim istražnim radovima.

Push-over analiza provedena je za sljedeća granična stanja:

- Granično stanje blizu rušenja za povratni period od 2475 godina
- Granično stanje značajnog oštećenja za povratni period od 475 godina
- Granično stanje ograničenog oštećenja za povratni period od 225 godina

Analiza je prekinuta u trenutku dosezanja maksimalnih definiranih pomaka ili u trenutku pada poprečne sile (eng. base shear) za 20 %, čime je definirana sposobnost konstrukcije za granično stanje blizu rušenja. Sposobnost konstrukcije za granično stanje značajnog oštećenja jednaka je $\frac{3}{4}$ najveće sposobnosti konstrukcije za granično stanje blizu rušenja, dok je za granično stanje ograničenog oštećenja sposobnost definirana kao granica popuštanja idealiziranog elastično-savršeno plastičnog odnosa sila-pomak istovrijednog sustava s jednim stupnjem slobode.

Ulazni podaci

Klasa uporabe: III

Prigušenje: 5%

Tip tla: C

Topografski tip: T1 – ravan teren

Materijali:

Zidovi katedrale, kao i svodovi koji se zadržavaju, modelirani su kao opečno ziđe. Toranj je također u cijelosti od opečnog ziđa s postojećim armiranobetonskim elementima na vrhu u vidu serklaža.

Izvođe se potpuno novi glavni svodovi koji su modelirani čeličnim elementima po hrbatima, a plohe svodova od betonskih elemenata. Izvođe se i novi lukovi od armiranog betona koji u petama imaju nove zatege. Mali bočni svodovi pojačani su FRCM-om po ekstradosu, a iznad njih je dodatno predviđena armiranobetonska ploča koja je povezana s horizontalnim serklažima po obodu na vrhu zidova.

Ziđe crkve pojačano je punoplošno FRCM-om s vanjsku stranu, a kontrafore FRP trakama.

Toranj crkve izvana je punoplošno pojačan FRCM-om, a iznutra armiranobetonskom oblogom. Pri vrhu tornja umjesto armiranobetonske obloge izvođe se čelični spregovi. Čeličnim limom izvođe se prsteni u četiri razine koje obuhvaćaju cijeli toranj s vanjsku stranu.

| | W | E | G | Fm | Ftm | Tau0 |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | kNm ⁻³ | Nmm ⁻² | Nmm ⁻² | Ncm ⁻² | Ncm ⁻² | Ncm ⁻² |
| Beton | 25 | 31000 | 12917 | 2500 | 250 | - |
| Opeka | 18 | 800 | 50 | 200 | 18 | 10 |
| Čelik | 78,5 | 210000 | 81000 | 23500 | 23500 | - |

FRCM OBLOGA

| Fiber parameters | |
|------------------------------|---------------------------|
| Specific weight, w | 0 kN/m ³ |
| Young modulus, E | 8E+07 kN/m ² |
| Tensile strength, σ_t | 3800000 kN/m ² |
| Ductility, η | 1 |
| Thickness | 4,9E-05 m |

| Flexural parameters | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Normal stiffness, K_n | 2000000 kN/m ³ |
| Tensile strength, σ_t | 40 kN/m ² |
| Tensile fracture energy, G_t | 0,01 kN/m |
| Compressive strength, σ_c | 1000 kN/m ² |
| Compressive fracture energy, G_c | 3 kN/m |

| Bond slip parameters | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Sliding stiffness, K_s | 7000000 kN/m ³ |
| Cohesion, c | 1000 kN/m ² |
| Friction coefficient, μ | 0 |
| Sliding fracture energy, G_s | 0,4 kN/m |

FRP TRAKE

| Fiber parameters | |
|------------------------------|---------------------------|
| Specific weight, w | 0 kN/m ³ |
| Young modulus, E | 8E+07 kN/m ² |
| Tensile strength, σ_t | 3400000 kN/m ² |
| Ductility, η | 1 |
| Thickness | 0,000172 m |

| Flexural parameters | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Normal stiffness, K_n | 2000000 kN/m ³ |
| Tensile strength, σ_t | 40 kN/m ² |
| Tensile fracture energy, G_t | 0,01 kN/m |
| Compressive strength, σ_c | 1000 kN/m ² |
| Compressive fracture energy, G_c | 3 kN/m |

| Bond slip parameters | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Sliding stiffness, K_s | 7000000 kN/m ³ |
| Cohesion, c | 1000 kN/m ² |
| Friction coefficient, μ | 0 |
| Sliding fracture energy, G_s | 0,4 kN/m |

ČELIČNI LIM

| Fiber parameters | |
|------------------------------|--------------------------|
| Specific weight, w | 0 kN/m ³ |
| Young modulus, E | 2E+08 kN/m ² |
| Tensile strength, σ_t | 500000 kN/m ² |
| Ductility, η | 1 |
| Thickness | 0,008 m |

| Flexural parameters | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Normal stiffness, K_n | 2000000 kN/m ³ |
| Tensile strength, σ_t | 40 kN/m ² |
| Tensile fracture energy, G_t | 0,01 kN/m |
| Compressive strength, σ_c | 1000 kN/m ² |
| Compressive fracture energy, G_c | 3 kN/m |

| Bond slip parameters | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Sliding stiffness, K_s | 7000000 kN/m ³ |
| Cohesion, c | 15 kN/m ² |
| Friction coefficient, μ | 0 |
| Sliding fracture energy, G_s | 0,05 kN/m |

AB OBLOGA

| Fiber parameters | |
|------------------------------|-------------------------|
| Specific weight, w | 25 kN/m ³ |
| Young modulus, E | 3E+07 kN/m ² |
| Tensile strength, σ_t | 2000 kN/m ² |
| Ductility, η | 1 |
| Thickness | 0,16 m |

| Flexural parameters | |
|------------------------------------|---------------------------|
| Normal stiffness, K_n | 2000000 kN/m ³ |
| Tensile strength, σ_t | 2000 kN/m ² |
| Tensile fracture energy, G_t | 0,15 kN/m |
| Compressive strength, σ_c | 20000 kN/m ² |
| Compressive fracture energy, G_c | 30 kN/m |

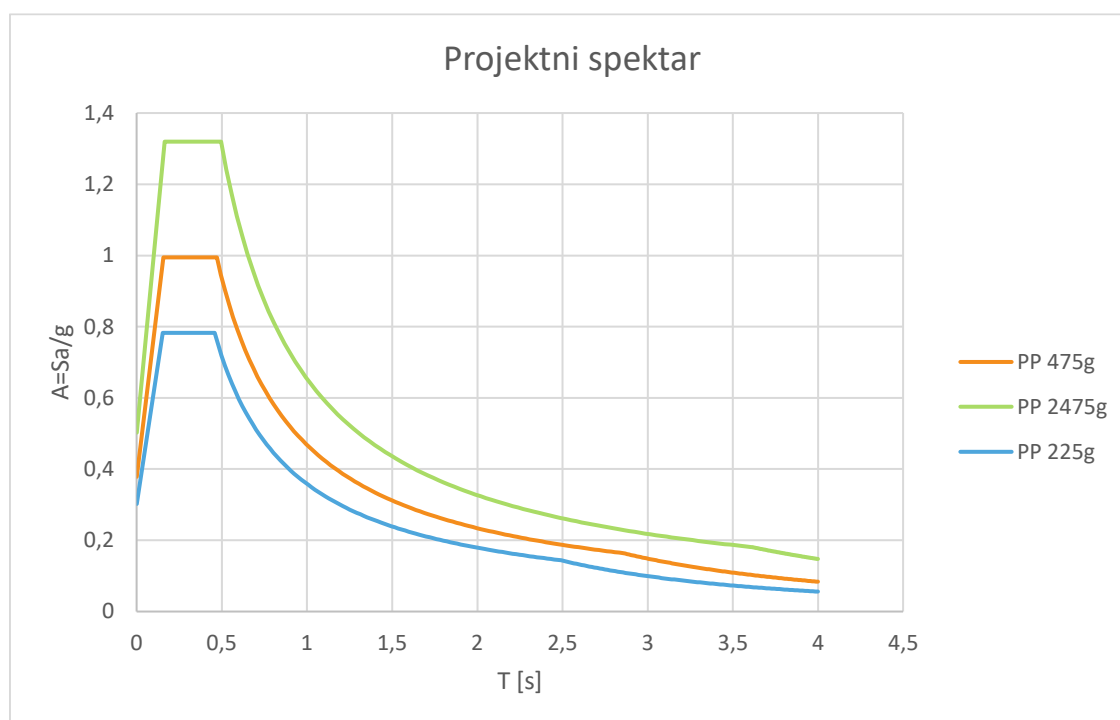
| Bond slip parameters | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Sliding stiffness, K_s | 7000000 kN/m ³ |
| Cohesion, c | 15 kN/m ² |
| Friction coefficient, μ | 0 |
| Sliding fracture energy, G_s | 0,05 kN/m |

Tablica 5-1 Potresna analiza

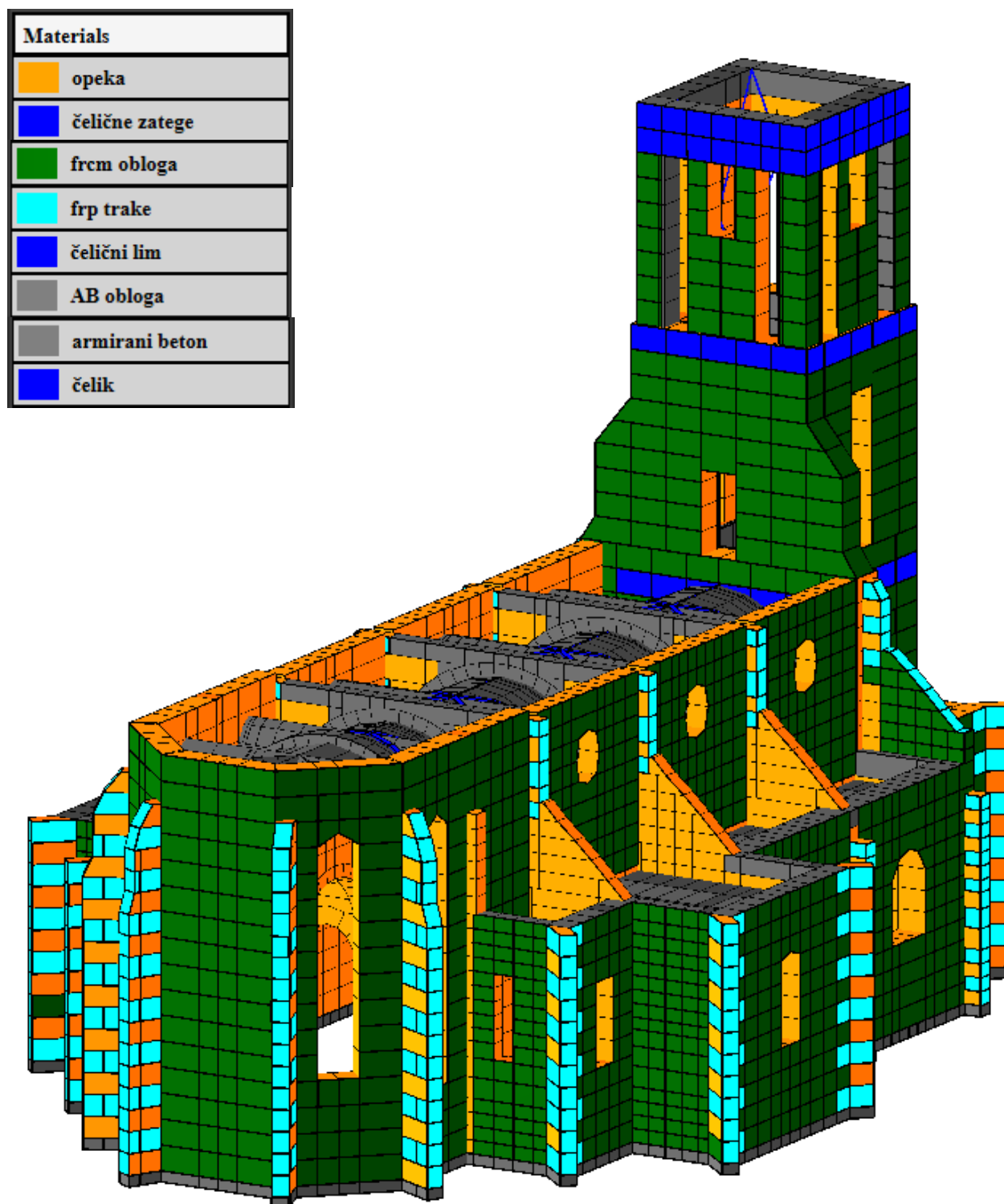
| Ime | Opis | Početak analize | Kombinacija | Seizmička | Smjer | Distribucija |
|----------|---|-----------------|-------------|-----------|-------|--------------|
| Vert | Osnovna analiza usvojena za sve analize izvedene iz seizmičke kombinacije | - | SEIZMIČKA | Ne | -Z | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u smjeru +X s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | +X | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u -X smjeru s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | -X | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u smjeru +Y s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | +Y | Sila |
| Pushover | Seizmička analiza u -Y smjeru s raspodjelom sile proporcionalnom masama | Vert | SEIZMIČKA | Da | -Y | Sila |
| Modal | Modalna analiza | - | SEIZMIČKA | Da | +X | Sila |

Tablica 5-2 Granična stanja

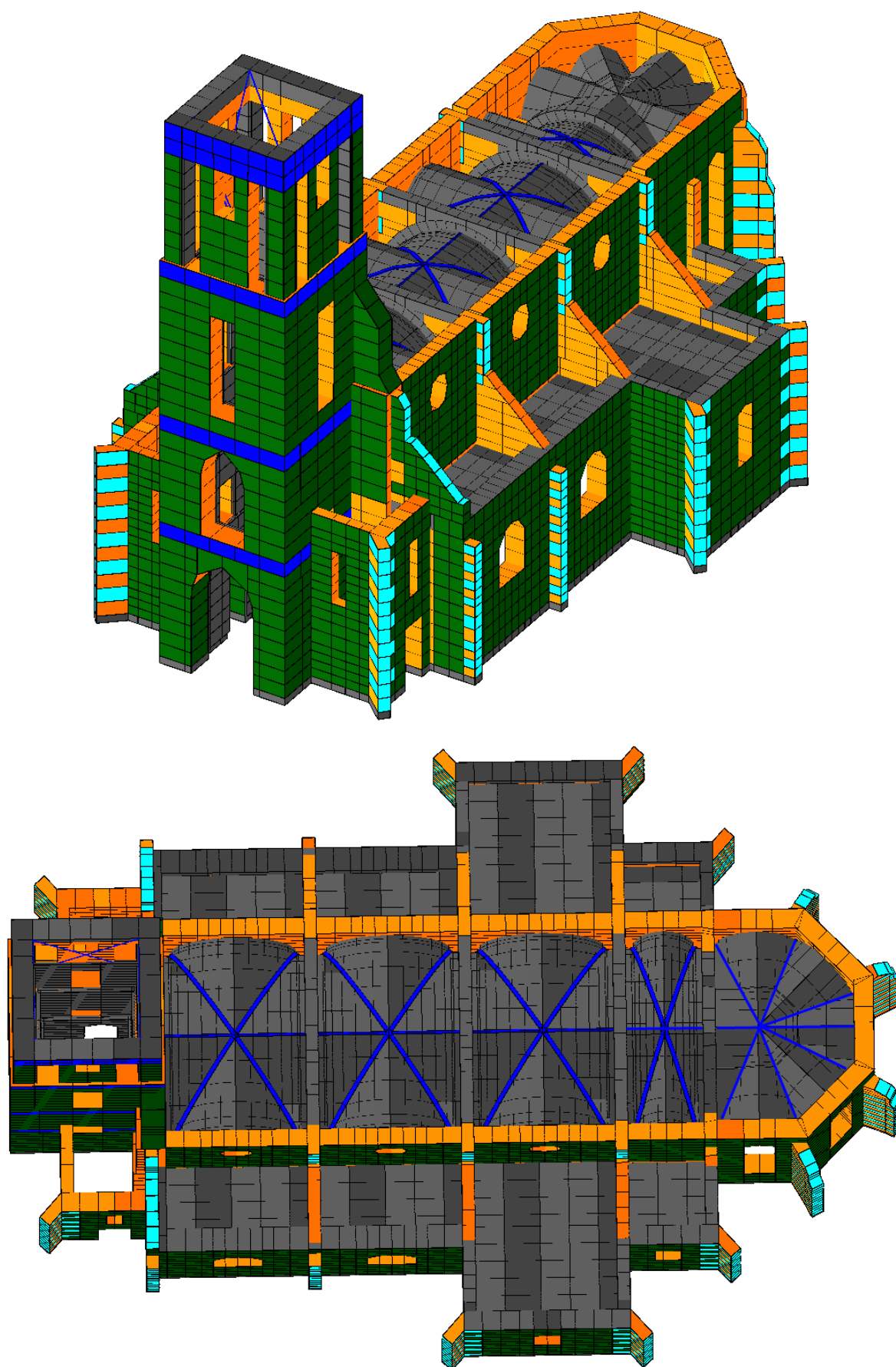
| Granično stanje | Pvr % | Tr [year] | Ag/g | Fo | Tc* [s] | Eta | S | Tb [s] | Tc [s] | Td [s] | Te [s] | Tf [s] |
|---------------------------------------|-------|-----------|-------|-------|---------|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Granično stanje ograničenog oštećenja | 10 | 225 | 0,223 | 2,594 | 0,290 | 1 | 1,353 | 0,153 | 0,458 | 2,492 | 6 | 10 |
| Granično stanje značajnog oštećenja | 10 | 475 | 0,314 | 2,628 | 0,302 | 1 | 1,205 | 0,157 | 0,470 | 2,856 | 6 | 10 |
| Granično stanje blizu rušenja | 5 | 2475 | 0,502 | 2,629 | 0,326 | 1 | 1,000 | 0,165 | 0,495 | 3,608 | 6 | 10 |



Slika 5-24 Projektni spektar

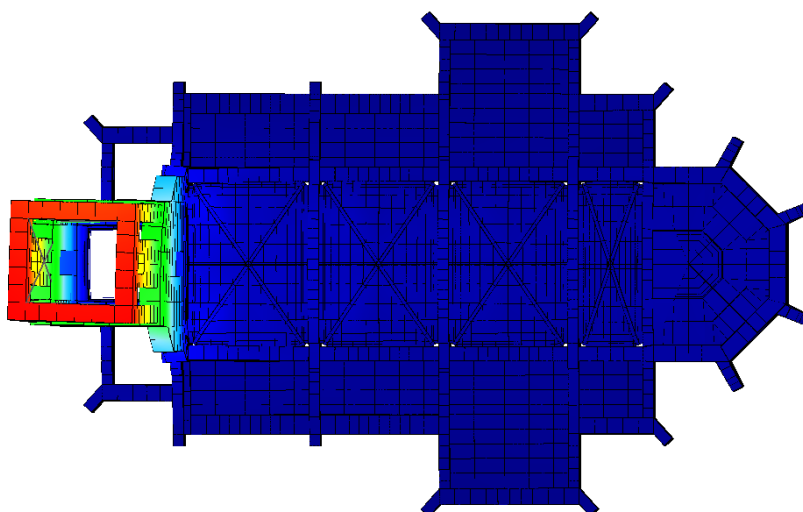


Slika 5-25 3D prikaz pojačanog modela

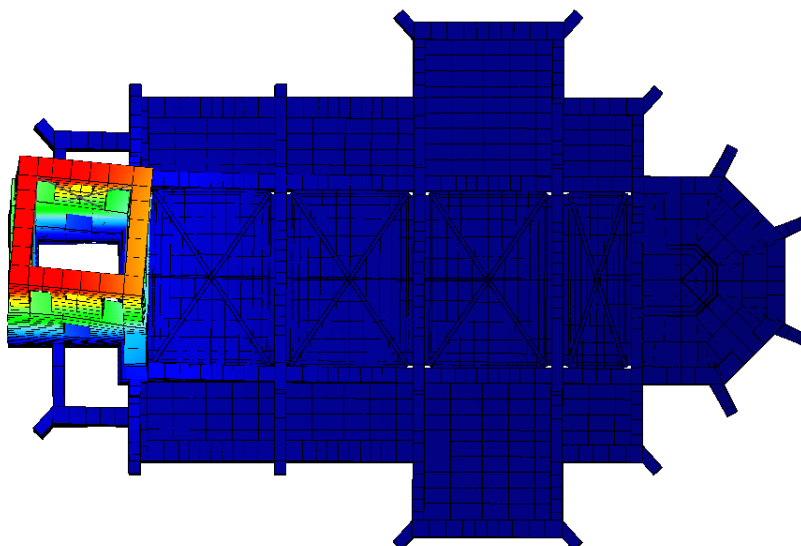


Slika 5-26 3D prikaz pojačanog modela

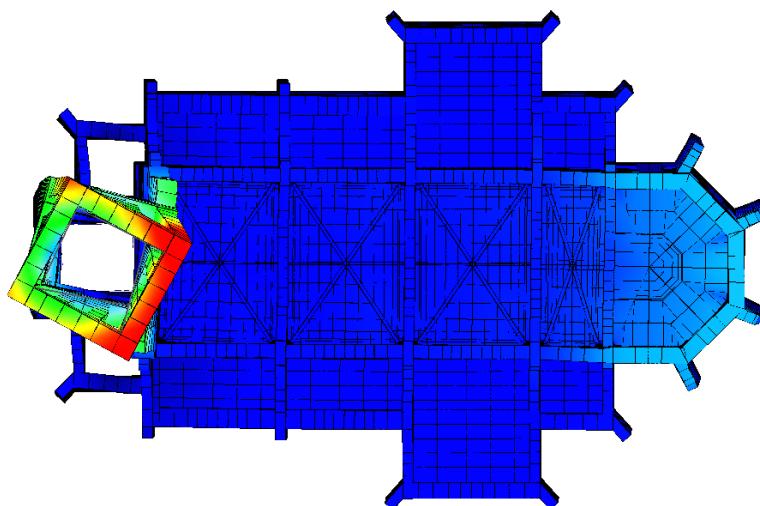
Modalna analiza



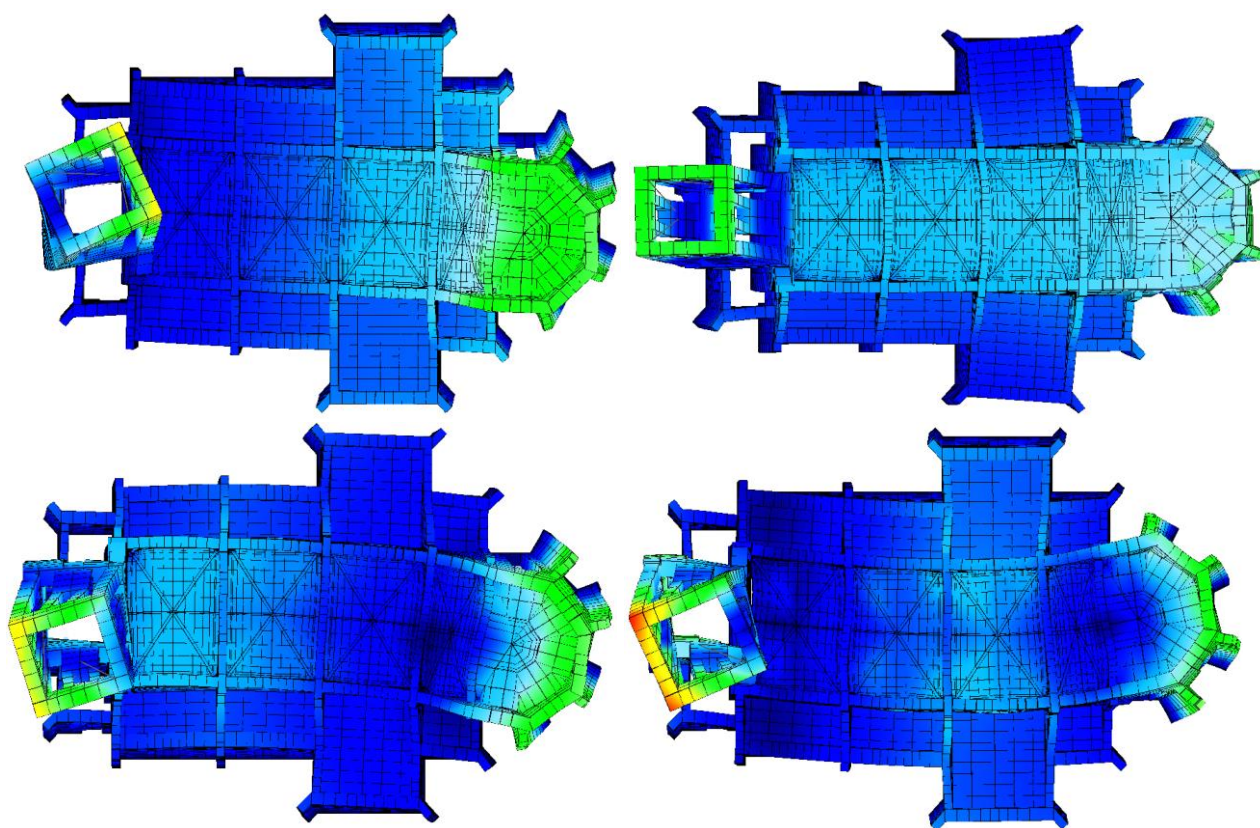
Slika 5-27 Prvi oblik titranja $T_1 = 0,38 \text{ s}$



