

# Projekt konstrukcije stambene zgrade u Makarskoj

---

**Bralić, Antonio**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:803618>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-03**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Antonio Bralić**

**Split, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Antonio Bralić**

**Projekt konstrukcije stambene zgrade u Makarskoj**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **Antonio Bralić**

BROJ INDEKSA: **817**

KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**

PREDMET: **Betonske konstrukcije**

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

**Tema: Projekt konstrukcije stambene zgrade u Makarskoj**

Opis zadatka: Armirano betonska zgrada se sastoji od SU+PR+4K s visinama etaža 2,90 m. Nalazi se u zoni s osnovnom brzinom vjetra od 45 m/s i karakterističnim opterećenjem snijega od 0,36 kN/m<sup>2</sup>, te potresnoj zoni s mogućim ubrzanjem tla od 0.28 g. Temeljena je na tlu s dopuštenim naprezanjem od 0.5 MPa. Vertikalno promjenjivo (korisno) opterećenje iznosi 2,0 kN/m<sup>2</sup>. Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirano betonske ploče oslonjene na grede i zidove. Vertikalnu nosivu konstrukciju tvore obodni i unutarnji armiranobetonski zidovi i visokostjeni nosači. Potrebno je izraditi projekt konstrukcije zgrade (tehnički opis, glavni građevinski nacrti s planovima pozicija, proračun) i planove armature temeljne ploče, karakterističnog zida, visokostjenog nosača, međukatne konstrukcije, te krovne ploče.

U Splitu, 26. ožujka 2021.

Voditelj diplomskog rada:

Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

# **Projekt konstrukcije stambene zgrade u Makarskoj**

## ***Sažetak:***

Zadatak ovog diplomskog rada je bio izraditi projekt konstrukcije 6-etažne stambene zgrade u Makarskoj. Nosivu konstrukciju čini sustav greda, zidova, i ploča izvedenih od armiranog betona. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata, karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

## ***Ključne riječi:***

Tehnički opis, numerički model, opterećenje, proračun, armatura, beton, međukatna konstrukcija, zidovi, temeljna ploča

# **Construction project of residential building in Makarska**

## ***Abstract:***

The task of this thesis was to make the construction project of 6-storey building in Makarska. Supporting structure makes the system of beams, walls and slabs performed in reinforced concrete. The project contains a technical description of the construction, calculation of load-bearing structural elements, specific building plans and reinforcement plans.

## ***Keywords:***

Technical description, numerical model, load, calculation, reinforcement, concrete, floor slab, walls, foundation slab

# Sadržaj

1. TEHNIČKI OPIS .....	1
1.1. Opći podaci .....	1
1.2. Opis nosive konstrukcije .....	1
1.2.1. Temelji .....	1
1.2.2. Zidovi .....	1
1.2.3. Grede .....	1
1.2.4. Međukatne konstrukcije .....	1
1.3. Osnovna djelovanja i kombinacije .....	2
1.3.1. Osnovna djelovanja .....	2
1.3.2. Osnovne kombinacije djelovanja .....	3
1.4. Konstruktivni materijali .....	3
1.4.1. Beton .....	3
1.4.2. Betonski čelik .....	4
1.4.3. Pravilnici i norme .....	4
1.5. Plan kontrole i osiguranje kvalitete .....	5
1.5.1. Opće napomene .....	5
1.5.2. Betonski i armirano betonski radovi .....	5
1.5.3. Ostali radovi i materijali .....	7
1.5.4. Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole .....	8
1.6. Posebni tehnički uvjeti .....	10
1.6.1. Oplate i skele .....	10
1.6.2. Transport i ugradnja betona .....	11
1.6.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama .....	12
1.6.4. Betoniranje pri niskim temperaturama .....	12
1.7. Obaveze izvođača .....	12
1.8. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja .....	13
2. ANALIZA OPTEREĆENJA .....	14
2.1. Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima .....	14
2.1.1. Stalno opterećenje (G) i korisno opterećenje (Q) .....	14
2.1.2. Opterećenje snijegom .....	16
2.1.3. Opterećenje vjetrom .....	17
2.1.4. Izvanredno djelovanje – potres .....	23
3. PODACI O PRORAČUNSKOM MODELU .....	28
4. PRORAČUN AB PLOČA .....	30
4.1. Proračun krovne ploče – POZ 601 .....	30
4.1.1. Prikaz opterećenja .....	30
4.1.2. Rezultati proračuna .....	32
4.1.3. Dimenzioniranje .....	37

4.2. Proračun međukatnih konstrukcija -POZ 501,401,301,201 .....	39
4.2.1. Prikaz opterećenja.....	39
4.2.2. Rezultati proračuna .....	40
4.2.3. Dimenzioniranje .....	44
4.3. Proračun međukatne konstrukcije -POZ 101 .....	46
4.3.1. Prikaz opterećenja.....	46
4.3.2. Rezultati proračuna.....	47
4.3.3. Dimenzioniranje .....	51
4.4. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti .....	53
4.4.1. Proračun pukotina POZ 601 .....	53
4.4.2. Kontrola graničnog stanja deformacija .....	58
5. PRORAČUN AB GREDA.....	61
5.1. Plan pozicija.....	61
5.1.1. Poz 600.....	61
5.1.2. Poz 500.....	62
5.1.3. Poz 400.....	63
5.1.4. Poz 300.....	64
5.1.5. Poz 200.....	65
5.1.6. Poz 100.....	66
5.2. Dimenzioniranje grede G 101 b/h=20/78 .....	67
5.2.1. Dimenzioniranje na savijanje: .....	68
5.2.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu : .....	69
5.2.3. Proračun pukotina POZ 101 .....	71
5.3. Dimenzioniranje greda G 201,G 301,G 401,G 501 b/h=20/78 .....	73
5.3.1. Dimenzioniranje na savijanje: .....	75
5.3.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu : .....	75
5.3.3. Proračun pukotina POZ 201,301,401,501 .....	77
5.4. Dimenzioniranje grede G 601 b/h=20/68 .....	79
5.4.1. Dimenzioniranje na savijanje: .....	81
5.4.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu : .....	82
5.4.3. Proračun pukotina POZ 601 .....	84
5.5. Dimenzioniranje greda G 202,G 302, G402, G502 b/h=20/78 .....	86
5.5.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju: .....	88
5.5.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:.....	88
5.5.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu : .....	89
5.5.4. Proračun pukotina POZ 202, 302, 402, 502 .....	91
5.6. Dimenzioniranje greda G 602 b/h=20/68.....	95
5.6.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju: .....	97
5.6.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:.....	97

5.6.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :	98
5.6.4. Proračun pukotina POZ 602	100
5.7. Dimenzioniranje greda G 102,G 203, G303, G 403, G 503 b/h=20/78	104
5.7.1. Dimenzioniranje na savijanje:	106
5.7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :	107
5.7.3. Proračun pukotina POZ 102, 203,303,403,503	109
5.8. Dimenzioniranje grede G 603 h/b=20/68	111
5.8.1. Dimenzioniranje na savijanje:	112
5.8.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :	113
5.8.3. Proračun pukotina POZ 603	115
5.9. Dimenzioniranje greda G 103,G 204, G304, G 404,G 504,G 205, G 305, G 405, G 505 b/h=20/40	117
5.9.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:	119
5.9.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:	119
5.9.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :	120
5.9.4. Proračun pukotina POZ G103,G 204, G304, G 404,G 504,G 205, G 305, G 405, ..... G 505	122
5.10. Dimenzioniranje greda G 604, G 605 b/h=20/40	126
5.10.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:	128
5.9.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:	128
5.10.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :	129
6. PRORAČUN STUBIŠTA Poz St 1	131
7.PRORAČUN TEMELJNE PLOČE Poz 001	132
7.1. Rezultati proračuna	132
7.1.1. Kontaktna naprezanja	132
7.1.2. Kombinacija GSN	133
7.2. Dimenzioniranje	134
7.3.Kontrola graničnog stanja deformacija	137
8.PRORAČUN ZIDOVA	138
8.1.Rezultati proračuna za zid Z1 ( x smjer )	138
8.2.Proračun zida unutar kritičnog područja	139
8.2.1. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja	140
8.2.2. Dokaz nosivosti na poprečnu silu	141
8.3.Rezultati proračuna za zid Z5 ( y smjer )	142
8.4.Proračun zida unutar kritičnog područja	143
8.4.1. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja	144
8.4.2. Dokaz nosivosti na poprečnu silu	144
8.5. Proračun zidova suterena	146
8.5.1. Dimenzioniranje	147



8.6. Proračun visokostjenog nosača VN1 .....	148
8.6.1. Rezultati proračuna .....	148
8.6.2. Proračun armature .....	148
9. GRAFIČKI PRILOZI .....	150
9.1. Tlocrt temelja .....	
9.2. Tlocrt suterena .....	
9.3. Tlocrt prizemlja .....	
9.4. Tlocrt 1. kata .....	
9.5. Tlocrt 2. kata .....	
9.6. Tlocrt 3. kata .....	
9.7. Tlocrt 4. kata .....	
9.8. Tlocrt krova .....	
9.9. Presjek .....	
9.10. Pročelje – jugozapad .....	
9.11. Pročelje – jugoistok .....	
9.12. Pročelje – sjeveroistok .....	
9.13. Pročelje – sjeverozapad .....	
10. ARMATURNI NACRTI .....	151
10.1. Plan armature krovne ploče .....	
10.2. Plan armature međukatne ploče .....	
10.3. Plan armature temeljne ploče .....	
10.4. Plan armature zida Z1 .....	
10.5. Plan armature visokostjenog nosača .....	
10.6. Plan armature stubišta .....	
11. LITERATURA .....	152
1. J.Radnić i suradnici : Betonske konstrukcije – priručnik .....	152
2. J.Radnić, A.Harapin : Osnove betonskih konstrukcija – interna skripta .....	152
3. A.Harapin : Dimenzioniranje betonskih konstrukcija prema TPBK (EC 2) .....	152
4. EN 1992 Eurokod 2 : Proračun betonskih konstrukcija .....	152
5. EN 1998 Eurokod 8 : Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje .....	152

## 1. TEHNIČKI OPIS

### 1.1. Opći podaci

Predmet ovog diplomskog rada bila je izrada projekta nosive konstrukcije armiranobetonske zgrade. Građevina se sastoji od 6 etaža (SU+PR+4K) gdje visina etaže iznosi 2,90 m. Tlocrtna bruto površina etaže iznosi 252 m<sup>2</sup>, a ukupna visina objekta je 17,8 m.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski zidovi i visokostijeni nosači dok horizontalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonske ploče i grede. Vertikalna komunikacija ostvaruje se dvokrakim stubištem i liftom. Izrađuju se od klase betona C25/30, C30/37 i armiraju armaturom B500B.

Građevina se nalazi u IX. potresnoj zoni gdje je moguće ubrzanje tla 0,28g za povratni period od 475g, III. području opterećenja vjetrom gdje je osnovna brzina vjetera 45m/s a opterećenje snijegom 0,36 kN/m<sup>2</sup>.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i armatura za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno >0,1% površine betonskog presjeka.

### 1.2. Opis nosive konstrukcije

#### 1.2.1. Temelji

Računska granična nosivost tla iznosi 0.5 MPa, što je nakon iskopa potrebno utvrditi ispitivanjem. Objekt se temelji na armirano-betonskoj ploči debljine 40 cm. Za izradu temelja predviđen je beton klase C 30/37 s aditivima za vodonepropusnost te se ploča armira armaturom B500B. Projektom je predviđeno da minimalni zaštitni sloj mora biti 5 cm.

#### 1.2.2. Zidovi

Zidovi se izvode od armiranog betona klase C30/37 u debljini od 20 cm. Minimalni zaštitni sloj iznosi 3,0 cm. Zidovi se armiraju armaturom B500B. Na zidove suterena koji su u dodiru s tlom potrebno je postaviti hidroizolaciju.

#### 1.2.3. Grede

Grede se izvode od armiranog betona klase C25/30 te se armiraju armaturom B500B. Minimalni zaštitni sloj iznosi 3,0 cm. Grede se oslanjaju na AB zidove te zajedno čine cjelinu koja preuzima horizontalna i vertikalna opterećenja.

#### 1.2.4. Međukatne konstrukcije

Međukatne nosive konstrukcije čine armirano-betonske ploče debljine 18 cm te se armiraju armaturom B500B. Minimalni zaštitni sloj za ploče iznosi 2,0 cm.

### 1.3. Osnovna djelovanja i kombinacije

#### 1.3.1. Osnovna djelovanja

G - stalno djelovanje (vlastita težina elemenata nosive konstrukcije)

Q1- promjenjivo djelovanje :

-stanovi	$q_1 = 2,0 \text{ kN/m}^2$
-stubište	$q_2 = 3,0 \text{ kN/m}^2$
-balkoni, prohodni krovovi	$q_3 = 4,0 \text{ kN/m}^2$
-neprohodni krovovi	$q_4 = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Q2 - snijeg :

- područje opterećenja snijegom C
- nadmorska visina  $< 100 \text{ m.n.m}$
- opterećenje snijegom na krovu  $s = 0,36 \text{ kN/m}^2$

W - vjetar :

- područje opterećenja vjetrom III.
- osnovna brzina vjetra  $45 \text{ m/s}$
- poredbeni tlak  $q_{\text{ref}} = 1,53 \text{ kN/m}^2$

S – potres :

- seizmička zona IX.
- računsko ubrzanje tla  $a_g = 0,28 \text{ m/s}^2$
- faktor ponašanja  $q = 3,0$
- faktor važnosti građevine  $\gamma = 1,0$

### 1.3.2. Osnovne kombinacije djelovanja

Granično stanje uporabljivosti :

(**g**-vl.težina konstrukcije,  $\Delta$ **g**-dodatno stalno opterećenje, **q**-pokretno opterećenje, **S**-potres, **Sn**-snijeg)

$$GSU : 1,0g + 1,0\Delta g + 1,0q$$

Granično stanje nosivosti :

$$GSN 1 : 1,35g + 1,35\Delta g + 1,35Sn + 1,5q$$

$$GSN 2 : 1,35g + 1,35\Delta g + 1,5q$$

$$GSN 3 : 1,35g + 1,35\Delta g + 1,5q + 1,5 \cdot 0,6 W$$

$$K 1 : 1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_x$$

$$K 2 : 1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_y$$

## 1.4. Konstruktivni materijali

### 1.4.1. Beton

Beton za sve konstruktivne elemente, odnosno za sve betone, treba izraditi Izvoditelj i dostaviti ga na suglasnost Projektantu. Projekt betona treba izraditi stručna osoba, detaljno i sveobuhvatno. U njemu treba precizno definirati za svaki element, odnosno za svaki različiti beton :

- fizikalno-mehanička svojstva
- sastav
- vodocementni faktor
- dodatke (superplastifikatori, ubrzivači, dodaci za prionjivost...)
- način proizvodnje, transport i ugradnje
- način zbijanja
- njegu
- obradu spojnica
- posebne zahtjeve, specifičnosti i sl.

U nastavku će se dati okvirne smjernice i zahtjevi koje treba uvažiti projekt betona odnsono koje treba poštivati Izvoditelj.

Ivice elementa trebaju biti precizno izvedene, ravne i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elementa, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. U slučaju eventualne segregacije, nisu dopuštena „krpanja“ cementnim mortom. Sanacije takvih ploha treba obaviti stručno ,prema posebnim rješenjima. Voditi računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona.

Osobito treba voditi računa o njezi betona prvih 2-3 dana da se ne pojave štetne pukotine od skupljanja. Nisu propisani posebni zahtjevi na otporost betona na mraz i vodo/zrak propusnost. Oni su posebno obuhvaćeni kroz zahtjevanu kakvoću betona. U načelu se koristi uobičajeni beton C25/30,C30/37. Za sve podbetone koristi se beton C12/15.

#### **1.4.2 Betonski čelik**

Kao armatura koristi se betonski čelik B500B (prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 2,0 – 5.0 cm.

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

#### **1.4.3. Pravilnici i norme**

Prilikom izrade predmetne projektne dokumentacije primijenjeni su sljedeći pravilnici i normativi:

- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (N.N. 76/07)
- Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07)
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje grđevinskih objekata (Sl. list 15/90)

- Zakon o zaštiti od požara (N.N. 58/93; 107/07)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. 59/96; 94/96; 114/03; 86/08)
- EN 1991 Eurokod 1 Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije
- EN 1992 Eurokod 2 Proračun betonskih konstrukcija
- EN 1998 Eurokod 8 Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje

Sva opterećenja uzeta prema:

- HRN ENV 1991-2-1 stalno i uporabno opterećenje
- HRN ENV 1991-2-4 opterećenje vjetrom
- HRN ENV 1998-1-1 potresno opterećenje

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Na osnovi ovog projekta potrebno je izraditi izvedbeni projekt sa svim relevantnim detaljima i dati ga na usvajanje projektantu ovog projekta. Također, za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

## **1.5. Plan kontrole i osiguranje kvalitete**

### **1.5.1. Opće napomene**

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o građenju (N.N. br. 173/03), kojim su propisana tehnička svojstva bitna za građevinu.

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija Projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor, te povremeni projektantski nadzor.

### **1.5.2. Betonski i armirano betonski radovi**

#### **1.5.2.1. Beton**

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Izvoditelj je dužan izraditi

projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta.

Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona, a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije, te svim pratećim normativima.

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1.

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije.

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1.

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

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora. Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

#### **1.5.2.2. Betonski čelik**

Betonski čelik treba udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme:

- nHRN EN 10080-1 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
- nHRN EN 10080-2 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
- nHRN EN 10080-3 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)

- nHRN EN 10080-4 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
- nHRN EN 10080-5 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
- nHRN EN 10080-6 čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodatka Za norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje, odnosno čelika za prednapinjanje, provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B 500B u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

### **1.5.2.3. Prekid betoniranja**

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

### **1.5.3. Ostali radovi i materijali**

Svi materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost Projektanta i Investitora.

Za vrijeme izvođenja radova potreban je stalni tehnički nadzor. Preporuča se stalni kvalificirani nadzor građevinske struke koji će moći realizirati sve postavke iz ovog proračuna.



## 1.5.4. Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole

### 1.5.4.1. Norme za beton-osnovne norme

HRN EN 206-1:2002 HRN EN 206-1/A1:2004 nHRN EN 206-1/A2

Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)

Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)

Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/prA2:2004)

### 1.5.4.2. Norme za beton-ostale norme

HRN EN 12350-1 Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje

HRN EN 12350-2 Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem

HRN EN 12350-3 Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje

HRN EN 12350-4 Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti

HRN EN 12350-5 Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem

HRN EN 12350-6 Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća

HRN EN 12350-7 Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode

HRN EN 12390-1 Ispitivanje očvrstnalog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe

HRN EN 12390-2 Ispitivanje očvrstnalog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće

HRN EN 12390-3 Ispitivanje očvrstnalog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka

HRN EN 12390-6 Ispitivanje očvrstnalog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka

HRN EN 12390-7 Ispitivanje očvrstnalog betona – 7. dio: Gustoća očvrstnalog betona

HRN EN 12390-8 Ispitivanje očvrstnalog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom

prCEN/TS 12390-9 Ispitivanje očvrstnalog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem

ISO 2859-1 Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine

ISO 3951 Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti

HRN U.M1.057 Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton

HRN U.M1.016 Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza

HRN EN 480-11 Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrstnulom betonu

HRN EN12504-1 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće

HRN EN 12504-2 Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka

HRN EN 12504-3 Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja

HRN EN 12504-4 Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka

prEN 13791:2003 Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

### 1.5.4.3. Norme za čelik za armiranje-osnovne norme

nHRN EN 10080-1	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1.dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
nHRN EN 10080-2	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
nHRNEN 10080-3	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
nHRN EN 10080-4	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
nHRN EN 10080-5	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
nHRN EN 10080-6	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za gredice (prEN 10080-6:1999)

### 1.5.4.4. Norme za čelik za armiranje -ostale norme

HRN EN 10020	Definicije i razredba vrsta čelika
HRN EN 10025	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
HRN EN 10027-1	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
HRN EN 10027-2	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
EN 10079	Definicije čeličnih proizvoda
HRN EN 10204	Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
prEN ISO 17660	Zavarivanje čelika za armiranje
HRN EN 287-1	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: čelici
HRN EN 719	Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
HRN EN 729-3	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
HRN EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
HRN EN ISO 377	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
HRN EN 10002-1	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
HRN EN ISO 15630-1	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturne šipke i žice

HRN EN ISO 15630-2 Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

## 1.6. Posebni tehnički uvjeti

### 1.6.1. Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće.

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispušćenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja. Nadvišenja oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplate ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplate mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prljanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema određenom redoslijedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata. Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukružene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukružene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

### **1.6.2. Transport i ugradnja betona**

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu. Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja. Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem. Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju

u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom uklješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

### **1.6.3. Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama**

Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro). Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć – dan.

### **1.6.4. Betoniranje pri niskim temperaturama**

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2<sup>h</sup>.

## **1.7. Obaveze izvođača**

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku. Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene. Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se ukloniti s gradilišta. Po završetku svih

radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koje se u toku garantnog roka pojave.

Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano betonskih konstrukcija bez prethodnog odobrenja i uputa nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik.

Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal.

Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.

### **1.8. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja**

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje).

Posebnu pažnju obratiti na:

- pukotine u ab konstrukciji;
- veće deformacije (progibe) ab elemenata;
- moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona); -koroziiju armature;
- raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata; Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

## 2. ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. Podaci o predviđenim djelovanjima i utjecajima

#### 2.1.1. Stalno opterećenje (G) i korisno opterećenje (Q)

Vlastita težina elemenata konstrukcije :

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema sljedećem:

- Specifična težina armiranog betona od  $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
- Stalno opterećenje od vlastite težine elemenata AB konstrukcije zadaje se u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama poprečnih presjeka

Stalna djelovanja po međukatnim konstrukcijama:

#### Ravni krov :

završna obrada	0,70 kN/m <sup>2</sup>
hidroizolacija	0,20 kN/m <sup>2</sup>
armirani plivajući cementni estrih d=4 cm	0,90 kN/m <sup>2</sup>
beton za pad min. 3 cm	1,20 kN/m <sup>2</sup>
AB ploča (uključeno u računalnom programu)	
glet masa, instalacije, ostalo stalno opterećenje	0,10 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
	$g_{\text{dod}} = 3,10 \text{ kN/m}^2$

#### Međukatne AB konstrukcije :

slojevi poda	2,20 kN/m <sup>2</sup>
AB ploča d=18 cm (uključeno u računalnom programu)	
instalacije, završna obrada stropa	0,30 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
	$g_{\text{dod}} = 2,50 \text{ kN/m}^2$

#### Balkoni :

slojevi poda	1,90 kN/m <sup>2</sup>
AB ploča d=18 cm (uključeno u računalnom programu)	
instalacije, ostalo stalno opterećenje	0,10 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
	$g_{\text{dod}} = 2,00 \text{ kN/m}^2$

#### Staklena ograda (balkon) :

staklena ograda	0,10 kN/m <sup>2</sup>
<hr/>	
	$g_{\text{dod}} = 0,10 \text{ kN/m}^2$

Stubište :

kamene ploče u mortu 1,30 kN/m<sup>2</sup>

AB ploča d=15 cm (uključeno u računalnom programu)

žbuka 0,30 kN/m<sup>2</sup>

---

$g_{\text{dod}} = 1,60 \text{ kN/m}^2$

## Promjenjivo djelovanje:

stanovi  $q_1 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

stubište  $q_2 = 3,0 \text{ kN/m}^2$

balkoni, prohodni krovovi  $q_3 = 4,0 \text{ kN/m}^2$

neprohodni krovovi  $q_4 = 1,0 \text{ kN/m}^2$



### 2.1.2. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom na krovu:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

-  $\mu_1$  - koef. oblika za opterećenje snijegom

krov nagiba :  $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \Rightarrow \mu_1 = 0,8$

-  $s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $[kN/m^2]$

Zona Makarska, područje C, nadmorska visina do 100 m  $\Rightarrow s_k = 0.45kN/m^2$



Slika 1. Karta područja za opterećenja snijegom

-  $C_e$  - koef. izloženosti  $\Rightarrow C_e = 1,0$

-  $C_t$  - toplinski koef.  $\Rightarrow C_t = 1,0$

$$\Rightarrow s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 = \mathbf{0,36[kN/m^2]}$$

### 2.1.3. Opterećenje vjetrom

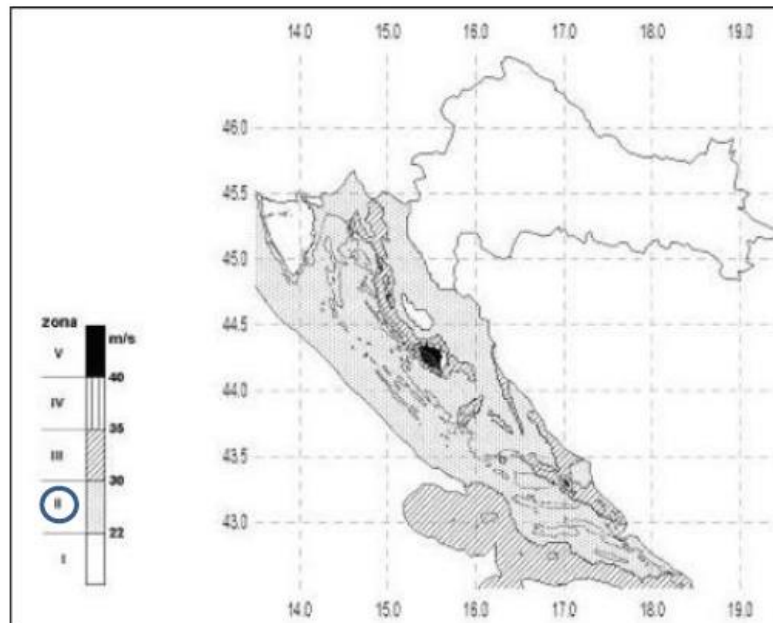
Opterećenje je promjenjivo slobodno djelovanje. Pojednostavljeni postupak vjetrovnog opterećenja može se koristiti za zgrade visine manje od 200 m i znači da se djelovanje vjetra uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje.

Ovdje će biti prikazan pojednostavljeni proračun za stalne konstrukcije.

Predmetna građevina se nalazi u Makaraskoj , regija područje Makarske , 3.kategorija zemljišta, na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetra. Prema hrvatskim normama predmetna lokacija je smještena u 5. područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra  $W_0 = 45 \text{ m/s}$  .

Oznaka regije	Opis regije	Područje opterećenja vjetrom
P1	zapadna unutrašnjost (od Požeške kotline do zapadne granice Hrvatske)	I
P2	istočna unutrašnjost (od Požeške kotline do istočne granice Hrvatske)	I
P3	Gorski Kotar i unutrašnjost Istre	I, II
P4	Lika	I, II
P5	Velebit i planinsko zaleđe južnojadranskog priobalja	II, III, IV, V
P6	obala Istre	II
P7	sjevernojadransko priobalje (od Opatije do Zadra)	II, III, IV
P8	sjevernojadranski otoci (od Krka do Paga)	II, III
	mostovi Krk i Pag	IV
P9	južnojadransko priobalje (južno od Zadra)	II, III
	područje Makarske	V
P10	južnojadranski otoci (južno od Paga)	II, III

Slika 2. Opis regija



Slika 3. Vjetrovna karta Hrvatske

### 2.1.3.1. Analiza opterećenja vjetrom

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra :

$$q_{ref} = \left( \frac{\rho \cdot W_{ref}^2}{2} \right)$$

Gustoća zraka

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

Osnovna vrijednost poredbene brzine vjetra :

$$W_{ref} = 45 \text{ m/s}$$

Koeficijent nadmorske visine :

$$C_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot as = 1 + 0,001 \cdot 0 = 1,0$$

Poredbena brzina vjetra :

$$W_{ref} = 45,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 = 49,5 \text{ m/s}$$

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra :

$$q_{ref} = \left( \frac{1,25 \cdot 49,5^2}{2} \right) = 1,53 \text{ kN/m}^2$$

Opterećenje vjetrom (okomito na površinu) definira se prema izrazu :

- pritisak na vanjske površine

$$W_{ref} = q_{ref} \cdot C_e(Z_e) \cdot C_{pe}$$

- pritisak na unutarnje površine

$$W_{ref} = q_{ref} \cdot C_i(Z_i) \cdot C_{pi}$$

Visina konstrukcije nad tlom :

$$h = 17,80 \text{ m}$$

Širina konstrukcije na koju puše vjetar :

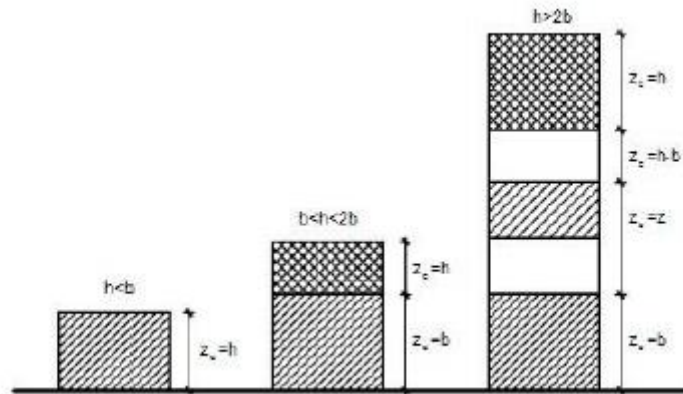
X- smjer

$$b = 13,10 \text{ m}$$

Y- smjer

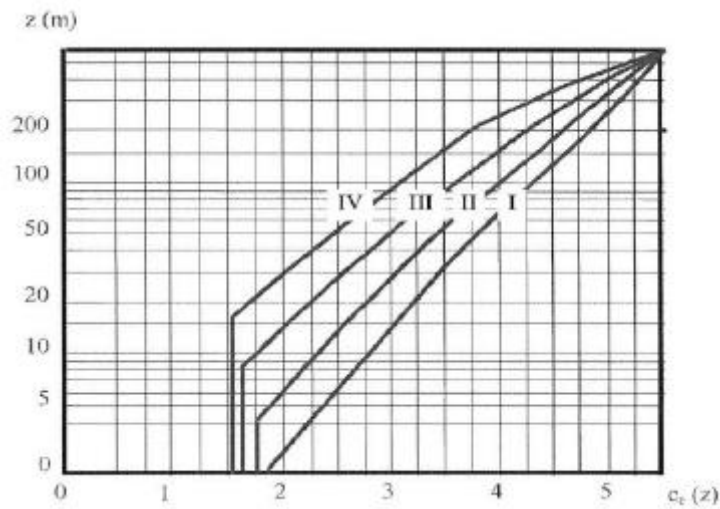
$$b = 17,45 \text{ m}$$

Poredbena visina  $h$  :



Slika 4. Poredbena visina  $z_e$  u ovisnosti o visini  $h$  i širini  $b$

Koeficijenti izloženosti :



Slika 5. Koeficijenti izloženosti u ovisnosti o kategoriji terena 1-4 i visini  $z$  iznad terena

### 2.1.3.2. Analiza opterećenja vjetrom u X smjeru (manja fasada)

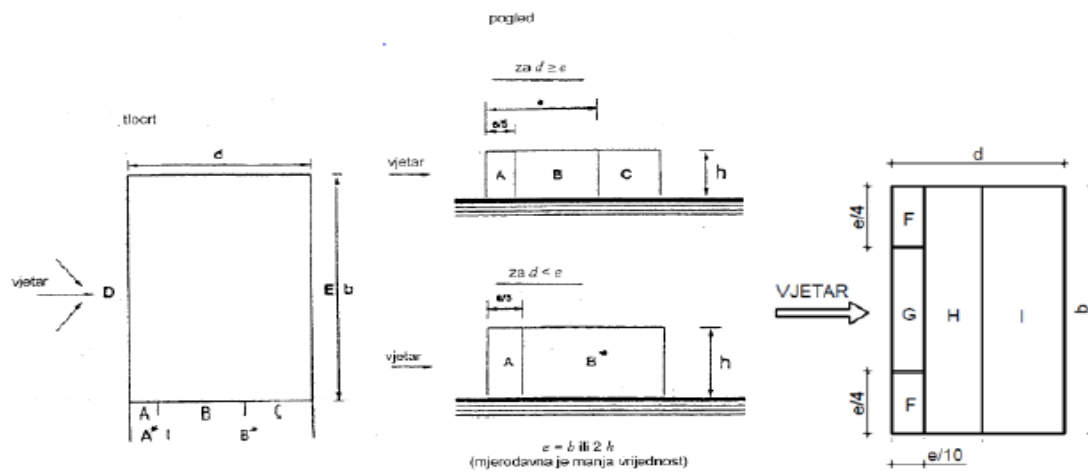
Visina konstrukcije nad tlom :  $h = 17,80$  m

Širina konstrukcije na koju puše vjetar :  $b = 13,10$  m

Poredbena visina :  $b < h < 2b$

Proračun koeficijenta vanjskog pritiska  $C_{pe}$ 

Ravni krov :



Slika 6. Zone djelovanja vjetra

Područje	F	G	H	I
$C_{pe}$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

Tablica 1. Koeficijent vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova

Područje	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 2. Koeficijent vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova

$$C_e(z^g) = 2,2$$

$$C_e(z^d) = 1,9$$

Tlak vjetra na vanjske površine „ $w_e$ “ :

Zona	F	G	H	I
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
$C_e(Z)$	2,2	2,2	2,2	2,2
$w_e$	-6,05	-4,04	-2,36	-0,67

Tablica 3. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 2,2$

Zona	A	B	C	D	E
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3
$C_e(Z)$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
$w_e$	-3,37	-2,69	-1,68	2,69	-1,01

Tablica 4. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 2,2$ 

Zona	A	B	C	D	E
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3
$C_e(Z)$	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
$w_e$	-2,9	-2,33	-1,45	2,33	-0,87

Tablica 5. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 1,9$ 

### 2.1.3.3. Analiza opterećenja vjetrom u Y smjeru (veća fasada)

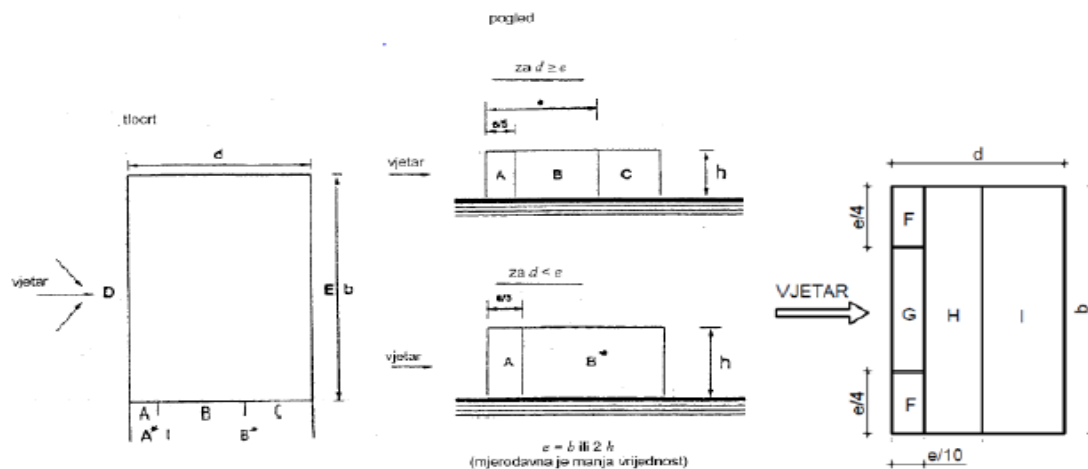
Visina konstrukcije nad tlom :  $h = 17,80$  m

Širina konstrukcije na koju puše vjetar :  $b = 17,45$  m

Poredbena visina :  $b < h < 2b$

Proračun koefcijenta vanjskog pritiska  $C_{pe}$

Ravni krov :



Slika 7. Zone djelovanja vjetra

Područje	F	G	H	I
$C_{pe}$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

Tablica 6. Koeficijent vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova

Područje	A	B	C	D	E
$C_{pe}$	-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 7. Koeficijent vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova

$$C_e(z^g) = 2,2$$

$$C_e(z^g) = 1,9$$

Tlak vjetra na vanjske površine „ $w_e$ “ :

Zona	F	G	H	I
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
$C_e(Z)$	2,2	2,2	2,2	2,2
$w_e$	-6,05	-4,04	-2,36	-0,67

Tablica 8. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 2,2$ 

Zona	A	B	C	D	E
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3
$C_e(Z)$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
$w_e$	-3,37	-2,69	-1,68	2,69	-1,01

Tablica 9. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 2,2$ 

Zona	A	B	C	D	E
$q_{ref}$	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
$C_{pe}$	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3
$C_e(Z)$	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
$w_e$	-2,9	-2,33	-1,45	2,33	-0,87

Tablica 10. Opterećenje vjetrom na konstrukciju za  $c_e(z_e) = 1,9$

### 2.1.4. Izvanredno djelovanje – potres

Za potrebe dimenzioniranja građevine na potresno opterećenje bit će izrađen računalni 3D model iz kojeg će biti izdvojeni relevantni rezultati proračuna modalne analize.

Predmetna građevina nalazi se u Makarskoj, koja se prema seizmičkoj rajonaziciji nalazi u području gdje je poredbeno vršno ubrzanje tla 0,28g, te u zoni gdje je osnovna brzina vjetra 45 m/s.

Računsko ubrzanje tla :

Poredbeno vršno ubrzanje temeljnog tla  $a_{gR}$ , za temeljno tlo tipa B, s vjerojatnošću premašaja 10% u 50 godina, a za povratno razdoblje potresa  $T_{NCR}=475$  godina :  $a_{gR,GSN} = 0,28g$

Poredbeno vršno ubrzanje temeljnog tla  $a_{gR}$ , za temeljno tlo tipa B, s vjerojatnošću premašaja 10% u 10 godina, a za povratno razdoblje potresa  $T_{NCR}=95$  godina :  $a_{gR,GSN} = 0,143g$

Osnovni podaci za proračun građevine na djelovanje potresa :

Utjecaj lokalnih zahtjeva koji se odnose na tlo na potresno djelovanje općenito se uzima u obzir razmatranjem kategorija tla. HRN EN 1998-1:2011 razlikuje pet kategorija tla, a predmetna građevina je svrstana u razred „B“.

