

<b>PROJEKTNI URED:</b>	UPI - 2M d.o.o. Bleiweisova 17, 10000 Zagreb OIB: 66037779887
<b>INVESTITOR:</b>	Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531, kojeg zastupa gradonačelnik Ivan Čehok dr.sc.phil.
<b>GRAĐEVINA:</b>	Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene (primarno koncertna namjena)
<b>LOKACIJA:</b>	k.č.br. 2018, k.o. Varaždin Augusta Cesarca 16a
<b>ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA:</b>	SVZ
<b>BROJ TEHNIČKOG DNEVNIKA:</b>	55/18

**GLAVNI PROJEKT  
GRAĐEVINSKI PROJEKT KONSTRUKCIJE  
mapa 2**

<b>GLAVNI PROJEKTANT:</b>	Prof. Helena Paver Njirić, dipl.ing.arh.
<b>PROJEKTANT KONSTRUKCIJE:</b>	mr.sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.
<b>SURADNIK:</b>	Matea Glavaš, mag.ing.aedif.
<b>DIREKTOR:</b>	Danijel Malčić, oecc.
<b>DATUM IZRADE PROJEKTA:</b>	Zagreb, studeni 2018.

# S A D R Ž A J

## OPĆI DIO

1. POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA
2. RJEŠENJE O IMENOVANJU GLAVNOG PROJEKTANTA
3. UPIS TVRTKE U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA
4. RJEŠENJE O IMENOVANJU PROJEKTANTA
5. RJEŠENJE O UPISU U IMENIK OVLAŠTENIH INŽENJERA
6. IZJAVA O USKLAĐENOSTI PROJEKTA KONSTRUKCIJE

## TEHNIČKI DIO

### 1. TEHNIČKI OPIS

#### 1.1. Opis projektiranog dijela građevine

1.2. Uvjeti i zahtjevi koji moraju biti ispunjeni pri izvođenju radova i koji se načini izvođenja radova moraju ispuniti za projektirani dio građevine (ugradnja i međusobno povezivanje građevnih i drugih proizvoda), a koji su bitni za ispunjavanje tehničkih svojstava projektiranog dijela građevine te temeljni zahtjevi za građevinu

1.3. Opis utjecaja namjene i načina uporabe projektiranog dijela građevine te utjecaj okoliša na svojstva ugrađenih građevnih i drugih proizvoda, tehnička svojstva projektiranog dijela građevine te građevine u cjelini

1.4. Opis ispunjena uvjeta gradnje na određenoj lokaciji za projektirani dio građevine

1.5. Opis ispunjenja temeljnih zahtjeva za projektirani dio građevine

1.6. Podatci iz elaborata o prethodnim istraživanjima i drugih elaborata, studija i podloga koji su od utjecaja na tehnička svojstva projektiranog dijela građevine i građevine u cjelini

1.7. Podaci bitni za provedbu pokusnog rada s obrazloženjem potrebe za pokusnim radom i vremenom trajanja, ako u svrhu izdavanja uporabne dozvole postoji potreba ispitivanja temeljnih zahtjeva za građevinu pokusnim radom

1.8. Mogućnost i uvjete uporabe projektiranog dijela građevine prije dovršetka građenja cijele građevine, ako postoji potreba da se dio građevine počne rabiti prije dovršetka cjelokupne građevine

1.9. Projektirani vijek uporabe i uvjete za održavanje projektiranog dijela građevine

### 2. DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

#### 2.1. Shema pozicija

#### 2.2. Analiza opterećenja

##### 2.2.1. Vlastita težina

##### 2.2.2. Dodatno stalno opterećenje

2.2.3. Korisno opterećenje krova

2.2.4. Korisno opterećenje potkrovlja

2.2.5. Korisno opterećenje 2. kata

2.2.6. Korisno opterećenje 1. kata

2.2.7. Korisno opterećenje prizemlja

2.2.8. Korisno opterećenje podruma

2.2.9. Opterećenje simetričnim snijegom

2.2.10. Opterećenje nesimetričnim snijegom jedna strana

2.2.11. Opterećenje nesimetričnim snijegom druga strana

2.2.12. Opterećenje vjetrom na dulju stranicu - odizanje

2.2.13. Opterećenje vjetrom na dulju stranicu - pritisak

2.2.14. Opterećenje vjetrom na kraću stranicu - odizanje

2.2.15. Opterećenje vjetrom na kraću stranicu - odizanje

2.2.16. Seizmičko opterećenje u smjeru x

2.2.17. Seizmičko opterećenje u smjeru y

2.2.18. Kombinacije opterećenja

2.3. Dokaz o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva na zahvatima na postojećoj zgradi

2.3.1. Proračun i dimenzioniranje zahvata staze u potkrovlju

2.3.2. Provjera utjecaja novog zahvata u tavanu na postojeću stolicu krovišta

2.3.3. Provjera utjecaja nove lukovice na postojeću zgradu

2.3.4. Rezanje greda krovišta zbog novog prolaza

2.3.5. Zidanje novih zidova na tavanu postojeće zgrade

2.3.6. Premještanje oslonca zategi zbog zahtjevane visine prolaza

2.3.7. Novi bačvasti svod između osi 0 i 1 te B i C

2.3.8. Ojačanje otvora u postojećim zidovima

2.3.9. Proračun i dimenzioniranje nosača novog stubišta

2.4. Dokaz o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva na zahvatima na zgradi dogradnje

2.4.1. Proračun i dimenzioniranje nosača krova G600

2.4.2. Proračun i dimenzioniranje elemenata staze

2.4.3. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 600

2.4.4. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 500

2.4.5. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 500

2.4.5. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 500

2.4.6. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 400

2.4.7. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 400

2.4.8. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 400

2.4.9. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 300

- 2.4.10. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 300
- 2.4.11. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 300
- 2.4.12. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 200
- 2.4.13. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 200
- 2.4.14. Proračun i dimenzioniranje armiranobetonskih zidova
- 2.4.15. Proračun i dimenzioniranje temeljne ploče pozicije 100
- 2.4.16. Proračun i dimenzioniranje stubišta
- 2.4.17. Proračun i dimenzioniranje sidara
- 2.4.18. Proračun i dimenzioniranje pleksiglasa
- 2.4.19. Proračun i dimenzioniranje fasade

### 3. OPĆI TEHNIČKI UVJETI IZVOĐENJA RADOVA TE PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

- 3.1. Opći tehnički uvjeti izvođenja radova
- 3.2. Tehnički uvjeti za betonsku i armiranobetonsku konstrukciju
- 3.3. Tehnički uvjeti za zidanu konstrukciju
- 3.4. Tehnički uvjeti za čeličnu konstrukciju
- 3.5. Prikaz mjera zaštite na radu
- 3.6. Prikaz mjera zaštite od požara

### 4. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI GRAĐENJA, POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA GOSPODARENJE OTPADOM TE POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA GOSPODARENJE OPASNIM OTPADOM

**UPI2M**

arhitektura | konstrukcija | dizajn | konzalting

**GRAĐEVINA:** Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene

**LOKACIJA:** k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a

**INVESTITOR:** Grad Varaždin


Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531

**IZRADIO:** mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.

**GLAVNI PROJEKT  
PROJEKT KONSTRUKCIJE  
mapa 2**

Zagreb, studeni 2018.

## OPĆI DIO


 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## 1. POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA

<b>INVESTITOR:</b>	Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531, kojeg zastupa gradonačelnik Ivan Čehok dr.sc.phil.
<b>GRAĐEVINA:</b>	Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene (primarno koncertna namjena)
<b>LOKACIJA:</b>	k.č.br. 2018, k.o. Varaždin Augusta Cesarca 16a
<b>ZAJEDNIČKA</b>	
<b>OZNAKA PROJEKTA:</b>	SVZ
<b>VRSTA PROJEKTA:</b>	GLAVNI PROJEKT
<b>DATUM:</b>	studeni 2018.

### POPIS MAPA:

- mapa 1** ARHITEKTONSKI PROJEKT hpnj+ d.o.o.  
 TD 0918 od listopada 2018., ovl.arh. Helena Paver Njirić, dipl. ing. arh., broj ovlaštenja A4 (hpnj+ d.o.o. za projektiranje i usluge HR-10000 Zagreb, Kralja Zvonimira 75, OIB 52783357217)
- mapa 2** GRAĐEVINSKI PROJEKT KONSTRUKCIJE UPI-2M d.o.o.  
 TD 55/18 od studenog 2018. ovl.ing. Berislav Medić, dipl.ing.građ., broj. ovlaštenja G2191 (UPI-2M d.o.o., Bleiweisova 17, HR-10000 Zagreb OIB66037779887)
- mapa 3** GRAĐEVINSKI PROJEKT VODOVODA I ODVODNJE Projektni biro Naglič d.o.o.  
 TD 18-136/VK od studenog 2018. ovl.ing. Ante Ljubičić, dipl.ing.građ. broj ovlaštenja G4810 (Projektni biro Naglič d.o.o., Olibska 17, 10 000 Zagreb, OIB 18216105743)
- mapa 4** ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT Projektni biro Naglič d.o.o.  
 TD 18-136/E od studenog 2018. ovl.ing. Deana Brujić Ilijašević, dipl.ing.el. broj ovlaštenja E2104 (Projektni biro Naglič d.o.o., Olibska 17, 10 000 Zagreb, OIB 18216105743)
- mapa 5** ELEKTROTEHNIČKI PROJEKT VATRODOJAVE Projektni biro Naglič d.o.o.  
 TD 18-136/VD od studenog 2018. ovl.ing. Deana Brujić Ilijašević, dipl.ing.el. broj ovlaštenja E2104 (Projektni biro Naglič d.o.o., Olibska 17, 10 000 Zagreb, OIB 18216105743)
- mapa 6** STROJARSKI PROJEKT Projektni biro Naglič d.o.o.  
 TD 18-136/ST od studenog 2018. ovl.ing. Jožek Ivčić, dipl.ing.stroj. broj ovlaštenja S85 (Projektni biro Naglič d.o.o., Olibska 17, 10 000 Zagreb, OIB 18216105743)

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--


**mapa 7 STROJARSKI PROJEKT PLINSKE INSTALACIJE** Projektni biro Naglič d.o.o.  
 TD 18-136/P od studenog 2018. ovl.ing. Jožek Ivčič dipl.ing.stroj.  
 broj ovlaštenja S85  
 (Projektni biro Naglič d.o.o., Olibska 17, 10 000 Zagreb OIB 18216105743)

**mapa 8 GEODETSKI PROJEKT** Vektra d.o.o.  
 oznaka geodetskog studenog 169 od srpnja 2014. ovl.ing. Iva Novak Cikač, dipl.ing.geod.  
 (Vektra d.o.o., Branka Vodnika 4/b, 42 000 Varaždin OIB 56887977144)

#### Popis elaborata

**mapa e 1 ELABORAT ZAŠTITE NA RADU** FLAMiT d.o.o.  
 TD 621/18 od studenog 2018., ovl.ing. Željko Mužević, dipl.ing.sig. broj ovlaštenja 5431  
 (FLAMiT d.o.o., Jurja Dijanića 24a, 10 430 Samobor, OIB 84050612509)

**mapa e 2 ELABORAT ZAŠTITE OD POŽARA** FLAMiT d.o.o.  
 TD 621/18 od studenog 2018., ovl.ing. Željko Mužević, dipl.ing.sig. broj ovlaštenja 5431  
 (FLAMiT d.o.o., Jurja Dijanića 24a, 10 430 Samobor, OIB 84050612509)

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT PROJEKT KONSTRUKCIJE mapa 2</b></p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	---	---

## 2. RJEŠENJE O IMENOVANJU GLAVNOG PROJEKTANTA

<b>INVESTITOR:</b>	Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531, kojeg zastupa gradonačelnik Ivan Čehok dr.sc.phil.
<b>GRAĐEVINA:</b>	Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene (primarno koncertna namjena)
<b>LOKACIJA:</b>	k.č.br. 2018, k.o. Varaždin Augusta Cesarca 16a
<b>ZAJEDNIČKA</b>	
<b>OZNAKA PROJEKTA:</b>	SVZ
<b>VRSTA PROJEKTA:</b>	GLAVNI PROJEKT
<b>DATUM:</b>	studen 2018.

Temeljem članka 51.; stavak 2., Zakona o gradnji (NN 153/13 i 20/2017) izdaje se imenovanje:

### GLAVNI PROJEKTANT

**Ime i prezime projektanta:** Prof. Helena Paver Njirić

Imenovana osoba odgovorna je za cjelovitost i međusobnu usklađenost svih projekata.

U Zagrebu, studeni 2018.

**INVESTITOR:**



### 3. UPIS TVRTKE U GLAVNU KNJIGU SUDSKOG REGISTRA

REPUBLIKA HRVATSKA  
JAVNI BILJEŽNIK  
Dolinar Nenad  
Zagreb, Varšavska 4

#### IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

**SUBJEKT UPISA****MBS:**

080329929

**OIB:**

66037779887

**TVRTKA:**

1 UPI-2M d.o.o. za projektiranje, trgovinu i usluge

1 UPI-2M d.o.o.

**SJEDIŠTE/ADRESA:**5 Zagreb (Grad Zagreb)  
Vinogradska 49**PRAVNI OBLIK:**

1 društvo s ograničenom odgovornošću

**PREDMET POSLOVANJA:**

1 22.1 - Izdavačka djelatnost  
1 \* - Građenje, projektiranje i nadzor  
1 \* - Ugostiteljstvo: pripremanje hrane i pružanje usluga prehrane, pripremanje i usluživanje pića i napitaka i pružanje usluga smještaja i kampiranja  
2 \* - obavljanje stručnih poslova prostornog uređenja u svezi s izradom svih stručnih poslova prostornog uređenja  
3 \* - kupnja i prodaja robe  
3 \* - obavljanje trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu

**OSNIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:**

4 Danijel Malčić, OIB: 23056196973  
Zagreb, Medulićeva 20  
4 - član društva

4 Berislav Medić, OIB: 09621891213  
Zagreb, Milke Trnine 4  
4 - član društva

10 Anamaria Filipović, OIB: 83993653963  
Zagreb, Palmotićeve ulica 64A  
6 - član društva

**OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:**

1 Danijel Malčić, OIB: 23056196973  
Dugo Selo, Antuna Gustava Matoša 38  
1 - direktor  
1 - zastupa pojedinačno i samostalno

**TEMELJNI KAPITAL:**

REPUBLIKA HRVATSKA  
JAVNI BILJEŽNIK  
Dolinar Nenad  
Zagreb, Varšavska 4

## IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISATEMELJNI KAPITAL:

7 2.120.400,00 kuna

PRAVNI ODNOSI:

## Osnivački akt:

- 1 Ugovor o osnivanju usklađen sa ZTD-om 13.12.1995. i sastavljen kao Društveni ugovor.
- 2 Odlukom skupštine društva od 26.01.2005. godine Društveni ugovor izmijenjen je u čl. 8. o predmetu poslovanja. Pročišćeni tekst Društvenog ugovora od 26.01.2005. godine dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 3 Odlukom članova društva od 22.05.2006. god. izmijenjen je Društveni ugovor u cijelosti a posebno odredbe čl. 1. o članovima društva, čl. 2. sjedištu i poslovnoj adresi, čl. 3. o djelatnostima, čl. 4. o temeljnom kapitalu i temeljnom ulogu, čl. 6. o poslovnim udjelima. Pročišćen tekst Društvenog ugovora dostavljen u zbirku isprava.
- 6 Skupština društva je dana 31.05.2012. godine izmijenila odredbe Društvenog ugovora u cijelosti a posebno čl. 1 o članovima društva i čl. 6 o poslovnim udjelima. Potpuni tekst Društvenog ugovora dostavljen sudu u zbirku isprava.
- 7 Skupština društva je dana 30.04.2013. godine izmijenila odredbe Društvenog ugovora i to čl.4. o temeljnom kapitalu i čl. 6. o poslovnim udjelima. Potpuni tekst Društvenog ugovora dostavljen sudu u zbirku isprava.

Promjene temeljnog kapitala:

- 1 Odlukom osnivača od 13.12.1995. godine, povećan je temeljni kapital društva za 16.000,00 kn, tako da je time temeljni kapital uvećan na 20.000,00 kn u stvarima.
- 3 Odlukom članova društva temeljni kapital je povećan sa iznosa od 20.000,00 kuna za iznos od 400,00 kuna na iznos od 20.400,00 kuna.
- 7 Skupština društva je dana 30.06.2013. godine donijela odluku o povećanju temeljnog kapitala sa iznosa od 20.400,00 kn za iznos od 2.100.000,00 kn na iznos od 2.120.400,00 kn iz sredstava društva.

OSTALI PODACI:

- 1 Subjekt je bio upisan kod Trgovačkog suda u Zagrebu pod reg. uloškom br. 1-68234.

FINANCIJSKA IZVJEŠĆA:

	Predano	God.	Za razdoblje	Vrsta izvještaja
eu	01.03.16	2015	01.01.15 - 31.12.15	GFI-POD izvještaj

Upise u glavnu knjigu proveli su:

RBU	Tt	Datum	Naziv suda
0001	Tt-95/34402-3	23.02.2000	Trgovački sud u Zagrebu
0002	Tt-05/846-2	11.02.2005	Trgovački sud u Zagrebu
0003	Tt-06/5902-2	14.06.2006	Trgovački sud u Zagrebu
0004	Tt-10/22227-2	30.12.2010	Trgovački sud u Zagrebu

REPUBLIKA HRVATSKA  
JAVNI BILJEŽNIK  
Dolinar Nenad  
Zagreb, Varšavska 4

## IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

## SUBJEKT UPISA


Upise u glavnu knjigu proveli su:

RBU Tt	Datum	Naziv suda
0005 Tt-11/21239-2	23.11.2011	Trgovački sud u Zagrebu
0006 Tt-12/10058-4	27.06.2012	Trgovački sud u Zagrebu
0007 Tt-13/17147-2	02.08.2013	Trgovački sud u Zagrebu
0008 Tt-14/1097-2	27.01.2014	Trgovački sud u Zagrebu
0009 Tt-14/22247-2	14.10.2014	Trgovački sud u Zagrebu
0010 Tt-15/33637-4	12.01.2016	Trgovački sud u Zagrebu
eu /	30.06.2009	elektronički upis
eu /	30.06.2010	elektronički upis
eu /	29.06.2011	elektronički upis
eu /	28.06.2012	elektronički upis
eu /	30.04.2013	elektronički upis
eu /	12.06.2014	elektronički upis
eu /	12.05.2015	elektronički upis
eu /	01.03.2016	elektronički upis

Pristojba: \_\_\_\_\_

Nagrada: \_\_\_\_\_



 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	---	--

#### 4. RJEŠENJE O IMENOVANJU PROJEKTANTA

Temeljem članka 51.; stavak 2., Zakona o gradnji (NN 153/13 i 20/2017) izdaje se imenovanje:

mr.sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.

projektantom **Projekta konstrukcije** i on je odgovoran za ispravnost i potpunost navedene tehničke dokumentacije u smislu odredbi Zakona o gradnji.

Mr.sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ., rješenjem br. UPI/I-360-01/99-01/2191 pod red. brojem 2191, upisan je u Registar ovlaštenih inženjera građevinarstva.

**DIREKTOR:**

Danijel Malčić, oecc.

U Zagrebu, studeni 2018.

## 5. RJEŠENJE O UPISU U IMENIK OVLAŠTENIH INŽENJERA



REPUBLIKA HRVATSKA

HRVATSKA KOMORA ARHITEKATA  
I INŽENJERA U GRADITELJSTVUKlasa: UP/I-360-01/99-01/2191  
Urbroj: 314-01-99-1  
Zagreb, 14. listopada 1999.

Na temelju članaka 24. i 50. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu (Narodne novine, broj 47/98), Odbor za upise razreda inženjera građevinarstva, rješavajući po zahtjevu koji je podnio **MEDIĆ BERISLAV** dipl.ing.građ., ZAGREB, M. TRNINE 4, za upis u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva, donio je sljedeće

### RJEŠENJE

1. U Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva upisuje se **MEDIĆ BERISLAV**, (JMBG 1307961330035), dipl.ing.građ., ZAGREB, pod rednim brojem 2191, s danom upisa 21.10.1999. godine.
2. Upisom u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva, **MEDIĆ BERISLAV**, dipl.ing.građ. stječe pravo na uporabu strukovnog naziva "*ovlašteni inženjer građevinarstva*" i pravo na obavljanje poslova temeljem članka 25. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu, a u svezi sa člankom 4. stavkom 1. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu, te ostala prava i dužnosti sukladno posebnim propisima.
3. Ovlaštenom inženjeru izdaje se "*inženjerska iskaznica*" i stječe pravo na uporabu "*pečata*".

### Obrazloženje

**MEDIĆ BERISLAV** dipl.ing.građ., podnio je Zahtjev za upisu Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva.

Odbor za upise razreda inženjera građevinarstva proveo je postupak u povodu dostavljenog Zahtjeva, te je temeljem članka 24. stavka 2. Zakona o Hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu (Narodne novine, broj 47/98), a u svezi sa člankom 5. stavkom 4. i člankom 20. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu (Narodne novine, broj 40/99), riješeno kao u izreci.

Upisom u Imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva imenovani stječe pravo na izradu i uporabu pečata, sukladno članku 35. Statuta Hrvatske komore arhitekata i inženjera u graditeljstvu i na izdavanje "inženjerske iskaznice".

Na temelju članka 141. stavka 1. točke 1. Zakona o općem upravnom postupku (Narodne novine, broj 53/91), predmet je riješen po skraćenom postupku.


#### Pouka o pravnom lijeku

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



#### Dostaviti:

1. MEDIĆ BERISLAV  
ZAGREB, M. TRNINE 4  
uz povrat potvrde o izvršenoj dostavi
2. U Zbirku isprava Komore
3. Pismohrana Komore

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> <b>mapa 2</b>  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## 6. IZJAVA O USKLAĐENOSTI PROJEKTA KONSTRUKCIJE

U skladu s člankom 3. Pravilnika o sadržaju izjave projektanta o usklađenosti građevinskog projekta sanacije s odredbama posebnih zakona i drugih propisa („Narodne novine“ 98/99) te na temelju članka 36. stavak (6) Zakona o gradnji („Narodne novine“ 175/03 i 100/04, 153/13) daje se

### IZJAVA PROJEKTANTA O USKLAĐENOSTI GLAVNOG PROJEKTA SA ZAKONOM O GRADNJI, TE POSEBNIM ZAKONIMA I PROPISIMA

Ovaj projekt je usklađen sa sljedećim zakonima, tehničkim propisima i pravilnicima:

Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17)

Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17)

Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15)

Zakon o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju (NN 78/15)

Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14)

Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)

Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/30, 153/13, 78/15)

Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14, 61/17)

Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16)

Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)

Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14)

Zahtjev o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjeni sukladnosti (NN 80/13, 14/14)

Zakon o normizaciji (NN 80/13)

Zakon o mjeriteljstvu (NN 74/14)

Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (NN 69/99, 151/03, 157/03, 100/04, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17)

Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN 80/13, 14/14)

Zakon o građevinskoj inspekciji (NN 153/13)


Zakon o obveznim odnosima (NN 35/05, 41/08, 78/15)

Zakon o državnom inspektoratu (NN 116/08, 123/08, 49/11)

Zakon o inspektoratu rada (NN 19/14)

Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima (NN 108/95, 56/10)

Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17)

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--

Pravilnik o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevinskih proizvoda (NN 103/08, 147/09, 87/10, 129/11)

Pravilnik o tehničkim dopuštenjima za građevne proizvode (NN 103/08)

Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda (NN 113/08)

Pravilnik o mjernim jedinicama (NN 88/15)

Pravilnik o kontroli projekata (NN 32/14)

Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 64/14., 41/15, 105/15, 61/16, 20/17)

Pravilnik o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/14, 3/17)

Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14)

Pravilnik o hrvatskim normama (NN 22/96)

Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima (NN 51/08)

Pravilnik o zaštiti na radu pri utovaru i istovaru tereta (NN 49/86)

Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 29/13)

Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom (NN 88/12)

Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)

Pravilnik o zaštiti na radu pri upotrebi radne opreme ( NN 18/17)

Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17)

Tehnički propisi za staklene konstrukcije (NN 53/17)

Pravilnik o tehničkim zahtjevima za drvene ploče (NN 24/11)

Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 33/10, 87/10, 146/10, 81/11,100/11 i 130/12, 81/13, 136/14, 119/15)

Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području (NN 4/15, 24/15, 93/15, 133/15, 36/16, 58/16, 104/16, 28/17, 88/17)

**PROJEKTANT:**

mr.sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.



**UPI2M**

arhitektura | konstrukcija | dizajn | konzalting


**GRAĐEVINA:** Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene**LOKACIJA:** k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a**INVESTITOR:** Grad Varaždin

Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531

**IZRADIO:** mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.**GLAVNI PROJEKT  
PROJEKT KONSTRUKCIJE  
mapa 2**

Zagreb, studeni 2018.

# TEHNIČKI DIO

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## 1. TEHNIČKI OPIS

### 1.1. Opis projektiranog dijela građevine

Projektom je predviđena prenamjena sinagoge u javnu kulturnu namjenu, primarno koncertnu. Predviđena je za manje od 300 korisnika.

Sinagoga se nalazi na k.č. br. 2018, k.o. Varaždin. Oblik katastarske čestice je pretežno pravilnog pravokutog oblika, veličine 966 m<sup>2</sup>, a tlocrt postojeće građevine sinagoge je pretežno pravilan pravokutnik površine tlocrtne projekcije 536 m<sup>2</sup>. Postojećoj građevini na jugu se dodaje dogradnja tlocrtne površine 67 m<sup>2</sup>. Čestica je smještena u samom centru Varaždina na južnom rubu šetališta Vatroslava Jagića. Sa sjeverne strane nalazi se Ulica Augusta Cesarca s koje je moguć kolni pristup i na nju se moguće priključiti komunalnom infrastrukturom.

Unutrašnji prostor sinagoge zadržava svoje postojeće gabarite, unutar kojih se smještaju sadržaji potrebni za funkcioniranje javne, kulturne a primarno koncertne namjene. Zahvati koji se planiraju su:

- dodavanje intervencijeske staze na postojeće stolice krovišta u tavanu
- dodavanje čeličnog stubišta sa zadnjeg balkona na novu stazu
- ukidanje dijela krovišta i na to mjesto stavljanje novih lukovica
- novi bačvasti svod iznad pozornice
- novo omeđeno ziđe u tavanu
- rezanje podrožnica radi potrebne veće visine otvora
- premještanje zatege stolice kako bi se dobio veći slobodni profil stubišta
- novi otvori u postojećim zidovima
- uklanjanje slojeva poda i stavljanje novih, iste ili manje težine, a gdje je zahtjevana veća visina poda, izvođenje prostornog okvirnog sustava

Dogradnja na južnom pročelju projektirana je da omogući evakuaciju. Isto tako ona stvara kružnu vezu oko glavnog broda te se izravno nastavlja na bočne brodove i galerije na katovima. Na zapadnoj je strani formiran evakuacijski izlaz dok je s istočne strane omogućen revizijski ulaz u prostor servisnog podruma. Zadnja etaža dogradnje u razini je s podom tavana postojeće građevine i stubištem se omogućava pristup tavanskom prostoru postojeće sinagoge.

Volumen dogradnje oblikovan je na način da prati postojeću izgradnju u širini, visini i oblikovanju krova. Približne je dimenzije jednog traveja sinagoge.


Dogradnja se horizontalno ukružuje povezivanjem na postojeću građevinu sidrima.

### 1.2. Uvjeti i zahtjevi koji moraju biti ispunjeni pri izvođenju radova i koji se načini izvođenja radova moraju ispuniti za projektirani dio građevine (ugradnja i međusobno povezivanje građevnih i drugih proizvoda), a koji su bitni za ispunjavanje tehničkih svojstava projektiranog dijela građevine te temeljni zahtjevi za građevinu

Predmet ovog Glavnog projekta je rekonstrukcija postojeće zgrade te proračun dogradnje. U shemama pozicija su označene pozicije nošenja dogradnje a za postojeću zgradu su naznačene glavne radnje rekonstrukcije.

#### POSTOJEĆA ZGRADA

Osnovni konstrukcijski zahvat na postojećoj zgradi je intervencijeska staza u potkrovlju. Dokazi nosivosti i uporabivosti elemenata staze i utjecaj dogradnje na postojeće krovište je dokazano u poglavlju 2.3.1 i 2.3.2. ovog Projekta. Konstrukcija staze je zamisljena da se oslanja na stolice krovišta postojeće zgrade. Iako je krovište u jako dobrom stanju, zahtjev dogradnji je da bude što lakša kako bi što manje opterećivala krovište. Sustav 'glitterrost' služi za hodanje, a ono se oslanja na hladnooblikovane kvadratne podne grede dimenzije 80x80x3 mm, čelik S235. Statički sustav podnih greda je prosta greda, raspona L = 220 cm. Podne grede su povezane veznim gredama. One su hladnooblikovane kvadratne cijevi dimenzija b/h/t = 80x80x3 mm, čelik S235. Statički sustav veznih greda je greda upeta na oba kraja, osim krajnjih koje su s jedne strane upete a s druge zglobno oslonjene na postojeće zidove sinagoge. Raspon im je promjenjiv, iznos kolika je udaljenost između stolica postojećeg krovišta. Te vezne grede su upete u nosivi peterokut koji se formira oko elemenata stolice postojećeg krovišta. Nosivi peterokut preuzima opterećenje od staze i predaje ju stolici postojećeg krovišta. Elementi peterokuta su hladnooblikovane kvadratne cijevi dimenzija b/h/t = 80x80x3 mm, čelik S235. Statički sustav peterokuta su upete grede, različitog raspona. Peterokut je povezan sa vezom gredom te s rogom.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a  <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531  <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

U poglavlju 2.3.2. su dokazane kladice dimenzija  $b/h = 4/20$  cm, klasa drva C24, koje treba staviti sa svake strane svih drvenih elemenata stolice. S tim kladicama su 'pokrivene' stvorene unutarnje sile od intervencijske staze. Pretpostavljena klasa drva je C24, to je jelovina koja se najčešće koristi za građu krovništva te se zato i pretpostavila za postojeću klasu drva. Pretpostavljena debljina zatege, koja zapravo i formira stolicu, je  $\phi$  26 mm. Ta dimenzija 'pokrova' i postojeće opterećenje i nadodano opterećenje te ju je potrebno zamjeniti sa tim ili većim promjerom ukoliko je promjer trenutne manji od 26 mm. Pretpostavljena kvaliteta čelika je S235.

U poglavlju 2.3.3. je dokazan spoj planirane lukovice i horizontalnog AB serklaža koji se treba izliti na postojeće zidove sinagoge. Razred betona je C25/30, debljina serklaža je 20 cm, s širina koliko je širok zid.

U poglavlju 2.3.4. su opisani zahvati koji se trebaju poduzeti kako bi se dobio željeni otvor. Potrebno je prerezati dvije podrožnice koje preuzimaju vertikalnu i horizontalnu reakciju postojećeg krovništva. Umjesto jedne, staviti će se nova greda dimenzija  $b/h = 18/18$  cm, klasa drva C24. Oslonac će joj biti na novim zidovima koji se zidaju oko planiranog otvora. Druga greda, prerezana, pridržat će se mjenama za spomenute nove zidove. Mjene su dimenzija  $b/h = 18/18$  cm, klasa drva C24.

U poglavlju 2.3.5. su opisani zahvati kod planiranja novih zidova u potkrovlju. Novi zidovi se planiraju zidati blok opekom. Obavezna je izvedba vertikalnih serklaža na krajevima zida, na sudaru s drugim zidom, svakih 5 m ili oko otvora koji su veći od  $1,5 \text{ m}^2$ . Obavezna je izvedba horizontalnih serklaža na vrhu zida i potrebno je povezati sve horizontalne serklaže u jednu cjelinu. Odabranu armaturu vidjeti u poglavlju 2.3.5.

U poglavlju 2.3.6. je opisan zahvat premještanja zatege krajnje stolice zbog zahtjevanog većeg slobodnog profila stubišta. Potrebno je samo oslonac zatege premjestiti prema kraju građevine.

Poglavlje 2.3.7. sadrži opis za planirani bačvasti svod. Može ga se izvesti klasičnom građom od cigle, ili izliti AB ploču debljine  $t = 16$  cm, razred betona C25/30.

U poglavlju 2.3.8. su dokazani čelični profili za potreban otvor u zidu u osi 6 prema dogradnji. Odabrani su profili IPE 100 i to 4 komada po širini zida. Klasa čelika je S235.

U poglavlju 2.3.9. dokazano je novo čelično stubište čiji se početak nalazi na zadnoj galeriji i završava na intervencijskoj stazi. Tetive su hladnooblikovani pravokutni profili dimenzija  $b/h/t = 80/160/8,8$ , čelik S235. Statički sustav greda su proste grede, različitih raspona. Na tetive se oslanja 'glitterrost' po kojem se hoda.

Dimenzije 'glitterrosta' potrebno je obavezno dostaviti projektantu konstrukcije prije ugradnje kako bi se provjerile tehničke karakteristike odabranog sustava.

Najčešći zahvati koji su potrebni napraviti na ovoj zgradi je zamjena postojećih slojeva poda i zamjena novima. Obavezno je potrebno ugraditi slojeve koji su iste ili manje težine od postojećih, koristiti lakoagregatne betone težine do  $1000 \text{ kg/m}^3$  ili cementne mase sličnih svojstava za izravnavanje.

U nekim prostorijama je potrebno podignuti pod zbog nove funkcije zgrade (pozornica i sl.). Predloženi raster od projekatnata arhitekture je zadovoljavajući, napraviti prostorni okvirni sustav, spojeve izvesti upete.

Ukoliko nadzor otkrije da neki zahvat nije obrađen, ili je naknadno zahtjevan, u ovom projektu, molimo kontaktirati projektanta konstrukcije. Isto tako, ukoliko se, prilikom izvođenja, otkrije da neke pretpostavljene dimenzije nisu iste kao i postojeće, kontaktirati projektanta konstrukcije.

## DOGRADNJA

Poziciju 600 čine krovne grede G600 koje se oslanjaju na stupove S600 te na ploču P500. Krovne grede su hladnooblikovani pravokutni profili dimenzija  $b/h/t = 80/160/8,8$  mm, čelik S235. Zglobno se oslanjaju na stupove S600 te upeto na ploču P500 kako bi postigli što manji horizontalni pomak uslijed horizontalnog djelovanja. U sljemenu su grede povezane upeto. Krovne grede su i u funkciji fasade pa su međusobno grede povezane s horizontalnim gredama fasade. Neke grede preuzimaju i opterećenje stubišta.

U tavanu dogradnje se nalazi i nastavak intervencijske staze iz potkrovlja postojeće zgrade, elementi opisani i dokazani u poglavlju 2.4.2. Elementi koji, osim staze, nose i stubište, su dimenzija  $b/h/t = 80/160/8,8$  mm, hladnooblikovane pravokutne cijevi, čelik S235. Sekundarni elementi staze su hladnooblikovane pravokutne cijevi dimenzija  $b/h/t = 80/80/3$  mm, čelik S235.

Stupovi S600 su AB stupovi dimenzija  $b/h = 30/30$  cm, razred betona C25/30. S jedne strane su upeti u stupove 500, a s druge strane su zglobno spojene s gredama G600.


Ploča P500 je AB ploča, debljine  $t = 20$  cm, razred betona C25/30. Oslonjena je na grede G500.

Grede G500 su AB grede širine  $b = 30$  cm, a promjenive visine koja ide od 40 cm do 105 cm. Upete su u stupove iznad i ispod i s njima čine upeti okvirni sustav koji se odupire vertikalnim i horizontalnim djelovanjima.

Stupovi S500 su AB stupovi promjenjivih dimenzija visine i širine  $b/h = 30;70/30;70$  cm, razred betona C25/30. S jedne strane su upeti u stupove S600, a s druge strane upeti u stupove S400.

Ploča P400 je AB ploča, debljine  $t = 20$  cm, razred betona C25/30. Oslonjena je na grede G400.

Grede G400 su AB grede dimenzija  $b/h = 30/50$  cm. U ploču P400 neka se formira 'skrivena greda' opisanih dimenzija kako bi se nastavio kontinuitet okvira po svim katovima. Upete su u stupove iznad i ispod i s njima čine upeti okvirni sustav koji se odupire vertikalnim i horizontalnim djelovanjima.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Stupovi S400 su AB stupovi promjenjivih dimenzija visine i širine b/h = 30;70/30;70 cm, razred betona C25/30. S jedne strane su upeti u stupove S500, a s druge strane upeti u stupove S300.

Ploča P300 je AB ploča, debljine t = 20 cm, razred betona C25/30. Oslonjena je na grede G300.

Grede G300 su AB grede širine b = 30 cm, a promjenive visine koja ide od 40 cm do 105 cm. Upete su u stupove iznad i ispod i s njima čine upeti okvirni sustav koji se odupire vertikalnim i horizontalnim djelovanjima.

Stupovi S300 su AB stupovi promjenjivih dimenzija visine i širine b/h = 30;70/30;70 cm, razred betona C25/30. S jedne strane su upeti u stupove S400, a s druge strane upeti u stupove S200.

Ploča P200 je AB ploča, debljine t = 20 cm, razred betona C25/30. Oslonjena je na stupove S200 i zidove Z200.

Stupovi S200 su AB stupovi promjenjivih dimenzija visine i širine b/h = 30;70/30;70 cm, razred betona C25/30. S jedne strane su upeti u stupove S300, a s druge strane se zglobno oslanjaju na temeljnu ploču P100.

Betonski zidovi Z200 su AB zidovi debljine t = 20 cm, razred betona C25/30. Statički sustav je prosta greda, pridržani su pločom 200 i pločom 100.

Temeljna ploča P100 je AB ploča debljine t = 40 cm, razred betona C25/30. Preuzima svo opterećenje i prenosi ga na tlo.

Modul stižljivosti je pretpostavljen jer se nije radio geomehanilki elaborat i na temelju toga je dobivena krutost posteljice. Ukoliko pretpostavke ne odgovaraju stvarnom stanju na terenu, molimo kontaktirati projektanta konstrukcije.

Stubište je viseće, i to visi na krovnim nosačima G 300 i elementima staze. Vješaljke nose gazišta koja čine limovi t = 8 mm, čelik S235. Vješaljke su, s jedne strane stepeništa, cijevi D/t = 26,9/3,2 mm jer, osim nošeljja težine gazišta, imaju funkciju ograde pa moraju posjedovati krutost na savijanje. S druge strane stepeništa su sajle  $\phi$  8 mm, čelik S 235, koje prenose samo uzdužnu vlačnu silu.

Fasadu dogradnje čine plesiglas koji ima svoju podkonstrukciju. Podkonstrukciju čine hladnooblikovane cijevi, klasa čelika S235. Vertikale su pravokutne cijevi, dimenzija b/h/t = 80/160/8,8 mm, statički sustav su proste grede koje su oslonjene na međukatne ploče. Horizontalne su kvadratne cijevi dimenzija b/h/t = 80/80/3 mm. Upete su u vertikale kako bi smanjili horizontalni pomak.

Svi elementi konstrukcije računaju se za odgovarajuća opterećenja dana u hrvatskim normama niza HRN EN 1991. Proračun se provodi za djelovanje slijedećih utjecaja na konstrukciju: vlastite težine, dodatnog stalnog opterećenja, korisnog opterećenja, djelovanja snijega, vjetra te seizmike. Svaki slučaj opterećenja je razrađen i prikazan u proračunu.


Proračuni i dimenzioniranja su izvedeni pomoću SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata. Za potrebe dokaza nosivosti i uporabljivosti konstrukcije te dimenzioniranje elemenata načinjeni su 2D i 3D modeli konstrukcije.

### 1.3. Opis utjecaja namjene i načina uporabe projektiranog dijela građevine te utjecaj okoliša na svojstva ugrađenih građevnih i drugih proizvoda, tehnička svojstva projektiranog dijela građevine te građevine u cjelini

utjecaj okoliša na svojstva ugrađenih građevnih i drugih proizvoda

Nosivi AB elementi konstrukcije su svrstani u razrede izloženosti:

element	oznaka razreda	opis okoliša	primjer	max v/c	min.cement [kg/m <sup>3</sup> ]	razred čvrstoće
grede,serklaži	XC1 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	suh ili stalno vlažan	beton unutar građevina s niskom vlagom zraka	0,65	260	C20/25
	XC1 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	suh ili stalno vlažan	beton unutar građevina s niskom vlagom zraka	0,65	260	C20/25
stupovi	XC1 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	suh ili stalno vlažan	beton unutar građevina s niskom vlagom zraka	0,65	260	C20/25
ploče	XC1 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	suh ili stalno vlažan	beton unutar građevina s niskom vlagom zraka	0,65	260	C20/25
	XC1 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	suh ili stalno vlažan	beton unutar građevina s niskom vlagom zraka	0,65	260	C20/25

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

zidovi	XC2 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	vlažan, rjeđe suh	betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom	0,60	280	C25/30
temeljna ploča	XC2 (korozija uzrokovana karbonatizacijom)	vlažan, rjeđe suh	betonske površine izložene dugotrajnom dodiru s vodom	0,60	280	C25/30

Nosivi čelični elementi konstrukcije su svrstani u razrede izloženosti:

XC2 – razdre izvođenja

C2 – razred izloženosti korozijom

**Nosivi elementi konstrukcije su svrstani u razrede izloženosti i to je jedini kriterij pošto nije provedena otpornost nosivih elemenata na požarno djelovanje.**

tehnička svojstva projektiranog dijela građevine te građevine u cjelini

Projektirane građevine zadovoljavaju tehnička svojstva u vidu rušenja građevine ili njezinog dijela, deformacije nedopuštenog stupnja, oštećenja građevinskog sklopa ili opreme zbog deformacije betonske konstrukcije te nerazmjerno velika oštećenja građevine ili njezinog dijela u odnosu na uzrok zbog kojeg su nastala.

#### 1.4. Opis ispunjena uvjeta gradnje na određenoj lokaciji za projektirani dio građevine

Opis ispunjenja uvjeta i posebnih uvjeta gradnje na odabranoj lokaciji je detaljno razrađen i opisan unutar Glavnog projekta - Arhitektonski projekt, a sve u skladu s Prostornim planovima koji vrijede na području Varaždina.

#### 1.5. Opis ispunjenja temeljnih zahtjeva za projektirani dio građevine

Građevina su projektirane tako da, uz redovnu upotrebu i održavanje, u predviđenom roku svog trajanja, udovoljava svim temeljnim zahtjevima za građevine.

Ovim projektom je obrađen temeljni zahtjev konstrukcije vezan za mehaničku otpornost i stabilnost te je utvrđeno da predviđena djelovanja neće prouzročiti rušenje građevine ni njezina dijela, deformacije nedopuštenog stupnja, oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije nosive konstrukcije, nerazmjerno velika oštećenja u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala.


Ostali temeljni zahtjevi konstrukcije su obrađeni u drugim mapama glavnog projekta.

#### 1.6. Podatci iz elaborata o prethodnim istraživanjima i drugih elaborata, studija i podloga koji su od utjecaja na tehnička svojstva projektiranog dijela građevine i građevine u cjelini

Podaci iz Arhitektonskog projekta.

#### 1.7. Podaci bitni za provedbu pokusnog rada s obrazloženjem potrebe za pokusnim radom i vremenom trajanja, ako u svrhu izdavanja uporabne dozvole postoji potreba ispitivanja temeljnih zahtjeva za građevinu pokusnim radom

Nije proveden pokusni rad na projektiranim građevinama.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

**1.8. Mogućnost i uvjete uporabe projektiranog dijela građevine prije dovršetka građenja cijele građevine, ako postoji potreba da se dio građevine počne rabiti prije dovršetka cjelokupne građevine**  
 Projektirana građevina je koncipirana kao cjenila, tako da nema potrebe uporabe dijela građevine dok se građevina u potpunosti ne dovrši.

**1.9. Projektirani vijek uporabe i uvjete za održavanje projektiranog dijela građevine**

Temeljem članka 69. stavak 4. Zakona o prostornom uređenju (NN 153/13) daje se, procjena vijeka trajanja gradnje. Obzirom da je zgrada projektirana od čvrstih materijala kao što su beton, čelik, lim i drvo, vijek uporabivosti građevine procjenjuje se na **50 godina**.

Da bi se dostigao predviđeni vijek trajanja građevine tokom njene uporabe, potrebno je provoditi održavanje.

Održavanje odnosno zamjena pojedinih dijelova građevine predviđa se u slijedećim rokovima:


DIO GRAĐEVINE	RAD	VREMENSKI PERIOD
drveni i metalni dijelovi	čistiti i bojati	svake 3 godine
oluci i odvodi	čistiti	svake 3 godine
unutarnja obrada zidova	bojati	svake 4 godine
fasada	čistiti i bojati	svakih 3-5 godina
fasada	zamjena	svakih 20 godina

U slučaju da se otkriju određeni nedostaci na konstrukciji potrebno ih je sanirati prema provjerenim tehničkim sustavima koji su u skladu s Tehničkim projektom za zidane konstrukcije.


Dokumentaciju pregleda te dokumentaciju o održavanju konstrukcije dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Pregled konstrukcije zgrade moraju obavljati za to ovlaštene osobe.

**PROJEKTANT:**

mr.sc.Berislav Medić, dipl.ing.građ.

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--

## 2. DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--

## 2.1. SHEMA POZICIJA



## 2.2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.2.1. Vlastita težina

Programski paket Scia Engineer sama u obzir uzima vlastitu težinu elemenata.

### 2.2.2. Dodatno stalno opterećenje

#### POSTOJEĆA ZGRADA

dogradnja u tavanu

glitterrost

= **0,5 kN/m<sup>2</sup>**

Novi slojevi poda u postojećoj zgradi, na svim katovima, je manje ili jednako postojećim slojevima poda, koji se uklanjaju, stoga novo opterećenje se neće razmatrati.

#### DOGRADNJA

pozicija 600

polikarbonatne ploče

11,9 kN/m<sup>3</sup> x 0,06 m = **0,72 kN/m<sup>2</sup>**

pozicija 500

cementni estrih s protuprašnim premazom (1000 kg/m<sup>3</sup>)

10 kN/m<sup>3</sup> x 0,095 m = 0,95 kN/m<sup>2</sup>  
**1,00 kN/m<sup>2</sup>**

glitterrost

= 0,5 kN/m<sup>2</sup>

pozicija 400

cementni estrih s protuprašnim premazom (1000 kg/m<sup>3</sup>)

10 kN/m<sup>3</sup> x 0,095 m = 0,95 kN/m<sup>2</sup>  
**1,00 kN/m<sup>2</sup>**

pozicija 300

cementni estrih s protuprašnim premazom (1000 kg/m<sup>3</sup>)

nasip pijeska

10 kN/m<sup>3</sup> x 0,095 m = 0,95 kN/m<sup>2</sup>  
15 kN/m<sup>3</sup> x 0,3 m = 4,5 kN/m<sup>2</sup>  
**5,50 kN/m<sup>2</sup>**

pozicija 200

cementni estrih s protuprašnim premazom (1000 kg/m<sup>3</sup>)

10 kN/m<sup>3</sup> x 0,095 m = 0,95 kN/m<sup>2</sup>  
**1,00 kN/m<sup>2</sup>**

pozicija 100

cementni estrih s protuprašnim premazom (1000 kg/m<sup>3</sup>)

10 kN/m<sup>3</sup> x 0,095 m = 0,95 kN/m<sup>2</sup>  
**1,00 kN/m<sup>2</sup>**

zidovi 200

težina tla visine h = 2 m


0,5 x 19 kN/m<sup>3</sup> x 2,0 m = **19 kN/m<sup>2</sup>**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi

= **2,5 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji

= **2,5 kN/m**

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> <b>mapa 2</b>  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 2.2.3. Korisno opterećenje krova

#### DOGRADNJA

pozicija 600 = **0,75 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija H: nedostupni krovovi, osim za redovito održavanje i popravak

### 2.2.4. Korisno opterećenje potkrovlja

#### POSTOJEĆA ZGRADA

dogradnja u tavanu q = **0,75 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija H: nedostupni krovovi, osim za redovito održavanje i popravak

Korisno opterećenje na podove postojeće zgrade ostaje iste namjene stoga i iznenziteta, te će neće posebno razmatrati.

#### DOGRADNJA

pozicija 500 = **2,5 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi = **1,2 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji = **1,2 kN/m**

### 2.2.5. Korisno opterećenje 2. kata

#### DOGRADNJA

pozicija 400 = **2,5 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi = **1,2 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji = **1,2 kN/m**

### 2.2.6. Korisno opterećenje 1. kata

#### DOGRADNJA

pozicija 300 = **2,5 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi = **1,2 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji = **1,2 kN/m**

### 2.2.7. Korisno opterećenje prizemlja

#### DOGRADNJA

pozicija 200 = **2,5 kN/m<sup>2</sup>**  
Kategorija C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi = **1,2 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji = **1,2 kN/m**

### 2.2.8. Korisno opterećenje podruma

#### DOGRADNJA

pozicija 100 = **2,5 kN/m<sup>2</sup>**

Kategorija C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama

zidovi 200  $0,5 \times 5 \text{ kN/m}^2 =$  **2,5 kN/m<sup>2</sup>**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema postojećoj zgradi = **0,6 kN/m**

reakcija stubišta na nosač u krovu - nosač prema dogradnji = **0,6 kN/m**

## 2.2.9. Opterećenje simetričnim snijegom

DOGRADNJA

Lokacija:

Varaždin

Zona:

III - Kontinentalna Hrvatska

Karakteristično opterećenje snijegom na tlu:

$s_k = 1,18 \text{ kN/m}^2$



*Karakteristične vrijednosti opterećenja snijegom na tlu*

Koeficijent izloženosti

$c_e = 1,00$  ( normalna topografija )

Koeficijent gubitka topline kroz krov

$c_t = 1,00$  ( izolirani krov )

Koeficijent oblika

$\mu_i (\alpha_1) = \mu_i (\alpha_2) = 0,74$

( za  $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$  )

$\alpha = 32^\circ$

Opterećenje snijegom na krovu:

$s = \mu_i c_e c_t s_k = 0,87 \text{ kN/m}^2$

## 2.2.10. Opterećenje nesimetričnim snijegom jedna strana

Opterećenje snijegom na krovu:

$s = \mu_i c_e c_t s_k = 0,87 \text{ kN/m}^2$

$s = \mu_i c_e c_t s_k = 0,44 \text{ kN/m}^2$

## 2.2.11. Opterećenje nesimetričnim snijegom druga strana

Opterećenje snijegom na krovu:

$s = \mu_i c_e c_t s_k = 0,44 \text{ kN/m}^2$

$s = \mu_i c_e c_t s_k = 0,22 \text{ kN/m}^2$

## 2.2.12. Opterećenje vjetrom na dulju stranicu - odizanje

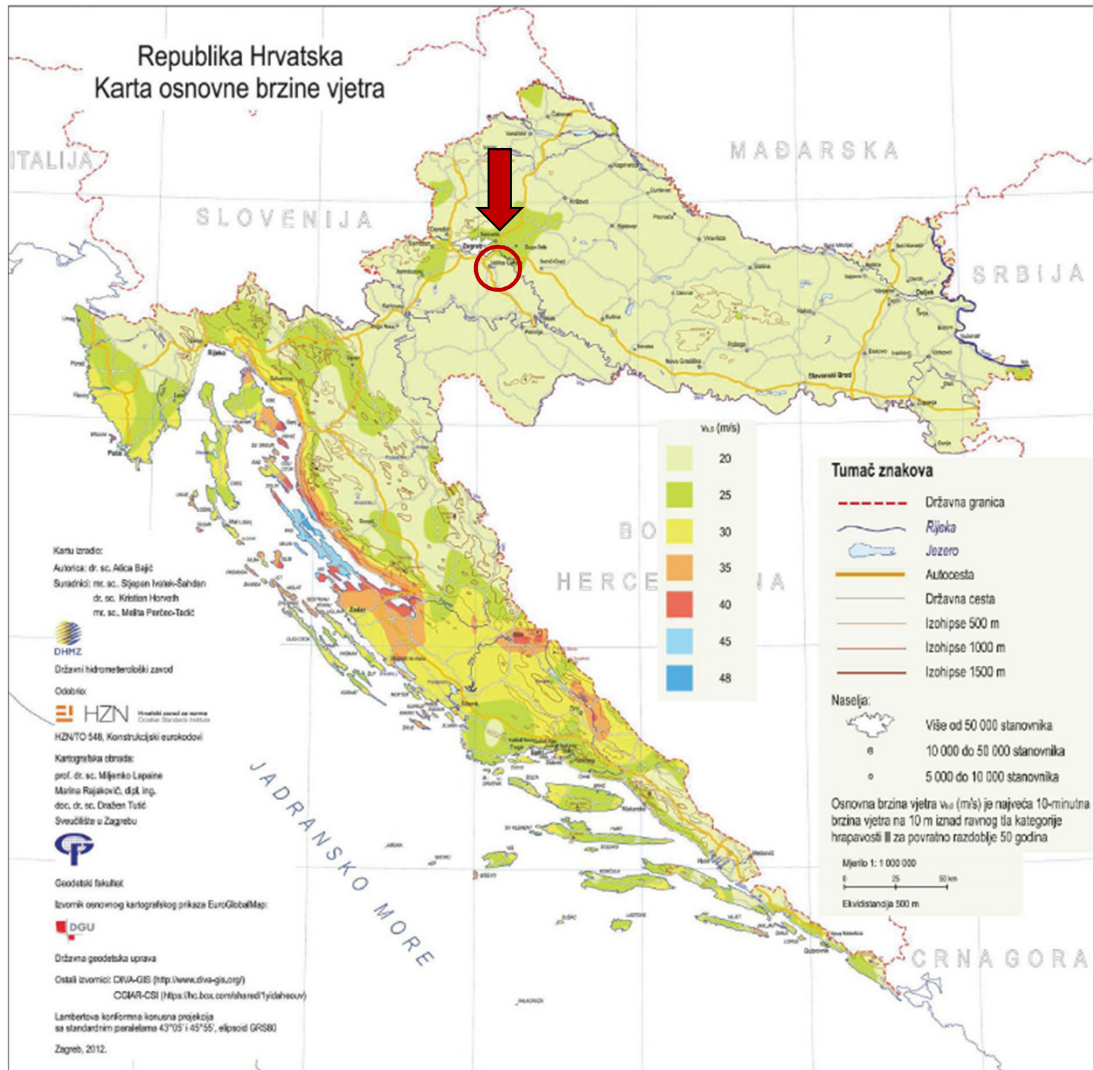
Lokacija:

Varaždin

Zona:

Osnovna brzina vjetra:

$v_{b,0} = 20,00$  m/s



Referentna brzina vjetra:  $v_{ref} = C_{DIR} \times C_{TEM} \times C_{ALT} \times v_{b,0} = 20$  m/s

$C_{DIR} = 1,00$

$C_{TEM} = 1,00$

$C_{ALT} = 1,00$

koeficijent smjera vjetra  
koeficijent ovisan o godišnjem dobu  
koeficijent nadmorske visine

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra  $q_{ref} = \rho/2 \times v_{ref}^2 = 0,25$  kN/m<sup>2</sup>

$\rho = 1,25$  kg/m<sup>3</sup>

gustoća zraka

Kategorija zemljišta: **IV** Područje s najmanje 15% površine prekrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m

Visina objekta iznad terena (najviša točka):

$h = 15,1$  m

Koeficijent izloženosti:

$c_e(z) = 1,4$

Koeficijent vanjskog pritiska za dvostrešne krovove:

Nagib $\alpha$	Područje za smjer vjetrova $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4	-1,0	-1,5	
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4	-0,5		
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2	-0,3		
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2	-0,3		
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2	-0,3		

Područje	A		B		C		D		E	
$h/d$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

područje F:

$$c_e = 1,50$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,81 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

područje H:

$$c_e = 0,20$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,35 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

područje I/J:

$$c_e = 0,45$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,44 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

područje D:

$$c_e = 0,80$$

$$c_i = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$
 pritisak

područje E:

$$c_e = 0,50$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

područje A/B/C:

$$c_e = 1,00$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,63 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

### 2.2.13. Opterećenje vjetrom na dulju stranicu - pritisak

područje F:

$$c_e = 0,70$$

$$c_i = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,42 \text{ kN/m}^2}$$
 pritisak

područje H:

$$c_e = 0,40$$

$$c_i = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,32 \text{ kN/m}^2}$$
 pritisak

područje I/J:

$$c_e = 0,00$$

$$c_i = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,18 \text{ kN/m}^2}$$
 pritisak

područje D:

$$c_e = 0,80$$

$$c_i = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$
 pritisak

područje E:

$$c_e = 0,50$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

područje A/B/C:

$$c_e = 1,00$$

$$c_i = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,63 \text{ kN/m}^2}$$
 odizanje

## 2.2.14. Opterećenje vjetrom na kraću stranicu - odizanje

Nagib $\alpha$	Područje za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

područje I:

$$c_{e=} = 0,50$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje

područje D:

$$c_{e=} = 0,80$$

$$c_{i=} = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

pritisak

područje E:

$$c_{e=} = 0,50$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje

područje A/B/C:

$$c_{e=} = 1,00$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,63 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje

## 2.2.15. Opterećenje vjetrom na kraću stranicu - odizanje

područje F/G:

$$c_{e=} = 1,75$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,89 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje

područje D:

$$c_{e=} = 0,80$$

$$c_{i=} = 0,50$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

pritisak

područje E:

$$c_{e=} = 0,50$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,46 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje


područje A/B/C:

$$c_{e=} = 1,00$$

$$c_{i=} = 0,80$$

$$w = q_{ref} \times c_e(z) \times (c_{e+i}) = \mathbf{0,63 \text{ kN/m}^2}$$

odizanje

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## 2.2.16. Seizmičko opterećenje u smjeru x

## 2.2.17. Seizmičko opterećenje u smjeru y

### POSTOJEĆA ZGRADA

Zahvati koji se planiraju izvesti, teže svega 5 do 6 tona te tako čine manje od 10% ukupne težine postojeće zgrade. Takvi mali zahvati ne utječu na horizontalnu stabilnost zgrade.

### DOGRADNJA

**Lokacija:** Varaždin  
**Klasa važnosti:** II

Poredbeno vršno ubrzanje  $a_{gR} = 0,155 \text{ g}$   
 Faktor važnosti  $\gamma_I = 1,0$

### Proračunsko ubrzanje tla tipa A:

$ag = \gamma_I a_{gR} = 0,155 \text{ g}$

Tip tla: C Zbijeni ili srednje gusti pijesak, šljunak ili čvrsta glina debljine nekoliko desetka do nekoliko stotina metara.

### Parametri horizontalnog proračunskog spektra za dani tip tla:

$S = 1,15$   $T_B = 0,20$   $T_C = 0,60$   $T_D = 2,00$

### Faktor ponašanja:

Dodijeljeni su smjerovi dogradnji; kraći smjer je smjer x, a dulji smjer je smjer y.

#### smjer x:

Smjer x je potrebno spojiti sa postojećom zgradom kako bi se ukružila. Ako se to ne napravi, konstrukcija je u tom smjeru jako mekana i nema drugi AB stup koji bi, s planiranim i projektiranim stupom, činio spreg sile. Tom smjeru je dodijeljen faktor ponašanja 1,5 i to je minimalna vrijednost. Kada se modelira da je dogradnja spojena sa postojećom zgradom, faktor ponašanja nije ni bitan, jer je taj smjer onda krući od smjera y i neće 'popustiti' prije smjera y pod utjecajem horizontalnog opterećenja.

#### smjer y:

Promatrani sustav u smjeru x je sustav greda i stupova.

Tablica 5.1 – Osnovne vrijednosti faktora ponašanja  $q_0$  za sustave pravilne po visini

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 $\alpha_0/\alpha_1$	4,5 $\alpha_0/\alpha_1$
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 $\alpha_0/\alpha_1$
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obmutog njihalo	1,5	2,0

$$\alpha_0/\alpha_1 = 1,2$$

$$q_0 = 3,6$$

$$k_w = \begin{cases} 1,00 \text{ za okvirne sustave i dvojne sustave istovrijedne okvirnim} \\ (1 + \alpha_0)/3 \leq 1 \text{ ali ne manje od } 0,5 \text{ za zidne sustave, sustave} \\ \text{istovrijedne zidnim i torzijski savitljive sustave} \end{cases}$$

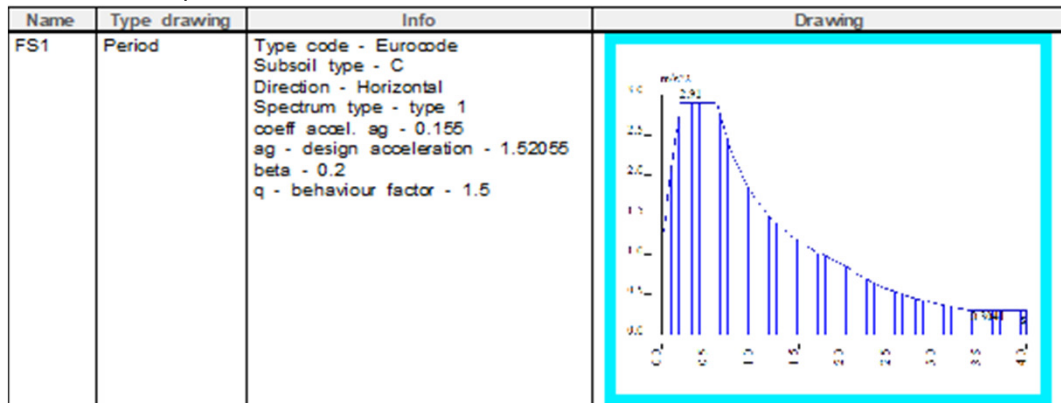
$$k_w = 1,0$$

$$q = q_0 k_w = 3,6$$

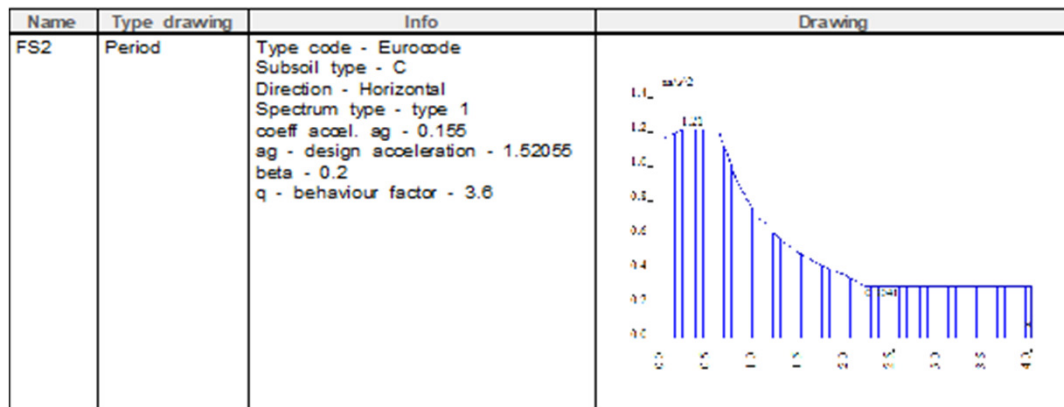


Parametri za horizontalni spektar:

smjer x



smjer y



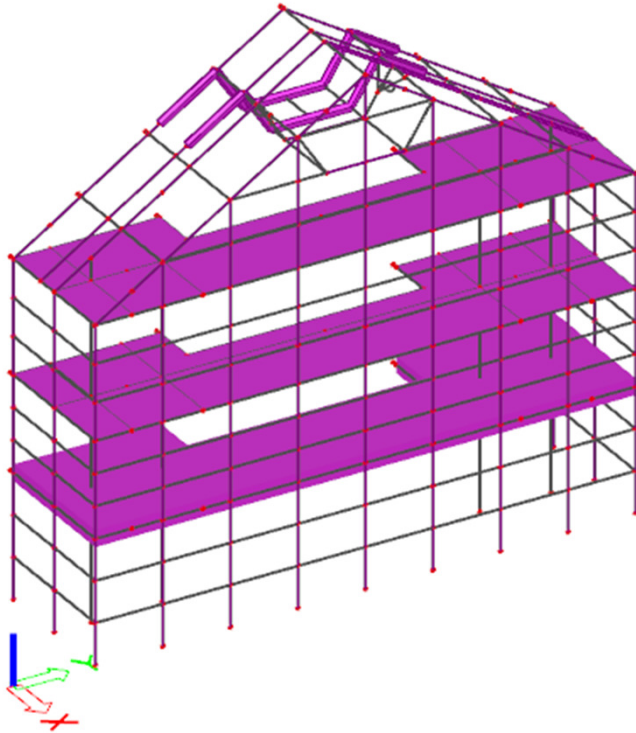
### Modalna analiza:

Opterećenja koja ulaze u izračun mase za modalnu analizu:

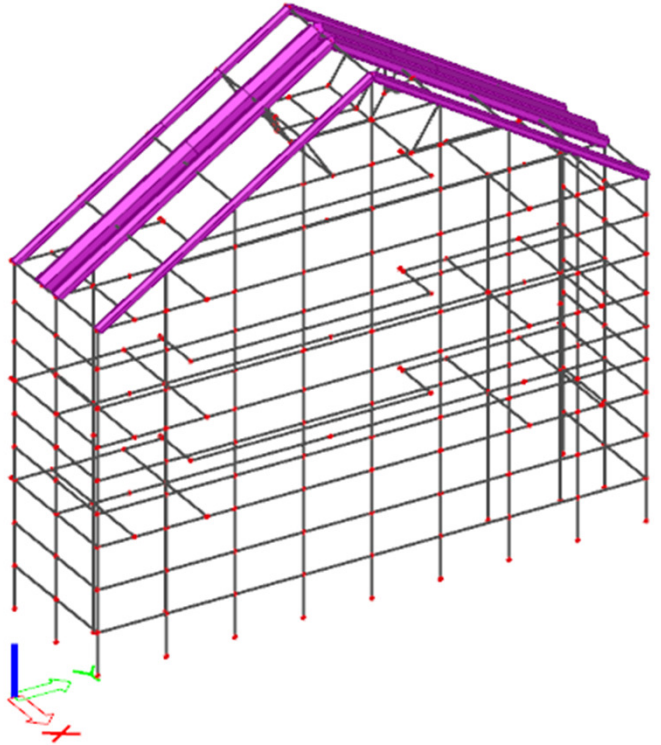
Name	Load case
MG1	LC1 - vl.tezina
MG2	LC2 - dodatno stalno
MG3	LC3 - korisno krov
MG4	LC4 - korisno potkrovlje
MG5	LC5 - korisno 2.kat
MG6	LC6 - korisno 1.kat
MG7	LC7 - korisno prizemlje
MG8	LC8 - korisno podrum

Kombinacija modalne analize:

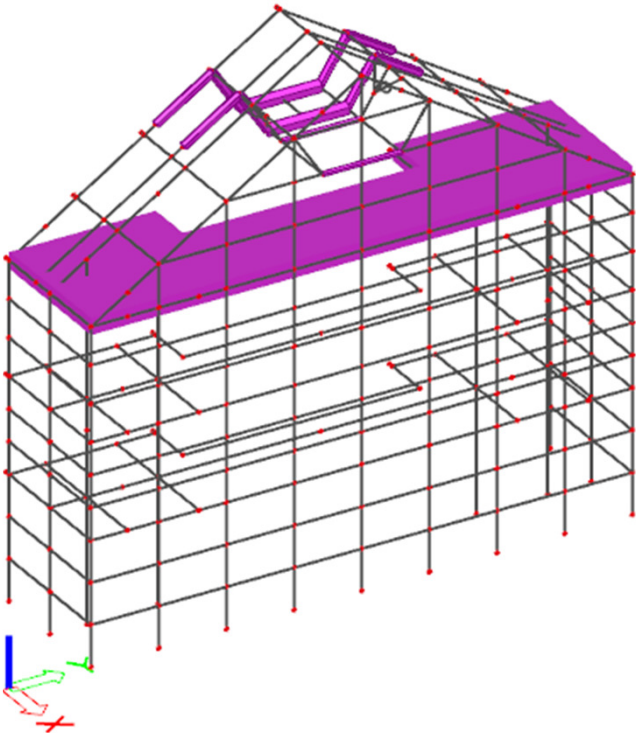
MG2 =



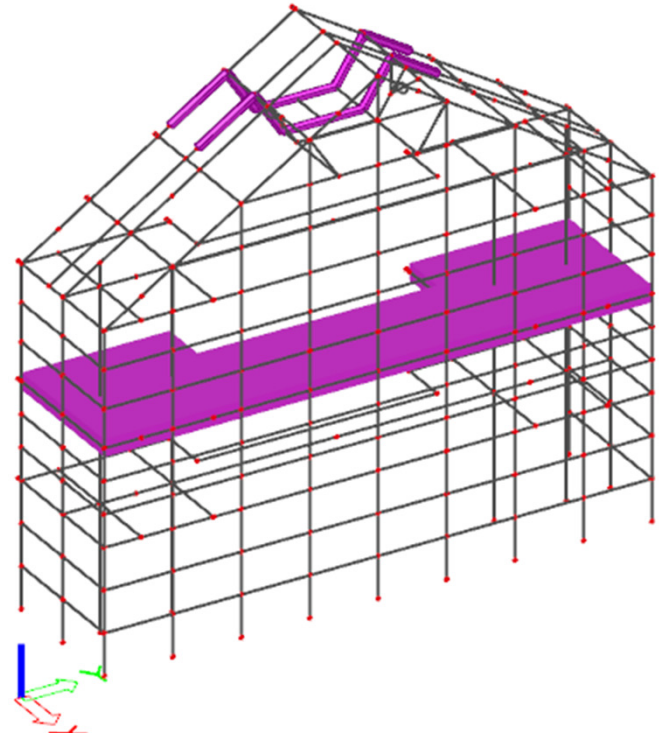
MG3 =



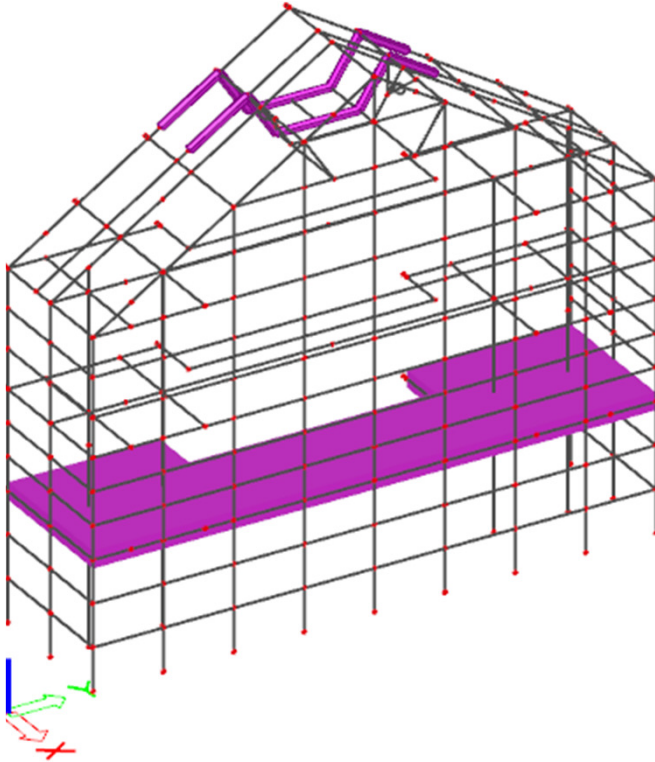
MG4 =



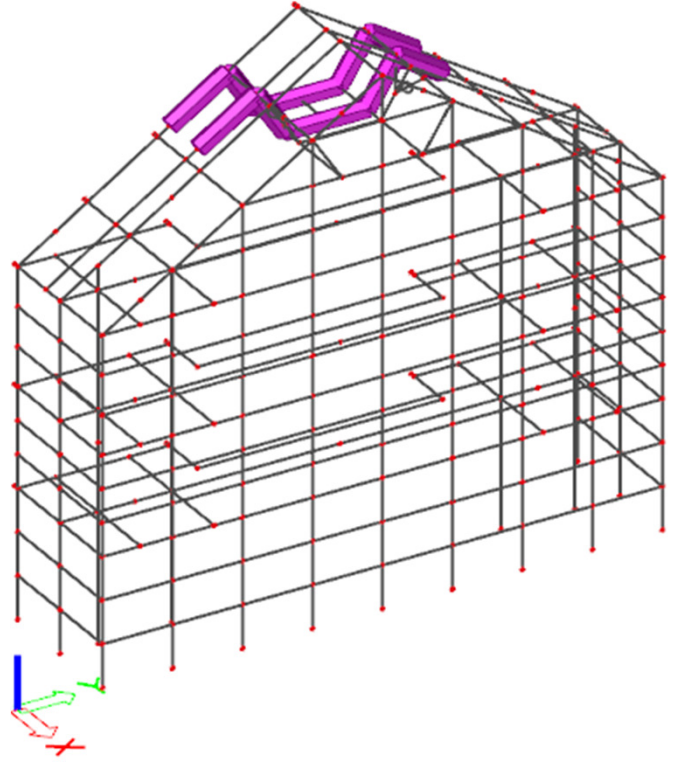
MG5 =



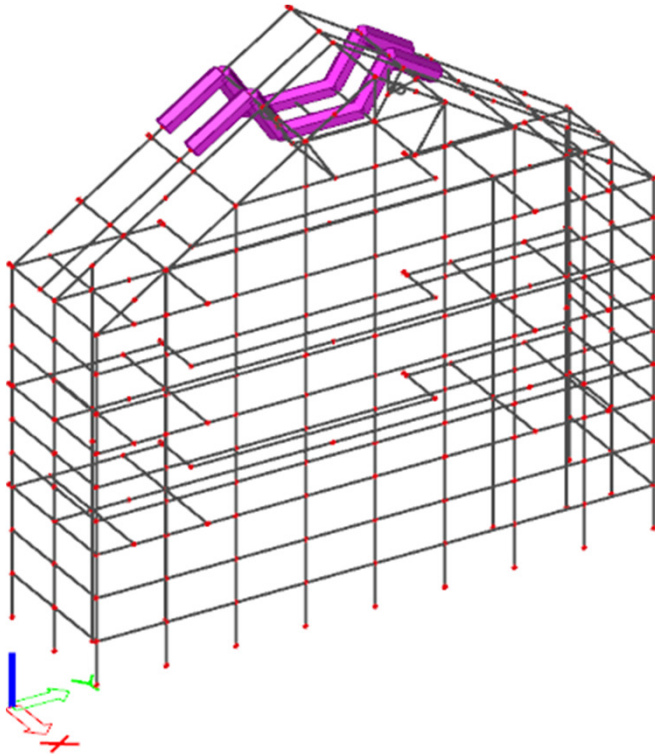
MG6 =



MG7 =



MG8 =



U tablici je prikazan odgovor konstrukcije na provedenu analizu. U obzir je uzeto 60 vlastitih modova osliciranja.

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	25.0260	0.2511	3.9830	0.0000	0.8801	0.0000	0.0234	0.0000	0.0000
2	51.2644	0.1226	8.1590	0.0003	0.0008	0.0029	0.0077	0.0002	0.0003
3	60.4193	0.1040	9.6160	0.0000	0.0006	0.0284	0.0047	0.0016	0.0000
4	67.2092	0.0935	10.6967	0.0001	0.0216	0.0009	0.0414	0.0011	0.0000
5	69.4327	0.0905	11.0506	0.0000	0.0604	0.0000	0.1640	0.0008	0.0002
6	75.2896	0.0835	11.9827	0.0001	0.0006	0.0003	0.0024	0.0004	0.0001
7	87.0487	0.0722	13.8542	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0216
8	87.0971	0.0721	13.8619	0.0143	0.0000	0.0000	0.0000	0.0176	0.0002
9	94.7583	0.0663	15.0813	0.0112	0.0000	0.0015	0.0018	0.0229	0.0000
10	95.6791	0.0657	15.2278	0.0000	0.0011	0.0000	0.0009	0.0000	0.0011
11	99.1679	0.0634	15.7831	0.0001	0.0003	0.0018	0.0012	0.0005	0.0001
12	100.0762	0.0628	15.9276	0.2165	0.0000	0.0003	0.0000	0.0025	0.0243
13	102.5029	0.0613	16.3138	0.3073	0.0000	0.0007	0.0000	0.0856	0.0067
14	105.3137	0.0597	16.7612	0.0009	0.0001	0.2182	0.0001	0.0041	0.0002
15	106.8768	0.0588	17.0100	0.2317	0.0001	0.0158	0.0005	0.0096	0.0018
...									
50	152.4127	0.0412	24.2572	0.0001	0.0005	0.0006	0.0016	0.0003	0.0001
51	158.5013	0.0396	25.2263	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
52	167.7797	0.0374	26.7030	0.0022	0.0000	0.0010	0.0004	0.0011	0.0000
53	167.9524	0.0374	26.7305	0.0042	0.0000	0.0002	0.0002	0.0021	0.0000
54	168.3934	0.0373	26.8006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55	169.7336	0.0370	27.0139	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040
56	173.0945	0.0363	27.5488	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57	173.6198	0.0362	27.6324	0.0002	0.0000	0.0006	0.0041	0.0002	0.0000
58	176.1592	0.0357	28.0366	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	176.4707	0.0356	28.0862	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	177.2606	0.0354	28.2119	0.0020	0.0000	0.0001	0.0000	0.0019	0.0000
				0.9029	0.9761	0.3594	0.2647	0.7098	0.9425

<b>Number of 2D elements</b>	<b>3893</b>
<b>Number of 1D elements</b>	<b>2437</b>
<b>Number of mesh nodes</b>	<b>5987</b>
Mass in analysis	Missing mass in modes
Signed results	No
Loadcase	LC16
Combination of mass groups	CM1
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	21.11.2018 16:22
End of calculation	21.11.2018 16:22

<b>Number of 2D elements</b>	<b>3893</b>
<b>Number of 1D elements</b>	<b>2437</b>
<b>Number of mesh nodes</b>	<b>5987</b>
Mass in analysis	Missing mass in modes
Signed results	No
Loadcase	LC17
Combination of mass groups	CM1
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	21.11.2018 16:22
End of calculation	21.11.2018 16:22

## Seizmička sila iz seizmičke analize:

### smjer X (LC16):

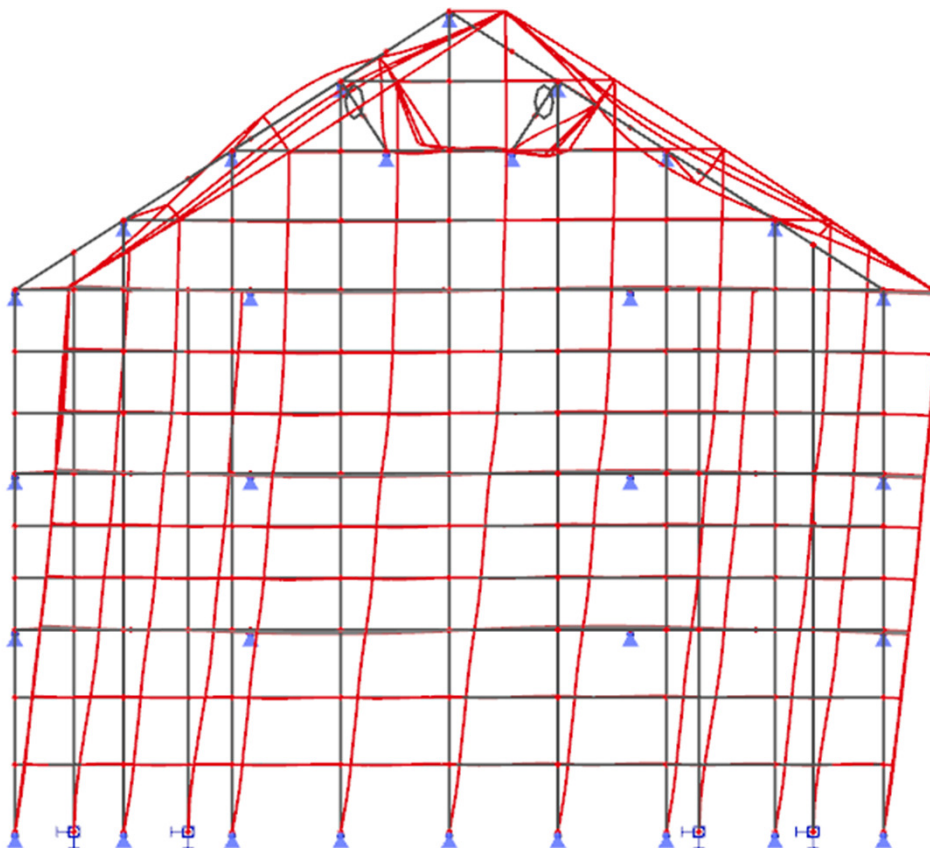
Mode	Freq. [Hz]	Damp ratio	Damp   coe	Sax [m/s <sup>2</sup> ]	Say [m/s <sup>2</sup> ]	Saz [m/s <sup>2</sup> ]	G(j)	Fx [kN]	Fy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	3.9830	0.0500	1.0000	2.9140	0.0000	0.0000	0.0014	0.0003	0.4006	-4.0050	-0.0037
2	8.1590	0.0500	1.0000	2.2378	0.0000	0.0000	-0.0078	0.1812	0.2877	-11.3083	-2.6298
3	9.6160	0.0500	1.0000	2.0753	0.0000	0.0000	0.0013	0.0098	0.0540	0.6215	-0.1050
4	10.6967	0.0500	1.0000	1.9835	0.0000	0.0000	0.0021	0.0450	-0.6959	2.1768	-0.7456
5	11.0506	0.0500	1.0000	1.9590	0.0000	0.0000	0.0011	0.0145	0.6564	-0.0683	-0.2724
6	11.9827	0.0500	1.0000	1.8952	0.0000	0.0000	0.0017	0.0455	0.1134	0.8830	-0.4313
7	13.8542	0.0500	1.0000	1.7981	0.0000	0.0000	0.0018	0.1046	0.0005	-0.0015	-0.6262
8	13.8619	0.0500	1.0000	1.7978	0.0000	0.0000	-0.0145	6.4745	-0.0011	-0.0003	-36.5545
9	15.0813	0.0500	1.0000	1.7479	0.0000	0.0000	0.0106	4.9350	0.2545	-5.4142	-68.5529
10	15.2278	0.0500	1.0000	1.7419	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	-0.0228	0.0825	-0.0080
11	15.7831	0.0500	1.0000	1.7192	0.0000	0.0000	0.0010	0.0543	0.0769	-1.1349	-0.5743
12	15.9276	0.0500	1.0000	1.7149	0.0000	0.0000	-0.0410	93.9395	-0.0169	1.7116	-824.7525
13	16.3138	0.0500	1.0000	1.7036	0.0000	0.0000	-0.0462	132.5089	-0.2557	3.4868	-995.8526
14	16.7612	0.0500	1.0000	1.6904	0.0000	0.0000	-0.0024	0.3854	-0.1340	2.0071	-6.8227
15	17.0100	0.0500	1.0000	1.6831	0.0000	0.0000	-0.0365	98.7879	-2.2954	36.6922	-957.5851
...											
50	24.2572	0.0500	1.0000	1.5300	0.0000	0.0000	0.0003	0.0264	0.0710	-0.9895	-0.4125
51	25.2263	0.0500	1.0000	1.5177	0.0000	0.0000	-0.0004	0.0558	-0.0000	0.0045	-0.6079
52	26.7030	0.0500	1.0000	1.4989	0.0000	0.0000	-0.0013	0.8274	0.0128	-0.4474	-6.5442
53	26.7305	0.0500	1.0000	1.4986	0.0000	0.0000	-0.0018	1.5909	-0.0203	0.5339	-11.7820
54	26.8006	0.0500	1.0000	1.4977	0.0000	0.0000	-0.0002	0.0285	0.0016	-0.0136	-0.2276
55	27.0139	0.0500	1.0000	1.4950	0.0000	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000	0.0005	-0.0140
56	27.5488	0.0500	1.0000	1.4882	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0000	0.0003	-0.0043
57	27.6324	0.0500	1.0000	1.4871	0.0000	0.0000	0.0003	0.0667	-0.0175	0.3225	-0.8592
58	28.0366	0.0500	1.0000	1.4820	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0002	-0.0003
59	28.0862	0.0500	1.0000	1.4813	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0001	0.0004	-0.0019	0.0001
60	28.2119	0.0500	1.0000	1.4797	0.0000	0.0000	-0.0011	0.7710	0.0032	-0.0569	-5.3968
Level=	0.00							191.63	3.14	48.47	1630.80

### smjer Y (LC17):

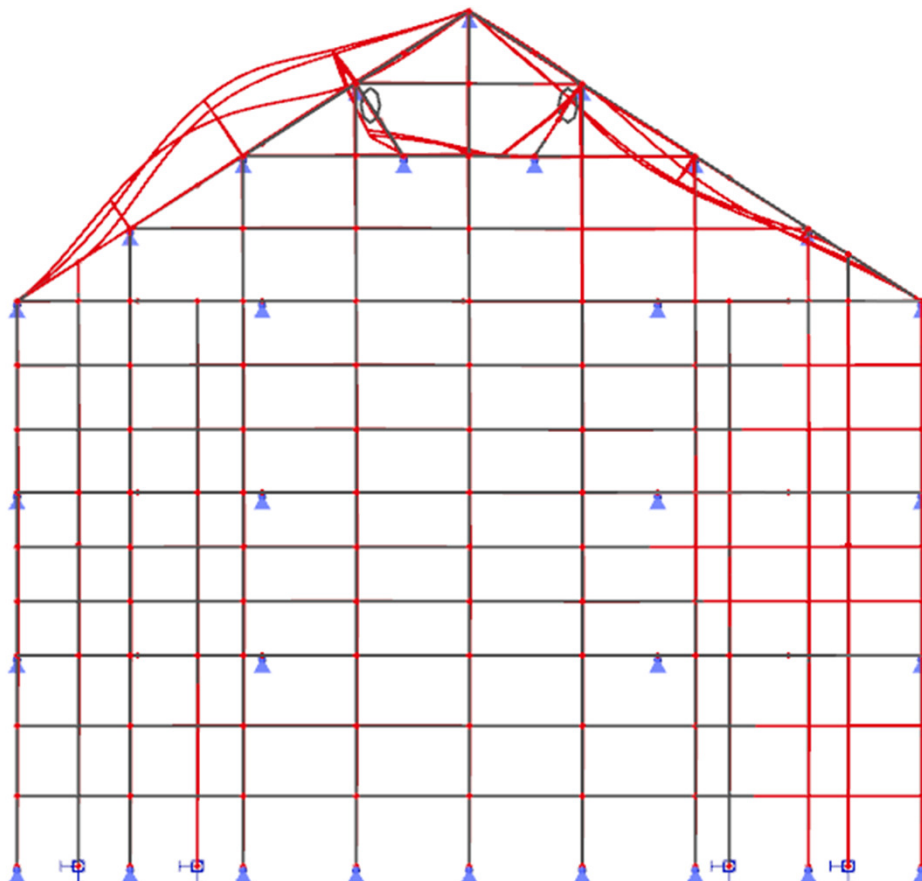
Mode	Freq. [Hz]	Damp ratio	Damp   coe	Sax [m/s <sup>2</sup> ]	Say [m/s <sup>2</sup> ]	Saz [m/s <sup>2</sup> ]	G(j)	Fx [kN]	Fy [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]
1	3.9830	0.0500	1.0000	0.0000	1.2140	0.0000	0.9056	0.1645	261.9103	-2618.6103	-2.4238
2	8.1590	0.0500	1.0000	0.0000	1.1958	0.0000	-0.0065	0.1505	0.2389	-9.3912	-2.1840
3	9.6160	0.0500	1.0000	0.0000	1.1911	0.0000	0.0039	0.0303	0.1663	1.9147	-0.3235
4	10.6967	0.0500	1.0000	0.0000	1.1881	0.0000	-0.0192	-0.4062	6.2784	-19.6384	6.7270
5	11.0506	0.0500	1.0000	0.0000	1.1875	0.0000	0.0302	0.3876	17.5851	-1.8291	-7.2970
6	11.9827	0.0500	1.0000	0.0000	1.1860	0.0000	0.0025	0.0691	0.1721	1.3400	-0.6545
7	13.8542	0.0500	1.0000	0.0000	1.1837	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	-0.0000	-0.0021
8	13.8619	0.0500	1.0000	0.0000	1.1837	0.0000	0.0000	-0.0007	0.0000	0.0000	0.0040
9	15.0813	0.0500	1.0000	0.0000	1.1820	0.0000	0.0004	0.1669	0.0086	-0.1831	-2.3187
10	15.2278	0.0500	1.0000	0.0000	1.1818	0.0000	-0.0022	-0.0150	0.3329	-1.2044	0.1171
11	15.7831	0.0500	1.0000	0.0000	1.1810	0.0000	0.0009	0.0512	0.0725	-1.0697	-0.5413
12	15.9276	0.0500	1.0000	0.0000	1.1809	0.0000	0.0000	-0.0113	0.0000	-0.0002	0.0989
13	16.3138	0.0500	1.0000	0.0000	1.1806	0.0000	0.0001	-0.1717	0.0003	-0.0045	1.2904
14	16.7612	0.0500	1.0000	0.0000	1.1803	0.0000	0.0006	-0.0906	0.0315	-0.4718	1.6039
15	17.0100	0.0500	1.0000	0.0000	1.1802	0.0000	0.0006	-1.5584	0.0362	-0.5788	15.1057
...											
50	24.2572	0.0500	1.0000	0.0000	1.1757	0.0000	0.0006	0.0526	0.1414	-1.9705	-0.8215
51	25.2263	0.0500	1.0000	0.0000	1.1754	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0003
52	26.7030	0.0500	1.0000	0.0000	1.1750	0.0000	-0.0000	0.0097	0.0002	-0.0052	-0.0766
53	26.7305	0.0500	1.0000	0.0000	1.1749	0.0000	0.0000	-0.0154	0.0002	-0.0052	0.1138
54	26.8006	0.0500	1.0000	0.0000	1.1749	0.0000	-0.0000	0.0012	0.0001	-0.0006	-0.0097
55	27.0139	0.0500	1.0000	0.0000	1.1749	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
56	27.5488	0.0500	1.0000	0.0000	1.1747	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0006
57	27.6324	0.0500	1.0000	0.0000	1.1747	0.0000	-0.0001	-0.0133	0.0035	-0.0645	0.1719
58	28.0366	0.0500	1.0000	0.0000	1.1746	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001	-0.0001
59	28.0862	0.0500	1.0000	0.0000	1.1746	0.0000	-0.0000	0.0003	0.0011	-0.0056	0.0002
60	28.2119	0.0500	1.0000	0.0000	1.1745	0.0000	-0.0000	0.0024	0.0000	-0.0002	-0.0171
Level=	0.00							2.10	262.58	2618.71	20.97

**Prikaz modova osciliranja:**

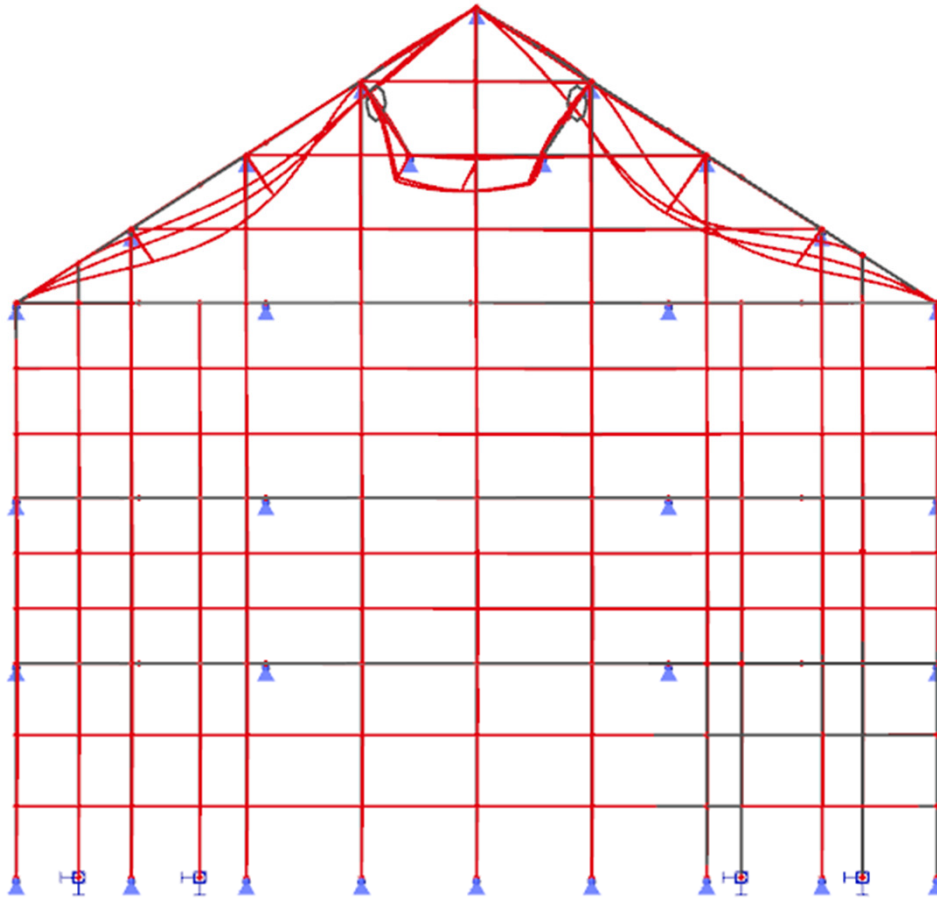
1. mod



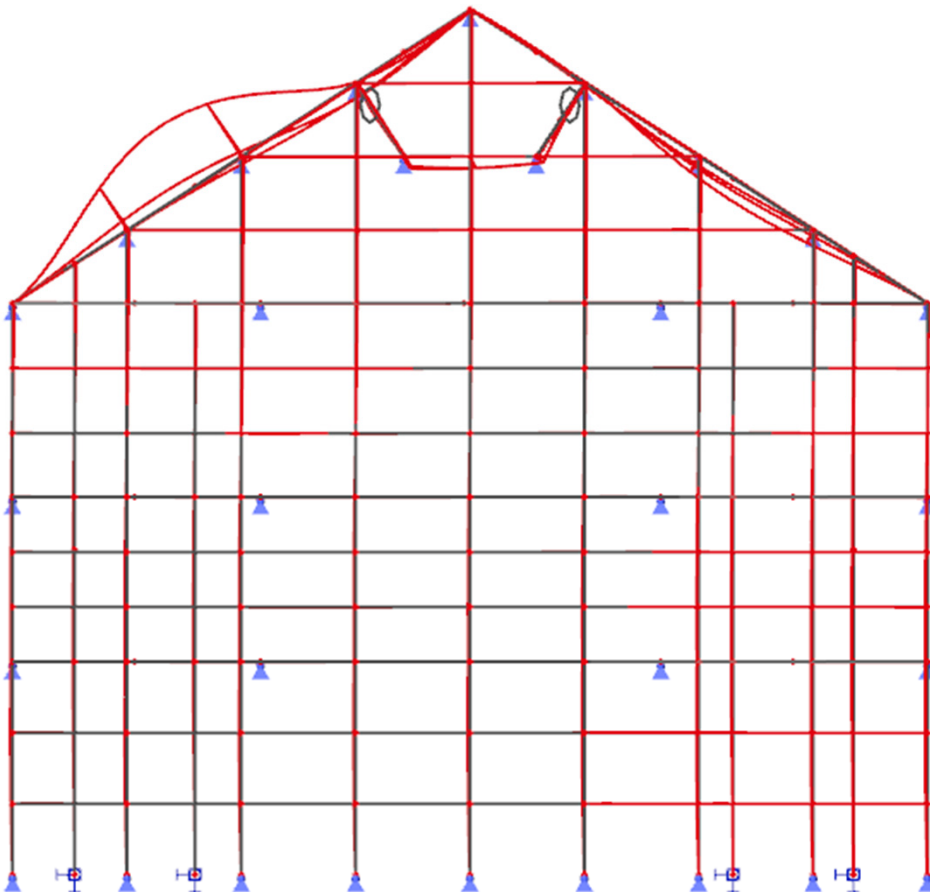
2. mod



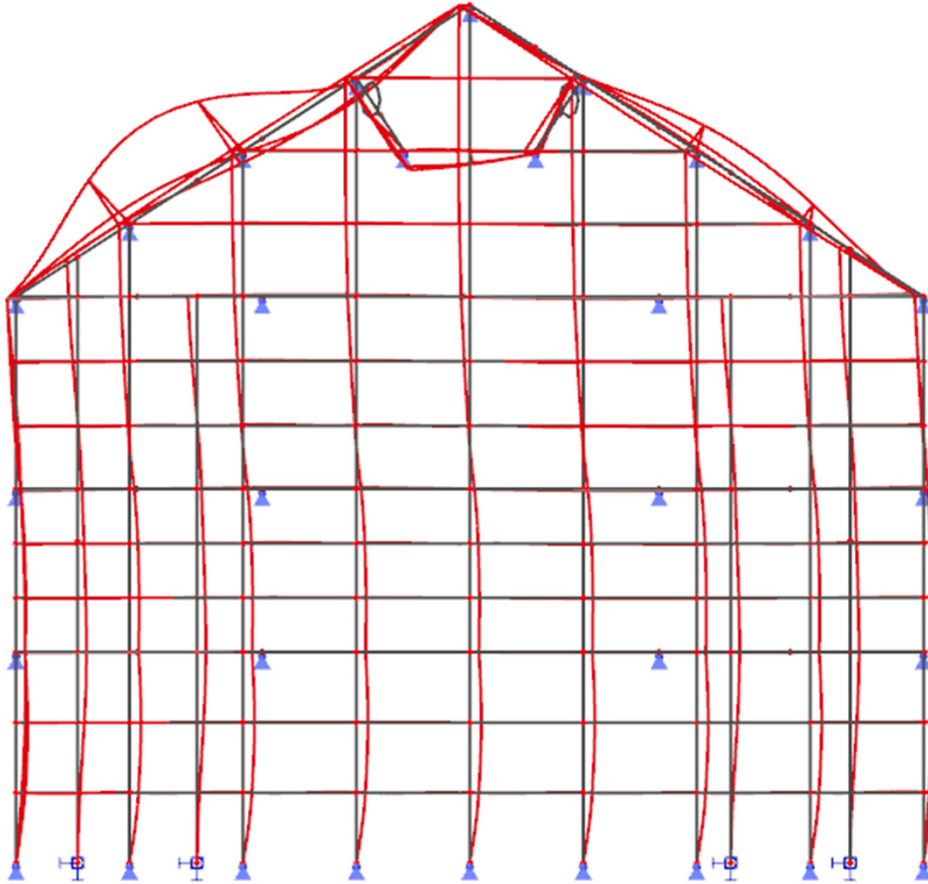
3. mod



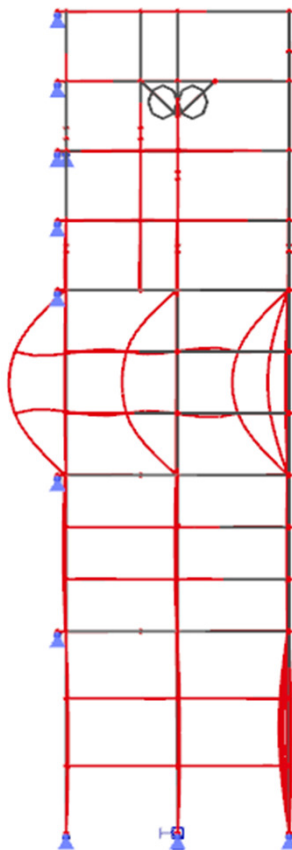
4. mod



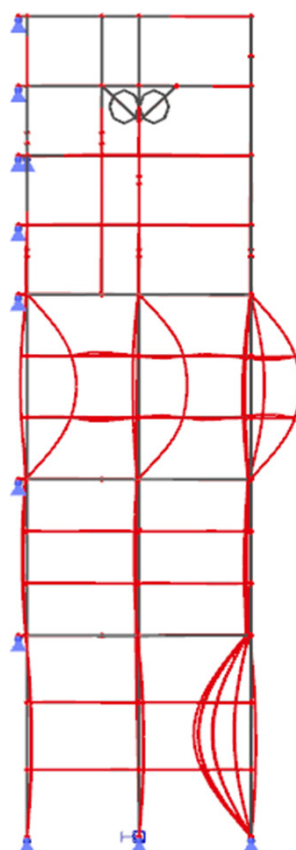
5. mod



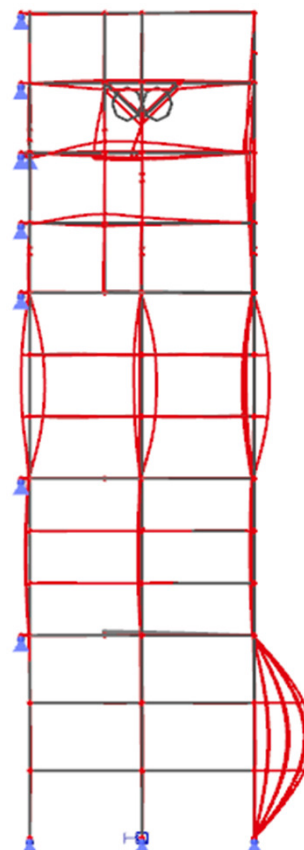
12. mod



13. mod



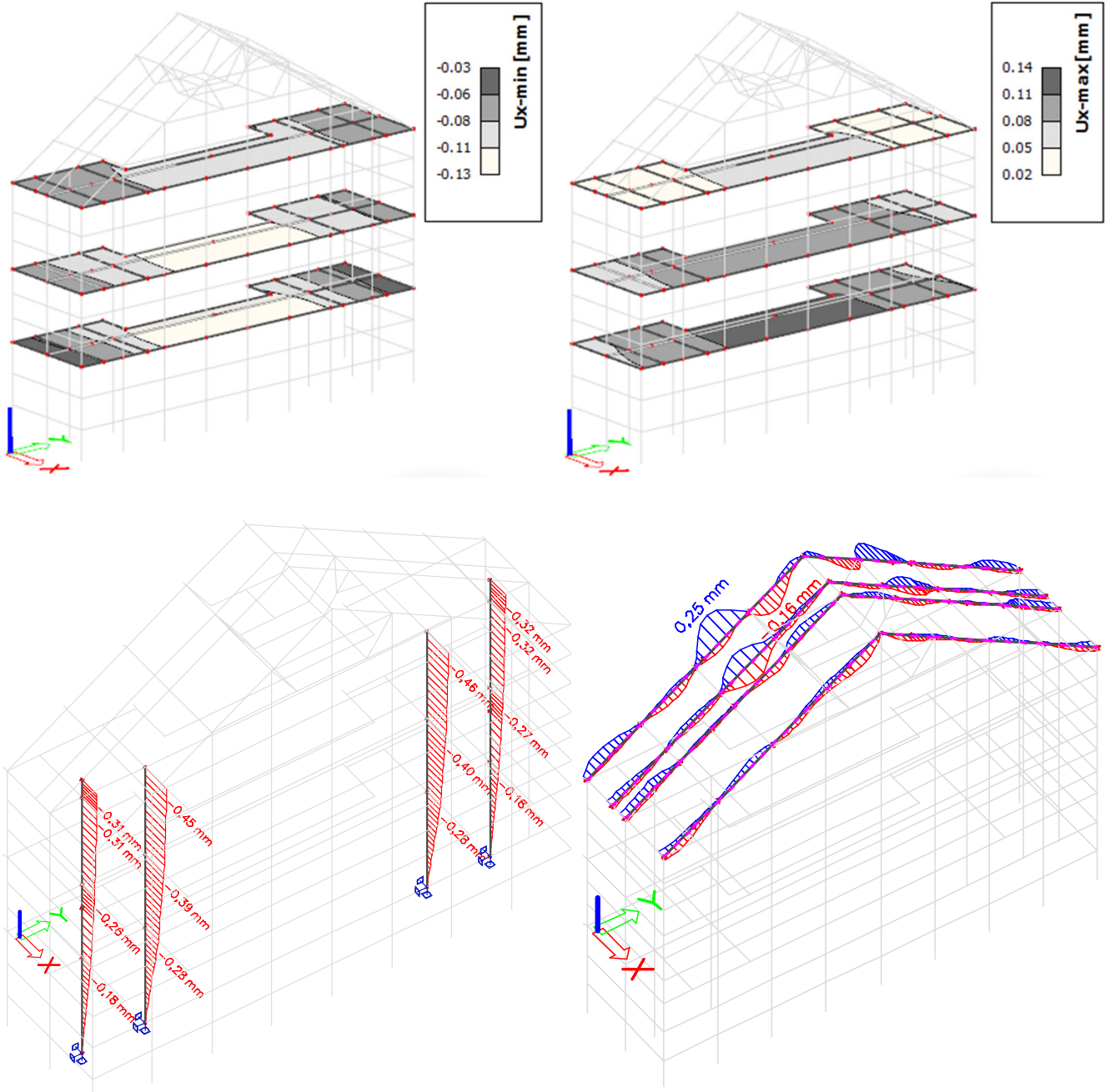
15. mod





## Prikaz međukatnih pomaka

x smjer:



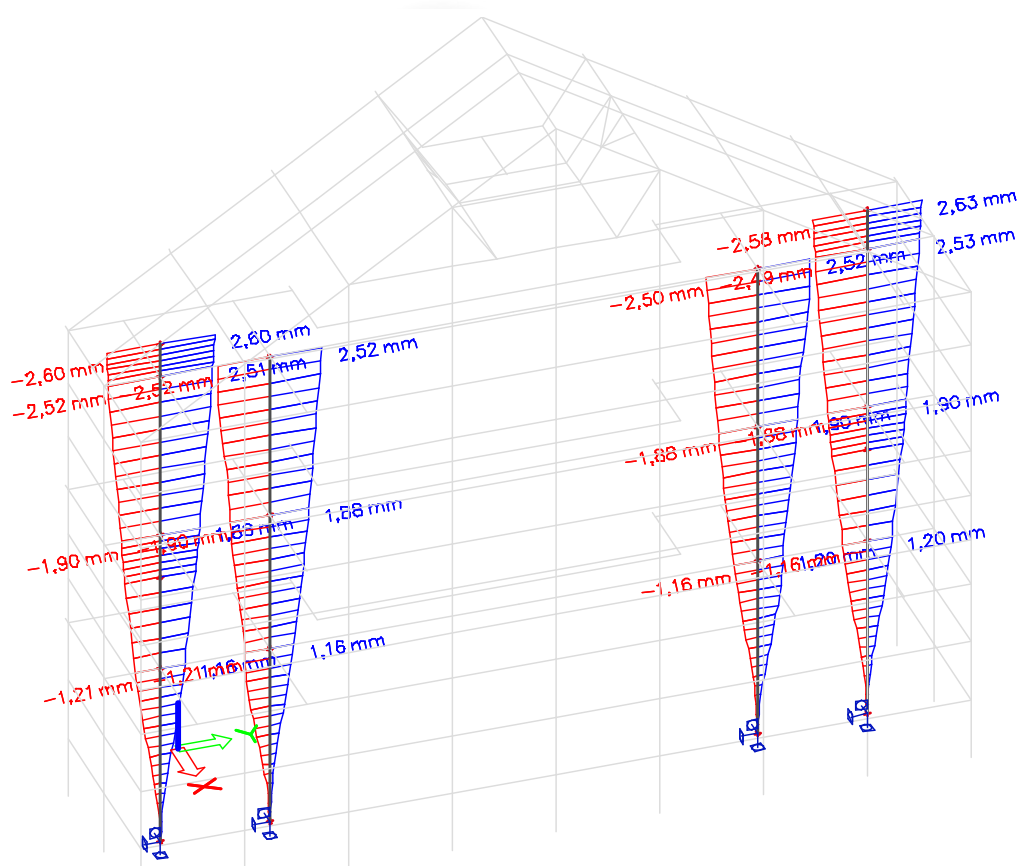
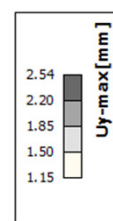
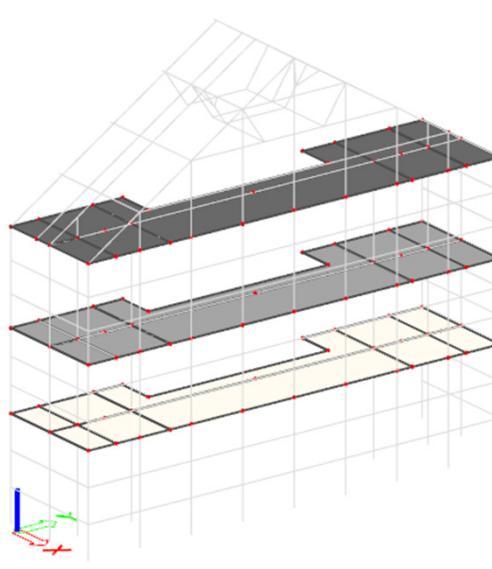
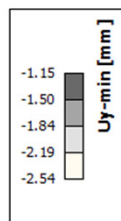
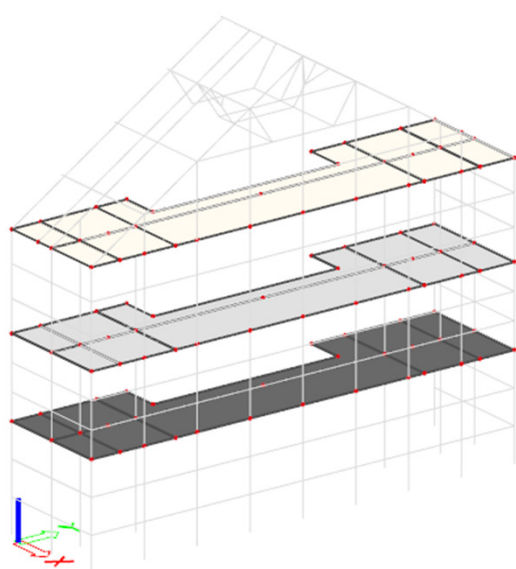
$$u = 0,06 \text{ mm} \times q \times 0,5 = 0,04 \text{ mm} \leq u_{\max} = 3370 / 300 = 11,2 \text{ mm}$$

Zadovoljava!

$$u = 0,45 \text{ mm} \times q \times 0,5 = 0,34 \text{ mm} \leq u_{\max} = 9900 / 500 = 19,8 \text{ mm}$$

Zadovoljava!

y smjer:



$$u = 0,63 \text{ mm} \times q \times 0,5 = 1,13 \text{ mm} \leq u_{\max} = 3370 / 300 = 11,2 \text{ mm}$$

$$u = 2,6 \text{ mm} \times q \times 0,5 = 4,68 \text{ mm} \leq u_{\max} = 9900 / 500 = 19,8 \text{ mm}$$

Zadovoljava!

Zadovoljava!

## 2.2.18. Kombinacije opterećenja

Elementi će biti proračunati prema EC2 i EC3 propisima uz odgovarajuće parcijalne koeficijente sigurnosti za materijal i opterećenja.

### opterećenja:

Name	LC1
Description	vl.tezina
Action type	Permanent
Load group	staho
Load type	Self weight
Direction	-Z
Name	LC2
Description	dodatno staho
Action type	Permanent
Load group	staho
Load type	Standard
Name	LC3
Description	korisno krov
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC4
Description	korisno potkrovlje
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC5
Description	korisno 2.kat
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC6
Description	korisno 1.kat
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC7
Description	korisno prizemlje
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC8
Description	korisno podrum
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None

Name	LC9
Description	snijeg
Action type	Variable
Load group	snijeg
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC10
Description	snijeg nesimetrično 1
Action type	Variable
Load group	snijeg
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC11
Description	snijeg nesimetrično 2
Action type	Variable
Load group	snijeg
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC12
Description	vjetar na dulju odizanje
Action type	Variable
Load group	vjetar
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC13
Description	vjetar na dulju pritisak
Action type	Variable
Load group	vjetar
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC14
Description	vjetar na kraću odizanje
Action type	Variable
Load group	vjetar
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None
Name	LC15
Description	vjetar na kraću odizanje
Action type	Variable
Load group	vjetar
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None

Name	LC 16
Description	potres x
Action type	Variable
Load group	potres
Load type	Dynamic
Spec	Seismicity
Master load case	None
Mass combi	CM1
Direction X	✓
Response spectrum X	FS1
Factor X	1
Direction Y	x
Direction Z	x
Acceleration factor	1
Overtuming reference level [m]	0,000
Method	Disabled
Type of superposition	SRSS
Unify eigenshapes	x
Mass in analysis	Missing mass in modes
Predominant mode	x
Name	LC 17
Description	potres y
Action type	Variable
Load group	potres
Load type	Dynamic
Spec	Seismicity
Master load case	None
Mass combi	CM1
Direction X	x
Direction Y	✓
Response spectrum Y	FS2
Factor Y	1
Direction Z	x
Acceleration factor	1
Overtuming reference level [m]	0,000
Method	Disabled
Type of superposition	SRSS
Unify eigenshapes	x
Mass in analysis	Missing mass in modes
Predominant mode	x
Name	LC 18
Description	tezna tlo
Action type	Permanent
Load group	staho
Load type	Standard
Name	LC 19
Description	korisno na tlo
Action type	Variable
Load group	korisno
Load type	Static
Spec	Standard
Duration	Short
Master load case	None

Programski paket Scia Engineer sam radi kombinacije i anvelope za zadana opterećenja, za oba granična stanja.