Slika 5-28 Drugi oblik titranja $T_2 = 0,35 \text{ s}$



Slika 5-29 Treći oblik titranja $T_3 = 0,22 \text{ s}$


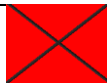



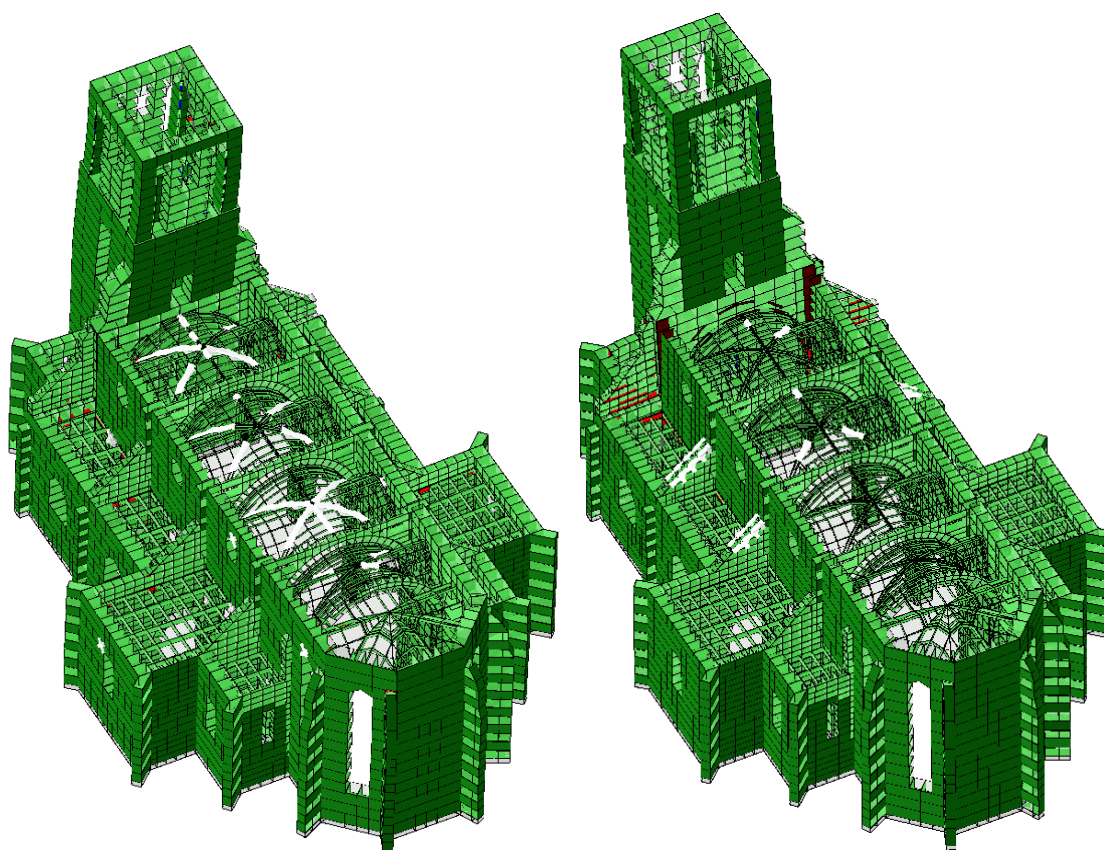
Slika 5-30 Ostali oblici titranja

Oblici titranja su očekivani i primjereni za tip i oblik konstrukcije. Toranj u odnosu na ostatak crkve je znatno podatniji. Prva tri oblika titranja se isključivo odnose na translaciju i torziju tornja, a u višim oblicima titranja aktivira se i tijelo crkve. Dok su oblici približno zadržani i prije i poslije pojačanja, može se primjetiti da je period znatno manji nakon pojačanja konstrukcije. Također, konstrukcija u višim modovima ravnomjernije je aktivirana odnosno građevina djeluje kao cjelina.

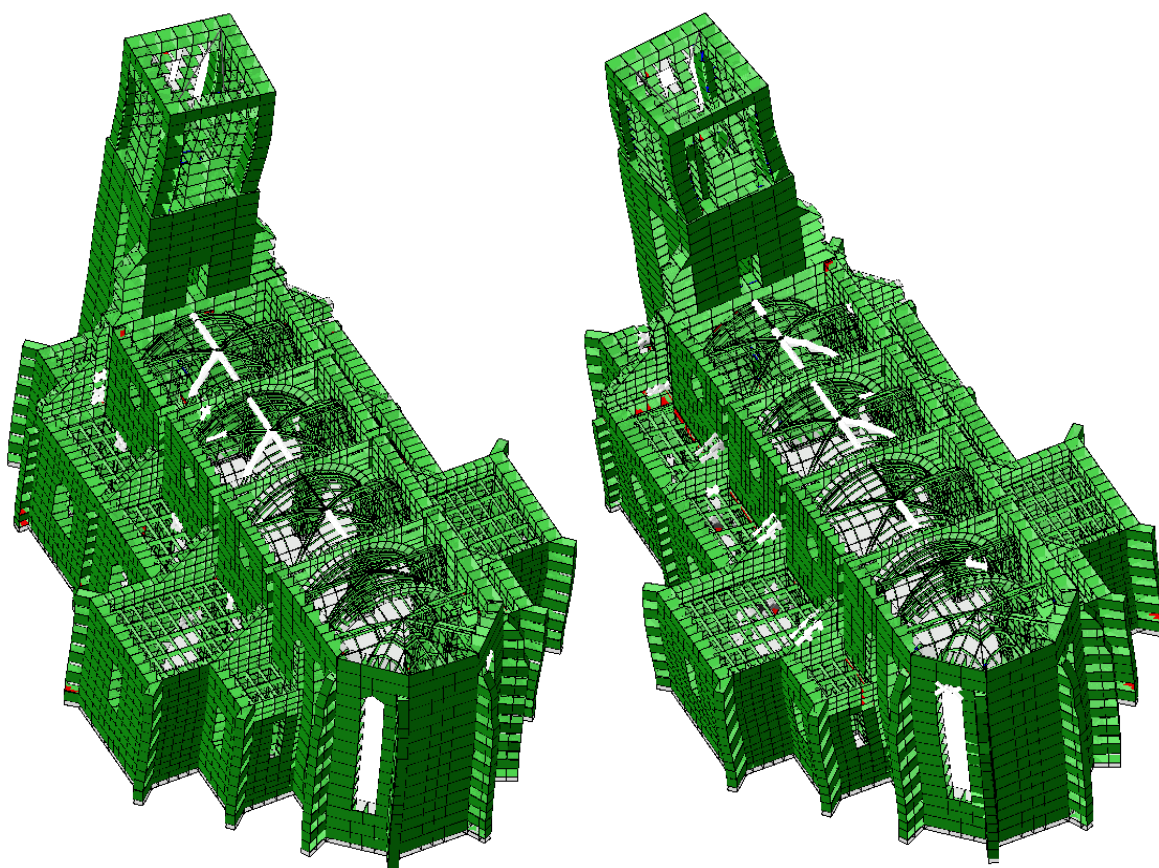
Pushover analiza

Nakon provedene pushover analize prvo su utvrđena moguća oštećenja na konstrukciji i oblici otkazivanja elemenata, a zatim su prikazane pushover krivulje za svaki smjer potresa iz kojih se zaključuje ponašanje konstrukcije uslijed potresnog opterećenja. Na kraju poglavlja je rekapitulacija s izraženim otpornostima crkve za pojedini smjer potresnog opterećenja te globalna otpornost.

| Tip oštećenja | Razina oštećenja | |
|-------------------------|--|---|
| | Niska | Visoka |
| Dijagonalno otkazivanje |  |  |
| Klizanje ploha |  | |



Slika 5-31 Prikaz oštećenja - Push-over u smjeru +x i -x



Slika 5-32 Prikaz oštećenja - Push-over u smjeru +y i -y

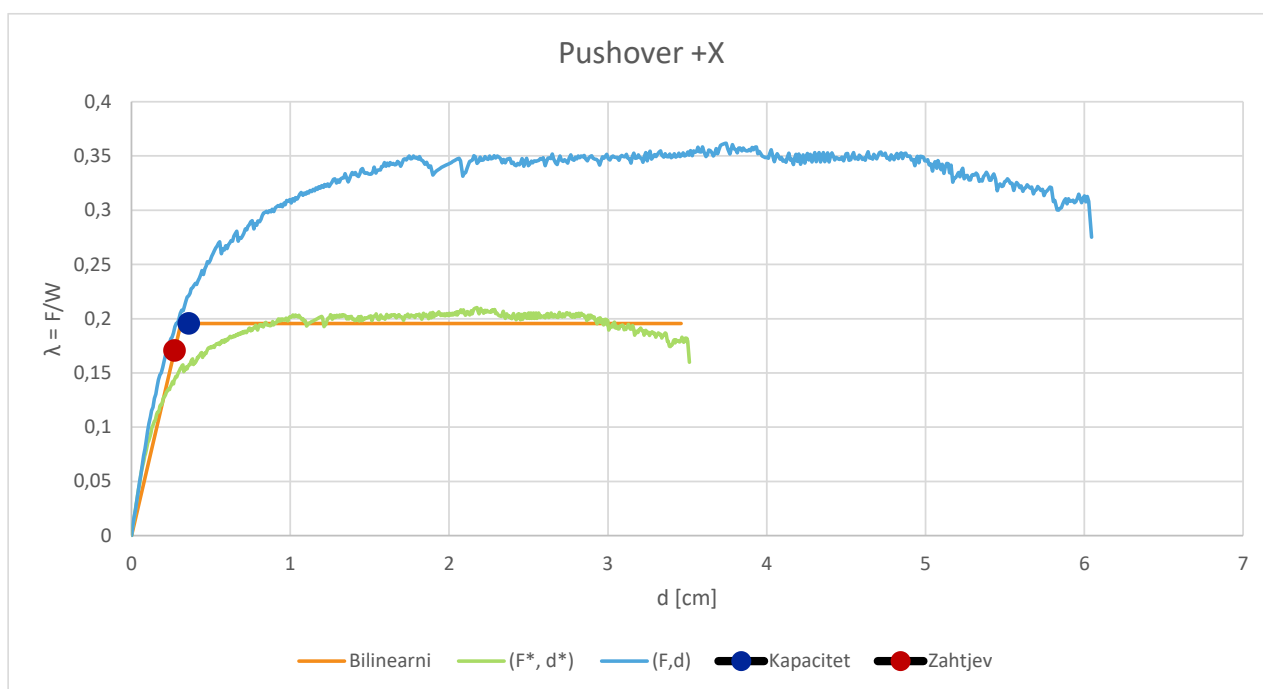
Na slikama iznad prikazana su moguća oštećenja pojačane građevine uslijed potresa povratnog perioda od 225 godina. Može se primjetiti kako oštećenja gotovo ni nema. Novi svodovi ponašaju se elastično, toranj ne pokazuje nikakva oštećenja zahvaljujući oblogama s unutrašnju i vanjsku stranu, a u zidu su klizne plohe i raspucavanja minimalna radi pojačanja FRCM-om. Novi serklaži, armiranobetonski lukovi te armiranobetonske ploče iznad bočnih svodova pomažu građevini da se ponaša kao cijelina i ujednačava odziv cijele konstrukcije.

Procjena seizmičke ranjivosti – PP 225 godina

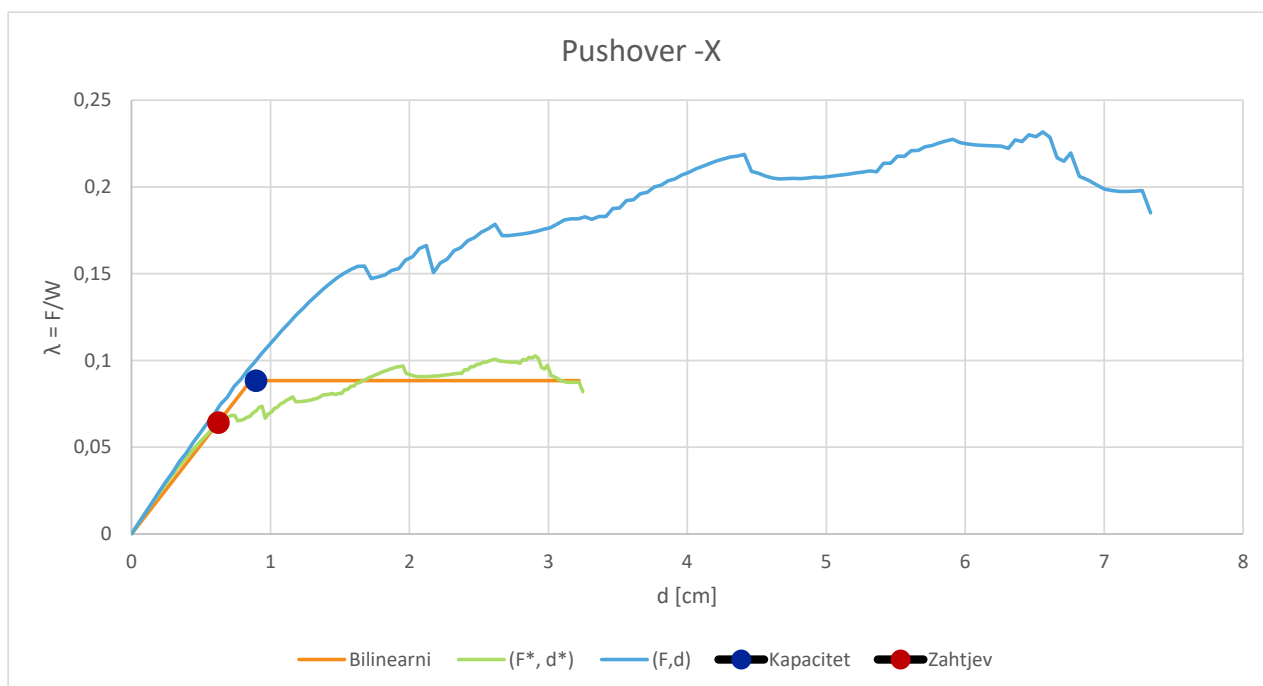
Na slikama u nastavku prikazane su push-over krivulje stvarnog sustava (sustava s više stupnjeva slobode – plava linija), reduciranog sustava (sustav s jednim stupnjem slobode – zelena linija) te ekvivalentna bilateralna krivulja (narančasta krivulja). Označene su i vrijednosti kapaciteta pomaka (tamno plava točka) te zahtijevanog pomaka (crvena točka). U tablici je zatim dana rekapitulacija te odnos kapaciteta i zahtjeva za svaku analizu, tj. svaki od smjerova potresnog djelovanja.

Kapacitet konstrukcije, tj. maksimalni pomak za granično stanje ograničenog oštećenja određuje se u programu HiStrA kao pomak na granici elastičnosti ekvivalentnog sustava s jednim stupnjem slobode

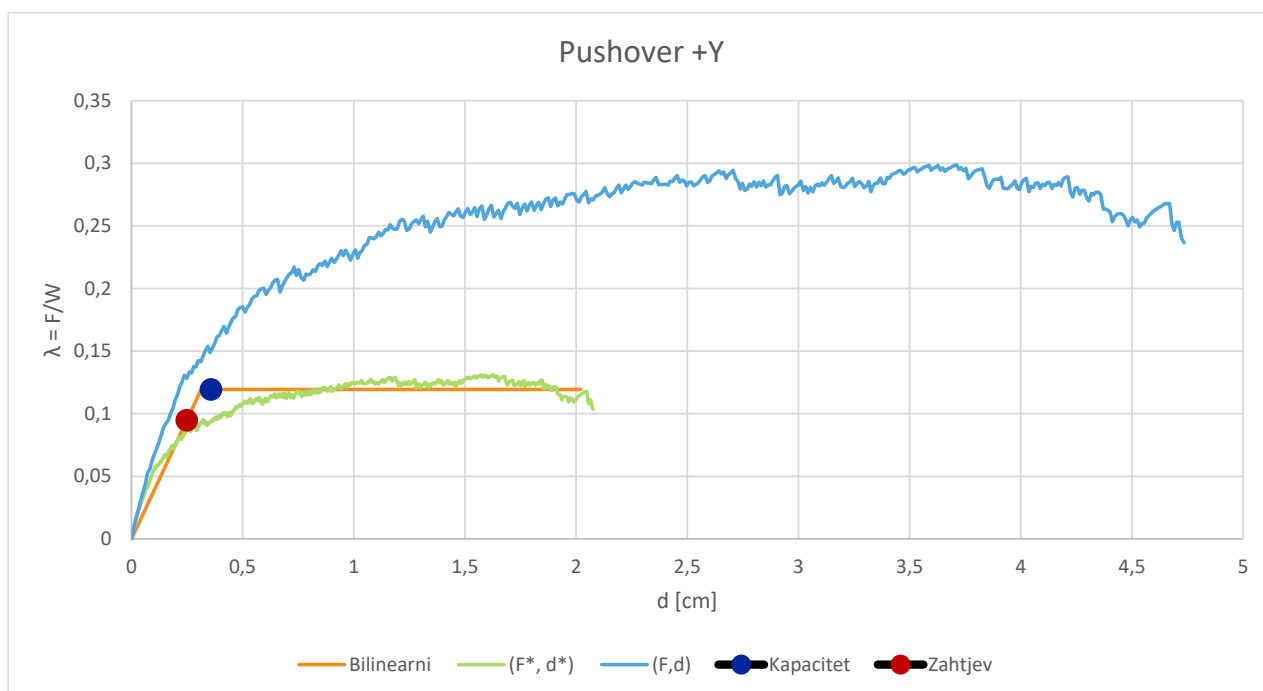
Zahtijevani pomak određuje se na temelju proračunskog spektra odziva za promatrani povratni period za prvi perioda osciliranja. Uspoređujući kapacitet i zahtjev pomaka određuje se seizmička ranjivost konstrukcije.



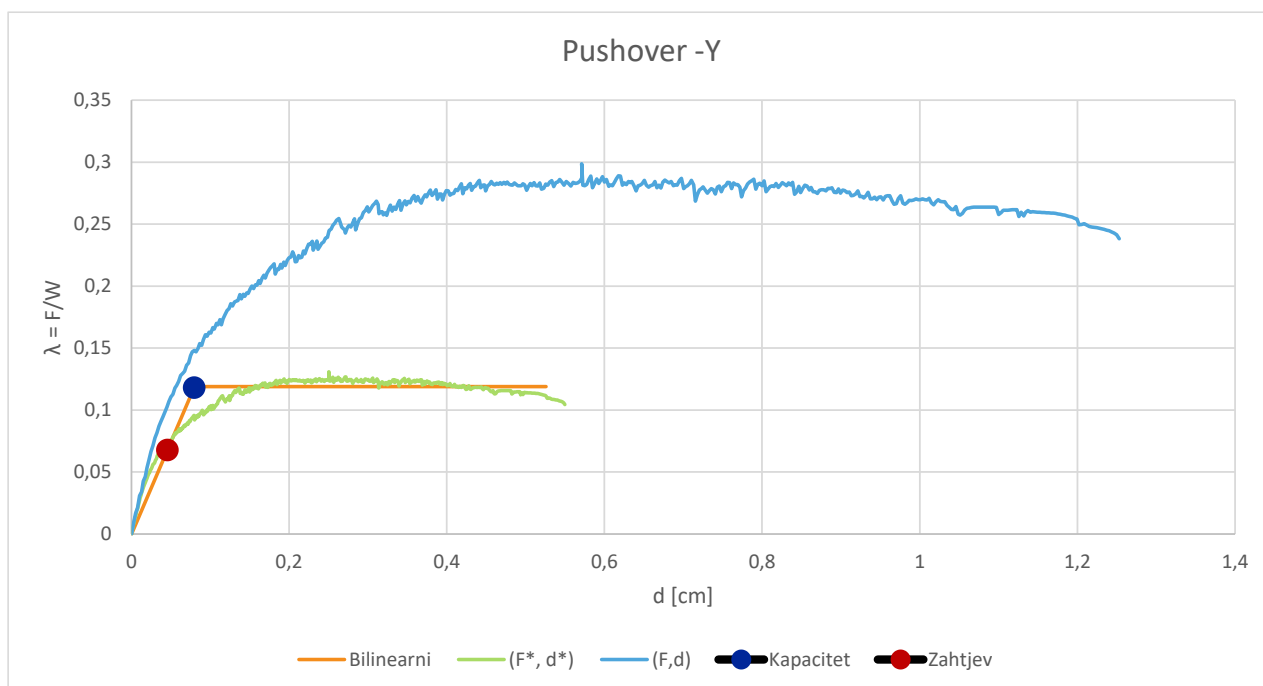
Slika 5-33 Push-over +X; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 5-34 Push-over -X; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 5-35 Push-over +Y; procjena seizmičke ranjivosti



Slika 5-36 Push-over -Y; procjena seizmičke ranjivosti

Tablica 5-3 Rekapitulacija pushover analize za granično stanje ograničenog oštećenja

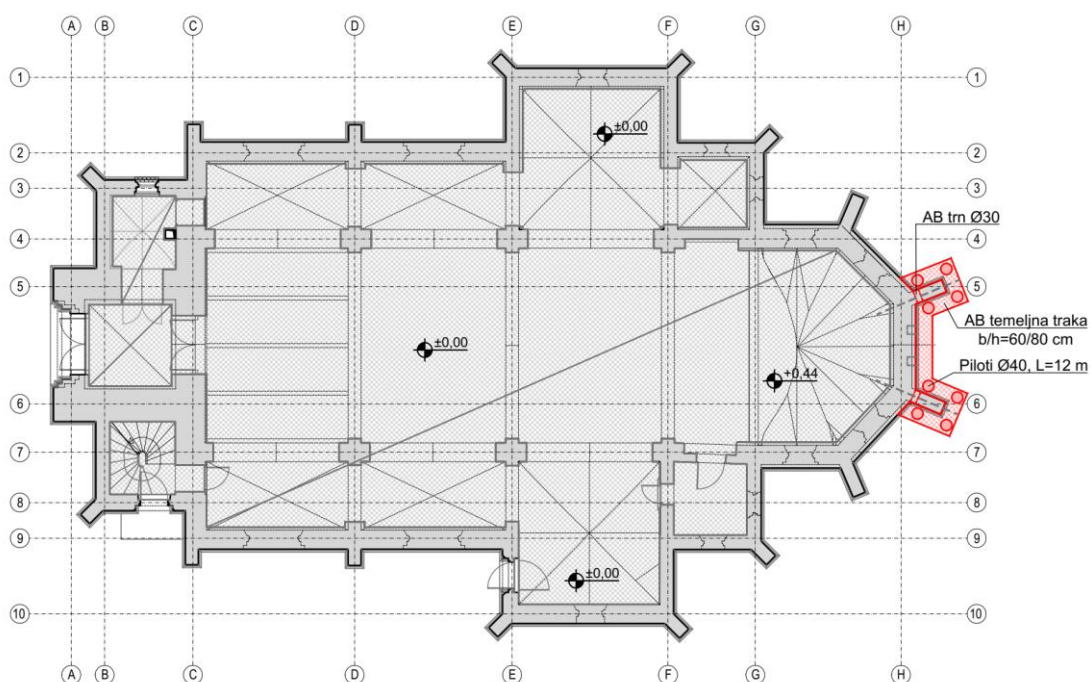
| Analiza | Pomak [cm] | | Usporedba [%] |
|-------------|------------|---------|---------------|
| | Kapacitet | Zahtjev | |
| Pushover +X | 0,36 | 0,27 | 132,69 |
| Pushover -X | 0,90 | 0,62 | 143,37 |
| Pushover +Y | 0,36 | 0,25 | 143,81 |
| Pushover -Y | 0,08 | 0,05 | 174,13 |

Procjenom seizmičke ranjivosti, potresna otpornost crkve iznosi **132,69%** zahtijevane otpornosti za granično stanje ograničenog oštećenja.

