

# Proračun armiranobetonske stambene zgrade

---

**Antolović, Vanesa**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:775358>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Vanesa Antolović

**PRORAČUN ARMIRANOBETONSKE STAMBENE  
ZGRADE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Vanesa Antolović

**PRORAČUN ARMIRANOBETONSKE STAMBENE  
ZGRADE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Tomislav Kišiček

Komentor: dr. sc. Tvrtko Renić

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Vanesa Antolović

**DESIGN OF REINFORCED CONCRETE  
DWELLING BUILDING**

MASTER THESIS

Supervisor: prof. dr. sc. Tomislav Kišiček

Cosupervisor: dr. sc. Tvrtko Renić

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

(Ime i prezime)

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Digitally signed  
by TOMISLAV  
KIŠIČEK  
Date:  
2024.09.17  
15:36:22  
+02'00'

Datum:

Mentor:

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:



## OBRAZAC 6

### IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja :

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

## ZAHVALE

Zahvaljujem višem asistentu dr.sc. Tvrtku Reniću koji mi je uvelike pomogao u izradi ovog diplomskog rada, na svim njegovim savjetima, strpljenju i vremenu za moje brojne upite. Zahvaljujem i svom mentoru prof.dr.sc. Tomislavu Kišičeku na njegovoj stručnosti i savjetima, unutar i izvan inženjerskog znanja, tijekom pisanja rada i studija općenito. Hvala i svim ostalim učiteljima i profesorima na mom školskom i akademskom putu.

Zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji, a posebice roditeljima i sestri na neizmjerljivoj ljubavi, strpljenju, savjetima, paketima hrane i proživljavanju svih uspona i padova tokom fakultetskog života sa mnom. Hvala što ste oduvijek vjerovali u mene, moj uspjeh i bili uvijek tu uz mene.

Zahvaljujem svim svojim prijateljima koji su moj faks učinili puno ljepšim i ispunjenijim, posebice Eli za svakodnevno druženje uz sve programe do dugo u noć te uz Enu i Josipu na nezaboravnim uspomnama za vrijeme diplomskog u Zagrebu, a Tei, Eti, Lauri i Ivani za vrijeme preddiplomskog u Rijeci. Zahvaljujem i svim prijateljima koji su sa mnom od djetinjstva i koji su me uvijek podržali kao i svim mojim kolegicama i kolegama sa smjera.

Na kraju, hvala dragom Bogu na svakom blagoslovu, poslanim dobrim ljudima, uslišanim molitvama i snazi i bez kojeg se ništa od ovog ne bi uspjelo ostvariti.



## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu prikazan je proračun armiranobetonske stambene zgrade u Zagrebu koja se sastoji se od prizemlja i dvije etaže. Proveden je proračun ploče i okvirnog sustava u dva smjera. Sadrži tehnički opis, analizu opterećenja, seizmički proračun, statički proračun, dimenzioniranje ploče, dimenzioniranje okvira te građevinske nacрте i armaturne planove dimenzioniranih elemenata zgrade.

Ključne riječi: zgrada, armirani beton, okvir, dimenzioniranje, plan armature.

## SUMMARY

This master thesis presents the design of a reinforced concrete dwelling building in Zagreb consisting of a ground floor and two upper floors. The analysis of the panel and frame system in two directions was conducted. The thesis includes a technical description, load analysis, seismic analysis, static calculation, slab dimensioning, frame dimensioning, as well as construction drawings and reinforcement plans for the dimensioned building elements.

Key words: building, reinforced concrete, frame, dimensioning, reinforcement plan.

## SADRŽAJ

<b>ZAHVALE .....</b>	<b>i</b>
<b>SAŽETAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>iii</b>
<b>SADRŽAJ .....</b>	<b>iv</b>
<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODE I TEHNIKE RADA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. TEHNIČKI OPIS .....</b>	<b>3</b>
3.1. Osnovni podaci o građevini .....	3
3.2. Konstrukcijske pojedinosti .....	3
3.3. Definiranje modela u programskom paketu .....	3
<b>4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....</b>	<b>5</b>
4.1. Preliminarno dimenzioniranje zgrade .....	5
4.2. Vlastita težina .....	5
4.3. Dodatno stalno opterećenje .....	5
4.3.1. Linijsko opterećenje.....	5
4.3.2. Površinsko opterećenje .....	6
4.4. Uporabno opterećenje .....	7
4.5. Servisno opterećenje .....	7
4.6. Opterećenje snijegom.....	8
4.7. Seizmičko opterećenje.....	9
<b>5. SEIZMIČKI PRORAČUN.....</b>	<b>11</b>
5.1. Modifikacija krutosti .....	11
5.2. Višemodalna spektralna analiza i pravila kombiniranja .....	11
5.3. Spektar odziva.....	12
5.4. Modovi konstrukcije i raspored masa po visini .....	14
<b>6. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA .....</b>	<b>17</b>
6.1. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer y – srednji okvir .....	17
6.2. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer y – srednji okvir .....	21
6.3. Potresna kombinacija – P – smjer y – srednji okvir .....	25
6.4. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer y – rubni okvir .....	28
6.5. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer y – rubni okvir .....	32
6.6. Potresna kombinacija – P – smjer y – rubni okvir .....	36

6.7.	Granično stanje nosivosti – GSN – smjer x – srednji okvir .....	39
6.8.	Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer x – srednji okvir .....	43
6.9.	Potresna kombinacija – P – smjer x – srednji okvir .....	47
6.10.	Granično stanje nosivosti – GSN – smjer x – rubni okvir .....	50
6.11.	Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer x – rubni okvir .....	54
6.12.	Potresna kombinacija – P – smjer x – rubni okvir .....	58
6.13.	Granično stanje nosivosti – GSN – ploče .....	61
<b>7.</b>	<b>DIMENZIONIRANJE PLOČE .....</b>	<b>65</b>
7.1.	Dimenzioniranje ploče na savijanje .....	65
7.2.	Dimenzioniranje na posmik .....	66
<b>8.</b>	<b>DIMENZIONIRANJE OKVIRA .....</b>	<b>68</b>
8.1.	Dimenzioniranje srednjeg okvira – smjer y .....	68
8.1.1.	Određivanje uzdužnih sila u gredama .....	68
8.1.1.1.	Potresna kombinacija .....	69
8.1.1.2.	Kombinacija za granično stanje nosivosti .....	71
8.1.2.	Zahtijevana duktilnost .....	72
8.1.3.	Greda 101 i 201 .....	73
8.1.3.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	73
8.1.3.2.	Savijanje – presjek u polju .....	74
8.1.3.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	77
8.1.3.4.	Posmik .....	79
8.1.4.	Greda 301 .....	83
8.1.4.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	83
8.1.4.2.	Savijanje – presjek u polju .....	84
8.1.4.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	85
8.1.4.4.	Posmik .....	85
8.1.5.	Stup 11, 21 i 31 .....	87
8.1.5.1.	Uzdužna armatura .....	87
8.1.5.2.	Kritično područje stupova .....	89
8.1.5.3.	Poprečna armatura .....	89
8.2.	Dimenzioniranje rubnog okvira – smjer y .....	92
8.2.1.	Određivanje uzdužnih sila u gredama .....	92
8.2.1.1.	Potresna kombinacija .....	92
8.2.1.2.	Kombinacija za granično stanje nosivosti .....	94
8.2.2.	Zahtijevana duktilnost .....	95
8.2.3.	Greda 103 i 203 .....	96
8.2.3.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	96
8.2.3.2.	Savijanje – presjek u polju .....	97

8.2.3.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	97
8.2.3.4.	Posmik.....	98
8.2.4.	Greda 303 .....	100
8.2.4.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	100
8.2.4.2.	Savijanje – presjek u polju .....	101
8.2.4.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	101
8.2.4.4.	Posmik.....	102
8.2.5.	Stup 12, 22 i 32 .....	104
8.2.5.1.	Uzdužna armatura .....	104
8.2.5.2.	Kritično područje stupova.....	105
8.2.5.3.	Poprečna armatura .....	106
8.3.	Dimenzioniranje srednjeg okvira – smjer x .....	106
8.3.1.	Određivanje uzdužnih sila u gredama .....	107
8.3.1.1.	Potresna kombinacija .....	107
8.3.1.2.	Kombinacija za granično stanje nosivosti .....	108
8.3.2.	Zahtijevana duktilnost .....	109
8.3.3.	Greda 105 i 205, 106 i 206 .....	110
8.3.3.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	110
8.3.3.2.	Savijanje – presjek u polju .....	111
8.3.3.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	111
8.3.3.4.	Posmik.....	113
8.3.4.	Greda 305 i 306.....	114
8.3.4.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	115
8.3.4.2.	Savijanje – presjek u polju .....	116
8.3.4.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	116
8.3.4.4.	Posmik.....	117
8.3.5.	Stup 13, 23 i 33 .....	119
8.3.5.1.	Uzdužna armatura .....	119
8.3.5.2.	Kritično područje stupova.....	120
8.3.5.3.	Poprečna armatura .....	121
8.4.	Dimenzioniranje rubnog okvira – smjer x.....	122
8.4.1.	Određivanje uzdužnih sila u gredama .....	122
8.4.1.1.	Potresna kombinacija .....	122
8.4.1.2.	Kombinacija za granično stanje nosivosti .....	124
8.4.2.	Zahtijevana duktilnost .....	124
8.4.3.	Greda 108 i 208, 109 i 209 .....	125
8.4.3.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	125
8.4.3.2.	Savijanje – presjek u polju .....	126

---

8.4.3.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	126
8.4.3.4.	Posmik.....	127
8.4.4.	Greda 308 i 309.....	129
8.4.4.1.	Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	129
8.4.4.2.	Savijanje – presjek u polju .....	130
8.4.4.3.	Savijanje – presjek uz rub .....	130
8.4.4.4.	Posmik.....	131
8.4.5.	Stup 15, 25 i 35 .....	133
8.4.5.1.	Uzdužna armatura .....	133
8.4.5.2.	Kritično područje stupova.....	134
8.4.5.3.	Poprečna armatura .....	135
8.5.	Proračun pomaka za potresnu kombinaciju .....	136
8.6.	Rekapitulacija potrebne armature.....	137
8.7.	Rekapitulacija odabrane armature .....	139
8.8.	Proračun temeljne stope okvira .....	140
8.8.1.	Statički sustav, geometrijske karakteristike i materijal .....	140
8.8.2.	Očitane vrijednosti opterećenja .....	141
8.8.3.	Naprezanja ispod temeljne stope.....	141
8.8.3.1.	Karakteristična kombinacija opterećenja .....	141
8.8.3.2.	Potresna kombinacija opterećenja .....	143
8.8.3.3.	Dimenzioniranje temeljne stope .....	144
8.8.4.	Proboj temeljne stope .....	147
<b>9.</b>	<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>148</b>
	<b>POPIS LITERATURE .....</b>	<b>149</b>
	<b>POPIS SLIKA .....</b>	<b>151</b>
	<b>POPIS TABLICA.....</b>	<b>155</b>
	<b>PRILOZI.....</b>	<b>157</b>

## 1. UVOD

Tema rada je proračun armiranobetonske stambene zgrade u Zagrebu. Napravljeno je preliminarno dimenzioniranje za dobivanje ulaznih dimenzija. Provedena je analiza stalnih opterećenja, uporabnog opterećenja, opterećenja snijegom, servisnog opterećenja te seizmičkog opterećenja. Definirane su kombinacije djelovanja i provedeni su statički proračuni primjenom programa SCIA Engineer 2022. [7] Na temelju dobivenih unutarnjih sila, provedeno je dimenzioniranje ploča i okvira odnosno greda i stupova pomoću izrađenog programa Microsoft Excel-a. [8] Napravljene su nacrti zgrade i plana armature te je dokazano da su preliminarne dimenzije bile zadovoljavajuće.

## 2. METODE I TEHNIKE RADA

Analiza djelovanja na konstrukciju napravljena je primjenom normi Eurokoda i pripadnih nacionalnih dodataka [1-6].

Proračun unutarnjih sila, momenata savijanja i dimenzioniranje betonskih elemenata proveden je u skladu s Eurokodom [1-6].

Proračun unutarnjih sila i momenata savijanja konstrukcije proveden je primjenom programskog paketa SCIA Engineer 2022 [7], dok je dimenzioniranje elemenata napravljeno ručno uz pomoć Microsoft Excel-a [8]. Tehnički nacrti izrađeni su u programskom paketu AutoCAD 2024 [9].



### 3. TEHNIČKI OPIS

Napravljen je statički proračun i dimenzioniranje nosive armiranobetonske konstrukcije zgrade sa sustavom okvira u oba smjera te s lokacijom u gradu Zagrebu.

#### 3.1. Osnovni podaci o građevini

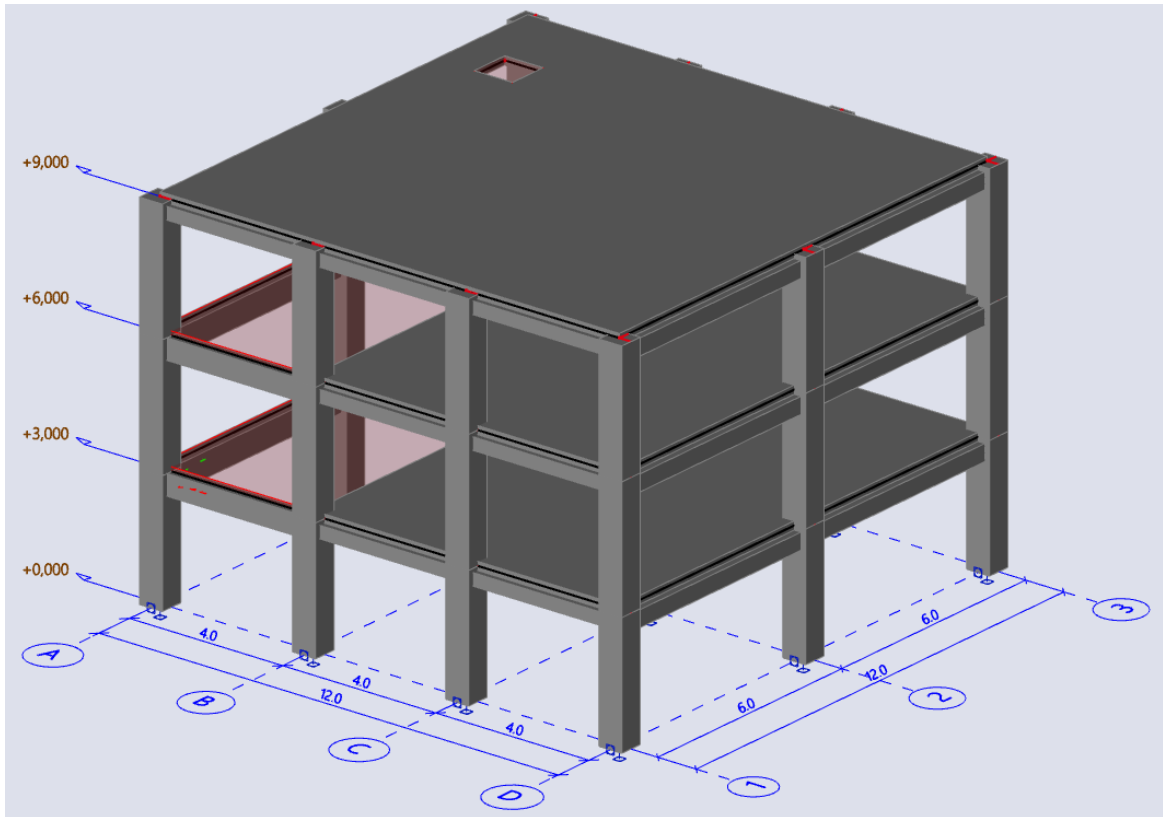
Građevina je kvadratnog oblika 12,0 x 12,0 m u osima (ukupno 12,6 x 12,6 m), sastoji se od prizemlja i dva kata. Visina etaže je 3,0 m, a svjetla visina 2,8 m. Ukupna visina građevine, zajedno s parapetom visine jednog metra, iznosi 10 metara. Krov je izveden kao ravni krov s minimalnim nagibom za odvodnju. Temeljena je na temeljima samcima 3,0 x 3,0 m, dubine 80 cm.

#### 3.2. Konstrukcijske pojedinosti

Građevina je napravljena od nosive armiranobetonske konstrukcije sa sustavom okvira u oba smjera. Okviri su raspona šest metara u jednom smjeru i četiri metra u drugom smjeru. Međukatna ploča je debljine 20 centimetara. Vertikalna povezanost građevine ostvarena je stubištem koji će se izvesti kao montažna armiranobetonska konstrukcija te postaviti na monolitnu konstrukciju. Svi nosivi elementi konstrukcije izvedeni su od betona razreda C35/45 i armature B500B.

#### 3.3. Definiranje modela u programskom paketu

Stupovi građevine definirani su kao stup (naredba *Column*), upet u tlo, poprečnog presjeka 60 x 60 cm. Grede su definirane kao rebro (naredba *Plate rib*) poprečnog presjeka 40 (zajedno s pločom 60) x 35 cm u jednom i 30 (zajedno s pločom 50) x 30 cm u drugom smjeru. Ovisno o poziciji grede u tlocrtu, odnosno nalazi li se na rubu, definirano je da li je sudjelujuća širina s obje strane ploče ili samo s jedne (naredbe *T symmetric*, *slab left*, *slab right*). Armiranobetonske ploče definirane su kao plošni elementi (naredba *Plate*) debljine 20 cm. Zidovi od opeke nisu razmatrani kao konstruktivni elementi, već samo kao dodatno opterećenje pa su zadani linijskim opterećenjem isto kao i armiranobetonski parapet po obodu na vrhu građevine.



Slika 1: Aksonometrijski prikaz konstrukcije

## 4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Napravljeno je ručno preliminarno dimenzioniranje zgrade u kojem su uz brojna pojednostavljena opterećenja određene prve dimenzije elemenata. Potom je napravljena egzaktna analiza opterećenja na tim elementima. U radu su analizirana sljedeća opterećenja: vlastita težina, dodatno stalno opterećenje, uporabno opterećenje, servisno opterećenje, opterećenje snijegom i seizmičko opterećenje.

### 4.1. Preliminarno dimenzioniranje zgrade

Inicijalno je uzeto da je dodatno stalno opterećenje  $2 \text{ kN/m}^2$ , opterećenje pregrada  $0,8 \text{ kN/m}^2$ , a zidova po obodu  $6,5 \text{ kN/m}$ . Uporabno opterećenje je uzeto kao  $2 \text{ kN/m}^2$ , a akceleracija tla je uzeta kao  $0,26 \text{ g}$ . Pomoću izračunatih vrijednosti kombinacija dobiven je period konstrukcije i ukupna potresna sila u podnožju konstrukcije te je to podijeljeno na etaže i na okvire (pojedinačno razmatrajući svaki smjer). Kako bi se osiguralo otkazivanje na savijanje, a ne na posmik, vrijednosti poprečnih sila množene su sa  $1,5$ . Iterativnim postupkom dobivene su vrijednosti poprečnih presjeka i armature u elementima i to na način da je uzeto kako je vrijednost mehaničkog koeficijenta armiranja  $1\%$ , a vrijednost poprečnog naprezanja  $2 \text{ MPa}$ . Dobivene vrijednosti poprečnih presjeka definirane su u modelu kao preliminarne i na njima je izvršena egzaktna analiza opterećenja (opisana u sljedećim poglavljima), proveden statički proračun i izvršeno dimenzioniranje.

### 4.2. Vlastita težina

Vlastita težina uzeta je izravno programom te za njeno određivanje nije rađen ručni proračun.

### 4.3. Dodatno stalno opterećenje

#### 4.3.1. Linijsko opterećenje

Težina parapeta na krovu po obodu zgrade izračunata je kao armiranobetonski zid visine  $1 \text{ m}$  i širine  $20 \text{ cm}$ .

$$g = 25 \cdot 1 \cdot 0,20 = 5,00 \text{ kN/m}$$

Težina opečnih zidova po obodu zgrade izračunata je prema težinama danim u tehničkom listu opeke debljine  $25 \text{ cm}$  s mortom. [10]

$$g = 2,07 \cdot 3 = 6,21 \text{ kN/m}$$

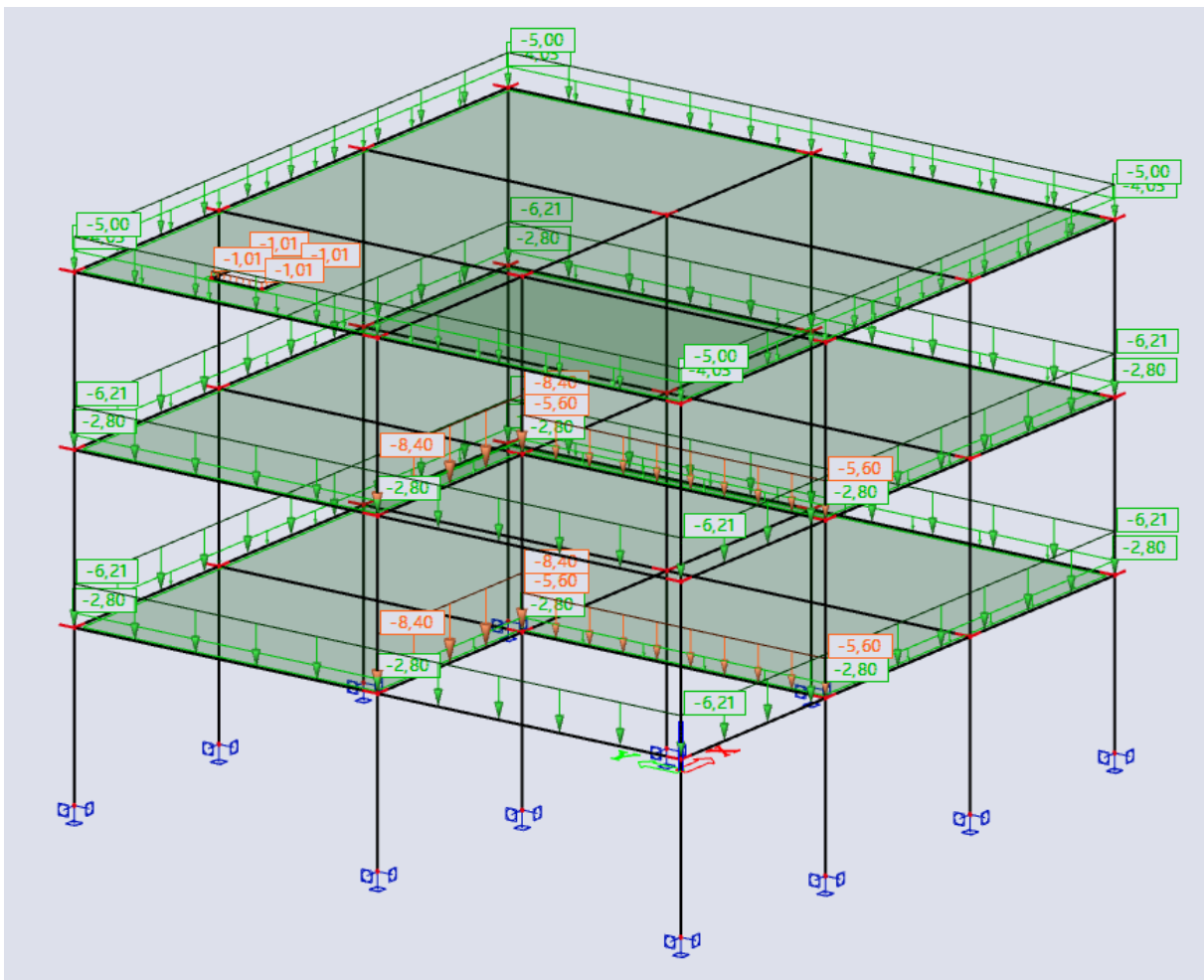
### 4.3.2. Površinsko opterećenje

U površinsko opterećenje ploča na krovu ulazi težina slojeva stropne konstrukcije. Za ovaj rad upotrijebljena je armiranobetonska krovna ploča sa parnom branom, ekstrudiranim polistirenom, pjenastom PE folijom, betonskom pločom u padu, višeslojnom polimerbitumenskom hidroizolacijom, zbijenim pijeskom i kamenim pločama kao završnom oblogom.