**kombinacije:**

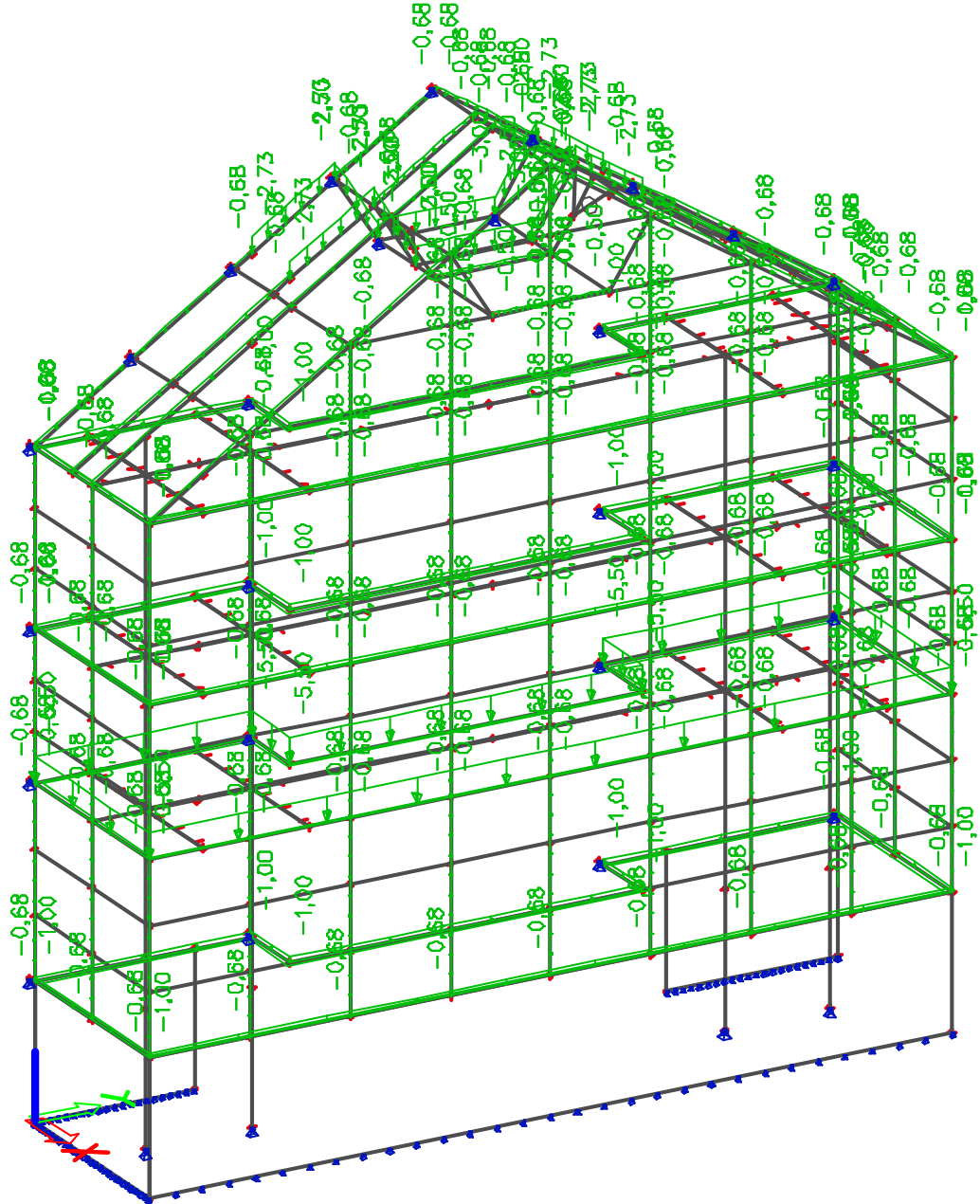
Name	Description	Type	Load cases	Coeff. $\gamma$			
CO1	GSN	EN-ULS (STR/GEO) Set B	LC1 - vl.tezina	1,00			
			LC2 - dodatno stalno	1,00			
			LC3 - korisno krov	1,00			
			LC4 - korisno potkrovlje	1,00			
			LC5 - korisno 2.kat	1,00			
			LC6 - korisno 1.kat	1,00			
			LC7 - korisno prizemlje	1,00			
			LC8 - korisno podrum	1,00			
			LC9 - snijeg	1,00			
			LC10 - snijeg nesimetrično 1	1,00			
			LC11 - snijeg nesimetrično 2	1,00			
			LC12 - vjetar na dulju odizanje	1,00			
			LC13 - vjetar na dulju pritisak	1,00			
			LC14 - vjetar na kraću odizanje	1,00			
			LC15 - vjetar na kraću odizanje	1,00			
			LC18 - tezina tlo	1,00			
			LC19 - korisno na tlo	1,00			
			CO2	GSU	EN-SLS Characteristic	LC1 - vl.tezina	1,00
						LC2 - dodatno stalno	1,00
LC3 - korisno krov	1,00						
LC4 - korisno potkrovlje	1,00						
LC5 - korisno 2.kat	1,00						
LC6 - korisno 1.kat	1,00						
LC7 - korisno prizemlje	1,00						
LC8 - korisno podrum	1,00						
LC9 - snijeg	1,00						
LC10 - snijeg nesimetrično 1	1,00						
LC11 - snijeg nesimetrično 2	1,00						
LC12 - vjetar na dulju odizanje	1,00						
LC13 - vjetar na dulju pritisak	1,00						
LC14 - vjetar na kraću odizanje	1,00						
LC15 - vjetar na kraću odizanje	1,00						
LC18 - tezina tlo	1,00						
LC19 - korisno na tlo	1,00						
CO4	g+dg	Linear - serviceability				LC1 - vl.tezina	1,00
						LC2 - dodatno stalno	1,00
CO3	potres	EN-Seismic	LC1 - vl.tezina	1,00			
			LC2 - dodatno stalno	1,00			
			LC3 - korisno krov	1,00			
			LC4 - korisno potkrovlje	1,00			
			LC5 - korisno 2.kat	1,00			
			LC6 - korisno 1.kat	1,00			
			LC7 - korisno prizemlje	1,00			
			LC8 - korisno podrum	1,00			
			LC16 - potres x	1,00			
			LC17 - potres y	1,00			

**anvelope opterećenja:**

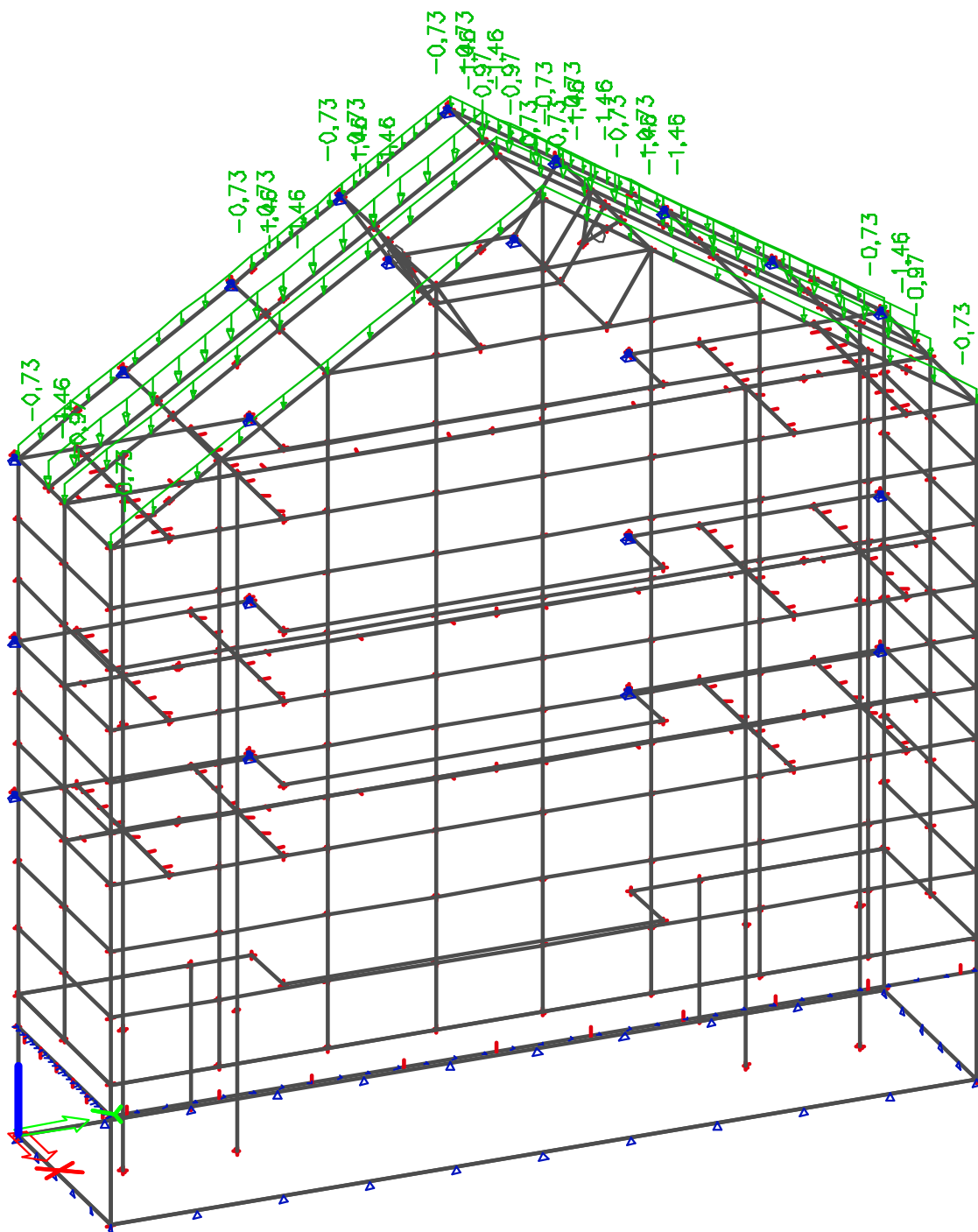
ULC = (CO1;CO3)

### prikaz opterećenja:

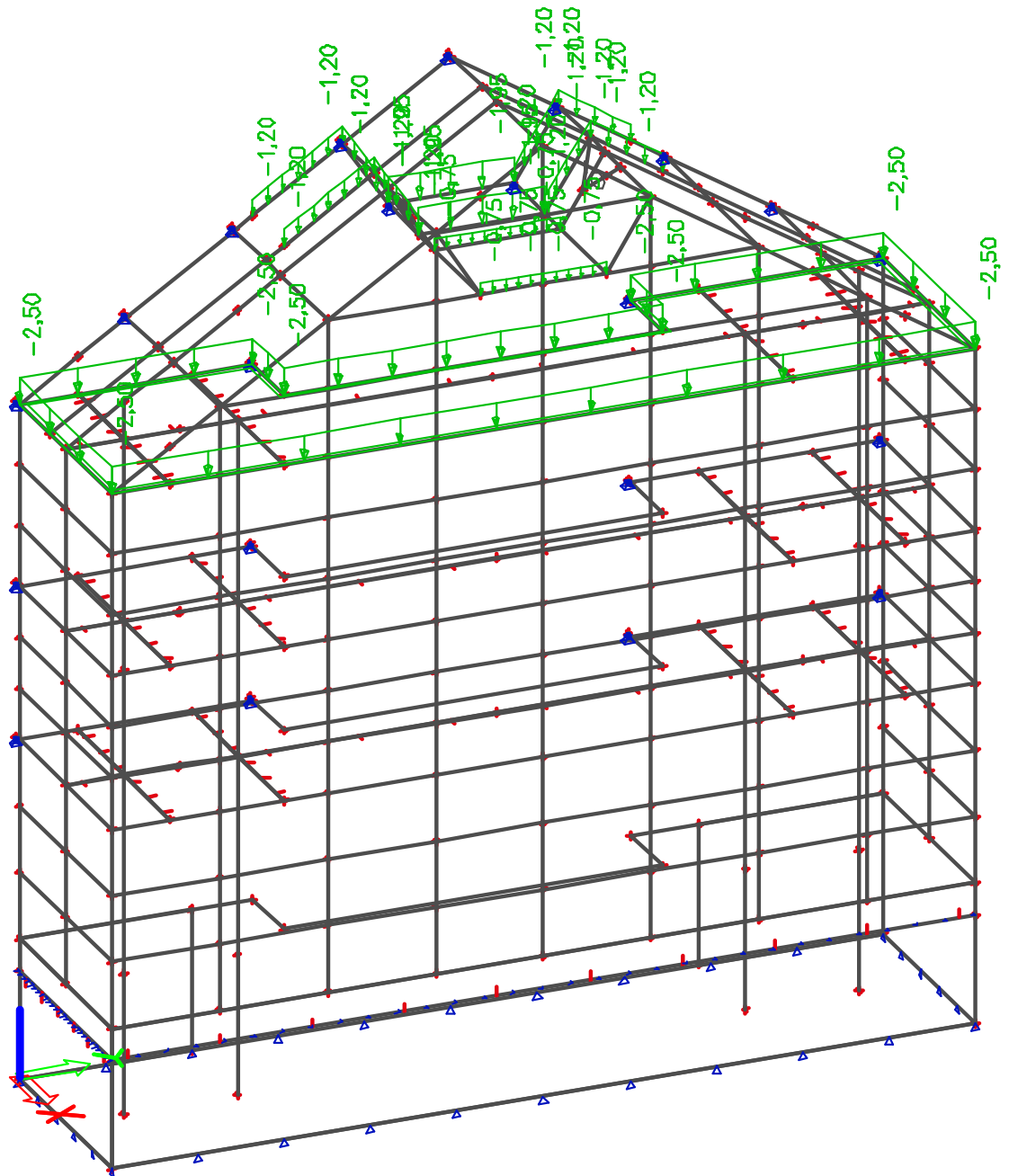
LC2      dodatno stalno



## LC3 korisno krov

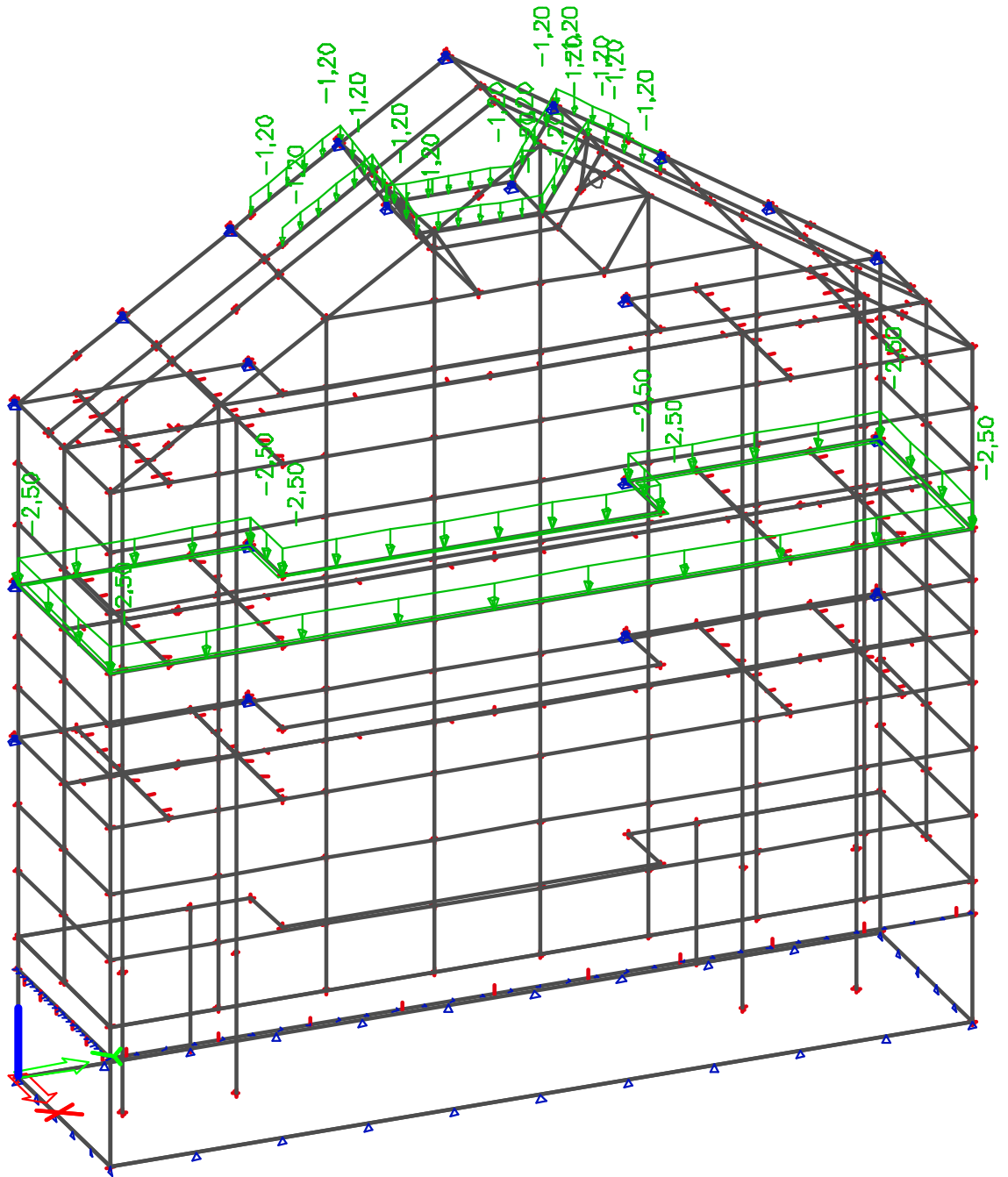


## LC4 korisno potkrovlje

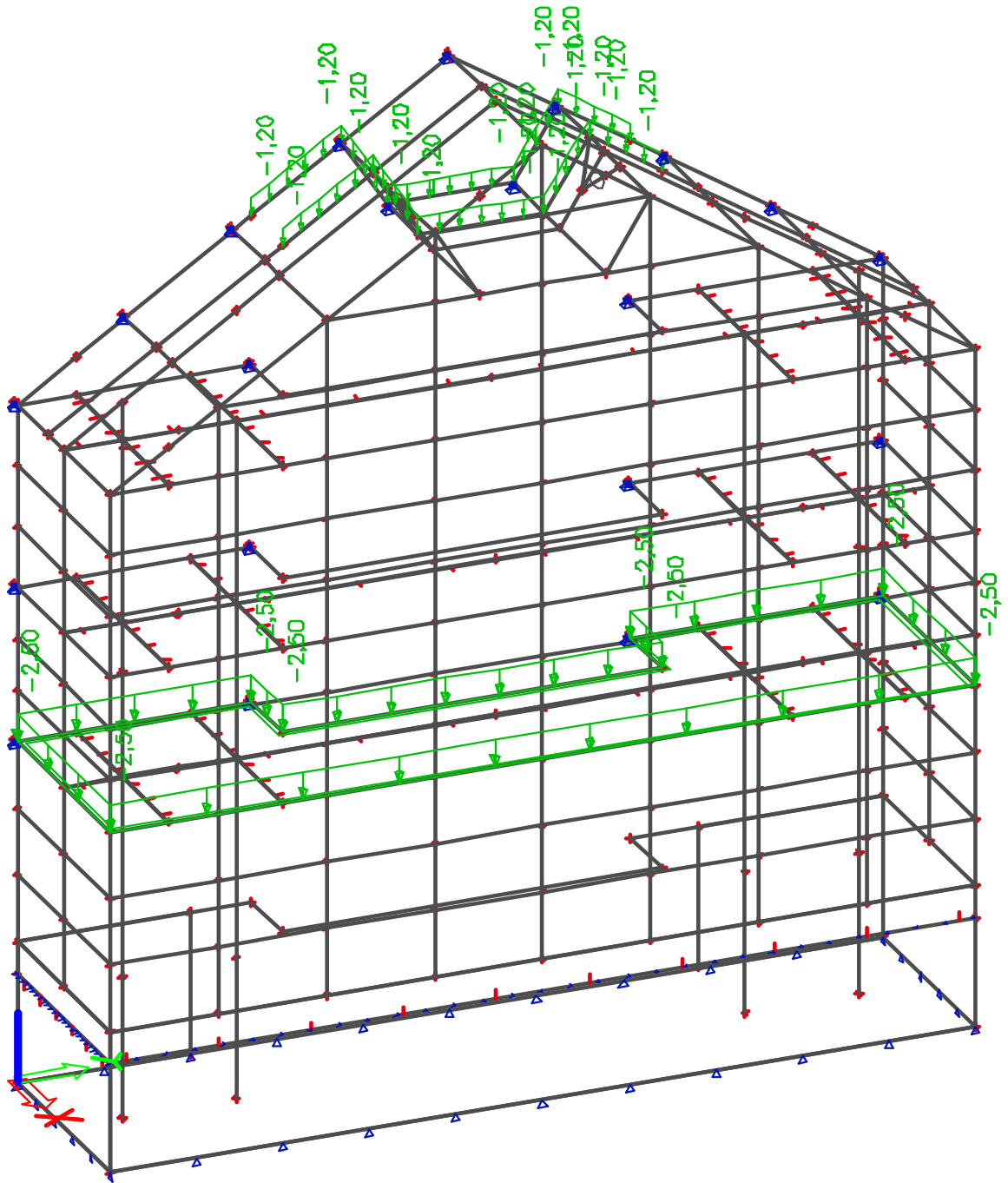




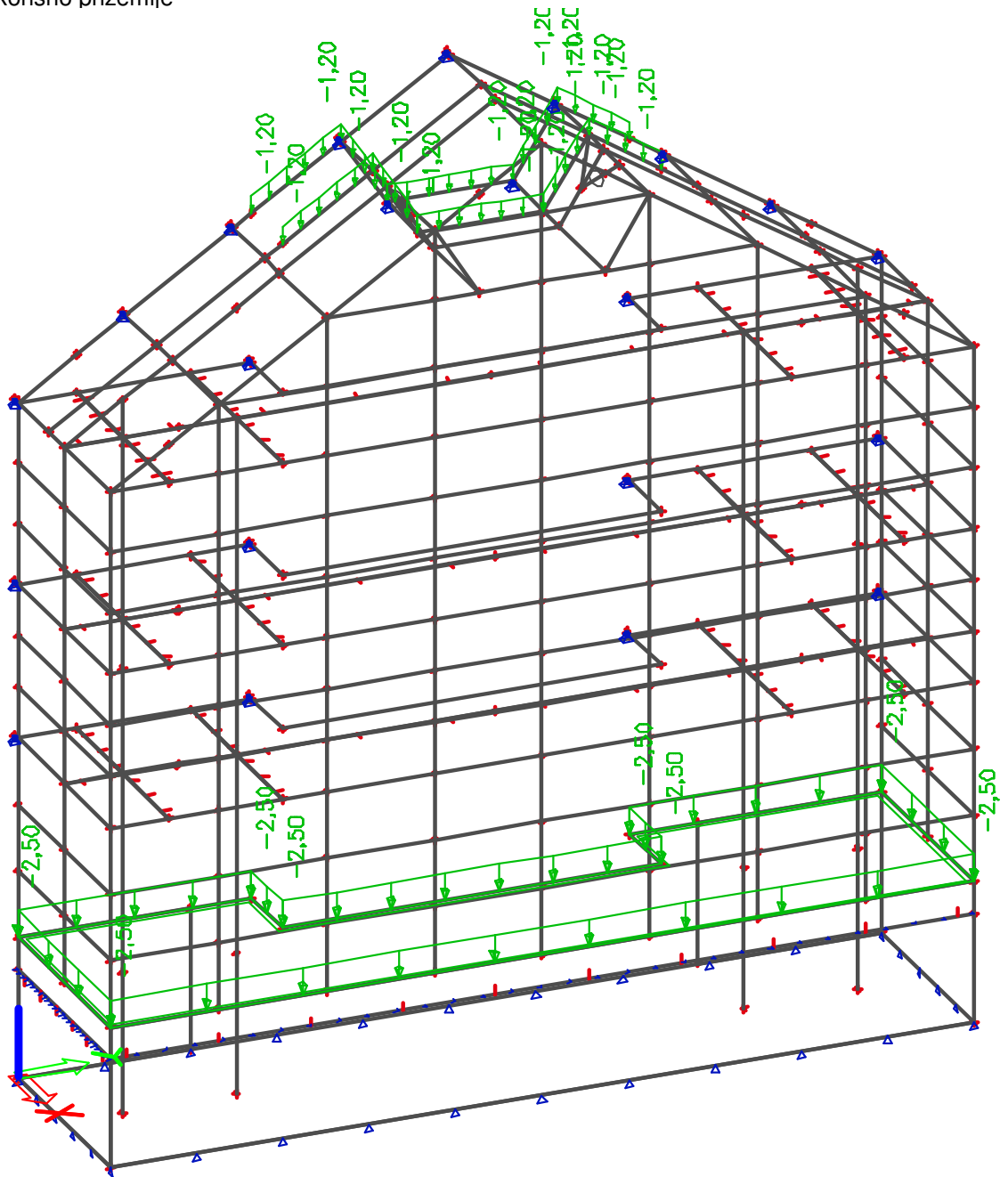
LC5 korisno 2. kat



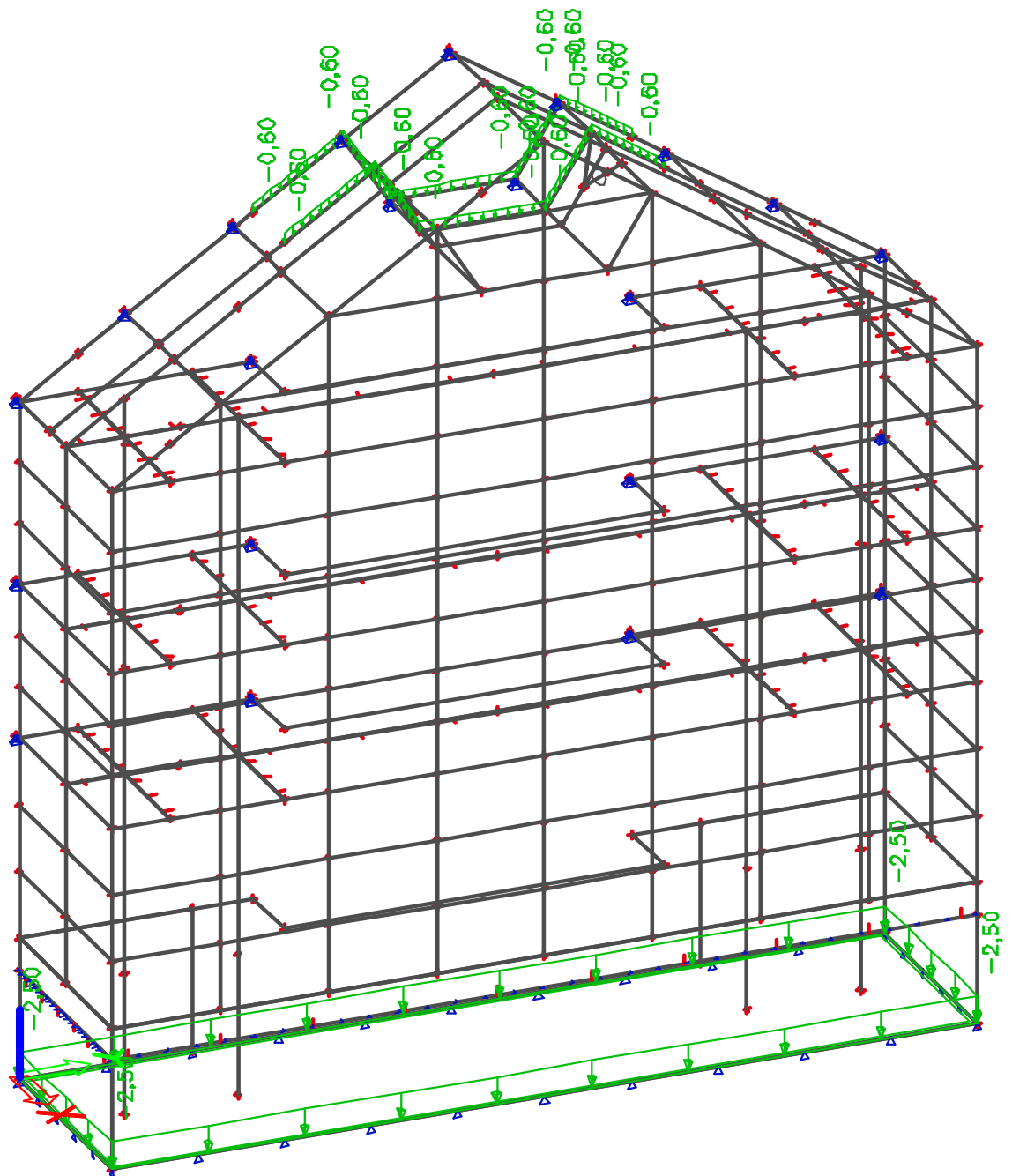
LC6 korisno 1. kat



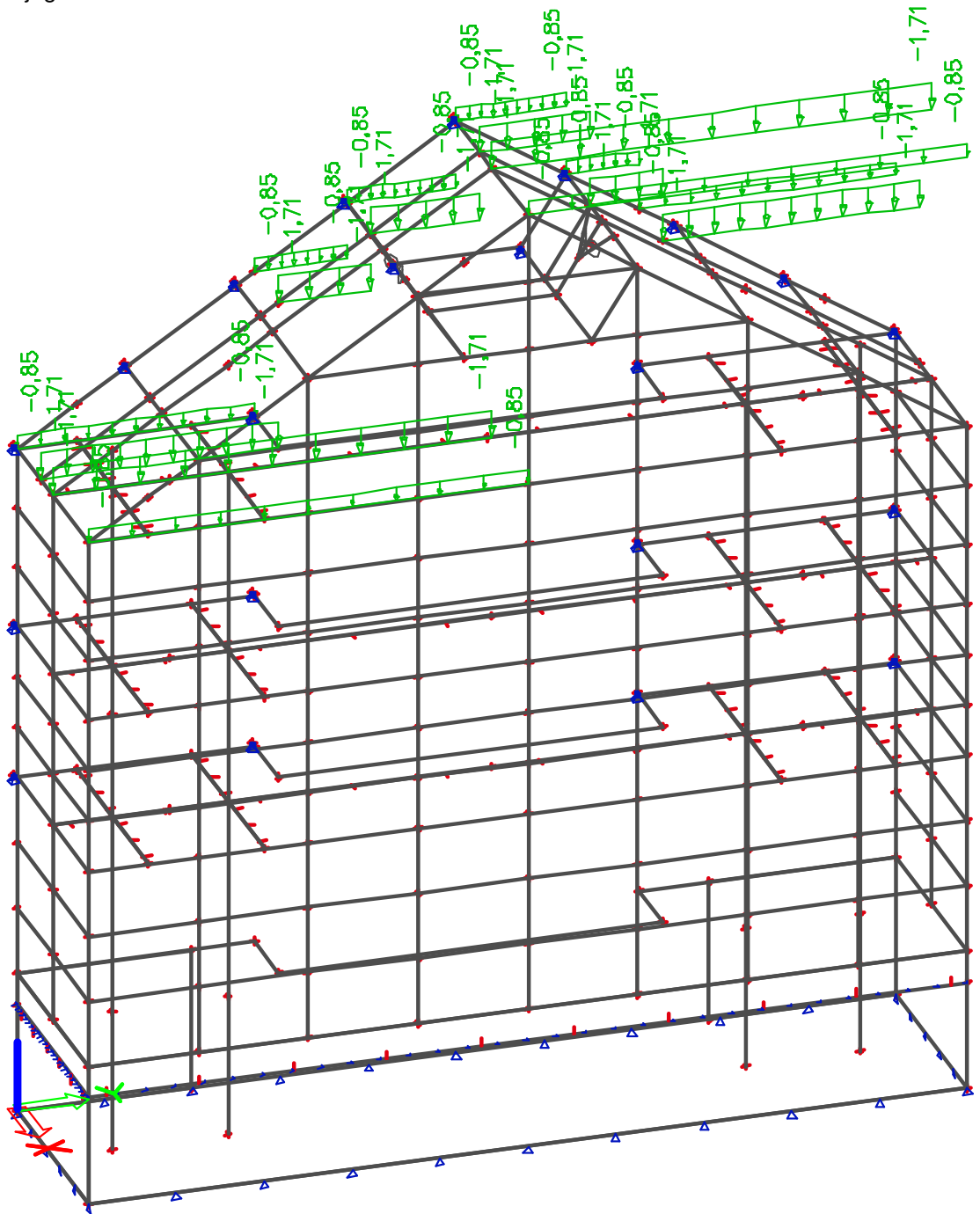
## LC7 korisno prizemlje



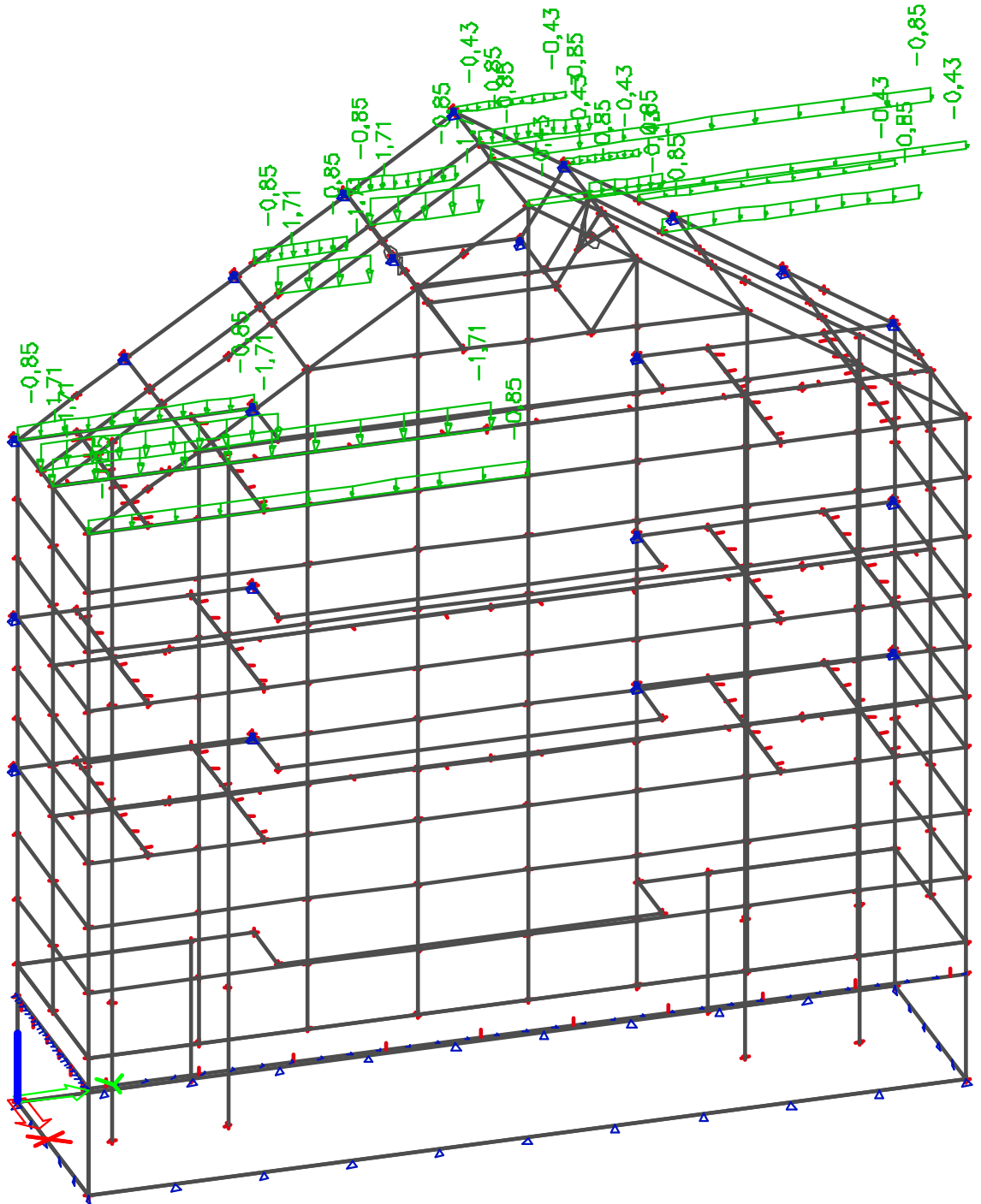
## LC8 korisno podrum



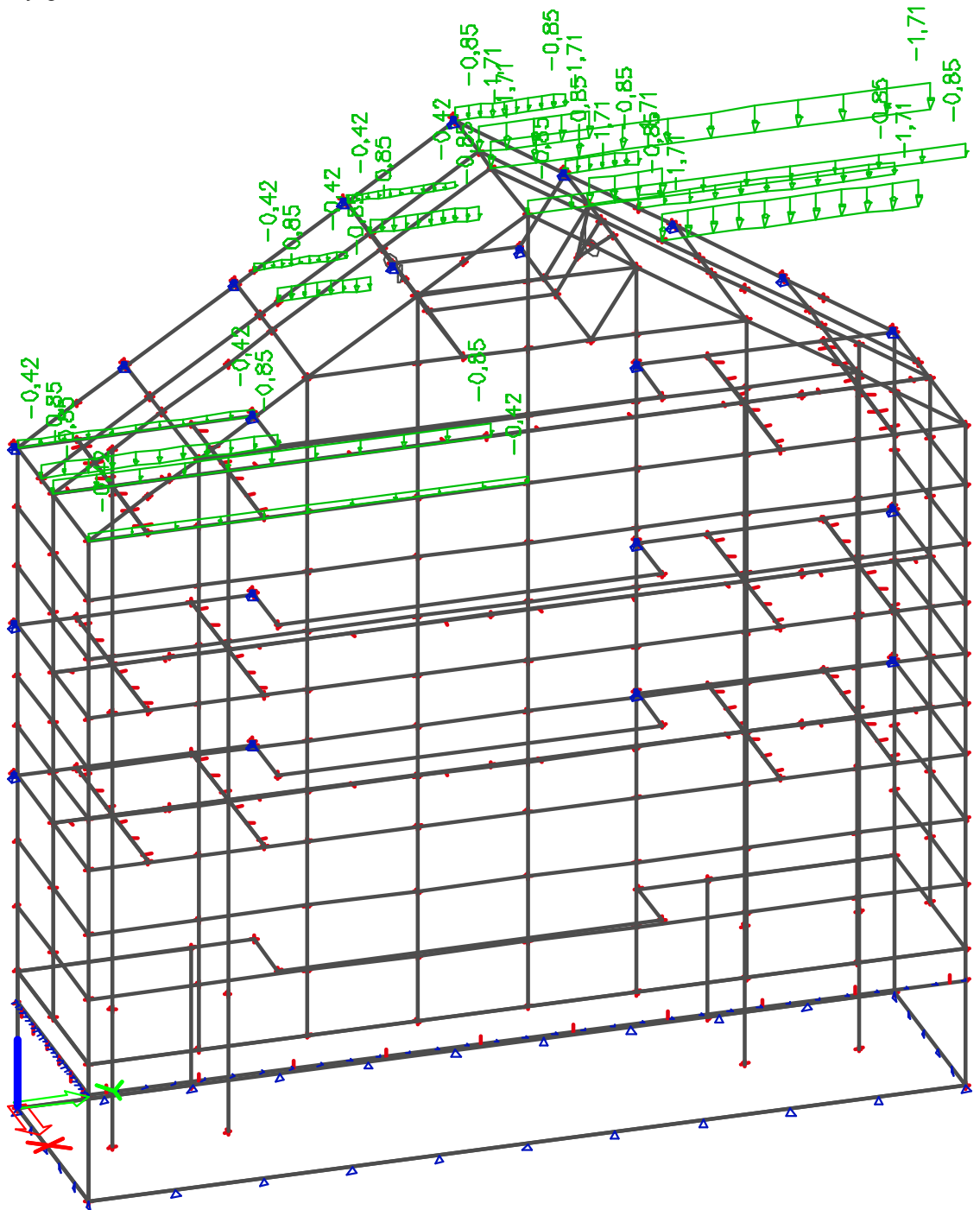
LC9 snijeg



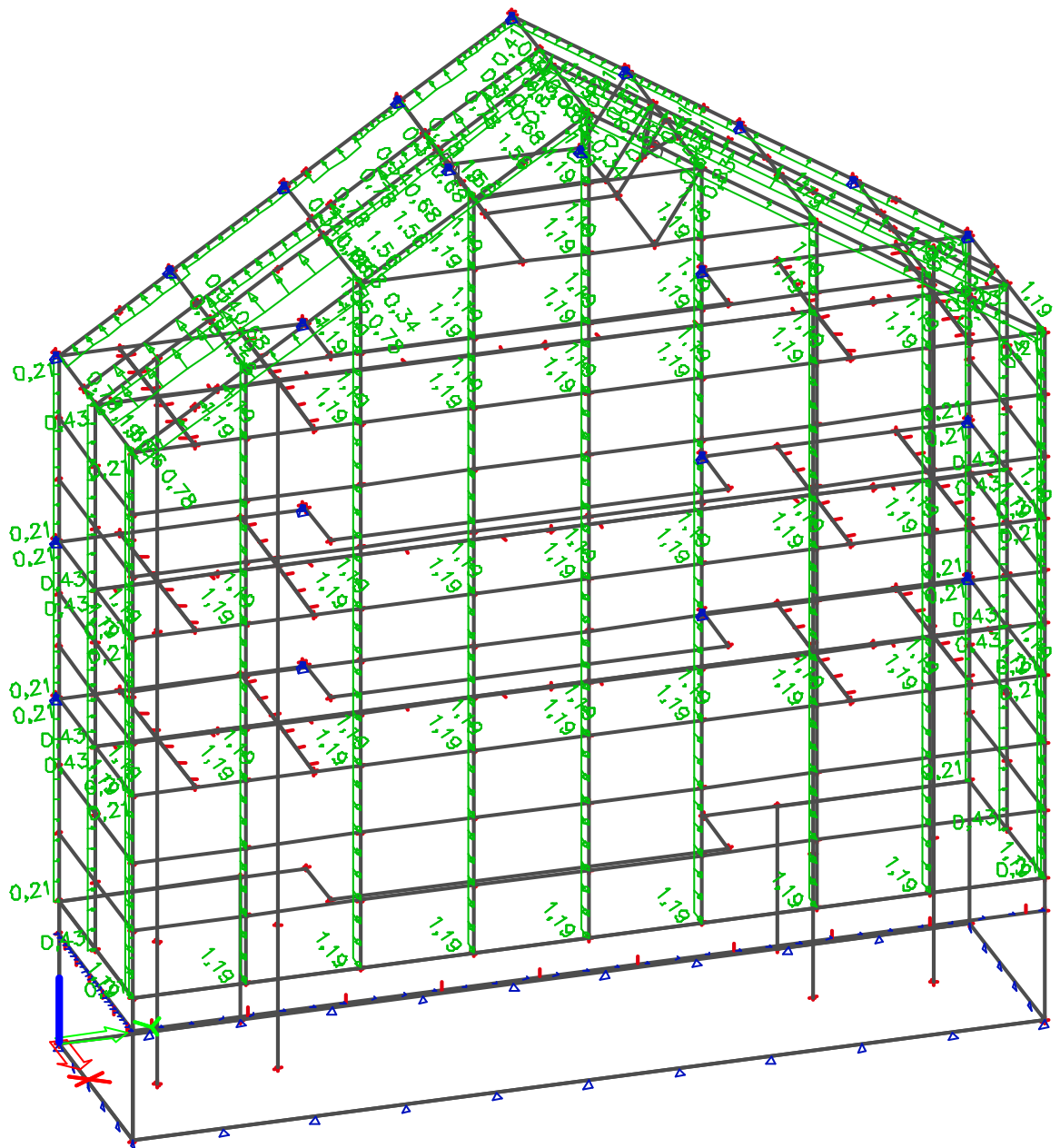
## LC10 snijeg nesimetrično 1



## LC11 snijeg nesimetrično 2

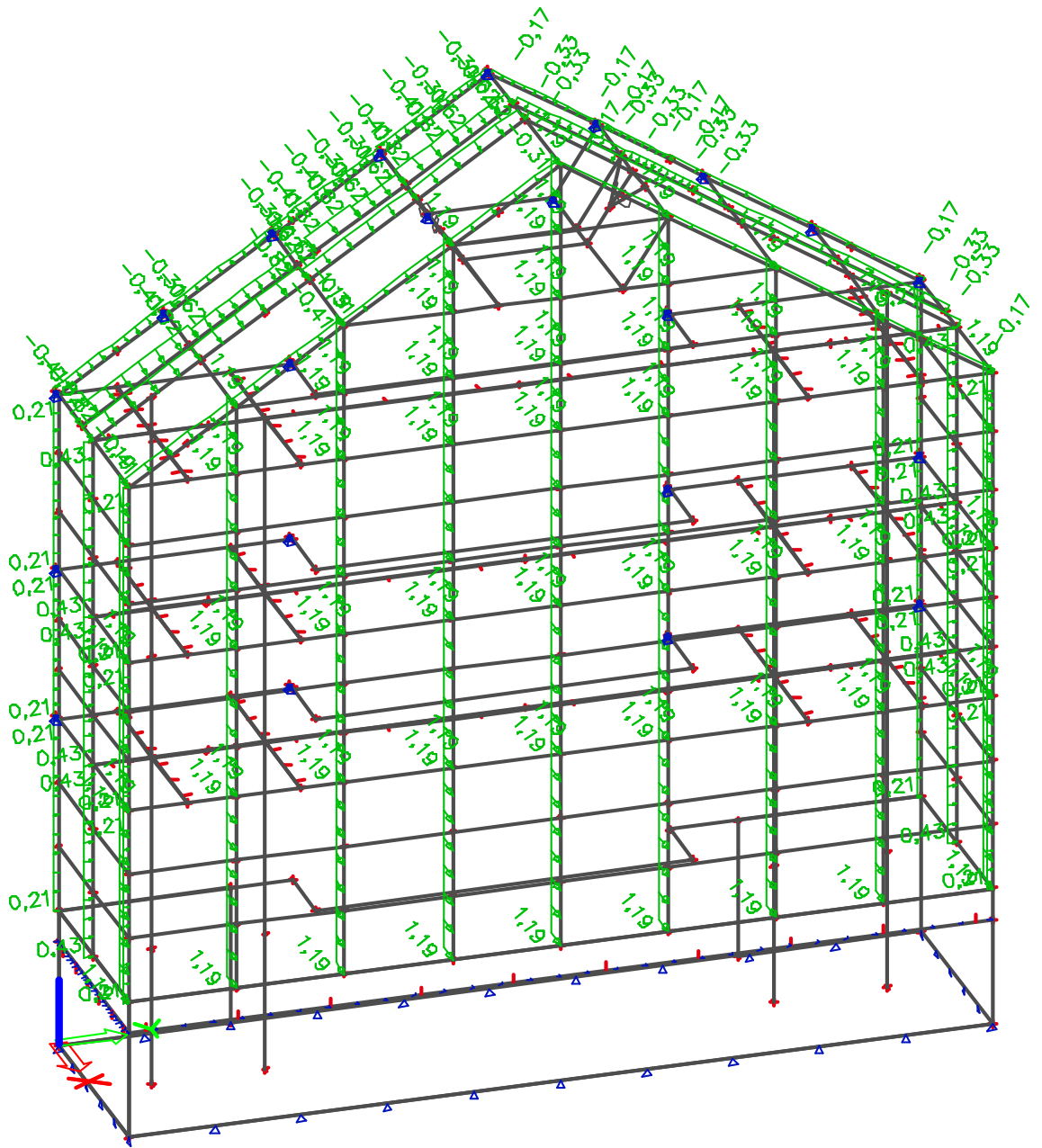


## LC12 vjetar na dulju odizanje

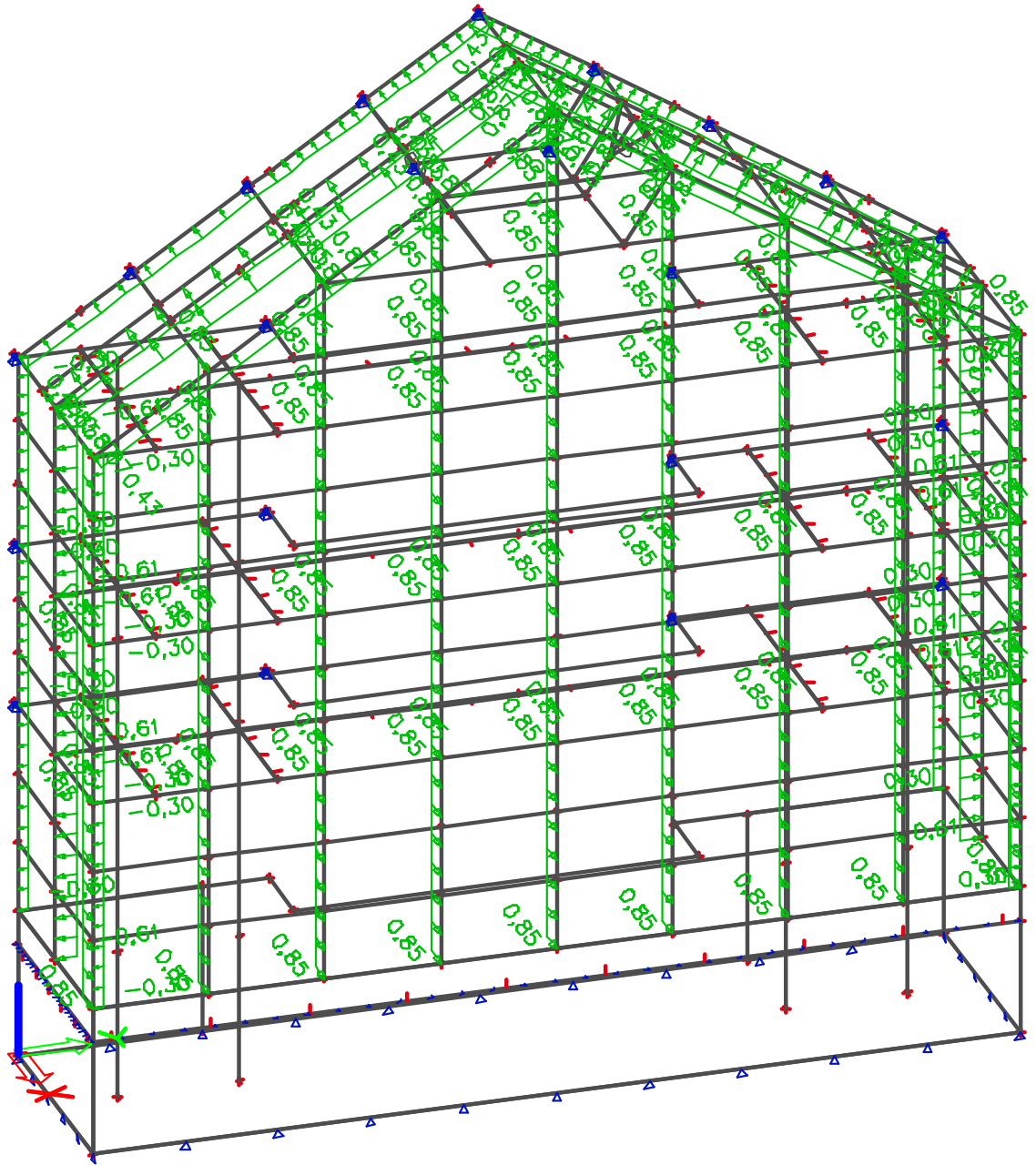




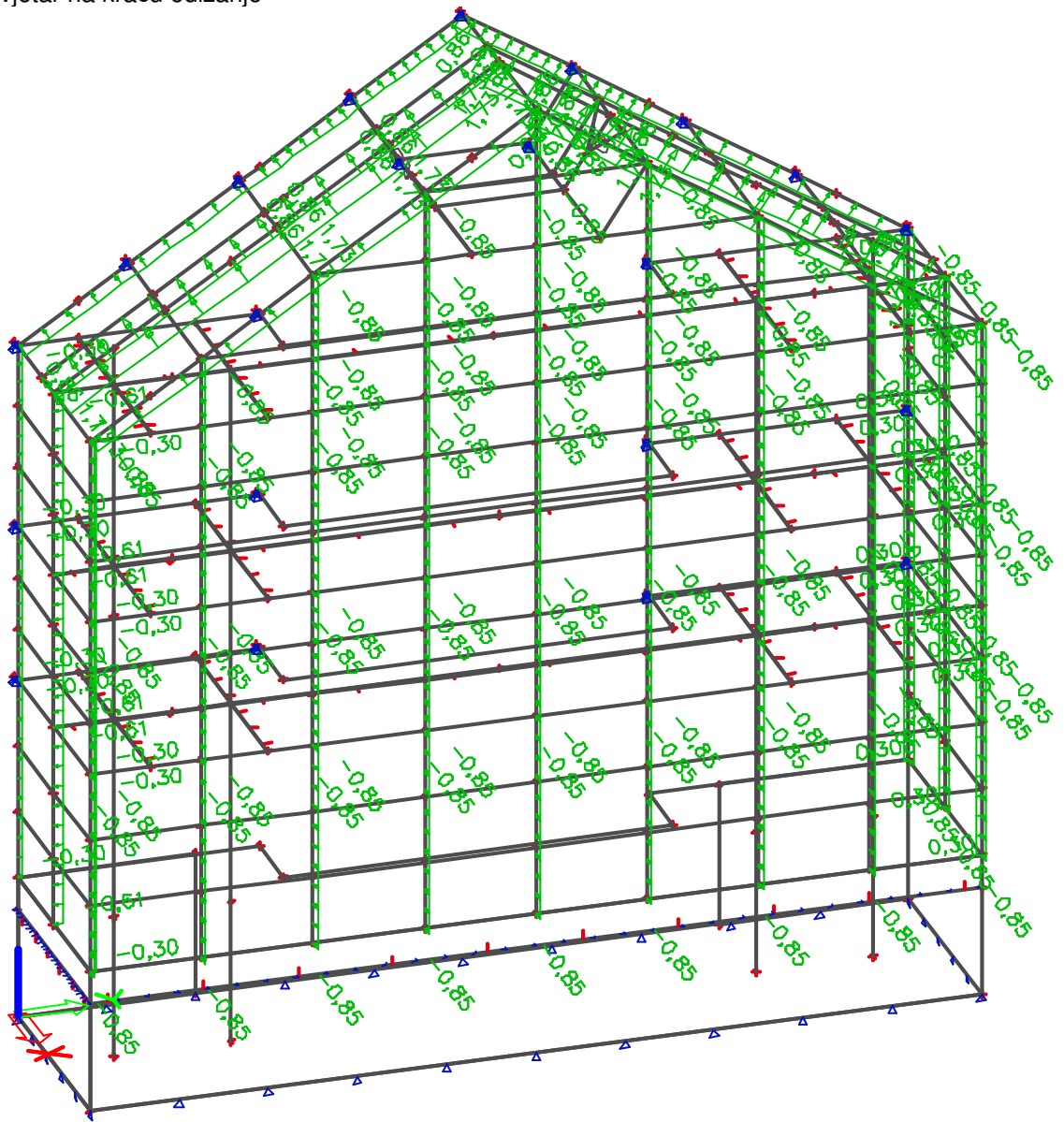
LC13 vjetar na dulju pritisak



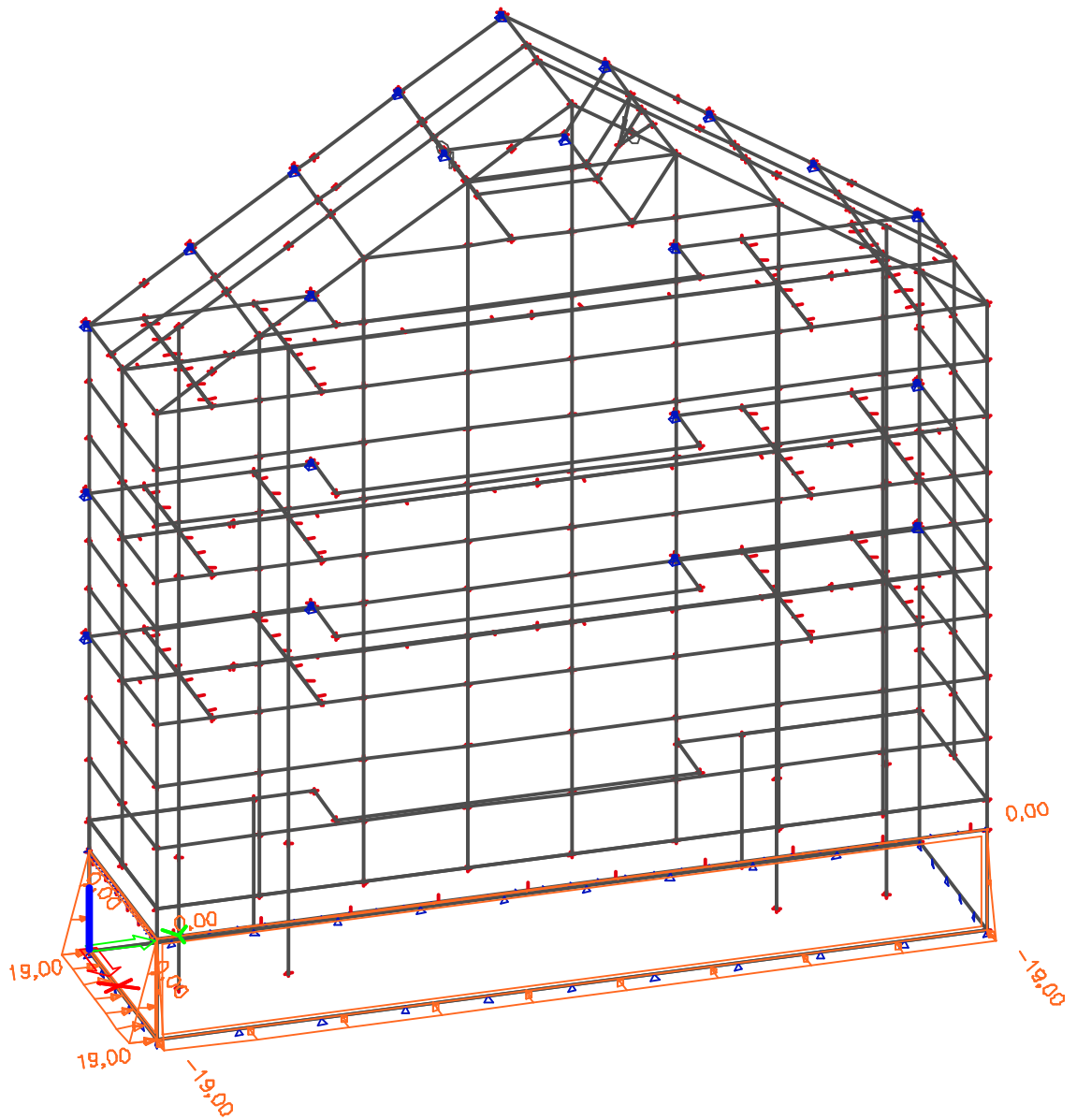
## LC14 vjetar na kraću odizanje



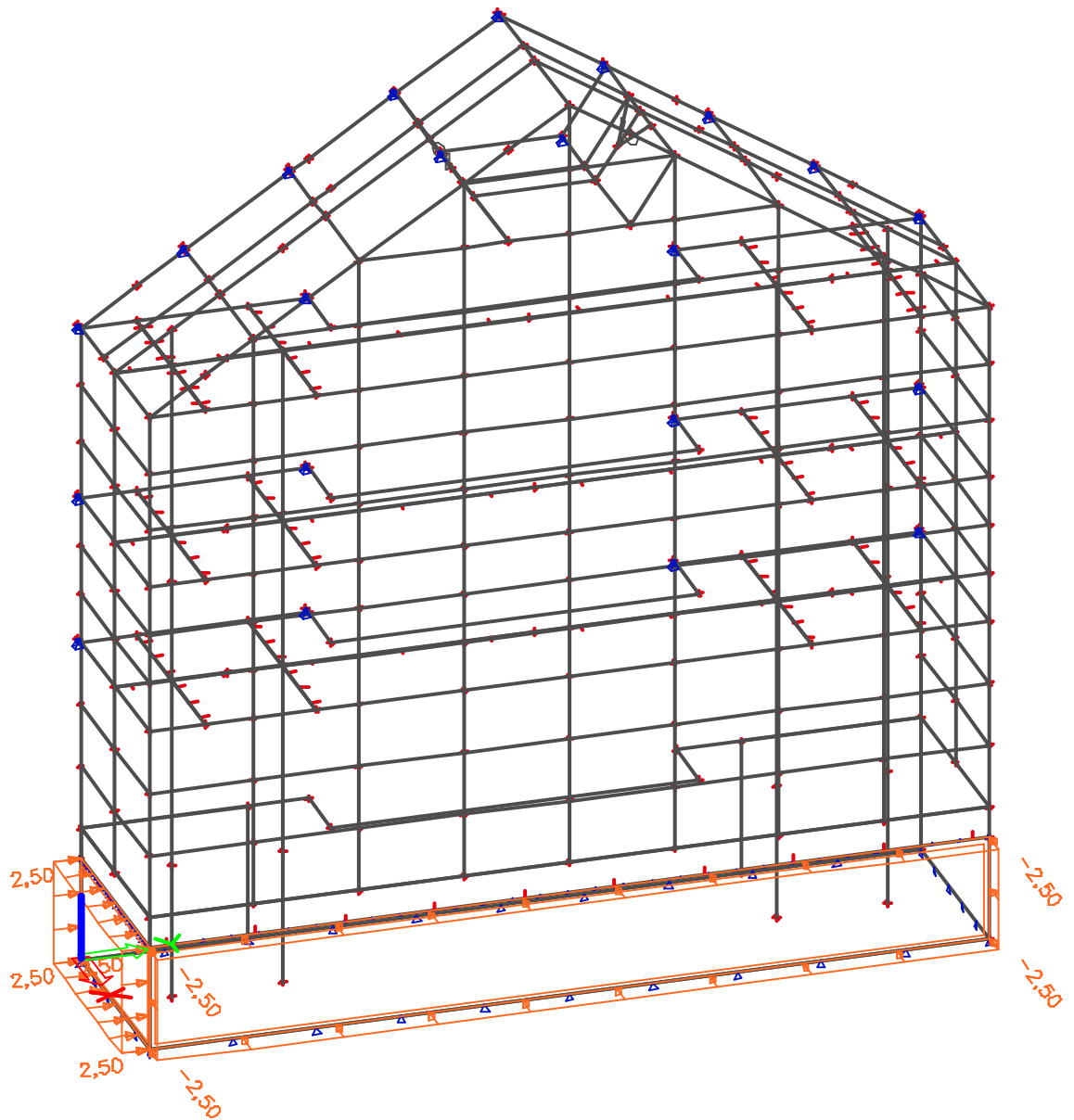
LC15 vjetar na kraću odizanje



LC18 težina tla



LC19 korisno na tlo



## 2.3. DOKAZ O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA NA ZAHVATIMA NA POSTOJEĆOJ ZGRADI

### 2.3.1. Proračun i dimenzioniranje zahvata staze u potkrovlju

#### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

- hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/80/3 mm**
- klasa čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

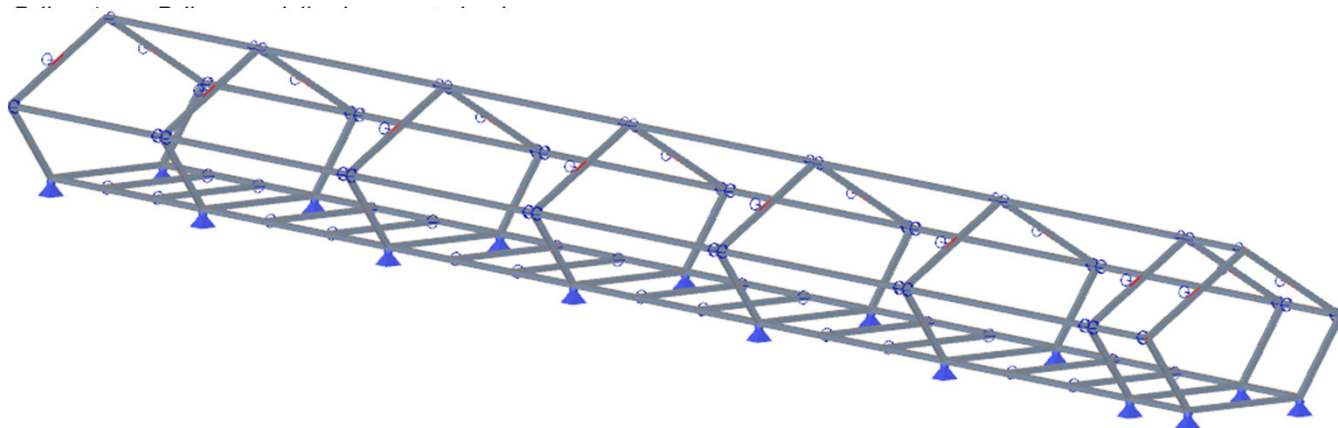
Dimenzioniranje greda provodi se prema EC3 propisima. Nosači koji čine peterokut su međusobno upeti, nalaze se na mjestu stolice krovišta, i prenose opterećenja na veznu gredu stolice. Peterokuti su međusobno povezani elementima istih cijevnih profila i to zglobnom vezom osim na razini poda. Tako formirana staza služi za intervencije tavana te je, sukladno tome, dimenzionirana na korisno opterećenje. Staza po kojoj se hoda je glitterrost.

U poglavlju 2.3.2. će se dokazati utjecaj novog zahvata intervencijske staze na stolicu krovišta.

Ruke postaviti od istih cijevi kao i ostale elemente.

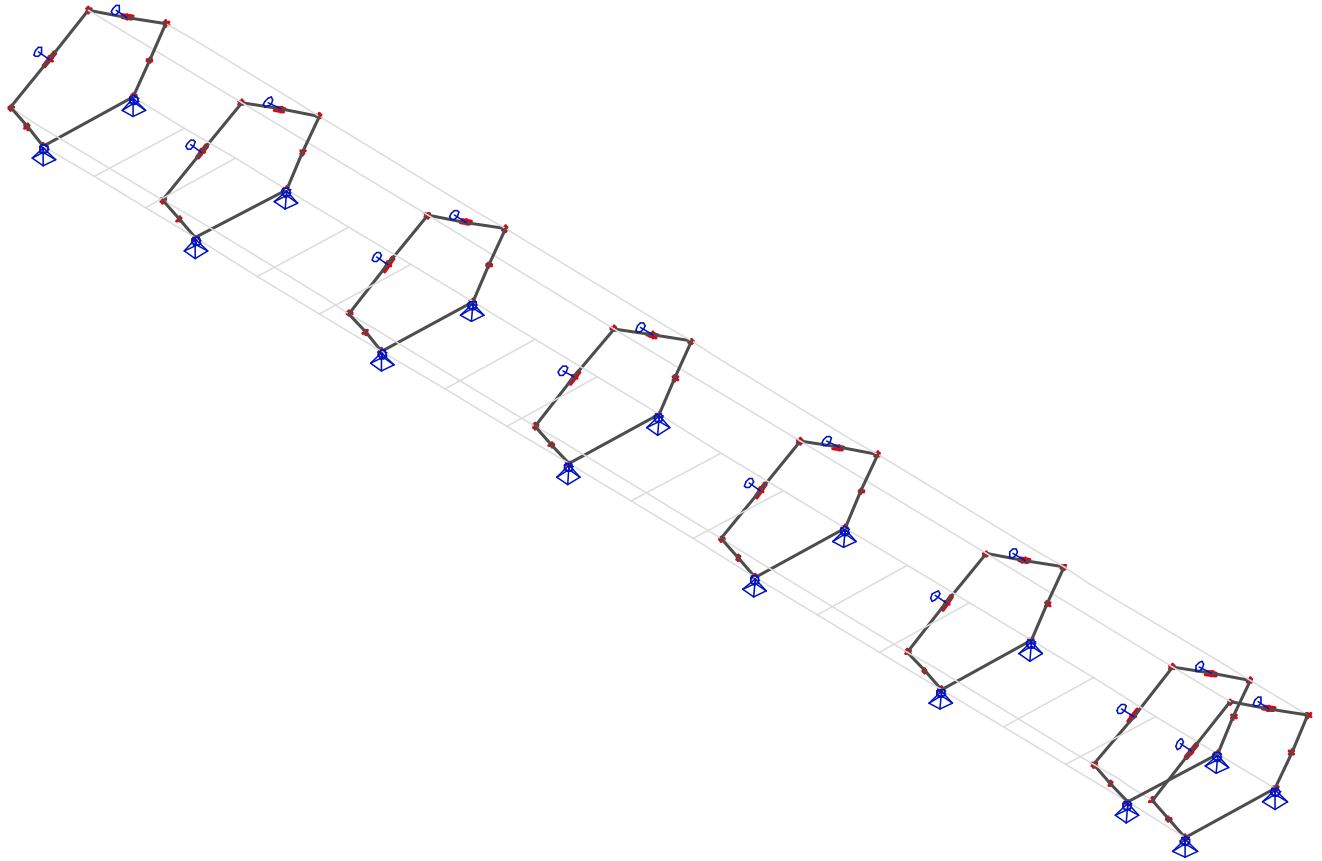
#### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz opterećenja
- Prilog 3. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC
- Prilog 4. Dimenzioniranje peterokuta
- Prilog 5. Dimenzioniranje podnih greda
- Prilog 6. Dimenzioniranje veznih greda
- Prilog 7. Prikaz reakcija

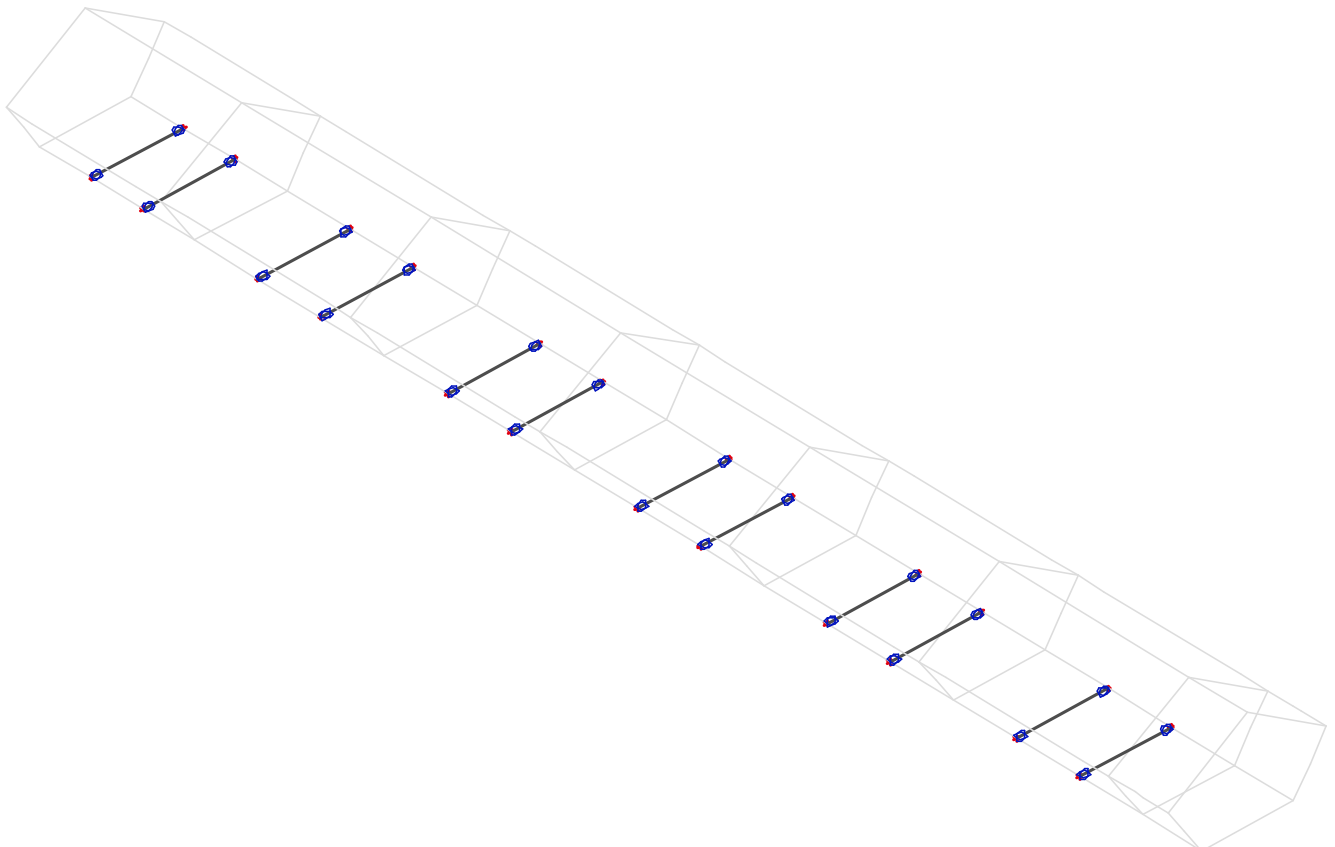


Zahvat je podijeljen na par skupina elemenata:

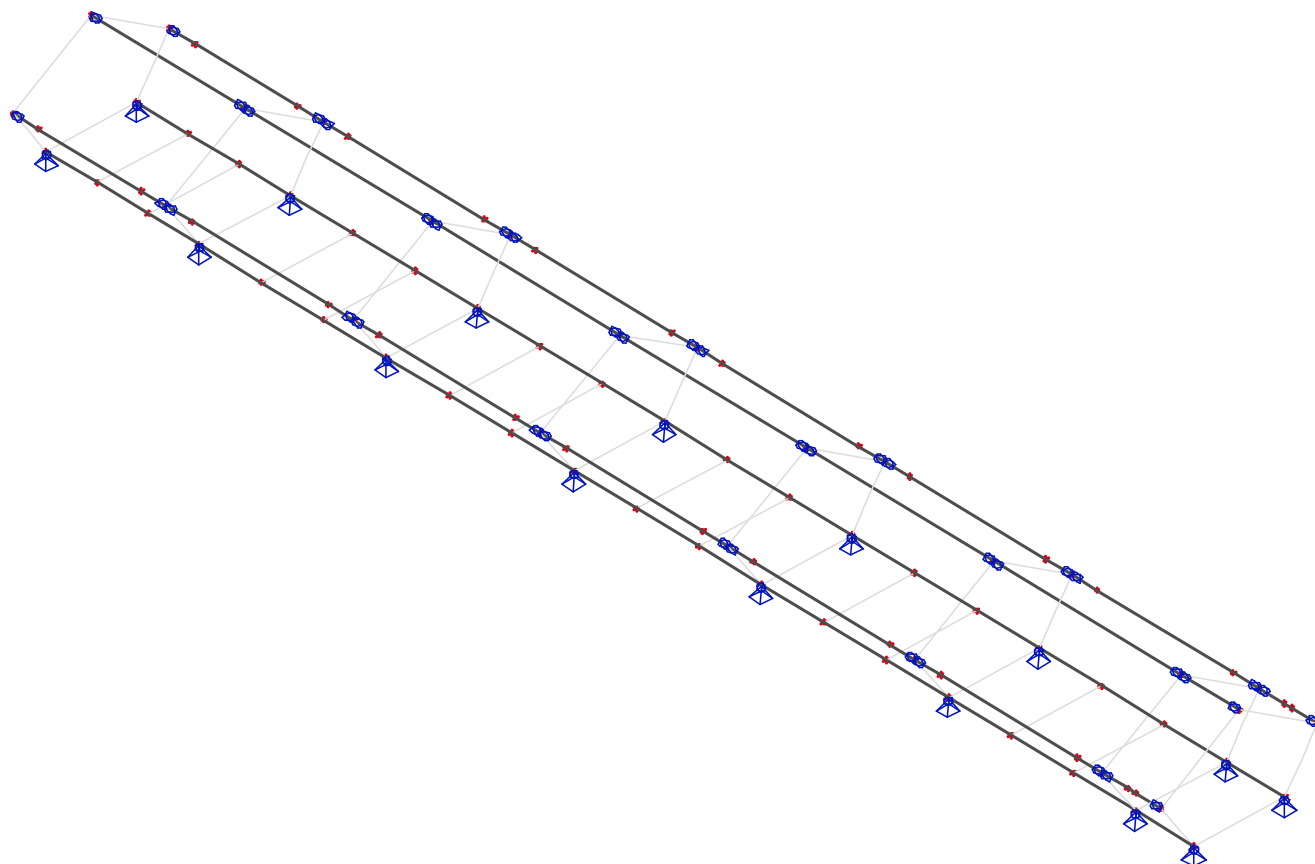
## PETEROKUT



## PODNE GREDE

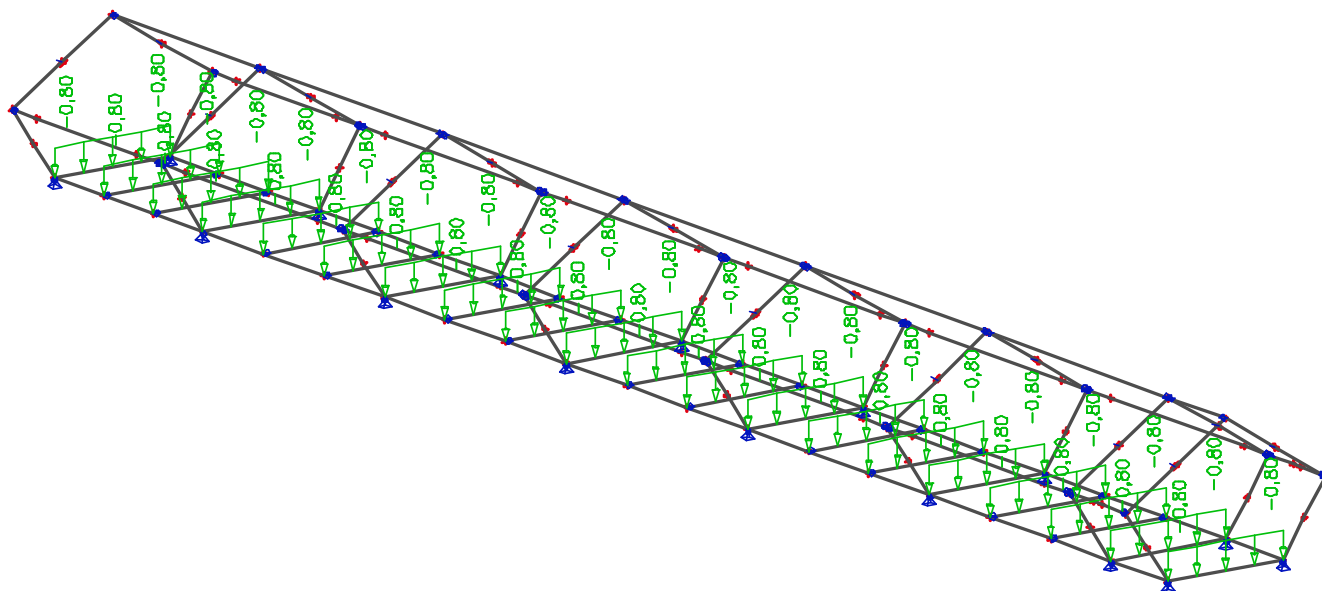


## VEZNE GREDE





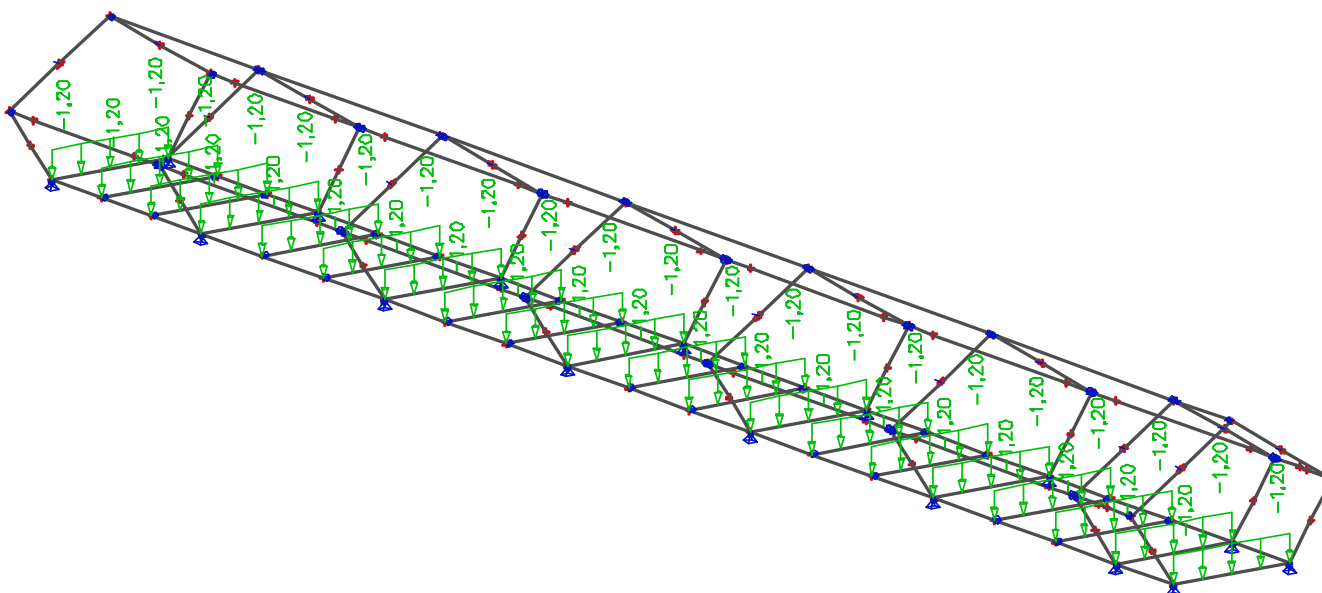
## Prilog 2. Prikaz opterećenja

**LC2 dodatno stalno**

$$g = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$e = 1,6 \text{ m}$$

$$g' = 0,8 \text{ kN/m}$$

**LC4 korisno potkrovlje**

$$q = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

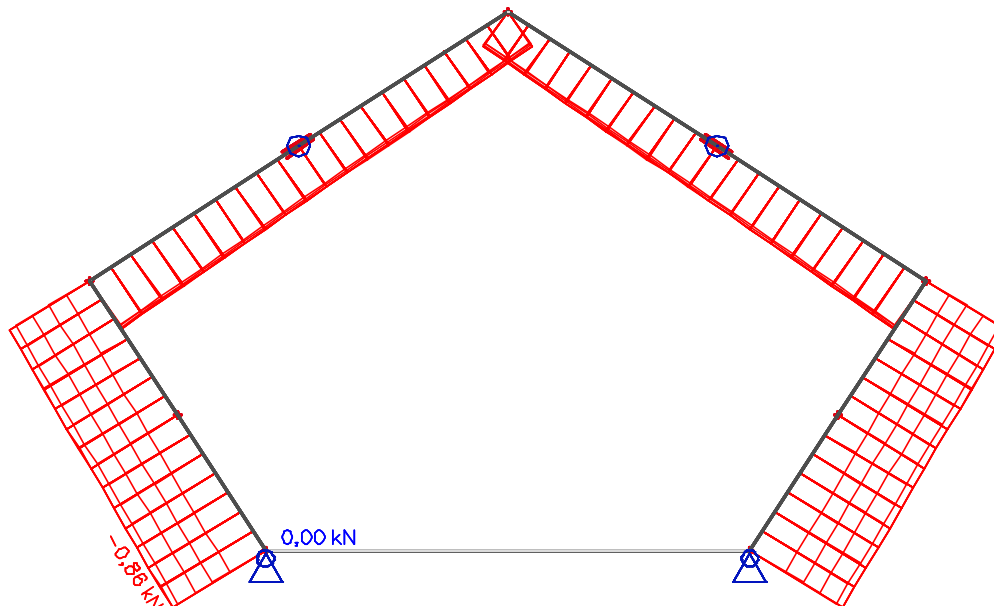
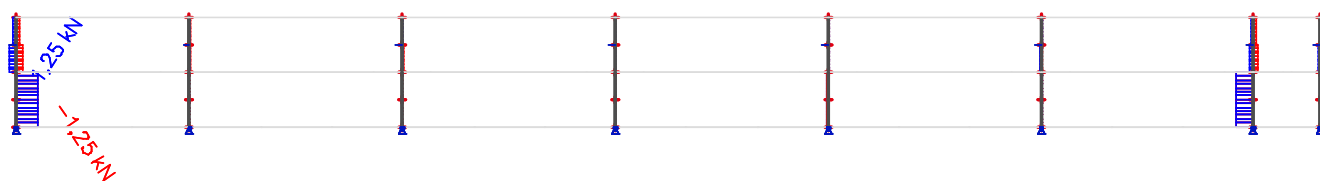
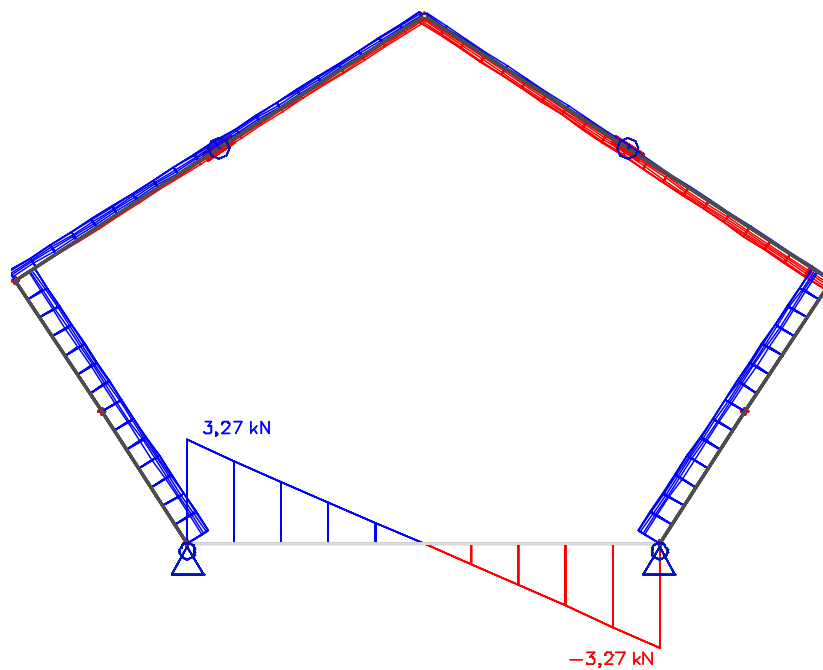
$$e = 1,6 \text{ m}$$

$$q' = 1,2 \text{ kN/m}$$

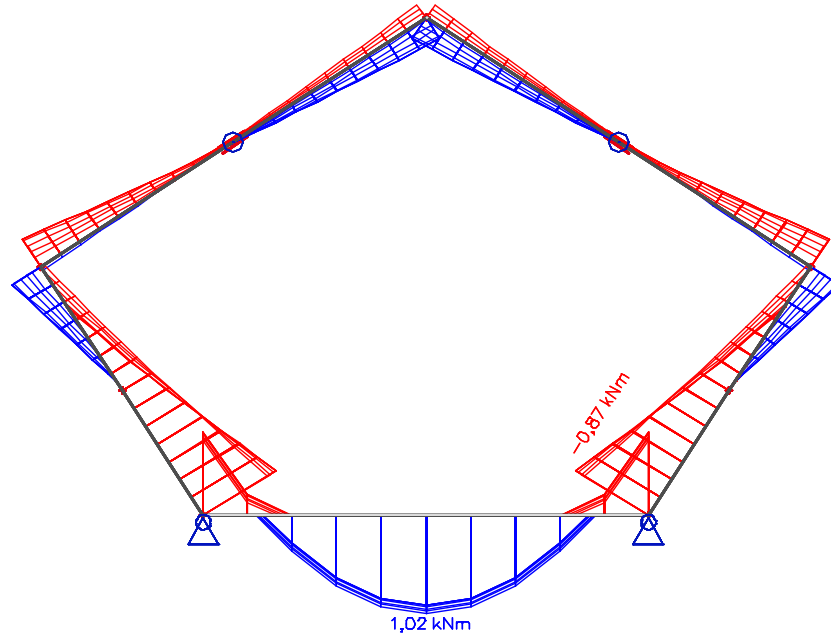
## Prilog 3. Prikaz unutarnji sila u nosačima za ULC

**PETEROKUT**

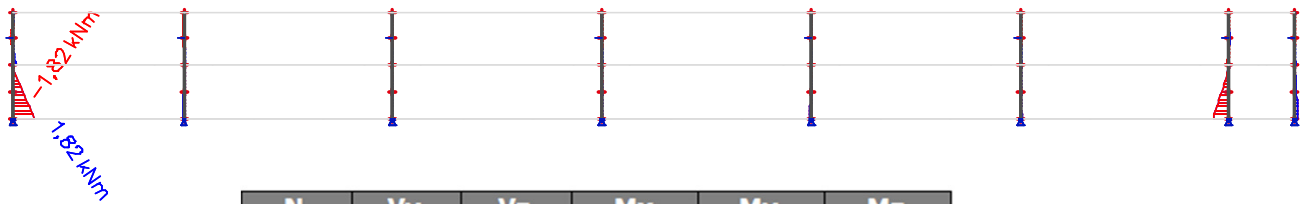
N

 $V_y$  $V_z$ 

$M_y$



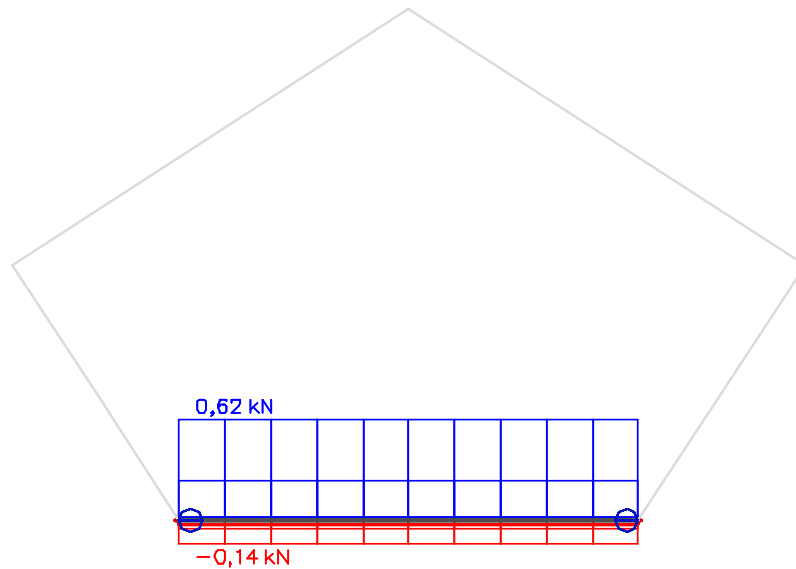
$M_z$



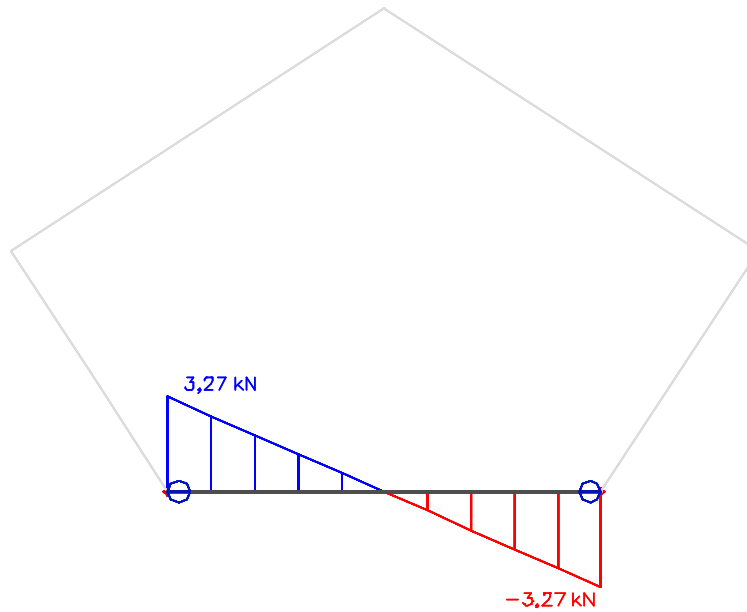
N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-0,86</b>	0,02	0,57	0,01	-0,45	-0,02
<b>0,00</b>	0,00	3,27	0,00	-0,78	0,06
-0,36	<b>-1,25</b>	0,61	<b>0,32</b>	-0,80	<b>1,82</b>
-0,36	<b>1,25</b>	0,61	<b>-0,32</b>	-0,80	<b>-1,82</b>
0,00	0,00	<b>-3,27</b>	0,00	-0,82	-0,11
0,00	0,00	<b>3,27</b>	0,00	-0,82	-0,11
-0,73	0,08	0,77	-0,04	<b>-0,87</b>	-0,13
0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,02</b>	0,06

PODNE GREDE

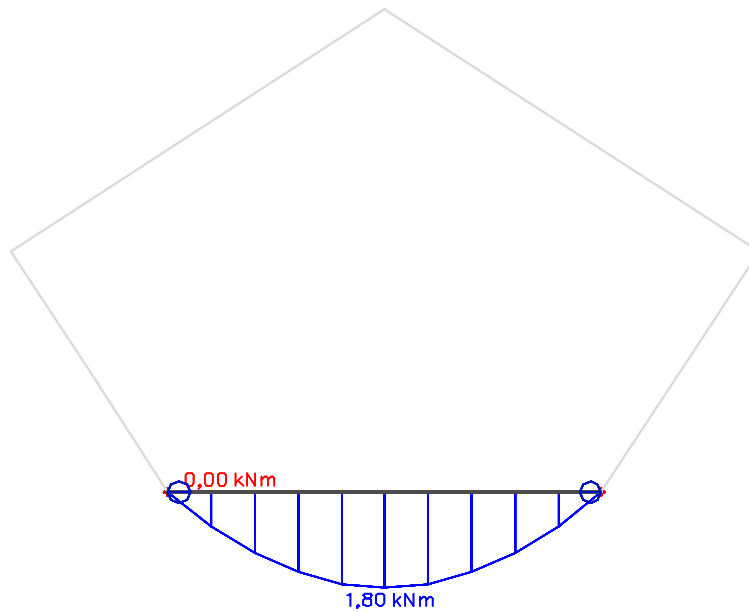
N



$V_z$



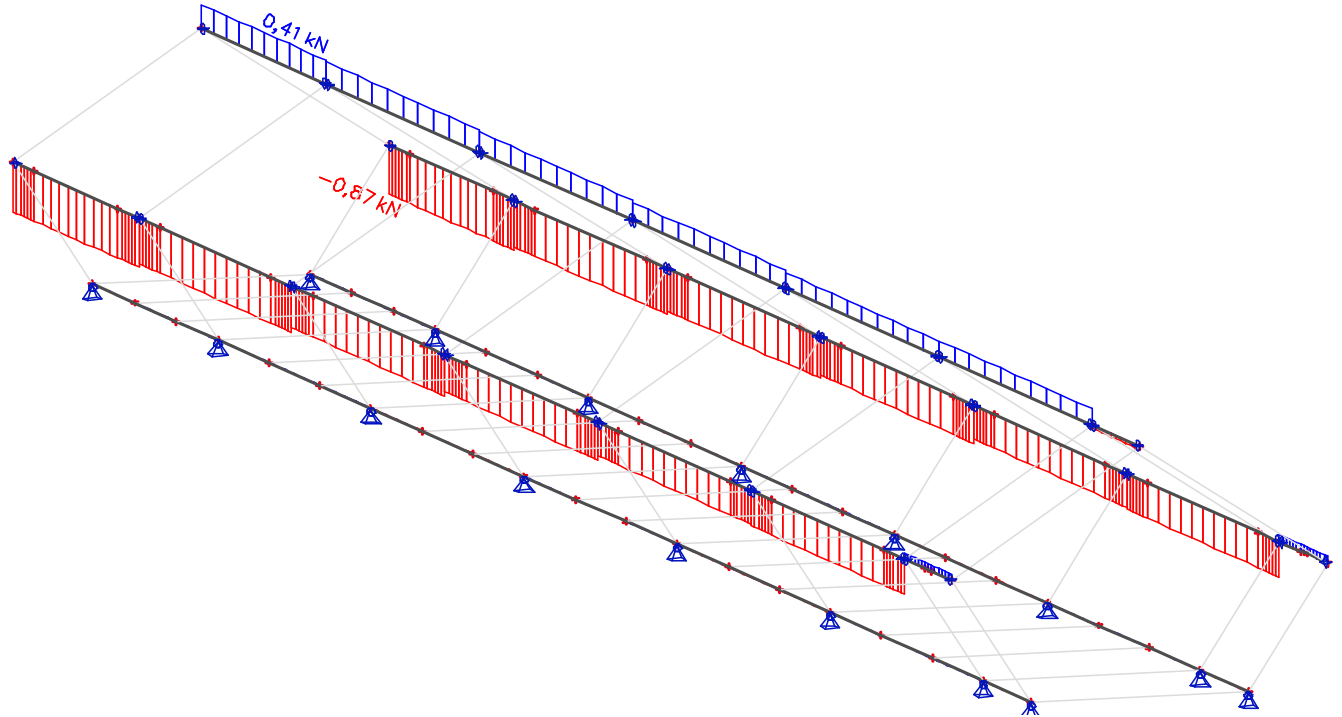
$M_y$



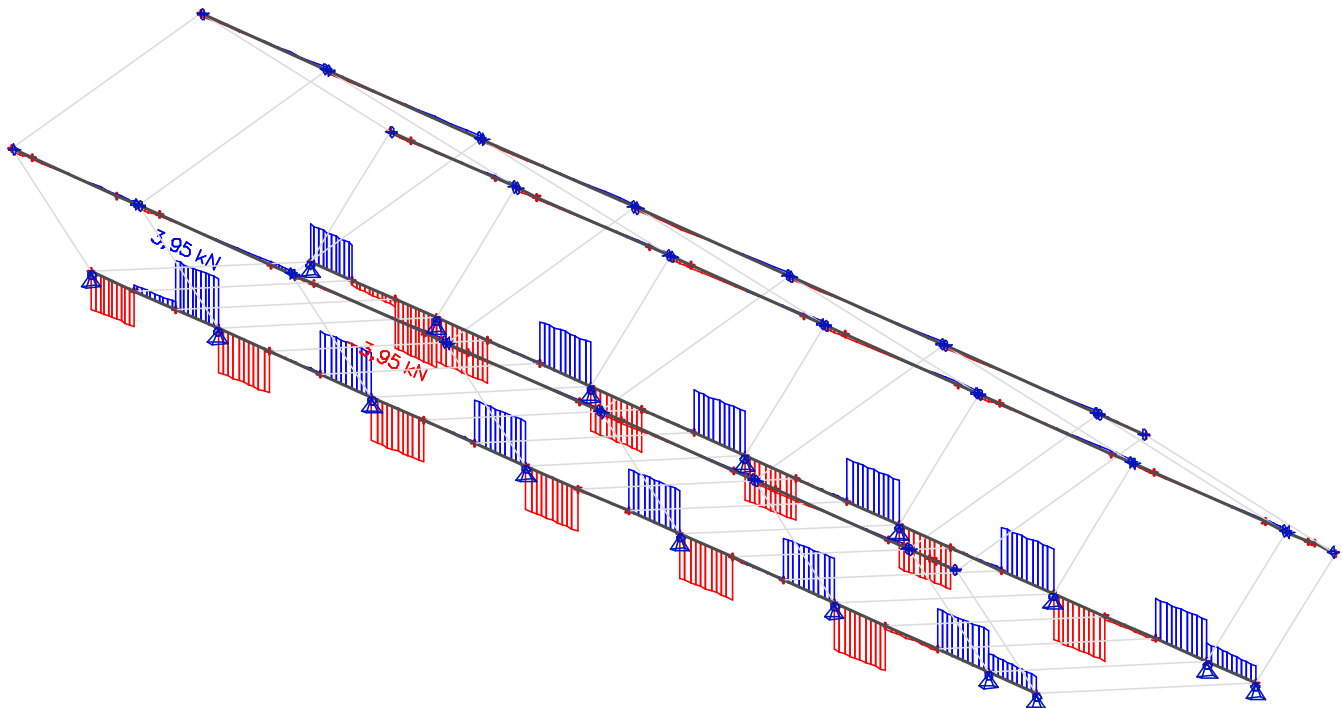
N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
<b>-0,14</b>	0,00	3,27	0,00	0,00	0,00
<b>0,62</b>	0,00	3,27	0,00	0,00	0,00
-0,02	<b>0,00</b>	1,29	0,00	0,00	<b>0,00</b>
-0,05	0,00	<b>-3,27</b>	0,00	0,00	0,00
-0,05	0,00	<b>3,27</b>	<b>0,00</b>	0,00	0,00
0,02	0,00	3,27	<b>0,00</b>	0,00	0,00
-0,02	0,00	0,96	0,00	<b>0,00</b>	0,00
-0,05	0,00	0,00	0,00	<b>1,80</b>	0,00

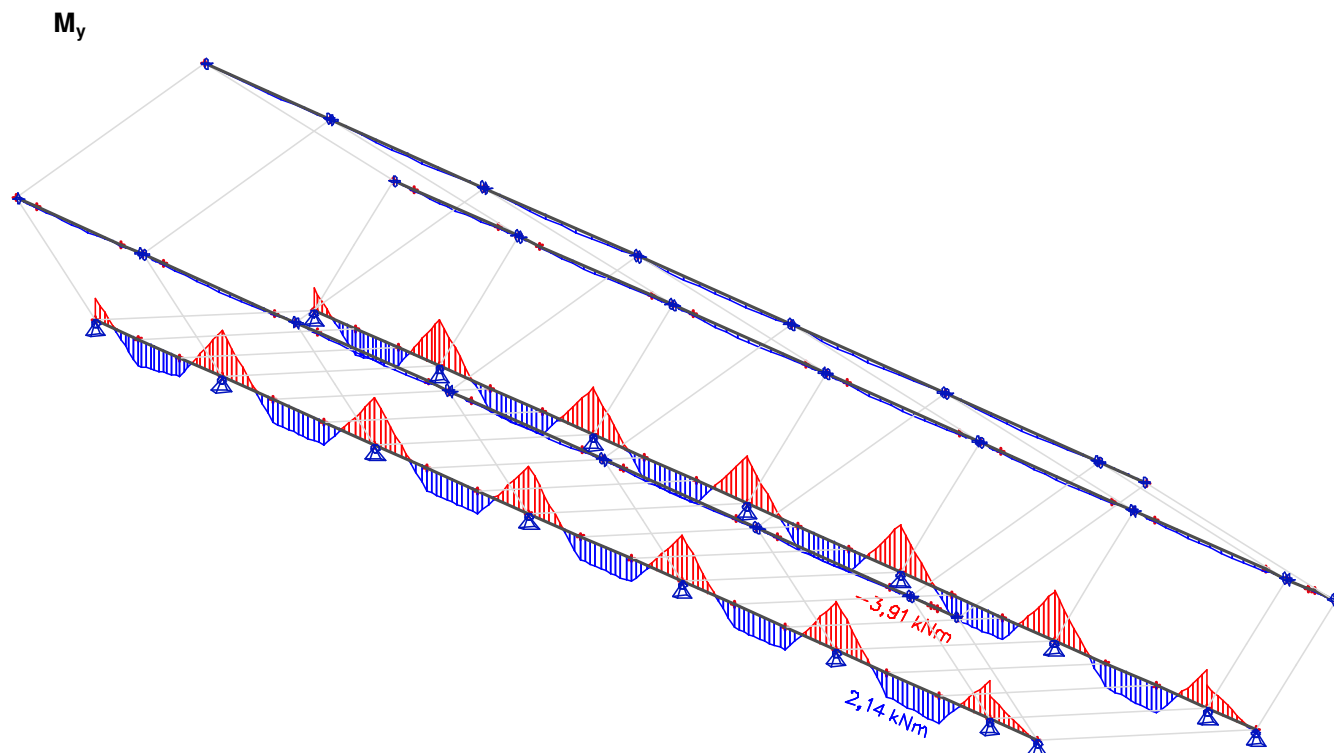
## VEZNE GREDE

N



V<sub>z</sub>





N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-0,87</b>	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
<b>0,41</b>	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
0,00	<b>-0,50</b>	-2,84	-0,01	2,10	0,13
0,00	<b>0,50</b>	2,96	0,01	-1,70	<b>-0,52</b>
0,00	0,02	<b>-3,95</b>	0,01	-3,64	0,00
0,00	-0,02	<b>3,95</b>	-0,01	-3,64	0,00
0,00	-0,05	0,67	<b>-0,02</b>	-0,77	0,09
0,00	0,05	0,67	<b>0,02</b>	-0,77	-0,09
0,00	0,00	-3,68	-0,01	<b>-3,91</b>	0,01
0,00	-0,19	3,17	-0,01	<b>2,14</b>	-0,06
0,00	-0,19	3,32	-0,01	-3,04	<b>0,25</b>

## Prilog 4. Dimenzioniranje peterokuta

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

 duljina elementa:  $L = 220,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

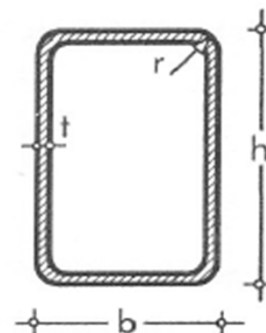
površina poprečnog presjeka:

**80 x 80 x 3**  
**hladnodogotovljeni**
 $h = 80,0$  mm

 $b = 80,0$  mm

 $t = 3,0$  mm

 $G = 7,07$  kg/m

 $A = 9,01$  cm<sup>2</sup>


torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

plošje:

 $I_t = 140,0$  cm<sup>4</sup>
 $W_t = 35,60$  cm<sup>3</sup>
 $A_L = 0,310$  m<sup>2</sup>/m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

 $I_y = 87,8$  cm<sup>4</sup>
 $W_y = 22$  cm<sup>3</sup>
 $W_{pl,y} = 25,8$  cm<sup>3</sup>
 $i_y = 3,12$  cm

 $I_z = 87,8$  cm<sup>4</sup>
 $W_z = 22$  cm<sup>3</sup>
 $W_{pl,z} = 25,8$  cm<sup>3</sup>
 $i_z = 3,12$  cm

### 2. MATERIJAL

 ČELIK S 235  $t < 40$  mm

 $f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>
 $f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>
 $E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>
 $G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>
 $\epsilon = 1,00$ 
 $\nu = 0,3$ 

Parcijalni faktori:

 $\gamma_{M0} = 1,00$ 
 $\gamma_{M1} = 1,10$ 
 $\gamma_{M2} = 1,25$ 

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

 poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 0,6$  kN

 moment savijanja:  $M_{y,Ed} = 0,8$  kN

 uzdužna tlačna sila:  $N_{Ed} = 0,4$  kN

 $V_{y,Ed} = 1,3$  kN

 $M_{z,Ed} = 1,8$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

 Hrbat:  $c = h - 3t = 71,0$  mm

 $c/t = 23,67$ 

 Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\epsilon = 33,0$ 

 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\epsilon = 38,0$ 

 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\epsilon = 42,0$ 

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 71 \text{ mm}$   
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 23,67$	<	$33\varepsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 23,67$	<	$38\varepsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 23,67$	<	$42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,13 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,30 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
 Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah / (b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,01 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.



### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,02$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 0,6 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,4 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,4 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 7,9 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,002$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,13$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 220,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 220,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 376,0 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 376,0 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,750$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 0,750$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,916$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,693$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,92$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,693$$

$$\chi_{min} = 0,693$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 133,4 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (kL_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w / I_z) + (kL_{cr,LT})^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 34751,6 \text{ kNcm}$$

$$= 347,52 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 220,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = 0,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 1,683 \quad C_2 = 1,645$$

Bezdimenzijska vitkost:


$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,132 < \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,483$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,056 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,15 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = -$$

$$\psi = -0,2 \longrightarrow \begin{cases} C_{my} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,51 \geq 0,4 \\ C_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,51 \geq 0,4 \\ C_{mLT} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,51 \geq 0,4 \end{cases}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,51 < 0,51$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,51 < 0,51$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,31$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1})))$$

$$1,00 \geq 1,00$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed}/(\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy}M_{y,Ed}/(\chi_{LT}M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{yz}M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,07 + 0,10 = 0,17 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed}/(\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy}M_{y,Ed}/(\chi_{LT}M_{y,Rk}/\gamma_{M1}) + k_{zz}M_{z,Ed}/(M_{z,Rk}/\gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,14 + 0,17 = 0,31 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **30,89 %**.

## Prilog 5. Dimenzioniranje podnih greda

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 220,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

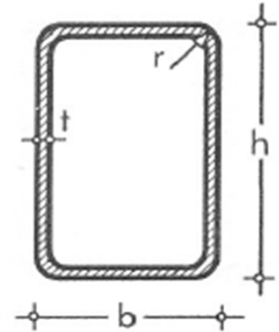
širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

80 x 80 x 3		
hladnodogotovljeni		
$h =$	80,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	3,0	mm
$G =$	7,07	kg/m
$A =$	9,01	cm <sup>2</sup>



torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

$I_t =$	140,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	35,60	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,310	m <sup>2</sup> /m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

$I_y =$	87,8	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	87,8	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	22	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	22	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	25,8	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	25,8	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	3,12	cm	$i_z =$	3,12	cm

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y =$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>	$E =$	21000	kN/cm <sup>2</sup>	$\epsilon =$	1,00
$f_u =$	36,00	kN/cm <sup>2</sup>	$G =$	8100	kN/cm <sup>2</sup>	$\nu =$	0,3

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} =$	1,00	$\gamma_{M1} =$	1,10	$\gamma_{M2} =$	1,25
-----------------	------	-----------------	------	-----------------	------

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

moment savijanja:

uzdužna tlačna sila:

$V_{z,Ed} =$	3,3	kN	$V_{y,Ed} =$	0,0	kN
$M_{y,Ed} =$	1,8	kN	$M_{z,Ed} =$	0,0	kN
$N_{Ed} =$	0,1	kN			

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$$c = h - 3t = 71,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 23,67$$

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 23,67$	<	$33\epsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 23,67$	<	$38\epsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 23,67$	<	$42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 71$  mm  
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\varepsilon = 33,0$   
Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\varepsilon = 38,0$   
Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,30 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah / (b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,05 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 3,3 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,1 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 7,9 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,001$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,30$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 220,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 220,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 376,0 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 376,0 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,750$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 0,750$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,916$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,693$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,92$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,693$$

$$\chi_{min} = 0,693$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 133,4 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (kL_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w / I_z) + (kL_{cr,LT})^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 23271,0 \text{ kNcm}$$

$$= 232,71 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 220,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = 0,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 1,127$$

$$C_2 = 0,454$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,161$$

<


$$\lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,498$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,031 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,33 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,0$$

$$\psi = 0,0$$

$$\rightarrow \begin{aligned} C_{my} &= 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,95 && \geq 0,4 \\ C_{mLT} &= 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,95 && \geq 0,4 \\ C_{mLT} &= 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,95 && \geq 0,4 \end{aligned}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,95 < 0,95$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,95 < 0,95$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,57$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$1,00 \geq 1,00$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,30 + 0,00 = 0,30 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,32 + 0,00 = 0,32 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **32,66 %**.



## Prilog 6. Dimenzioniranje veznih greda

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 480,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

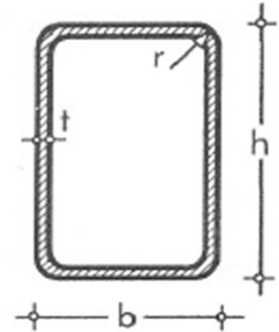
širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

80 x 80 x 3		
hladnodogotovljeni		
$h =$	80,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	3,0	mm
$G =$	7,07	kg/m
$A =$	9,01	cm <sup>2</sup>



torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

$I_t =$	140,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	35,60	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,310	m <sup>2</sup> /m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

$I_y =$	87,8	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	87,8	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	22	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	22	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	25,8	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	25,8	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	3,12	cm	$i_z =$	3,12	cm

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y =$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>	$E =$	21000	kN/cm <sup>2</sup>	$\epsilon =$	1,00
$f_u =$	36,00	kN/cm <sup>2</sup>	$G =$	8100	kN/cm <sup>2</sup>	$\nu =$	0,3

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} =$	1,00	$\gamma_{M1} =$	1,10	$\gamma_{M2} =$	1,25
-----------------	------	-----------------	------	-----------------	------

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

moment savijanja:

uzdužna tlačna sila:

$V_{z,Ed} =$	3,7	kN	$V_{y,Ed} =$	0,0	kN
$M_{y,Ed} =$	3,9	kN	$M_{z,Ed} =$	0,0	kN
$N_{Ed} =$	0,0	kN			

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$$c = h - 3t = 71,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 23,67$$

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 23,67$	<	$33\epsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 23,67$	<	$38\epsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 23,67$	<	$42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 71 \text{ mm}$   
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\varepsilon = 33,0$   
 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\varepsilon = 38,0$   
 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,64 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
 Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah / (b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,06 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene <b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2 Zagreb, studeni 2018.
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 3,7 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 7,9 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,000$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,64$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 480,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 160,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / l_{cr,y}^2 = 79,0 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / l_{cr,z}^2 = 710,8 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (A f_y / N_{cr,y})^{1/2} = 1,637$$

$$\lambda_z = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} = 0,546$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

os z-z → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

Određivanje faktora redukcije  $\chi$ :

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 2,193$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,274$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,73$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,817$$

$$\chi_{min} = 0,274$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 52,7 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 E I_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w/I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 53232,1 \text{ kNcm}$$

$$= 532,32 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 220,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = 0,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578$$

$$C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,107$$

<


$$\lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,470$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,077 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,71 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = -0,5$$

$$\psi = 1,0$$

$$\begin{matrix} C_{my} = 0,1 - 0,8\alpha_h = 0,5 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,1 + 0,8\alpha_h = 0,5 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,1 + 0,8\alpha_h = 0,5 & \geq & 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,50 > 0,50$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,50 > 0,50$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,30$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$1,00 \geq 1,00$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

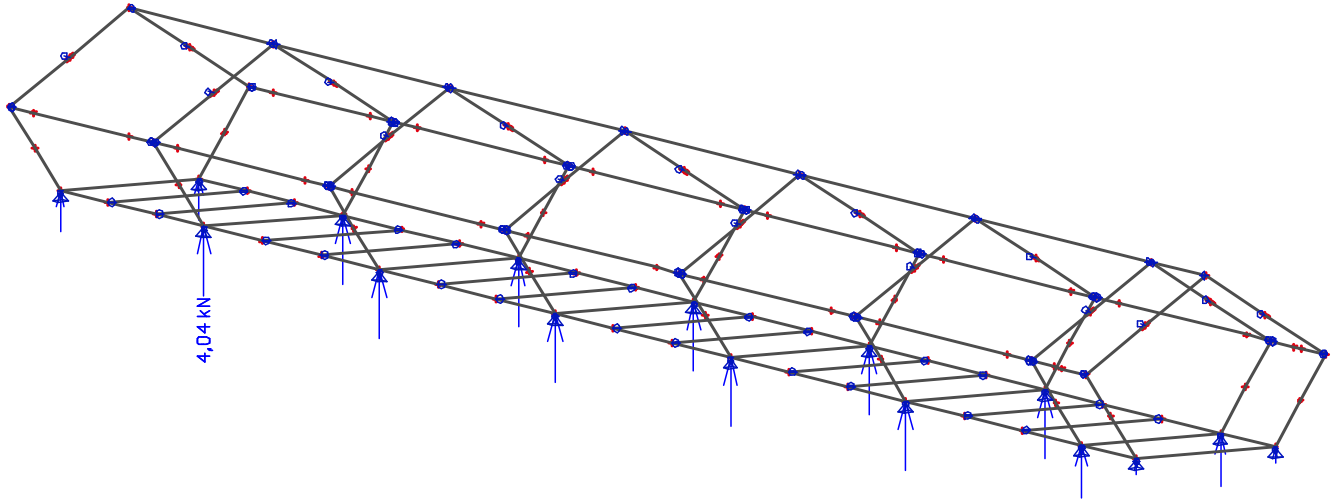
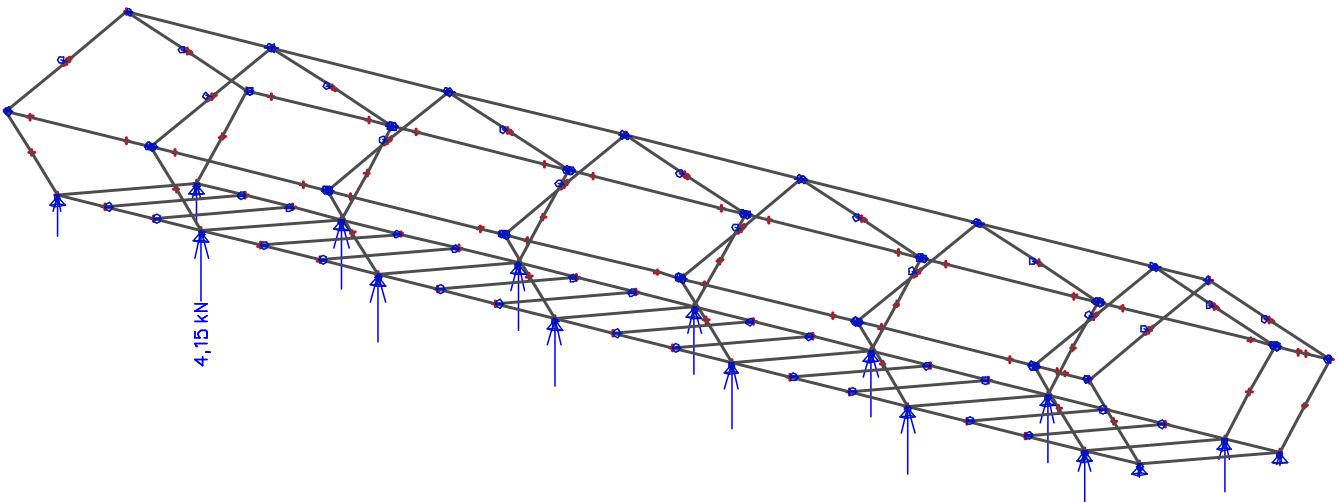
$$0,00 + 0,33 + 0,00 = 0,33 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,66 + 0,00 = 0,66 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **70,94 %**.

## Prilog 7. Prikaz reakcija

**CO4 vt + dodatno stalno****LC4 korisno potkrovlje**

### 2.3.2. Provjera utjecaja novog zahvata u tavanu na postojeću stolicu krovišta

#### UVOD

Analizirano je opterećenje na postojeću stolicu krovišta i utjecaj novog opterećenja od intervencijske staze. Dimenzije stolice krovišta su preuzete iz arhitektonskih nacрта, a klasa drva je pretpostavljena na C24. To je drvo jele i najčešće se koristi za krovišta.