Za kategoriju tla „B“ i 9 stupanj MCS skale, prema HRN EN 1998 i EC-8:

Tip temeljnog tla	S	$T_B$ (S)	$T_C$ (S)	$T_D$ (S)
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,60	2,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00

Faktor ponašanja za horizontalna potresna djelovanja  $q$  :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$$

$q_0$ -osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o tipu konstrukcijskog sustava i njegovoj pravilnosti po visini

$k_w$ - faktor kojim se uzima u obzir prevladavajući oblik sloma konstrukcijskih sustava sa zidovima

**Usvojeno :  $q = 2,4$**



**Spektar odgovora ubrzanja podloge predmetne građevine :**

Za predmetnu građevinu je poznato :

Klasa tla „B“

Računsko ubrzanje tla  $a_g = 0,28g$

Tip spektra I

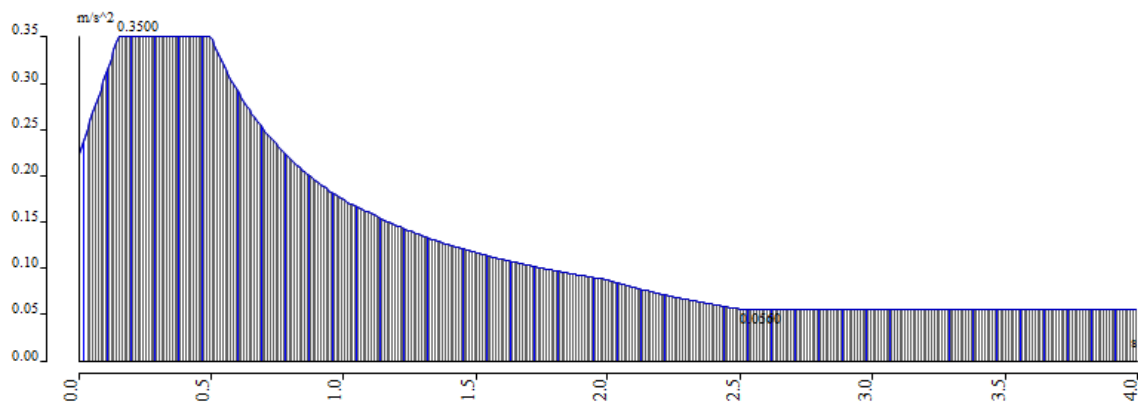
Granica konstantnog intervala spektralnog ubrzanja  $T_B = 0,15$  ,  $T_C = 0,50$

Vrijednost koja definira početak dijela spektra velikih perioda  $T_B = 2,0$

Parametar tla  $S = 1,20$

Spektralna vrijednost faktora uvećanja ubrzanja za viskozna prigušenje 5%  $\beta_0 = 2,50$

Faktor ponašanja konstrukcije  $q = 2,4$



Slika 8. Proračun spektra ubrzanja tla

## Calculation protocol

### Solution of Free vibration

Number of 2D elements	11126
Number of 1D elements	379
Number of mesh nodes	10842
Number of equations	65052
Combination of mass groups	MCI CM1
Number of frequencies	100
Method	Lanczos
Bending theory	Mindlin
Type of analysis model	Standard
Start of calculation	25.05.2021 15:05
End of calculation	25.05.2021 15:07

### Sum of masses

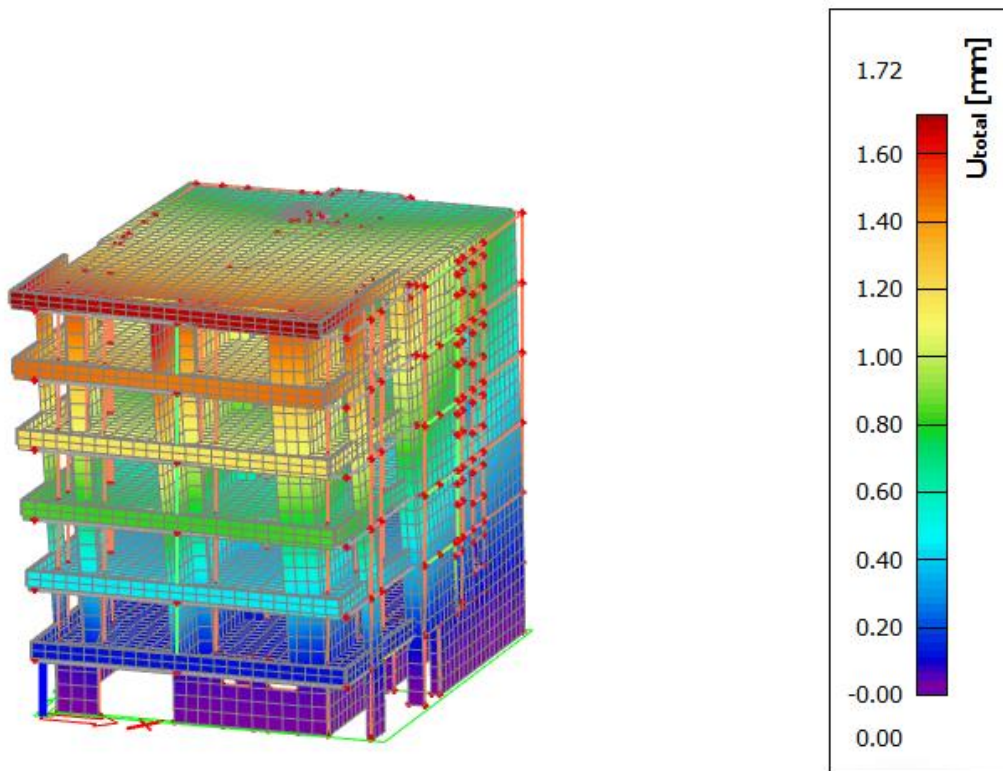
Mass type	X [kg]	Y [kg]	Z [kg]
1 Moving mass	1807133,3	1807133,3	1807133,3
1 Total mass	1817918,8	1817918,8	1817918,8

### Relative modal masses

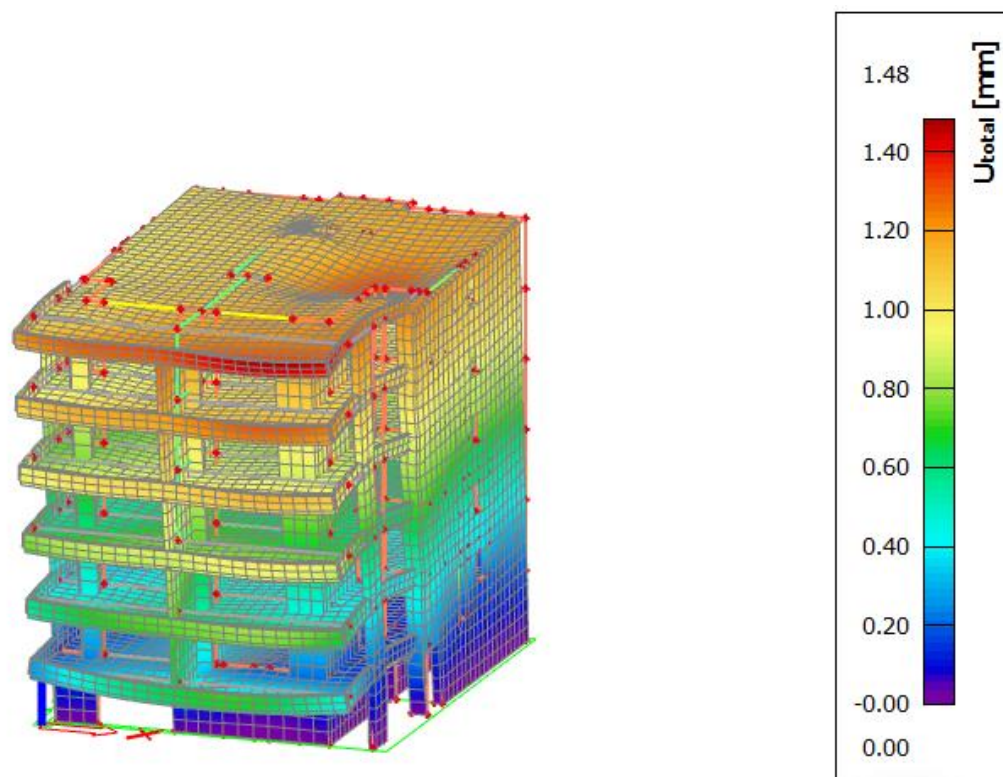
Mode	omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_x/W_{tot}$	$W_y/W_{tot}$	$W_z/W_{tot}$	$N_{x,R}/W_{tot,F}$	$N_{y,R}/W_{tot,F}$	$N_{z,R}/W_{tot,F}$
1	26.1282	0,24	4,16	0,6400	0,0000	0,0000	0,0000	0,1445	0,0891
2	62.5087	0,10	9,95	0,0008	0,6942	0,0266	0,1989	0,0004	0,0062
3	69.4264	0,09	11,05	0,0003	0,0054	0,0211	0,0043	0,0160	0,0022
4	77.089	0,08	12,27	0,0437	0,0076	0,0046	0,0010	0,0918	0,6512
5	81.4609	0,08	12,96	0,1506	0,0002	0,0015	0,0037	0,1336	0,0142
6	82.6682	0,08	13,16	0,0000	0,0003	0,0108	0,0006	0,0003	0,0000
7	83.2448	0,08	13,25	0,0015	0,0018	0,0769	0,0036	0,0087	0,0000
8	84.068	0,07	13,38	0,0010	0,0004	0,0236	0,0012	0,0019	0,0003
9	84.704	0,07	13,48	0,0001	0,0004	0,0095	0,0002	0,0037	0,0005
10	85.1993	0,07	13,56	0,0133	0,0003	0,0002	0,0003	0,0050	0,0096
11	93.9273	0,07	14,95	0,0014	0,0006	0,0012	0,0026	0,0218	0,0033
12	101.656	0,06	16,18	0,0007	0,0005	0,0026	0,0027	0,0045	0,0045
13	103.806	0,06	16,52	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0003	0,0001
14	104.347	0,06	16,61	0,0000	0,0002	0,0007	0,0004	0,0003	0,0000
15	104.809	0,06	16,68	0,0002	0,0004	0,0031	0,0005	0,0017	0,0007
16	105.426	0,06	16,78	0,0003	0,0054	0,0448	0,0081	0,0022	0,0002
17	105.752	0,06	16,83	0,0002	0,0004	0,0110	0,0001	0,0115	0,0014
18	106.313	0,06	16,92	0,0000	0,0022	0,0141	0,0003	0,0004	0,0000
19	106.879	0,06	17,01	0,0009	0,0220	0,1504	0,0336	0,0260	0,0046
20	108.046	0,06	17,20	0,0000	0,0002	0,0076	0,0003	0,0000	0,0001
21	109.637	0,06	17,45	0,0000	0,0000	0,0310	0,0081	0,0040	0,0001
22	111.618	0,06	17,76	0,0001	0,0036	0,0257	0,0041	0,0010	0,0003
23	112.929	0,06	17,97	0,0002	0,0021	0,0061	0,0043	0,0016	0,0000
24	113.996	0,06	18,14	0,0000	0,0296	0,0052	0,1235	0,0014	0,0001
25	122.701	0,05	19,53	0,0000	0,0001	0,0049	0,0030	0,0005	0,0000
26	123.888	0,05	19,72	0,0000	0,0073	0,0272	0,0308	0,0005	0,0002
27	125.406	0,05	19,96	0,0000	0,0001	0,0002	0,0011	0,0002	0,0000
28	127.155	0,05	20,24	0,0001	0,0000	0,0025	0,0000	0,0002	0,0000
29	128.151	0,05	20,40	0,0001	0,0002	0,0006	0,0038	0,0045	0,0000
30	128.679	0,05	20,48	0,0000	0,0019	0,0001	0,0046	0,0002	0,0001
31	129.379	0,05	20,59	0,0002	0,0003	0,0021	0,0000	0,0018	0,0000
32	129.64	0,05	20,63	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002
33	129.792	0,05	20,66	0,0014	0,0006	0,0007	0,0000	0,0009	0,0005
34	130.302	0,05	20,74	0,0008	0,0013	0,0076	0,0001	0,0008	0,0007
35	131.409	0,05	20,91	0,0015	0,0001	0,0000	0,0001	0,0017	0,0001
36	132.619	0,05	21,11	0,0020	0,0001	0,0007	0,0001	0,0020	0,0001
37	133.726	0,05	21,28	0,0000	0,0004	0,0091	0,0007	0,0001	0,0000
38	134.658	0,05	21,43	0,0002	0,0004	0,0097	0,0115	0,0004	0,0001
39	135.114	0,05	21,50	0,0000	0,0000	0,0015	0,0001	0,0002	0,0000
40	135.284	0,05	21,53	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
41	136.024	0,05	21,65	0,0010	0,0003	0,0007	0,0014	0,0015	0,0000
42	139.507	0,05	22,20	0,0352	0,0002	0,0007	0,0001	0,0595	0,0012
43	142.114	0,04	22,62	0,0000	0,0005	0,0025	0,0013	0,0080	0,0004
44	142.977	0,04	22,76	0,0006	0,0008	0,0146	0,0000	0,0036	0,0006
45	143.959	0,04	22,91	0,0003	0,0002	0,0004	0,0014	0,0013	0,0002
46	145.564	0,04	23,17	0,0018	0,0004	0,0026	0,0015	0,0021	0,0001
47	146.464	0,04	23,31	0,0000	0,0001	0,0109	0,0012	0,0002	0,0000
48	147.279	0,04	23,44	0,0002	0,0002	0,0038	0,0001	0,0011	0,0002
49	147.65	0,04	23,50	0,0000	0,0004	0,0076	0,0000	0,0000	0,0000
50	151.812	0,04	24,16	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
51	152.371	0,04	24,25	0,0000	0,0001	0,0001	0,0008	0,0000	0,0000
52	153.669	0,04	24,46	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000

Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{x1}/W_{x10t}$	$W_{y1}/W_{y10t}$	$W_{z1}/W_{z10t}$	$N_{x1,1}/W_{x10t,1}$	$N_{y1,1}/W_{y10t,1}$	$N_{z1,1}/W_{z10t,1}$
53	153.943	0,04	24,50	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
54	162.16	0,04	25,81	0,0001	0,0122	0,0013	0,0702	0,0014	0,0002
55	165.087	0,04	26,27	0,0001	0,0059	0,0004	0,0000	0,0004	0,0002
56	169.153	0,04	26,92	0,0000	0,0000	0,0002	0,0001	0,0005	0,0001
57	170.879	0,04	27,20	0,0003	0,0078	0,0042	0,0203	0,0016	0,0000
58	172.661	0,04	27,48	0,0001	0,0027	0,0037	0,0194	0,0000	0,0002
59	172.913	0,04	27,52	0,0001	0,0139	0,0004	0,0246	0,0000	0,0000
60	173.97	0,04	27,69	0,0000	0,0000	0,0011	0,0014	0,0000	0,0000
61	177.878	0,04	28,31	0,0000	0,0025	0,0000	0,0005	0,0007	0,0019
62	180.521	0,03	28,73	0,0004	0,0004	0,0000	0,0006	0,0018	0,0007
63	181.743	0,03	28,93	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
64	183.687	0,03	29,23	0,0064	0,0002	0,0002	0,0009	0,0190	0,0092
65	184.006	0,03	29,29	0,0006	0,0004	0,0000	0,0002	0,0039	0,0059
66	185.276	0,03	29,49	0,0060	0,0021	0,0001	0,0071	0,0267	0,0410
67	189.107	0,03	30,10	0,0079	0,0046	0,0006	0,0074	0,0043	0,0011
68	189.34	0,03	30,13	0,0049	0,0124	0,0003	0,0211	0,0209	0,0003
69	191.08	0,03	30,41	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0004
70	193.48	0,03	30,79	0,0009	0,0001	0,0000	0,0004	0,0017	0,0016
71	195.495	0,03	31,11	0,0010	0,0004	0,0012	0,0009	0,0000	0,0001
72	197.943	0,03	31,50	0,0042	0,0000	0,0029	0,0001	0,0041	0,0091
73	199.955	0,03	31,82	0,0028	0,0007	0,0051	0,0024	0,0006	0,0018
74	202.902	0,03	32,29	0,0006	0,0415	0,0127	0,1180	0,0316	0,0023
75	206.29	0,03	32,83	0,0000	0,0003	0,0005	0,0009	0,0000	0,0000
76	209.756	0,03	33,38	0,0002	0,0085	0,0008	0,0176	0,0009	0,0000
77	215.362	0,03	34,28	0,0000	0,0039	0,0352	0,0200	0,0050	0,0009
78	216.73	0,03	34,49	0,0000	0,0001	0,0187	0,0007	0,0011	0,0000
79	216.935	0,03	34,53	0,0000	0,0005	0,0103	0,0027	0,0112	0,0004
80	218.518	0,03	34,78	0,0000	0,0000	0,0048	0,0001	0,0024	0,0000
81	219.897	0,03	35,00	0,0000	0,0002	0,0000	0,0010	0,0014	0,0000
82	220.575	0,03	35,11	0,0000	0,0000	0,0005	0,0000	0,0001	0,0001
83	221.107	0,03	35,19	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0000
84	222.882	0,03	35,47	0,0001	0,0002	0,0006	0,0009	0,0000	0,0000
85	223.516	0,03	35,57	0,0001	0,0005	0,0005	0,0021	0,0028	0,0000
86	224.253	0,03	35,69	0,0000	0,0016	0,0027	0,0060	0,0076	0,0000
87	229.6	0,03	36,54	0,0001	0,0002	0,0187	0,0012	0,0126	0,0000
88	232.235	0,03	36,96	0,0002	0,0015	0,0012	0,0048	0,0008	0,0006
89	233.094	0,03	37,10	0,0005	0,0004	0,0015	0,0009	0,0007	0,0001
90	233.209	0,03	37,12	0,0005	0,0015	0,0144	0,0059	0,0033	0,0000
91	233.598	0,03	37,18	0,0000	0,0008	0,0007	0,0005	0,0026	0,0000
92	234.053	0,03	37,25	0,0001	0,0018	0,0000	0,0011	0,0035	0,0000
93	236.024	0,03	37,56	0,0001	0,0010	0,0081	0,0001	0,0048	0,0001
94	238.714	0,03	37,99	0,0101	0,0000	0,0031	0,0005	0,0167	0,0003
95	240.08	0,03	38,21	0,0072	0,0000	0,0045	0,0000	0,0067	0,0000
96	243.314	0,03	38,72	0,0000	0,0007	0,0322	0,0005	0,0004	0,0020
97	244.931	0,03	38,98	0,0008	0,0001	0,0081	0,0007	0,0001	0,0017
98	251.841	0,02	40,08	0,0002	0,0009	0,0001	0,0014	0,0011	0,0015
99	253.011	0,02	40,27	0,0000	0,0013	0,0000	0,0007	0,0002	0,0129
100	253.66	0,02	40,37	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0006
				0,9608	0,9230	0,7894	0,7828	0,8083	0,8912

Za 100 vlastitih oblika vibracija objekta u horizontalnom smjeru „X“ sakupljeno je 96% efektivne mase a uz horizontalnom smjeru „Y“ sakupljeno je 92% efektivne mase.



Slika 9. Prvi vlastiti vektor



Slika 10. Drugi vlastiti vektor

### 3. PODACI O PRORAČUNSKOM MODELU

Za potrebe proračuna nosivih elemenata konstrukcije, kako horizontalnih, tako i vertikalnih, izrađen je prostorni štapno plošni model prikazan u nastavku. Modelom su obuhvaćene sve grede, ploče i zidovi, od temeljne konstrukcije do krovne ploče. Za proračun vertikalnih elemenata na horizontalna djelovanja provedena je dinamička analiza.

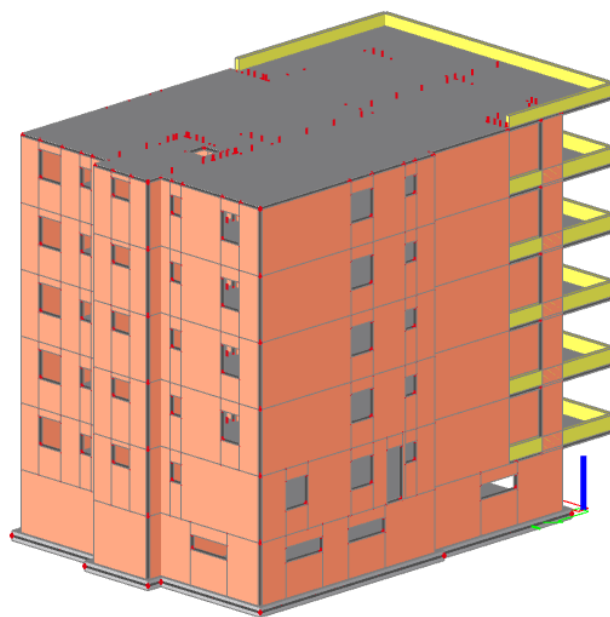
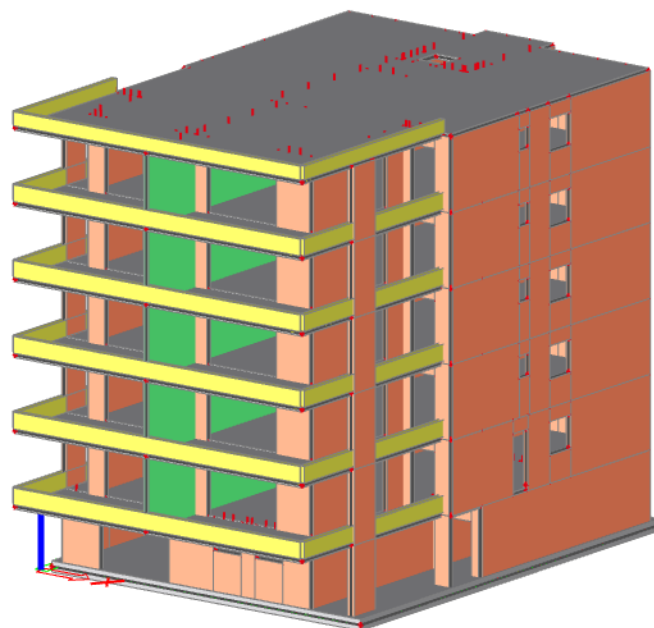
Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije i nekonstruktivnih elemenata), te promjenjivim opterećenjima.

Opterećenja zadan modelom su:

1. vlastita težina , G
2. dodatno stalno opterećenje ,  $G_{dod}$
3. korisno opterećenje , Q
4. opterećenje snijegom i vjetrom
5. potres

Mjerodavne kombinacije opterećenja :

1. GSU :  $1,0 (G + G_{dod}) + 1,0Q$
2. GSN 1 :  $1,35 (G + G_{dod} + S_n) + 1,5Q$
3. GSN 2:  $1,35 (G + G_{dod}) + 1,5Q$
4. K 1:  $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_x$
5. K 2:  $1,0g + 1,0\Delta g + 0,3q + 1,0S_y$

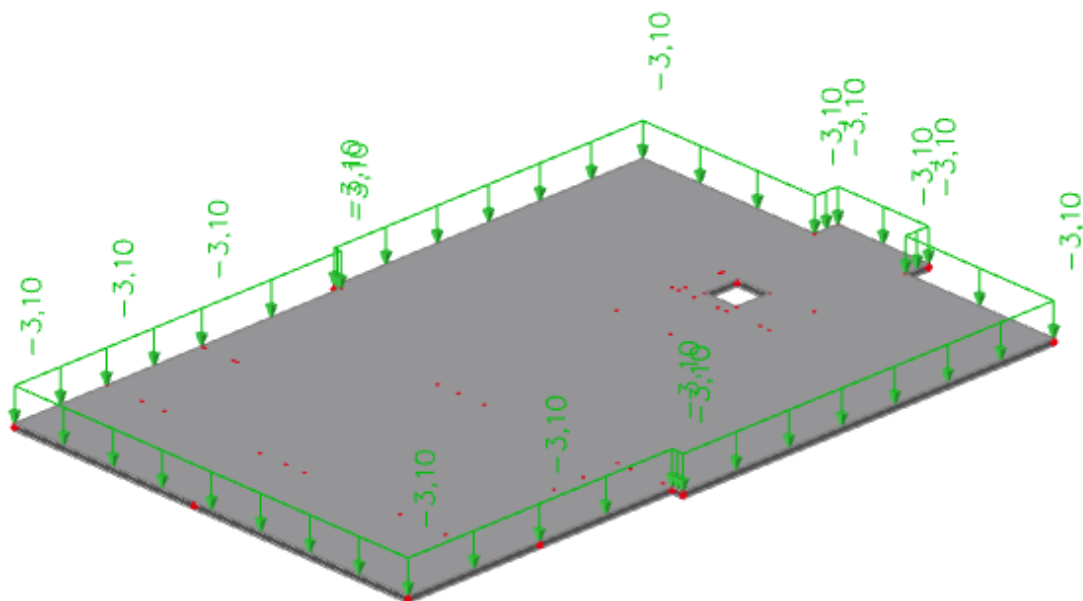


Slika 11 . Prikaz renderiranog modela

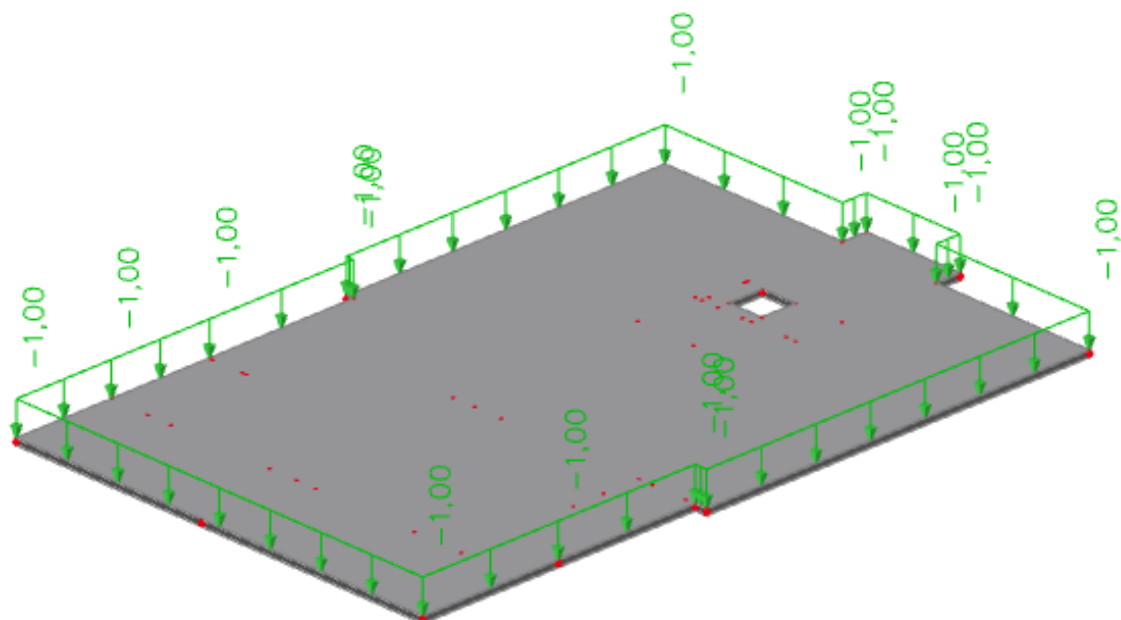
## 4. PRORAČUN AB PLOČA

### 4.1. Proračun krovne ploče – POZ 601

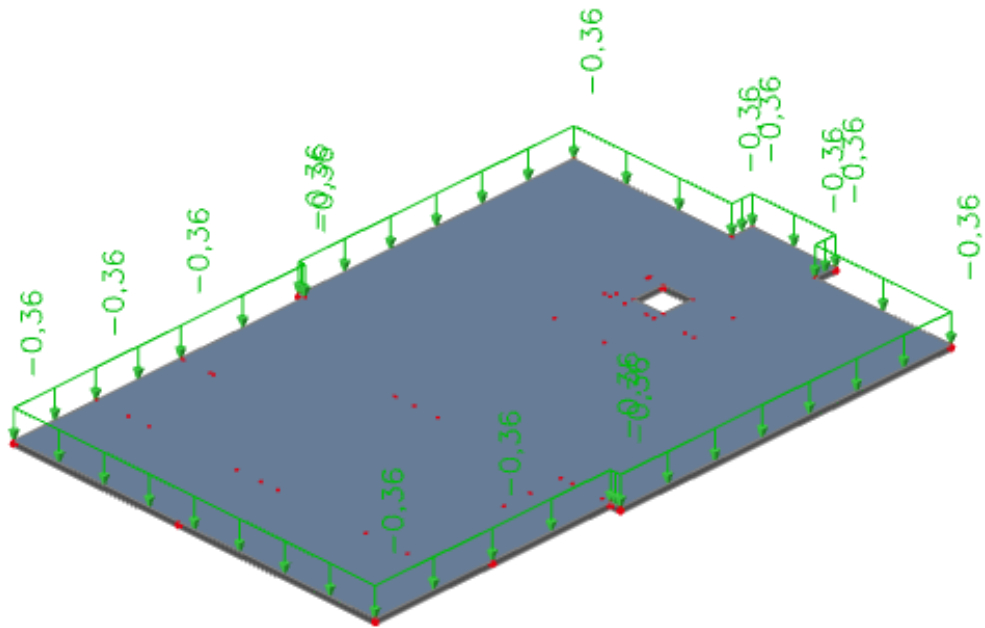
#### 4.1.1. Prikaz opterećenja



Slika 12. Dodatno stalno opterećenje



Slika 13. Pokretno opterećenje



Slika 14. Opterećenje snijegom



## 4.1.2. Rezultati proračuna

### 4.1.2.1. Vlastita težina

#### 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

Load case: LC1

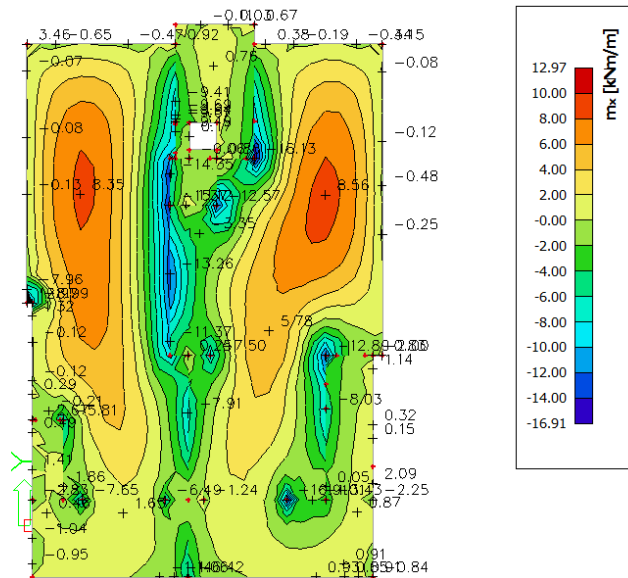
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D



Slika 15. Moment savijanja  $M_x$

#### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

Load case: LC1

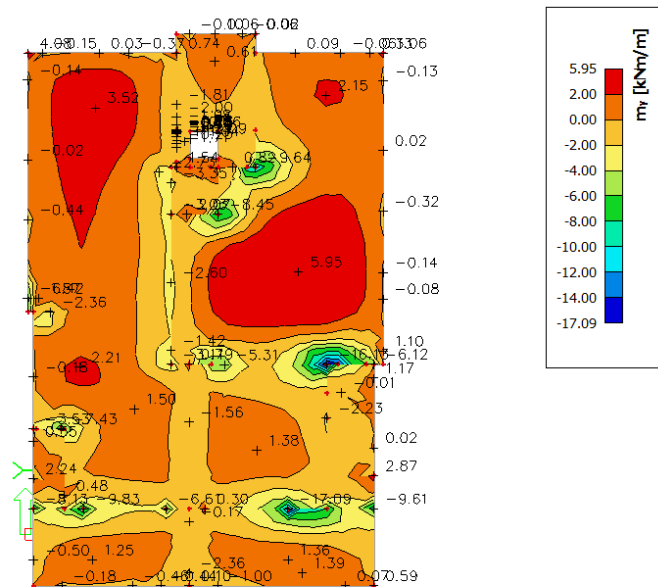
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D

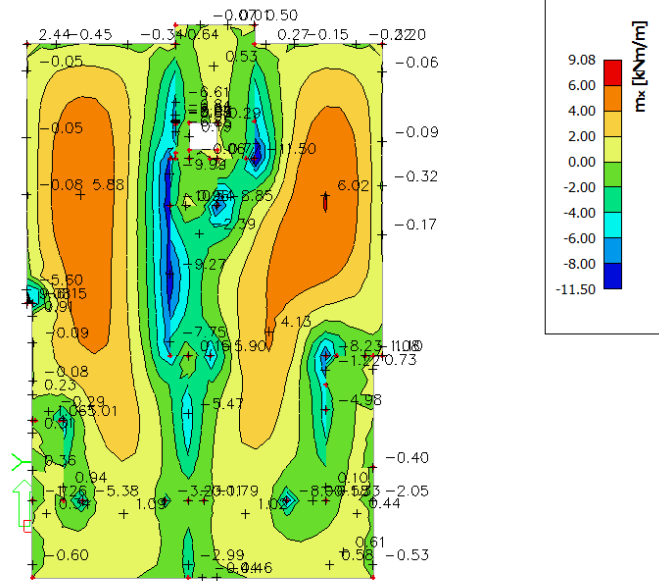


Slika 16. Moment savijanja  $M_y$

### 4.1.2.2. Dodatno stalno opterećenje

**2D internal forces**

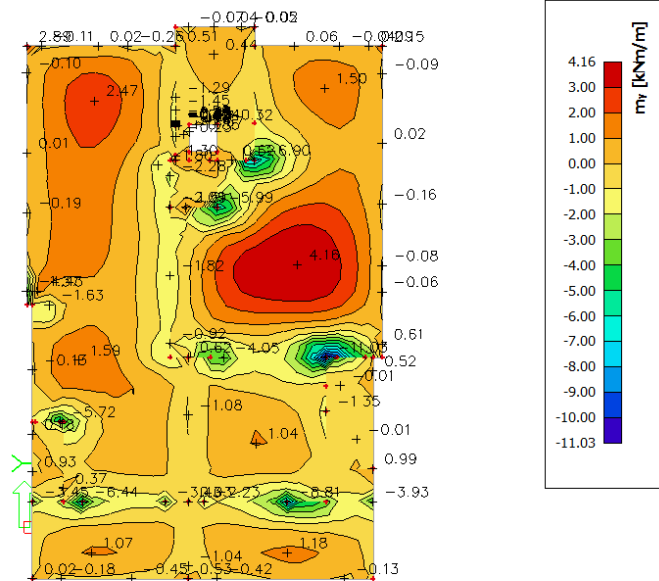
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Dodatno stalno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 17. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Dodatno stalno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

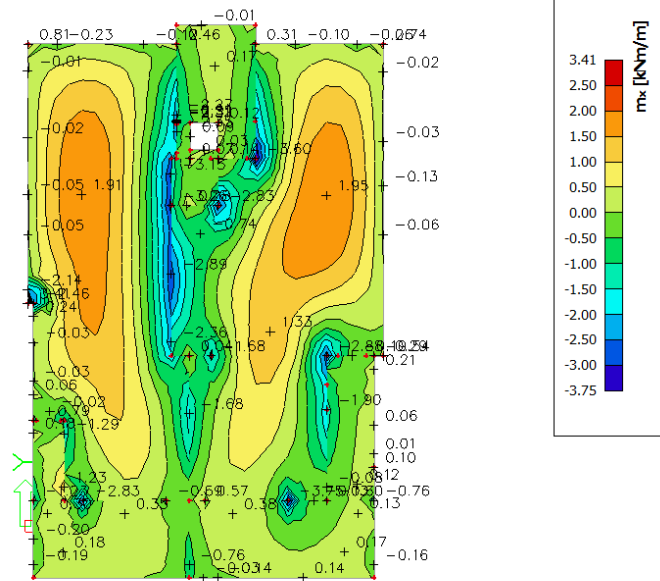


Slika 18. Moment savijanja  $M_y$

### 4.1.2.3. Pokretno opterećenje

**2D internal forces**

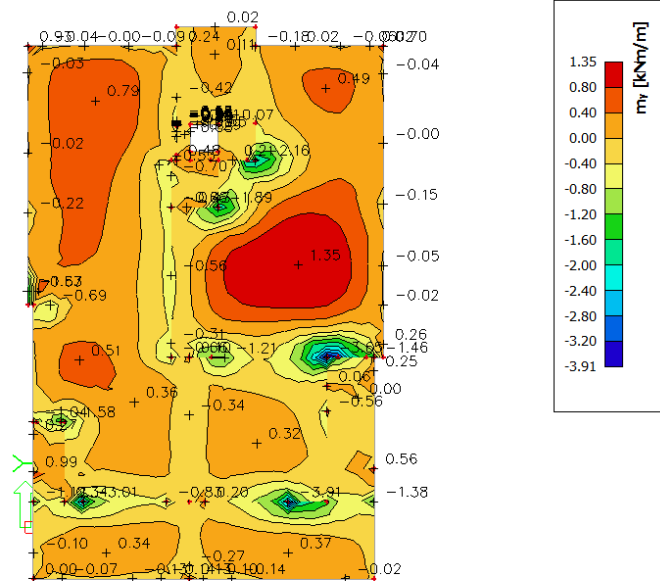
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 19. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

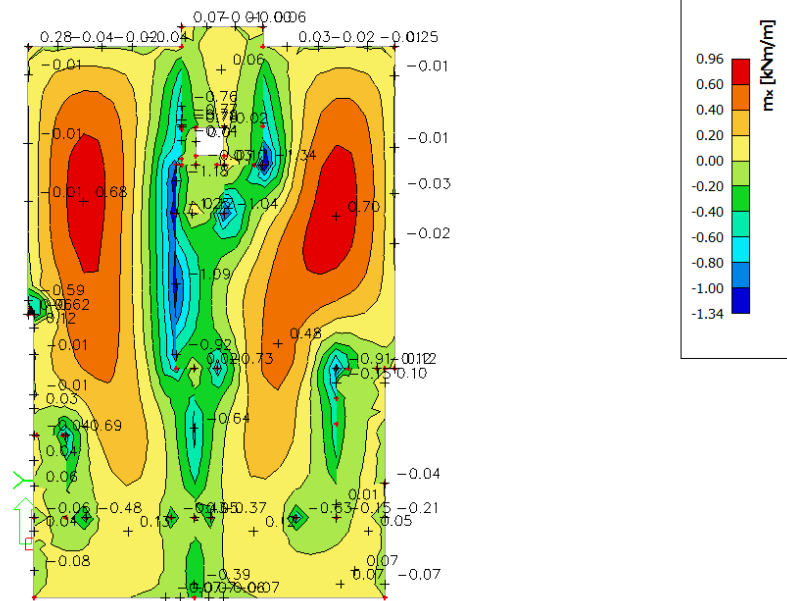


Slika 20. Moment savijanja  $M_y$

### 4.1.2.4. Opterećenje snijegom

**2D internal forces**

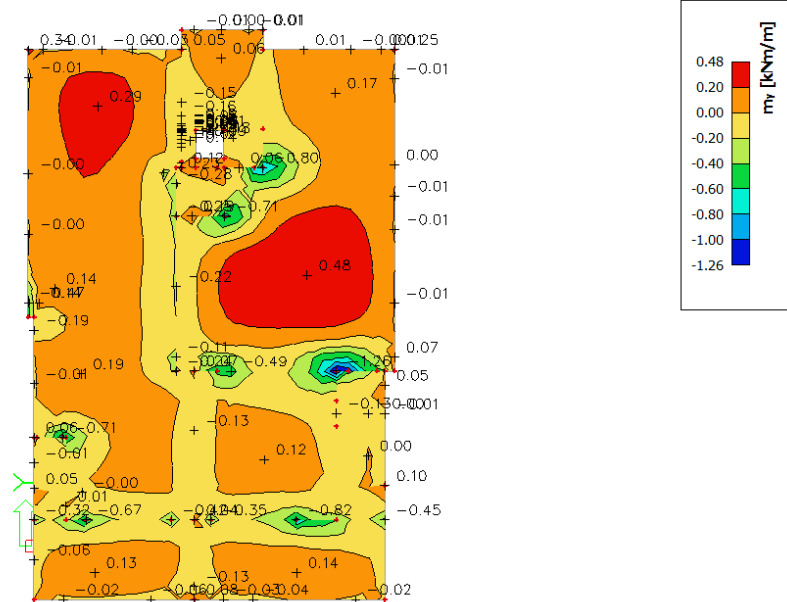
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Snijeg  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 21. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Snijeg  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

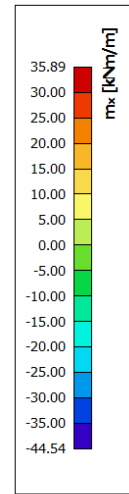
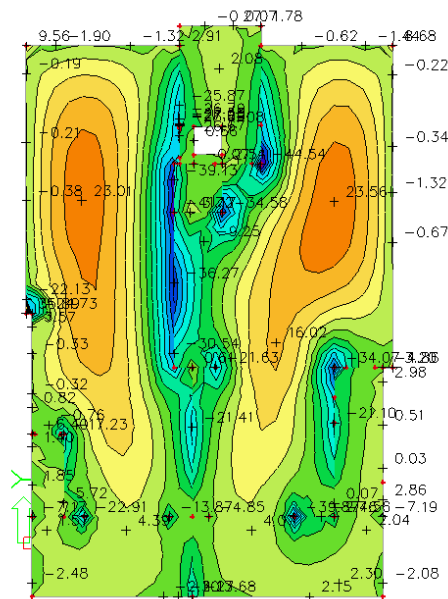


Slika 22. Moment savijanja  $M_y$

### 4.1.2.5. Kombinacija GSN :

**2D internal forces**

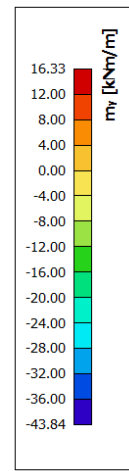
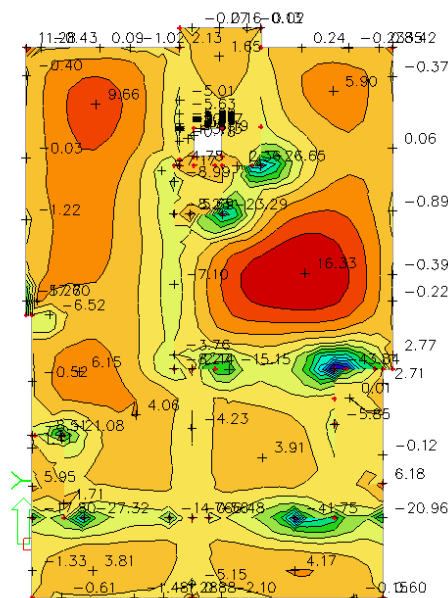
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 23. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 24. Moment savijanja  $M_y$

### 4.1.3. Dimenzioniranje

Beton C 25/30

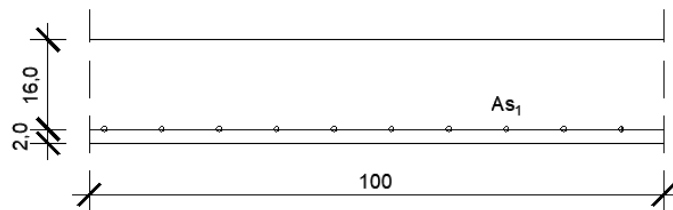
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \frac{N}{mm^2} = 1,67 kN/cm^2$$

Armatura B500B

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{N}{mm^2} = 43,48 kN/cm^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 18 \text{ cm} \quad d_1 = 2,0 \text{ cm} \quad d = 16 \text{ cm}$$



Slika 25. Presjek ploče u polju

#### Polje :

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 1: } 1,35 \cdot (G + G_{dod} + Sn) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (8,56 + 6,02 + 0,70) + 1,5 \cdot 1,95 = 23,56 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,56 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,055$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,130 \quad \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,56 \cdot 100}{0,953 \cdot 16 \cdot 43,48} = 3,55 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-424 (  $A_{s1} = 4,24 \text{ cm}^2$  )**

**Ležaj :**

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 1: } 1,35 \cdot (G + G_{dod} + Sn) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (16,13 + 11,03 + 1,26) + 1,5 \cdot 3,65 = 43,84 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{43,84 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,103$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,3 \text{ ‰} \quad \xi = 0,187 \quad \zeta = 0,928$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{43,84 \cdot 100}{0,928 \cdot 16 \cdot 43,48} = 6,79 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{(armaturu na ležaju umanjujemo za 15\%)} \quad \longrightarrow \quad A_{s1} = 5,90 \text{ cm}^2$$

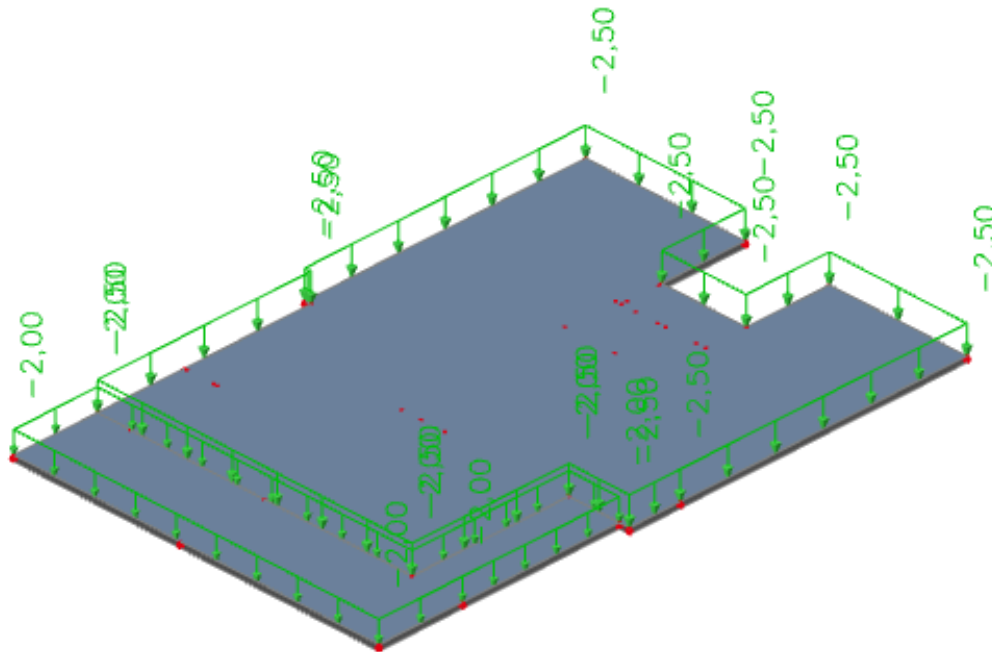
$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-636 (  $A_{s1} = 6,36 \text{ cm}^2$  )**

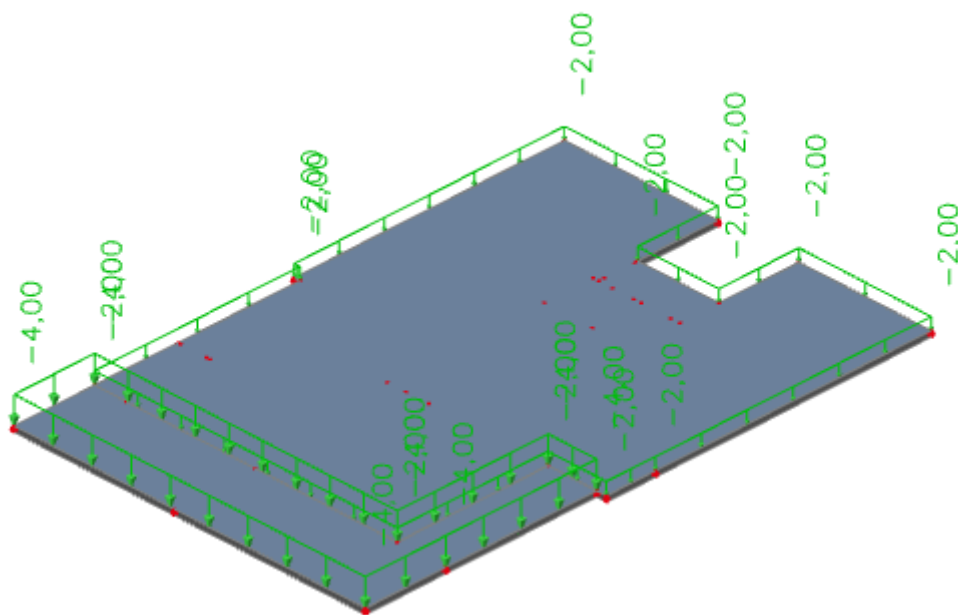
## 4.2. Proračun međukatnih konstrukcija -POZ 501,401,301,201

Ploče pozicija 201,301,401,501 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo ploču 501, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.