$$g = 4,03 \text{ kN/m}^2$$

U površinsko opterećenje ploča unutar zgrade ulazi težina pregradnih zidova i dodatno stalno opterećenje određeno Eurokodom. [3]

$$g = 2 + 0,80 = 2,80 \text{ kN/m}^2$$

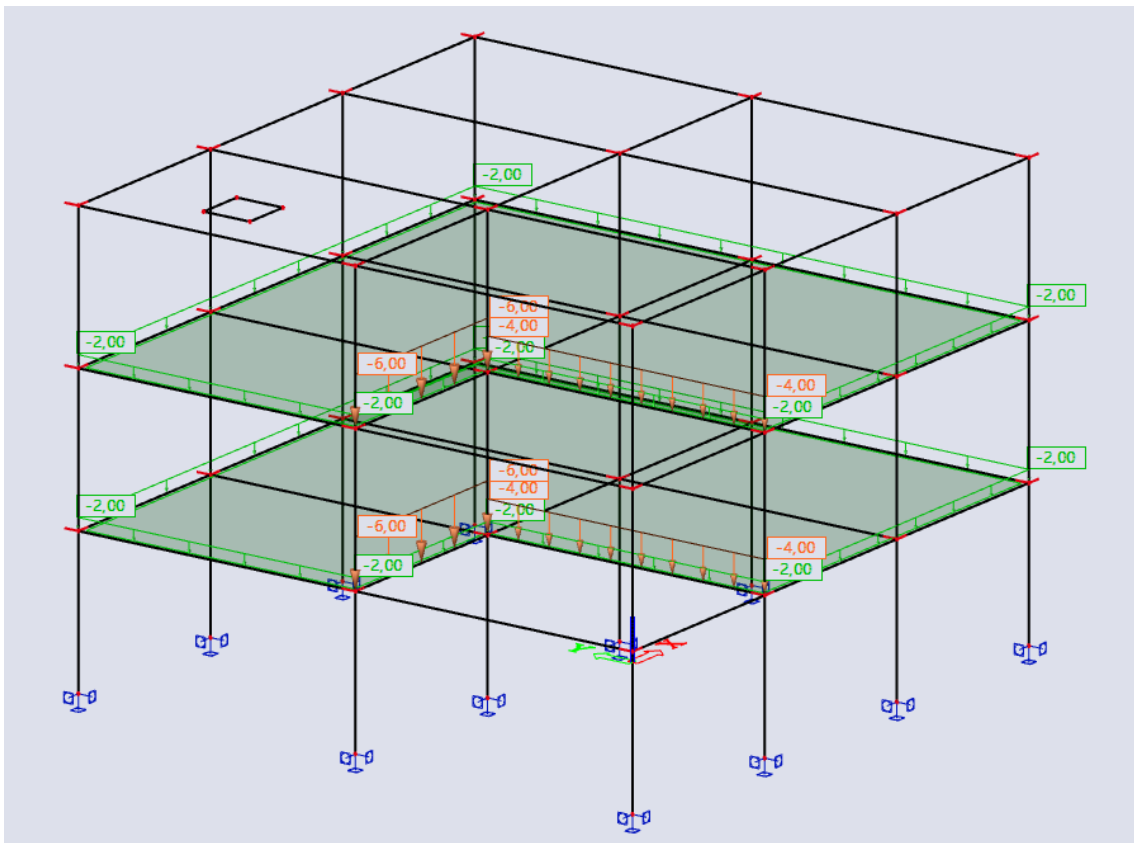


Slika 2: Definiranje opterećenja – dodatno stalno

#### 4.4. Uporabno opterećenje

Uporabno opterećenje određeno je u skladu s Eurokodom prema vrijednosti opterećenja za stambene prostore. [3]

$$q = 2,00 \text{ kN/m}^2$$

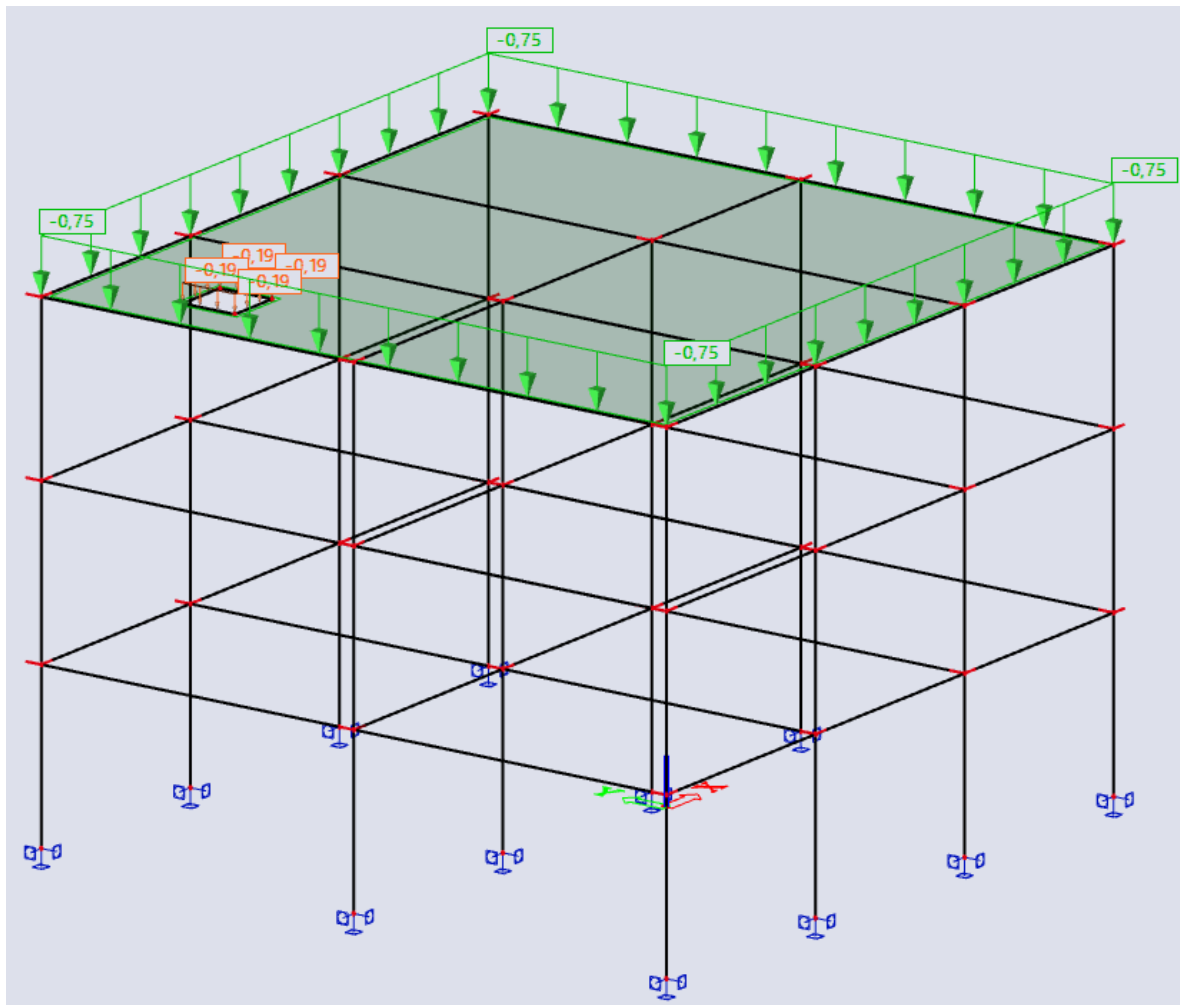


Slika 3: Definiranje opterećenja – uporabno

#### 4.5. Servisno opterećenje

Servisno opterećenje očitano je iz Eurokoda. [3]

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



Slika 4: Definiranje opterećenja – servisno

#### 4.6. Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom određeno je u skladu s Eurokodom za ravne krovove:

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

gdje je:

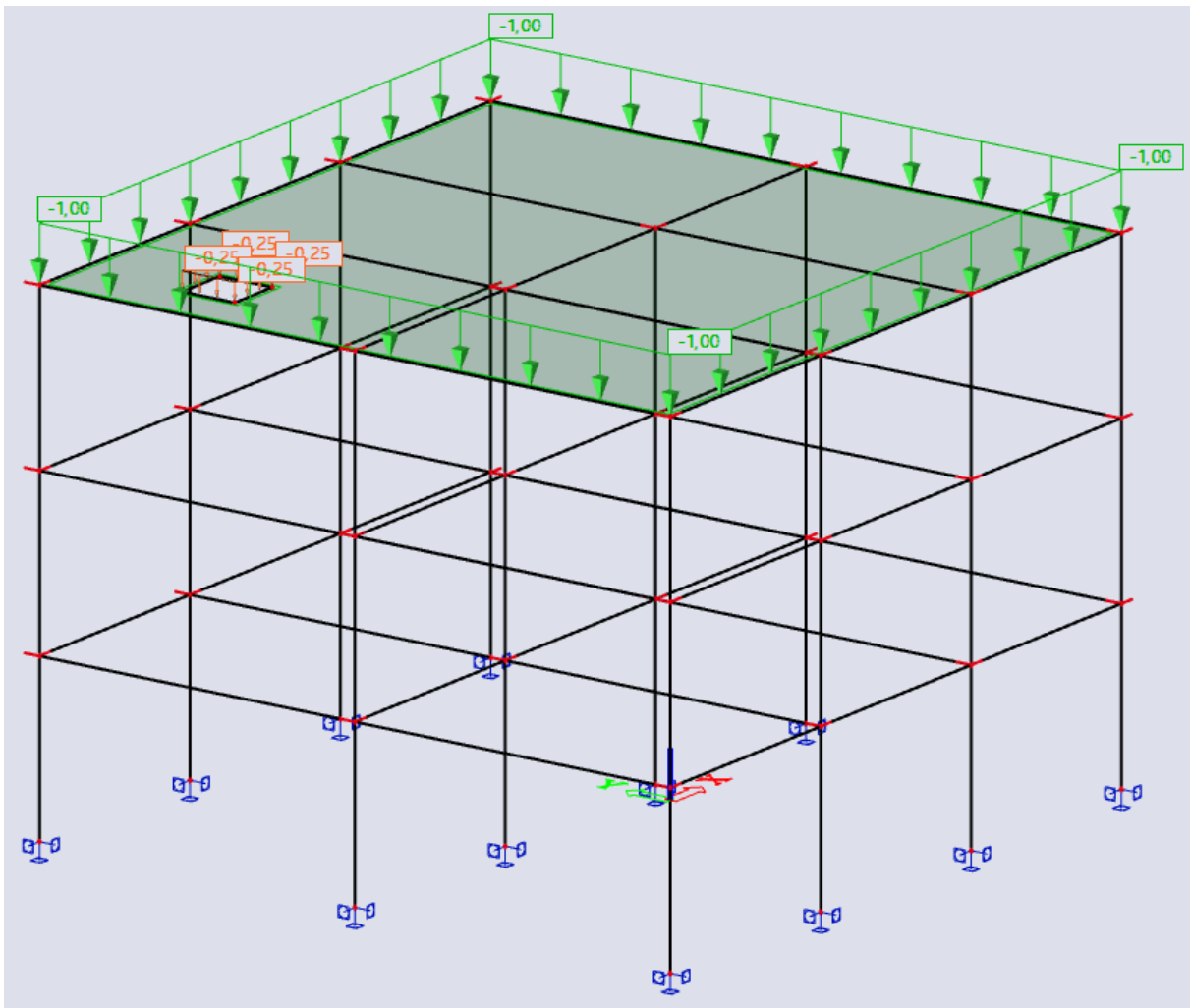
$\mu_i$  – koeficijent koji uzima u obzir nagib krova,

$C_e$  – koeficijent izloženosti,

$C_t$  – toplinski koeficijent,

$s_k$  – karakteristično opterećenje snijegom na tlu u ovisnosti o geografskom položaju i nadmorskoj visini lokacije. [1-2]

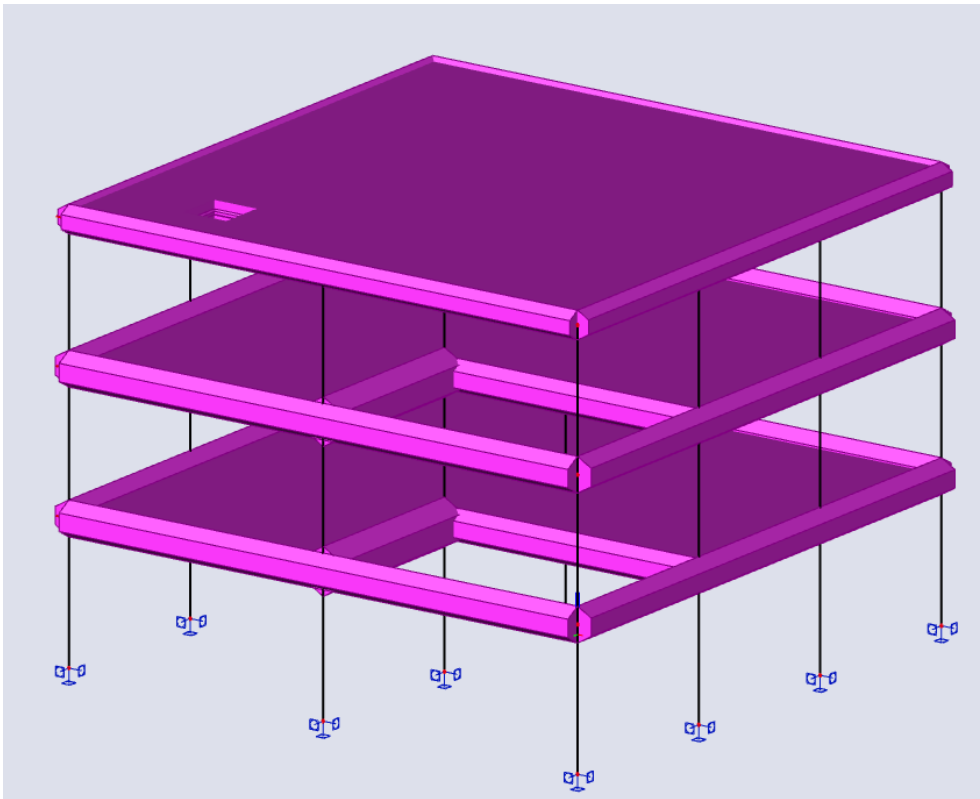
$$s = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 = 1 \text{ kN/m}^2$$



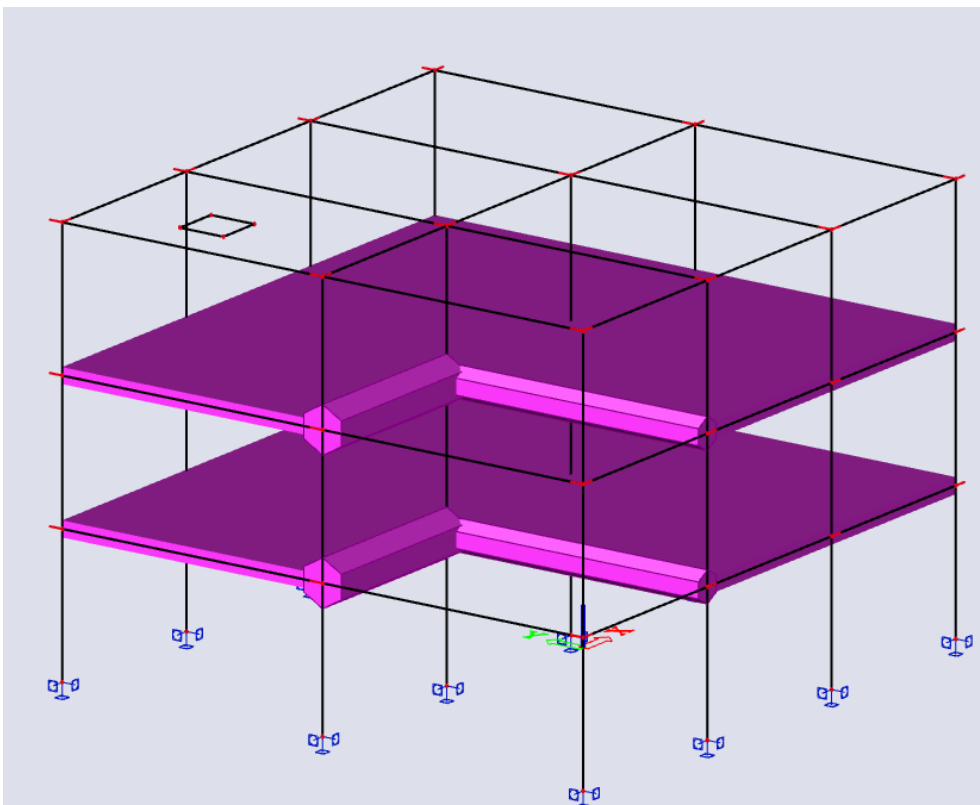
Slika 5: Definiranje opterećenja – snijeg

#### 4.7. Seizmičko opterećenje

Seizmička opterećenja definiraju se izravno programskim paketom i to na način da se mase automatski generiraju iz zadanih opterećenja. Središta masa se nalaze u razinama ploče u kojima je masa koncentrirana.



Slika 6: Generirane mase za dodatno stalno opterećenje – potres



Slika 7: Generirane mase za uporabno opterećenje – potres



## 5. SEIZMIČKI PRORAČUN

Seizmički proračun napravljen je metodom višemodalne spektralne analize upotrebom programskog paketa Scia Engineer 22. [7]

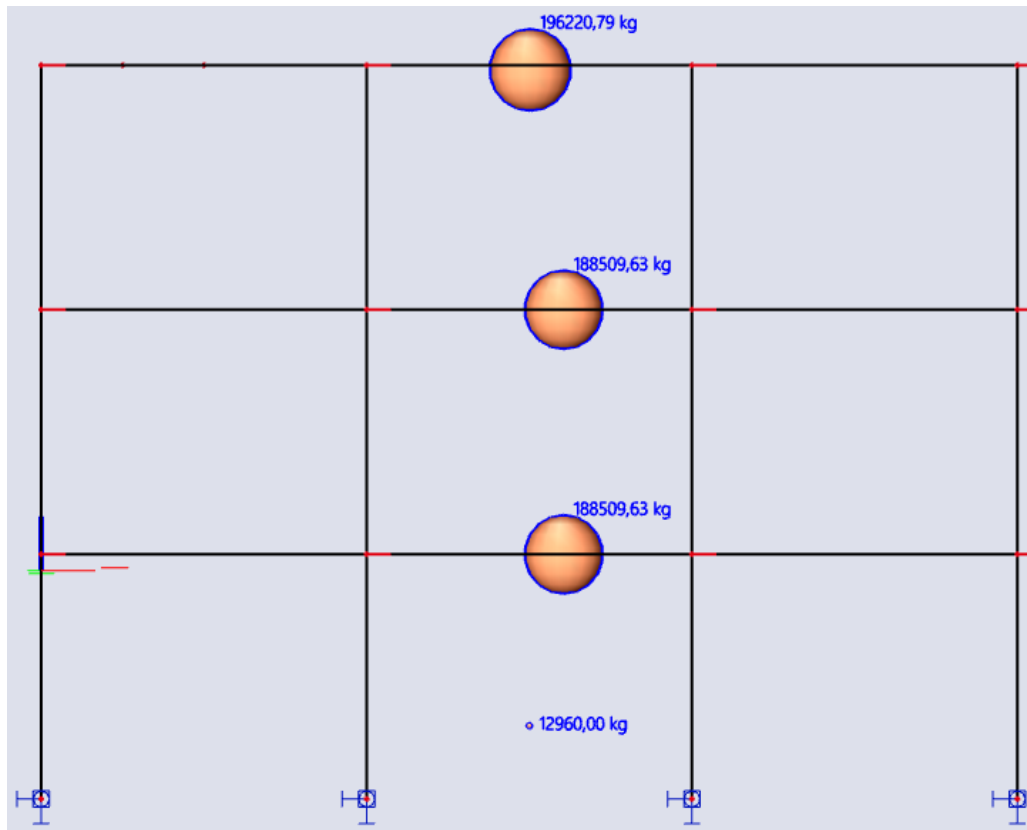
### 5.1. Modifikacija krutosti

Smanjene su krutosti armiranobetonskih elemenata (osim aksijalne) zbog moguće pojave raspucavanja uslijed skupljanja, utjecaja temperature kao i tokom potresa. Krutosti su smanjene na 50 % početne vrijednosti neraspucalog betona prema prijedlogu iz Eurokoda izravno u programu preko modifikatora krutosti. [5]

### 5.2. Višemodalna spektralna analiza i pravila kombiniranja

Modalnom analizom određuju se periodi konstrukcije, a potom se spektralnom analizom određuje ukupno djelovanje. U ovom radu je za kombiniranje modova korišteno pravilo potpune kvadratne kombinacije (eng. *Complete quadratic combination* – CQC) gdje je svaki od članova izraza korijen produkta vršnih odziva pri titranju zgrade tim oblicima i koeficijenta korelacije tih oblika. Pravilo CQC se uspješno može koristiti, za razliku od pravila drugog korijena sume kvadrata (eng. *Square root of sum of squares* – SRSS) koje isto programski paket nudi, i za kombinacije bliskih perioda pa je iz tog razloga primijenjeno u radu. [11]

Pri modalnoj analizi dobiven je raspored masa po visini konstrukcije.



Slika 8: Raspodjela mase pri modalnoj analizi

### 5.3. Spektar odziva

Spektar odziva izrađuje izravno program sa prethodno definiranim vrijednostima zadanih parametara. Temeljno tlo na kojem se građevina nalazi je tipa C koje se opisuje kao duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara i karakteristično je za područje Zagreba. Horizontalno vršno ubrzanje očitano je iz karte potresnih područja Republike Hrvatske za povratno razdoblje 475 godina. [12]

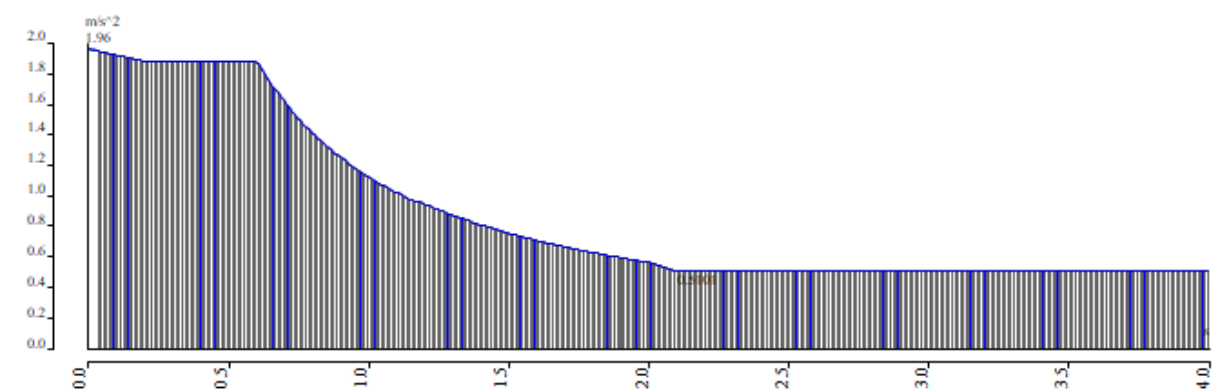


Slika 9: Karta potresnih područja Republike Hrvatske (izvor: [12])

Faktor ponašanja određen je s obzirom na klasifikaciju sustava konstrukcije prema Eurokodu. [5] Građevina je okvirni sustav u oba smjera.

$$q_0 = q = 3,9$$

Sa unesenim parametrima dobiven je proračunski spektar odziva koji se koristi za proračun konstrukcije.