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

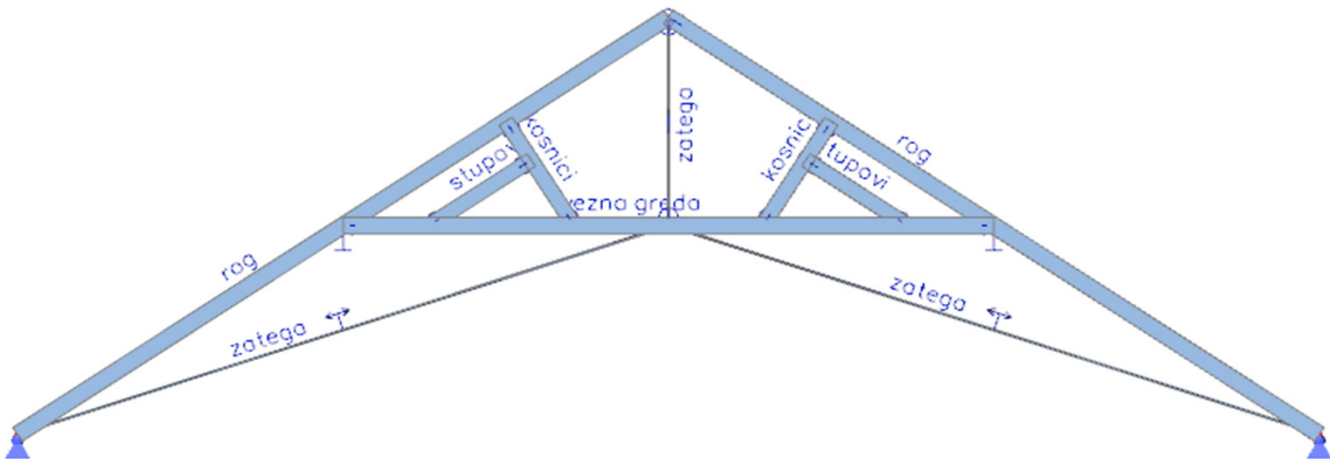
- **rogovi** dimenzija **b/h = 16/20 cm**
- **vezna greda** dimenzija **b/h = 20/20 cm**
- **kosnici, stupovi i ruke** dimenzija **b/h = 18/18 cm**
- **pretpostavljena** dimenzija **zatege  $\phi 26$  mm** (u nacrtima nije debljina izražena)
- klasa drva **C24**
- klasa čelika **S235**

#### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz opterećenja
- Prilog 3. Prikaz unutarnji sila u elementima za dodano opterećenje intervencijske staze
- Prilog 4. Opis i dokaz ojačanja

**\* Ukoliko debljina zatege nije kao pretpostavljena, kontaktirati projektanta konstrukcije!**

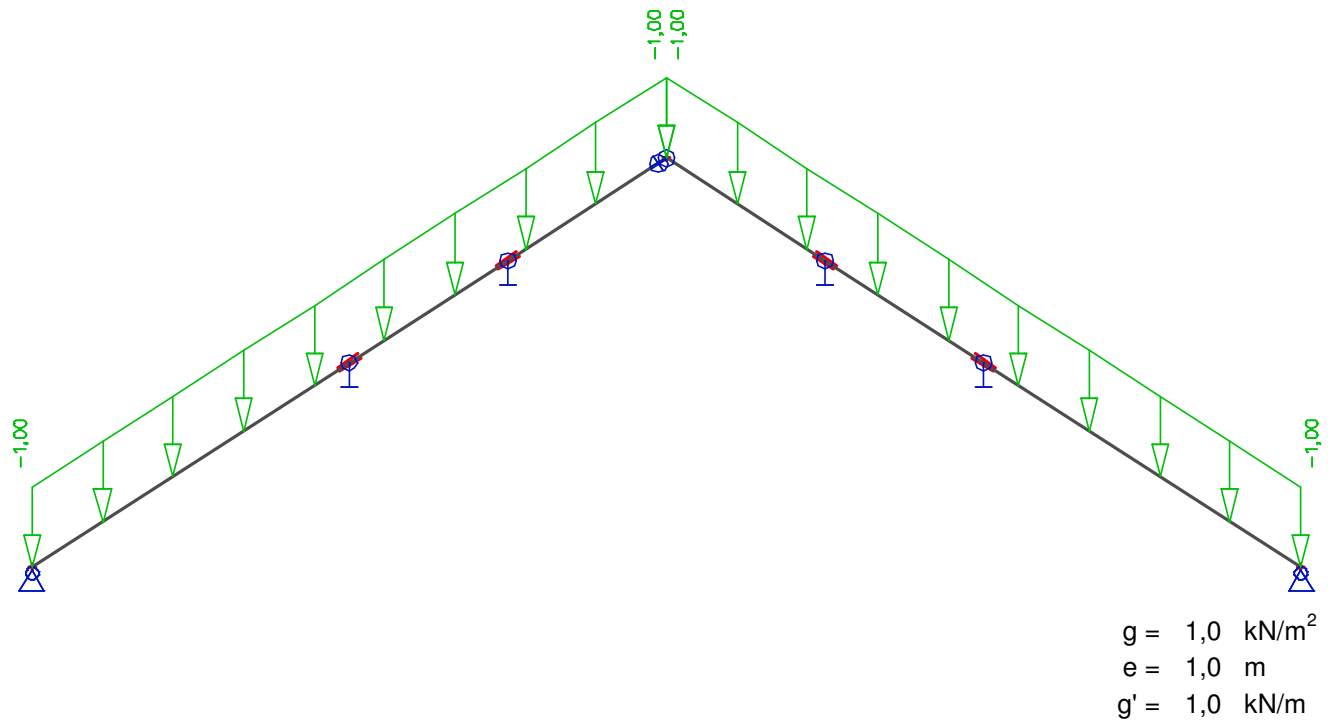
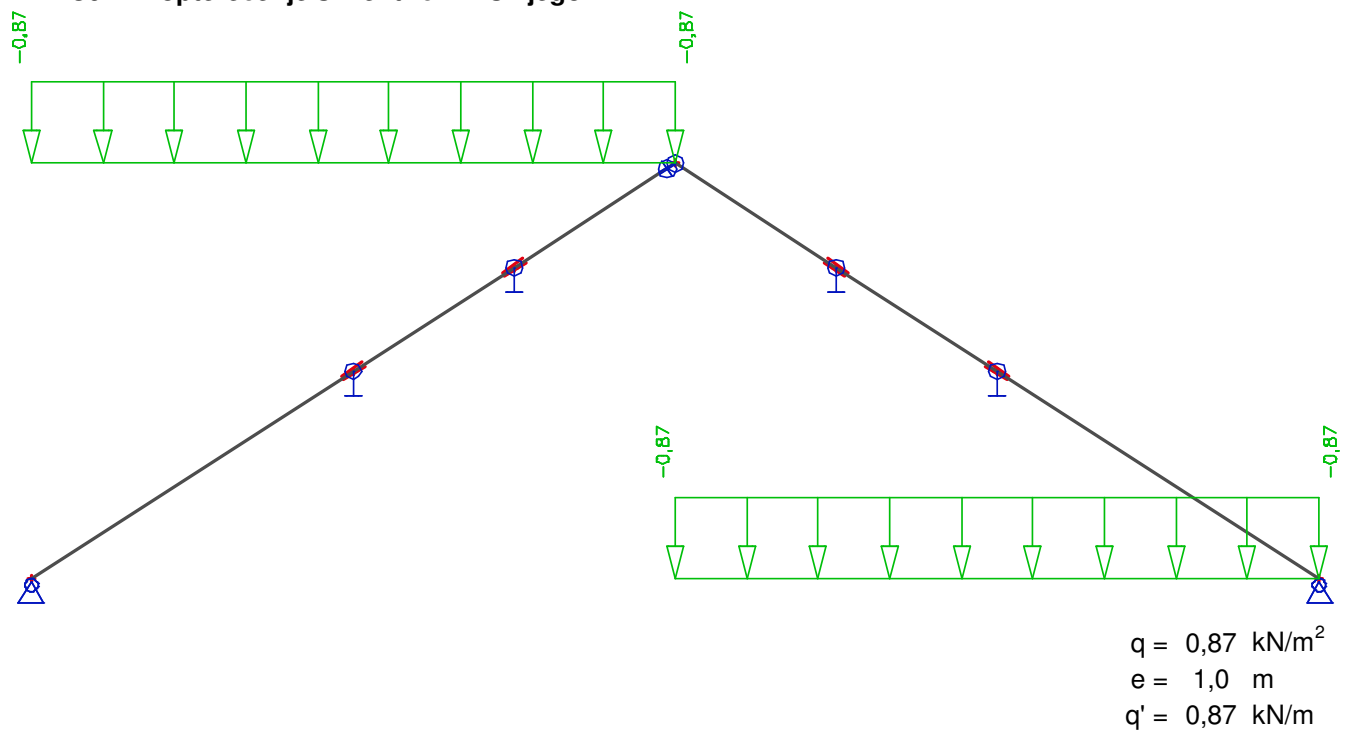
Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca



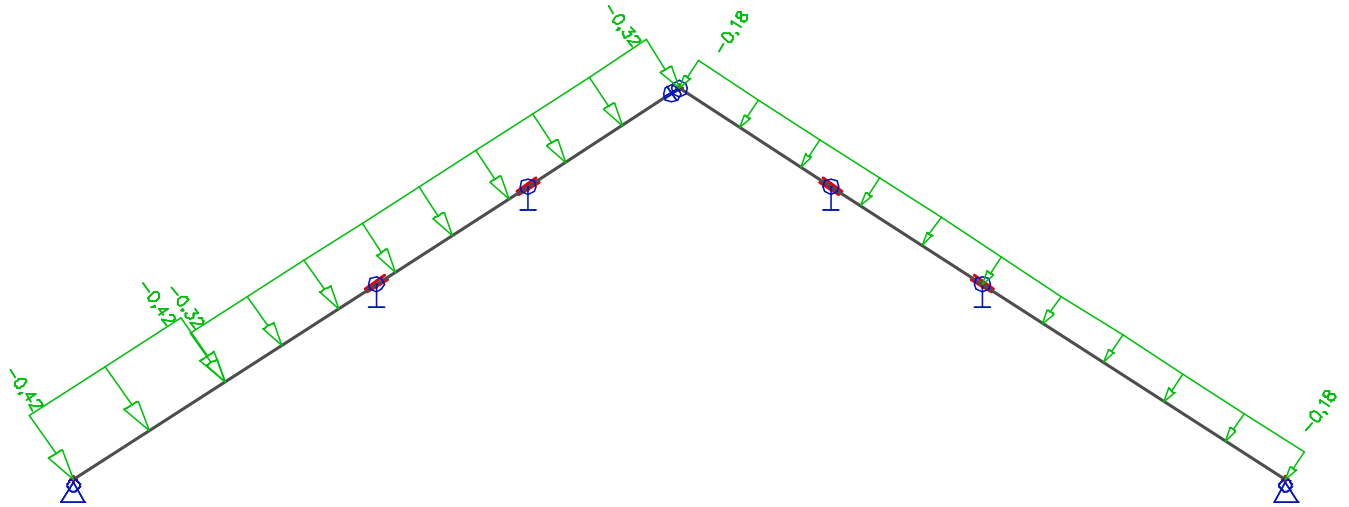
Sustav stolice preuzima tri vrste opterećenja:

- 1) opterećenje roga
- 2) reakciju podrožnice
- 3) opterećenje intervencijske staze

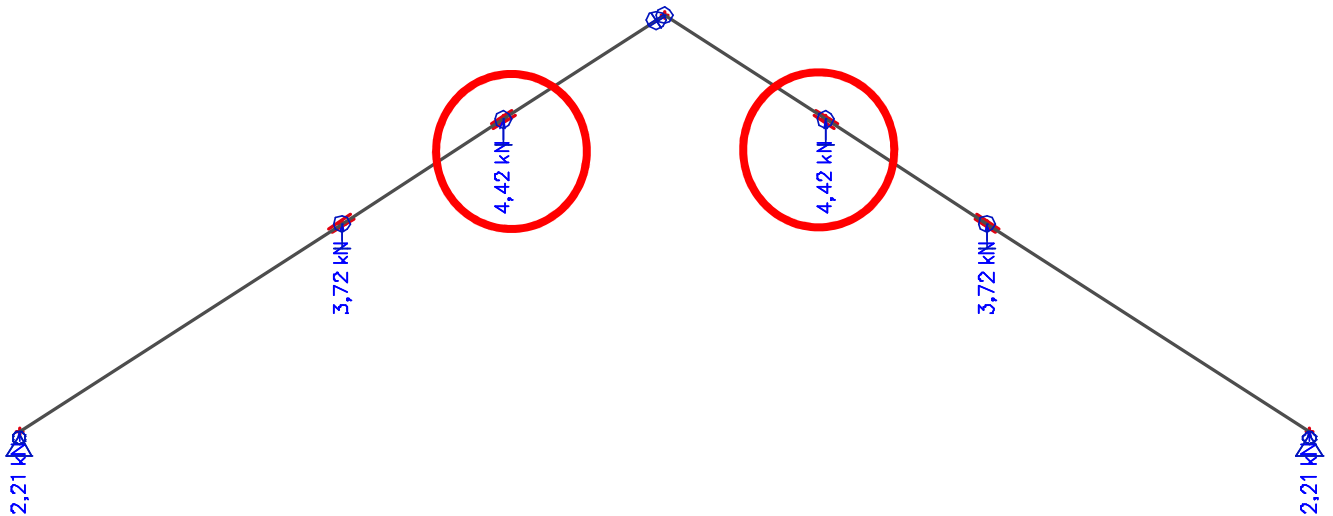
## Prilog 2. Prikaz opterećenja

1) opterećenje roga; rogovi su na razmaku od  $e = 100$  cm**LC2 dodatno stalno****LC9 opterećenje simetričnim snijegom**



**LC13 opterećenje vjetrom na dulju stranicu - pritisak**

2) reakcija podrožnice

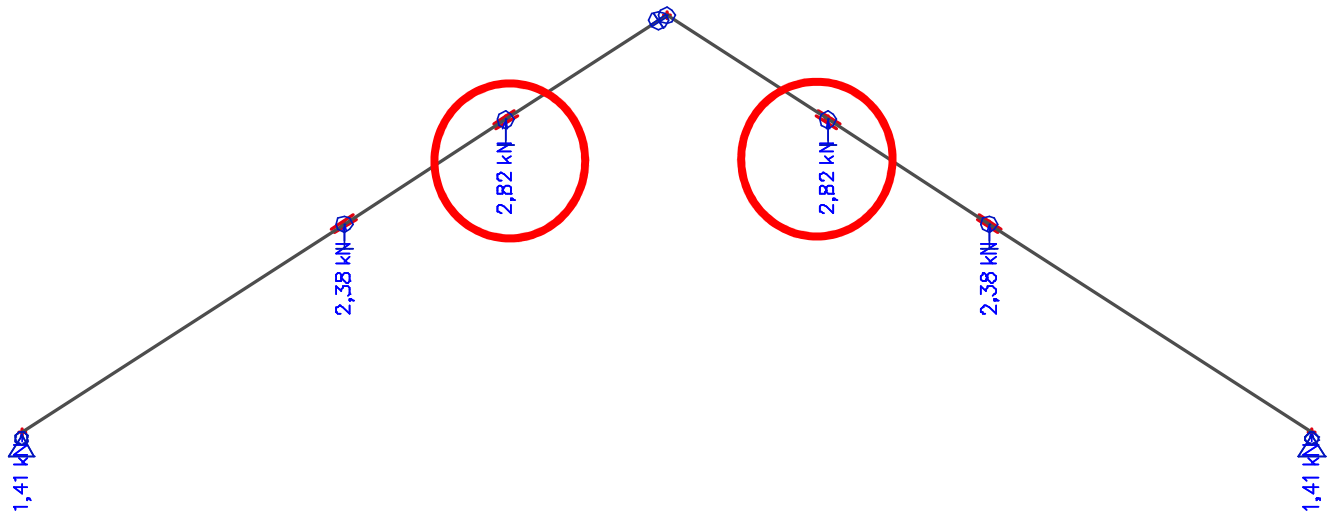
**CO4 vt + dodatno stalno**

$$\begin{aligned} G &= 4,42 \text{ kN} \\ e &= 1,0 \text{ m} \\ g &= G/e = 4,42 \text{ kN/m} \\ L &= 4,80 \text{ m} \\ R_G &= g L/2 = 10,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

sa svake strane

$$R_G = 21,2 \text{ kN/m}$$

## LC9 opterećenje simetričnim snijegom



$$S = 2,82 \text{ kN}$$

$$e = 1,0 \text{ m}$$

$$s = S/e = 2,82 \text{ kN/m}$$

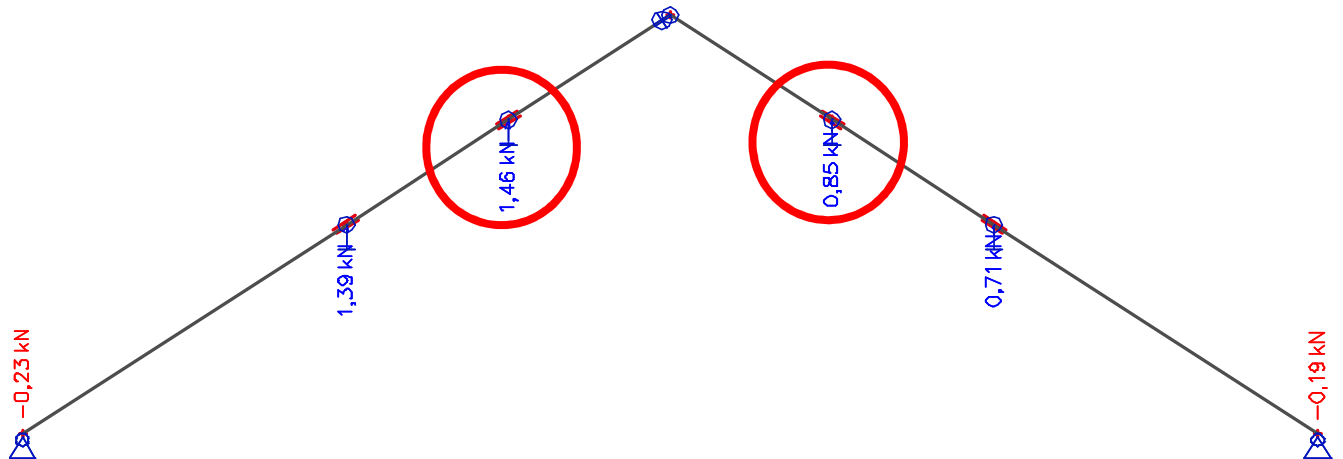
$$L = 4,80 \text{ m}$$

$$R_S = s L/2 = 6,8 \text{ kN/m}$$

sa svake strane

$$R_S = 13,5 \text{ kN/m}$$

## LC13 opterećenje vjetrom na dulju stranicu - pritisak



$$W = 1,46 \text{ kN}$$

$$e = 1,0 \text{ m}$$

$$w = W/e = 1,46 \text{ kN/m}$$

$$L = 4,80 \text{ m}$$

$$R_W = w L/2 = 3,5 \text{ kN/m}$$

sa svake strane

$$R_W = 7,0 \text{ kN/m}$$

$$W = 0,85 \text{ kN}$$

$$e = 1,0 \text{ m}$$

$$w = W/e = 0,85 \text{ kN/m}$$

$$L = 4,80 \text{ m}$$

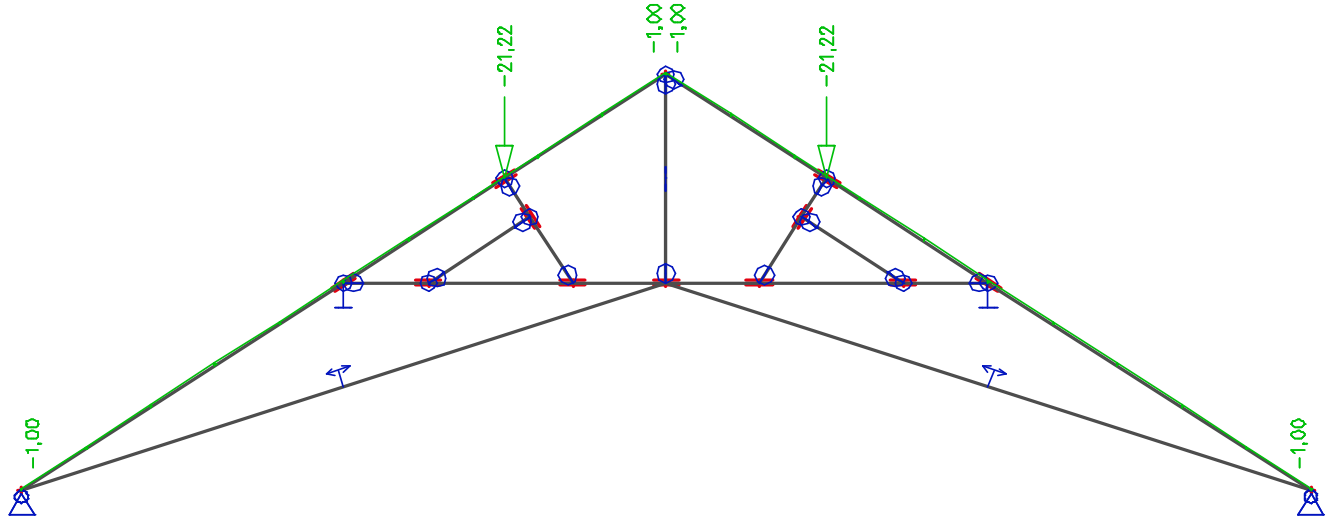
$$R_W = w L/2 = 2,0 \text{ kN/m}$$

sa svake strane

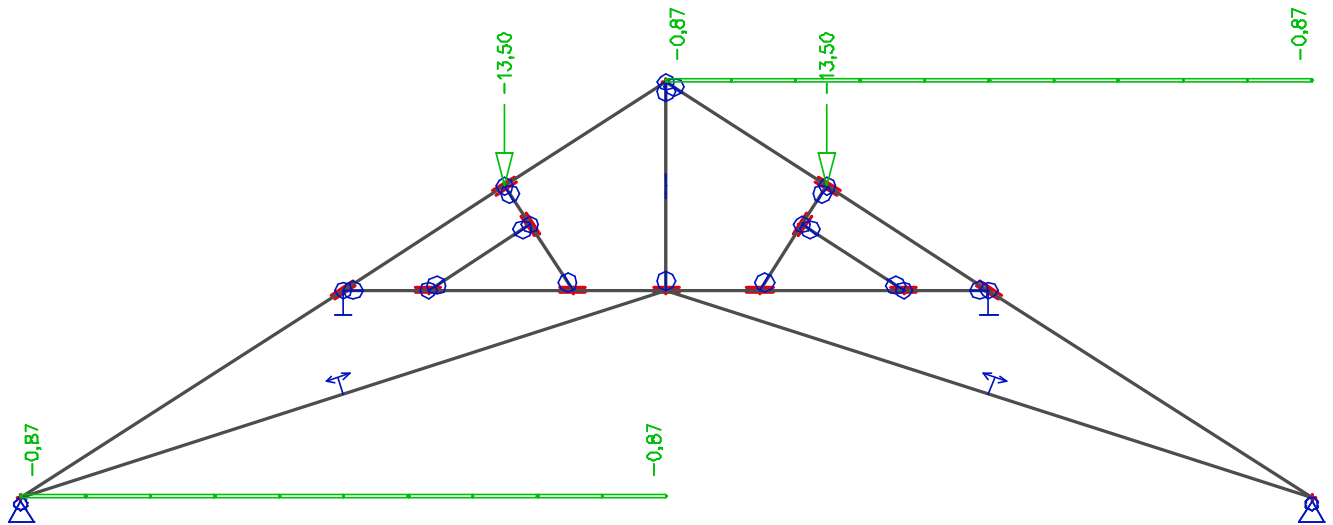
$$R_W = 4,1 \text{ kN/m}$$

U modelu su spjena opterećenja pod 1) i 2) jer djeluju istovremeno.

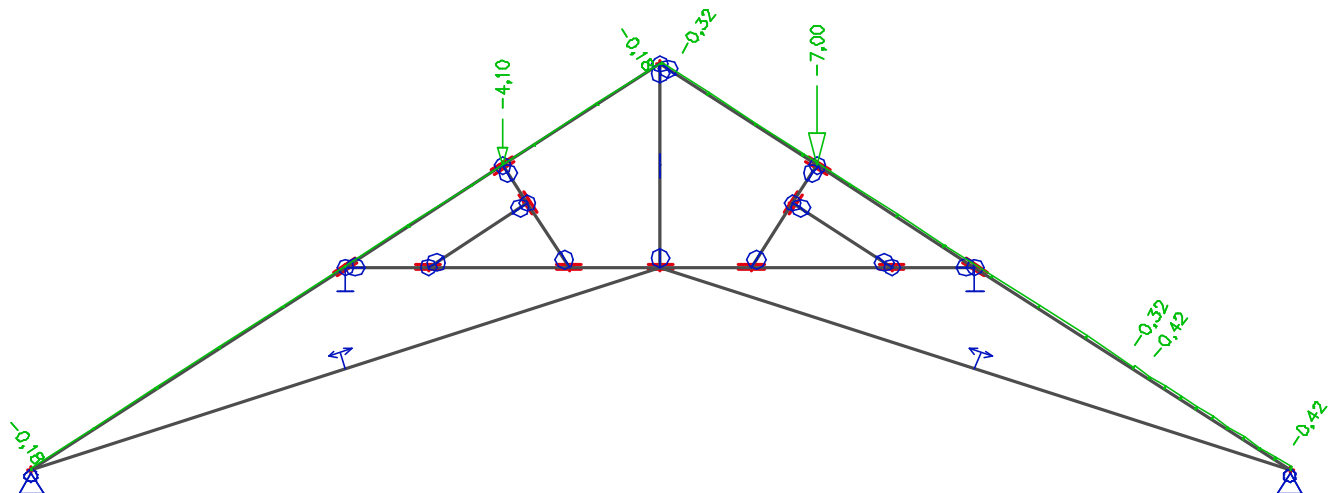
**LC2 dodatno stalno**



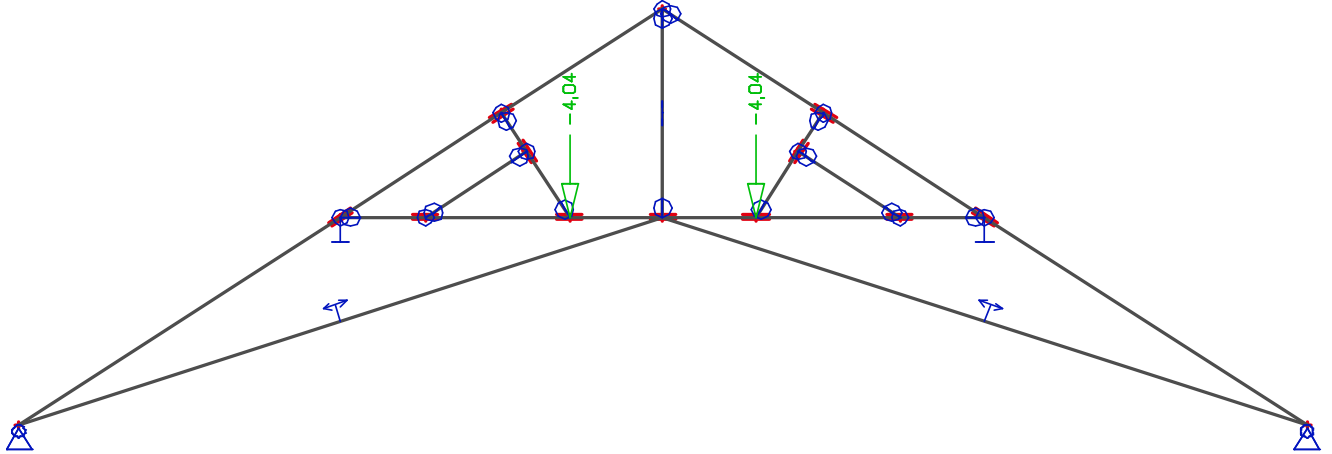
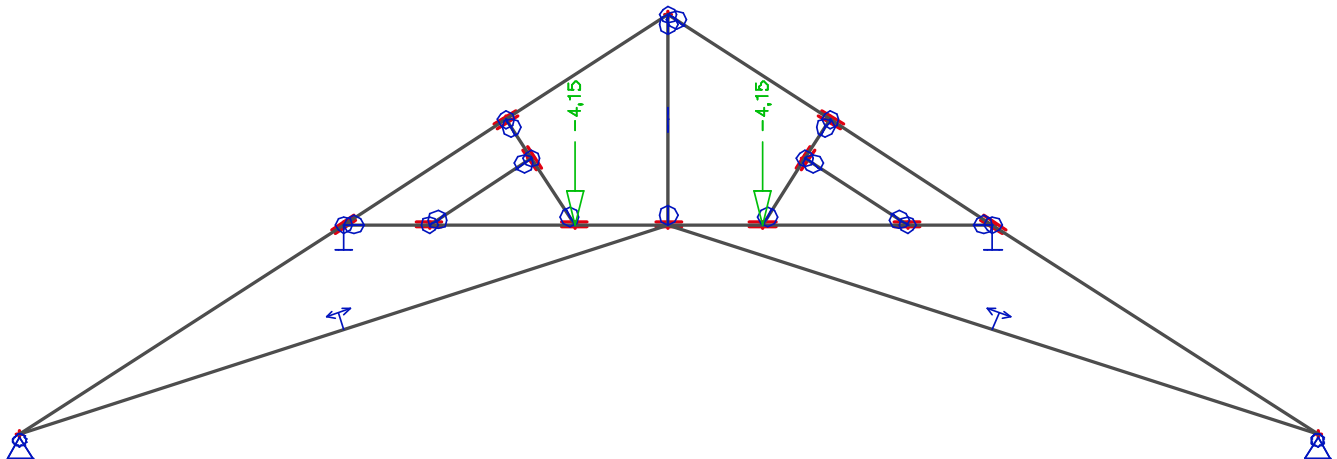
**LC9 opterećenje simetričnim snijegom**

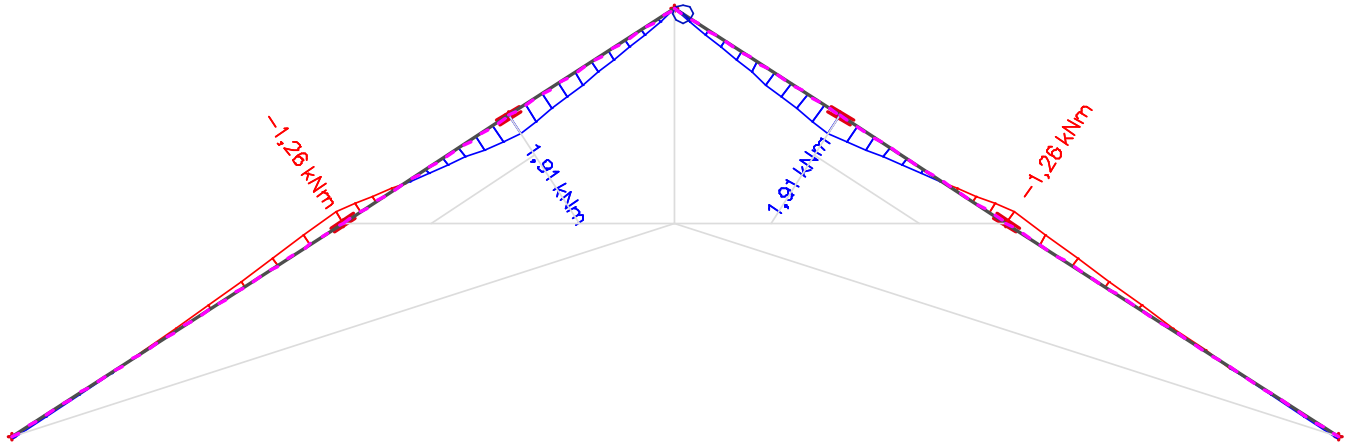
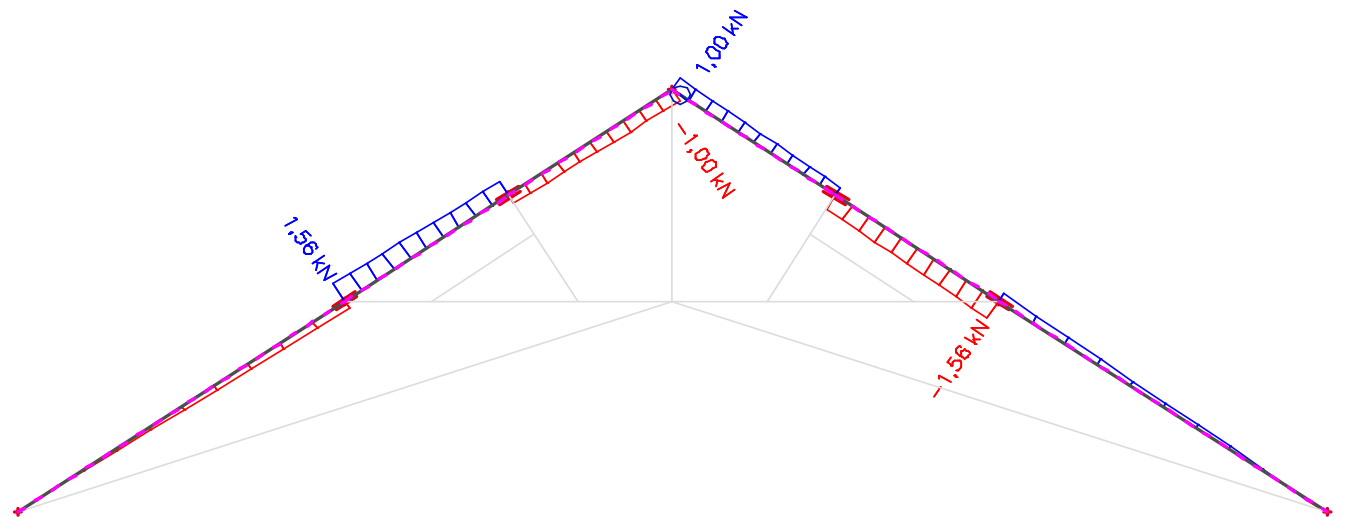
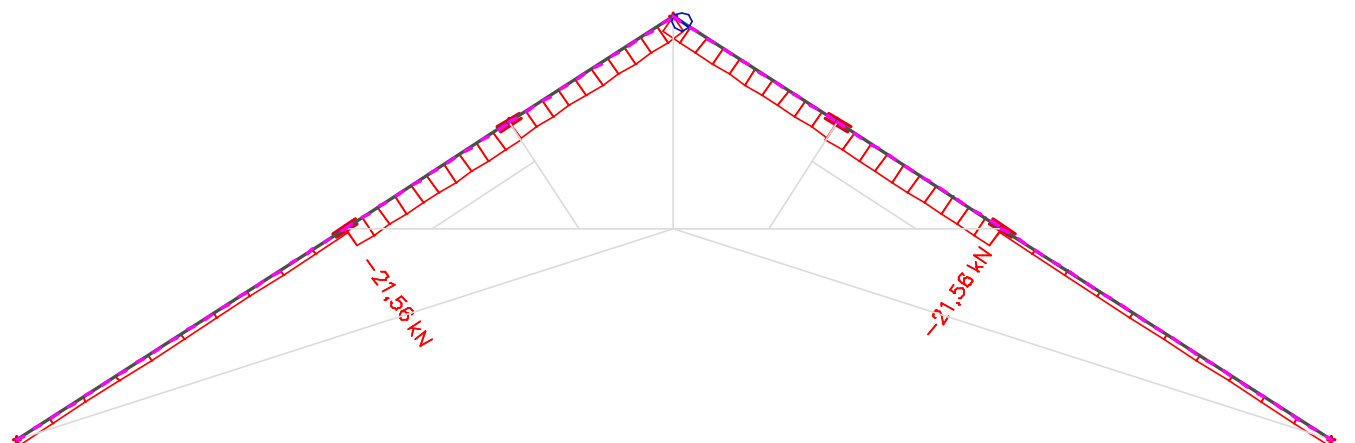


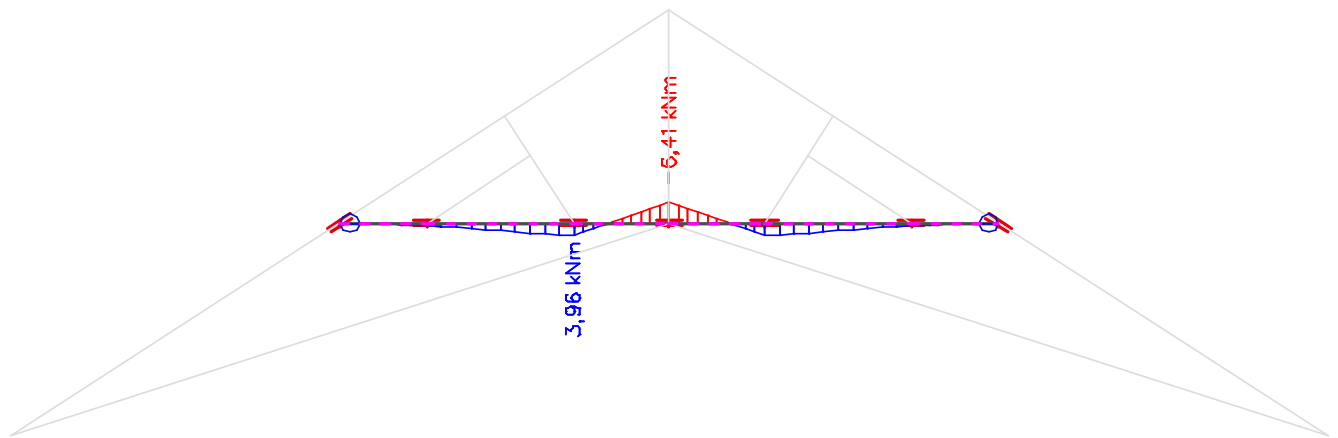
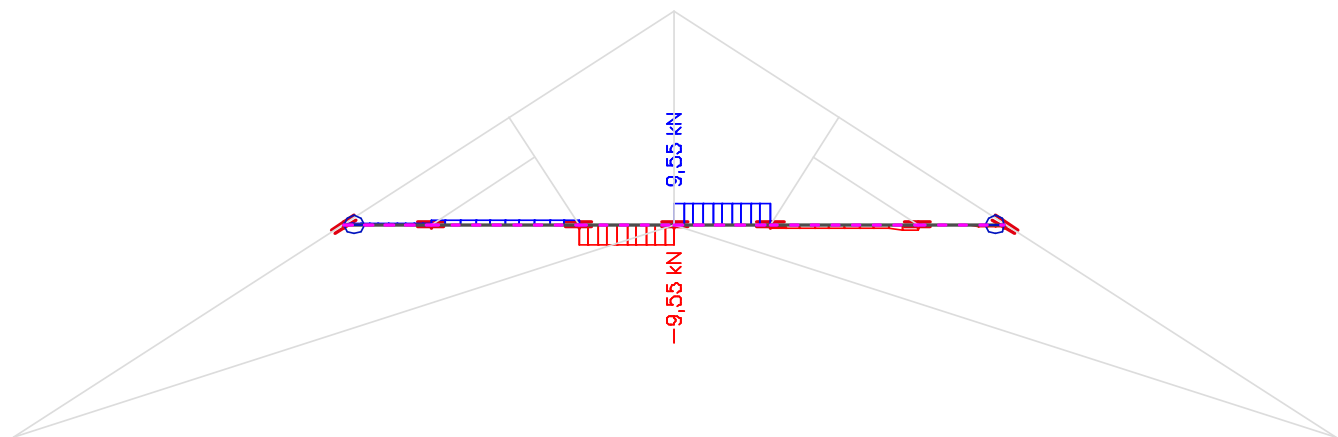
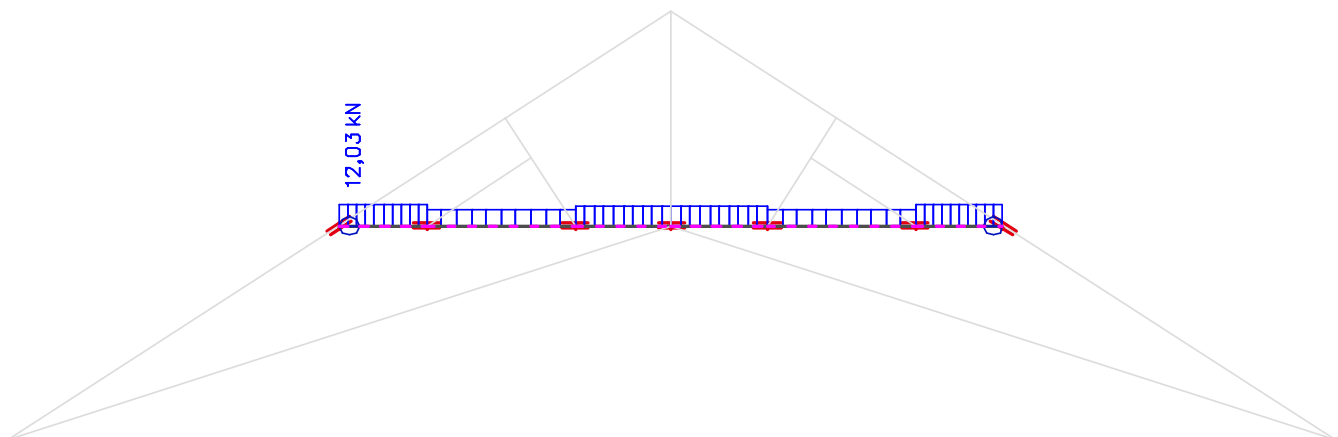
**LC13 opterećenje vjetrom na duđu stranicu - pritisak**

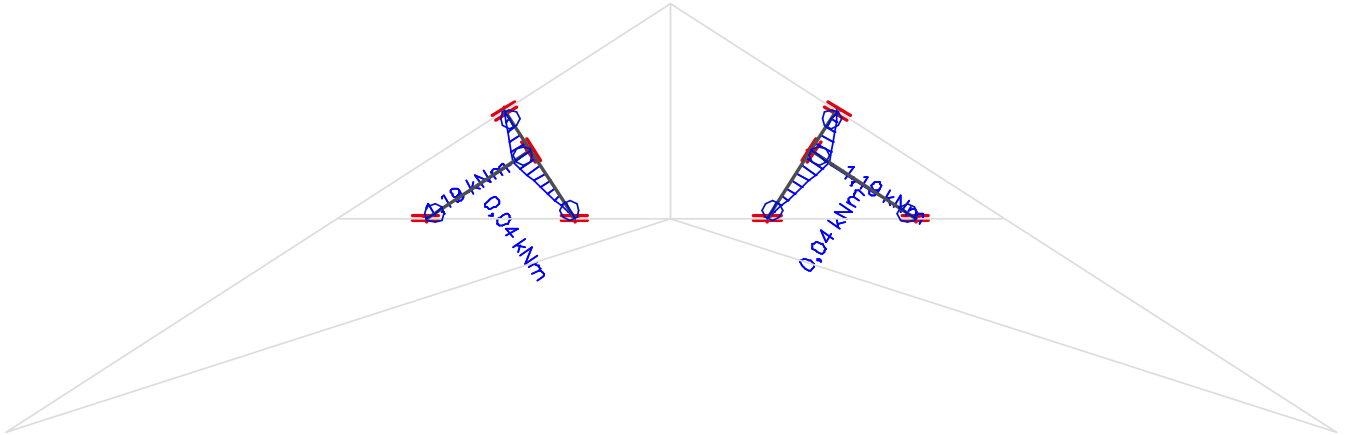
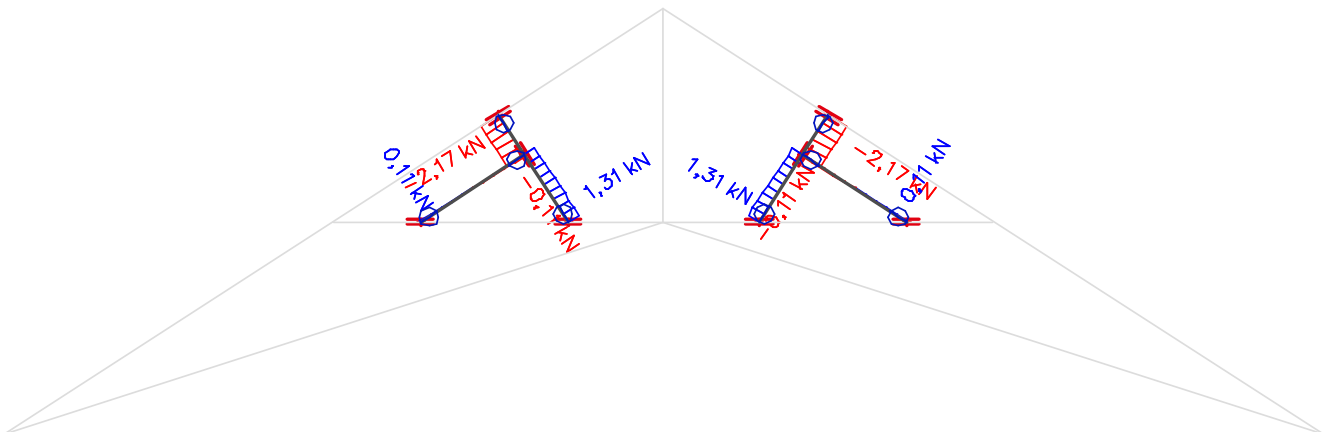
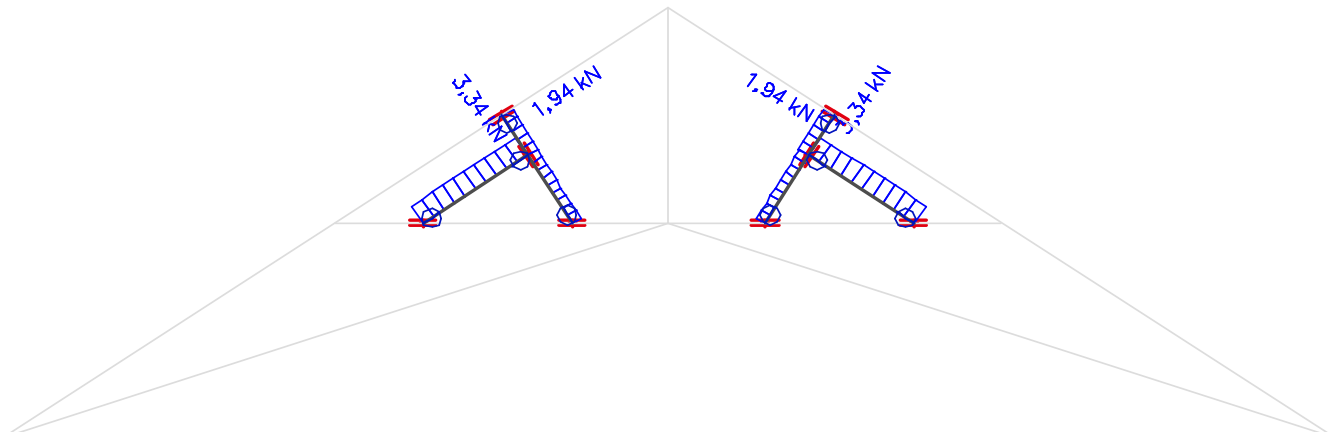


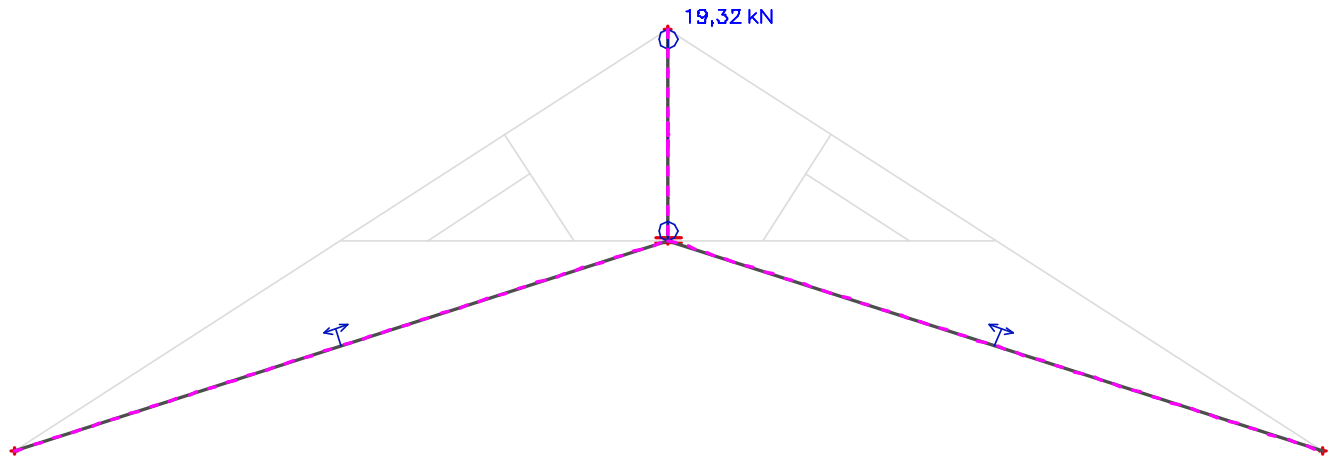
## 3) opterećenje intervencijske staze

**LC2' dodatno stalno od opterećenja staze****LC4' korisno opterećenje od opterećenja staze**

**Prilog 3. Prikaz unutarnji sila u elementima za dodano opterećenje intervencijske staze**  
**ROGOVI** **$M_y$**  **$V_z$** **N**

**VEZNA GREDA** $M_y$  $V_z$ **N**

**KOSNICI, STUPOVI** **$M_y$**  **$V_z$** **N**

**ZATEGA  
N**



Prilog 4. Opis i dokaz ojačanja

## ROGOVI

**Na mjestima stolice, ojačati postojeći rog, sa svake strane, s gredom  $b/h = 4/20$  cm.**

**Ojačanje s postojećim rogom učvrstiti s vijcima  $\phi 16$  svakih 50 cm.**

### 1. ULAZNI PODACI

Poprečni presjek:

$$b = 80 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$L = 4,57 \text{ m}$$

$$I_y = 5,33E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 8,53E+06 \text{ mm}^4$$

Duljina:

Razred drva:

C24

Faktor sigurnosti:

$$\gamma_M = 1,3$$

Mehaničke karakteristike:

Karakteristične vrijednosti:

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 690 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$$

Proračunske vrijednosti:

$$f_{m,d} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

Razred uporabivosti:

$$2 \quad (12\% < u \leq 20\%)$$

Koeficijent modifikacije:

$$k_{mod} = 0,90$$

Koef. deformacije:

$$k_{def,G} = 0,80 \quad \text{- stalno}$$

$$k_{def,s} = 0,25 \quad \text{- snijeg - srednjetrojno}$$

$$k_{def,w} = 0,00 \quad \text{- vjetar - kratko}$$

Rezne sile:

$$M_{y,Ed} = 1,91 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 1,58 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$C = 21,56 \text{ kN}$$

$$T = 0 \text{ kN}$$

## 2. GSN - provjere poprečnog presjeka

### 2.1. Savijanje:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = 3,58 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,Ed} / W_z = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$k_m = 0,7$$

Uvjet:

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m(\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) = 0,22 + 0,00 = 0,22 < 1,0$$

$$k_m(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) = 0,15 + 0,00 = 0,15 < 1,0$$

Zadovoljava.

Zadovoljava.

### 2.2. Posmik:

$$V_{Ed} = (V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2)^{1/2} = 1,58 \text{ kN}$$

$$t_{v,d} = 1,5 \times V_{Ed} / b \times h = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Uvjet:

$$t_{v,d} / f_{v,d} = 0,09 < 1,0$$

Zadovoljava.

### 2.3. Vlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= T / A_{\text{netto}} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \\ A_{\text{netto}} &= 0,8 \times A_{\text{brutto}} = 12800 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{brutto}} &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 0,00 < 1,0$  Zadovoljava.

### 2.4. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= C / A = 1,35 \text{ N/mm}^2 \\ A &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 0,09 < 1,0$  Zadovoljava.

### 2.5. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,31 < 1,0$  Zadovoljava.

## 3. GSN - provjere elementa

### 3.1. Savijanje:

Duljina izvijanja:  $l_y = 4,57 \text{ m} = 4570 \text{ mm}$

Naprezanje od savijanja:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,Ed} / W_y = 3,58 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,Ed} / W_z = 0,00 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_{m,crit,y} = (\pi \times b^2 \times E_{0,05}) / (h \times l_y) (G_{0,mean} / E_{0,mean})^{0,5} = 49,68 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{rel,m,y} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit,y})^{1/2} = 0,70 \leq 0,75 \rightarrow k_{crit,y} = 1,0$$

Uvjet:

$$\begin{aligned}(\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,22 + 0,00 = 0,22 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.} \\ k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,15 + 0,00 = 0,15 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.}\end{aligned}$$

### 3.2. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

Duljina izvijanja:

$$\begin{aligned}l_y &= 4,57 \text{ m} = 4570 \text{ mm} \\ l_z &= 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}\end{aligned}$$

podaskano

Radijus tromosti poprečnog presjeka:

$$\begin{aligned}i_y &= 0,289 h = 57,8 \text{ cm} \\ i_z &= 0,289 b = 23,12 \text{ cm}\end{aligned}$$

Vitkost:

$$\begin{aligned}\lambda_y &= l_y / i_y = 79,066 \\ \lambda_z &= l_z / i_z = 8,6505\end{aligned}$$

Kritično naprezanje tlaka paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 11,671 \text{ N/mm}^2 = 1,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 975 \text{ N/mm}^2 = 97,50 \text{ kN/cm}^2$$

Relativna vitkost:

$$\lambda_{rel,y} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y})^{1/2} = 1,34$$

$$\lambda_{rel,z} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z})^{1/2} = 0,1468$$

$$\beta_c = 0,2$$

puno drvo

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 1,484$$

$$k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,495$$

$$k_{c,y} = (k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2})^{-1} = 0,472$$

$$k_{c,z} = (k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2})^{-1} = 1,032$$

$$\sigma_{c,0,d} = C / A = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

$$A = b \times h = 16000 \text{ mm}^2$$

Uvjet:	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \times f_{c,0,d}) = 0,20 < 1,0$	Zadovoljava.
	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \times f_{c,0,d}) = 0,09 < 1,0$	Zadovoljava.

### 3.3. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 1,0$	
	0,20 + 0,22 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,41 < 1,0
		Zadovoljava!

Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})) \leq 1,0$	
	0,20 + 0,15 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,35 < 1,0
		Zadovoljava!

## VEZNA GREDA

Na mjestima stolice, ojačati postojeću veznu gredu, sa svake strane, s gredom  $b/h = 4/20$  cm.

Ojačanje s postojećom gredom učvrstiti s vijcima  $\phi 16$  svakih 50 cm.

### 1. ULAZNI PODACI

Poprečni presjek:

$$b = 80 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$L = 2,2 \text{ m}$$

$$I_y = 5,33E+07 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 8,53E+06 \text{ mm}^4$$

Duljina:

Razred drva:

C24

Faktor sigurnosti:

$$\gamma_M = 1,3$$

Mehaničke karakteristike:

Karakteristične vrijednosti:

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 14,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,k} = 0,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 21,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 690 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{mean} = 420 \text{ kg/m}^3$$

Proračunske vrijednosti:

$$f_{m,d} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = 9,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = 0,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = 14,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 1,7 \text{ N/mm}^2$$

Razred uporabivosti:

$$2 \quad (12\% < u \leq 20\%)$$

Koeficijent modifikacije:

$$k_{mod} = 0,90$$

Koef. deformacije:

$$k_{def,G} = 0,80 \quad \text{- stalno}$$

$$k_{def,s} = 0,25 \quad \text{- snijeg - srednjetrojno}$$

$$k_{def,w} = 0,00 \quad \text{- vjetar - kratko}$$

Rezne sile:

$$M_{y,Ed} = 6,41 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 9,55 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$C = 0,00 \text{ kN}$$

$$T = 12,03 \text{ kN}$$

## 2. GSN - provjere poprečnog presjeka

### 2.1. Savijanje:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = 12,02 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{z,Ed} / W_z = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$k_m = 0,7$$

Uvjet:

$$(\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) = 0,72 + 0,00 = 0,72 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.}$$

$$k_m (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) = 0,51 + 0,00 = 0,51 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.}$$

### 2.2. Posmik:

$$V_{Ed} = (V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2)^{1/2} = 9,55 \text{ kN}$$

$$t_{v,d} = 1,5 \times V_{Ed} / b \times h = 0,90 \text{ N/mm}^2$$

Uvjet:

$$t_{v,d} / f_{v,d} = 0,52 < 1,0$$

Zadovoljava.

### 2.3. Vlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= T / A_{\text{netto}} = 0,94 \text{ N/mm}^2 \\ A_{\text{netto}} &= 0,8 \times A_{\text{brutto}} = 12800 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{brutto}} &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 0,10 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.4. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= C / A = 0,00 \text{ N/mm}^2 \\ A &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 0,00 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.5. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,72 < 1,0$  **Zadovoljava.**

## 3. GSN - provjere elementa

### 3.1. Savijanje:

Duljina izvijanja:  $l_y = 2,2 \text{ m} = 2200 \text{ mm}$

Naprezanje od savijanja:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,Ed} / W_y = 12,02 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,Ed} / W_z = 0,00 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_{m,crit,y} = (\pi \times b^2 \times E_{0,05}) / (h \times l_y) (G_{0,mean} / E_{0,mean})^{0,5} = 103,20 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{rel,m,y} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit,y})^{1/2} = 0,48 \leq 0,75 \rightarrow k_{crit,y} = 1,0$$

Uvjet:

$$\begin{aligned}(\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,72 + 0,00 = 0,72 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.} \\ k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,51 + 0,00 = 0,51 < 1,0 \quad \text{Zadovoljava.}\end{aligned}$$

### 3.2. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Duljina izvijanja:

$$\begin{aligned}l_y &= 2,2 \text{ m} = 2200 \text{ mm} \\ l_z &= 2,2 \text{ m} = 2200 \text{ mm}\end{aligned}$$

podaskano

Radius tromosti poprečnog presjeka:

$$i_y = 0,289 h = 57,8 \text{ cm}$$

$$i_z = 0,289 b = 23,12 \text{ cm}$$

Vitkost:

$$\lambda_y = l_y / i_y = 38,062$$

$$\lambda_z = l_z / i_z = 95,156$$

Kritično naprezanje tlaka paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 50,362 \text{ N/mm}^2 = 5,04 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 8,0579 \text{ N/mm}^2 = 0,81 \text{ kN/cm}^2$$

Relativna vitkost:

$$\lambda_{rel,y} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y})^{1/2} = 0,65$$

$$\lambda_{rel,z} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z})^{1/2} = 1,6144$$

$$\beta_c = 0,2$$

puno drvo

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,723$$

$$k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,935$$

$$k_{c,y} = (k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2})^{-1} = 0,954$$

$$k_{c,z} = (k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2})^{-1} = 0,333$$

$$\sigma_{c,0,d} = C / A = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$A = b \times h = 16000 \text{ mm}^2$$

Uvjet:	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \times f_{c,0,d}) = 0,00 < 1,0$	Zadovoljava.
	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \times f_{c,0,d}) = 0,00 < 1,0$	Zadovoljava.

### 3.3. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 1,0$	
	0,00 + 0,72 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,72 < 1,0
		Zadovoljava!

Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})) \leq 1,0$	
	0,00 + 0,51 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,51 < 1,0
		Zadovoljava!

## KOSNICI i STUPOVI

Na mjestima stolice, ojačati postojeće grede, sa svake strane, s gredom  $b/h = 4/20$  cm.

Ojačanje s postojećim elementima učvrstiti s vijcima  $\phi 16$  svakih 50 cm.

### 1. ULAZNI PODACI

Poprečni presjek:  $b = 80$  mm  $I_y = 5,33E+07$  mm<sup>4</sup>  
 $h = 200$  mm  $I_z = 8,53E+06$  mm<sup>4</sup>  
 Duljina:  $L = 1,41$  m

Razred drva: **C24** Faktor sigurnosti:  $\gamma_M = 1,3$

Mehaničke karakteristike:

Karakteristične vrijednosti:

$f_{m,k} = 24,0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{t,0,k} = 14,0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{t,90,k} = 0,5$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{c,0,k} = 21,0$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{c,90,k} = 2,5$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{v,k} = 2,5$  N/mm<sup>2</sup>

$E_{0,mean} = 11000$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_{0,05} = 7400$  N/mm<sup>2</sup>  
 $E_{90,mean} = 370$  N/mm<sup>2</sup>  
 $G_{mean} = 690$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\rho_k = 350$  kg/m<sup>3</sup>  
 $\rho_{mean} = 420$  kg/m<sup>3</sup>

Proračunske vrijednosti:

$f_{m,d} = 16,6$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{t,0,d} = 9,7$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{t,90,d} = 0,3$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{c,0,d} = 14,5$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{c,90,d} = 1,7$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{v,d} = 1,7$  N/mm<sup>2</sup>

Razred uporabivosti: **2** (12% < u ≤ 20%)

Koeficijent modifikacije:  $k_{mod} = 0,90$

Koef. deformacije:  $k_{def,G} = 0,80$  - stalno  
 $k_{def,s} = 0,25$  - snijeg - srednjetrojano  
 $k_{def,w} = 0,00$  - vjetar - kratko

Rezne sile:

$M_{y,Ed} = 1,19$  kNm  $V_{z,Ed} = 2,17$  kN  
 $M_{z,Ed} = 0,00$  kNm  $V_{y,Ed} = 0$  kN  
 $C = 0,00$  kN  $T = 3,34$  kN

## 2. GSN - provjere poprečnog presjeka

### 2.1. Savijanje:

$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed}/W_y = 2,23$  N/mm<sup>2</sup>  $k_m = 0,7$   
 $\sigma_{m,z,d} = M_{z,Ed}/W_z = 0,00$  N/mm<sup>2</sup>

Uvjet:

$(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + k_m(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) = 0,13 + 0,00 = 0,13 < 1,0$  **Zadovoljava.**  
 $k_m(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) = 0,09 + 0,00 = 0,09 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.2. Posmik:

$V_{Ed} = (V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2)^{1/2} = 2,17$  kN  
 $t_{v,d} = 1,5 \times V_{Ed} / b \times h = 0,20$  N/mm<sup>2</sup>

Uvjet:  $t_{v,d}/f_{v,d} = 0,12 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.3. Vlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= T / A_{\text{netto}} = 0,26 \text{ N/mm}^2 \\ A_{\text{netto}} &= 0,8 \times A_{\text{brutto}} = 12800 \text{ mm}^2 \\ A_{\text{brutto}} &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 0,03 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.4. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= C / A = 0,00 \text{ N/mm}^2 \\ A &= b \times h = 16000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 0,00 < 1,0$  **Zadovoljava.**

### 2.5. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

Uvjet:  $\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) = 0,13 < 1,0$  **Zadovoljava.**

## 3. GSN - provjere elementa

### 3.1. Savijanje:

Duljina izvijanja:  $l_y = 1,41 \text{ m} = 1410 \text{ mm}$

Naprezanje od savijanja:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= M_{y,Ed} / W_y = 2,23 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{m,z,d} &= M_{z,Ed} / W_z = 0,00 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_{m,crit,y} = (\pi \times b^2 \times E_{0,05}) / (h \times l_y) (G_{0,mean} / E_{0,mean})^{0,5} = 161,03 \text{ N/mm}^2$$

$$l_{rel,m,y} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit,y})^{1/2} = 0,39 \leq 0,75 \rightarrow k_{crit,y} = 1,0$$

Uvjet:

$$\begin{aligned}(\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,13 + 0,00 = 0,13 < 1,0 \text{ **Zadovoljava.**} \\ k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / k_{crit,z} f_{m,z,d}) &= 0,09 + 0,00 = 0,09 < 1,0 \text{ **Zadovoljava.**}\end{aligned}$$

### 3.2. Tlak paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Duljina izvijanja:

$$\begin{aligned}l_y &= 1,41 \text{ m} = 1410 \text{ mm} \\ l_z &= 1,41 \text{ m} = 1410 \text{ mm}\end{aligned}$$

podaskano

Radius tromosti poprečnog presjeka:

$$i_y = 0,289 h = 57,8 \text{ cm}$$

$$i_z = 0,289 b = 23,12 \text{ cm}$$

Vitkost:

$$\lambda_y = l_y / i_y = 24,394$$

$$\lambda_z = l_z / i_z = 60,986$$



Kritično naprežanje tlaka paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 122,61 \text{ N/mm}^2 = 12,26 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 19,617 \text{ N/mm}^2 = 1,96 \text{ kN/cm}^2$$

Relativna vitkost:

$$\lambda_{rel,y} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y})^{1/2} = 0,41$$

$$\lambda_{rel,z} = (f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z})^{1/2} = 1,0347$$

$$\beta_c = 0,2$$

puno drvo

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,577$$

$$k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2) = 1,109$$

$$k_{c,y} = (k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2})^{-1} = 1,021$$

$$k_{c,z} = (k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2})^{-1} = 0,664$$

$$\sigma_{c,0,d} = C / A = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$A = b \times h = 16000 \text{ mm}^2$$

Uvjet:	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,y} \times f_{c,0,d}) = 0,00 < 1,0$	Zadovoljava.
	$\sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} \times f_{c,0,d}) = 0,00 < 1,0$	Zadovoljava.

### 3.3. Interakcija - savijanje i tlak paralelno s vlakancima:

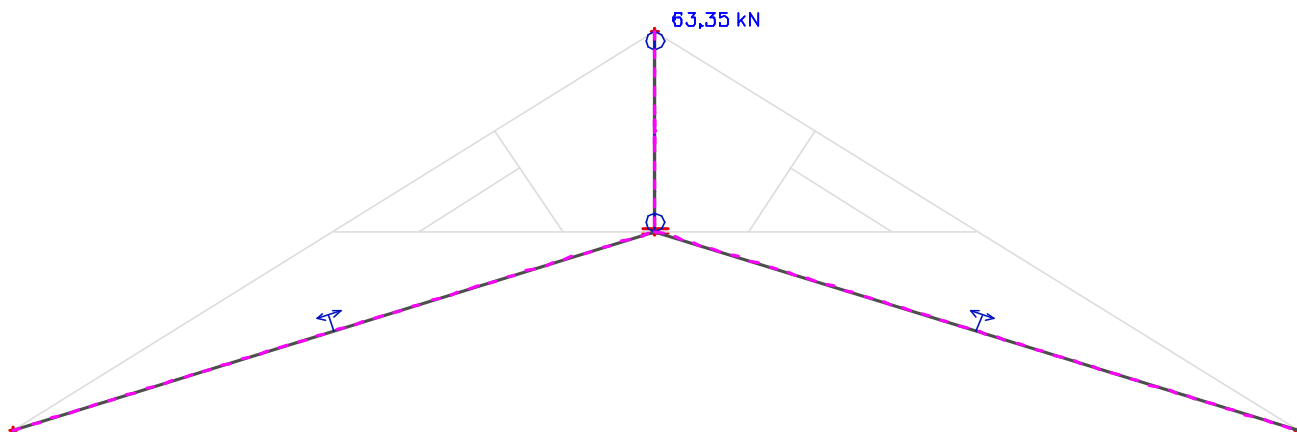
Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + k_m (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \leq 1,0$	
	0,00 + 0,13 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,13 < 1,0
		Zadovoljava!

Uvjet:	$(\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} f_{c,0,d}) + (k_m (\sigma_{m,y,d} / k_{crit,y} f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})) \leq 1,0$	
	0,00 + 0,09 + 0,00	$\leq 1,0$
		0,09 < 1,0
		Zadovoljava!

## ZATEGA

Ukupna sila koju zatega promjera  $\phi$  26 može podnijeti je  $N_{u,Rd} = 96,16$  kN.

Sila koja se u zatezi nalazi zbog djelovanja na koje je primarno projektirana:



Ukupna sila koju zatega mora podnijeti  $N_{Ed} = 63,35 + 19,32 = 82,67$ .

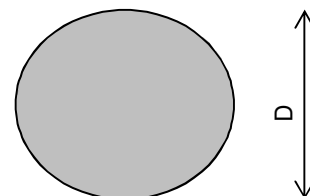
## 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

Promjer:

$D = 26$  mm

Površina poprečnog presjeka:

$A = 5,30$  cm<sup>2</sup>



## 2. MATERIJAL

ČELIK S 235

$f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>

$E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon = 1,00$

$f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>

$G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>

$\nu = 0,3$

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{M1} = 1,10$

$\gamma_{M2} = 1,25$

## 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

vlačna sila:  $N_{Ed} = 82,67$  kN

## 4. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 4.1. Otpornost na uzdužnu vlačnu silu

$N_{t,Rd} = Af_y/\gamma_{M0} = 124,55$  kN

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0,66 < 1,00$  Uvjet nosivosti je zadovoljen!

### 4.2. Otpornost neto poprečnog presjeka

$A_{net} = 3,71$  cm<sup>2</sup>

$N_{u,Rd} = 0,9A_{net}f_u/\gamma_{M2} = 96,16$  kN

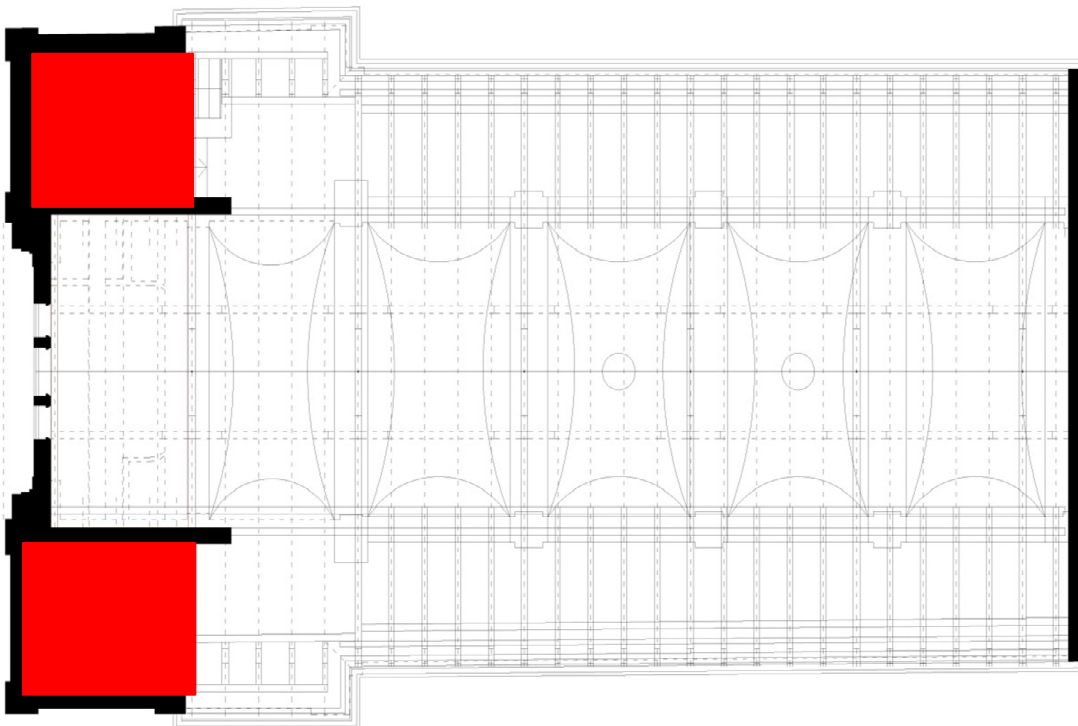
Uvjet:  $N_{Ed}/N_{u,Rd} = 0,86 < 1,00$  Uvjet nosivosti je zadovoljen!

Maksimalna iskoristivost elementa je **85,97 %**.

### 2.3.3. Provjera utjecaja nove lukovice na postojeću zgradu

#### UVOD

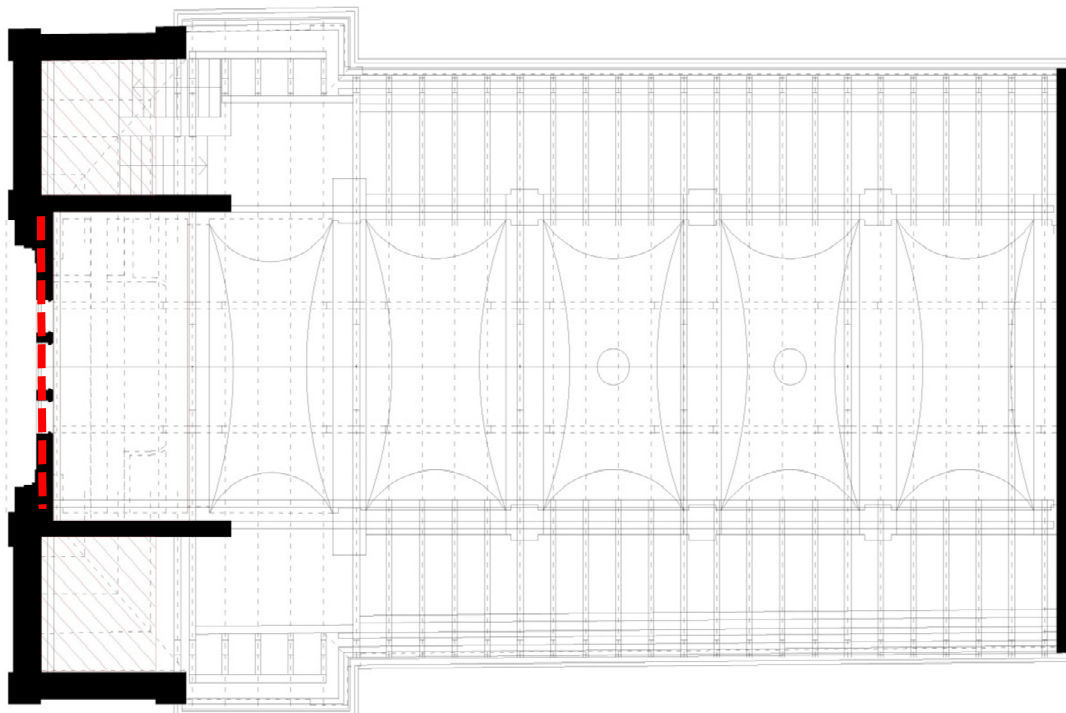
Potrebno je ukloniti dio krovišta na mjestu gdje se planiraju lukovice.



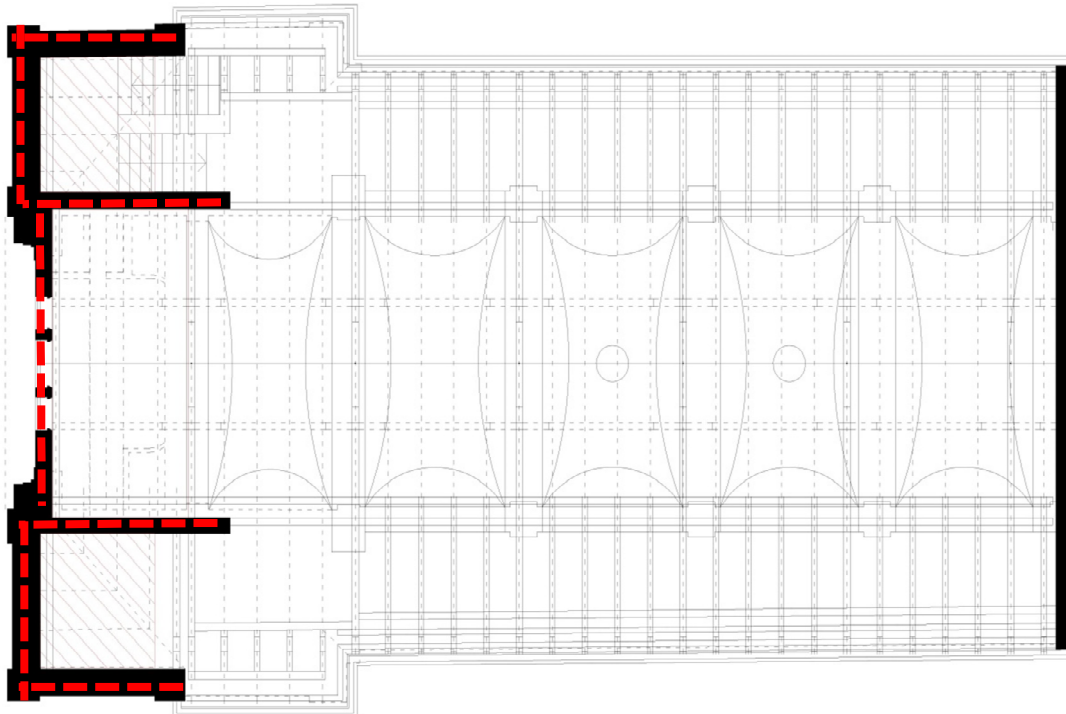
Sustav dijela krovišta koji se misli skinuti je sustav rogova koji se oslanjaju na podrožnicu. Rogovi su proste grede, s jedne strane oslonjeni na postojeće zidove, a s druge strane na podrožnice. Podrožnica je također prosta greda, oslonjena s obe strane na postojeće zidove.

Kod demoliranja tog dijela krovišta, potrebno je prvo skinuti slojeve krova, potom rogove a na kraju podrožnicu.

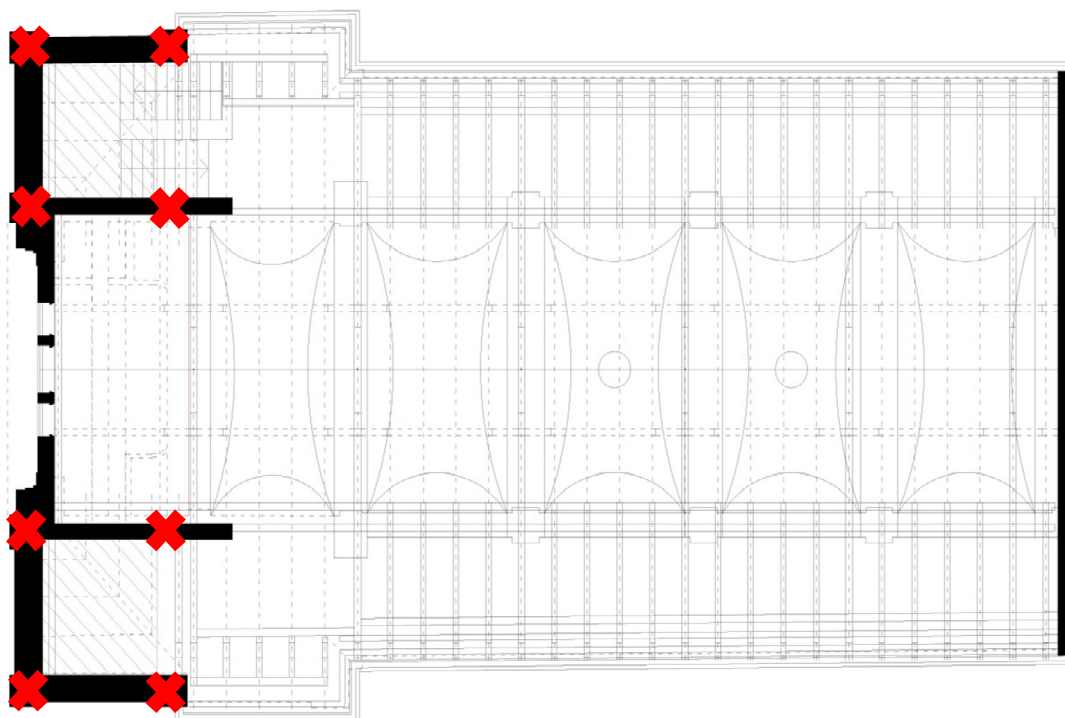
Na središnjoj liniji uličnog pročelja se planira izgraditi lučni portal kako bi se imitiralo prijašnje stanje.



Portal sazidati s omeđenim zidom. Obavezno izvesti horizontalni serklaž iznad portala te izvesti horizontalne serklaže iznad postojeća tri zida, sa svake strane sinagoge. **Širina serklaža kao širina zida, visina 25 cm.** Svi horizontalni serklaži moraju biti povezani. **Serklaže armirati s 4  $\phi$  12, vilice  $\phi$  8/25 cm, razred betona C25/30.**



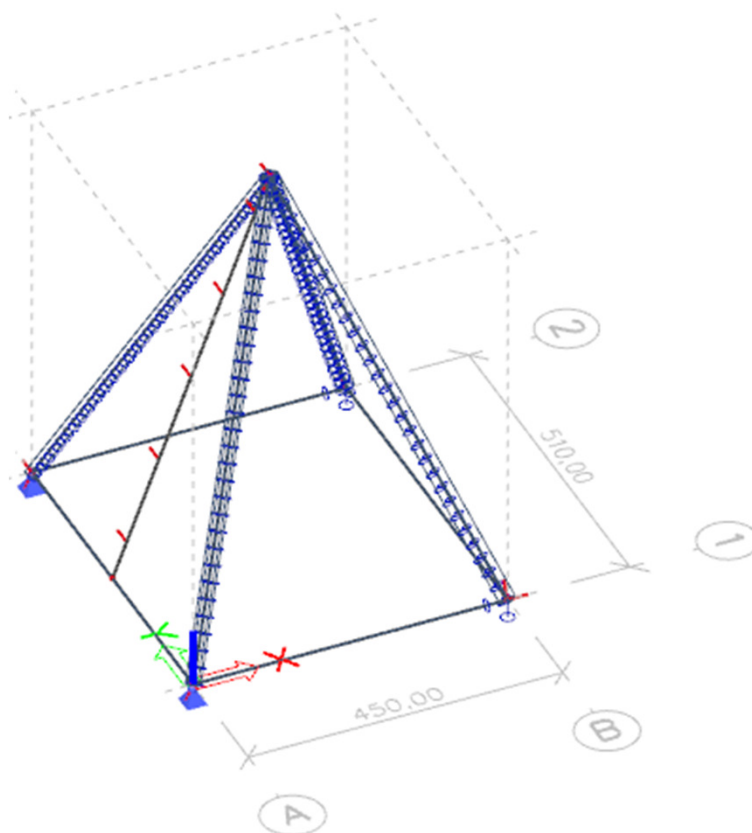
Lukovice sidriti na 4 točke na izvedenom serklažu.



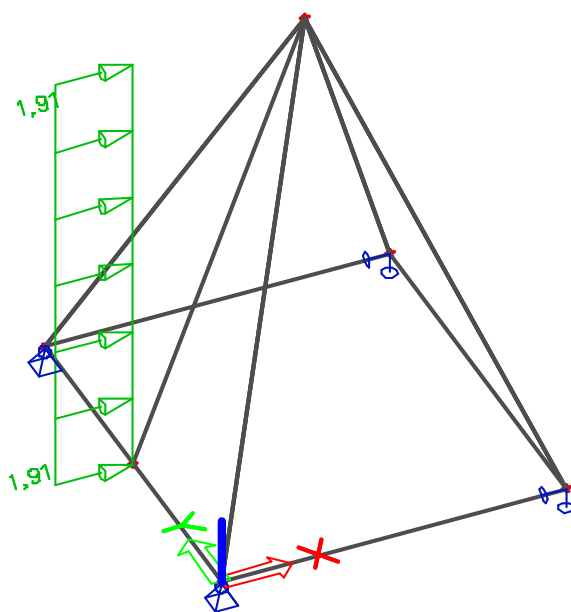
Provjereno je sidrenje lukovice pod utjecajem horizontalnog opterećenja od vjetrova.

## ANALIZA OPTEREĆENJA

Napravljen je model s 4 stupa i preko njih ploča kako bi se dobila reakcije u podnožju.



Model je opterećen s vjetrom.

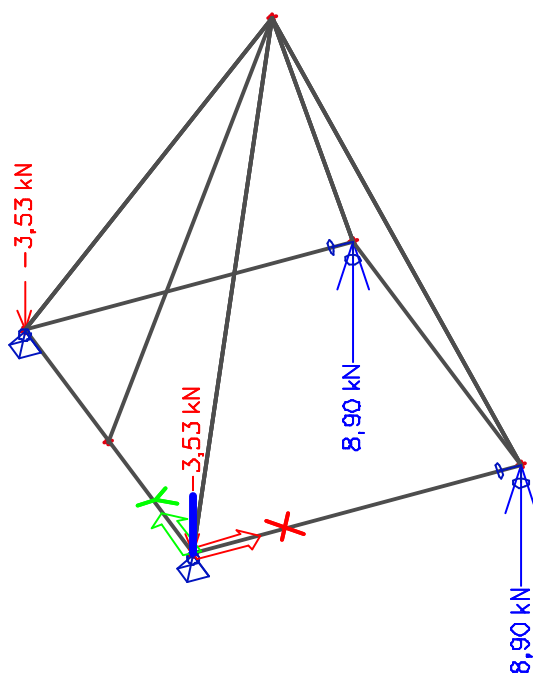


$$w = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

$$e = 5,1/2 = 2,6 \text{ m}$$

$$w' = 1,91 \text{ kN/m}$$

Reakcije dobivene od faktoriziranog djelovanja vjetra:



## DOKAZ SIDRENIH VIJAKA



www.hilti.com

Profis Anchor 2.7.6


Company:  
Specifier:  
Address:  
Phone | Fax:  
E-Mail:

Page:  
Project:  
Sub-Project | Pos. No.:  
Date:

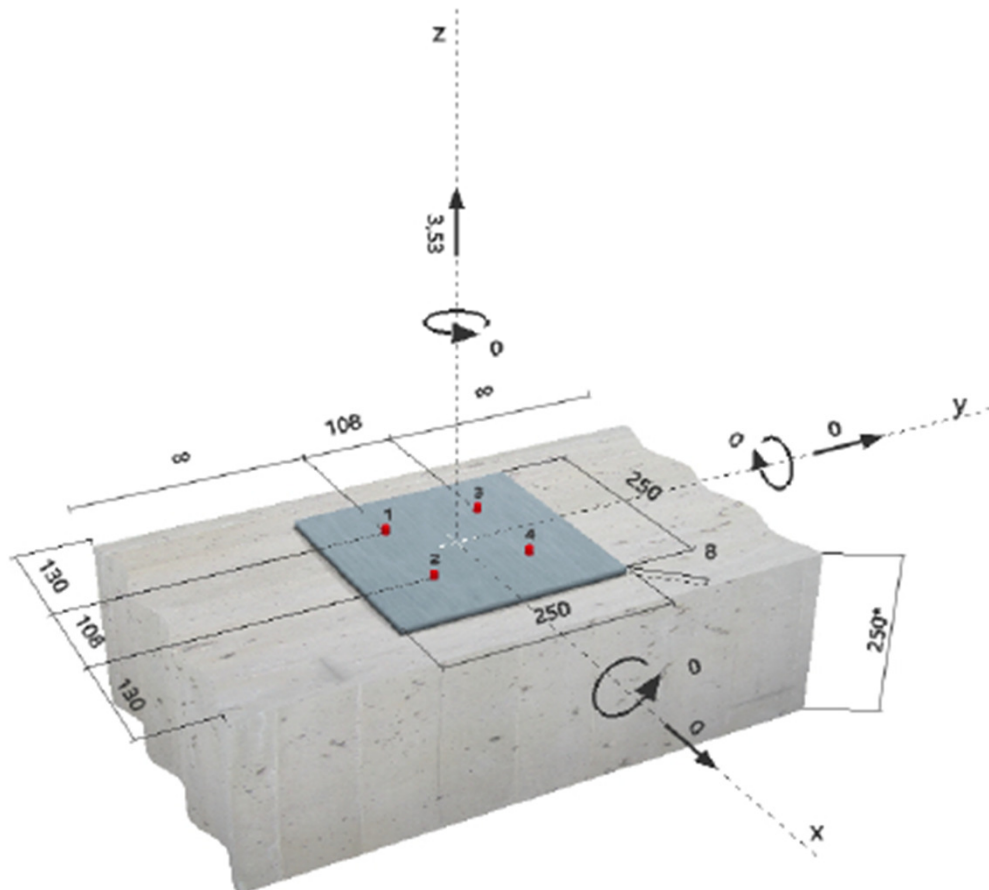
1  
29.11.2018.

Specifier's comments:

### 1 Input data

<b>Anchor type and diameter:</b>	<b>HUS3-P 6</b>	
<b>Effective embedment depth:</b>	$h_{ef} = 42 \text{ mm}$ , $h_{nom} = 55 \text{ mm}$	
<b>Material:</b>	1.5525	
<b>Evaluation Service Report:</b>	ETA-13/1038	
<b>Issued   Valid:</b>	8.12.2016.   -	
<b>Proof:</b>	Design method ETAG (No. 001 Annex C/2010)	
<b>Stand-off installation:</b>	$e_b = 0 \text{ mm}$ (no stand-off); $t = 8 \text{ mm}$	
<b>Anchor plate:</b>	$l_x \times l_y \times t = 250 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ; (Recommended plate thickness: not calculated)	
<b>Profile:</b>	no profile	
<b>Base material:</b>	uncracked concrete, C25/30, $f_{c,cube} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 250 \text{ mm}$	
<b>Installation:</b>	<b>hammer drilled hole, installation condition: Dry</b>	
<b>Reinforcement:</b>	no reinforcement or reinforcement spacing $\geq 150 \text{ mm}$ (any $\emptyset$ ) or $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leftarrow 10 \text{ mm}$ ) no longitudinal edge reinforcement	

Geometry [mm] & Loading [kN, kNm]



Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!  
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan



www.hilti.com

Profis Anchor 2.7.6

Company:

Page:

2

Specifier:

Project:

Address:

Sub-Project | Pos. No.:

Phone | Fax:

Date:

29.11.2018.

E-Mail:

## 2 Load case/Resulting anchor forces

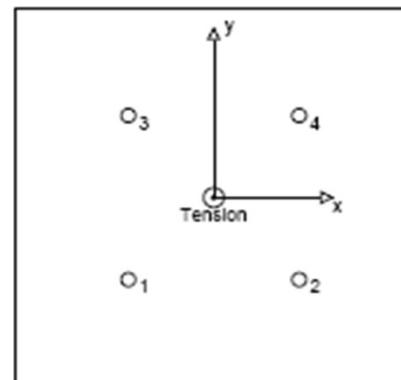
Load case: Design loads

### Anchor reactions [kN]

Tension force: (+Tension, -Compression)

Anchor	Tension force	Shear force	Shear force x	Shear force y
1	0,883	0,000	0,000	0,000
2	0,883	0,000	0,000	0,000
3	0,883	0,000	0,000	0,000
4	0,883	0,000	0,000	0,000

max. concrete compressive strain: - [%]  
 max. concrete compressive stress: - [N/mm<sup>2</sup>]  
 resulting tension force in (x/y)=(0/0): 3,530 [kN]  
 resulting compression force in (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



## 3 Tension load (ETAG, Annex C, Section 5.2.2)

	Load [kN]	Capacity [kN]	Utilization $\beta_n$ [%]	Status
Steel Strength*	0,883	17,500	6	OK
Pullout Strength*	0,883	4,564	20	OK
Concrete Breakout Strength**	3,530	26,852	13	OK
Splitting failure**	N/A	N/A	N/A	N/A

\* anchor having the highest loading \*\* anchor group (anchors in tension)

### 3.1 Steel Strength

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{Ms}$	$N_{Ed,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
24,500	1,400	17,500	0,883

### 3.2 Pullout Strength

$N_{Rk,p}$ [kN]	$\psi_c$	$\gamma_{Mp}$	$N_{Ed,p}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
7,500	1,095	1,800	4,564	0,883

### 3.3 Concrete Breakout Strength

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
54,756	15,876	63	126		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rs,N}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	
10,100	15,058	1,800	26,852	3,530	





www.hilti.com

**Profis Anchor 2.7.6**

Company:  
Specifier:  
Address:  
Phone | Fax:  
E-Mail:

Page: 3  
Project:  
Sub-Project | Pos. No.:  
Date: 29.11.2018.

#### 4 Shear load (ETAG, Annex C, Section 5.2.3)

	Load [kN]	Capacity [kN]	Utilization $\beta_r$ [%]	Status
Steel Strength (without lever arm)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Steel failure (with lever arm)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Pryout Strength*	N/A	N/A	N/A	N/A
Concrete edge failure in direction **	N/A	N/A	N/A	N/A

\* anchor having the highest loading \*\*anchor group (relevant anchors)

#### 5 Displacements (highest loaded anchor)

Short term loading:

$N_{Sk}$ = 0,654 [kN]	$\delta_N$ = 0,044 [mm]
$V_{Sk}$ = 0,000 [kN]	$\delta_V$ = 0,000 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,044 [mm]

Long term loading:

$N_{Sk}$ = 0,654 [kN]	$\delta_N$ = 0,065 [mm]
$V_{Sk}$ = 0,000 [kN]	$\delta_V$ = 0,000 [mm]
	$\delta_{NV}$ = 0,065 [mm]

Comments: Tension displacements are valid with half of the required installation torque moment for uncracked concrete! Shear displacements are valid without friction between the concrete and the anchor plate! The gap due to the drilled hole and clearance hole tolerances are not included in this calculation!

The acceptable anchor displacements depend on the fastened construction and must be defined by the designer!

#### 6 Warnings

- The anchor design methods in PROFIS Anchor require rigid anchor plates per current regulations (ETAG 001/Annex C, EOTA TR029, etc.). This means load re-distribution on the anchors due to elastic deformations of the anchor plate are not considered - the anchor plate is assumed to be sufficiently stiff. In order not to be deformed when subjected to the design loading, PROFIS Anchor calculates the minimum required anchor plate thickness with FEM to limit the stress of the anchor plate based on the assumptions explained above. The proof if the rigid base plate assumption is valid is not carried out by PROFIS Anchor. Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!
- In general, the conditions given in ETAG 001, Annex C, section 4.2.2.1 and 4.2.2.3 b) are not fulfilled because the diameter of the clearance hole in the fixture acc. to Annex 3, Table 3 is greater than the values given in Annex C, Table 4.1 for the corresponding diameter of the anchor. Therefore the design resistance for anchor groups is limited to twice the steel resistance (of a single anchor) in accordance with the approval.
- Checking the transfer of loads into the base material is required in accordance with ETAG 001, Annex C(2010)Section 7! The software considers that the grout is installed under the anchor plate without creating air voids and before application of the loads.
- The design is only valid if the clearance hole in the fixture is not larger than the value given in Table 4.1 of ETAG 001, Annex C! For larger diameters of the clearance hole see Chapter 1.1. of ETAG 001, Annex C!
- The accessory list in this report is for the information of the user only. In any case, the instructions for use provided with the product have to be followed to ensure a proper installation.

**Fastening meets the design criteria!**



www.hilti.com

**Profis Anchor 2.7.6**

Company:

Specifier:

Address:

Phone | Fax:

E-Mail:

Page:

Project:

Sub-Project | Pos. No.:

Date:

4

29.11.2018.

## 7 Installation data

Anchor plate, steel: -

Profile: no profile

Hole diameter in the fixture:  $d_f = 9$  mm

Plate thickness (Input): 8 mm

Recommended plate thickness: not calculated

Drilling method: Hammer drilled

Cleaning: Manual cleaning of the drilled hole according to instructions for use is required.

Anchor type and diameter: HUS3-P 6

Installation torque: 0,025 kNm

Hole diameter in the base material: 6 mm

Hole depth in the base material: 65 mm

Minimum thickness of the base material: 100 mm

### 7.1 Recommended accessories

#### Drilling

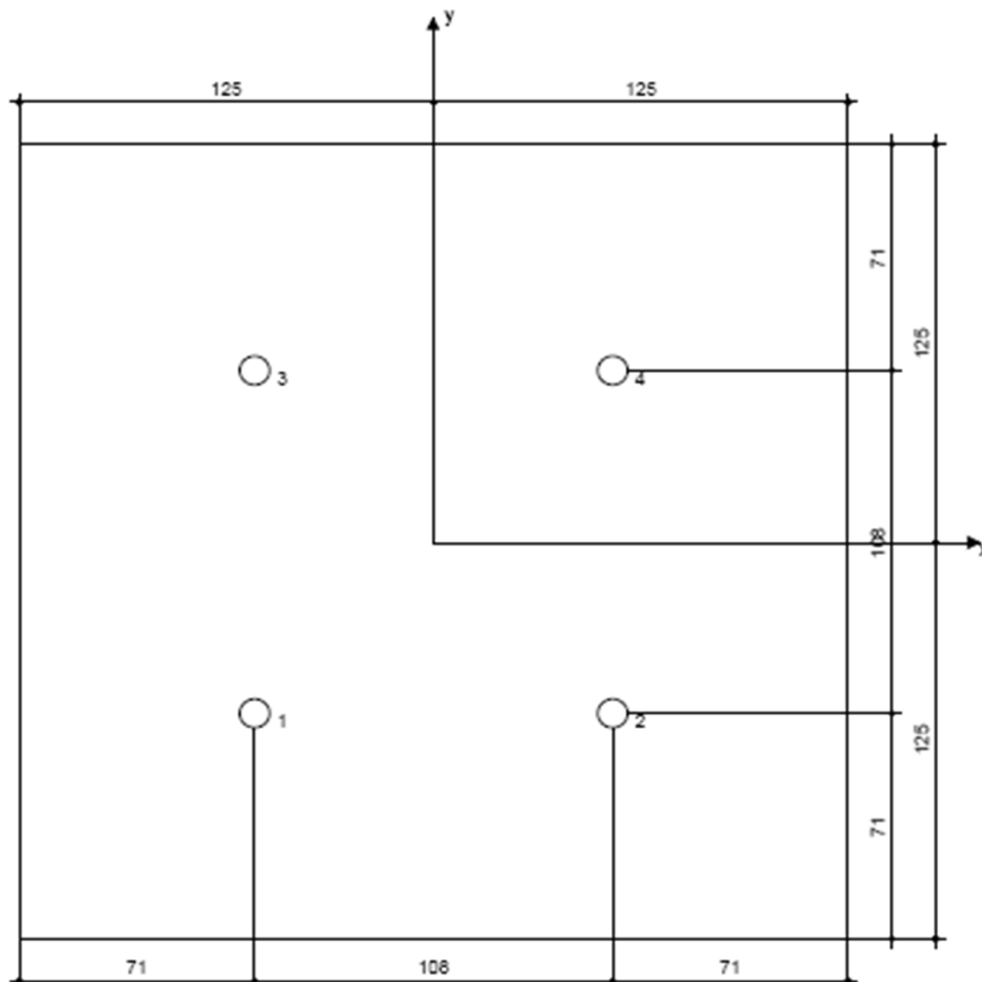
- Suitable Rotary Hammer
- Properly sized drill bit

#### Cleaning

- Manual blow-out pump

#### Setting

- Torque wrench



Coordinates Anchor [mm]

Anchor	x	y	$C_{ax}$	$C_{ax}$	$C_{ay}$	$C_{ay}$
1	-54	-54	130	238	-	-
2	54	-54	238	130	-	-
3	-54	54	130	238	-	-
4	54	54	238	130	-	-

Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!  
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan

[www.hilti.com](http://www.hilti.com)

Company:

Specifier:

Address:

Phone | Fax:

E-Mail:

Page:

Project:

Sub-Project | Pos. No.:

Date:

**Profis Anchor 2.7.6**

5

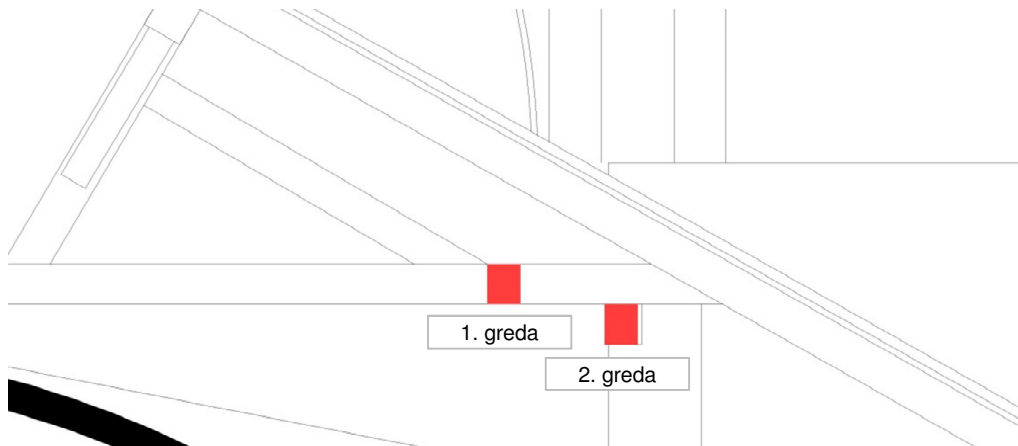
29.11.2018.

## 8 Remarks; Your Cooperation Duties

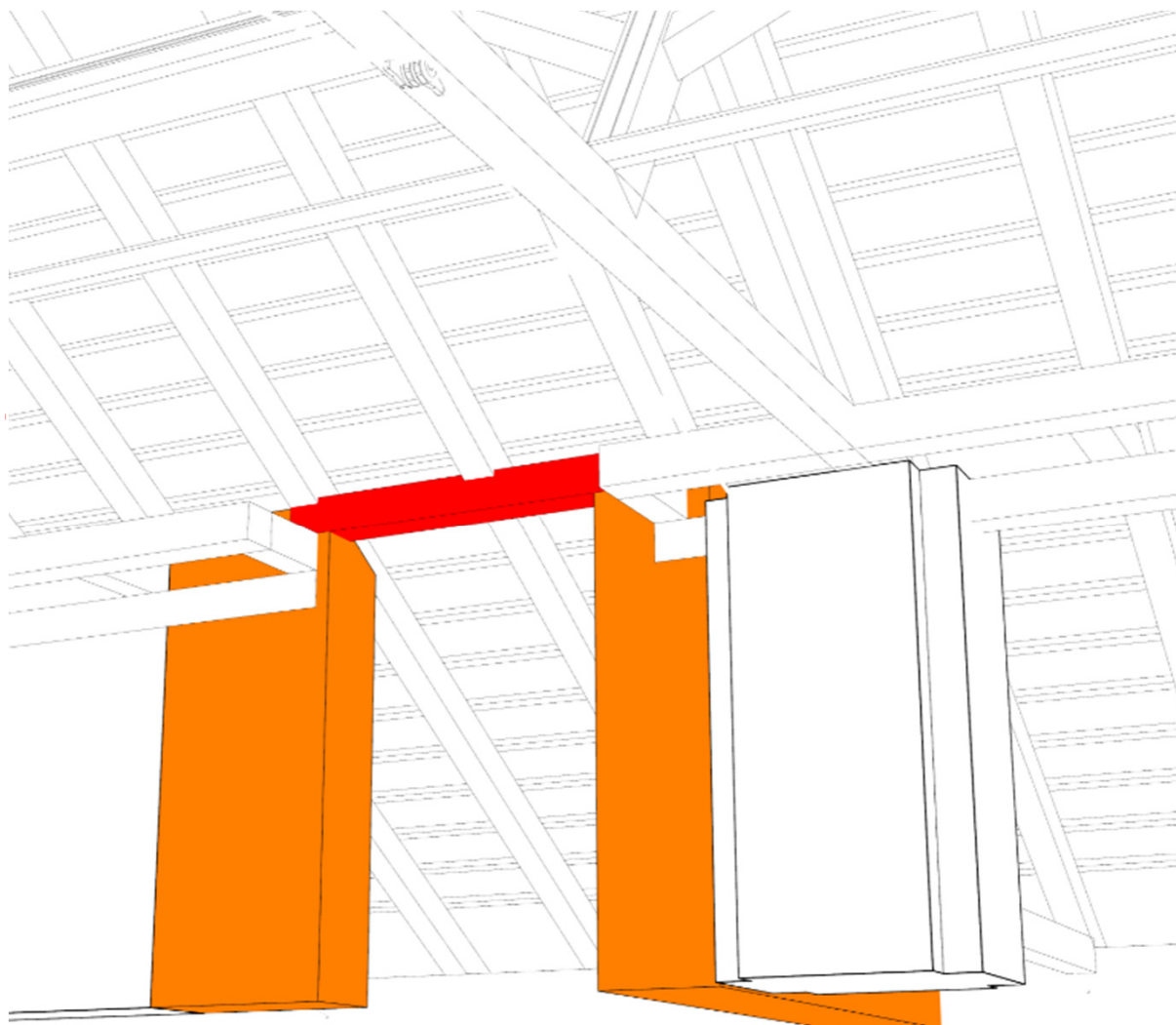
- Any and all information and data contained in the Software concern solely the use of Hilti products and are based on the principles, formulas and security regulations in accordance with Hilti's technical directions and operating, mounting and assembly instructions, etc., that must be strictly complied with by the user. All figures contained therein are average figures, and therefore use-specific tests are to be conducted prior to using the relevant Hilti product. The results of the calculations carried out by means of the Software are based essentially on the data you put in. Therefore, you bear the sole responsibility for the absence of errors, the completeness and the relevance of the data to be put in by you. Moreover, you bear sole responsibility for having the results of the calculation checked and cleared by an expert, particularly with regard to compliance with applicable norms and permits, prior to using them for your specific facility. The Software serves only as an aid to interpret norms and permits without any guarantee as to the absence of errors, the correctness and the relevance of the results or suitability for a specific application.
- You must take all necessary and reasonable steps to prevent or limit damage caused by the Software. In particular, you must arrange for the regular backup of programs and data and, if applicable, carry out the updates of the Software offered by Hilti on a regular basis. If you do not use the AutoUpdate function of the Software, you must ensure that you are using the current and thus up-to-date version of the Software in each case by carrying out manual updates via the Hilti Website. Hilti will not be liable for consequences, such as the recovery of lost or damaged data or programs, arising from a culpable breach of duty by you.

### 2.3.4. Rezanje greda krovišta zbog novog prolaza

Potrebno je prerezati dvije paralelne grede krovišta zbog zahtjevane veće visine otvora. Grede se savijaju u oba smjera.

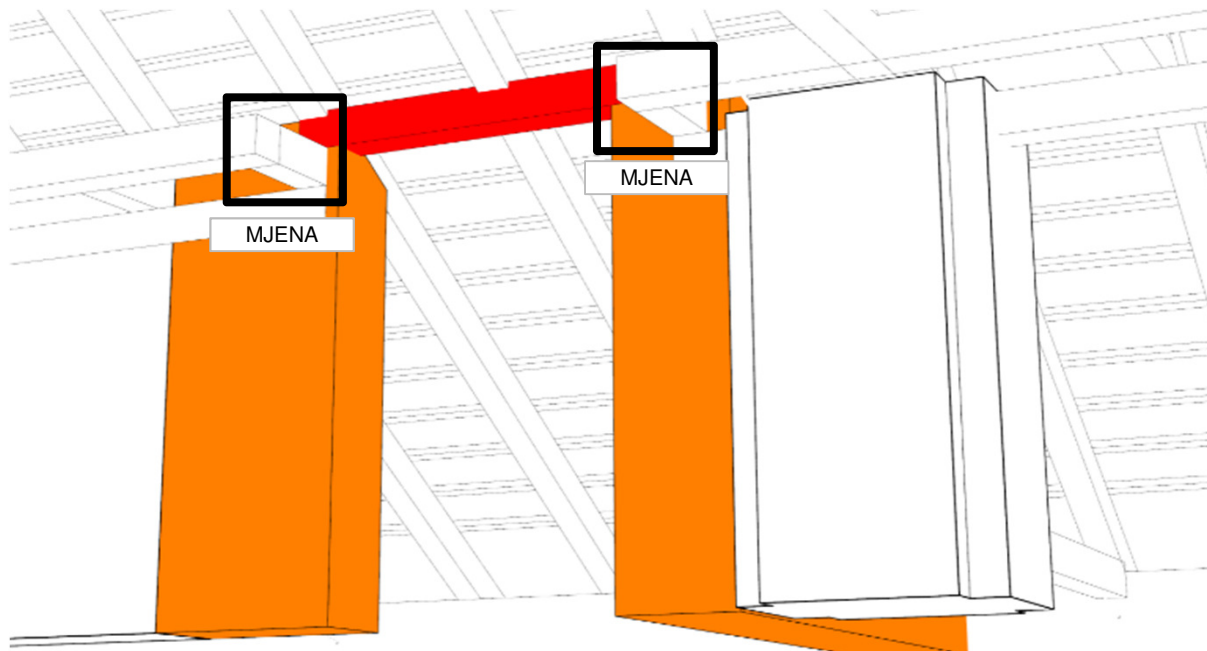


Na planiranom mjestu rezanja, na 1. gredu ne naliže kosnik, stoga to mjesto nije problematično za izvesti mjestu. Oko planiranog otvora se planira izvesti zidani zid, tako da 1. gredu možemo prerezati, a novu, dodanu gredu osloniti na nove zidove. Kako se rogovi oslanjaju na 1. gredu, ležaj će se samo translirati za cca. 20 - 25 cm.



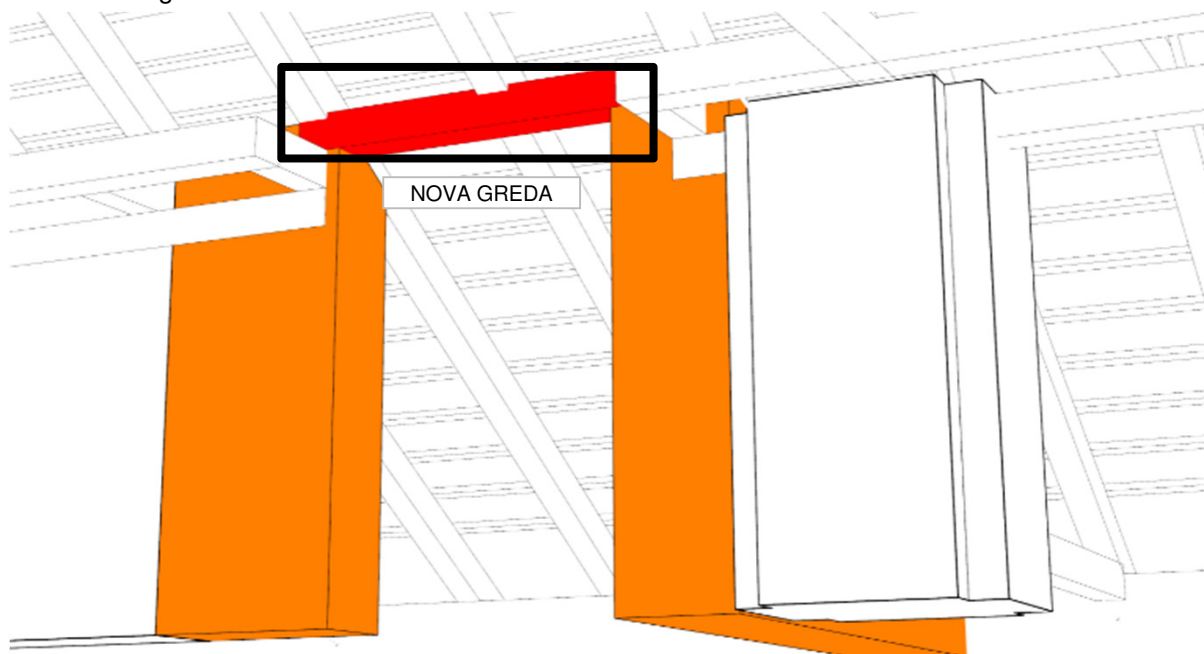
## 1. greda

Prerezati gredu na željeno mjesto, te slobodne krajeve spojiti sa novim zidom preko mjene. Dimenzija mjene  $b/h = 18//18$  cm, klasa drva C24.



## 2. greda

Izvesti nove zidove sa serklažima oko željenog otvora. Prerezati 2. gredu, a staviti novu gredu koja će biti oslonac rogovorima. Novu gredu oslonici na nove zidane zidove.



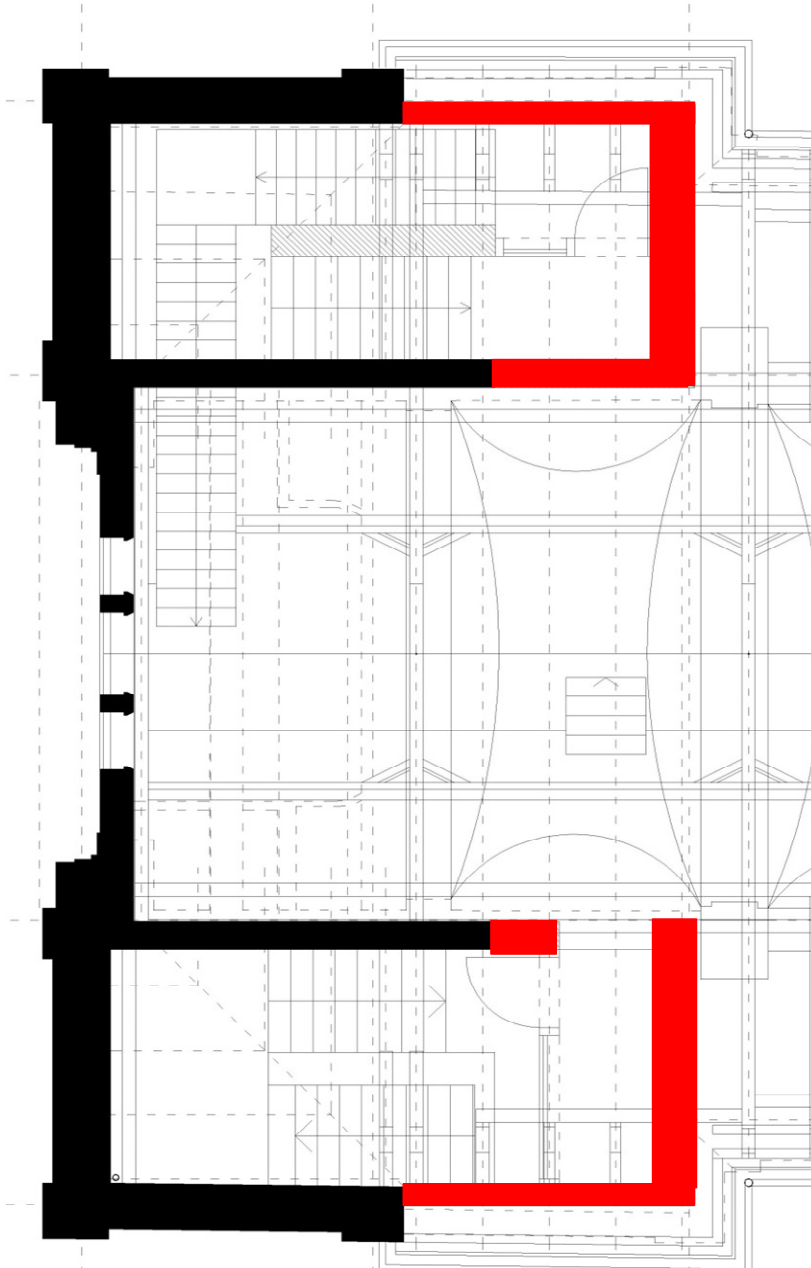
Obavezno izvesti horizontalne i vertikalne serklaže oko novih zidanih zidova. Širina vertikalnog serklaža je ista kao i širina zida, visina je 20 cm. Isto vrijedi i za horizontalne serklaže. Razred betona C25/30.

Obavezno staviti vertikalne serklaže na početku zida, na kraju zida, svakih 5 m, oko otvora u zidu ako je površina otvora veća od  $1,5 \text{ m}^2$  te na sudaru zidova. Horizontalne serklaže staviti iznad svih zidanih zidova i međusobno povezati.

Sve serklaže, vertikalne ili horizontalne, uzdužno armirati sa  $4 \phi 12$ . Za horizontalne serklaže, poprečna armatura je  $\phi 8/25$  cm dok je za vertikalne serklaže poprečna armatura  $\phi 8/25$  cm na sredini, te  $\phi 8/12,5$  cm kod čvorova.

### 2.3.5. Zidanje novih zidova na tavanu postojeće zgrade

Planira se zidanje zidova u tavanu postojeće zgrade.



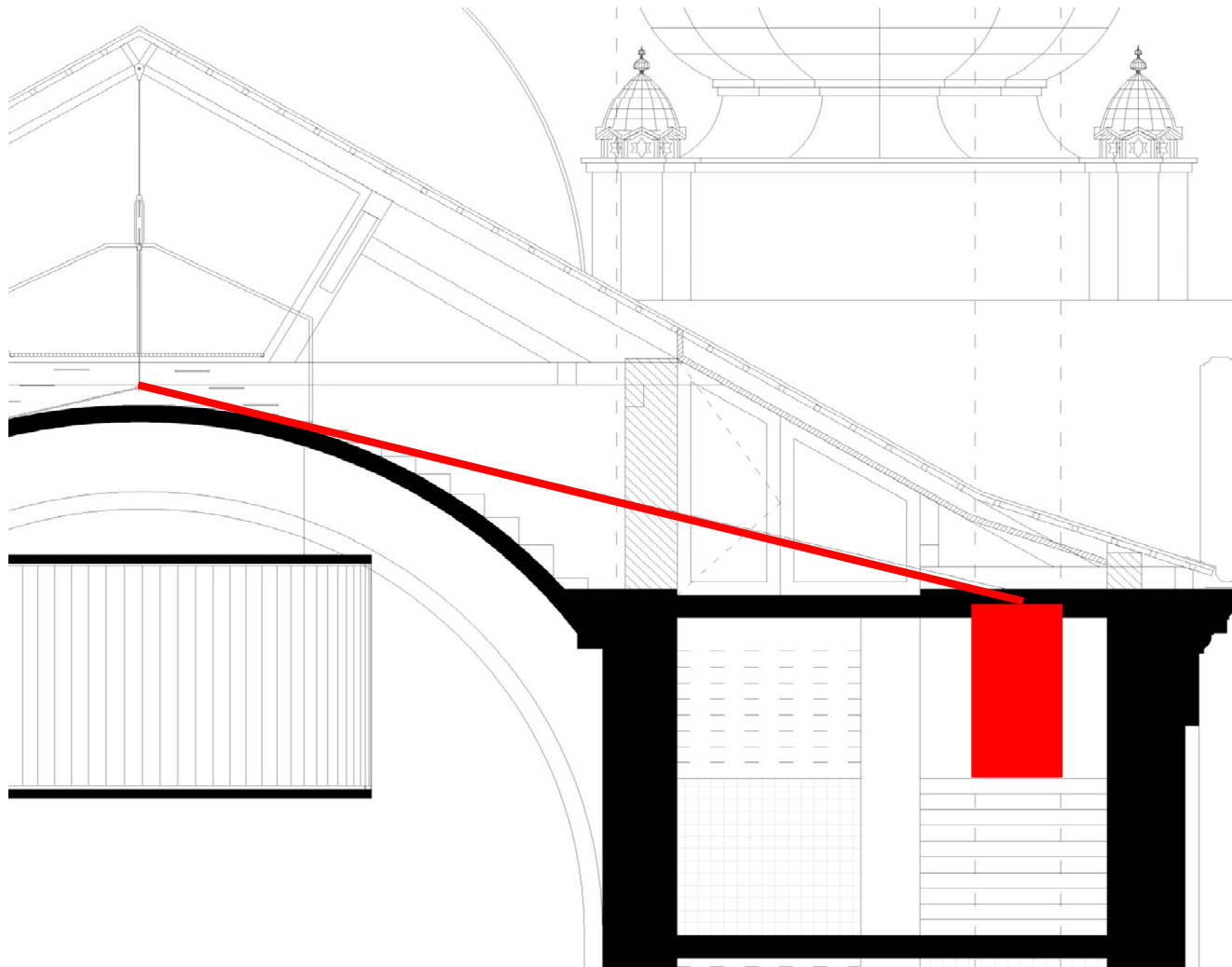
Obavezno izvesti horizontalne i vertikalne serklaže oko novih zidanih zidova. Širina vertikalnog serklaža je ista kao i širina zida, visina je 20 cm. Isto vrijedi i za horizontalne serklaže. Razred betona C25/30.

Obavezno staviti vertikalne serklaže na početku zida, na kraju zida, svakih 5 m, oko otvora u zidu ako je površina otvora veća od 1,5 m<sup>2</sup> te na sudaru zidova. Horizontalne serklaže staviti iznad svih zidanih zidova i međusobno povezati.

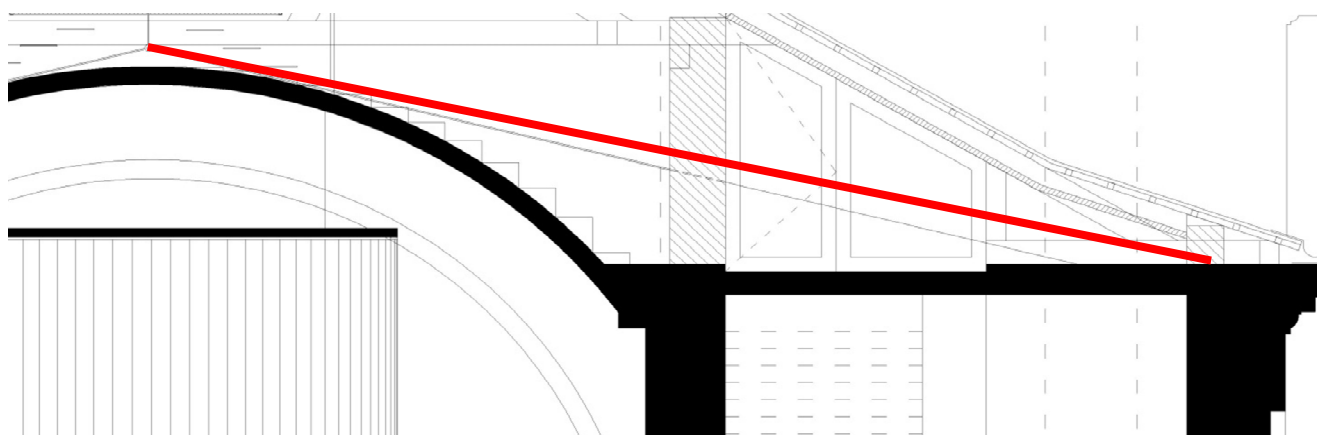
Sve serklaže, vertikalne ili horizontalne, uzdužno armirati sa 4  $\phi$  12. Za horizontalne serklaže, poprečna armatura je  $\phi$  8/25 cm dok je za vertikalne serklaže poprečna armatura  $\phi$  8/25 cm na sredini, te  $\phi$  8/12,5 cm kod čvorova.