### 4.2.1. Prikaz opterećenja



Slika 26. Dodatno stalno opterećenje



Slika 27. Pokretno opterećenje



## 4.2.2. Rezultati proračuna

### 4.2.2.1. Vlastita težina

#### 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

Load case: LC1

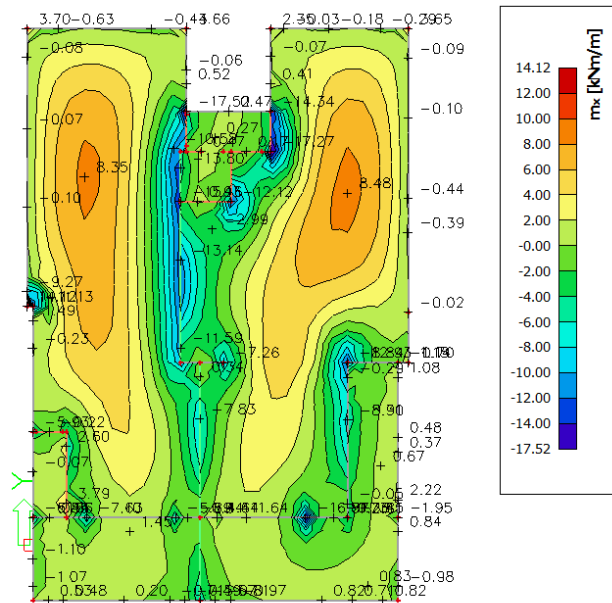
Extreme: Global

Selection: S385, S386

Location: In nodes avg. on macro.

Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D



Slika 28. Moment savijanja  $M_x$

#### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

Load case: LC1

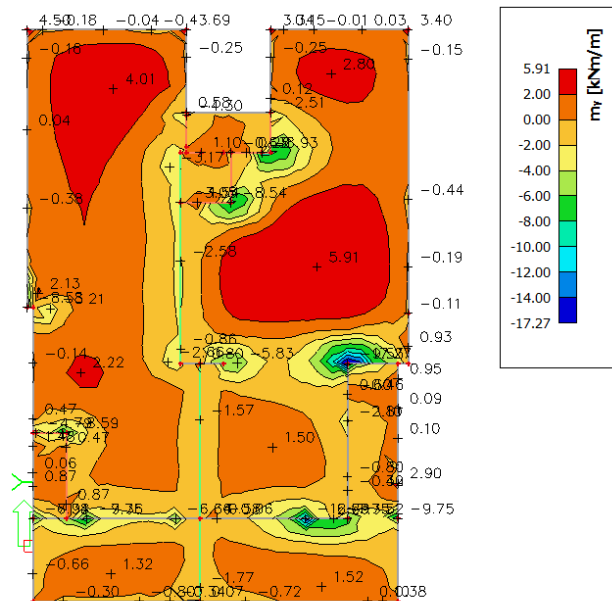
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D



Slika 29. Moment savijanja  $M_y$

## 4.2.2.2. Dodatno stalno opterećenje

**2D internal forces**Values:  $m_x$ 

Linear calculation

Load case: Dodatno stalno

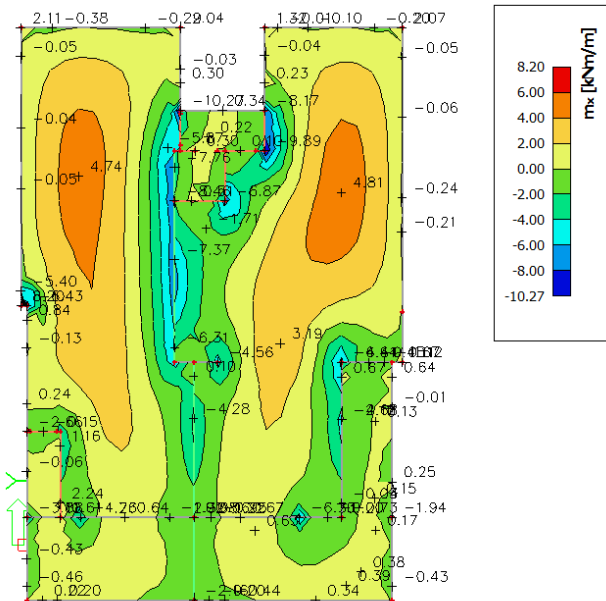
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D

Slika 30. Moment savijanja  $M_x$ **2D internal forces**Values:  $m_y$ 

Linear calculation

Load case: Dodatno stalno

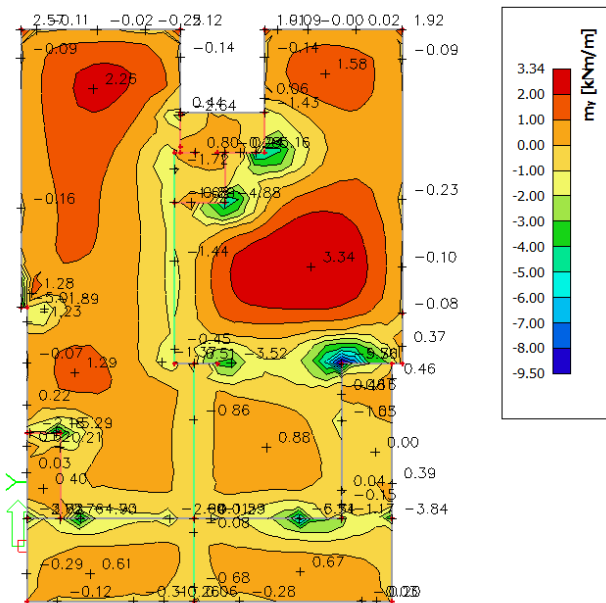
Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

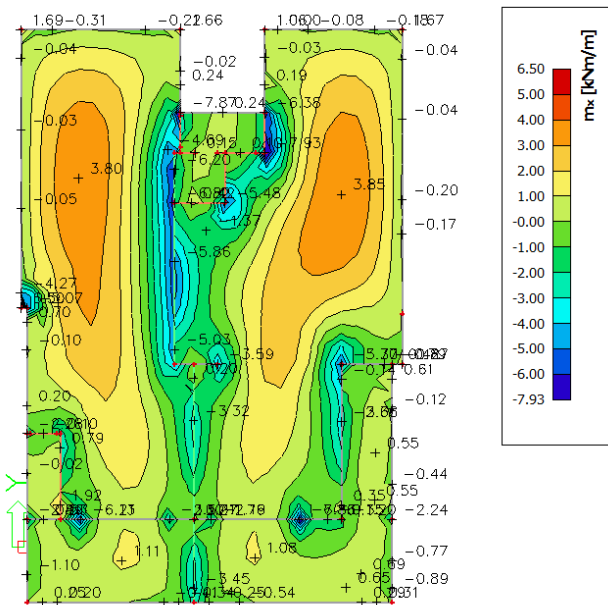
Rotation of the planar system:

LCS-Member 2D

Slika 31. Moment savijanja  $M_y$

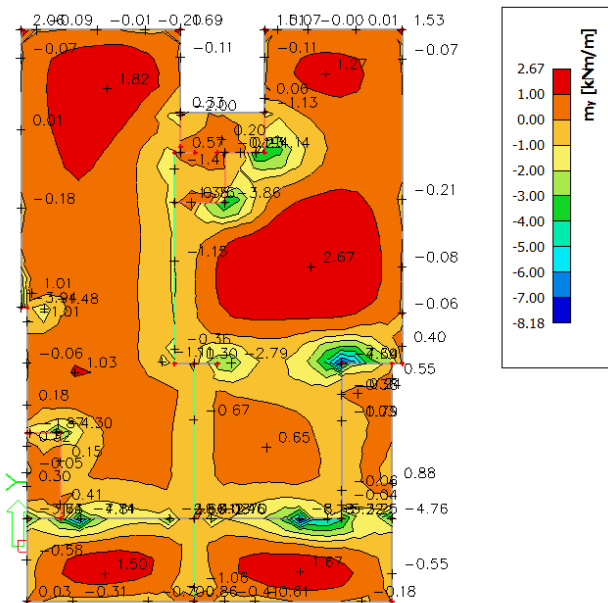
### 4.2.2.3. Pokretno opterećenje

**2D internal forces**  
 Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 32. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**  
 Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

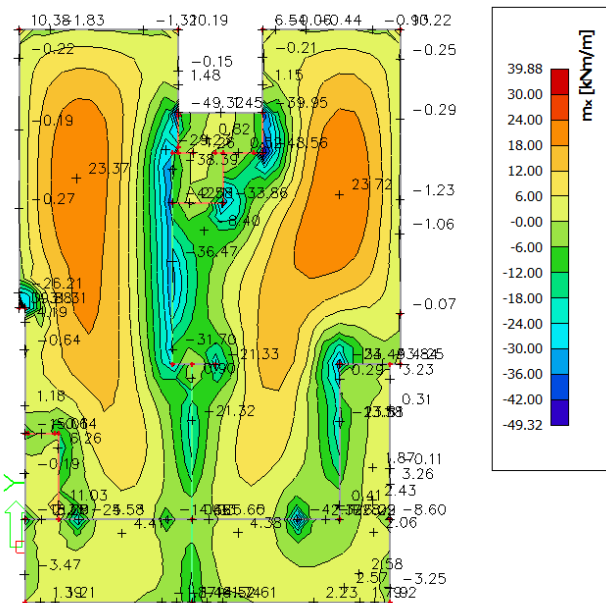


Slika 33. Moment savijanja  $M_y$

### 4.2.2.4. Kombinacija GSN

**2D internal forces**

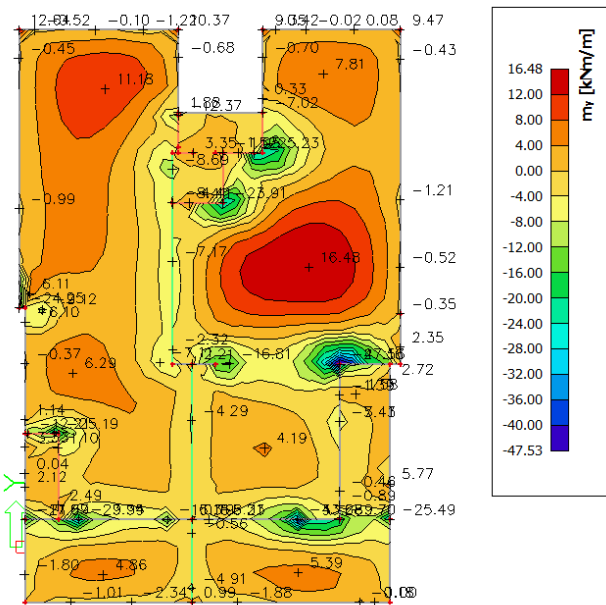
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 34. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 35. Moment savijanja  $M_y$

### 4.2.3. Dimenzioniranje

Beton C 25/30

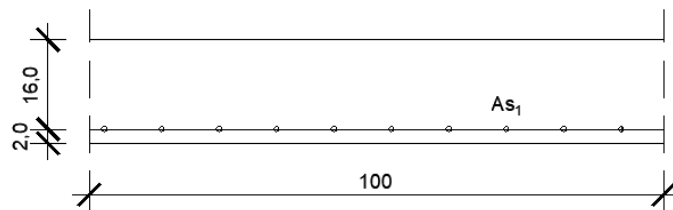
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \frac{N}{mm^2} = 1,67 kN/cm^2$$

Armatura B500B

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{N}{mm^2} = 43,48 kN/cm^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 18 \text{ cm} \quad d_1 = 2,0 \text{ cm} \quad d = 16 \text{ cm}$$



Slika 36. Presjek ploče u polju

#### Polje :

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 2: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (8,48 + 4,81) + 1,5 \cdot 3,85 = 23,72 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,72 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,055$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,130 \quad \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,72 \cdot 100}{0,953 \cdot 16 \cdot 43,48} = 3,58 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-424 (  $A_{s1} = 4,24 \text{ cm}^2$  )**

**Ležaj :**

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 2: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (17,27 + 9,50) + 1,5 \cdot 7,60 = 47,53 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{47,53 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,111$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,200 \quad \zeta = 0,922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{47,53 \cdot 100}{0,922 \cdot 16 \cdot 43,48} = 7,41 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

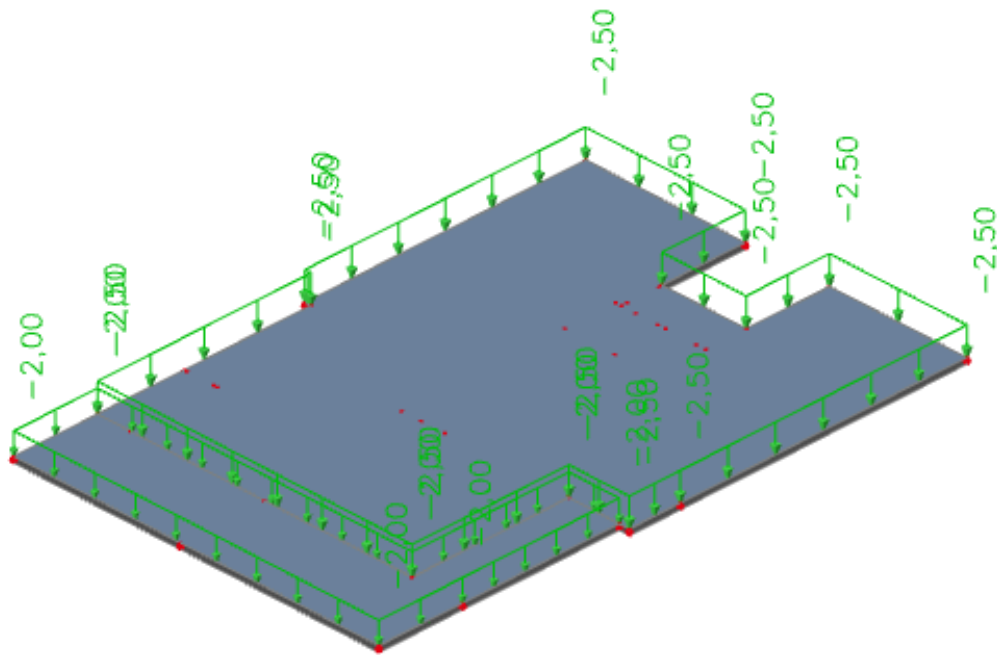
$$(\text{armaturu na ležaju umanjujemo za 15\%}) \quad \longrightarrow \quad A_{s1} = 6,44 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

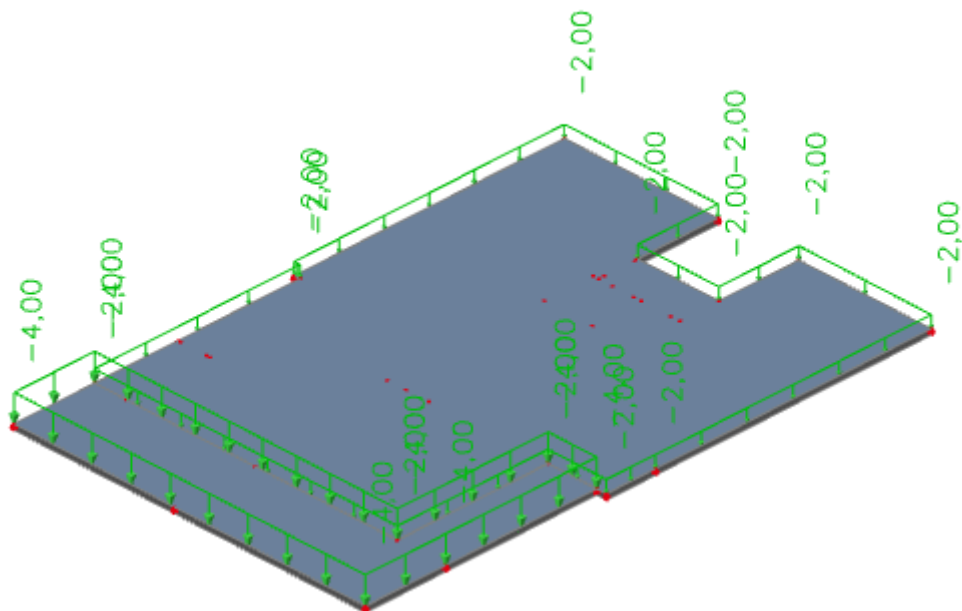
**Odabrana armatura : Q-785 (  $A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$  )**

### 4.3. Proračun međukatne konstrukcije -POZ 101

#### 4.3.1. Prikaz opterećenja



Slika 37. Dodatno stalno opterećenje



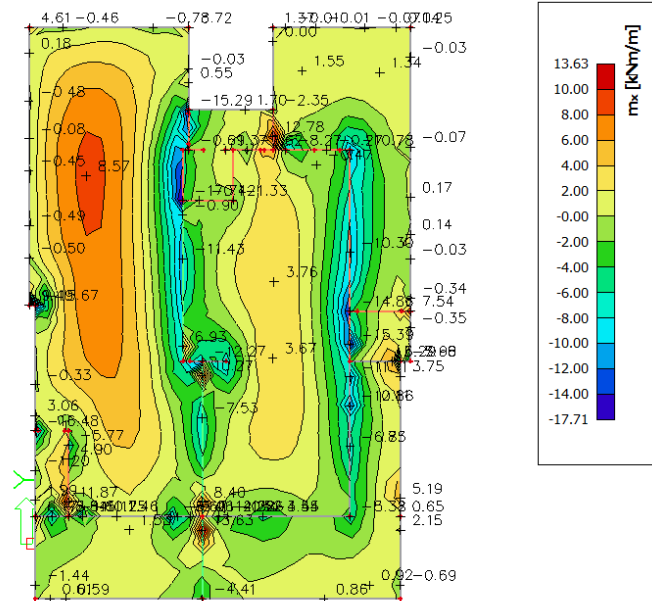
Slika 38. Pokretno opterećenje

### 4.3.2. Rezultati proračuna

#### 4.3.2.1. Vlastita težina

**2D internal forces**

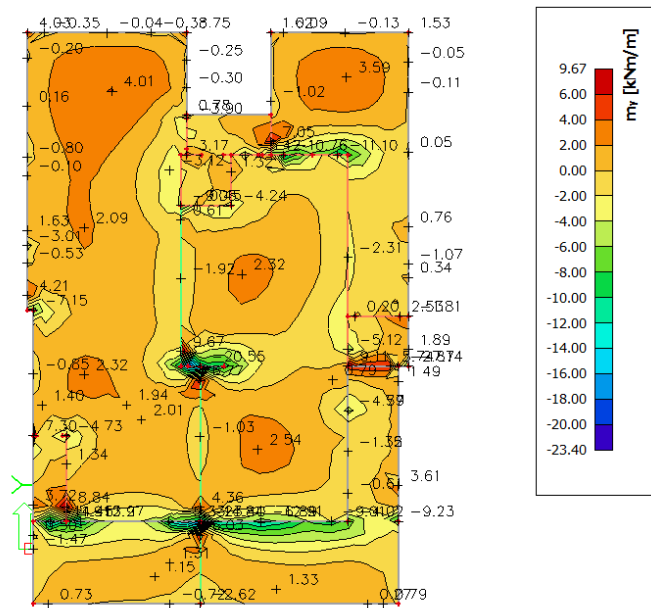
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: LC1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 39. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: LC1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



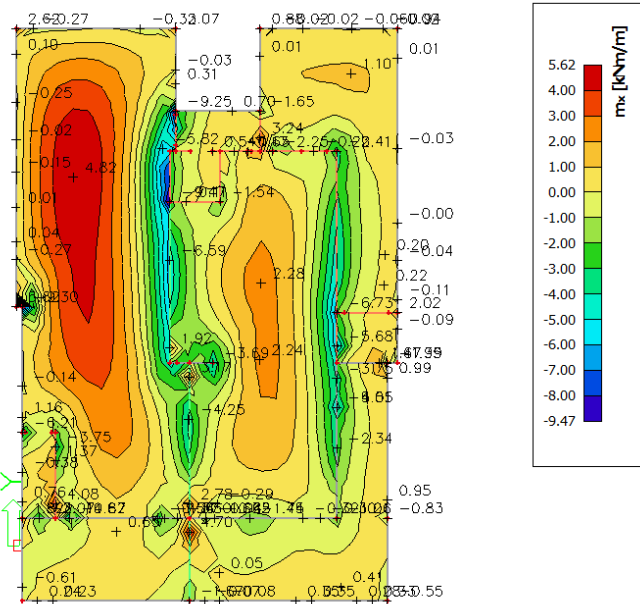
Slika 40. Moment savijanja  $M_y$



### 4.3.2.2. Dodatno stalno opterećenje

**2D internal forces**

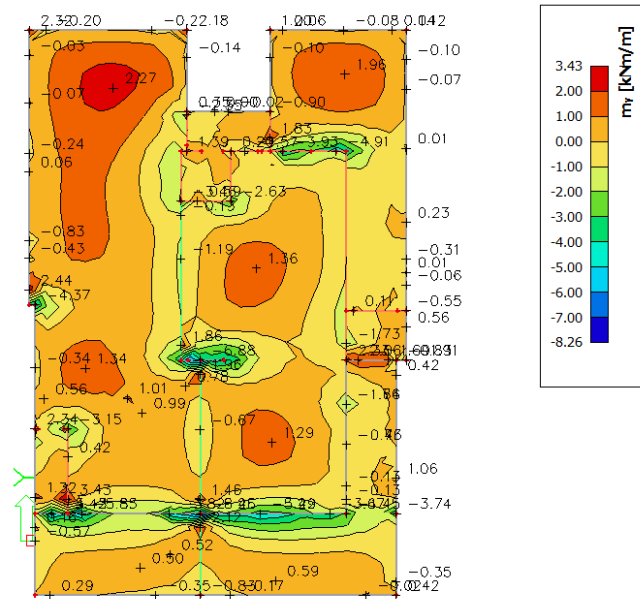
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Dodatno stalno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 41. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Dodatno stalno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

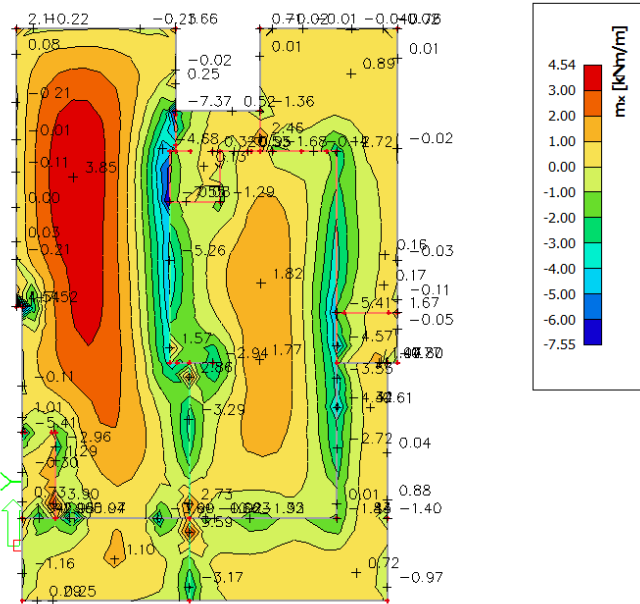


Slika 42. Moment savijanja  $M_y$

### 4.3.2.3. Pokretno opterećenje

**2D internal forces**

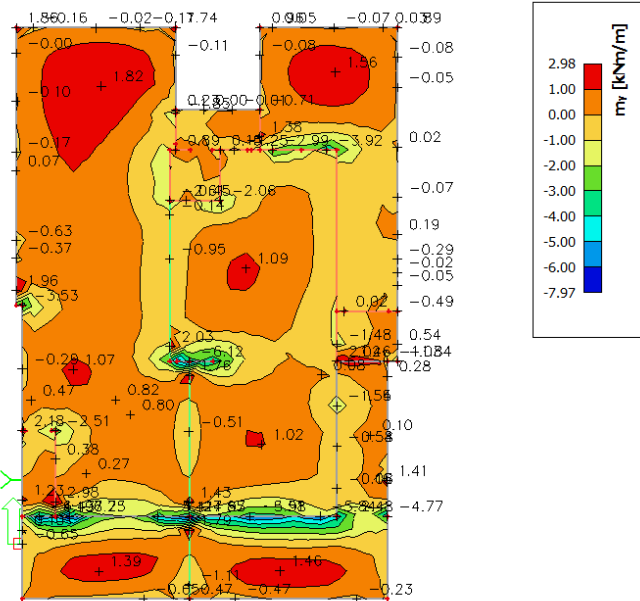
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 43. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Load case: Pokretno  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D

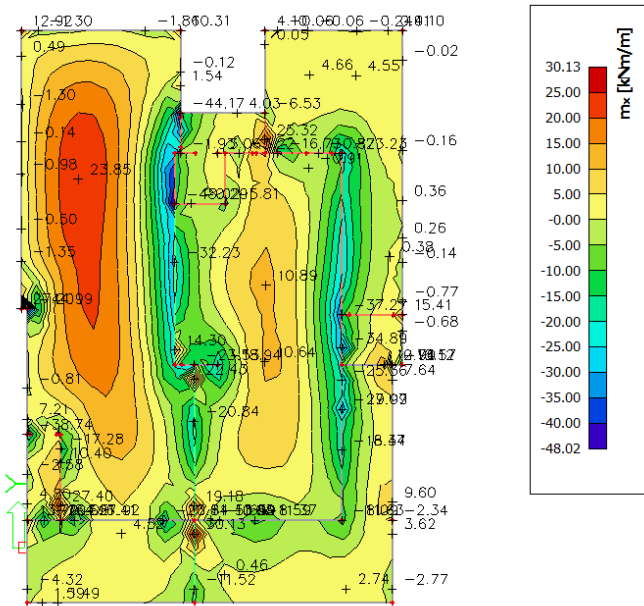


Slika 44. Moment savijanja  $M_y$

### 4.3.2.4. Kombinacija GSN

**2D internal forces**

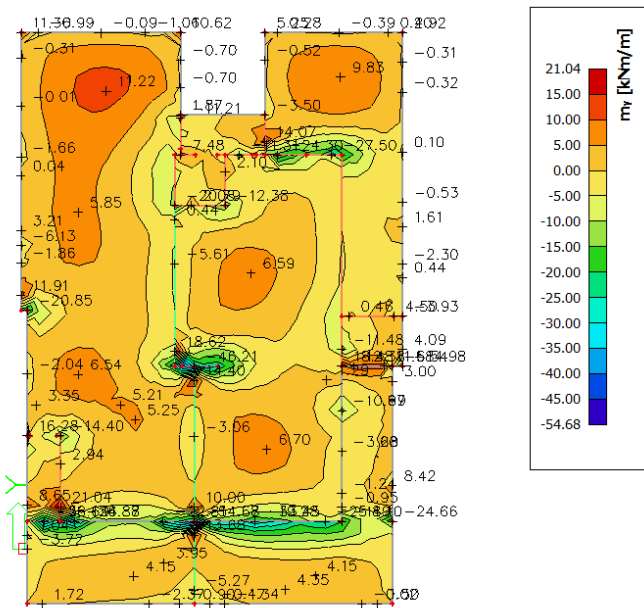
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 45. Moment savijanja  $M_x$

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 Rotation of the planar system:  
 LCS-Member 2D



Slika 46. Moment savijanja  $M_y$

### 4.3.3. Dimenzioniranje

Beton C 25/30

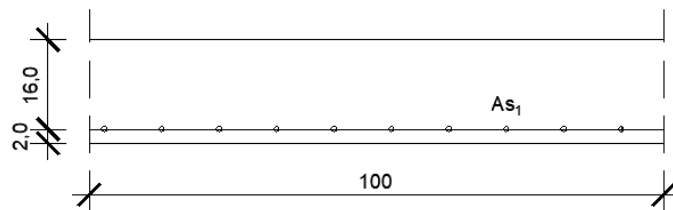
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \frac{N}{mm^2} = 1,67 kN/cm^2$$

Armatura B500B

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{N}{mm^2} = 43,48 kN/cm^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 18 \text{ cm} \quad d_1 = 2,0 \text{ cm} \quad d = 16 \text{ cm}$$



Slika 47. Presjek ploče u polju

#### Polje :

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 2: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (8,57 + 4,82) + 1,5 \cdot 3,85 = 23,85 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23,85 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,058$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,130 \quad \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,85 \cdot 100}{0,953 \cdot 16 \cdot 43,48} = 3,60 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-424 (  $A_{s1} = 4,24 \text{ cm}^2$  )**

**Ležaj :**

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 2: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (17,71 + 9,47) + 1,5 \cdot 7,55 = 48,02 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{48,02 \cdot 100}{100 \cdot 16^2 \cdot 1,67} = 0,112$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,200 \quad \zeta = 0,922$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{48,02 \cdot 100}{0,922 \cdot 16 \cdot 43,48} = 7,48 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{(armaturu na ležaju umanjujemo za 15\%)} \quad \longrightarrow \quad A_{s1} = 6,51 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 16 = 2,40 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-785 (  $A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$  )**

## 4.4. Kontrola graničnog stanja uporabljivosti

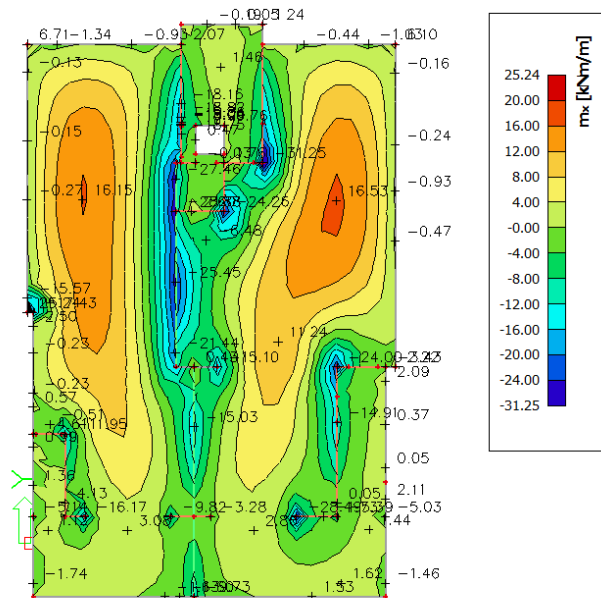
### 4.4.1. Proračun pukotina POZ 601

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg + 1,0 q**

#### 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation  
Combination: GSU  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
Rotation of the planar system:  
LCS-Member 2D

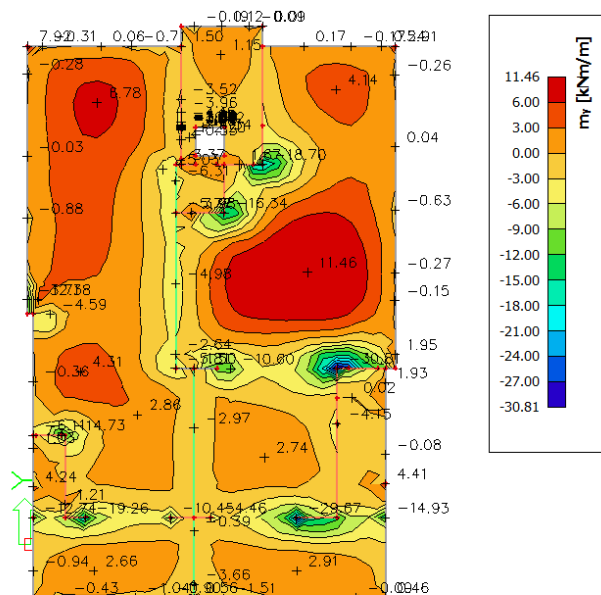


Slika 48. Moment savijanja  $M_x$

#### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation  
Combination: GSU  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
Rotation of the planar system:  
LCS-Member 2D



Slika 49. Moment savijanja  $M_y$

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment u polju :  $M_{Ed} = 16,53 \text{ kNm}$

Armatura ploče donja zona : Q-424 (  $A_{S1} = 4,24 \text{ cm}^2$ )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{S1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 16}{6,45 \cdot 4,24}} \right) = 2,70 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{16,53 \cdot 100}{\left(16 - \frac{2,70}{3}\right) \cdot 4,24} = 25,82 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,24}{100 \cdot 2,5 \cdot 2,0} = 0,00848$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{258,2 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,00848} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,00848)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{258,2}{200000}$$

$$\frac{128,85}{200000} \leq \frac{154,92}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{154,92}{200000} = 0,0007746$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,00848} = 248,52 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 248,42 \cdot 0,0007746 = \mathbf{0,19mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !



Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 31,25 \text{ kNm}$

Armatura ploče gornja zona : Q-785 (  $A_{s1} = 7,85 \text{ cm}^2$ )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje )

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 16}{6,45 \cdot 7,85}} \right) = 3,55 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{31,25 \cdot 100}{\left(16 - \frac{3,55}{3}\right) \cdot 7,85} = 26,87 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{7,85}{100 \cdot 2,5 \cdot 2,0} = 0,0157$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{268,7 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0157} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0157)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{268,7}{200000}$$

$$\frac{195,75}{200000} \geq \frac{161,22}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{161,22}{200000} = 0,000806$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,0157} = 165,45 \text{ mm}$$

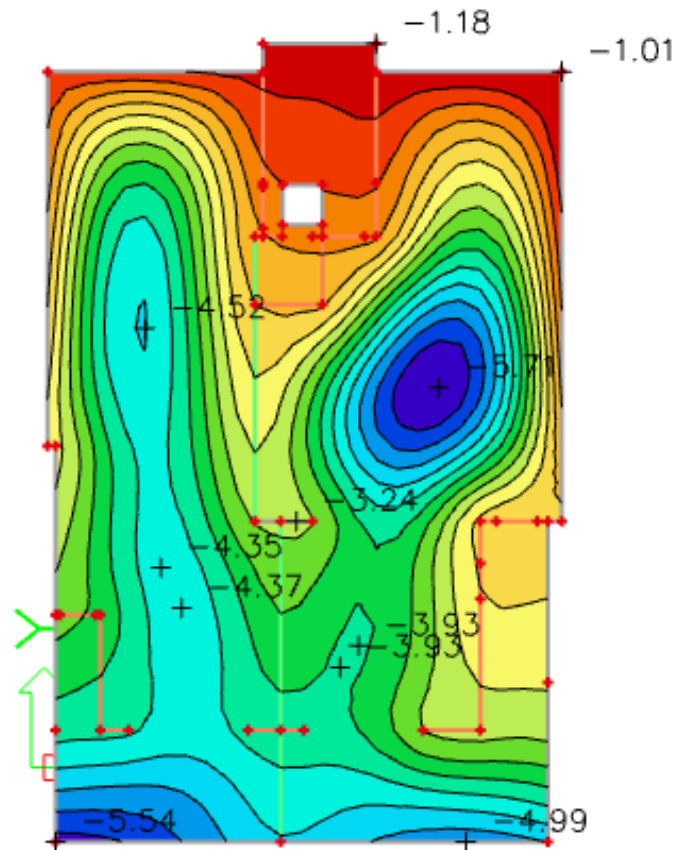
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 165,45 \cdot 0,000806 = \mathbf{0,13mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

#### 4.4.2. Kontrola graničnog stanja deformacija

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 50. Progibi ploče

Granični progib : granična vrijednost progiba ploče u polju

$$v_{lim} = \frac{L}{500} = \frac{770}{250} = 3,08 \text{ cm} > 0,57 \text{ cm}$$

granična vrijednost progiba ploče na rubu

$$v_{lim} = \frac{L}{500} = \frac{2800}{500} = 0,56 \text{ cm} > 0,55 \text{ cm}$$

Beton : C 25/30 ;  $f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$

$$E_{cm} = 31000 \text{ Mpa}$$

$$f_{ct,m} = 2,6 \text{ Mpa}$$

Čelik : B500B,  $E_s = 200 \text{ Gpa}$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = \frac{|0,93 + 31,25|}{|16,53|} = 1,94$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0,1 \cdot \beta) = 0,104 \cdot (1 - 0,1 \cdot 1,94) = 0,083824$$

Srednja zakrivljenost u raspucalom betonu :

$$\begin{aligned} I_I &= \frac{bh^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[ A_{s1} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \\ &= \frac{100 \cdot 18^3}{12} + 6,45 \cdot \left[ 4,24 \cdot \left( \frac{18}{2} - 2,0 \right)^2 + 0 \cdot \left( \frac{18}{2} - 2,0 \right)^2 \right] \\ &= 49940,05 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$M_{Ed} = M_p = 16,53 \text{ kNm}$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 3100 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{16,53 \cdot 100}{3100 \cdot 49940,05} = 0,0000107 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,24}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 16}{6,45 \cdot 4,24}} \right) = 2,70 \text{ cm}$$

Srednja zakrivljenost u raspucalom stanju :

$$\begin{aligned} I_{II} &= \frac{bh^3}{12} + bx \cdot \left( \frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \\ &= \frac{100 \cdot 18^3}{12} + 100 \cdot 2,70 \cdot \left( \frac{2,70}{2} \right)^2 + 6,45 \cdot [4,24 \cdot (16 - 2,70)^2 + 0 \cdot (2,70 - 2,0)^2] \\ &= 53929,66 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{16,53 \cdot 100}{3100 \cdot 53929,66} = 0,00000988 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} \quad f_{ck} = 25,0 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = 0,26 \cdot \frac{100 \cdot 18^2}{6} = 1404,0 \text{ kNcm} = 14,04 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1404}{\left(16 - \frac{2,70}{3}\right) \cdot 4,24} = 21,93 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 219,3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{16,53 \cdot 100}{\left(16 - \frac{2,70}{3}\right) \cdot 4,24} = 25,82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 258,2 \text{ Mpa}$$

$$\frac{1}{r_{tot}} = \zeta \cdot \frac{1}{r_1} + (1 - \zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0,0 \cdot 0,0000107 + (1 - 0,0) \cdot 0,00000988 = 0,00000988 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$k = 0,083824$$

$$L = 770,0 \text{ cm}$$

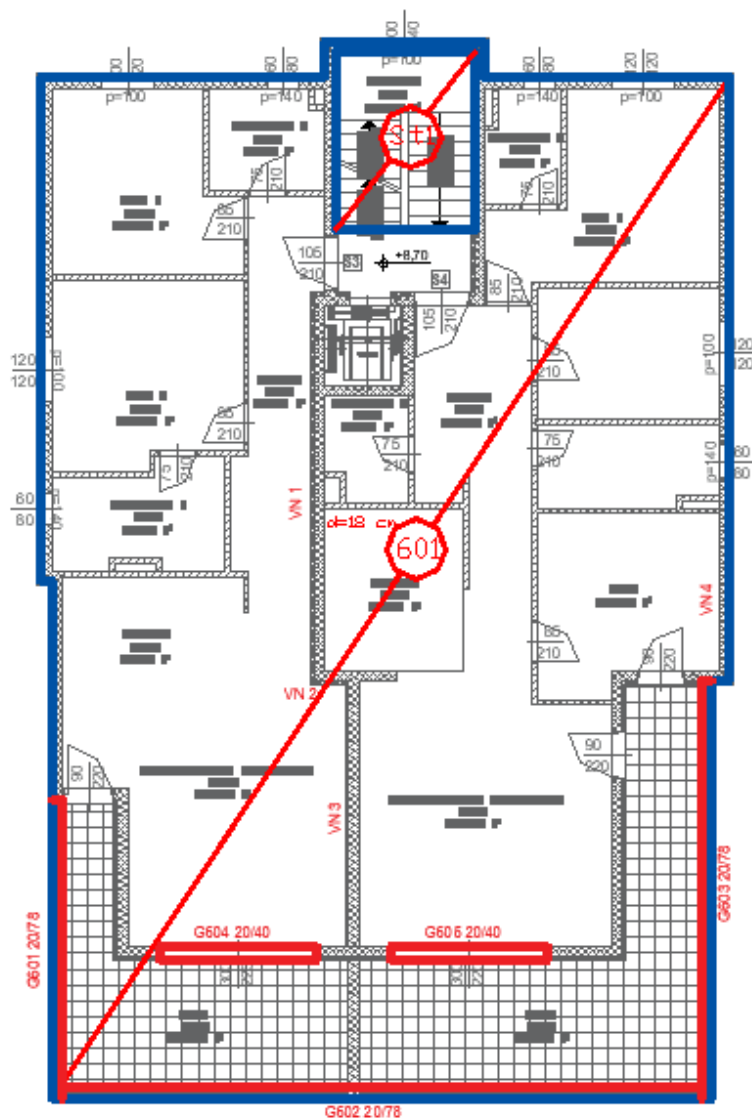
$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,083824 \cdot 770^2 \cdot 0,00000988 = 0,49 \text{ cm} < 3,08 \text{ cm}$$

Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba !

## 5. PRORAČUN AB GREDA

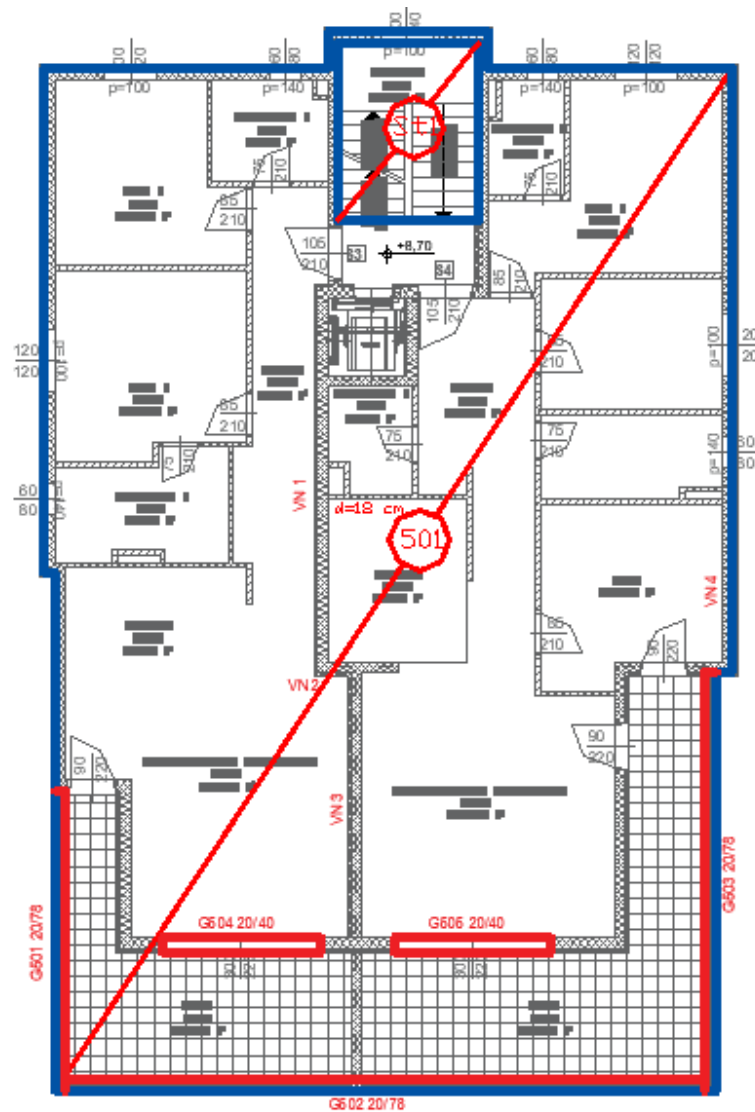
### 5.1. Plan pozicija

#### 5.1.1. Poz 600



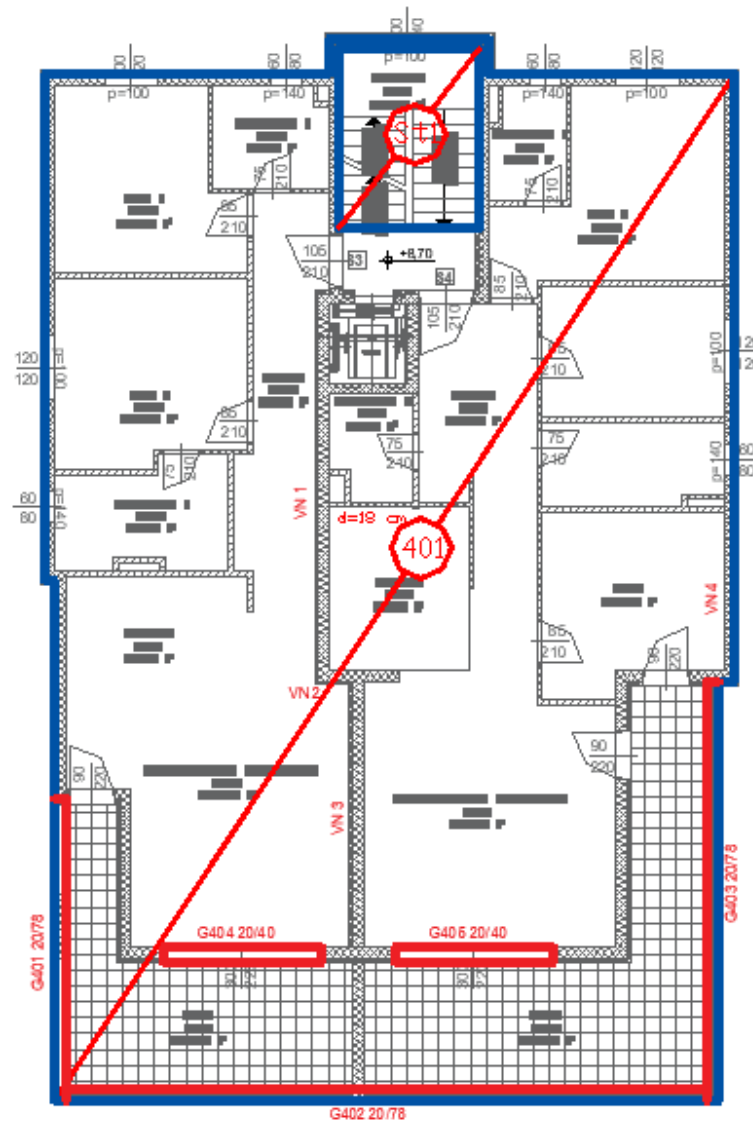
Slika 51. Plan pozicija greda Poz 600

## 5.1.2. Poz 500



Slika 52. Plan pozicija Poz 500

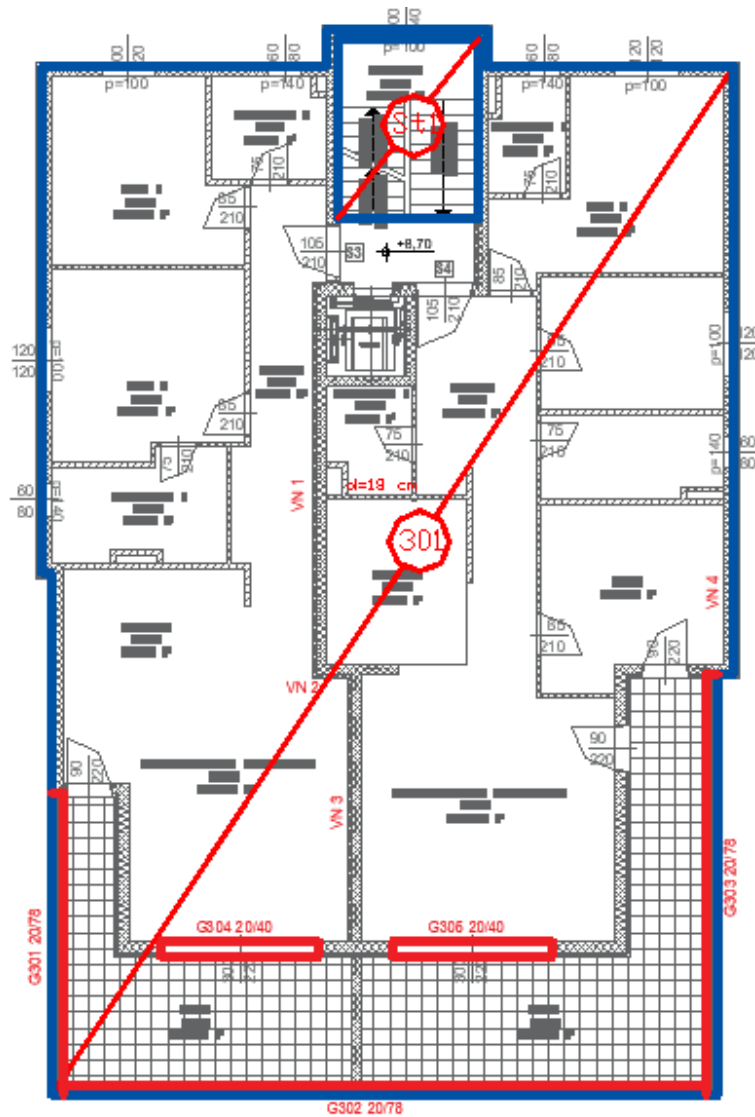
## 5.1.3. Poz 400



Slika 53. Plan pozicija Poz 400

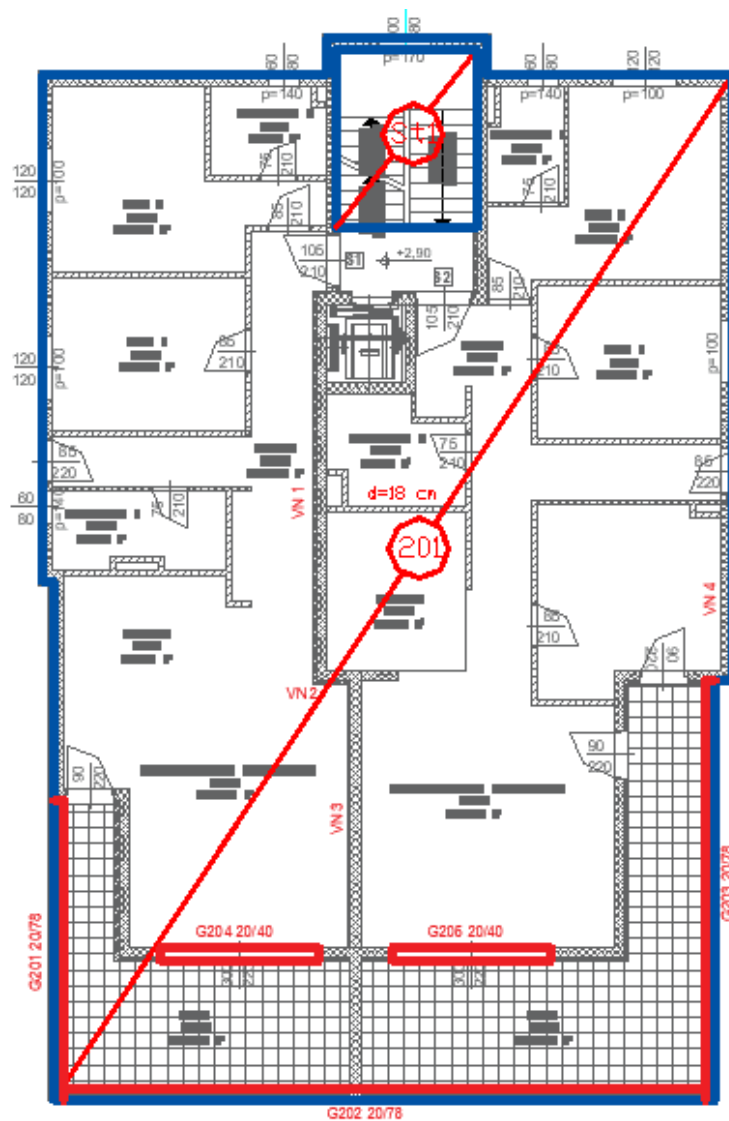


## 5.1.4. Poz 300



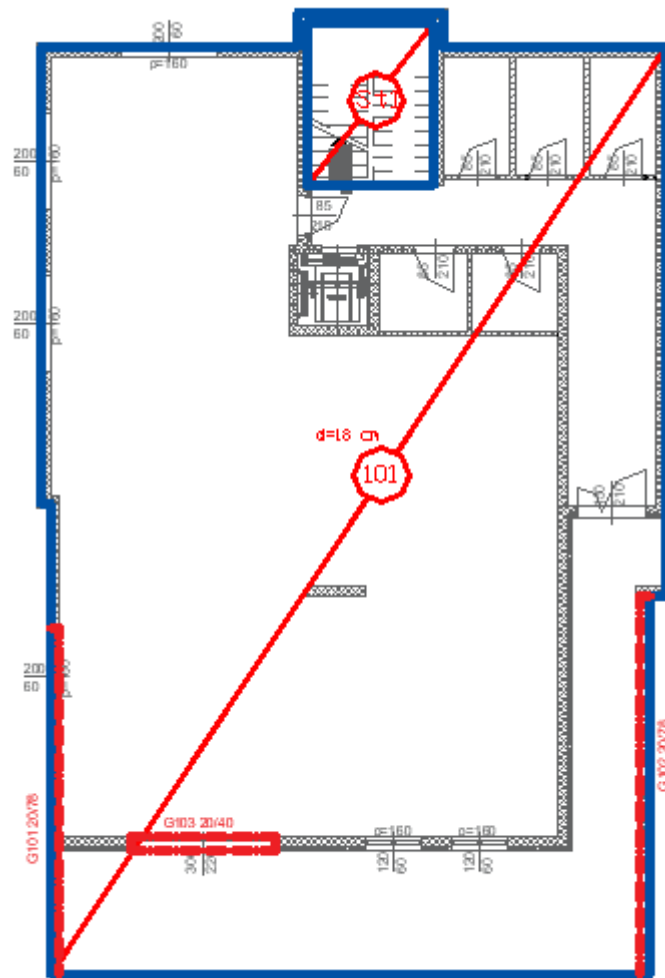
Slika 54. Plan pozicija Poz 300

## 5.1.5. Poz 200



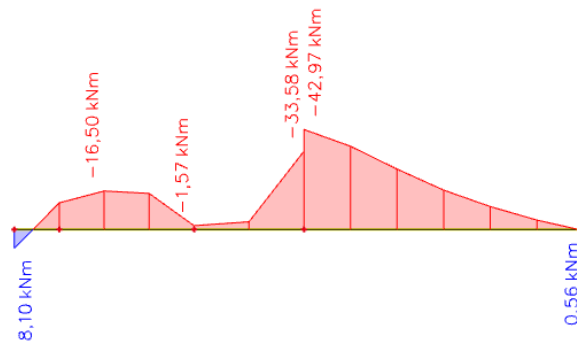
Slika 55. Plan pozicija Poz 200

5.1.6. Poz 100

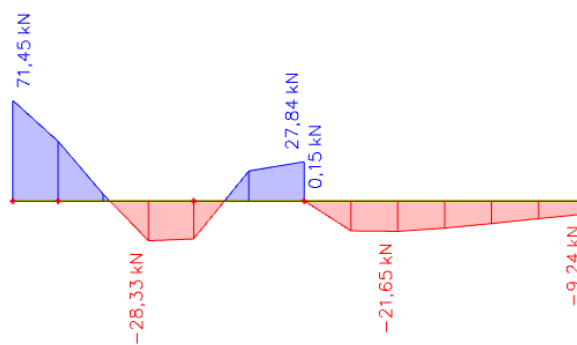


Slika 56. Plan pozicija Poz 100

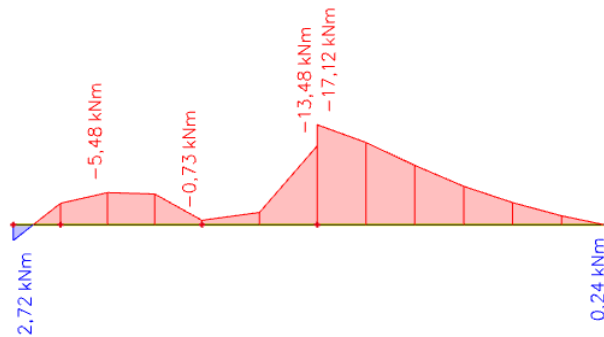
## 5.2. Dimenzioniranje grede G 101 b/h=20/78



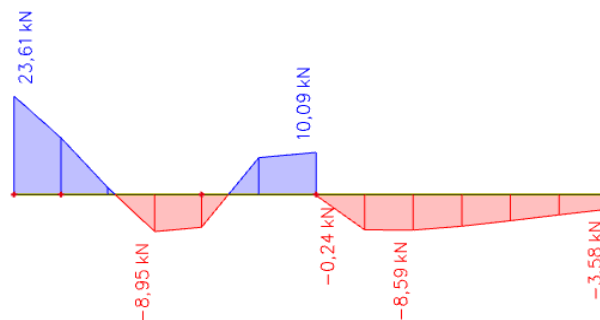
Slika 57. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 101



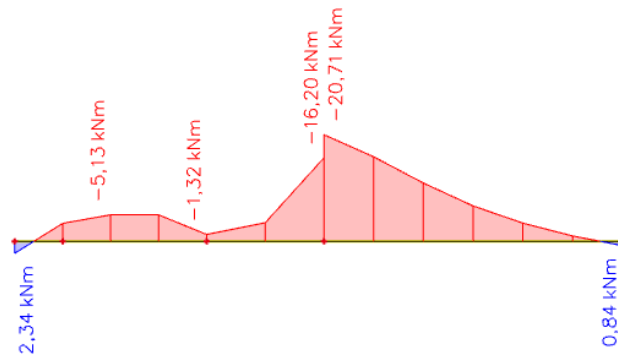
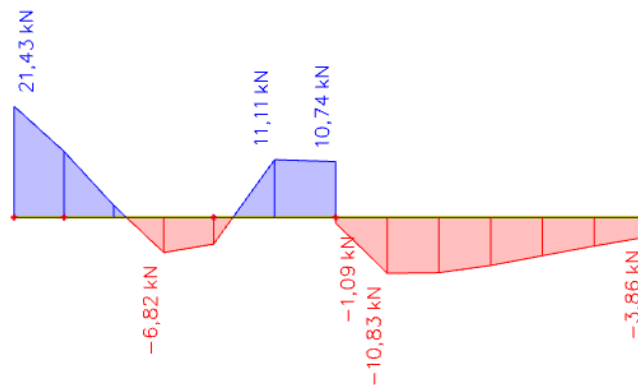
Slika 58. Poprečna sila  $V_z$  od vlastite težine za gredu G101



Slika 59. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 101



Slika 60. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 101

Slika 61. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 101Slika 62. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G 101

### 5.2.1. Dimenzioniranje na savijanje:

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (42,97 + 17,12) + 1,5 \cdot 20,71 = 112,19 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{112,19 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 1,67} = 0,012$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰} \quad \xi = 0,057 \quad \zeta = 0,981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{112,19 \cdot 100}{0,981 \cdot 75 \cdot 43,48} = 3,51 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 75 = 2,25 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : 3Ø14 ( $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )**

### 5.2.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (71,45 + 23,61) + 1,5 \cdot 21,43 = 160,48 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1,52 < 2,0 \rightarrow k = 1,52$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{12,22}{1500} = 0,0081$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,52 \cdot (100 \cdot 0,0081 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 750 = 74574,63 \text{ N} = 74,57 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,52^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,33$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,33 \cdot 200 \cdot 750 = 49500 \text{ N} = 49,50 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 750 = 725145 \text{ N} = 725,15 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 160,48 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,22 \quad V_{Ed,max} = 0,22 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 10$  ( $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$ )

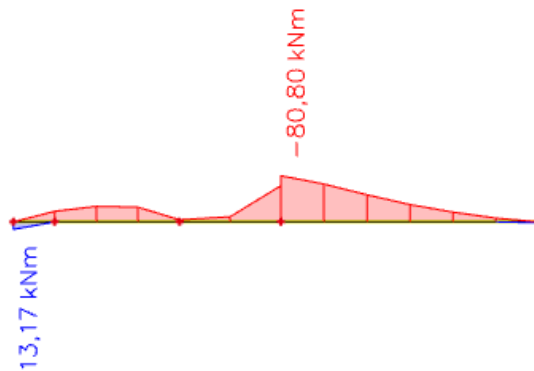
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot 75}{160,48} = 32,11 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 10/25 \text{ cm}$**

### 5.2.3. Proračun pukotina POZ 101

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 63. Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju za gredu G 101

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 80,80 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø14** (  $A_{S1} = 4,62 \text{ cm}^2$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$



$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,62}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 75}{6,45 \cdot 4,62}} \right) = 13,53 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{80,80 \cdot 100}{\left(75 - \frac{13,53}{3}\right) \cdot 4,62} = 24,81 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,62}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0308$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{248,1 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0308} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0308)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{248,1}{200000}$$

$$\frac{207,63}{200000} \geq \frac{148,86}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{207,63}{200000} = 0,00104$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0308} = 179,27 \text{ mm}$$

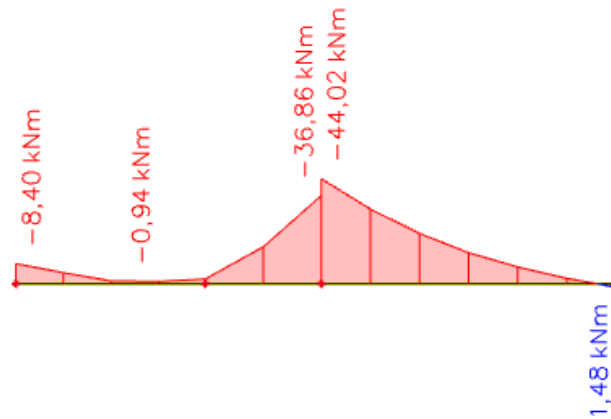
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 179,27 \cdot 0,00104 = \mathbf{0,19mm} < \mathbf{0,30mm}$$

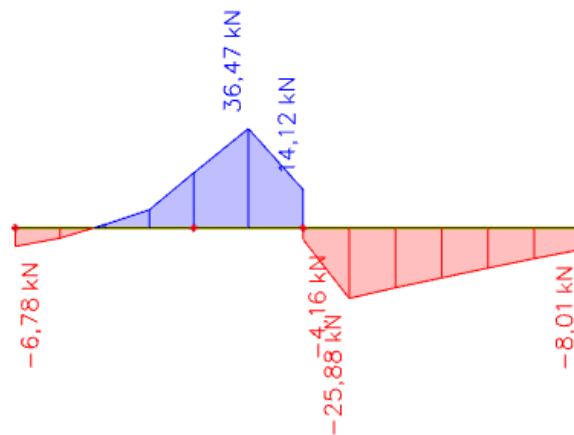
Provjera pukotina zadovoljava !

### 5.3. Dimenzioniranje greda G 201,G 301,G 401,G 501 b/h=20/78

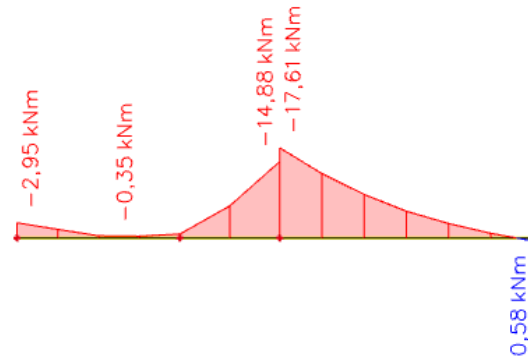
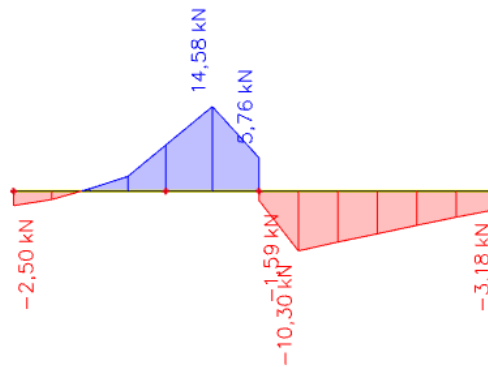
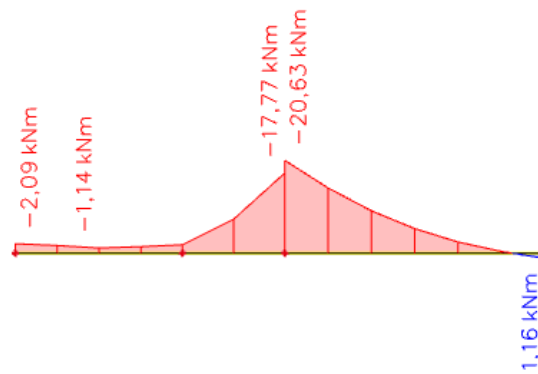
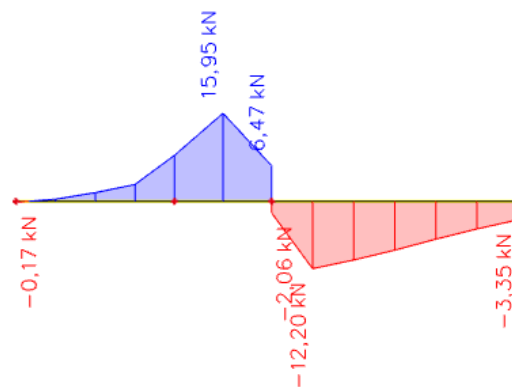
Grede pozicija 201,301,401,501 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima .U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu 201,a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.



Slika 64. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 201



Slika 65. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od vlastite težine za gredu G 201

Slika 66. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 201Slika 67. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 201Slika 68. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 201Slika 69. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G 201

**5.3.1. Dimenzioniranje na savijanje:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (44,02 + 17,61) + 1,5 \cdot 20,63 = 114,15 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{114,15 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 1,67} = 0,012$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$     $\xi = 0,057$     $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{114,15 \cdot 100}{0,981 \cdot 75 \cdot 43,48} = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 75 = 2,25 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 3Ø14 (  $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$  )**

**5.3.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :**

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (36,47 + 14,58) + 1,5 \cdot 15,95 = 92,84 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1,52 < 2,0 \rightarrow k = 1,52$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\Sigma A_s = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{12,22}{1500} = 0,0081$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,52 \cdot (100 \cdot 0,0081 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 750 = 74574,63 \text{ N} = 74,57 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,52^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,33$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,33 \cdot 200 \cdot 750 = 49500 \text{ N} = 49,50 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 750 = 725145,0 \text{ N} = 725,15 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 92,84 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,13 \quad V_{Ed,max} = 0,13 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

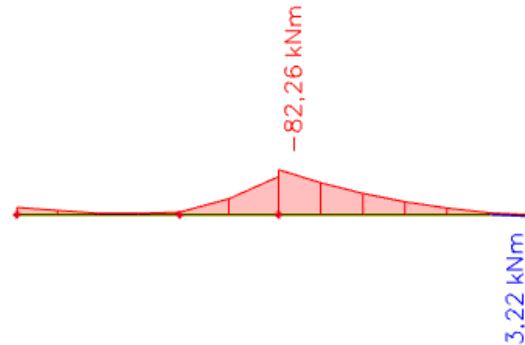
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 75}{92,84} = 35,12 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

### 5.3.3. Proračun pukotina POZ 201,301,401,501

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 70. Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju za gredu G 201

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 82,26 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø14** ( $A_{S1} = 4,62 \text{ cm}^2$ )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,62}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 75}{6,45 \cdot 4,62}} \right) = 13,53 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{82,26 \cdot 100}{\left(75 - \frac{13,53}{3}\right) \cdot 4,62} = 26,09 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,62}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0308$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{260,9 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0308} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0308)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{260,9}{200000}$$

$$\frac{220,43}{200000} \geq \frac{156,54}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{220,43}{200000} = 0,001102$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

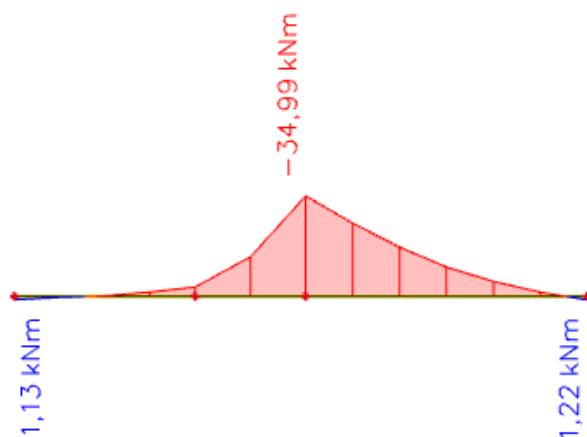
$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0308} = 179,27 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

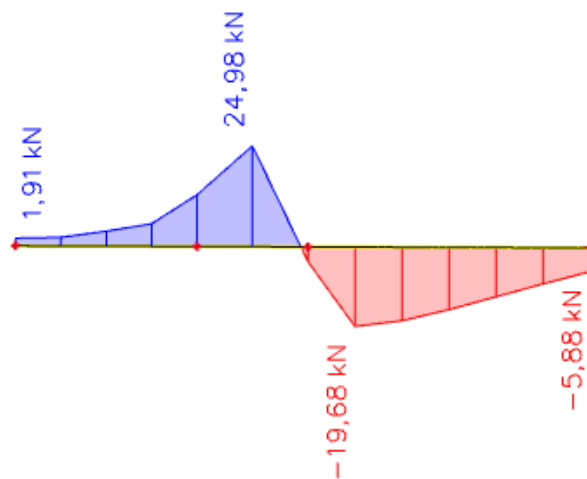
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 179,27 \cdot 0,001102 = \mathbf{0,20mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

#### 5.4. Dimenzioniranje grede G 601 b/h=20/68

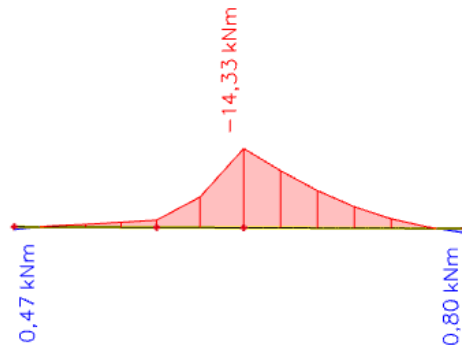
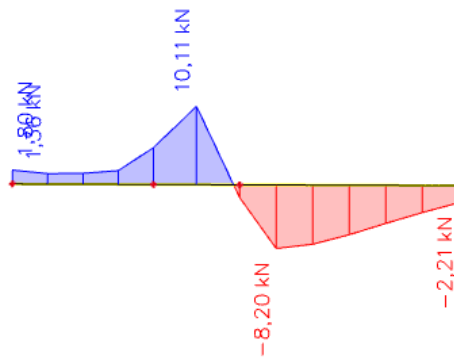
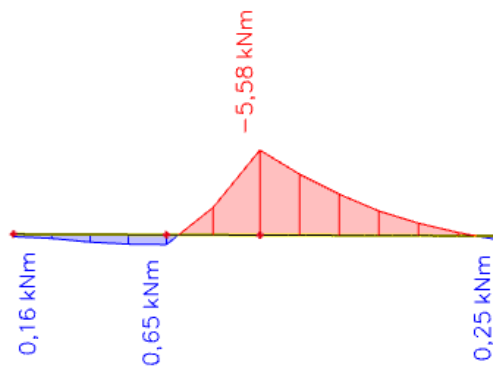
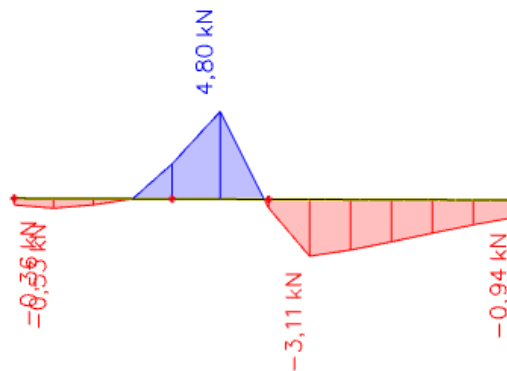


Slika 71. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 601



Slika 72. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od vlastite težine za gredu G 601



Slika 73. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 601Slika 74. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 601Slika 75. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 601Slika 76. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G 601

**5.4.1. Dimenzioniranje na savijanje:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$
$$= 1,35 \cdot (34,99 + 14,33) + 1,5 \cdot 5,58 = 74,95 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{74,95 \cdot 100}{100 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,011$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$     $\xi = 0,057$     $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{74,95 \cdot 100}{0,981 \cdot 65 \cdot 43,48} = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 65 = 1,95 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 3Ø14 (  $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$  )**

**5.4.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :**

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (24,89 + 10,11) + 1,5 \cdot 4,80 = 54,57 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,56 < 2,0 \rightarrow k = 1,56$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{12,22}{1300} = 0,0094$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,56 \cdot (100 \cdot 0,0094 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 650 = 69706,27 \text{ N} = 69,71 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,56^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,34$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,34 \cdot 200 \cdot 650 = 44200 \text{ N} = 44,20 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 650 = 628459N = 628,46kN$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 54,57 kN$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,09 \quad V_{Ed,max} = 0,09 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 cm\} = \min\{55 ; 30 cm\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 cm^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 cm^2$ )

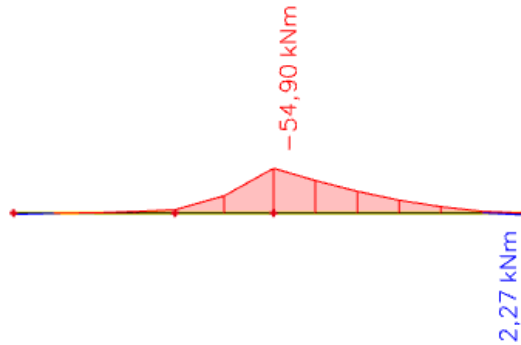
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 65}{54,57} = 51,79 cm$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 cm$**

### 5.4.3. Proračun pukotina POZ 601

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg + 1,0 q**



Slika 77. Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju za gredu G 601

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 54,90 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø14** (  $A_{S1} = (4,62 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,62}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 65}{6,45 \cdot 4,62}} \right) = 12,51 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{54,90 \cdot 100}{\left(65 - \frac{12,51}{3}\right) \cdot 4,62} = 19,53 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,62}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0308$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{195,3 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0308} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0308)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{195,3}{200000}$$

$$\frac{154,83}{200000} \geq \frac{117,18}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{154,83}{200000} = 0,0007$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0308} = 179,27 \text{ mm}$$

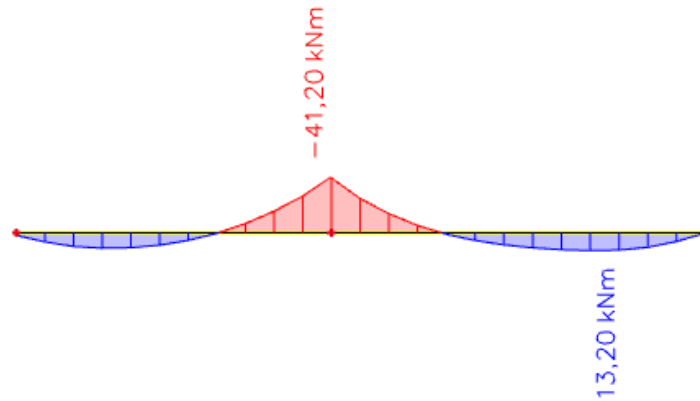
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 179,27 \cdot 0,0007 = \mathbf{0,13mm} < \mathbf{0,30mm}$$

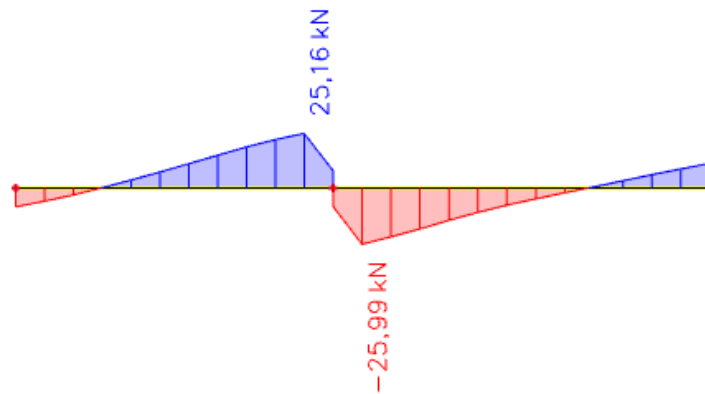
Provjera pukotina zadovoljava !