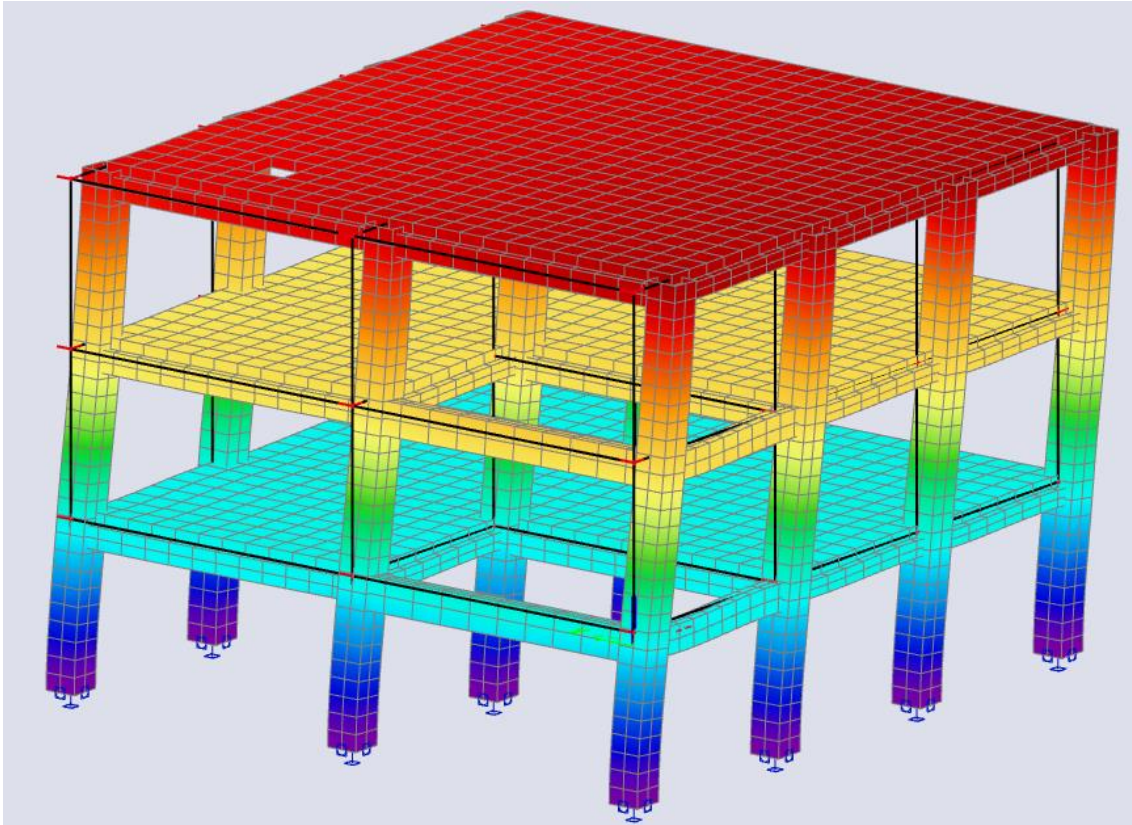
Slika 10: Proračunski spektar odziva

## 5.4. Modovi konstrukcije i raspored masa po visini

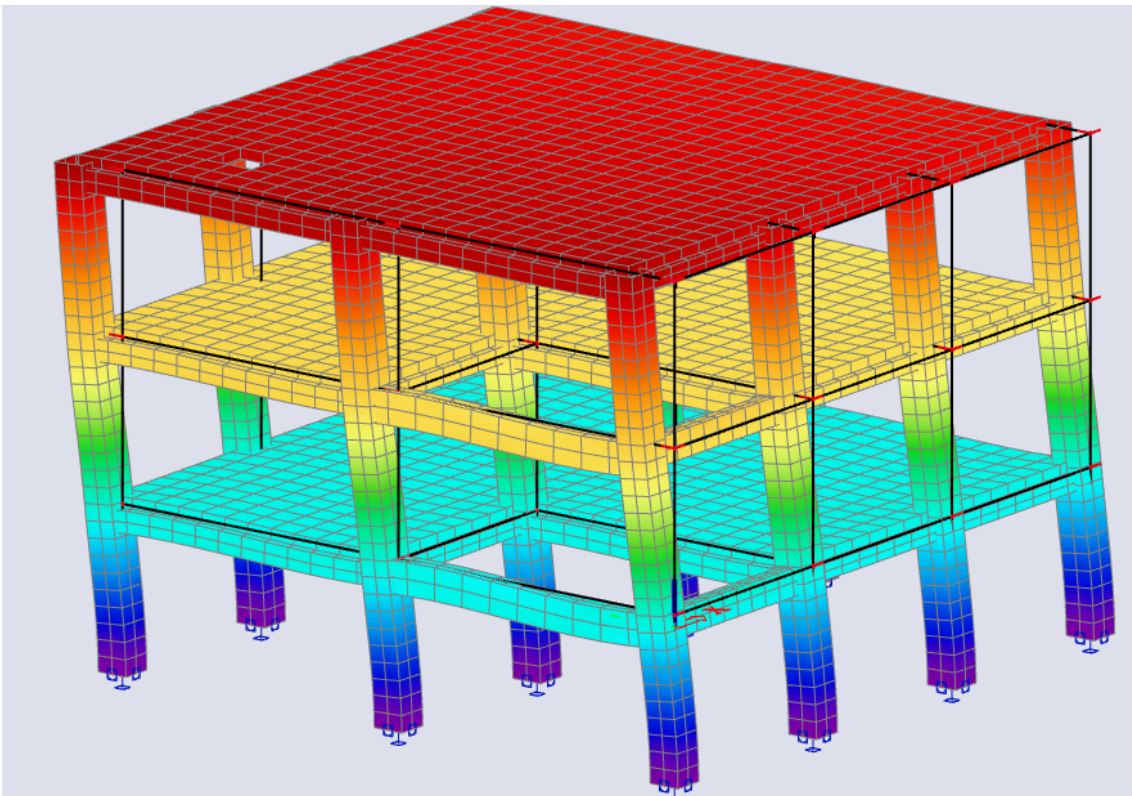
Prva dva moda konstrukcije su translacijski (svaki u jednom smjeru), a treći je torzijski. Prema tome, nema problema torzijskog izvijanja. Za ispravan proračun potrebno je da je aktivirana masa minimalno 90 % ukupne mase uz postojanje određenih pravila za iznimke kada to nije moguće postići. U ovom radu obrađeno je 20 prvih modova koji aktiviraju preko 98 % ukupne mase u svakom osnovnom smjeru. U prvom modu period iznosi 0,34 sekunde, a u drugom 0,32 sekunde.

Tablica 1: Prikaz aktivacije masa

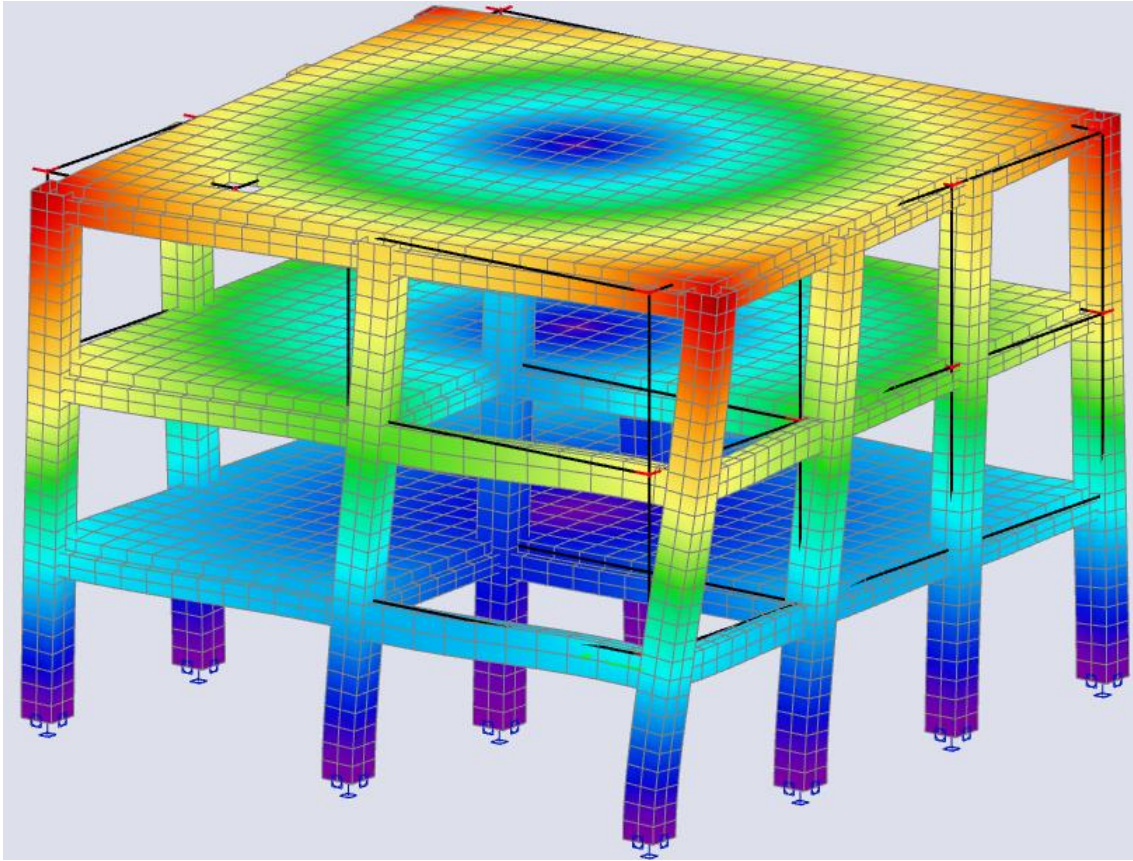
Mode	omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$
1	18.5346	0,34	2,95	0,8262	0,0009	0,0007
2	19.3519	0,32	3,08	0,0010	0,8295	0,0007
3	22.3341	0,28	3,55	0,0007	0,0009	0,8140
4	63.0954	0,10	10,04	0,1194	0,0002	0,0006
5	64.6866	0,10	10,30	0,0003	0,1157	0,0011
6	75.8327	0,08	12,07	0,0005	0,0012	0,1202
7	108.486	0,06	17,27	0,0000	0,0083	0,0001
8	113.27	0,06	18,03	0,0342	0,0001	0,0004
9	116.253	0,05	18,50	0,0002	0,0256	0,0007
10	119.52	0,05	19,02	0,0000	0,0000	0,0000
11	124.197	0,05	19,77	0,0002	0,0000	0,0000
12	126.795	0,05	20,18	0,0000	0,0002	0,0000
13	131.159	0,05	20,87	0,0000	0,0000	0,0001
14	137.705	0,05	21,92	0,0000	0,0000	0,0004
15	138.876	0,05	22,10	0,0003	0,0007	0,0367
16	139.782	0,04	22,25	0,0001	0,0000	0,0000
17	141.31	0,04	22,49	0,0000	0,0000	0,0003
18	143.977	0,04	22,91	0,0000	0,0000	0,0000
19	799.321	0,01	127,22	0,0088	0,0000	0,0066
20	854.758	0,01	136,04	0,0010	0,0093	0,0028
				0,9929	0,9928	0,9856



Slika 11: Prvi oblik vibriranja ( $T=0,34$  s)



Slika 12: Drugi oblik vibriranja ( $T=0,32$  s)



Slika 13: Treći oblik vibriranja ( $T=0,28$  s)

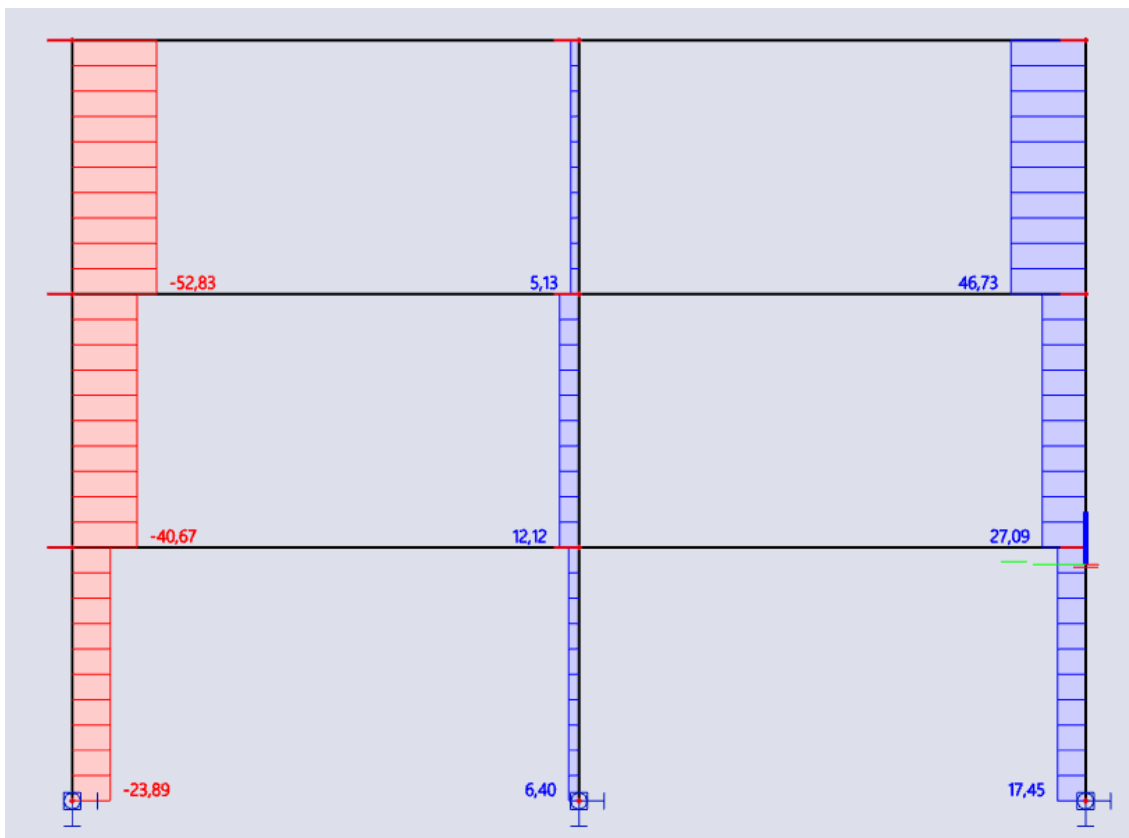
## 6. REZULTATI STATIČKOG PRORAČUNA

Statički proračun napravljen je uporabom programskog paketa Scia Engineer 22. [7] U nastavku su prikazane dobivene vrijednosti za dijagrame momenata i uzdužnih sila za kombinacije graničnog stanja nosivosti, nazovi-stalnu kombinaciju i potresnu kombinaciju.

### 6.1. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer y – srednji okvir



Slika 14: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN

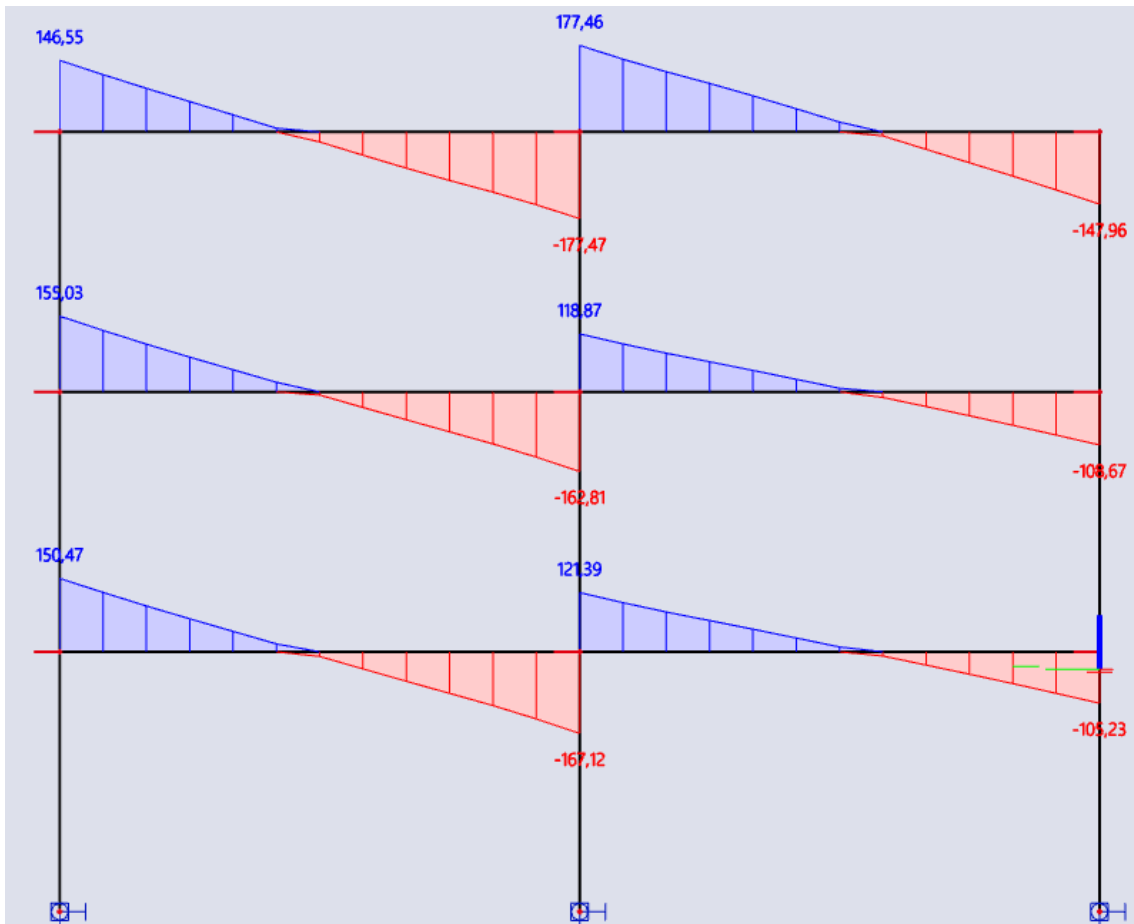


Slika 15: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN

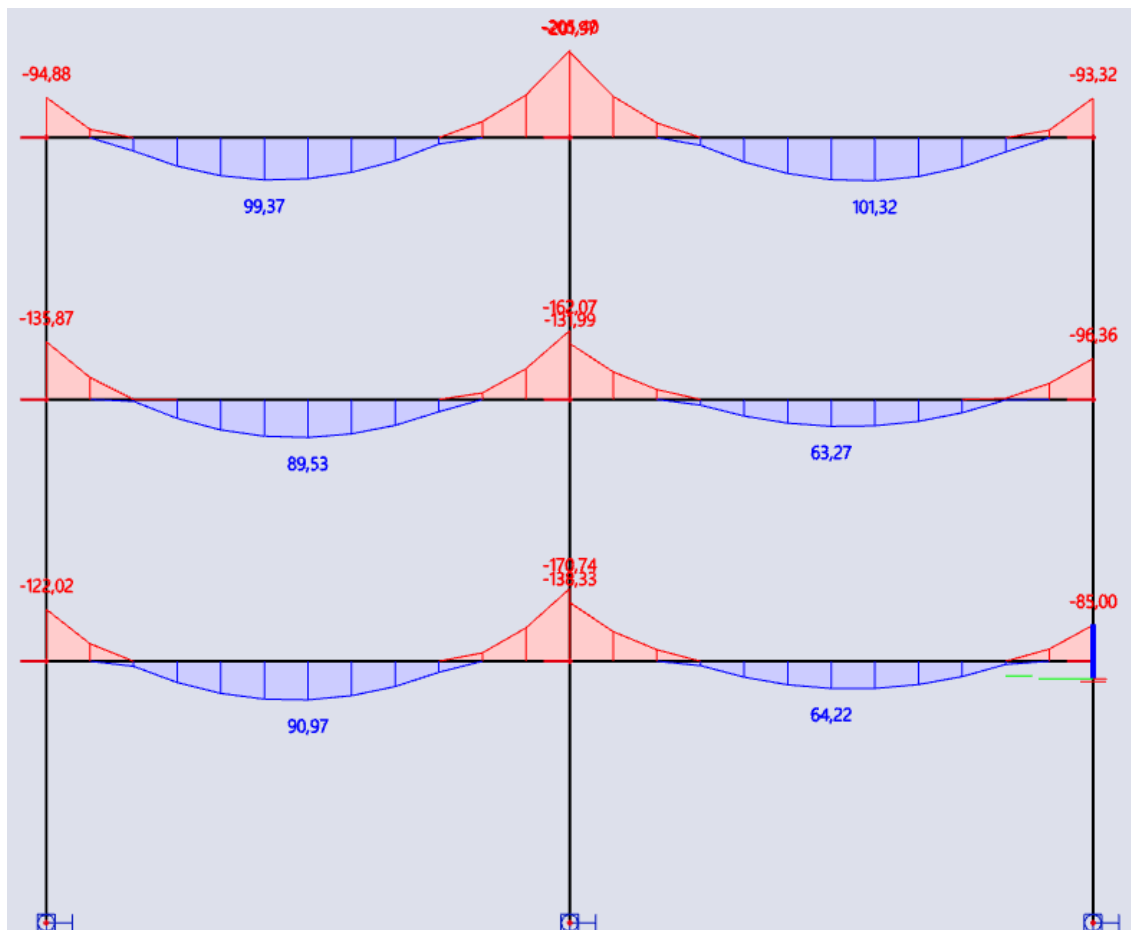


Slika 16: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN



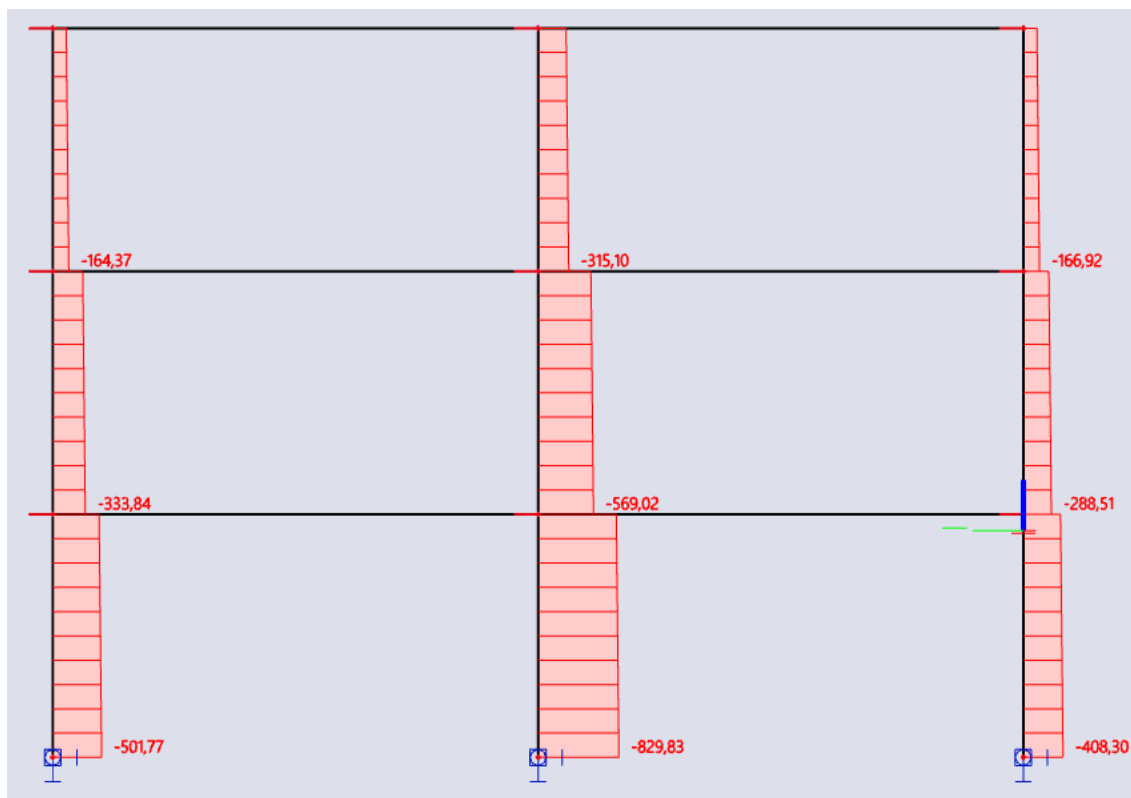


Slika 17: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN

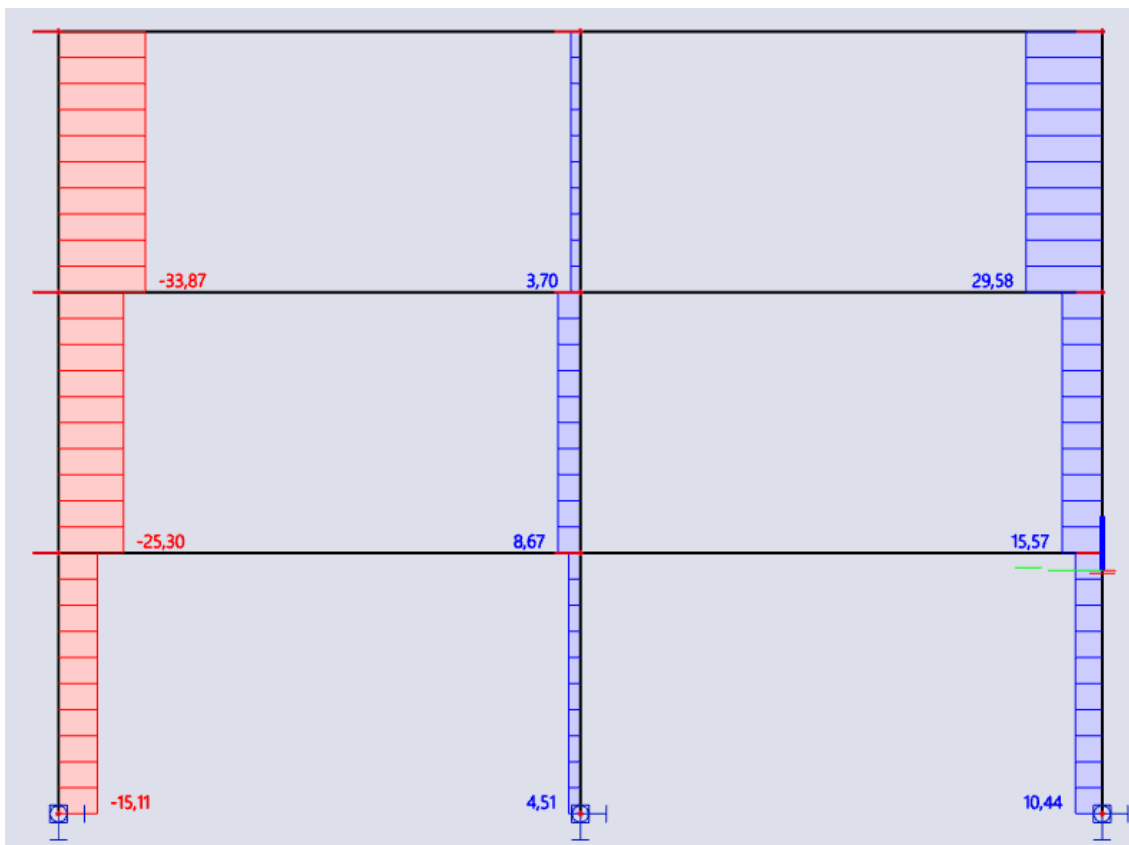


Slika 18: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN

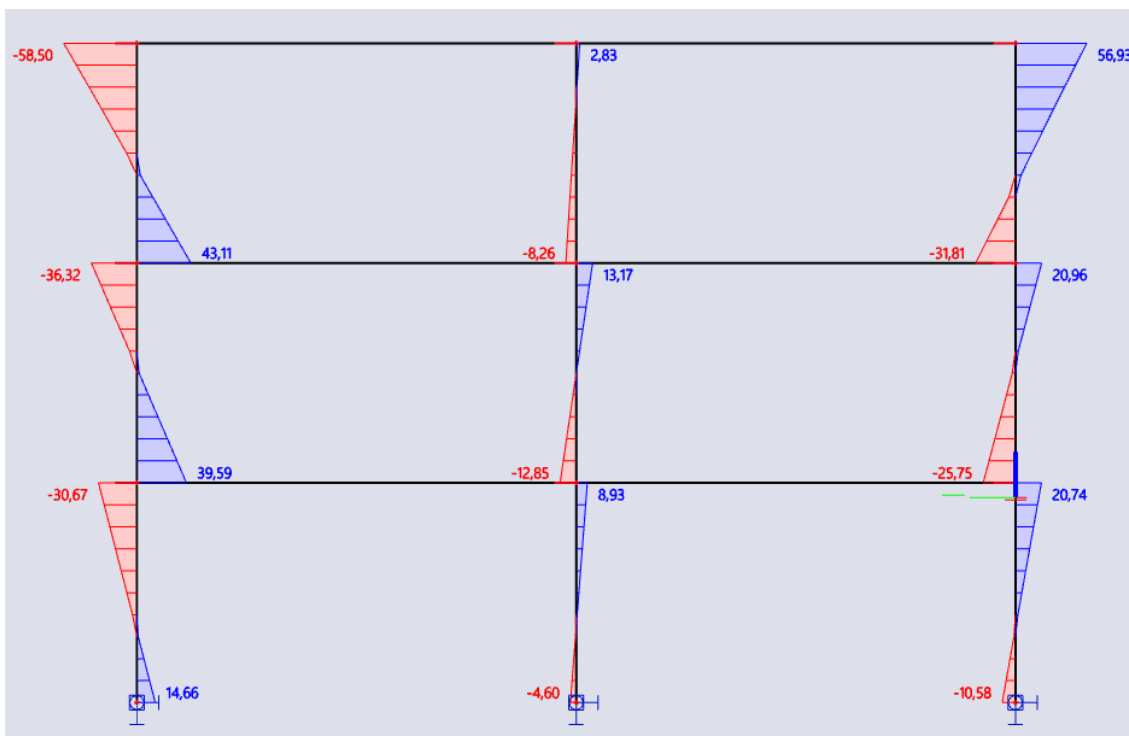
## 6.2. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer y – srednji okvir