### 2.3.6. Premještanje oslonca zategi zbog zahtjevane visine prolaza

Potrebno je premjestiti oslonac zategi zbog premale visine slobodnog prolaza stubišta.



Označen slobodni prolaz je premale visine za nesmetano korištenje stepenica stoga je potrebna veća visina. Kako zatega sudjeluje u sustavu nošenja stolice korovišta, nikako ju se ne smije rezati. Predlaže se premještanje oslonca zatega prema kraju zgrade.



### 2.3.7. Novi bačvasti svod između osi 0 i 1 te B i C

Planira se izvesti bačvasti svod iznad osi 0 i 1 te B i C. On treba biti istih dimenzija kao i ostali svodovi u tom nizu. Svod sazidati starom tehnikom, ili izbetonirati pa obložiti završnim slojem kako bi se dobio željeni izgled.

Svod prenosi samo opterećenje od svoje vlastite težine.

Inputi za AB bačvasti svod:

- AB monolitna ploča debljine **t = 16 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 12 \text{ cm}$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 12 = 1,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times b \times d (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 12 \times (2,6/500) = 1,6 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 16 = 64,0 \text{ cm}^2$

$$A_{s,max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 16 = 35,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \omega_{lim} \times b \times d (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 12 \times (16,67/434,78) = 16,8 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

ODABRANA ARMATURA DONJE ZONE  
ODABRANA ARMATURA GORNJE ZONE

**Q 257**

**Q 131**

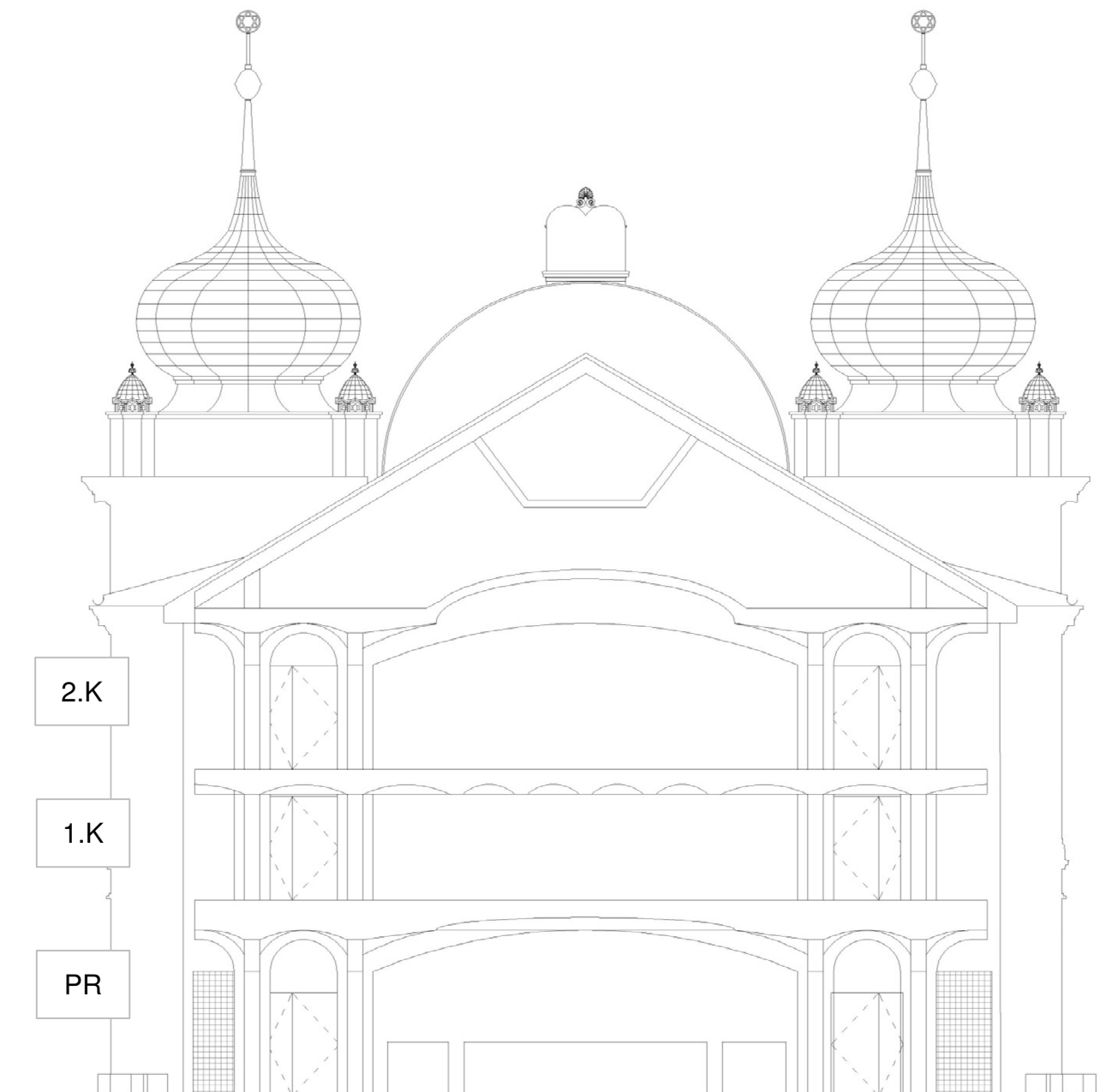
- reakcija vlastite težine je oko 10 kN/m



### 2.3.8. Ojačanje otvora u postojećim zidovima

#### UVOD

Potrebno je ojačati otvor u postojećem zidu. Otvori se radi u zidu u osi 6, a i drugdje u dogovoru s projektantom konstrukcije.



Otvore u prizemlju i 2. katu izvesti tako da nije potreban nadvoj iznad otvora jer luk sam po sebi prenosi tlačna opterećenja.

Otvori na 1. katu su pravokutni, i potrebam im je nadvoj.

## PRORAČUN I DIMENZIONIRANJE NADVOJA

### analiza opterećenja

1) težina zida

$$\check{s} = 1,16 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$g_z = \check{s} \times h \times \gamma = 11 \text{ kN/m}$$

2) reakcija svoda (iznos preuzet iz poglavlja 2.3.7.)

$$g_s = 10 \text{ kN/m}$$

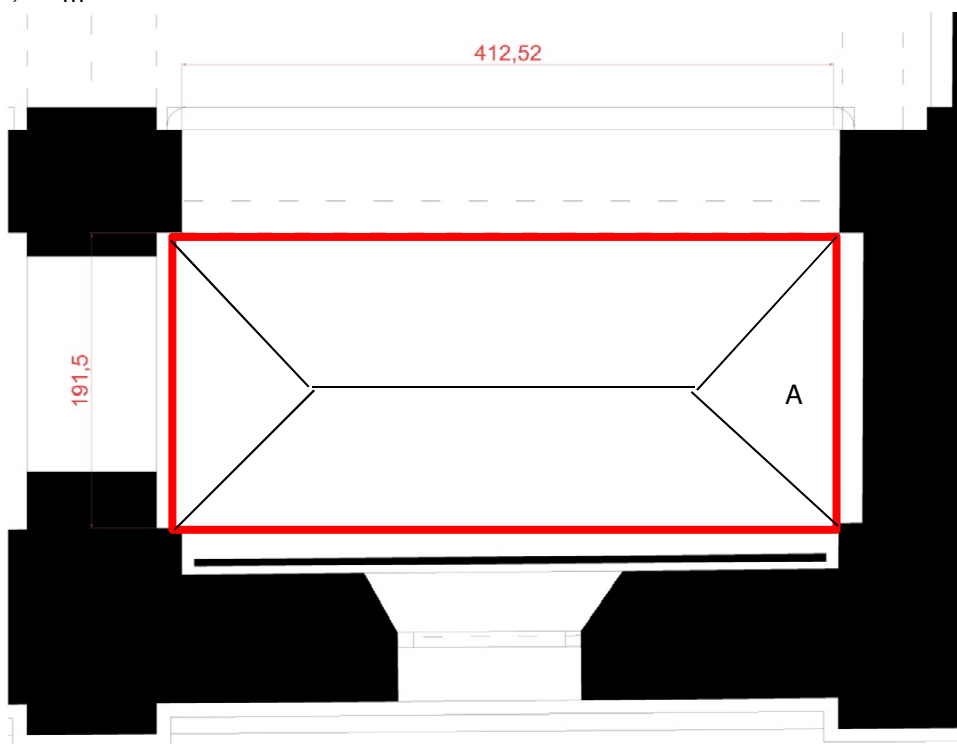
3) težina ploče

$$t = 0,2 \text{ m}$$

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$A = 0,92 \text{ m}^2$$

$$g_p = (t \times g) \times A/1,915 = 2,39 \text{ kN/m}$$



4) dodatno stalno opterećenje od ploče

$$\Delta_g = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta g_p = \Delta g \times A/1,915 = 0,48 \text{ kN/m}$$

5) korisno opterećenje od ploče

$$\Delta_g = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p = q \times A/1,915 = 1,44 \text{ kN/m}$$

opterećenje

$$p = 1,35 \times (g_z + g_s + g_p + \Delta g_p) + 1,5 \times q_p = 34,4 \text{ kN/m}$$

raspon

$$L = 1,4 \text{ m}$$

moment savijanja

$$M = p \times L^2/8 = 8,43 \text{ kNm}$$

**Radi velike širine zida, potrebno je 4 komada nosača IPE 100.**

provjera nosivosti

$$M' = M/4 = 2,11 \text{ kNm}$$


$$W_{IPE100} = 34,2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = M'/W = 6,16 \text{ kN/cm}^2$$

Uvjet:

$$f_{yd} = 23,5 \text{ kN/cm}^2 > \sigma = 6,16 \text{ kN/cm}^2$$

**Uvjet je zadovoljen!**

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--

provjera uporabivosti

$$\begin{aligned}
 E &= 21000 \text{ kN/cm}^2 \\
 I_{IPE100} &= 171 \text{ cm}^4 \\
 p &= 6,3 \text{ kN/m} \\
 u = 5/384 pL^4/EI &= 0,09 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Uvjet:  $u_{dop} = L/250 = 0,56 \text{ cm} > u = 0,09 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen!**

### 2.3.9. Proračun i dimenzioniranje nosača novog stubišta

#### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

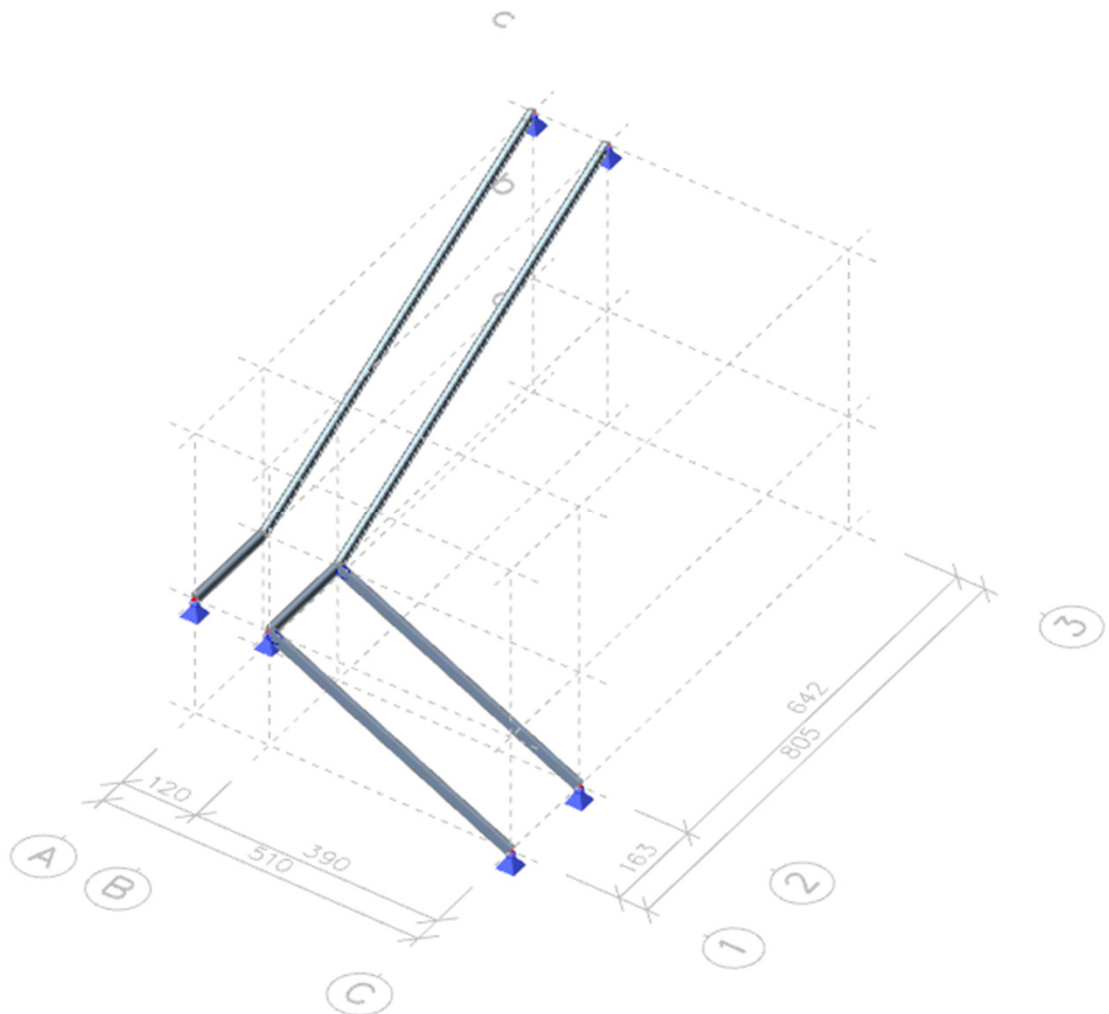
- hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/160/8,8 mm**
- klasa čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Dimenzioniranje greda provodi se prema EC3 propisima. Nosači preuzimaju opterećenje gazišta. Dvije tetive su oslonjene, s jedne strane na intervencijsku stazu, a s druge strane na postojeći opečni zid. Druge dvije tetive su oslonjene na već spomenute tetive, s jedne strane, a s druge strane su oslonjene na pod na 7,46 m.

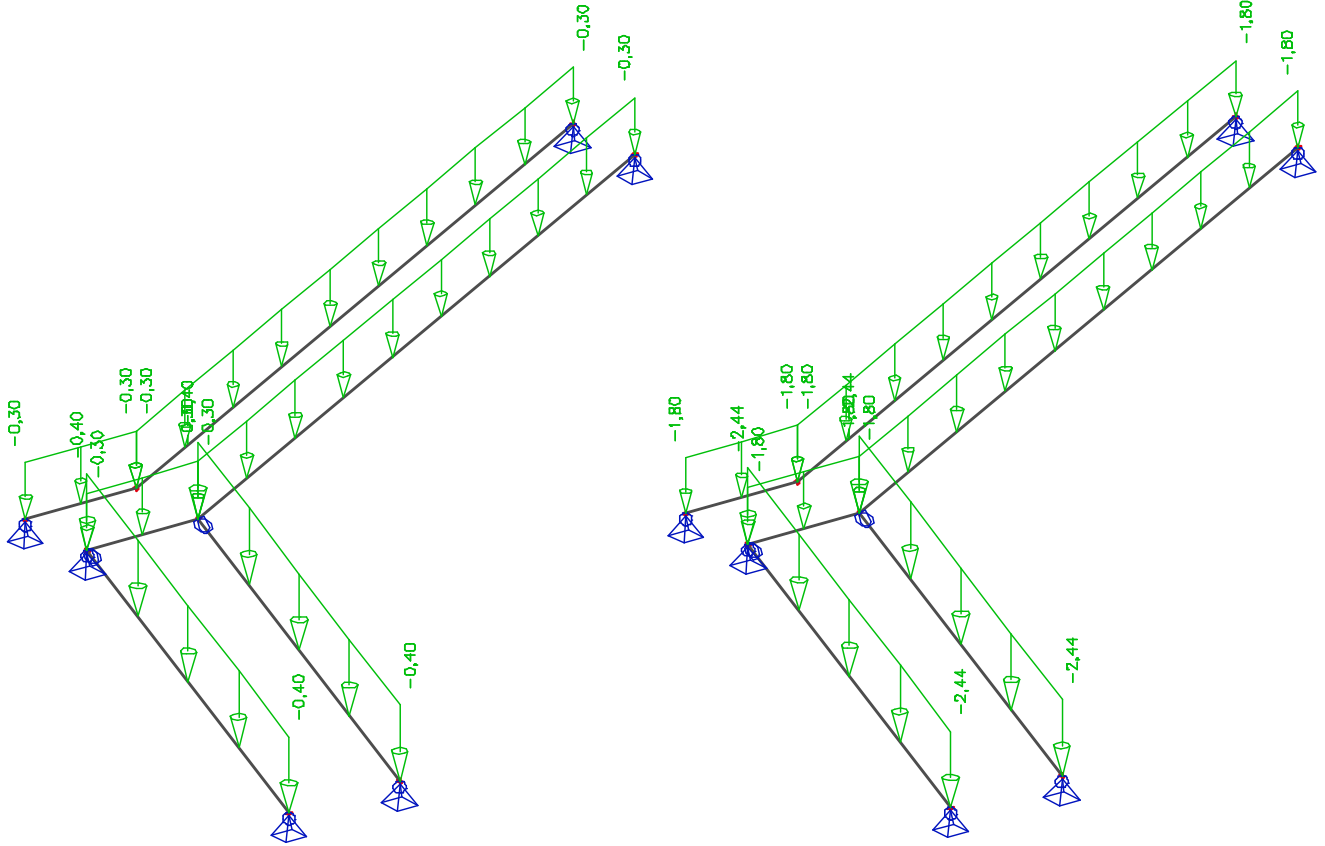
#### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz opterećenja
- Prilog 3. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC
- Prilog 4. Dimenzioniranje nosača

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca



## Prilog 2. Prikaz opterećenja



$$\Delta g = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,63 \text{ m/2} = 0,40 \text{ kN/m'}$$

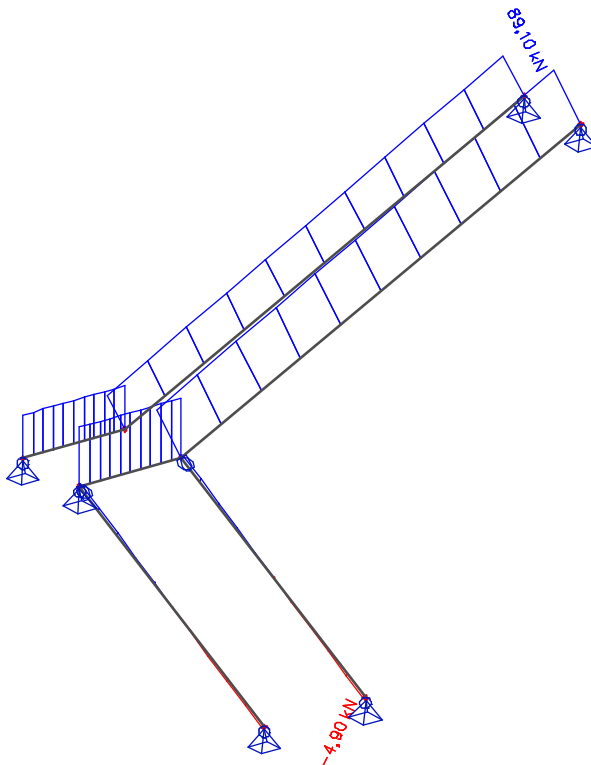
$$\Delta g = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 \text{ m/2} = 0,30 \text{ kN/m'}$$

$$q = 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,63 \text{ m/2} = 2,44 \text{ kN/m'}$$

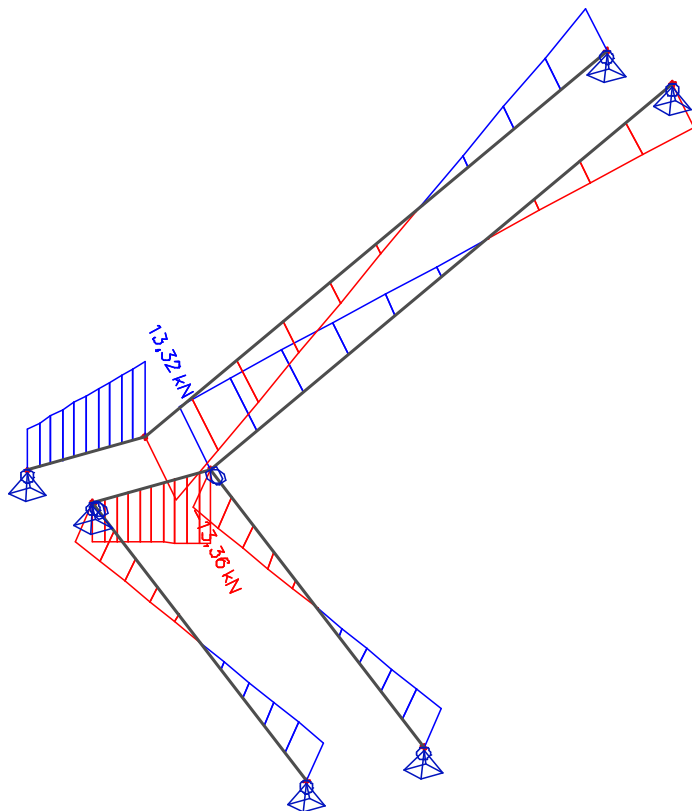
$$q = 3,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 \text{ m/2} = 1,80 \text{ kN/m'}$$

## Prilog 3. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC

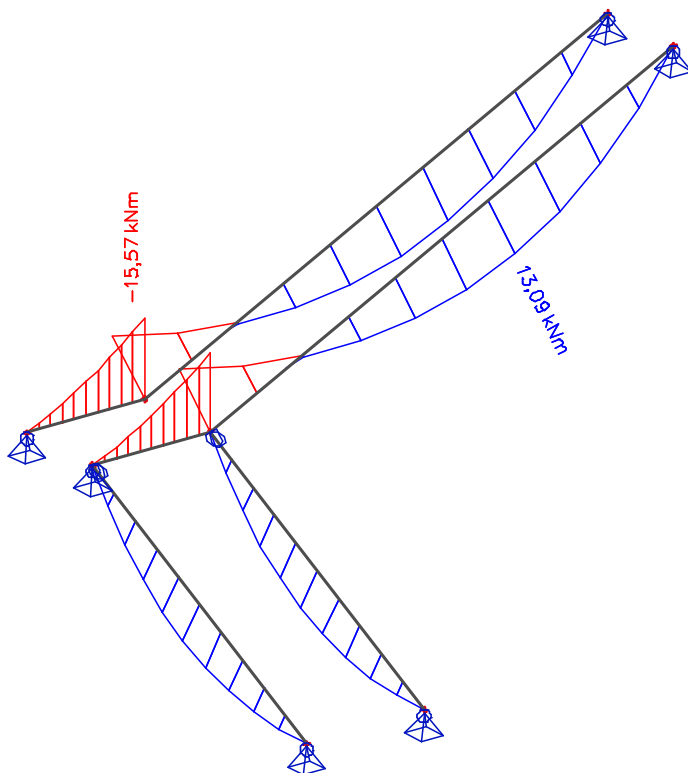
N



$V_z$



$M_y$



## Prilog 4. Dimenzioniranje nosača

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

 duljina elementa:  $L = 914,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

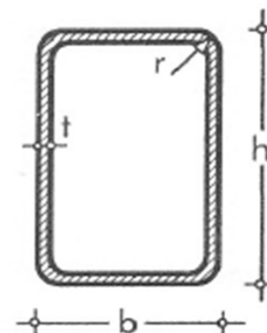
radijus zaobljenja

torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

160 x 80 x 8,8 hladnodogotovljeni		
$h =$	160,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	8,8	mm
$G =$	28,10	kg/m
$A =$	35,80	cm <sup>2</sup>
$r =$	26,40	cm <sup>4</sup>
$I_t =$	936,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	189,00	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,435	m <sup>2</sup> /m



moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

posmična površina:

$I_y =$	1020	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	343	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	127	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	85,8	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	169	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	104	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	5,34	cm	$i_z =$	3,1	cm
$A_{v,z} =$	23,88	cm <sup>2</sup>	$A_{v,y} =$	11,94	cm <sup>2</sup>

### 2. MATERIJAL

 ČELIK S 235  $t < 40$  mm

 $f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>
 $f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>
 $E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>
 $G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>
 $\epsilon = 1,00$ 
 $\nu = 0,3$ 

Parcijalni faktori:

 $\gamma_{M0} = 1,00$ 
 $\gamma_{M1} = 1,10$ 
 $\gamma_{M2} = 1,25$ 

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

 $V_{z,Ed} = 13,3$  kN

 $V_{y,Ed} = 0,0$  kN

moment savijanja:

 $M_{y,Ed} = 15,6$  kN

 $M_{z,Ed} = 0,3$  kN

uzdužna tlačna sila:

 $N_{Ed} = 0,0$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

 $c = h - 3t = 133,6$  mm

 $c/t = 15,18$ 

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 15,18$	<	$33\epsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 15,18$	<	$38\epsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 15,18$	<	$42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 53,6$  mm  
 $c/t_f = 6,09$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 6,09 < 33\varepsilon = 33,0$

Uvjet za klasu 2:  $c/t = 6,09 < 38\varepsilon = 38,0$

Uvjet za klasu 3:  $c/t = 6,09 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} = 841,30 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 3971,50 \text{ kNcm} = 39,7 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,39 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 2444,00 \text{ kNcm} = 24,4 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,01 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 142,4 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$


Uvjet:  $h_w / t = 16,18 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_V = Ah / (b+h) = 23,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 323,8 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,04 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 62,4 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 7,09$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 11,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 161,9 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 13,3 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 161,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
------------------------------	---	--------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 210,3 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 147,2 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 53,0 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 39,7 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,000$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,607 > 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,39$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 914,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 714,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 253,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 139,4 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 1,823$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 2,456$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 2,560$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,230$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 4,07$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,137$$

$$\chi_{min} = 0,137$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 104,6 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (kL_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w / I_z) + (kL_{cr,LT})^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 37220,1 \text{ kNcm}$$

$$= 372,20 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 714,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = -8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 1,127$$

$$C_2 = 0,454$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,327$$

<


$$\lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,601$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 0,904 < \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 3262,9 \text{ kNcm} = 32,6 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,48 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = -0,8$$

$$\psi = 0,0$$

$$\rightarrow \begin{matrix} C_{my} = 0,1 - 0,8\alpha_h = 0,772 & \geq & 0,4 \\ C_{mz} = 0,1 - 0,8\alpha_h = 0,772 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,1 - 0,8\alpha_h = 0,772 & \geq & 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,77 > 0,77$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,77 > 0,77$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,46$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$1,00 > 1,00$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

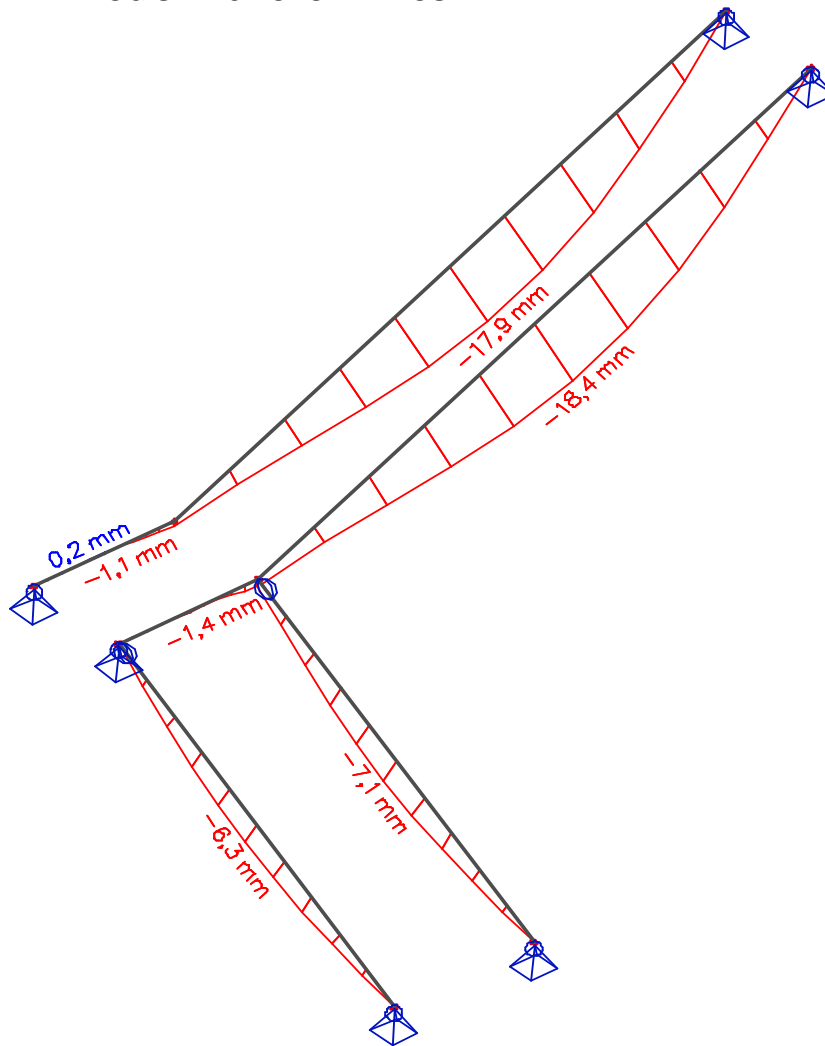
$$0,00 + 0,37 + 0,01 = 0,37 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,48 + 0,01 = 0,49 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **48,62 %**.

## 7. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI



$$L = 714,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 2,86 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 1,8 \text{ cm} < u_{dop} = 2,86 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

## 2.4. DOKAZ O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA NA ZAHVATIMA NA ZGRADI DOGRADNJE

### 2.4.1. Proračun i dimenzioniranje nosača krova G600

#### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

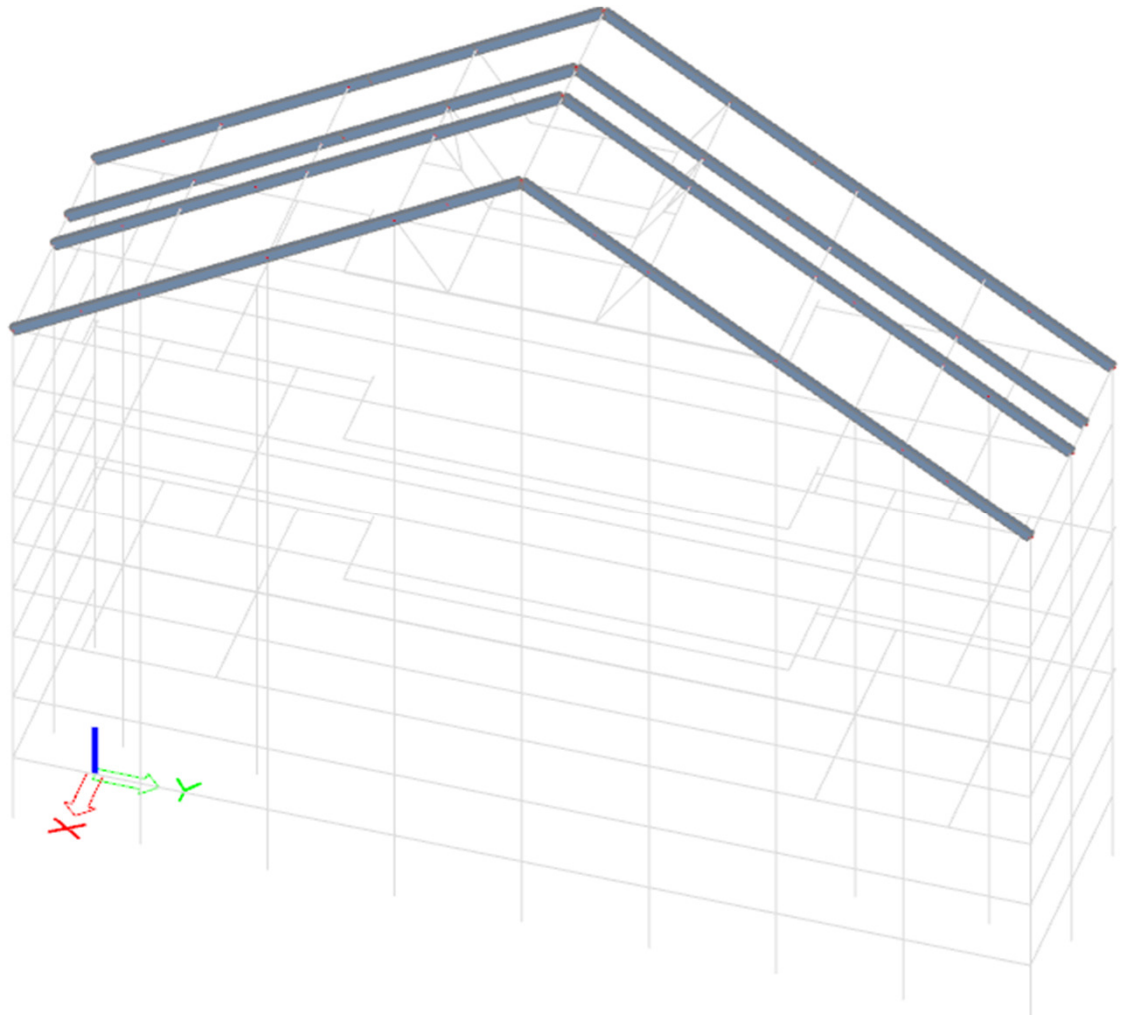
- hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/160/8,8 mm**
- klasa čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Dimenzioniranje greda provodi se prema EC3 propisima. Nosači su međusobno upeti, i upeta je veza na mjestu oslanjanja nosača na ploču. Prihvaćaju opterećenje od krova te opterećenje od stubišta.

#### PRILOZI

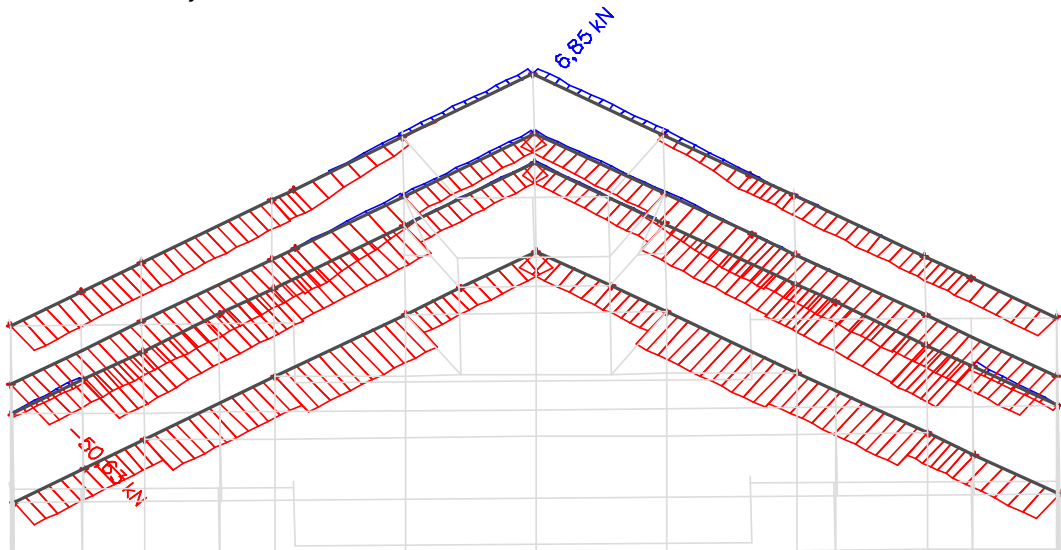
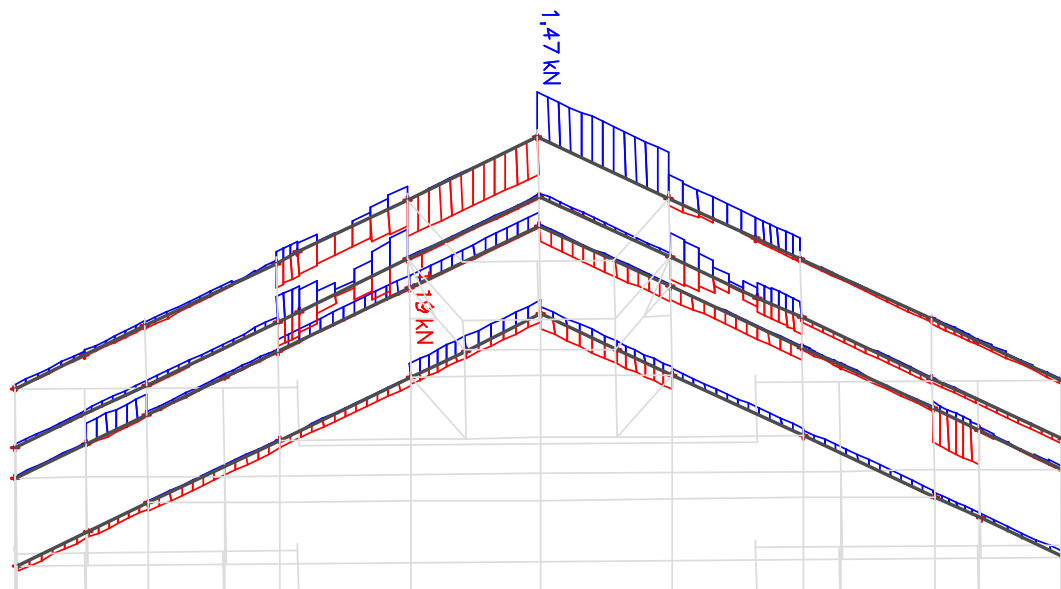
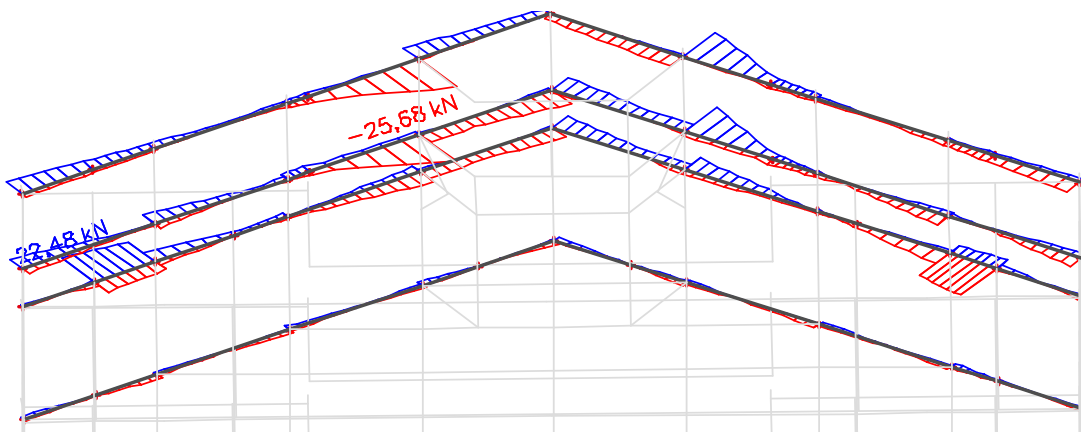
- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje nosača

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca

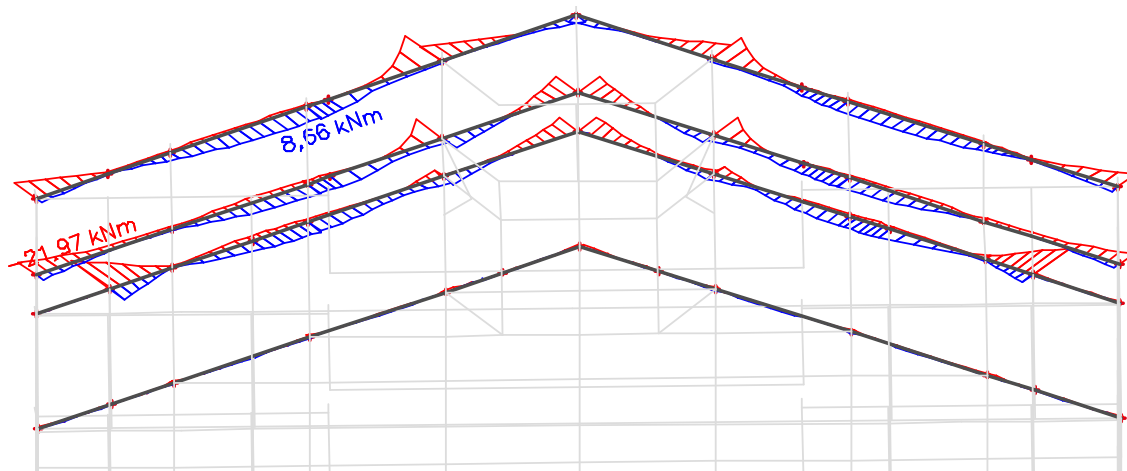


## Prilog 2. Prikaz unutarnji sila u nosačima za ULC

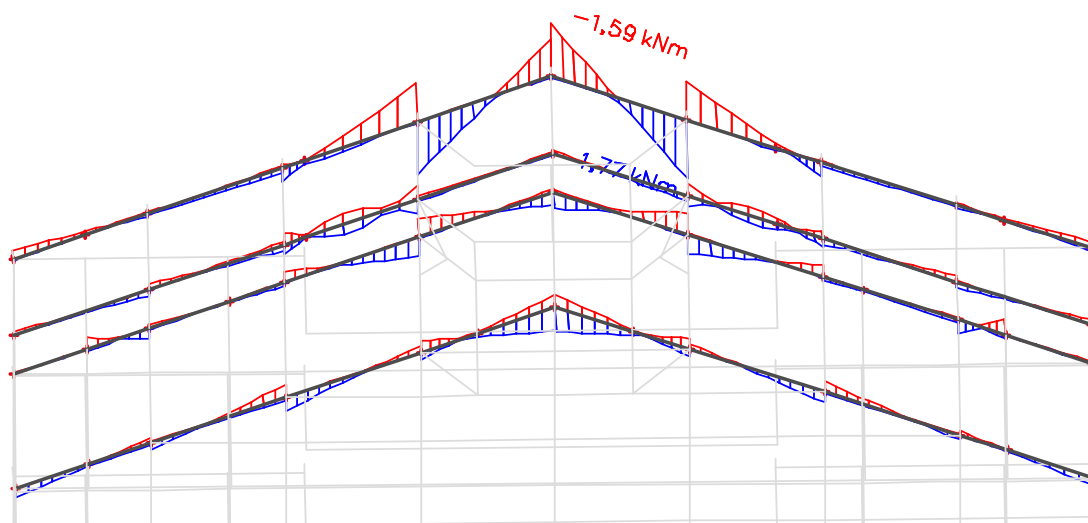
N

 $V_y$  $V_z$ 

$M_y$



$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-50,63</b>	0,11	8,18	1,28	-9,87	-0,11
<b>6,85</b>	1,38	-4,08	-0,70	4,67	-1,48
3,42	<b>-1,19</b>	9,82	1,53	-11,56	1,56
6,83	<b>1,47</b>	-4,12	-0,70	4,74	<b>-1,59</b>
-9,90	-0,68	<b>-25,68</b>	-0,85	-19,90	-1,16
-46,97	0,50	<b>22,48</b>	<b>2,74</b>	<b>-21,97</b>	-0,26
-45,86	-0,81	-20,10	<b>-2,81</b>	-2,69	0,33
-25,02	-0,68	-2,35	-0,85	<b>8,66</b>	0,39
3,83	1,47	-8,94	-0,70	-10,18	<b>1,77</b>

## Prilog 3. Dimenzioniranje nosača

**maksimalni tlak**
**1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE**

 duljina elementa:  $L = 914,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

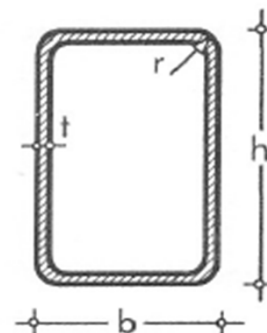
radijus zaobljenja

torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

160 x 80 x 8,8 hladnodogotavljeni		
$h =$	160,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	8,8	mm
$G =$	28,10	kg/m
$A =$	35,80	cm <sup>2</sup>
$r =$	26,40	cm <sup>4</sup>
$I_t =$	936,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	189,00	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,435	m <sup>2</sup> /m



moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

posmična površina:

$I_y =$	1020	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	343	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	127	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	85,8	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	169	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	104	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	5,34	cm	$i_z =$	3,1	cm
$A_{v,z} =$	23,88	cm <sup>2</sup>	$A_{v,y} =$	11,94	cm <sup>2</sup>

**2. MATERIJAL**

 ČELIK S 235  $t < 40$  mm

 $f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>
 $f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>
 $E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>
 $G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>
 $\epsilon = 1,00$ 
 $\nu = 0,3$ 

Parcijalni faktori:

 $\gamma_{M0} = 1,00$ 
 $\gamma_{M1} = 1,10$ 
 $\gamma_{M2} = 1,25$ 
**3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)**

poprečna sila:

 $V_{z,Ed} = 8,2$  kN

 $V_{y,Ed} = 0,1$  kN

moment savijanja:

 $M_{y,Ed} = 9,9$  kN

 $M_{z,Ed} = 0,1$  kN

uzdužna tlačna sila:

 $N_{Ed} = 51,0$  kN

**4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA**

Hrbat:

 $c = h - 3t = 133,6$  mm

 $c/t = 15,18$ 

 Uvjet za klasu 1:  $c/t = 15,18 < 33\epsilon = 33,0$ 

 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 15,18 < 38\epsilon = 38,0$ 

 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 15,18 < 42\epsilon = 42,0$ 

Hrbat je klase 1.



Pojasnica:  $c = b - 3t = 53,6$  mm  
 $c/t_f = 6,09$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 6,09 < 33\varepsilon = 33,0$   
Uvjet za klasu 2:  $c/t = 6,09 < 38\varepsilon = 38,0$   
Uvjet za klasu 3:  $c/t = 6,09 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} = 841,30 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,06 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 3971,50 \text{ kNcm} = 39,7 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,25 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 2444,00 \text{ kNcm} = 24,4 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 142,4 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 16,18 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_V = Ah / (b+h) = 23,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 323,8 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,03 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 62,4 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 7,09$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 11,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 161,9 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,06$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 8,2 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 161,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	--------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 51,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 210,3 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 51,0 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 147,2 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 49,7 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 39,7 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,061$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,607 > 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,25$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 914,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 228,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / l_{cr,y}^2 = 253,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / l_{cr,z}^2 = 1367,6 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (A f_y / N_{cr,y})^{1/2} = 1,823$$

$$\lambda_z = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} = 0,784$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

os z-z → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

Određivanje faktora redukcije  $\chi$ :

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 2,560$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,230$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,95$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,672$$

$$\chi_{min} = 0,230$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 175,5 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,29 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 E I_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w/I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 68266,4 \text{ kNcm}$$

$$= 682,66 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 914,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = -8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578 \quad C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:


$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,241 < \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,545$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 0,968 < \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 3494,5 \text{ kNcm} = 34,9 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,28 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,5$$

$$\psi = 0,0$$

$$\begin{aligned} C_{my} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \\ C_{mz} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \\ C_{mLT} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \end{aligned}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,88 > 0,74$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,66 < 0,68$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,39$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$0,98 > 0,97$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,29 + 0,21 + 0,00 = 0,50 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,10 + 0,28 + 0,00 = 0,38 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **50,13 %**.

## maksimalno savijanje

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 914,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

**160 x 80 x 8,8**

**hladnodogotovljeni**

visnica profila:

$h = 160,0$  mm

širina profila:

$b = 80,0$  mm

debljina stijenke:

$t = 8,8$  mm

težina po m':

$G = 28,10$  kg/m

površina poprečnog presjeka:

$A = 35,80$  cm<sup>2</sup>

radijus zaobljenja

$r = 26,40$  cm<sup>4</sup>

torzijska konstanta:

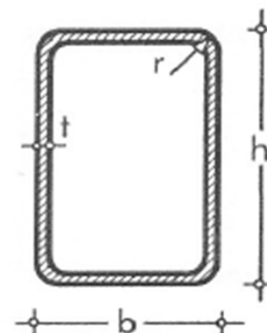
$I_t = 936,0$  cm<sup>4</sup>

moment otpora kod torzije:

$W_t = 189,00$  cm<sup>3</sup>

oplošje:

$A_L = 0,435$  m<sup>2</sup>/m



moment inercije:

$I_y = 1020$  cm<sup>4</sup>

$I_z = 343$  cm<sup>4</sup>

moment otpora:

$W_y = 127$  cm<sup>3</sup>

$W_z = 85,8$  cm<sup>3</sup>

plastični moment otpora:

$W_{pl,y} = 169$  cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z} = 104$  cm<sup>3</sup>

radijus tromosti:

$i_y = 5,34$  cm

$i_z = 3,1$  cm

posmična površina:

$A_{v,z} = 23,88$  cm<sup>2</sup>

$A_{v,y} = 11,94$  cm<sup>2</sup>

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>

$E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon = 1,00$

$f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>

$G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>

$\nu = 0,3$

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{M1} = 1,10$

$\gamma_{M2} = 1,25$

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

$V_{z,Ed} = 22,5$  kN

$V_{y,Ed} = 0,0$  kN

moment savijanja:

$M_{y,Ed} = 22,0$  kN

$M_{z,Ed} = 0,3$  kN

uzdužna tlačna sila:

$N_{Ed} = 47,0$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$c = h - 3t = 133,6$  mm

$c/t = 15,18$

Uvjet za klasu 1:

$c/t = 15,18 < 33\epsilon = 33,0$

Uvjet za klasu 2:

$c/t = 15,18 < 38\epsilon = 38,0$

Uvjet za klasu 3:

$c/t = 15,18 < 42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 53,6$  mm  
 $c/t_f = 6,09$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 6,09 < 33\varepsilon = 33,0$   
Uvjet za klasu 2:  $c/t = 6,09 < 38\varepsilon = 38,0$   
Uvjet za klasu 3:  $c/t = 6,09 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} = 841,30 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,06 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 3971,50 \text{ kNcm} = 39,7 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,55 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 2444,00 \text{ kNcm} = 24,4 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,01 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 142,4 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 16,18 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_V = Ah / (b+h) = 23,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 323,8 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,07 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 62,4 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 7,09$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 11,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 161,9 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,06$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 22,5 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 161,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
------------------------------	---	--------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 47,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 210,3 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 47,0 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 147,2 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 50,0 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 39,7 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,056$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,607 > 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,55$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 914,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 228,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / l_{cr,y}^2 = 253,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / l_{cr,z}^2 = 1367,6 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (A f_y / N_{cr,y})^{1/2} = 1,823$$

$$\lambda_z = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} = 0,784$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

os z-z → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

Određivanje faktora redukcije  $\chi$ :

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 2,560$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,230$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,95$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,672$$

$$\chi_{min} = 0,230$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 175,5 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,27 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 E I_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w/I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 Z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 Z_q = 68266,4 \text{ kNcm}$$

$$= 682,66 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 914,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = -8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578 \quad C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,241 < \lambda_{LT,0} = 0,4$$


Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,545$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 0,968 < \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 3494,5 \text{ kNcm} = 34,9 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,63 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,5$$

$$\psi = 0,0$$

$$\rightarrow \begin{aligned} C_{my} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \\ C_{mz} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \\ C_{mLT} &= 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 && \geq 0,4 \end{aligned}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,86 > 0,73$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,65 < 0,68$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,39$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$0,98 > 0,97$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

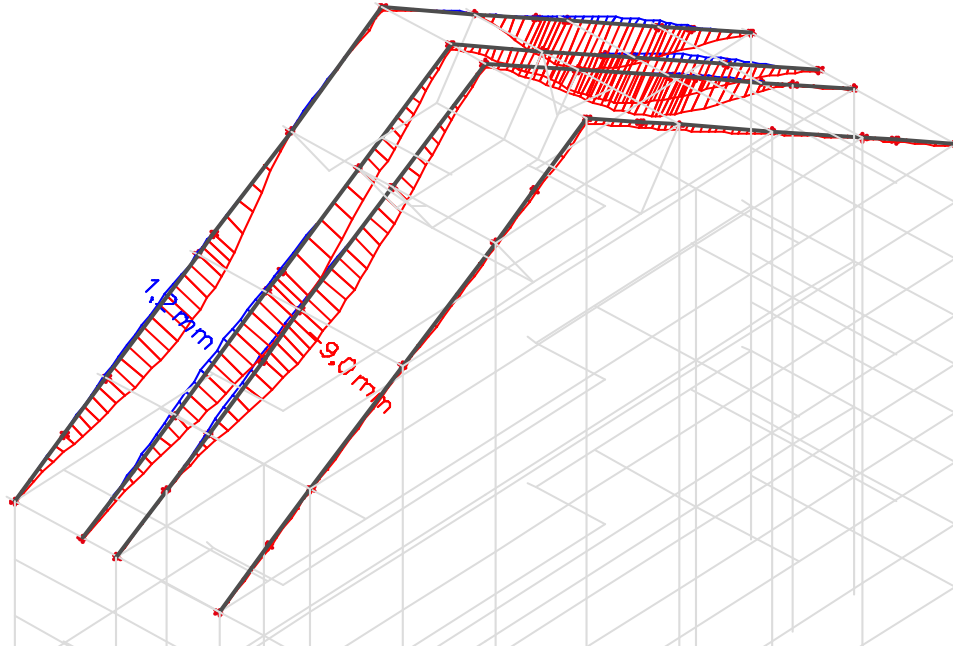
$$0,27 + 0,46 + 0,00 = 0,73 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,09 + 0,62 + 0,01 = 0,72 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **73,10 %**.

## 7. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI



$$L = 914,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 3,66 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,9 \text{ cm} < u_{dop} = 3,66 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

## 2.4.2. Proračun i dimenzioniranje elemenata staze

### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

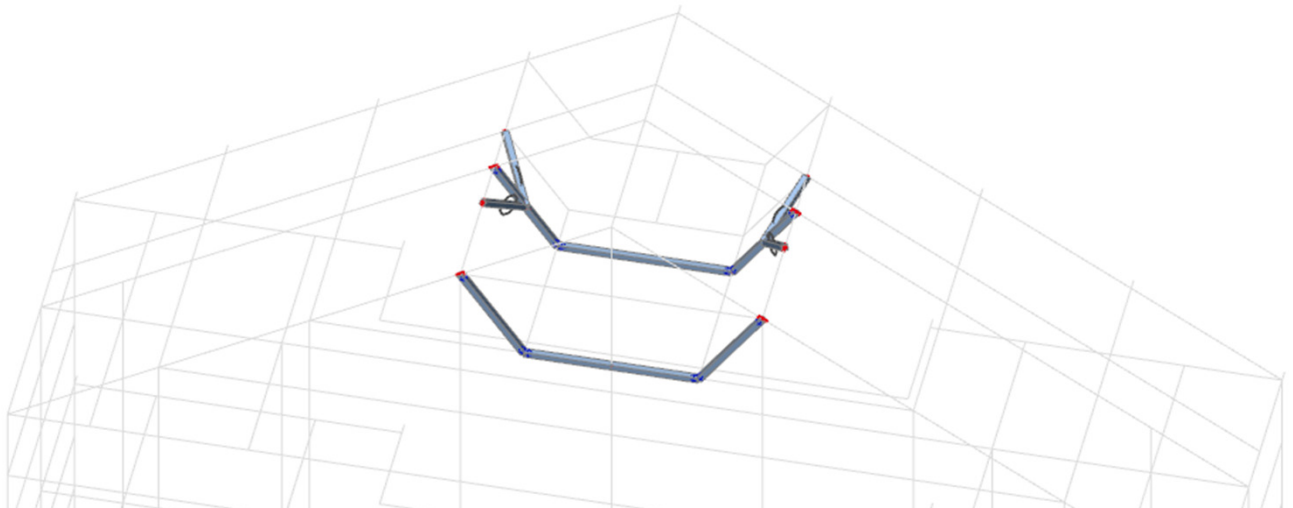
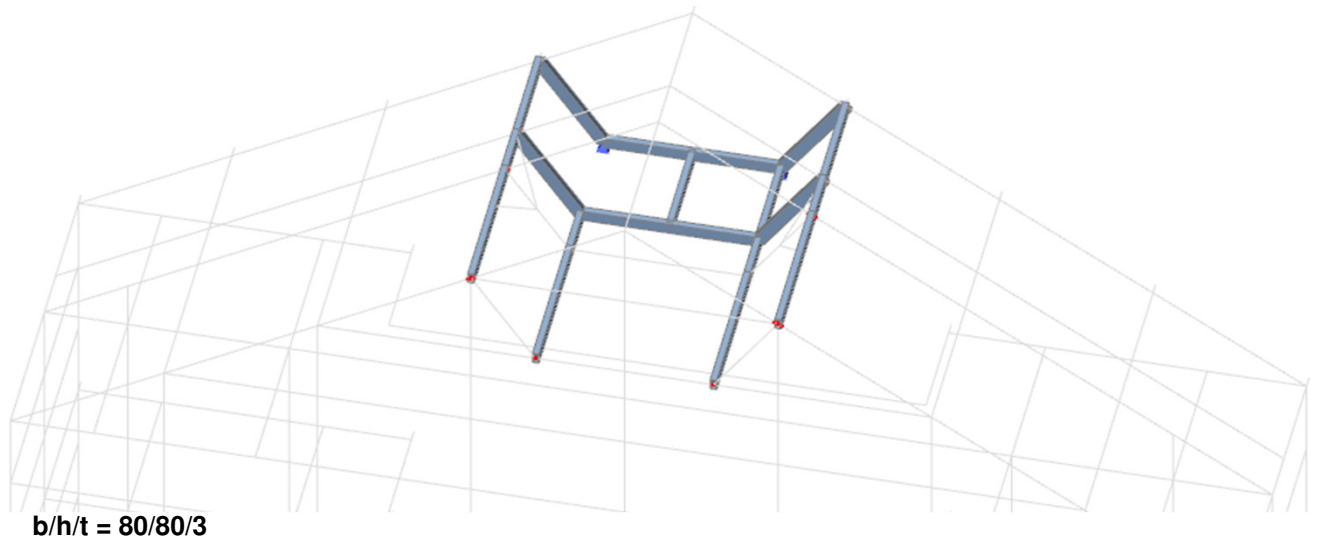
- hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/160/8,8 mm** i **b/h/t = 80/80/3 mm**
- klasa čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Dimenzioniranje greda provodi se prema EC3 propisima. Cijevi b/h/t = 160/80/8,8 su međusobno upete, a cijevi oslanjanja nosača na ploču. Prihvaćaju opterećenje od krova te opterećenje od stubišta.

### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje kosnika
- Prilog 4. Dimenzioniranje nosača staze

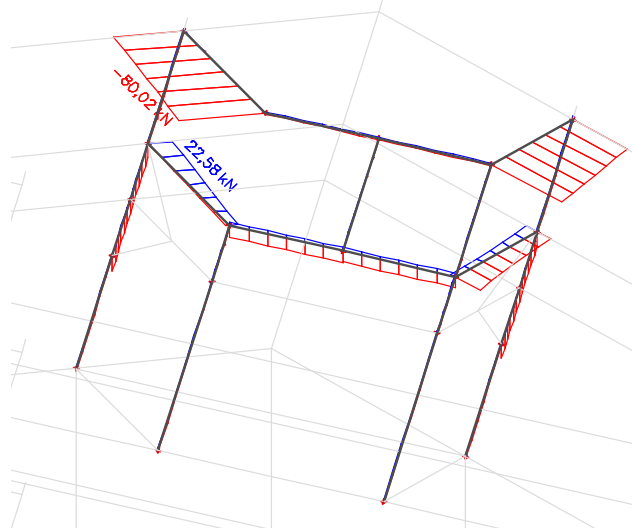
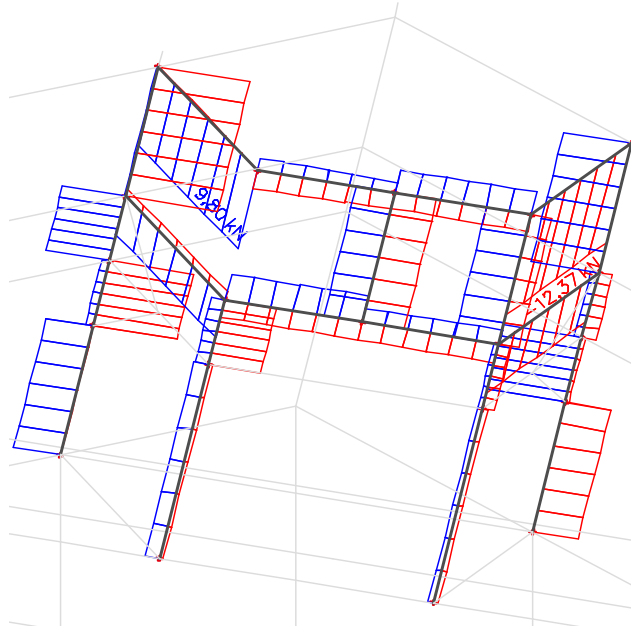
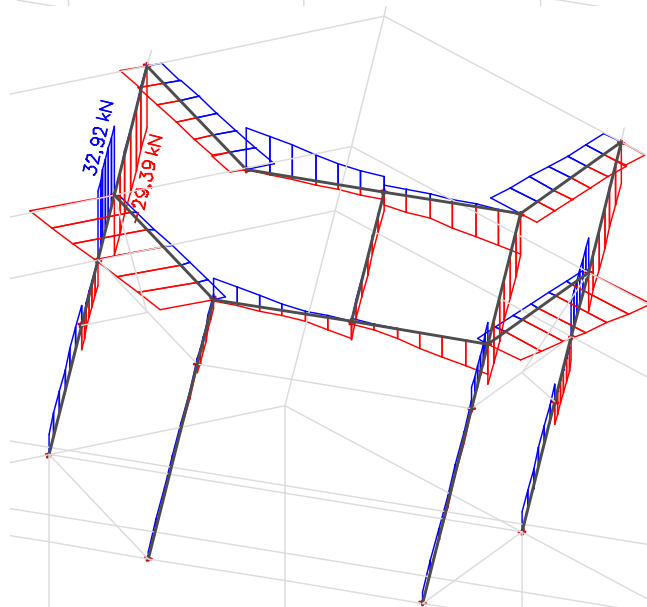
Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca  
**b/h/t = 160/80/8,8**

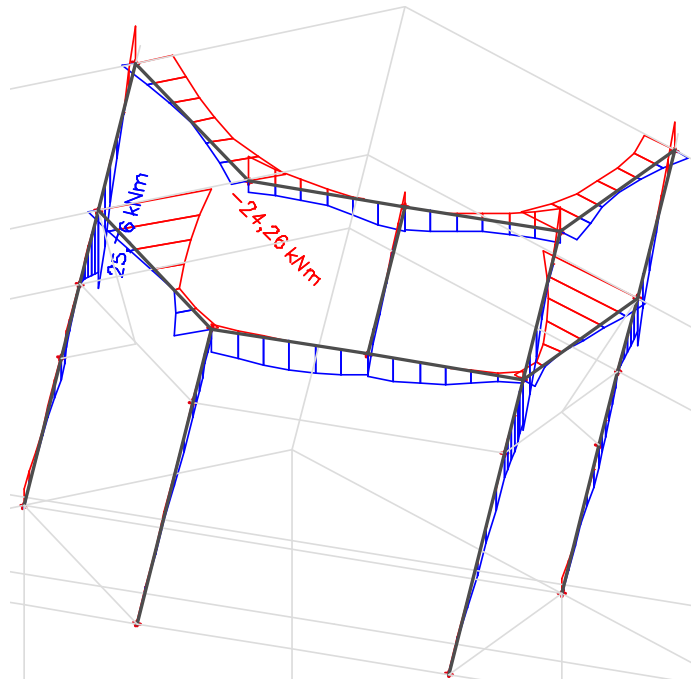
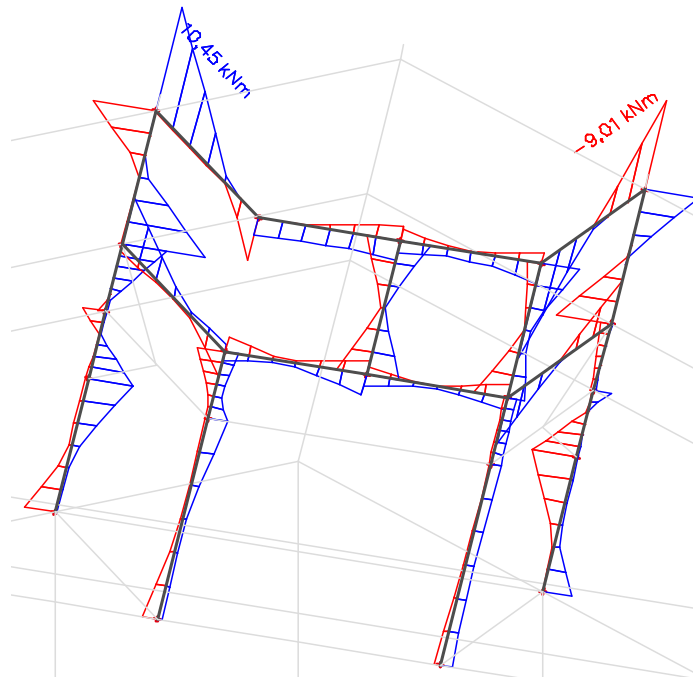


## Prilog 2. Prikaz unutarnji sila u nosačima za CO1

**b/h/t = 160/80/8,8**

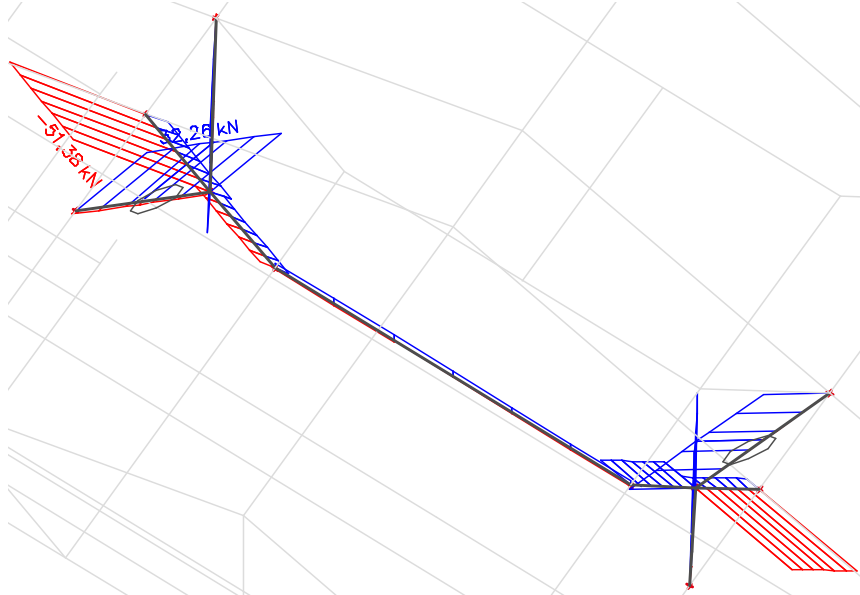
N

 $V_y$  $V_z$ 

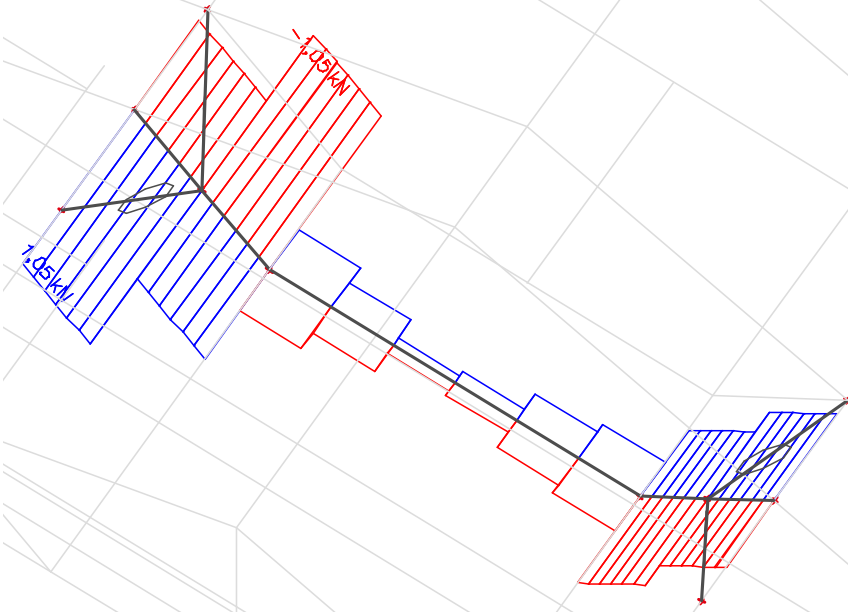
$M_y$  $M_z$ 

**b/h/t = 80/80/3**

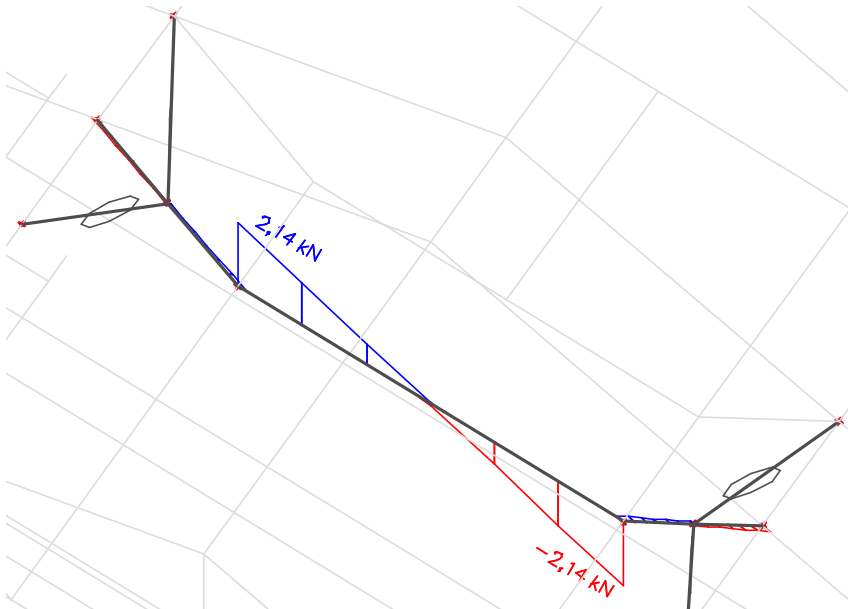
N



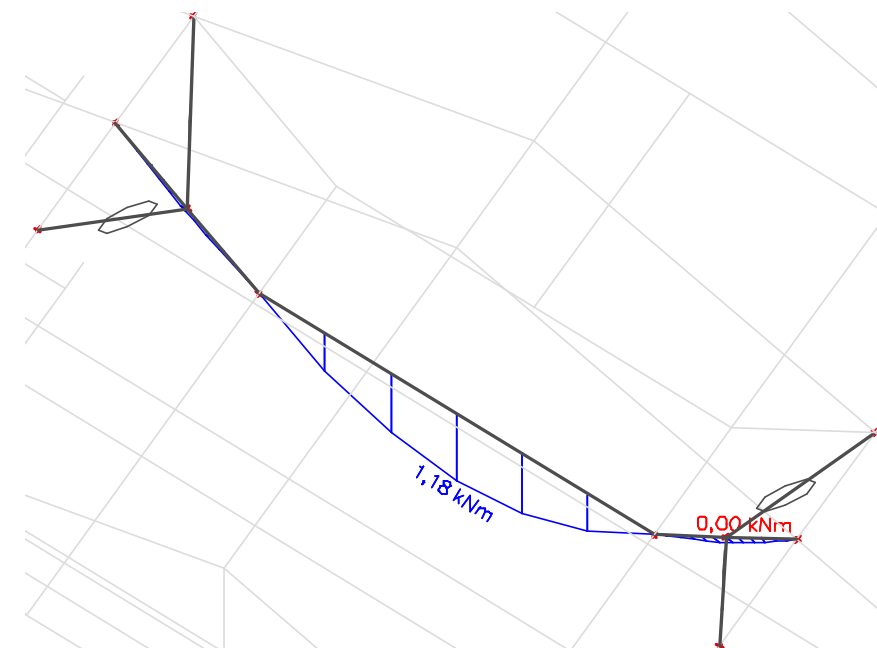
V<sub>y</sub>



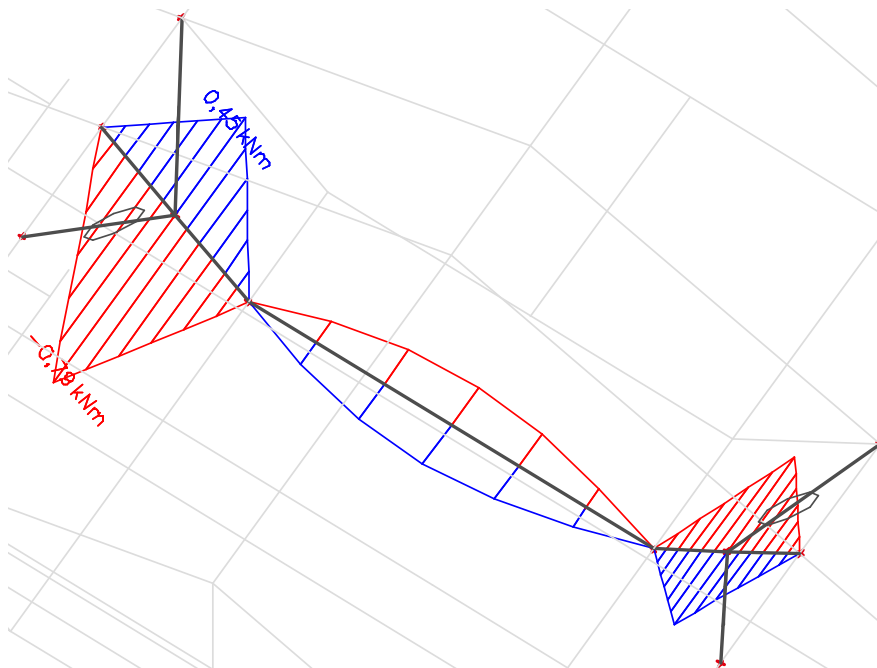
V<sub>z</sub>



$M_y$



$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-51,38</b>	0,47	-0,04	0,00	0,05	-0,35
<b>32,26</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1,20	<b>-1,05</b>	0,03	0,00	0,03	-0,66
-18,68	<b>1,05</b>	-0,05	0,00	0,01	0,05
3,47	0,00	<b>-2,14</b>	0,00	0,00	0,00
3,24	0,00	<b>2,14</b>	0,00	0,00	0,00
-1,59	-0,96	0,03	<b>0,00</b>	0,02	-0,48
1,17	0,52	0,05	<b>0,00</b>	0,04	0,26
-3,21	-0,48	0,10	0,00	<b>0,00</b>	0,00
3,35	0,00	0,00	0,00	<b>1,18</b>	0,00
-1,19	-1,05	0,02	0,00	0,03	<b>-0,79</b>
0,81	0,60	0,04	0,00	0,05	<b>0,45</b>

## Prilog 3. Dimenzioniranje kosnika

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 150,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

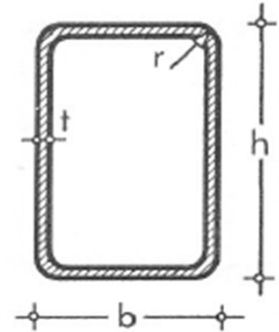
širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

80 x 80 x 3		
hladnodogotovljeni		
$h =$	80,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	3,0	mm
$G =$	7,07	kg/m
$A =$	9,01	cm <sup>2</sup>



torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

$I_t =$	140,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	35,60	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,310	m <sup>2</sup> /m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

$I_y =$	87,8	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	87,8	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	22	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	22	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	25,8	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	25,8	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	3,12	cm	$i_z =$	3,12	cm

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y =$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>	$E =$	21000	kN/cm <sup>2</sup>	$\epsilon =$	1,00
$f_u =$	36,00	kN/cm <sup>2</sup>	$G =$	8100	kN/cm <sup>2</sup>	$\nu =$	0,3

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} =$	1,00	$\gamma_{M1} =$	1,10	$\gamma_{M2} =$	1,25
-----------------	------	-----------------	------	-----------------	------

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

moment savijanja:

uzdužna tlačna sila:

$V_{z,Ed} =$	0,0	kN	$V_{y,Ed} =$	0,5	kN
$M_{y,Ed} =$	0,1	kN	$M_{z,Ed} =$	0,4	kN
$N_{Ed} =$	52,0	kN			

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$$c = h - 3t = 71,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 23,67$$

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 23,67$	<	$33\epsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 23,67$	<	$38\epsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 23,67$	<	$42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.



Pojasnica:  $c = b - 3t = 71 \text{ mm}$   
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\varepsilon = 33,0$   
 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\varepsilon = 38,0$   
 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,25 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,01 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,06 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
 Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah / (b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,00 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,01$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,8 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,25$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 52,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 52,0 \text{ kN}$	>	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Treba reducirati otpornost na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 6,0 \text{ kNm} < M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,246$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,01$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 150,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 75,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 808,8 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 3235,1 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,512$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 0,256$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

os z-z → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

Određivanje faktora redukcije  $\chi$ :

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,707$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,836$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,55$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,972$$

$$\chi_{min} = 0,836$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 161,0 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,32 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w/I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 Z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 Z_q = 34130,8 \text{ kNcm}$$

$$= 341,31 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 150,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = 0,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 1,127 \quad C_2 = 0,454$$

Bezdimenzijska vitkost:


$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,133 < \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,484$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,054 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,01 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,5$$

$$\psi = 0,0$$

$$\rightarrow \begin{matrix} C_{my} = 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,975 & \geq & 0,4 \\ C_{mz} = 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,975 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,95 + 0,05\alpha_h = 0,975 & \geq & 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 1,07 < 1,23$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,95 < 1,35$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,57$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$0,99 > 0,96$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,32 + 0,01 + 0,04 = 0,37 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,28 + 0,01 + 0,06 = 0,35 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **36,84 %**.

## Prilog 4. Dimenzioniranje nosača staze

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 220,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

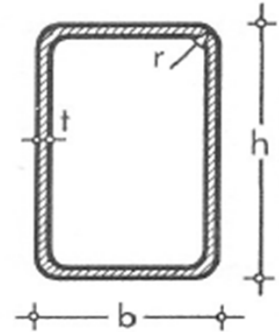
širina profila:

debljina stijenke:

težina po m':

površina poprečnog presjeka:

80 x 80 x 3		
hladnodogotovljeni		
$h =$	80,0	mm
$b =$	80,0	mm
$t =$	3,0	mm
$G =$	7,07	kg/m
$A =$	9,01	cm <sup>2</sup>



torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

oplošje:

$I_t =$	140,0	cm <sup>4</sup>
$W_t =$	35,60	cm <sup>3</sup>
$A_L =$	0,310	m <sup>2</sup> /m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

$I_y =$	87,8	cm <sup>4</sup>	$I_z =$	87,8	cm <sup>4</sup>
$W_y =$	22	cm <sup>3</sup>	$W_z =$	22	cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} =$	25,8	cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} =$	25,8	cm <sup>3</sup>
$i_y =$	3,12	cm	$i_z =$	3,12	cm

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y =$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>	$E =$	21000	kN/cm <sup>2</sup>	$\epsilon =$	1,00
$f_u =$	36,00	kN/cm <sup>2</sup>	$G =$	8100	kN/cm <sup>2</sup>	$\nu =$	0,3

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} =$	1,00	$\gamma_{M1} =$	1,10	$\gamma_{M2} =$	1,25
-----------------	------	-----------------	------	-----------------	------

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

moment savijanja:

uzdužna tlačna sila:

$V_{z,Ed} =$	0,1	kN	$V_{y,Ed} =$	0,0	kN
$M_{y,Ed} =$	1,2	kN	$M_{z,Ed} =$	0,0	kN
$N_{Ed} =$	0,0	kN			

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$$c = h - 3t = 71,0 \text{ mm}$$

$$c/t = 23,67$$

Uvjet za klasu 1:	$c/t = 23,67$	<	$33\epsilon = 33,0$
Uvjet za klasu 2:	$c/t = 23,67$	<	$38\epsilon = 38,0$
Uvjet za klasu 3:	$c/t = 23,67$	<	$42\epsilon = 42,0$

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 71 \text{ mm}$   
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\varepsilon = 33,0$   
 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\varepsilon = 38,0$   
 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,19 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
 Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah / (b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,00 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 0,1 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,0 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 7,9 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,000$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,19$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 220,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 228,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / l_{cr,y}^2 = 376,0 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / l_{cr,z}^2 = 350,1 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (A f_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,750$$

$$\lambda_z = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} = 0,778$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,916$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,693$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,94$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,676$$

$$\chi_{min} = 0,676$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 130,1 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 E I_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w/I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 Z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 Z_q = 66629,1 \text{ kNcm}$$

$$= 666,29 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 220,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = -8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578$$

$$C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,095$$

<

$$\lambda_{LT,0} = 0,4$$


Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,465$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,087 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,21 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,5$$

$$\psi = 0,0$$

$$\rightarrow \begin{matrix} C_{my} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \\ C_{mz} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,60 < 0,60$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,60 < 0,60$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,36$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$1,00 \geq 1,00$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,12 + 0,00 = 0,12 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,20 + 0,00 = 0,20 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **21,41 %**.

## 7. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI



$$L = 220,0 \text{ cm}$$
$$u_{\text{dop}} = L/250 = 0,88 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,15 \text{ cm} < u_{\text{dop}} = 0,88 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

### 2.4.3. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 600

#### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

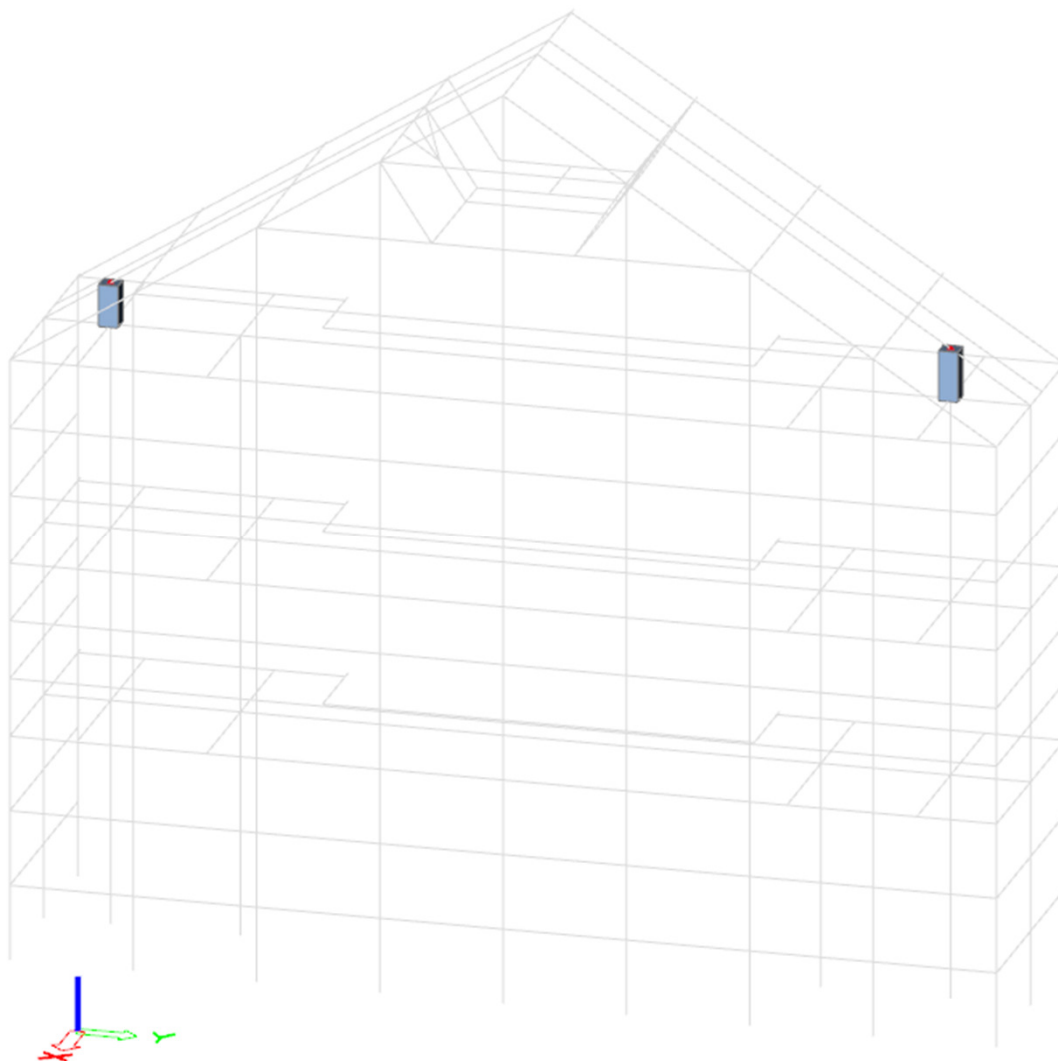
- AB stupovi dimenzija **b/h = 30/30 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima. Stupovi su upeti u stupove pozicije 500 a zglobno oslonjeni na grede pozicije 600.

#### PRILOZI

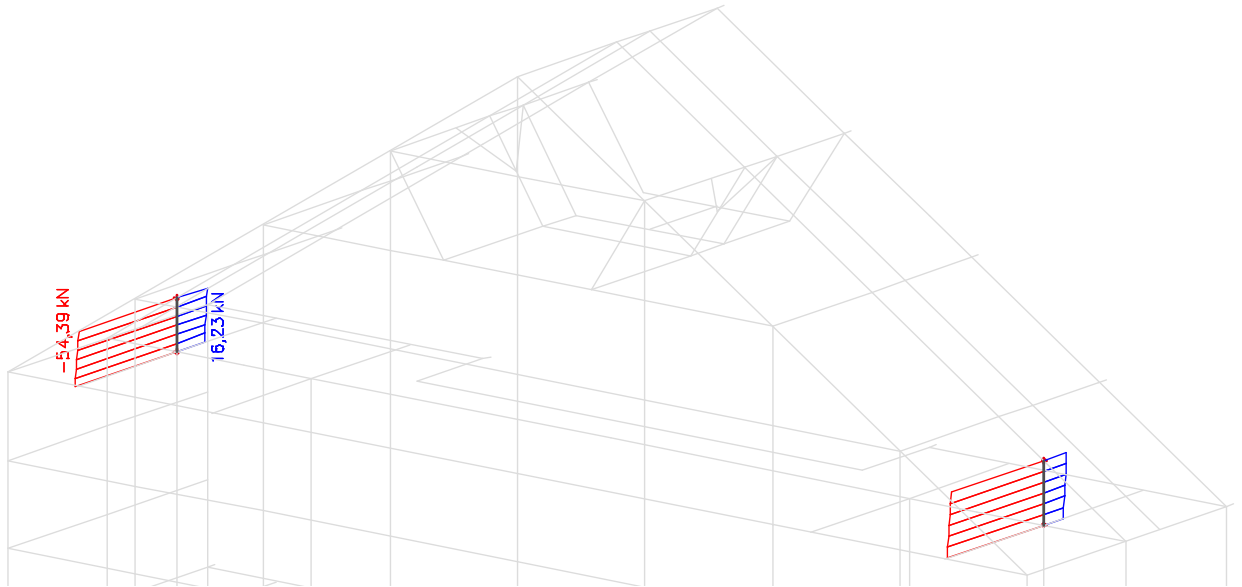
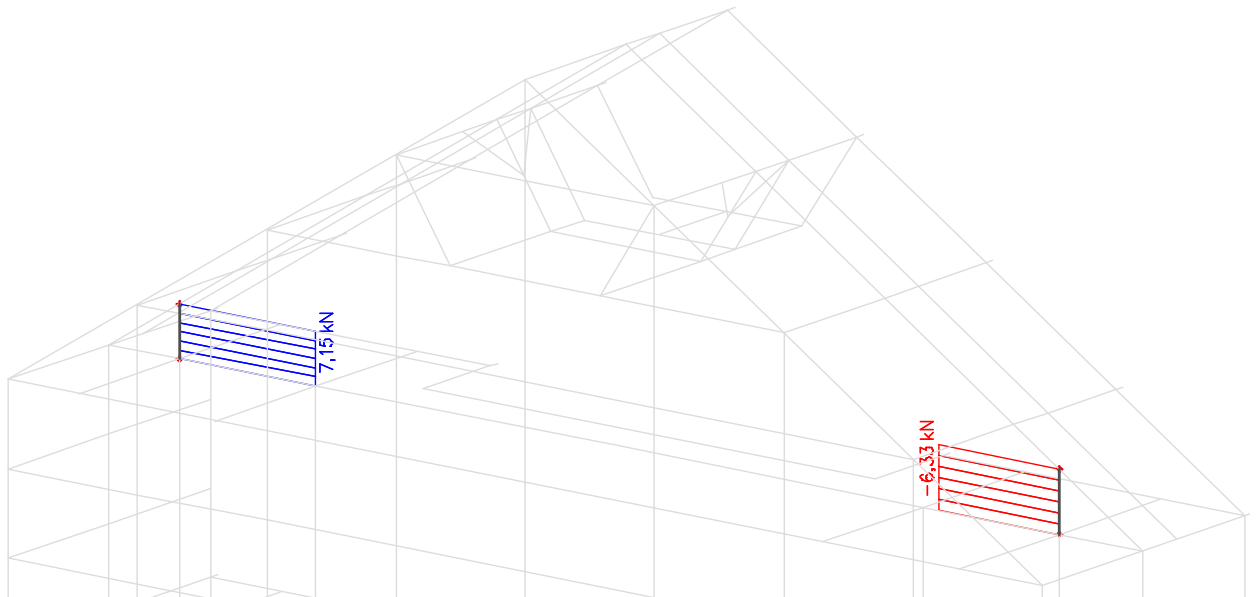
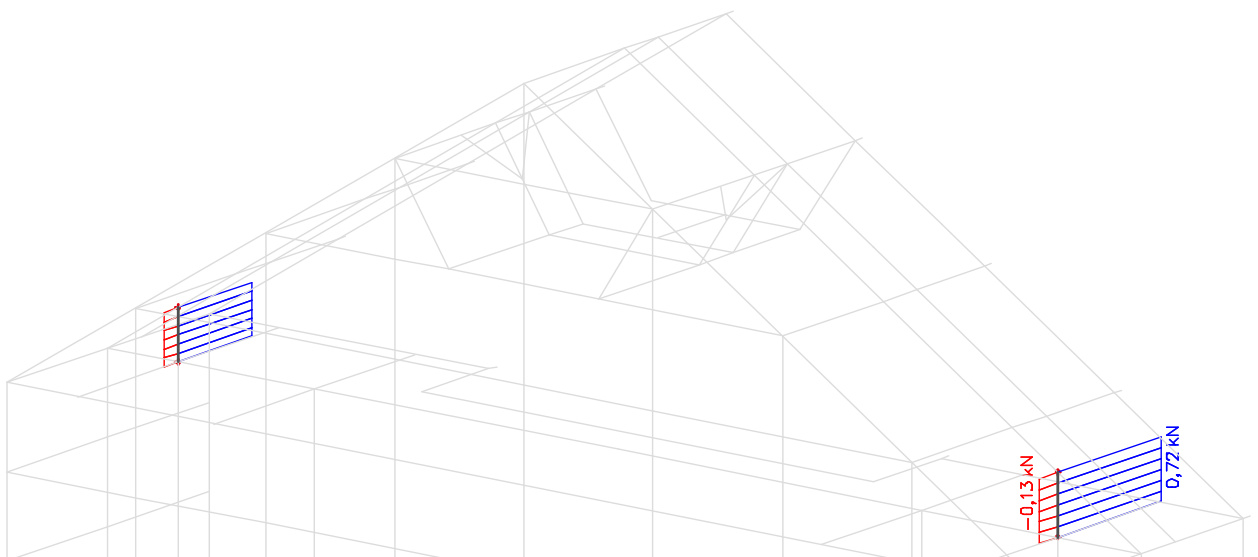
- Prilog 1. Prikaz stupova
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

Prilog 1. Prikaz stupova

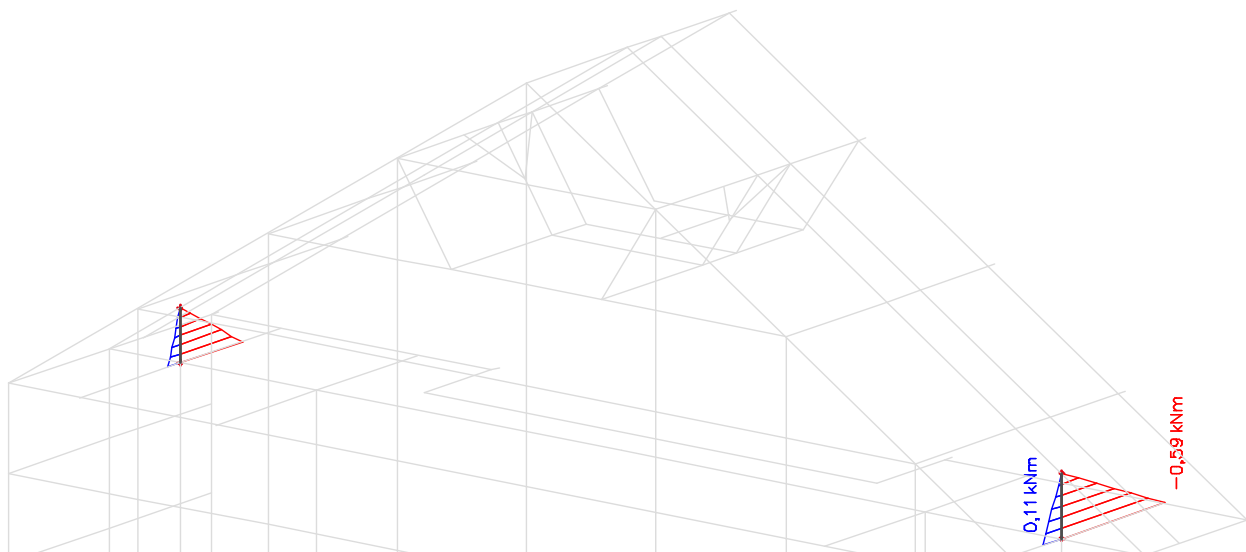


## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za CO1

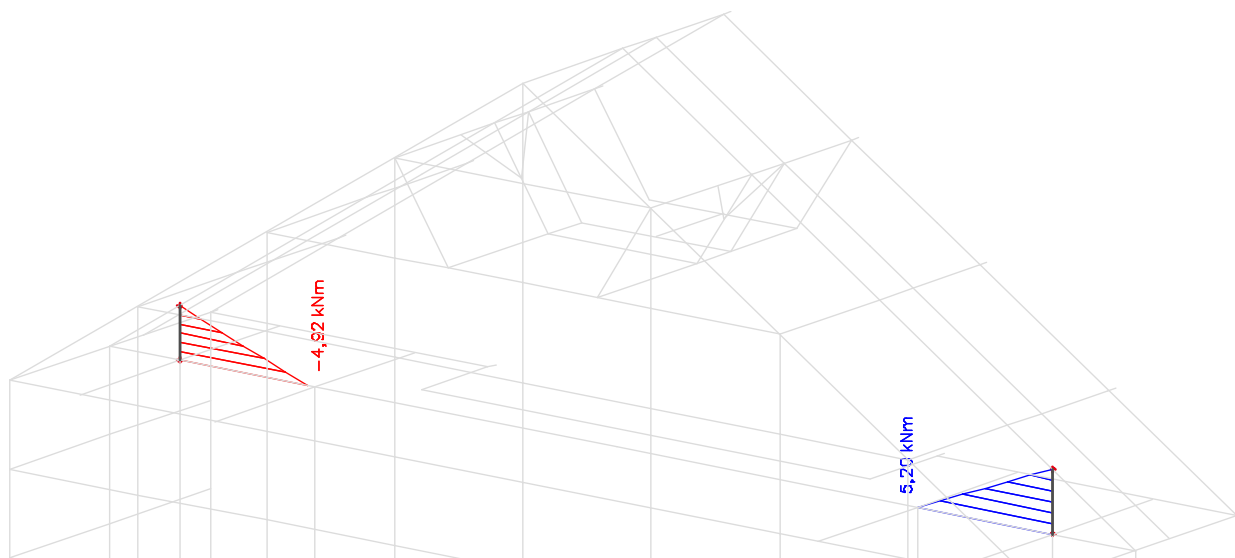
N

 $V_y$  $V_z$ 

$M_y$



$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-54,39</b>	4,05	0,37	0,00	-0,25	-2,79
<b>16,23</b>	4,12	0,18	0,00	0,00	0,00
-31,94	<b>-6,33</b>	<b>0,72</b>	0,00	<b>-0,59</b>	<b>5,20</b>
-14,11	<b>7,15</b>	0,46	0,00	-0,32	<b>-4,92</b>
-2,57	-2,67	<b>-0,13</b>	0,00	<b>0,11</b>	2,19
-51,81	-4,57	0,46	<b>0,00</b>	-0,38	3,76
-52,00	4,52	0,40	<b>0,00</b>	-0,28	-3,11

## Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

### 1. SILE

Uzdužna sila  $N_{Ed} = 54,39$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 0,25$  kNm

$M_{z,Ed} = 2,79$  kNm

### 2. EKSCENTRICITET

#### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0050 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 2,88 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 1,00 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 0,12 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 0,12 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0,00 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$c = 10$  (konstantni presjek)

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,3 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 25,7 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 25,7 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,880E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 3,938E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 1,880E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 3,938E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 2,09$$

$$K_{\phi,y} = 2,09$$

$$\begin{aligned} \lambda_y &= l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 5,55 \\ \lambda_z &= l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 5,55 \\ \beta_z &= 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,438 \\ \beta_y &= 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,438 \\ A_c &= b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100 \\ h_0 &= 2A_c/u = 150 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50 \\ \phi_{ef} &= \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50 \\ K_{\phi,z} &= 1 + \beta_z \phi_{ef} = 2,095 \\ K_{\phi,y} &= 1 + \beta_y \phi_{ef} = 2,095 \end{aligned}$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 0,09 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 0,09 \text{ cm}$$

#### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 0,67 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 5,34 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 0,37 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 2,91 \text{ kNm}$$

### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	30	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	30	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	69	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	48	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	682916	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,70	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,70	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,001				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,006				
	$v_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,036				
	$\mu_1 =$	0,006	$v =$	0	$\omega_{tot} =$	0,05
	$\mu_2 =$	0,001	$v =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,05
				$\omega_t$ za $v_1$ i $v_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,05
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	2,7	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	0,1	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	1,73	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	36,0	cm <sup>2</sup>			

**Odabrano:** 4  $\phi$  12 =  $A_s = 4,52$  cm<sup>2</sup>

#### Vilice:

Razmak:  $s \leq 30$  cm,  $s \leq b$ , ili  $s = 12\phi$  uzdužno

**Odabrano:**  $\phi$  8/15 cm/7,5 cm

#### 2.4.4. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 500

##### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

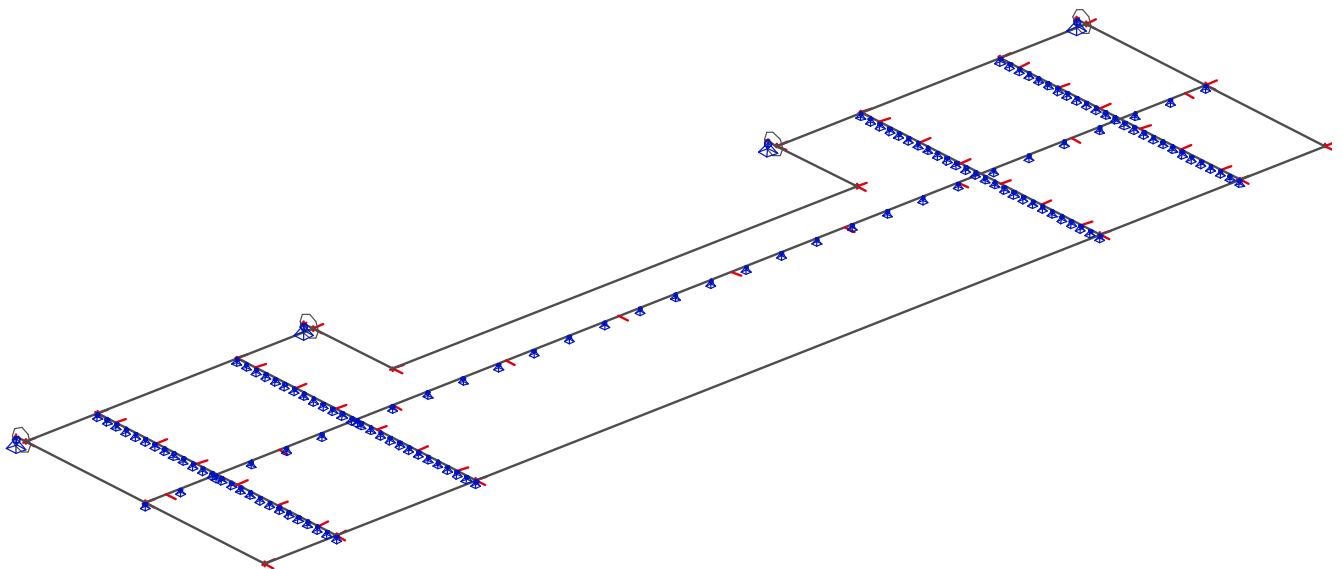
- AB monolitna ploča debljine **t = 20 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima.

##### PRILOZI

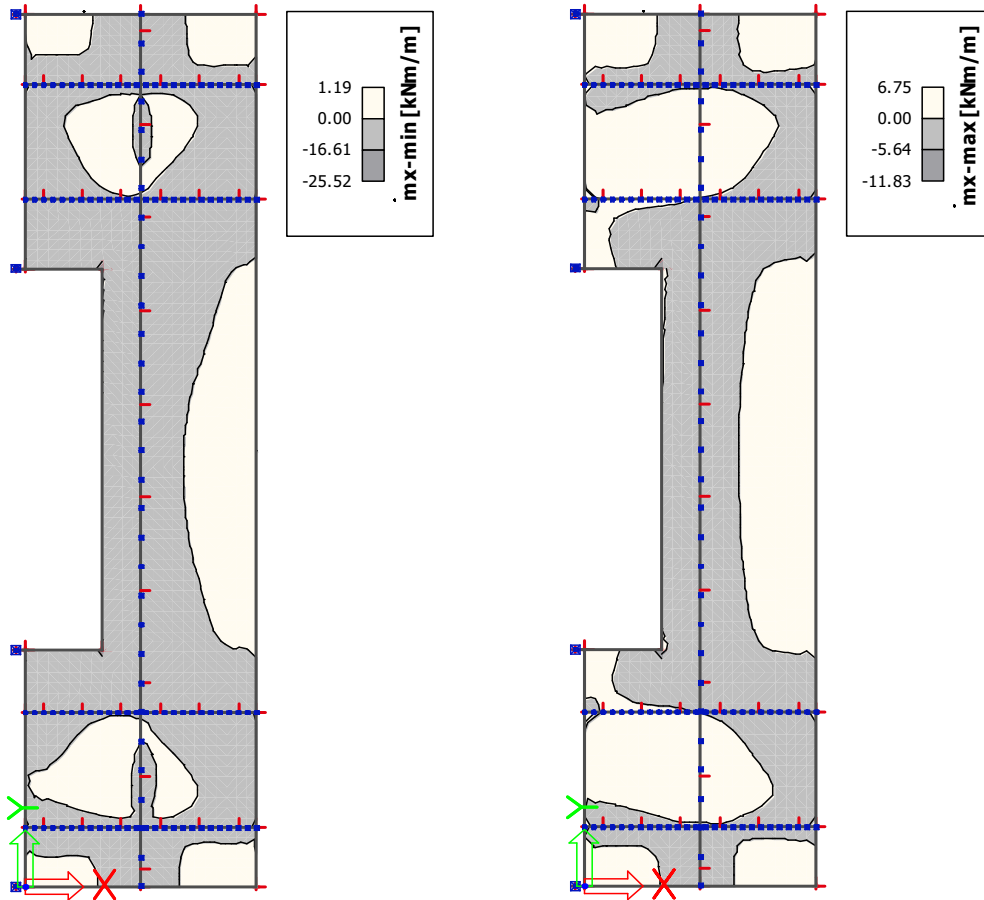
- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')
- Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')
- Prilog 4. Prikaz progiba
- Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče
- Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 10. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca

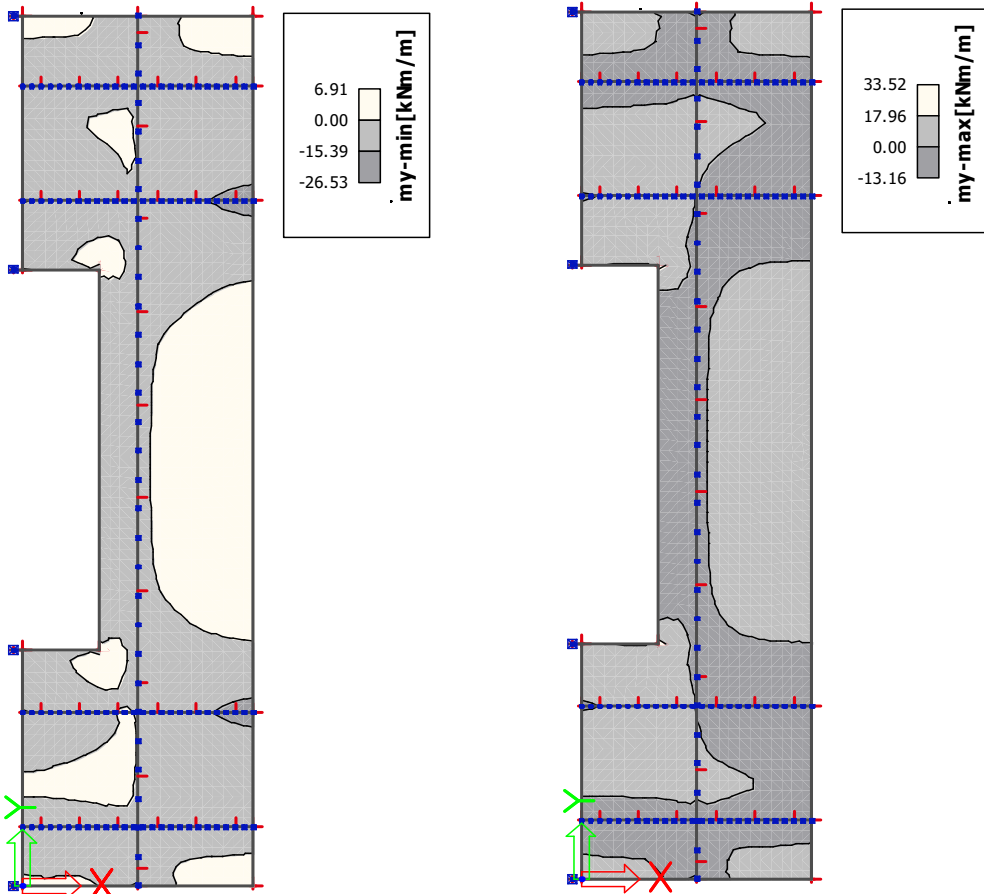




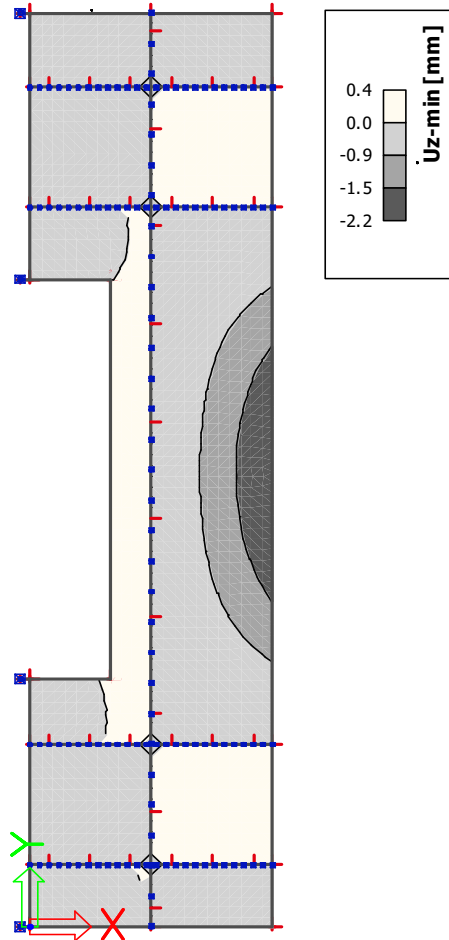
Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')



Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')



## Prilog 4. Prikaz progiba Kratkotrajni (elastični) progib za CO<sub>2</sub>



Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13$ mm	>	$u_{el} = 2,2$ mm	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33$ mm	>	$u_{el} = 0,4$ mm	Uvjet je zadovoljen!

### Dugotrajni progib

Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13$ mm	>	$u = 4 \times u_{el} = 8,8$ mm	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33$ mm	>	$u = 4 \times u_{el} = 1,6$ mm	Uvjet je zadovoljen!

## Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 16$  cm

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 16 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times b \times d \times (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 16 \times (2,6/500) = 2,2 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 20 = 80,0 \text{ cm}^2$

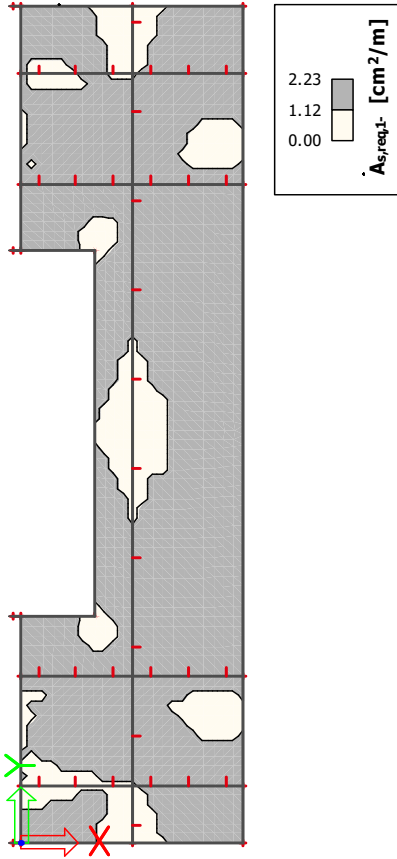
$$A_{s,max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 20 = 44,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \omega_{lim} \times b \times d \times (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 16 \times (16,67/434,78) = 22,4 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

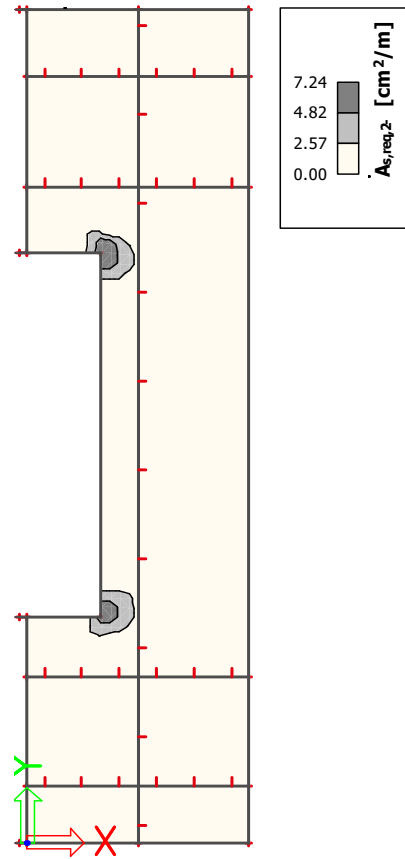
ODABRANA ARMATURA OBE ZONE

Q 257

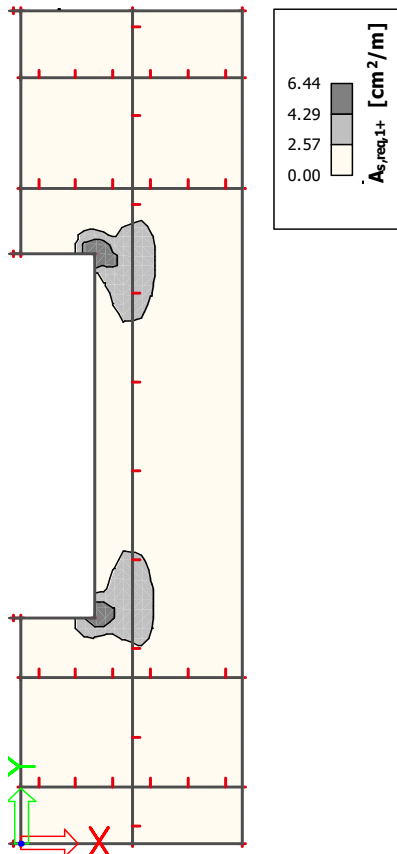
Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



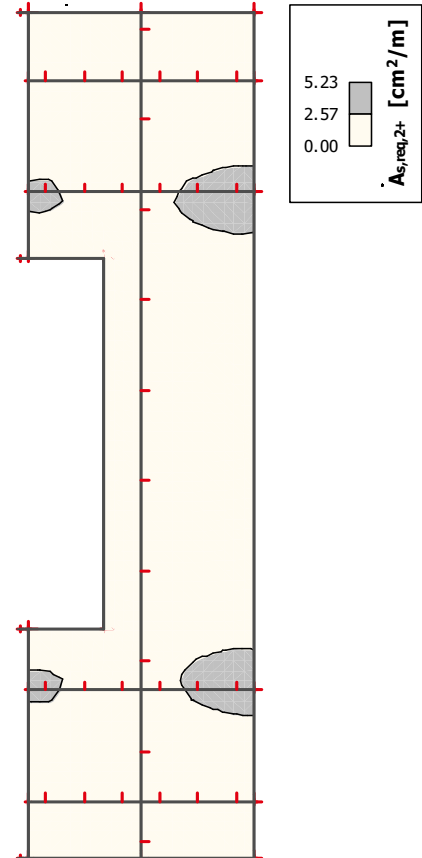
Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

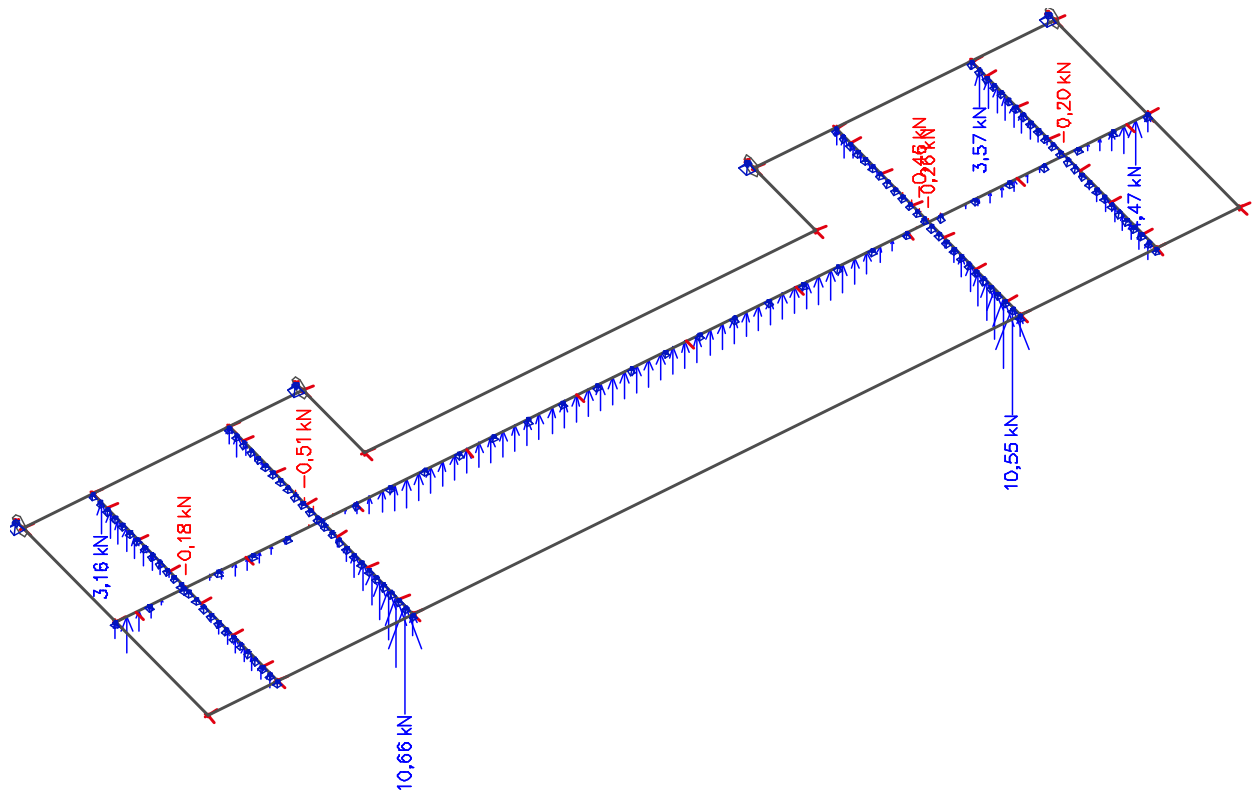


Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

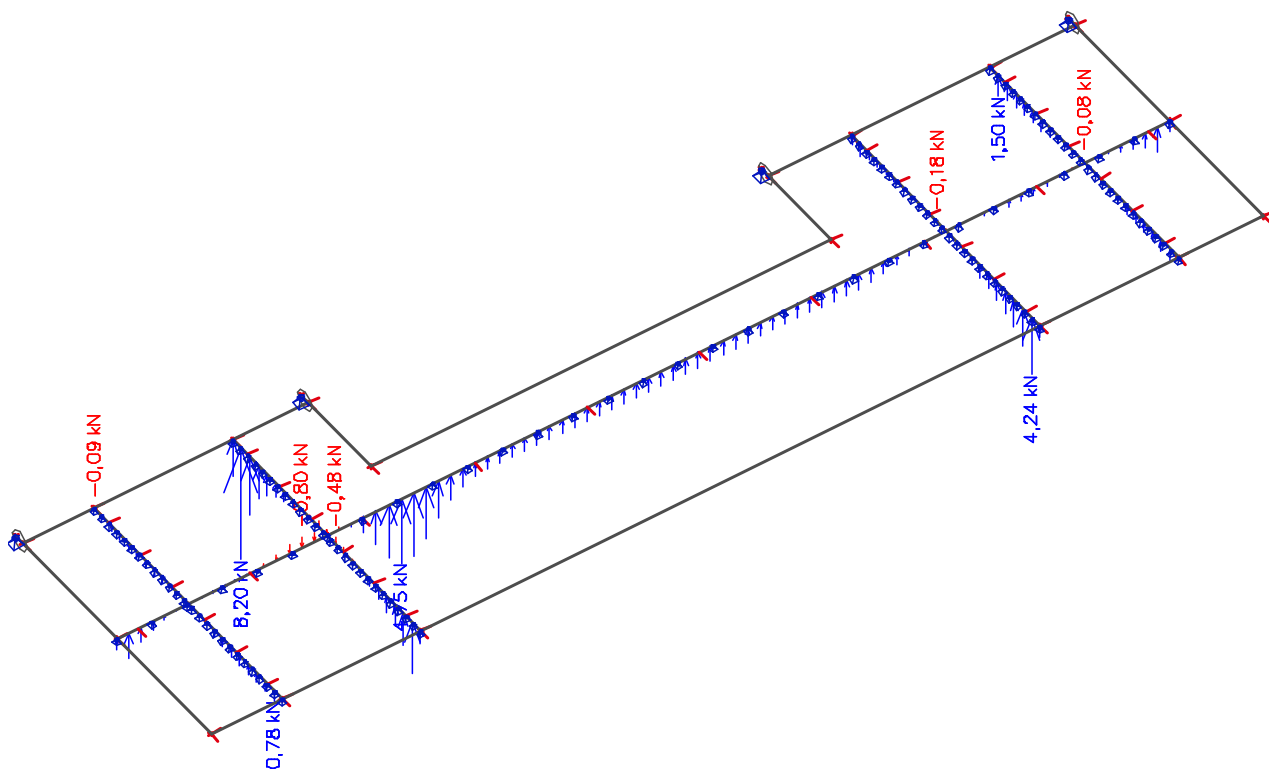


## Prilog 6. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

CO4



LC4



## 2.4.5. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 500

### UVOD

Proračun je izvršen pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

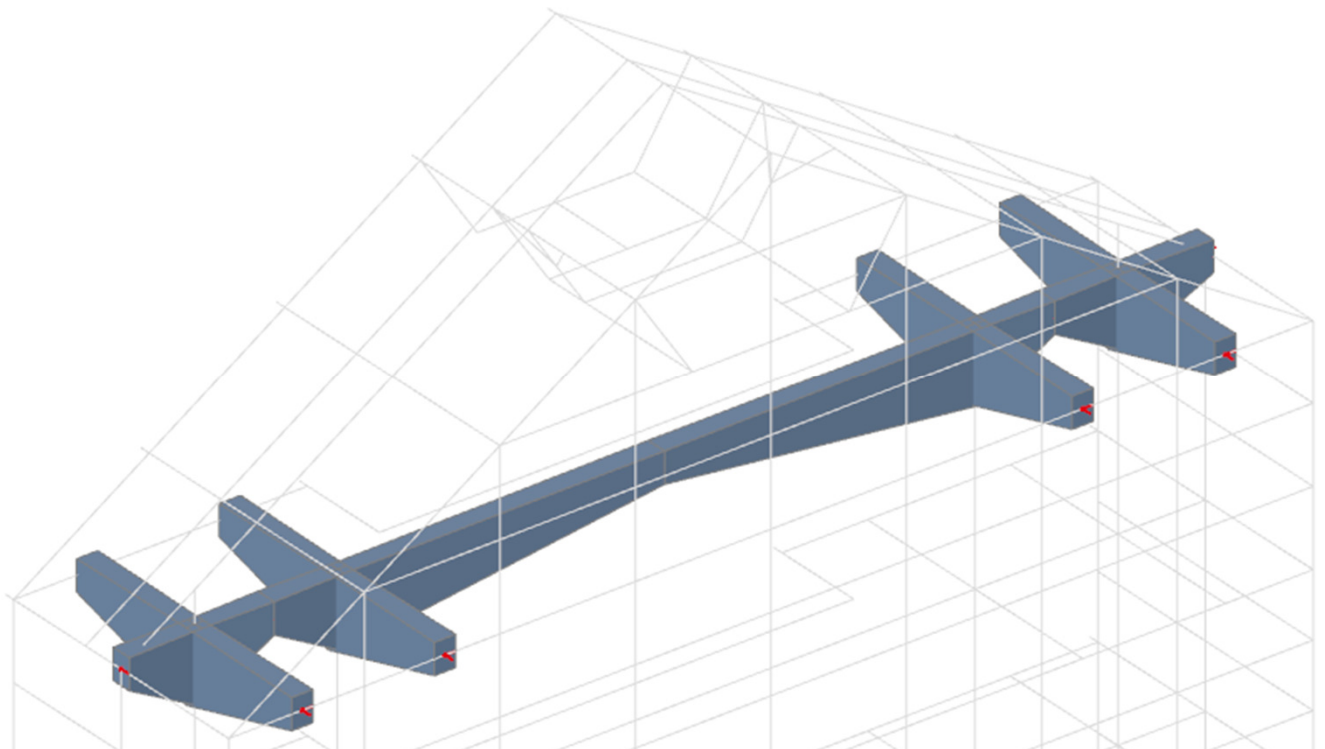
- grede dimenzija **b/h = 30/45-105 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Proračun greda je rađen na 2D modelu ploče P500, kojoj je smanjen modul elastičnosti 100 puta, kako bi se opterećenje prenijelo na gredu i stupove. Međusobno okomito grede su upeto spojene.