5.5 Temelji

5.5.1 Proračun temelja apside

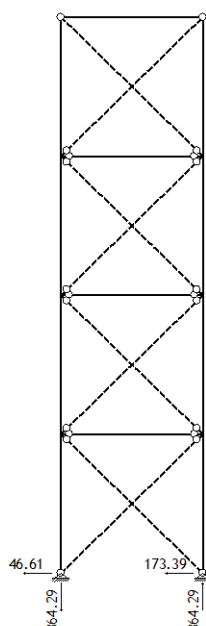
Pojačanje temelja apside izvodi se radi prihvaćanja opterećenja iz vertikalnog čeličnog sprega u zidu apside. Novi temelji sastoji se od dvije grupe od po četiri pilota promjera $\varnothing 40$ cm i dužine $L = 12$ m, koji su koncentrirani ispod rubnih kontrafora. i povezani temeljnom trakom dimenzija $b/h = 60/80$ cm. Traka ima funkciju naglavne grede pilota te je preko trnova dimenzija $a/b/h = 30/30/30$ cm povezana sa postojećim kamenim temeljima. Temeljne trake oko kontrafora međusobno se povezuju AB trnovima $\varnothing 30$ cm, kako bi se prilikom aktivacije čeličnog sprega u zidu apside i pojave vlačne sile aktivirala vlastita težina konstrukcije.



Slika 5-37 Tlocrtni položaj pojačanja temelja

Utjecaji u pilotima uzeti su kao reakcije vertikalnog čeličnog sprega uslijed djelovanja potresne sile

Opt. 2: Potresna sila



Reakcije ležajeva

Proračun vertikalne nosivosti armiranobetonskih pilota promjera $D=40,0$ cm, duljine $L=12,0$ m proveden je prema HRN EN 1997-1 (projektni pristup 2). S obzirom na usvojeni geotehnički profil tla na lokaciji budućeg temelja prema dostupnim podacima iz preliminarne istražnih radova, predviđa se da će se armiranobetonski piloti izvoditi dijelom unutar nasipa CL/CH-MH ($L=0,9$ m), dijelom u glini visoke plastičnosti CH ($L=6,4$ m) te dijelom unutar šljunka ($L=4,7$ m).

Usvojena pretpostavka proračuna nosivosti pilota:

Pri malim razmacima pilota u koherentnim tlima (do tri promjera pilota) dolazi do zajedničkog pomicanja pilota i okolnog tla te otkazivanja cijelog bloka. Za takav mehanizam sloma, nosivost po bazi i po plaštu računa se za ekvivalentni blok čije su dimenzije ovisne o udaljenosti rubnih pilota u grupi.

Nosivost grupe pilota određuje se prema slijedećem izrazu:

$$R_d = c_u \cdot (2B + 2D) \cdot L + B \cdot D \cdot N_c \cdot c_u$$
$$R_d = \frac{0,06 \cdot N \cdot p_a}{\gamma_c} \cdot (2B + 2D) \cdot L + D \cdot N_c \cdot \frac{0,06 \cdot N \cdot p_a}{\gamma_c}$$

gdje je:

R_d - nosivost grupe pilota (kN),

c_u - nedrenirana posmična čvrstoća tla (kPa),

γ_c - parcijalni faktor sigurnosti prema

PP2 ($1,50 \cdot 1,20 = 1,80$),

N - broj udaraca SPT-a (-),

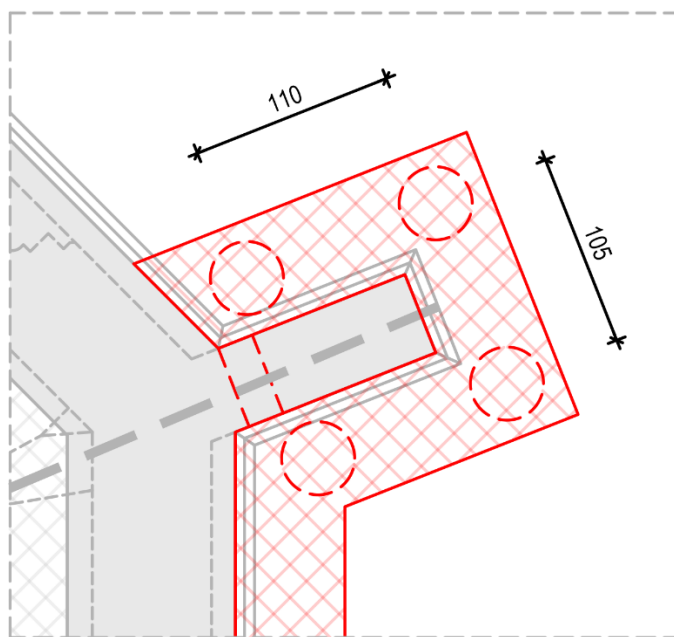
p_a - standardni tlak - 100,0 (kPa),

B – tlocrtna širina grupe pilota (m),

D – tlocrtna duljina grupe pilota (m),

L - duljina pilota (m)

N_c -faktor nosivosti



Slika 5-38 Dispozicija pilota ispod temeljnih traka uz apsidu

Proračun nosivosti grupe pilota

Geometrijske karakteristike grupe pilota:

- tlocrtna širina grupe pilota, $B=1,10$ m
- tlocrtna duljina grupe pilota, $D=1,05$ m
- duljina pilota, $L=12,0$ m

Sredina 1:

Nosivost pilota po plaštu u sredini 1 (nasip) se zanemaruje u proračunu.

Sredina 2:

Mjerodavan broj SPT udaraca za proračun nedrenirane kohezije:

$$N=12 \rightarrow c_u = 0,06 \cdot 100,0 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 12 = 72,0 \text{ kN/m}^2$$

-usvojena vrijednost nedrenirane kohezije: $c_u = 70,0 \text{ kN/m}^2$

-dužina pilota u sredini 2 - $L= 6,4$ m

Sredina 3:

Mjerodavan broj SPT udaraca za proračun nedrenirane kohezije:

$$N=24 \rightarrow c_u = 0,06 \cdot 127,0 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 24 = 182,9 \text{ kN/m}^2$$

- dužina pilota u sredini 3 – $L = 4,7$ m

- usvojena vrijednost nedrenirane kohezije: $c_u = 180,0 \text{ kN/m}^2$

Ukupna nosivost pilota (baza + plašt) - tlak

$$R_d = \frac{70}{1,8} \cdot (2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,05) \cdot 6,4 + \frac{180}{1,8} \cdot (2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,05) \cdot 4,7 + 1,1 \cdot 1,05 \cdot 9 \cdot \frac{180}{1,8} = 4830 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost pilota (plašt) - vlak

$$R_d = \frac{70}{1,8} \cdot (2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,05) \cdot 6,4 + \frac{180}{1,8} \cdot (2 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,05) \cdot 4,7 = 3091 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti grupe pilota:

Maksimalna tlačna uzdužna sila (reakcija vertikalnog čeličnog sprega):

$$N_{ed}(\text{tlak}) = 865 \text{ kN}$$

$$865 \text{ kN} < 4830 \text{ kN}$$

→ **Nosivost grupe pilota (zamjenskog bloka) zadovoljava!**

Maksimalna vlačna uzdužna sila:

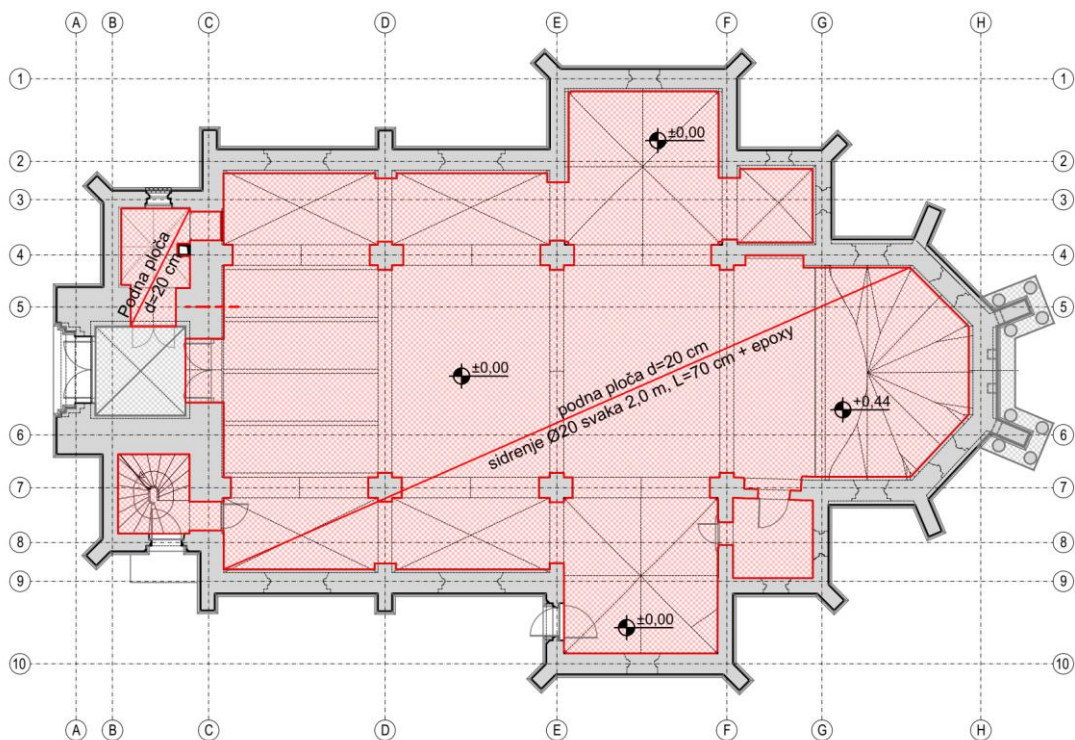
$$N_{ed}(\text{vlak}) = 865 \text{ kN}$$

$$865 \text{ kN} < 3091 \text{ kN}$$

→ **Nosivost grupe pilota (zamjenskog bloka) zadovoljava!**

5.5.2 Proračun podne ploče

U nastavku je proveden proračun podne ploče debljine 20 cm. Proračun se provodi na karakterističnom polju 13,0 x 20,0 m s prividnim (površinskim) dilatacijama veličine 3,25 x 5,00 m. Zbog kontrole pukotina uslijed skupljanja, na podnoj ploči izvode se rezane radne reške debljine 3 mm i dubine 50 mm. Reške se zarezuju 24 h do 36 h nakon betoniranja. Podna ploča izvodi se uz sidrenje u sve okolne zidne i temeljne sklopove.



Slika 5-39 Tlocrtni položaj podne ploče

Ulazni podaci

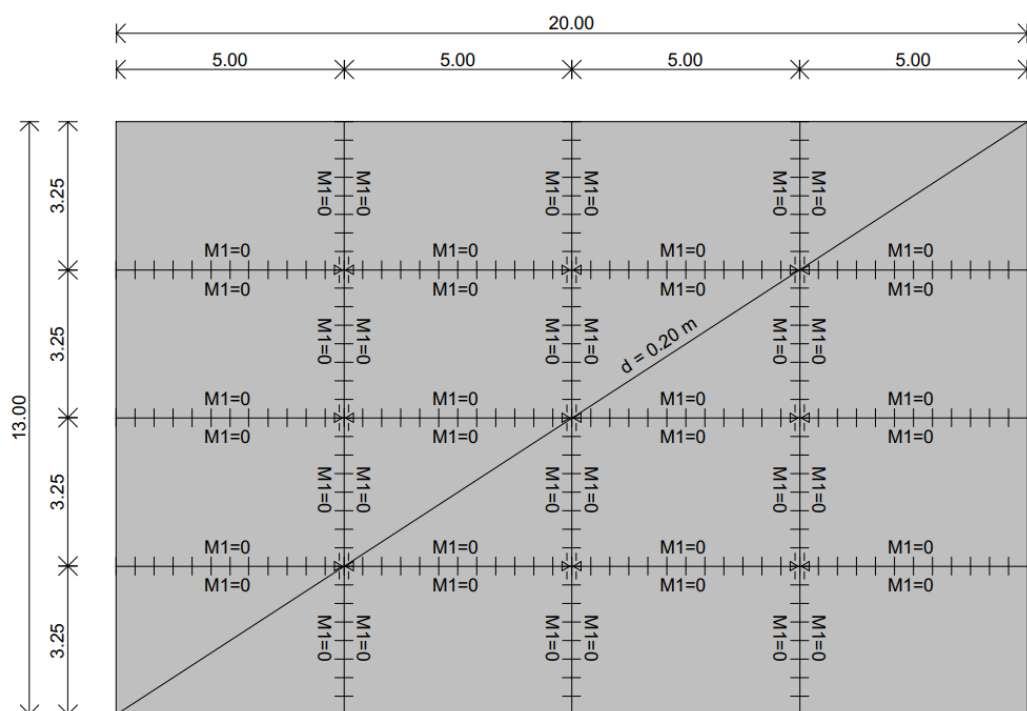


Tabela materijala

| No | Naziv materijala | E[kN/m ²] | μ | γ[kN/m ³] | αt[1/C] | Em[kN/m ²] | μm |
|----|------------------|-----------------------|------|-----------------------|----------|------------------------|------|
| 1 | C 25/30 | 3.100e+7 | 0.20 | 25.00 | 1.000e-5 | 3.100e+7 | 0.20 |

Setovi ploča

| No | d[m] | e[m] | Materijal | Tip proračuna | Ortotropija | E2[kN/m ²] | G[kN/m ²] | α |
|-----|-------|-------|-----------|---------------|-------------|------------------------|-----------------------|---|
| <1> | 0.200 | 0.100 | 1 | Tanka ploča | Izotropna | | | |

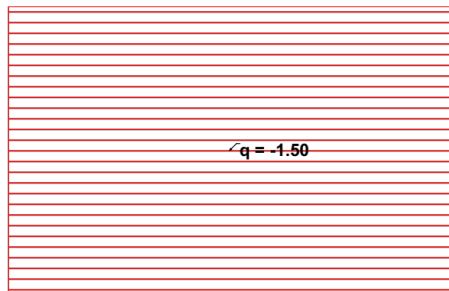
Setovi površinskih ležajeva

| Set | K,R1 | K,R2 | K,R3 |
|-----|-----------|-----------|----------|
| 1 | 1.000e+10 | 1.000e+10 | 5.000e+3 |

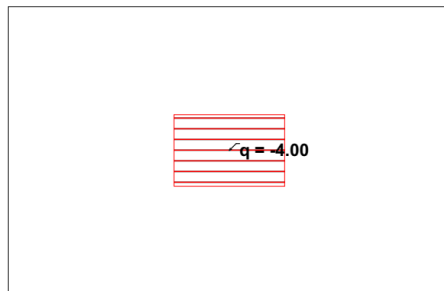
Lista slučajeva opterećenja

| LC | Naziv |
|----|-----------------------|
| 1 | stalno (g) |
| 2 | uporabno1 |
| 3 | uporabno2 |
| 4 | uporabno3 |
| 5 | Komb.: 1.35xI+1.5xII |
| 6 | Komb.: 1.35xI+1.5xIII |
| 7 | Komb.: 1.35xI+1.5xIV |

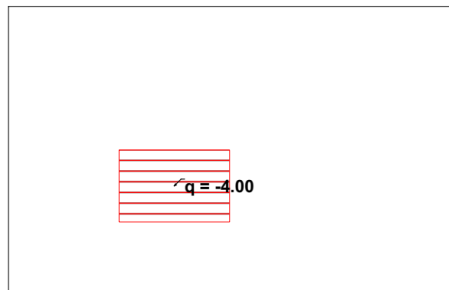
Opt. 1: stalno (g)



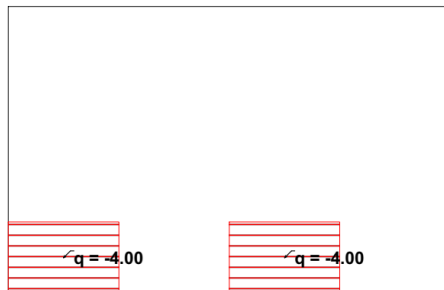
Opt. 2: uporabno1



Opt. 3: uporabno2

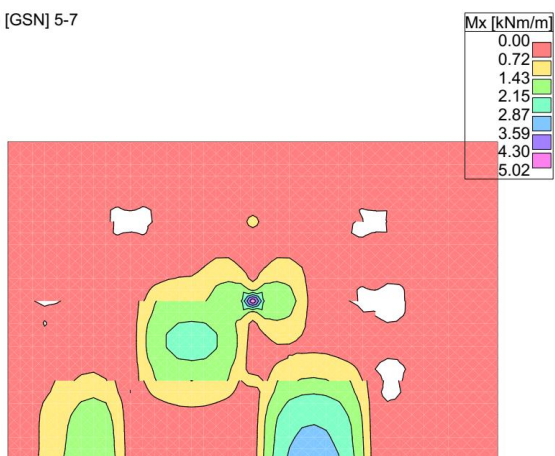


Opt. 4: uporabno3

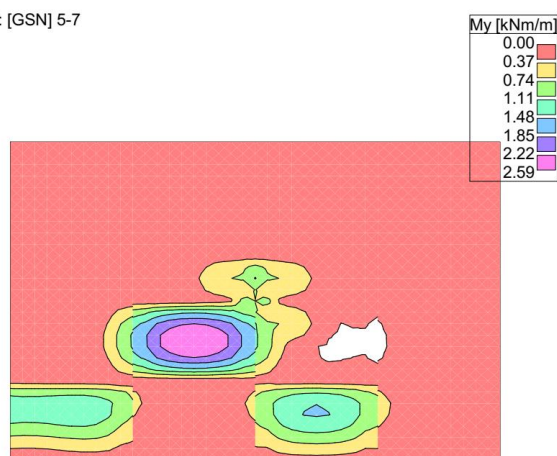
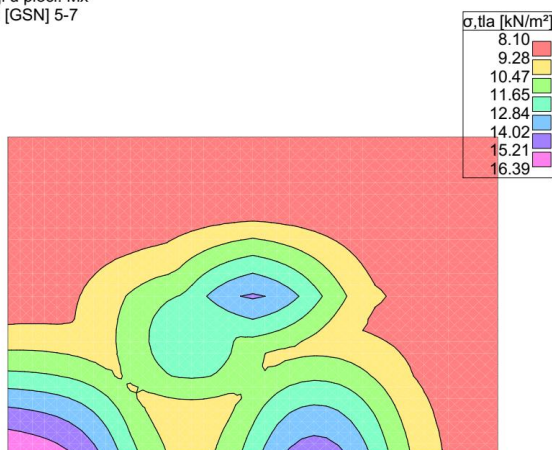


Rezultati statičkog proračuna

Opt. 8: [GSN] 5-7



Opt. 8: [GSN] 5-7

Utjecaji u ploči: Mx
Opt. 8: [GSN] 5-7

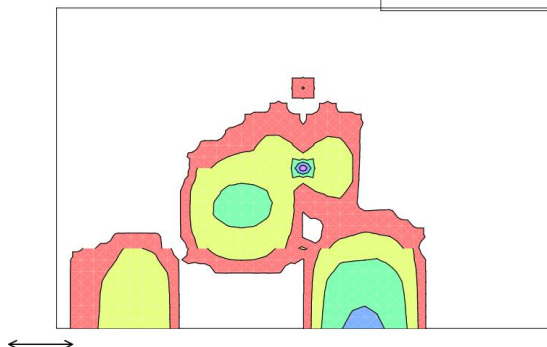
Utjecaji u ploči: My

Utjecaji u pov. ležaju: σ_{tla}

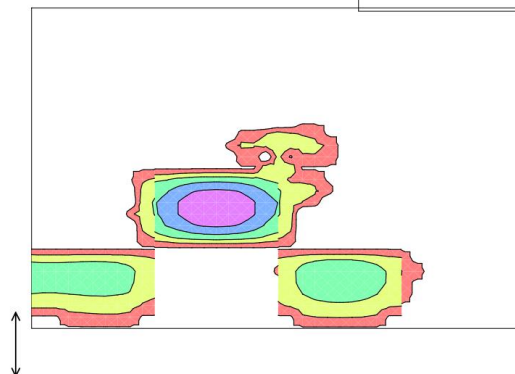
Dimenzioniranje

Mjerodavno opterećenje: 5-7
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=3.00 cm

| Aa - d.zona - Pravac 1 [cm ² /m] |
|---|
| 0.00 |
| 0.14 |
| 0.28 |
| 0.41 |
| 0.55 |
| 0.69 |

Mjerodavno opterećenje: 5-7
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=3.00 cm

| Aa - d.zona - Pravac 2 [cm ² /m] |
|---|
| 0.00 |
| 0.07 |
| 0.14 |
| 0.22 |
| 0.29 |
| 0.36 |

Aa - d.zona - Pravac 1
Mjerodavno opterećenje: 5-7
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=3.00 cm

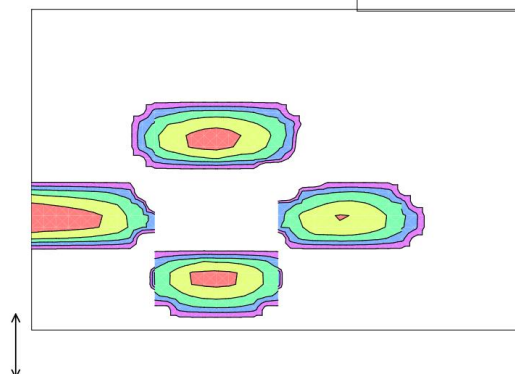
| Aa - g.zona - Pravac 1 [cm ² /m] |
|---|
| -0.45 |
| -0.36 |
| -0.27 |
| -0.18 |
| -0.09 |
| 0.00 |



Aa - g.zona - Pravac 1

Aa - d.zona - Pravac 2
Mjerodavno opterećenje: 5-7
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, B500B, a=3.00 cm

| Aa - g.zona - Pravac 2 [cm ² /m] |
|---|
| -0.18 |
| -0.14 |
| -0.11 |
| -0.07 |
| -0.04 |
| 0.00 |



Aa - g.zona - Pravac 2

Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot (f_{ctm} / f_{yk}) \cdot b \cdot d$$

$$= 0,26 \cdot (2,6 / 500) \cdot 100 \cdot 14,4 = 1,94 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

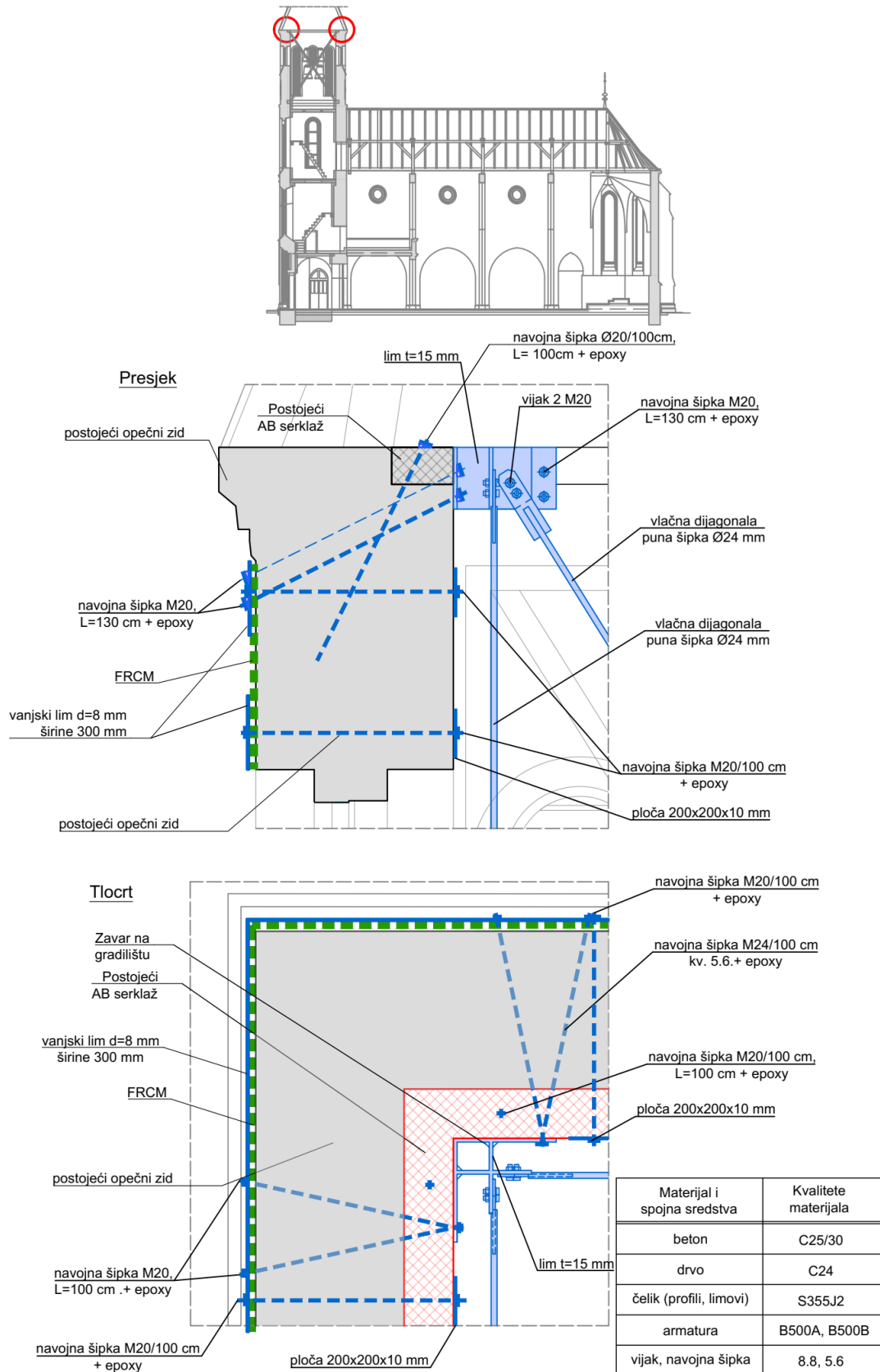
Odabrana armatura:

Podnu ploču armirati mrežama Q257 u obje zone. Rubna armature ploče su vilice Ø8/15 cm te uzdužne šipke 2Ø10. Sidrenje podne ploče sa armaturnim šipkama u postojeće zidove Ø20 svakih 2,0 m u skladu s izvedbenim detaljima.