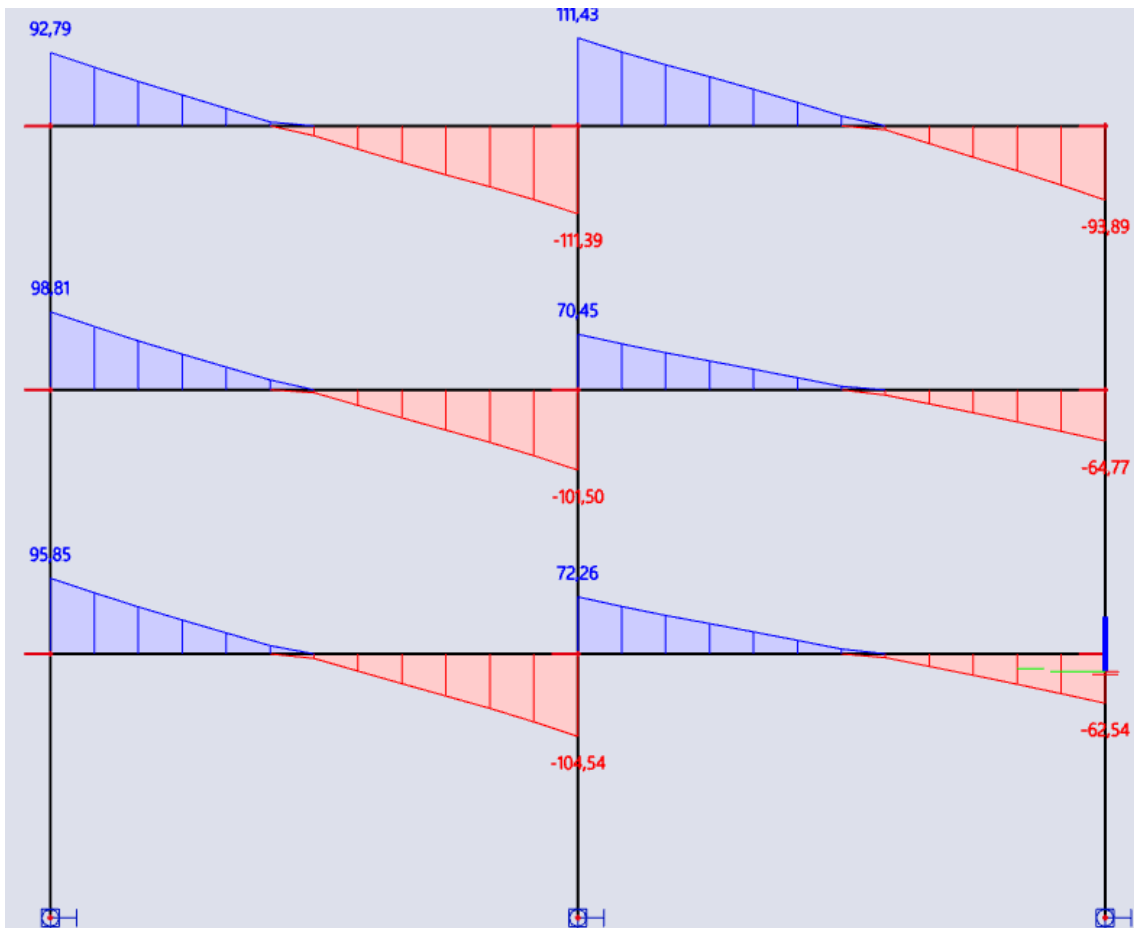
Slika 19: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS



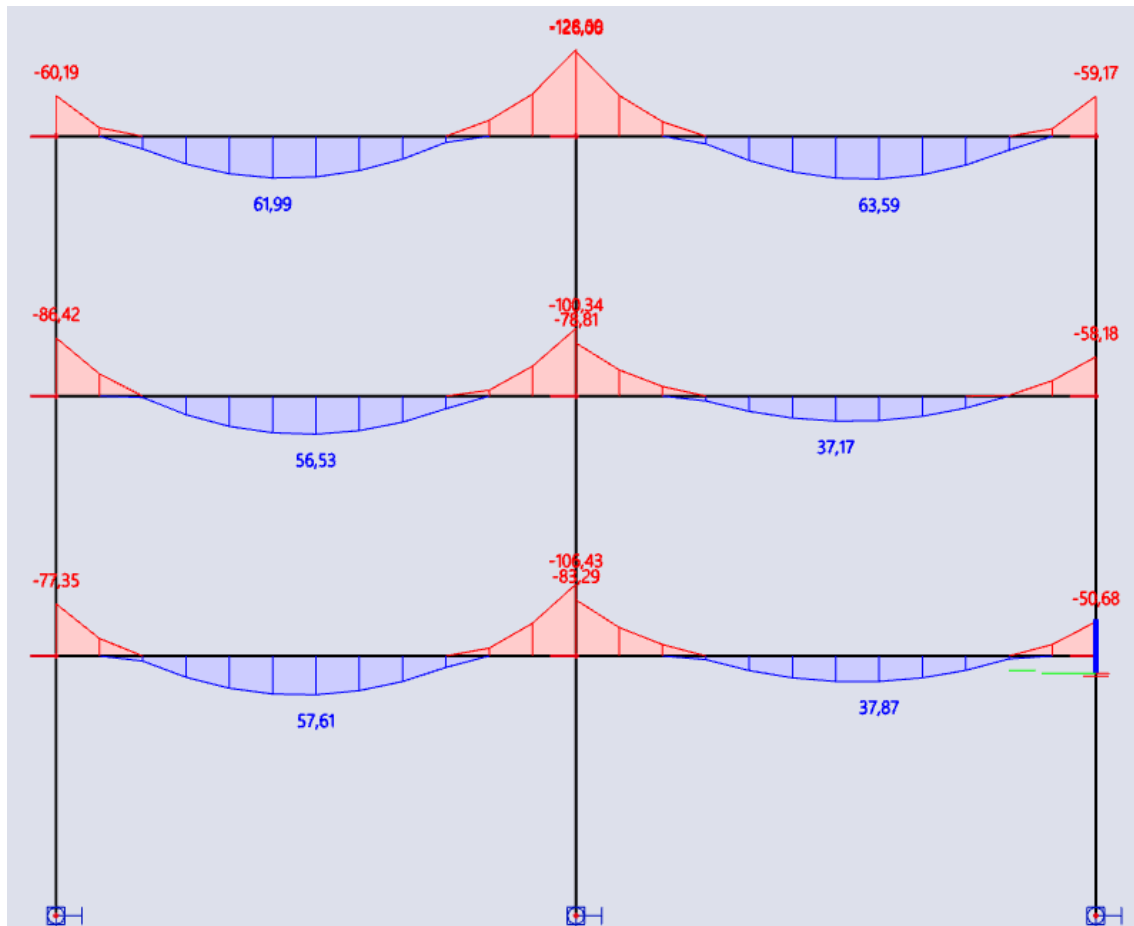
Slika 20: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS



Slika 21: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS



Slika 22: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS

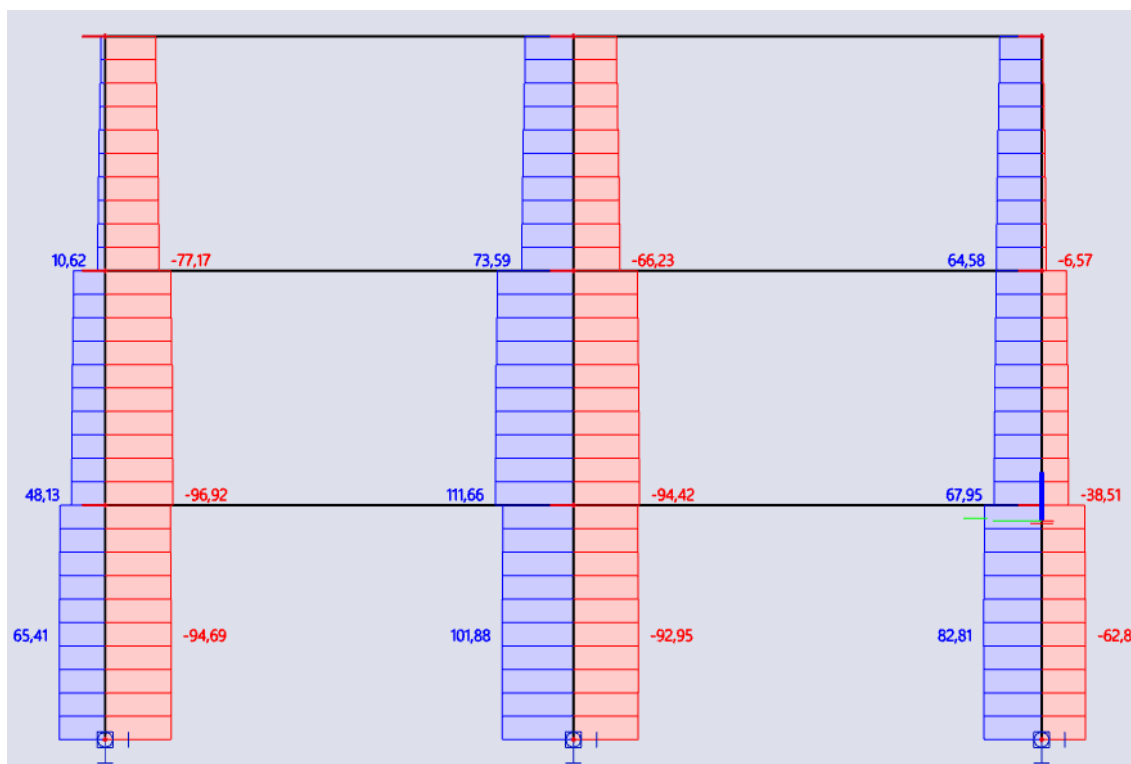


Slika 23: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS

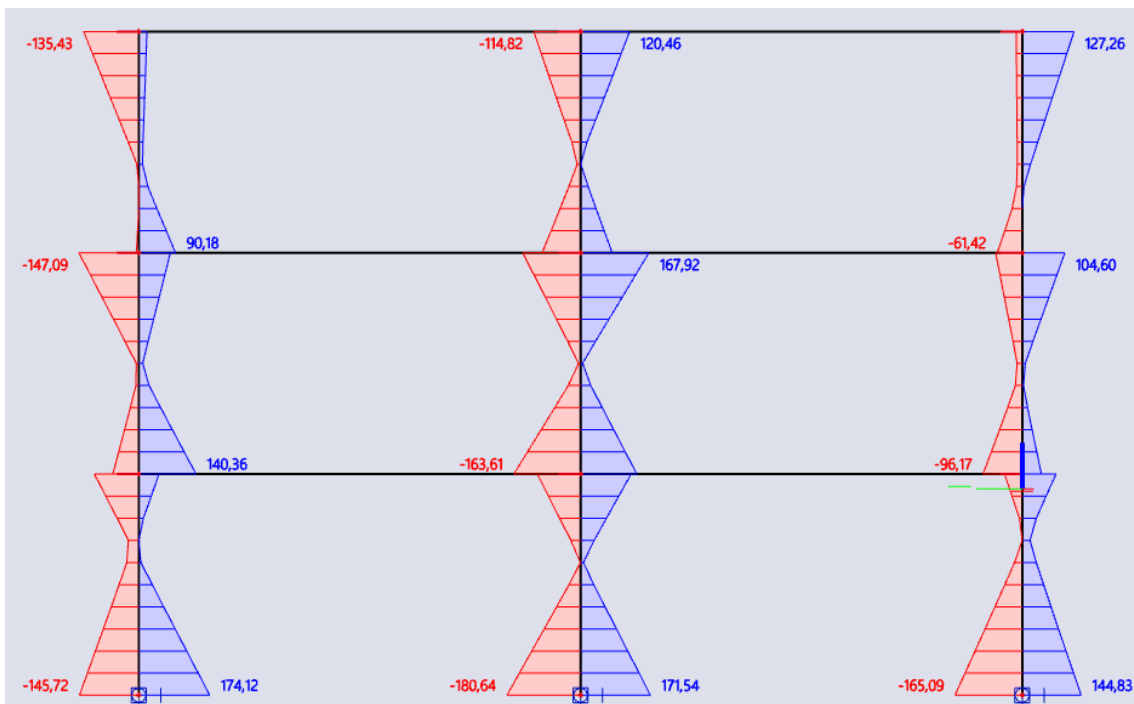
## 6.3. Potresna kombinacija – P – smjer y – srednji okvir



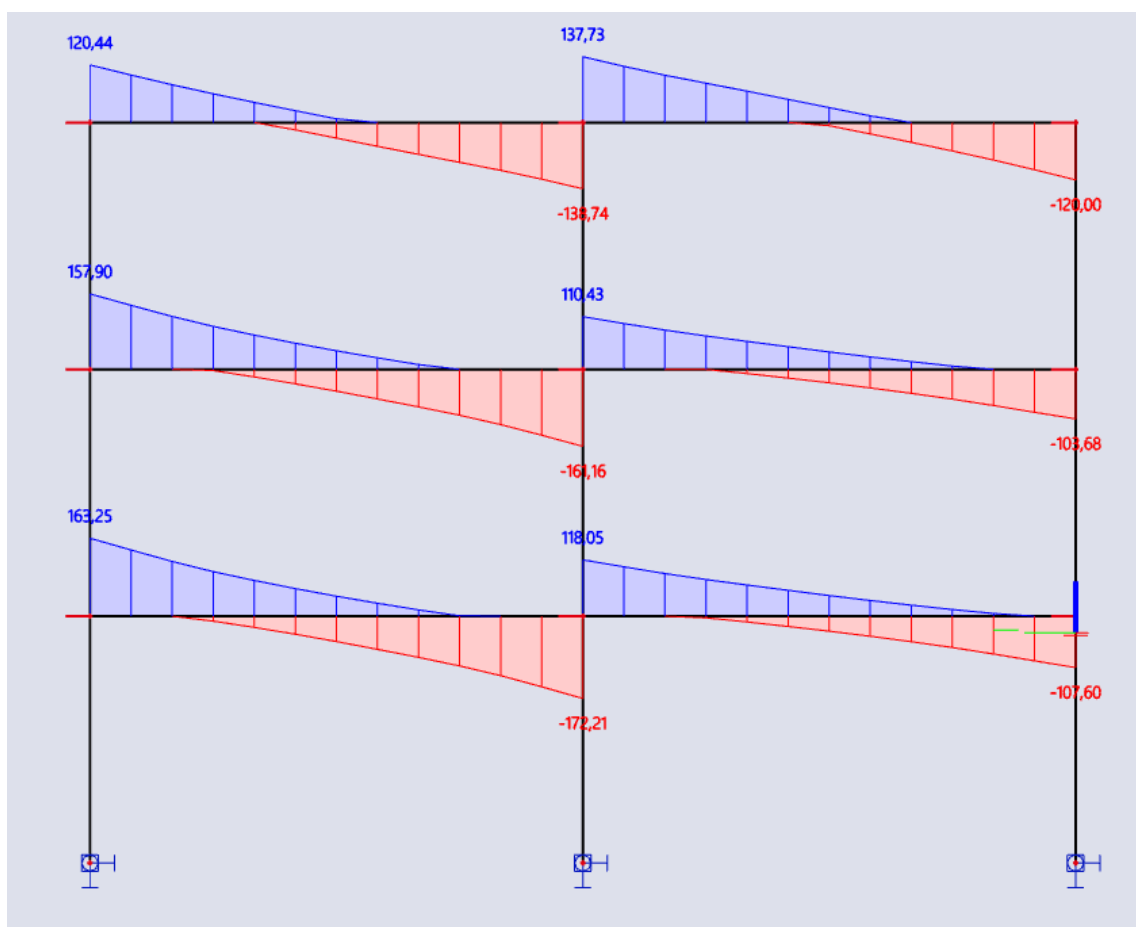
Slika 24: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P



Slika 25: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P

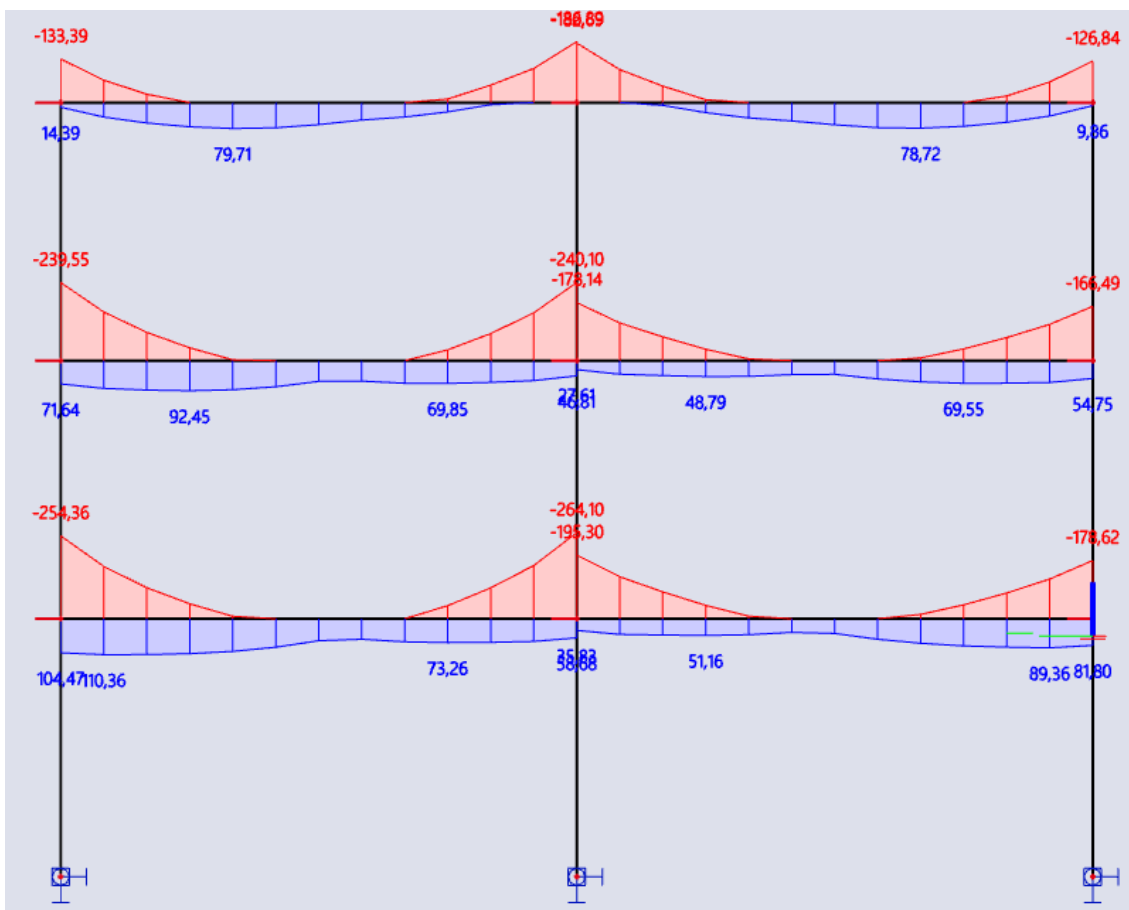


Slika 26: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P



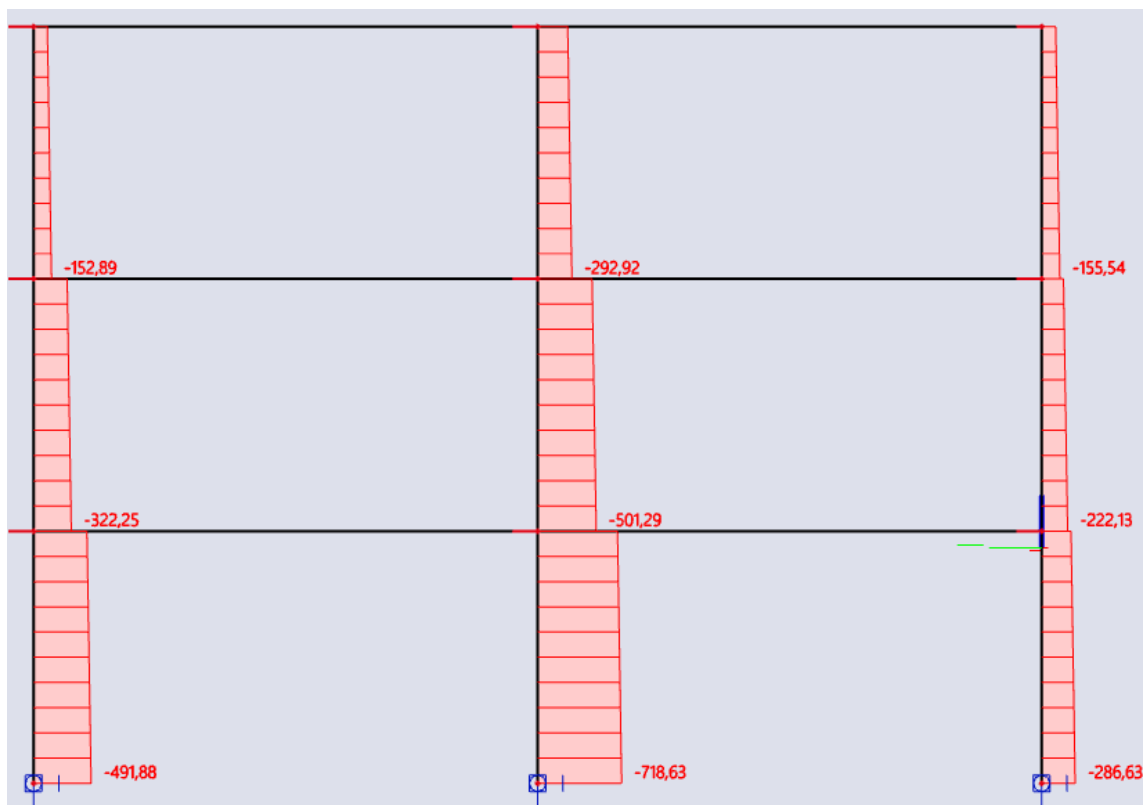
Slika 27: Dijagram poprečnih sila u gredama za P