### PRILOZI

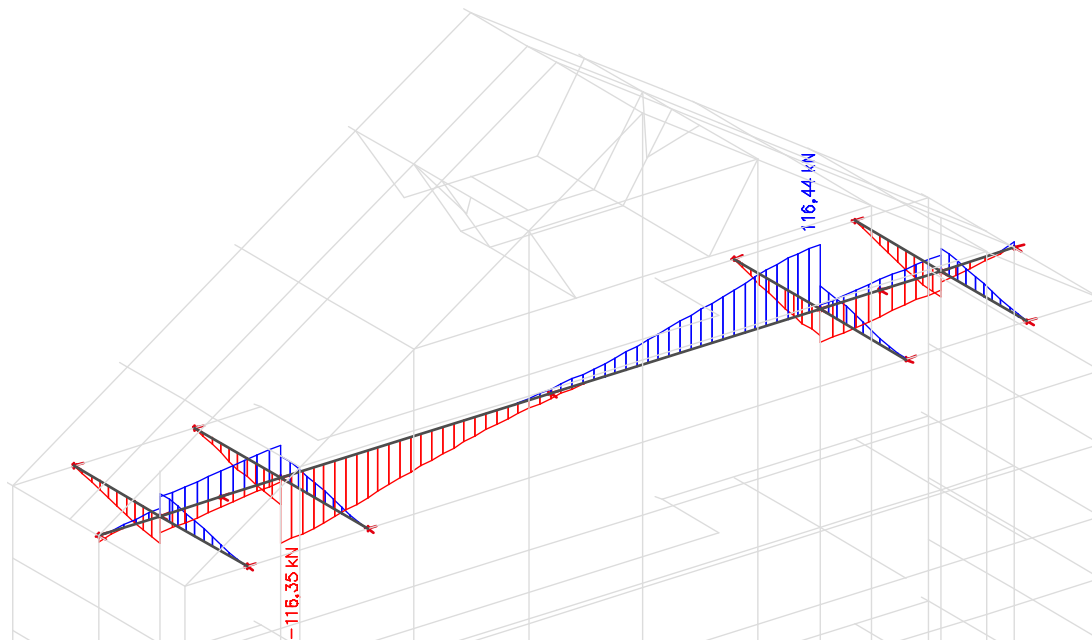
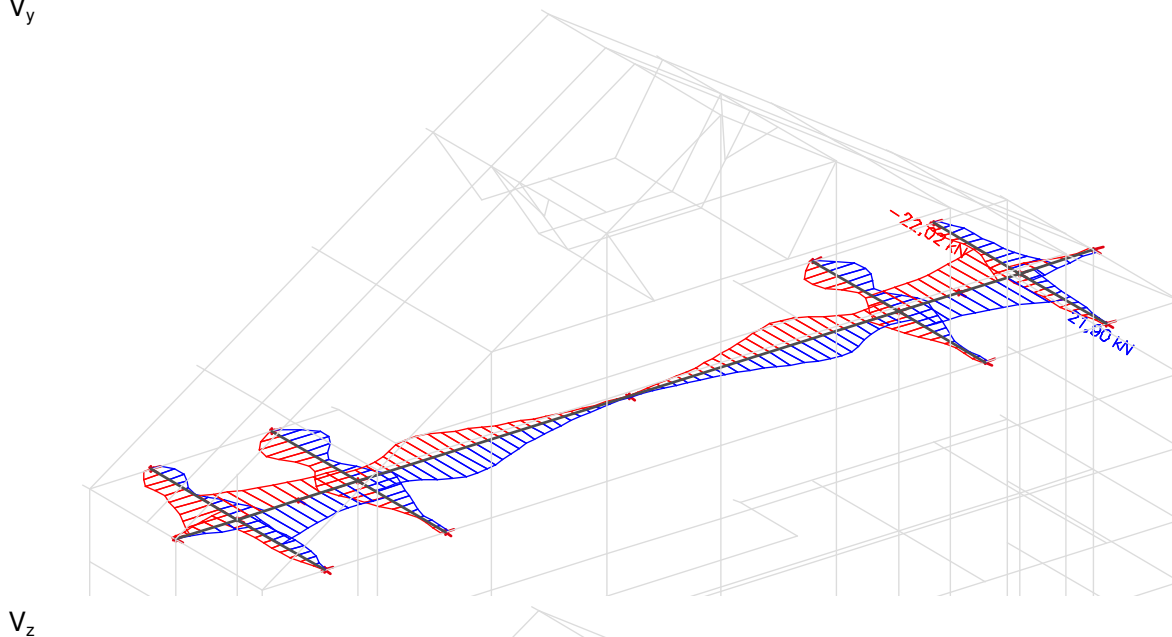
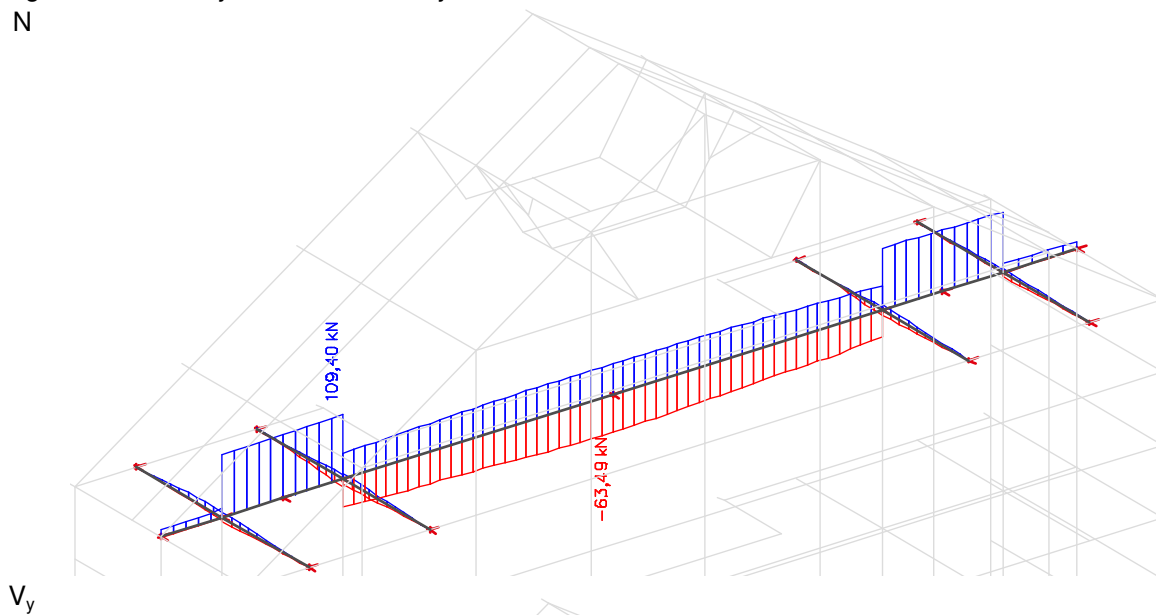
- Prilog 1. Prikaz greda
- Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS
- Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Prilog 1. Prikaz greda

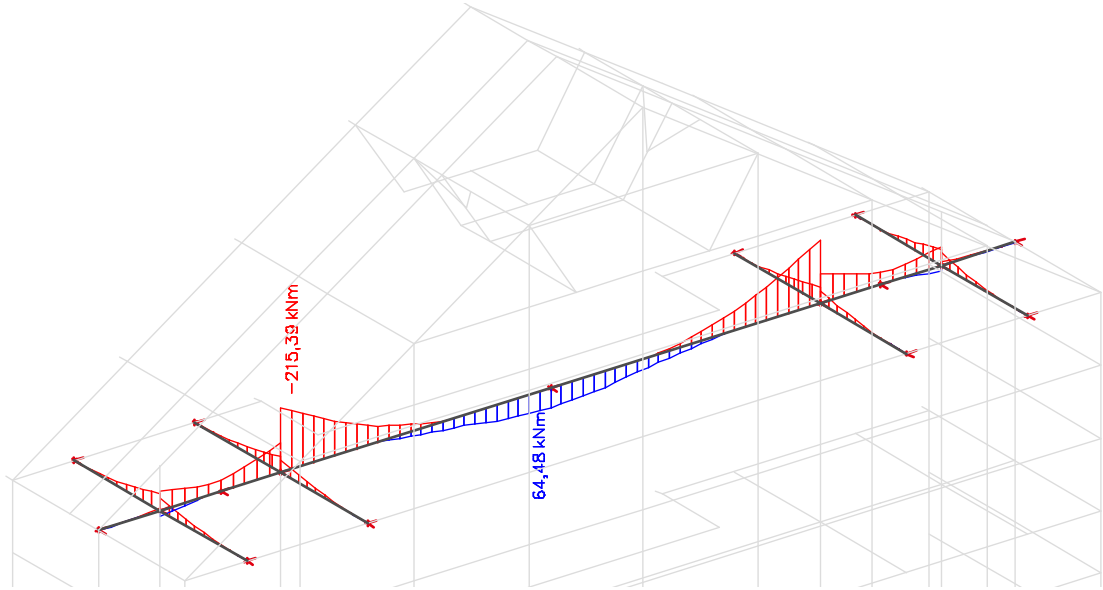


## Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS

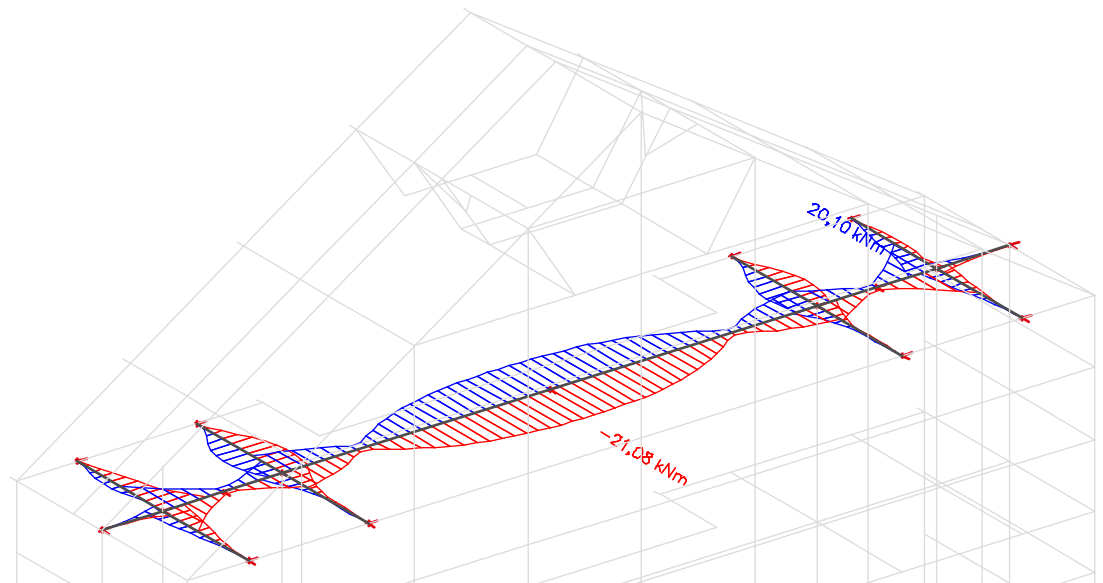
N



$M_y$



$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-63,49</b>	-0,70	-3,18	-0,79	31,46	-20,95
<b>109,40</b>	6,43	35,40	-1,79	-92,88	-2,95
40,10	<b>-22,02</b>	-14,52	-11,36	-42,60	-18,91
24,49	<b>21,90</b>	9,19	11,22	-3,26	19,59
33,67	1,44	<b>-116,35</b>	-7,44	-215,36	2,48
-14,81	-0,42	<b>116,44</b>	6,42	-204,99	2,51
33,84	-21,99	-14,81	<b>-11,42</b>	-40,57	-18,98
30,75	21,88	9,48	<b>11,27</b>	-5,29	19,66
32,51	1,68	-116,29	-7,44	<b>-215,39</b>	3,61
45,96	0,11	-0,71	-0,12	<b>64,48</b>	0,60
-58,65	-0,69	-3,27	-0,79	37,92	<b>-21,08</b>
50,29	21,64	9,79	11,19	-14,43	<b>20,10</b>

### Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Provedeno je dimenzioniranje grede na savijanje oko jače osi, no grede se savija oko obe osi, pa će se provjeriti i savijanje oko obe osi, no tada će se greda promatrati kao stup.

#### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA

duljina grede	$l =$	8,9	m	
visina grede	$h =$	75	cm	prosječna visina
širina grede	$b_w =$	30	cm	
površina pop.presjeka:	$A_c =$	2250	cm <sup>2</sup>	
zaštitni sloj betona	$c =$	2,5	cm	(za XC1)
statička visina presjeka:	$d =$	68,5	cm	$d_2 =$ 6,5 cm
vilice	$\phi_v =$	1	cm	$d - d_2 =$ 62,00 cm
glavna armatura	$\phi_u =$	2,00	cm	

#### 2. MATERIJAL

BETON	C25/30	ČELIK	B500B
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	500,00
$f_{cd} =$	16,67	$f_{yd} =$	434,78
$f_{ctm} =$	2,6	$E_s =$	200000
$E_{cm} =$	31000		

#### 3. PARCIJALNI KOEFICIJENTI ZA MATERIJALE

$$\gamma_s = 1,15$$

$$\gamma_c = 1,5$$

#### 4. REZNE SILE

Momenti savijanja:	$M_{Ed,y,polje} =$	65,00	kNm	Poprečne sile:	$V_{Ed,ležaj 1} =$	184,43
	$M_{Ed,y,ležaj} =$	216,00	kNm		$V_{Ed,ležaj 2} =$	184,43
	$N_{Ed,polje} =$	64,00	kN			
	$N_{Ed,ležaj} =$	109,00	kN			
Moment torzije:	$T_{Ed} =$	11,42	kNm			

#### 5. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

##### 5.1. Dimenzioniranje na savijanje

##### Polje:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 101,56 \text{ cm} > z_{s1} = 31,00 \text{ cm}$$

veliki ekscentricitet (vlačna sila djeluje izvan presjeka)

$$e_1 = -70,56 \text{ cm}$$

$$e_2 = 132,56 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} z_{s1} = 45,16 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = M_{Eds} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,019 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta =$	0,998	deformacija betona $\epsilon_{c2} =$	-0,1 ‰
koeficijent položaja neutralne osi $\xi =$	0,005	deformacija čelika $\epsilon_{s1} =$	20,0 ‰



Potrebna ploština armature u polju:	$A_{s1,rdq} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) + N_{Ed} / f_{yd} =$	<b>2,99</b>	cm <sup>2</sup>	
Minimalna armatura:	1.) $A_{s1,min} = 0.26f_{ctm}b_wd/f_{yk} =$	<b>2,78</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno
	2.) $A_{s1,min} = 0.0013b_wd =$	<b>2,67</b>	cm <sup>2</sup>	
Maksimalna armatura:	1.) $A_{s1,max} = 0.022A_c = 0.22 b_w h =$	<b>49,5</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno
	2.) $A_{s1,max} = 0.04A_c = 0.04b_w h =$	<b>90</b>	cm <sup>2</sup>	

Odabrana armatura za polje:  $A_{s,odabr} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## Ležaj:

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{ed} z_{s1} = 182,21 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = M_{Ed} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,078 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta =$	<b>0,97</b>	deformacija betona $\epsilon_{c2} =$	<b>-1,8 %</b>
koeficijent položaja neutralne osi $\xi =$	<b>0,083</b>	deformacija čelika $\epsilon_{s1} =$	<b>20,0 %</b>

Potrebna ploština armature na ležaju:	$A_{s1,rdq} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) =$	<b>6,31</b>	cm <sup>2</sup>	
Minimalna armatura:	1.) $A_{s1,min} = 0.26f_{ctm}b_wd/f_{yk} =$	<b>2,78</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno!
	2.) $A_{s1,min} = 0.0013b_wd =$	<b>2,67</b>	cm <sup>2</sup>	
Maksimalna armatura:	1.) $A_{s1,max} = 0.022A_c = 0.22 b_w h =$	<b>49,5</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno!
	2.) $A_{s1,max} = 0.04A_c = 0.04b_w h =$	<b>90</b>	cm <sup>2</sup>	

Odabrana armatura za ležaj:  $A_{s,odabr} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## 5.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

### 5.2.1. Nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0,12 \quad k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,54 < 2,00$$

$$A_{s1} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_{s1}/(b_w d) = 0,0061 < 0,02$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0 \text{ kN/cm}^2 \quad v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,3346 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = 94258 \text{ N} = 94,3 \text{ kN} > (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 68751 \text{ N} = 68,75 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$\alpha_{cw} = 1,0 \quad z = 0.9d = 617 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6(1 - (f_{ck}/250)) = 0,540 \quad \theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 818602 \text{ N} = 818,60 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 94,26 \text{ kN} < V_{Ed} = 184 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 819 \text{ kN}$$

**Uvjet  $V < V_{Rd,c}$  NIJE zadovoljen!**

**Potrebno je proračunati armaturu za preuzimanje posmičnih naprezanja od poprečnih sila!**

### 5.2.2. Proračun poprečne armature

Pretpostavljaju se dvorezne spona

$$m = 2 \quad \phi = 10 \quad = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ywd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

Proračun okomitih spona:

$$s_l = A_{sw} z f_{ywd} \cot \theta / V_{Ed} = 27,4 \text{ cm}$$

Odabran razmak spona uz oslonac

$$s_l = 25,0 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$A_{sw,max} f_{ywd} \cot \theta / (b_w s) = 1,09 \text{ Nmm}^2 < 0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd} = 4,50 \text{ N/mm}^2$$

**Uvjet je zadovoljen.**

### 5.2.3. Minimalna poprečna armatura (maksimalni razmak spona)

1.) Uvjet minimalne poprečne armature (EN 1992-1-1)

$$\rho_{w,min} = 0.08 f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,0008$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 65,5 \text{ cm}$$

2.) Uvjet minimalne poprečne armature (Hrvatski nacionalni dodatak)

$$\rho_{w,min} = 0.15 (f_{ct,m} / f_{yk}) = 0,00078 \quad \text{za} \quad C25/30 \quad B500B$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 67,1 \text{ cm}$$

3.) Uvjet najvećeg uzdužnog razmaka spona s obzirom na vrijednost proračunske poprečne sile

$$V_{Ed} = 184,4 \text{ kN} < 0.3 V_{Rd,max} = 245,6 \text{ kN}$$

$$s_{l,max} = 0.75d = 51,4 \text{ cm} > 30,0 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30,0 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak spona

$$s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

Odabrana poprečna armatura:

$$m = 2 \quad \text{Razmak spona uz oslonac} \quad s_l = 25,0 \text{ cm}$$

$$\phi = 10 \quad \text{Maksimalni razmak spona:} \quad s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4. DIMENZIONIRANJE NA TORZIJU

Opseg istovrijednog tankostijenog presjeka:

$$u_k = 2((b-t) + (h-t)) = 167,14 \text{ cm}$$

gdje je:

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$A = bh = 2250 \text{ cm}^2$$

$$u = 2b + 2h = 210 \text{ cm}$$

$$t = A/u = 10,71 \text{ cm}$$

$$A_k = (b-t)(h-t) = 1239,80 \text{ cm}^2$$

$$u_k = 2((b-t) + (h-t)) = 167,14 \text{ cm}$$

### 5.4.1. Određivanje uzdužne armature zbog momenta torzije

$$\Sigma A_{sl} = (T_{Ed} u_k \cot\Theta) / (2A_k f_{yd}) = 2,13 \text{ cm}^2$$

Odabrana uzdužna armatura za torziju:

$$A_{s,odabr} = 8 \phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$$

Vrijedi za obe strane grede po visini poprečnog presjeka!

### 5.4.2. Određivanje poprečne armature zbog momenta torzije

$$s_{wt} = (A_{sw}^1 2 A_k f_{ywd} \cot\Theta) / T_{Ed} = 89,0 \text{ cm}$$

Kut nagiba poprečne armature je 90°.

Najveći uzdužni razmak  $s_{wT,max}$ , između torzijskih spona, ne smije premašiti najmanju od sljedeće tri vrijednosti:

$$1.) s_{wT} \leq u/8 = 26,3 \text{ cm}$$

Mjerodavno!

$$2.) s_{wT} \leq b = 30,0 \text{ cm}$$

$$3.) s_{wT} \leq s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot\alpha) = 51,375 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak spona za torziju:

$$s_{w,T} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4.3. Kombinacija momenta savijanja i momenta torzije

$$\xi = 0,083$$

$$x = \xi d = 6,225 \text{ cm}$$

$$\sigma_{c,M} = M_{Ed} / (z b_w x) = 1,876 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{t,i} = T_{Ed} / (2 A_k t_{ef,i}) = 0,043 \text{ kN/cm}^2$$

Uvjet:

$$\sigma_{tlač} = \sigma_c / 2 + ((\sigma_c / 2) + 2 \tau_{t,i}^2)^{1/2} = 1,88 \text{ kN/cm}^2 > f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2 \text{ jet NIJE zadovoljen!!!}$$

### 5.4.4. Kombinacija poprečne sile i torzijskog momenta

$$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin\Theta \cos\Theta = 11758,8 \text{ kNcm} = 117,59 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

Otpornost na poprečnu silu:

$$V_{Rd,max} = (\alpha_{cw} b z v f_{cd}) / (\cot\Theta + \tan\Theta) = 818,6 \text{ kN}$$

Najveća otpornost elementa ograničena je nosivošću betonskih tlačnih štapova.

Da se ne bi premašila ta otpornost potrebno je zadovoljiti uvjet:

$$(T_{Ed,A} / T_{Rd,max}) + (V_{Ed,A} / V_{Rd,max}) = 0,32 < 1,0 \text{ Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.5. Razmak poprečne armature

$$s_w = (s_l s_{w,T}) / (s_l + s_{w,T}) = 12,5 \text{ cm}$$

Odabrani razmak poprečne armature:  $s_{w,odabr} = 12,5 \text{ cm}$

Provjera armature za gredu preko interakcijskih dijagrama za momente savijanja i uzdužne sile.

## 1. SILE

Uzdužna sila  $N_{Ed} = 109,40$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 215,39$  kNm

$M_{z,Ed} = 21,08$  kNm

## 2. EKSCENTRICITET

### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0047 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 0,95 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 0,95 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 1,97 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,19 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 70,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 6,872E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 1,268E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 2,544E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,85$$

$$K_{\phi,y} = 1,33$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 20,53$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 51,33$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 214 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,338$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,845$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,133$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 1,332$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 2,51 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 5,04 \text{ cm}$$

### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 200,45 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 25,36 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 219,29 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 27,74 \text{ kNm}$$

### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	30	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	75	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	890	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	445	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	14283	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	70,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,078				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,025				
	$\nu_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,029				
	$\mu_1 =$	0,078	$\nu =$	0	$\omega_{tot} =$	0,10
	$\mu_2 =$	0,025	$\nu =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,10
				$\omega_t$ za $\nu_1$ i $\nu_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,10
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,8	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	0,3	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	8,63	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	90,0	cm <sup>2</sup>			

Odabrano:	4	$\phi$ 20	=	$A_s =$	12,56	cm <sup>2</sup>
						u gornju i u donju zonu
	2	$\phi$ 20	=	$A_s =$	6,28	cm <sup>2</sup>
	4	$\phi$ 12	=	$A_s =$	4,52	cm <sup>2</sup>
				$A_s =$	10,80	cm <sup>2</sup>

Odabrana armatura za sva četiri lica je veća nego potrebna!

## 5.5. REKAPITULACIJA ODABRANE ARMATURE:

### Uzdužna armatura:

- od momenta savijanja :	donja zona:	4	φ	20 =	12,56 cm <sup>2</sup>
	gornja zona:	4	φ	20 =	12,56 cm <sup>2</sup>
- od momenta torzije:	po obodu presjeka:	8	φ	12 =	9,04 cm <sup>2</sup>

### NAPOMENA:

Torzijsku armaturu potrebno je lepezasto sidriti u zid.

### Poprečna armatura:

- Zbog poprečnih sila i momenta torzije, koji djeluje duž cijele duljine grede, poprečna armatura se po cijeloj duljini grede postavlja na jednaki razmak.

oslonac	m = 2	φ	10 /	12,5 cm
ostalo		φ	10 /	20,0 cm

## 6. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI

### 6.1. Proračun karakteristika materijala i poprečnog presjeka

Srednji polumjer presjeka  $h_0 = 2A_c/u = 21,43 \text{ cm} = 214,3 \text{ mm}$

$$A_c = b_w h = 2250,0 \text{ cm}^2$$

Opseg presjeka izloženog zraku  $u = 2b_w + 2h = 210,00 \text{ cm}^2$

Konačna vrijednost koeficijenta puzanja za suhe uvjete okoliša (RH=50%):

$$\varphi(\infty, t_0) = 3$$

Konačna vrijednost deformacije od skupljanja:

$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty}$  - zbroj deformacije skupljanja zbog susenja i deformacije autogenog skupljanja;

$\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd, 0}$  - gdje je  $k_h$  koeficijent koji ovisi o zamjenskoj veličini  $h_0$ .

Linearnom interpolacijom za izračunati  $h_0$  dobiva se:

$$k_h = 0,829$$

Nazivna vrijednost slobodnog skupljanja pri sušenju  $\epsilon_{cd, 0}$  za beton s cementom CEM razreda N:

Očitano:  $\epsilon_{cd, 0} = 0,000535$  za: C25/30

RH 50 %

Slijedi:  $\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd} = 4,43E-04$

$$\epsilon_{ca, \infty} = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 3,75E-05$$

Konačna vrijednost relativne deformacije od skupljanja:

$$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty} = 4,81E-04$$

Za razred betona C25/30  $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$

i čelik B500B

vrijedi:  $E_{c, \text{eff}} = E_{cm} / (1,0 + \varphi(\infty, t_0)) = 7750 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_{e, 0} = E_s / E_{cm} = 6,45$$

$$\alpha_{e, \infty} = E_s / E_{c, \text{eff}} = 25,81$$

Težište i moment tromosti poprečnog presjeka (samo beton bez armature):

$$y_{0d} = h / 2 = 37,50 \text{ cm}$$

$$y_{0g} = y_{0d} = 37,50 \text{ cm}$$

$$I_0 = b_w h^3 / 12 = 1054687,5 \text{ cm}^4$$

## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = 0$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,0} - 1) (A_{s1}(d-y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg}-d_2)^2) = 1186291 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d-y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg}-d_2) = 0,00000 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d-y_{llg})\alpha_{e,0} - A_{s2}(y_{llg}-d_2)\alpha_{e,0} - b_w y_{llg}^2/2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{llg} = 15,44 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lld} = 59,56 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{llg}^3 + \alpha_{e,0} A_{s1} (d-y_{llg})^2 + (\alpha_{e,0} - 1) A_{s2}(y_{llg}-d_2)^2 = 270416,1 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d-y_{llg}) - A_{s2}(y_{llg}-d_2) = 554,18 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d-y_{llg}/3 = 63,35 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = \infty$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,\infty} - 1) (A_{s1}(d-y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg}-d_2)^2) = 1653523 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d-y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg}-d_2) = 0,00 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d-y_{llg})\alpha_{e,\infty} - A_{s2}(y_{llg}-d_2)\alpha_{e,\infty} - b_w y_{llg}^2/2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{llg} = 24,08 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lld} = 50,92 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{llg}^3 + \alpha_{e,\infty} A_{s1} (d-y_{llg})^2 + (\alpha_{e,\infty} - 1) A_{s2}(y_{llg}-d_2)^2 = 875469,6 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d-y_{llg}) - A_{s2}(y_{llg}-d_2) = 337,08 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d-y_{llg}/3 = 60,47 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## 6.2. Momenti savijanja i naprezanja u presjeku na mjestu maksimalnog momenta savijanja

Moment savijanja od stalnog djelovanja:  $M_g = 33,21 \text{ kNm}$

Moment savijanja od promjenjivog djelovanja:  $M_q = 13,1 \text{ kNm}$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 M_q = 46,31 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = M_{Ed}/A_{s1}z = 5,82 \text{ kN/cm}^2 = 58,20 \text{ N/mm}^2$$

Moment pri pojavi prve pukotine u poprečnom presjeku:

$$M_{cr} = f_{ctm} I_o / y_{od} = 7312,50 \text{ kNcm}$$

$$= 73,13 \text{ kNm}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za kratkotrajno djelovanje ( $t=0$ )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 9,19 \text{ kN/cm}^2 = 91,90 \text{ N/mm}^2$$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za dugotrajno djelovanje ( $t = \infty$ ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 \psi_2 M_q = 37,14 \text{ kNm} \quad \text{uz} \quad \psi_2 = 0,3$$

(stanovi, uredi, trgovine do 50m<sup>2</sup>, predvorja, balkoni, bolnice)

$$\sigma_s = M_{Ed}/A_{s1}z = 4,89 \text{ kN/cm}^2 = 48,90 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za dugotrajno djelovanje ( $t = \infty$ )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 9,63 \text{ kN/cm}^2 = 96,28 \text{ N/mm}^2$$

### 6.3. Proračun s obzirom na ograničenje širina pukotina

#### 6.3.1. Minimalna ploština armature za ograničenje širine pukotina

Minimalna armatura za ograničenje širine pukotina dana je sljedećim izrazom:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 2,34 \text{ cm}^2$$

gdje je:

$k_c =$	0,4	- za naprezanje izazvano čistim savijanjem;
$k =$	1,0	- koeficijent za učinak nejednolikih samouravnoteženih naprezanja;
$f_{ct,eff} = f_{ctm} =$	2,6 N/mm <sup>2</sup>	- vlačna čvrstoća betona u vrijeme pojave prve pukotine;
$A_{ct} =$	1125,00 cm <sup>2</sup>	- ploština vlačnog dijela betona prije pojave prve pukotine;
$\sigma_s = f_{yk} =$	50 kN/cm <sup>2</sup>	- naprezanje u čeliku.

$$A_{s1,odabr} = 12,56 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 2,34 \text{ cm}^2 \quad \text{Zadovoljen uvjet minimalne armature.}$$

Granični promjer šipke armature i razmak šipke armature:

$$\phi^* = (\text{interpolacija}) = 39,11 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\phi = \phi^* (f_{ct,eff}/2,9)(k_c h_{cr}/(2h-2d)) = 40,46 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\text{razmak} = 48,89 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

Odabrana armatura NE zadovoljava uvjet graničnog promjera šipke armature i ZADOVOLJAVA uvjet razmaka između šipki armature. **Potrebno je provesti proračun širine pukotina.**

#### 6.3.2. Proračun širina pukotina za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ )

Uvjet:  $M_{Ed} = 5,8 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,1 \text{ kNm}$  **Ne dolazi do pojave pukotina.**

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje visine sudjelujuće vlačne ploštine presjeka,  $h_{c,ef}$ :

- 1.)  $2,5(h-d) = 16,25 \text{ cm}$  **Mjerodavno!**
- 2.)  $(h-y_{Ilg})/3 = 19,85 \text{ cm}$
- 3.)  $h/2 = 37,50 \text{ cm}$

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff}/\rho_{p,eff}) * (1 + \alpha_{e,0} \rho_{p,eff}))/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -1,292E-04 < 0,6 \sigma_s/E_s = 1,7E-04$$



gdje je:  $k_t = 0,6$  - za kratkotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = b h_{c,ef} = 595,61 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0211$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 246,23 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za kratkotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=0} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,04 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=0} = 0,04 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 Širina pukotina za kratkotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

### 6.3.3. Proračun širina pukotina za dugotrajno djelovanje ( $t = \infty$ )

Uvjet:

$$M_{Ed} = 37,14 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,13 \text{ kNm} \quad \text{Ne dolazi do pojave pukotina.}$$

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje  $h_{c,ef}$  :  
 1.)  $2,5(h-d) = 16,25 \text{ cm}$  Mjerodavno!  
 2.)  $(h-y_{IIg})/3 = 16,97 \text{ cm}$   
 3.)  $h/2 = 37,50 \text{ cm}$

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff}) * (1 + \alpha_{e,\infty} \rho_{p,eff})) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -1,005E-04 < 0,6 \sigma_s / E_s = 1,5E-04$$

gdje je:  $k_t = 0,4$  - za dugotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = b h_{c,ef} = 509,19 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0247$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 222,84 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za dugotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=\infty} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,03 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=\infty} = 0,03 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
Širina pukotina za dugotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

## 6.4. Proračun progiba grede

### 6.4.1. Provjera potreba proračuna progiba:

Vitkost elementa  $L/d = 13,05$

Određivanje granične vitkosti:

Korekcijski faktor:  $f_3 = (500/f_{yk})(A_{s,prov}/A_{s,req}) = 2,89$   
 $f_3 = 310/s_s = 6,34$  }  $f_3 = 2,89$

Koeficijent armiranja:  $\rho = A_{s,prov}/(b_w d) = 0,006112 = 0,61 \%$

Granični omjeri  $L_{eff}/d$  za:

- slabo naprezan beton  $\rho < 0,5\%$
- jako naprezan beton  $\rho > 1,5\%$

30	}	omjer	29
20			

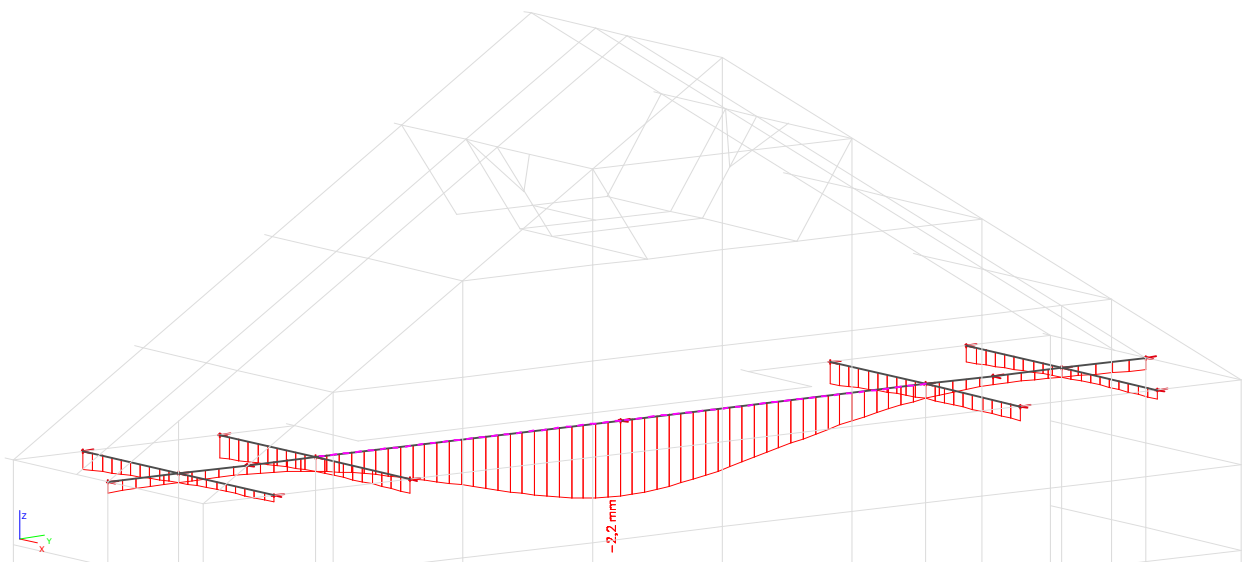
(slobodno oslonjeni nosači)

Granična vitkost (interpolacija):

$$(L/d)_{lim} = 83,86 > 13,05$$

**Zadovoljeno je granično stanje progiba.**

Nije potrebno provesti proračun progiba.



$$L = 890,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 3,56 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,22 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 $u = 0,88 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

## 2.4.5. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 500

### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

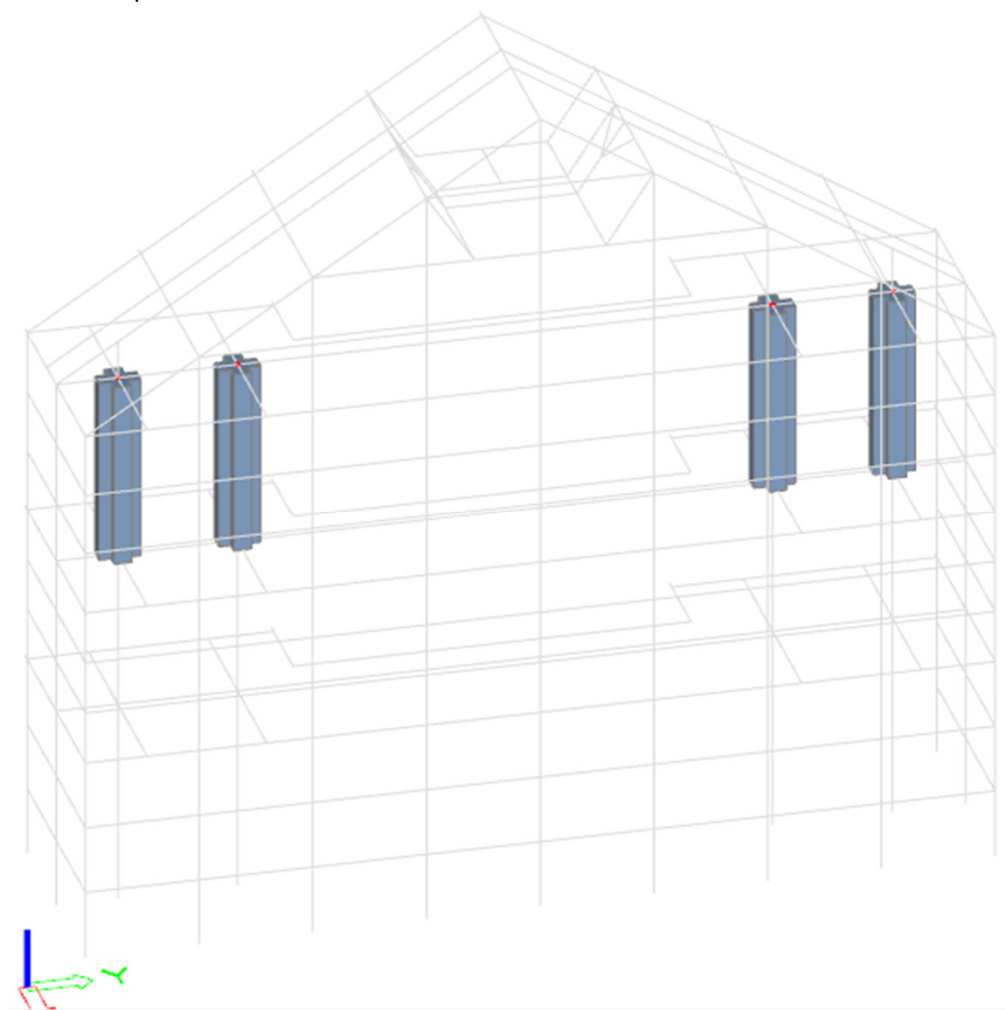
- AB stupovi križnog presjeka dimenzija **b/h = 30;70/30;70 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima. Stupovi su upeti u stupove pozicije 600 i u stupove pozicije 400.

### PRILOZI

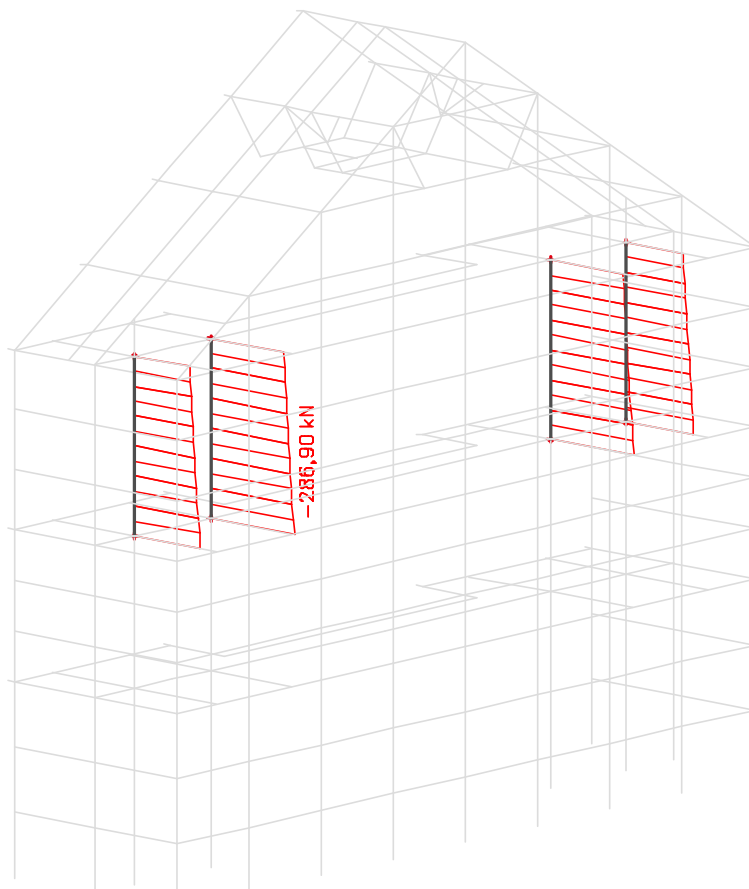
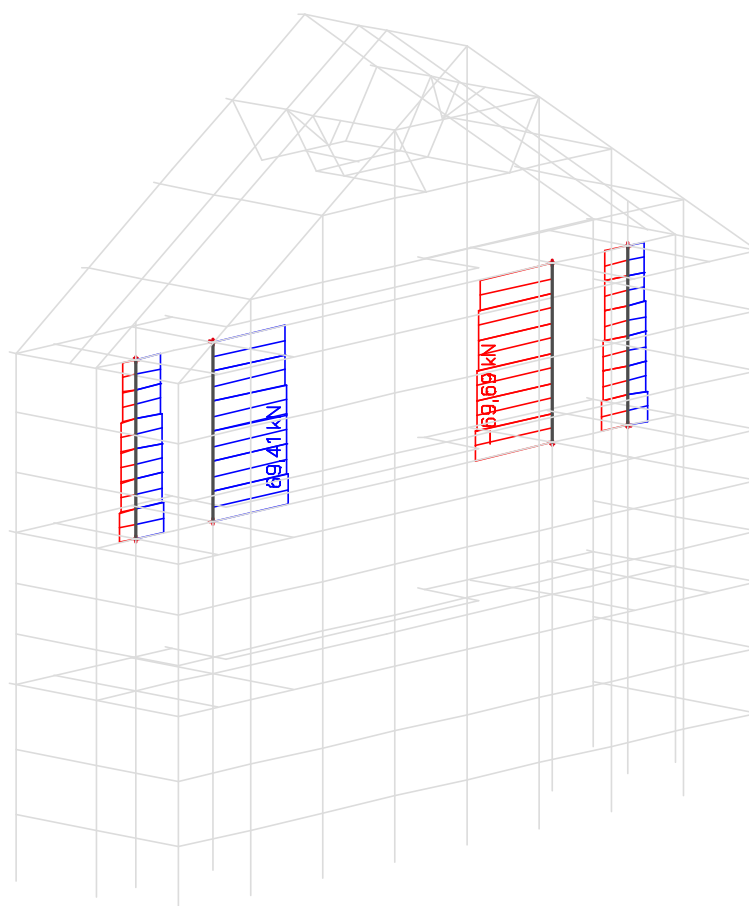
- Prilog 1. Prikaz stupova
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

Prilog 1. Prikaz stupova

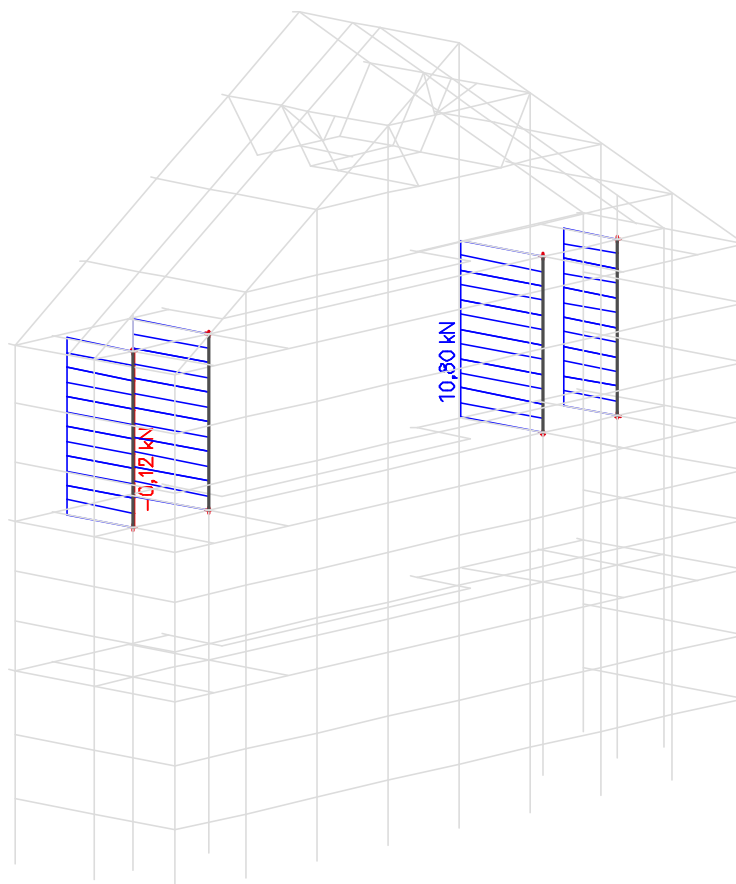


## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC

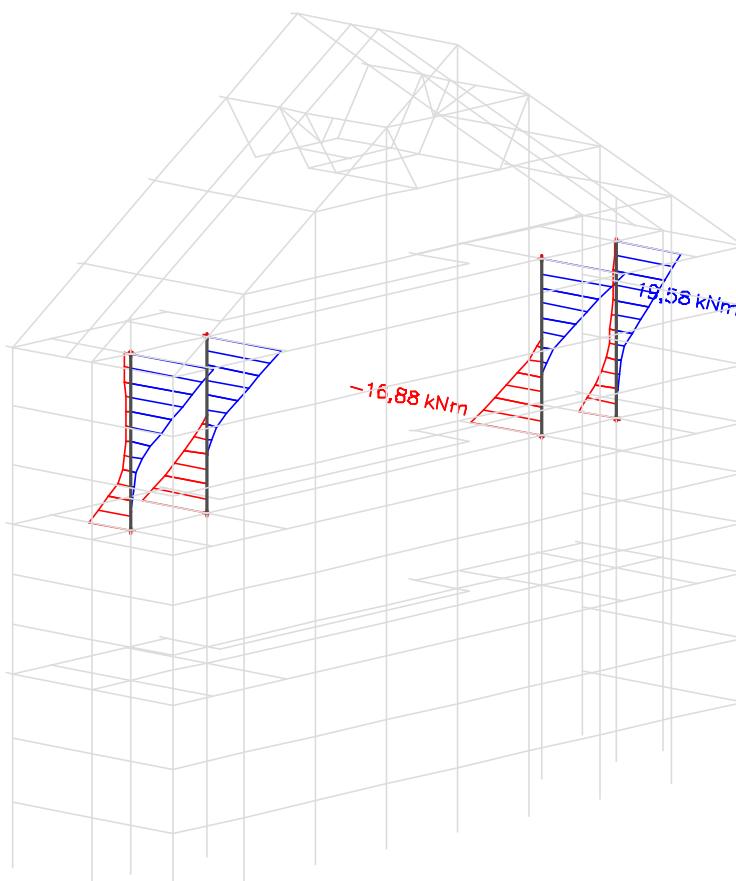
N

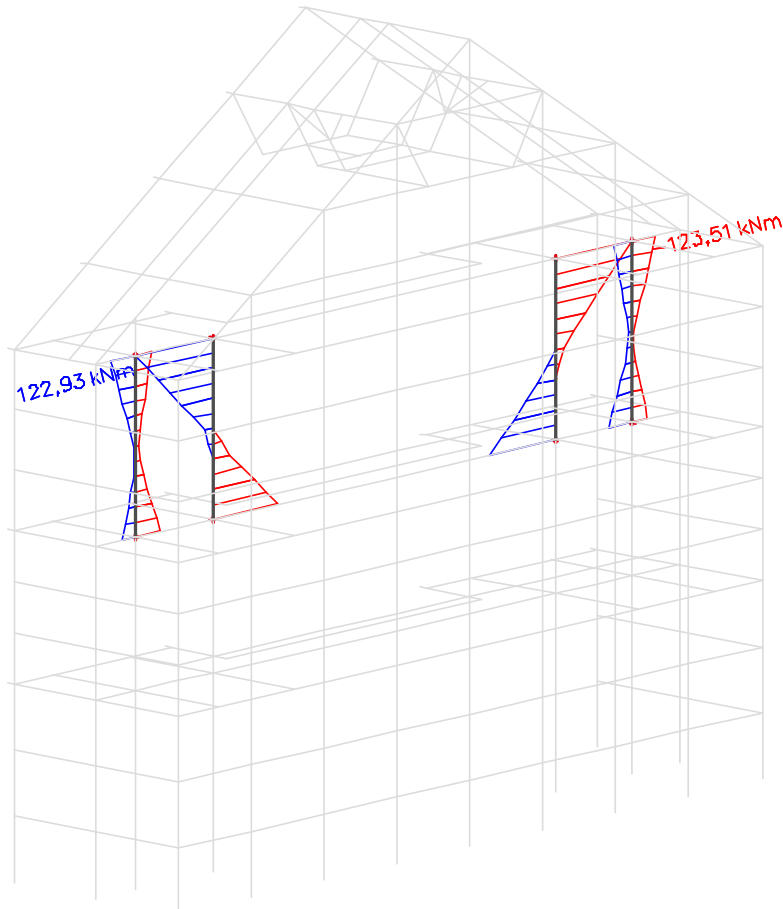
 $V_y$ 

$V_z$



$M_y$



$M_z$ 

## Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

### 1. SILE

Uzdružna sila  $N_{Ed} = 287,00$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 17,00$  kNm

$M_{z,Ed} = 123,00$  kNm

### 2. EKSCENTRICITET

#### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 0,42 \text{ cm} & \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0050 \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 0,42 \text{ cm} & \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ & & \alpha_m &= 1 \\ & & \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 1,54 \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0,06 \text{ m} & 2/3 < \alpha_h \leq 1 & \rightarrow \alpha_h = 1,00 \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,43 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 65,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 3,558E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 7,398E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 1,516E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,86$$

$$K_{\phi,y} = 2,05$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 19,43$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 8,33$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 210 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,345$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,864$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,419$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 2,049$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 1,01 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 0,43 \text{ cm}$$

#### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 7,35 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 43,71 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 21,11 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 125,44 \text{ kNm}$$

### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	70	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	30	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	337	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	169	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	506224	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	65,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,020				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,051				
	$v_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,082				
	$\mu_1 =$	0,051	$v =$	0	$\omega_{tot} =$	0,15
	$\mu_2 =$	0,020	$v =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,15
				$\omega_t$ za $v_1$ i $v_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,15
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,3	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	0,7	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	12,08	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	84,0	cm <sup>2</sup>			

**Odabrano:** 4  $\phi$  20 =  $A_s = 12,56$  cm<sup>2</sup>

#### Vilice:

Razmak:  $s \leq 30$  cm,  $s \leq b$ , ili  $s = 12\phi$  uzdužno

**Odabrano:**  $\phi$  8/15 cm/7,5 cm



## 2.4.6. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 400

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

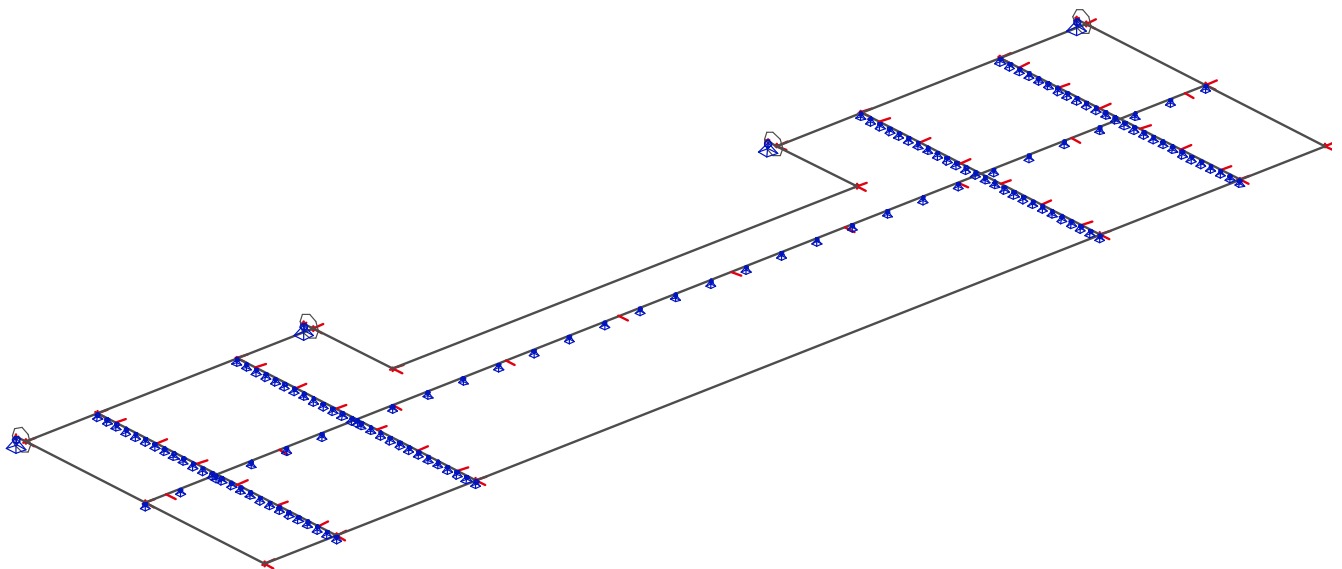
- AB monolitna ploča debljine **t = 20 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima.

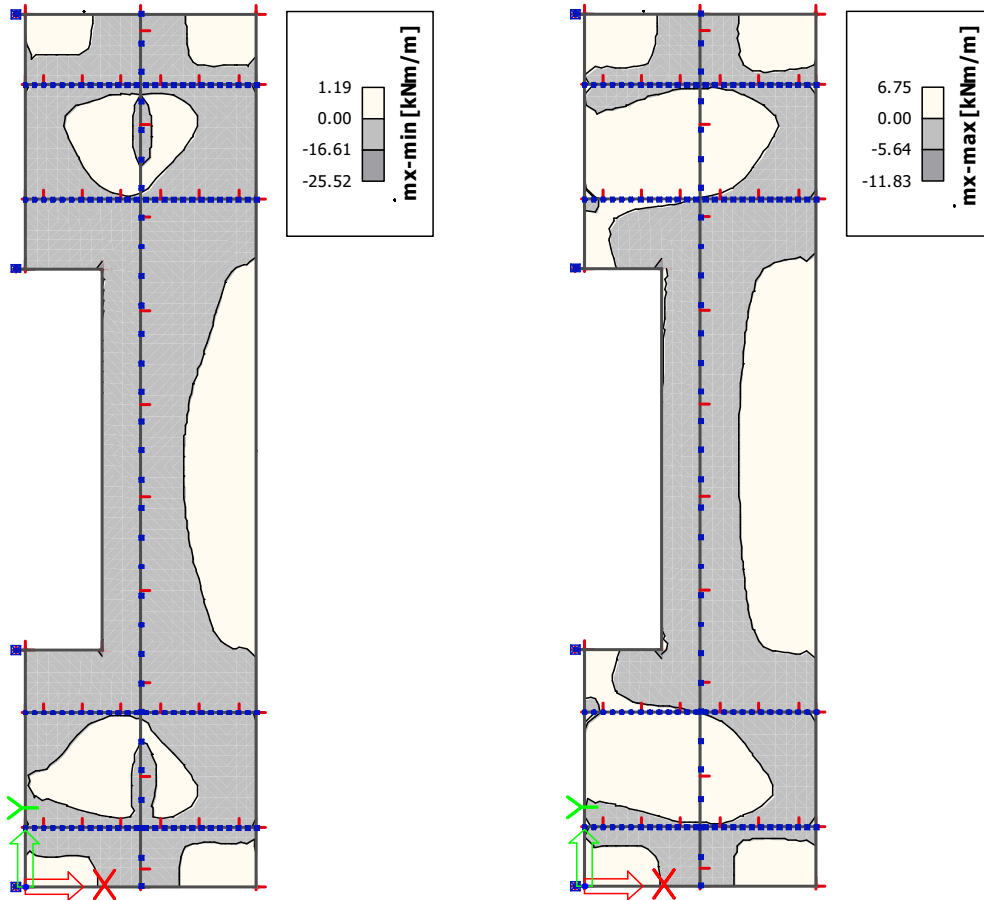
### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')
- Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')
- Prilog 4. Prikaz progiba
- Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče
- Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 10. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

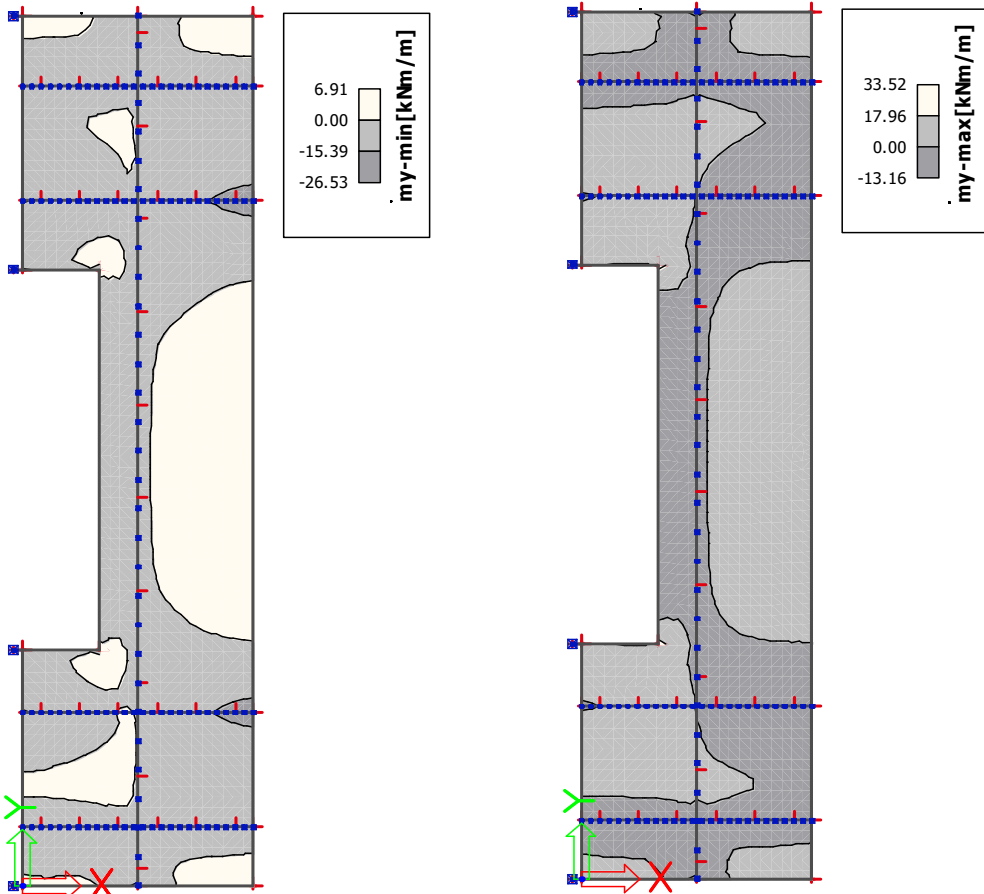
Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca



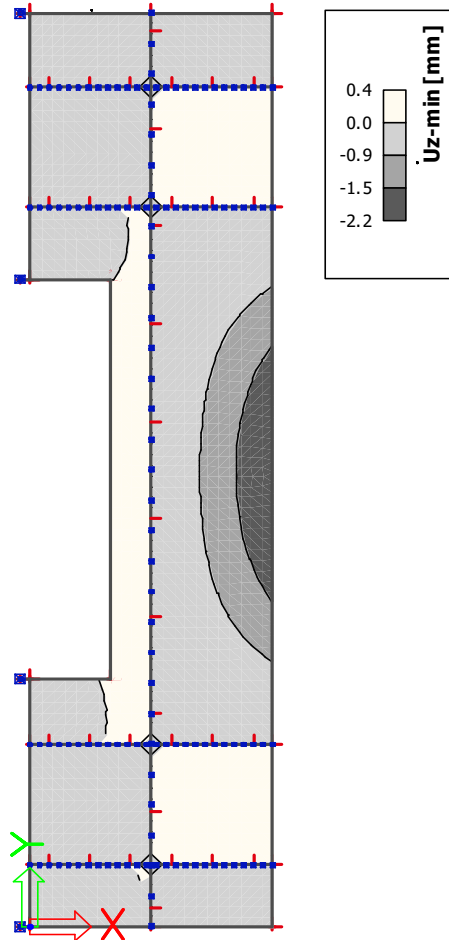
Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')



Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')



Prilog 4. Prikaz progiba  
Kratkotrajni (elastični) progib za CO<sub>2</sub>



Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13$ mm	>	$u_{el} = 2,2$ mm	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33$ mm	>	$u_{el} = 0,4$ mm	Uvjet je zadovoljen!

Dugotrajni progib

Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13$ mm	>	$u = 4 \times u_{el} = 8,8$ mm	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33$ mm	>	$u = 4 \times u_{el} = 1,6$ mm	Uvjet je zadovoljen!

Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 16$  cm

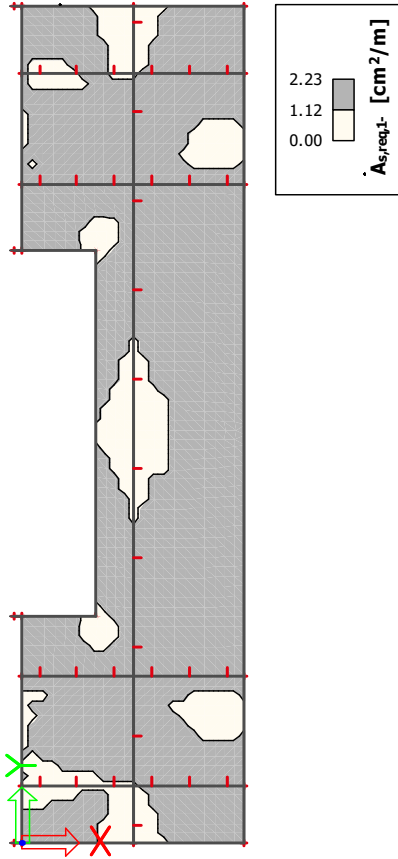
$A_{s,min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 16 = 2,1$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{s,min} = 0,26 \times b \times d \times (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 16 \times (2,6/500) = 2,2$  cm<sup>2</sup> mjerodavno!

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 20 = 80,0$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{s,max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 20 = 44,0$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{s,min} = \omega_{lim} \times b \times d \times (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 16 \times (16,67/434,78) = 22,4$  cm<sup>2</sup> mjerodavno!

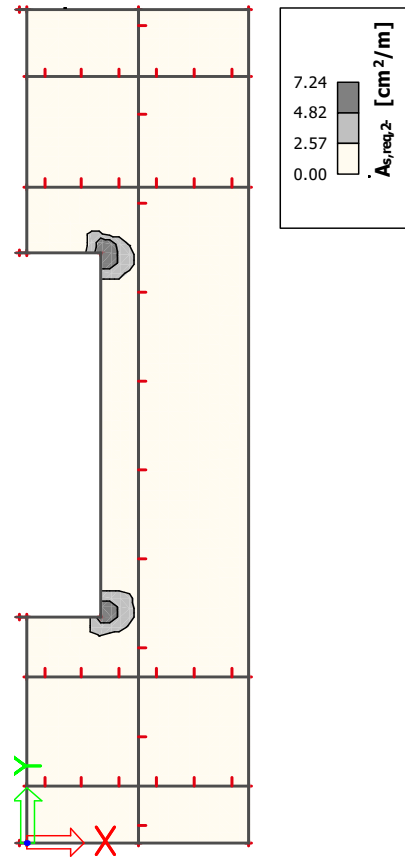
ODABRANA ARMATURA OBE ZONE

Q 257

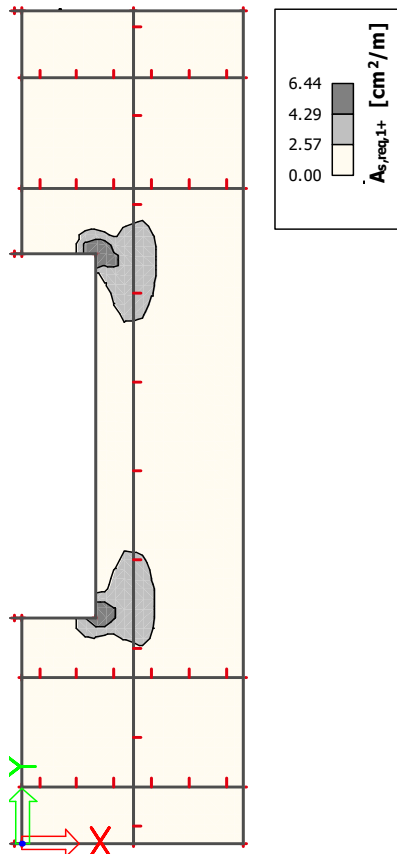
Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )



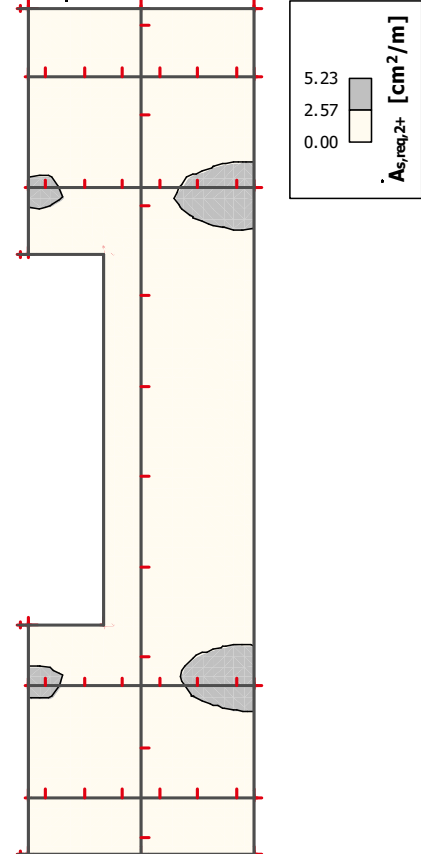
Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )



Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )

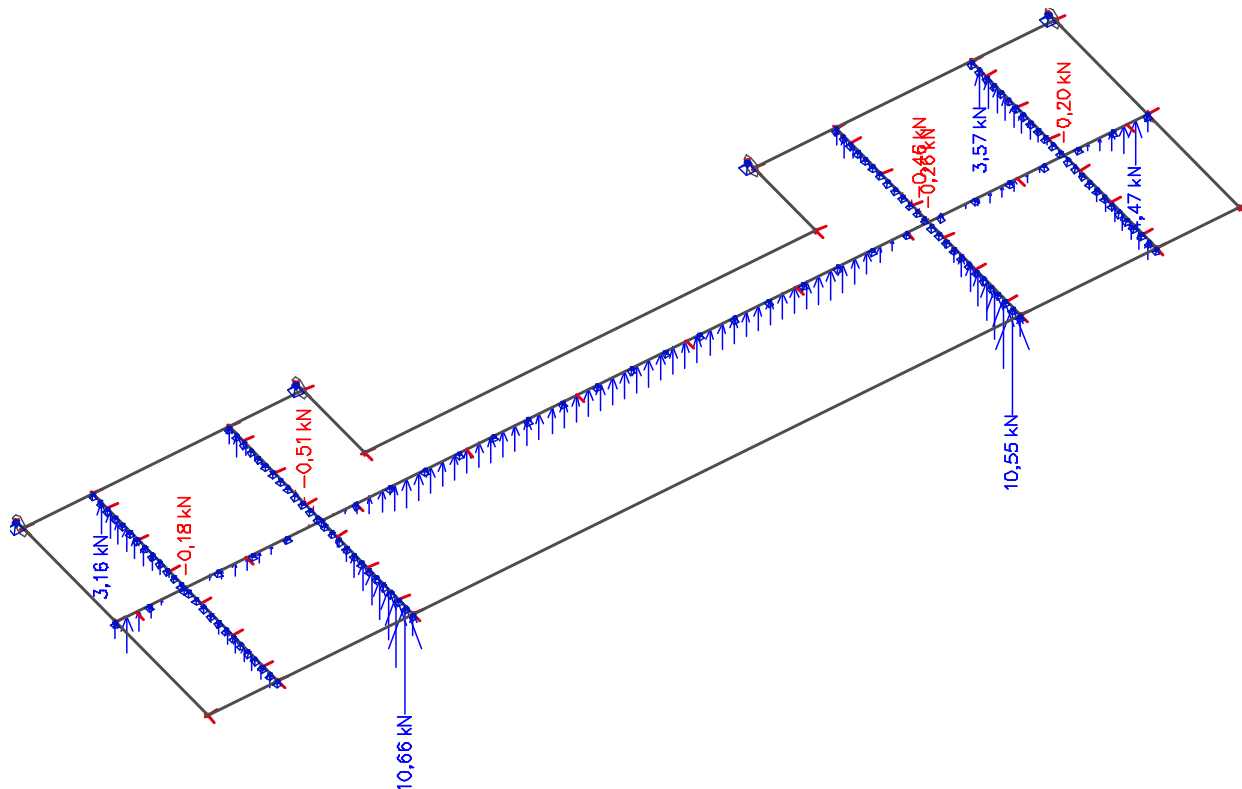


Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )

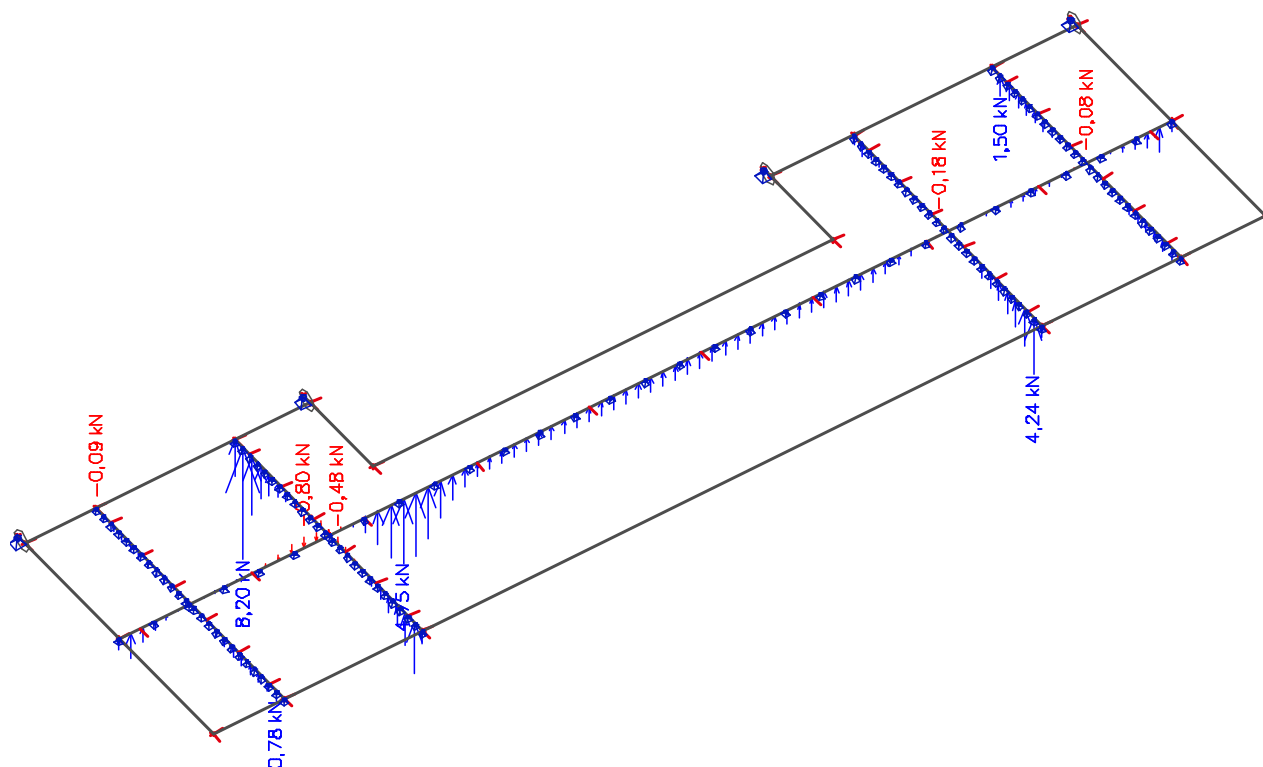


## Prilog 6. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

CO4



LC5



## 2.4.7. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 400

### UVOD

Proračun je izvršen pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

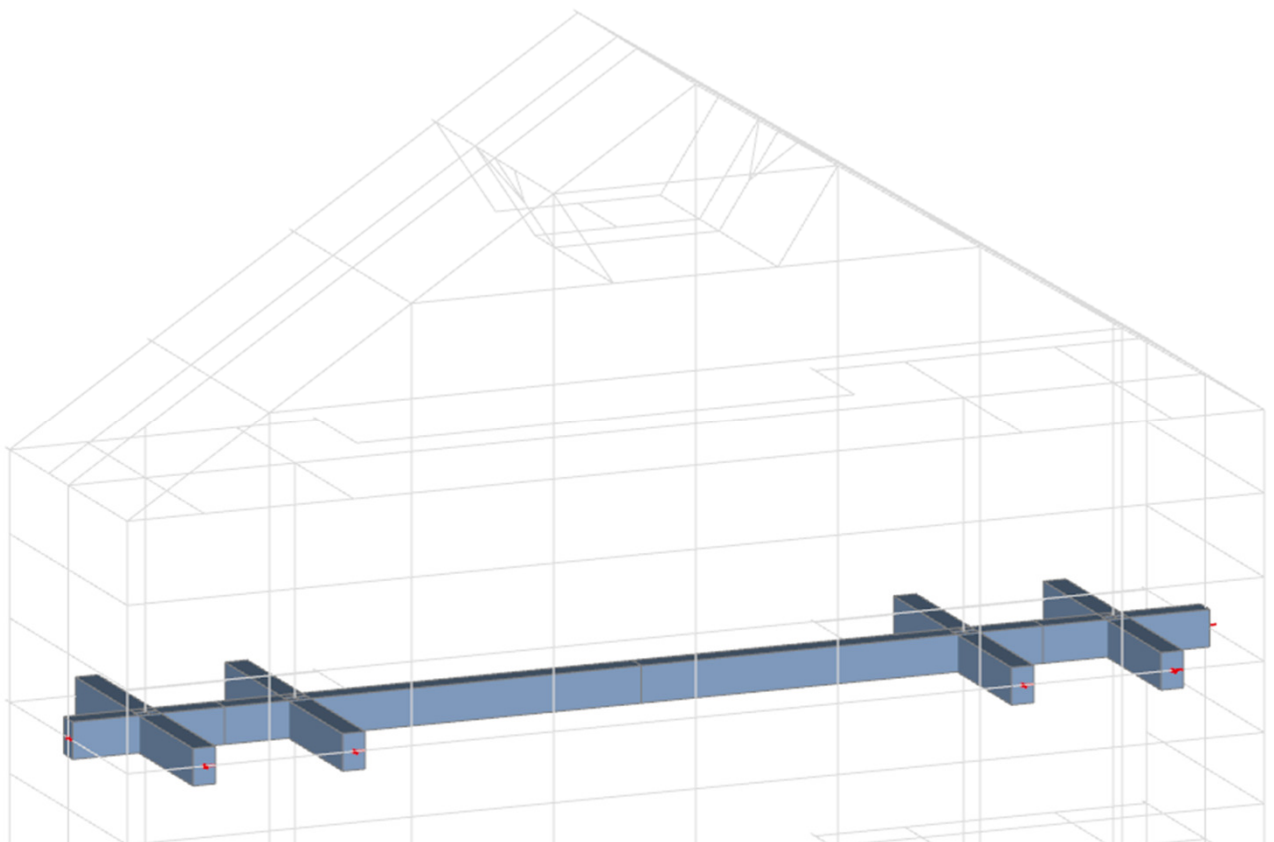
- grede dimenzija **b/h = 30-50 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Proračun greda je rađen na 2D modelu ploče P300, kojoj je smanjen modul elastičnosti 100 puta, kako bi se opterećenje prenijelo na gredu i stupove. Međusobno okomito grede su upeto spojene.

### PRILOZI

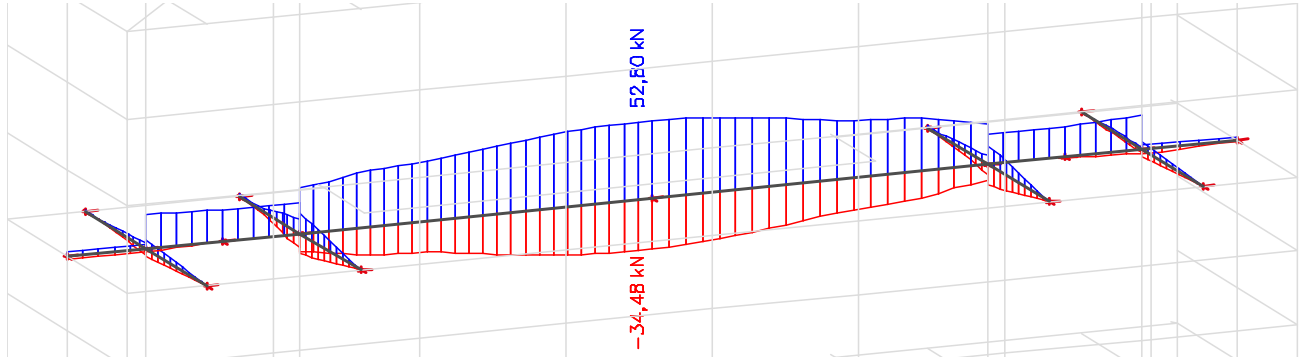
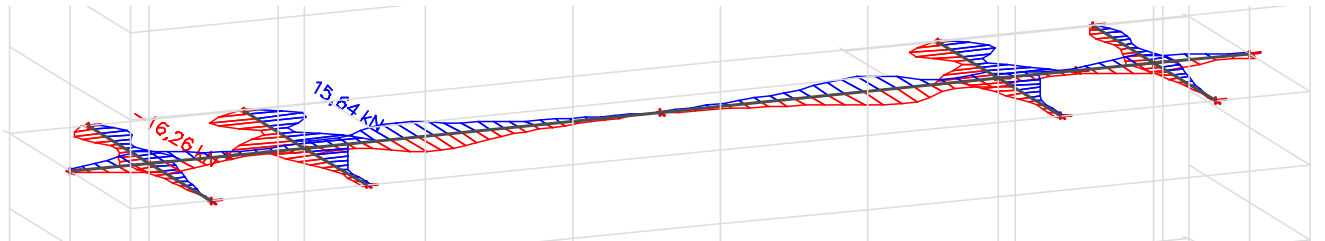
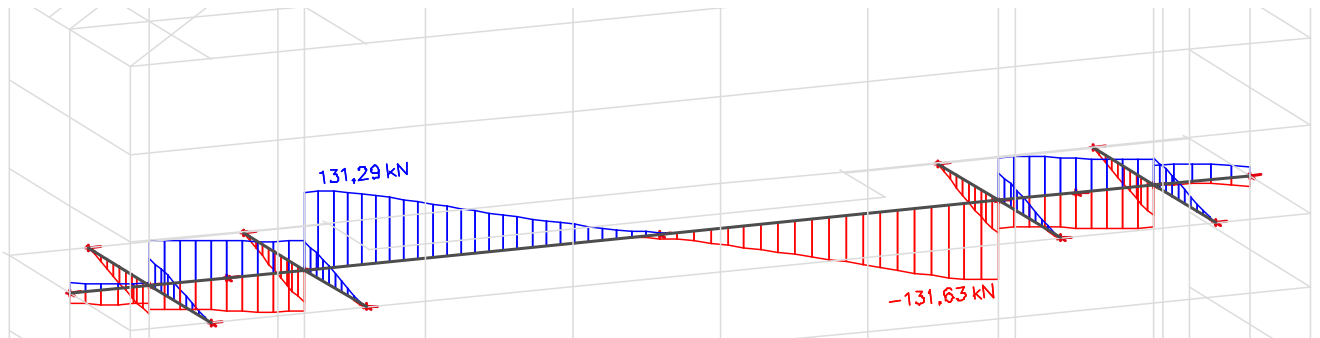
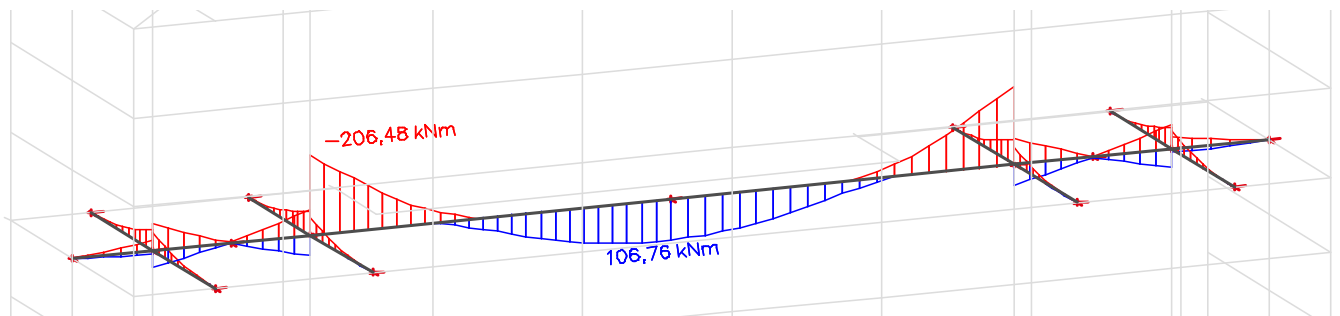
- Prilog 1. Prikaz greda
- Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS
- Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Prilog 1. Prikaz greda

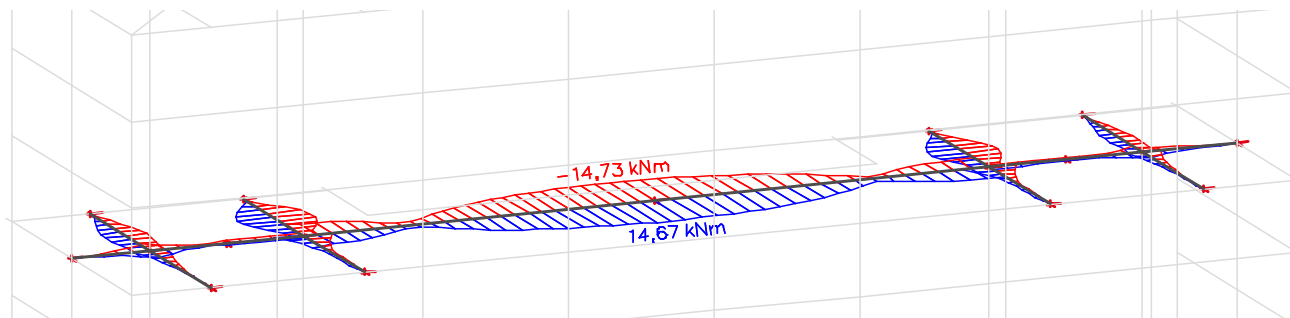


## Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS

N

 $V_y$  $V_z$  $M_y$ 

$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-34,48</b>	-0,44	-0,32	-0,52	69,96	-14,70
<b>52,80</b>	0,47	3,67	0,58	62,92	14,63
-9,90	<b>-16,26</b>	-37,57	-2,95	-44,01	-2,29
9,17	<b>15,64</b>	-29,62	-1,13	-33,68	2,00
6,34	0,12	<b>-131,63</b>	4,97	-204,98	-1,06
21,93	1,09	<b>131,29</b>	-6,08	<b>-206,48</b>	-0,09
22,71	0,23	123,22	<b>-6,14</b>	-135,66	0,32
21,53	0,34	-114,40	<b>5,46</b>	-93,69	0,99
15,56	0,03	2,66	0,08	<b>106,76</b>	-1,41
-30,10	-0,43	-0,24	-0,54	69,83	<b>-14,73</b>
48,42	0,46	3,60	0,60	63,05	<b>14,67</b>



## Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Provedeno je dimenzioniranje grede na savijanje oko jače osi, no grede se savija oko obe osi, pa će se provjeriti i savijanje oko obe osi, no tada će se greda promatrati kao stup.

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA

duljina grede	$l =$	8,9	m
visina grede	$h =$	50	cm
širina grede	$b_w =$	30	cm
površina pop.presjeka:	$A_c =$	1500	cm <sup>2</sup>

zaštitni sloj betona	$c =$	2,5	cm	(za XC1)
statička visina presjeka:	$d =$	43,5	cm	$d_2 =$ 6,5 cm
vilice	$\phi_v =$	1	cm	$d - d_2 =$ 37,00 cm
glavna armatura	$\phi_u =$	2,00	cm	

### 2. MATERIJAL

**BETON** C25/30

$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm} =$	2,6	N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm} =$	31000	N/mm <sup>2</sup>

**ČELIK** B500B

$f_{yk} =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd} =$	434,78	N/mm <sup>2</sup>
$E_s =$	200000	N/mm <sup>2</sup>

### 3. PARCIJALNI KOEFICIJENTI ZA MATERIJALE

$$\gamma_s = 1,15$$

$$\gamma_c = 1,5$$

### 4. REZNE SILE

Momenti savijanja:	$M_{Ed,y,polje} =$	106,76	kNm	Poprečne sile:	$V_{Ed,ležaj 1} =$	131,63
	$M_{Ed,y,ležaj} =$	206,48	kNm		$V_{Ed,ležaj 2} =$	131,63
	$N_{Ed,polje} =$	52,80	kN			
	$N_{Ed,ležaj} =$	52,80	kN			
Moment torzije:	$T_{Ed} =$	14,34	kNm			

### 5. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

#### 5.1. Dimenzioniranje na savijanje

**Polje:**

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 202,20 \text{ cm} > z_{s1} = 18,50 \text{ cm}$$

veliki ekscentricitet (vlačna sila djeluje izvan presjeka)

$$e_1 = -183,70 \text{ cm}$$

$$e_2 = 220,70 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} z_{s1} = 96,99 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = M_{Eds} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,103 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta =$	0,958	deformacija betona $\epsilon_{c2} =$	-2,4 ‰
koeficijent položaja neutralne osi $\xi =$	0,107	deformacija čelika $\epsilon_{s1} =$	20,0 ‰

Potrebna ploština armature u polju:  $A_{s1,rd} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) + N_{Ed} / f_{yd} = 6,57 \text{ cm}^2$

Minimalna armatura: 1.)  $A_{s1,min} = 0.26 f_{ctm} b_w d / f_{yk} = 1,76 \text{ cm}^2$  Mjerodavno  
2.)  $A_{s1,min} = 0.0013 b_w d = 1,70 \text{ cm}^2$

Maksimalna armatura: 1.)  $A_{s1,max} = 0.022 A_c = 0.22 b_w h = 33 \text{ cm}^2$  Mjerodavno  
2.)  $A_{s1,max} = 0.04 A_c = 0.04 b_w h = 60 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura za polje:  $A_{s,odabr} = 4 \phi 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## Ležaj:

$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{ed} z_{s1} = 196,71 \text{ kNm}$

$\mu_{Ed} = M_{Ed} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,208 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila  $\zeta = 0,873$  deformacija betona  $\epsilon_{c2} = -3,5 \%$   
koeficijent položaja neutralne osi  $\xi = 0,304$  deformacija čelika  $\epsilon_{s1} = 8,0 \%$

Potrebna ploština armature na ležaju:  $A_{s1,rd} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) = 11,91 \text{ cm}^2$

Minimalna armatura: 1.)  $A_{s1,min} = 0.26 f_{ctm} b_w d / f_{yk} = 1,76 \text{ cm}^2$  Mjerodavno!  
2.)  $A_{s1,min} = 0.0013 b_w d = 1,70 \text{ cm}^2$

Maksimalna armatura: 1.)  $A_{s1,max} = 0.022 A_c = 0.22 b_w h = 33 \text{ cm}^2$  Mjerodavno!  
2.)  $A_{s1,max} = 0.04 A_c = 0.04 b_w h = 60 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura za ležaj:  $A_{s,odabr} = 4 \phi 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## 5.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

### 5.2.1. Nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0,12$   $k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,68 < 2,00$

$A_{s1} = 4 \phi 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) = 0,0096 < 0,02$

$k_1 = 0,15$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ kN/cm}^2$   $v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,3804 \text{ N/mm}^2$

$V_{Rd,c} = 75865 \text{ N} = 75,9 \text{ kN} > (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 49643 \text{ N} = 49,64 \text{ kN}$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$

$\alpha_{cw} = 1,0$   $z = 0.9d = 392 \text{ mm}$

$v_1 = 0.6(1 - (f_{ck}/250)) = 0,540$   $\theta = 39,8^\circ$

$V_{Rd,max} = 519842 \text{ N} = 519,84 \text{ kN}$

$$V_{Rd,c} = 75,86 \text{ kN} < V_{Ed} = 132 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 520 \text{ kN}$$

**Uvjet  $V < V_{Rd,c}$  NIJE zadovoljen!**

**Potrebno je proračunati armaturu za preuzimanje posmičnih naprezanja od poprečnih sila!**

### 5.2.2. Proračun poprečne armature

Pretpostavljaju se dvorezne spona

$$m = 2 \quad \phi = 10 \quad = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ywd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

Proračun okomitih spona:

$$s_l = A_{sw} z f_{ywd} \cot \theta / V_{Ed} = 24,4 \text{ cm}$$

Odabran razmak spona uz oslonac

$$s_l = 25,0 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$A_{sw,max} f_{ywd} \cot \theta / (b_w s) = 1,09 \text{ Nmm}^2 < 0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd} = 4,50 \text{ N/mm}^2$$

**Uvjet je zadovoljen.**

### 5.2.3. Minimalna poprečna armatura (maksimalni razmak spona)

1.) Uvjet minimalne poprečne armature (EN 1992-1-1)

$$\rho_{w,min} = 0.08 f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,0008$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 65,5 \text{ cm}$$

2.) Uvjet minimalne poprečne armature (Hrvatski nacionalni dodatak)

$$\rho_{w,min} = 0.15 (f_{ct,m} / f_{yk}) = 0,00078 \quad \text{za} \quad C25/30 \quad B500B$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 67,1 \text{ cm}$$

3.) Uvjet najvećeg uzdužnog razmaka spona s obzirom na vrijednost proračunske poprečne sile

$$V_{Ed} = 131,6 \text{ kN} < 0.3 V_{Rd,max} = 156,0 \text{ kN}$$

$$s_{l,max} = 0.75d = 32,6 \text{ cm} > 30,0 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30,0 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak spona

$$s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

Odabrana poprečna armatura:

$$m = 2 \quad \text{Razmak spona uz oslonac} \quad s_l = 25,0 \text{ cm}$$

$$\phi = 10 \quad \text{Maksimalni razmak spona:} \quad s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4. DIMENZIONIRANJE NA TORZIJU

Opseg istovrijednog tankostijenog presjeka:

$$u_k = 2((b-t) + (h-t)) = 122,50 \text{ cm}$$

gdje je:

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$A = bh = 1500 \text{ cm}^2$$

$$u = 2b + 2h = 160 \text{ cm}$$

$$t = A/u = 9,38 \text{ cm}$$

$$A_k = (b-t)(h-t) = 837,89 \text{ cm}^2$$

$$u_k = 2((b-t) + (h-t)) = 122,50 \text{ cm}$$

### 5.4.1. Određivanje uzdužne armature zbog momenta torzije

$$\Sigma A_{sl} = (T_{Ed} u_k \cot\Theta) / (2A_k f_{yd}) = 2,89 \text{ cm}^2$$

Odabrana uzdužna armatura za torziju:

$$A_{s,odabr} = 8 \phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$$

Vrijedi za obe strane grede po visini poprečnog presjeka!

### 5.4.2. Određivanje poprečne armature zbog momenta torzije

$$s_{wT} = (A_{sw}^1 2 A_k f_{ywd} \cot\Theta) / T_{Ed} = 47,9 \text{ cm}$$

Kut nagiba poprečne armature je 90°.

Najveći uzdužni razmak  $s_{wT,max}$ , između torzijskih spona, ne smije premašiti najmanju od

sljedeće tri vrijednosti:

$$1.) s_{wT} \leq u/8 = 20,0 \text{ cm}$$

Mjerodavno!

$$2.) s_{wT} \leq b = 30,0 \text{ cm}$$

$$3.) s_{wT} \leq s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot\alpha) = 32,625 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak spona za torziju:

$$s_{w,T} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4.3. Kombinacija momenta savijanja i momenta torzije

$$\xi = 0,304$$

$$x = \xi d = 15,2 \text{ cm}$$

$$\sigma_{c,M} = M_{Ed} / (z b_w x) = 1,157 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{t,i} = T_{Ed} / (2 A_k t_{ef,i}) = 0,091 \text{ kN/cm}^2$$

Uvjet:

$$\sigma_{tlač} = \sigma_c / 2 + ((\sigma_c / 2) + 2 \tau_{t,i}^2)^{1/2} = 1,16 \text{ kN/cm}^2 < f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2 \text{ Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.4. Kombinacija poprečne sile i torzijskog momenta

$$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin\Theta \cos\Theta = 6953,6 \text{ kNcm} = 69,54 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,54$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

Otpornost na poprečnu silu:

$$V_{Rd,max} = (\alpha_{cw} b z v f_{cd}) / (\cot\Theta + \tan\Theta) = 519,8 \text{ kN}$$

Najveća otpornost elementa ograničena je nosivošću betonskih tlačnih štapova.

Da se ne bi premašila ta otpornost potrebno je zadovoljiti uvjet:

$$(T_{Ed,A} / T_{Rd,max}) + (V_{Ed,A} / V_{Rd,max}) = 0,46 < 1,0 \text{ Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.5. Razmak poprečne armature

$$s_w = (s_l s_{w,T}) / (s_l + s_{w,T}) = 12,5 \text{ cm}$$

Odabrani razmak poprečne armature:  $s_{w,odabr} = 12,5 \text{ cm}$

Provjera armature za gredu preko interakcijskih dijagrama za momente savijanja i uzdužne sile.

## 1. SILE

Uzdužna sila  $N_{Ed} = 34,48$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 206,48$  kNm

$M_{z,Ed} = 14,67$  kNm

## 2. EKSCENTRICITET

### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0047 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 0,95 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 0,95 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 5,99 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,43 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 45,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,066E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 1,785E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 2,544E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,67$$

$$K_{\phi,y} = 1,33$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 30,80$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 51,33$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 188 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,270$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,674$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,133$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 1,332$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 3,54 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 5,04 \text{ cm}$$

### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 603,43 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 48,64 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 208,06 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 16,77 \text{ kNm}$$

### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	30	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	50	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	890	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	445	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	9522	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	45,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,166				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,022				
	$\nu_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,014				
	$\mu_1 =$	0,166	$\nu =$	0	$\omega_{tot} =$	0,18
	$\mu_2 =$	0,022	$\nu =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,18
				$\omega_t$ za $\nu_1$ i $\nu_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,18
	$A_{s,min} = 0,003 A_c =$	4,5	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	0,1	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	10,35	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04 A_c =$	60,0	cm <sup>2</sup>			

Odabrano: **4**  $\phi 20$  =  **$A_s = 12,56$  cm<sup>2</sup>**  
u gornju i u donju zonu

<b>2</b>	$\phi 20$	=	<b><math>A_s = 9,82</math> cm<sup>2</sup></b>
<b>6</b>	$\phi 12$	=	<b><math>A_s = 6,78</math> cm<sup>2</sup></b>
			<b><math>A_s = 16,60</math> cm<sup>2</sup></b>

## 5.5. REKAPITULACIJA ODABRANE ARMATURE:

### Uzdužna armatura:

- od momenta savijanja :	donja zona:	4	φ	20 =	12,56 cm <sup>2</sup>
	gornja zona:	4	φ	20 =	12,56 cm <sup>2</sup>
- od momenta torzije:	po obodu presjeka:	12	φ	12 =	13,56 cm <sup>2</sup>

### NAPOMENA:

Torzijsku armaturu potrebno je lepezasto sidriti u zid.

### Poprečna armatura:

- Zbog poprečnih sila i momenta torzije, koji djeluje duž cijele duljine grede, poprečna armatura se po cijeloj duljini grede postavlja na jednaki razmak.

<b>oslonac</b>	<b>m = 2</b>	φ	10 /	12,5 cm
<b>ostalo</b>		φ	10 /	20,0 cm

## 6. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI

### 6.1. Proračun karakteristika materijala i poprečnog presjeka

Srednji polumjer presjeka  $h_0 = 2A_c/u = 21,43 \text{ cm} = 214,3 \text{ mm}$

$$A_c = b_w h = 2250,0 \text{ cm}^2$$

Opseg presjeka izloženog zraku  $u = 2b_w + 2h = 210,00 \text{ cm}^2$

Konačna vrijednost koeficijenta puzanja za suhe uvjete okoliša (RH=50%):

$$\varphi(\infty, t_0) = 3$$

Konačna vrijednost deformacije od skupljanja:

$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty}$  - zbroj deformacije skupljanja zbog susenja i deformacije autogenog skupljanja;

$\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd, 0}$  - gdje je  $k_h$  koeficijent koji ovisi o zamjenskoj veličini  $h_0$ .

Linearnom interpolacijom za izračunati  $h_0$  dobiva se:

$$k_h = 0,829$$

Nazivna vrijednost slobodnog skupljanja pri sušenju  $\epsilon_{cd, 0}$  za beton s cementom CEM razreda N:

Očitano:  $\epsilon_{cd, 0} = 0,000535$  za: C25/30

RH 50 %

Slijedi:  $\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd} = 4,43E-04$

$$\epsilon_{ca, \infty} = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 3,75E-05$$

Konačna vrijednost relativne deformacije od skupljanja:

$$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty} = 4,81E-04$$

Za razred betona C25/30  $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$

i čelik B500B

vrijedi:  $E_{c, \text{eff}} = E_{cm} / (1,0 + \varphi(\infty, t_0)) = 7750 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_{e, 0} = E_s / E_{cm} = 6,45$$

$$\alpha_{e, \infty} = E_s / E_{c, \text{eff}} = 25,81$$

Težište i moment tromosti poprečnog presjeka (samo beton bez armature):

$$y_{0d} = h / 2 = 37,50 \text{ cm}$$

$$y_{0g} = y_{0d} = 37,50 \text{ cm}$$

$$I_0 = b_w h^3 / 12 = 1054687,5 \text{ cm}^4$$

## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = 0$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,0} - 1) (A_{s1}(d - y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg} - d_2)^2) = 1219192 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d - y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg} - d_2) = 0,00000 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d - y_{IIg})\alpha_{e,0} - A_{s2}(y_{IIg} - d_2)\alpha_{e,0} - b_w y_{IIg}^2 / 2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{IIg} = 16,74 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{IIl} = 58,26 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{IIg}^3 + \alpha_{e,0} A_{s1} (d - y_{IIg})^2 + (\alpha_{e,0} - 1) A_{s2}(y_{IIg} - d_2)^2 = 327250,6 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d - y_{IIg}) - A_{s2}(y_{IIg} - d_2) = 651,77 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d - y_{IIg} / 3 = 62,92 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = \infty$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,\infty} - 1) (A_{s1}(d - y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg} - d_2)^2) = 1803232 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d - y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg} - d_2) = 0,00 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d - y_{IIg})\alpha_{e,\infty} - A_{s2}(y_{IIg} - d_2)\alpha_{e,\infty} - b_w y_{IIg}^2 / 2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{IIg} = 25,48 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{IIl} = 49,52 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{IIg}^3 + \alpha_{e,\infty} A_{s1} (d - y_{IIg})^2 + (\alpha_{e,\infty} - 1) A_{s2}(y_{IIg} - d_2)^2 = 1055563 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d - y_{IIg}) - A_{s2}(y_{IIg} - d_2) = 377,40 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d - y_{IIg} / 3 = 60,01 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## 6.2. Momenti savijanja i naprezanja u presjeku na mjestu maksimalnog momenta savijanja

Moment savijanja od stalnog djelovanja:  $M_g = 49,62 \text{ kNm}$

Moment savijanja od promjenjivog djelovanja:  $M_q = 9,97 \text{ kNm}$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 M_q = 59,59 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = M_{Ed} / A_{s1} z = 6,03 \text{ kN/cm}^2 = 60,32 \text{ N/mm}^2$$

Moment pri pojavi prve pukotine u poprečnom presjeku:

$$M_{cr} = f_{ctm} I_o / y_{od} = 7312,50 \text{ kNcm}$$

$$= 73,13 \text{ kNm}$$



Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za kratkotrajno djelovanje (  $t=0$  )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 7,40 \text{ kN/cm}^2 = 74,03 \text{ N/mm}^2$$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za dugotrajno djelovanje (  $t = \infty$  ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 \psi_2 M_q = 52,61 \text{ kNm} \quad \text{uz} \quad \psi_2 = 0,3$$

(stanovi, uredi, trgovine do 50m<sup>2</sup>, predvorja, balkoni, bolnice)

$$\sigma_s = M_{Ed}/A_{s1}z = 5,58 \text{ kN/cm}^2 = 55,84 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za dugotrajno djelovanje (  $t = \infty$  )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 7,76 \text{ kN/cm}^2 = 77,62 \text{ N/mm}^2$$

### 6.3. Proračun s obzirom na ograničenje širina pukotina

#### 6.3.1. Minimalna ploština armature za ograničenje širine pukotina

Minimalna armatura za ograničenje širine pukotina dana je sljedećim izrazom:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 2,34 \text{ cm}^2$$

gdje je:

$k_c =$	0,4	- za naprezanje izazvano čistim savijanjem;
$k =$	1,0	- koeficijent za učinak nejednolikih samouravnoteženih naprezanja;
$f_{ct,eff} = f_{ctm} =$	2,6 N/mm <sup>2</sup>	- vlačna čvrstoća betona u vrijeme pojave prve pukotine;
$A_{ct} =$	1125,00 cm <sup>2</sup>	- ploština vlačnog dijela betona prije pojave prve pukotine;
$\sigma_s = f_{yk} =$	50 kN/cm <sup>2</sup>	- naprezanje u čeliku.

$$A_{s1,odabr} = 15,70 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 2,34 \text{ cm}^2 \quad \text{Zadovoljen uvjet minimalne armature.}$$

Granični promjer šipke armature i razmak šipke armature:

$$\phi^* = (\text{interpolacija}) = 38,42 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\phi = \phi^* (f_{ct,eff}/2,9)(k_c h_{cr}/(2h-2d)) = 39,74 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\text{razmak} = 48,02 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

Odabrana armatura NE zadovoljava uvjet graničnog promjera šipke armature i ZADOVOLJAVA uvjet razmaka između šipki armature. **Potrebno je provesti proračun širine pukotina.**

#### 6.3.2. Proračun širina pukotina za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ )

Uvjet:  $M_{Ed} = 6,0 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,1 \text{ kNm}$  **Ne dolazi do pojave pukotina.**

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje visine sudjelujuće vlačne ploštine presjeka,  $h_{c,ef}$ :

- 1.)  $2,5(h-d) = 16,25 \text{ cm}$  **Mjerodavno!**
- 2.)  $(h-y_{IIg})/3 = 19,42 \text{ cm}$
- 3.)  $h/2 = 37,50 \text{ cm}$

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff}/\rho_{p,eff})(1 + \alpha_{e,0} \rho_{p,eff}))/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -3,813E-05 < 0,6 \sigma_s/E_s = 1,8E-04$$

gdje je:  $k_t = 0,6$  - za kratkotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = bh_{c,ef} = 582,57 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0269$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 211,16 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za kratkotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=0} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,04 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=0} = 0,04 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 Širina pukotina za kratkotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

### 6.3.3. Proračun širina pukotina za dugotrajno djelovanje ( $t = \infty$ )

Uvjet:

$$M_{Ed} = 52,61 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,13 \text{ kNm} \quad \text{Ne dolazi do pojave pukotina.}$$

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje  $h_{c,ef}$  :  
 1.)  $2,5(h-d) = 16,25 \text{ cm}$  Mjerodavno!  
 2.)  $(h-y_{IIg})/3 = 16,51 \text{ cm}$   
 3.)  $h/2 = 37,50 \text{ cm}$

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff}) * (1 + \alpha_{e,\infty} \rho_{p,eff})) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -1,898E-05 < 0,6 \sigma_s / E_s = 1,7E-04$$

gdje je:  $k_t = 0,4$  - za dugotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = bh_{c,ef} = 495,19 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0317$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 192,24 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za dugotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=\infty} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,03 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=\infty} = 0,03 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
Širina pukotina za dugotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

## 6.4. Proračun progiba grede

### 6.4.1. Provjera potreba proračuna progiba:

Vitkost elementa  $L/d = 13,05$

Određivanje granične vitkosti:

Korekcijski faktor:  $f_3 = (500/f_{yk})(A_{s,prov}/A_{s,req}) = 3,61$   
 $f_3 = 310/s_s = 5,55$  }  $f_3 = 3,61$

Koeficijent armiranja:  $\rho = A_{s,prov}/(b_w d) = 0,00764 = 0,76 \%$

Granični omjeri  $L_{eff}/d$  za:

- slabo naprezan beton  $\rho < 0,5\%$
- jako naprezan beton  $\rho > 1,5\%$

30	} omjer	28
20		

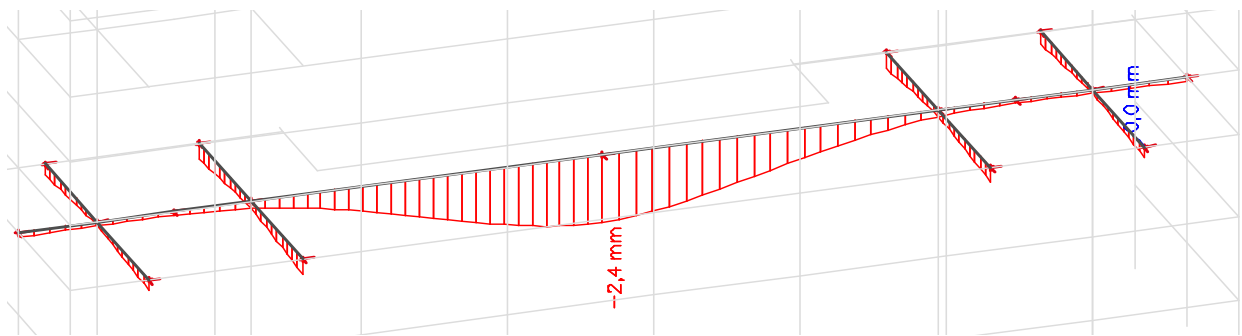
(slobodno oslonjeni nosači)

Granična vitkost (interpolacija):

$$(L/d)_{lim} = 101,21 > 13,05$$

**Zadovoljeno je granično stanje progiba.**

Nije potrebno provesti proračun progiba.



$$L = 890,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 3,56 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,24 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 $u = 0,96 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

Za grede svih pozicija je provjereno je savijanje kod najmanje visine i odabrana armatura zadovoljava. Progib je provjeren na stvarnom, promjenjivom poprečnom presjeku i on također zadovoljava.

## 2.4.8. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 400

### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

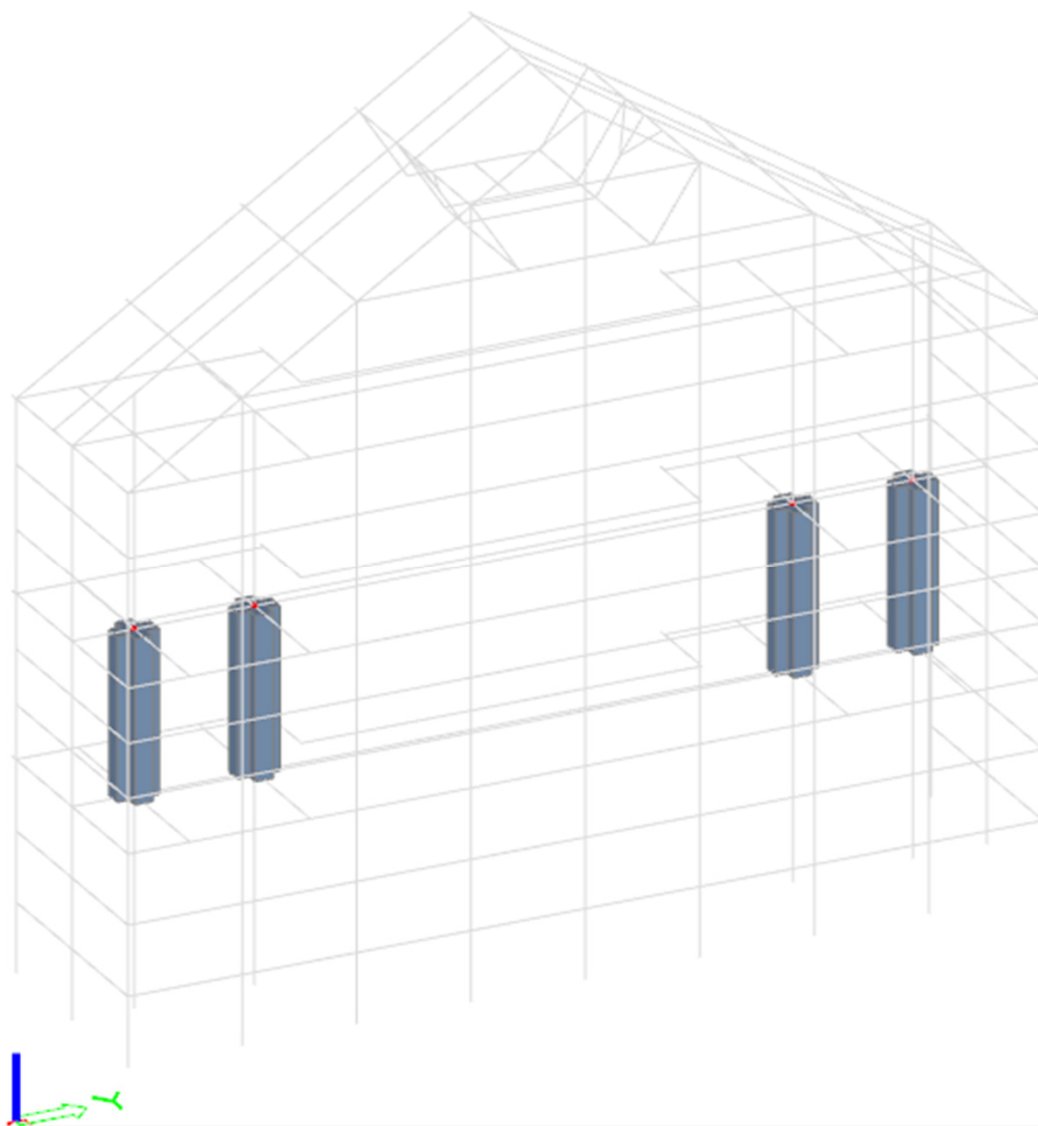
- AB stupovi križnog presjeka dimenzija **b/h = 30;70/30;70 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima. Stupovi su upeti u stupove pozicije 500 i u stupove pozicije 300.