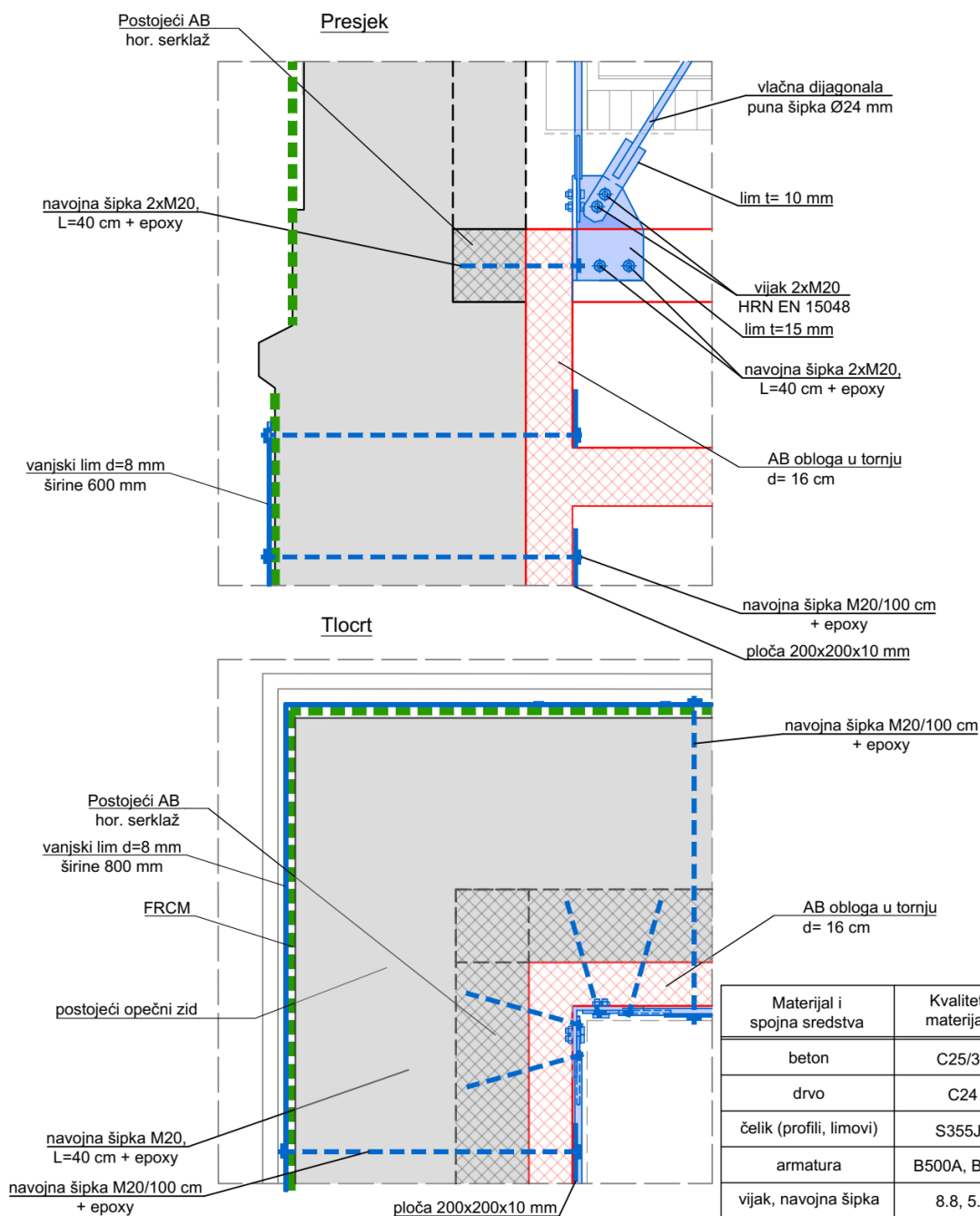
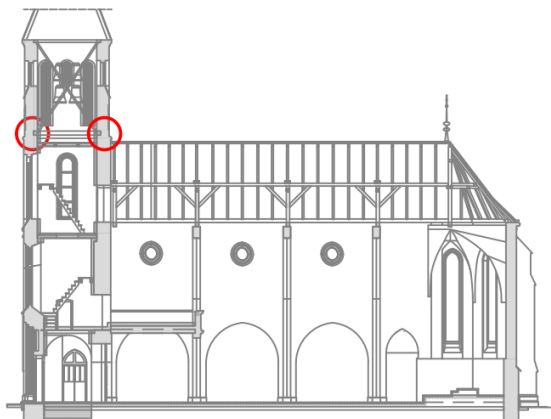
6 Karakteristični izvedbeni detalji

6.1 Toranj

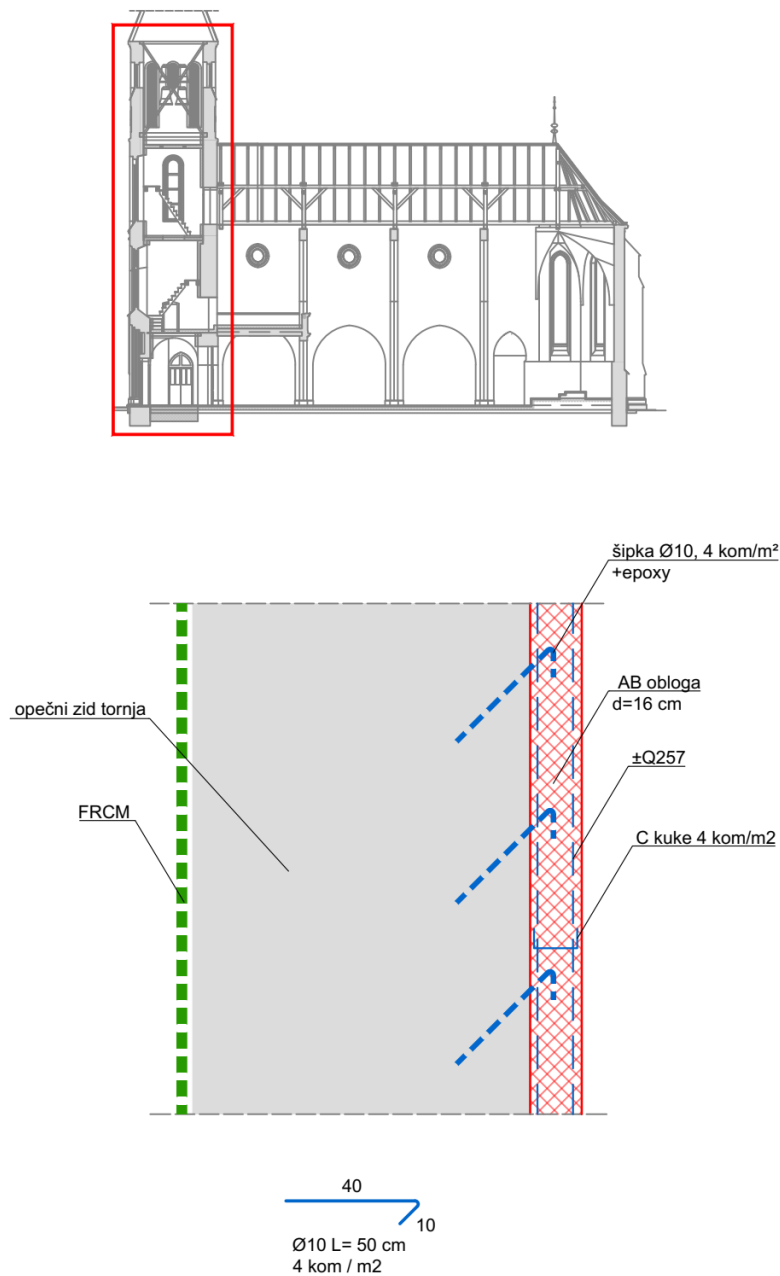
DETALJ D9a- SIDRENJE ZATEGA U TORNJU



DETALJ D9b- SIDRENJE ZATEGA U TORNJU



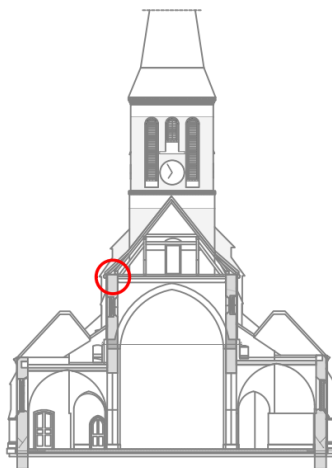
DETALJ D16 - SIDRENJE AB ZIDA U TORNJU



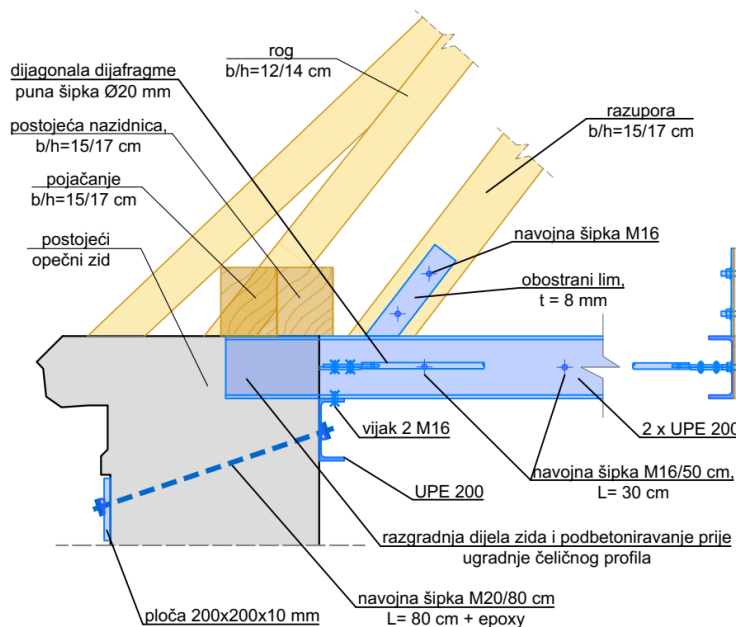
| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|--------------------------------|-------------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

6.2 Krovšte

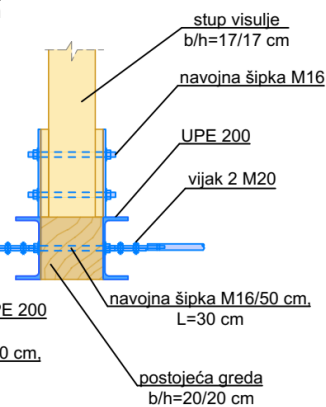
DETALJ D10 - POJAČANJE KROVIŠTA - POJAČANJE VEZNIH GREDA



Pogled

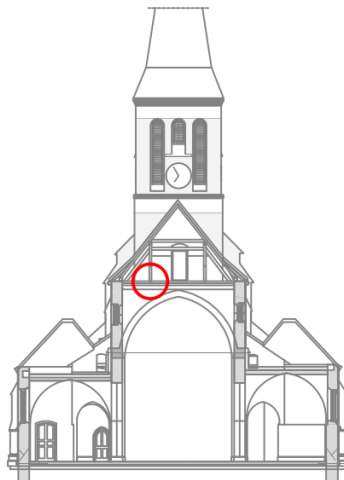


Presjek

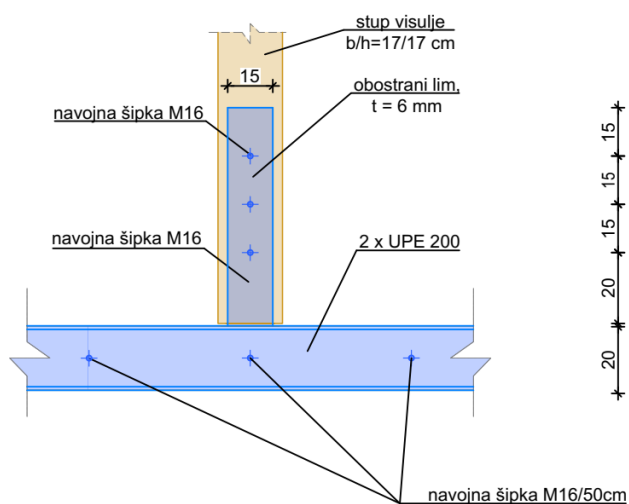


| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

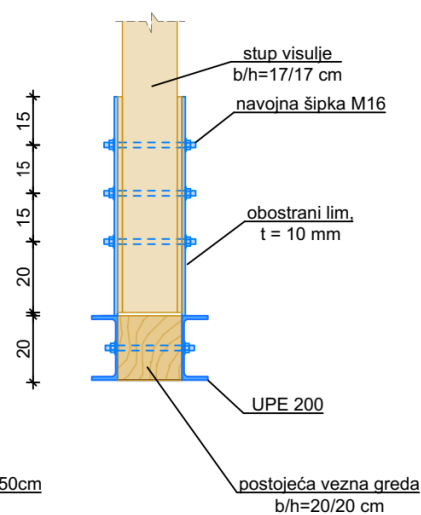
DETALJ D11 - POJAČANJE KROVIŠTA - SPOJ VISULJE I VEZNE GREDE



Pogled

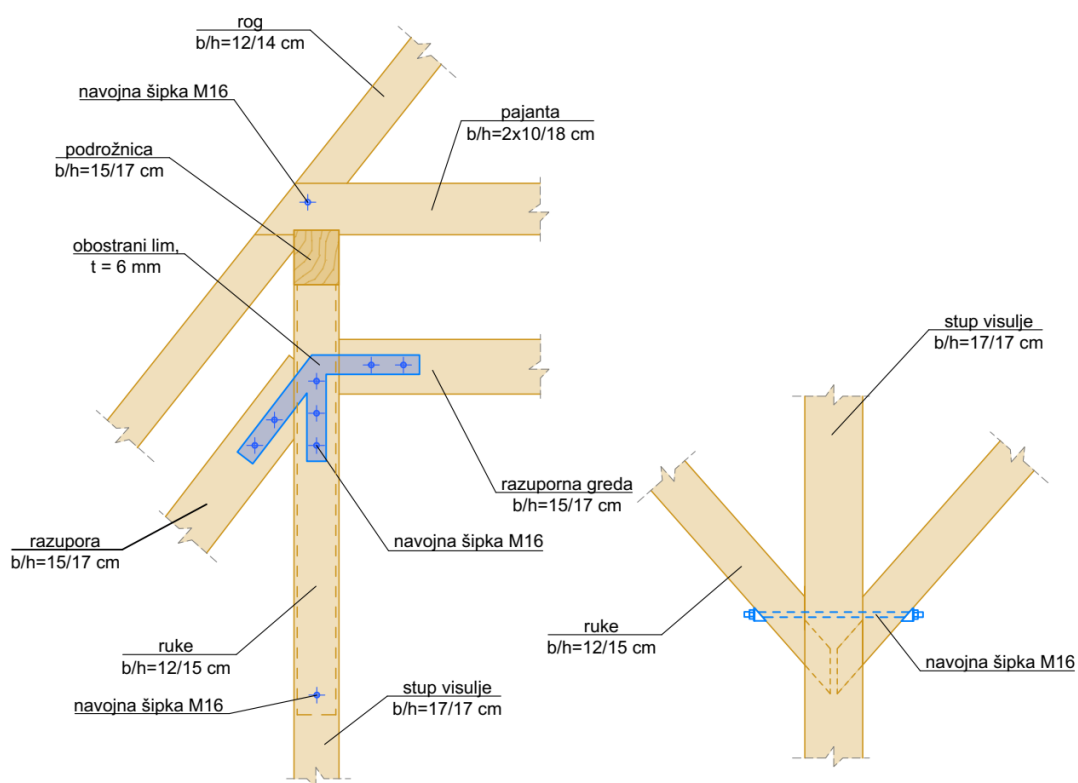
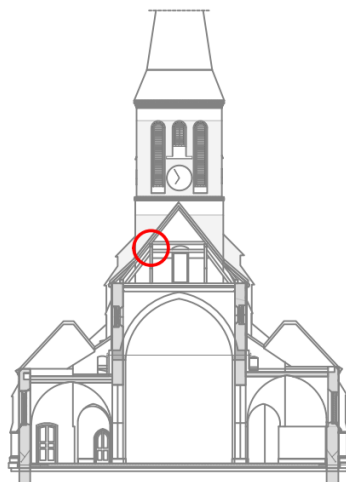


Presjek



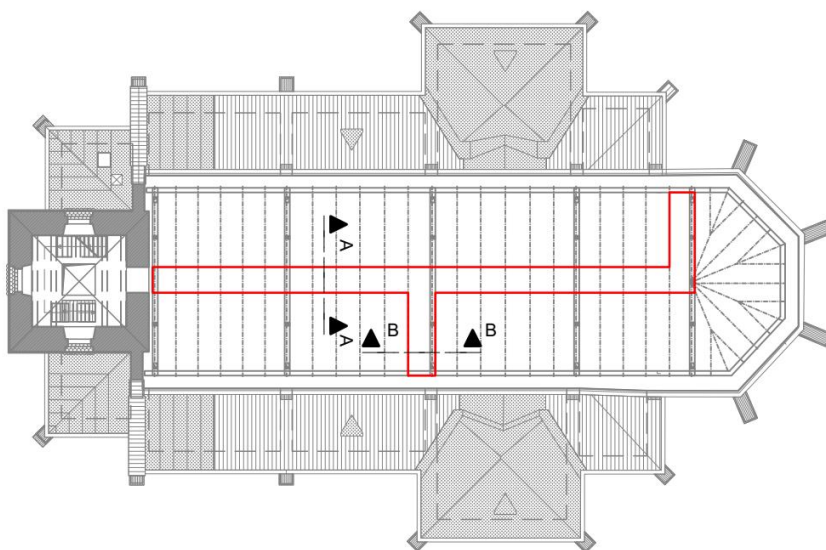
| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