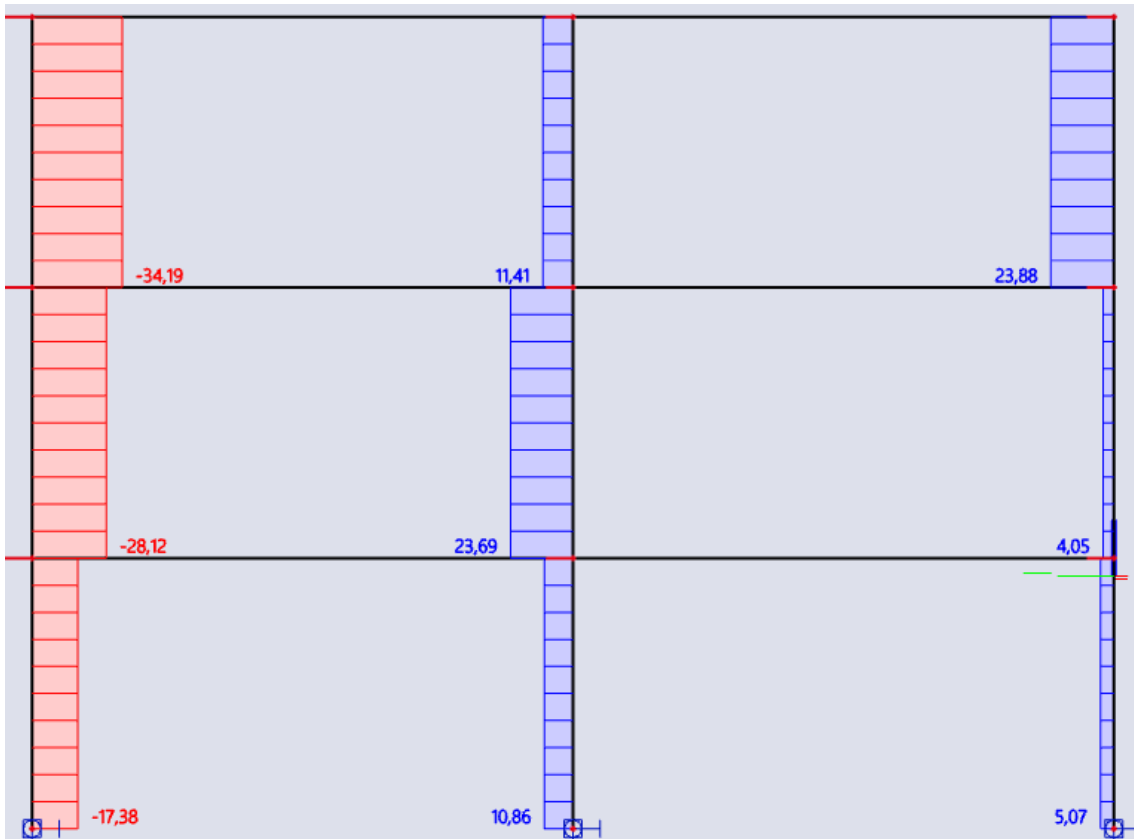


Slika 28: Dijagram momenata savijanja u gredama za P

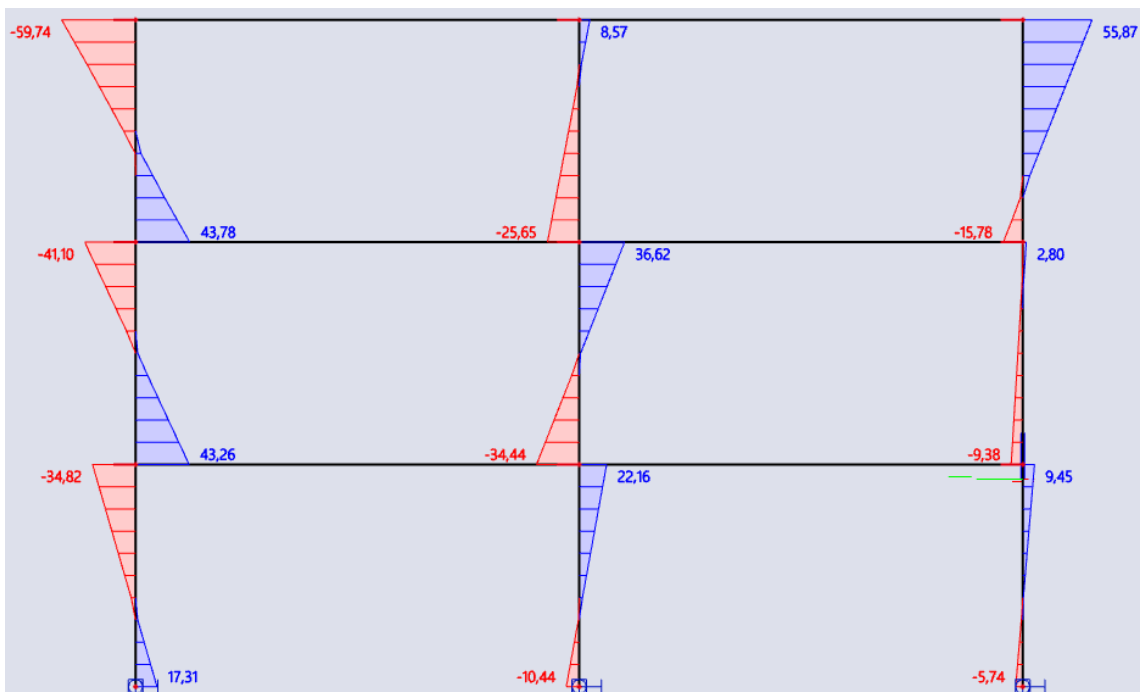
#### 6.4. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer y – rubni okvir



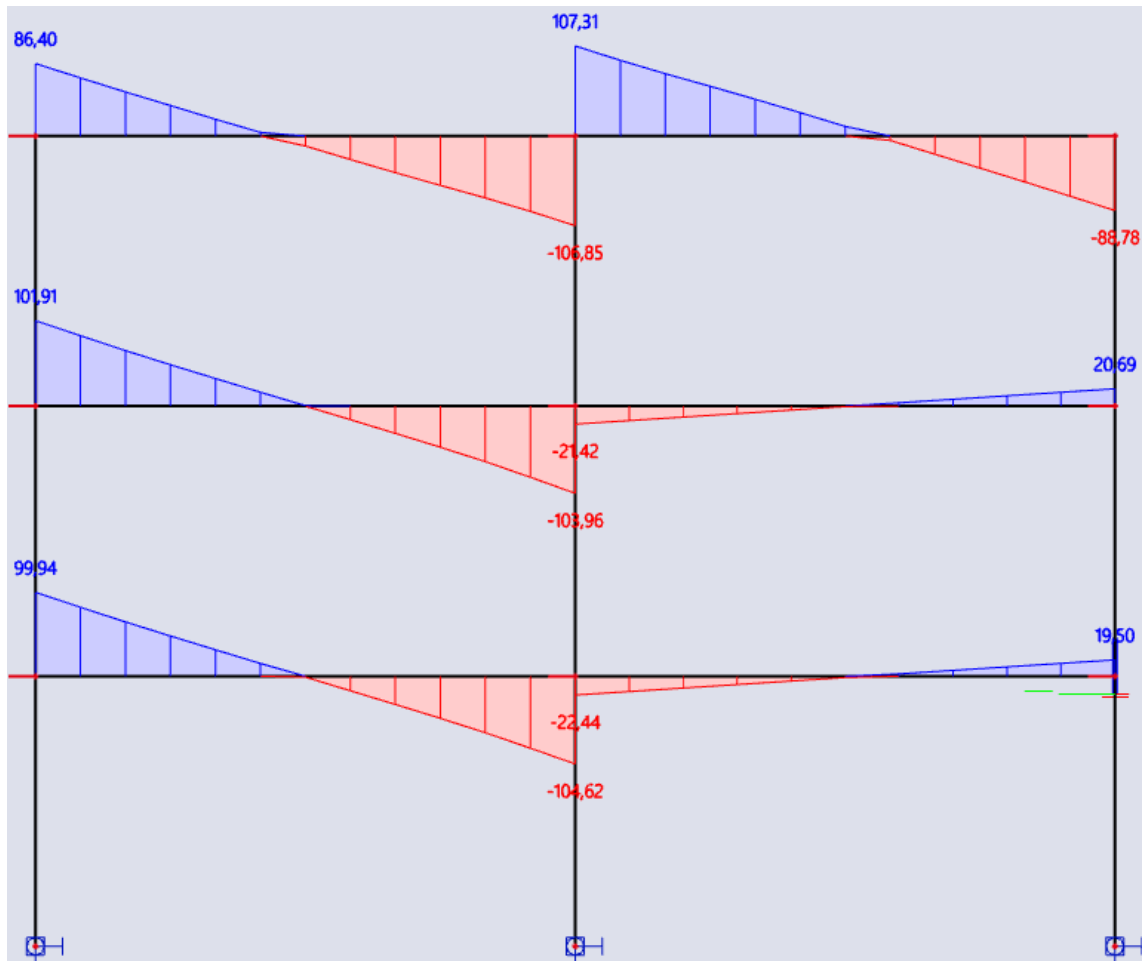
Slika 29: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN



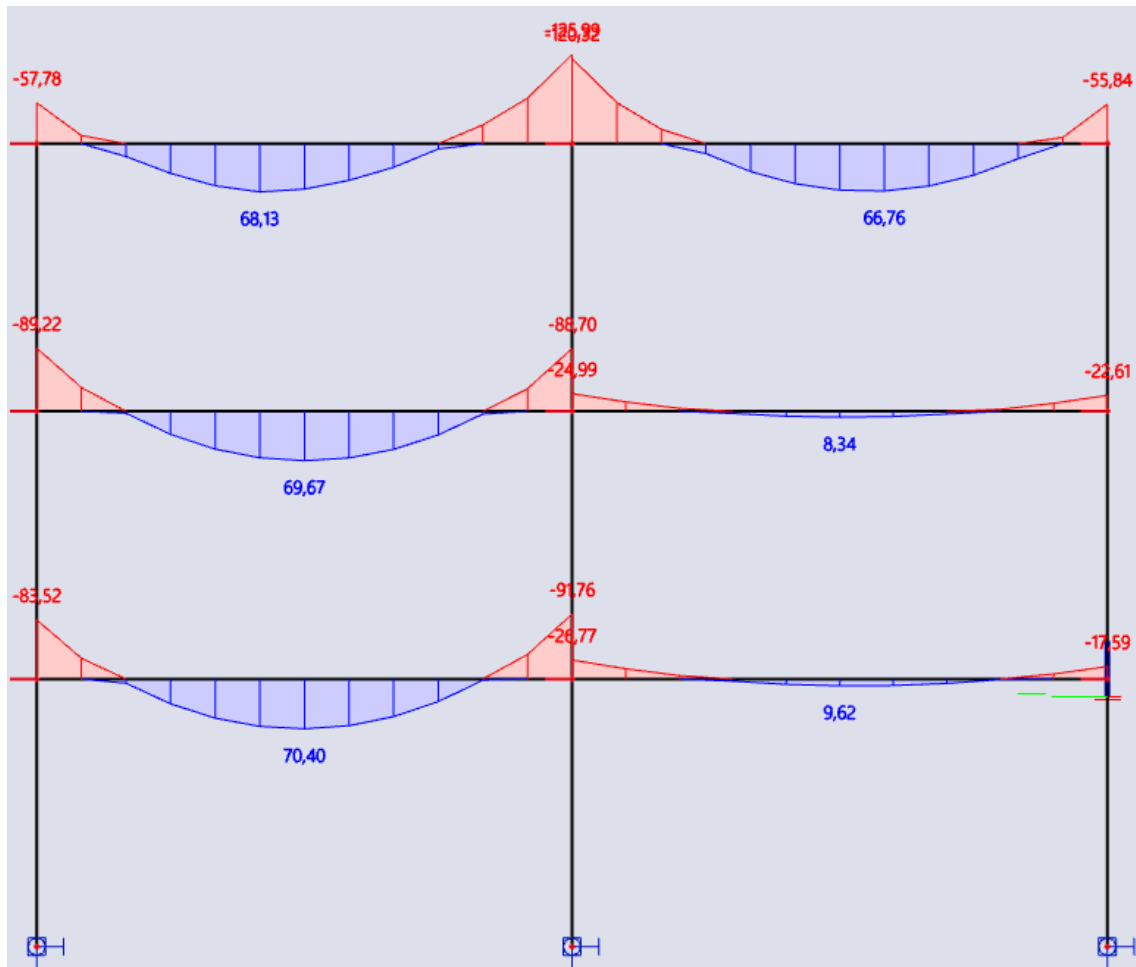
Slika 30: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN



Slika 31: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN

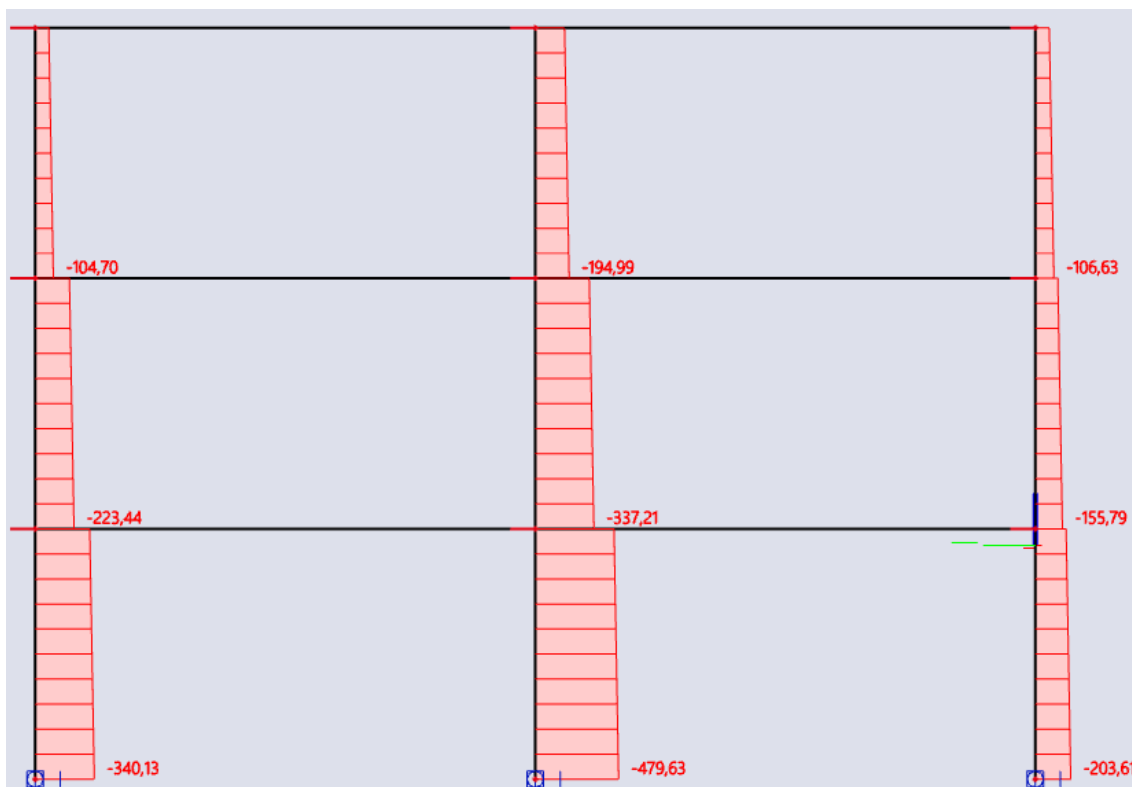


Slika 32: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN

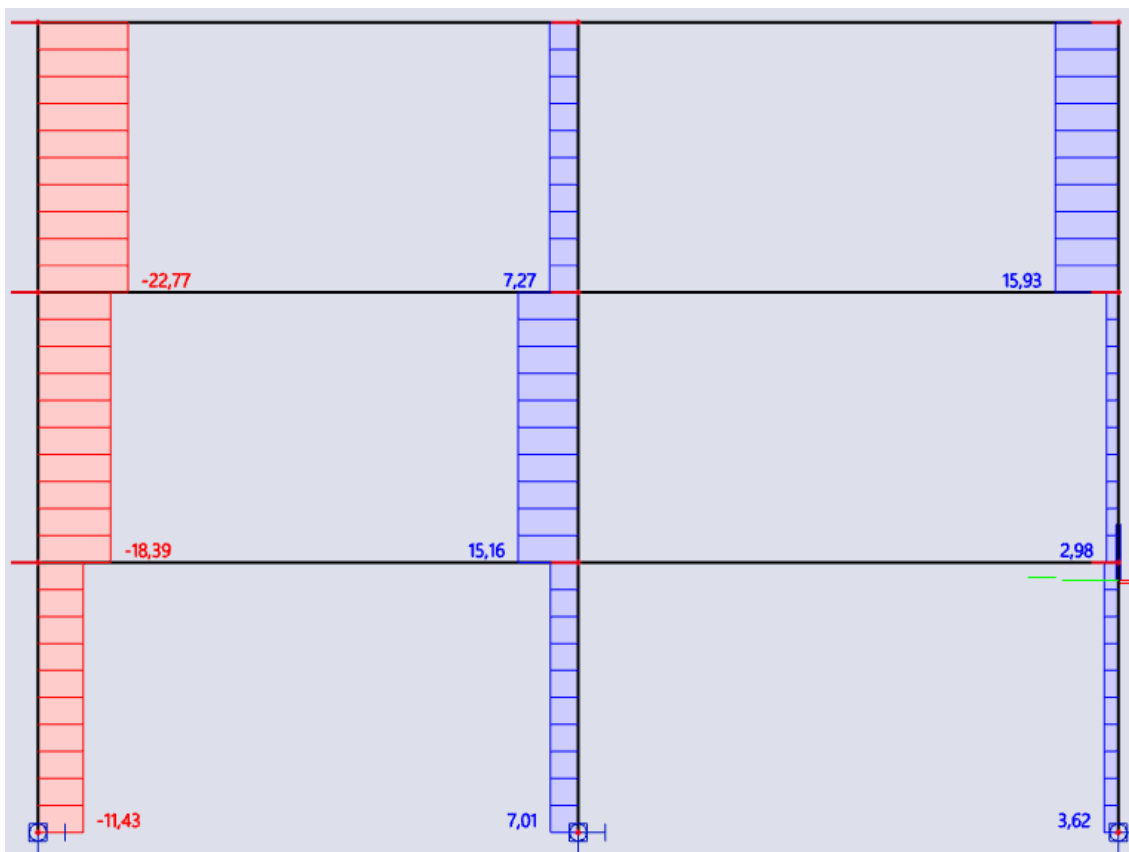


Slika 33: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN

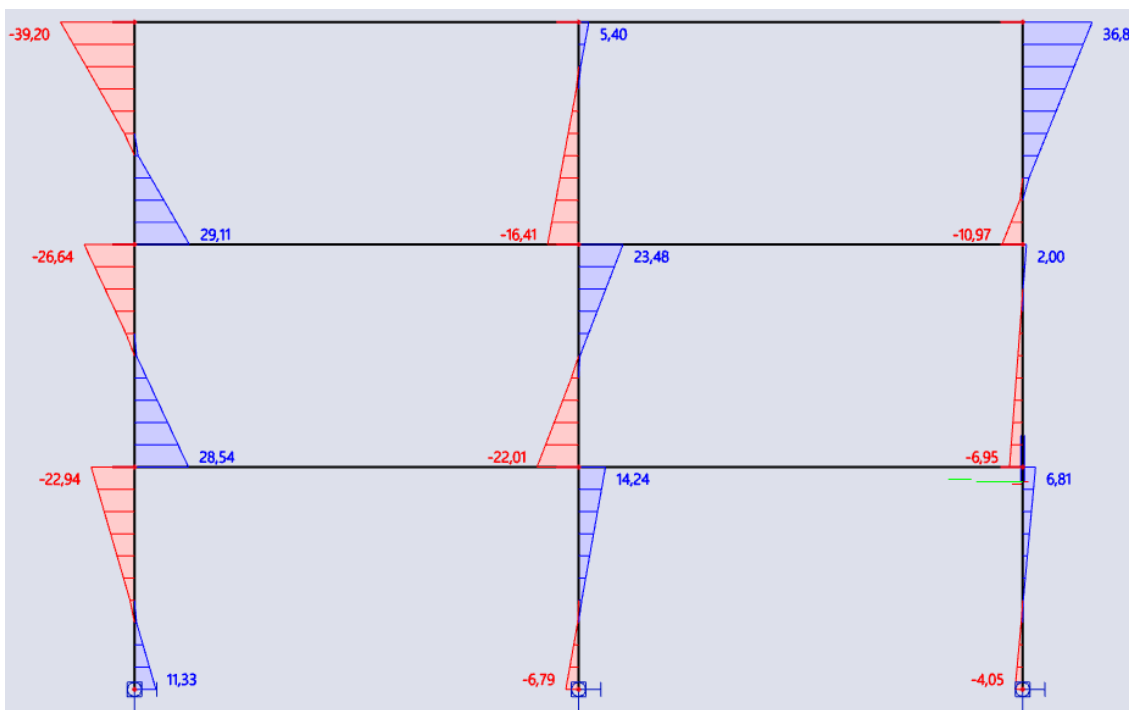
## 6.5. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer y – rubni okvir



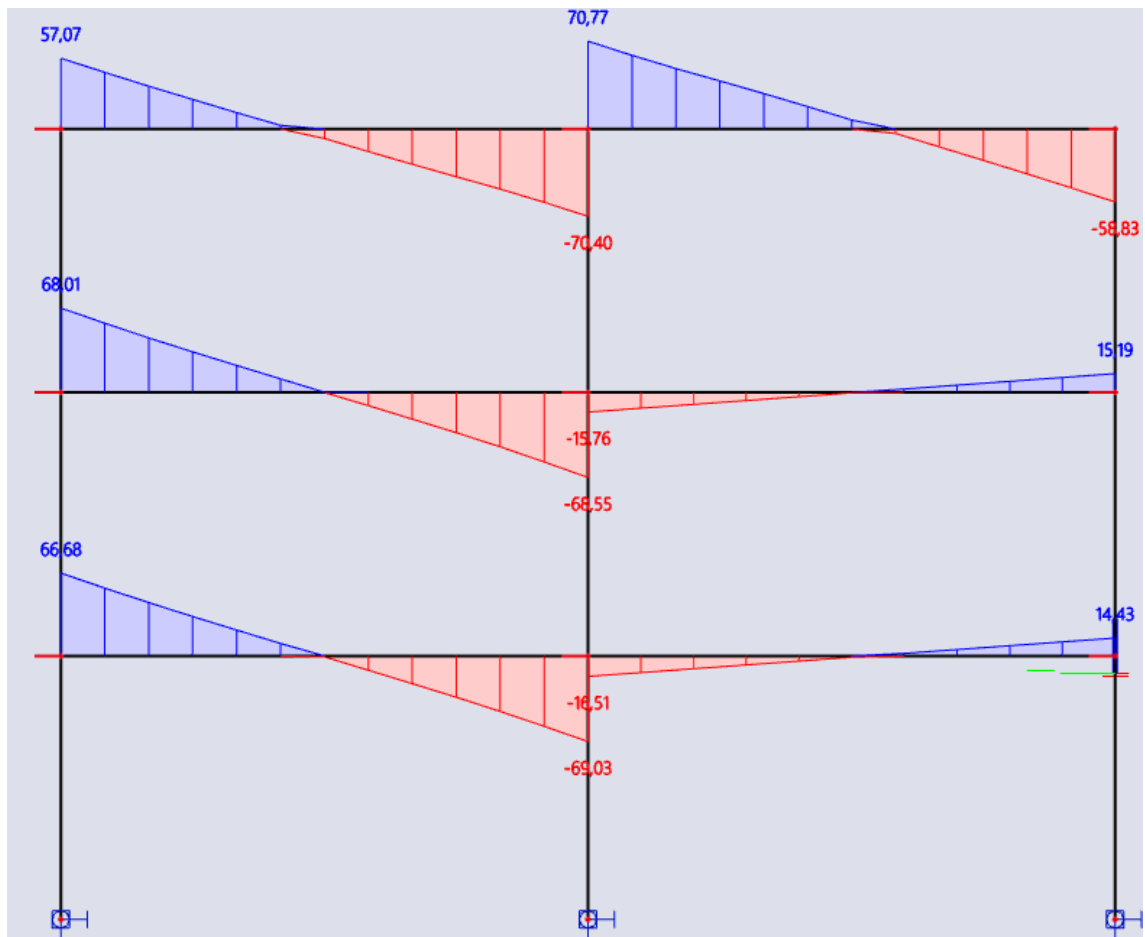
Slika 34: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS



Slika 35: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS

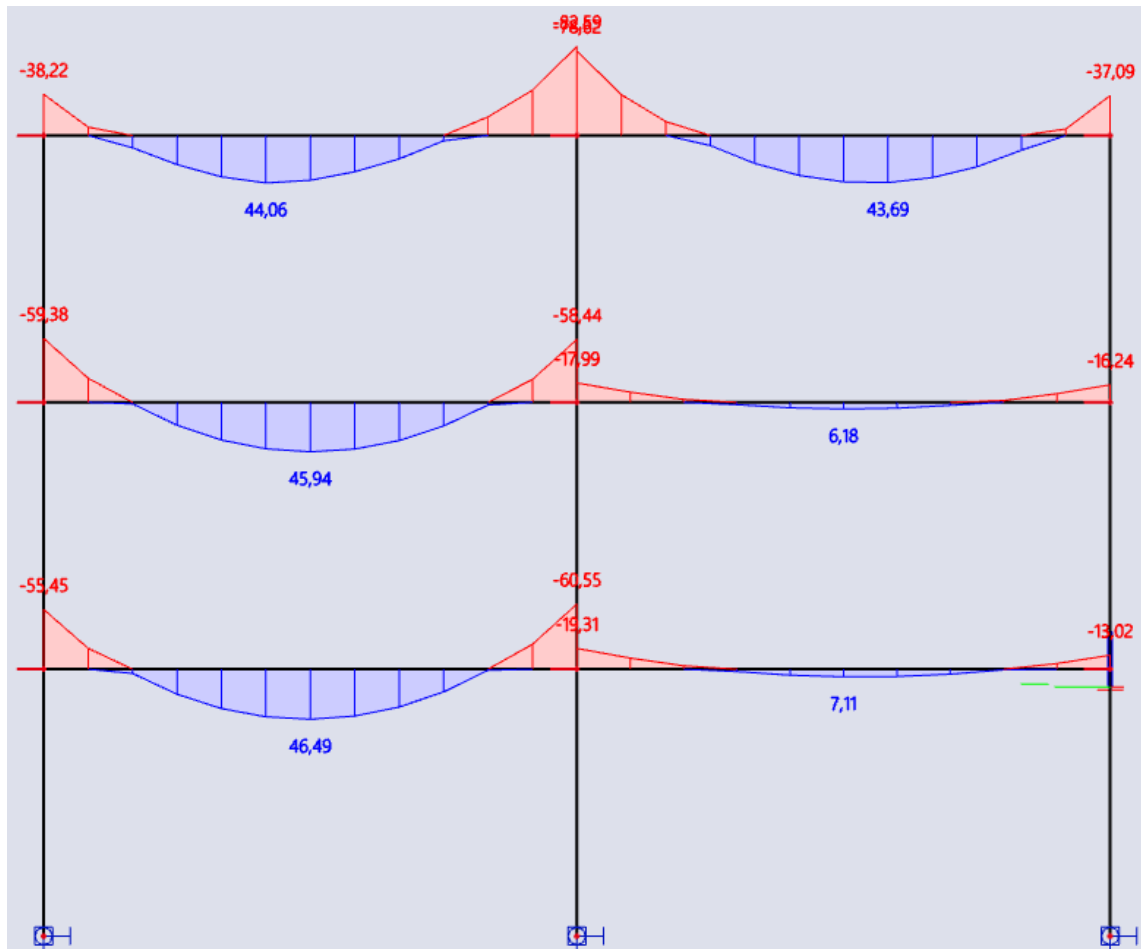


Slika 36: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS



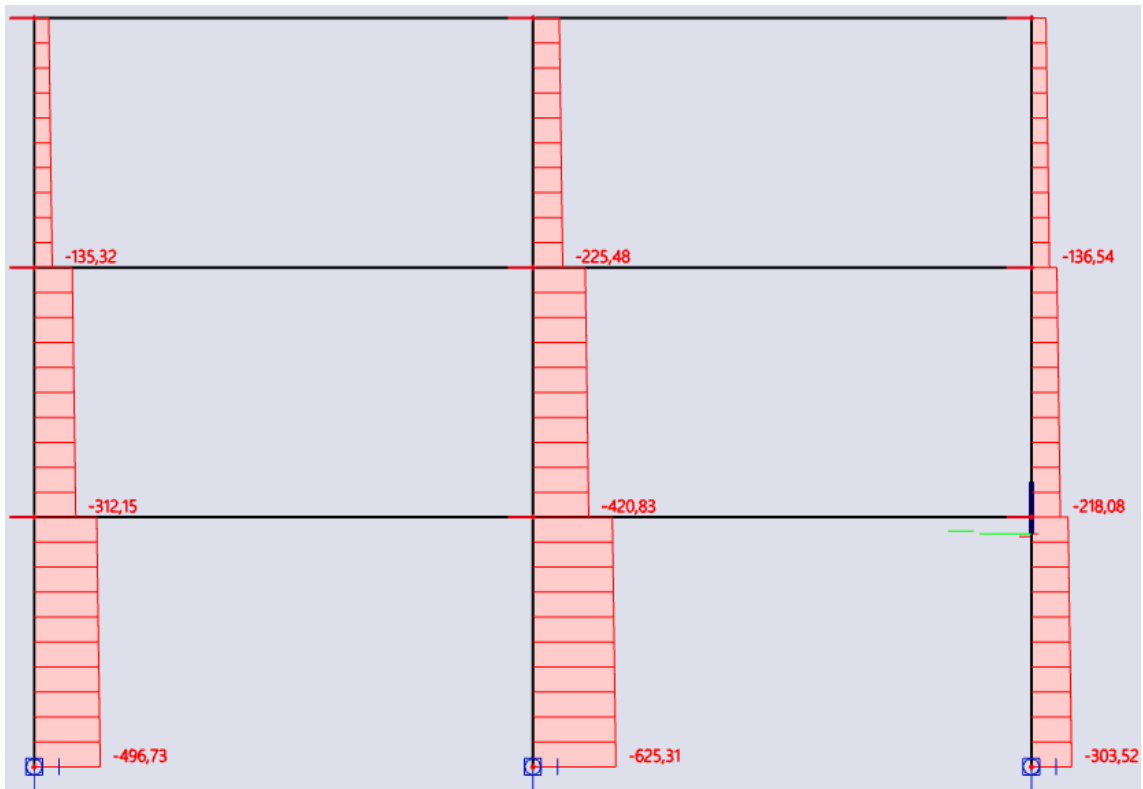
Slika 37: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS



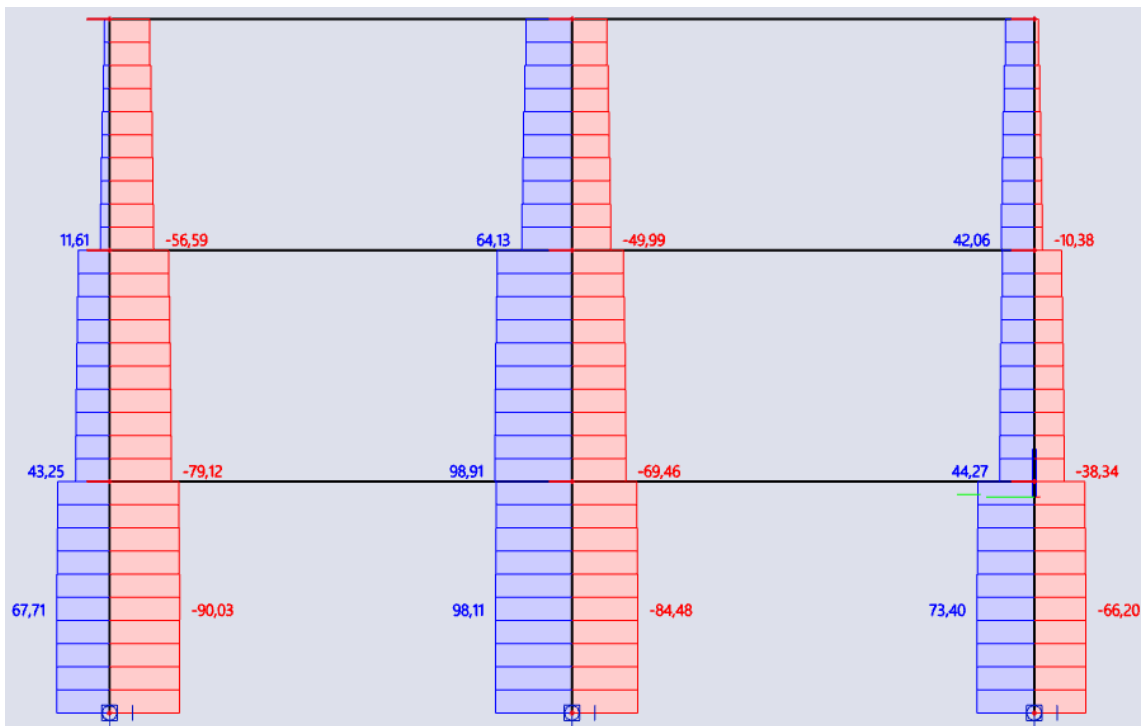


Slika 38: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS

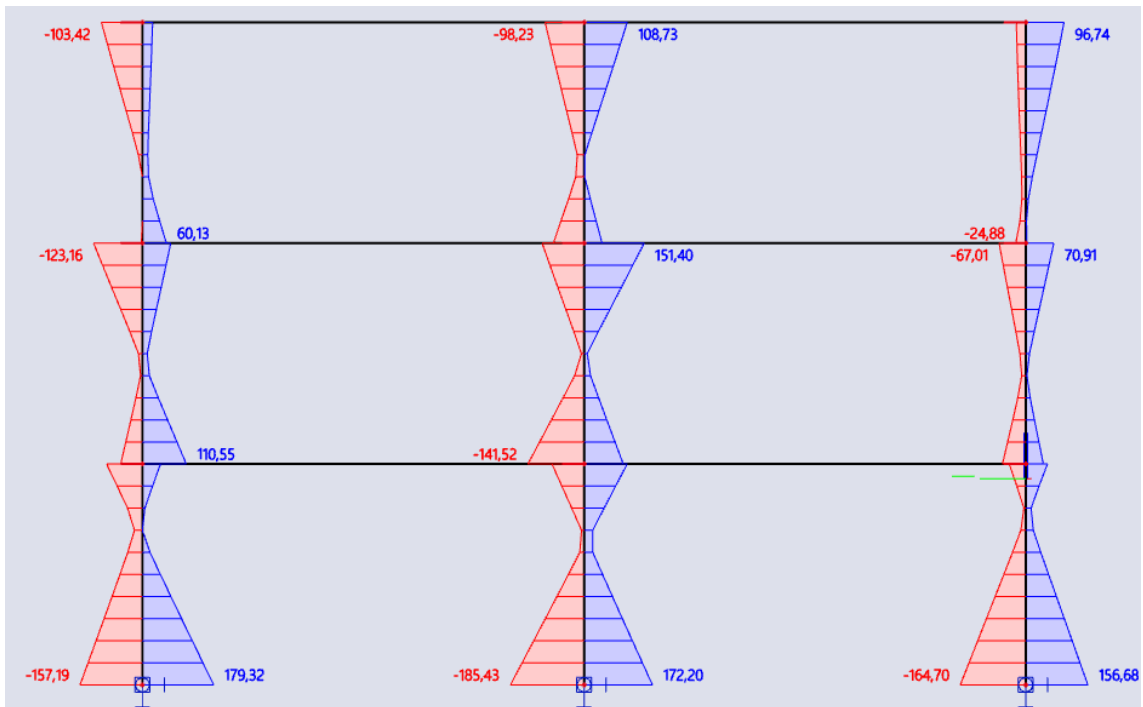
## 6.6. Potresna kombinacija – P – smjer y – rubni okvir



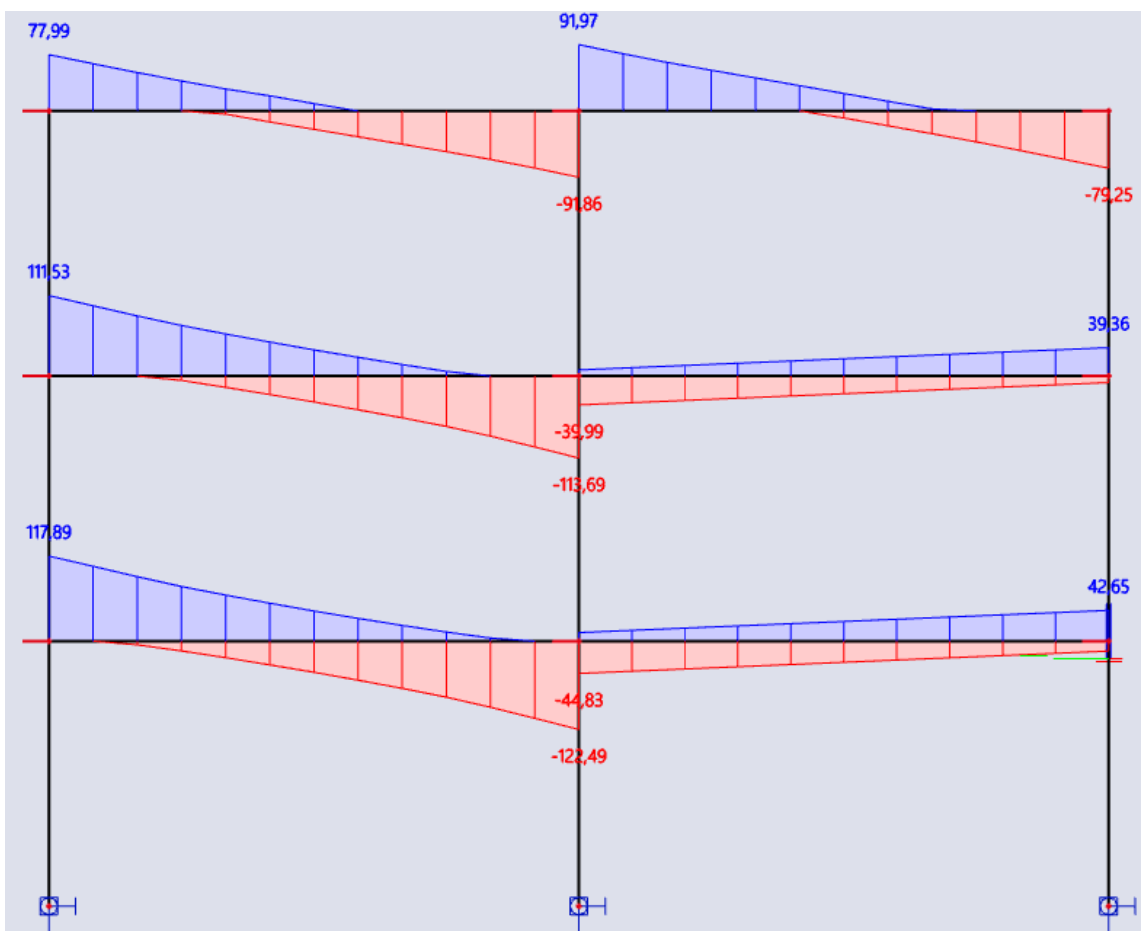
Slika 39: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P



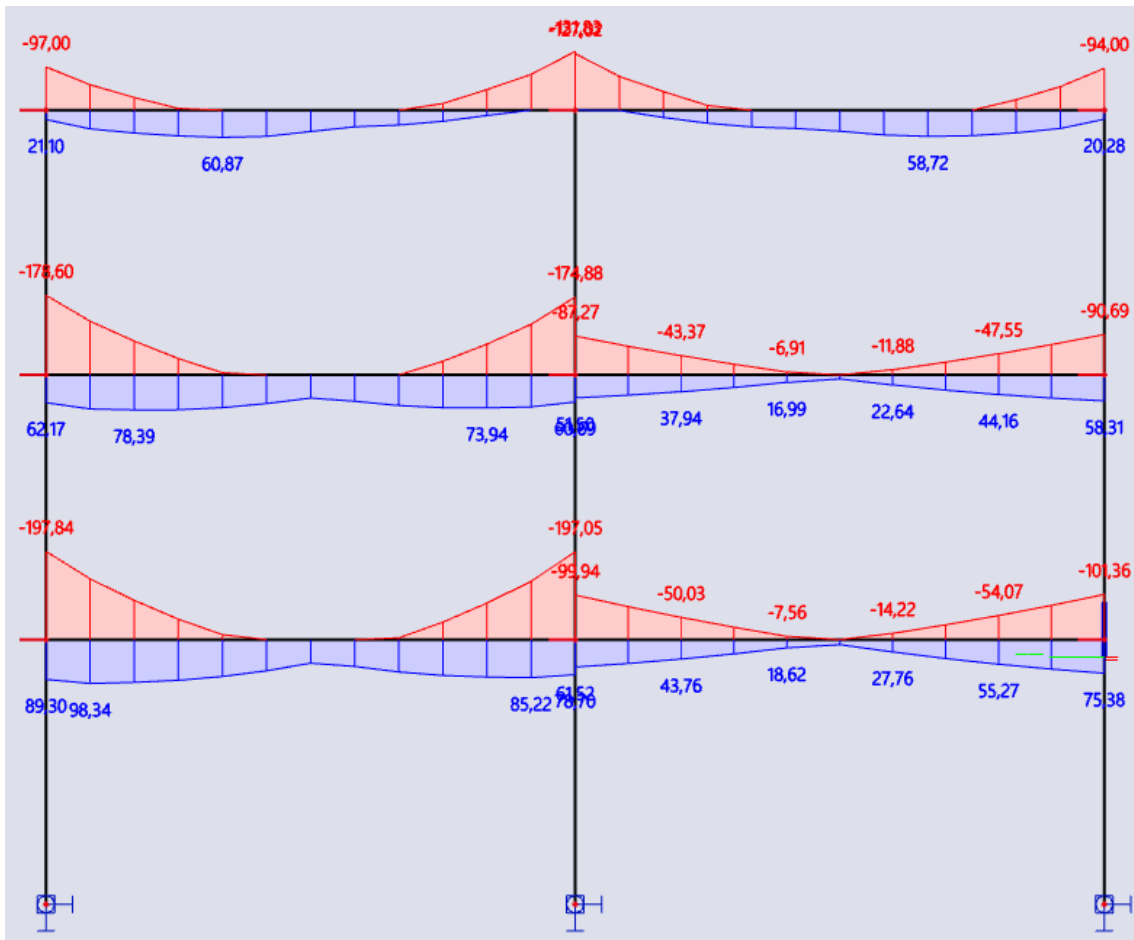
Slika 40: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P



Slika 41: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P

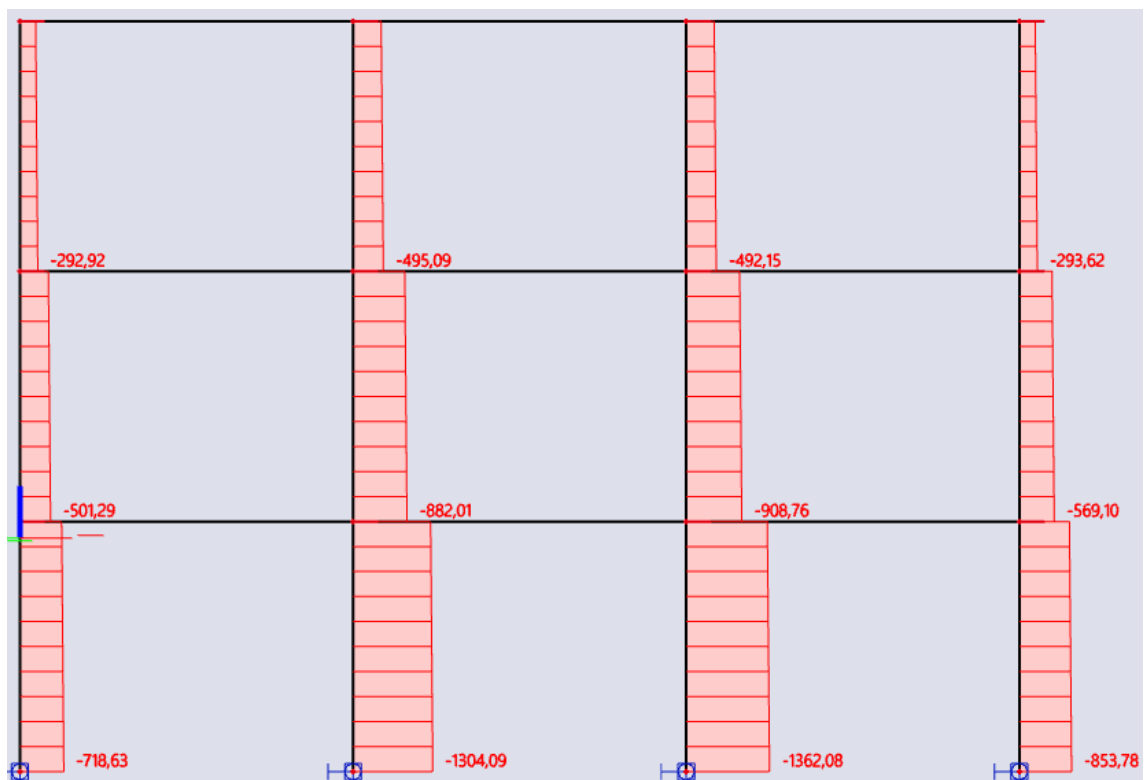


Slika 42: Dijagram poprečnih sila u gredama za P

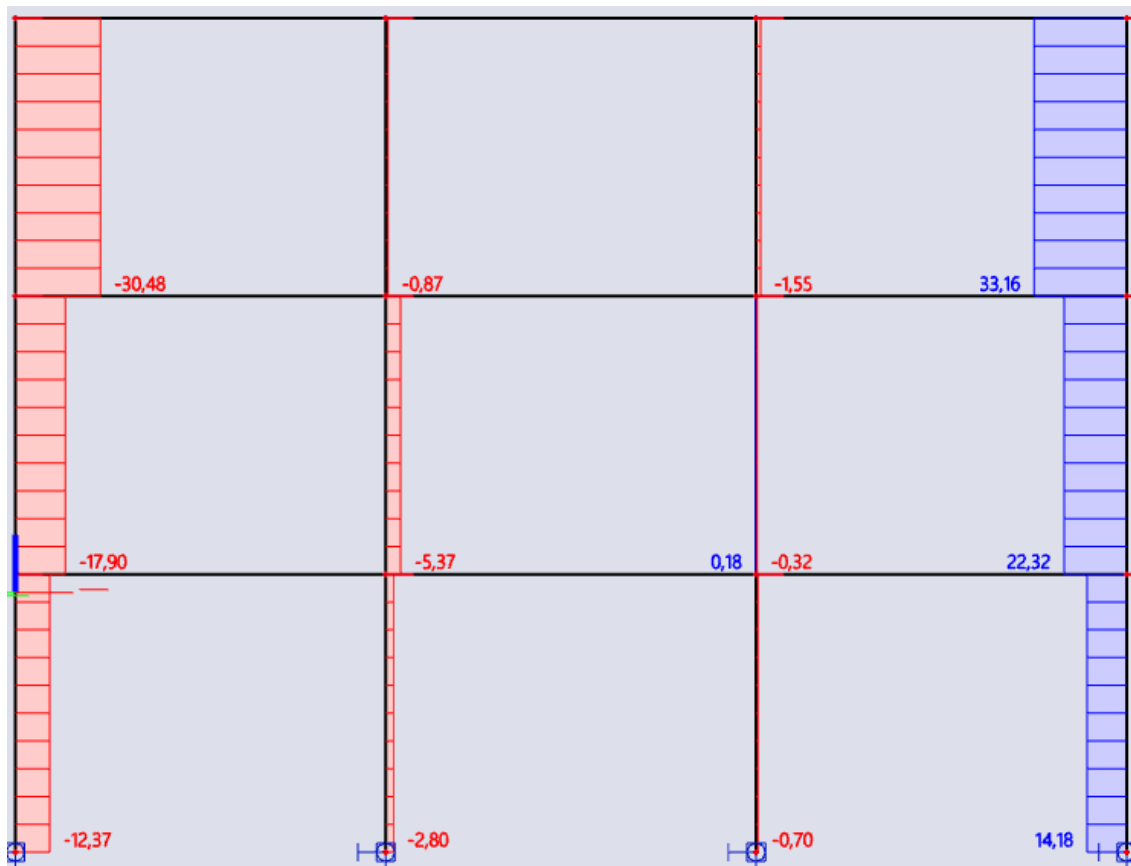


Slika 43: Dijagram momenata savijanja u gredama za P

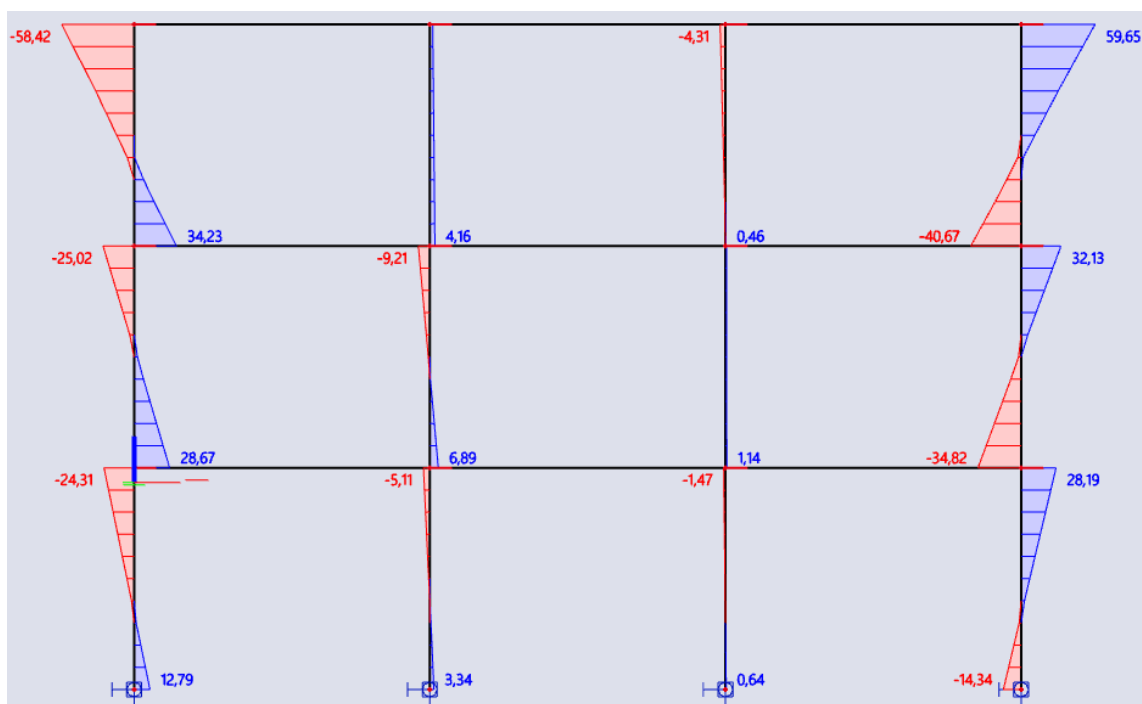
## 6.7. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer x – srednji okvir