### PRILOZI

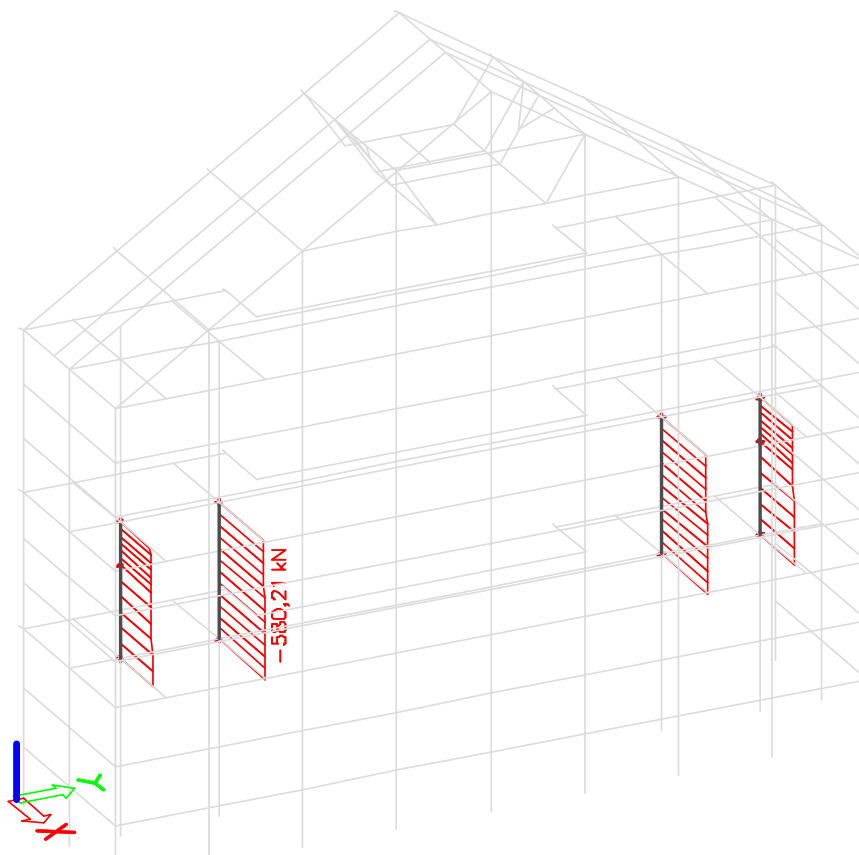
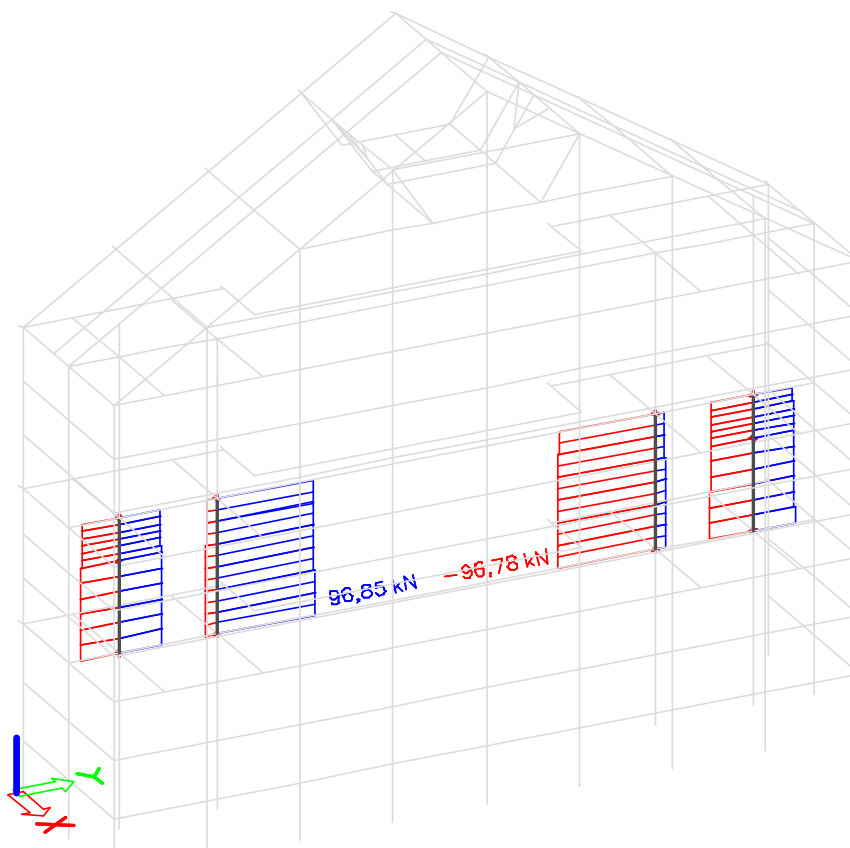
- Prilog 1. Prikaz stupova
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

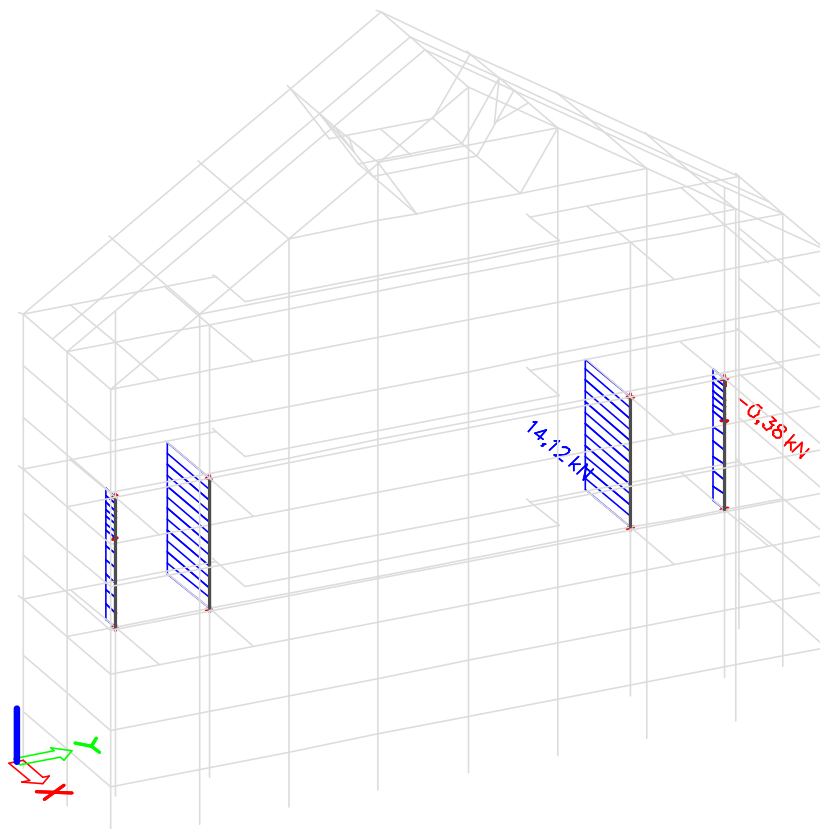
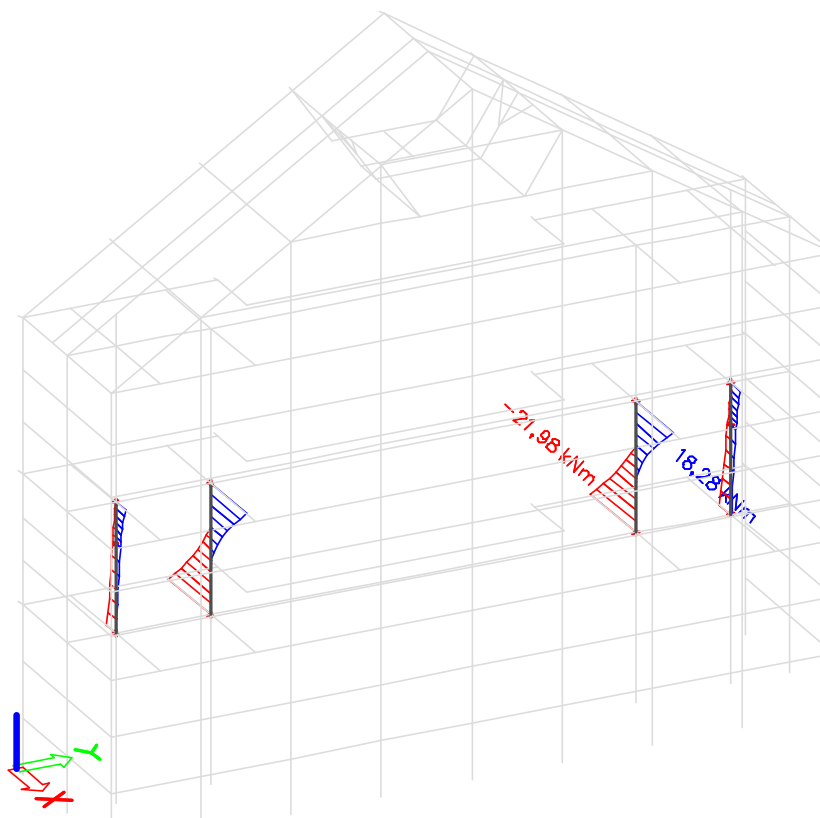
Prilog 1. Prikaz stupova

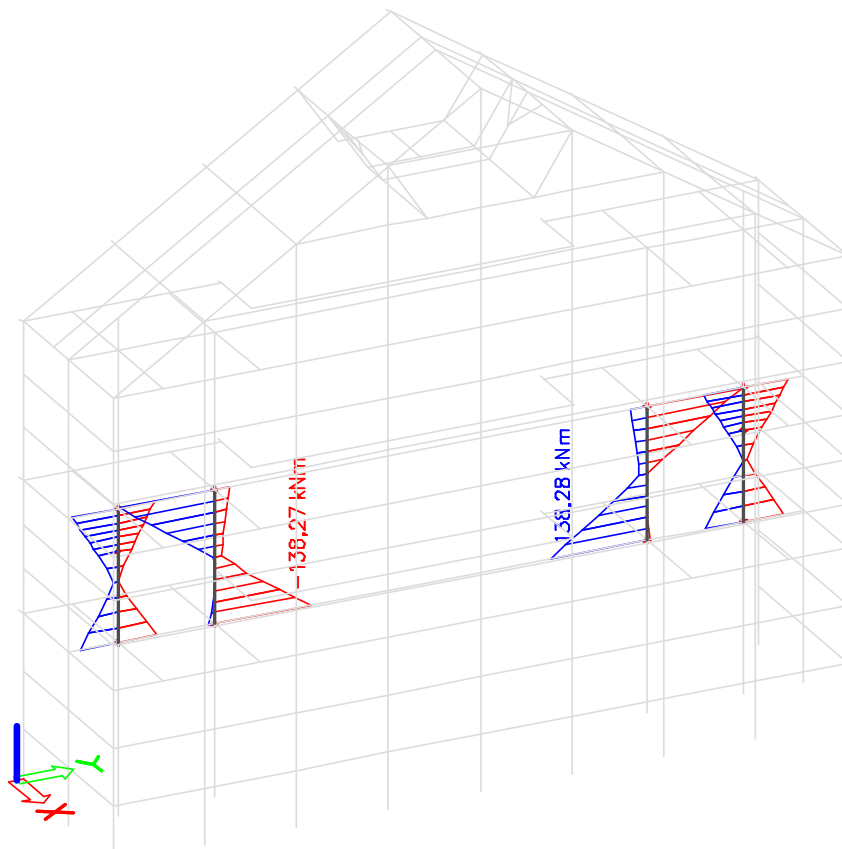


## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC

N

 $V_y$ 

$V_z$  $M_y$ 

$M_z$ 

## Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

### 1. SILE

 Uzdužna sila  $N_{Ed} = 580,21$  kN

 Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 21,98$  kNm

 $M_{z,Ed} = 138,28$  kNm

### 2. EKSCENTRICITET

#### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0050 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 1,68 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 1,00 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0,04 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,24 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 65,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 3,654E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 7,398E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 1,531E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,91$$

$$K_{\phi,y} = 2,07$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 16,44$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 7,04$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 210 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,365$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,914$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,428$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 2,070$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 0,74 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 0,31 \text{ cm}$$

#### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 4,89 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 24,50 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 28,35 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 142,15 \text{ kNm}$$



### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	70	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	30	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	285	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	143	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	707803	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	65,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,027				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,058				
	$v_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,166				
	$\mu_1 =$	0,058	$v =$	0	$\omega_{tot} =$	0,15
	$\mu_2 =$	0,027	$v =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,15
				$\omega_t$ za $v_1$ i $v_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,15
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,3	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	1,3	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	12,08	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	84,0	cm <sup>2</sup>			

**Odabrano:** 4  $\phi$  20 =  $A_s = 12,56$  cm<sup>2</sup>

#### Vilice:

Razmak:  $s \leq 30$  cm,  $s \leq b$ , ili  $s = 12\phi$  uzdužno

**Odabrano:**  $\phi$  8/15 cm/7,5 cm

## 2.4.9. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 300

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

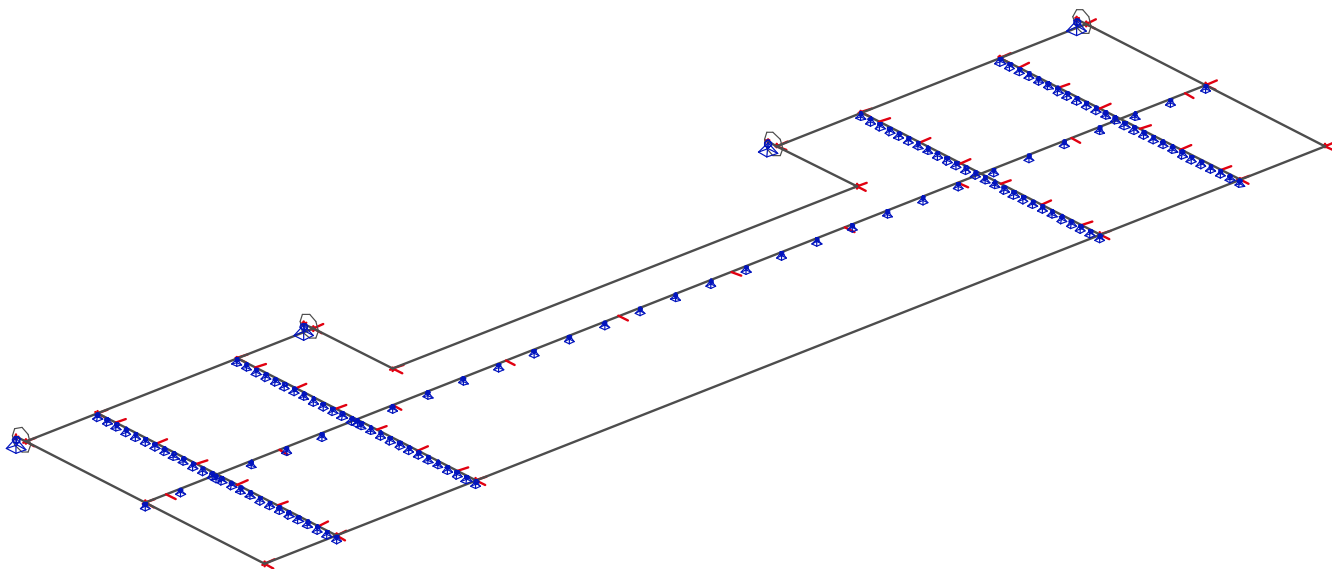
- AB monolitna ploča debljine **t = 20 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima.

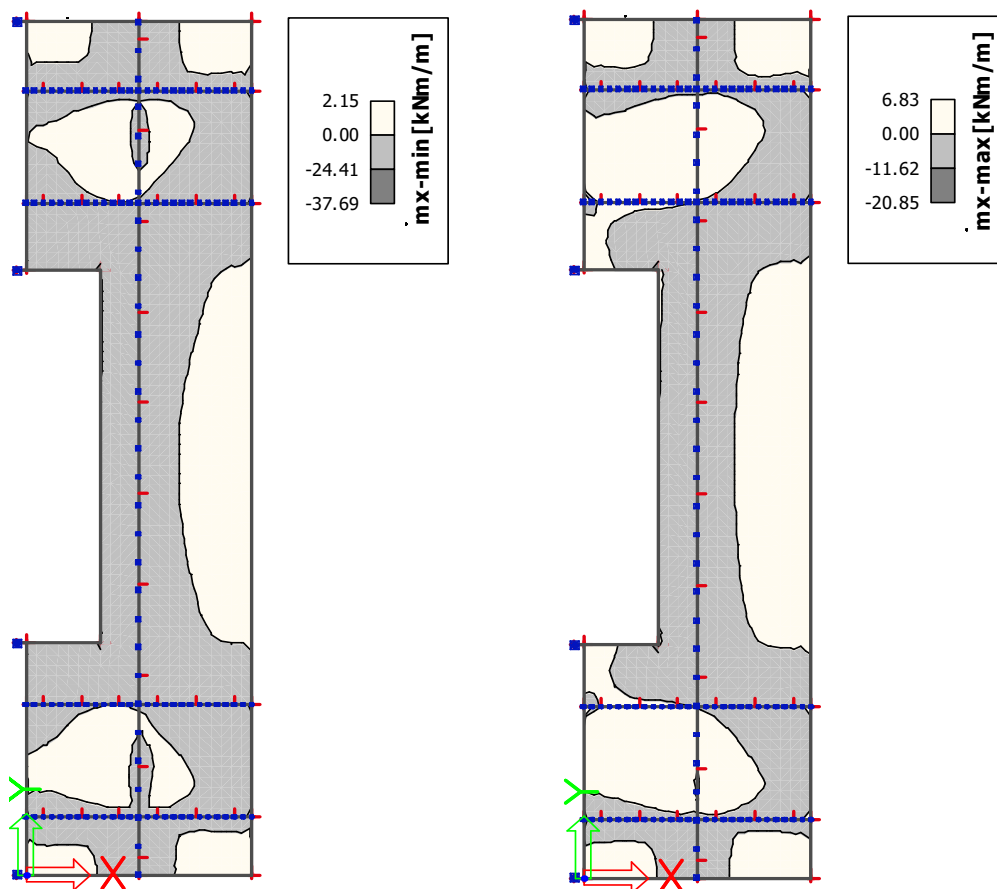
### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')
- Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')
- Prilog 4. Prikaz progiba
- Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče
- Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 10. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

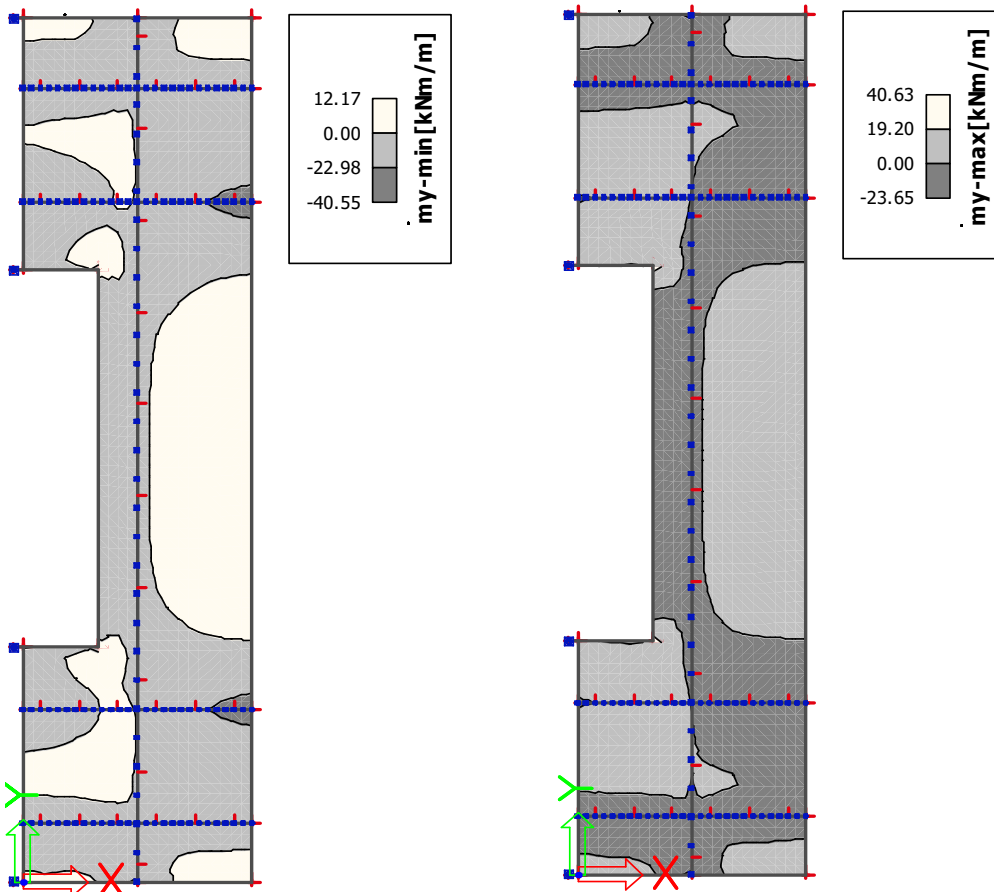
Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca



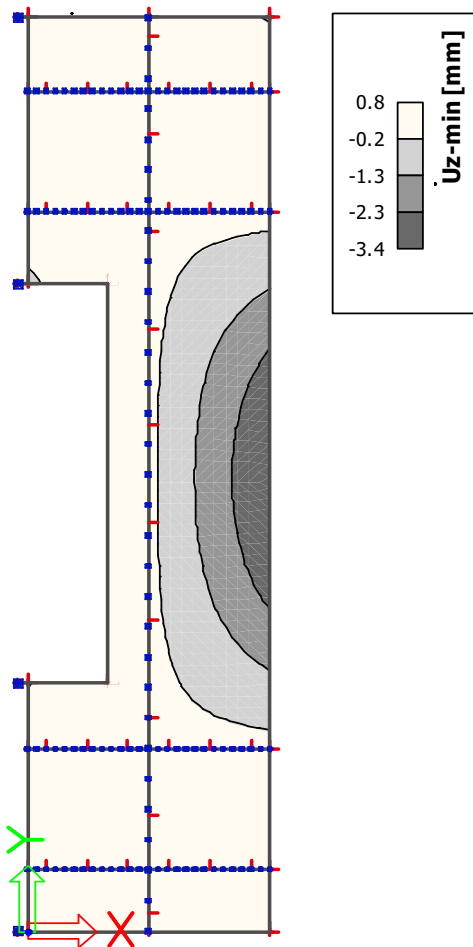
Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kN/m')



Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kN/m')



## Prilog 4. Prikaz progiba Kratkotrajni (elastični) progib za CO2



Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13 \text{ mm}$	>	$u_{el} = 3,4 \text{ mm}$	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33 \text{ mm}$	>	$u_{el} = 0,8 \text{ mm}$	Uvjet je zadovoljen!

### Dugotrajni progib

Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 1950/150 = 13 \text{ mm}$	≈	$u = 4 \times u_{el} = 13,6 \text{ mm}$	Uvjet je zadovoljen!
Uvjet:	$u_{dop} = L/150 = 650/150 = 4,33 \text{ mm}$	>	$u = 4 \times u_{el} = 3,2 \text{ mm}$	Uvjet je zadovoljen!

## Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 16 \text{ cm}$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 16 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times b \times d \times (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 16 \times (2,6/500) = 2,2 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 20 = 80,0 \text{ cm}^2$

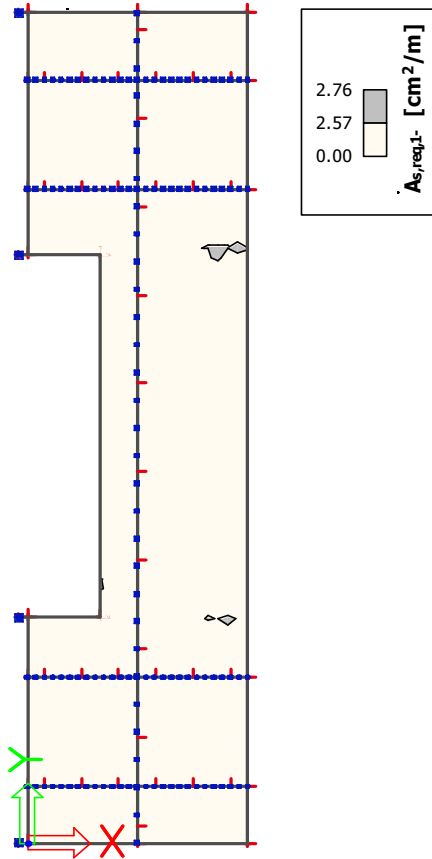
$$A_{s,max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 20 = 44,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \omega_{lim} \times b \times d \times (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 16 \times (16,67/434,78) = 22,4 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

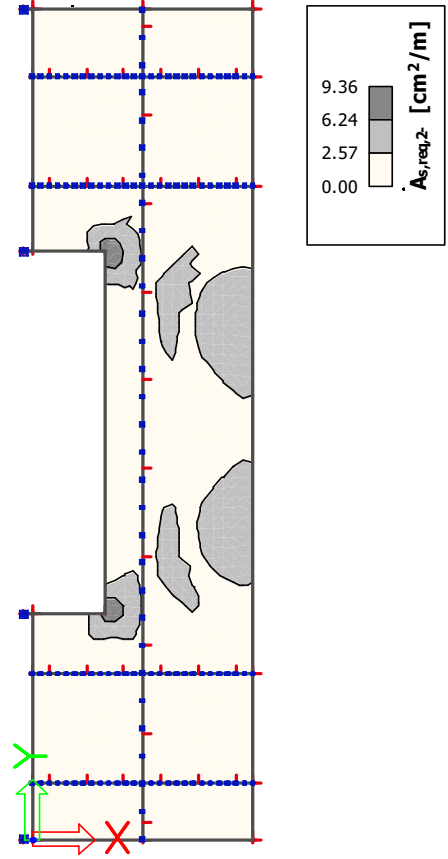
ODABRANA ARMATURA OBE ZONE

Q 257

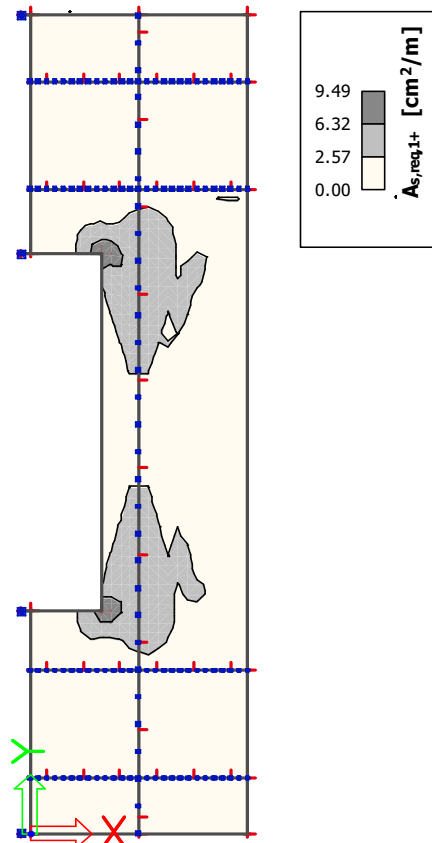
Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



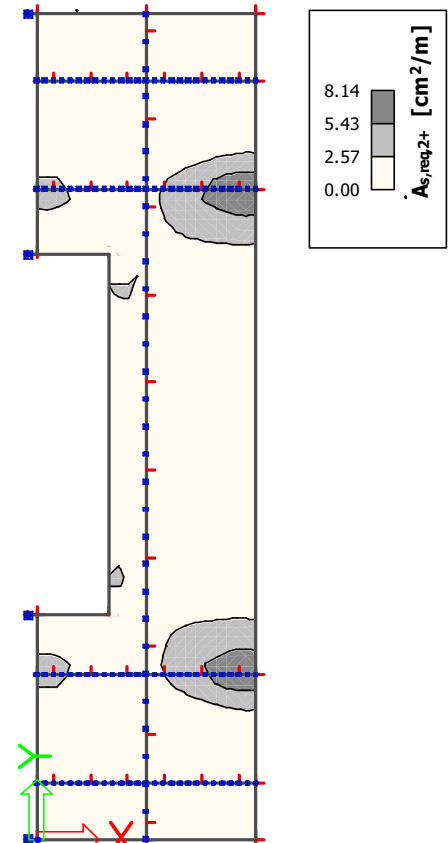
Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

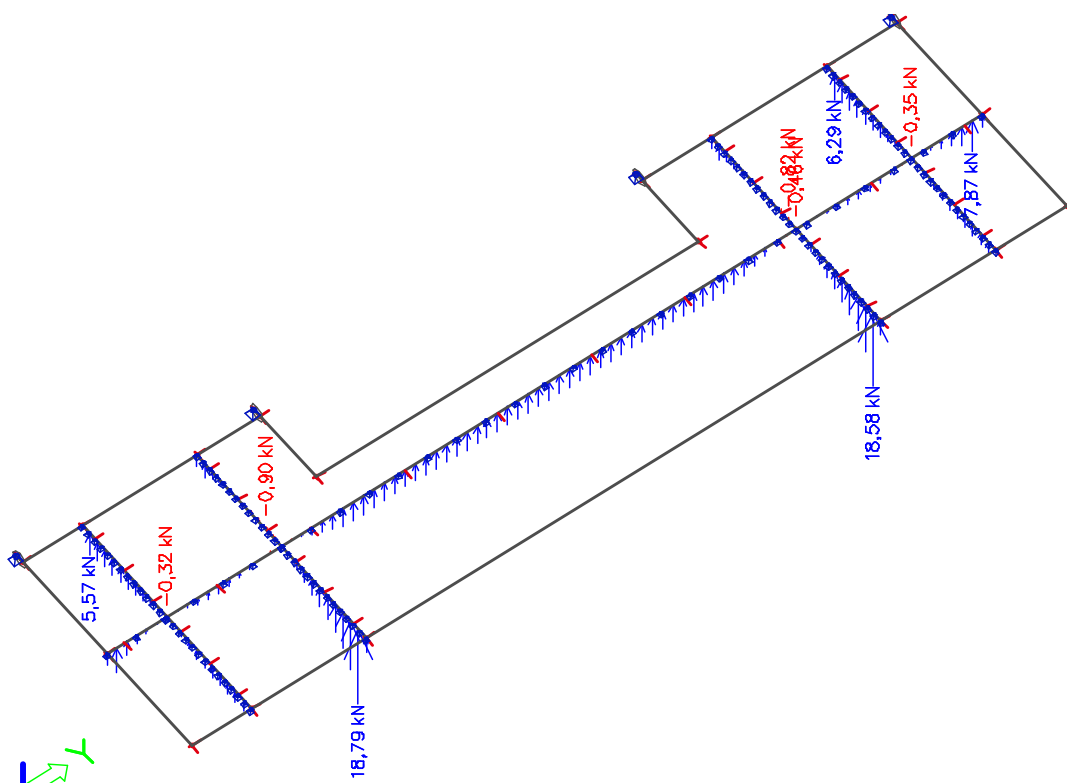


Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

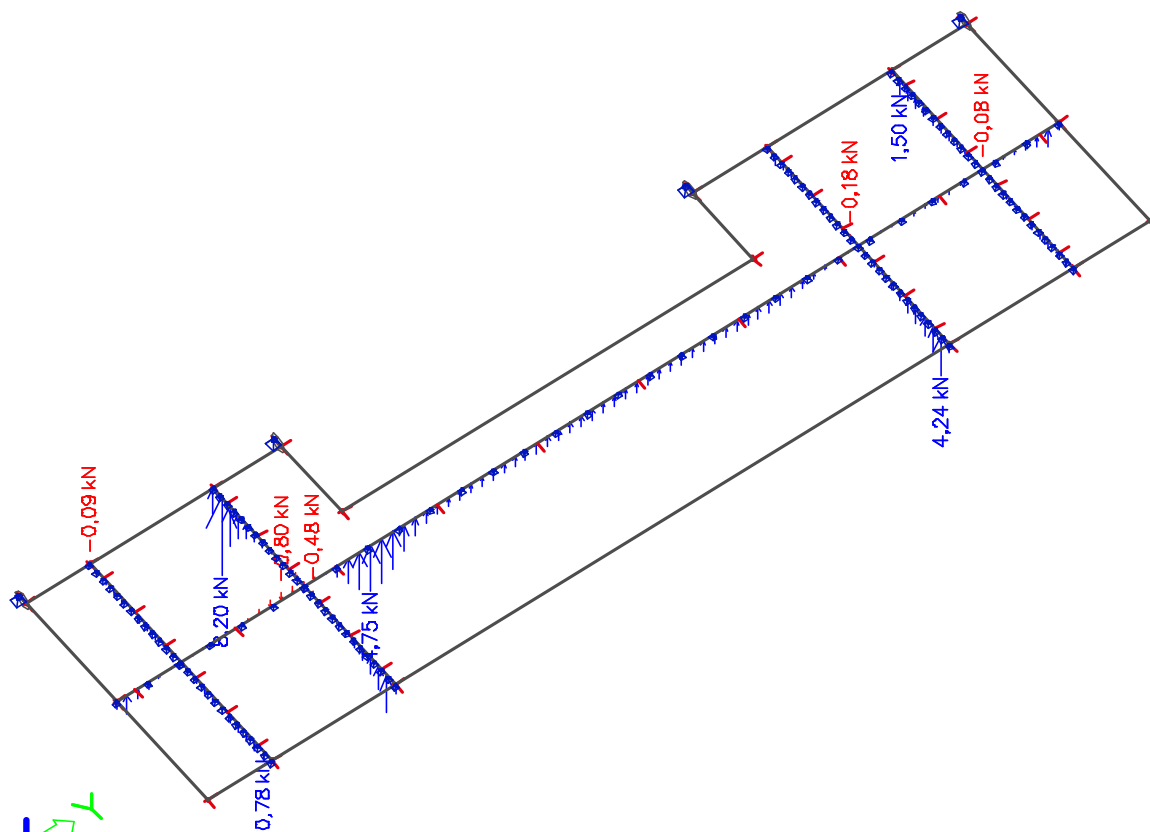


## Prilog 6. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

CO4



LC6



## 2.4.10. Proračun i dimenzioniranje greda pozicije 300

### UVOD

Proračun je izvršen pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

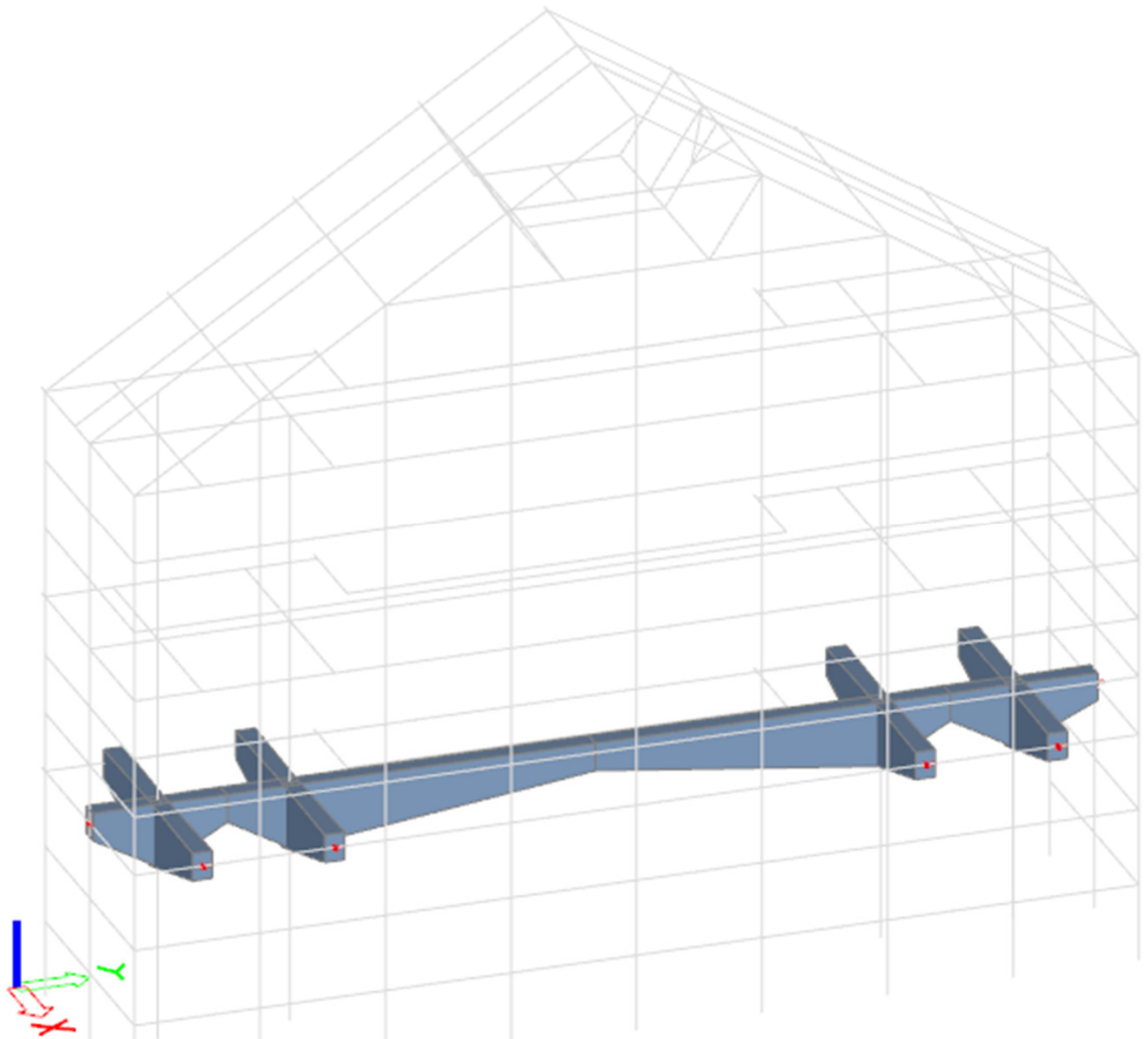
- grede dimenzija **b/h = 30/45-105 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Proračun greda je rađen na 2D modelu ploče P300, kojoj je smanjen modul elastičnosti 100 puta, kako bi se opterećenje prenijelo na gredu i stupove. Međusobno okomito grede su upeto spojene.

### PRILOZI

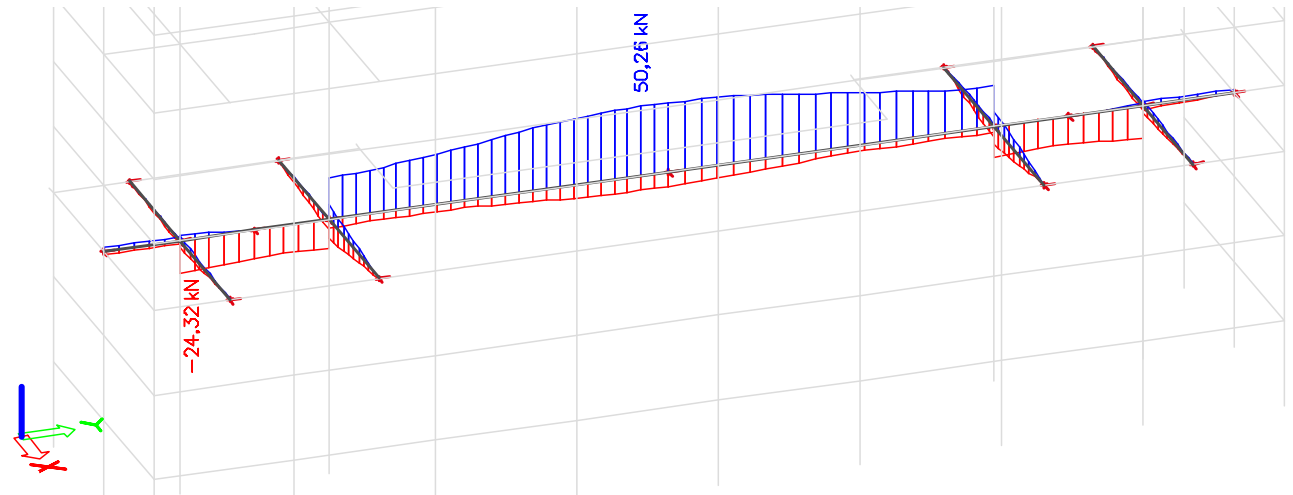
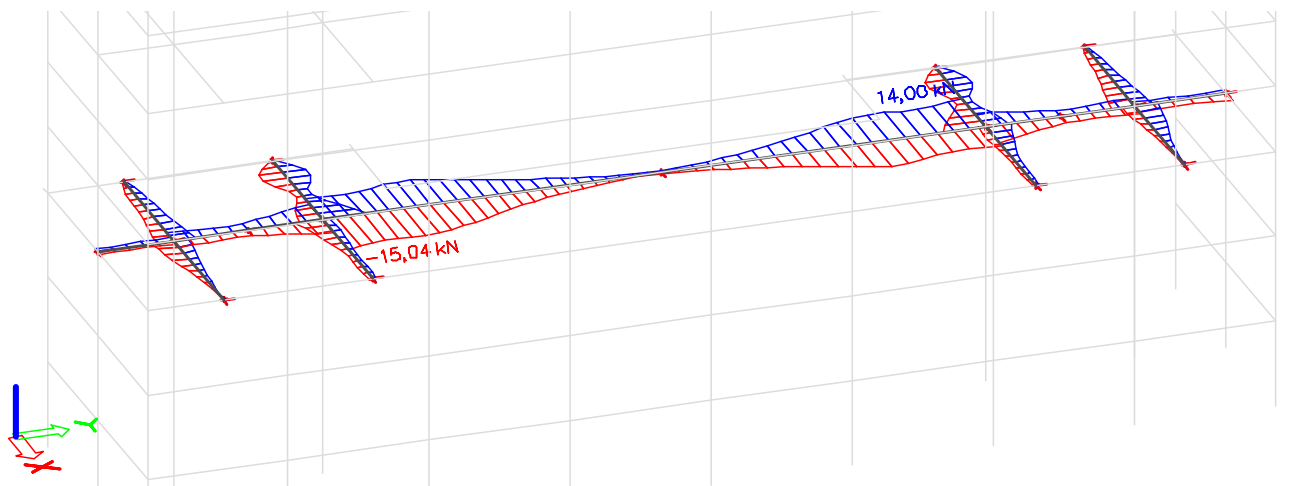
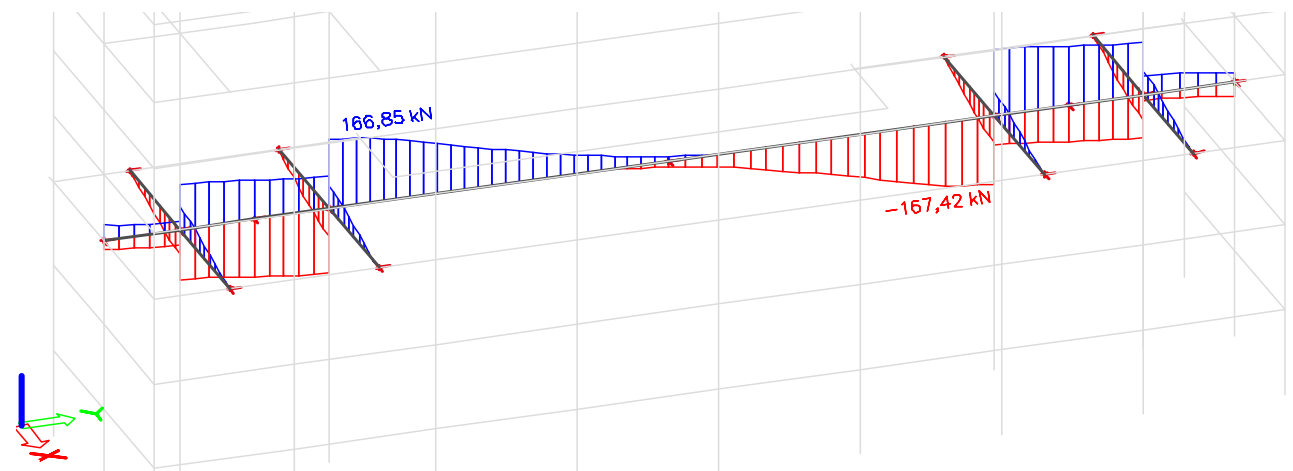
- Prilog 1. Prikaz greda
- Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS
- Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Prilog 1. Prikaz greda



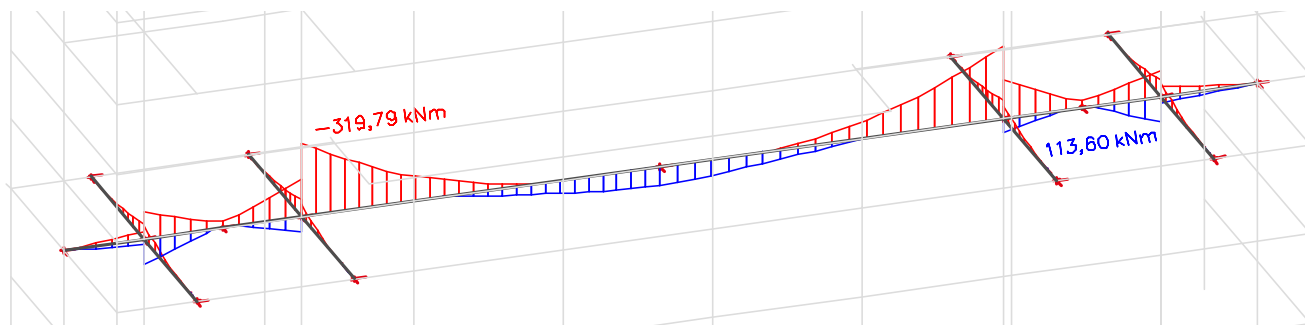
## Prilog 2. Prikaz mjerodavnih unutarnjih sila za ULS

N

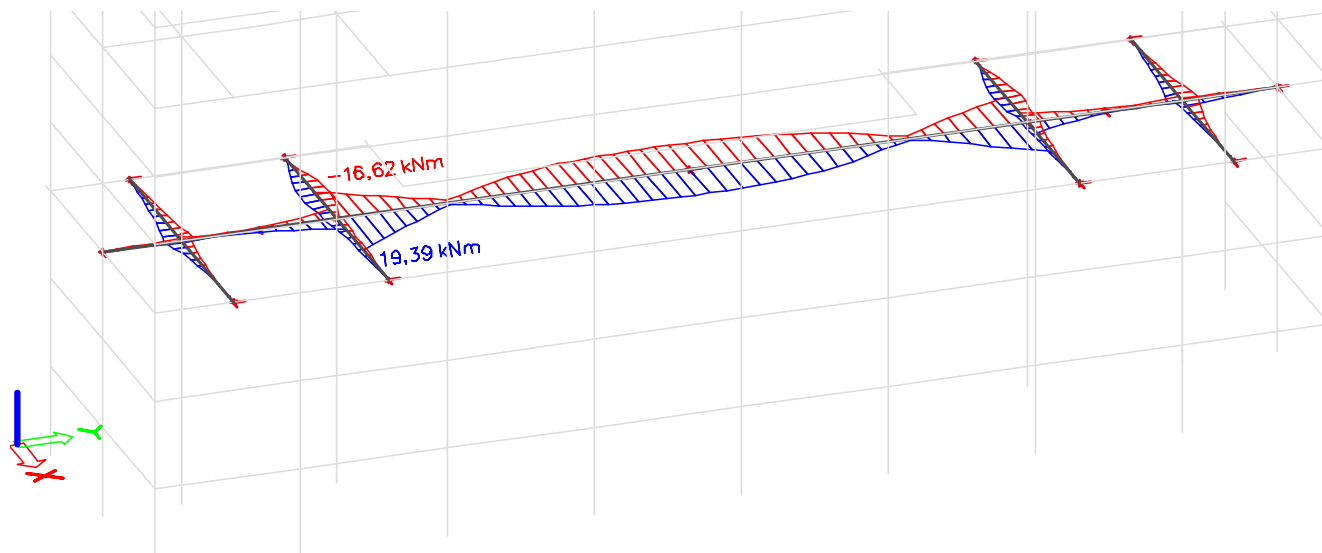
 $V_y$  $V_z$ 



$M_y$



$M_z$



N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<b>-24,32</b>	-1,15	-119,42	-2,33	-115,24	-1,01
<b>50,26</b>	0,88	10,81	-0,04	52,62	14,77
-3,13	<b>-15,04</b>	106,42	-12,46	-238,68	-16,40
20,90	<b>14,00</b>	-106,57	11,93	-189,08	18,63
8,25	0,91	<b>-167,42</b>	13,34	-317,22	-1,32
20,18	-5,13	<b>166,85</b>	-13,21	<b>-319,79</b>	4,60
18,30	0,19	150,68	<b>-14,34</b>	-198,33	-1,89
18,80	-0,95	-136,98	<b>13,62</b>	-145,07	-1,66
-0,81	1,37	125,31	2,28	<b>113,60</b>	0,67
2,09	-14,75	95,08	-11,33	-218,11	<b>-16,62</b>
22,21	10,46	120,07	-5,63	-189,89	<b>19,39</b>

## Prilog 3. Dimenzioniranje greda

Provedeno je dimenzioniranje grede na savijanje oko jače osi, no grede se savija oko obe osi, pa će se provjeriti i savijanje oko obe osi, no tada će se greda promatrati kao stup.

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESJEKA

duljina grede	$l =$	8,9	m	
visina grede	$h =$	75	cm	prosječna visina
širina grede	$b_w =$	30	cm	
površina pop.presjeka:	$A_c =$	2250	cm <sup>2</sup>	
zaštitni sloj betona	$c =$	2,5	cm	(za XC1)
statička visina presjeka:	$d =$	68,5	cm	$d_2 =$ 6,5 cm
vilice	$\phi_v =$	1	cm	$d - d_2 =$ 62,00 cm
glavna armatura	$\phi_u =$	2,00	cm	

### 2. MATERIJAL

BETON	C25/30	ČELIK	B500B
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	500,00
$f_{cd} =$	16,67	$f_{yd} =$	434,78
$f_{ctm} =$	2,6	$E_s =$	200000
$E_{cm} =$	31000		

### 3. PARCIJALNI KOEFICIJENTI ZA MATERIJALE

$$\gamma_s = 1,15$$

$$\gamma_c = 1,5$$

### 4. REZNE SILE

Momenti savijanja:	$M_{Ed,y,polje} =$	81,94	kNm	Poprečne sile:	$V_{Ed,ležaj 1} =$	167,42
	$M_{Ed,y,ležaj} =$	319,79	kNm		$V_{Ed,ležaj 2} =$	167,42
	$N_{Ed,polje} =$	50,26	kN			
	$N_{Ed,ležaj} =$	224,32	kN	(vlak)		
Moment torzije:	$T_{Ed} =$	14,34	kNm	(vlak)		

### 5. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

#### 5.1. Dimenzioniranje na savijanje

##### Polje:

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} = 163,03 \text{ cm} > z_{s1} = 31,00 \text{ cm}$$

veliki ekscentricitet (vlačna sila djeluje izvan presjeka)

$$e_1 = -132,03 \text{ cm}$$

$$e_2 = 194,03 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} z_{s1} = 66,36 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = M_{Eds} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,028 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta =$	0,995	deformacija betona $\epsilon_{c2} =$	-0,3 %
koeficijent položaja neutralne osi $\xi =$	0,015	deformacija čelika $\epsilon_{s1} =$	20,0 %

Potrebna ploština armature u polju:	$A_{s1,rd} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) + N_{Ed} / f_{yd} =$	<b>3,40</b>	cm <sup>2</sup>	
Minimalna armatura:	1.) $A_{s1,min} = 0.26f_{ctm}b_wd/f_{yk} =$	<b>2,78</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno
	2.) $A_{s1,min} = 0.0013b_wd =$	<b>2,67</b>	cm <sup>2</sup>	
Maksimalna armatura:	1.) $A_{s1,max} = 0.022A_c = 0.22 b_w h =$	<b>49,5</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno
	2.) $A_{s1,max} = 0.04A_c = 0.04b_w h =$	<b>90</b>	cm <sup>2</sup>	

Odabrana armatura za polje:  $A_{s,odabr} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## Ležaj:

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} z_{s1} = 250,25 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = M_{Ed} / (b_w d^2 f_{cd}) = 0,107 < \mu_{Rd,lim} = 0,296$$

očitano:

koeficijent kraka unutrašnjih sila $\zeta =$	<b>0,955</b>	deformacija betona $\epsilon_{c2} =$	<b>-2,6 %</b>
koeficijent položaja neutralne osi $\xi =$	<b>0,115</b>	deformacija čelika $\epsilon_{s1} =$	<b>20,0 %</b>

Potrebna ploština armature na ležaju:	$A_{s1,rd} = M_{Ed} / (\zeta d f_{yd}) =$	<b>8,80</b>	cm <sup>2</sup>	
Minimalna armatura:	1.) $A_{s1,min} = 0.26f_{ctm}b_wd/f_{yk} =$	<b>2,78</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno!
	2.) $A_{s1,min} = 0.0013b_wd =$	<b>2,67</b>	cm <sup>2</sup>	
Maksimalna armatura:	1.) $A_{s1,max} = 0.022A_c = 0.22 b_w h =$	<b>49,5</b>	cm <sup>2</sup>	Mjerodavno!
	2.) $A_{s1,max} = 0.04A_c = 0.04b_w h =$	<b>90</b>	cm <sup>2</sup>	

Odabrana armatura za ležaj:  $A_{s,odabr} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$

## 5.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNU SILU

### 5.2.1. Nosivost grede na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0,12 \quad k = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,54 < 2,00$$

$$A_{sl} = 4 \quad \phi \quad 20 = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_{sl} / (b_w d) = 0,0061 < 0,02$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0 \text{ kN/cm}^2 \quad v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,3346 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd,c} = 94258 \text{ N} = 94,3 \text{ kN} > (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = 68751 \text{ N} = 68,75 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$z = 0.9d = 617 \text{ mm}$$

$$v_1 = 0.6(1 - (f_{ck}/250)) = 0,540$$

$$\theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 818602 \text{ N} = 818,60 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 94,26 \text{ kN} < V_{Ed} = 167 \text{ kN} < V_{Rd,max} = 819 \text{ kN}$$

Uvjet  $V < V_{Rd,c}$  NIJE zadovoljen!  
Potrebno je proračunati armaturu za preuzimanje posmičnih naprezanja od poprečnih sila!

### 5.2.2. Proračun poprečne armature

Pretpostavljaju se dvorezne spona

$$m = 2 \quad \phi = 10 \quad = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \quad f_{ywd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

Proračun okomitih spona:

$$s_l = A_{sw} z f_{ywd} \cot \theta / V_{Ed} = 30,2 \text{ cm}$$

Odabran razmak spona uz oslonac

$$s_l = 25,0 \text{ cm}$$

Uvjet:

$$A_{sw,max} f_{ywd} \cot \theta / (b_w s) = 1,09 \text{ Nmm}^2 < 0.5 \alpha_{cw} v_1 f_{cd} = 4,50 \text{ N/mm}^2$$

Uvjet je zadovoljen.

### 5.2.3. Minimalna poprečna armatura (maksimalni razmak spona)

1.) Uvjet minimalne poprečne armature (EN 1992-1-1)

$$\rho_{w,min} = 0.08 f_{ck}^{1/2} / f_{yk} = 0,0008$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 65,5 \text{ cm}$$

2.) Uvjet minimalne poprečne armature (Hrvatski nacionalni dodatak)

$$\rho_{w,min} = 0.15 (f_{ct,m} / f_{yk}) = 0,00078 \quad \text{za} \quad C25/30 \quad B500B$$

$$s_{l,max} = A_{sw} / (\rho_{w,min} b_w) = 67,1 \text{ cm}$$

3.) Uvjet najvećeg uzdužnog razmaka spona s obzirom na vrijednost proračunske poprečne sile

$$V_{Ed} = 167,4 \text{ kN} < 0.3 V_{Rd,max} = 245,6 \text{ kN}$$

$$s_{l,max} = 0.75d = 51,4 \text{ cm} > 30,0 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30,0 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak spona

$$s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

Odabrana poprečna armatura:

$$m = 2 \quad \text{Razmak spona uz oslonac} \quad s_l = 25,0 \text{ cm}$$

$$\phi = 10 \quad \text{Maksimalni razmak spona:} \quad s_{l,max} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4. DIMENZIONIRANJE NA TORZIJU

Opseg istovrijednog tankostijenog presjeka:

$$u_k = 2((b-t)+(h-t)) = 167,14 \text{ cm}$$

gdje je:

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$A = bh = 2250 \text{ cm}^2$$

$$u = 2b + 2h = 210 \text{ cm}$$

$$t = A/u = 10,71 \text{ cm}$$

$$A_k = (b-t)(h-t) = 1239,80 \text{ cm}^2$$

$$u_k = 2((b-t)+(h-t)) = 167,14 \text{ cm}$$

### 5.4.1. Određivanje uzdužne armature zbog momenta torzije

$$\Sigma A_{sl} = (T_{Ed} u_k \cot\Theta) / (2A_k f_{yd}) = 2,67 \text{ cm}^2$$

Odabrana uzdužna armatura za torziju:

$$A_{s,odabr} = 8 \phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$$

Vrijedi za obe strane grede po visini poprečnog presjeka!

### 5.4.2. Određivanje poprečne armature zbog momenta torzije

$$s_{wT} = (A_{sw}^1 2 A_k f_{ywd} \cot\Theta) / T_{Ed} = 70,9 \text{ cm}$$

Kut nagiba poprečne armature je 90°.

Najveći uzdužni razmak  $s_{wT,max}$ , između torzijskih spona, ne smije premašiti najmanju od sljedeće tri vrijednosti:

$$1.) s_{wT} \leq u/8 = 26,3 \text{ cm}$$

Mjerodavno!

$$2.) s_{wT} \leq b = 30,0 \text{ cm}$$

$$3.) s_{wT} \leq s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot\alpha) = 51,375 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak spona za torziju:

$$s_{w,T} = 25,0 \text{ cm}$$

### 5.4.3. Kombinacija momenta savijanja i momenta torzije

$$\xi = 0,115$$

$$x = \xi d = 8,625 \text{ cm}$$

$$\sigma_{c,M} = M_{Ed} / (z b_w x) = 2,005 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{t,i} = T_{Ed} / (2 A_k t_{ef,i}) = 0,054 \text{ kN/cm}^2$$

Uvjet:

$$\sigma_{tlač} = \sigma_c / 2 + ((\sigma_c / 2) + 2 \tau_{t,i}^2)^{1/2} = 2,01 \text{ kN/cm}^2 > f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2 \text{ jet NIJE zadovoljen!!!}$$

### 5.4.4. Kombinacija poprečne sile i torzijskog momenta

$$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin\Theta \cos\Theta = 11758,8 \text{ kNcm} = 117,59 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250) = 0,54$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

Otpornost na poprečnu silu:

$$V_{Rd,max} = (\alpha_{cw} b z v f_{cd}) / (\cot\Theta + \tan\Theta) = 818,6 \text{ kN}$$

Najveća otpornost elementa ograničena je nosivošću betonskih tlačnih štapova.

Da se ne bi premašila ta otpornost potrebno je zadovoljiti uvjet:

$$(T_{Ed,A} / T_{Rd,max}) + (V_{Ed,A} / V_{Rd,max}) = 0,33 < 1,0 \text{ Uvjet je zadovoljen!}$$

### 5.4.5. Razmak poprečne armature

$$s_w = (s_l s_{w,T}) / (s_l + s_{w,T}) = 12,5 \text{ cm}$$

Odabrani razmak poprečne armature:  $s_{w,odabr} = 12,5 \text{ cm}$

Provjera armature za gredu preko interakcijskih dijagrama za momente savijanja i uzdužne sile.

## 1. SILE

Uzdužna sila  $N_{Ed} = 24,32$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 319,79$  kNm

$M_{z,Ed} = 19,39$  kNm

## 2. EKSCENTRICITET

### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0047 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 0,95 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 0,95 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 1,05 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 13,15 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,80 \text{ m} \end{aligned}$$

### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r)^* (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 70,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 6,872E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 1,268E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 2,544E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,85$$

$$K_{\phi,y} = 1,33$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 20,53$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 51,33$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,338$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,133$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 214 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,845$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 1,332$$

$$e_{2,z} = (1/r_z)^* (l_{0,z}^2/c) = 2,51 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y)^* (l_{0,y}^2/c) = 5,04 \text{ cm}$$

### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 1318,49 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 85,82 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 320,66 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 20,87 \text{ kNm}$$

### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	30	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	75	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	890	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	445	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	14283	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	70,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,114				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,019				
	$\nu_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,006				
	$\mu_1 =$	0,114	$\nu =$	0	$\omega_{ot} =$	0,18
	$\mu_2 =$	0,019	$\nu =$	-0,2	$\omega_{ot} =$	0,18
			$\omega_t$ za $\nu_1$ i $\nu_2$ :		$\omega_{ot} =$	0,18
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,8	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	0,1	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	15,53	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	90,0	cm <sup>2</sup>			

<b>Odabrano:</b>	<b>5</b>	<b>φ 20</b>	<b>=</b>	<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>15,70</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>
					u gornju i u donju zonu	
	<b>2</b>	<b>φ 20</b>	<b>=</b>	<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>9,82</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>
	<b>6</b>	<b>φ 12</b>	<b>=</b>	<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>6,78</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>
				<b>A<sub>s</sub> =</b>	<b>16,60</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Odabrana armatura za sva četiri lica je veća nego potrebna!

## 5.5. REKAPITULACIJA ODABRANE ARMATURE:

### Uzdužna armatura:

- od momenta savijanja :	donja zona:	<b>5</b>	$\phi$	<b>20 = 15,70 cm<sup>2</sup></b>
	gornja zona:	<b>5</b>	$\phi$	<b>20 = 15,70 cm<sup>2</sup></b>
- od momenta torzije:	po obodu presjeka:	<b>12</b>	$\phi$	<b>12 = 13,56 cm<sup>2</sup></b>

### NAPOMENA:

Torzijsku armaturu potrebno je lepezasto sidriti u zid.

### Poprečna armatura:

- Zbog poprečnih sila i momenta torzije, koji djeluje duž cijele duljine grede, poprečna armatura se po cijeloj duljini grede postavlja na jednaki razmak.

<b>oslonac</b>	<b>m = 2</b>	$\phi$	<b>10 / 12,5 cm</b>
<b>ostalo</b>		$\phi$	<b>10 / 20,0 cm</b>

## 6. DIMENZIONIRANJE OBZIROM NA GRANIČNO STANJE UPORABIVOSTI

### 6.1. Proračun karakteristika materijala i poprečnog presjeka

Srednji polumjer presjeka  $h_0 = 2A_c/u = 21,43 \text{ cm} = 214,3 \text{ mm}$

$$A_c = b_w h = 2250,0 \text{ cm}^2$$

Opseg presjeka izloženog zraku  $u = 2b_w + 2h = 210,00 \text{ cm}^2$

Konačna vrijednost koeficijenta puzanja za suhe uvjete okoliša (RH=50%):  $\varphi(\infty, t_0) = 3$

Konačna vrijednost deformacije od skupljanja:

$\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty}$  - zbroj deformacije skupljanja zbog susenja i deformacije autogenog skupljanja;

$\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd, 0}$  - gdje je  $k_h$  koeficijent koji ovisi o zamjenskoj veličini  $h_0$ .

Linearnom interpolacijom za izračunati  $h_0$  dobiva se:  $k_h = 0,829$

Nazivna vrijednost slobodnog skupljanja pri sušenju  $\epsilon_{cd, 0}$  za beton s cementom CEM razreda N:

Očitano:  $\epsilon_{cd, 0} = 0,000535$  za: C25/30

RH 50 %

Slijedi:  $\epsilon_{cd, \infty} = k_h \epsilon_{cd, 0} = 4,43E-04$

$$\epsilon_{ca, \infty} = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 3,75E-05$$

Konačna vrijednost relativne deformacije od skupljanja:  $\epsilon_{cs, \infty} = \epsilon_{cd, \infty} + \epsilon_{ca, \infty} = 4,81E-04$

Za razred betona C25/30  $E_{cm} = 31000 \text{ N/mm}^2$

i čelik B500B

vrijedi:  $E_{c, \text{eff}} = E_{cm} / (1,0 + \varphi(\infty, t_0)) = 7750 \text{ N/mm}^2$

$$\alpha_{e, 0} = E_s / E_{cm} = 6,45$$

$$\alpha_{e, \infty} = E_s / E_{c, \text{eff}} = 25,81$$

Težište i moment tromosti poprečnog presjeka (samo beton bez armature):

$$y_{0d} = h / 2 = 37,50 \text{ cm}$$

$$y_{0g} = y_{0d} = 37,50 \text{ cm}$$

$$I_0 = b_w h^3 / 12 = 1054687,5 \text{ cm}^4$$



## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = 0$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,0} - 1) (A_{s1}(d - y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg} - d_2)^2) = 1219192 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d - y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg} - d_2) = 0,00000 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d - y_{IIg})\alpha_{e,0} - A_{s2}(y_{IIg} - d_2)\alpha_{e,0} - b_w y_{IIg}^2 / 2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{IIg} = 16,74 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{IIld} = 58,26 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{IIg}^3 + \alpha_{e,0} A_{s1} (d - y_{IIg})^2 + (\alpha_{e,0} - 1) A_{s2}(y_{IIg} - d_2)^2 = 327250,6 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d - y_{IIg}) - A_{s2}(y_{IIg} - d_2) = 651,77 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d - y_{IIg} / 3 = 62,92 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## Geometrijske karakteristike poprečnog presjeka za $t = \infty$

### Stanje naprezanja I (neraspucali poprečni presjek):

$$y_{ld} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$y_{lg} = 37,50 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$I_I = b_w/3 (y_{ld}^3 + y_{lg}^3) + (\alpha_{e,\infty} - 1) (A_{s1}(d - y_{lg})^2 + A_{s2}(y_{lg} - d_2)^2) = 1803232 \text{ cm}^4$$

$$S_I = A_{s1} (d - y_{lg}) - A_{s2}(y_{lg} - d_2) = 0,00 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

### Stanje naprezanja II (raspucali poprečni presjek):

Iz uvjeta  $\Sigma S_{idx} = 0$  slijedi:  $A_{s1}(d - y_{IIg})\alpha_{e,\infty} - A_{s2}(y_{IIg} - d_2)\alpha_{e,\infty} - b_w y_{IIg}^2 / 2 = 0$

Rješenje kvadratne jednadžbe:

$$y_{IIg} = 25,48 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od gornjeg ruba presjeka}$$

$$y_{IIld} = 49,52 \text{ cm} \quad \text{udaljenost težišta presjeka od donjeg ruba presjeka}$$

$$I_{II} = b_w/3 y_{IIg}^3 + \alpha_{e,\infty} A_{s1} (d - y_{IIg})^2 + (\alpha_{e,\infty} - 1) A_{s2}(y_{IIg} - d_2)^2 = 1055563 \text{ cm}^4$$

$$S_{II} = A_{s1} (d - y_{IIg}) - A_{s2}(y_{IIg} - d_2) = 377,40 \text{ cm}^3 \quad \text{statički moment ploštine armaure}$$

$$z = d - y_{IIg} / 3 = 60,01 \text{ cm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

## 6.2. Momenti savijanja i naprezanja u presjeku na mjestu maksimalnog momenta savijanja

Moment savijanja od stalnog djelovanja:  $M_g = 49,62 \text{ kNm}$

Moment savijanja od promjenjivog djelovanja:  $M_q = 9,97 \text{ kNm}$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 M_q = 59,59 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = M_{Ed} / A_{s1} z = 6,03 \text{ kN/cm}^2 = 60,32 \text{ N/mm}^2$$

Moment pri pojavi prve pukotine u poprečnom presjeku:

$$M_{Cr} = f_{ctm} I_0 / y_{0d} = 7312,50 \text{ kNcm}$$

$$= 73,13 \text{ kNm}$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za kratkotrajno djelovanje (  $t=0$  )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 7,40 \text{ kN/cm}^2 = 74,03 \text{ N/mm}^2$$

Moment savijanja i naprezanje u vlačnoj armaturi za dugotrajno djelovanje (  $t = \infty$  ):

$$M_{Ed} = 1,0 M_g + 1,0 \psi_2 M_q = 52,61 \text{ kNm} \quad \text{uz} \quad \psi_2 = 0,3$$

(stanovi, uredi, trgovine do 50m<sup>2</sup>, predvorja, balkoni, bolnice)

$$\sigma_s = M_{Ed}/A_{s1}z = 5,58 \text{ kN/cm}^2 = 55,84 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u vlačnoj armaturi na mjestu pojave prve pukotine za dugotrajno djelovanje (  $t = \infty$  )

$$\sigma_{sr} = M_{cr}/A_{s1}z = 7,76 \text{ kN/cm}^2 = 77,62 \text{ N/mm}^2$$

### 6.3. Proračun s obzirom na ograničenje širina pukotina

#### 6.3.1. Minimalna ploština armature za ograničenje širine pukotina

Minimalna armatura za ograničenje širine pukotina dana je sljedećim izrazom:

$$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = 2,34 \text{ cm}^2$$

gdje je:

$k_c =$	0,4	- za naprezanje izazvano čistim savijanjem;
$k =$	1,0	- koeficijent za učinak nejednolikih samouravnoteženih naprezanja;
$f_{ct,eff} = f_{ctm} =$	2,6 N/mm <sup>2</sup>	- vlačna čvrstoća betona u vrijeme pojave prve pukotine;
$A_{ct} =$	1125,00 cm <sup>2</sup>	- ploština vlačnog dijela betona prije pojave prve pukotine;
$\sigma_s = f_{yk} =$	50 kN/cm <sup>2</sup>	- naprezanje u čeliku.

$$A_{s1,odabr} = 15,70 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 2,34 \text{ cm}^2 \quad \text{Zadovoljen uvjet minimalne armature.}$$

Granični promjer šipke armature i razmak šipke armature:

$$\phi^* = (\text{interpolacija}) = 38,42 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\phi = \phi^* (f_{ct,eff}/2,9)(k_c h_{cr}/(2h-2d)) = 39,74 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

$$\text{razmak} = 48,02 \text{ mm} \quad (\text{očitano})$$

Odabrana armatura NE zadovoljava uvjet graničnog promjera šipke armature i ZADOVOLJAVA uvjet razmaka između šipki armature. **Potrebno je provesti proračun širine pukotina.**

#### 6.3.2. Proračun širina pukotina za kratkotrajno djelovanje ( $t = 0$ )

Uvjet:  $M_{Ed} = 6,0 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,1 \text{ kNm}$  **Ne dolazi do pojave pukotina.**

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje visine sudjelujuće vlačne ploštine presjeka,  $h_{c,ef}$  :

1.)	$2,5(h-d) =$	16,25 cm	Mjerodavno!
2.)	$(h-y_{IIg})/3 =$	19,42 cm	
3.)	$h/2 =$	37,50 cm	

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff}/\rho_{p,eff})^*(1 + \alpha_{e,0} \rho_{p,eff}))/E_s \geq 0,6 \sigma_s/E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -3,813E-05 < 0,6 \sigma_s/E_s = 1,8E-04$$

gdje je:  $k_t = 0,6$  - za kratkotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = bh_{c,ef} = 582,57 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0269$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 211,16 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za kratkotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=0} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,04 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=0} = 0,04 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 Širina pukotina za kratkotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

### 6.3.3. Proračun širina pukotina za dugotrajno djelovanje ( $t = \infty$ )

Uvjet:

$$M_{Ed} = 52,61 \text{ kNm} < M_{cr} = 73,13 \text{ kNm} \quad \text{Ne dolazi do pojave pukotina.}$$

Granična širina pukotina:  $w_{max} = 0,4 \text{ mm}$

Određivanje  $h_{c,ef}$  :  
 1.)  $2,5(h-d) = 16,25 \text{ cm}$  Mjerodavno!  
 2.)  $(h-y_{IIg})/3 = 16,51 \text{ cm}$   
 3.)  $h/2 = 37,50 \text{ cm}$

Određivanje razlike srednjih relativnih deformacija čelika i betona:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = (\sigma_s - (k_t f_{ct,eff} / \rho_{p,eff}) * (1 + \alpha_{e,\infty} \rho_{p,eff})) / E_s \geq 0,6 \sigma_s / E_s$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = -1,898E-05 < 0,6 \sigma_s / E_s = 1,7E-04$$

gdje je:  $k_t = 0,4$  - za dugotrajno opterećenje;  
 $A_{c,eff} = bh_{c,ef} = 495,19 \text{ cm}^2$  - sudjelujuća vlačna ploština presjeka;  
 $\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff} = 0,0317$  - koeficijent armiranja mekom (nenapetom) armaturom;

Razmak glavne armature manji je od  $s < 5(c+\phi/2) = 17,5 \text{ cm}$   
 pa vrijedi izraz:  $s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff} = 192,24 \text{ mm}$

gdje je:  $k_1 = 0,8$  - za rebrastu armaturu;  
 $k_2 = 0,5$  - za savijanje presjeka male debljine;  
 $k_3 = 3,4$  - prema preporuci iz Eurokoda 2;  
 $k_4 = 0,425$  - prema preporuci iz Eurokoda 2.

Karakteristična širina pukotina za dugotrajno djelovanje:

$$w_{k,t=\infty} = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,03 \text{ mm}$$

Uvjet:  $w_{k,t=\infty} = 0,03 \text{ mm} < w_g = 0,40 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen.  
Širina pukotina za dugotrajno djelovanje je manja od granične širine pukotina.

## 6.4. Proračun progiba grede

### 6.4.1. Provjera potreba proračuna progiba:

Vitkost elementa  $L/d = 13,05$

Određivanje granične vitkosti:

Korekcijski faktor:  $f_3 = (500/f_{yk})(A_{s,prov}/A_{s,req}) = 3,61$   
 $f_3 = 310/s_s = 5,55$  }  $f_3 = 3,61$

Koeficijent armiranja:  $\rho = A_{s,prov}/(b_w d) = 0,00764 = 0,76 \%$

Granični omjeri  $L_{eff}/d$  za:

- slabo naprezan beton  $\rho < 0,5\%$
- jako naprezan beton  $\rho > 1,5\%$

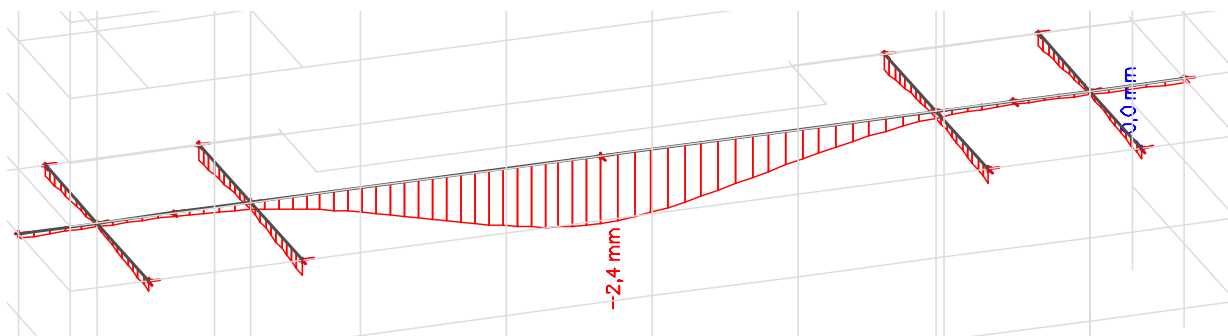
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 5px;">30</td></tr> <tr><td style="padding: 5px;">20</td></tr> </table>	30	20	}	omjer	28
30					
20					
(slobodno oslonjeni nosači)					

Granična vitkost (interpolacija):

$$(L/d)_{lim} = 101,21 > 13,05$$

**Zadovoljeno je granično stanje progiba.**

Nije potrebno provesti proračun progiba.



$$L = 890,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 3,56 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,24 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.  
 $u = 0,96 \text{ cm} < u_{dop} = 3,56 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

Za grede svih pozicija je provjereno je savijanje kod najmanje visine i odabrana armatura zadovoljava. Progib je provjeren na stvarnom, promjenjivom poprečnom presjeku i on također zadovoljava.

## 2.4.11. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 300

### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

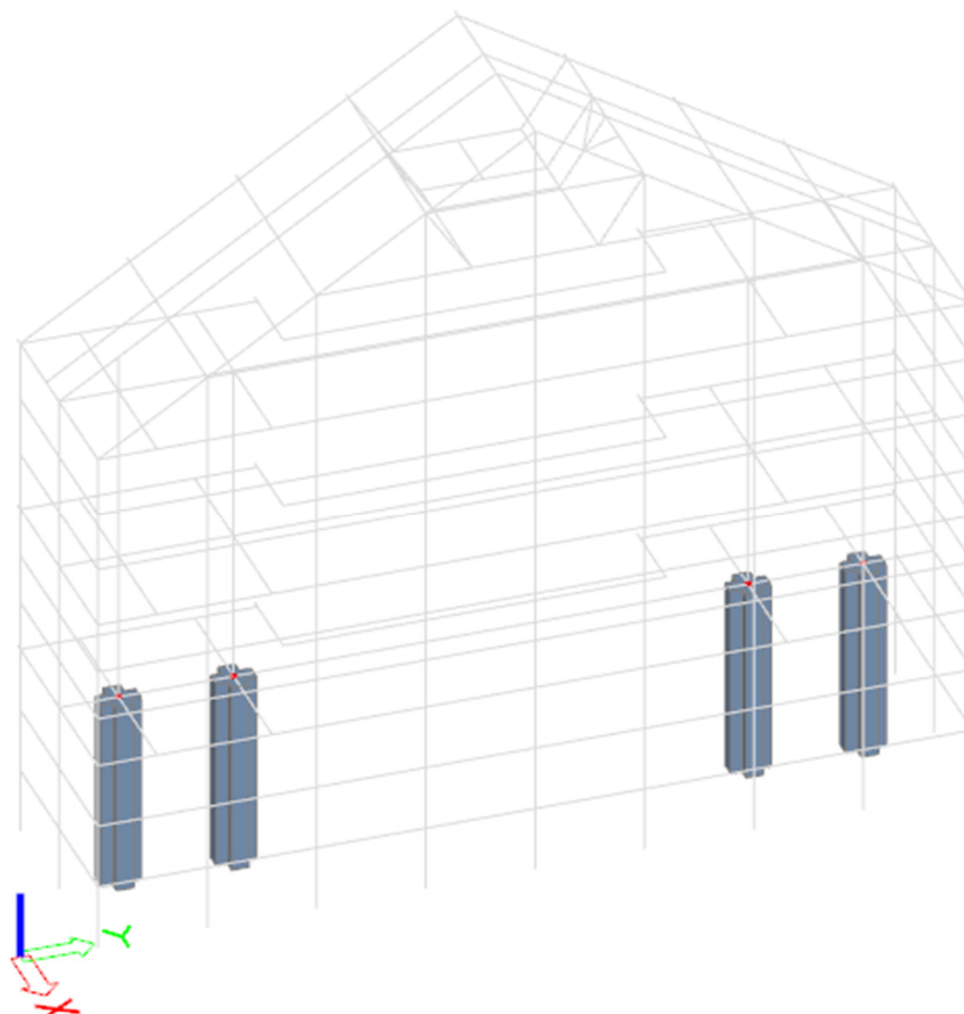
- AB stupovi križnog presjeka dimenzija **b/h = 30;70/30;70 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima. Stupovi su upeti u stupove pozicije 400 i u stupove pozicije 200.

### PRILOZI

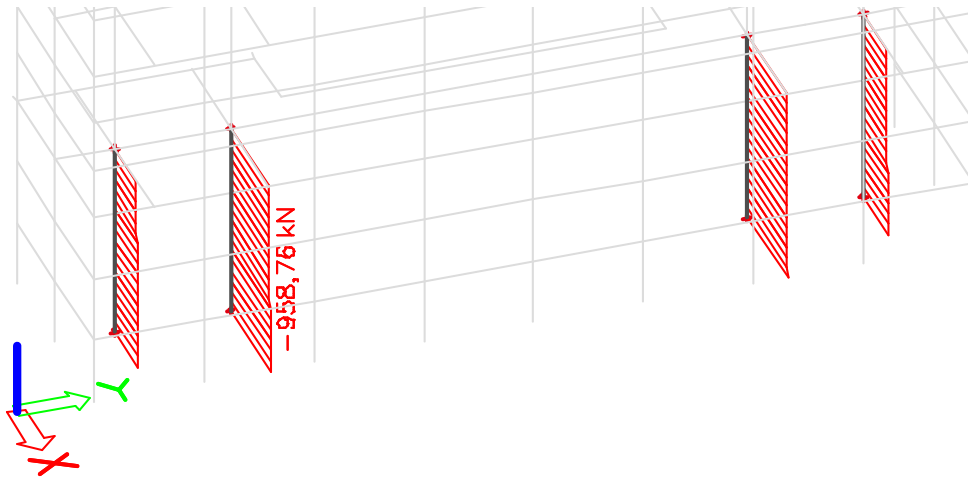
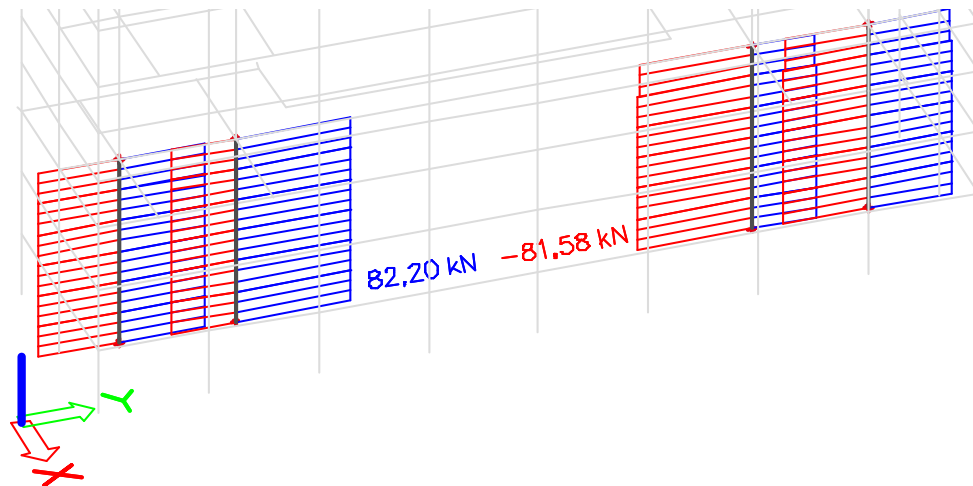
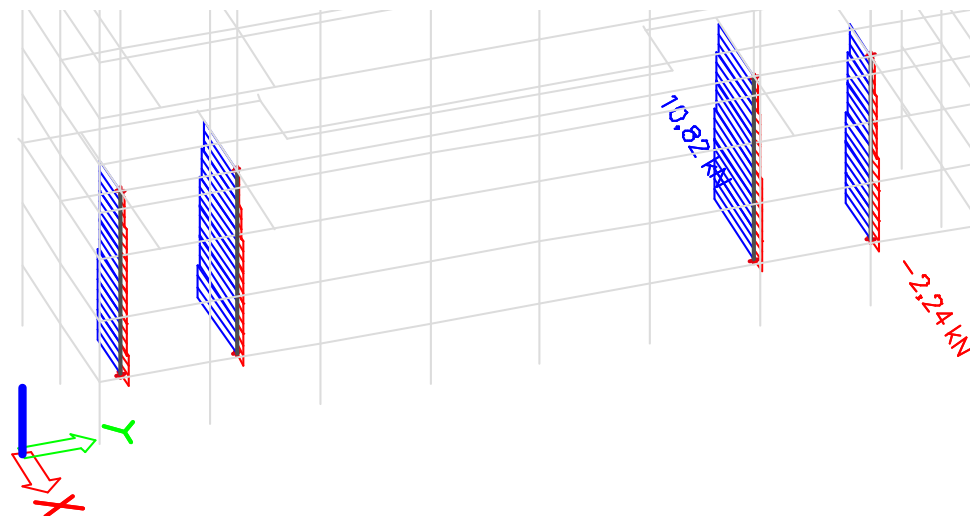
- Prilog 1. Prikaz stupova
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

Prilog 1. Prikaz stupova

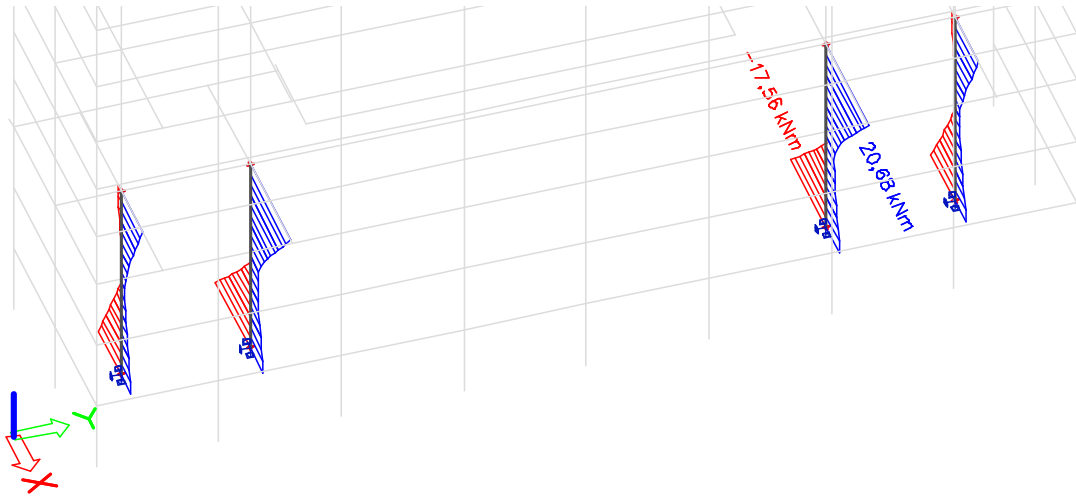


## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC

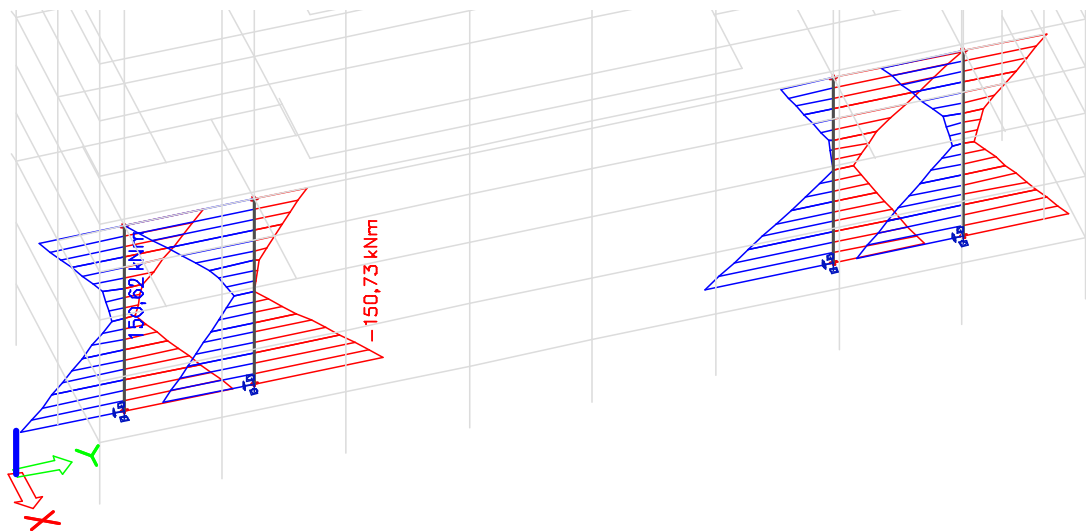
N

 $V_y$  $V_z$ 

$M_y$



$M_z$



## Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

### 1. SILE

Uzdružna sila  $N_{Ed} = 959,00$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 20,63$  kNm

$M_{z,Ed} = 150,73$  kNm

### 2. EKSCENTRICITET

#### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} & \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0050 \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} & \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ & & \alpha_m &= 1 \\ & & \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 1,68 \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0,02 \text{ m} & 2/3 < \alpha_h \leq 1 & \rightarrow \alpha_h = 1,00 \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,16 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$e_2 = (1/r) * (l_0^2/c)$$

$$c = 10 \text{ (konstantni presjek)}$$

$$1/r = K_r K_\phi (1/r_0)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 65,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 3,654E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 7,398E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 1,531E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$K_r = (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00$$

$$K_\phi = 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,91$$

$$K_{\phi,y} = 2,07$$

$$\lambda_y = l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 16,44$$

$$\lambda_z = l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 7,04$$

$$A_c = b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100$$

$$h_0 = 2A_c/u = 210 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50$$

$$\phi_{ef} = \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,365$$

$$K_{\phi,z} = 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,914$$

$$\beta_y = 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,428$$

$$K_{\phi,y} = 1 + \beta_y \phi_{ef} = 2,070$$

$$e_{2,z} = (1/r_z) * (l_{0,z}^2/c) = 0,74 \text{ cm}$$

$$e_{2,y} = (1/r_y) * (l_{0,y}^2/c) = 0,31 \text{ cm}$$

#### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$e_{tot,z} = e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 3,25 \text{ cm}$$

$$e_{tot,y} = e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 16,38 \text{ cm}$$

$$M_{y,Ed} = N_{Ed} e_{z,tot} = 31,16 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = N_{Ed} e_{y,tot} = 157,13 \text{ kNm}$$



### 3. PRORAČUN

C25/30	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	b =	70	cm
B500B	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	h =	30	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				l =	285	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	143	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	707803	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	65,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,030			$\omega_{tot} =$	0,10
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,064			$\omega_{tot} =$	0,10
	$\nu_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,274		$\omega_t$ za $\nu_1$ i $\nu_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,10
	$\mu_1 =$	0,064	$\nu =$	-0,2		
	$\mu_2 =$	0,030	$\nu =$	-0,4		
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,3	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	2,2	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	8,05	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	84,0	cm <sup>2</sup>			

**Odabrano:** 4  $\phi$  20 =  $A_s = 12,56$  cm<sup>2</sup>

#### Vilice:

Razmak:  $s \leq 30$  cm,  $s \leq b$ , ili  $s = 12\phi$  uzdužno

**Odabrano:**  $\phi$  8/15 cm/7,5 cm

## 2.4.12. Proračun i dimenzioniranje ploče pozicije 200

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

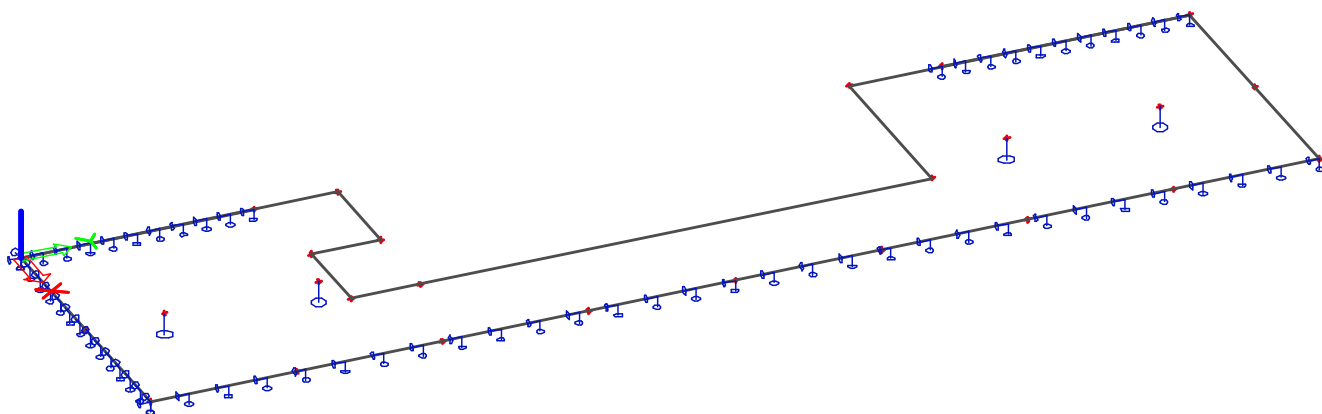
- AB monolitna ploča debljine **t = 20 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima.

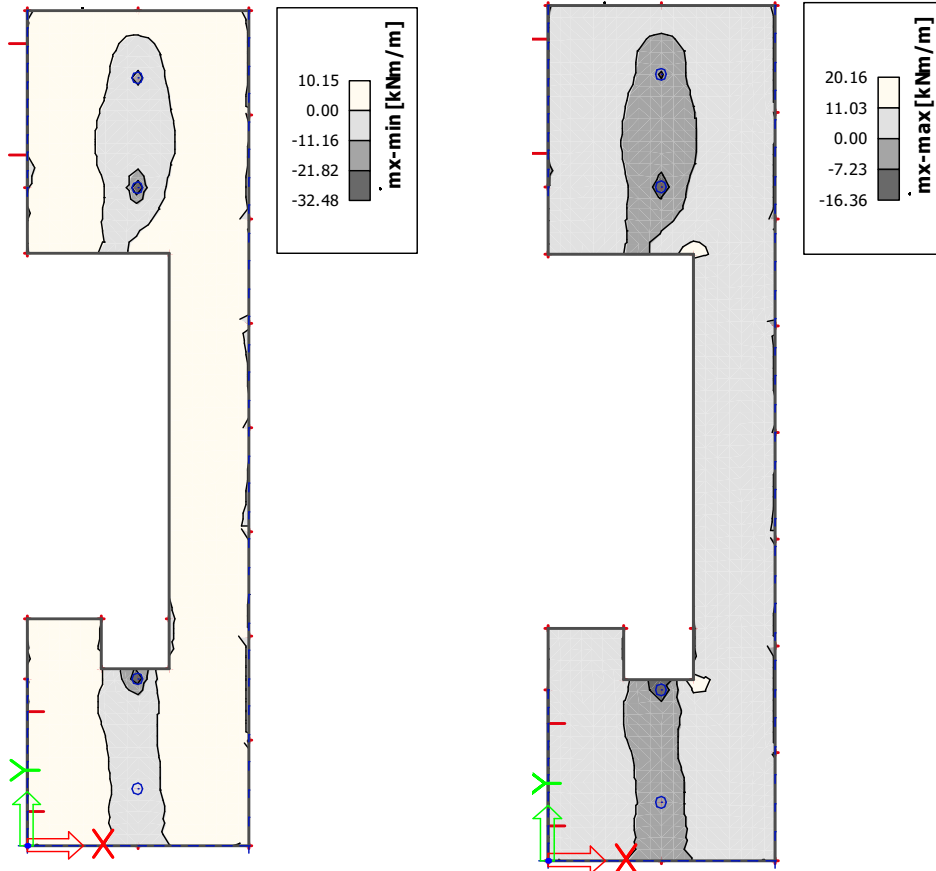
### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')
- Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')
- Prilog 4. Prikaz progiba
- Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče
- Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )
- Prilog 10. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja
- Prilog 11. Dokaz proboja

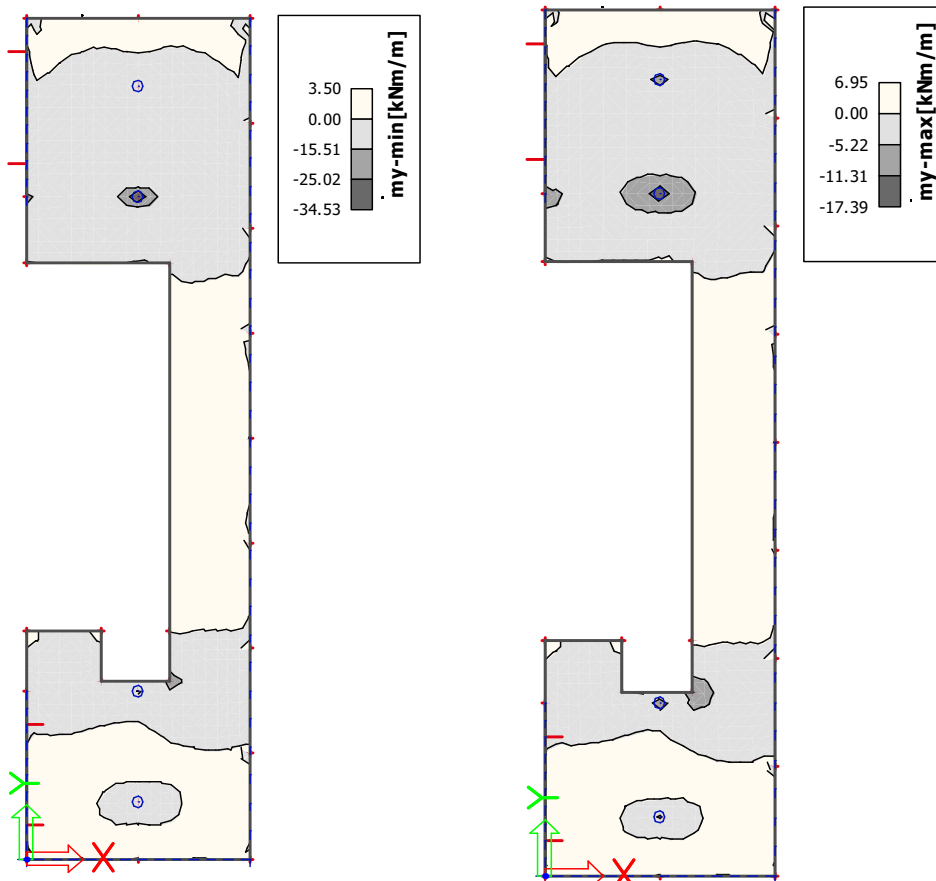
Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca



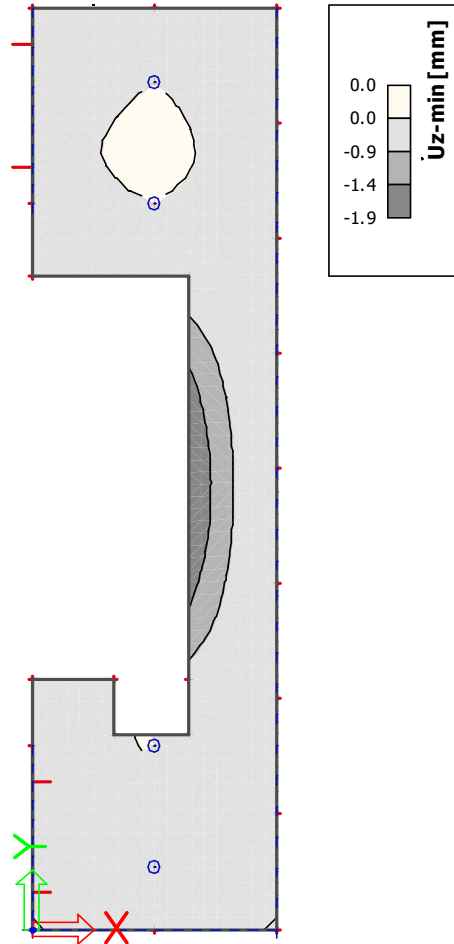
Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kN/m')



Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kN/m')



Prilog 4. Prikaz progiba  
Kratkotrajni (elastici) progib za CO2



Uvjet:  $u_{dop} = L/150 = 2600/150 = 17,3 \text{ mm}$   $>$   $u_{el} = 1,9 \text{ mm}$  **Uvjet je zadovoljen!**

Dugotrajni progib

Uvjet:  $u_{dop} = L/150 = 2600/150 = 17,3 \text{ mm}$   $>$   $u = 4 \times u_{el} = 7,6 \text{ mm}$  **Uvjet je zadovoljen!**

**Obavezno izvesti nadvišenje od 1 cm na mjestu najvećeg progiba!**

Prilog 5. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 16 \text{ cm}$

$$A_{s,min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 16 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,26 \times b \times d \times (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 16 \times (2,6/500) = 2,2 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 20 = 80,0 \text{ cm}^2$

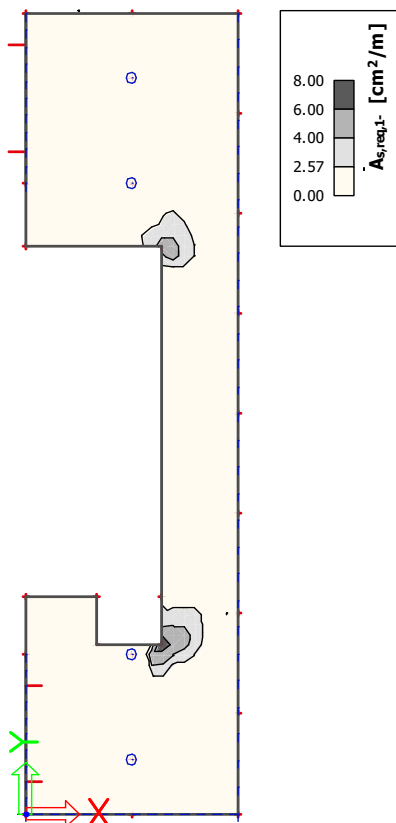
$$A_{s,max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 20 = 44,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \omega_{lim} \times b \times d \times (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 16 \times (16,67/434,78) = 22,4 \text{ cm}^2 \quad \text{mjerodavno!}$$

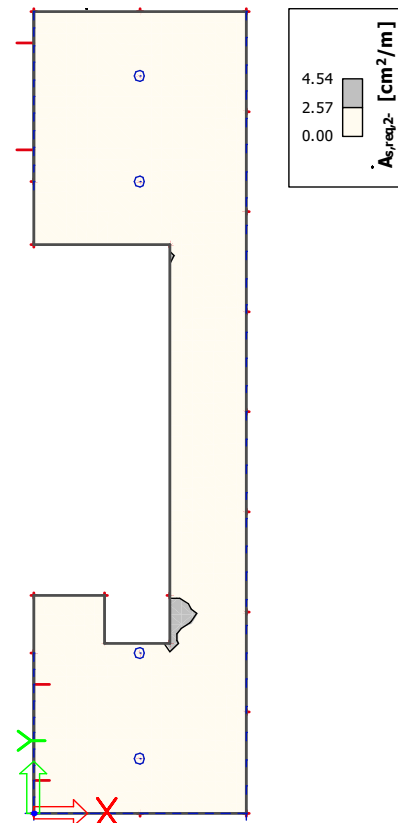
ODABRANA ARMATURA OBE ZONE

**Q 257**

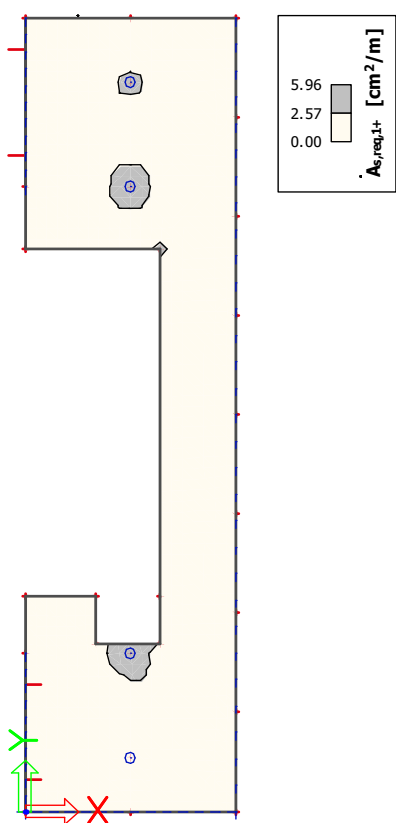
Prilog 6. Dijagram armature donje zone smjer X  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



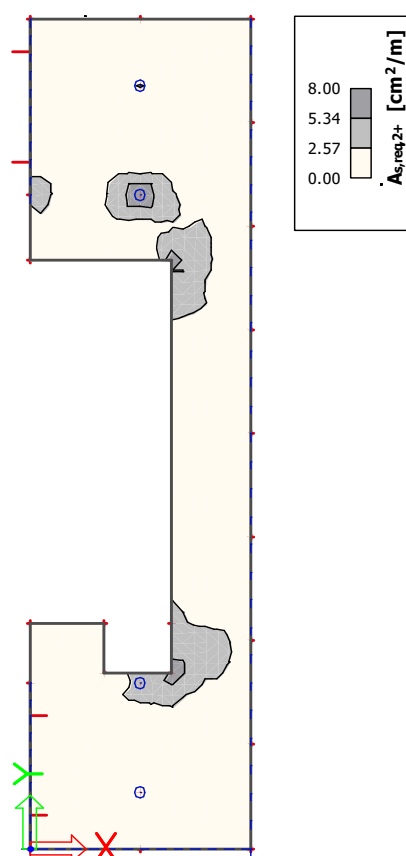
Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer Y  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



Prilog 8. Dijagram armature gornje zone smjer X  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



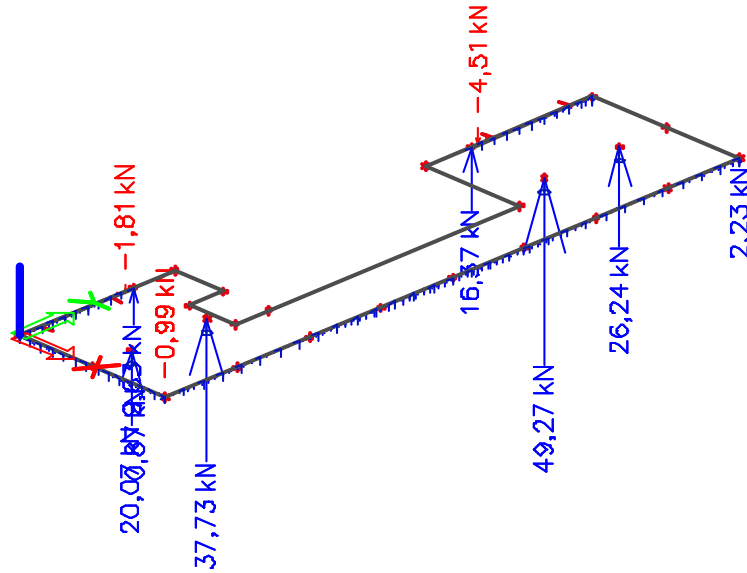
Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer Y  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )



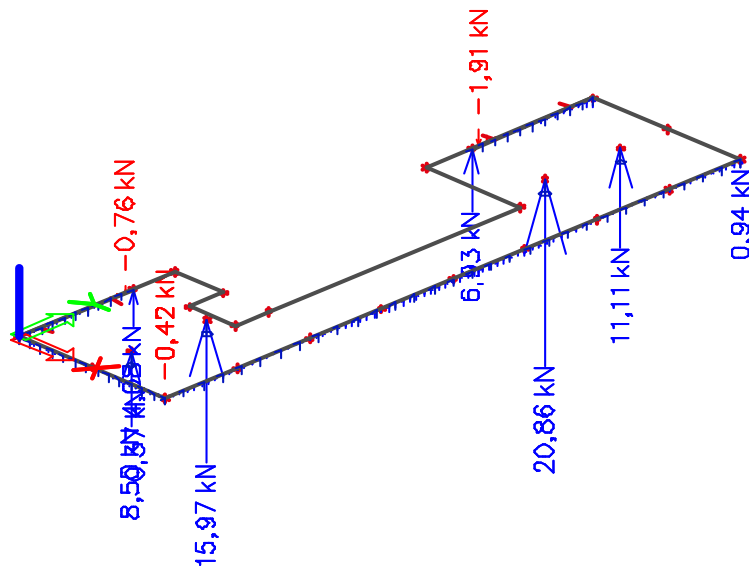
Odabranu dodatnu armaturu uskladiti sa odabranom armaturom kod proračuna proboja!

Prilog 6. Prikaz reakcija za mjerodavnu kombinaciju opterećenja

CO4



LC7



## Prilog 11. Dokaz proboja

srednji stup

### 1. ULAZNI PODACI

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

debljina ploče	$h =$	20	cm	
zaštitni sloj betona	$c =$	2,5	cm	(za XC1)
poprečni presjek stupa	$a =$	30	cm	
	$b =$	70	cm	
armatura ploče u x smjeru	$\phi_x =$	1,20	cm	
armatura ploče u y smjeru	$\phi_y =$	1,20	cm	

#### MATERIJAL

BETON	C25/30	ČELIK	B500B
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	500,00
$f_{cd} =$	16,67	$f_{yd} =$	434,78
$f_{ctm} =$	2,6	$E_s =$	200000
$E_{cm} =$	31000		

Parcijalni koeficijenti za materijale:

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\gamma_s = 1,15$$

#### REZNE SILE

Sila proboja:  $V_{Ed} =$  97,80 kN

### 2. PROVJERA POTREBE DODATNE ARMATURE ZA PROBOJ

Statičke visine ploče u oba smjera:

$$d_x = h - c - \phi_x / 2 = 16,9 \text{ cm}$$

$$d_y = d_x - \phi_x / 2 - \phi_y / 2 = 15,7 \text{ cm}$$

Srednja statička visina:  $d_m = (d_x + d_y) / 2 = 16,3 \text{ cm}$

Opseg

$$u_0 = 2a + 2b = 200 \text{ cm}$$

Kontrolni opseg na udaljenosti 2d od lica stupa:

$$u_1 = 2(a+b) + 2(2d_m)\pi = 404,728 \text{ cm}$$

Koeficijent koji uzima u obzir ekscentričnost oslonačke reakcije u odnosu na kontrolni opseg:

$$\beta = 1,15 \text{ za srednji stup}$$

#### 1. PROVJERA

naprezanje na opsegu  $u_0$

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_0 d_m) = 0,0345 \text{ kN/cm}^2 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 v_{fcd} = 0,4 (0,6 (1 - f_{ck} / 250)) f_{cd} = 3,60 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \quad 0,35 < 3,60$$

Uvjet je zadovoljen!

## 2. PROVJERA naprezanje na kontrolnom opsegu $u_1$

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_m) = 0,0170 \text{ kN/cm}^2 = 0,17 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d_m)^{1/2} \leq 2,0 = 2,11 > 2 \rightarrow k = 2,00$$

$$\rho_1 = (\rho_{1y} \rho_{1x})^{1/2} \leq 0,02 = 0,00491 \leq 0,02$$

Armatura ploče iznad stupa u x smjeru:

$$A_{1x} = 8,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Armatura ploče iznad stupa u y smjeru:

$$A_{1y} = 8,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Omjer  $A_{1x}$  i betona =  $A_{1x} / (d_x 100)$

$$\rho_{1x} = 0,00473$$

Omjer  $A_{1y}$  i betona =  $A_{1y} / (d_y 100)$

$$\rho_{1y} = 0,00510$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti:  $v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$

$$0,17 \text{ N/mm}^2 < 0,55 \text{ N/mm}^2$$

Uvjet je zadovoljen!

**Nije potrebna dodatna posmična armatura**



## kraj zida

### 1. ULAZNI PODACI

#### GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

debljina ploče	$h =$	20	cm	
zaštitni sloj betona	$c =$	2,5	cm	(za XC1)
poprečni presjek stupa	$a =$	20	cm	
	$b =$	20	cm	
armatura ploče u x smjeru	$\phi_x =$	1,20	cm	
armatura ploče u y smjeru	$\phi_y =$	1,20	cm	

#### MATERIJAL

BETON	C25/30	ČELIK	B500B
$f_{ck} =$	25	$f_{yk} =$	500,00
$f_{cd} =$	16,67	$f_{yd} =$	434,78
$f_{ctm} =$	2,6	$E_s =$	200000
$E_{cm} =$	31000		

Parcijalni koeficijenti za materijale:

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\gamma_s = 1,15$$

#### REZNE SILE

Sila proboja:  $V_{Ed} = 39,83$  kN

### 2. PROVJERA POTREBE DODATNE ARMATURE ZA PROBOJ

Statičke visine ploče u oba smjera:

$$d_y = h - c - \phi_y / 2 = 16,9 \text{ cm}$$

$$d_x = d_y - \phi_y / 2 - \phi_x / 2 = 15,7 \text{ cm}$$

Srednja statička visina:  $d_m = (d_x + d_y) / 2 = 16,3 \text{ cm}$

Opseg na licu stupa:

$$u_0 = a + b = 40 \text{ cm}$$

Kontrolni opseg na udaljenosti 2d od lica stupa:

$$u_1 = a + b + (2d_m)\pi/2 = 91,18 \text{ cm}$$

Koeficijent koji uzima u obzir ekscentričnost oslonačke reakcije u odnosu na kontrolni opseg:

$$\beta = 1,50 \text{ za kutni stup}$$

#### 1. PROVJERA naprezanje na opsegu $u_0$

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_0 d_m) = 0,0916 \text{ kN/cm}^2 = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 v_{fcd} = 0,4 (0,6 (1 - f_{ck}/250)) f_{cd} = 3,60 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,max} \quad 0,92 < 3,60$$

Uvjet je zadovoljen!

#### 2. PROVJERA naprezanje na kontrolnom opsegu $u_1$

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_m) = 0,0402 \text{ kN/cm}^2 = 0,40 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + (200/d_m)^{1/2} \leq 2,0 = 2,11 > 2 \longrightarrow k = 2,00$$

$$\rho_1 = (\rho_{1y} \rho_{1x})^{1/2} \leq 0,02 = 0,00491 \leq 0,02$$

Armatura ploče iznad stupa u x smjeru:  $A_{1x} = 8,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Armatura ploče iznad stupa u y smjeru:  $A_{1y} = 8,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$

Omjer  $A_{1x}$  i betona =  $A_{1x} / (d_x \cdot 100)$   $\rho_{1x} = 0,00510$

Omjer  $A_{1y}$  i betona =  $A_{1y} / (d_y \cdot 100)$   $\rho_{1y} = 0,00473$

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,49 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti:  $V_{Ed} \leq V_{Rd,C}$   $0,40 \text{ N/mm}^2 < 0,55 \text{ N/mm}^2$

Uvjet je zadovoljen!

**Nije potrebna dodatna posmična armatura**

### 2.4.13. Proračun i dimenzioniranje stupova pozicije 200

#### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

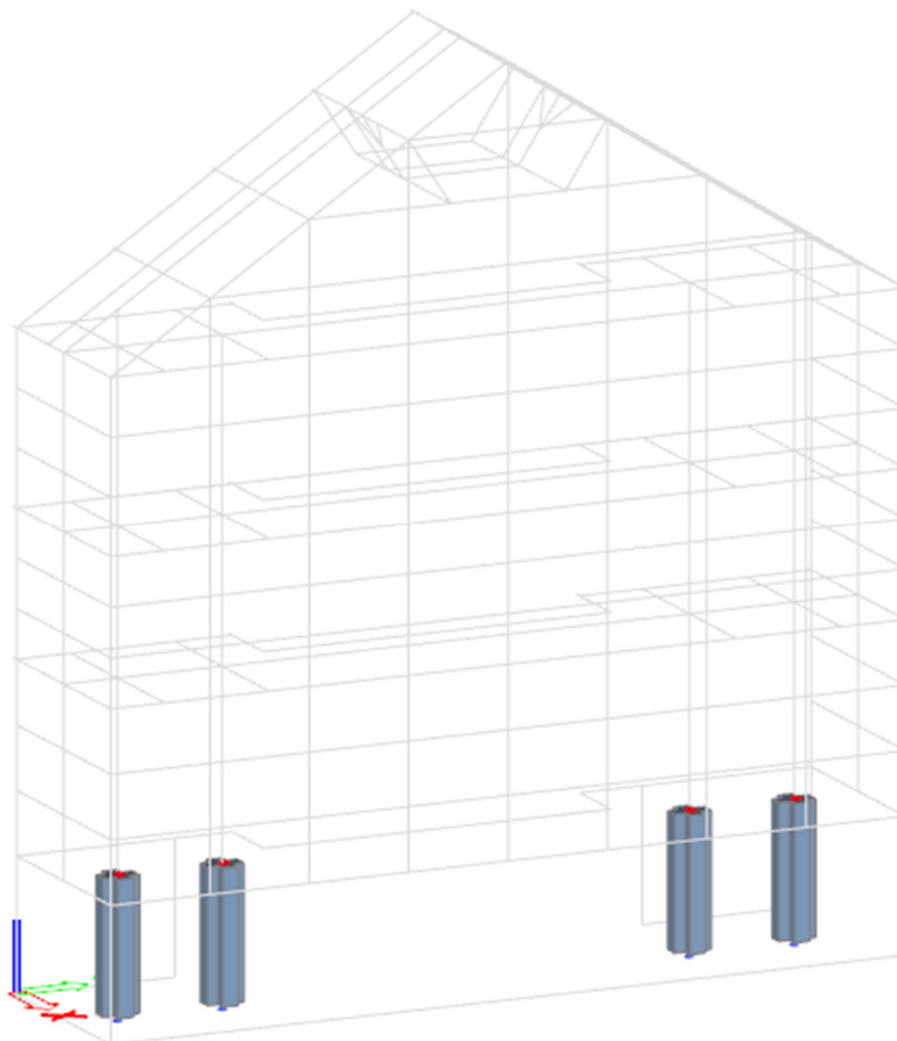
- AB stupovi križnog presjeka dimenzija **b/h = 30;70/30;70 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima. Stupovi su upeti u stupove pozicije 300 a zglobno oslonjeni na ploču pozicije 100.