DETALJ D12- POJAČANJE KROVIŠTA - POJAČANJE SPOJEVA

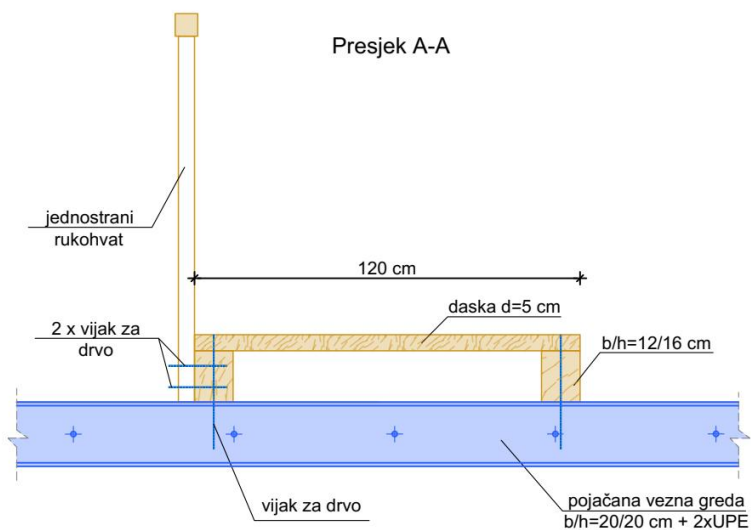


| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

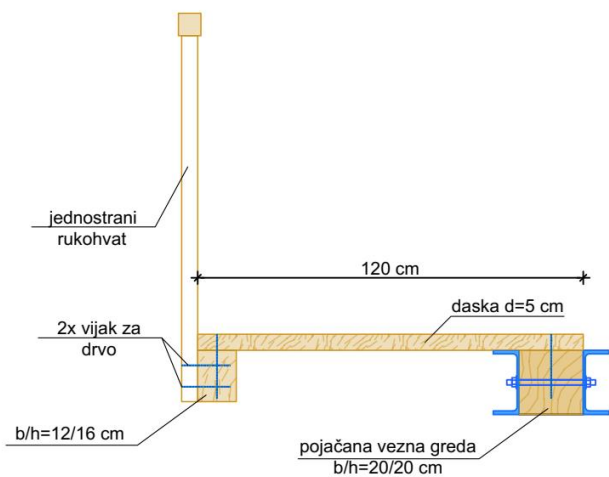
DETALJ D18 - HODNE STAZE U KROVIŠTU



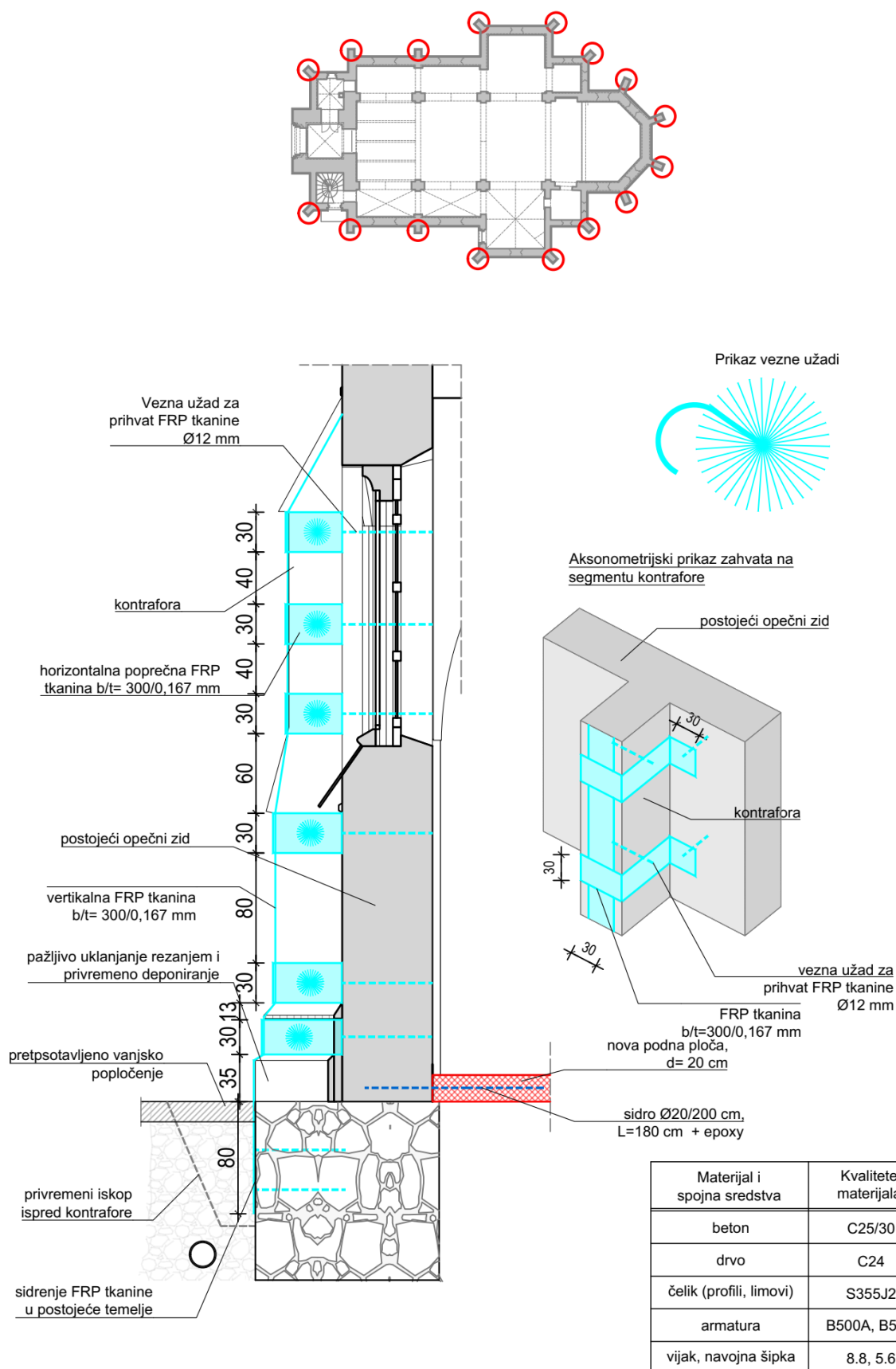
Presjek A-A



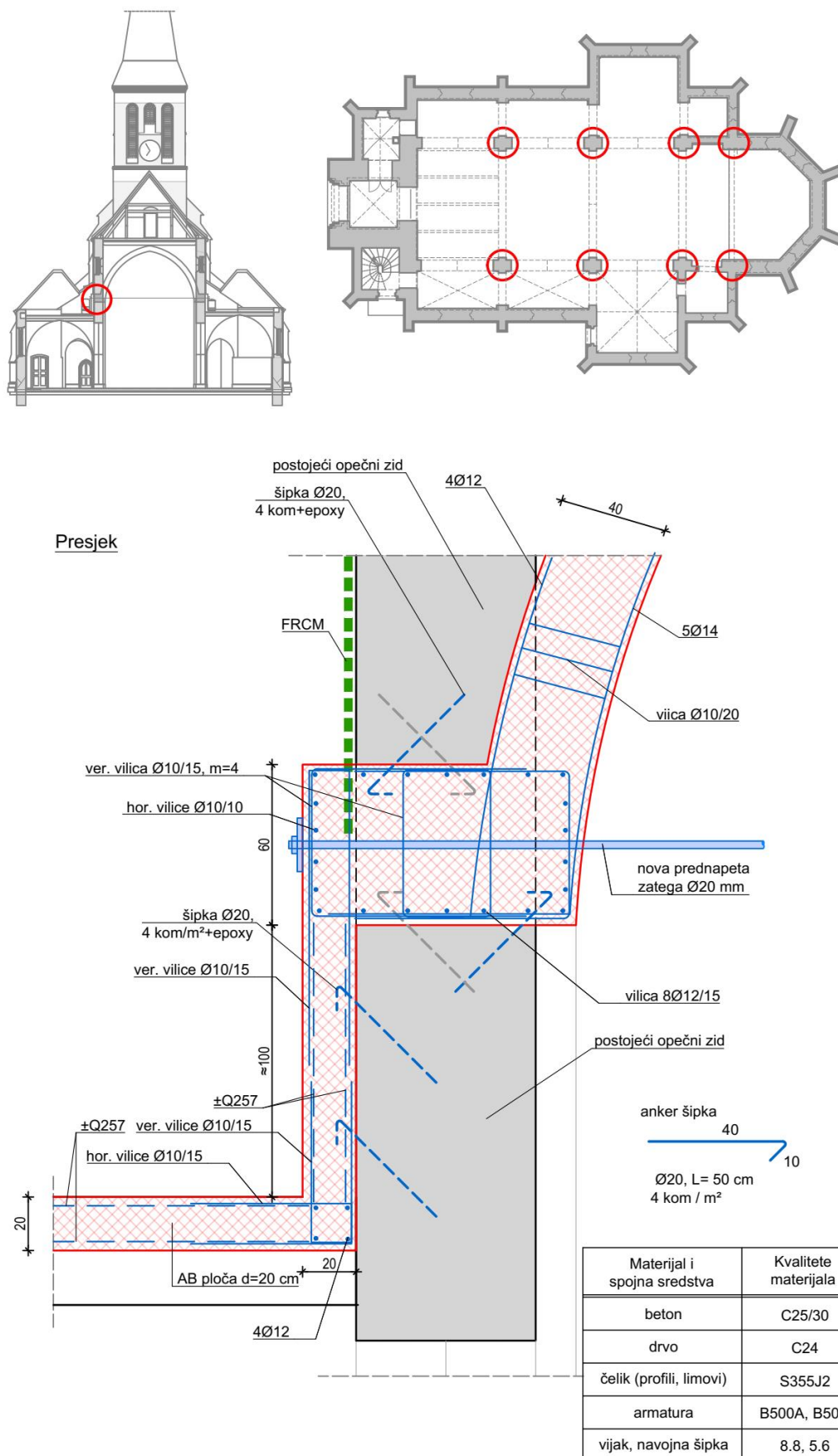
Presjek B-B

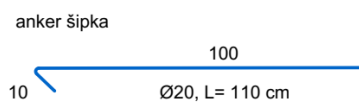
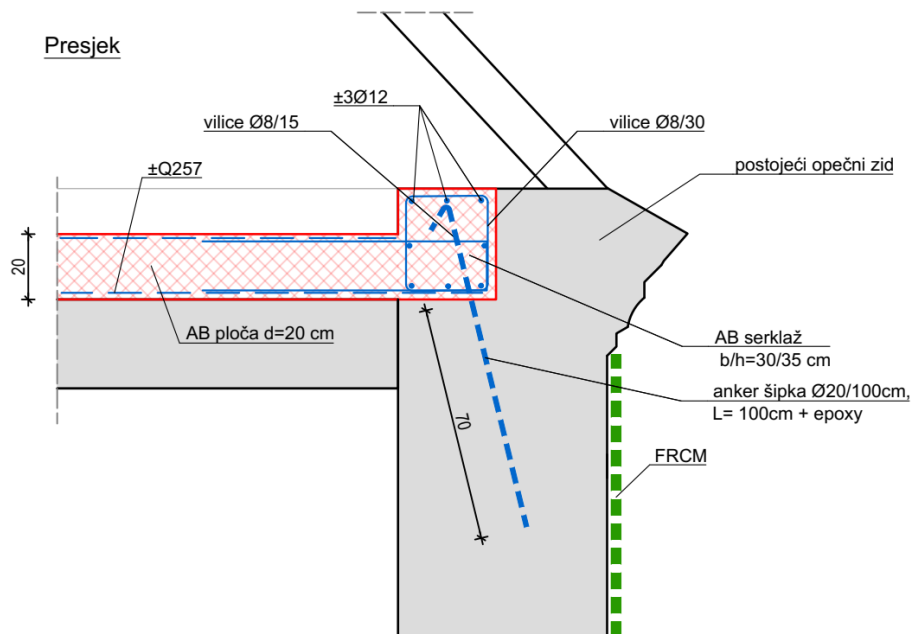
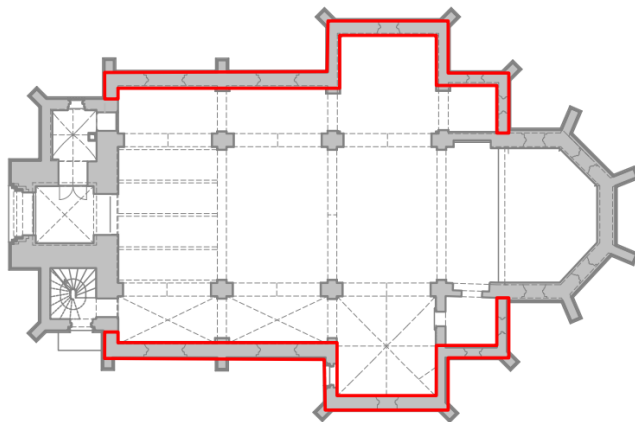


| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

DETALJ D6 - POJAČANJE KONTRAFORA FRP TRAKAMA
MJ 1:40

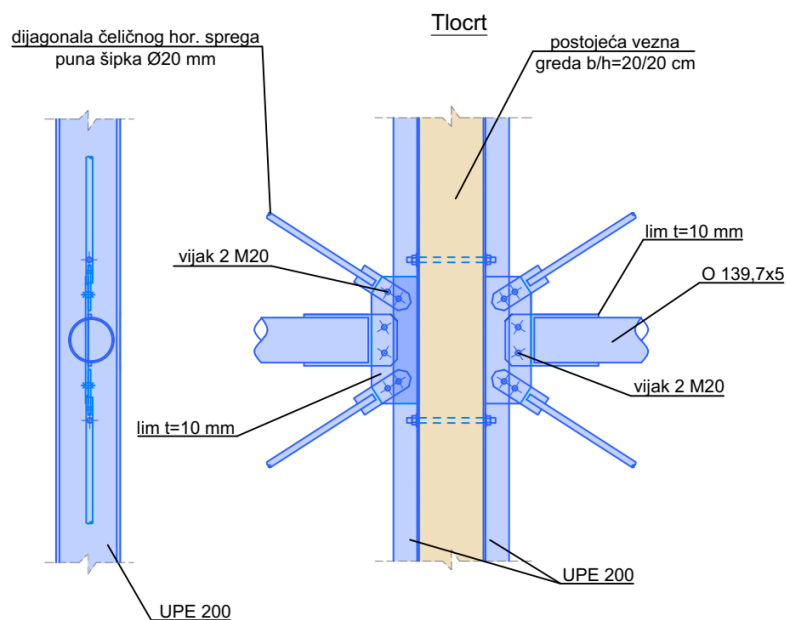
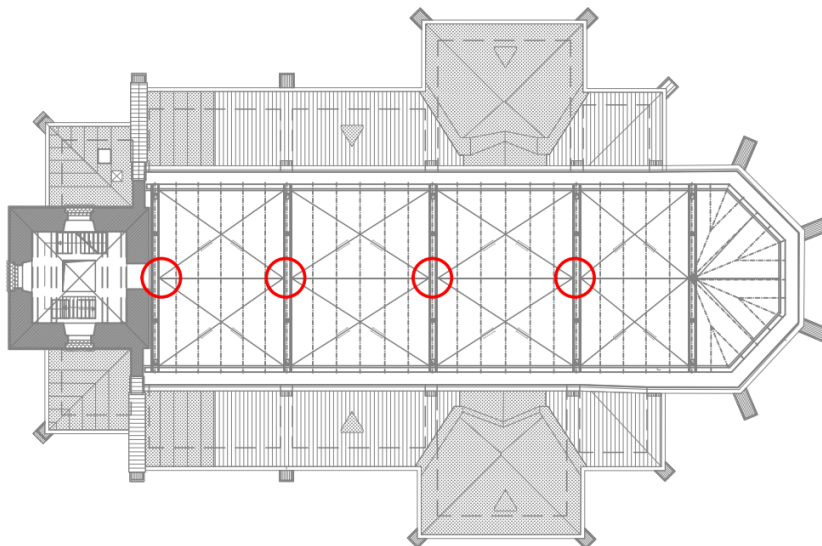
DETALJ D7 - OSLOMAC AB LUKA I SIDRENJE ZATEGE



DETALJ D8 - SIDRENJE HORIZONTALNOG SERKLAŽA
BOČNOG BRODA

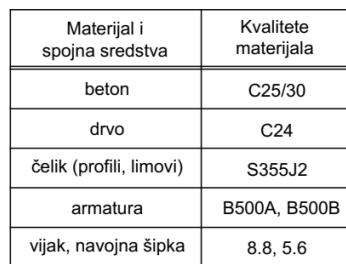
| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|--------------------------------|-------------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

DETALJ D13 - SPOJEVI HORIZONTALNOG ČELIČNOG SPREGA

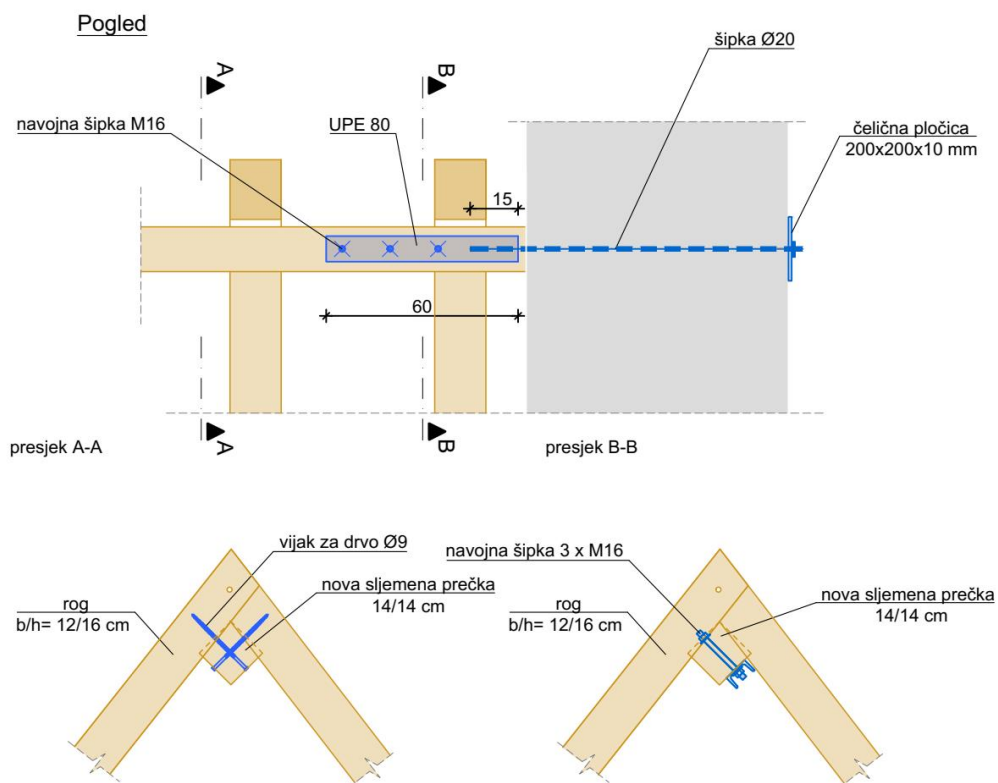
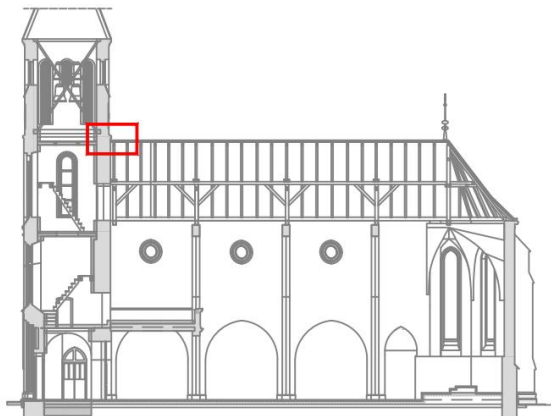


| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

This is a detailed architectural floor plan of a building. The central feature is a long, rectangular hall with a complex internal structure, possibly a staircase or a large open space, characterized by a grid of lines and diagonal cross-bracing. To the left of this central hall is a smaller, more complex structure with multiple levels and a central staircase. To the right of the central hall is a large, octagonal room with a radial pattern of lines, suggesting a circular staircase or a large open space. A red circle is drawn around a specific area in the octagonal room, highlighting a particular feature or point of interest. The entire plan is rendered in a technical, line-drawn style with various hatching and shading to indicate different materials or structural elements.

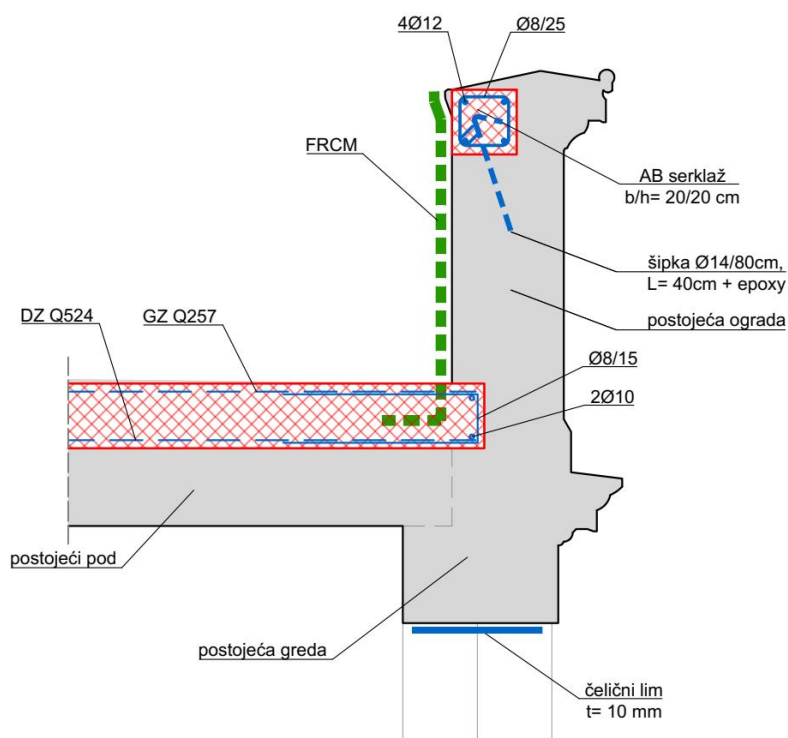
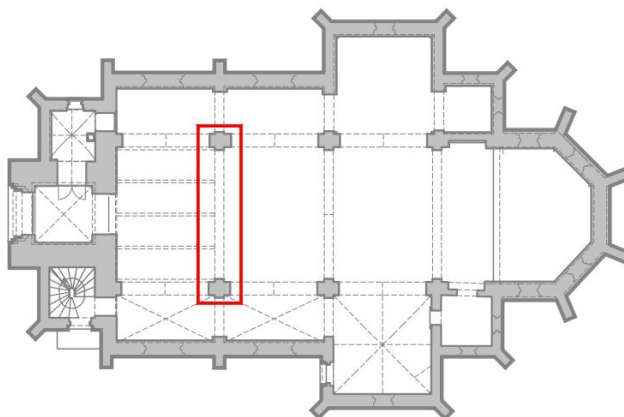


DETALJ D15 - SPOJ NOVE SLJEMENE PREČKE NA ZID TORNJA



| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

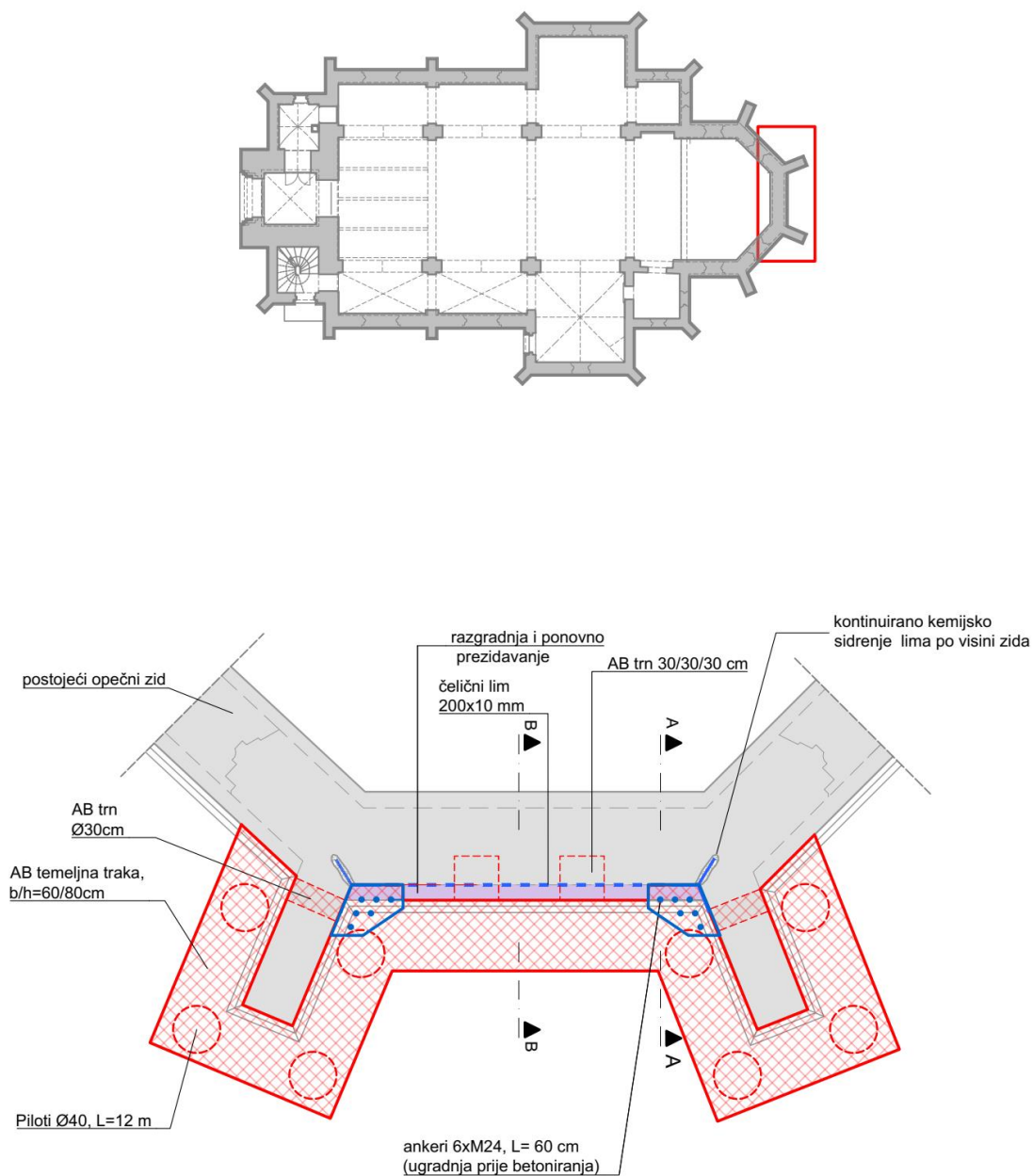
DETALJ D17 - POJAČANJE OGRADE KORA



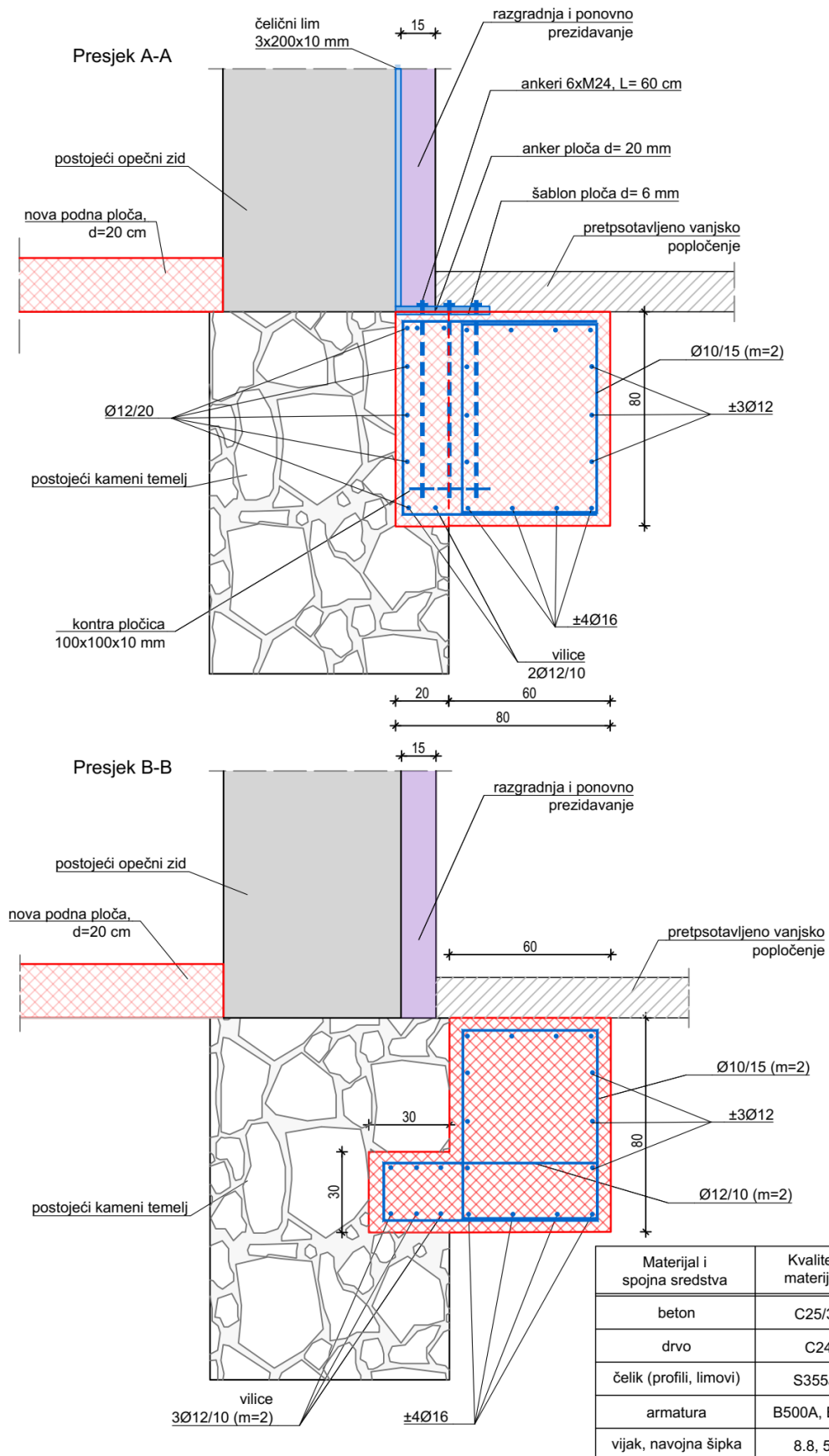
| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

6.4 Temelji

DETALJ D4 - POJAČANJE TEMELJA APSIDE
M.1:10



| Materijal i spojna sredstva | Kvalitete materijala |
|-----------------------------|----------------------|
| beton | C25/30 |
| drvo | C24 |
| čelik (profili, limovi) | S355J2 |
| armatura | B500A, B500B |
| vijak, navojna šipka | 8.8, 5.6 |

DETALJ D4 - POJAČANJE TEMELJA APSIDE
M.1:10

7 Ocjena potresne otpornosti građevine nakon pojačanja

Obzirom na status građevine kao pojedinačno zaštićenog kulturnog dobra, primaran cilj Projekta obnove je uklanjanje glavnih konceptualnih nedostataka građevina interdisciplinarnim pristupom kojim se čuva kulturna baština, a ujedno i pojačava građevina. Proračun građevine proveden je različitim metodama (ručni proračuni, metoda konačnih elemenata).