### 5.5. Dimenzioniranje greda G 202, G 302, G 402, G 502 $b/h=20/78$

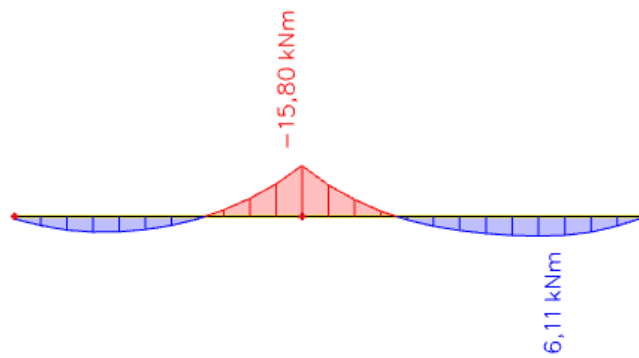
Grede pozicija 202,302,402,502 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu G 502, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na sve 4 pozicije.



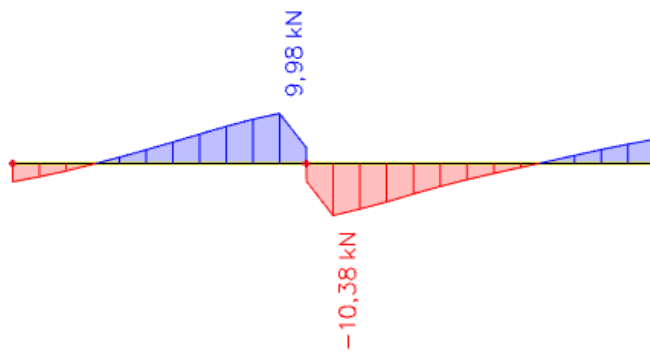
Slika 78. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 502



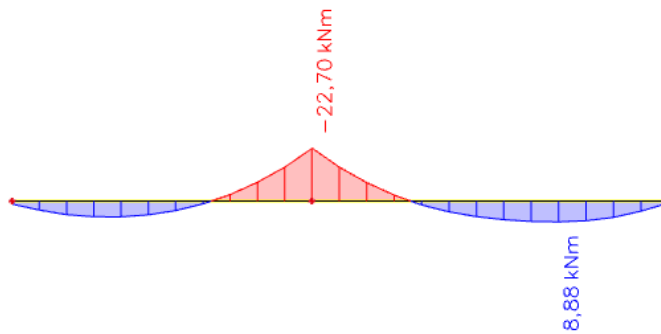
Slika 79. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od vlastite težine za gredu G 502



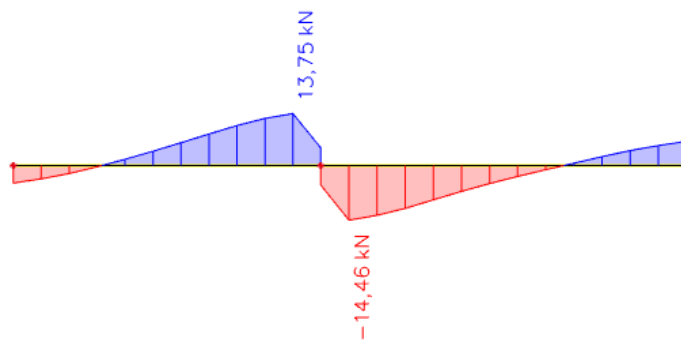
Slika 80. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 502



Slika 81. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 502



Slika 82. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 502



Slika 83. Prikaz poprečne sile  $V_z$  od pokretnog opterećenja za gredu G 502



**5.5.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (13,20 + 6,11) + 1,5 \cdot 8,88 = 39,39 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39,39 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 1,67} = 0,004$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,4 \text{ ‰} \quad \xi = 0,038 \quad \zeta = 0,987$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{39,39 \cdot 100}{0,987 \cdot 75 \cdot 43,48} = 1,22 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 75 = 2,25 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**

**5.5.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (41,20 + 15,80) + 1,5 \cdot 22,7 = 111,0 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{111,0 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 1,67} = 0,012$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰} \quad \xi = 0,057 \quad \zeta = 0,981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{111,0 \cdot 100}{0,981 \cdot 75 \cdot 43,48} = 3,47 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 75 = 2,25 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : 3Ø14 (  $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$  )**

### 5.5.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (25,99 + 10,38) + 1,5 \cdot 14,46 = 70,79 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1,52 < 2,0 \rightarrow k = 1,52$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{12,22}{1500} = 0,0081$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,52 \cdot (100 \cdot 0,0081 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 750 = 74574,63 \text{ N} = 74,57 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,52^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,33$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,33 \cdot 200 \cdot 750 = 49500 \text{ N} = 49,50 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 750 = 725145 \text{ N} = 725,15 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 70,79 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,10 \quad V_{Ed,max} = 0,10 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

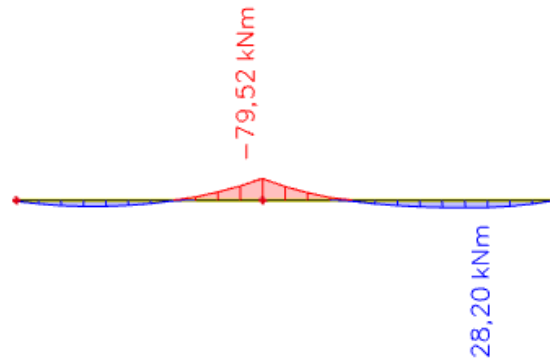
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 75}{70,79} = 46,06 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

#### 5.5.4. Proračun pukotina POZ 202, 302, 402, 502

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 84. Maksimalni eksploatacijski momenti za gredu G 502

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment u polju :  $M_{Ed} = 28,20 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **2Ø14** (  $A_{s1} = (3,08 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 3,08}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 75}{6,45 \cdot 3,08}} \right) = 11,25 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{28,20 \cdot 100}{\left(75 - \frac{11,25}{3}\right) \cdot 3,08} = 12,85 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0205$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{128,5 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0205} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0205)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{128,5}{200000}$$

$$\frac{71,06}{200000} \leq \frac{77,10}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{77,10}{200000} = 0,00039$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0205} = 218,09 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 218,09 \cdot 0,00039 = \mathbf{0,09mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 79,52 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø14** (  $A_{S1} = (4,62 \text{ cm}^2)$ )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{S1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,62}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 75}{6,45 \cdot 4,62}} \right) = 13,53 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{79,52 \cdot 100}{\left(75 - \frac{13,53}{3}\right) \cdot 4,62} = 24,42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,62}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0308$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{244,2 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0308} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0308)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{244,2}{200000}$$

$$\frac{203,73}{200000} \leq \frac{146,52}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{203,73}{200000} = 0,00104$$

Srednji razmak pukotina :

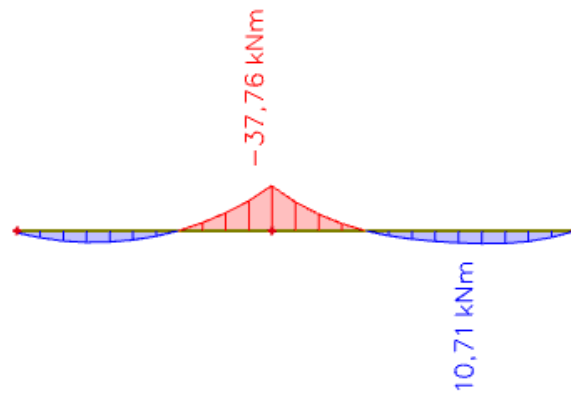
$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0308} = 179,27 \text{ mm}$$

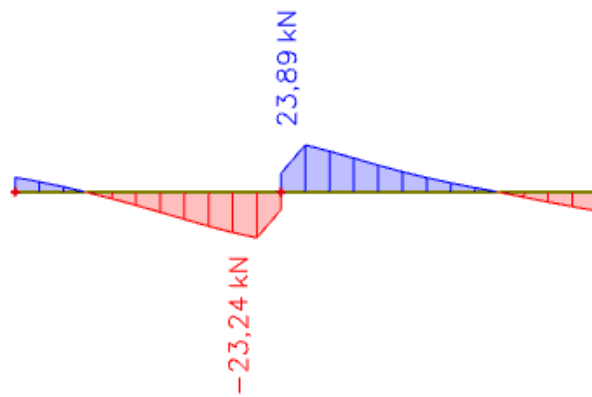
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 179,27 \cdot 0,00104 = \mathbf{0,19mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

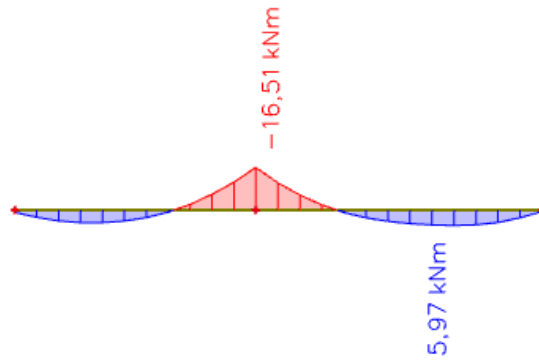
**5.6. Dimenzioniranje greda G 602  $b/h=20/68$** 

Slika 85. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 602

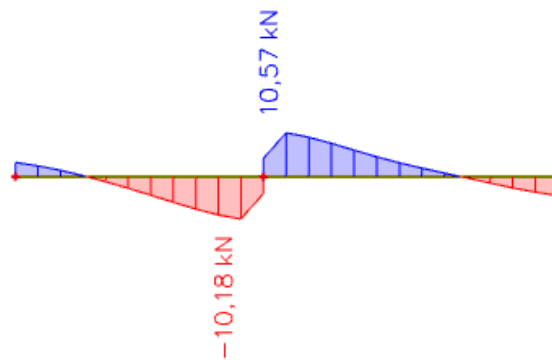


Slika 86. Prikaz poprečne sile od vlastite težine za gredu G 602

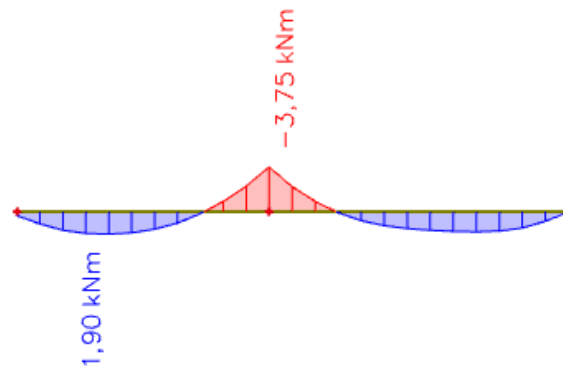




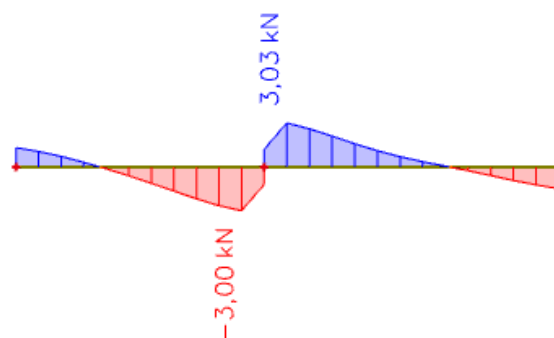
Slika 87. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 602



Slika 88. Prikaz poprečne sile od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 602



Slika 89. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 602



Slika 90. Prikaz poprečne sile od pokretnog opterećenja za gredu G 602

**5.6.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (10,71 + 5,97) + 1,5 \cdot 1,9 = 25,37 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{25,37 \cdot 100}{100 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,004$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 04 \text{ ‰}$     $\xi = 0,038$     $\zeta = 0,987$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{25,37 \cdot 100}{0,987 \cdot 65 \cdot 43,48} = 0,91 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 65 = 1,95 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**

**5.6.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (37,76 + 16,51) + 1,5 \cdot 3,75 = 78,89 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{78,89 \cdot 100}{100 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,011$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$     $\xi = 0,057$     $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{78,89 \cdot 100}{0,981 \cdot 65 \cdot 43,48} = 2,84 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 65 = 1,95 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 3Ø14 (  $A_{s1} = 4,62 \text{ cm}^2$  )**

### 5.6.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (23,89 + 10,57) + 1,5 \cdot 3,03 = 51,07 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,56 < 2,0 \rightarrow k = 1,56$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 12,22 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{12,22}{1300} = 0,0094$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,56 \cdot (100 \cdot 0,0094 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 650 = 69706,27 \text{ N} = 69,71 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,56^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,34$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,34 \cdot 200 \cdot 650 = 44200 \text{ N} = 44,20 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 650 = 628459 \text{ N} = 628,46 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 51,07 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,08 \quad V_{Ed,max} = 0,08 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

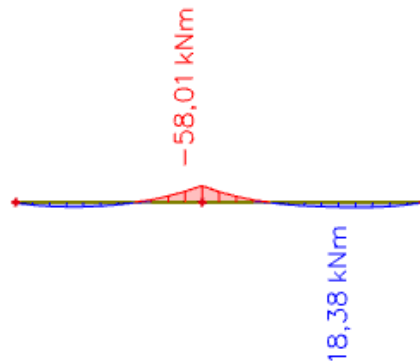
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 65}{51,07} = 55,34 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

#### 5.6.4. Proračun pukotina POZ 602

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 91. Maksimalni eksploatacijski momenti za gredu G 602

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment u polju :  $M_{Ed} = 18,38 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **2Ø14** (  $A_{s1} = (3,08 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 3,08}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 65}{6,45 \cdot 3,08}} \right) = 10,41 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{18,38 \cdot 100}{\left(65 - \frac{10,41}{3}\right) \cdot 3,08} = 9,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0205$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{97,0 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0205} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0205)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{97,0}{200000}$$

$$\frac{39,56}{200000} \leq \frac{58,2}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{58,2}{200000} = 0,0003$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0205} = 218,10 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 218,10 \cdot 0,0003 = \mathbf{0,07mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 58,01 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø14** (  $A_{S1} = (4,62 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{S1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 4,62}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 65}{6,45 \cdot 4,62}} \right) = 12,50 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{58,01 \cdot 100}{\left(65 - \frac{12,50}{3}\right) \cdot 4,62} = 20,64 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{4,62}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0308$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{206,4 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0308} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0308)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{206,4}{200000}$$

$$\frac{165,93}{200000} \geq \frac{123,84}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{165,93}{200000} = 0,0008$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0308} = 179,27 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

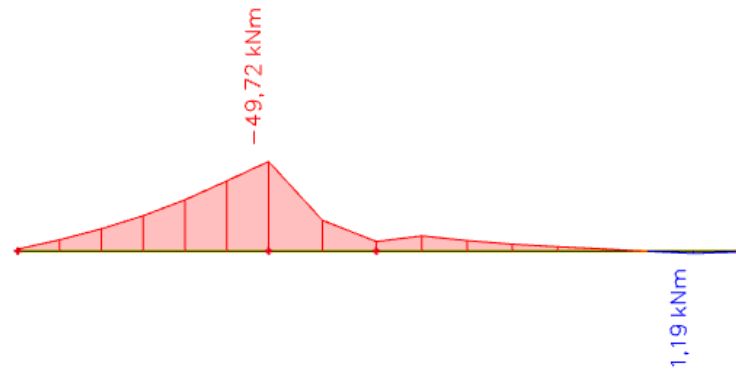
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 179,27 \cdot 0,0008 = \mathbf{0,14mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

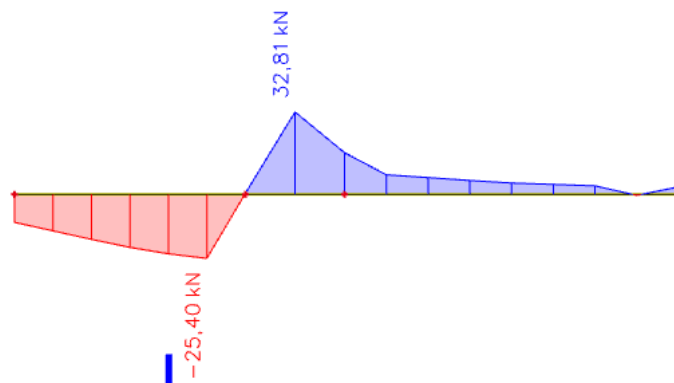


### 5.7. Dimenzioniranje greda G 102, G 203, G 303, G 403, G 503 $b/h=20/78$

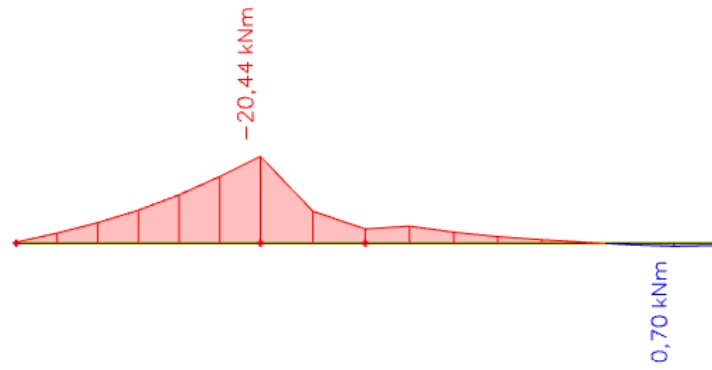
Grede pozicija 102,203,303,403,503 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu G 102, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na svih 5 pozicija.



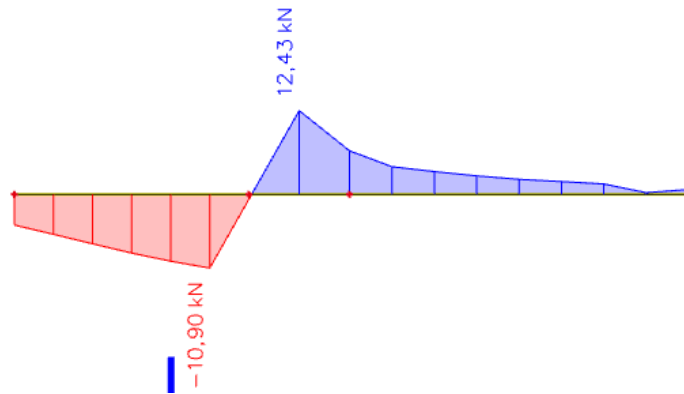
Slika 92. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 102



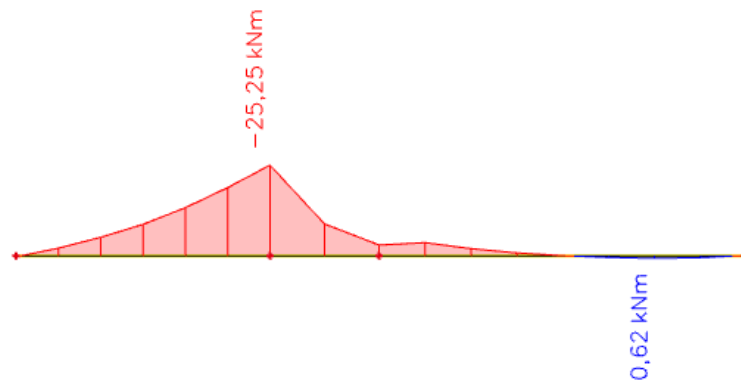
Slika 93. Prikaz poprečne sile od vlastite težine za gredu G 102



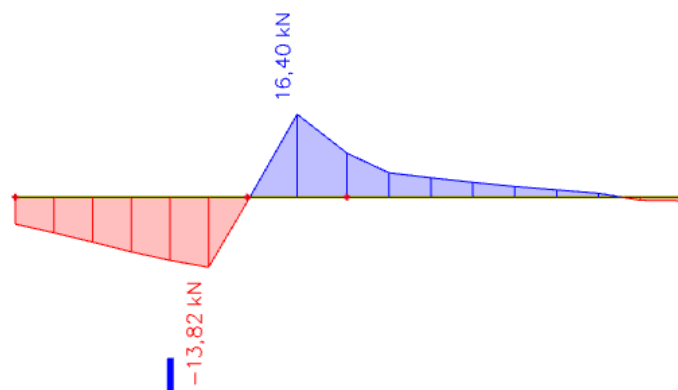
Slika 94. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 102



Slika 95. Prikaz poprečne sile od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 102



Slika 96. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od pokretnog opterećenja za gredu G 102



Slika 97. Prikaz poprečne sile od pokretnog opterećenja za gredu G 102

**5.7.1. Dimenzioniranje na savijanje:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$
$$= 1,35 \cdot (49,72 + 20,44) + 1,5 \cdot 25,25 = 132,59 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{132,59 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 1,67} = 0,014$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,7 \text{ ‰}$     $\xi = 0,065$     $\zeta = 0,977$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{132,59 \cdot 100}{0,977 \cdot 75 \cdot 43,48} = 4,16 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 75 = 2,25 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 3Ø16 (  $A_{s1} = 6,03 \text{ cm}^2$  )**

**5.7.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :**

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (32,81 + 12,43) + 1,5 \cdot 16,40 = 85,67 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1,52 < 2,0 \rightarrow k = 1,52$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 14,70 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{14,70}{1500} = 0,0098$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,52 \cdot (100 \cdot 0,0098 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 750 = 79464,19 \text{ N} = 79,46 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,52^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,33$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,33 \cdot 200 \cdot 750 = 49500 \text{ N} = 49,50 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 750 = 725145,0N = 725,15kN$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 85,67 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,12 \quad V_{Ed,max} = 0,12 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

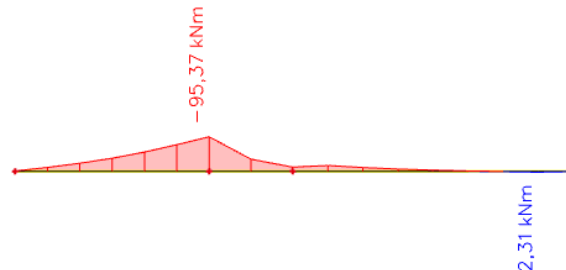
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 75}{85,67} = 38,06 \text{ cm}$$

Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$

### 5.7.3. Proračun pukotina POZ 102, 203,303,403,503

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 98. Maksimalni eksploatacijski momenti za gredu G 102

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 95,37 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø16** (  $A_{s1} = (6,03 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 6,03}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 75}{6,45 \cdot 6,03}} \right) = 15,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{95,37 \cdot 100}{\left(75 - \frac{15,24}{3}\right) \cdot 6,03} = 22,62 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{6,03}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0402$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{226,2 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0402} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0402)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{226,2}{200000}$$

$$\frac{193,62}{200000} \geq \frac{135,72}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{193,62}{200000} = 0,0009$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

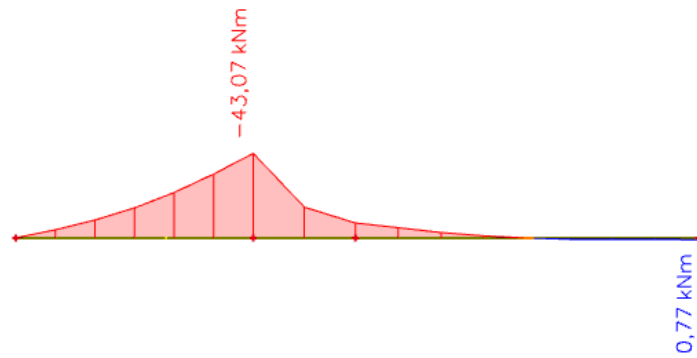
$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,0402} = 169,66 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

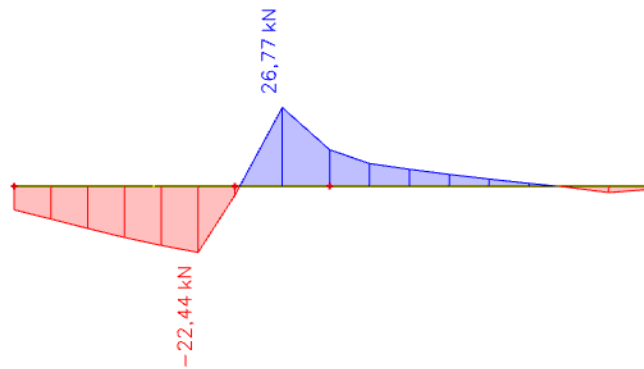
$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 169,99 \cdot 0,0009 = \mathbf{0,15mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

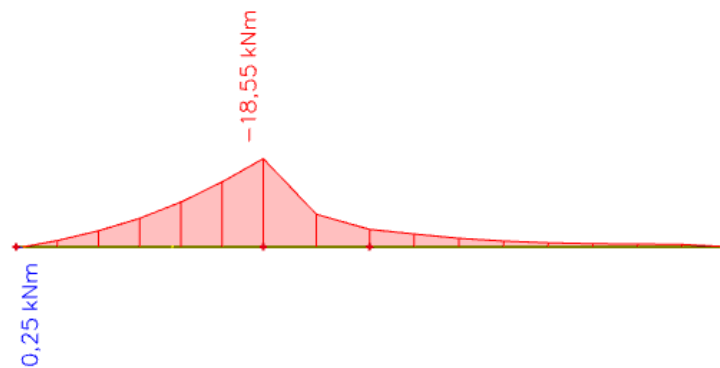
### 5.8. Dimenzioniranje grede G 603 $h/b=20/68$



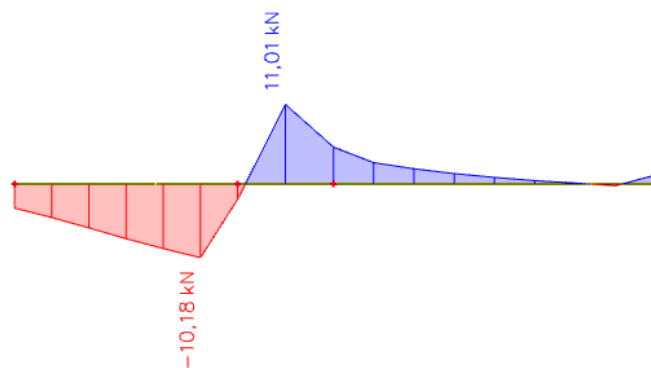
Slika 99. Prikaz momenta savijanja  $M_y$  od vlastite težine za gredu G 603



Slika 100. Prikaz poprečne sile od vlastite težine za gredu G 603

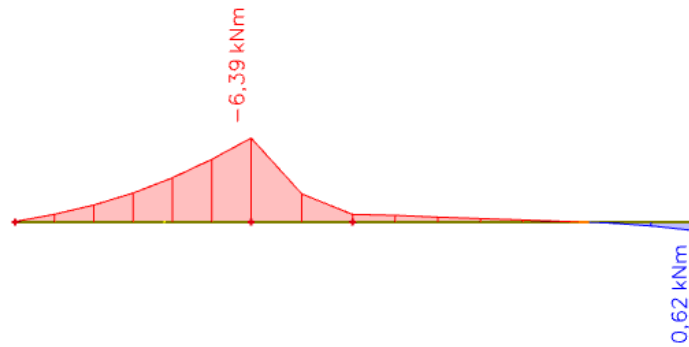


Slika 101. Prikaz momenata savijanja od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 603

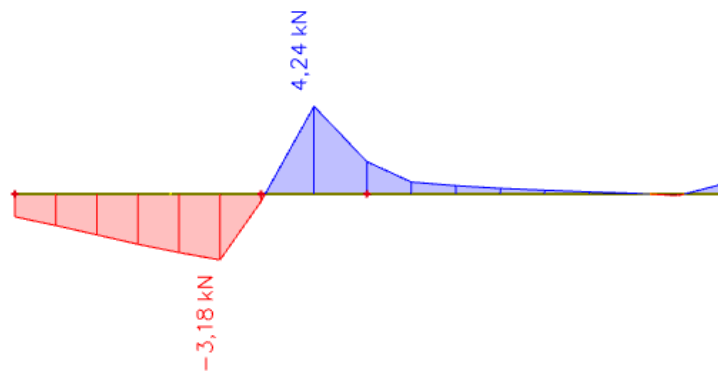


Slika 102. Prikaz poprečne sile od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 603





Slika 103. Prikaz momenata savijanja od pokretnog opterećenja za gredu G 603



Slika 104. Prikaz poprečne sile od pokretnog opterećenja za gredu G 603

### 5.8.1. Dimenzioniranje na savijanje:

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (43,07 + 18,55) + 1,5 \cdot 6,39 = 92,77 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{92,77 \cdot 100}{100 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,013$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰} \quad \xi = 0,057 \quad \zeta = 0,981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{92,77 \cdot 100}{0,981 \cdot 65 \cdot 43,48} = 3,34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 65 = 1,95 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : 3Ø16 (  $A_{s1} = 6,03 \text{ cm}^2$  )**

**5.8.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :**

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (16,77 + 11,01) + 1,5 \cdot 4,24 = 43,86 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,56 < 2,0 \rightarrow k = 1,56$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 14,57 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{14,57}{1300} = 0,0112$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,56 \cdot (100 \cdot 0,0112 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 650 = 73898,43 \text{ N} = 73,90 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,56^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,34$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,34 \cdot 200 \cdot 650 = 44200 \text{ N} = 44,20 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 650 = 628459,0N = 628,46kN$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 43,86 kN$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,07 \quad V_{Ed,max} = 0,07 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

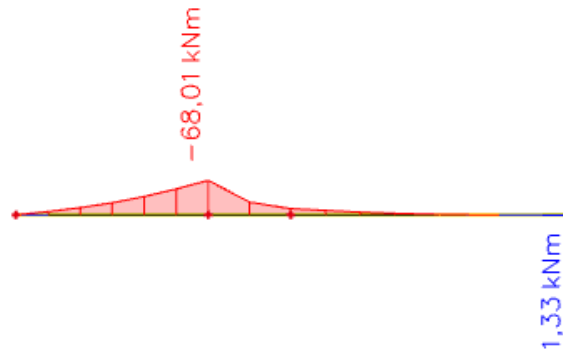
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 65}{43,86} = 64,44 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

### 5.8.3. Proračun pukotina POZ 603

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 105. Maksimalni eksploatacijski momenti za gredu G 603

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 68,01 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **3Ø16** (  $A_{S1} = (6,03 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 6,03}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 65}{6,45 \cdot 6,03}} \right) = 14,07 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{68,01 \cdot 100}{\left(65 - \frac{14,07}{3}\right) \cdot 6,03} = 18,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{6,03}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0402$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{187,0 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0402} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0402)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{187,0}{200000}$$

$$\frac{154,42}{200000} \geq \frac{112,2}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{154,42}{200000} = 0,0007$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16}{0,0402} = 169,66 \text{ mm}$$

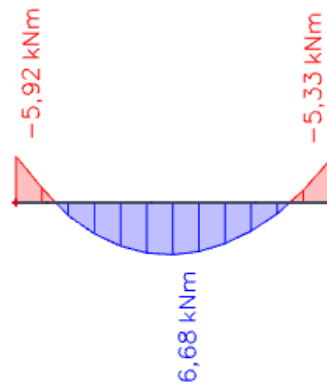
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 169,66 \cdot 0,0007 = \mathbf{0,12mm} < \mathbf{0,30mm}$$

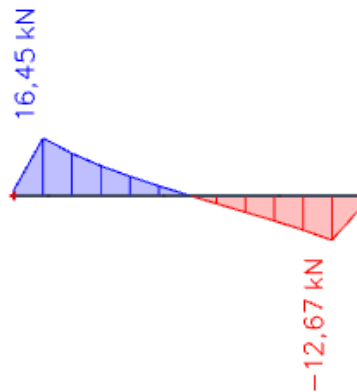
Provjera pukotina zadovoljava !

### 5.9. Dimenzioniranje greda G 103, G 204, G 304, G 404, G 504, G 205, G 305, G 405, G 505 b/h=20/40

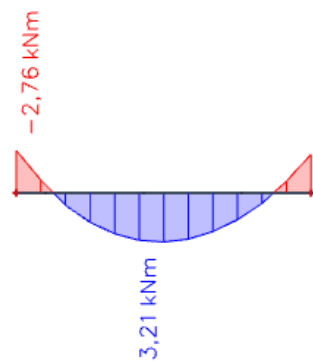
Grede pozicija 103,204,304,404,504,205,305,405,505, imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima. U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu G 204, a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na svih 9 pozicija.



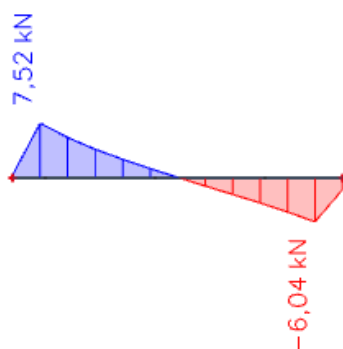
Slika 106. Prikaz momenata savijanja od vlastite težine za gredu G 204



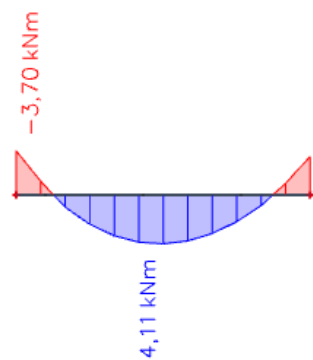
Slika 107. Prikaz poprečnih sila od vlastite težine za gredu G 204



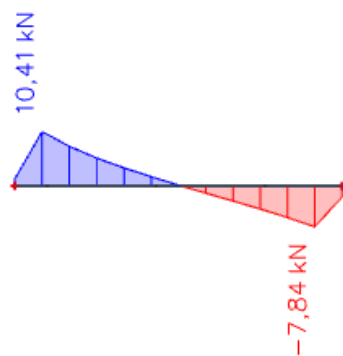
Slika 108. Prikaz momenata savijanja od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 204



Slika 109. Prikaz poprečnih sila od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 204



Slika 110. Prikaz momenata savijanja od pokretnog opterećenja za gredu G 204



Slika 111. Prikaz poprečnih sila od pokretnog opterećenja za gredu G 204

**5.9.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (6,68 + 3,21) + 1,5 \cdot 4,11 = 19,52 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19,52 \cdot 100}{100 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,009$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰}$     $\xi = 0,057$     $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19,52 \cdot 100}{0,981 \cdot 37 \cdot 43,48} = 1,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 37 = 1,11 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**

**5.9.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (5,92 + 2,76) + 1,5 \cdot 3,70 = 17,27 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{17,27 \cdot 100}{100 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,008$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,7 \text{ ‰}$     $\xi = 0,048$     $\zeta = 0,984$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{17,27 \cdot 100}{0,984 \cdot 37 \cdot 43,48} = 1,09 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 37 = 1,11 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**



### 5.9.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (16,45 + 7,52) + 1,5 \cdot 10,41 = 47,97 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1,74 < 2,0 \rightarrow k = 1,74$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 8,42 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{8,42}{740} = 0,011$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,74 \cdot (100 \cdot 0,011 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 370 = 46637,99 \text{ N} = 46,64 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,76^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,409$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,409 \cdot 200 \cdot 370 = 30266 \text{ N} = 30,27 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 370 = 357738,2 \text{ N} = 357,74 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 47,97 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,13 \quad V_{Ed,max} = 0,13 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

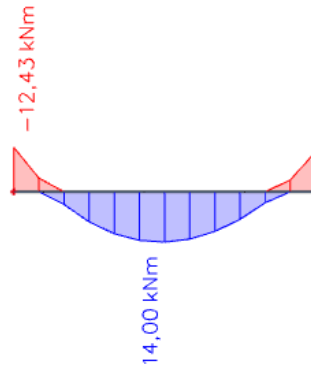
Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 37}{47,97} = 33,54 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

#### 5.9.4. Proračun pukotina POZ G103,G 204, G304, G 404,G 504,G 205, G 305, G 405, G 505

Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg +1,0 q**



Slika 112. Maksimalni eksploatacijski momenti za gredu G 204

Grafična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment u polju :  $M_{Ed} = 14,0 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **2Ø14** (  $A_{S1} = (3,08 \text{ cm}^2)$  )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 3,08}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 37}{6,45 \cdot 3,08}} \right) = 7,64 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{14,0 \cdot 100}{\left(37 - \frac{7,64}{3}\right) \cdot 3,08} = 13,19 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0205$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{131,9 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0205} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0205)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{131,9}{200000}$$

$$\frac{74,46}{200000} \leq \frac{79,14}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{79,14}{200000} = 0,0004$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0205} = 218,09 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 218,09 \cdot 0,0004 = \mathbf{0,09mm} < \mathbf{0,30mm}$$

Provjera pukotina zadovoljava !

Granična vrijednost širine pukotine :  $w_g = 0,3 \text{ mm}$  ( EC-2 uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotina : (EC-2):  $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski moment na ležaju :  $M_{Ed} = 12,43 \text{ kNm}$

Armatura grede gornja zona : **2Ø14** ( $A_{S1} = (3,08 \text{ cm}^2)$ )

Prognoza širine pukotine :

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Proračun srednje deformacije armature :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$f_{ct,eff}$  – efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti  $f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$

$k_t = 0,4$  (dugotrajno opterećenje)

$E_s = 200 \text{ Gpa}$

$E_{cm} = 31,0 \text{ Gpa}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31,0} = 6,45$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{S1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{S1}}} \right) = \frac{6,45 \cdot 3,08}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 37}{6,45 \cdot 3,08}} \right) = 7,64 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{12,43 \cdot 100}{\left(37 - \frac{7,64}{3}\right) \cdot 3,08} = 11,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = 0,0205$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{117,1 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0205} \cdot (1 + 6,45 \cdot 0,0205)}{200000} \geq 0,6 \cdot \frac{117,1}{200000}$$

$$\frac{59,66}{200000} \leq \frac{70,26}{200000}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{70,26}{200000} = 0,0004$$

Srednji razmak pukotina :

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ (mm)}$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14}{0,0205} = 218,09 \text{ mm}$$

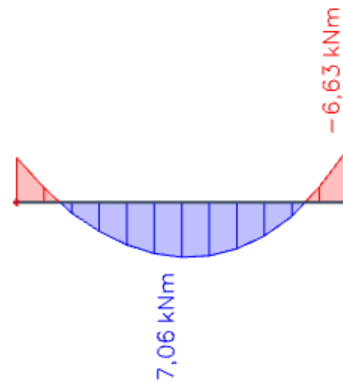
Karakteristična širina pukotine :

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 218,09 \cdot 0,0004 = \mathbf{0,09mm} < \mathbf{0,30mm}$$

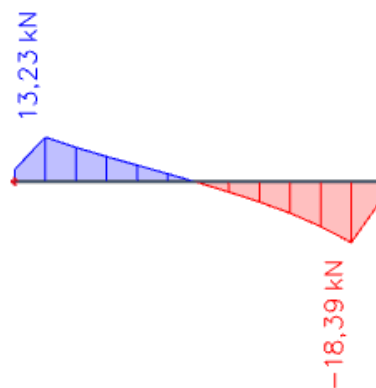
Provjera pukotina zadovoljava !

### 5.10. Dimenzioniranje greda G 604, G 605 $b/h=20/40$

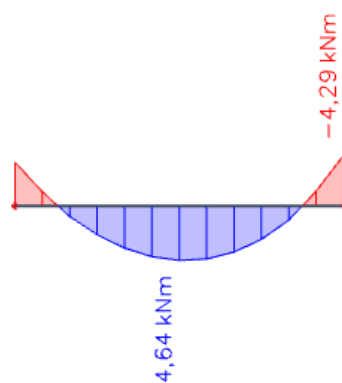
Grede pozicija 604,605 imaju iste geometrijske karakteristike, jednakih su dimenzija te su opterećene istim opterećenjima .U daljnjem proračunu zbog jednostavnosti prikazujemo samo gredu G 605,a proračun i dimenzioniranje primjenjujemo na obe pozicije.