#### PRILOZI

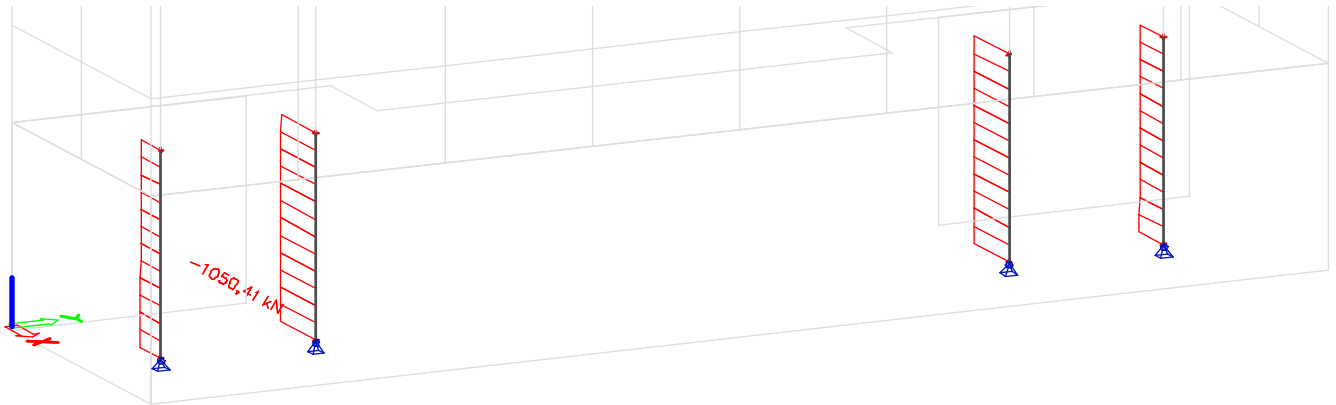
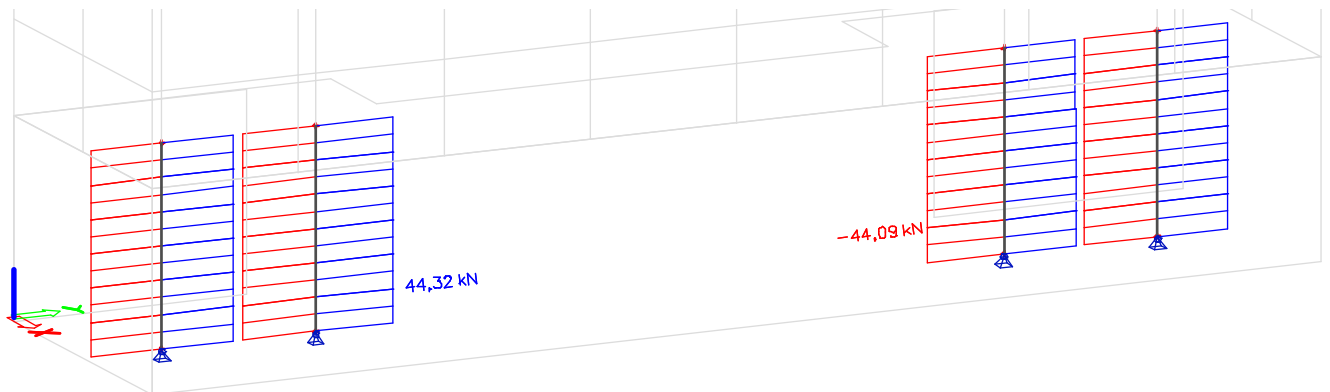
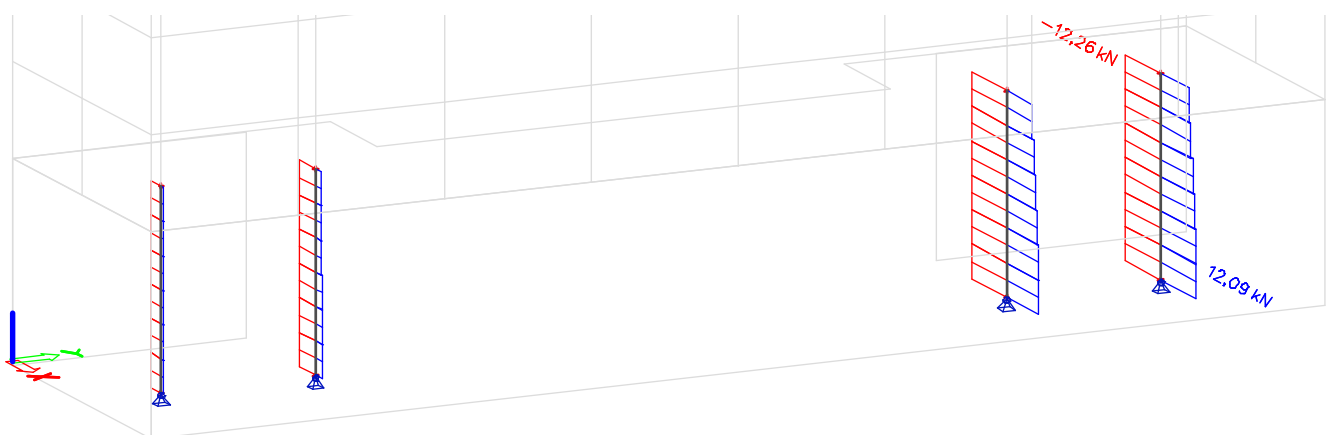
- Prilog 1. Prikaz stupova
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

Prilog 1. Prikaz stupova

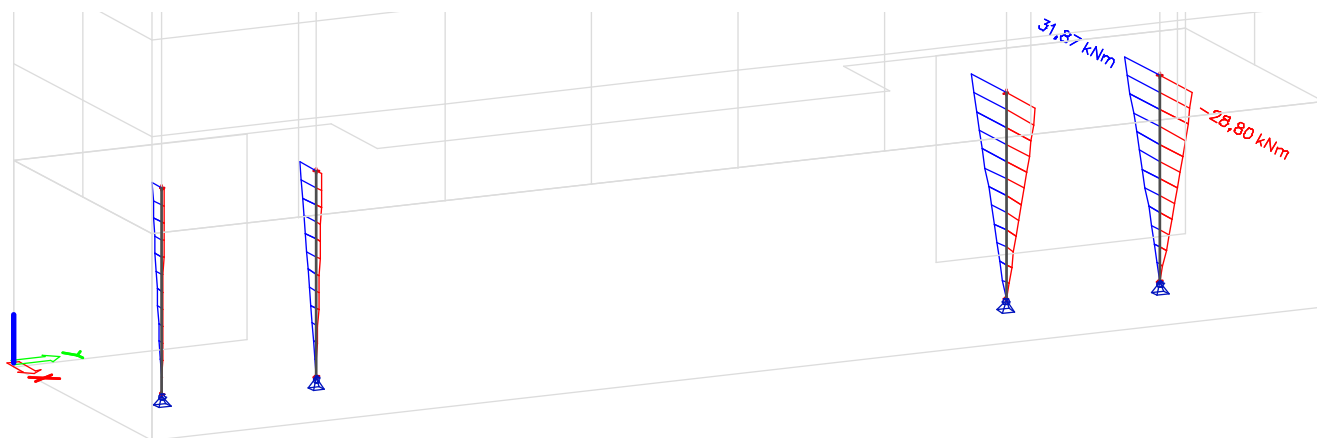


## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC

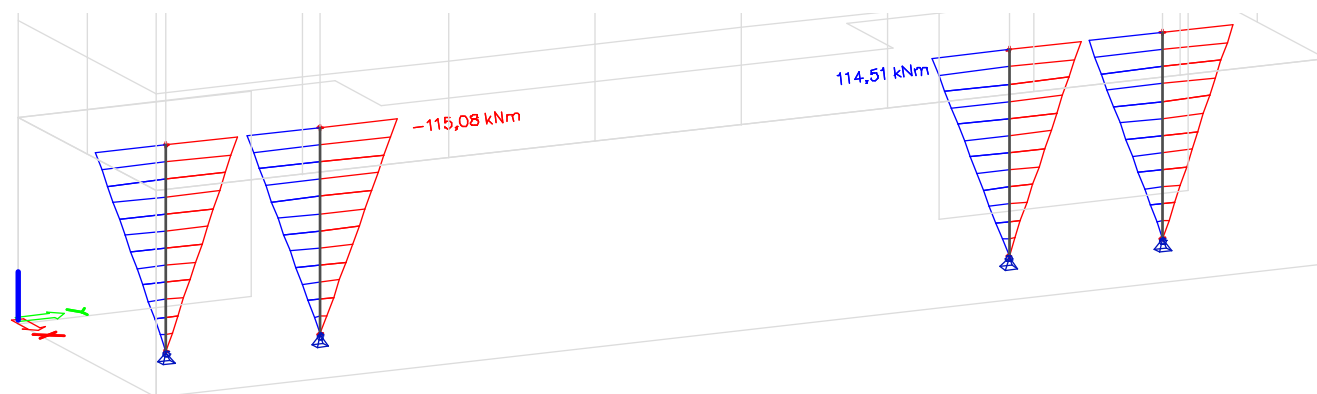
N

 $V_y$  $V_z$ 

$M_y$



$M_z$



## Prilog 3. Dimenzioniranje stupa

### 1. SILE

Uzdružna sila  $N_{Ed} = 1050,00$  kN

Momenti savijanja:  $M_{y,Ed} = 31,87$  kNm

$M_{z,Ed} = 115,08$  kNm

### 2. EKSCENTRICITET

#### 2.1. Ekscentricitet prvog reda

$$\begin{aligned} \Theta_i &= \Theta_0 \alpha_h \alpha_m = 0,0050 \\ \Theta_0 &= 1/200 = 0,005 \\ \alpha_m &= 1 \\ \alpha_h &= 2/l^{1/2} = 1,68 \\ 2/3 < \alpha_h \leq 1 &\rightarrow \alpha_h = 1,00 \\ e_{i,z} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} \\ e_{i,y} &= \Theta_i l_0/2 = 0,36 \text{ cm} \\ e_{o,z} &= M_{Ed,y} / N_{Ed} = 0,03 \text{ m} \\ e_{o,y} &= M_{Ed,z} / N_{Ed} = 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 2.2. Ekscentricitet drugog reda

$$\begin{aligned} e_2 &= (1/r)^* (l_0^2/c) \\ c &= 10 \text{ (konstantni presjek)} \\ 1/r &= K_r K_\phi (1/r_0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yd} &= f_{yd}/E_s = 0,0021739 \\ d_1 &= c + \phi_v + \phi_u/2 = 4,7 \text{ cm} \\ d_z &= h - d_1 = 25,3 \text{ cm} \\ d_y &= b - d_1 = 65,3 \text{ cm} \\ 1/r_{0,z} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_z) = 1,909E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_z &= 3,654E-04 \text{ 1/cm} \\ 1/r_{0,y} &= \varepsilon_{yd}/(0.45d_y) = 7,398E-05 \text{ 1/cm} \\ 1/r_y &= 1,531E-04 \text{ 1/cm} \end{aligned}$$

- koeficijent puzanja:

$$\begin{aligned} K_r &= (n_u - n)/(n_u - n_{bal}) \leq 1 \rightarrow K_r = 1,00 \\ K_\phi &= 1 + \beta \phi_{ef} \geq 1 \rightarrow K_{\phi,z} = 1,91 \\ & \rightarrow K_{\phi,y} = 2,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_y &= l_{0,y}/i_y = l_{0,y}/(0.289h) = 16,44 \\ \lambda_z &= l_{0,z}/i_z = l_{0,z}/(0.289b) = 7,04 \\ \beta_z &= 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_y/150 = 0,365 \\ \beta_y &= 0,35 + f_{ck}/200 - \lambda_z/150 = 0,428 \\ A_c &= b h; u = 2b + 2h; RH = 50\%; t_0 > 100 \\ h_0 &= 2A_c/u = 210 \text{ mm} \rightarrow \phi(\infty, t_0) = 2,50 \\ \phi_{ef} &= \phi(\infty, t_0) M_{0Eqp}/M_{0Ed} = 2,50 \\ K_{\phi,z} &= 1 + \beta_z \phi_{ef} = 1,914 \\ K_{\phi,y} &= 1 + \beta_y \phi_{ef} = 2,070 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_{2,z} &= (1/r_z)^* (l_{0,z}^2/c) = 0,74 \text{ cm} \\ e_{2,y} &= (1/r_y)^* (l_{0,y}^2/c) = 0,31 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### 2.3. Ukupni ekscentricitet

$$\begin{aligned} e_{tot,z} &= e_{o,z} + e_{i,z} + e_{2,z} = 4,13 \text{ cm} \\ e_{tot,y} &= e_{o,y} + e_{i,y} + e_{2,y} = 11,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y,Ed} &= N_{Ed} e_{z,tot} = 43,40 \text{ kNm} \\ M_{z,Ed} &= N_{Ed} e_{y,tot} = 122,09 \text{ kNm} \end{aligned}$$

### 3. PRORAČUN

<b>C25/30</b>	$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>	$b =$	70	cm
<b>B500B</b>	$f_{yk} =$	50	kN/cm <sup>2</sup>	$h =$	30	cm
Razred izloženosti		XC1		$c_{nom} =$	2,5	cm
				$l =$	285	cm
				Duljina izvijanja $s_k =$	143	cm
				Kritična sila $F_{kr} =$	707803	kN
	$f_{cd} = f_{ck} / 1.5 =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>	statička visina:		
	$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 =$	43,48	kN/cm <sup>2</sup>	$d_x = h - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	25,30	cm
				$d_y = b - \phi_1 - \phi_2 / 2 - c =$	65,30	cm
	$\mu_{Ed,y} = M_{Ed,y} / (bh^2 f_{cd}) =$	0,041				
	$\mu_{Ed,z} = M_{Ed,z} / (hb^2 f_{cd}) =$	0,050				
	$\nu_{Ed} = N_{Ed} / (bh f_{cd}) =$	0,300				
	$\mu_1 =$	0,050	$\nu =$	-0,2	$\omega_{tot} =$	0,10
	$\mu_2 =$	0,041	$\nu =$	-0,4	$\omega_{tot} =$	0,10
				$\omega_t$ za $\nu_1$ i $\nu_2$ :	$\omega_{tot} =$	0,10
	$A_{s,min} = 0,003A_c =$	6,3	cm <sup>2</sup>			
	$A_{s,min} = 0,10 N_{Ed} / f_{yd} =$	2,4	cm <sup>2</sup>	$A_s = \omega f_{cd} / f_{yd} bh =$	8,05	cm <sup>2</sup>
	$A_{s,max} = 0,04A_c =$	84,0	cm <sup>2</sup>			

**Odabrano:** 4  $\phi$  20 =  $A_s = 12,56$  cm<sup>2</sup>

#### Vilice:

Razmak:  $s \leq 30$  cm,  $s \leq b$ , ili  $s = 12\phi$  uzdužno

**Odabrano:**  $\phi$  8/15 cm/7,5 cm

## 2.4.14. Proračun i dimenzioniranje armiranobetonskih zidova

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

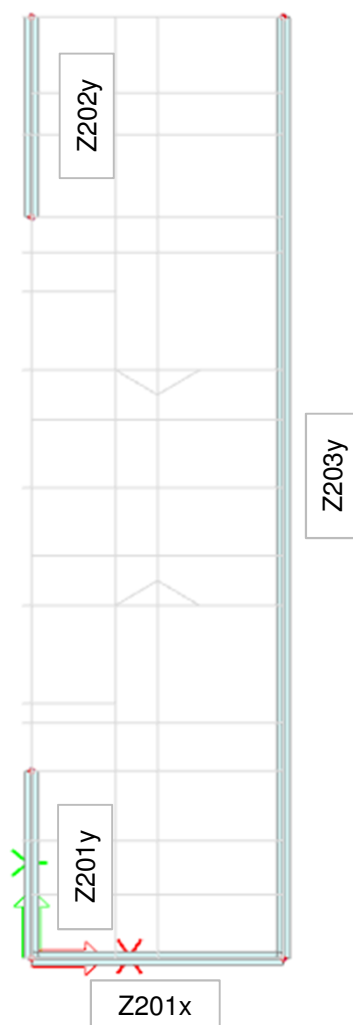
- AB monolitni zidovi debljine **t = 20 cm**
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi: **c = 2,5 cm**

Dimenzioniranje zidova provodi se prema EC2 propisima. Zidovi su zglobno pridržani s pločom pozicije 200 i pozicije 100.

### PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz zidova
- Prilog 2. Određivanje minimalne i maksimalne armature zidova
- Prilog 3. Dijagram armature ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

Prilog 1. Prikaz zidova





## Prilog 2. Određivanje minimalne i maksimalne armature zidova

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 16 \text{ cm}$

$$A_{s,\min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 16 = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} = 0,26 \times b \times d (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 16 \times (2,6/500) = 2,2 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,\max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 20 = 80,0 \text{ cm}^2$

$$A_{s,\max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 20 = 44,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} = \omega_{\lim} \times b \times d (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 16 \times (16,67/434,78) = 22,4 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

ODABRANA ARMATURA ZA SVAKO LICE

**Q 257 + dodatna armatura prema dijagramu armature**  
**4  $\phi$  16 u uglove zidova**

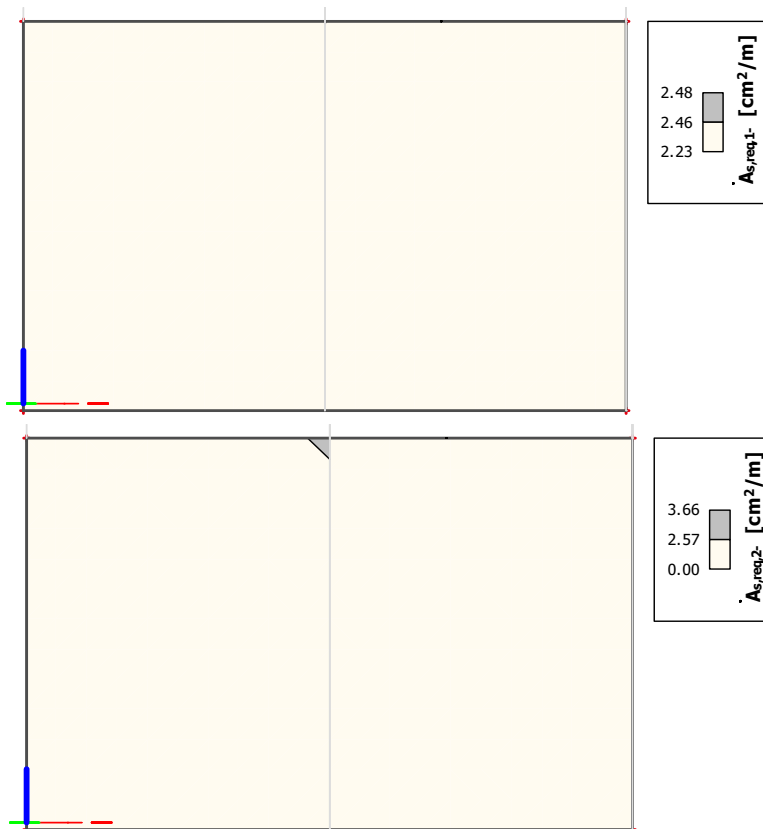
## Prilog 3. Dijagram armature ( $\text{cm}^2/\text{m}'$ )

**Z201x**

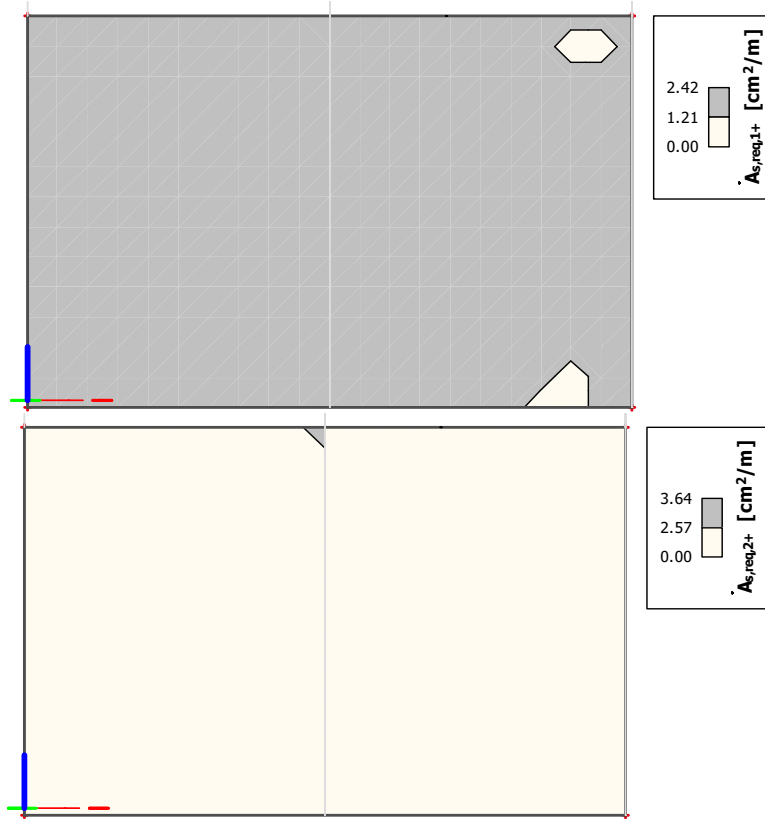
vanjsko lice

smjer 1 = horizontalni smjer

smjer 2 = vertikalni smjer



unutarnje lice

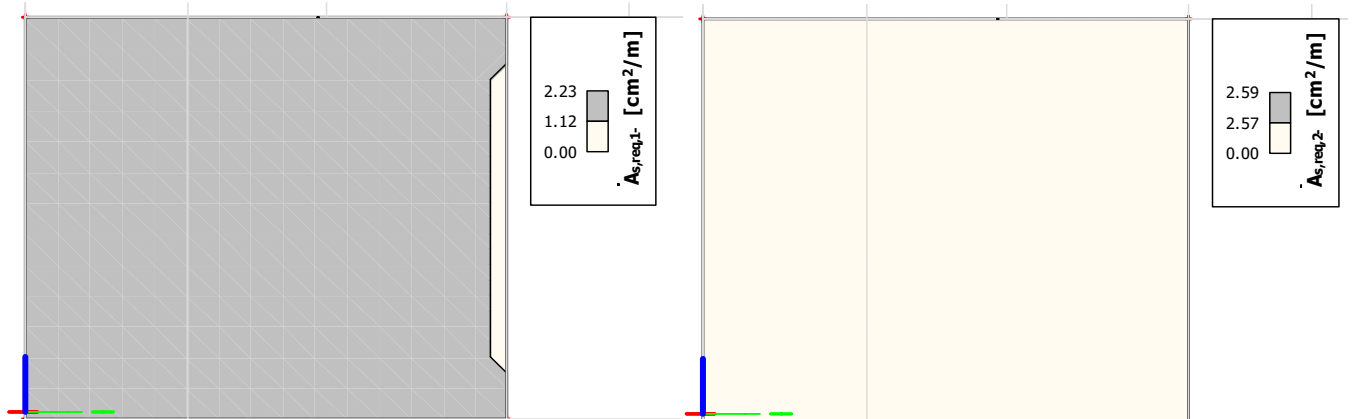


Z201y

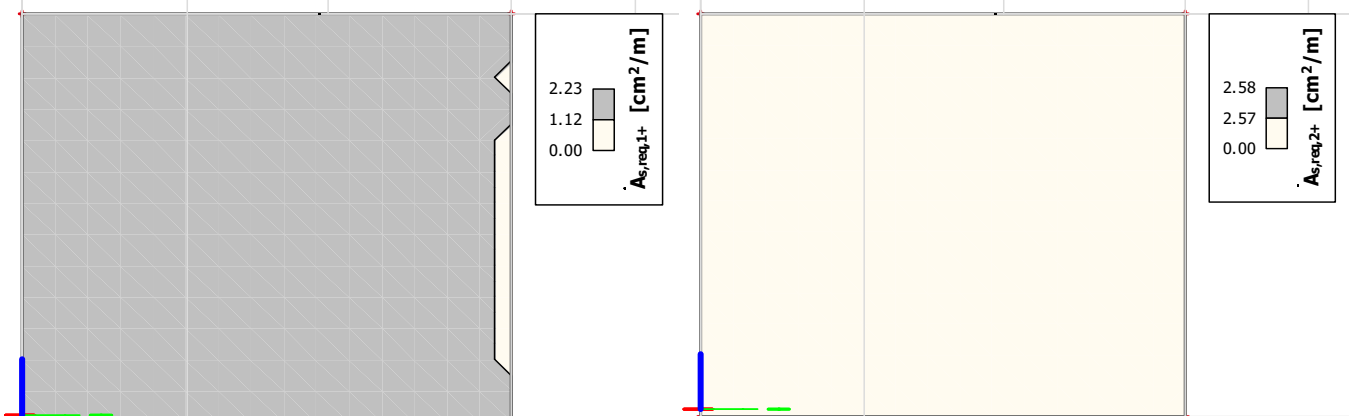
vanjsko lice

smjer 1 = horizontalni smjer

smjer 2 = vertikalni smjer



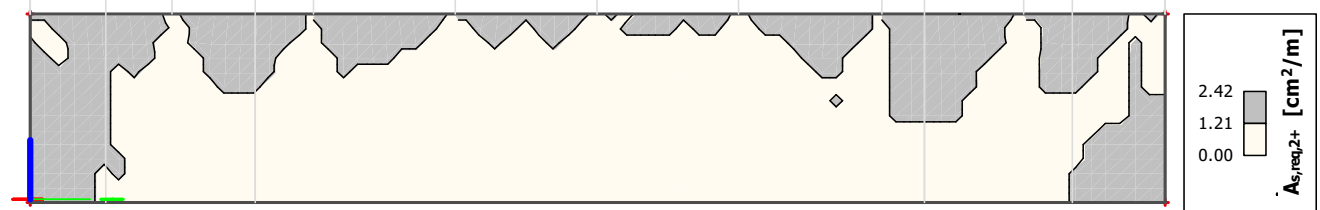
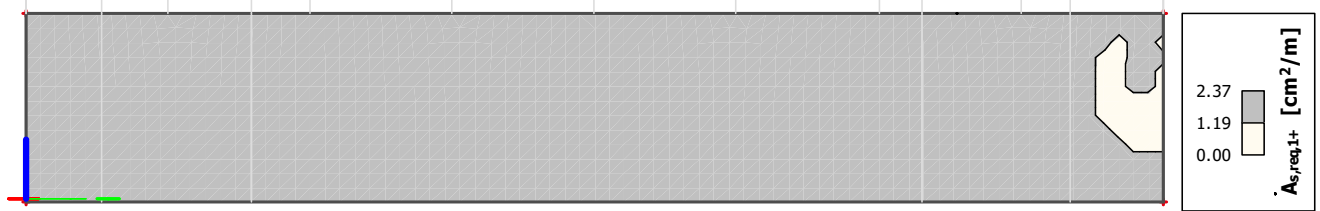
unutarnje lice



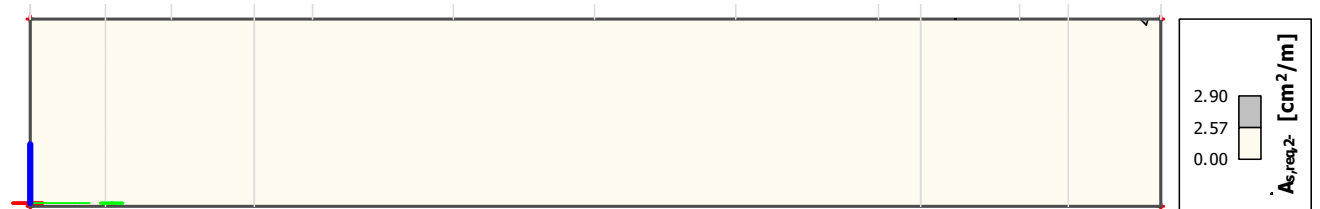
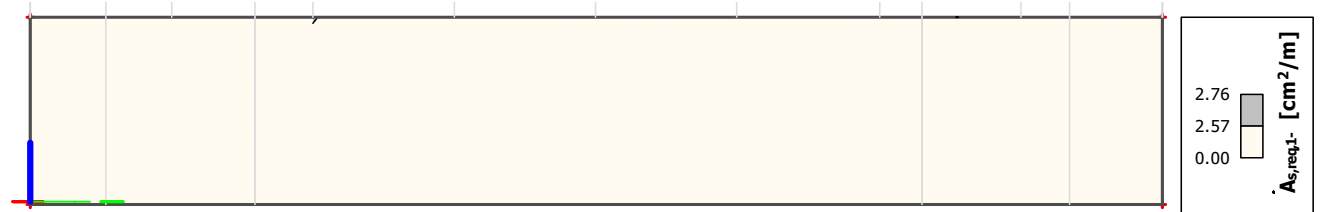
Prikazana armatura vrijedi i za oba lica zida Z202y!

**Z203y**  
vanjsko lice

smjer 1 = horizontalni smjer  
smjer 2 = vertikalni smjer



unutarnje lice



## 2.4.15. Proračun i dimenzioniranje temeljne ploče pozicije 100

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

- AB monolitna ploča debljine  $t = 40 \text{ cm}$
- kakvoća betona **C25/30**
- armaturne mreže **B500 A** i armaturne šipke **B500B**
- razred izloženosti **XC1 i XC2**
- razred izloženosti i zaštitni slojevi:  $c = 5,0 \text{ cm}$  (XC2)  
 $c = 2,5 \text{ cm}$  (XC1)

Dimenzioniranje ploče provodi se prema EC2 propisima.

### PRILOZI

- Prilog 1. Proračun posteljice
- Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')
- Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')
- Prilog 4. Prikaz kontaktnog naprezanja
- Prilog 5. Prikaz slijeganja
- Prilog 6. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče
- Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer X (cm<sup>2</sup>/m')
- Prilog 8. Dijagram armature donje zone smjer Y (cm<sup>2</sup>/m')
- Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer X (cm<sup>2</sup>/m')
- Prilog 10. Dijagram armature gornje zone smjer Y (cm<sup>2</sup>/m')
- Prilog 11. Provjera proboja

Prilog 1. Proračun posteljice

### - ukupna reakcije za ULC iz modela s krutim osloncima

Case	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
CO1/1	<b>634,44</b>	-115,98	4198,06	3245,06	1069,12	-742,53
CO3/2	<b>-182,83</b>	261,01	3447,15	2020,29	-991,43	<b>798,92</b>
CO3/3	-92,64	<b>335,09</b>	3327,31	2554,46	-387,61	739,09
CO3/4	92,64	<b>-335,09</b>	2924,30	2400,79	919,53	-739,09
CO1/5	386,69	-149,96	<b>5041,48</b>	4114,01	-651,62	-312,86
CO3/6	157,91	-91,70	<b>2614,34</b>	2838,67	1257,40	-469,64
CO1/7	272,69	-120,71	5026,72	<b>4174,27</b>	-588,10	-216,20
CO3/8	-157,91	91,70	3230,90	<b>1743,60</b>	-852,62	469,64
CO3/9	182,83	-261,01	3023,89	3136,81	<b>1592,20</b>	-798,92
CO1/10	274,37	-139,42	3878,85	3053,18	<b>-1580,48</b>	-215,23

I. Slučaj - min. N

$$\begin{aligned}
 N &= 2614,3 \text{ kN} \\
 M_x &= 2839 \text{ kNm} \\
 M_y &= 1257,4 \text{ kNm} \\
 l_x &= 15,2 \text{ m} \\
 l_y &= 3,9 \text{ m} \\
 e_x = M_x/N &= 1,09 \text{ m} \\
 e_y = M_y/N &= 0,48 \text{ m}
 \end{aligned}$$

II. Slučaj - max Mx

$$\begin{aligned}
 N &= 5026,7 \text{ kN} \\
 M_x &= 4174 \text{ kNm} \\
 M_y &= 588,1 \text{ kNm} \\
 l_x &= 15,2 \text{ m} \\
 l_y &= 3,9 \text{ m} \\
 e_x = M_x/N &= 0,83 \text{ m} \\
 e_y = M_y/N &= 0,12 \text{ m}
 \end{aligned}$$

III. Slučaj - max M<sub>y</sub>

$$\begin{aligned}
 N &= 3023,8 \text{ kN} \\
 M_x &= 3137 \text{ kNm} \\
 M_y &= 1592,2 \text{ kNm} \\
 l_x &= 15,2 \text{ m} \\
 l_y &= 3,9 \text{ m} \\
 e_x = M_x/N &= 1,04 \text{ m} \\
 e_y = M_y/N &= 0,53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

## -provjera 2. jezgre poprečnog presjeka

$$(e_x/l_x)^2 + (e_y/l_y)^2 < 1/9$$

$$0,005 + 0,015 < 0,11$$

$$0,020 < 0,11$$

$$(e_x/l_x)^2 + (e_y/l_y)^2 < 1/9$$

$$0,003 + 0,001 < 0,11$$

$$0,004 < 0,11$$

$$(e_x/l_x)^2 + (e_y/l_y)^2 < 1/9$$

$$0,005 + 0,018 < 0,11$$

$$0,023 < 0,11$$

**Zadovoljava!**

## -proračun naprezanja

$$x' = l_x(1-2*(e_x/l_x))$$

$$= 1302,8 \text{ cm}$$

$$= 13,03 \text{ m}$$

$$y' = l_y(1-2*(e_y/l_y))$$

$$= 293,81 \text{ cm}$$

$$= 2,94 \text{ m}$$

$$A = x' y'$$

$$= 38,28 \text{ m}^2$$

$$\sigma = N/A$$

$$= 68,30 \text{ kN/m}^2$$

$$x' = l_x(1-2*(e_x/l_x))$$

$$= 1353,9 \text{ cm}$$

$$= 13,54 \text{ m}$$

$$y' = l_y(1-2*(e_y/l_y))$$

$$= 366,6 \text{ cm}$$

$$= 3,67 \text{ m}$$

$$A = x' y'$$

$$= 49,63 \text{ m}^2$$

$$\sigma = N/A$$

$$= 101,27 \text{ kN/m}^2$$

$$x' = l_x(1-2*(e_x/l_x))$$

$$= 1312,5 \text{ cm}$$

$$= 13,13 \text{ m}$$

$$y' = l_y(1-2*(e_y/l_y))$$

$$= 284,69 \text{ cm}$$

$$= 2,85 \text{ m}$$

$$A = x' y'$$

$$= 37,37 \text{ m}^2$$

$$\sigma = N/A$$

$$= 80,92 \text{ kN/m}^2$$

## - pretpostavljen modul stišljivosti $M_s = 30 \text{ MN/m}^2$

- iz postavljenih vrijednosti  $M_s$  i  $\sigma$ , dobivamo slijeganje  $w = \sigma/M_s \times D_u$ , gdje je  $D_u = 1,5 \text{ m}$  dubina utjecaja temelja

$$w = 0,004 \text{ m} = 0,40 \text{ cm}$$

**\* prosječna vrijednost**

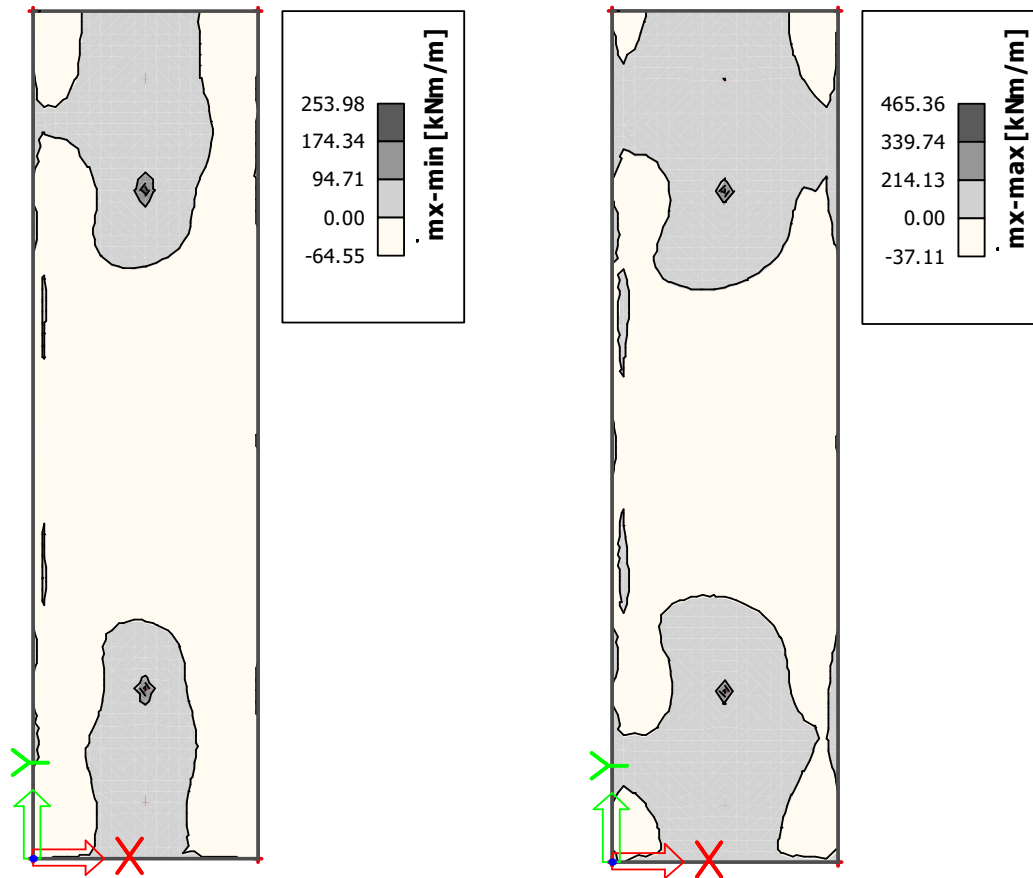
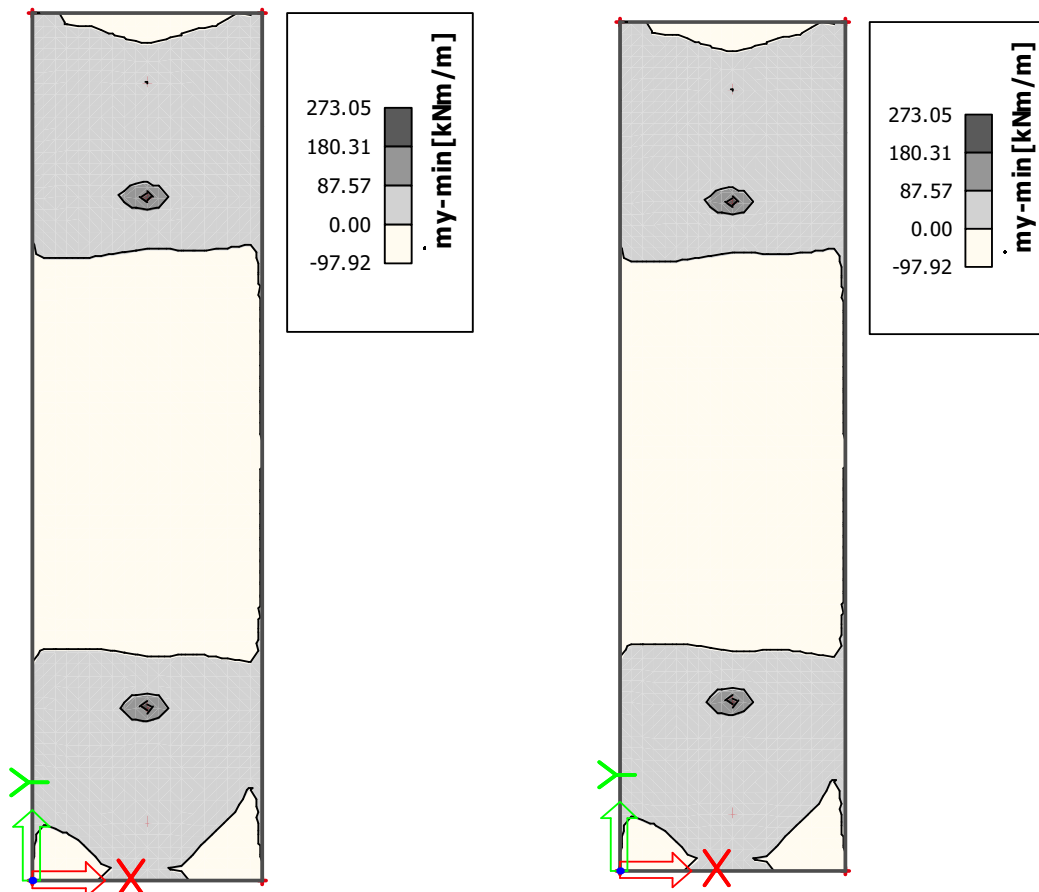
- modul posteljice se dobiva kao omjer naprezanja i slijeganja  $k_s = \sigma/w$ :

$$k_{s,v} = 20000 \text{ kN/m}^3$$

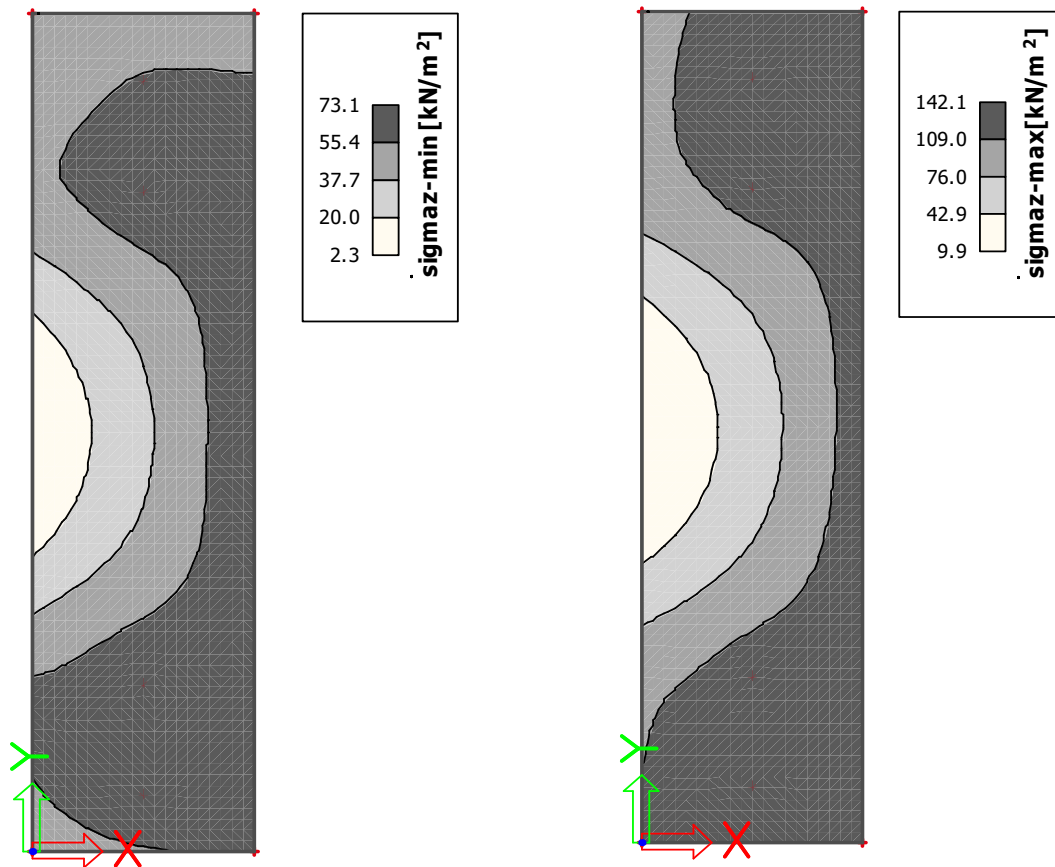
- pretpostavljen modul posteljice u horizontalnom smjeru je 10 puta manji nego vertikalni, za oba smjera:

$$k_{s,h} = 2000 \text{ kN/m}^3$$

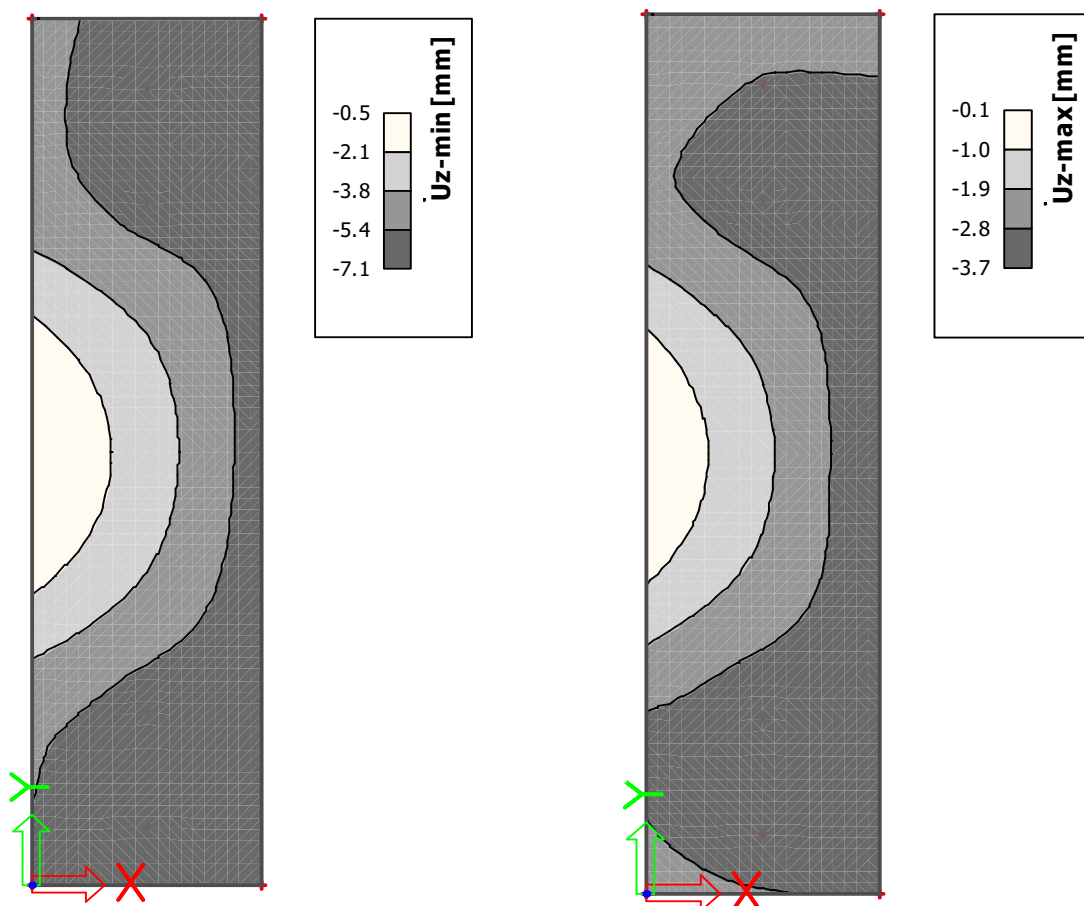
**\* Ukoliko sastav tla ne odgovara pretpostavljenim karakteristikama tla, molimo kontaktirati glavnog projektanta konstrukcije.**

Prilog 2. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_x$  (kNm/m')Prilog 3. Prikaz anvelope momenata savijanja  $m_y$  (kNm/m')

Prilog 4. Prikaz kontaktnog naprezanja



Prilog 5. Prikaz slijeganja



## Prilog 6. Određivanje minimalne i maksimalne armature ploče

Minimalna armatura ploče:  $d = h - c - \phi - \phi/2 = 33,5 \text{ cm}$

$$A_{s,\min} = 0,0013 \times b \times d = 0,0013 \times 100 \times 33,5 = 4,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} = 0,26 \times b \times d (f_{ctm}/f_{yk}) = 0,26 \times 100 \times 33,5 \times (2,6/500) = 4,5 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

Maksimalna armatura ploče:  $A_{s,\max} = 0,04 \times A_c = 0,04 \times 100 \times 40 = 160,0 \text{ cm}^2$

$$A_{s,\max} = 0,022 \times A_c = 0,022 \times 100 \times 40 = 88,0 \text{ cm}^2$$

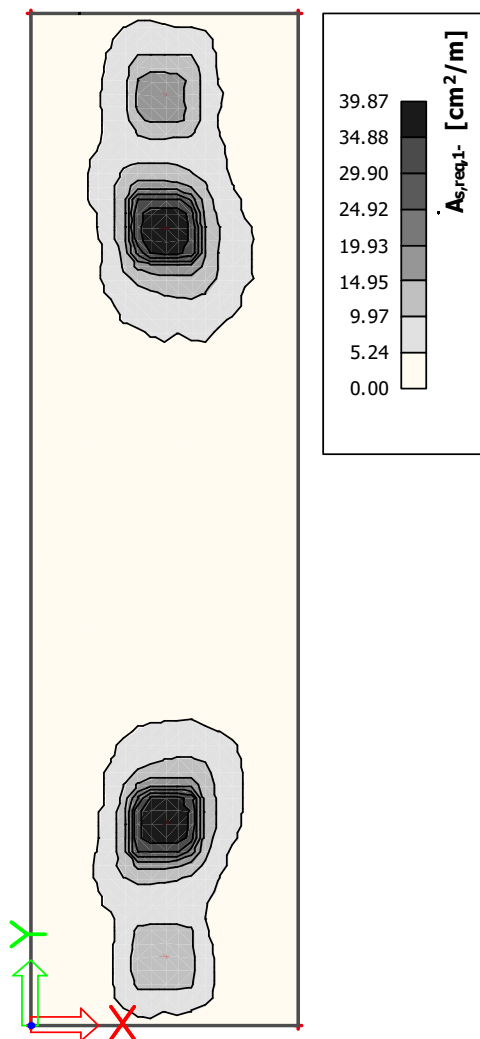
$$A_{s,\min} = \omega_{\lim} \times b \times d (f_{cd}/f_{yk}) = 0,365 \times 100 \times 33,5 \times (16,67/434,78) = 46,9 \text{ cm}^2$$

mjerodavno!

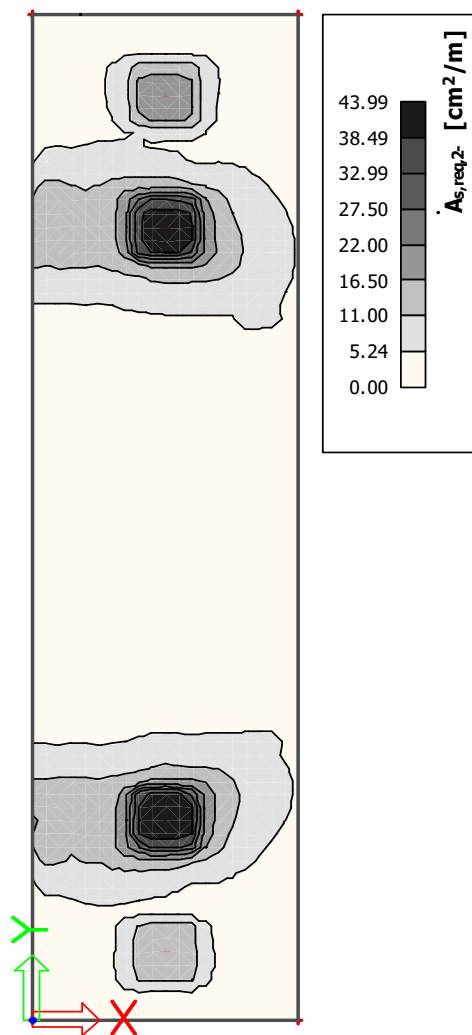
## ODABRANA ARMATURA OBE ZONE

**Q 524 + dodatna armatura prema dijagramu armature**

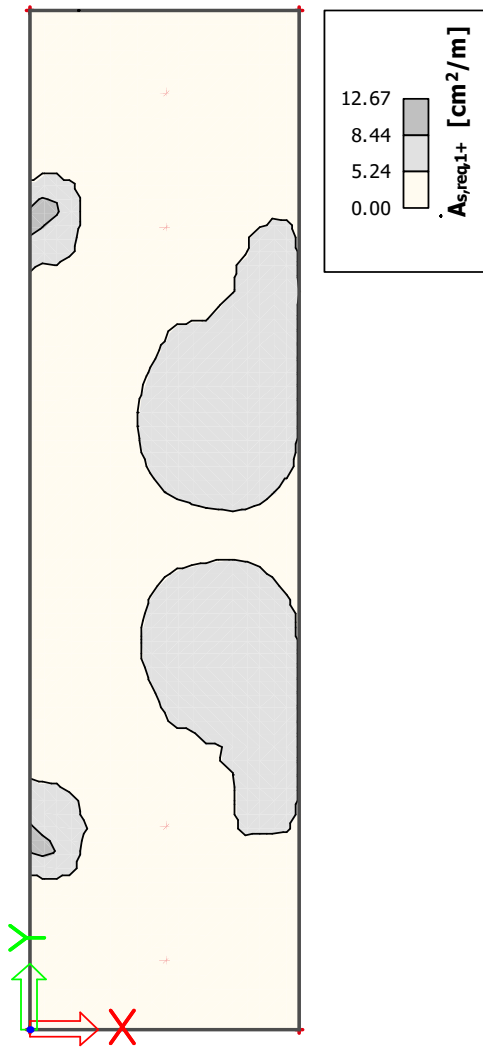
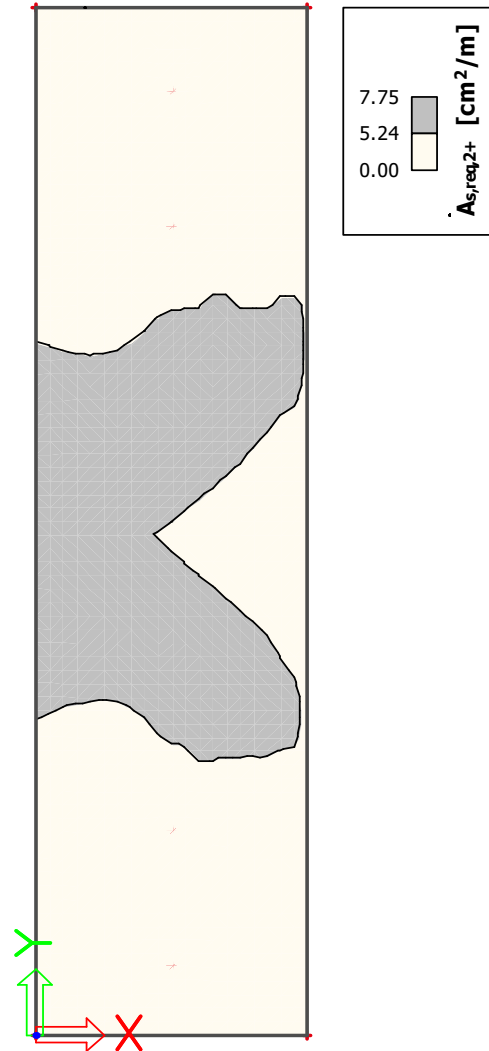
Prilog 7. Dijagram armature donje zone smjer X ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )



Prilog 8. Dijagram armature donje zone smjer Y ( $\text{cm}^2/\text{m}^1$ )





Prilog 9. Dijagram armature gornje zone smjer X  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )Prilog 10. Dijagram armature gornje zone smjer Y  
( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

## Prilog 11. Dokaz proboja

**1. ULAZNI PODACI**
**GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE**

debljina ploče	$h =$	40	cm	
zaštitni sloj betona	$c =$	5,0	cm	(za XC2)
poprečni presjek stupa	$a =$	30	cm	
	$b =$	70	cm	
armatura ploče u x smjeru	$\phi_x =$	1,60	cm	
armatura ploče u y smjeru	$\phi_y =$	1,60	cm	

**MATERIJAL**
**BETON** C25/30

$f_{ck} =$	25	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd} =$	16,67	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm} =$	2,6	N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm} =$	31000	N/mm <sup>2</sup>

**ČELIK** B500B

$f_{yk} =$	500,00	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd} =$	434,78	N/mm <sup>2</sup>
$E_s =$	200000	N/mm <sup>2</sup>

Parcijalni koeficijenti za materijale:

$\gamma_c = 1,5$

$\gamma_s = 1,15$

**REZNE SILE**

Sila proboja:

$V_{Ed} = 144,00$  kN

**2. PROVJERA POTREBE DODATNE ARMATURE ZA PROBOJ**

Statičke visine ploče u oba smjera:

$d_x = h - c - \phi_x / 2 = 34,2$  cm

$d_y = d_x - \phi_x / 2 - \phi_y / 2 = 32,6$  cm

Srednja statička visina:  $d_m = (d_x + d_y) / 2 = 33,4$  cm

Opseg

$u_0 = 2a + 2b = 200$  cm

Kontrolni opseg na udaljenosti 2d od lica stupa:

$u_1 = 2(a+b) + 2(2d_m)\pi = 619,504$  cm

Koeficijent koji uzima u obzir ekscentričnost oslonačke reakcije u odnosu na kontrolni opseg:

$\beta = 1,15$  za srednji stup

**1. PROVJERA**

 naprezanje na opsegu  $u_0$ 

$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_0 d_m) = 0,0248$  kN/cm<sup>2</sup> = 0,25 N/mm<sup>2</sup>

$v_{Rd,max} = 0,4 v_{fcd} = 0,4 (0,6 (1 - f_{ck} / 250)) f_{cd} = 3,60$  N/mm<sup>2</sup>

Dokaz nosivosti:

$V_{Ed} \leq v_{Rd,max}$

0,25

&lt;

3,60

Uvjet je zadovoljen!

## 2. PROVJERA naprezanje na kontrolnom opsegu $u_1$

$$v_{Ed} = \beta V_{Ed} / (u_1 d_m) = 0,0080 \text{ kN/cm}^2 = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} \geq v_{min}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + (200 / d_m)^{1/2} \leq 2,0 = 1,77$$

$$\rho_1 = (\rho_{1y} \rho_{1x})^{1/2} \leq 0,02 = 0,01048$$

$$\leq 2 \longrightarrow$$

$$k = 1,77$$

$$\leq 0,02$$

dodatno:

Armatura ploče iznad stupa u x smjeru:

$$A_{1x} = 35,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$\phi 20 / 10 \text{ cm}$

Armatura ploče iznad stupa u y smjeru:

$$A_{1y} = 35,00 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$\phi 20 / 10 \text{ cm}$

$$\text{Omjer } A_{1x} \text{ i betona} = A_{1x} / (d_x 100) = \rho_{1x} = 0,01023$$

$$\rho_{1x} = 0,01023$$

$$\text{Omjer } A_{1y} \text{ i betona} = A_{1y} / (d_y 100) = \rho_{1y} = 0,01074$$

$$\rho_{1y} = 0,01074$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Dokaz nosivosti: } v_{Ed} \leq v_{Rd,c}$$

$$0,08 \text{ N/mm}^2$$

$$< 0,63 \text{ N/mm}^2$$

Uvjet je zadovoljen!

**Nije potrebna dodatna posmična armatura**

## 2.4.16. Proračun i dimenzioniranje stubišta

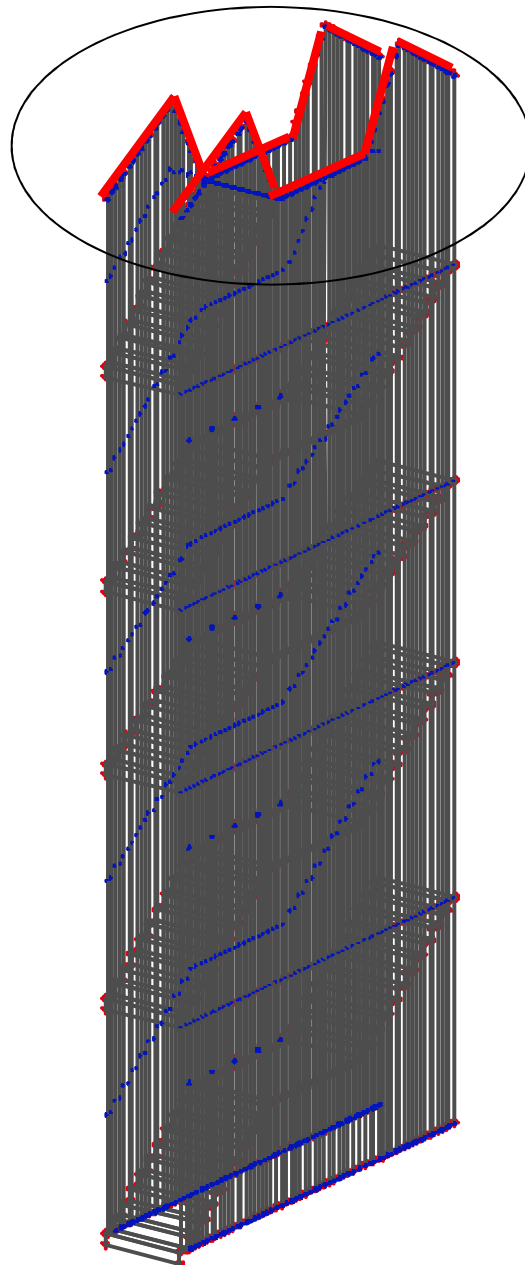
### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

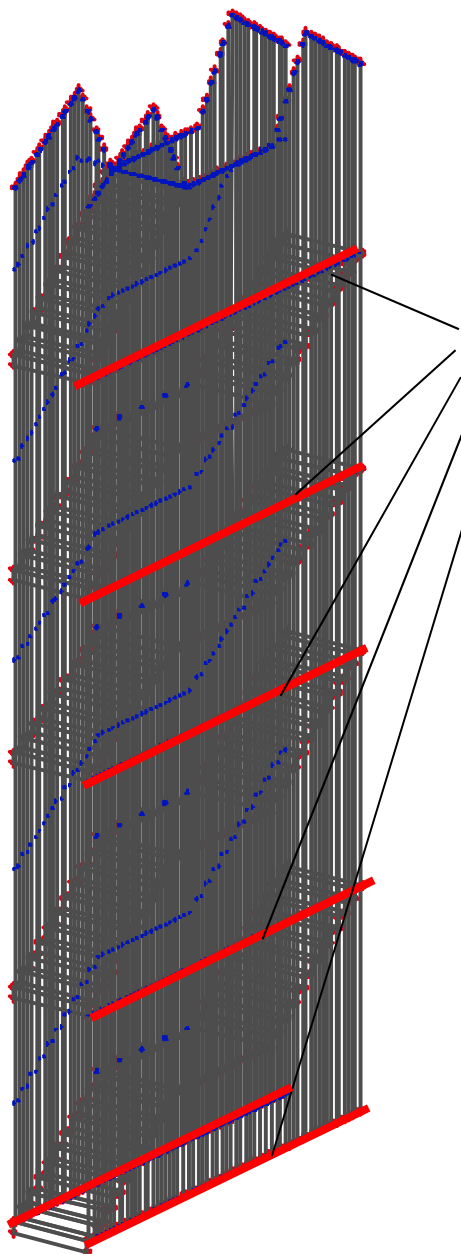
- lim za gazišta i podeste debljine **t = 8 mm**
- sajle promjera **φ 8 mm** nose gazišta sa strane sinagoge, dok kružne cijevi **26,9x3,2 mm** nose gazišta sa strane dogradnje
- kvaliteta čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Dimenzioniranje 2D i 1D elementa se provode prema EC3 propisima. Gazišta su oslonjena na dva oslonca u širin gazišta, a zavarena su sa ostalim vertikalnim elementima gazišta. Isto vrijedi i za podest.

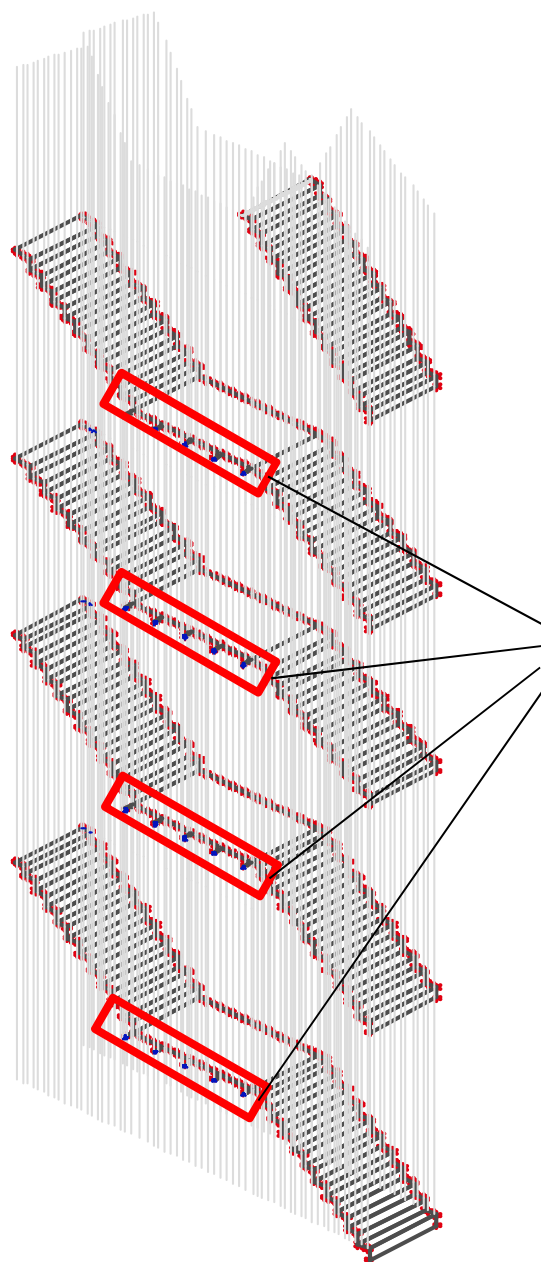
Sajle s jedne strane i cijevi s druge strane stubišta se oslanjaju na nosače u krovu, a pridržavaju ga ploče dogradn na razinama međukatnih konstrukcija te se podesti sidre u postojeću građevinu.



Sajle ili cijevi se oslanjaju na nosače u krovu.  
To su kosnici 160x80x8,8 koji su dokazani u poglavlju 2.4.2.



Cijevi su pridržane pločama pozicija 500, 400, 300, 200 i 100.



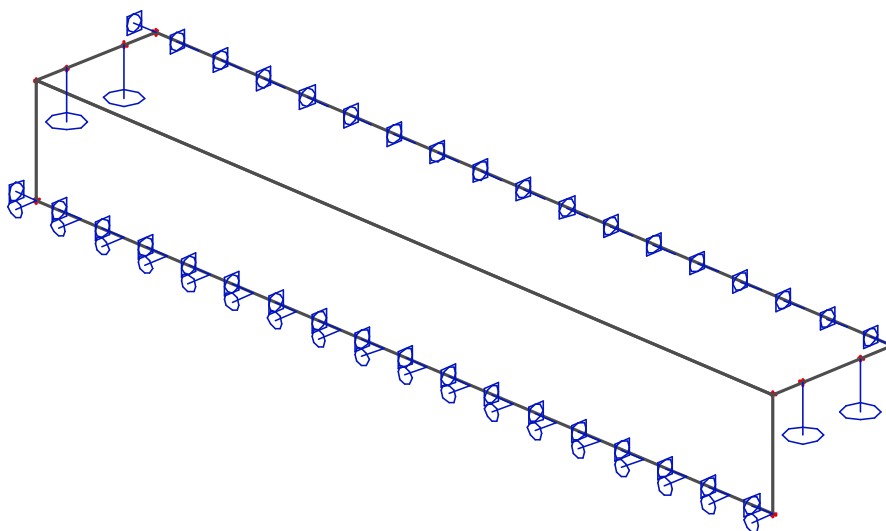
Podesti su, preko sidara, pričvršćeni na postojeću zgradu.

Model stubišta je dimenzioniran za nelinearne kombinacije prikazane u poglavlju 2.2.18., u kojima sajle preuzimaju samo uzdužnu vlačnu silu.

## PRILOZI

- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca gazišta
- Prilog 2. Prikaz naprezanja na gazištu za ULC
- Prilog 3. Prikaz progiba gazišta za CO2
- Prilog 4. Prikaz unutarnjih sila u vertikalnim elementima stubišta
- Prilog 5. Dokaz sajle za ULC
- Prilog 6. Dokaz cijevi
- Prilog 7. Prikaz reakcija
- Prilog 8. Prikaz modalne analize stubišta

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca gazišta

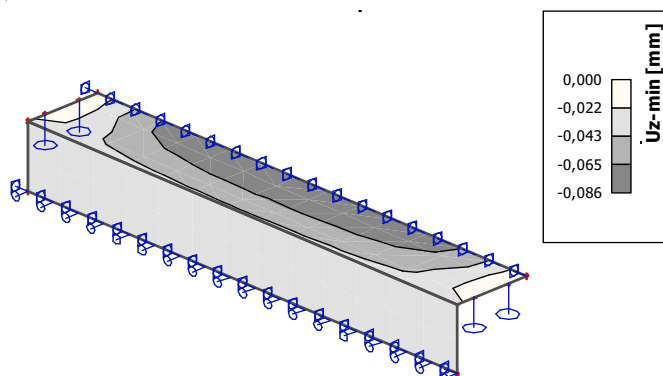


Prilog 2. Prikaz naprezanja na gazištu za ULC

sigx+ [MPa]	sigy+ [MPa]	sigxy+ [MPa]
sigx- [MPa]	sigy- [MPa]	sigxy- [MPa]
<b>-16,3</b>	<b>-25,7</b>	1,4
2,9	5,8	<b>-7,2</b>
<b>8,1</b>	23,3	-1,6
-1,4	-4,0	5,8
8,1	<b>23,3</b>	<b>7,2</b>
-1,4	-4,0	-1,2
1,8	5,0	<b>-7,2</b>
-6,5	-18,4	1,2
1,6	3,7	0,4
<b>-6,6</b>	-14,4	-0,4
-3,4	-5,7	6,1
<b>14,2</b>	<b>26,4</b>	-1,6
1,8	5,0	1,6
-6,5	<b>-18,4</b>	-5,8
-3,4	-5,7	-1,4
14,2	26,4	<b>7,2</b>

Uvjet:  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M1} = 235 / 1,1 = 214 \text{ MPa}$  >  $\sigma_{max} = 26,3 \text{ MPa}$  Uvjet je zadovoljen!

Prilog 3. Prikaz proгиба gazišta za CO2



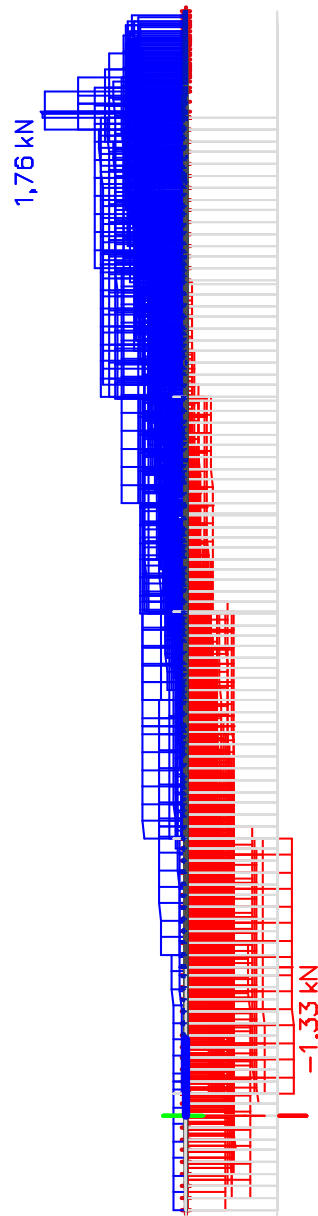
Uvjet:  $u_{dop} = L / 150 = 1300 / 150 = 8,67 \text{ mm}$  >  $u_{el} = 0,09 \text{ mm}$  Uvjet je zadovoljen!

## Prilog 4. Prikaz unutarnjih sila u vertikalnim elementima stubišta

**sajle  $\phi$  8 mm**

Sajle neće imati funkciju rukohvata, već će se rukohvat montirati na zid postojeće zgrade.

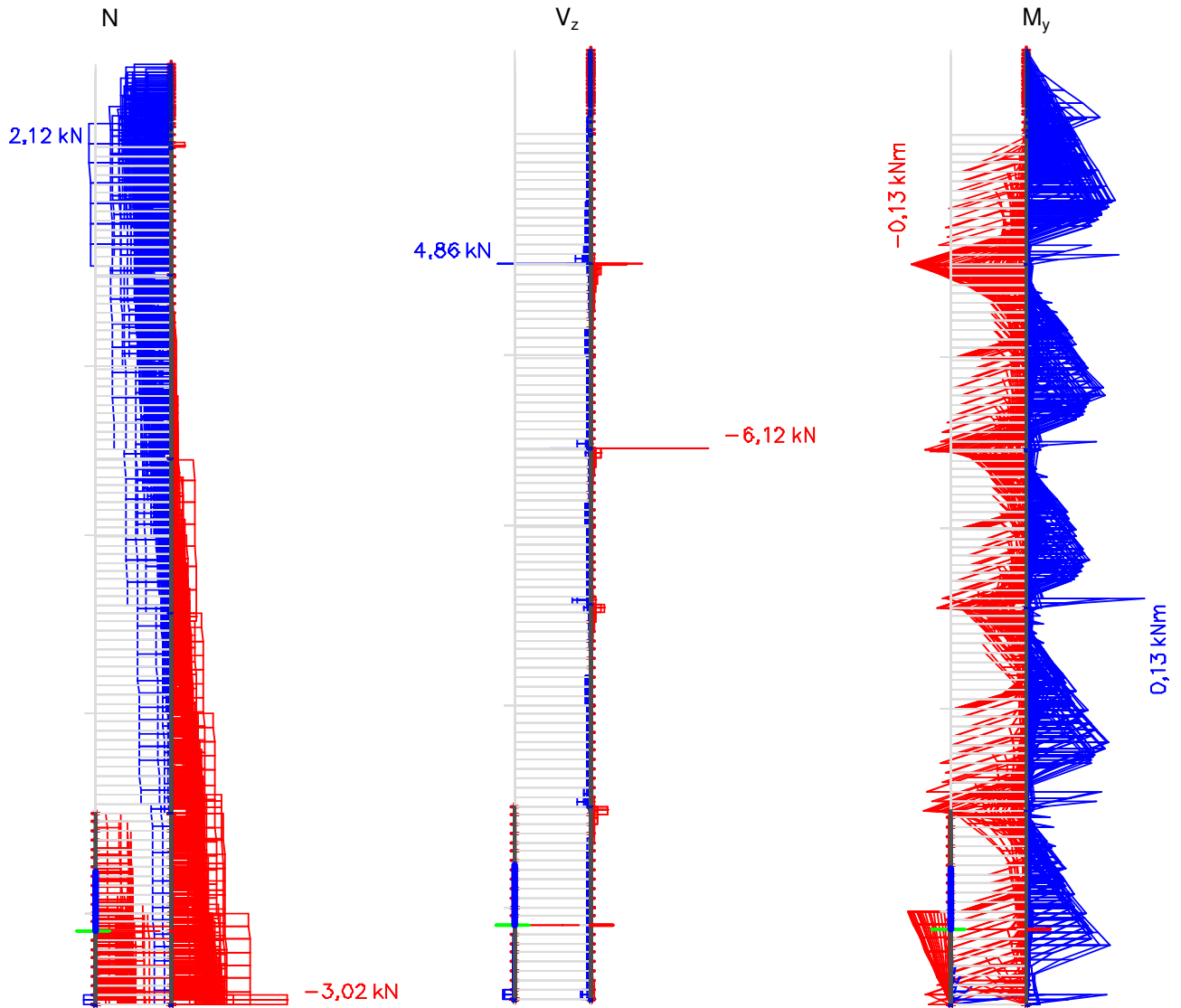
N





## cijevi 26,9x3,2 mm

Cijevi će ujedno biti o ograda stubištu, pa je obavezno opterećenje 1m od gazišta sa horizontalnom silom od 1 kN. Faktorizirana sila je onda  $1,5 \times 1 \text{ kN} = 1,5 \text{ kN}$



## Prilog 5. Dokaz sajle za ULC

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:

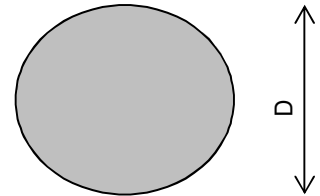
$$L = 400,0 \text{ cm}$$

Promjer:

$$D = 8 \text{ mm}$$

Površina poprečnog presjeka:

$$A = 0,50 \text{ cm}^2$$



### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235

$$f_y = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$G = 8100 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon = 1,00$$

$$\nu = 0,3$$

Parcijalni faktori:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

vlačna sila:  $N_{Ed} = 2,3 \text{ kN}$

### 4. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

#### 4.1. Otpornost na uzdužnu vlačnu silu

$$N_{t,Rd} = Af_y/\gamma_{M0} = 11,75 \text{ kN}$$

$$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0,20 < 1,00 \quad \text{Uvjet nosivosti je zadovoljen!}$$

#### 4.2. Otpornost neto poprečnog presjeka

$$A_{net} = 0,35 \text{ cm}^2$$

$$N_{u,Rd} = 0,9A_{net}f_u/\gamma_{M2} = 9,07 \text{ kN}$$

$$\text{Uvjet: } N_{Ed}/N_{u,Rd} = 0,25 < 1,00 \quad \text{Uvjet nosivosti je zadovoljen!}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **25,35 %**.

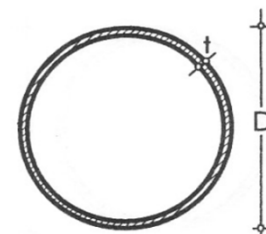
## Prilog 6. Dokaz cijevi

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 100$  cm

poprečni presjek:  $26,9 \times 3,2$

promjer cijevi:  $D = 26,9$  mm  
 debljina stijenke:  $t = 3,2$  mm  
 težina po m':  $G = 1,870$  kg/m  
 površina poprečnog presjeka:  $A = 2,383$  cm<sup>2</sup>  
 moment inercije:  $I = 1,703$  cm<sup>4</sup>  
 moment otpora:  $W = 1,266$  cm<sup>3</sup>  
 plastični moment otpora:  $W_{pl} = 1,808$  cm<sup>3</sup>  
 radijus tromosti:  $i = 0,85$  cm  
 polarni moment inercije:  $I_t = 3,407$  cm<sup>4</sup>  
 moment otpora kod torzije:  $W_t = 2,533$  cm<sup>3</sup>  
 Oplošje:  $A_L = 0,085$  m<sup>2</sup>/m



### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>       $E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>       $\varepsilon = 1,00$   
 $f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>       $G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>       $\nu = 0,3$

Parcijalni faktori:  $\gamma_{M0} = 1,00$        $\gamma_{M1} = 1,10$        $\gamma_{M2} = 1,25$

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 6,1$  kN  
 moment savijanja:  $M_{y,Ed} = 0,1$  kN  
 uzdužna tlačna sila:  $N_{Ed} = 3,0$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

$d/t = 8,41$

Uvjet za klasu 1:  $d/t = 8,41 < 50\varepsilon^2 = 50$   
 Uvjet za klasu 2:  $d/t = 8,41 < 70\varepsilon^2 = 70$   
 Uvjet za klasu 3:  $d/t = 8,41 < 90\varepsilon^2 = 90$


Presjek je klase 1.

### 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

#### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$N_{c,Rd} = Af_y/\gamma_{M0} = 55,99$  kN

Uvjet:  $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0,05 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene <b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2 Zagreb, studeni 2018.

## 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_y / \gamma_{M1} = 42,50 \text{ kNcm} = 0,4 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 0,31 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

## 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

Posmična površina:  $A_v = 2A/\pi = 1,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 20,6 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,30 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

## 5.4. Interakcija M-V-N u presjeku x = xy m

poprečna sila:  $V_{z,Ed} = 6,1 \text{ kN}$

moment savijanja:  $M_{y,Ed} = 0,1 \text{ kN}$

uzdužna tlačna sila:  $N_{Ed} = 3,0 \text{ kN}$

### Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 6,1 \text{ kN} < 0,5 V_{pl,z,Rd} = 10,3 \text{ kN}$  Nema redukcije otpornosti na savijanje.

### Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.)  $N_{Ed} = 3,0 \text{ kN} < 0,25 N_{pl,Rd} = 14,0 \text{ kN}$  Nema redukcije otpornosti na savijanje.

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:  $L_{cr,y} = 100 \text{ cm}$

$L_{cr,z} = 100 \text{ cm}$

kritične sile izvijanja:  $N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L_{cr,y}^2 = 35,3 \text{ kN}$

$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L_{cr,z}^2 = 35,3 \text{ kN}$

bezdimenzijska vitkost:  $\lambda_y = (A f_y / N_{cr,y})^{1/2} = 1,259$

$\lambda_z = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} = 1,259$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

os z-z → krivulja izvijanja c →  $\alpha = 0,49$

Određivanje faktora redukcije  $\chi$ :

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 1,553$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,406$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 1,553$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,406$$

$$\chi_{\min} = 0,406$$

Otpornost na izvijanje:

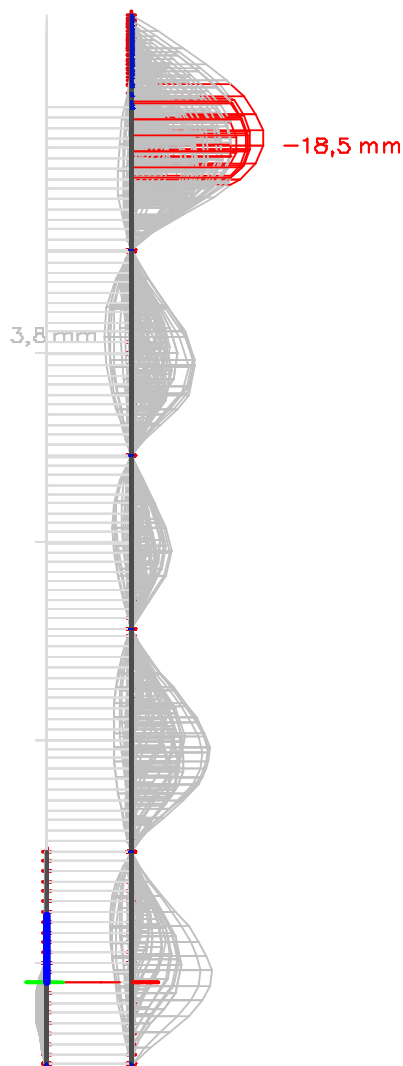
$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} A f_y / \gamma_{M1} = 20,7 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,15 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

## 7. DOKAZ GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI



$$L = 400,0 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = L/250 = 1,60 \text{ cm}$$

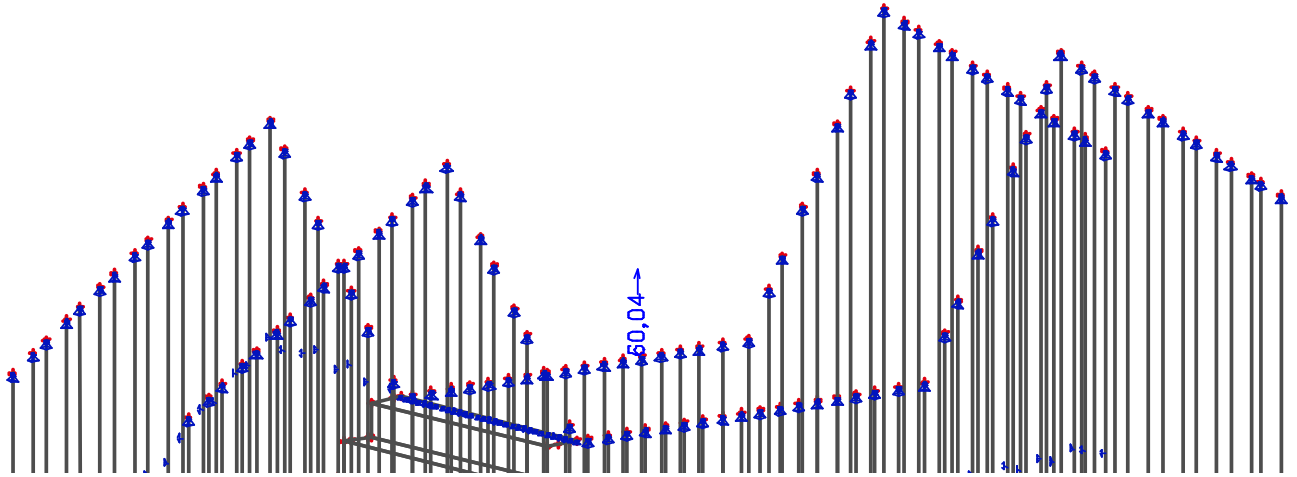
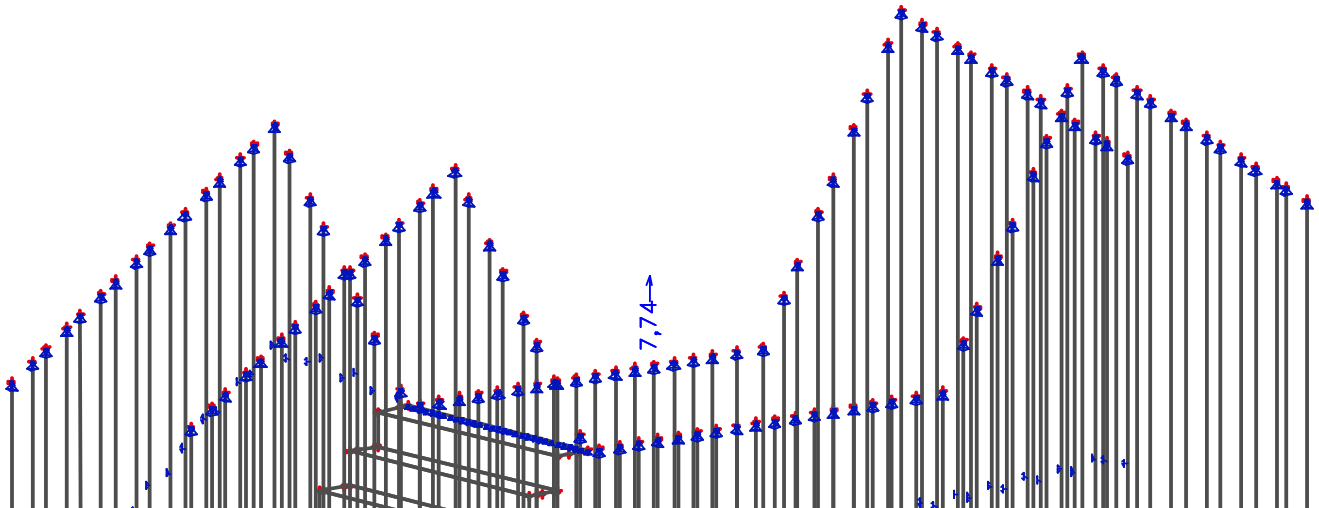
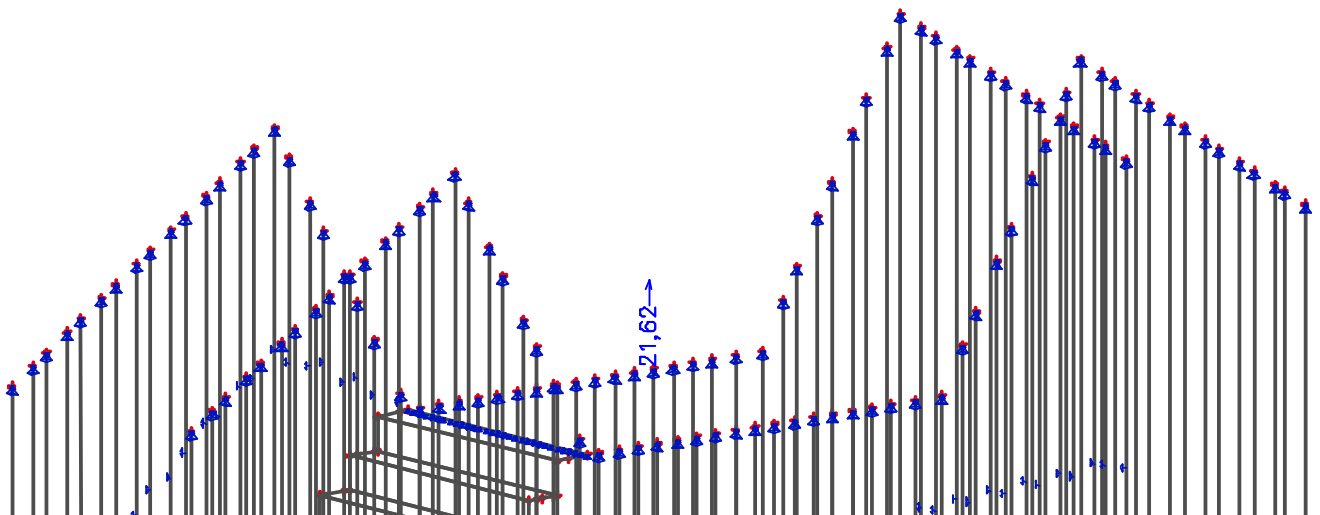
Uvjet:

$$u = 1,85 \text{ cm} \approx u_{dop} = 1,60 \text{ cm}$$

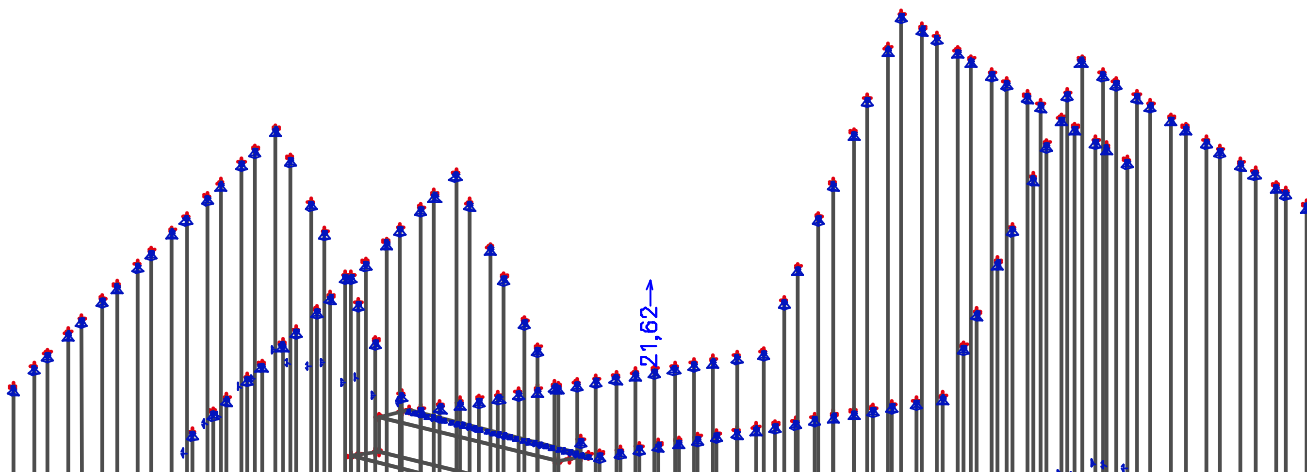
Uvjet je zadovoljen.

## Prilog 7. Prikaz reakcija

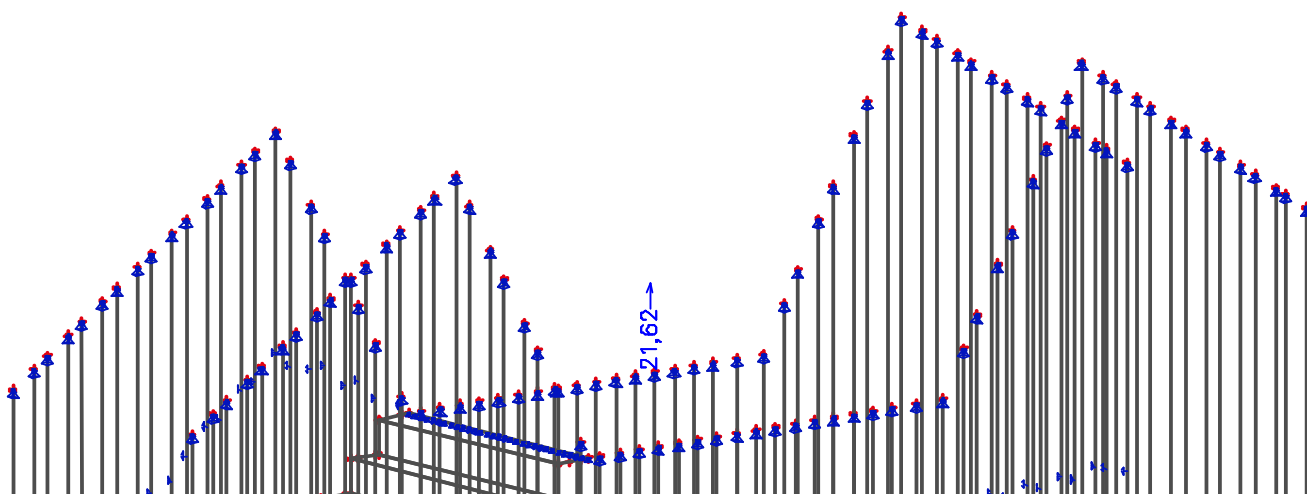
L = 9,1 m

**CO4****LC4****LC5**

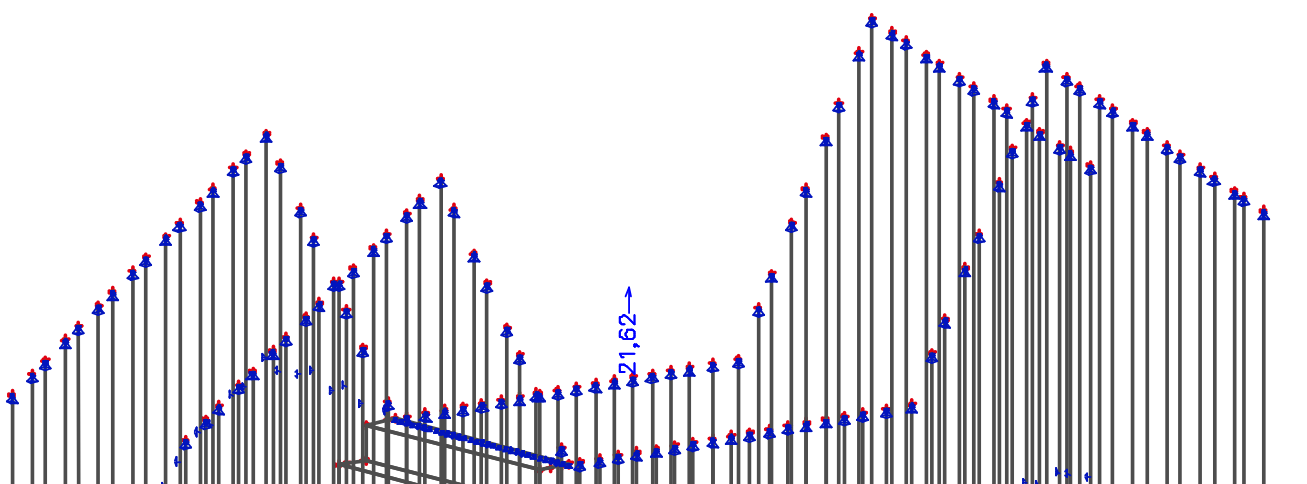
## LC6



## LC7



## LC8



## Prilog 8. Prikaz modalne analize stubišta

### modalne mase

Name	Load case
MG1	LC1 - vl.tezina
MG2	LC2 - dodatno stalno
MG3	LC3 - korisno krov
MG4	LC4 - korisno potkrovlje
MG5	LC5 - korisno 2.kat
MG6	LC6 - korisno 1.kat
MG7	LC7 - korisno prizemlje
MG8	LC8 - korisno podrum

### modalna kombinacija

Name	Mass group	Coeff. $\beta$
CM1	MG1	1,00
	MG2	1,00
	MG3	0,30
	MG4	0,30
	MG5	0,30
	MG6	0,30
	MG7	0,30
	MG8	0,30

### modalni odziv

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	40.0760	0.1568	6.3783	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0003	0.0003
2	40.1296	0.1566	6.3868	0.0005	0.0000	0.0000	0.0002	0.0016	0.0004
3	42.3486	0.1484	6.7400	0.0001	0.0008	0.0000	0.0001	0.0004	0.0004
4	42.4675	0.1480	6.7589	0.0005	0.0000	0.0000	0.0002	0.0016	0.0004
5	43.2947	0.1451	6.8906	0.0000	0.0010	0.0000	0.0001	0.0003	0.0003
6	43.4052	0.1448	6.9082	0.0005	0.0000	0.0000	0.0001	0.0016	0.0003
7	43.5151	0.1444	6.9256	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002
8	43.5925	0.1441	6.9380	0.0004	0.0000	0.0000	0.0001	0.0013	0.0004
9	45.8963	0.1369	7.3046	0.0000	0.0114	0.0000	0.0004	0.0001	0.0003
10	46.1663	0.1361	7.3476	0.0005	0.0000	0.0000	0.0001	0.0015	0.0006
11	47.1945	0.1331	7.5112	0.0000	0.0272	0.0001	0.0007	0.0000	0.0004
12	47.2515	0.1330	7.5203	0.0001	0.0086	0.0000	0.0019	0.0004	0.0000
13	47.4639	0.1324	7.5541	0.0001	0.0160	0.0000	0.0077	0.0000	0.0000
14	47.6109	0.1320	7.5775	0.0005	0.0000	0.0000	0.0001	0.0014	0.0005
15	47.7788	0.1315	7.6042	0.0008	0.0003	0.0000	0.0000	0.0012	0.0017
16	48.2074	0.1303	7.6724	0.0009	0.1629	0.0003	0.0032	0.0000	0.0000

...

90	75.0931	0.0837	11.9514	0.0006	0.0002	0.0000	0.0004	0.0004	0.0019
91	75.1719	0.0836	11.9640	0.0004	0.0000	0.0000	0.0001	0.0007	0.0016
92	75.2394	0.0835	11.9747	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93	75.3895	0.0833	11.9986	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
94	75.5444	0.0832	12.0233	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95	75.7352	0.0830	12.0536	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0009	0.0001
96	75.7970	0.0829	12.0635	0.0000	0.0004	0.0000	0.0005	0.0002	0.0001
97	76.2512	0.0824	12.1358	0.0009	0.0008	0.0000	0.0003	0.0006	0.0004
98	76.3683	0.0823	12.1544	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
99	76.8344	0.0818	12.2286	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
100	77.3901	0.0812	12.3170	0.0001	0.0026	0.0000	0.0039	0.0001	0.0000
				0.0324	0.7270	0.0021	0.4738	0.0676	0.0581

Kako je frekvencija u prvom modu veća od 4 Hz, stubište se smatra ugodno za korištenje.



## 2.4.17. Proračun i dimenzioniranje sidara

### UVOD

Proračun ploče izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

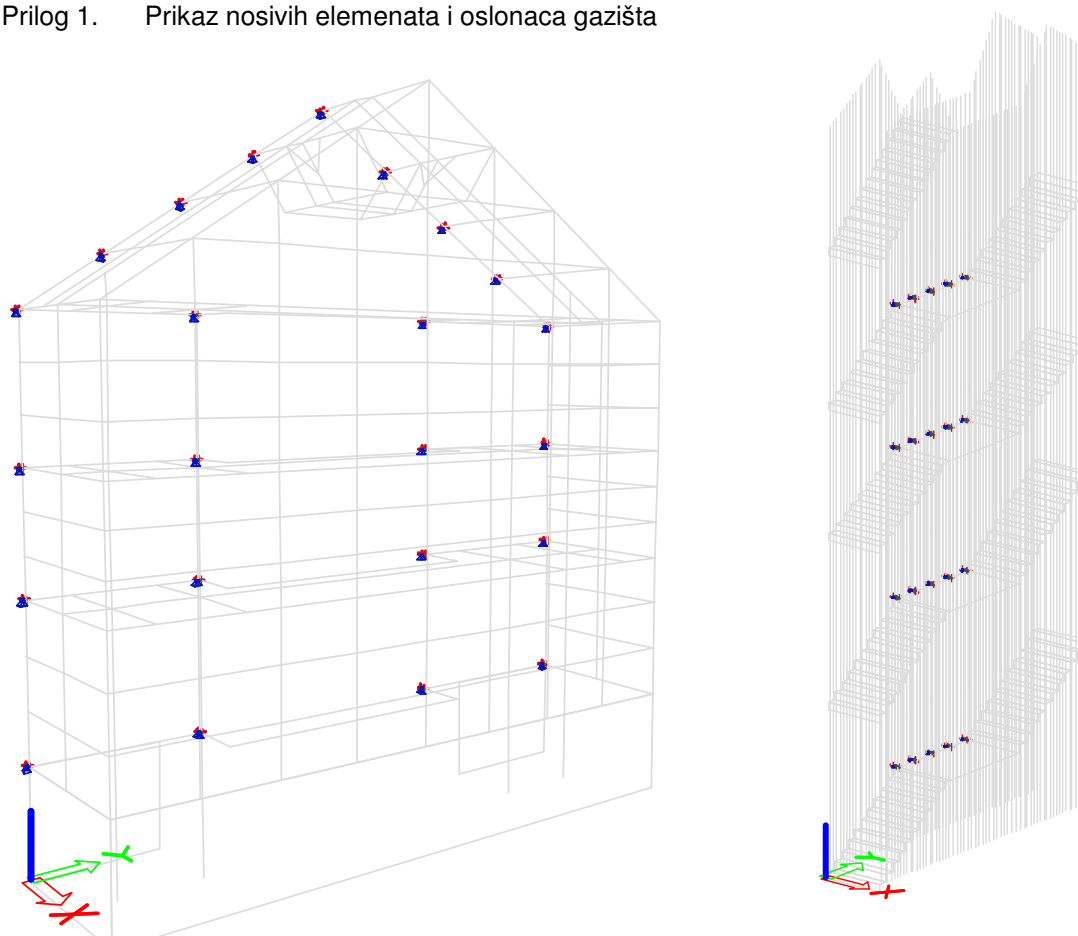
- sidra su kružne cijevi **26,9x3,2 mm**
- kvaliteta čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Sidra su modelirala kao elementi koji prenose samo uzdužnu silu. Spajaju dogradnju s postojećom zgradom, i tako ukružuju dogradnju u slabijem smjeru.

### PRILOZI

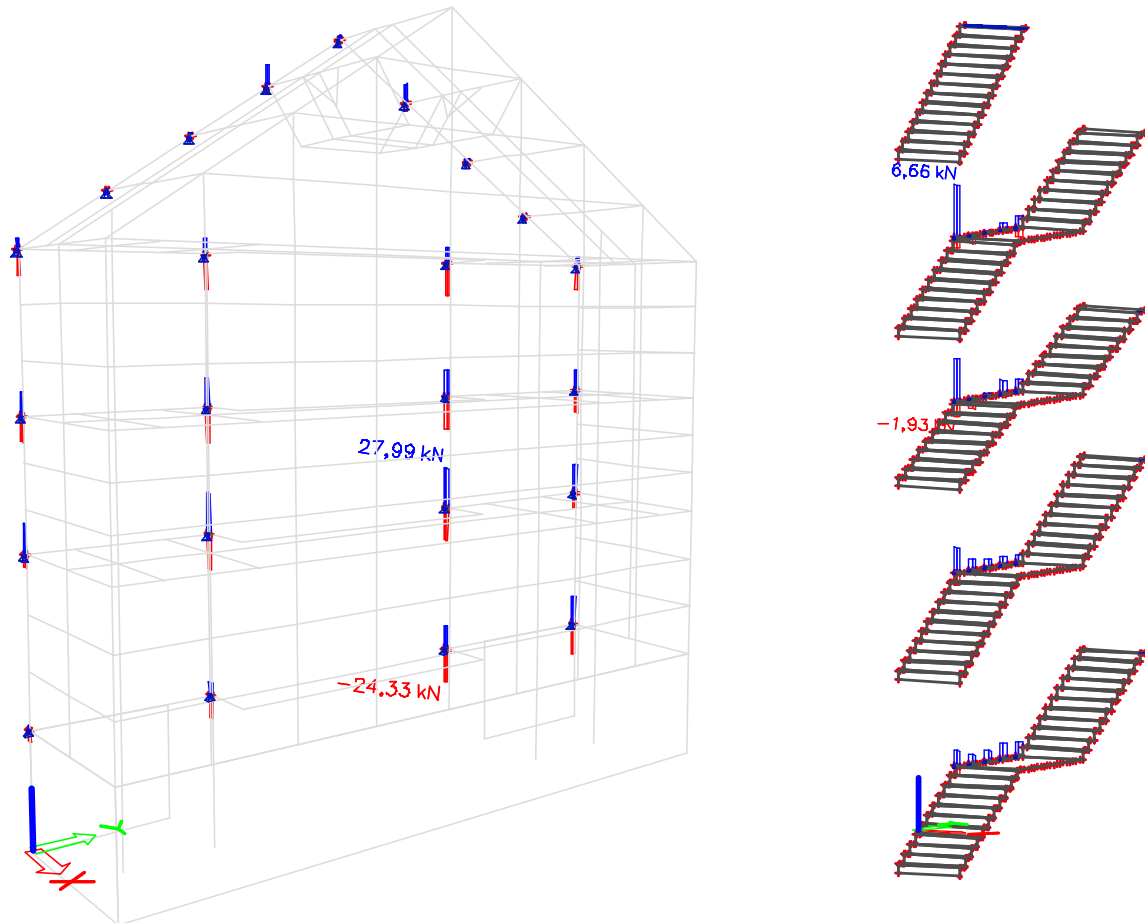
- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca gazišta
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC
- Prilog 3. Dokaz sidara
- Prilog 4. Dokaz sidrenih vijaka

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca gazišta



Položaj sidara kao prema slici; stubište povezati sa postojećom zgradom na razini podesta, a cijelu dogradnju povezati na razinama ploča i na krovu.

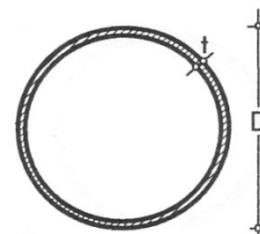
## Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila za ULC

**N**

## Prilog 3. Dokaz sidara

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:	$L = 15,0$ cm
poprečni presjek:	$26,9 \times 3,2$
promjer cijevi:	$D = 26,9$ mm
debljina stijenke:	$t = 3,2$ mm
težina po m':	$G = 1,870$ kg/m
površina poprečnog presjeka:	$A = 2,383$ cm <sup>2</sup>
moment inercije:	$I = 1,703$ cm <sup>4</sup>
moment otpora:	$W = 1,266$ cm <sup>3</sup>
plastični moment otpora:	$W_{pl} = 1,808$ cm <sup>3</sup>
radijus tromosti:	$i = 0,85$ cm
polarni moment inercije:	$I_t = 3,407$ cm <sup>4</sup>
moment otpora kod torzije:	$W_t = 2,533$ cm <sup>3</sup>
Oplošje:	$A_L = 0,085$ m <sup>2</sup> /m



### 2. MATERIJAL

ČELIK	S 235			
$f_y =$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>	$E =$	21000 kN/cm <sup>2</sup>
$f_u =$	36,00	kN/cm <sup>2</sup>	$G =$	8100 kN/cm <sup>2</sup>
			$\epsilon =$	1,00
			$\nu =$	0,3

Parcijalni faktori:  $\gamma_{M0} = 1,00$        $\gamma_{M1} = 1,10$        $\gamma_{M2} = 1,25$

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

vlačna sila:  $N_{Ed} = 27,99$  kN

### 4. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

#### 4.1. Otpornost na uzdužnu vlačnu silu

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} = 55,99 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{t,Rd} = 0,50 < 1,00 \quad \text{Uvjet nosivosti je zadovoljen!}$$

#### 4.2. Otpornost neto poprečnog presjeka

$$A_{net} = 2,383 \text{ cm}^2$$

$$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2} = 61,76 \text{ kN}$$

$$\text{Uvjet: } N_{Ed} / N_{u,Rd} = 0,45 < 1,00 \quad \text{Uvjet nosivosti je zadovoljen!}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **49,99 %**.

## Prilog 4. Dokaz sidrenih vijaka



www.hilti.com

Company:  
Specifier:  
Address:  
Phone | Fax:  
E-Mail:

Page:  
Project:  
Sub-Project | Pos. No.:  
Date:


**Profis Anchor 2.7.6**

1

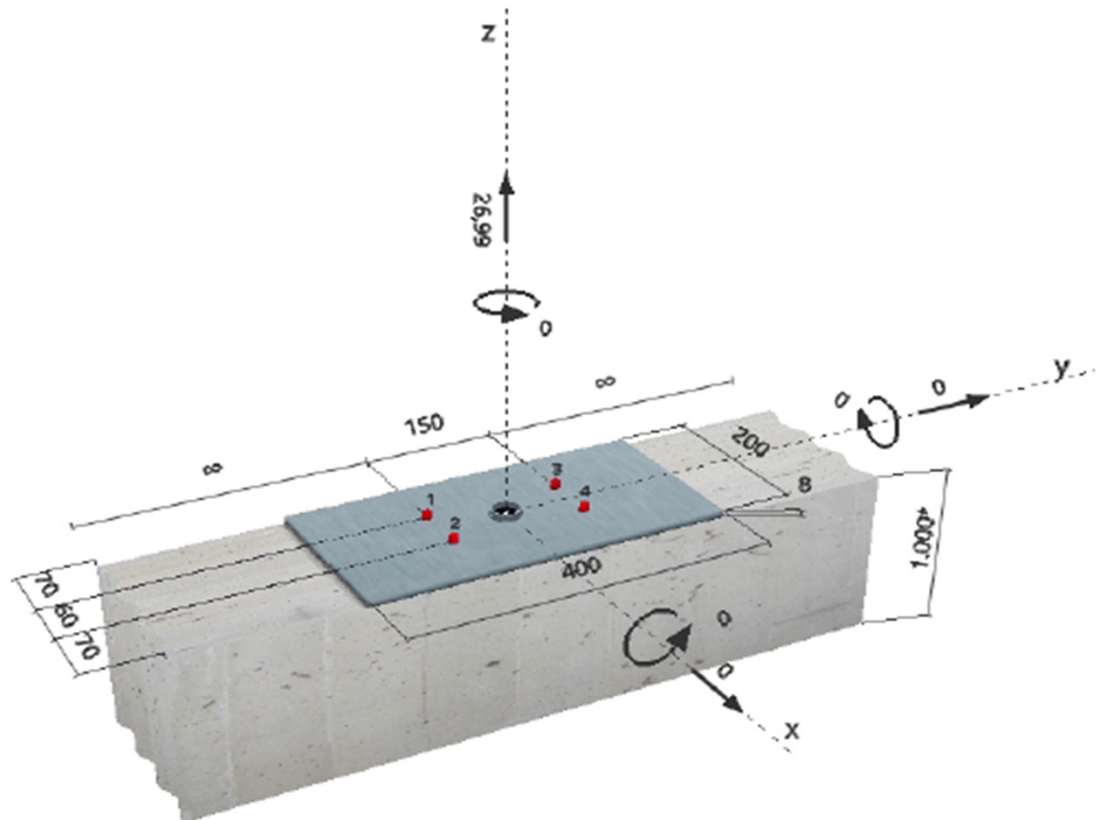
27.11.2018.

**Specifier's comments:**

### 1 Input data

<b>Anchor type and diameter:</b>	<b>HSA-F NG M10 hnom2</b>	
<b>Effective embedment depth:</b>	$h_{ef} = 50 \text{ mm}$ , $h_{nom} = 60 \text{ mm}$	
<b>Material:</b>		
<b>Evaluation Service Report:</b>	ETA 11/0374	
<b>Issued   Valid:</b>	8.8.2016.   -	
<b>Proof:</b>	Design method ETAG (No. 001 Annex C/2010)	
<b>Stand-off installation:</b>	$e_b = 0 \text{ mm}$ (no stand-off); $t = 8 \text{ mm}$	
<b>Anchor plate:</b>	$l_a \times l_p \times t = 200 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ ; (Recommended plate thickness: not calculated)	
<b>Profile:</b>	Pipe; $(L \times W \times T) = 34 \text{ mm} \times 34 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$	
<b>Base material:</b>	uncracked concrete, C25/30, $f_{c,cube} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 1.000 \text{ mm}$	
<b>Installation:</b>	<b>hammer drilled hole, installation condition: Dry</b>	
<b>Reinforcement:</b>	no reinforcement or reinforcement spacing $\geq 150 \text{ mm}$ (any $\emptyset$ ) or $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) no longitudinal edge reinforcement	

**Geometry [mm] & Loading [kN, kNm]**



Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!  
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is a registered Trademark of Hilti AG, Schaan



www.hilti.com

Profis Anchor 2.7.6

Company:

Specifier:

Address:

Phone | Fax:

E-Mail:

Page:

Project:

Sub-Project | Pos. No.:

Date:

2

27.11.2018.

## 2 Load case/Resulting anchor forces

Load case: Design loads

### Anchor reactions [kN]

Tension force: (+Tension, -Compression)

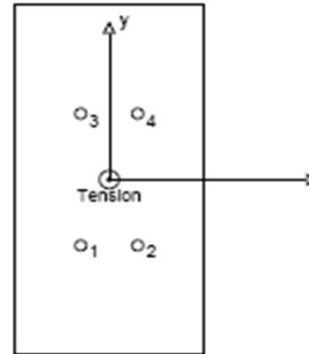
Anchor	Tension force	Shear force	Shear force x	Shear force y
1	6,748	0,000	0,000	0,000
2	6,748	0,000	0,000	0,000
3	6,748	0,000	0,000	0,000
4	6,748	0,000	0,000	0,000

max. concrete compressive strain: - [%]

max. concrete compressive stress: - [N/mm<sup>2</sup>]

resulting tension force in (x/y)=(0/0): 26,990 [kN]

resulting compression force in (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



## 3 Tension load (ETAG, Annex C, Section 5.2.2)

	Load [kN]	Capacity [kN]	Utilization $\beta_{st}$ [%]	Status
Steel Strength*	6,748	19,286	35	OK
Pullout Strength*	N/A	N/A	N/A	N/A
Concrete Breakout Strength**	26,990	34,075	80	OK
Splitting failure**	26,990	28,739	94	OK

\* anchor having the highest loading \*\*anchor group (anchors in tension)

### 3.1 Steel Strength

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{Ms}$	$N_{Ed,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
27,000	1,400	19,286	6,748

### 3.2 Concrete Breakout Strength

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
60,000	22,500	75	150		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rc,N}$
0	1,000	0	1,000	0,980	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc}$	$N_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	
10,100	19,559	1,500	34,075	26,990	

### 3.3 Splitting failure

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{s,sp}$		
72,000	44,100	105	210	1,500		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{rc,N}$	$k_1$
0	1,000	0	1,000	0,900	1,000	10,100
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rk,sp}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]			
19,559	1,500	28,739	26,990			



#### 4 Shear load (ETAG, Annex C, Section 5.2.3)

	Load [kN]	Capacity [kN]	Utilization $\beta_r$ [%]	Status
Steel Strength (without lever arm)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Steel failure (with lever arm)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Pryout Strength*	N/A	N/A	N/A	N/A
Concrete edge failure in direction **	N/A	N/A	N/A	N/A

\* anchor having the highest loading \*\* anchor group (relevant anchors)

#### 5 Displacements (highest loaded anchor)

Short term loading:

$N_{Sk}$  = 4,998 [kN]       $\delta_H$  = 0,647 [mm]

$V_{Sk}$  = 0,000 [kN]       $\delta_V$  = 0,000 [mm]

$\delta_{wV}$  = 0,647 [mm]

Long term loading:

$N_{Sk}$  = 4,998 [kN]       $\delta_H$  = 0,882 [mm]

$V_{Sk}$  = 0,000 [kN]       $\delta_V$  = 0,000 [mm]

$\delta_{wV}$  = 0,882 [mm]

Comments: Tension displacements are valid with half of the required installation torque moment for uncracked concrete! Shear displacements are valid without friction between the concrete and the anchor plate! The gap due to the drilled hole and clearance hole tolerances are not included in this calculation!

The acceptable anchor displacements depend on the fastened construction and must be defined by the designer!

#### 6 Warnings

- The anchor design methods in PROFIS Anchor require rigid anchor plates per current regulations (ETAG 001/Annex C, EOTA TR029, etc.). This means load re-distribution on the anchors due to elastic deformations of the anchor plate are not considered - the anchor plate is assumed to be sufficiently stiff, in order not to be deformed when subjected to the design loading. PROFIS Anchor calculates the minimum required anchor plate thickness with FEM to limit the stress of the anchor plate based on the assumptions explained above. The proof if the rigid base plate assumption is valid is not carried out by PROFIS Anchor. Input data and results must be checked for agreement with the existing conditions and for plausibility!
- Checking the transfer of loads into the base material is required in accordance with ETAG 001, Annex C(2010)Section 7! The software considers that the grout is installed under the anchor plate without creating air voids and before application of the loads.
- The design is only valid if the clearance hole in the fixture is not larger than the value given in Table 4.1 of ETAG 001, Annex C! For larger diameters of the clearance hole see Chapter 1.1. of ETAG 001, Annex C!
- The accessory list in this report is for the information of the user only. In any case, the instructions for use provided with the product have to be followed to ensure a proper installation.

**Fastening meets the design criteria!**

## 7 Installation data

Anchor plate, steel: -  
Profile: Pipe; 34 x 34 x 3 mm  
Hole diameter in the fixture:  $d_f = 12$  mm  
Plate thickness (Input): 8 mm  
Recommended plate thickness: not calculated  
Drilling method: Hammer drilled  
Cleaning: Manual cleaning of the drilled hole according to instructions for use is required.

Anchor type and diameter: HSA-F NG M10 hnom2  
Installation torque: 0,025 kNm  
Hole diameter in the base material: 10 mm  
Hole depth in the base material: 68 mm  
Minimum thickness of the base material: 120 mm

### 7.1 Recommended accessories

#### Drilling

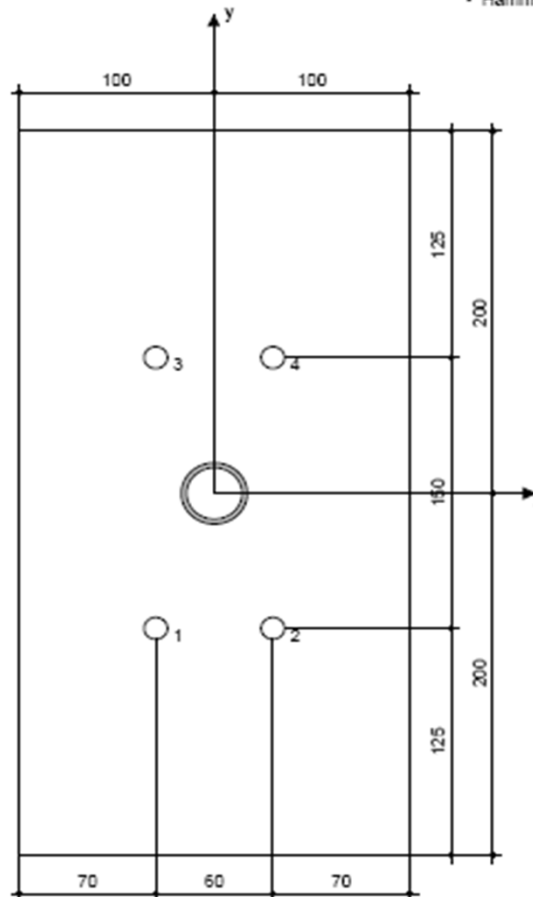
- Suitable Rotary Hammer
- Properly sized drill bit

#### Cleaning

- Manual blow-out pump

#### Setting

- Installation torque control bar with suitable screw driver or torque wrench
- Hammer



Coordinates Anchor [mm]

Anchor	x	y	$c_{ax}$	$c_{ax}$	$c_{ay}$	$c_{ay}$
1	-30	-75	70	130	-	-
2	30	-75	130	70	-	-
3	-30	75	70	130	-	-
4	30	75	130	70	-	-

[www.hilti.com](http://www.hilti.com)

Company:

Specfier:

Address:

Phone | Fax:

E-Mail:

Page:

Project:

Sub-Project | Pos. No.:

Date:

**Profis Anchor 2.7.6**

5

27.11.2018.