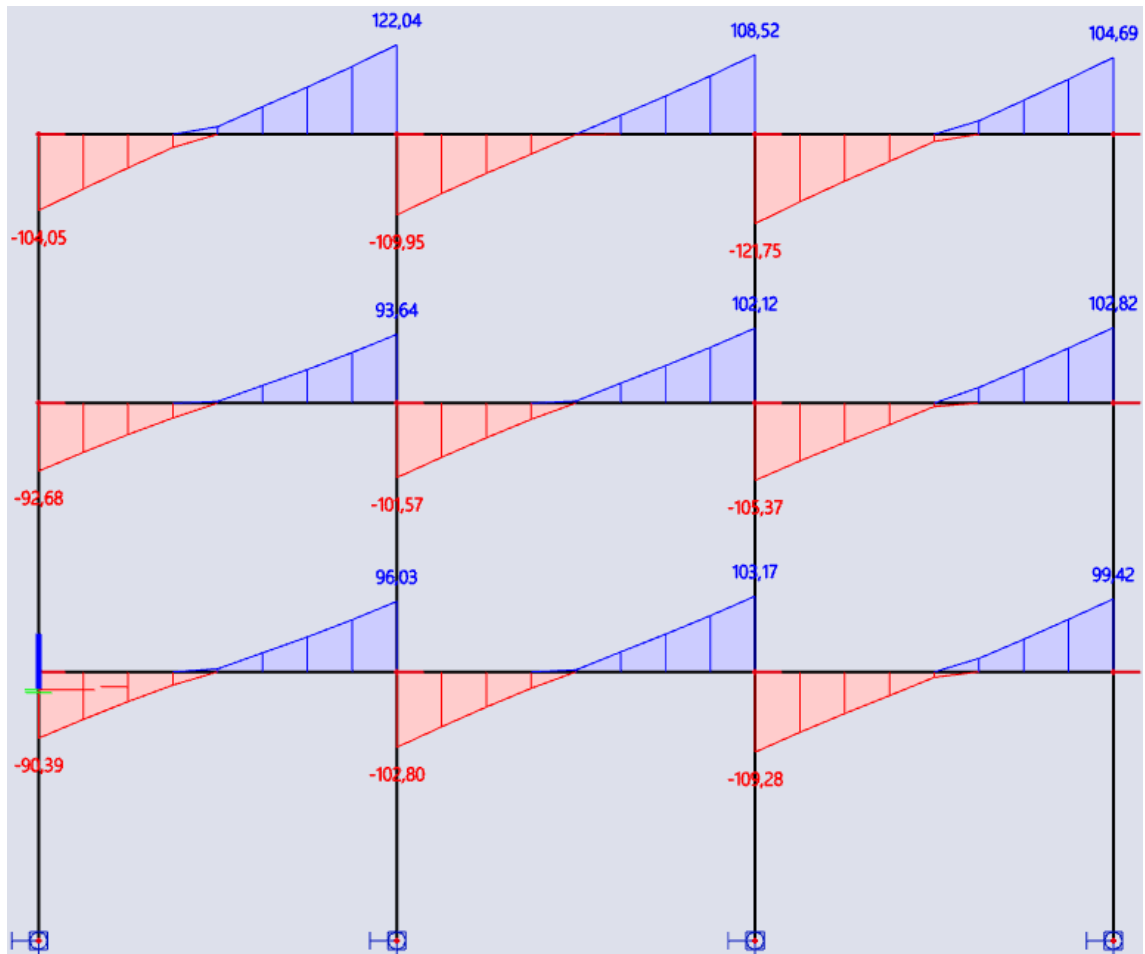
Slika 44: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN



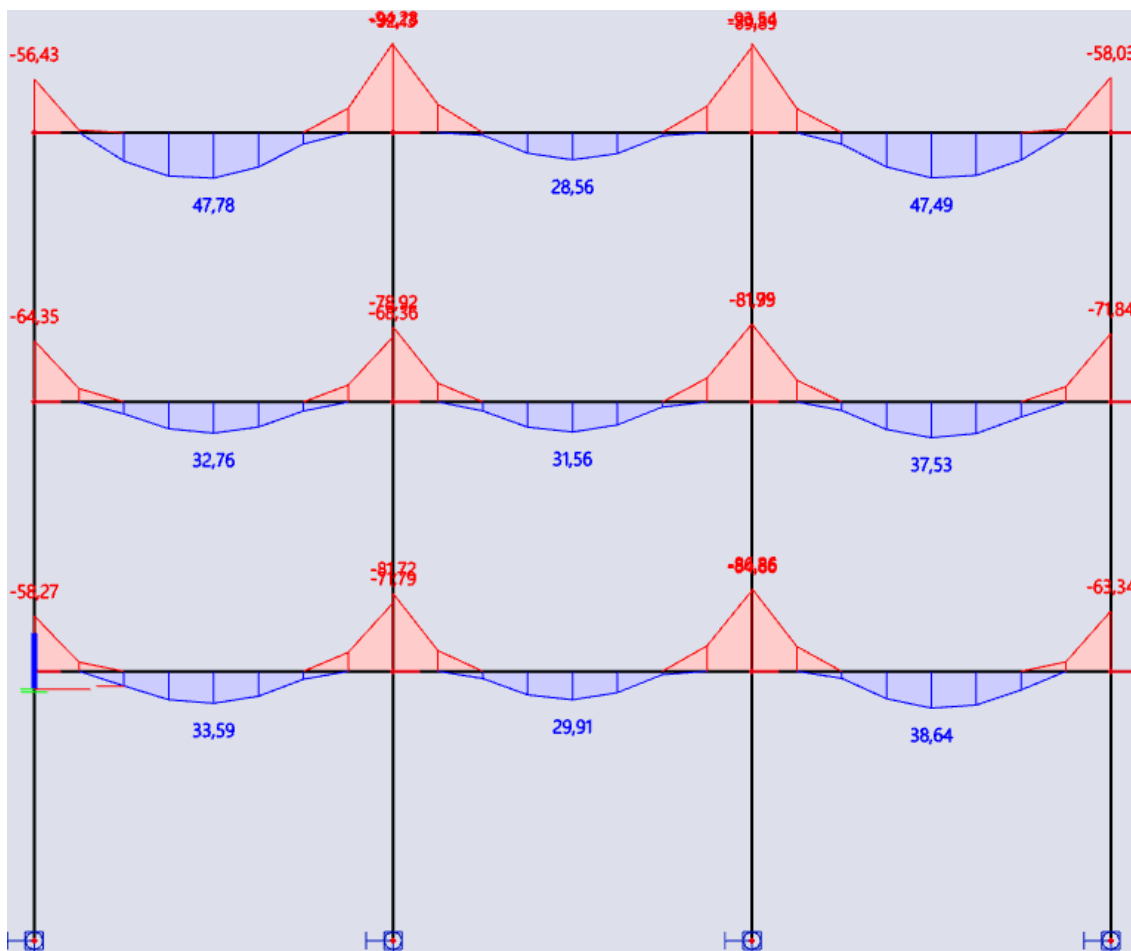
Slika 45: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN



Slika 46: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN

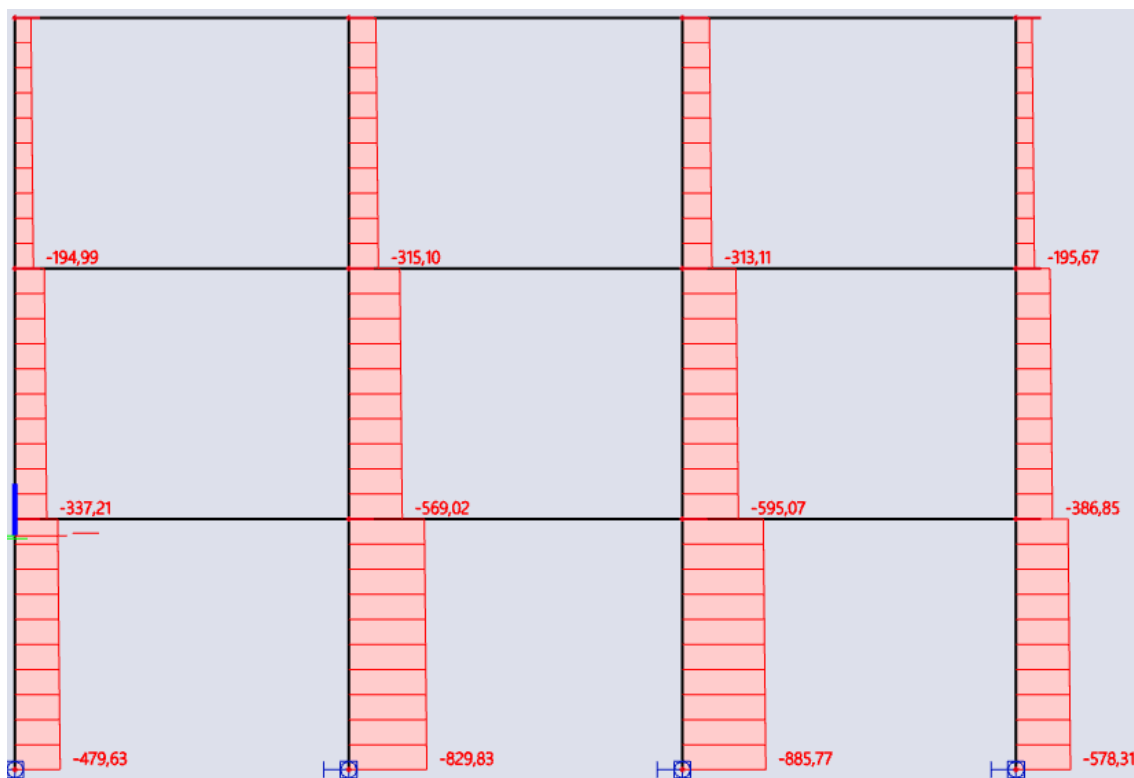


Slika 47: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN

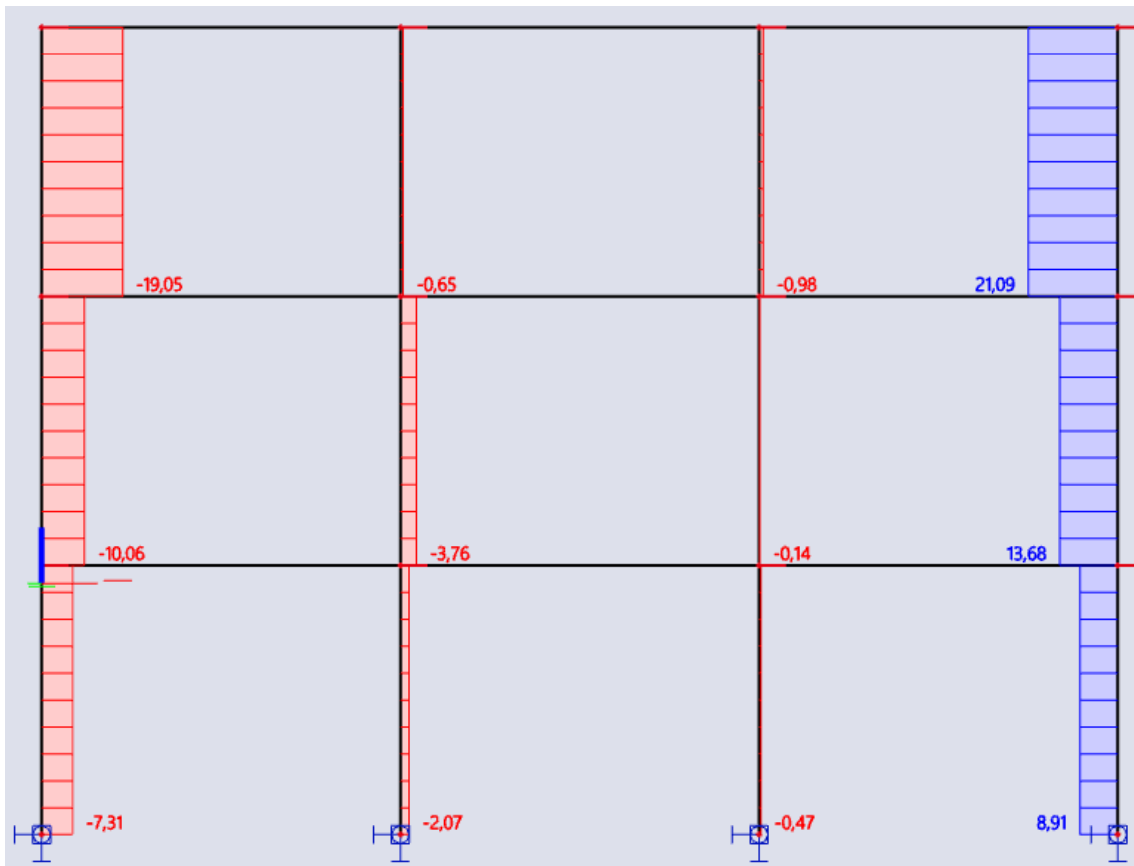


Slika 48: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN

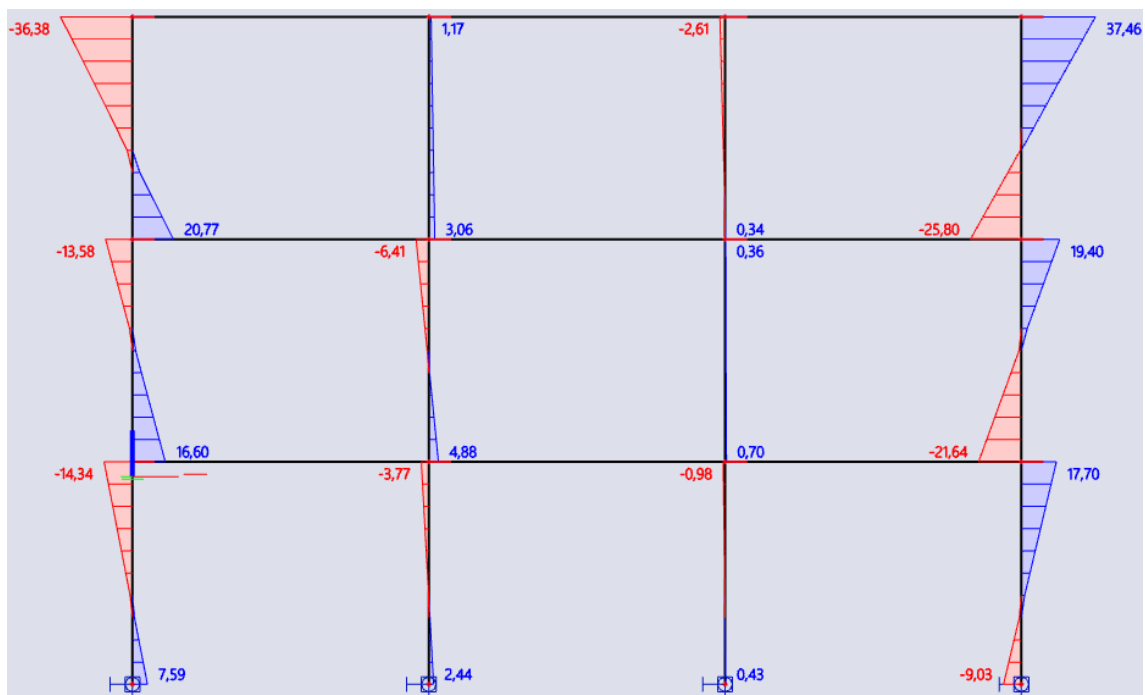


**6.8. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer x – srednji okvir**

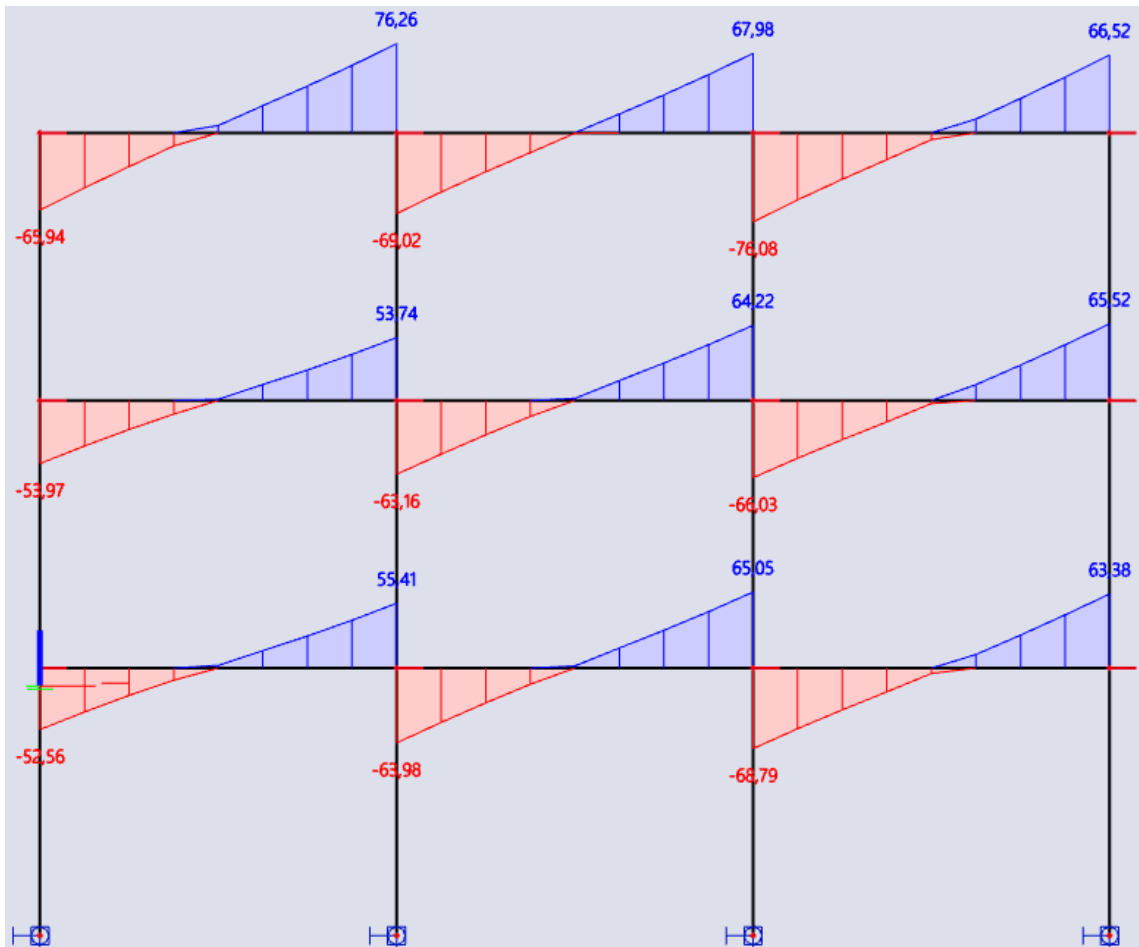
Slika 49: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS



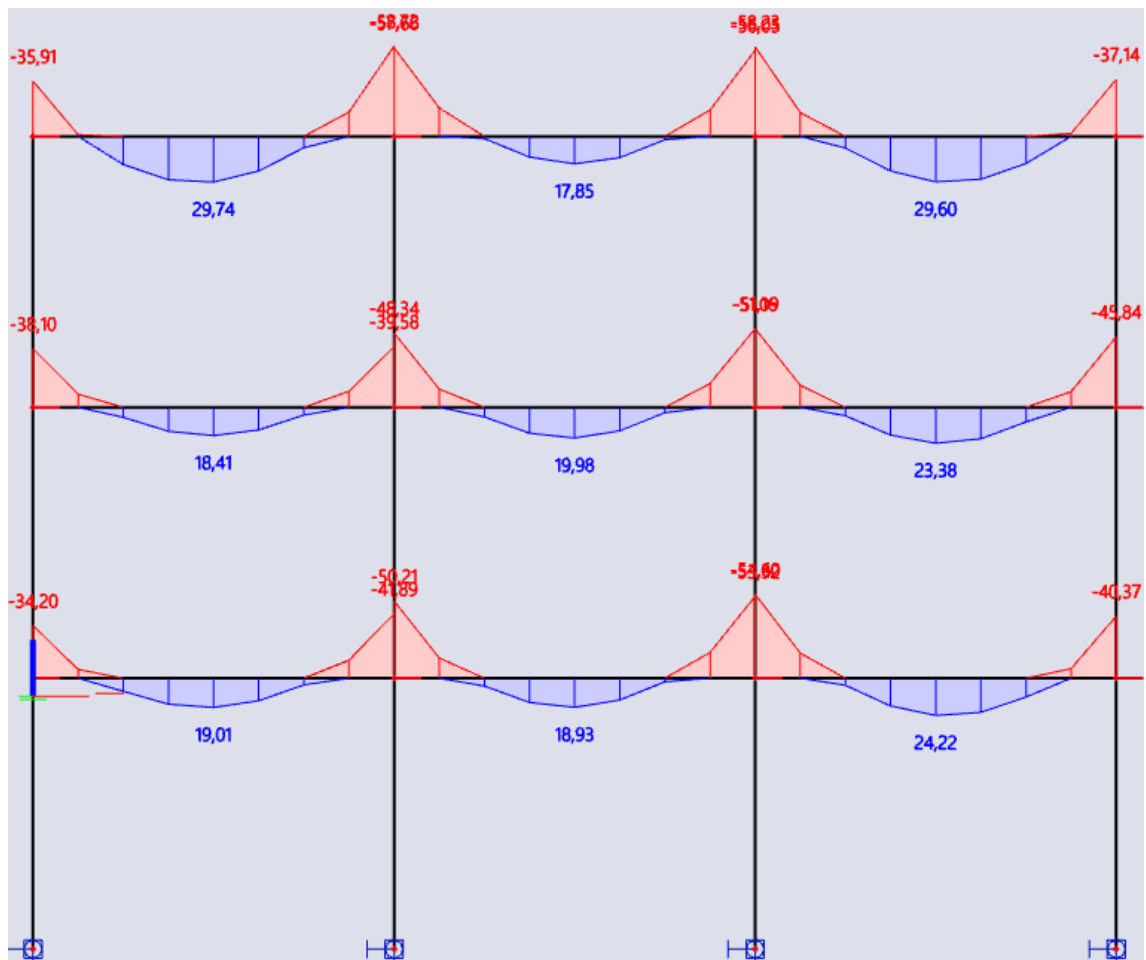
Slika 50: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS



Slika 51: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS

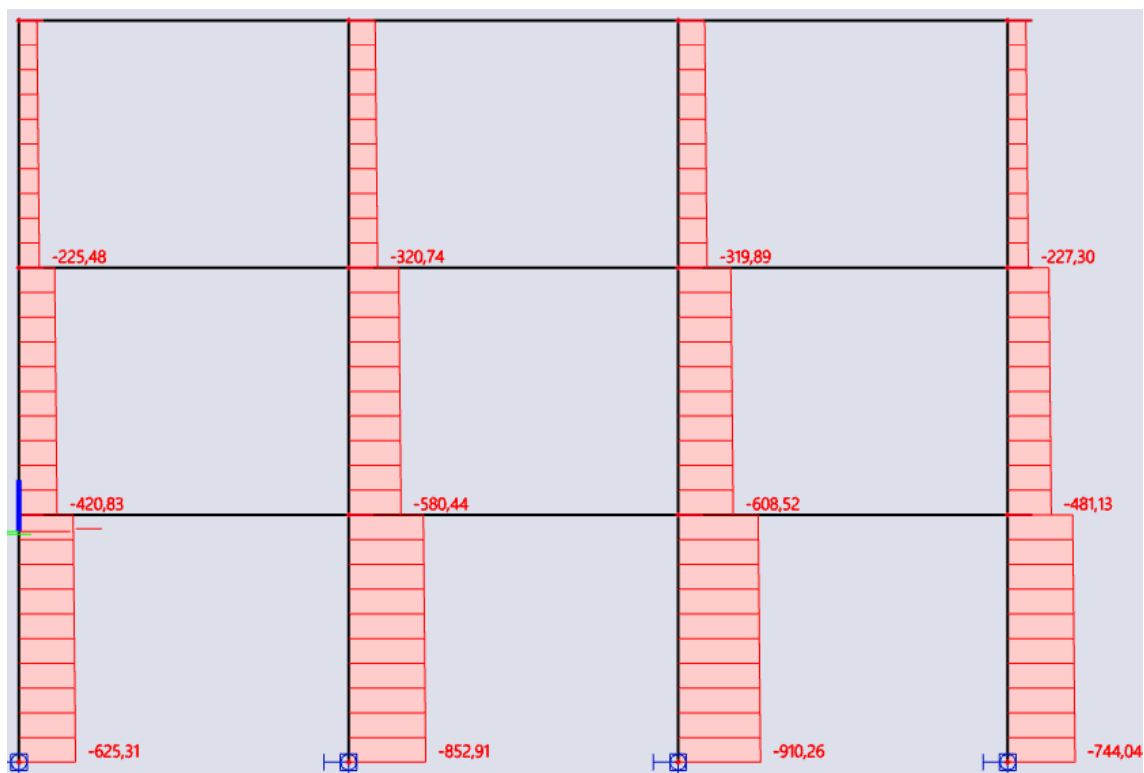


Slika 52: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS

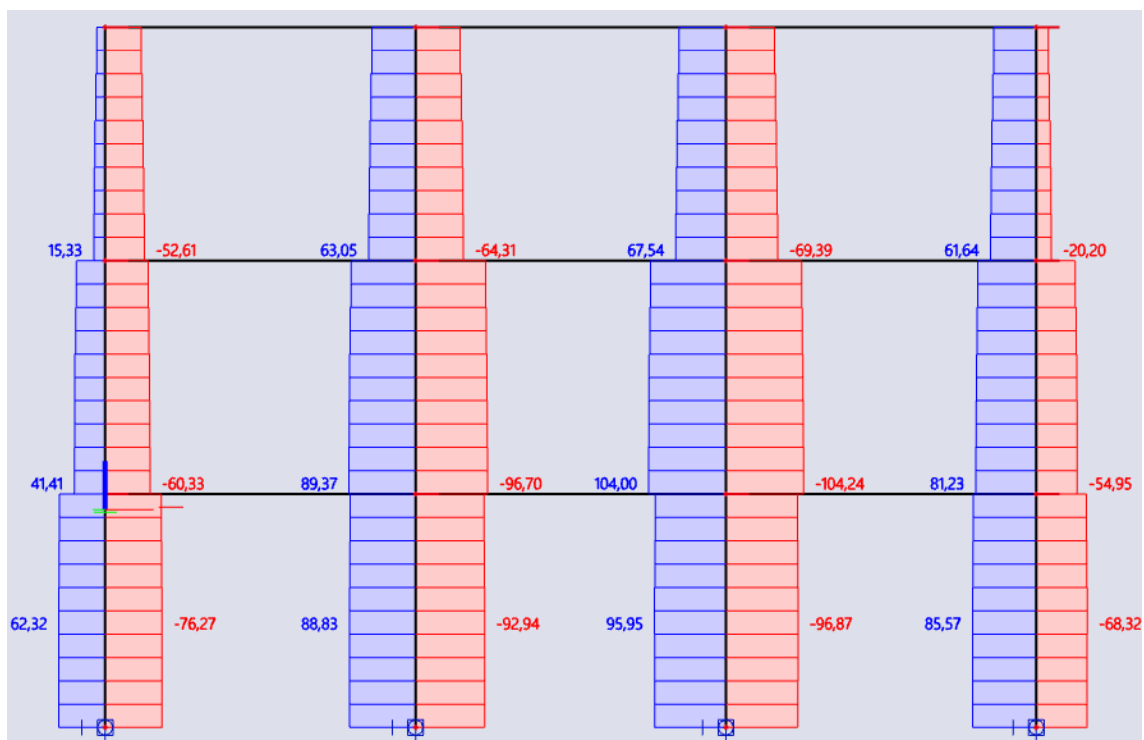


Slika 53: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS

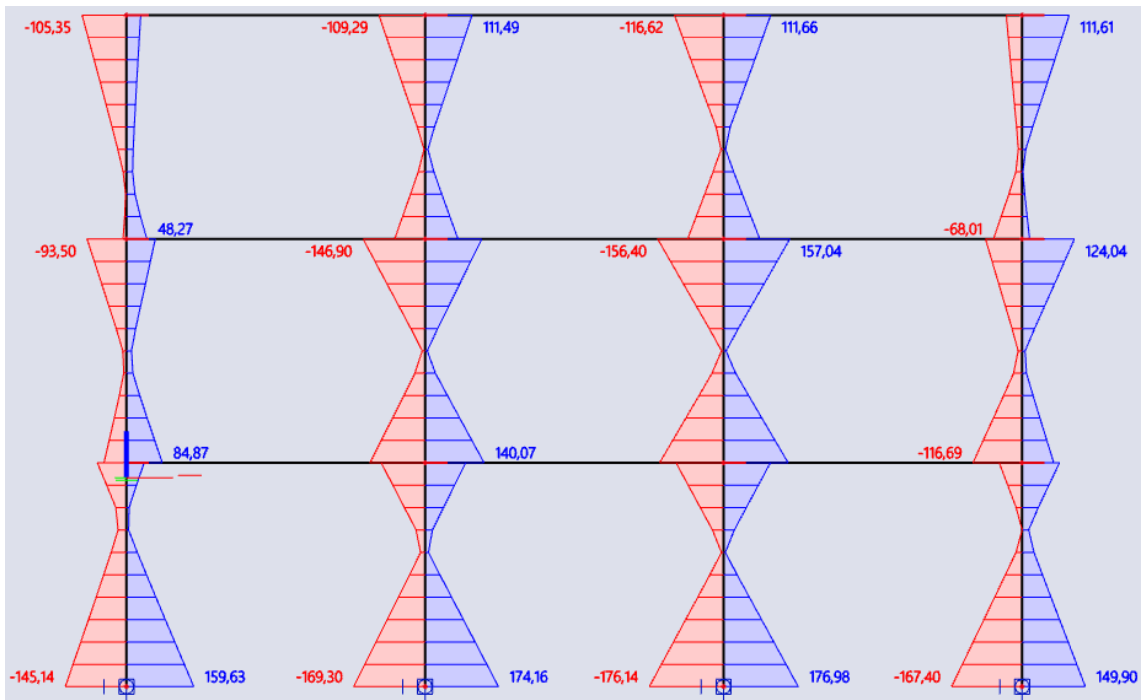
## 6.9. Potresna kombinacija – P – smjer x – srednji okvir