Nakon pojačanja građevine otpornost građevine iznosi 132,69 % za potresno opterećenje propisano za 225-godišnji povratni period koji je propisan za Razinu 3 obnove konstrukcije.

Proračunska potresna otpornost je vrijednost potresnog djelovanja iskazanog kao vršno ubrzanje tla tipa A za koje konstrukcija doseže granično stanje znatnog oštećenja te za ovu građevinu iznosi:

$$a_g = 0,186g \cdot 132,69/100 = 0,247g$$

Zahtjev za konstrukciju za granično stanje znatnog oštećenja iskazuje se kao poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A za poredbeno povratno razdoblje od 475 godina te za ovu građevinu iznosi:

$$a_{g,475} = 0,262g$$

Indeks znatnog oštećenja konstrukcije (IZO) je omjer proračunske potresne otpornosti i zahtjeva za konstrukciju za granično stanje znatnog oštećenja te za ovu građevinu iznosi:

$$IZO = a_g / a_{g,475} = 0,247g / 0,262g = 0,94 \geq 0,75$$

Indeks znatnog oštećenja konstrukcije (IZO) nakon provedenih radova konstrukcijske obnove iznosi: 0,94.

Nakon svih izvedenih pojačanja opisanih u prethodnim poglavljima, zaključuje se da crkva zadovoljava na očekivana potresna opterećenja te da su uklonjeni konceptualni nedostaci građevine.

8 Mogućnost i uvjeti uporabe dijelova zgrade prije dovršetka obnove

S obzirom da je građevina u hitnom pregledu nakon potresa ocijenjena kao neuporabljiva (crvena naljepnica) zbog oštećenja te ocijenjena kao značajno oštećena (kategorija III prema EMS), građevina se **ne može** upotrebljavati prije dovršetka izvođenja radova.

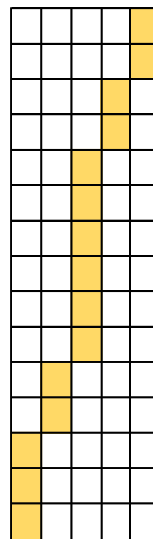
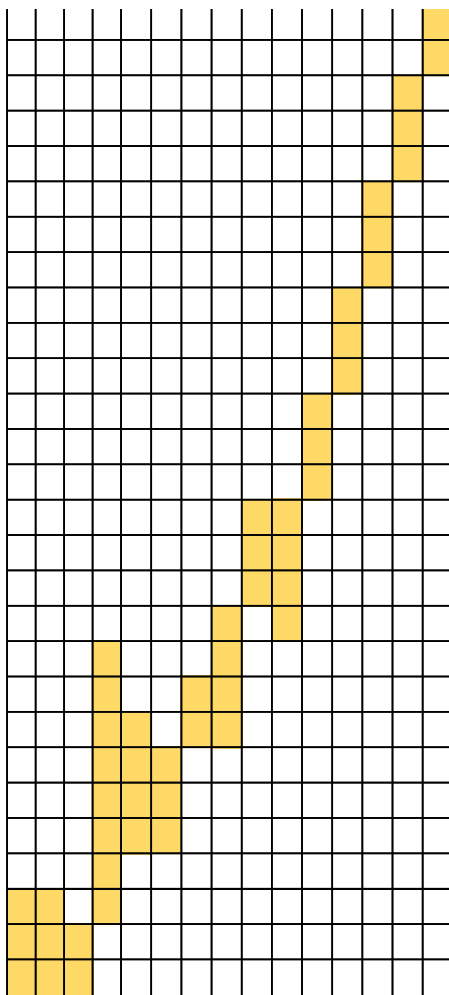
Projektom se pretpostavljaju 2 (dvije) grupe zahvata koje se mogu djelomično nezavisno odvijati prema sljedećem redoslijedu:

1. Grupa zahvata - crkva:
 - o Saniranje pukotina (šivanje)
 - o Sanacija i pojačanje krovšta
 - o Izvedba AB ploče kora
 - o Vanjsko površinsko pojačanje zidova (FRCM)
 - o Pojačanje kontrafora (FRP trake)
 - o Izvedba pojačanja temelja apside
 - o Izvedba vertikalnog čeličnog sprega na zidu apside
 - o Površinska sanacija ekstradosa svodova na bočnim brodovima (FRCM)
 - o Izvedba AB ploče i horizontalnog serklaža u razini vijenca zidova bočnih brodova
 - o Izvedba čelične horizontalne dijafragme u razini vijenca zidova glavnog broda
 - o Izvedba novih AB lukova
 - o Zamjena zatega u glavnom brodu
 - o Novi ferocementni svodovi s čeličnom potkonstrukcijom
 - o Izvedba nove podne ploče
 - o Pojačanje stupova glavnog broda
2. Grupa zahvata - toranj:
 - o Vanjsko površinsko pojačanje zidova (FRCM)
 - o Izvedba nove temeljne ploče
 - o Izvedba AB obloge unutar tornja te AB ploča
 - o Ovijanje tornja čeličnim prstenovima
 - o Montaža čeličnih zatega na vrhu tornja

Projektantski gantogram radova prikazan je u nastavku.

Granešina

1. Grupa zahvata - crkva:
 - o Saniranje pukotina (šivanje)
 - o Sanacija i pojačanje krovšta
 - o Izvedba AB ploče kora
 - o Vanjsko površinsko pojačanje zidova (FRCM)
 - o Pojačanje kontrafora (FRP trake)
 - o Izvedba pojačanja temelja apside
 - o Izvedba vertikalnog čeličnog sprega na zidu apside
 - o Površinska sanacija ekstradosa svodova na bočnim brodovima (FRCM)
 - o Izvedba AB ploče i horizontalnog serklaža u razini vijenca zidova bočnih brodova
 - o Izvedba čelične horizontalne dijafragme u razini vijenca zidova glavnog broda
 - o Izvedba novih AB lukova
 - o Zamjena zatega u glavnom brodu
 - o Novi ferocementni svodovi s čeličnom podkonstrukcijom
 - o Izvedba nove podne ploče
 - o Pojačanje stupova glavnog broda
2. Grupa zahvata - toranj:
 - o Vanjsko površinsko pojačanje zidova (FRCM)
 - o Izvedba nove temeljne ploče
 - o Izvedba AB obloge unutar tornja te AB ploča
 - o Ovijanje tornja čeličnim prstenovima
 - o Montaža čeličnih zatega na vrhu tornja



9 Posebni tehnički uvjeti obnove

Posebni tehnički uvjeti obnove odnose se na uvjete nadležnog konzervatorskog odjela. Iznad prikazanim i dokazanim zahvatima ne ulazi se u koliziju sa izdanim posebnim uvjetima prikazanim u nastavku. Posebni uvjeti koji se ne odnose na konstrukciju, obrađeni su troškovnički, odnosno, u Mapi 1- Arhitektonskoj mapi.



REPUBLIKA HRVATSKA
GRAD ZAGREB
GRADSKI ZAVOD ZA ZAŠTITU
SPOMENIKA KULTURE I PRIRODE
KLASA:612-03/23-028/50
URBROJ: 251-14-03-23-3
Zagreb, 27. lipnja 2023.

REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO PROSTORNOGA UREĐENJA,
GRADITELJSTVA I DRŽAVNE IMOVINE
Uprava za prostorno uređenje i dozvole
državnog značaja
Sektor lokacijskih dozvola i investicija

Predmet: obnova građevine oštećene potresom javne i društvene namjene, cjelovita obnova - crkva Rođenja Blažene Djevice Marije u Zagrebu, Granešina 12, na k.č. 8838, k.o. Granešina Nova

- posebni uvjeti, dostavljaju se

Veza: KLASA: 350-05/23-40/000150, URBROJ: 531-06-2-1-2/4-23-0003

Grad Zagreb, Gradski zavod za zaštitu spomenika kulture i prirode, na temelju članka 6. stavka 1. točke 12. Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine 69/99, 151/03 i 157/03-ispr., 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20, 117/21 i 114/22) i članka 19. Zakona o obnovi zgrada oštećenih potresom na području Grada Zagreba, Krapinsko-zagorske županije, Zagrebačke županije, Sisačko-moslavačke županije i Karlovačke županije (Narodne novine 21/23) povodom zahtjeva Ministarstva prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine Republike Hrvatske, Uprave za prostorno uređenje i dozvole državnog značaja, Sektor lokacijskih dozvola i investicija, po zahtjevu opunomoćenika, projektanta konstrukcije Karla Kopljara, mag.ing.aedif. iz Zagreba, Ulica Zvonimira Ljevakovića 16, za cjelovitu obnovu crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Zagrebu, Granešina 12, na k.č. 8838, k.o. Granešina Nova, utvrđuje

Posebne uvjete zaštite kulturnog dobra

Za crkvu Rođenja Blažene Djevice Marije u Zagrebu, Granešina, zajedno sa župnim dvorom (stara izmjera k.č. 9 i 7, k.o. Granešina) rješenjem Ministarstva kulture Republike Hrvatske, Uprave za zaštitu kulturne baštine, KLASA: UP-I-612-08/05-06/1120, URBROJ:

532-04-01-1/4-05-2 od 18. srpnja 2005., utvrđeno je svojstvo kulturnog dobra te upisano u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske – Listu zaštićenih kulturnih dobara, broj Registra: Z-2282. Unutar crkve nalazi se vrijedan sakralni inventar, glavni oltar i bočni oltari koje su, nakon potresa 1880., izradili majstori zagrebačke Obrtne škole prema projektima Hermana Bolléa. Drvena, rezbarena i polikromirana skulptura nepoznatog autora, Bogorodica s Djetetom, 1470.-1480., jedina je sačuvana skulptura iz stare granešinske crkve i pojedinačno je zaštićeno kulturno dobro upisano u Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske – Listu zaštićenih kulturnih dobara pod brojem Z-6643, stoga navedeno podliježe svim odredbama Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine 69/99, 151/03, 157/03 - ispr., 87/09, 88/10, 61/1, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20, 117/21 i 114/22).

Neogotička trobrodna župna crkva Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, s centralno postavljenim tornjem zvonika uz zapadno pročelje, sagrađena je po projektu graditelja Hermanna Bolléa na lokaciji starije crkve srušene u velikom potresu 1880. godine i unutar cinktora. Gradnja nove crkve započela je 1885., uz stručni nadzor Kune Waidmanna. Građevinski radovi dovršeni su 1886., crkva je blagoslovljena 1887., a oslikavanje i opremanje interijera dovršeni su desetljeće kasnije, 1899. Novo zidano pjevalište, na čeličnim traverzama, je već 1898. zamijenilo drveno pjevalište, a u razdoblju 1909.-1910. je zbog uočenih nedostataka izvršena i prva značajnija sanacija crkve. Južno od crkve, izvan zidova cinktora, sagrađen je 1891., po projektu Kune Waidmanna, novi župni dvor s pratećim objektima koji zajedno s crkvom čini prostornu i funkcionalnu cjelinu. Istaknutim položajem na blagoj uzvisini, oblikovnim karakteristikama i naglašenim volumenom crkva je značajan prostorni orijentir i vizualni akcent predjela Granešina.

Mjerama zaštite za pojedinačno zaštićena kulturna dobra određena je obveza očuvanja izvornih obilježja u vanjštini i unutrašnjosti građevine, mjerila, oblikovanja, graditeljskih i konstruktivnih elemenata, posebno pročelja, krovništa, stubišta te osnovnog konstruktivnog sustava. Svi zahvati trebaju omogućiti očuvanje, sanaciju i obnovu svih izvornih arhitektonskih, tipoloških i oblikovnih karakteristika građevine te pripadajuće parcele. Nisu dopuštene intervencije koje mogu ugroziti spomenički karakter, bilo da se radi o rekonstrukciji, preoblikovanju ili prenamjeni. Eventualna preinaka za suvremene potrebe, treba se prilagoditi očuvanoj građevnoj strukturi. Nije dopuštena ugradnja i zamjena građevnih elemenata, materijala i opreme koji nisu primjereni povijesnom i spomeničkom karakteru građevine. Za rekonstrukcijske i sanacijske zahvate te adaptacije koje zadiru u konstruktivni sustav povijesnih građevina, posebno onih spomeničke vrijednosti, obvezna je provedba detaljnijih istražnih radova (konzervatorskih, restauratorskih, arheoloških) i statička ekspertiza građevinsko-konstruktivnog stanja i ugroženosti od vlage.

Obzirom na teška oštećenja crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, Zagreb, uslijed potresa u ožujku 2020., službenici Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode izvršili su 4. svibnja 2020. prvi cjeloviti pregled radi utvrđivanja stanja predmetnog kulturnog dobra. Također, Zavodu je dostavljen elaborat „Detaljan pregled crkve nakon potresa 22.3.2020. prijedlog sanacije oštećenih elemenata zgrade – I faza“ od svibnja 2020., koji je izradio Arbi d.o.o. iz Zagreba, Kaptol 20. Nakon potresa u prosincu 2020. ustanovljeno je pojačanje svih postojećih oštećenja crkve te su utvrđene konzervatorske smjernice ovog Zavoda, KLASA: 612-08/20-05/510, UR.BROJ: 251-18-01/005-21-2 od 4. ožujka 2021. Za 1.

fazu radova obnove konstrukcije i izvođenje potrebnih radova/hitnih mjera – uklanjanje oštećenih lukova glavnog broda, stabilizaciju nosive konstrukcije i konsolidaciju zidova te svoda iznad svetišta, kao i za demontažu i izmještanje preostalih elemenata inventara i dodatne restauratorske istražne radove ovaj Zavod izdao je prethodno odobrenje, KLASA: UP/I-612-03/23-006/353, UR.BROJ: 251-14-05/003-23-02 od 16. svibnja 2023.

U provedbi utvrđenih konzervatorskih smjernica i mjera zaštite kulturnog dobra, Zavodu je putem elektroničkog sustava eKonferencija dana 21. lipnja 2023. od strane Ministarstva prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine Republike Hrvatske, Uprave za prostorno uređenje i dozvole državnog značaja, Sektor lokacijskih dozvola i investicija, dostavljena dokumentacija za cjelovitu obnovu crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Zagrebu, Granešina 12, na k.č. 8838, k.o. Granešina Nova, kojom je vlasnik putem stručnih i ovlaštenih fizičkih osoba koje posjeduje propisano dopuštenje Ministarstva kulture i medija Republike Hrvatske, nakon provedene statičke ekspertize građevinsko-konstruktivnog stanja crkve, utvrdio opseg i vrstu potrebnih radova za njenu cjelovitu statičku, građevinsku i arhitektonsko-restauratorsku obnovu te dostavio sljedeću dokumentaciju:

- GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ ZA PROJEKT OBNOVE KONSTRUKCIJE ŽUPNE CRKVE ROĐENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE, oznaka: 72150-161/22, rujan 2022., izrađen po Institutu IGH d.d., Zavod za projektiranje, Odjel za geotehničko projektiranje, Janka Rakuše 1, Zagreb;
- ELABORAT OCJENE POSTOJEĆEG STANJA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE CRKVE ROĐENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE, GRANEŠINA 12, ZAGREB, broj projekta: 44/2023-UI, svibanj 2023., izrađen po Urbane ideje d.o.o., Ljudevita Gaja 26a, Samobor;
- MAPA 1: IDEJNI PROJEKT – PROJEKT POJAČANJA KONSTRUKCIJE, broj projekta: 56/2023, svibanj 2023., izrađen po Urbane ideje d.o.o., Ljudevita Gaja 26a, Samobor;
- IZVJEŠTAJ O PROVEDENIM ISTRAŽNIM RADOVIMA, oznaka izvještaja: EL-230412-01, travanj 2023., izrađen po Examen Lab d.o.o., Ljudevita Gaja 26a, Samobor;
- KONZERVATORSKI ELABORAT ZA PROJEKT OBNOVE CRKVE ROĐENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE OD POTRESA 2020. U ZAGREBU, ožujak 2023., izrađen po Mladenu Perušiću, dipl.ing.arh., uz suradnika Josipa Vuksana, restauratora;
- IZVJEŠTAJ KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKIH ISTRAŽNIH RADOVA U CRKVI ROĐENJA BLAŽENE DJEVICE MARIJE, GRANEŠINA, ožujak 2023., izrađen po Vuksan slikarsko konzervatorska radionica, Matice Hrvatske 3, Velika Gorica.

Župa Pohoda Rođenja Blažene Djevice Marije, Granešina 10, Zagreb, korisnik je sredstava za operacije koje se financiraju iz Fonda solidarnosti Europske unije za izradu projektne dokumentacije i provedbu mjera zaštite župne crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, Zagreb.

Za planiranu cjelovitu obnovu crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, Zagreb, na temelju dostavljenog idejnog projekta – IDEJNI PROJEKT – PROJEKT POJAČANJA KONSTRUKCIJE, broj projekta: 56/2023, svibanj 2023., izrađen po Urbane ideje d.o.o., Ljudevita Gaja 26a, Samobor, utvrđuju se sljedeći posebni uvjeti zaštite kulturnog dobra:

- Sukladno mjerama zaštite za pojedinačno zaštićena kulturna dobra te konzervatorskim smjernicama ovog Zavoda, predloženim zahvatom cjelovite obnove potrebno je planirati maksimalno očuvanje, obnovu i prezentaciju izvornih graditeljskih i oblikovnih karakteristika u vanjštini i unutrašnjosti građevine te očuvanje i obnovu vrijednog sakralnog inventara i opreme crkve. Planirani zahvati sanacije i konstrukcijske obnove trebaju se prilagoditi očuvanoj građevnoj strukturi i posebnostima zatečenog konstruktivnog sustava kao i stupnju oštećenja postojeće konstrukcije. Tehničkim rješenjem obnove i pojačanja seizmičke otpornosti potrebno je predvidjeti metode protupotresnog ojačanja koje su minimalno invazivne za povijesne konstrukcije i sakralni prostor, korištenjem primjerenih materijala za statička ojačanja povijesnih zgrada.
- Seizmičko ojačanje građevine na razinu 3 prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije na način predložen dostavljenim projektom, načelno je prihvatljivo sa stajališta zaštite kulturnih dobara. Projektom se predviđa sljedeće: prekid kapilarne vlage; pojačanje temeljnog tla mlaznim injektiranjem ispod nosivih zidova; izvođenje AB podne ploče u unutrašnjosti crkve; izvođenje AB temeljne trake/prstena s vanjske strane temelja uz povezivanje ankerima s postojećim temeljima; konsolidacija zidova punoplošnim injektiranjem te njihovo dodatno ojačanje postavljanjem horizontalnih čeličnih zatega kroz zidove; pojačanje zidova crkve ugradnjom FRCM sustava s vanjske strane zbog oslika u unutrašnjosti; pojačanje zidova tornja s unutrašnje strane u pomoćnim prostorijama ugradnjom AB zidova i/ili AB obloga od torkreta i armirane žbuke; pojačanje zidova svetišta AB stupovima s vanjske strane koji se izvode na pozicijama kontrafora svetišta; zadržavanje postojeće drvene krovne konstrukcije uz njeno pojačanje ugradnjom vertikalnih spregova između drvenih stupova visulje te obnovom/ojačanjem postojećih spojeva visulje limovima; izvedba horizontalnog AB serklaža na vrhu zidova, ispod razine krova glavnog broda, bočnih brodova i svetišta; pojačanje svodova bočnih brodova FRCM sustavom s gornje strane te izvođenje AB tlačne ploče iznad svodova; izvođenje AB tlačne ploče iznad pomoćnih prostorija; pojačanje svoda iznad svetišta FRCM sustavom s gornje strane uz dodatni pregled i istražne radove u cilju definiranja načina njegove obnove; izvođenje zamjenske lagane svodne konstrukcije glavnog broda (čelik, lamelirano drvo) u oblikovanju i geometriji prema izvornoj.

Pri razradi predloženih zahvata potrebno je predvidjeti sljedeće:

- Potrebno je, uz prekid kapilarne vlage, provjeriti postojeći sustav odvodnje površinskih i krovnih voda te, ukoliko je potrebno, izvršiti njegove prilagodbe/poboljšanja.

- Potrebno je u projektu cjelovite obnove, obzirom na kontinuitet i značaj lokacije (stara crkva s dvije kripe, groblje i dr.), predvidjeti i osigurati kontinuirani arheološki nadzor pri radovima kojima se zadire u slojeve pod zemljom unutar i izvan crkve budući da su mogući arheološki nalazi. Sukladno utvrđenom potrebno je predvidjeti i zaštitna arheološka istraživanja na lokaciji.
- Potrebno je, obzirom na dosadašnja restauratorska istraživanja i nalaze, predvidjeti dodatne konzervatorsko-restauratorske istražne radove u unutrašnjosti crkve i veći opseg sondiranja zidnih ploha, a kako bi se dobio potpuniji uvid u pozicije i stanje izvornog/prvog zidnog oslika. Sve nalaze je potrebno detaljno dokumentirati te njihove pozicije i stratigrafiju označiti na tlocrtu i nacrtima (cjeloviti prikaz), a kako bi se na temelju sveobuhvatnih nalaza i njihove valorizacije mogao definirati način prezentacije povijesnog prostora unutrašnjosti crkve.
- Potrebno je predvidjeti konzervatorsko-restauratorska istraživanja zidnih ploha u pomoćnim prostorijama u kojima je, s unutrašnje strane, planirana ugradnja AB zidova i/ili AB obloga od torkreta i armirane žbuke.
- Potrebno je predvidjeti cjelovitu sanaciju i obnovu šest figuralnih kompozicija oštećenih u potresu – zidnih slika u gornjoj zoni zidova koje su provedbom hitnih mjera na sačuvanim dijelovima preventivno podlijepljene i opšivene.
- Potrebno je, sukladno rezultatima konzervatorsko-restauratorskih istraživanja, točno definirati opseg i vrstu radova u unutrašnjosti crkve na oslikanim ploham zidova, gdje je predviđena lokalna sanacija oštećenja.
- Projektom je predviđeno dodatno ojačanje zidova postavljanjem horizontalnih čeličnih zatega kroz zidove. Pripremne radove i bušenje zidova potrebno je izvoditi pažljivo i suhim načinom kako se oslikane zidne plohe ne bi dodatno oštetile (vlaga, vibracije).
- Potrebno je, po izvođenju zamjenske lagane svodne konstrukcije glavnog broda, predvidjeti rekonstrukciju oslika na svodnim ploham sukladno provedenim konzervatorsko-restauratorskim istraživanjima i dostupnoj arhivskoj građi.
- Nakon stabilizacije svoda svetišta i utvrđivanja stanja nosive konstrukcije svoda potrebno je definirati način obnove minimalno invazivnim metodama protupotresnog ojačanja. Ukoliko će se svod svetišta ipak morati dijelom razgraditi potrebno je predvidjeti detaljno snimanje i strapiranje izvornih oslika kako bi se isti mogli vratiti po konstruktivnoj sanaciji svoda.
- Projektom je predviđeno pojačanje zidova crkve s vanjske strane FRCM sustavom što je načelno prihvatljivo, ali isključivo na žbukanim površinama pročelja, dok je dijelove pročelja koji su izvedeni od vidljive opeke i kamena potrebno očuvati u cijelosti. Debljina FRCM ne smije prelaziti debljinu postojećih slojeva pri čemu je potrebno u potpunosti sačuvati oblikovanje, geometriju i profilacije svih pročelja crkve i tornja zvonika.
- U dijelu pročelja – zona svetišta gdje je projektom predviđena izvedba torkreta te zamjena postojećih kontrafora AB stupcima, potrebno je osobito pažljivo izvoditi planirane zahvate, naročito u zoni prozorskih špaleta i drugih profilacija od opeke koje je potrebno čuvati. Također, prilikom izvođenja radova potrebno je planirati zaštitu i stabilizaciju vitraja i parapeta prozora svetišta. Prije početka radova potrebno je sve detaljno dokumentirati te ukoliko dođe do oštećenja dijelova pročelja izvedenih od

vidljive opeke potrebno je predvidjeti njihovu sanaciju/zamjenu, a sve istovjetno izvorniku.