## 8 Remarks; Your Cooperation Duties

- Any and all information and data contained in the Software concern solely the use of Hilti products and are based on the principles, formulas and security regulations in accordance with Hilti's technical directions and operating, mounting and assembly instructions, etc., that must be strictly complied with by the user. All figures contained therein are average figures, and therefore use-specific tests are to be conducted prior to using the relevant Hilti product. The results of the calculations carried out by means of the Software are based essentially on the data you put in. Therefore, you bear the sole responsibility for the absence of errors, the completeness and the relevance of the data to be put in by you. Moreover, you bear sole responsibility for having the results of the calculation checked and cleared by an expert, particularly with regard to compliance with applicable norms and permits, prior to using them for your specific facility. The Software serves only as an aid to interpret norms and permits without any guarantee as to the absence of errors, the correctness and the relevance of the results or suitability for a specific application.
- You must take all necessary and reasonable steps to prevent or limit damage caused by the Software. In particular, you must arrange for the regular backup of programs and data and, if applicable, carry out the updates of the Software offered by Hilti on a regular basis. If you do not use the AutoUpdate function of the Software, you must ensure that you are using the current and thus up-to-date version of the Software in each case by carrying out manual updates via the Hilti Website. Hilti will not be liable for consequences, such as the recovery of lost or damaged data or programs, arising from a culpable breach of duty by you.



## 2.4.18. Proračun i dimenzioniranje pleksiglasa

### 1. GEOMETRIJA I STATIČKI SUSTAV

Promatramo pravokutni komad pleksiglasa dimanzija  $b \times h = 1,9 \times 1,13$  m. Pretpostavljeno je da je panel pričvršćen samo na vertikale, a prilikom izvođenja može biti pričvršćen na sve četiri strane.

$$\begin{aligned} t &= 6 && \text{cm} && \text{debljina panela} \\ b &= 190 && \text{cm} && \text{širina panela} \\ h &= 113 && \text{cm} && \text{visina panela} \end{aligned}$$

$$W = b h^2 / 6 = 678 \text{ cm}^3$$

### 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

$$\begin{aligned} g &= 0,72 && \text{kN/m}^2 \\ s &= 0,87 && \text{kN/m}^2 \\ w &= 0,46 && \text{kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= 1,35 \times g + 1,5 \times s + 1,5 \times 0,6 \times w = 2,76 && \text{kN/m}^2 \\ p' &= p \times h = 3,12 && \text{kN/m} \\ M &= p \times b^2 / 8 = 1,41 && \text{kNm} = 140,7 && \text{kNcm} \end{aligned}$$

### 3. MATERIJAL

#### PLEKSIGLAS

$$\begin{aligned} f_{g,k} &= 11 && \text{kN/cm}^2 \\ E &= 300 && \text{kN/cm}^2 \\ \gamma &= 12 && \text{kN/m}^3 \end{aligned}$$

### 4. PROVJERA GRANIČNOG STANJA NOSIVOSTI

$$\begin{aligned} f_{g,d} = f_{g,k} / \gamma_{M,A} &= 55,00 && \text{MPa} = 5,50 && \text{kN/cm}^2 \\ f_{g,k} &= 110 && \text{MPa} = 11,00 && \text{kN/cm}^2 \\ \gamma_{M,A} &= 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{djelovanje} &&& \sigma = M/W &= 0,21 && \text{kN/cm}^2 \\ \text{otpornost} &&& f_d &= 5,50 && \text{kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Uvjet:  $\sigma_d / f_d = 0,04 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

Maksimalna iskoristivost elementa je 3,77 %

### 6. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI

$$\begin{aligned} \text{djelovanje} &&& u_z = 5/384 pb^4/EI &= 0,30 && \text{cm} \\ &&& p &= 2,16 && \text{kN/m} = 0,0216 && \text{kN/cm} \\ &&& I = b h^3/12 &= 4068 && \text{cm}^4 \\ \text{otpornost} &&& u_{dop} = b/250 &= 0,76 && \text{cm} \end{aligned}$$

Uvjet:  $u_z = 0,30 \text{ cm} < u_{dop} = 0,76 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

## 2.4.19. Proračun i dimenzioniranje fasade

### UVOD

Proračun greda izvršen je pomoću programa SCIA Engineer, metodom konačnih elemenata uz sljedeće pretpostavke:

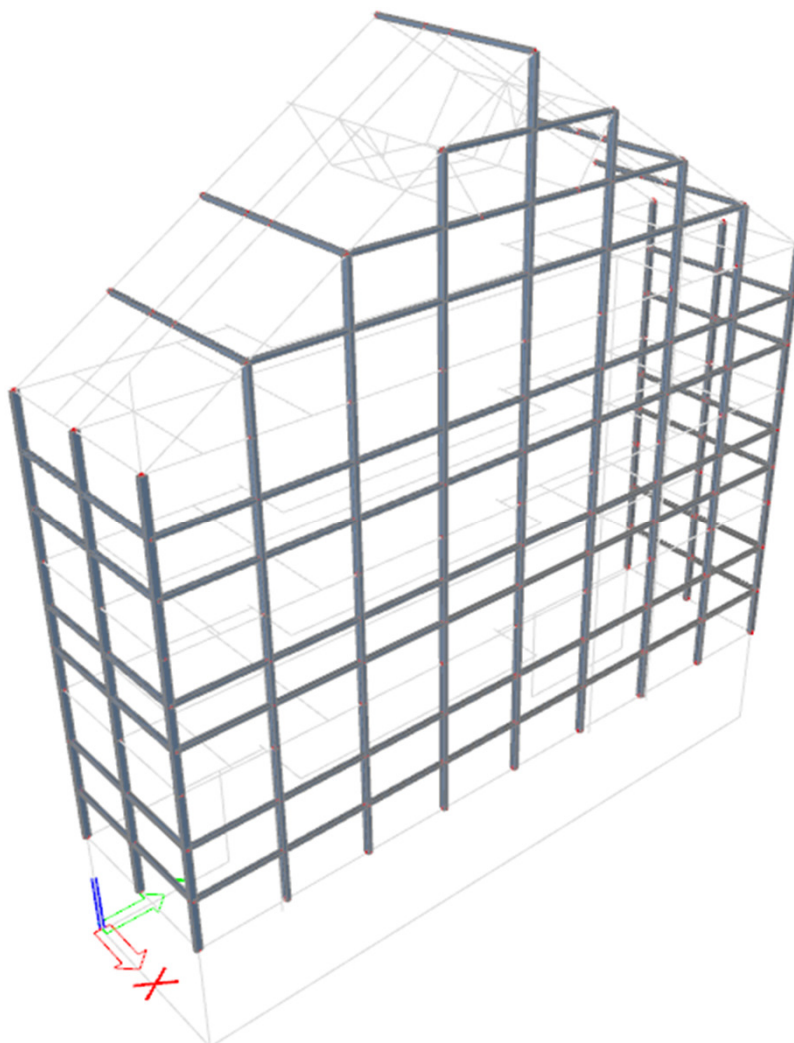
- vertikalni elementi su hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/160/8,8 mm**, dok su horizontalni elementi hladnooblikovane pravokutne cijevi **b/h/t = 80/80/3 mm**
- klasa čelika **S235**
- klasa izvođenja **EXC2**
- klasa izloženosti **C2**

Dimenzioniranje greda provodi se prema EC3 propisima. Vertikalni i horizontalni elementi su međusobno upeti, kako bi smanjili deformacije pleksiglasa. Vertikale se prekidaju na mjestima ploča pozicija 500, 400, 300 i 200. Spoj s pločama 400,300 i 200 je zglobovi, a sa pločom 500 upeti kako bi smanjili pomake.

### PRILOZI

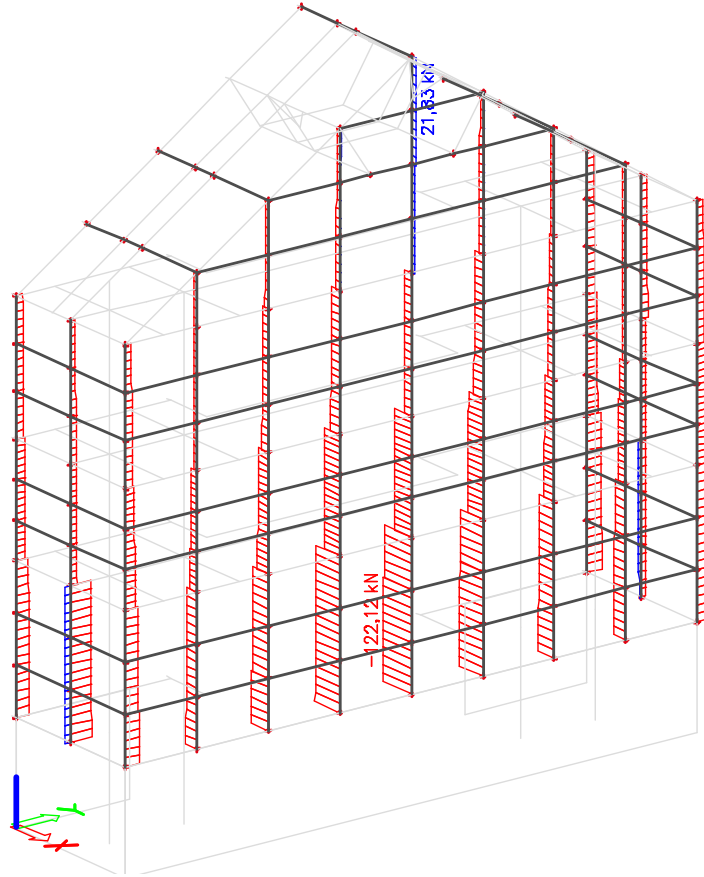
- Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca
- Prilog 2. Prikaz unutarnjih sila u nosačima za ULC
- Prilog 3. Dimenzioniranje vertikalnog elementa
- Prilog 4. Dimenzioniranje horizontalnog elementa

Prilog 1. Prikaz nosivih elemenata i oslonaca

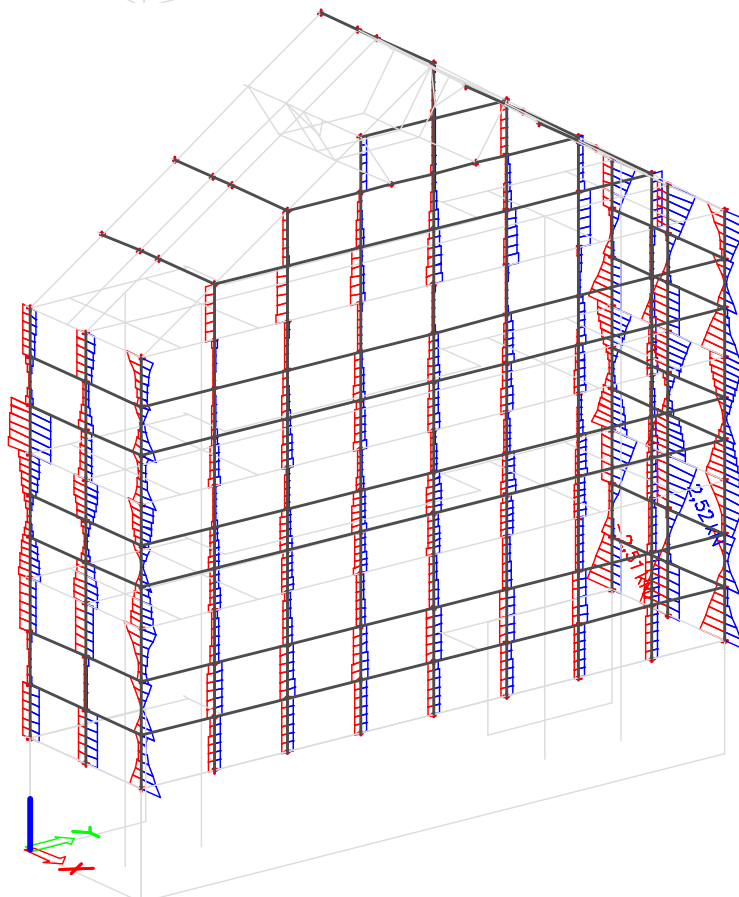


Prilog 2. Prikaz unutarnji sila u nosačima za ULC  
cijev 180x80x8,8

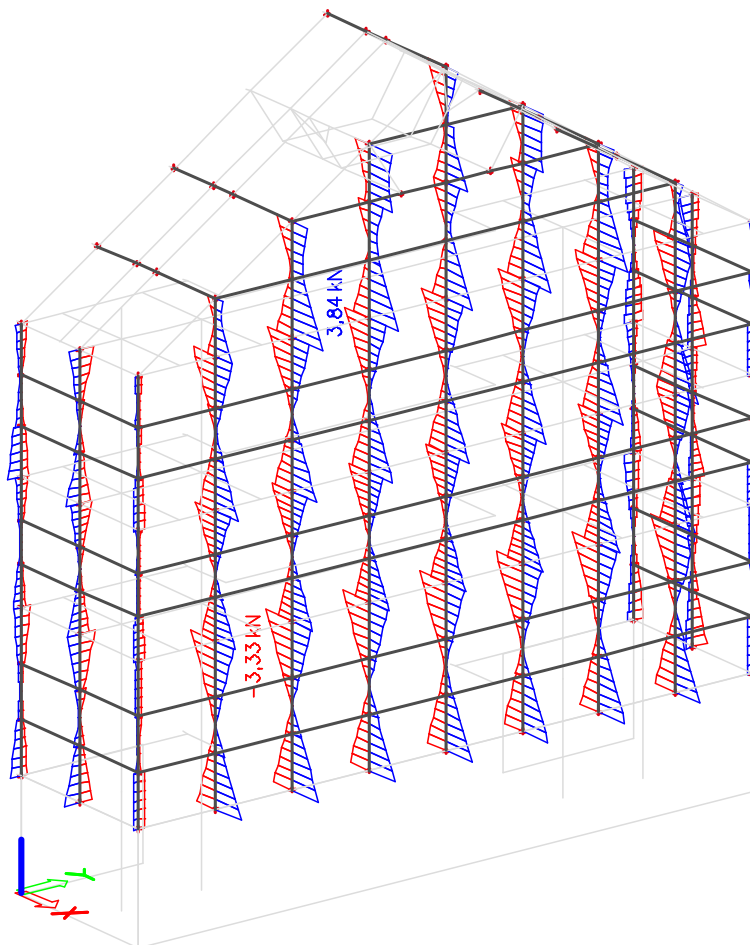
N



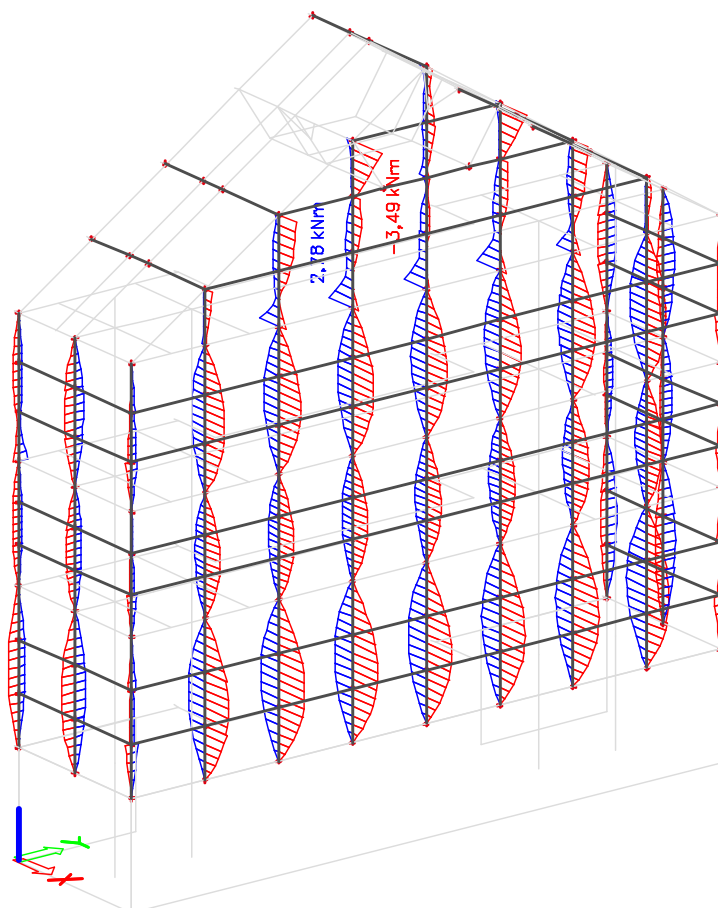
$V_y$



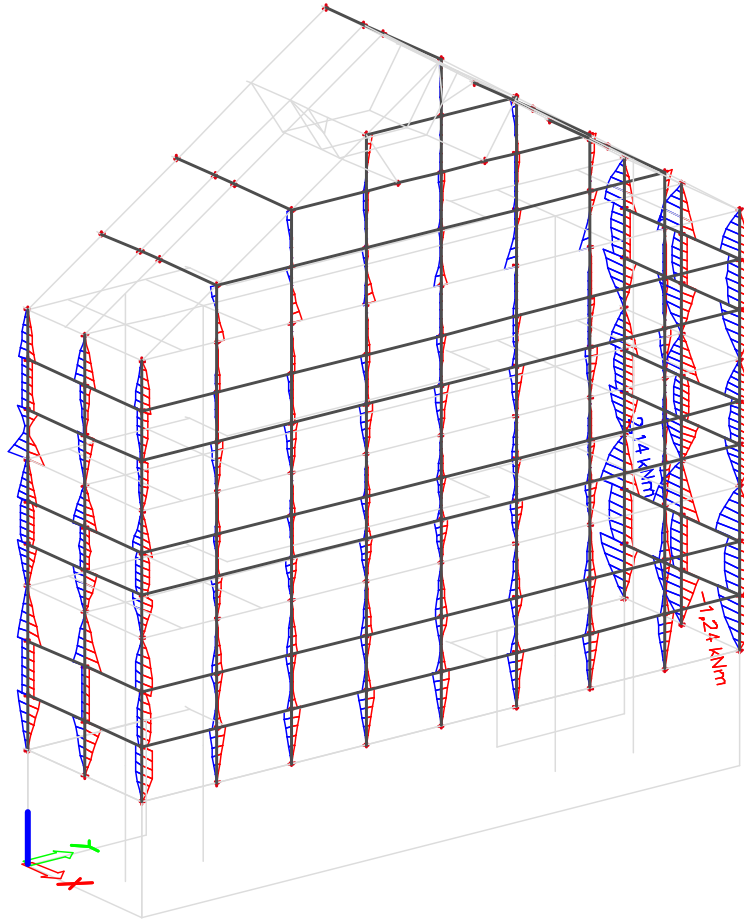
$V_z$



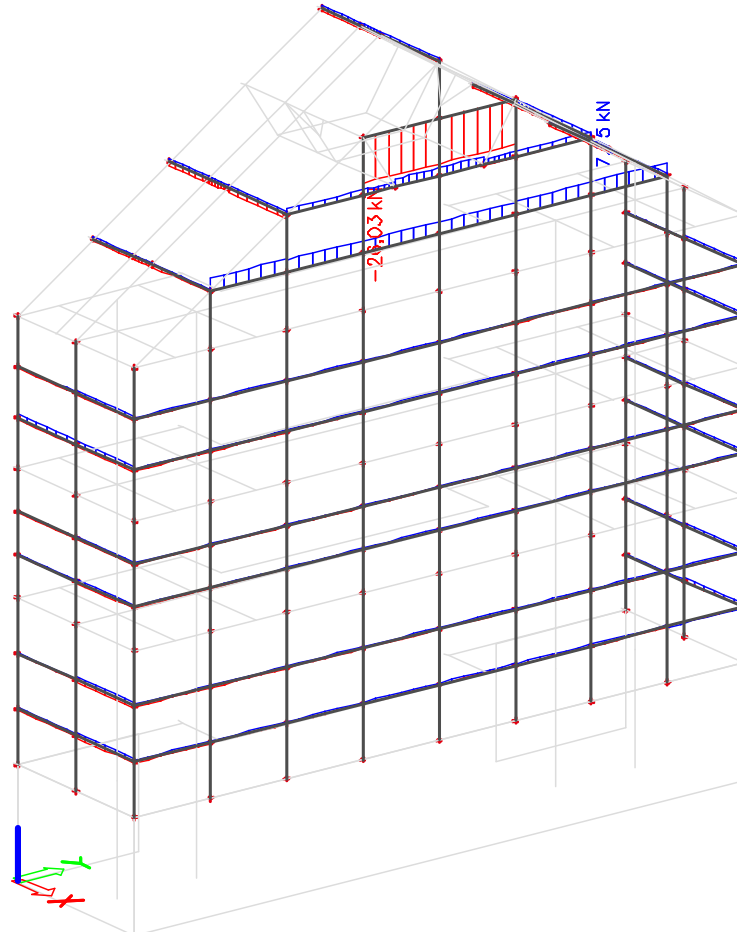
$M_y$



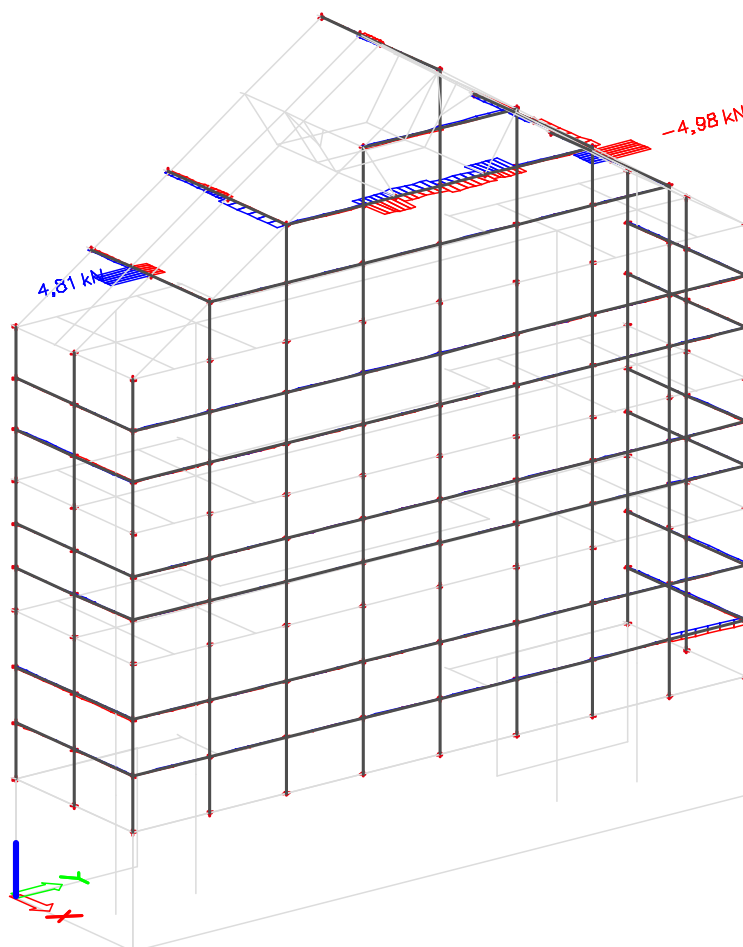
$M_z$



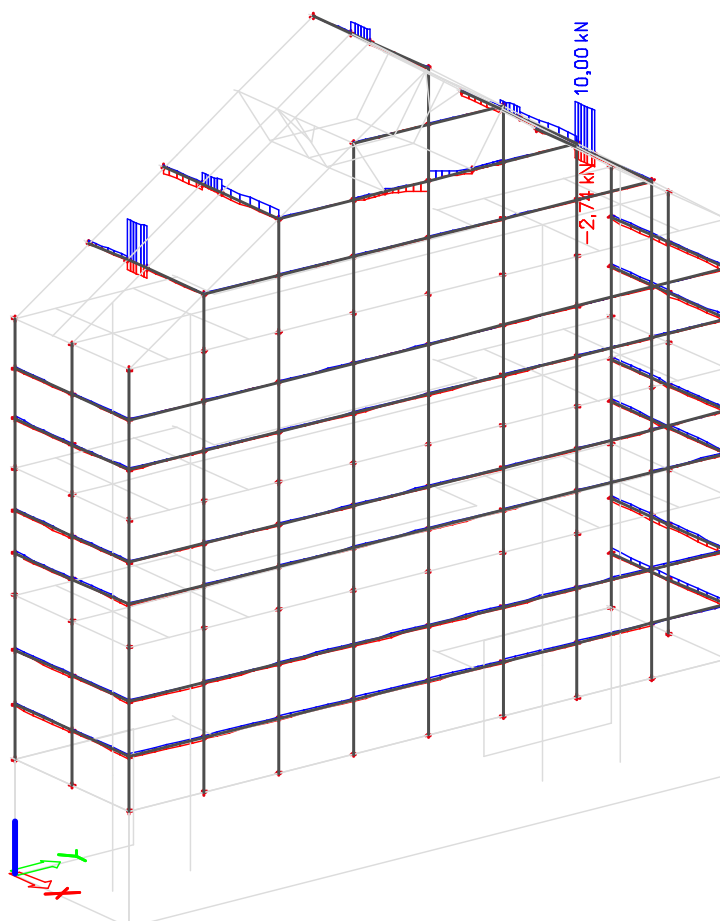
**cijev 80x80x3**  
N



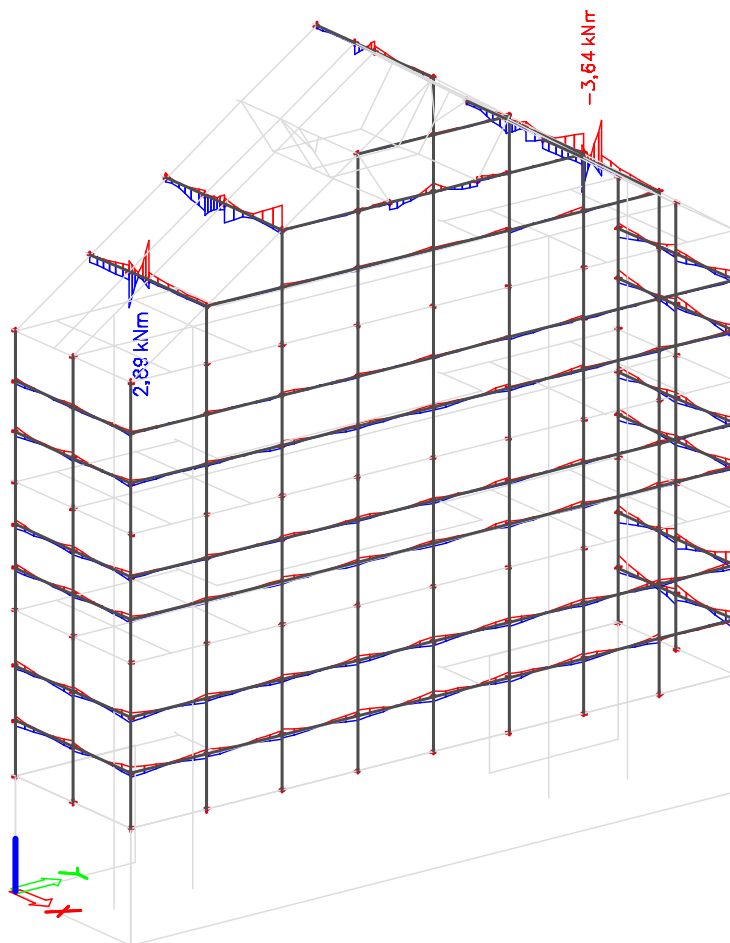
$V_y$



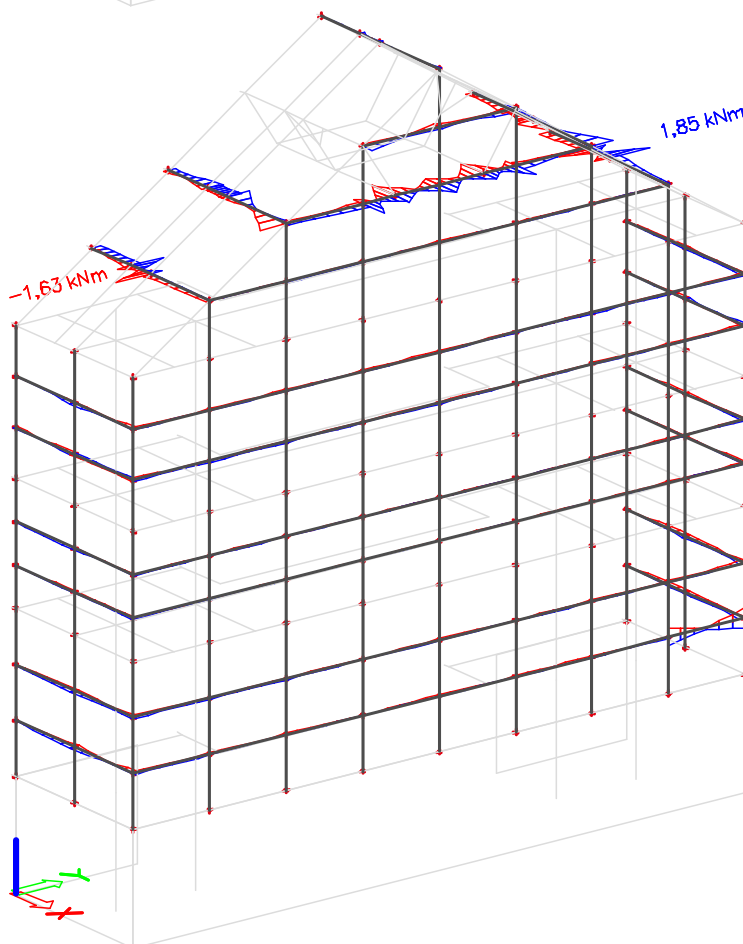
$V_z$



$M_y$



$M_z$



## Prilog 3. Dimenzioniranje vertikalnog elementa

**maksimalni tlak**

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

duljina elementa:  $L = 368,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

**160 x 80 x 8,8**

**hladnodogotovljeni**

visnica profila:

$h = 160,0$  mm

širina profila:

$b = 80,0$  mm

debljina stijenke:

$t = 8,8$  mm

težina po m':

$G = 28,10$  kg/m

površina poprečnog presjeka:

$A = 35,80$  cm<sup>2</sup>

radijus zaobljenja

$r = 26,40$  cm<sup>4</sup>

torzijska konstanta:

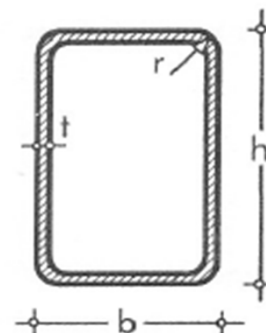
$I_t = 936,0$  cm<sup>4</sup>

moment otpora kod torzije:

$W_t = 189,00$  cm<sup>3</sup>

oplošje:

$A_L = 0,435$  m<sup>2</sup>/m



moment inercije:

$I_y = 1020$  cm<sup>4</sup>

$I_z = 343$  cm<sup>4</sup>

moment otpora:

$W_y = 127$  cm<sup>3</sup>

$W_z = 85,8$  cm<sup>3</sup>

plastični moment otpora:

$W_{pl,y} = 169$  cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z} = 104$  cm<sup>3</sup>

radijus tromosti:

$i_y = 5,34$  cm

$i_z = 3,1$  cm

posmična površina:

$A_{v,z} = 23,88$  cm<sup>2</sup>

$A_{v,y} = 11,94$  cm<sup>2</sup>

### 2. MATERIJAL

ČELIK S 235  $t < 40$  mm

$f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>

$E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>

$\epsilon = 1,00$

$f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>

$G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>

$\nu = 0,3$

Parcijalni faktori:

$\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{M1} = 1,10$

$\gamma_{M2} = 1,25$

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

$V_{z,Ed} = 3,3$  kN

$V_{y,Ed} = 0,1$  kN

moment savijanja:

$M_{y,Ed} = 0,0$  kN

$M_{z,Ed} = 0,0$  kN

uzdužna tlačna sila:

$N_{Ed} = 114,6$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

$c = h - 3t = 133,6$  mm

$c/t = 15,18$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 15,18 < 33\epsilon = 33,0$

Uvjet za klasu 2:  $c/t = 15,18 < 38\epsilon = 38,0$

Uvjet za klasu 3:  $c/t = 15,18 < 42\epsilon = 42,0$

**Hrbat je klase 1.**



Pojasnica:  $c = b - 3t = 53,6$  mm  
 $c/t_f = 6,09$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 6,09 < 33\varepsilon = 33,0$   
Uvjet za klasu 2:  $c/t = 6,09 < 38\varepsilon = 38,0$   
Uvjet za klasu 3:  $c/t = 6,09 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 841,30 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed} / N_{c,Rd} = 0,14 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 3971,50 \text{ kNcm} = 39,7 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 2444,00 \text{ kNcm} = 24,4 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed} / M_{c,z,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 142,4 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 16,18 < 72\varepsilon / \eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_V = Ah / (b+h) = 23,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 323,8 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed} / V_{pl,z,Rd} = 0,01 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 62,4 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 7,09$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 11,9 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 161,9 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,00$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,14$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 3,3 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 161,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
-----------------------------	---	--------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 114,6 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 210,3 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 114,6 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 147,2 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 45,7 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 39,7 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,136$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,607 > 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,00$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------

## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 368,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 368,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 1561,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 524,9 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,734$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 1,266$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,900$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,703$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 1,56$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,404$$

$$\chi_{min} = 0,404$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 308,6 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,37 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (k L_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w / I_z) + (k L_{cr,LT})^2 G I_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 Z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 Z_q = 180330,4 \text{ kNcm}$$

$$= 1803,30 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 368,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = -8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0 \quad k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578 \quad C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:


$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,148 < \lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,491$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,042 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 3610,5 \text{ kNcm} = 36,1 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,5$$

$$\psi = 0,0$$

$$\begin{matrix} C_{my} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \\ C_{mz} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \\ C_{mLT} = 0,2 + 0,8\alpha_h = 0,6 & \geq & 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,67 < 0,70$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 1,03 > 0,91$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,55$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$0,87 > 0,89$$

Interakcijski izrazi:

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

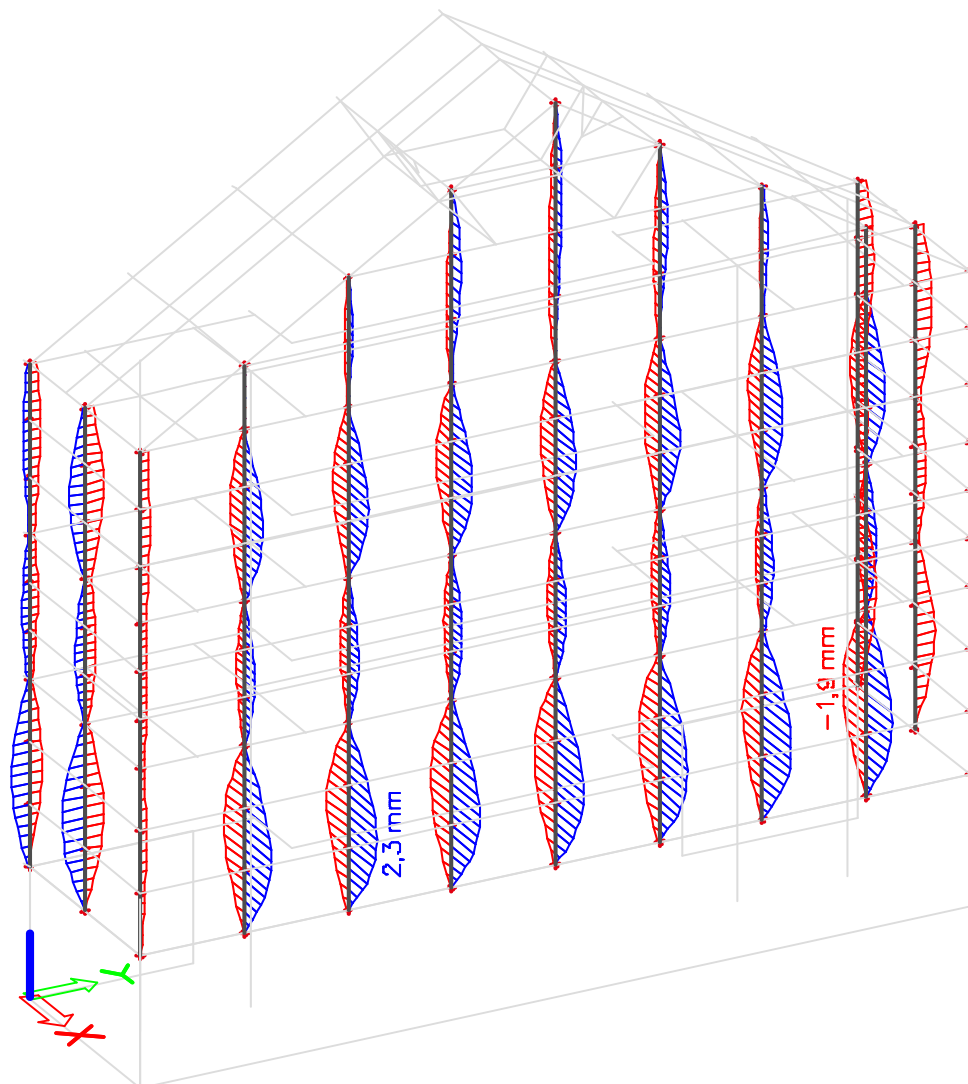
$$0,21 + 0,00 + 0,00 = 0,21 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,37 + 0,00 + 0,00 = 0,37 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **37,15 %**.

## 7. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI



$$L = 368,0 \text{ cm}$$

$$u_{\text{dop}} = L/250 = 1,47 \text{ cm}$$

Uvjet:  $u = 0,23 \text{ cm} < u_{\text{dop}} = 1,47 \text{ cm}$  Uvjet je zadovoljen.

## Prilog 4. Dimenzioniranje horizontalnog elementa

### 1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

 duljina elementa:  $L = 65,000$  cm

poprečni presjek:

tip profila:

visnica profila:

širina profila:

debljina stijenske:

težina po m':

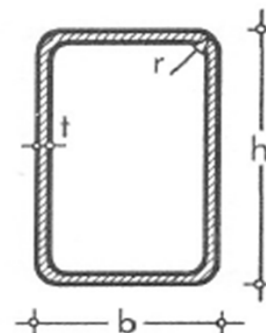
površina poprečnog presjeka:

**80 x 80 x 3**  
**hladnodogotovljeni**
 $h = 80,0$  mm

 $b = 80,0$  mm

 $t = 3,0$  mm

 $G = 7,07$  kg/m

 $A = 9,01$  cm<sup>2</sup>


torzijska konstanta:

moment otpora kod torzije:

plošje:

 $I_t = 140,0$  cm<sup>4</sup>
 $W_t = 35,60$  cm<sup>3</sup>
 $A_L = 0,310$  m<sup>2</sup>/m

moment inercije:

moment otpora:

plastični moment otpora:

radijus tromosti:

 $I_y = 87,8$  cm<sup>4</sup>
 $W_y = 22$  cm<sup>3</sup>
 $W_{pl,y} = 25,8$  cm<sup>3</sup>
 $i_y = 3,12$  cm

 $I_z = 87,8$  cm<sup>4</sup>
 $W_z = 22$  cm<sup>3</sup>
 $W_{pl,z} = 25,8$  cm<sup>3</sup>
 $i_z = 3,12$  cm

### 2. MATERIJAL

 ČELIK S 235  $t < 40$  mm

 $f_y = 23,50$  kN/cm<sup>2</sup>
 $f_u = 36,00$  kN/cm<sup>2</sup>
 $E = 21000$  kN/cm<sup>2</sup>
 $G = 8100$  kN/cm<sup>2</sup>
 $\epsilon = 1,00$ 
 $\nu = 0,3$ 

Parcijalni faktori:

 $\gamma_{M0} = 1,00$ 
 $\gamma_{M1} = 1,10$ 
 $\gamma_{M2} = 1,25$ 

### 3. UČINCI DJELOVANJA (UNUTRAŠNJE SILE)

poprečna sila:

moment savijanja:

uzdužna tlačna sila:

 $V_{z,Ed} = 10,0$  kN

 $M_{y,Ed} = 3,6$  kN

 $N_{Ed} = 0,7$  kN

 $V_{y,Ed} = 5,0$  kN

 $M_{z,Ed} = 1,8$  kN

### 4. KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

Hrbat:

 $c = h - 3t = 71,0$  mm

 $c/t = 23,67$ 

Uvjet za klasu 1:

 $c/t = 23,67 < 33\epsilon = 33,0$ 

Uvjet za klasu 2:

 $c/t = 23,67 < 38\epsilon = 38,0$ 

Uvjet za klasu 3:

 $c/t = 23,67 < 42\epsilon = 42,0$ 

Hrbat je klase 1.

Pojasnica:  $c = b - 3t = 71 \text{ mm}$   
 $c/t_f = 23,67$

Uvjet za klasu 1:  $c/t = 23,67 < 33\varepsilon = 33,0$   
 Uvjet za klasu 2:  $c/t = 23,67 < 38\varepsilon = 38,0$   
 Uvjet za klasu 3:  $c/t = 23,67 < 42\varepsilon = 42,0$

Pojasnica je klase 1.

Poprečni presjek je klase 1.

## 5. OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

### 5.1. Otpornost poprečnog presjeka u tlaku

$$N_{c,Rd} = Af_y/\gamma_{M0} = 211,74 \text{ kN}$$

Uvjet:  $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0,00 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.2. Otpornost poprečnog presjeka na savijanje

#### 5.2.1. Savijanje oko osi y-y

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{y,Ed}/M_{c,y,Rd} = 0,60 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

#### 5.2.2. Savijanje oko osi z-z

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} f_z / \gamma_{M0} = 606,30 \text{ kNcm} = 6,1 \text{ kNm}$$

Uvjet:  $M_{z,Ed}/M_{c,z,Rd} = 0,30 < 1,0$  Uvjet je zadovoljen.

### 5.3. Posmična otpornost poprečnog presjeka

#### 5.3.1. U smjeru osi z

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$h_w = h - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$


$$\eta = 1,2$$

Uvjet:  $h_w / t = 24,67 < 72\varepsilon/\eta = 60,0$  Uvjet je zadovoljen.  
 Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.

Posmična površina:  $A_v = Ah/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:  $V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,16 < 1,00$  Uvjet je zadovoljen.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 5.3.2. U smjeru osi y

Provjera izbočavanja hrpta na posmik:

$$b_w = b - 2t_f = 74,0 \text{ mm}$$

$$\eta = 1,2$$

Uvjet:	$b_w / t = 24,67$	<	$72\varepsilon/\eta = 60,0$	Uvjet je zadovoljen.
Nije potrebna provjera izbočavanja hrpta na posmik.				

Posmična površina:  $A_V = Ab/(b+h) = 4,5 \text{ cm}^2$

$$V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} (f_y / 3^{1/2}) / \gamma_{M0} = 61,1 \text{ kN}$$

Uvjet:	$V_{Ed}/V_{pl,z,Rd} = 0,08$	<	1,00	Uvjet je zadovoljen.
--------	-----------------------------	---	------	----------------------

### 5.4. Interakcija M-V-N

$$(M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd})^\beta \leq 1,0 \quad \text{gdje je: } \alpha = \beta = 1,66/(1-1,13n^2) = 1,7 \leq 6,0$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,00$$

Poprečna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

$V_{z,Ed} = 10,0 \text{ kN}$	<	$0,5 V_{pl,z,Rd} = 30,6 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
------------------------------	---	-------------------------------------	---

Uzdužna sila:

Uvjet nereduciranja plastične otpornosti savijanja:

1.) $N_{Ed} = 0,7 \text{ kN}$	<	$0,25 N_{pl,Rd} = 52,9 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.
2.) $N_{Ed} = 0,7 \text{ kN}$	<	$0,5 h_w t_w f_y / \gamma_{M0} = 26,1 \text{ kN}$	Nema redukcije otpornosti na savijanje.

Redukcija plastične otpornosti savijanja:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n)/(1-0,5a_w) = 7,9 \text{ kNm} > M_{pl,y,Rd} = 6,1 \text{ kNm}$$

gdje je:

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0,003$$

$$a = (A-2bt_f)/A = 0,467 < 0,5$$

Uvjet:	$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0,60$	<	1,0	Uvjet je zadovoljen.
--------	------------------------------	---	-----	----------------------



## 6. OTPORNOST ELEMENTA IZLOŽENOG DJELOVANJU UZDUŽNE SILE I MOMENTA SAVIJANJA

### 6.1. Konstrukcijski element u tlaku

duljine izvijanja:

$$L_{cr,y} = 65,000 \text{ cm}$$

$$L_{cr,z} = 65,000 \text{ cm}$$

kritične sile izvijanja:

$$N_{cr,y} = \pi^2 EI_y / l_{cr,y}^2 = 4307,1 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 EI_z / l_{cr,z}^2 = 4307,1 \text{ kN}$$

bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_y = (Af_y / N_{cr,y})^{1/2} = 0,222$$

$$\lambda_z = (Af_z / N_{cr,z})^{1/2} = 0,222$$

mjerodavne linije izvijanja:

toplo dogotovljeni

os y-y → krivulja izvijanja c → α = 0,49

os z-z → krivulja izvijanja c → α = 0,49

Određivanje faktora redukcije χ:

$$\Phi_y = 0,5[1 + \alpha(\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,530$$

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + (\Phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}) = 0,989$$

$$\Phi_z = 0,5[1 + \alpha(\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,53$$

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + (\Phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}) = 0,989$$

$$\chi_{min} = 0,989$$

Otpornost na izvijanje:

$$N_{b,Rd} = \chi_{min} A f_y / \gamma_{M1} = 190,4 \text{ kN}$$

Uvjet:

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} = 0,00 < 1,00$$

Uvjet je zadovoljen.

### 6.2. Otpornost elementa na savijanje

Elastični kritični moment bočnog torzijskog izvijanja

$$M_{cr} = C_1 \pi^2 EI_z / (kL_{cr,LT})^2 \left( (k/k_w)^2 (I_w / I_z) + (kL_{cr,LT})^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 z_q)^2 \right)^{1/2} - C_2 z_q = 88931,4 \text{ kNcm}$$

$$= 889,31 \text{ kNm}$$

gdje je: razmak točaka bočnog pridržanja:

$$L_{cr,LT} = 65,0 \text{ cm}$$

mjesto unosa sile:

$$z_g = h/2 = 8,00 \text{ cm}$$

faktori efektivne dužine:

$$k = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

faktori ovisni o uvjetima opterećenja:

$$C_1 = 2,578$$

$$C_2 = 1,554$$

Bezdimenzijska vitkost:

$$\lambda_{LT} = (W_y f_y / M_{cr})^{1/2} = 0,083$$

<


$$\lambda_{LT,0} = 0,4$$

Mjerodavna linija izvijanja:

toplo dogotovljeni

krivulja izvijanja d

$$\alpha = 0,76$$

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Određivanje faktora redukcije  $\chi_{LT}$  (opći slučaj):

$$\Phi_{LT} = 0,5(1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2) = 0,459$$

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + (\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)^{1/2}) = 1,099 > \chi_{LT,max} = 1,0$$

Računska otpornost:  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1} = 551,2 \text{ kNcm} = 5,5 \text{ kNm}$

Uvjet:  $M_{Ed} / M_{b,Rd} = 0,66 < 1,0$  **Uvjet je zadovoljen.**

### 6.3. Interakcija momenta savijanja i uzdužne sile

Vrijednosti interakcijskih faktora  $k_{ij}$  određuju se primjenom Metode 2, dane u EN 1993-1-1 u Dodatku B. Konstrukcijski element je bočno i torzijski nepridržan i stoga je osjetljiv na torzijske deformacije. Prema tome, interakcijski faktori određuju se prema tablicama B.2. i B.1. danim u EN 1993-1-1.

Određivanje  $c_{mi}$ :

- za zadanu raspodjelu opterećenja

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0,0$$

$$\psi = -0,8$$

$$\begin{matrix} C_{my} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,28 < 0,4 \\ C_{mz} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,28 < 0,4 \\ C_{mLT} = 0,6 + 0,4\Psi = 0,28 < 0,4 \end{matrix}$$

Određivanje interakcijskih faktora  $k_{ij}$ :

$$k_{yy} = C_{my}(1 + (\lambda_y - 0,2)N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{my}(1 + 0,8N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{yy} = 0,40 > 0,28$$

$$k_{zz} = C_{mz}(1 + (2\lambda_z - 0,6)N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})) \leq C_{mz}(1 + 1,4N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))$$

$$k_{zz} = 0,40 < 0,40$$

$$k_{yz} = 0,6 k_{zz} = 0,24$$

$$k_{zy} = (1 - (0,1\lambda_z / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}))) \geq (1 - (0,1 / (C_{mLT} - 0,25))(N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1})))$$

$$1,00 \geq 1,00$$

Interakcijski izrazi:


$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,17 + 0,08 = 0,25 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1})$$

$$0,00 + 0,60 + 0,13 = 0,74 < 1,00 \text{ Uvjet je zadovoljen.}$$

Maksimalna iskoristivost elementa je **73,80 %**.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 3. OPĆI TEHNIČKI UVJETI IZVOĐENJA RADOVA TE PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

#### 3.1. Opći tehnički uvjeti izvođenja radova

Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu, a koji su neophodni za potpuno dovršenje predmetne građevine.

Primjena ovih Tehničkih uvjeta je obvezna. Ovi tehnički uvjeti izrađeni su sukladno Zakonu o gradnji te su svi sudionici dužni pridržavati se odredbi ovog zakona.

U slučaju nesuglasnosti građevnog proizvoda s tehničkim specifikacijama za taj proizvod i/ili projektom određenog materijala, proizvođač građevnog proizvoda odnosno izvođač mora odmah prekinuti proizvodnju i poduzeti mjere radi utvrđivanja i otklanjanja grešaka koje su nesukladnosti uzrokovale.

#### INVESTITOR

Investitor je dužan:

1. projektiranje, građenje i nadzor provjeriti osobama ovlaštenima za tu djelatnost
2. riješiti osiguranje zemljišta te sve imovinsko-pravne odnose
3. prije gradnje ishoditi građevinsku dozvolu
4. osigurati stručni nadzor nad građenjem
5. po završetku gradnje poduzeti potrebne radnje za obavljanje tehničkog pregleda i ishođenje uporabne dozvole
6. prodržavati se ostalih ovbeza po navedenom zakonu

#### IZVOĐAČ

Izvođač je dužan:

1. radove izvoditi prema ugovoru u skladu s građevinskom dozvolom i drugim dokumentima
2. radove izvoditi prema projektima za koje je izdana građevinska dozvola, a u skladu s tehničkim propisima i pravilima struke
3. organizirati kontrolu radova
4. radove izvoditi na način da zadovolje svojstva u smislu pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti za slučaj požara, zaštite zdravlja ljudi, zaštite korisnika od povrede, zaštite od buke i vibracija, toplinske zaštite i uštede energije, zaštite od korozije te ostala funkcionalna i zaštotna svojstva
5. ugrađivati materijale, opremu i proizvode predviđene projektom, provjerene u praksi, a čija je kvaliteta dokazana certifikatima i tehničkim dopuštjenjima sukladno važećim propisima i normama
6. osigurati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme, statistički obrađenim rezultatima obavljenih ispitivanja i na drugi način, te certifikatima izdanim prema važećim tehničkim propisima i svim uvjetima danim u ovom poglavlju
7. izvođač je dužan odrediti voditelja građenja na objektu, a prema potrebi i za pojedine vrste radova
8. izraditi program popravaka eventualnih oštećenja pojedinih elemenata konstrukcije i predložiti ga nadzoru i projektantu konstrukcije na odobrenje
9. osigurati ili izraditi svu dokumentaciju navedenu u točki 10.
10. da bi se osigurao ispravan tok i kvaliteta gradnje, izvođač na gradilištu mora posjedovati:
  - i. lokacijsku (ako je potrebna) i građevinsku dozvolu
  - ii. projektnu dokumentaciju potrebnu za izvođenje (ovjereni glavni i izvedbeni projekt)
  - iii. projekt pripremnih radova i organizacije gradilišta
  - iv. projekt tehnologije i izvođenja pojedinih radova
  - v. projekt zaštite gradilišta, radova u izgradnji, sigurnosti ljudi i zaštite na radu
  - vi. zapisnik o iskolčenju objekta i način osiguranja stalnih točaka iskolčenja
  - vii. uredno vođen građevinski dnevnik
  - viii. dokumentaciju kojom se dokazuje tražena kvaliteta gradova, konstrukcije i ugrađenog materijala i opreme (potvrde o sukladnosti, uvjerenja, certifikati, jamstveni listovi i sl.) a posebno Program ispitivanja kvalitete ugrađenog betona i Izvještaje betona od strane ovlaštene institucije, Potvrdu o sukladnosti čeličnih elemenata konstrukcije te dokaze kvalitete spojeva te Izvještaje o svim ostalim ispitivanjima koja su provedena po nalogu nadzornog inženjera ili bez njegovog naloga, a koji su potrebni radi dokazivanja kvalitete izvođenih radova

## 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.


**Projektirana zgrada pripada razredu nadzora 2 prema HRN EN 13670.**

Tablica G.1 – Smjernica za odabir razreda nadzora

Predmet	Razred nadzora 1	Razred nadzora 2	Razred nadzora 3
Vrsta građevine	– Zgrade ≤ 2 kata	– Obični mostovi – Zgrade > 2 kata	– Posebni mostovi – Visoke zgrade – Visoke brane – Zgrade nuklearnih reaktora – Spremnici
Vrsta konstrukcijskih elemenata	– Armiranobetonske grede i ploče s rasponima <10 m – Jednostavni zidovi i stupovi – Jednostavne konstrukcije temelja	– Armiranobetonske grede i ploče s rasponima >10 m – Vitki zidovi i stupovi – Glave pilota – Lukovi < 10 m	– Armiranobetonski lukovi i svodovi – Elementi pod visokim tlakom – Vrlo osjetljivi i komplicirani temelji – Lukovi > 10 m
Vrsta upotrijebljenih materijala/tehnologija	– Konstrukcije od predgotovljenih elemenata	– Konstrukcije od predgotovljenih elemenata	– Konstrukcije od predgotovljenih elemenata – Posebne tolerancije
Beton prema nacrtu norme prEN 206:1997:			
– razred čvrstoće	do i uključujući C25/30	bilo koji razred čvrstoće	bilo koji razred čvrstoće
– razred izloženosti	X0, XC1, XC2, XA1, XF1	bilo koji razred izloženosti	bilo koji razred izloženosti
Armatura	Obična	Obična i za prednapinjanje	Obična i za prednapinjanje

Tablica 3 – Zahtjevi za planiranje, nadzor i dokumentiranje

Predmet	Razred nadzora 1	Razred nadzora 2	Razred nadzora 3
Planiranje nadzora		Plan nadzora, postupci i upute prema specifikaciji Aktivnosti u slučaju nesukladnosti	Plan nadzora, postupci i upute prema specifikaciji Aktivnosti u slučaju nesukladnosti
Nadzor	Temeljni nadzor	Temeljni i slučajni detaljni nadzor	Detaljni nadzor svakoga betoniranja
Dokumentacija	Zapisi o svim neuobičajenim događajima Izveštaji o svim nesukladnostima i popravnim mjerama	Svi planski dokumenti Zapisi svih nadzora Izveštaji o svim nesukladnostima i popravnim mjerama	Svi planski dokumenti Zapisi svih nadzora Izveštaji o svim nesukladnostima i popravnim mjerama

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## MJERE U SLUČAJU NESUKLADNOSTI

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

Kada je nesuglasnost potvrđena, treba istražiti sljedeće:

- ujecaj nesuglasnosti na izvedbu i uporabu
- mjere potrebne da bi se nesukladni element ili dio konstrukcije učinio prihvatljivima
- potrebu zabrane i zamjene nepopravljivog nesukladnog elementa ili dijela konstrukcije

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

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 elemenata nakon popravka trebaju dati nadzorni inženjer i ovlaštena institucija koja je utvrdila veličinu nesukladnosti i uvjetovala popravak. Popravak mora biti u skladu s projektnim specifikacijama. Dokumentaciju postupka i materijala koji će se upotrijebiti treba prije popravka odobriti nadzorni inženjer.

## KONTROLNA ISPITIVANJA

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala koji se ugrađuju u građevinu mora se cijelo vrijeme građenja voditi evidencija te napraviti izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala sukladno projektu, ovim uvjetima ili pravnicima i normama.


Izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala mora sadržavati sljedeće dijelove:

1. naziv materijala, laboratorijsku oznaku uzorka, količinu uzorka, namjenu materijala, mjesto, vrijeme i datum uzimanja uzora te izvršenih ispitivanja, podatke o proizvođaču i investitoru, podatke o građevini za koju se uzimaju uorci odnosno vrši ispitivanje
2. prikaz svih rezultata, laboratorijski i terenskih ispitivanja za koja se izdaje uvjerenje odnosno ocjena kvalitete
3. ocjenu kvalitete i mišljenje o uporabivosti mateijala za primjenu na navedenoj građevini te rok do kojeg vrijedi izvješće

Uzimanje uzoraka i rezultati laboratorijskih ispitivanja moraju se upisivati u laboratorijsku i gradilišnu dokumentaciju.

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

Sva izvješća, potvrde sukladnosti, certifikate i drugi dokazi kvalitete moraju se odmah po dobivanju dostaviti i nadzornom inženjeru.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
	<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 3.2. Tehnički uvjeti za betonsku i armiranobetonsku konstrukciju

#### MATERIJALI


Na osnovu rezultata početnih ispitivanja sastojaka i svojstava betona potrebno je odabrati isporučioce sastojaka. Gotovi građevni proizvodi koji se odabiru moraju imati popratne certifikate suglasnosti i izjave suglasnosti proizvođača. Odabrani cement, agregat i voda moraju zadovoljavati uvjete propisane važećim propisima i normama. Za proizvodnju betona smiju se upotrebljavati samo sastojci betona koji imaju propisanu deklaraciju i certifikat o sukladnosti s odgovarajućim specifikacijama. Vrste i učestalost nadzora i kontrole ispitivanja opreme i sastojaka betona potrebno je provoditi prema važećim propisima i normama.

Za izradu betonskih i armiranobetonskih elemenata smije se upotrebljavati samo cement čija su osnovna svojstva, uvjetovana propisima odgovarajućih standarda, prethodno dokazana. Prethodna ispitivanja i dokaze podobnosti cementa za betonske radove obavlja institucija ovlaštena za poslove provođenja dokaza sukladnosti kvalitete cementa. Prethodni dokaz kvalitete mora se pribaviti za svaku vrstu i razred cementa pri čemu se pod vrstom cementa podrazumijeva cement određene oznake i određenog proizvođača. Na prijedlog Izvođača, odluku o vrsti cementa donosi Projektant ili nadzorni inženjer i to na temelju prethodnih ispitivanja i certifikata ovlaštene ustanove. Izvođač je dužan od proizvođača pribaviti odgovarajuću atestnu dokumentaciju i istu predložiti nadzornom inženjeru. Cement mora odležati najmanje tri mjeseca od dana proizvodnje, pri čemu isti treba biti zaštićeni od djelovanja vlage za vrijeme transporta i skladištenja. Predmetnim projektom zahtijeva se da cement mora biti razreda minimalno tlačne čvrstoće 42.5N, a sukladno važećim propisima i normama.

Tehnička svojstva agregata za proizvodnju betona, ovisno o porijeklu te opći i posebni zahtjevi bitni za krajnju namjenu u betonu, moraju biti specifikirani prema važećim propisima i normama. Razred kvalitete i sva svojstva agregata kao i potvrđivanje sukladnosti agregata određuju se prema važećim propisima i normama te odredbama posebnih propisa. Agregat je potrebno proizvesti od zdravog i čvrstog stjenovitog materijala, otpornog na vremenske utjecaje. Količinu komponenti, koje zbog mineraloško-petroloških značajki mogu ugroziti kvalitetu ili izgled betona (dovesti do alkalno-agregatne reakcije) potrebno je ustanoviti ispitivanjem agregata, kako bi se dokazala njegova podobnost za korištenje pri izradi betona. Agregat različitih tipova treba skladištiti odvojeno, na tvrdoj podlozi i zaštićeno, pri čemu ne smije doći do onečišćenja istog. Kontrola agregata prije proizvodnje betona provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda kao i u betonari na gradilištu, prema važećim propisima i normama.

Ukoliko se za krajnju namjenu u betonu koristi voda iz javnog vodovoda, ista se smije upotrijebiti bez potrebe dokazivanja uporabljivosti. Ukoliko se koristi pitka klorirana voda, ona mora biti ispitana s obzirom na ograničenje količine kloridnih iona u armiranom betonu od 0.2% na masu cementa. Ako se pak za pripremanje betona koristi voda koja nije pitka (postojanje soli, sadržaj organskih tvari i sl.), Izvođač je dužan prethodno dokazati uporabljivost te vode sukladno važećim propisima i normama te isti dokaz načiniti najmanje jednom svaka tri mjeseca. Voda ne smije sadržavati nikakve sastojke koji bi mogli ugroziti kvalitetu ili izgled betona (ili morta). Isto vrijedi i za vodu za njegovanje svježeg betona i ziđa. Kontrola vode prije proizvodnje betona provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda kao i u betonari na gradilištu (prije prve upotrebe), prema važećim propisima i normama.

Opća prikladnost kemijskih i mineralnih dodataka betonu utvrđuje se ispitivanjem sukladno važećim propisima i normama. Za konkretnu primjenu kemijskog i/ili mineralnog dodatka, Izvođač je dužan pribaviti certifikat prije početka prethodnih ispitivanja. Uz svaki dodatak betonu mora biti priložen certifikat sa sljedećim informacijama: ime proizvoda, tip proizvoda, glavni učinak, boja, općenito aktivne komponente gustoća u kg/l, sadržaj krute tvari u %, ekvivalent  $\text{Na}_2\text{O}$  u %, sadržaj klorida u % (ukupna količina kloridnih iona u armiranom betonu dodanih putem aditiva ne smije prijeći količinu od 0.02% na masu cementa), pH vrijednost, datum posljednjeg ispitivanja, ime laboratorija koji je vršio ispitivanje, zatim, nuspojave (odnosno normalne nuspojave), nuspojave u slučaju predoziranja ili duljeg skladištenja, način i vrsta skladištenja (odnosno rok trajanja te najviša i najniža temperatura skladištenja) te ostale upute (primjerice zahtjevi na miješanje i sl.). Prikladnost kemijskih i mineralnih dodataka za konkretnu primjenu potrebno je utvrditi tijekom prethodnih ispitivanja betona. Također, Izvođač je dužan predložiti certifikat za svaku pošiljku svih kemijskih i/ili mineralnih dodataka nadzornom inženjeru, koji odobrava upotrebu dodataka za svaku vrstu i svaki cement posebno. Za svaku pošiljku bilo kojeg kemijskog i/ili mineralnog dodatka, Izvođač je prije uporabe dužan u laboratoriju gradilišta provjeriti kompatibilnost istog s betonom.


 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

Kontrola kemijskog i/ili mineralnog dodatka prije proizvodnje betona provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda kao i u betonari na gradilištu (prije prve upotrebe), prema važećim propisima i normama, pri čemu se preporučuje uzimanje uzoraka i odlaganje za svaku isporuku (tablica ispod).

Za izradu armiranobetonskih elemenata smije se upotrebljavati samo čelik za armiranje čija su osnovna svojstva, uvjetovana propisima odgovarajućih standarda, prethodno dokazana. Prethodna ispitivanja i dokazi podobnosti čelika za armiranje za izradu armiranobetonskih elemenata obavlja institucija ovlaštena za poslove provođenja dokaza sukladnosti kvalitete čelika za armiranje. Prethodni dokaz kvalitete mora se pribaviti za svaku vrstu i razred čelika za armiranje pri čemu se pod vrstom čelika za armiranje podrazumijeva čelik za armiranje određene oznake i određenog proizvođača. Izvođač za izradu armiranobetonskih elemenata mora upotrijebiti isključivo onu vrstu čelika za armiranje koja je u skladu s *Tehničkim propisima za betonske konstrukcije*, pri čemu je Izvođač dužan od proizvođača pribaviti odgovarajuću atestnu dokumentaciju i istu predložiti nadzornom inženjeru, a u slučaju da takva ne postoji, prije ugradnje dužan je obaviti kontrolno ispitivanje čelika prema važećim propisima i normama. Armaturni čelik mora biti zaštićen od djelovanja vlage za vrijeme transporta i skladišten tako da se spriječi njegovo oštećenje te skupljanje nečistoće i hrđe. Predmetnim projektom zahtijeva se slijedeći armaturni čelik: armaturne rebraste šipke B 500 razreda duktilnosti B (s karakterističnom granicom popuštanja u vrijednosti 500 MPa), (za AB ploče) zavarene mreže B 500 razreda duktilnosti A (s karakterističnom granicom popuštanja u vrijednosti od 500 MPa) te (za AB zidove) zavarene mreže B 500 razreda duktilnosti B (s karakterističnom granicom popuštanja u vrijednosti od 500 MPa). Predmetnim projektom zahtijeva se da debljina žice za vezanje armature bude minimalno 1.5 mm.

MATERIJAL	NADZOR / ISPITIVANJE	SVRHA	MINIMALNA UČESTALOST
kemijski dodaci	kontrola otpremnice* i razine dodatka u posudi prije pražnjenja	poradi provjere da li je isporuka prema narudžbi i da li je ispravno označena	svaka isporuka
	ispitivanje radi identifikacije i to prema normi <i>HRN EN 934-2</i>	poradi usporedbe s podacima proizvođača	u slučaju sumnje
mineralni dodaci	kontrola otpremnice* prije isporuke	poradi provjere da li je isporuka prema narudžbi i da li je iz pravog izvora	svaka isporuka
	ispitivanje gubitka žarenjem letećeg pepela	poradi određivanja promjene sadržaja ugljika koja može utjecati na aerirani beton	svaka isporuka namijenjena aeriranom betonu kada tu informaciju nije dao dobavljač
mineralni dodaci u suspenziji	kontrola otpremnice* prije isporuke	poradi provjere da li je isporuka prema narudžbi i da li je iz pravog izvora	svaka isporuka
	ispitivanje gustoće	poradi provjere ujednačenosti	svaka isporuka i periodično tijekom proizvodnje betona
* Otpremnici treba biti priložena izjava o sukladnosti ili certifikat o sukladnosti prema odgovarajućim važećim normama ili propisanim uvjetima			

Za izradu betonskih i armiranobetonskih elemenata smije se upotrebljavati samo beton čija su osnovna svojstva, uvjetovana propisima odgovarajućih standarda, prethodno dokazana. Prethodna ispitivanja i dokazi podobnosti betona za betonske radove obavlja institucija ovlaštena za poslove provođenja dokaza sukladnosti kvalitete betona. Prethodni dokaz kvalitete mora se pribaviti za svaku vrstu i razred betona pri čemu se pod vrstom betona podrazumijeva beton određene oznake i određenog proizvođača. Beton je potrebno proizvoditi, transportirati, ugrađivati i kontrolirati u skladu s važećim propisima i normama. Predmetnim projektom zahtijeva se da beton mora imati osnovna predviđena svojstva navedena niže u tablici.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

Sastav mješavine betona potrebno je odrediti na temelju početnih ispitivanja koja se provode u laboratoriju proizvođača betona. Ukoliko se optimalni sastav mješavine ustanovi u laboratoriju, on mora biti dokazan na betonari prije početka radova. nakon čega se na betonari vrše ispitivanja betona s odabranim sastavom. Ukoliko se beton proizvodi na gradilištu, Izvođač mora izraditi Program početnih ispitivanja sastava betona i betona te ga predati nadzornom inženjeru na odobrenje 14 dana prije početka ispitivanja. Prilikom početnih ispitivanja i određivanja sastava mješavine betona potrebno je koristiti isključivo sastojke dokazane kvalitete. Početnim ispitivanjima potrebno je dokazati sva predviđena svojstva navedena u prethodnoj tablici. Sastav mješavine betona potrebno je dostaviti na uvid nadzornom inženjeru najmanje mjesec dana prije početka betoniranja. Proizvodnja betona smije početi na temelju recepture bazirane na početnim ispitivanjima sastava mješavine betona i mješavine betona prije ugradnje, a na način kako je definirano Programom i uz prethodno odobrenje (recepture) nadzornog inženjera. Prepravke odabrane recepture betona mogu se tijekom proizvodnje izvršiti isključivo u slučaju kada rezultati kontrolnih ispitivanja pokažu značajna odstupanja u usporedbi s početnim ispitivanjima.

## RAZREDBA BETONA - SPECIFIKACIJA BETONA

**Nosivi elementi konstrukcije su svrstani u razrede izloženosti i to je jedini kriterij pošto nije provedena otpornost nosivih elemenata na požarno djelovanje.**

svi elementi u doticaju sa zemljom – c = 5 cm  
 svi elementi u zatvorenom prostoru – c = 2,0 cm

## SKELE I OPLATE


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 zadovoljavajuću toleranciju uvjetovanu za predmetnu konstrukciju građevine te spriječe oštećivanje iste 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 važeće propise i norme. Za izradu skela i oplata smije se upotrijebiti svaki materijal koji će ispuniti navedene tehničke uvjete konstrukcija skela i oplata, pri čemu je nužno da isti zadovoljavaju odgovarajuće norme za proizvod ako postoje (u obzir treba uzeti i svojstva posebnih materijala).

Oplata treba osigurati betonu traženi oblik dok beton ne očvrstne. Oplata i spojnice između elemenata oplata moraju biti dovoljno nepropusni kako bi spriječili gubitak finog morta. Oplatu koja apsorbira značajniju količinu vode iz betona ili omogućava evaporaciju, potrebno je odgovarajuće vlažiti kako bi se spriječio gubitak vode iz betona, osim ako za to nije posebno i kontrolirano namijenjena. Unutarnja površina oplata mora biti čista. Ukoliko se koristi za vidni beton, njezina obrada mora osigurati takvu površinu betona. Posebnu površinsku obradu betona, ako se ista zahtijeva, potrebno je utvrditi projektnim specifikacijama. Za prihvaćanje zadane kvalitete površinske obrade mogu biti uvjetovani i pokusni betonski paneli. Vrsta i kvaliteta površinske obrade ovise o tipu oplata, betonu (agregatu, cementu, kemijskim i mineralnim dodacima), izvedbi i zaštiti te njegovanju tijekom izvedbe.

Oplatna ulja treba odabrati i primijeniti na način da ne štete betonu, armaturi ili oplati te da ne djeluju štetno na okoliš. Ukoliko nije 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.

Elementi kao oplatni ulošci, držači oplata, nosači, šipke, cijevi i slični predmeti koji će se privremeno ubetonirati u dio konstrukcije koji se izvodi ili pak elementi kao ploče, ankeri, distanceri i slični predmeti koji će se trajno ubetonirati u dio konstrukcije koji se izvodi, moraju biti čvrsto fiksirani tako da očuvaju projektirani položaj tijekom betoniranja, odnosno moraju biti ugrađeni tako da ne uzrokuju neprihvatljive utjecaje na konstrukciju. Svaki ugrađeni element treba imati dovoljnu čvrstoću i krutost tako da zadrži oblik tijekom betoniranja. Isti ne smiju štetno reagirati s betonom, armaturom ili prednapetim čelikom, ne smiju sadržavati tvari koje mogu štetno



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a  <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

djelovati na njih same, beton ili armaturu, ne smiju uzrokovati neprihvatljiv površinski izgled betona te ne smiju štetiti funkcionalnosti i trajnosti konstrukcijskog elementa.

Držači odstojanja (distanceri) moraju biti projektirani i izvedeni tako da budu dovoljno čvrsti i kruti te moraju biti postavljeni tako da po izvedbi budu okruženi betonom. Izvođač je dužan nadzornom inženjeru dostaviti na uvid i odobrenje svoj prijedlog distancera. Udubljenja ili otvore nastale kao rezultat privremenog korištenja predmetnih elemenata potrebno je zapuniti i završno obraditi materijalom kakvoće jednake okolnom betonu, osim ako ne ostaju otvoreni ili im je specificiran drugi način obrade.

## UGRADNJA ARMATURE

Armaturu izrađenu od čelika za armiranje, u armiranobetonske elemente konstrukcije potrebno je ugraditi prema projektu konstrukcije građevine te važećim propisima i normama. Izvođač, sukladno važećim propisima i normama, prije početka ugradnje armature mora provjeriti da li je ista u skladu sa zahtjevima predmetnog projekta te da li je tijekom skladištenja, transporta ili rukovanja armature došlo do njezinog oštećenja, deformacije ili druge promjene koja bi mogla utjecati na tehnička svojstva betonske konstrukcije.


Izvođač je dužan, prije sječenja i savijanja armature, nadzornom inženjeru dostaviti na uvid detaljne armaturene nacрте i odgovarajuće planove sječenja i savijanja armature. Čelik za armiranje potrebno je rezati i savijati prema projektnim specifikacijama. Savijanje treba izvoditi polako i jednolikom brzinom, a promjer trna za savijanje treba biti prilagođen stvarnom tipu armature (odnosno treba imati propisan promjer). Savijanje grijanjem smije se izvoditi samo uz posebno dopuštenje definirano projektnim specifikacijama. Savijanje treba izvoditi uz poduzimanje odgovarajućih posebnih mjera osiguranja i na temperaturi zraka ne nižoj od -5 °C (osim ako je drugačije dozvoljeno projektnim specifikacijama). Armatura mora biti uskladištena i transportirana tako da se spriječi njeno oštećenje te skupljanje nečistoće i hrđe. Sva armatura mora biti jednoznačno obilježena brojevima i/ili slovima.

Armaturu je potrebno postaviti točno prema nacrtima i čvrsto fiksirati kako bi se spriječilo njeno pomicanje tijekom betoniranja. Armatura mora biti međusobno vezana na svim mjestima ukrštanja. Krajevi žice za vezanje moraju biti savinuti na suprotnu stranu od zaštitnog sloja. Slojevi armature (npr. u gornjoj i donjoj zoni) moraju biti dovoljno razmaknuti i međusobno učvršćeni čeličnim elementima koji ne ulaze u zaštitni sloj. Armatura mora biti odmaknuta od oplata distancerima sa svih strana, pri čemu distancer mora osigurati čvrst oslonac armaturi kako bi zaštitni sloj ostao u granicama zadanih tolerancija. Betoniranje ne smije započeti prije no što se šipke potpuno očiste od nečistoće, hrđe, morta i sličnog.

Izvođač nadzornom inženjeru treba dati dovoljno vremena da pregleda dovršene armiračke radove na dijelu konstrukcije koji će se betonirati, pri čemu isti mora osigurati mogućnost uvida u detaljne armaturene nacрте i odgovarajuće planove sječenja i savijanja armature. Nadzorni inženjer neposredno prije početka betoniranja mora provjeriti postoji li isprava o sukladnosti za čelik za armiranje (odnosno armaturu) i da li su iskazana svojstva sukladna zahtjevima iz projekta konstrukcije građevine, zatim, provjeriti da li je armatura izrađena, postavljena i povezana u skladu s projektom konstrukcije građevine i Izvedbenim projektom (odnosno da li položaji i detalji armature odgovaraju nacrtima) te u konačnici, dokumentirati nalaze svih provedenih provjera zapisom u Građevinski dnevnik.

## PROIZVODNJA I ISPORUKA SVJEŽEG BETONA

Izvođač, odnosno Investitor, dužan je, prilikom ugovaranja narudžbe betona s proizvođačem betona, dogovoriti zahtijevana svojstva betona, datum i vrijeme isporuke betona te količinu betona, odnosno, informirati proizvođača o posebnom transportu betona na gradilište, posebnim postupcima ugradnje betona te ograničenjima vozila isporuke (npr. veličina, visina i bruto težina vozila, agitirajuća ili neagitirajuća oprema i sl.). Također, prilikom ugovaranja narudžbe betona, proizvođač betona dužan je Izvođaču, odnosno Investitoru dostaviti informacije o sastavu mješavine betona radi usklađivanja primjene pravilne ugradnje i zaštite svježeg betona te pravovremenog utvrđivanja razvoja čvrstoće betona. Ukoliko se radi o tvorničkoj proizvodnji betona, spomenute informacije mogu također biti dostavljene u formi proizvođačevih referenci ili kataloga sastava

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

mješavina betona, u kojima su navedene pojedinosti o klasama čvrstoće, klasama konzistencije, težinama mješavina i drugi mjerodavni podaci. Proizvođač betona dužan je informirati Izvođača, odnosno Investitora, o zdravstvenom riziku koji se može pojaviti tijekom rukovanja betonom. Sve navedene informacije proizvođač mora ustupiti prije isporuke betona, a u vremenu kada to odgovara Izvođaču, odnosno Investitoru. Predmetnim projektom zahtijeva se da beton za izgradnju konstrukcije građevine mora biti gotov, odnosno tvornički proizveden, a sukladno Programu i važećim propisima i normama.


Ukoliko se beton namjerava proizvoditi na gradilištu, Izvođač je dužan izraditi Priručnik osiguranja kvalitete i kontrole proizvodnje koji se odnosi na osoblje koje upravlja, izvodi i verificira postupke proizvodnje, opremu, radove u proizvodnji te sastojke betona. Navedenim dokumentom moraju biti definirane nadležna tijela, odgovornosti i odnosi osoblja koje upravlja, izvodi i verificira proizvodnju, a posebno se mora istaknuti organizacijska sloboda, odnosno autoritet osoblja za minimiziranje rizika od nesukladnosti i autoritet osoblja za identificiranje i izvještavanje o svakom problemu kvalitete betona. Ukoliko zakonske obveze ne traže duže razdoblje, Izvođač je dužan izvještaje o kontroli proizvodnje čuvati najmanje tri godine.

Proizvođač betona odgovoran je za besprijekorno upravljanje proizvodnjom betona, a isti je odgovoran i za kontrolu proizvodnje do vremena predaje betona Izvođaču. Također, sav proizvedeni beton mora biti predmet kontrole proizvodnje. Kontrola proizvodnje obuhvaća sve mjere nužne za održavanje svojstava betona u skladu s uvjetovanim svojstvima. To uključuje izbor materijala za izradu betona, projektiranje betona, proizvodnju betona, preglede i ispitivanja, uporabu rezultata pregleda i ispitivanja materijala za izradu betona, svježeg betona, očvrslog betona i opreme te kontrolu sukladnosti. Proizvođač betona dužan je ispitivati zahtijevana svojstva svježeg betona najmanje jednom mjesečno, a očvrslog betona (odnosno karakterističnu tlačnu čvrstoću betona) jednom u tri mjeseca. Uzorke je potrebno uzimati po partijama proizvedenog betona iste vrste u ovisnosti o količini, pri čemu ista ne smije biti veća od 2000 m<sup>3</sup> ili po partijama u ovisnosti o vremenskom razdoblju proizvodnje, pri čemu isto ne smije biti duže od mjesec dana. Pri tome, broj uzoraka u jednoj partiji definiran je s obzirom na količinu proizvedenog betona i to na sljedeći način: po jedan uzorak na svakih 50 m<sup>3</sup> odnosno svakih 75 mješavina, ovisno o tome koji uvjet daje veći broj uzoraka ili po jedan uzorak svakog dana proizvodnje, ako se radi o manjim dnevnim količinama proizvedenog betona. Kontrola proizvodnje mora se odvijati prema načelima važećih propisa i normi. Sustav kontrole proizvodnje mora sadržavati odgovarajuće dokumentirani postupak i upute, koje po potrebi treba utvrditi uzimajući u obzir potrebe kontrole iskazane u tablicama 22., 23. i 24. norme EN 206. Namjeravanu učestalost ispitivanja i nadzora potrebno je dokumentirati, a rezultate ispitivanja i kontrola potrebno je evidentirati izvještajima.

Svi mjerodavni podaci o kontroli proizvodnje moraju biti zapisani (sadržani u izvještajima). Ukoliko zakonske obveze ne traže duže razdoblje, proizvođač betona dužan je izvještaje o kontroli proizvodnje čuvati najmanje tri godine.

Kontrola sukladnosti integralni je dio kontrole proizvodnje. Kontrola sukladnosti sastoji se od aktivnosti i odluka koje proizvođač betona mora provesti u skladu s pravilima sukladnosti unaprijed prilagođenim radi provjere sukladnosti betona s uvjetima propisanim predmetnim projektom. Svojstva betona kojima se kontrolira sukladnost jesu ona svojstva koja se određuju odgovarajućim ispitivanjima prema normiranim postupcima. No, stvarne vrijednosti svojstava betona u konstrukcijama mogu se razlikovati od onih koji su utvrđeni ispitivanjima (ovisno o dimenzijama konstrukcije, načinu ugradnje, zbijenosti, njezi i klimatskim uvjetima,...). Plan uzorkovanja i ispitivanja te kriteriji sukladnosti moraju zadovoljavati postupke navedene Programom. Mjesto uzimanja uzoraka za ispitivanja i određivanje sukladnosti, mora se odabrati tako da se sastav betona i mjerodavna svojstva betona ne razlikuju značajno na mjestu uzorkovanja i mjestu isporuke. Kada su ispitivanja kontrole proizvodnje ista kao i ispitivanja uvjetovana za kontrolu sukladnosti, potrebno ih je uzeti u obzir pri vrednovanju sukladnosti. Proizvođač betona u prihvaćanju sukladnosti smije koristiti i druge rezultate ispitivanja isporučenog betona. Sukladnost ili nesukladnost prosuđuje se prema kriterijima sukladnosti. Nesukladnost može voditi daljnjim akcijama odgovornosti na mjestu proizvodnje i na gradilištu. Proizvođač je odgovoran za ocjenu sukladnosti betona s uvjetovanim svojstvima te mora provoditi početno ispitivanje kad je to zatraženo, kontrolu proizvodnje te kontrolu sukladnosti. Kontrolu proizvodnje proizvođača betona potrebno je 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.

Izvođač je od vremena preuzimanja betona do završetka njegovanja ugrađenog betona dužan osigurati kontrolu kojom se daje ocjena suglasnosti kvalitete betona s uvjetima projekta konstrukcije, projekta betona i Programa. Kontrolni postupak vrši se na uzorcima uzetim na mjestu ugradnje betona (koji se prvi dan se čuvaju na gradilištu, zaštićeni od gubitka vlage, a zatim do ispitivanja u standardnim laboratorijskim uvjetima) pri čemu se uzorci pripremaju i čuvaju prema važećim propisima i normama. Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a  <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531  <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju i to za svaku dopremu betona (dolaskom svakog vozila), a u skladu sa zahtjevima važećih propisa i normi te projekta konstrukcije. Kontrolni postupak utvrđivanja zahtijevanih svojstava očvrstnalog betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju i to ne manje od jednog uzorka za istovrsne betonske i armiranobetonske elemente konstrukcije koji su načinjeni od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača koji se bez prekida ugrađuje unutar 24 sata, a u skladu sa zahtjevima važećih propisa i normi te projekta konstrukcije. Uzorke je potrebno uzimati po partijama proizvedenog betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača, a u ovisnosti o količini, pri čemu količina u jednoj partiji ne smije biti veća od količine koja će se ugraditi u istovrsne elemente konstrukcije ili od količine koja se u istovrsne elemente konstrukcije može ugraditi tijekom 24 sata, ovisno o tome koji uvjet daje veći broj uzoraka. Pri tome, broj uzoraka u jednoj partiji definiran je s obzirom na količinu ugrađenog betona i to po jedan uzorak na svakih 50 m<sup>3</sup>. Podaci o istovrsnim betonskim i armiranobetonskim elementima konstrukcije koji su načinjeni 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 obavezno navođenje oznake pojedinačnog elementa konstrukcije i mjesta u elementu konstrukcije na kojem se beton ugrađivao u trenutku uzimanja uzoraka. Kontrolni postupak utvrđivanja zahtijevanih svojstava očvrstnalog betona provodi odgovarajuća institucija, sukladno važećim propisima i normama, pri čemu se ocjenjivanje rezultata ispitivanja uzoraka i dokazivanje zahtijevanih svojstava i karakteristične tlačne čvrstoće betona provodi odgovarajućom primjenom kriterija. U slučaju nepotvrđivanja zahtijevanih svojstava i/ili razreda tlačne čvrstoće betona, potrebno je na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanih svojstava provesti naknadno ispitivanje svojstava i tlačne čvrstoće betona u konstrukciji te ocjenu sukladnosti, a prema važećim propisima i normama.


Prilikom transporta i isporuke betona, proizvođač betona dužan je osigurati zahtijevana svojstva betona, a posebice vrijednosti v/c omjera i konzistencije betona. Nakon završetka miješanja te tijekom transporta i isporuke betona, zabranjeno je svako dodavanje vode ili dodataka betonu. Voda ili dodaci betonu mogu biti dodavani u posebnim slučajevima, pod odgovornošću proizvođača, kada se primjenjuju za dobivanje uvjetovane vrijednosti konzistencije, pri čemu je potrebno da količine dodavane vode i dodataka budu uračunati projektom betona te da uvjetovane granične vrijednosti vode i dodataka ne budu prekoračene. Količine svake dodavane vode i/ili dodatka, moraju biti upisane u otpremni dokument u svim slučajevima.

Pri isporuci gotovog (tvornički proizvedenog) betona, proizvođač betona dužan je Izvođaču, odnosno Investitoru, dostaviti otpremnicu za svaku transportnim sredstvom isporučenu količinu betona.

Svaka otpremnica mora imati otisnute, utisnute ili upisane minimalno sljedeće informacije: ime tvornice betona, serijski broj otpremnice, broj vozila, ime kupca, ime i lokaciju građevine, količinu betona u m<sup>3</sup>, detalje ili reference uvjeta (kodni broj, redni broj i sl.), deklaraciju sukladnosti s referentnim uvjetima kvalitete i normom *EN 206*, ime ili znak certifikacijskog tijela ako je relevantno, datum i vrijeme prvog kontakta cementa i vode, datum i vrijeme utovara betona, predviđen datum i vrijeme kada beton stiže na gradilište, datum i vrijeme početka istovara te datum i vrijeme završetka istovara betona.

## BETONIRANJE

Sav beton koji se koristi za izradu betonskih i armiranobetonskih elemenata konstrukcije građevine mora biti proizveden sukladno važećim propisima i normama te Programu. Proizvođač betona, odnosno Izvođač, dužni su osigurati da sav beton tijekom isporuke, preuzimanja, gradilišnog transporta i ugradnje zadovoljava zahtijevana svojstva betona. Prije početka betoniranja potrebno je pripremiti planove betoniranja i nadzora kao i sve ostale mjere predviđene projektom betoniranja i Programom. Ukoliko ne postoji projekt betoniranja, a prema složenosti izvedbe je neophodan, Izvođač ga je dužan izraditi i potvrditi potpisom nadzornog inženjera. Nadzor i kontrolu kvalitete potrebno je provesti na mjestu ugradnje i to najmanje u opsegu definiranim Programom. Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju, a u skladu sa zahtjevima važećih propisa i normi te projekta konstrukcije i to najmanje pregledom svake otpremnice, vizualnom kontrolom konzistencije betona prilikom svake dopreme (dolaskom svakog vozila) te kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji. Izvođač je prije početka ugradnje betona dužan provjeriti otpremni dokument (provjeriti da li je beton sukladan zahtjevima) i provjeriti da li je tijekom transporta došlo do promjene svojstava betona koja bi mogla utjecati na izvedbu i tehnička svojstva konstrukcije te nakon provjere potpisom nadzornog inženjera potvrditi izvršeni nadzor. U slučaju nesukladnosti Izvođač je dužan odmah prekinuti preuzimanje betona, a proizvođač betona mora odmah prekinuti proizvodnju i isporuku te poduzeti mjere radi utvrđivanja i

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a	
	<b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin  Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531	
<b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.		

otklanjanja grešaka koje su nesukladnost uzrokovale. Po potrebi se prije početka betoniranja mora izvršiti početno ispitivanje betoniranja pokusnom ugradnjom betona te rezultate i zaključke istog dokumentirati i potvrditi potpisom nadzornog inženjera.


Tehnologiju skladištenja, transporta i ugradnje na gradilištu proizvedenih ili predgotovljenih betonskih i armiranobetonskih elemenata, Izvođač je dužan usuglasiti sa zahtjevima projekta te za istu dobiti odobrenje nadzornog inženjera. Pri tome, projektom mora biti usklađeno ponašanje takvih elemenata s ponašanjem cijele konstrukcije. Proizvodnja, skladištenje, transport i ugradnja te zaštita predgotovljenih elemenata mora se provoditi u skladu s projektnom specifikacijom i odlukama nadzornog inženjera, bez negativnih posljedica na tehničke karakteristike elemenata. Rukovanje i izvedba prilikom ugradnje predgotovljenih elemenata mora biti sukladna planovima i detaljnim nacrtima sklapanja te redoslijedom radova koji su definirani Izvedbenim projektom ili od strane proizvođača elemenata. Tijekom ugradnje potrebno je provjeriti ispravnost položaja elemenata, dimenzijsku točnost oslonaca, stanje spojnica i cjelokupni skloš konstrukcije te ukoliko se pokaže potrebnim, načiniti potrebne prilagodbe.

Sve pripreme radnje prije početka betoniranja potrebno je provjeriti i dokumentirati prema Programu prije no što ugradnja betona započne. Oplata mora biti očišćena od nečistoća, leda, snijega ili vode. Ukoliko se beton ugrađuje izravno na tlo, svježi je beton potrebno zaštititi od miješanja s tlom i gubitka vlage (odnosno vode). Navedeno je potrebno ostvariti na način da se ispod elemenata konstrukcije koji su položeni izravno na tlo, prije početka betoniranja ugraditi sloj podložnog betona minimalne debljine 10 cm i time element konstrukcije odvoji od temeljnog tla ili ukoliko se radi o temeljnoj stijeni, za odgovarajuću vrijednost poveća donji zaštitni sloj betonskog i/ili armiranobetonskog elementa konstrukcije. Betoniranje smije započeti jedan dan nakon završetka ugradbe podložnog betona. Oborinsku i procjednu vodu na temeljnim ploham i konstrukcijskim spojnica Izvođač je dužan ukloniti na način koji određuje nadzorni inženjer. Konstrukcijske spojnice moraju biti čiste, otprašene i navlažene.

Temeljna stijena, temeljno tlo, oplata ili elementi konstrukcije u dodiru s pozicijom koja se betonira moraju imati temperaturu koja neće uzrokovati smrzavanje betona prije nego li isti postigne dovoljnu otpornost na smrzavanje. Ugradnja betona na smrznutu stijenu ili tlo nije dopuštena, osim ako za takve slučajeve nisu predviđene posebne mjere. Površinska temperatura betona spojnica prije betoniranja idućeg sloja mora biti iznad 0 °C. Predviđa li se temperatura zraka ispod 0 °C za vrijeme betoniranja ili za vrijeme njegovanja ugrađenog betona, potrebno je planirati mjere zaštite betona od negativnih djelovanja smrzavanja. Predviđa li se visoka temperatura zraka za vrijeme betoniranja ili za vrijeme njegovanja ugrađenog betona, potrebno je planirati mjere zaštite betona od negativnih djelovanja brzog sušenja.

Beton je potrebno ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi u potpunosti i kvalitetno obuhvate betonom, da se osigura zaštitni sloj betona unutar propisanih tolerancija te da beton postigne zahtijevanu čvrstoću i trajnost. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima zgusnute armature, promjene presjeka, suženja presjeka, uz otvore i na mjestima prekida betoniranja. Beton treba ugraditi što bliže konačnom položaju u elementu konstrukcije, što podrazumijeva da se vibriranjem ili nekim drugim načinom beton ne smije namjerno razvlačiti kroz oplatu i armaturu. Brzina ugradnje i zbijanja betona mora biti dovoljno velika da se izbjegnu hladne spojnice i dovoljno mala da se izbjegnu pretjerana slijeganja ili preopterećenje skela i oplata. Hladna spojnica se tijekom betoniranja smije stvarati isključivo u slučaju da beton ugrađenog sloja veže prije ugradnje i zbijanja narednog. Dodatni zahtjevi za postupak i brzinu ugradnje betona mogu biti potrebni kod specifične površinske obrade betonskog ili armiranobetonskog elementa konstrukcije. Tijekom isporuke, preuzimanja, gradilišnog transporta i ugradnje betona nije dopušteno naknadno dodavanje vode, cementa, površinskih otvrđivača, sličnih materijala i drugih dodataka betonu. Beton se tijekom ugradnje i zbijanja mora zaštititi od utjecaja vode, kiše, snijega, smrzavanja, jakog vjetrova i insolacije.

Zbijanje betona, odnosno vibriranje, u pravilu je potrebno izvoditi uranjanjem vibratora u beton, osim ako nije drugačije uvjetovano projektom. Normalna debljina ugrađenog sloja betona ne bi smjela biti veća od visine uronjenog vibratora. Vibriranje se mora izvoditi sustavnim vertikalnim uranjanjem vibratora tako da se površina donjeg sloja revibrira i praktički sve dok ne prestane izdvajanje zarobljenog zraka. Kod debljih slojeva ugrađenog betona revibriranje površinskog sloja je preporučljivo radi izbjegavanja plastičnog slijeganja betona ispod gornjeg sloja armature. Vibriranje površinskim vibratorima mora se izvoditi sustavno dok se iz betona oslobađa zarobljeni zrak, pri čemu je preporučljivo dodatno vibriranje površina uz podupore. Prekomjerno površinsko vibriranje koje slabi kvalitetu površinskog sloja betona potrebno je izbjeći. Kada se primjenjuje isključivo površinsko vibriranje, debljina sloja ugrađenog betona ne smije prelaziti 10 cm, osim u slučaju da je prethodno eksperimentalno dokazano drugačije. Segregacija betona prilikom ugradnje i zbijanja mora se svesti na najmanju moguću mjeru.

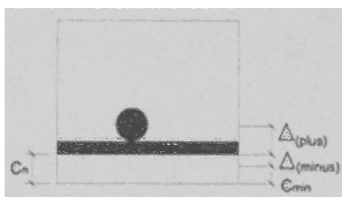
 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	


Beton se u ranom razdoblju mora zaštititi kako bi se skupljanje betona svelo na najmanju moguću mjeru, kako bi se postigla potrebna površinska čvrstoća betona, kako bi se osigurala dovoljna trajnost površinskog sloja betona, kako bi se beton zaštitio od negativnih djelovanja smrzavanja, insolacije, štetnih vibracija, udara ili drugih utjecaja i oštećenja. Postupci kao zadržavanje betona u oplati, pokrivanje površine betona paronepropusnim folijama koje su posebno učvršćene i osigurane na spojevima i krajevima, pokrivanje površine betona vlažnim materijalima i zaštitom od njihovog sušenja, održavanje površine betona vidljivo vlažnom prikladnim vlaženjem te primjena zaštitnih premaza utvrđene uporabivosti (potvrđene certifikatom i dopuštanjem nadzornog inženjera), pogodni su za njegu betona i moraju se primijenjeni odvojeno ili uzastopno. Pri tome, sav materijal koji se koristi u navedenim postupcima ne smije biti znatno hladniji od betona kako bi se izbjeglo nastajanje površinskih pukotina. Također, potrebno je napomenuti da 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 zaštitni premazi potpuno ne uklone prije sljedeće planirane operacije ili ako je dokazano da na sljedeću operaciju ne djeluju negativno. Ukoliko projektnim specifikacijama nije dopušteno, zaštitni premazi se ne smiju koristiti na površinama sa specificiranom površinskom obradom. Postupci njegovanja betona moraju osigurati nisku evaporaciju vlage iz površinskog sloja betona ili držati površinu stalno vlažnom. Trajanje primijenjenog njegovanja potrebno je odrediti pomoću funkcije razvoja svojstava betona u površinskom sloju ovisno o omjeru čvrstoće i zrelosti betona te omjeru oslobođene topline i ukupne topline oslobođene u adijabatskim uvjetima.

Beton se tijekom njege mora zaštititi od utjecaja vode, kiše, snijega, smrzavanja, jakog vjetrova i insolacije. Površinsku temperaturu betona potrebno je zadržati iznad 0 °C sve dok površina betona ne dosegne čvrstoću dovoljnu za otpornost na smrzavanje (obično iznad 5 MPa). Najviša temperatura betona ne smije prijeći +50 °C iz razloga da bi se spriječili negativni utjecaji visoke temperature betona tijekom njegovanja kao što su značajno smanjenje čvrstoće, značajno povećanje poroznosti, odloženo formiranje etringita te povećanje razlike temperature betoniranog i prethodnog elementa. Završna ocjena zahtijevanih svojstava betona ugrađenog u elemente konstrukcije mora se dati sukladno važećim propisima i normama, a ocjenu postignutih svojstava betona treba provesti po partijama koje će se u skladu s normama i Programom formirati za iste elemente konstrukcije predmetne građevine. Zahtijevana svojstva betona postignuta su ukoliko su zadovoljeni svi kriteriji i minimalni uvjeti kvalitete sukladno normama i Programu. Završna ocjena kvalitete betona u konstrukciji obuhvaća izvještaj o kvaliteti betona isporučenog iz tvornice betona dokumentaciju o preuzimanju betona po partijama, uvjerenja o ispitivanju i ocjeni posebnih svojstava betona, izvještaj o vizualnom pregledu konstrukcije. U slučaju da je prilikom isporuke, preuzimanja, gradilišnog transporta i ugradnje uporabljen beton koji ne zadovoljava zahtijevana svojstva betona ili da je tijekom njegovanja betona došlo do smrzavanja, naglog sušenja ili drugog oštećenja betona, sve nezadovoljavajuće, oštećene i napukle elemente konstrukcije mora pregledati nadzorni inženjer i Glavni projektant te predložiti rješenje o njihovoj sanaciji ili rušenju i obnovi.

Izvedene dimenzije elemenata konstrukcije moraju biti unutar najvećih dopuštenih geometrijskih odstupanja radi izbjegavanja štetnih utjecaja na mehaničku otpornost, stabilnost i uporabivost u privremenom i kasnijem stanju, štetnih utjecaja na kompatibilnost postavljanja i izvedbe drugih elemenata konstrukcije i njezinih ne konstruktivnih dijelova te štetnih utjecaja na ponašanje tijekom uporabe građevine. Tolerancije definirane normom i nominirane kao normalne tolerancije, moraju odgovarati projektnim pretpostavkama i traženoj razini sigurnosti. Iako se zahtjevi za najveća dopuštena geometrijska odstupanja prema normi odnose na cijelu konstrukciju, svaka kontrola pojedinačnih elemenata konstrukcije mora imati takve kriterije da udovolji zahtjevima konačne kontrole izvedene konstrukcije. Nenamjerna mala odstupanja od referentnih vrijednosti koja nemaju značajan utjecaj na ponašanje izvedene konstrukcije smiju se zanemariti. Predmetnim projektom zahtijeva se da dimenzije poprečnog presjeka betonskih i armiranobetonskih elemenata konstrukcije, debljina zaštitnog sloja betona te položaj armature ne smiju odstupati od zadanih vrijednosti koje su navedeni niže u tablici.

VRSTA ODSTUPANJA	NAPOMENA	DOPUŠTENA MJERA ODSTUPANJA
dimenzije bridova poprečnog presjeka	Vrijedi za sve bridove poprečnog presjeka.	+ 10 mm
ravnost bridova poprečnog presjeka		+ 8 mm za duljinu brida > 1.0 m min (+ 8 mm/m; + 20 mm) za duljinu brida ≤ 1.0 m
okomitost poprečnog presjeka	Duljina brida poprečnog presjeka ima oznaku "a".	min (+ 0.04·a; + 10 mm)
zakošenost poprečnog presjeka	Širina poprečnog presjeka ima oznaku "b", a visina oznaku "h".	min (+ h/25 i/ili + b/25; + 30 mm)
ravnost ne oplaćene ili ne uglačane površine	Prva mjera dana je za lokalno područje i duljinu od 0.2 do 2.0 m, a druga mjera za globalno područje i duljinu iznad 2.0 m.	+ 5mm za lokalno područje + 4 mm za globalno područje
ravnost oplaćene ili uglačane površine		+ 8 mm za lokalno područje + 6 mm za globalno područje
<p>Visina poprečnog presjeka ima oznaku "h".</p> <p>Propisani najmanji zaštitni sloj betona ima oznaku "c<sub>min</sub>"</p> <p>Nominalni zaštitni sloj betona ima oznaku "c<sub>n</sub>" i jednak zbroju stvarnog zaštitnog sloja koji ima oznaku "c" i dopuštenog odstupanja koje ima oznaku "Δ".</p> <p>Nominalni zaštitni sloj betona mora ispuniti sljedeći uvjet <math>c + \Delta_{(plus)} &gt; c_n -  \Delta_{(minus)} </math></p> <p>Dopušteno pozitivno odstupanje zaštitnog sloja temelja i elemenata u temeljima smije se povećati za 15 mm, no negativno odstupanje mora ostati isto.</p>		
položaj armature u poprečnom presjeku	Prva mjera dana je za Δ <sub>(minus)</sub> , a ostale za Δ <sub>(plus)</sub> (između navedenih vrijednosti potrebno je linearno interpolirati).	- 10 mm + 10 mm za h < 150 mm + 15 mm za h = 400 mm + 20 mm za h > 2500 mm
preklopni spoj armature	Duljina preklopna armature ima oznaku "l".	± 0.06·l
otvori u ulošcima	Dimenzije otvora u ulošcima imaju oznake "Δ <sub>1</sub> ", "Δ <sub>2</sub> " i "Δ <sub>3</sub> ".	± 25 mm



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

### 3.3. Tehnički uvjeti za zidanu konstrukciju

#### MATERIJALI

Uskladištenje materijala koji se koristi za zidanje, mora biti takvo da nije moguće oštećenje do stupnja kada nije pogodno za korištenje. Opeka se ne smije polagati na površine koje sadrže kemijske nečistoće, klinker ili pepeo, niti na novo betonirane elemente (sve dok ti elementi ne ostvare dovoljnu nosivost). Opeku koja nije otporna na mraz, potrebno je skladištiti u zatvorenim prostorima gdje temperatura nije niža od 0°C. Za nosive elemente konstrukcije koji su projektom ili troškovnikom predviđeni kao zidani zidovi, potrebno je da budu od zidnih elemenata koji odgovaraju minimalno kategoriji "I" kontrole proizvodnje zidnih elemenata (za zidanu konstrukciju nužno je koristiti elemente od pečene gline klase ne manje od MO-10).

Opeka prilikom ugradnje mora biti čista i neoštećena. Prije nego se opeka počne postavljati u mort, ista mora imati potrebnu vlažnost kako bi se postigla što bolja prionljivost s mortom, pa se stoga preporuča kvašenje elemenata prije polaganja u mort. Vremenski period kvašenja potrebno je odrediti ovisno o konzistenciji morta, tipu opeke i preporukama za pojedine radove, odnosno propisima.

Cement i vapno moraju odležati najmanje tri mjeseca od dana proizvodnje, pri čemu isti moraju biti zaštićeni od djelovanja vlage za vrijeme transporta i skladištenja. Veziva je potrebno skladištiti odvojeno, tako da ne dođe do miješanja. Pijesak različitih tipova mora se skladištiti odvojeno, na tvrdj podlozi i zaštićeno, pri čemu ne smije doći do onečišćenja istog.


Mort je potrebno miješati u omjerima materijala kako je definirano projektom morta, a koji je dužan dostaviti Izvođač. Navedenim projektom mora se postići projektirana klasa morta. Mortovi za pojedine namjene (ukoliko troškovničkim opisom nije drugačije definirano) moraju imati sljedeća svojstva, odnosno omjere miješanja materijala: za zidanje nosivih zidova dopušteno je koristiti produženi cementni mort minimalno klase M5 u omjeru 1:2:5, za zidanje pregradnih zidova i žbukanje dopušteno je koristiti produženi cementni mort minimalno klase M2.5 u omjeru 1:2:5, za glazure i mjesta ugradnje čeličnih elemenata dopušteno je koristiti cementni mort minimalno klase M10 u omjeru 1:3, za prskanje zidova potrebno je koristiti cementno mlijeko koje mora sadržavati 10% oštrog pijeska, a za pačokiranje cementni mort u omjeru 1:4, za žbukanje stropova (potkonstrukcije) dopušteno je koristiti vapneni mort u omjeru 1:1, a za unutarnje žbukanje vapneni mort u omjeru 1:3 (fina žbuka izrađuje se s prosijanim pijeskom te se izvodi na potpuno osušenoj gruboj žbuci, pri čemu ukupna debljina žbuke mora biti u granicama od 1.5 do 2.0 cm).

Sav pribor koji se koristi pri miješanju i transportu morta potrebno je održavati čistim. Nakon što se mort izmiješa, odnosno izvadi iz miješalice ili započne transportirati, ne smije mu se dodavati nikakav dodatan materijal. Mort je potrebno ugraditi prije nego započne 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 strane proizvođača.

#### ZIDANJE

Za nosive elemente konstrukcije koji su projektom ili troškovnikom predviđeni kao zidani zidovi, potrebno je da budu zidani minimalno u skladu s kategorijom "B" kontrole zidanja. Kvaliteta zidanja mora biti u skladu sa zahtijevanom kvalitetom zidova koja je definirana u projektu te u skladu s važećim propisima, a u nedostatku državnih normi potrebno je koristiti ekvivalentne euronorme.

Zidne elemente potrebno je postavljati u pravilan zidni vez. Redovi elemenata za zidanje moraju biti vodoravni sa reškama ne debljim od 1.0 cm, osim kod zidanja elementima od "siporex"-a kod kojih reške ne smiju biti deblje od 0.5 cm. Prilikom izvedbe zidova s vertikalnim armiranobetonskim serklažima, opeku je potrebno uzidati tako da zid završava na "šmorc", odnosno, potrebno je izvesti nazubljeni spoj vertikalnog serklaža i zidanog zida izmicanjem za polovicu duljine elementa za zidanje u svakom drugom redu. Horizontalne serklaže na razini stropova potrebno je betonirati zajedno sa stropnom konstrukcijom.

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

Zidanje je potrebno obustaviti ako je temperatura zraka niža od +5 °C ili je viša od +35 °C. U slučaju da prilikom zidanja dođe do smrzavanja ili naglog sušenja, sve napukle zidove potrebno je srušiti i obnoviti.

Novoizvedene zidove potrebno je zaštititi od mehaničkih oštećenja i utjecaja vremenskih prilika. Vrhove zidova potrebno je pokriti vodonepropusnim presvlakama. Zidovima se ne smije dopustiti prebrzo sušenje, pa ih je stoga u vrućim danima potrebno vlažiti dok ne ostvare potrebnu čvrstoću.

### 3.4. Tehnički uvjeti za čeličnu konstrukciju

OPĆI UVJETI ZA IZRADU I MONTAŽU ČELIČNE KONSTRUKCIJE u tehničkoj dokumentaciji (statički proračun) predviđena je vrsta i kvaliteta materijala od kojeg konstrukciju treba izraditi. Materijal druge vrste i kvalitete ne može se upotrijebiti bez suglasnosti i odobrenja projektanta. U istoj tehničkoj dokumentaciji definiran je oblik, kvaliteta i pozicije. Za svaku promjenu potrebno je prethodno ishoditi odobrenje projektanta.

OSNOVNI DOKUMENTI ZA IZVOĐENJE Prije početka izvođenja shodno Zakonu o gradnji (NN 153/13) potrebno je sve radove izvoditi prema:

- glavnom projektu (građevna dozvola)
- izvedbenom projektu (usklađenom s glavnim projektom)
- tehnološkom projektu (prema Pravilniku o montaži čeličnih nosivih konstrukcija) koji u pravilu sadrži tehnologiju izvođenja zavarenih spojeva i planove montaže čelične konstrukcije s redoslijedom montaže i podacima o skelama, opremom za dizanje i mjerama zaštite na radu

#### DOKAZI KVALITETE PRIJE POČETKA IZRADE ČELIČNE KONSTRUKCIJE

- rješenja za voditelja izrade i montaže čelične nosive konstrukcije
- atesti materijala od kojih će biti izrađena čelična konstrukcija
- atesti za spojni materijal (vijci, elektrode)
- svjedodžbe tehnologa zavarivanja i zavarivača koji će raditi na ovoj konstrukciji
- tehnologija izrade (tehnologija zavarivanja)
- tehnologija montaže
- plan kontrole


Ova dokumentacija ovjerena po nadzornom inženjeru odnosno projektantu sastavni je dio dokumenata za tehnički pregled konstrukcije.

Ukoliko se materijal nabavlja tijekom rada, potrebno je ateste materijala prije početka izrade dostaviti nadzornom inženjeru na ovjeru.

#### KONTROLA U TOKU IZRADE, TRANSPORTA I MONTAŽE

Tijekom izrade konstrukcije u radionici i montaže izvoditelj je dužan voditi zakonom propisane dnevnik i provoditi svoju kontrolu u skladu s planom kontrole. Dužnost je nadzornog inženjera kontrolirati izvedbu u svim fazama izrade i montaže, tj. usklađenost s tehničkom dokumentacijom i važećim tehničkim normama i pravilima, ovjeravati navedene dokumente i ateste, te zapisnik o preuzimanju elemenata u radionici prije isporuke na montažu. Sve izmjene u dimenzijama ili načinu spajanja elemenata moraju biti ovjerene od projektanta konstrukcije.



 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

## FAZNE KONTROLE (FAZNI TEHNIČKI PREGLEDI) KOJE SE PROVODE U TOKU IZVEDBE ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Izvedba čelične konstrukcije ima sljedeće faze:

- izrada elemenata u radionici
- transport od radionice na gradilište
- montaža čelične konstrukcije na gradilištu na prethodno pripremljenu sidrenu konstrukciju (temelje ili dijelove zgrade)

U pravilu se svaka faza mora pregledati i utvrditi da je izvedena prema tehničkoj dokumentaciji i prema važećim tehničkim propisima. Izvršenje fazne kontrole potvrđuju putem zapisnika odgovorne osobe projektanta, stručnog nadzora i izvoditelja. Dok se ne uklone nedostaci utvrđeni u nekoj fazi, u pravilu ne može započeti iduća faza.

Fazni pregledi sa zapisnicima potpisanim od strane odgovornih imenovanih osoba su:

- kontrola dokaza kvalitete prije početka izrade konstrukcije
- prijem čelične konstrukcije po izradi u radionici
- prijem čelične konstrukcije po transportu na gradilištu
- geodetska kontrola izvedene sidrene konstrukcije ili drugih dijelova konstrukcije na koju se montira čelična konstrukcija
- geodetska kontrola montirane čelične konstrukcije
- završni pregled čelične konstrukcije prije početka drugih radova na čeličnoj konstrukciji (pokrivanje, oblaganje, montaža instalacija ili opreme i drugo)


Prijem elemenata obavlja se na temelju radioničkih crteža i specifikacija.

Kontrola i prijem čelične konstrukcije vrši se prema Pravilniku o tehničkim mjerama i uvjetima za montažu čeličnih konstrukcija. Sve daljnje aktivnosti prigodom transporta, skladištenja i montažnih radova moraju biti u skladu s navedenim Pravilnikom. Posebno se naglašava potreba pažljivog postupanja prigodom utovara, istovara i transporta dijelova konstrukcije.

Dijelovi konstrukcije ne smiju se odlagati neposredno na zemlju nego na drvene grede i sl. Dijelovi konstrukcije se slažu tako da se omogućí lagano pronalaženje pozicija i pristup zbog dizanja i transporta.

Prigodom prijema u radionici izvoditelj radova na izradi čelične konstrukcije dužan je staviti na uvid potrebnu tehničku dokumentaciju:

- radioničke nacрте sa specifikacijama
- ateste osnovnog materijala
- ateste dodatnog materijala
- ateste zavarivača
- ateste priključnih elemenata
- dnevnik izrade elemenata
- dnevnik zavarivanja

 arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting	<b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene	<b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2  Zagreb, studeni 2018.
	<b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a <b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531 <b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.	

- podatke o tehnologiji zavarivanja
- izvješće interne tehničke kontrole
- uvjerenja o kvalifikacijama stručnih osoba koje sudjeluju u izradi
- konstrukcije

Završnom pregledu po montaži u pravilu sudjeluje i rukovoditelj ili koordinator izgradnje cjelokupne građevine.

### ANTI-KOROZIVNA ZAŠTITA

Antikorozivna zaštita u svemu se provodi prema uvjetima u projektnoj dokumentaciji i u skladu s tehničkim propisima. Konstrukcija je svrstana u razred C2 zaštite od korozije.

Izvođenje radova zahtjeva isti postupak kao i sama čelična konstrukcija; kontrola i dokazi kvalitete predmet su istih faznih pregleda kako je to navedeno odredbama Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcija od korozije. Konstrukcija je svrstana u razred XC2 za izvođenje.

### TEHNIČKI PREGLED KONSTRUKCIJE U SKLOPU PREGLEDA GRAĐEVINE

Nakon izvedbe građevine prema Zakonu o gradnji provodi se postupak Tehničkog pregleda. Stručnoj komisiji za tehnički pregled izvedene građevine predočuje se sva projektna dokumentacija i dokumentacija praćenja izvedbe sa svim elaboriranim dokazima kvalitete i izvještajima o izvršenim ispitivanjima i pregledima prema Tehničkim propisima o pregledu i ispitivanju čeličnih nosivih konstrukcija (sl.list 6/65).

### 3.5. Prikaz mjera zaštite na radu

Izvođač je odgovoran za osiguranje svih potrebnih mjera zaštite na radu. Mjere predviđaju odgovarajuću organizaciju rada, te opremu i radnje obvezatne po Zakonu o zaštiti na radu (NN 71/14), prikladne vrsti radova. Posebno se ističe nužnost osiguranja radnika kod radova na visini i onemogućavanje kretanje ljudi u zonama iznad kojih se izvodi uklanjanje postojećih zidova i stropnih konstrukcija, a vezano s time, osiguranje nepristupnosti nezaposlenima u zoni izvođenja radova.

Nadzor obavlja nadzorni inženjer, koordinator zaštite na radu te nadležna inspekcija.

### 3.6. Prikaz mjera zaštite od požara

Za vrijeme sanacije predmetne građevine potrebno je provesti sve propisane i važećom zakonskom regulativom predviđene mjere, zaštite pri radu i rukovanju sa lako zapaljivim materijalima, koji mogu izazvati požar. Takve materijale potrebno je držati udaljene od toplinskih izvora i otvorenog plamena, kako ne bi došlo do izbijanja požara.

Lako zapaljive materijale (primjerice: eksploziv, benzin, nafta, razna ulja, boje i sl.) treba čuvati u posebnim skladišnim prostorima, sigurnim od požara, u svemu prema važećim odredbama, propisima i normama (NN 24/76, 31/86, 47/89, 108/95, NN 58/93, NN 33/05, NN 107/07).


Električne instalacije, uređaji i oprema, moraju svojom kvalitetom i načinom izvedbe, odgovarati važećim propisima i normama.

Kontrolu provedbe predmetnih mjera zaštite od požara, provode: izvoditelj, nadzorni inženjer, kao i ovlaštene predstavnici nadležnih državnih tijela.

Nakon završetka radova potrebno je urediti gradilište i ukloniti sve ostatke građe i zapaljivih materijala, te dovesti okoliš u prvobitno stanje.

**PROJEKTANT:**

mr.sc.Berislav Medić, dipl.ing.građ.

 <p>arhitektura   konstrukcija   dizajn   konzalting</p>	<p><b>GRAĐEVINA:</b> Rekonstrukcija i prenamjena sinagoge u građevinu javne namjene</p> <p><b>LOKACIJA:</b> k.č.br. 2018, k.o. Varaždin, Augusta Cesarca 16a</p> <p><b>INVESTITOR:</b> Grad Varaždin</p> <p>Trg kralja Tomislava 1, 42 000 Varaždin, OIB 13269011531</p> <p><b>IZRADIO:</b> mr. sc. Berislav Medić, dipl. ing. građ.</p>	<p><b>GLAVNI PROJEKT</b> <b>PROJEKT KONSTRUKCIJE</b> mapa 2</p> <p>Zagreb, studeni 2018.</p>
--	--	--

#### 4. POSEBNI TEHNIČKI UVJETI GRAĐENJA, POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA GOSPODARENJE OTPADOM TE POSEBNI TEHNIČKI UVJETI ZA GOSPODARENJE OPASNIM OTPADOM

Temeljem Zakona o gradnji (NN153/13) i pravilnika o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN153/13) izrađen je Glavni projekt.

Izvoditi će se:

- zbrinjavanje građevinskog otpada

Organizacijom građenja kod izvođenja radova treba predvidjeti mjere zaštite radi sprječavanja zagađenja okoliša i podzemlja tekućim i krutim tvarima, kao što su: otrovi, masnoće, kemijski agresivne tvari, soli, organska otapala i slično.

Izvoditelj je dužan redovito održavati i čistiti gradilište sa svim prostorima i cjelokupnim inventarom.

Sve otpadne materijale (šuta, mort, ambalaža i sl.) treba odmah odvesti na za to predviđeno mjesto - deponiju ili reciklažu, a sve prema odredbi Nadzornog inženjera.

Okoliš gradilišta, odnosno prostor koji je ono zauzelo za potrebe građenja, mora se nakon završetka građenja vratiti u prvobitno stanje. To znači da se moraju ukloniti sve privremene građevine sagrađene u okviru pripremnih radova, sva gradilišna oprema, sva neutrošena građiva, otpad i slično. Zemljište na području gradilišta te na prilazima gradilištu mora se urediti i vratiti, u mjeri u kojoj je to moguće, u prvobitno stanje.

**PROJEKTANT:**

mr.sc.Berislav Medić, dipl.ing.građ.