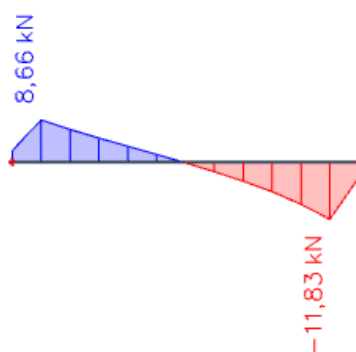
Slika 113. Prikaz momenata savijanja od vlastite težine za gredu G 604



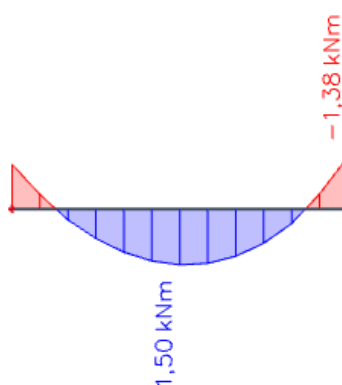
Slika 114. Prikaz poprečnih sila od vlastite težine za gredu G 604



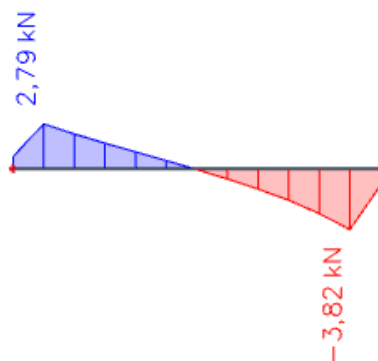
Slika 115. Prikaz momenata savijanja od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 604



Slika 116. Prikaz poprečnih sila od dodatnog stalnog opterećenja za gredu G 604



Slika 117. Prikaz momenata savijanja od pokretnog opterećenja za gredu G 604



Slika 118. Prikaz poprečnih sila od pokretnog opterećenja za gredu G 604



**5.10.1. Dimenzioniranje na savijanje u polju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (7,06 + 4,64) + 1,5 \cdot 1,50 = 18,05 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18,05 \cdot 100}{100 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,008$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰}$     $\xi = 0,048$     $\zeta = 0,984$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18,05 \cdot 100}{0,984 \cdot 37 \cdot 43,48} = 1,14 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 37 = 1,11 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**

**5.9.2. Dimenzioniranje na savijanje na ležaju:**

Mjerodavna kombinacija opterećenja :

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$$= 1,35 \cdot (6,63 + 4,29) + 1,5 \cdot 1,38 = 16,81 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{16,81 \cdot 100}{100 \cdot 37^2 \cdot 1,67} = 0,008$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 0,5 \text{ ‰}$     $\xi = 0,048$     $\zeta = 0,984$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{16,81 \cdot 100}{0,984 \cdot 37 \cdot 43,48} = 1,06 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 37 = 1,11 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 2Ø14 (  $A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2$  )**

**5.10.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu :**

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot (18,39 + 11,83) + 1,5 \cdot 3,82 = 46,53 \text{ kN}$$

C 25/30

$$\rho_{min} = 0,0011$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura :

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1,74 < 2,0 \rightarrow k = 1,74$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0,0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$\sum A_s = 8,42 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{8,42}{740} = 0,011$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,74 \cdot (100 \cdot 0,011 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 370 = 46637,99 \text{ N} = 46,64 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,76^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} = 0,409$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,409 \cdot 200 \cdot 370 = 30266 \text{ N} = 30,27 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale :

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{25}{200} = 0,58$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,58 \cdot 16,67 \cdot 200 \cdot 370 = 357738,2 \text{ N} = 357,74 \text{ kN}$$

Maksimalna poprečna sila :

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 46,53 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = V_{Rd,max} = 0,13 \quad V_{Ed,max} = 0,13 V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min\{0,75 \cdot d ; 30 \text{ cm}\} = \min\{55 ; 30 \text{ cm}\}$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0,33 \text{ cm}^2$$

Odabrane spone :  $\varnothing 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

Odabrane spone na ležaju :

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 37}{46,53} = 34,57 \text{ cm}$$

**Odabrane spone : :  $\varnothing 8/25 \text{ cm}$**

**6. PRORAČUN STUBIŠTA Poz St 1**

Beton C 25/30

Armatura B500B

d = 15 cm

Opterećenja :završna obrada 1,30 kN/m<sup>2</sup>AB ploča (krak i podest) 25\*0,15 = 3,75 kN/m<sup>2</sup>Žbuka 0,30 kN/m<sup>2</sup>

---


$$g = 5,35 \text{ kN/m}^2$$

promjenjivo opterećenje q = 3,0 kN/m<sup>2</sup>Proračun :Stalno : 5,35 kN/m<sup>2</sup>Pokretno : 3,0 kN/m<sup>2</sup>

---


$$q_{rač} = 1,35 \cdot 5,35 + 1,5 \cdot 3,0 = 11,73 \text{ kN/m}^2$$

Stubišni krak :

$$M_{sd,max} = \frac{(11,73 \cdot 2,24^2)}{8} = 7,36 \text{ kN/m}^1$$

Dimenzioniranje :

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,36 \cdot 100}{0,9 \cdot 12,5 \cdot 43,48} = 1,50 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

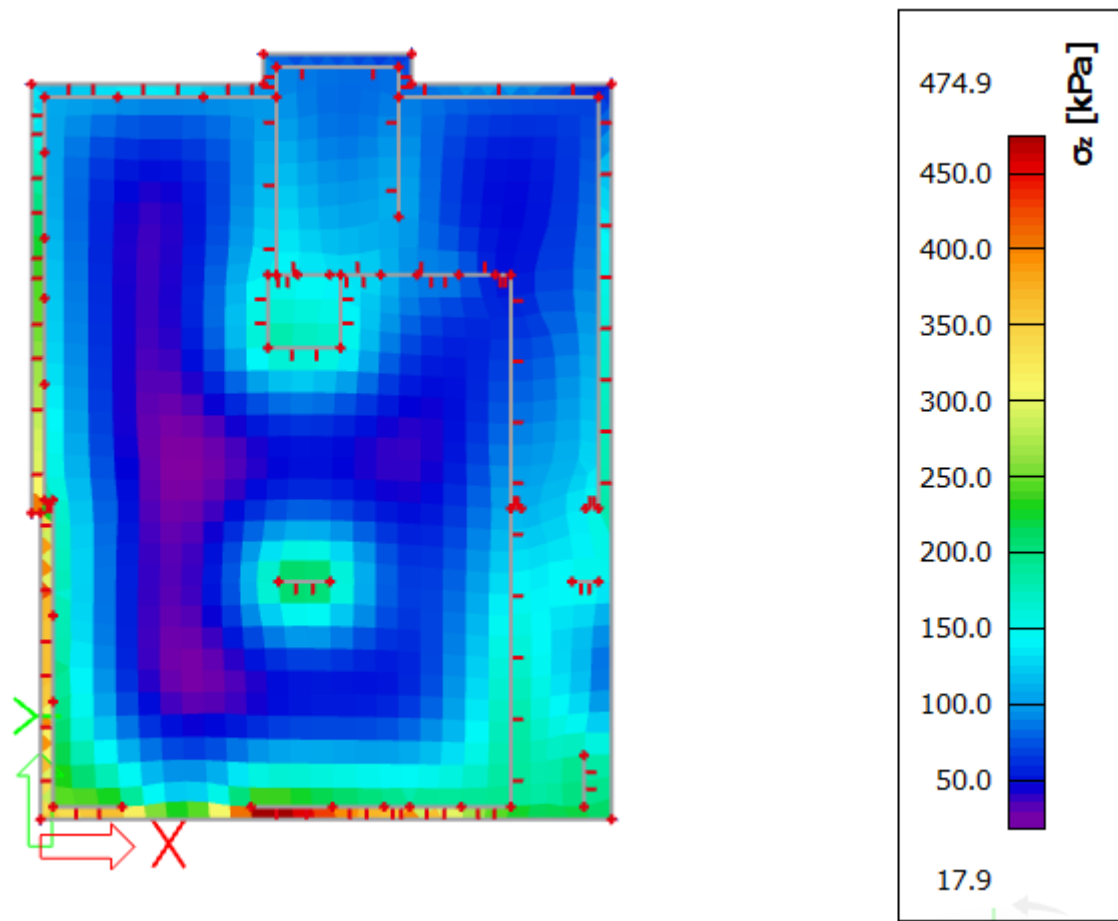
**Odabrana armatura za stubišni krak i međupodeste : Q-283**

## 7. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE Poz 001

### 7.1. Rezultati proračuna

#### 7.1.1. Kontaktna naprezanja

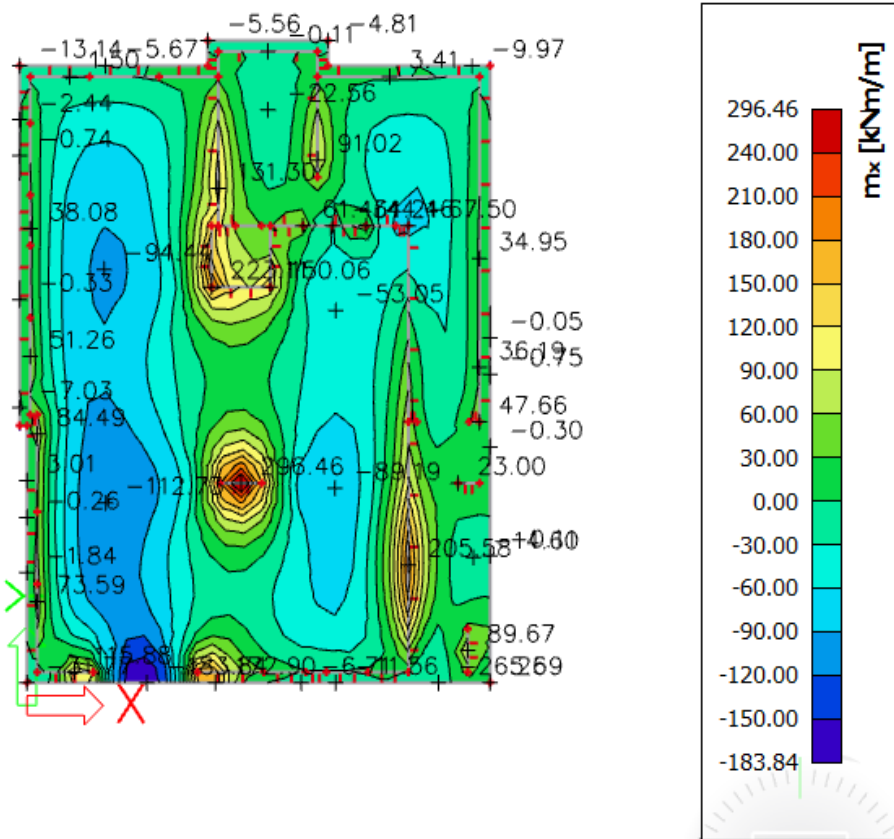
Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja  $GSU : 1,0 g + 1,0 \Delta g + 1,0 q$



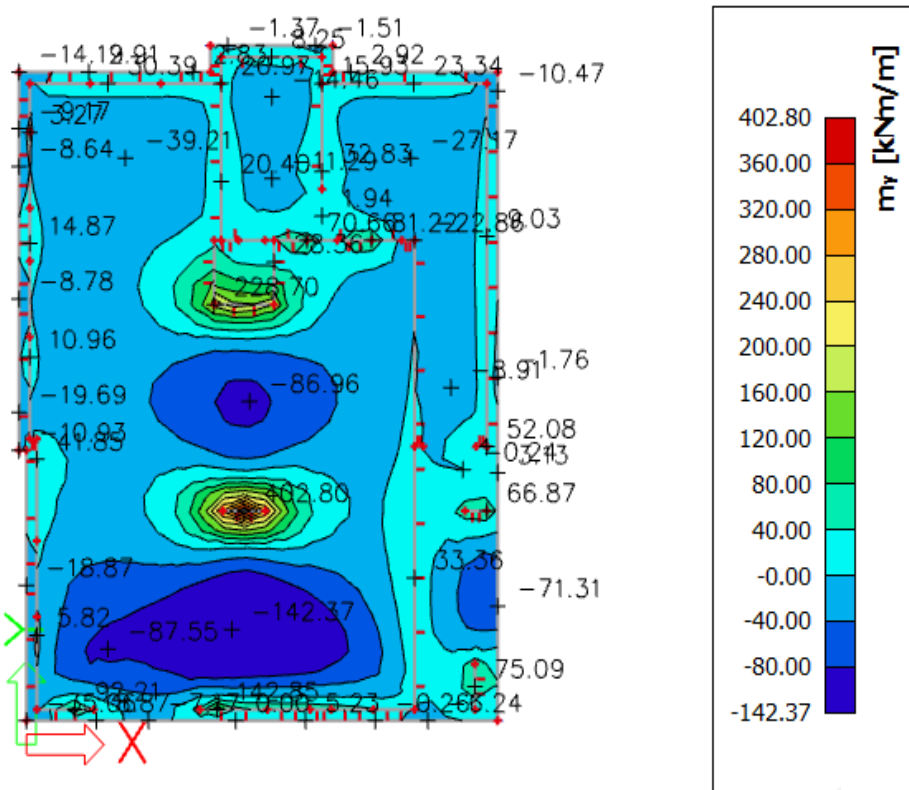
Slika 119. Prikaz kontaktnih naprezanja u temeljnoj ploči

Maksimalna naprezanja u tlu manja su od dopuštenih 500 kPa.

7.1.2. Kombinacija GSN

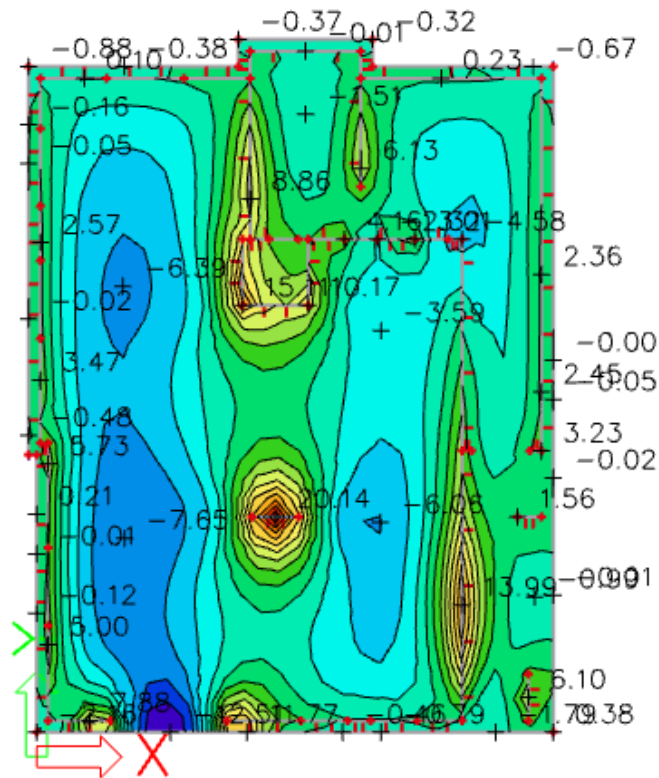


Slika 120. Prikaz momenata savijanja  $M_x$  u temeljnoj ploči

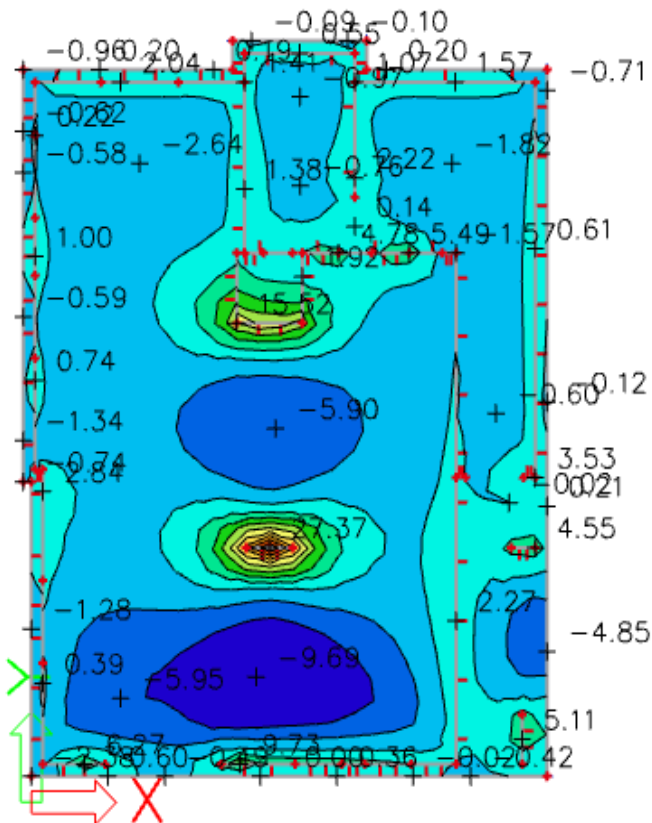


Slika 121. Prikaz momenata savijanja  $M_y$  u temeljnoj ploči

## 7.2. Dimenzioniranje



Slika 122. Potrebna površina armature u temeljnoj ploči -smjer x



Slika 123. Potrebna površina armature u temeljnoj ploči -smjer y

Beton C 30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \frac{N}{mm^2} = 2,0 kN/cm^2$$

Armatura B500B

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{N}{mm^2} = 43,48 kN/cm^2$$

**Armatura gornje zone temeljne ploče na mjestu maksimalnog momenta:**

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$GSN 2: 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 183,84 \text{ kNm}/m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{183,84 \cdot 100}{100 \cdot 35^2 \cdot 2,0} = 0,075$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 1,8 \text{ ‰} \quad \xi = 0,153 \quad \zeta = 0,944$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{183,84 \cdot 100}{0,944 \cdot 35 \cdot 43,48} = 12,79 \text{ cm}^2/m'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 35 = 5,25 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-785 + povećanje prijeklopa mreža**



**Armatura donje zone temeljne ploče na mjestu maksimalnog momenta :**

Mjerodavna kombinacija za granično stanje nosivosti GSN :

$$\text{GSN 2: } 1,35 \cdot (G + G_{dod}) + 1,5 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 402,80 \text{ kNm/m'}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{402,80 \cdot 100}{100 \cdot 35^2 \cdot 2,0} = 0,164$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 3,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,259 \quad \zeta = 0,892$$

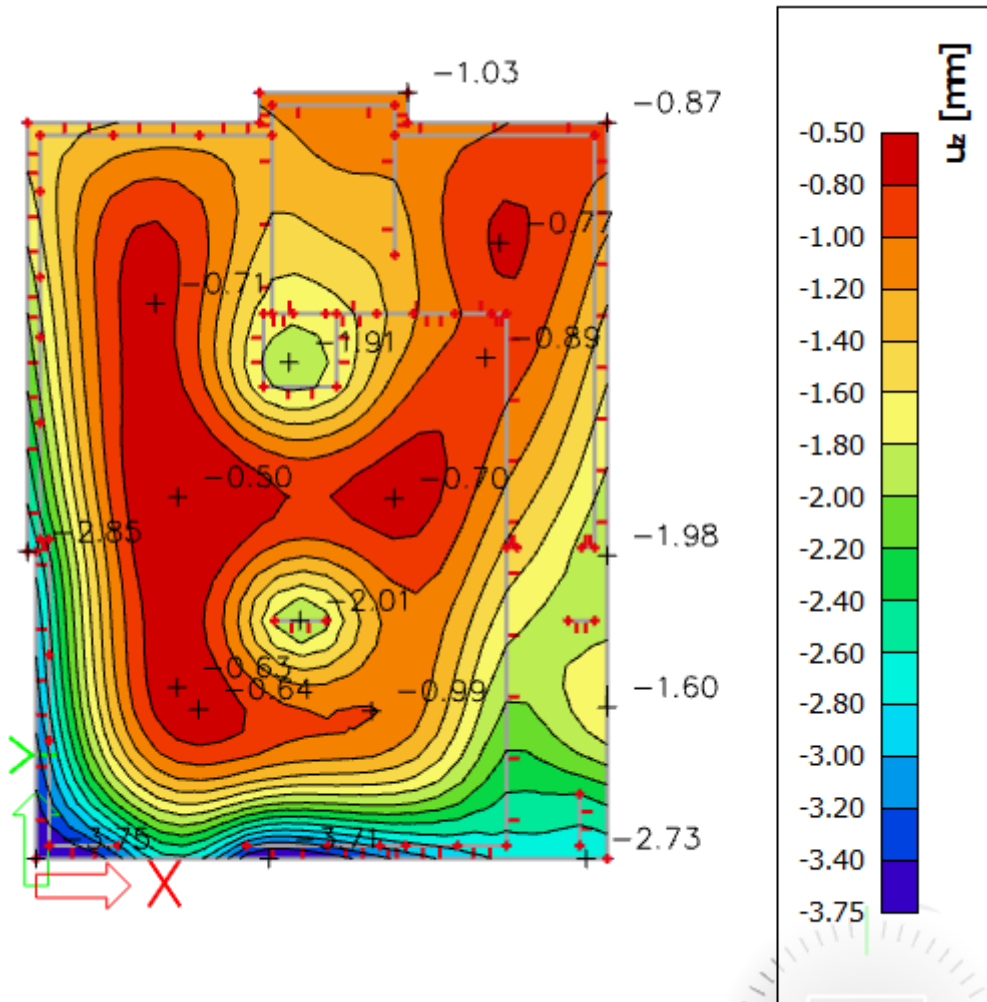
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{402,80 \cdot 100}{0,892 \cdot 35 \cdot 43,48} = 29,67 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 35 = 5,25 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-785 + Ø25/20 cm (  $A_{s1} = 32,39 \text{ cm}^2$  )**

### 7.3. Kontrola graničnog stanja deformacija

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja **GSU : 1,0 g + 1,0 Δg + 1,0 q**



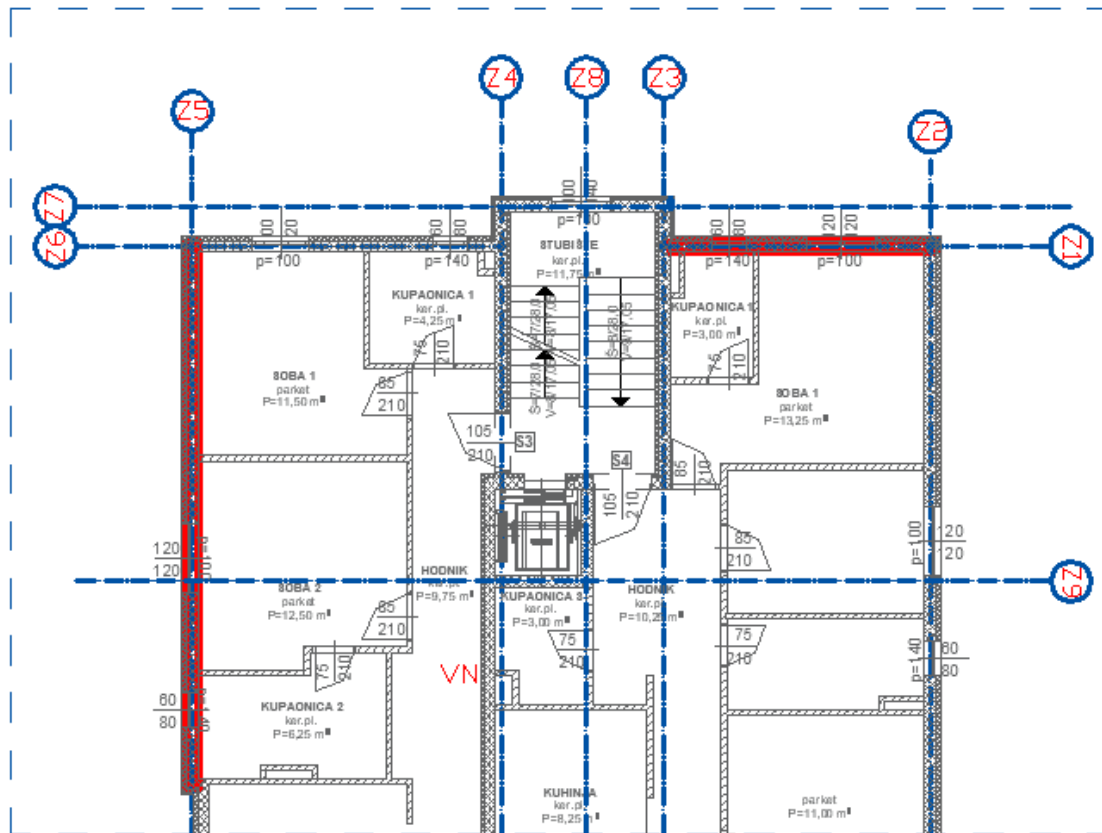
Slika 124. Progibi temeljne ploče Uz

Granični progib :

$$v_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{770}{300} = 2,56 \text{ cm} > 0,38 \text{ cm}$$

Progibi temeljne ploče zadovoljavaju !

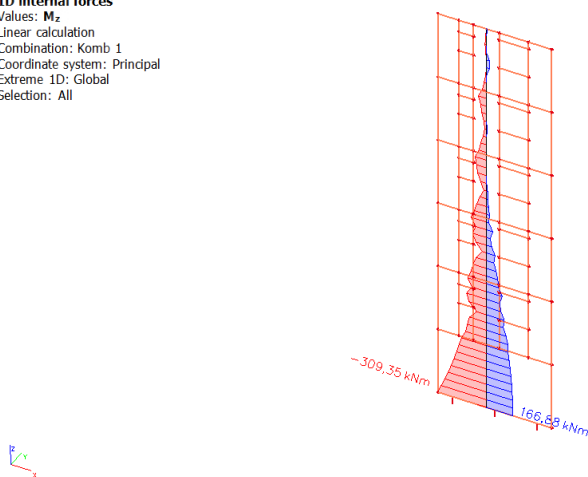
## 8.PRORAČUN ZIDOVA



Slika 125. Prikaz pozicije zidova

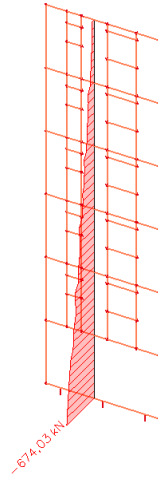
### 8.1.Rezultati proračuna za zid Z1 ( x smjer )

1D internal forces  
 Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: Komb 1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



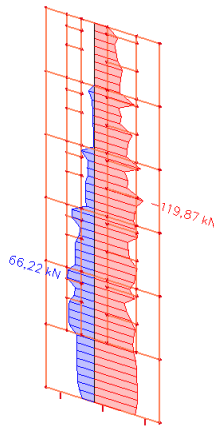
Slika 126. Dijagram momenata savijanja  $M_z$  za kombinaciju K1

1D internal forces  
 Values: N  
 Linear calculation  
 Combination: Komb 1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 127. Dijagram uzdužne sile N za kombinaciju K1

1D internal forces  
 Values: Vy  
 Linear calculation  
 Combination: Komb 1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 128. Dijagram poprečne sile Vy za kombinaciju K1

## 8.2. Proračun zida unutar kritičnog područja

Beton : C30/37

Dimenzije elementa :

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$L_w = 465 \text{ cm}$$

$$H_w = 17,40 \text{ m}$$

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_z = C_{nom} + \varnothing_{sh} + \varnothing_{sv}/2 \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = C_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing}{2} + 15 \approx 20 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 445 \text{ cm}$$

Vitkost zida :

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{17,40}{4,65} = 3,74 > 2 - \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone :

$$h_{cr} = \max\left(L_w; \frac{H_w}{6}\right) = \max(465,0\text{cm}; 290\text{cm})$$

$$h_{cr} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (930\text{cm}; 580\text{cm})$$

$$h_{cr} = 465,0 \text{ cm}$$

Proračunska kombinacija:

$$K1 : 1,0g + 0,3q + 1,0Sx$$

Proračunske rezne sile :

$$M_{Ed} = 309,35 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 674,03 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 119,87 \text{ kN}$$

### 8.2.1. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja :

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$M_{Eds} = 309,35 + 674,03 \cdot \left(4,45 - \frac{4,65}{2}\right) = 1741,66 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1741,66 \cdot 100}{20 \cdot 445^2 \cdot 2,0} = 0,022$$

$$\text{Očitano : } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,9 \text{ ‰} \quad \xi = 0,083 \quad \zeta = 0,971$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1741,66 \cdot 100}{0,971 \cdot 445 \cdot 43,48} - \frac{674,03}{43,48} = -6,23 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\text{Minimalna površina armature : } A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 445 = 13,35 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : 6Ø18 (  $A_{s1} = 15,27 \text{ cm}^2$  )**

### 8.2.2. Dokaz nosivosti na poprečnu silu

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni :

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 445 = 31328,0 \text{ kN}$$

Koeficijent smicanja :

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{309,35 \cdot 100}{359,61 \cdot 465} = 0,185 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature :

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2/m$$

**Odabrana armatura : Q-283 ( $A_s = 5,66 \text{ cm}^2/m$ )**

Koeficijent armiranja horizontalnom i vertikalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 445 = 1007,48 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature :

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 445 = 397,37 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnoih dijagonala hrpta :

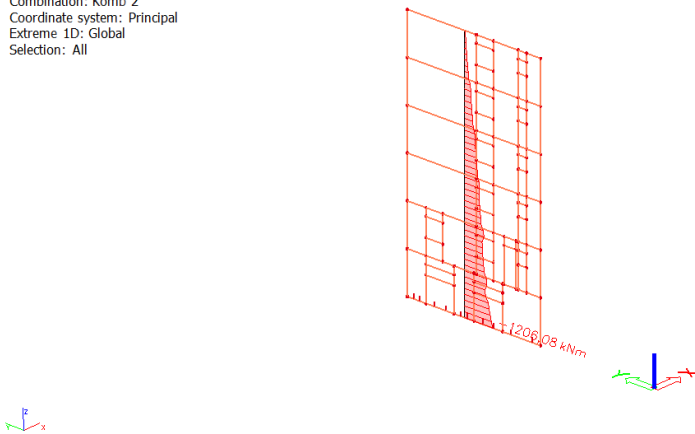
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1007,48 + 397,37 = 1404,85$$

$$V_{Ed,y} = 119,87 \cdot 3 = 359,61 \text{ kN}$$

$V_{Rd3} > V_{Ed}$  - odabrana armatura zadovoljava

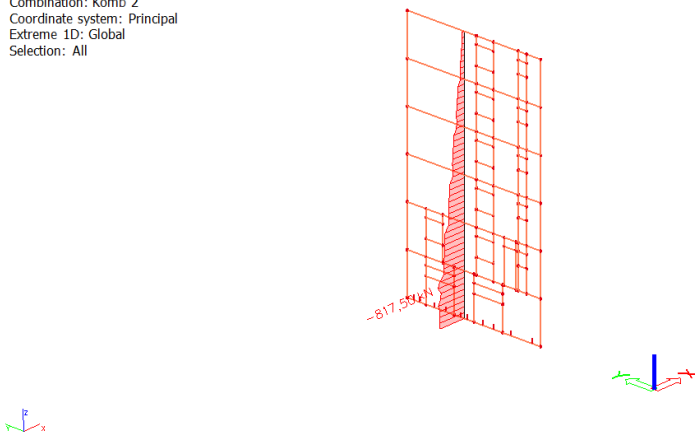
### 8.3. Rezultati proračuna za zid Z5 ( y smjer )

1D internal forces  
 Values:  $M_z$   
 Linear calculation  
 Combination: Komb 2  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



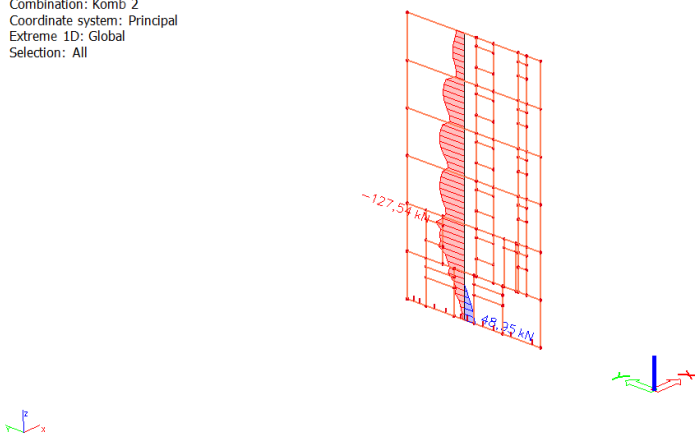
Slika 129. Dijagram momenata savijanja  $M_z$  za kombinaciju K2

1D internal forces  
 Values:  $N$   
 Linear calculation  
 Combination: Komb 2  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 130. Dijagram uzdužne sile  $N$  za kombinaciju K2

1D internal forces  
 Values:  $V_y$   
 Linear calculation  
 Combination: Komb 2  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Global  
 Selection: All



Slika 131. Dijagram poprečne sile  $V_y$  za kombinaciju K2

### 8.4. Proračun zida unutar kritičnog područja

Dimenzije elementa :

Beton : C30/37

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$L_w = 485 \text{ cm}$$

$$H_w = 17,40 \text{ m}$$

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_z = C_{nom} + \varnothing_{sh} + \varnothing_{sv}/2 \approx 4,0 \text{ cm}$$

$$d_y = C_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing}{2} + 15 \approx 20 \text{ cm}$$

$$d = L_w - d_y = 465 \text{ cm}$$

Vitkost zida :

$$\frac{H_w}{L_w} = \frac{17,40}{4,65} = 3,74 > 2 - \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone :

$$h_{cr} = \max\left(L_w; \frac{H_w}{6}\right) = \max(465,0 \text{ cm}; 290 \text{ cm})$$

$$h_{cr} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (930 \text{ cm}; 580 \text{ cm})$$

$$h_{cr} = 465 \text{ cm}$$

Proračunska kombinacija:

$$K2 : 1,0g + 0,3q + 1,0Sy$$

Proračunske rezne sile :

$$M_{Ed} = 1206,08 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 817,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 127,54 \text{ kN}$$



### 8.4.1. Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja :

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

$$M_{Eds} = 1206,08 + 817,5 \cdot \left( 4,65 - \frac{4,85}{2} \right) = 3025,02 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja :

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3025,02 \cdot 100}{20 \cdot 465^2 \cdot 2,0} = 0,035$$

Očitano :  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$     $\varepsilon_{c2} = 1,1 \text{ ‰}$     $\xi = 0,099$     $\zeta = 0,965$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{3025,02 \cdot 100}{0,965 \cdot 465 \cdot 43,48} - \frac{817,5}{43,48} = -3,30 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature :  $A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 465 = 13,95 \text{ cm}^2$

**Odabrana armatura : 6Ø18 (  $A_{s1} = 15,27 \text{ cm}^2$  )**

### 8.4.2. Dokaz nosivosti na poprečnu silu

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{sd,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni :

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left( 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left( 0,7 - \frac{30}{200} \right) \cdot 20 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 465 = 32736,0 \text{ kN}$$

Koeficijent smicanja :

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{1206,08 \cdot 100}{127,54 \cdot 485} = 1,94 < 2$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature :

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**Odabrana armatura : Q-283 (  $A_s = 5,66 \text{ cm}^2/\text{m}$  )**

Koeficijent armiranja horizontalnom i vertikalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00283 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 465 = 1052,76 \text{ kN}$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature :

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00283) \cdot 20 \cdot 465 = 415,23 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1052,76 + 415,23 = 1467,99$$

$$V_{Ed,y} = 127,54 \cdot 3 = 382,62 \text{ kN}$$

$$V_{Rd3} > V_{Ed} \text{ - odabrana armatura zadovoljava}$$

### 8.5. Proračun zidova suterena

Tlak nasipa tla na zidove suterena zadan je preko parametara tla :

$$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$$

$$h = 2,95 \text{ m} - \text{visina zasipa}$$

$$K_A \approx 0,40 - \text{koef. aktivnog tlaka}$$

$$\rho_{zasip} = \gamma \cdot h \cdot b \cdot K_A - \text{horizontalni tlak zasipa}$$

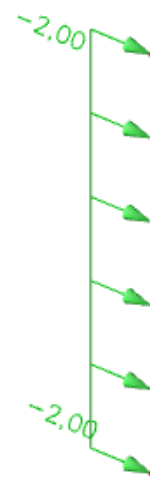
$$\rho_{zasip} = 22,0 \cdot 2,95 \cdot 1,0 \cdot 0,40 = 25,96 - \text{horizontalni tlak zasipa}$$

$$\rho_{zasip} = q \cdot K_A - \text{pokretno opterećenje}$$

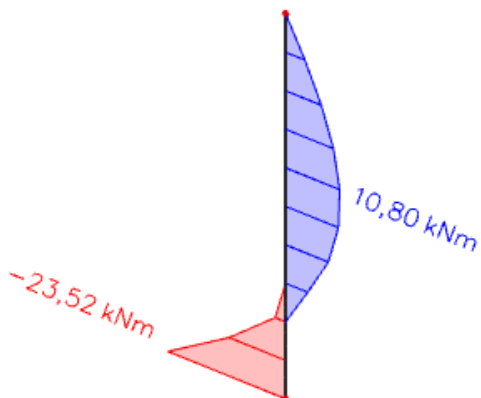
$$\rho_{zasip} = 22,0 \cdot 2,95 \cdot 1,0 \cdot 0,40 = 25,96 - \text{pokretno opterećenje}$$



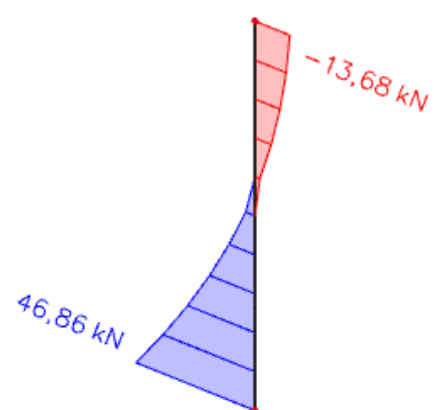
Slika 132. Opterećenje od tla



Slika 133. Promjenjivo opterećenje



Slika 134. Moment savijanja



Slika 135. Poprečna sila

## 8.5.1. Dimenzioniranje

### 8.5.1.1. Dimenzioniranje na moment savijanja

Debljina zida : 20 cm

Beton : C 30/37

Armatura : B500B

Limitirajući moment savijanja :

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,17^2 \cdot 20 \cdot 1000 = 91,90 \text{ kNm}$$

Potrebna površina armature :

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23,52 \cdot 100}{0,892 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna površina armature za zidove :

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-283 ( $A_s = 5,66 \text{ cm}^2/\text{m}$ )**

### 8.5.1.2. Dimenzioniranje na poprečnu silu :

$$V_{Ed} = 46,86 \text{ kN}$$

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom :

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,66}{100 \cdot 17} = 0,00333$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d$$

$$V_{wd} = 0,00333 \cdot 50,0 \cdot 100 \cdot 0,8 \cdot 17 = 226,44 \text{ kN}$$

Računska nosivost na poprečnu silu:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00333) \cdot 100 \cdot 17 = 77,06 \text{ kN}$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd2} = V_{wd} + V_{cd} = 226,44 + 77,06 = 303,50$$

$V_{Rd2} > V_{Ed}$  - odabrana armatura zadovoljava

## 8.6. Proračun visokostjenog nosača VN1

Beton : C 30/37

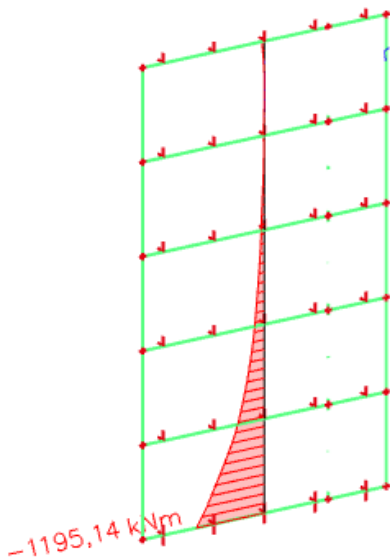
Armatura : B500B

Debljina visokostjenog nosača :  $b = 20\text{cm}$

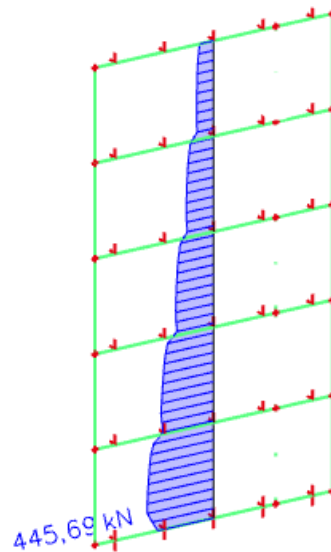
Raspon visokostjenog nosača :  $L = 545\text{ cm}$

Ukupna visina visokostjenog nosača :  $h = 1450\text{ cm}$

### 8.6.1. Rezultati proračuna



Slika 136. Moment savijanja  $M_z$



Slika 137. Poprečna sila  $V_y$

### 8.6.2. Proračun armature

Krak unutarnjih sila :

$$z = \frac{L + 2h}{5} = \frac{5,45 + 2 \cdot 2,90}{5} = 2,25\text{ m}$$

Sila u glavnoj armaturi:

$$F = \frac{1195,14}{2,25} = 531,17\text{ kN}$$

Glavna vlačna armatura :

$$A_s = \frac{531,17}{43,48} = 12,22\text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalna površina glavne horizontalne armature :

$$A_{s,min} = 0,20 \cdot b \cdot h \cdot f_{ctm}/f_{yk}$$

$$A_{s,min} = 0,20 \cdot 20 \cdot 290 \cdot \frac{2,9}{500} = 6,73 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura u dnu nosača : 4Ø22 (  $A_{s1} = 15,21 \text{ cm}^2$  )**

Minimalna površina armature za zidove :