- Prilikom razgradnje kontrafora potrebno je predvidjeti pažljivu demontažu sokla crkve, izvedenog od kamena (bizek), kojega je po konstruktivnoj sanaciji potrebno vratiti na način da se zadrži postojeće oblikovanje pročelja.
- Potrebno je prilikom planiranja nove podne AB temeljne ploče u unutrašnjosti crkve uvažiti izvorne kote poda crkve, osobito u prostoru svetišta.
- Projektom cjelovite obnove potrebno je predvidjeti provedbu građevinsko-obrtničkih i restauratorskih radova kojima će kulturno dobro biti očuvano i optimalno prezentirano, kao i konzerviranje i prezentiranje eventualno naknadno otkrivenih slojeva sukladno uputi službe zaštite.
- Nove instalacije treba planirati paralelno s građevinskim zahvatima ojačanja konstrukcije kako bi se izbjeglo naknadno probijanje otvora te ih prilagoditi zatečenoj građevnoj strukturi i povijesnom prostoru unutrašnjosti crkve. Instalacije je potrebno planirati podžbukno, a trase na pozicijama koje neće oštetiti izvorne elemente i vizualno narušiti integritet prostora koji je potrebno očuvati i prezentirati.
- Potrebno je pri radovima obnove koristiti materijale kompatibilne s izvornom građom i primjerene vrijednosti građevine.

U procesu cjelovite obnove crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, Zagreb, što je prema Zakonu o obnovi obveza za pojedinačno zaštićena kulturna dobra, prije početka radova potrebno je izraditi zakonom propisanu projektno-tehničku dokumentaciju za cjelovitu obnovu kulturnog dobra.

Projekt za cjelovitu obnovu crkve Rođenja Blažene Djevice Marije u Granešini, Zagreb, potrebno je dostaviti ovom Zavodu na suglasnost kako bi se mogla utvrditi usklađenost projektne dokumentacije s izdanim posebnim uvjetima i provoditi konzervatorski nadzor pri izvođenju radova.

Projekt obnove za cjelovitu obnovu kulturnog dobra kojom se ono dovodi u stanje potpune građevinske uporabljivosti, do razine koju zahtijevaju pozitivni propisi i s tim u vezi norme kao i pravila struke, treba biti izrađen sukladno utvrđenim posebnim uvjetima i sadržavati sljedeće:

- arhitektonski projekt s troškovnikom svih građevinsko-obrtničkih i restauratorskih radova za zahvate u interijeru, na pročeljima i krovu, s karakterističnim detaljima;
- građevinski projekt s pripadajućom arhitektonskom mapom i detaljnim obrazloženjem projektiranog načina konstruktivne sanacije i utjecaja istog na cjelovitu strukturu građevine, s grafičkim prikazom karakterističnih detalja konstrukcije;
- projekte instalacija s opisima i detaljima izvedbe.

Za zahvate za koje je u sklopu cjelovite obnove zaključen Ugovor o dodjeli bespovratnih financijskih sredstava Ministarstva kulture i medija Republike Hrvatske, omogućuje se fazna izrada projektne dokumentacije i izvedba radova, na način da su u konačnici zadovoljeni svi uvjeti cjelovite obnove zgrade u skladu s ovim uvjetima.

Za zahvate rekonstrukcije koji nisu obuhvaćeni Zakonom o obnovi potrebno je ishoditi odgovarajuće dozvole odnosno potvrde putem nadležnog upravnog tijela.

Izdavanje posebnih uvjeta ovog Zavoda ne znači da je utvrđeno da su za izradu Projekta obnove za cjelovitu obnovu zgrade, ispunjeni i drugi uvjeti propisani drugim posebnim propisima, već da je predloženi zahvat u skladu s mjerama zaštite kulturnog dobra sukladno Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara.

Izvođač radova mora osigurati osobu za izvođenje konzervatorsko-restauratorskih radova sukladno odredbama Pravilnika o uvjetima za dobivanje dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara.

Investitor je dužan pisanim putem obavijestiti ovaj Zavod o početku radova radi provođenja konzervatorskog nadzora.

Projektna dokumentacija treba biti izrađena po projektantu koji posjeduje dopuštenje Ministarstva kulture i medija Republike Hrvatske za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju nepokretnih kulturnih dobara sukladno Pravilniku o uvjetima za dobivanje dopuštenja za obavljanje poslova na zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (Narodne novine 98/18).

PROČELNICA

mr. sc. Lana Križaj



Dostaviti:

- ① Naslovu
2. Karlo Kopljar, mag.ing.aedif., Ulica Zvonimira Ljevakovića 16, 10 000 Zagreb
3. Župa Rođenja Blažene Djevice Marije, Granešina 10, 10 040 Zagreb
4. Ministarstvo kulture i medija Republike Hrvatske, Uprava za zaštitu kulturne baštine, Runjaninova 2, 10 000 Zagreb
5. ivan.krizic@supremee.hr – na znanje
6. Evidencija, ovdje
7. Pismohrana, ovdje

10 Posebni tehnički uvjeti za gospodarenje građevinskim otpadom

Tijekom obnove konstrukcije zgrade, ne predviđa se pojavljivanje opasnog otpada. Tijekom obnove konstrukcije zgrade potrebno je sukcesivno odvoziti otpad na za to predviđene deponije ili reciklažna dvorišta. Za potrebe izvođenja radova i skladištenja materijala i opreme, postoji mogućnost formiranja odgovarajuće deponije u dvorištu građevine. Nakon izvođenja radova treba izvršiti radove čišćenja gradilišta, odnosno dovođenja gradilišta u stanje uporabivosti. Potrebno je odvesti višak građevinskog otpada sa skladišnog prostora, očistiti cijelo gradilište od smeća i otpadnog materijala, sve ograde, stepenice i sl. oštećene tijekom gradnje popraviti. Prilikom gospodarenja građevinskim otpadom koristiti Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/2016) te razvrstavati otpad prema Katalogu otpada.

Zagreb, listopad 2023.

Projektant:
Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.



III. TROŠKOVNIK PROCIJENJENIH TROŠKOVA RADOVA OBNOVE

Predmet Mape 3

IV. GRAFIČKI PRIKAZ

- List 1 IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA
- List 2 PRIKAZ ZATEČENOG IZVEDENOG STANJA
- List 3 PREGLED ZAHVATA POJAČANJA NA KONSTRUKCIJI



REPUBLIKA HRVATSKA
GRAD ZAGREB

GRADSKI URED ZA KATASTAR I GEODETSKE POSLOVE

Stanje na dan: 30.10.2023.
OSS evidencijski broj: 2769480/2023

K.o. GRANEŠINA NOVA
k.č.br.: 8838

IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Mjerilo 1:1000
Izvorno mjerilo 1:1000





Sukladno Zakonu o upravnim pristojbama (»Narodne novine«, br. 115/16) te Uredbi o tarifi upravnih pristojbi (»Narodne novine«, br. 92/21 i 93/21), upravna pristojba po Tar. Br. 1. ne naplaćuje se.

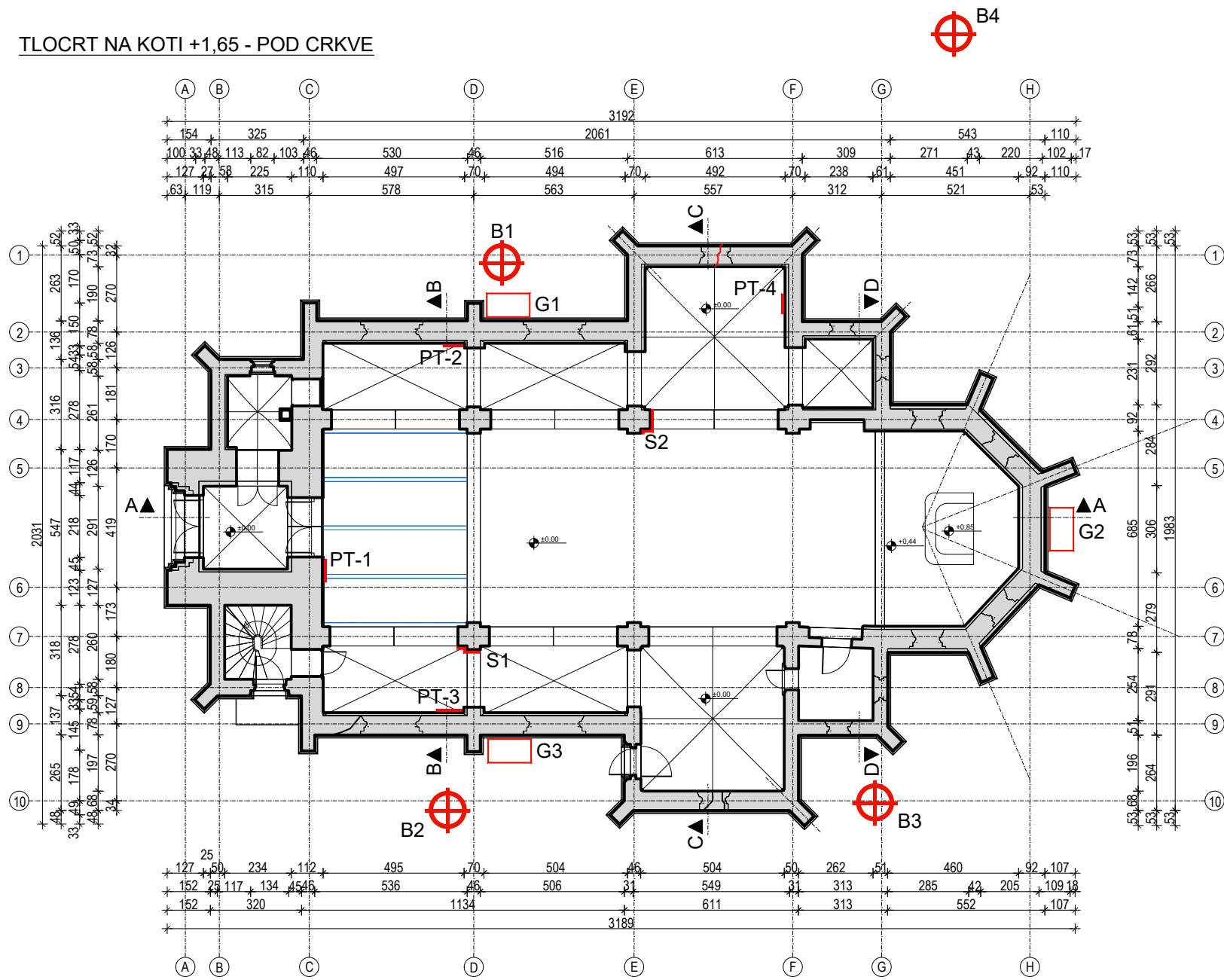


Kontrolni broj: 199635689770d33

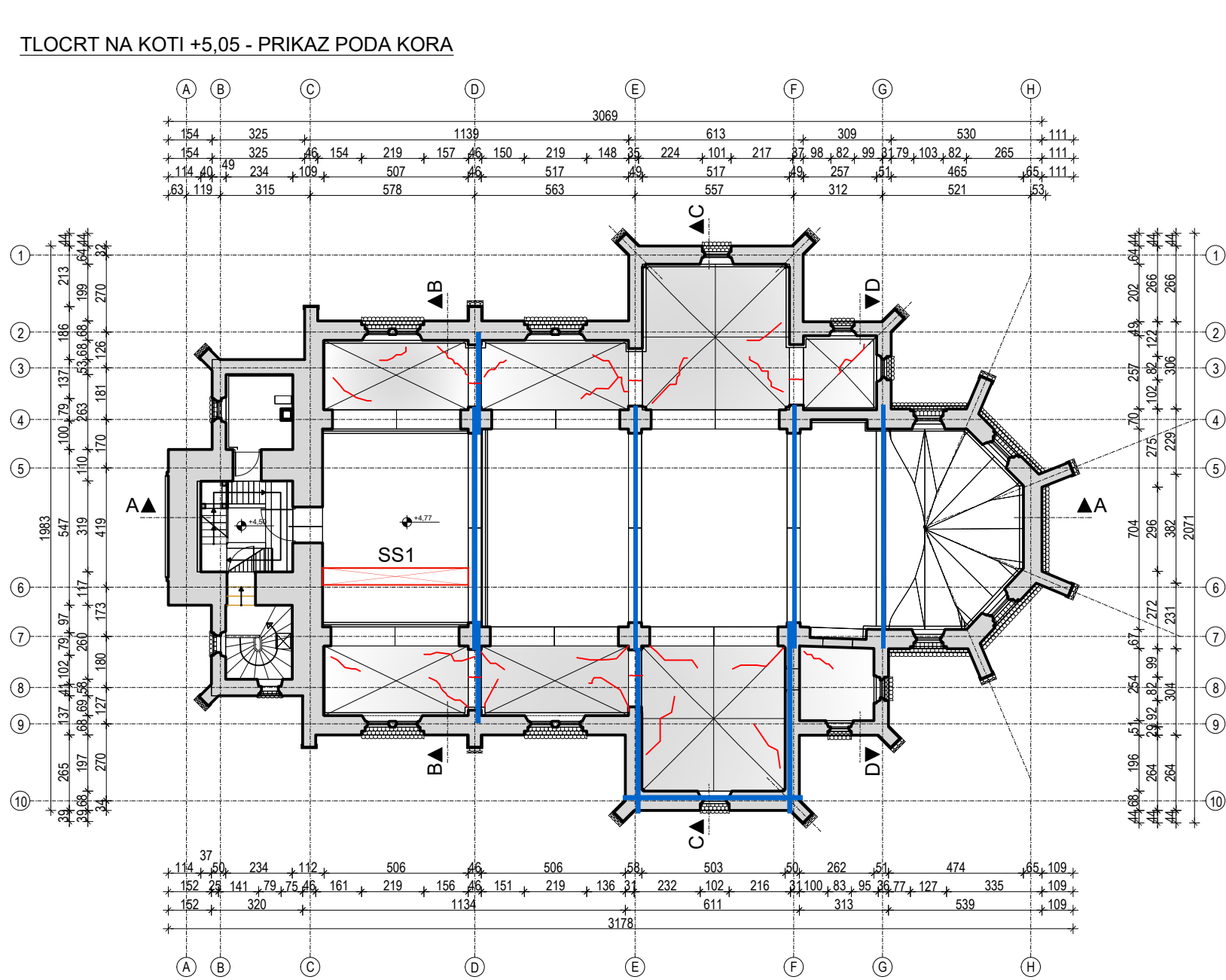
Skeniranjem QR koda navedenog na ovom elektroničkom zapisu možete provjeriti točnost podataka. Isto možete učiniti i na internet adresi <http://oss.uredjenzemlja.hr/public/preuzmiDokument> unosom kontrolnog broja. U oba slučaja sustav će prikazati izvornik ovog dokumenta. U slučaju da je ovaj dokument identičan prikazanom izvorniku u digitalnom obliku, Državna geodetska uprava potvrđuje točnost dokumenta i stanje podataka u trenutku izrade isprave.

| | | | | | | |
|--|---|-------|--|---------------------|---|--------------------|
| broj revizije: 1 | | opis: | | | datum: | |
| <div><div>STUDIO ARHING</div><div>D.O.O. ZA PROJEKTIRANJE I INŽENJERING POSLOVE U GRADITELJSTVU ČIRE TUHELKE 49, 10000 ZAGREB</div></div> | gradevina: Crkva Rođenja Blažene Djevice Marije Granešina 12, 10 000 Zagreb k.č.br. 8838, k.o. Granešina Nova | | sadržaj: | |  | |
| | investitor: Župa Rođenja Blažene Djevice Marije Granešina 10, 10 000 Zagreb OIB: 89126704852 | | suradnici: David Andić, mag.ing.aedif. Tamara Horvat, mag.ing.aedif. Matej Kramarić, mag.ing.aedif. Maja Vrančić, mag.ing.aedif. Nemanja Zečić, mag.ing.aedif. | | mjerilo: | |
| | glavni projektant: Ana Jeren, mag.ing.arch., A 4292 | | | | 1:1000 | |
| | projektant: Juraj Pojatina, dipl.ing.grad., G 3870 | | | | ± 0,00 = 162,34 mnv | |
| | projekt: PROJEKT CJELOVITE OBNOVE ZGRADE JAVNE NAMJENE - FAZA 1 - PROJEKT POJAČANJA KONSTRUKCIJE | | OP: 55/23 | ZOP: 55/23-PO-GR | datum: listopad 2023. | list br: 01 |

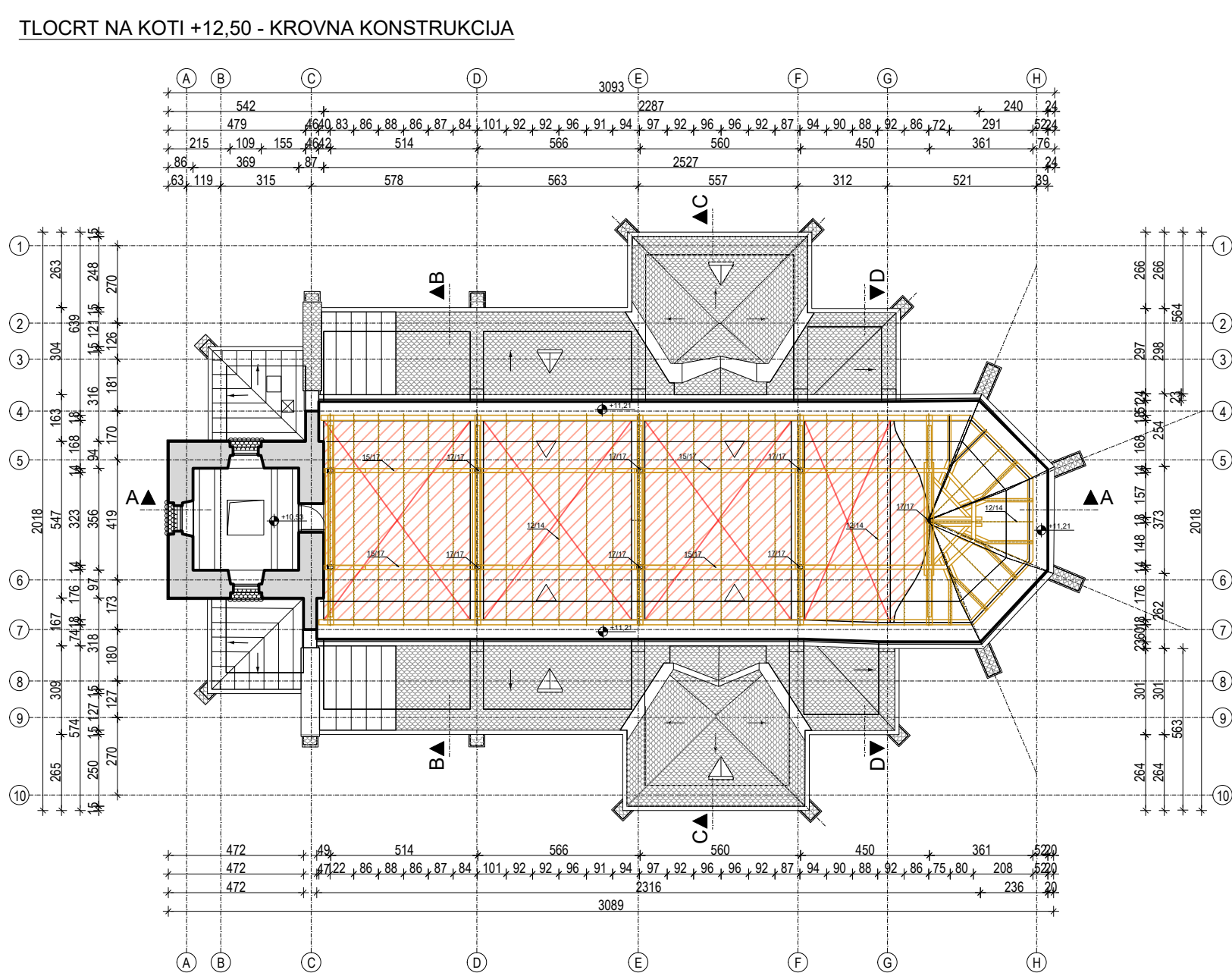
TLOCRT NA KOTI +1.65 - POD CRKVE



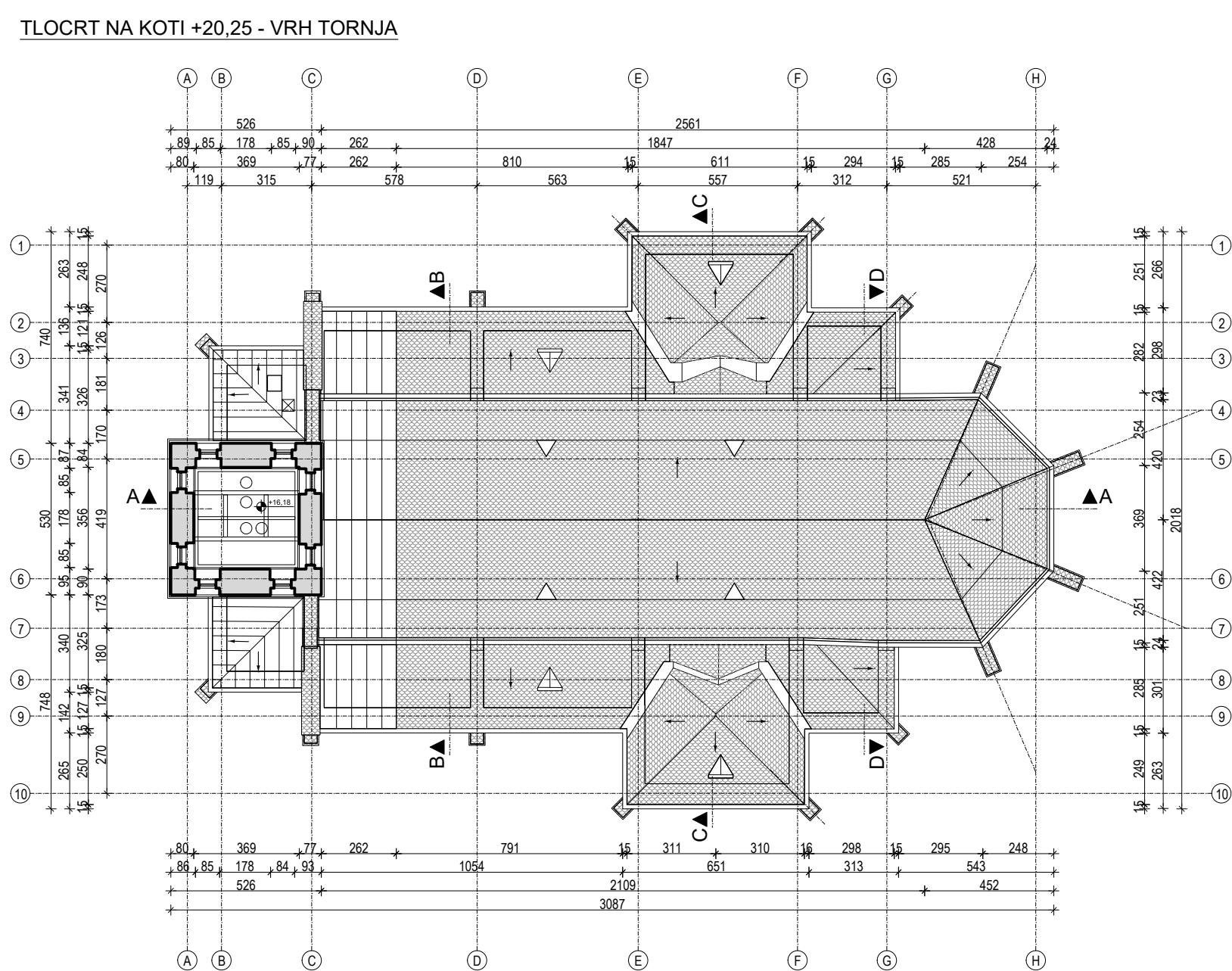
TLOCRT NA KOTI +5.05 - PRIKAZ PODA KORA



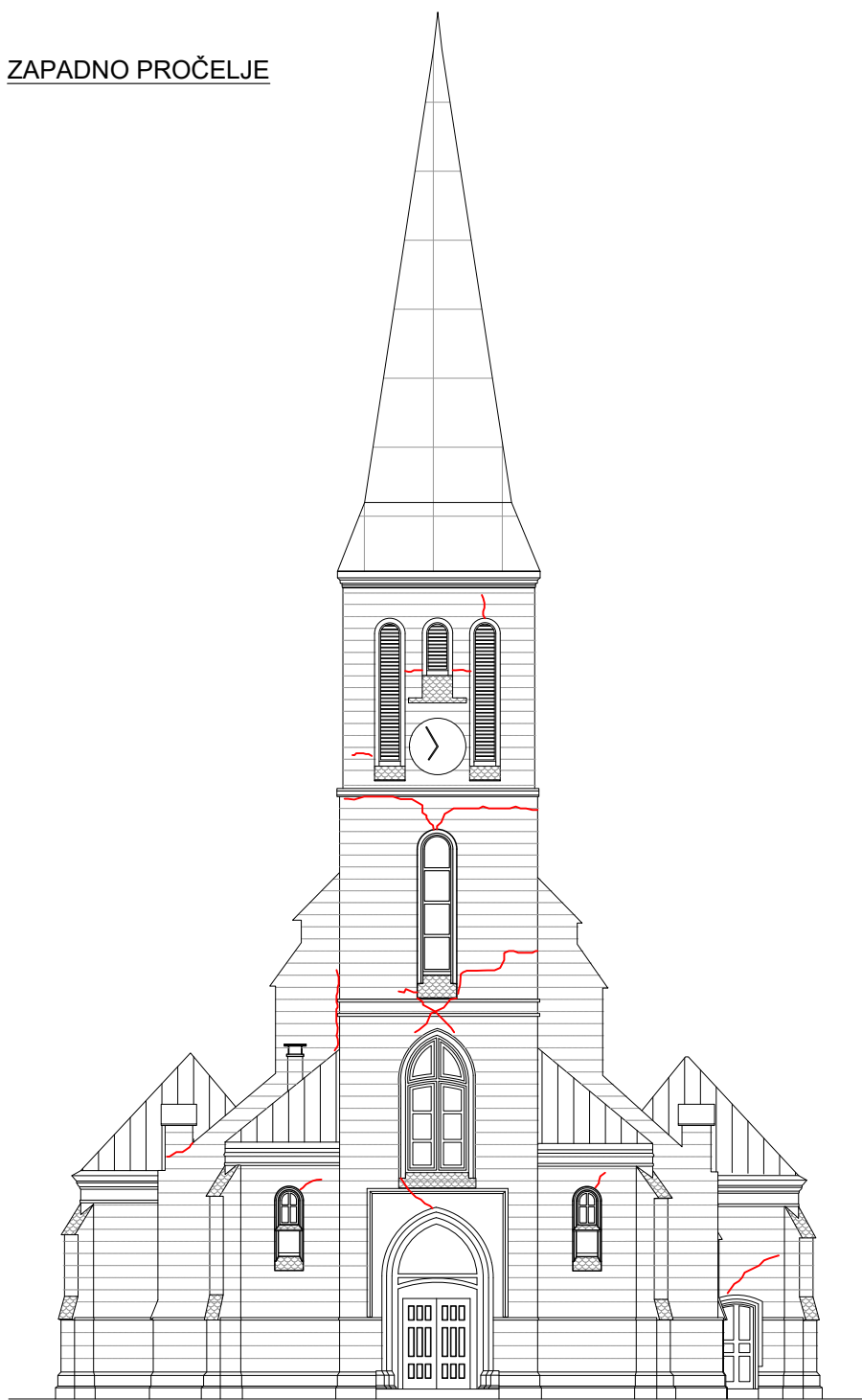
TLOCRT NA KOTI +12.50 - KROVNA KONSTRUKCIJA



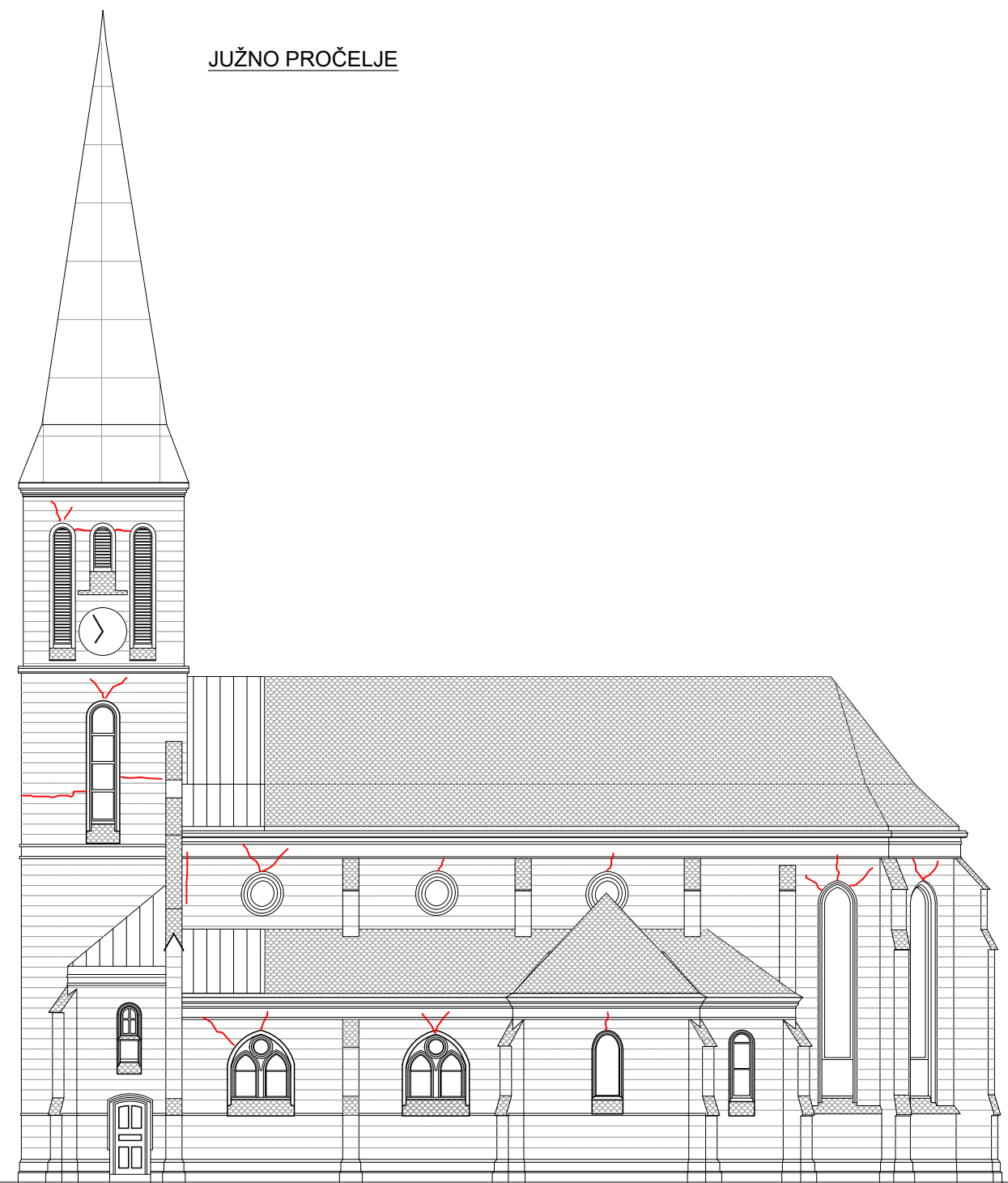
TLOCRT NA KOTI +20.25 - VRH TORNJA



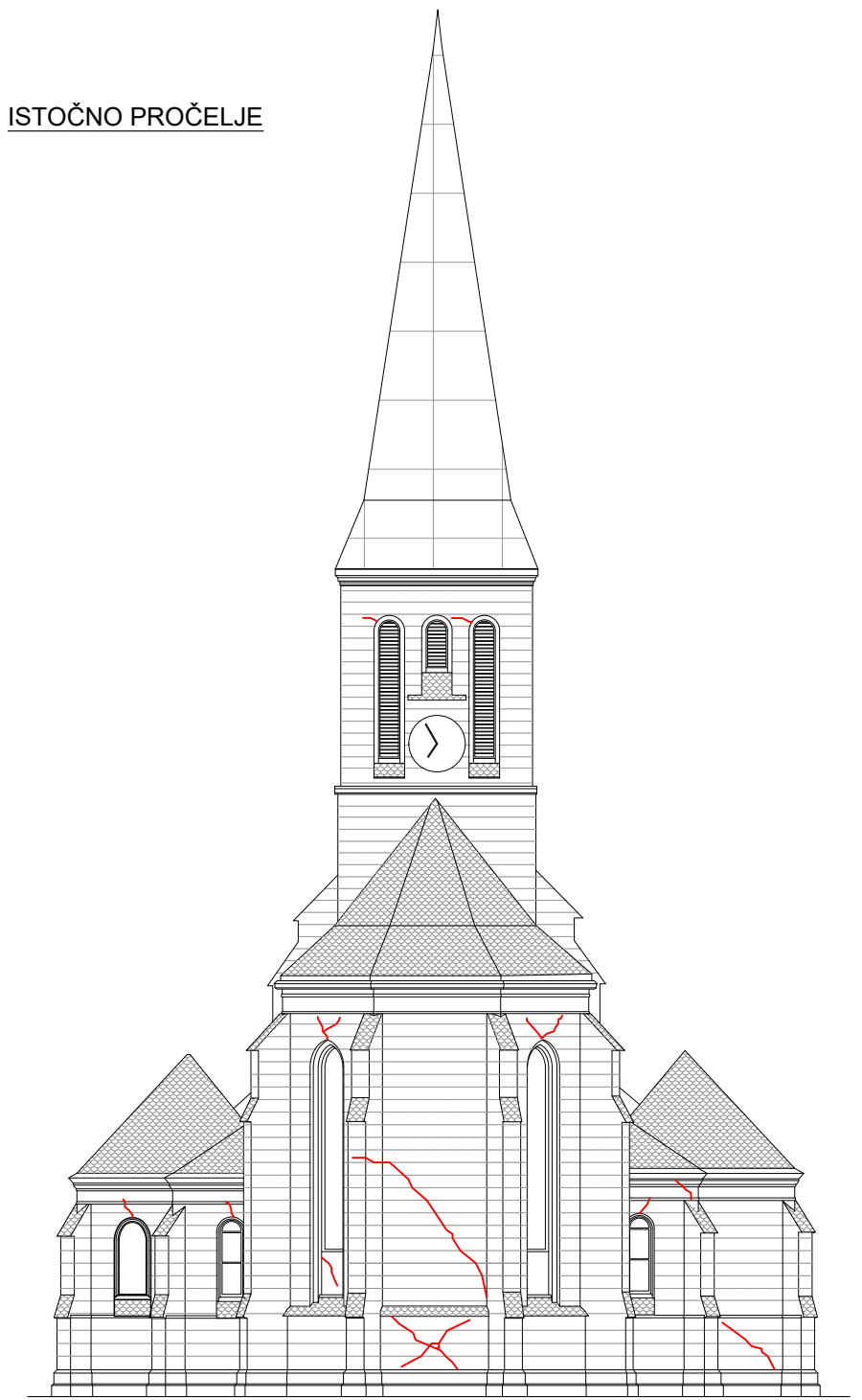
ZAPADNO PROČELJE



JUŽNO PROČELJE



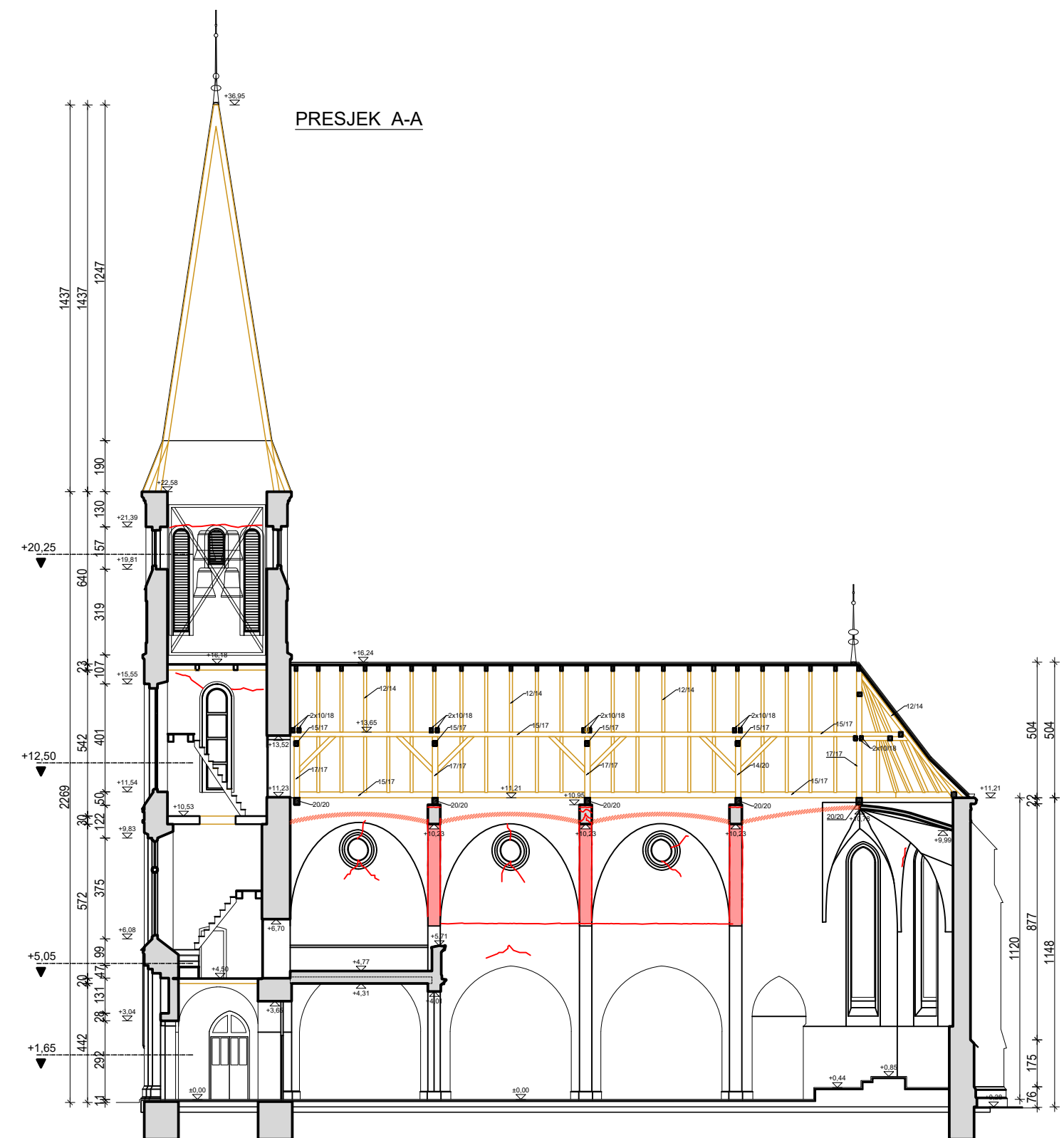
ISTOČNO PROČELJE



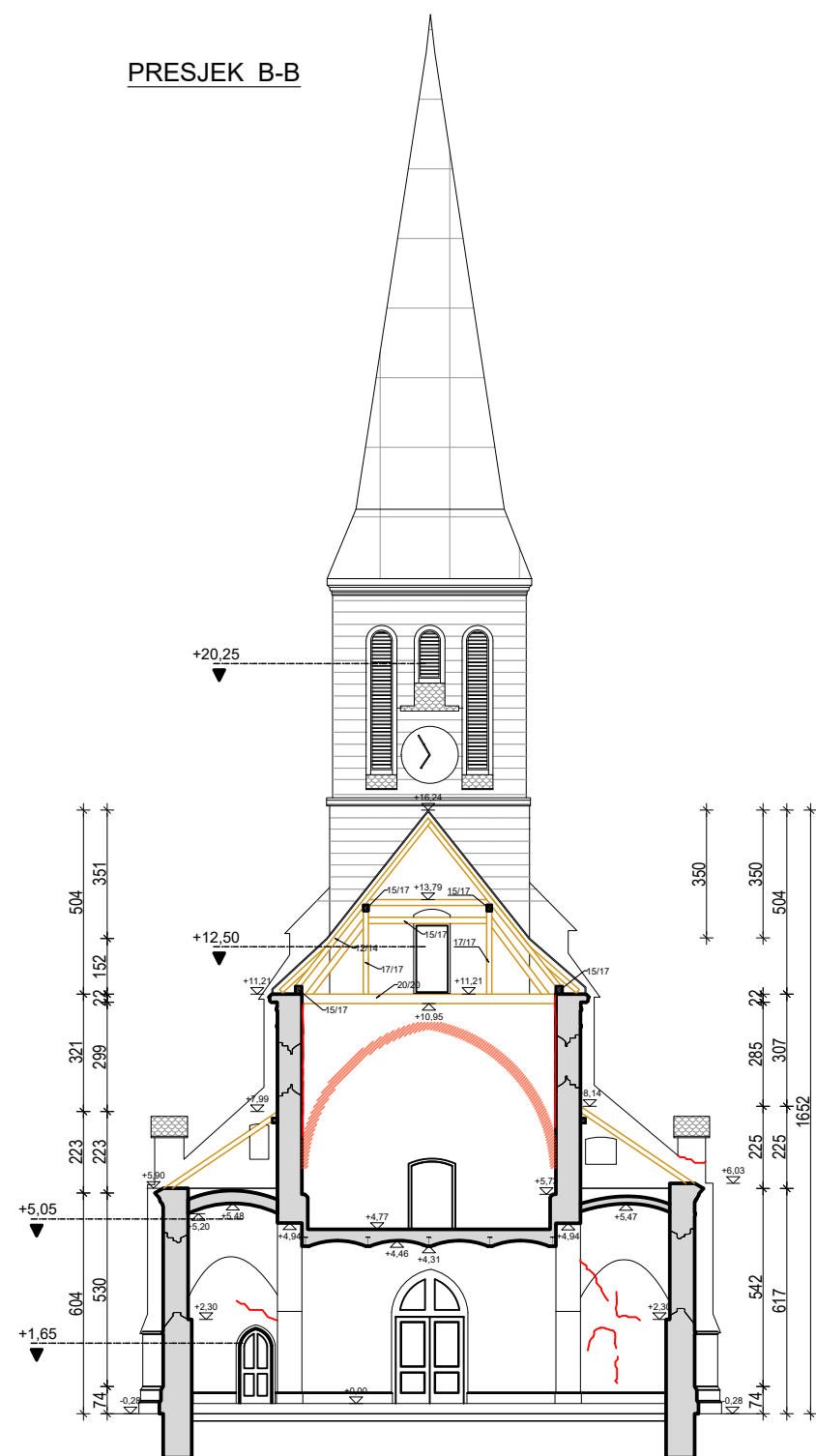
SJEVERNO PROČELJE



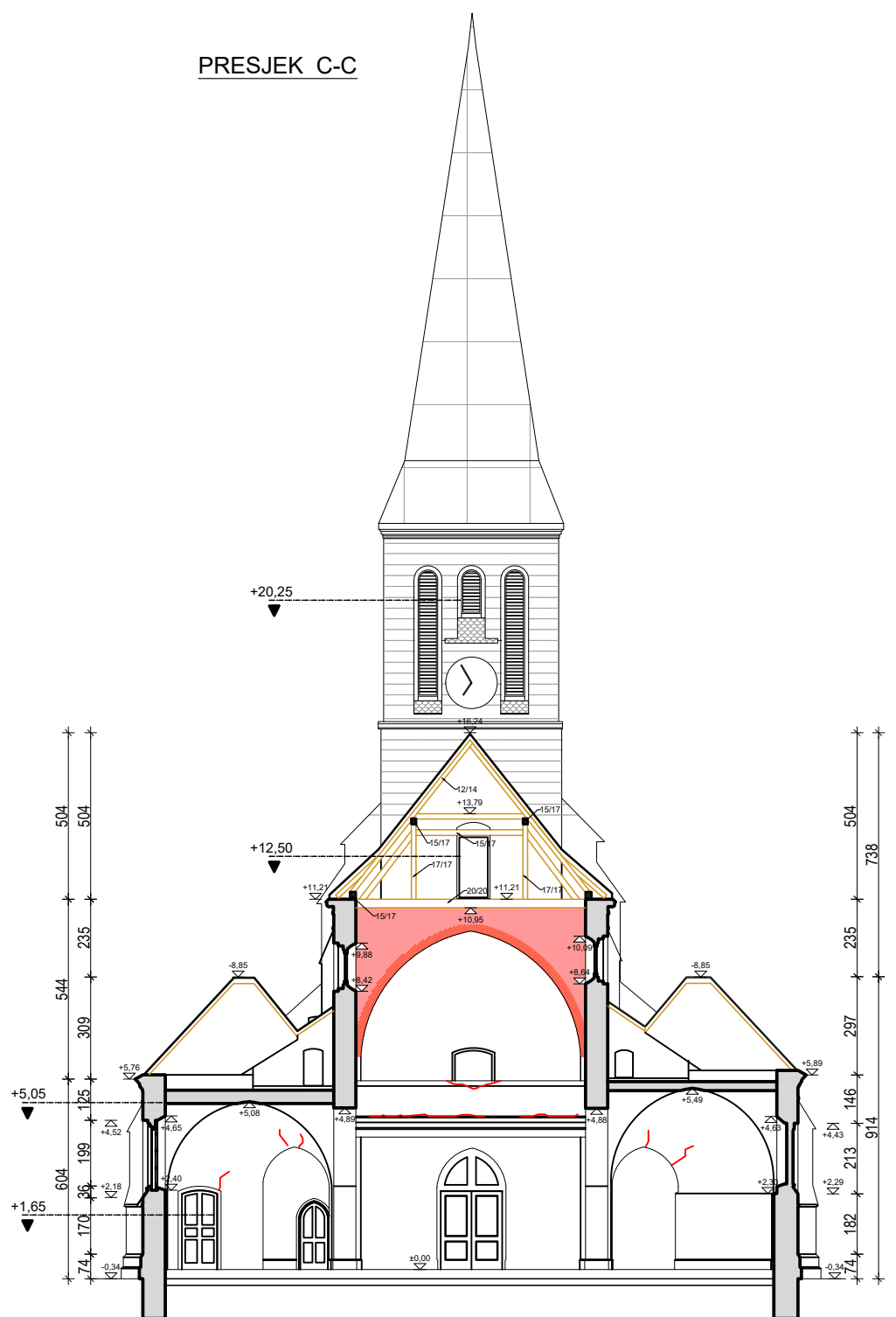
PRESJEK A-A



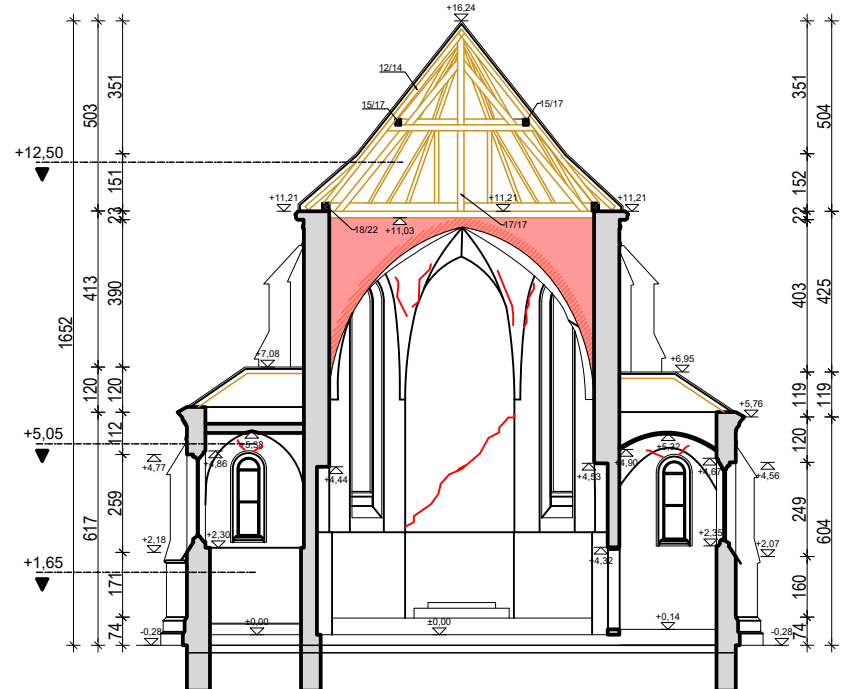
PRESJEK B-B



PRESJEK C-C



PRESJEK D-D



LEGENDA

- | | | | |
|--|-------------------------|--|-------------------------------------|
| | zidani zid | | istražni radovi, sondaža - strop |
| | hrtne mjere | | istražni radovi, sondaža - zid/stup |
| | oštećeni svodovi | | geotehnička istražna jama |
| | drvena konstrukcija | | geotehnička bušotina |
| | čelični elementi/zatage | | |
| | oštećenja/pukotine | | |