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 17 = 2,55 \text{ cm}^2$$

**Odabrana armatura : Q-283 (  $A_s = 5,66 \text{ cm}^2/m$  )**

**Odabrana armatura na mjestu oslanjanja visokostjenog nosača : Ø10/20 (  $A_{s1} = 3,93 \text{ cm}^2/m$  )**

## **9.GRAFIČ KI PRILOZI**

**9.1. Tlocrt temelja**

**9.2. Tlocrt suterena**

**9.3. Tlocrt prizemlja**

**9.4. Tlocrt 1. kata**

**9.5. Tlocrt 2.kata**

**9.6. Tlocrt 3. kata**

**9.7. Tlocrt 4. kata**

**9.8. Tlocrt krova**

**9.9. Presjek**

**9.10. Pročelje – jugozapad**

**9.11. Pročelje – jugoistok**

**9.12. Pročelje – sjeveroistok**

**9.13. Pročelje – sjeverozapad**

## **10. ARMATURNI NACRTI**

**10.1. Plan armature krovne ploče**

**10.2. Plan armature međukatne ploče**

**10.3. Plan armature temeljne ploče**

**10.4. Plan armature zida Z1**

**10.5. Plan armature visokostjenog nosača**

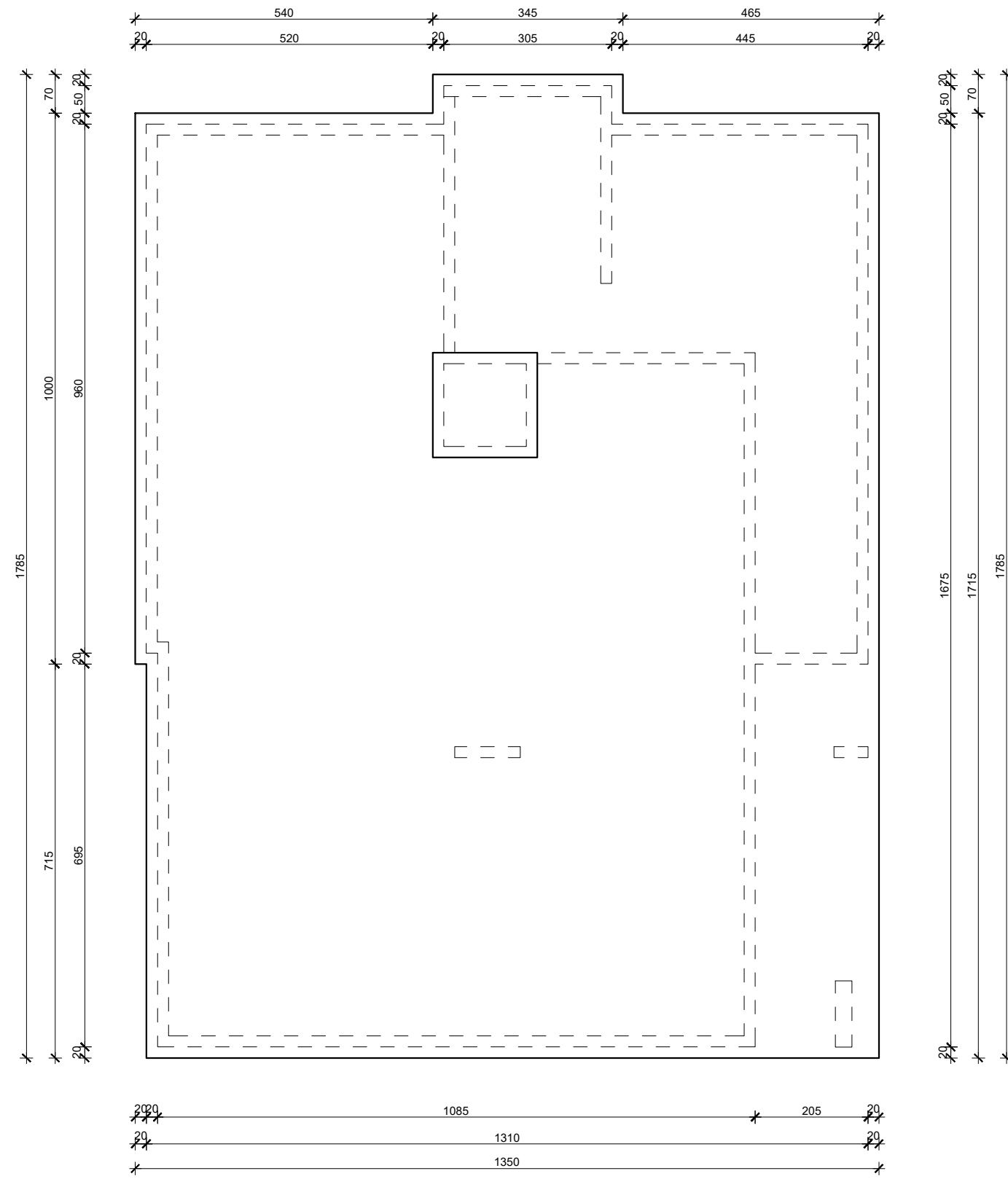
**10.6. Plan armature stubišta**




## **11. LITERATURA**

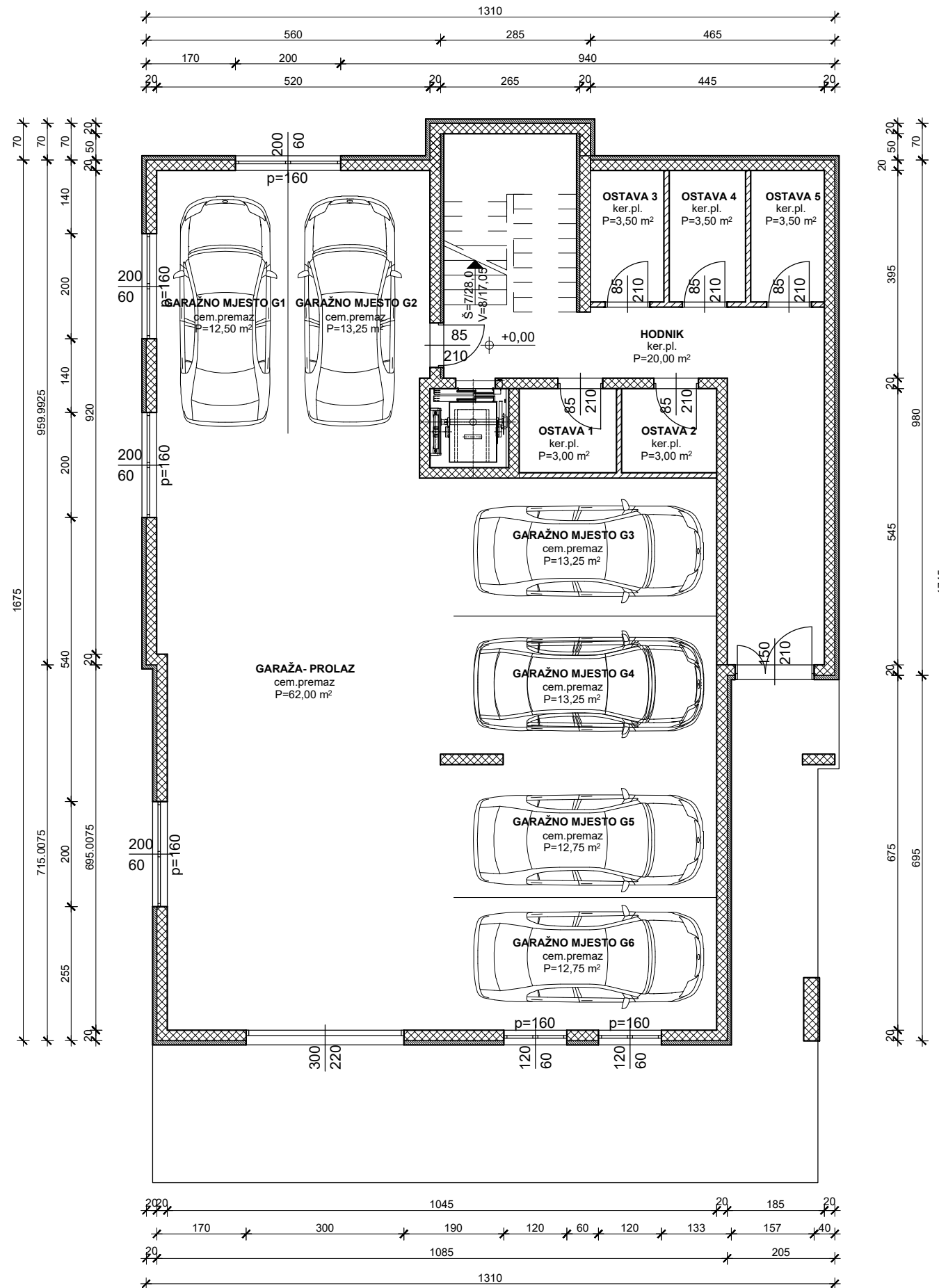
- 1. J.Radnić i suradnici : Betonske konstrukcije – priručnik**
- 2. J.Radnić, A.Harapin : Osnove betonskih konstrukcija – interna skripta**
- 3. A.Harapin : Dimenzioniranje betonskih konstrukcija prema TPBK (EC 2)**
- 4. EN 1992 Eurokod 2 : Proračun betonskih konstrukcija**
- 5. EN 1998 Eurokod 8 : Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje**

# Tlocrt temelja



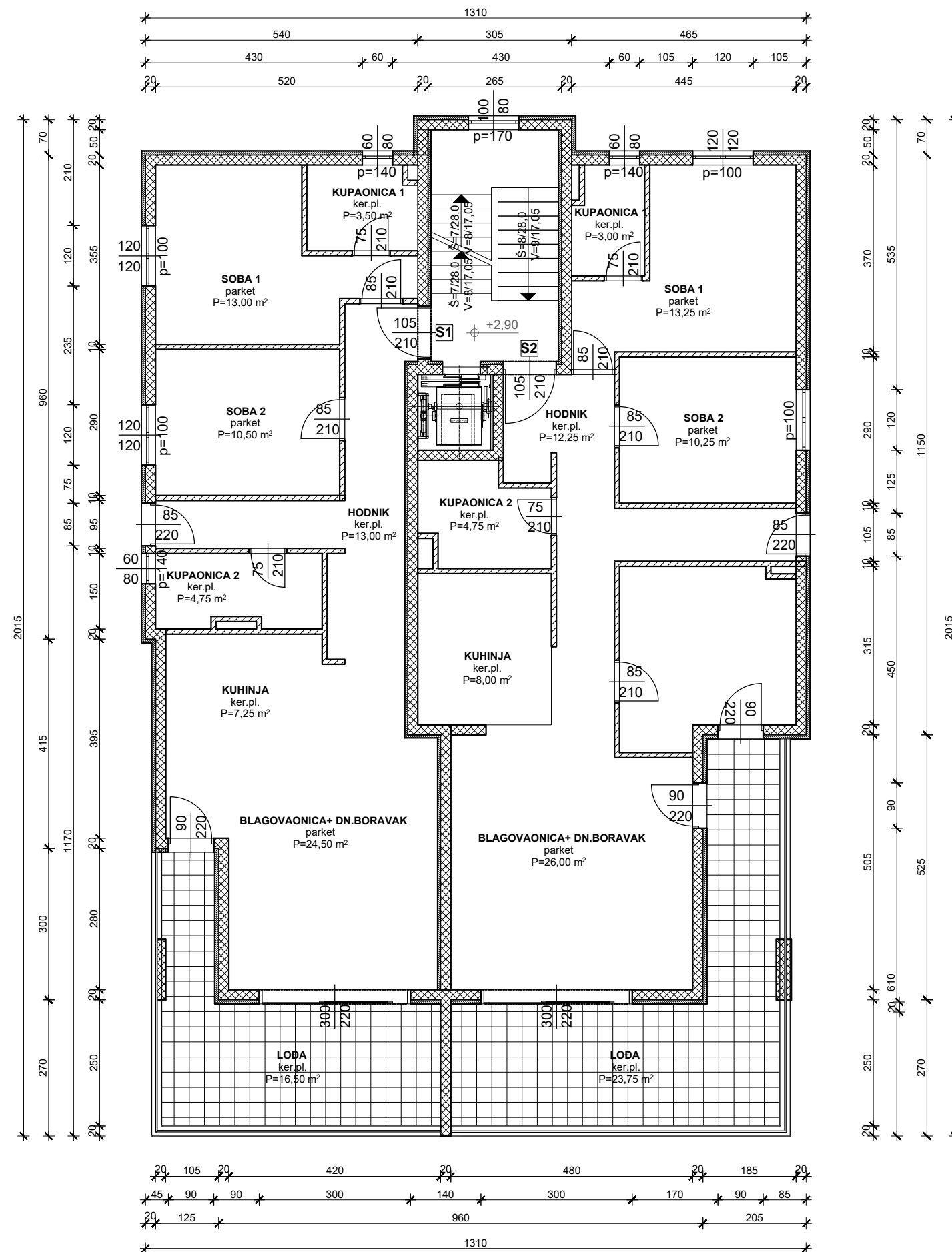
PREDMET : <b>Diplomski rad</b>		 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA : <b>Katedra za betonske konstrukcije i mostove</b>		
VRSTA PROJEKTA : <b>Projekt konstrukcije</b>		
SADRŽAJ : <b>TLOCRT TEMELJA</b>		
MENTOR: <b>Prof.dr.sc. Domagoj Matešan</b>		MJERILO: <b>1:100</b>
STUDENT : <b>Antonio Bralić, 817</b>		DATUM: <b>lipanj,2021</b>
		BR.PRILOGA: <b>9.1.</b>


# Tlocrt suterena



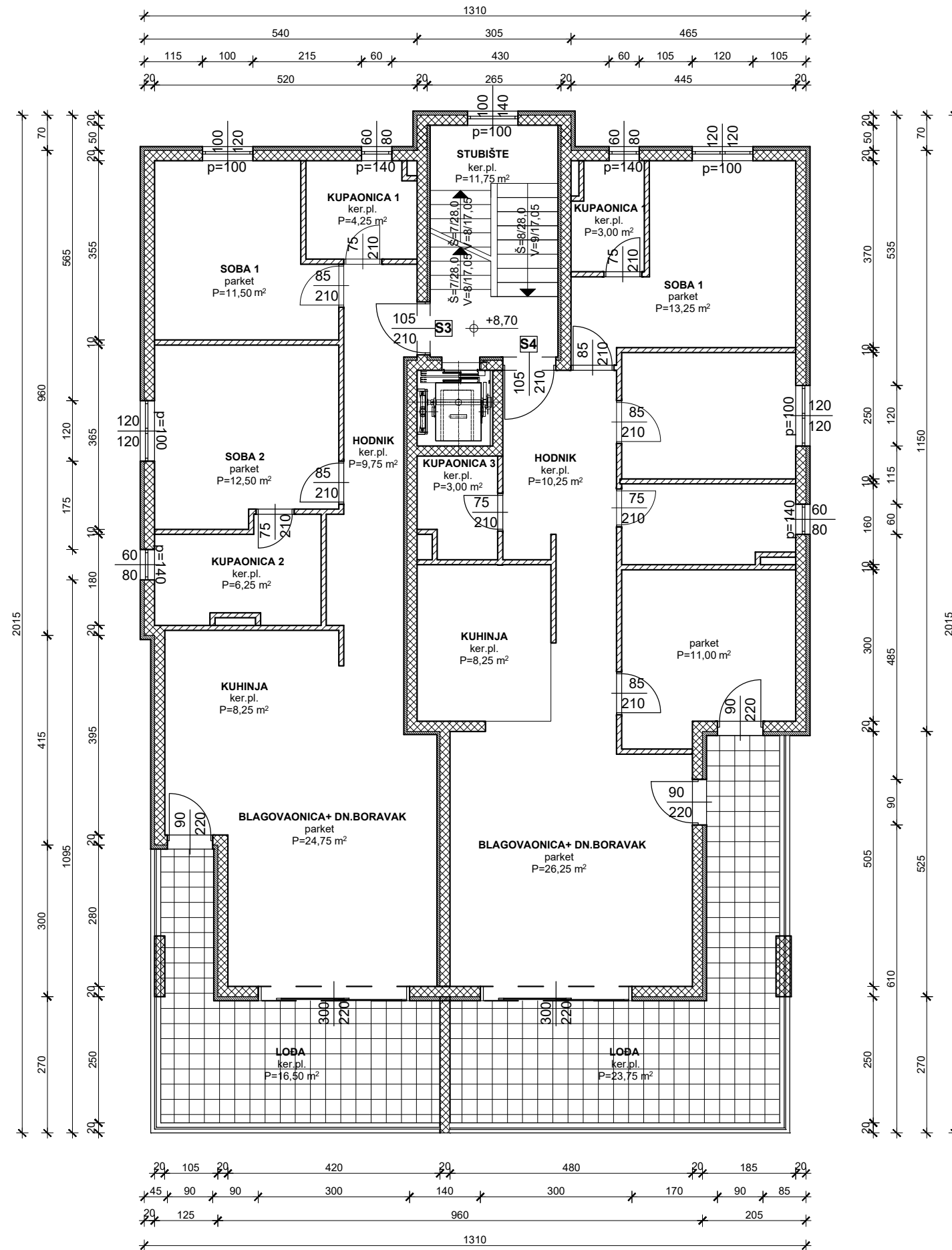
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT SUTERENA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.2.


# Tlocrt prizemlja



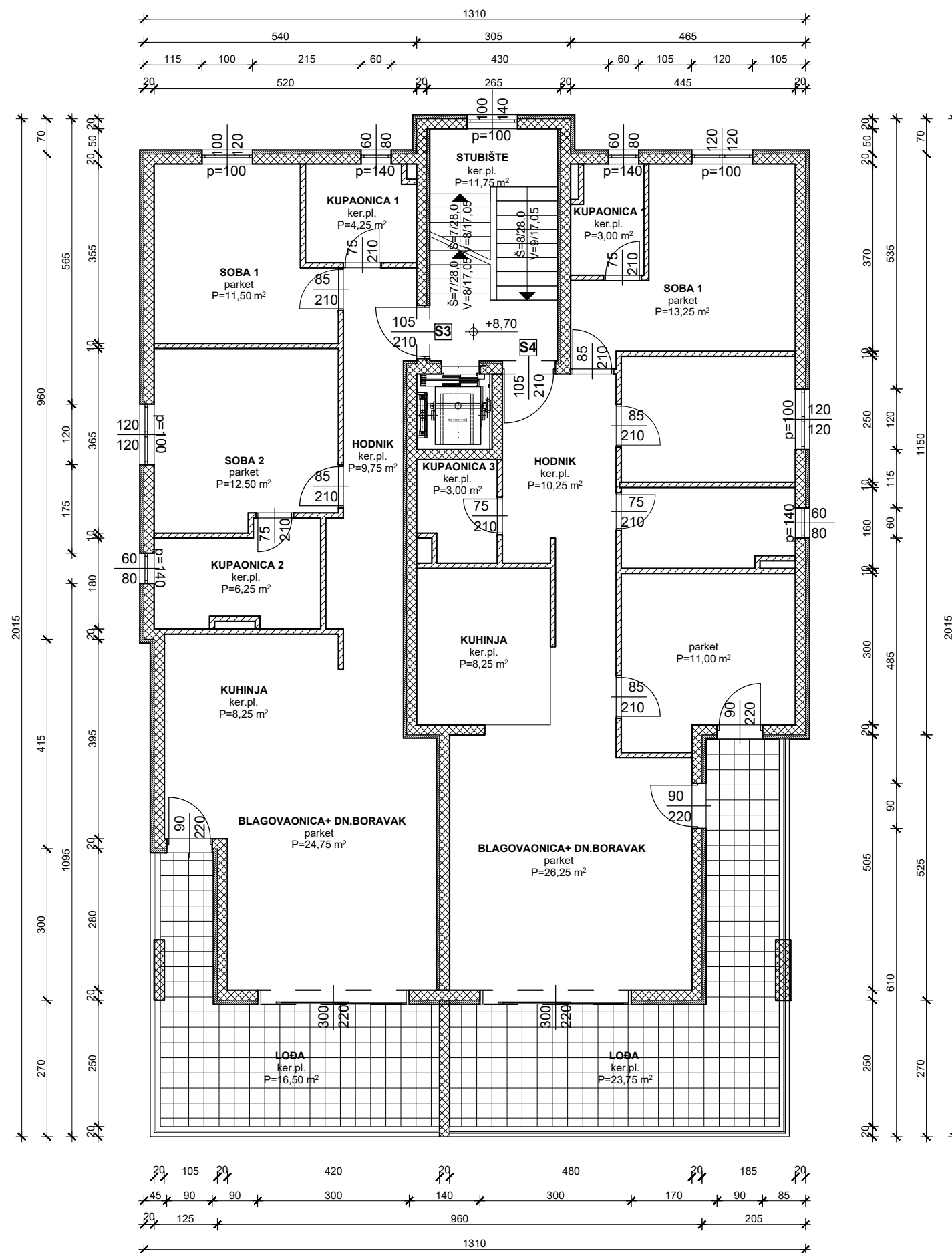
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT PRIZEMLJA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.3.


# Tlocrt 1.kata



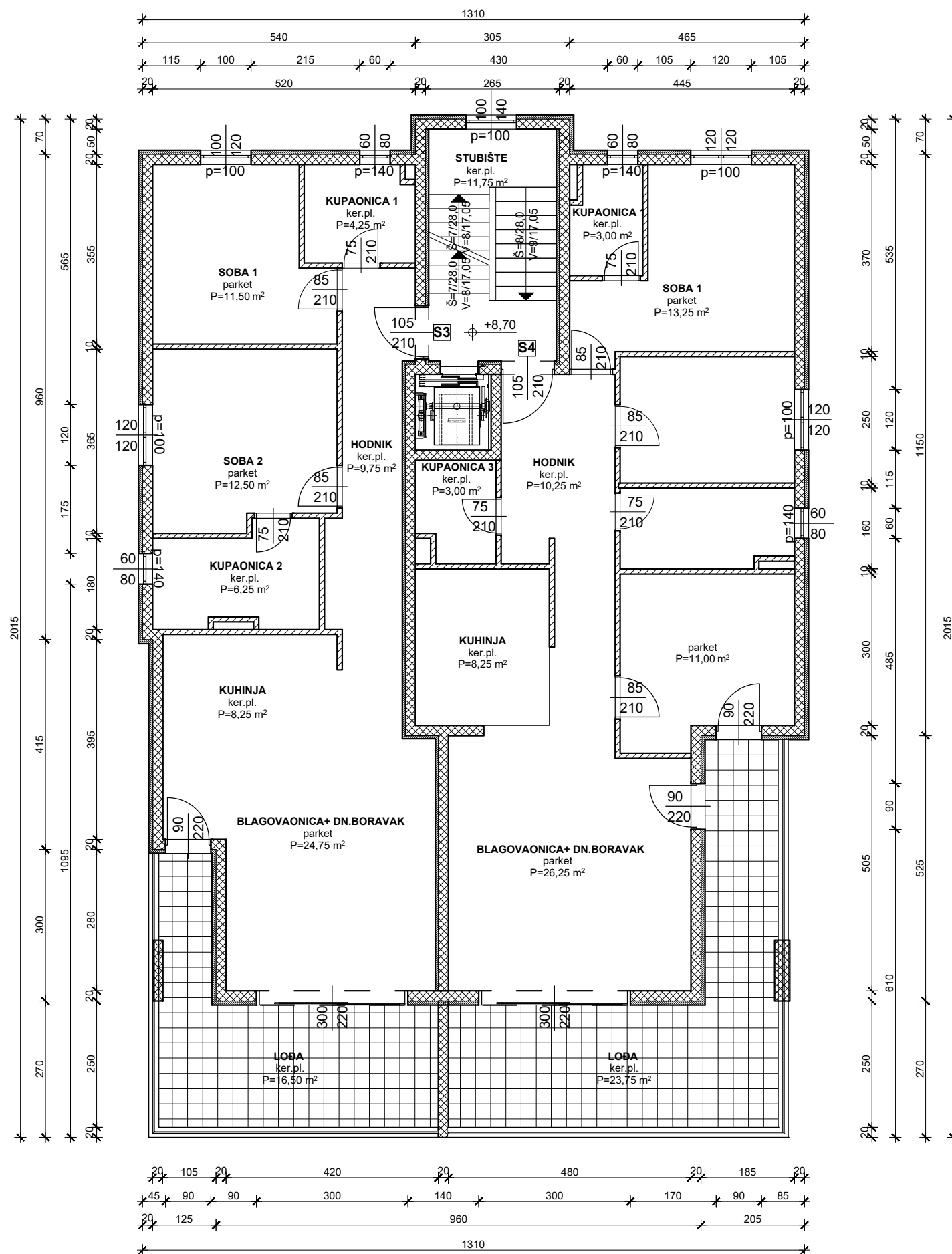
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT 1.KATA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.4.


# Tlocrt 2.kata



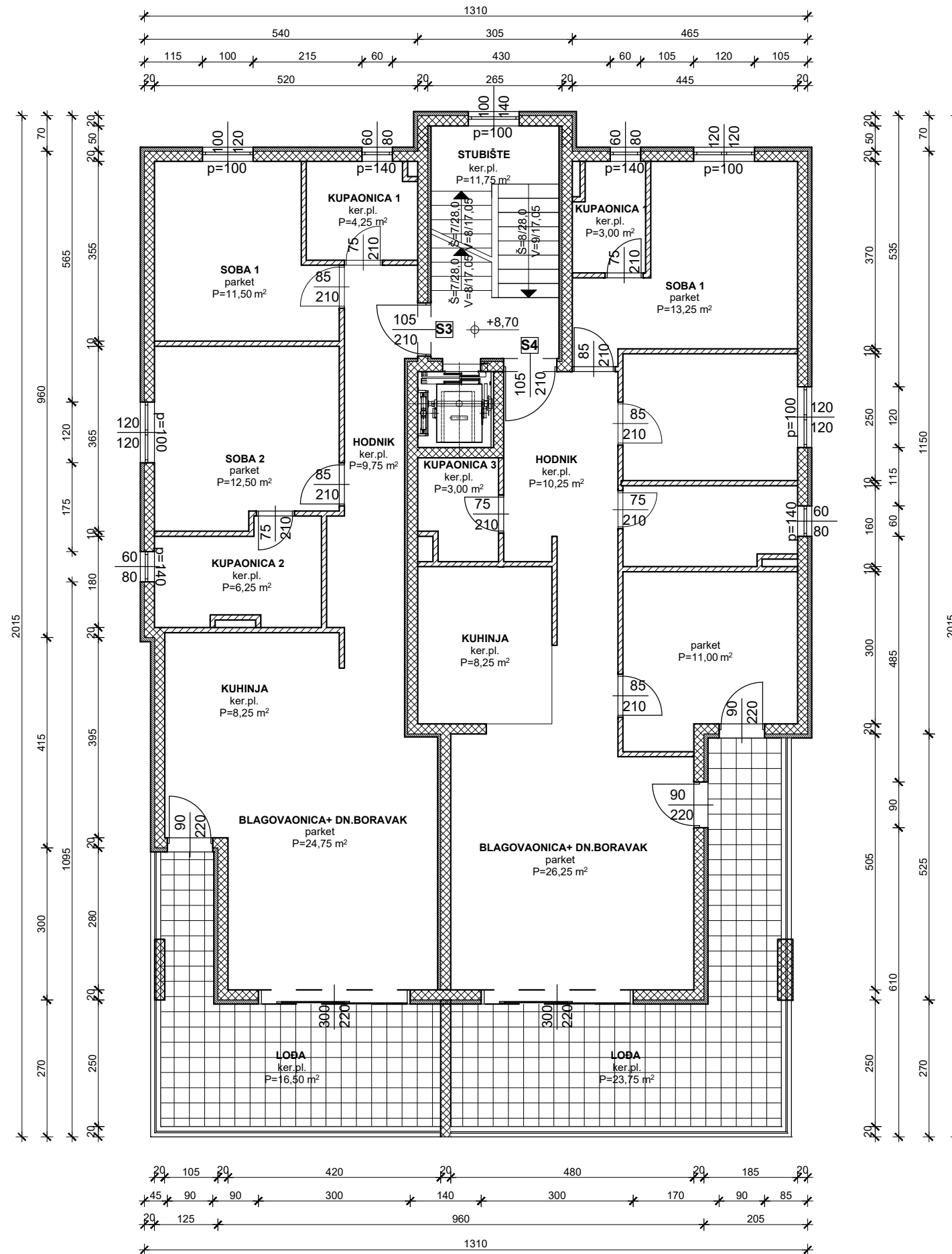
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT 2.KATA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.5.


# Tlocrt 3.kata



PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT 3.KATA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.6.

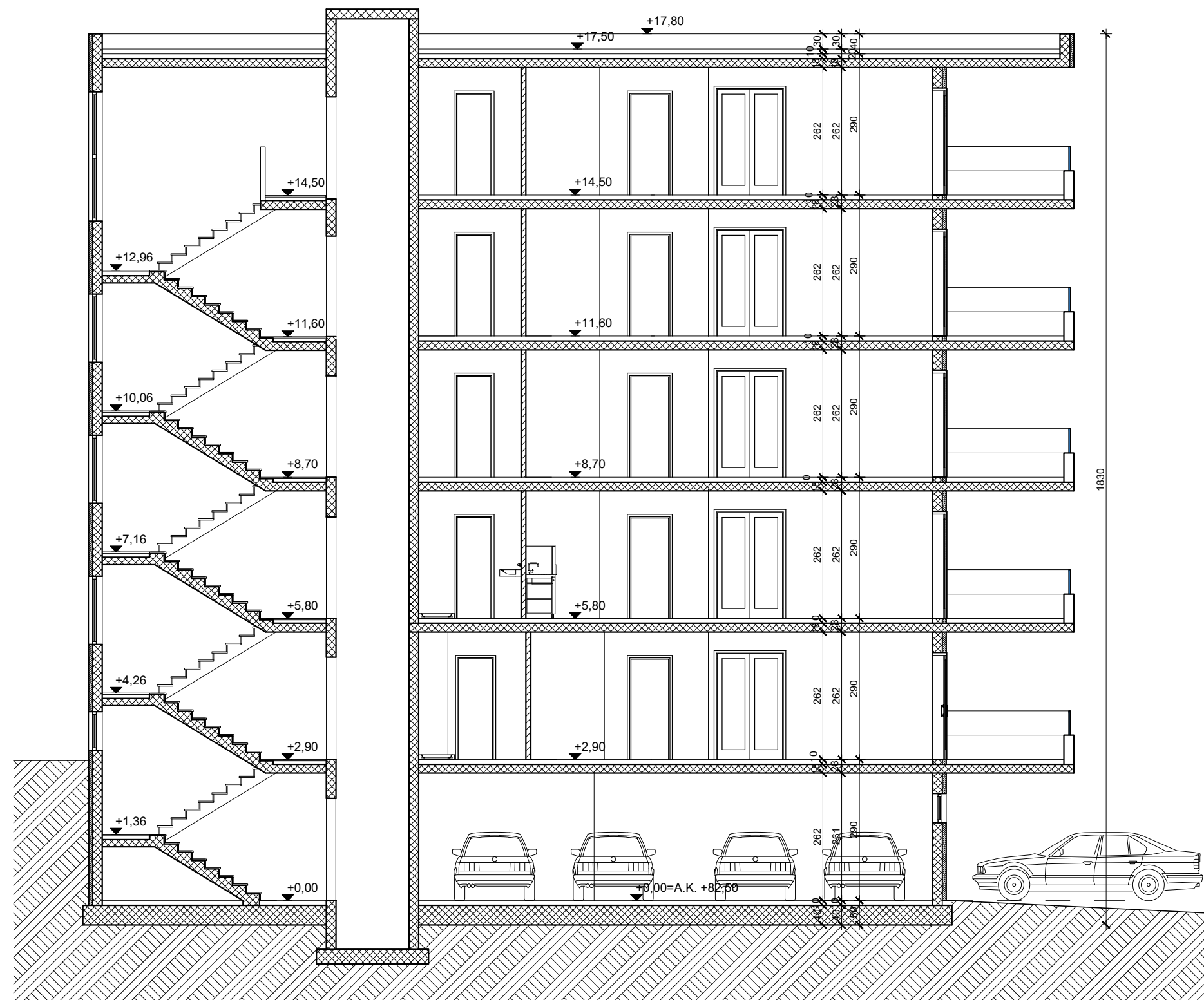
# Tlocrt 4.kata




PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT 4.KATA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM: lipanj, 2021
		BR.PRILOGA: 9.7.

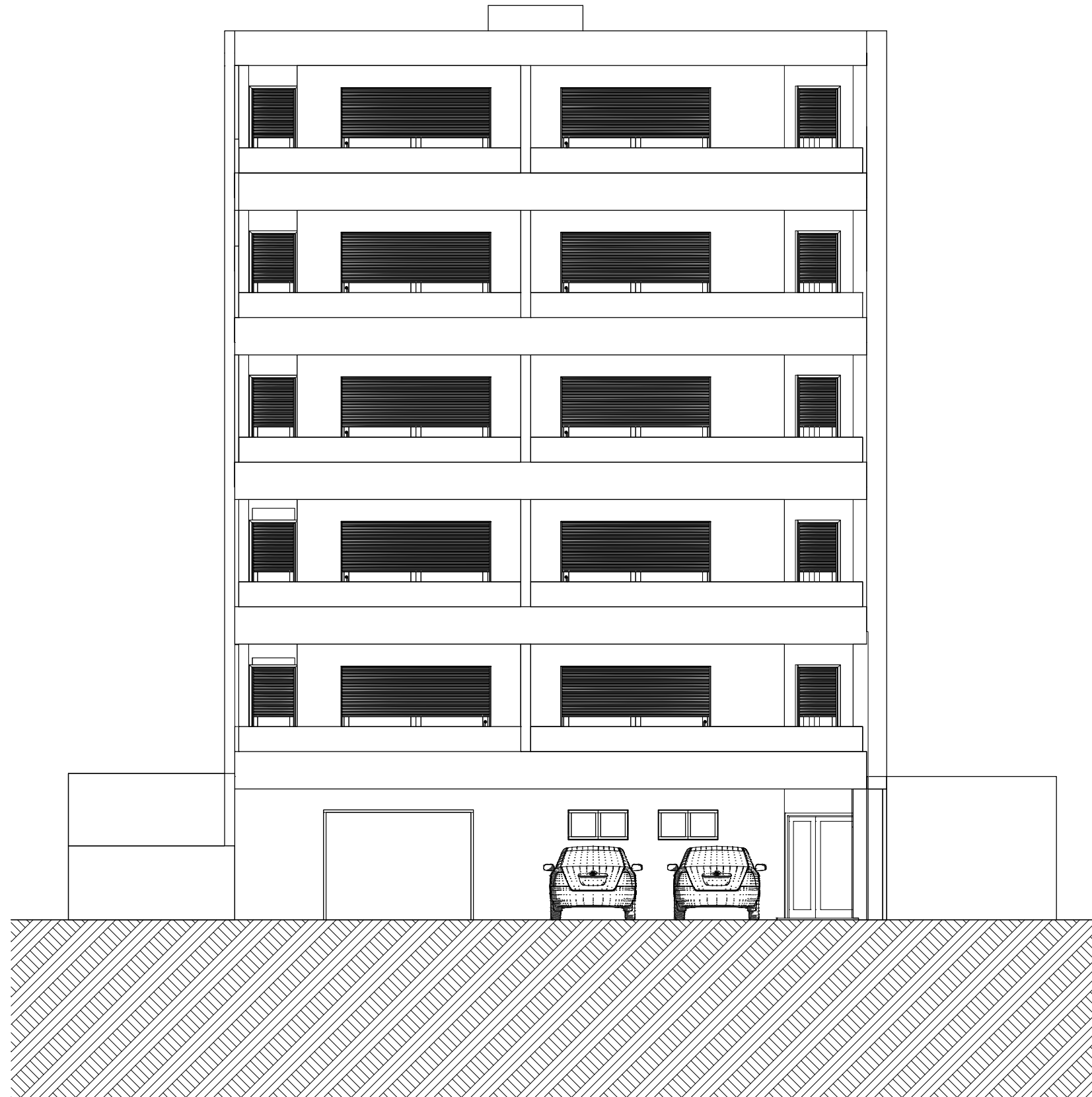



# Presjek



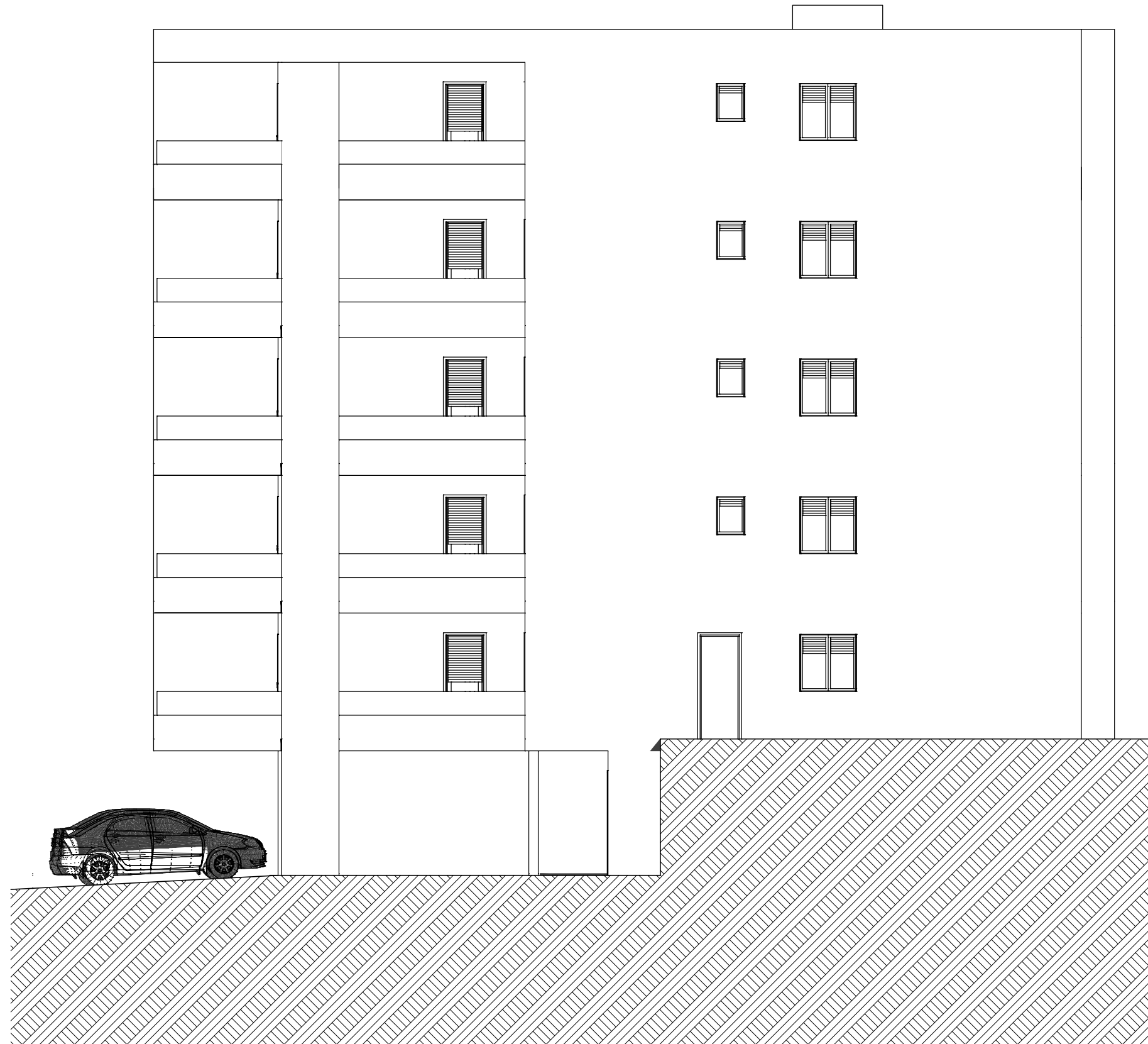
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PRESJEK	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRIOLOGA: 9.8.


# Pročelje-jugozapad



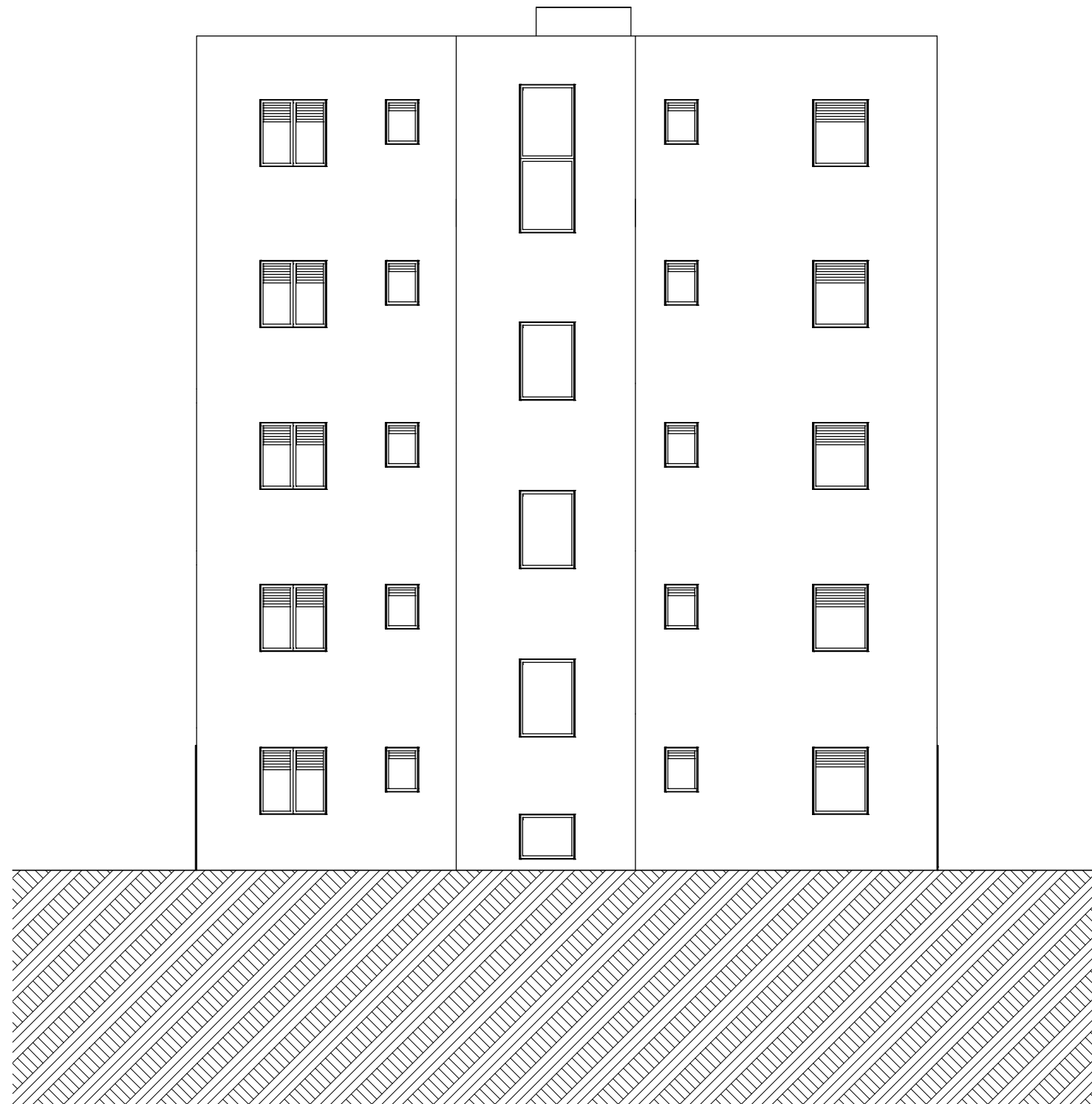
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PROČELJE JUGOZAPAD	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRILOGA: 9.9.


# Pročelje-jugoistok



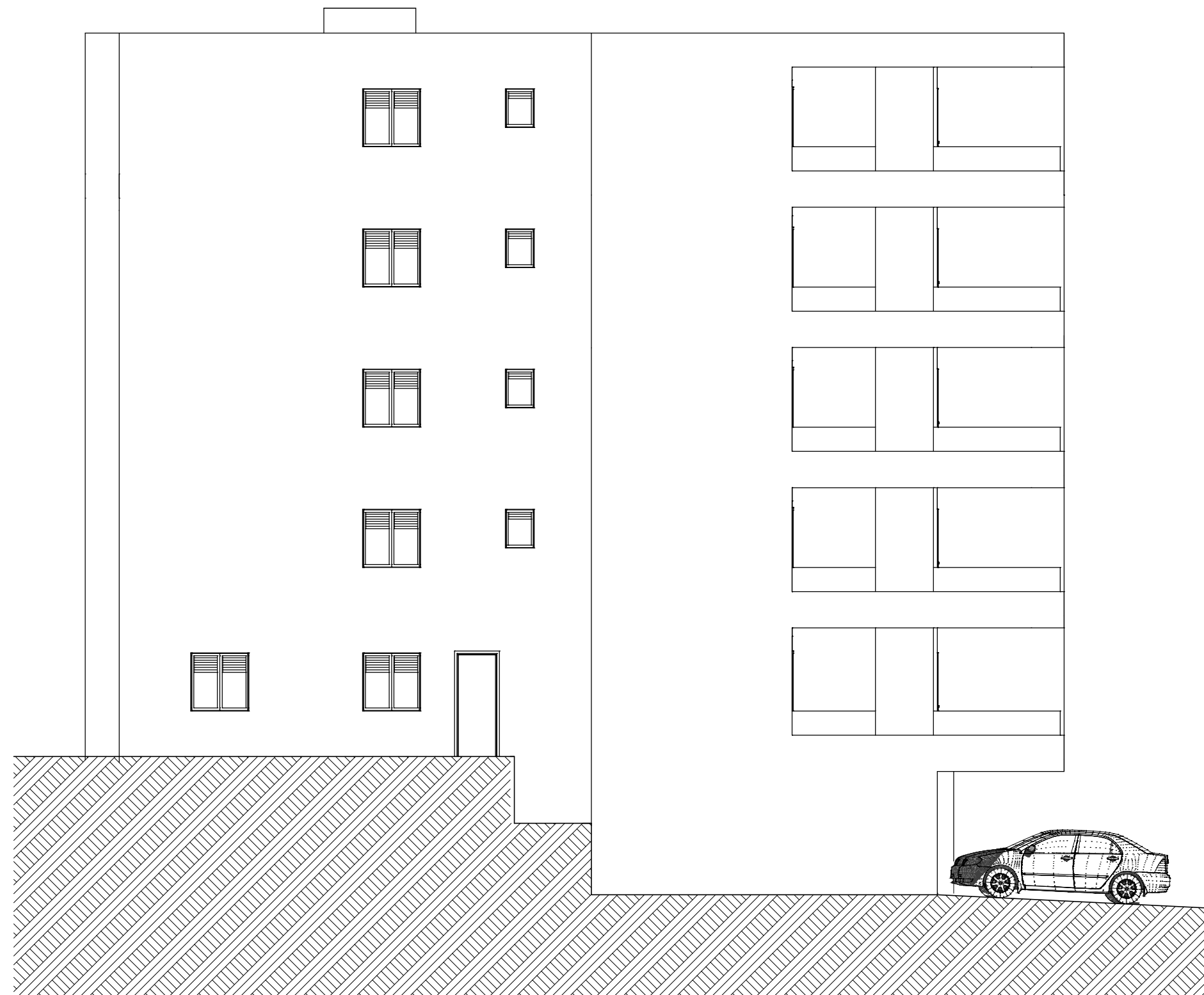
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PROČELJE JUGOISTOK	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRILOGA: 9.10.


# Pročelje-sjeveroistok



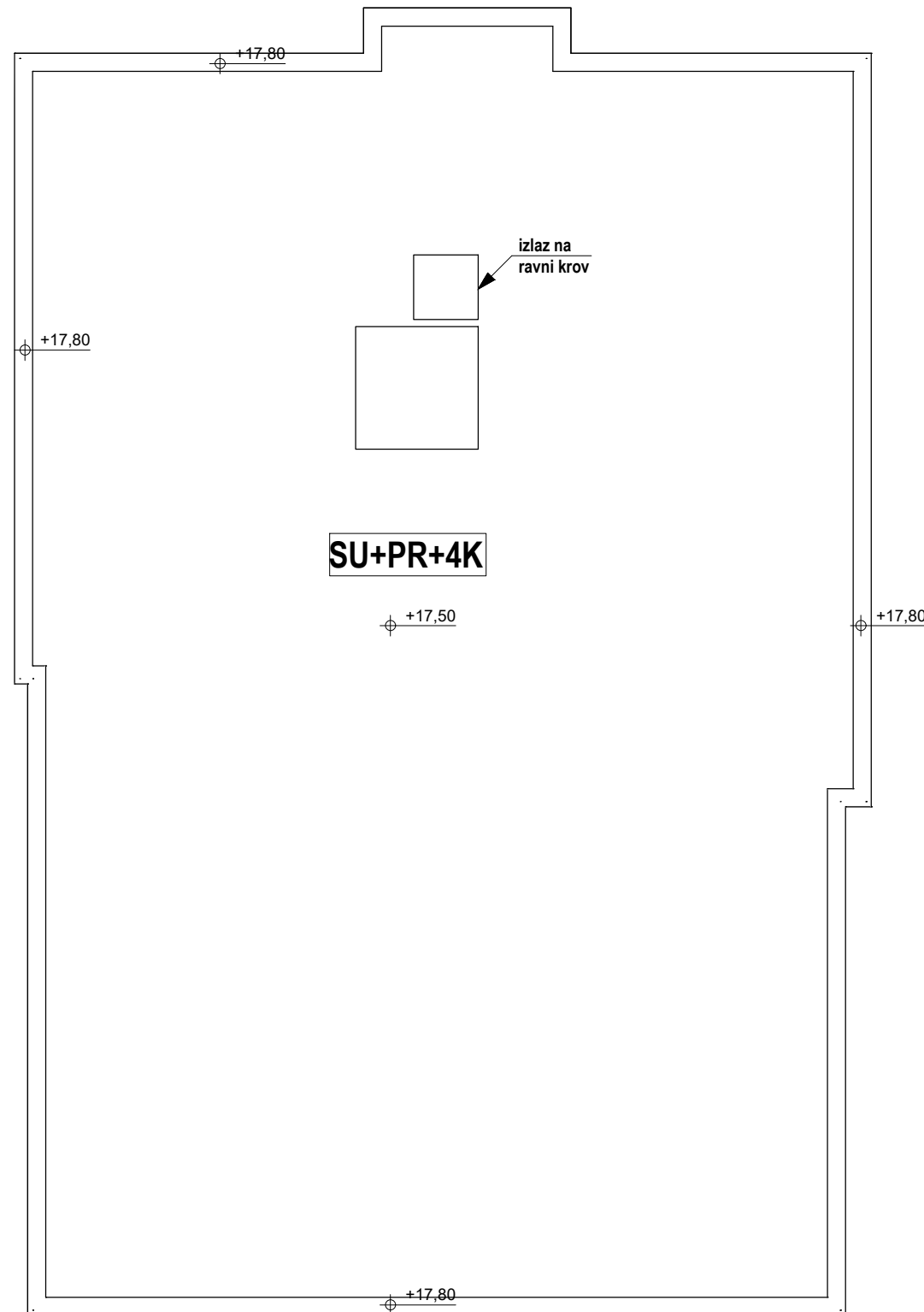
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PROČELJE SJEVEROISTOK	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRILOGA: 9.11.


# Pročelje-sjeverozapad



PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PROČELJE SJEVEROZAPAD	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRILOGA: 9.12.

# Tlocrt krova



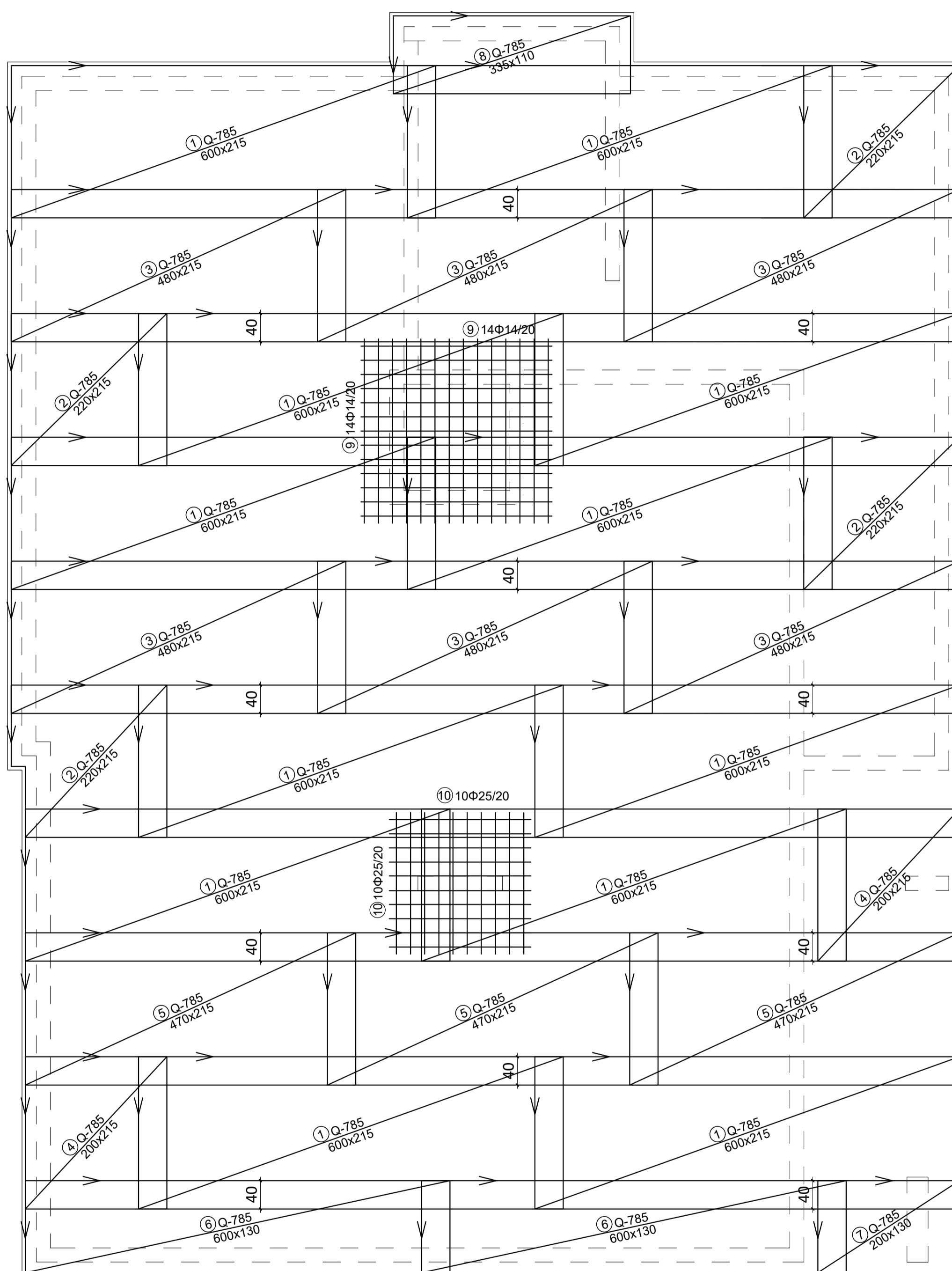
PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	TLOCRT KROVA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj, 2021
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	BR.PRILOGA: 9.13.



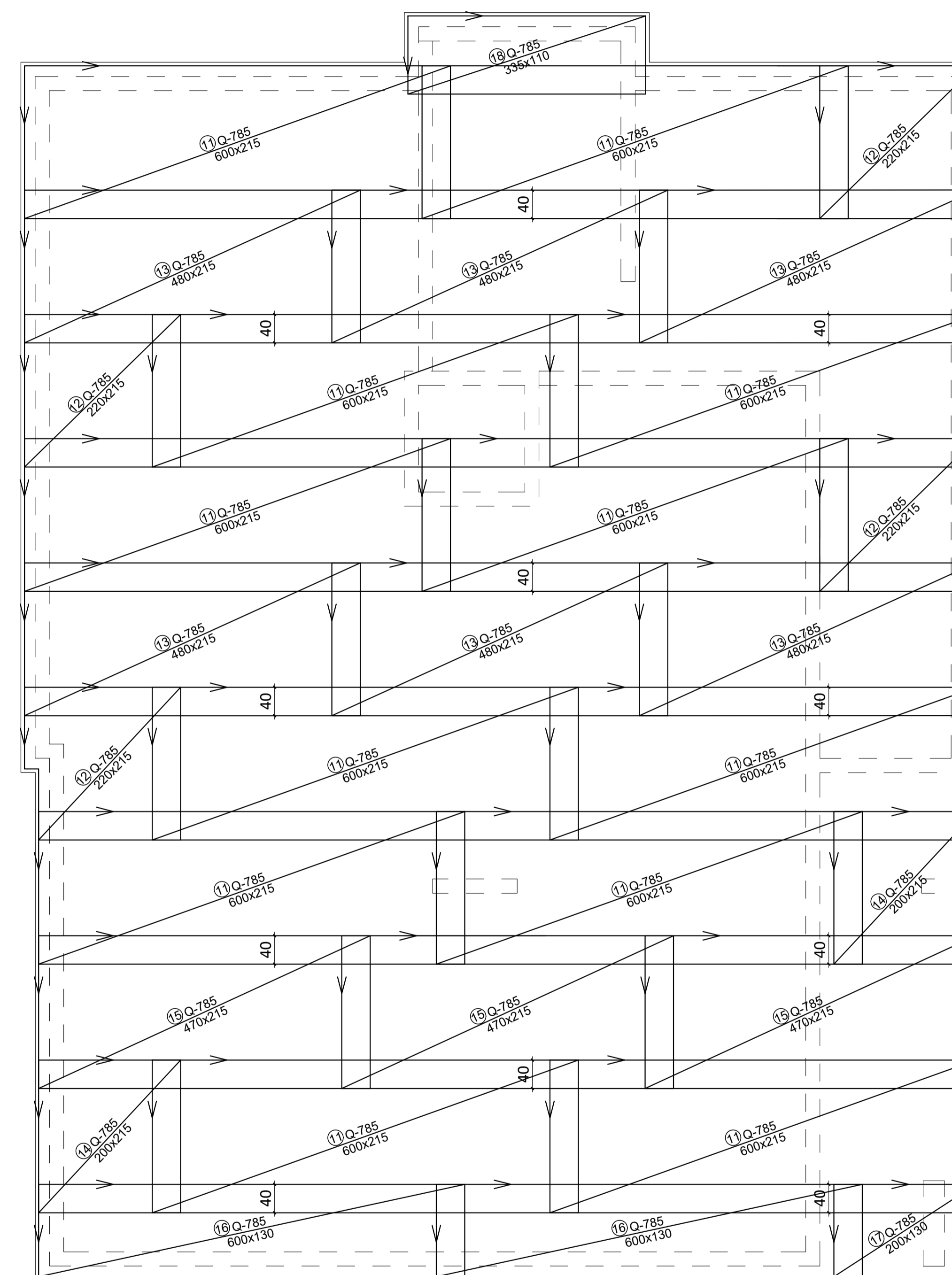





Donja zona



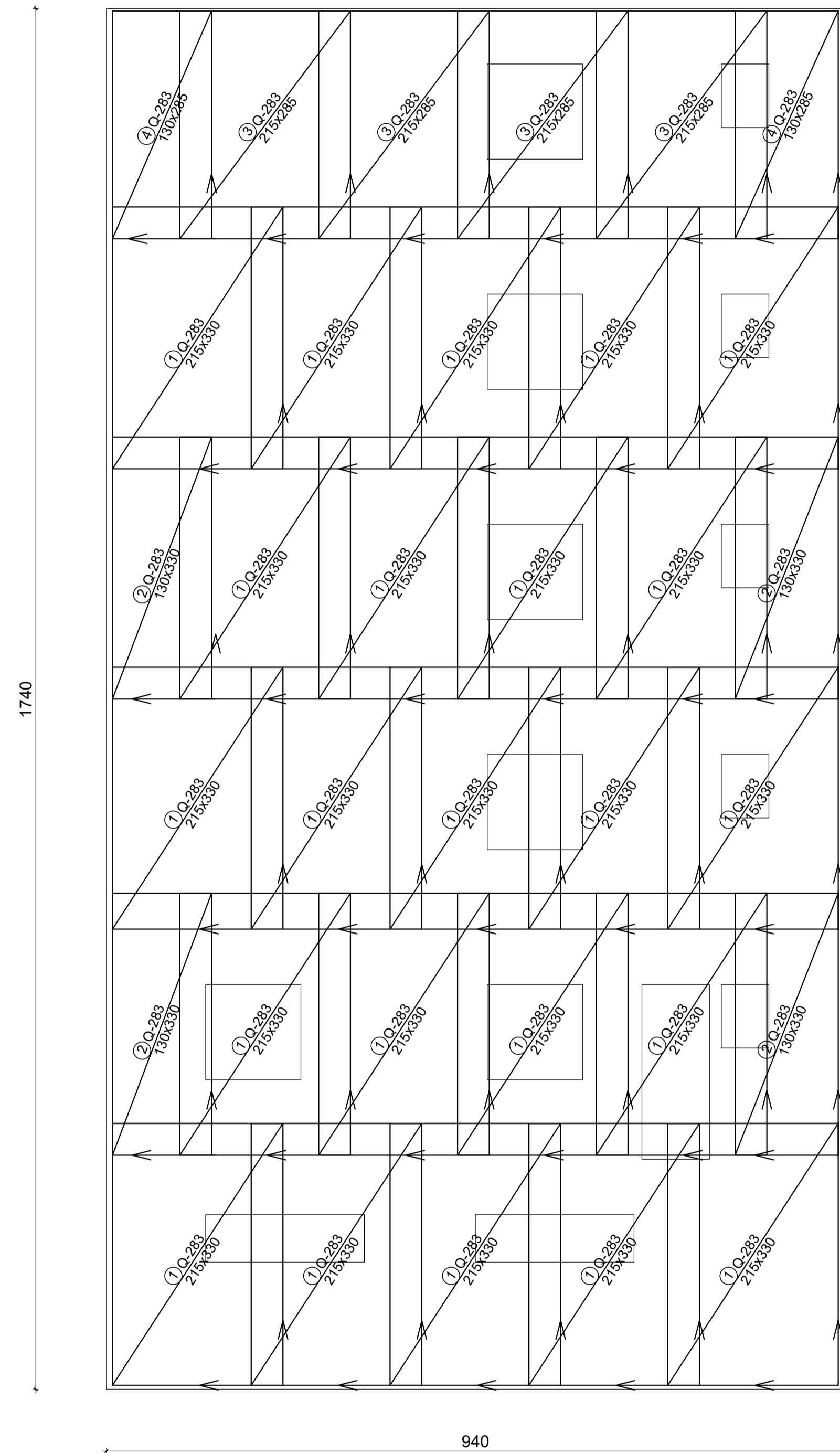
Gornja zona



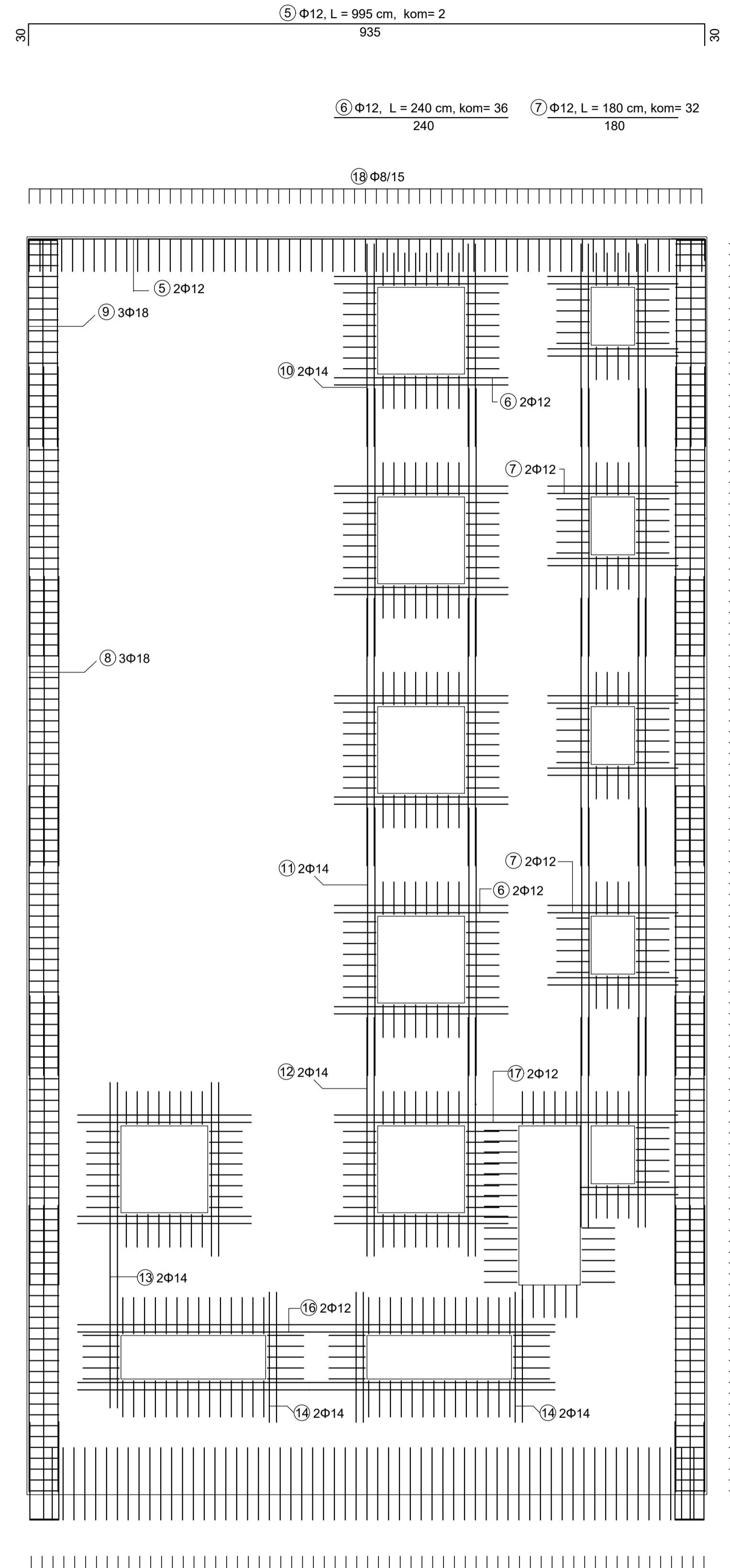
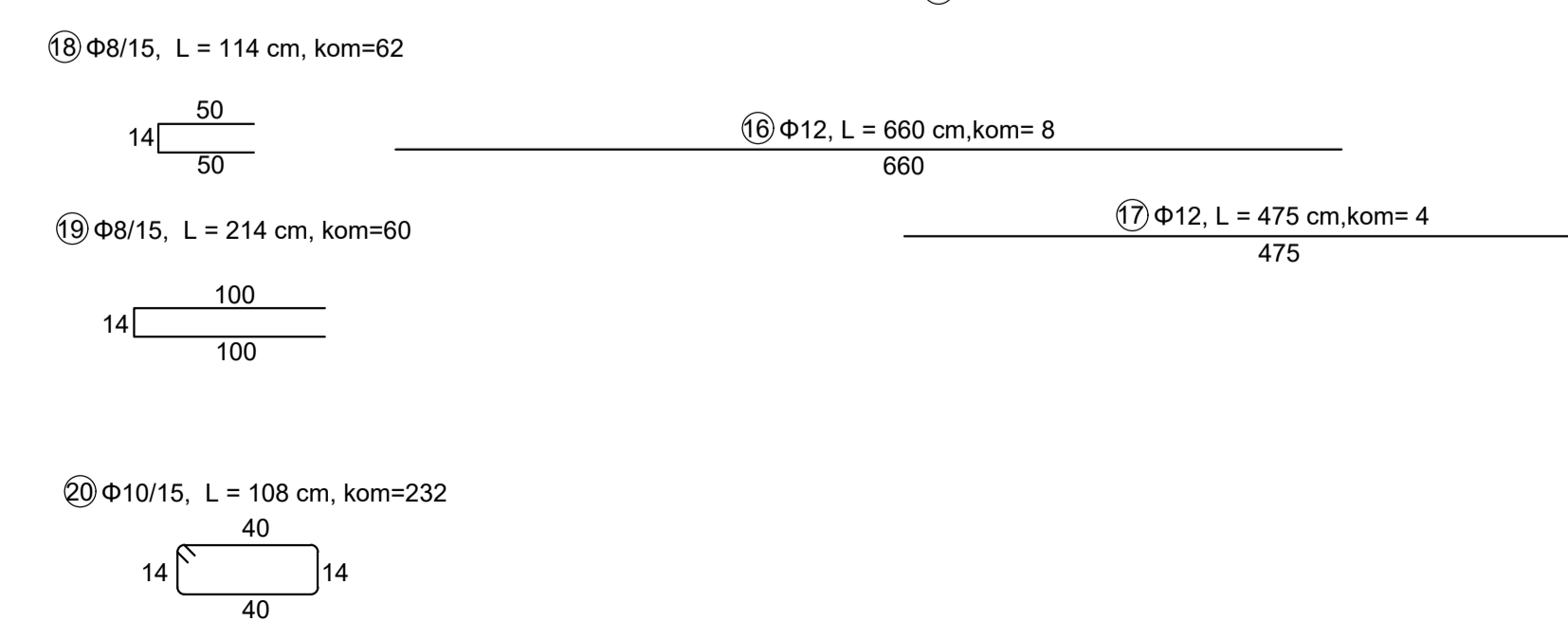
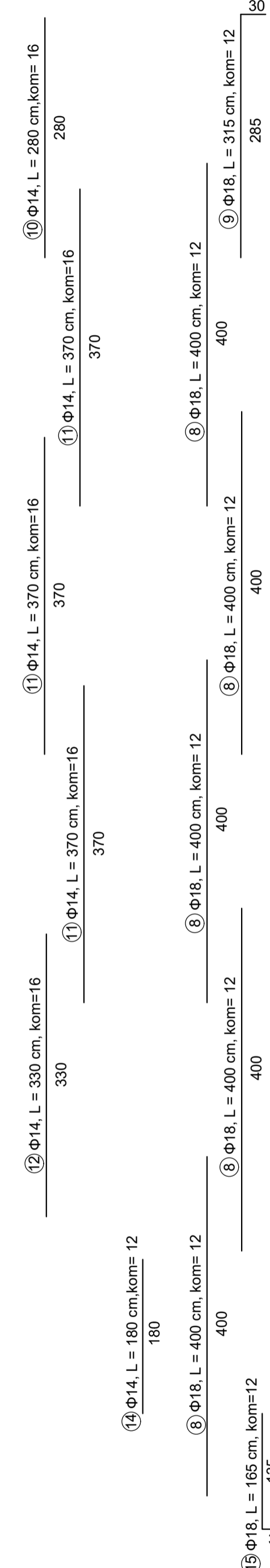
Beton : C 30 / 37  
Armatura : B500B  
Zaštitni sloj : 50 mm  
Prijeklop mreža : 40 cm

PREDMET :	Diplomski rad	
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	<small>UNIVERZITET U ZAGREBU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</small>
SADRŽAJ :	PLAN ARMATURE TEMELJNE PLOČE	
MENTOR :	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO : 1:50
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM : lipanj,2021
		BR.PRILOGA : 10.3


Plan armature zida Z5  
Mj1:50



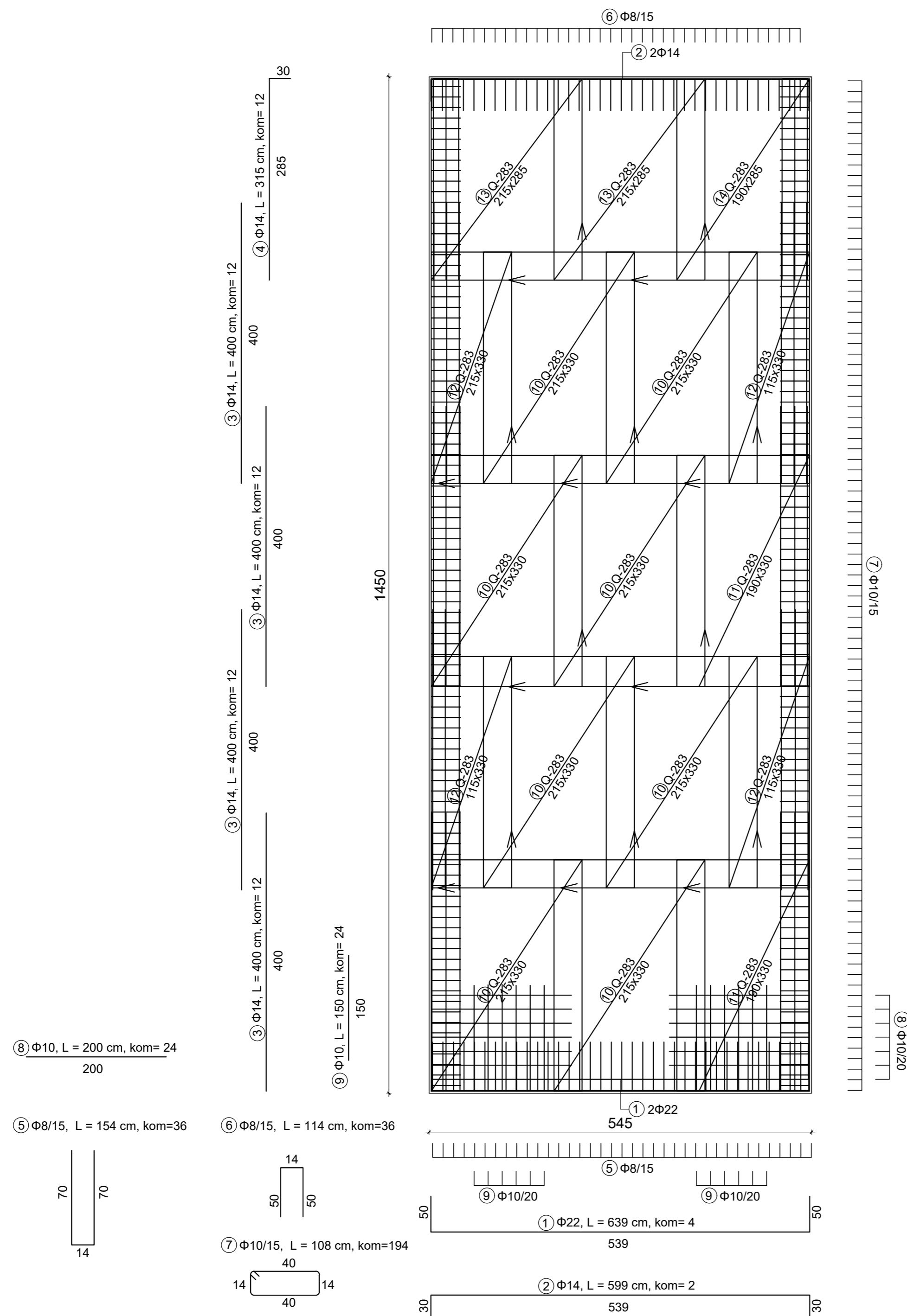
⑬ Ø 14, L = 445 cm, kom=4  
445



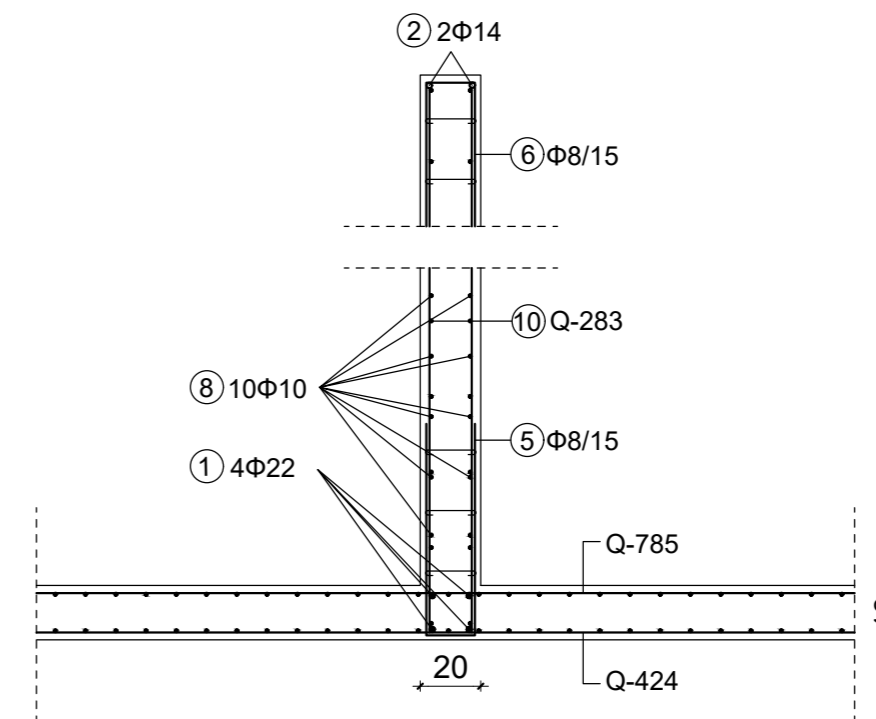
Beton : C 30 / 37  
Armatura : B500B  
Zaštitni sloj : 30 mm  
Prieklop mreža : 40 cm

PREDMET :	Diplomski rad	
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	<small>UNIVERZITET U ZAGREBU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</small>
SADRŽAJ :	PLAN ARMATURE ZIDA Z5	
MENTOR :	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO : 1:50
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM : lipanj, 2021
		BR.PRILOGA : 10.4


# Plan armature visokostjenog nosača VN1 Mj 1:50



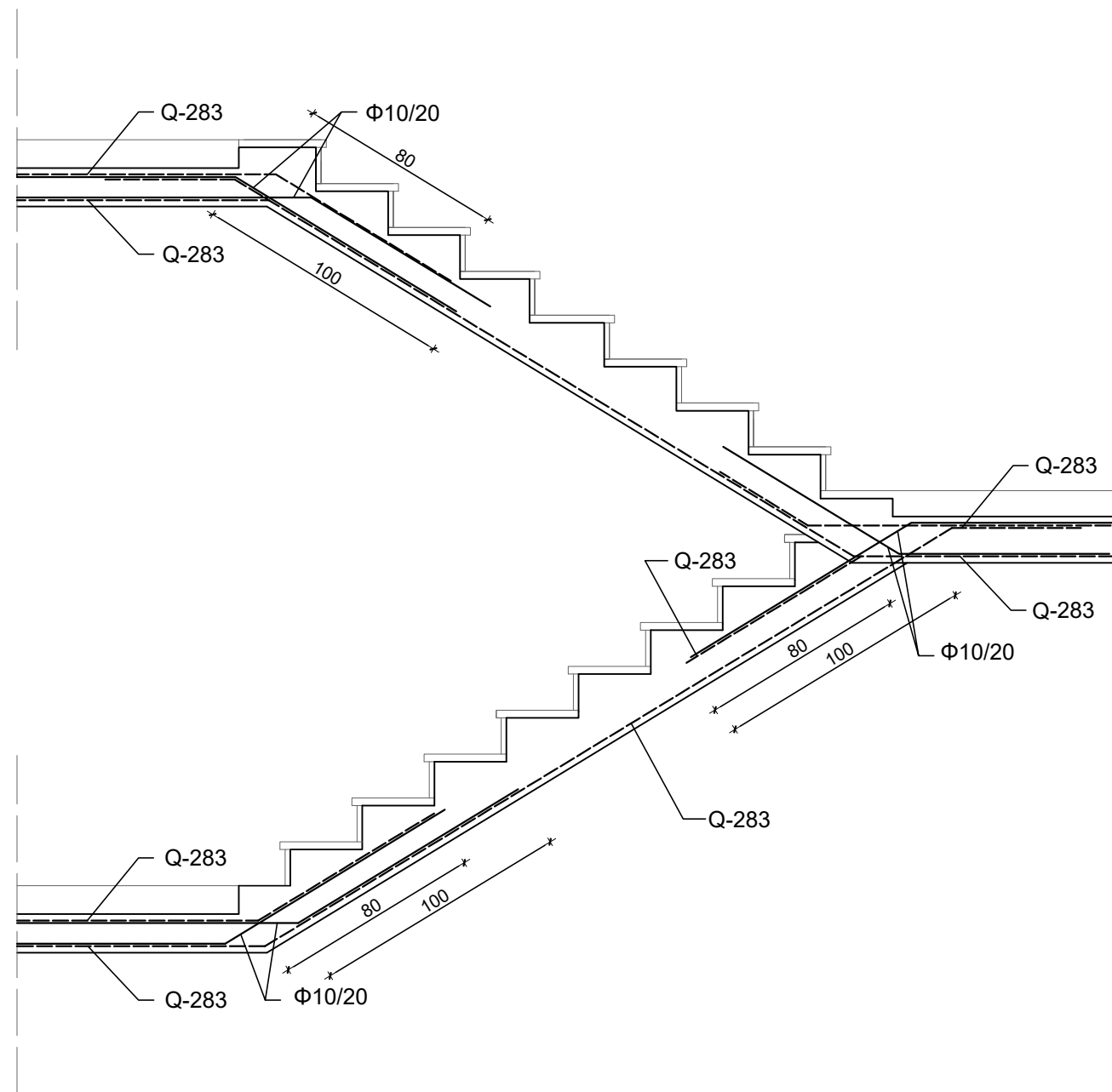
Detalj Mj 1:25




Beton : C 30 / 37  
 Armatura : B500B  
 Zaštitni sloj : 30 mm

PREDMET :	Diplomski rad	 <small>SVEUČILIŠTE U SPLITU          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE          I GEODEZIJE</small>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PLAN ARMATURE VISOKOSTJENOG NOSAČA VN1	
MENTOR :	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO : 1:50
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM : lipanj, 2021
		BR. PRILOGA : 10.5

# Plan armature stubišta Mj1:25



PREDMET :	Diplomski rad	 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>
KATEDRA :	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ :	PLAN ARMATURE STUBIŠTA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO : 1:25
STUDENT :	Antonio Bralić, 817	DATUM : lipanj, 2021
		BR.PRILOGA : 10.6