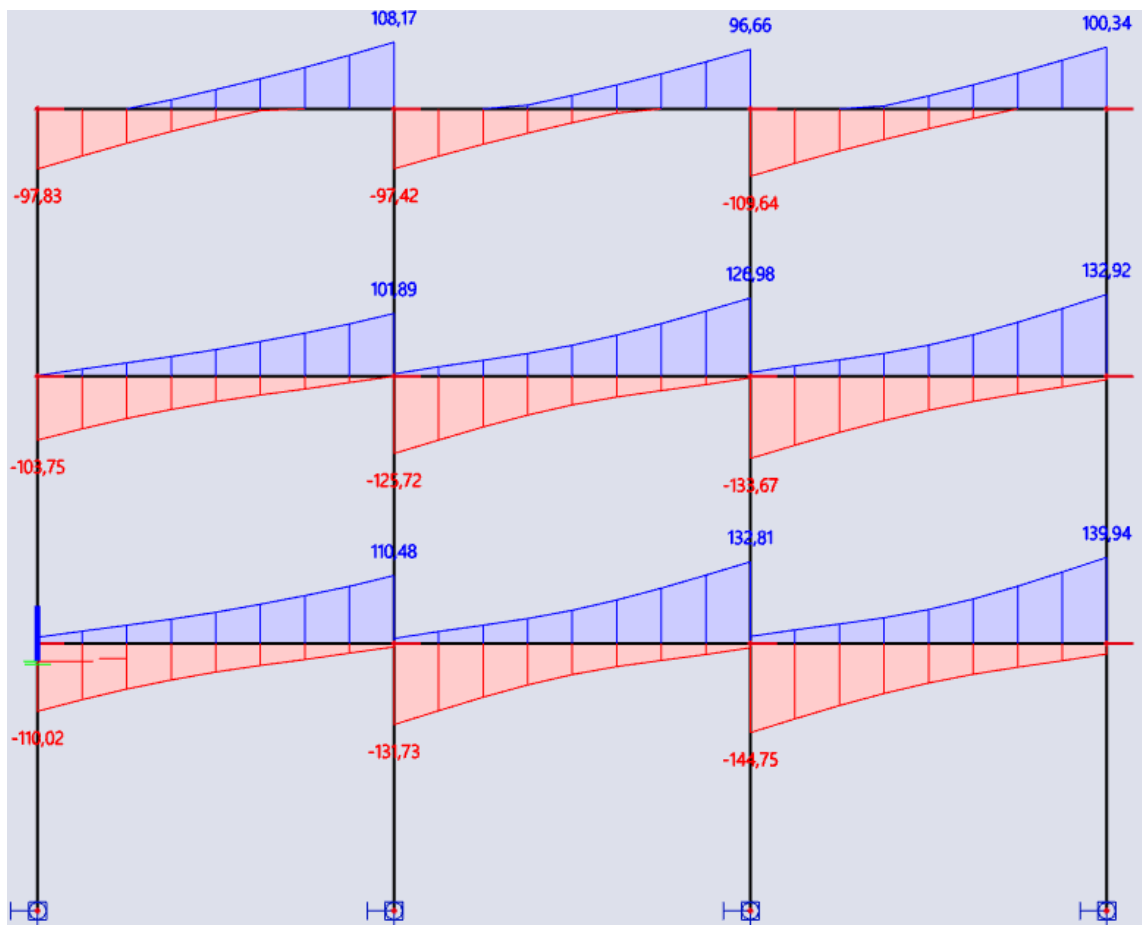
Slika 54: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P



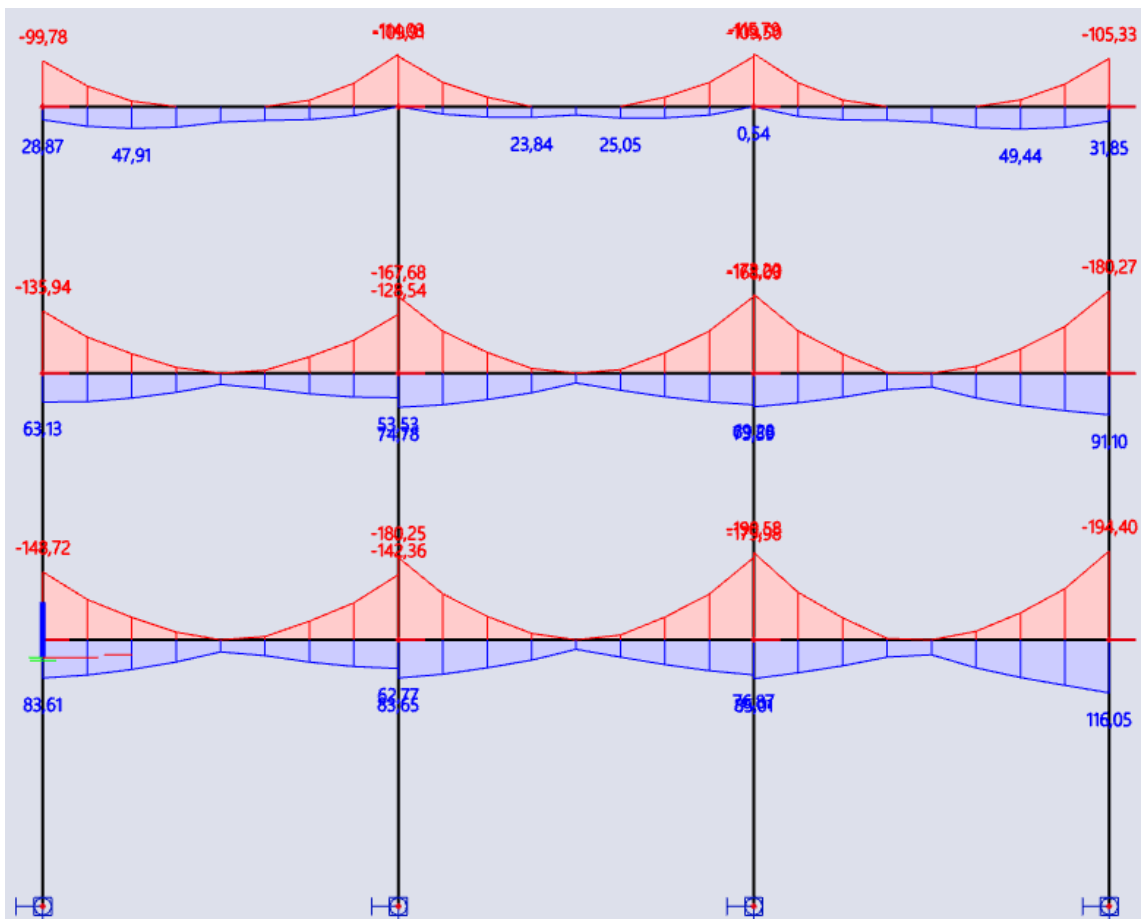
Slika 55: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P



Slika 56: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P

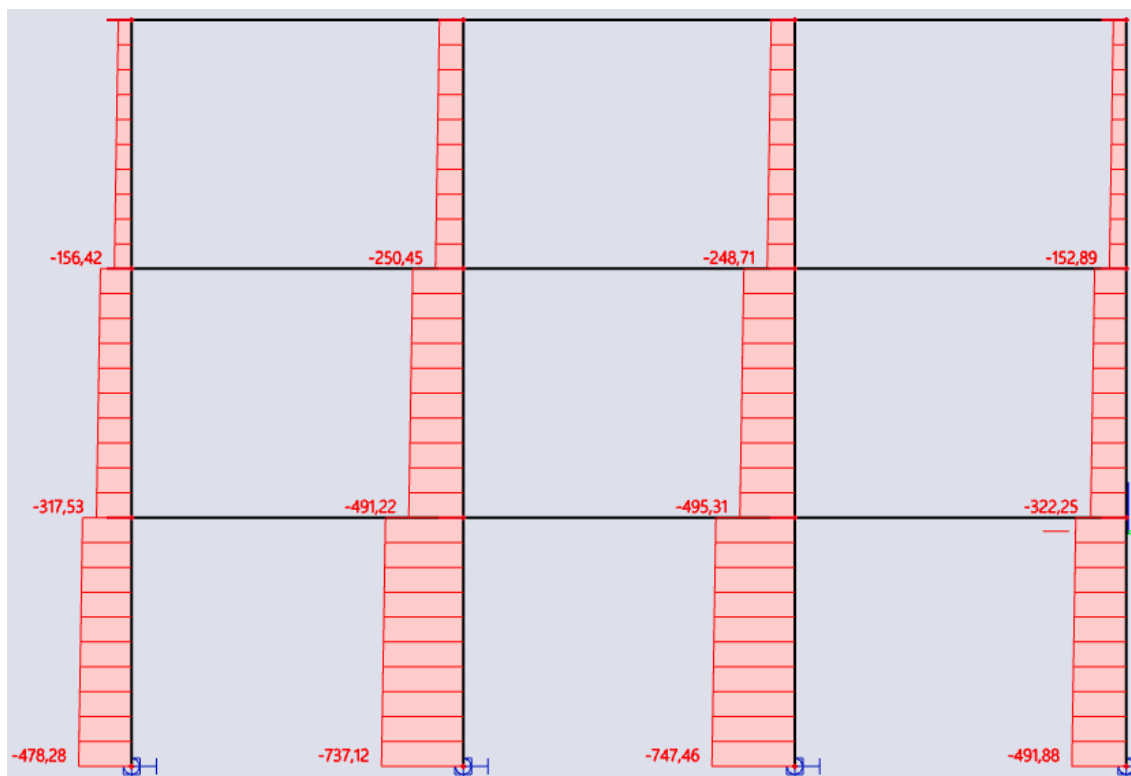


Slika 57: Dijagram poprečnih sila u gredama za P



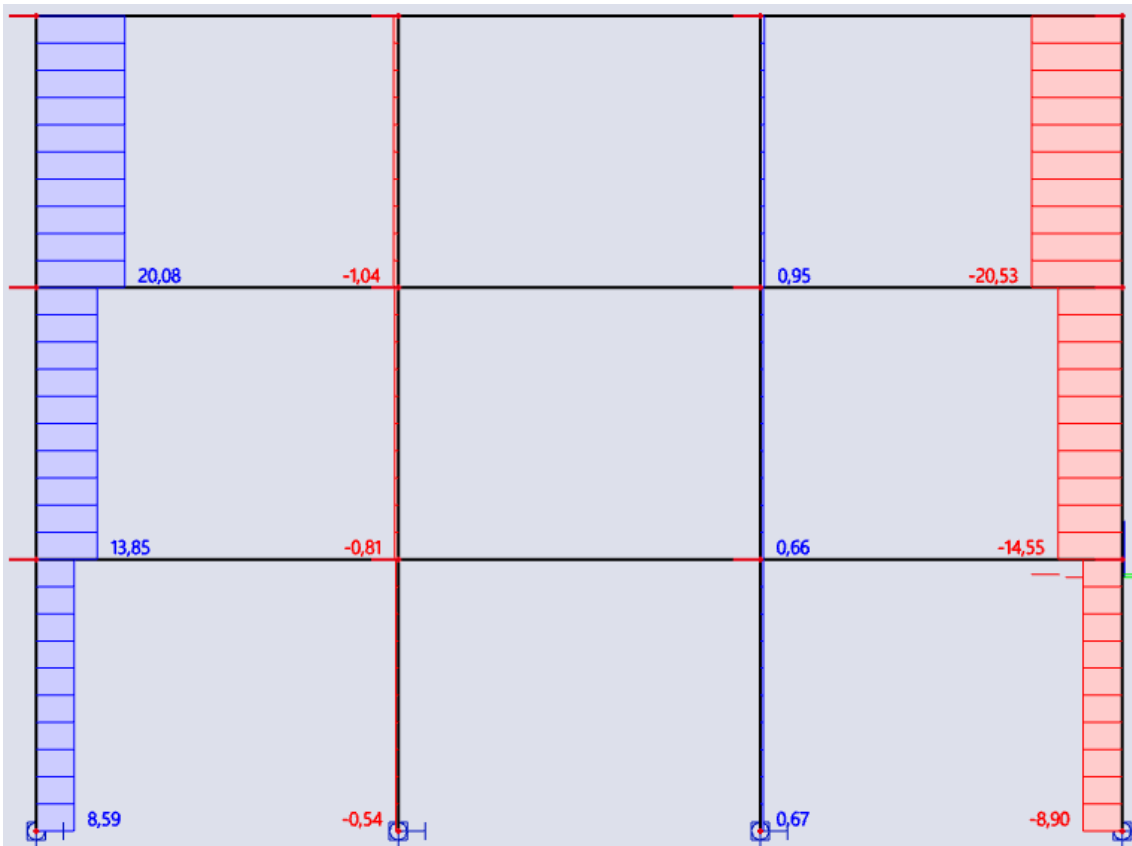
Slika 58: Dijagram momenata savijanja u gredama za P

## 6.10. Granično stanje nosivosti – GSN – smjer x – rubni okvir

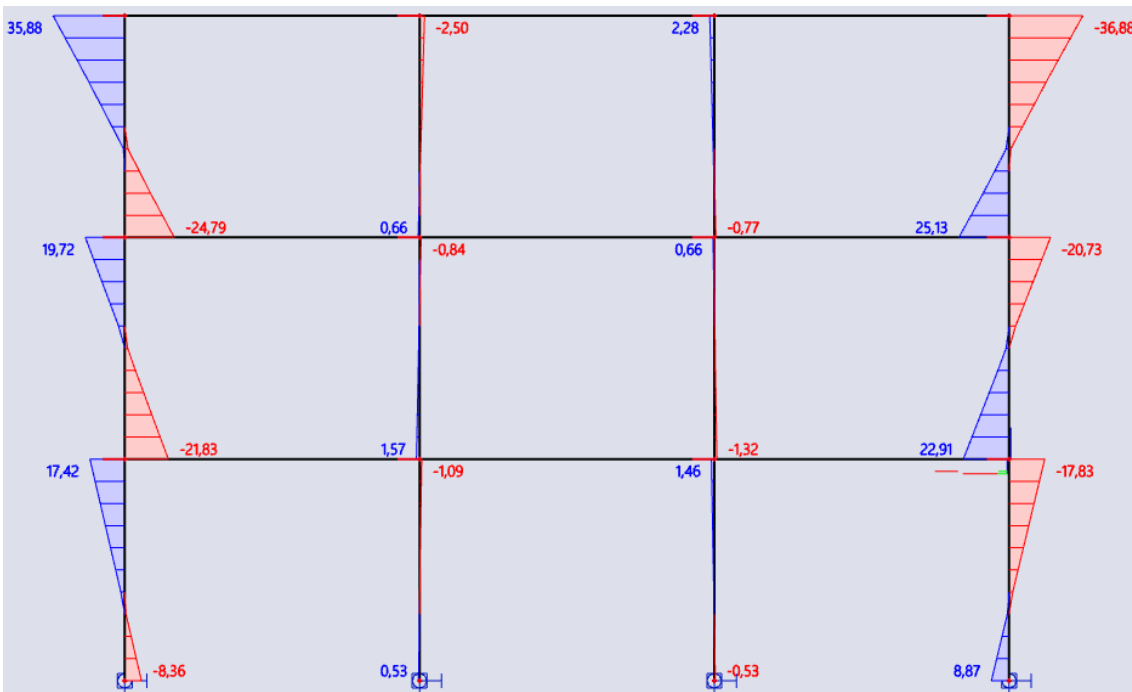


Slika 59: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN

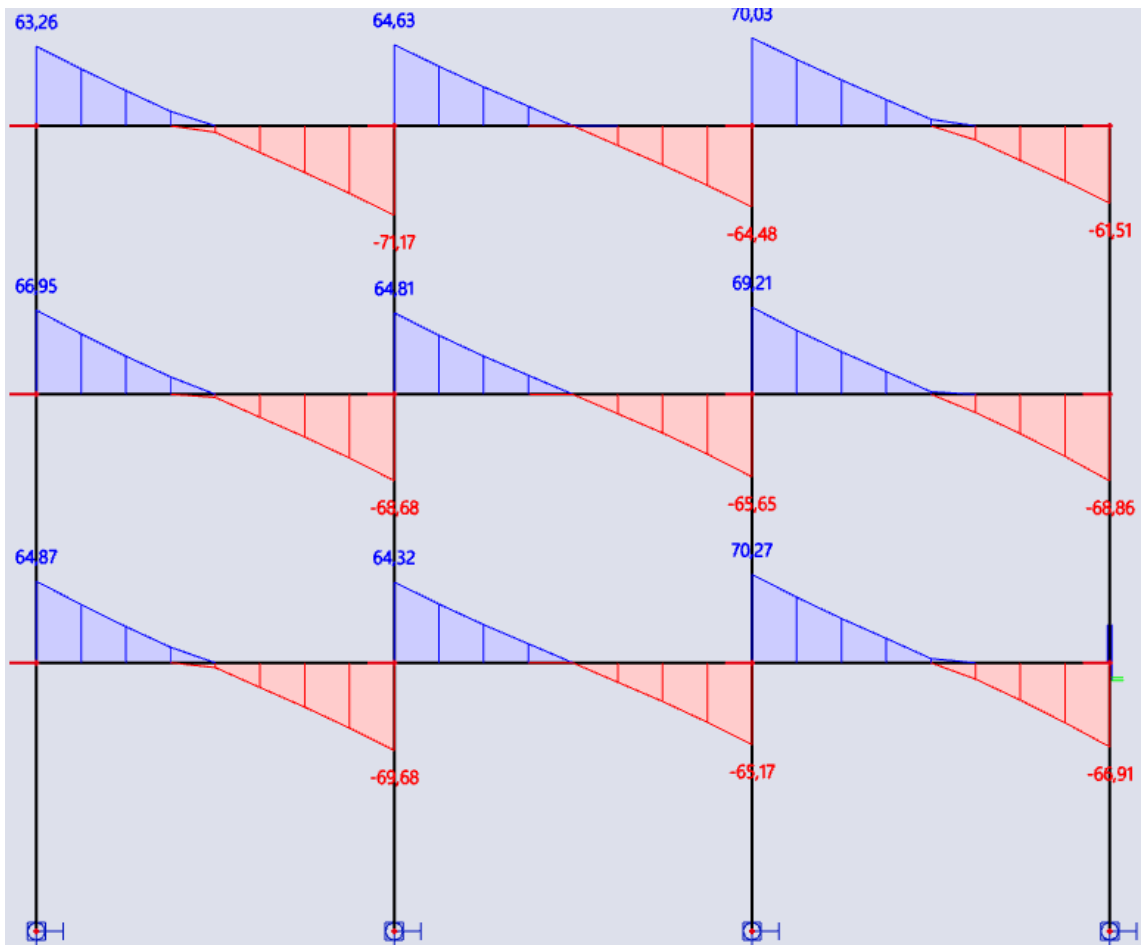




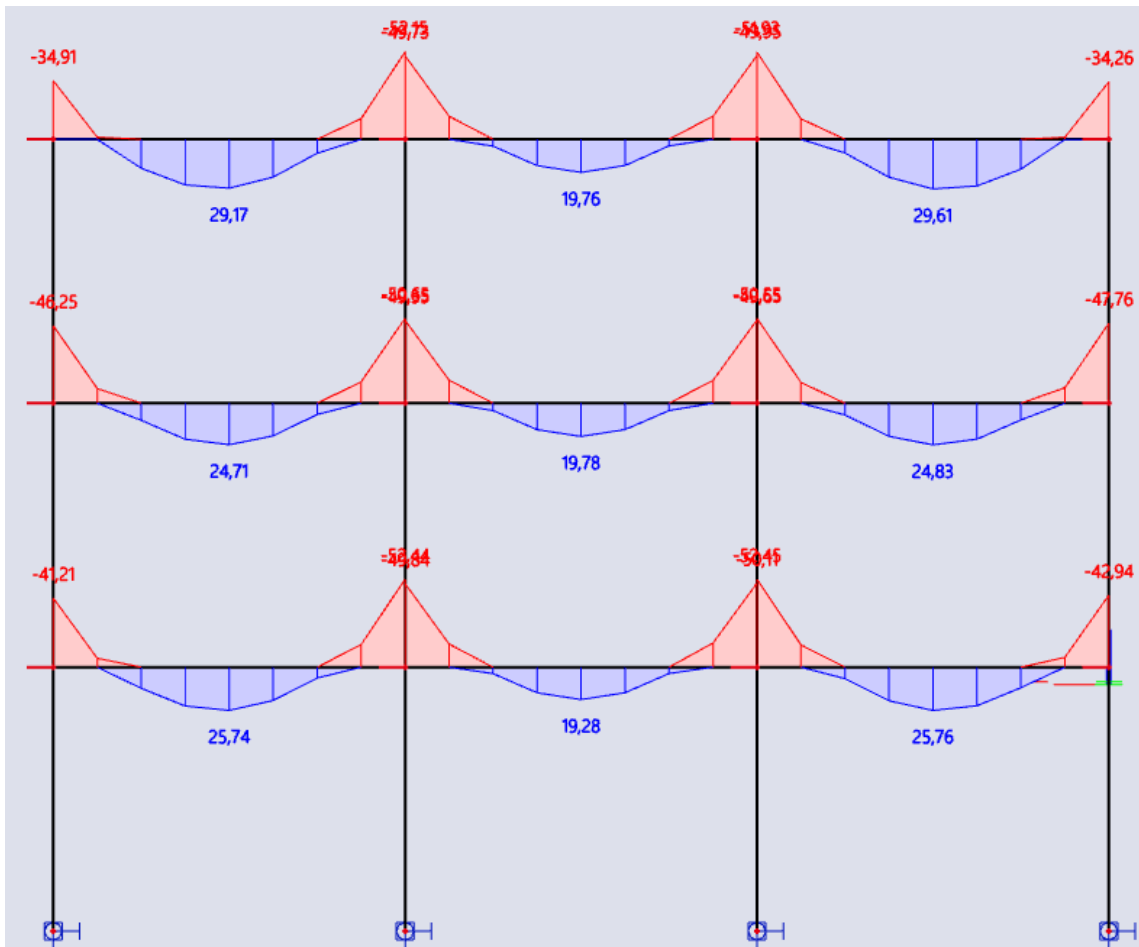
Slika 60: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN



Slika 61: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN

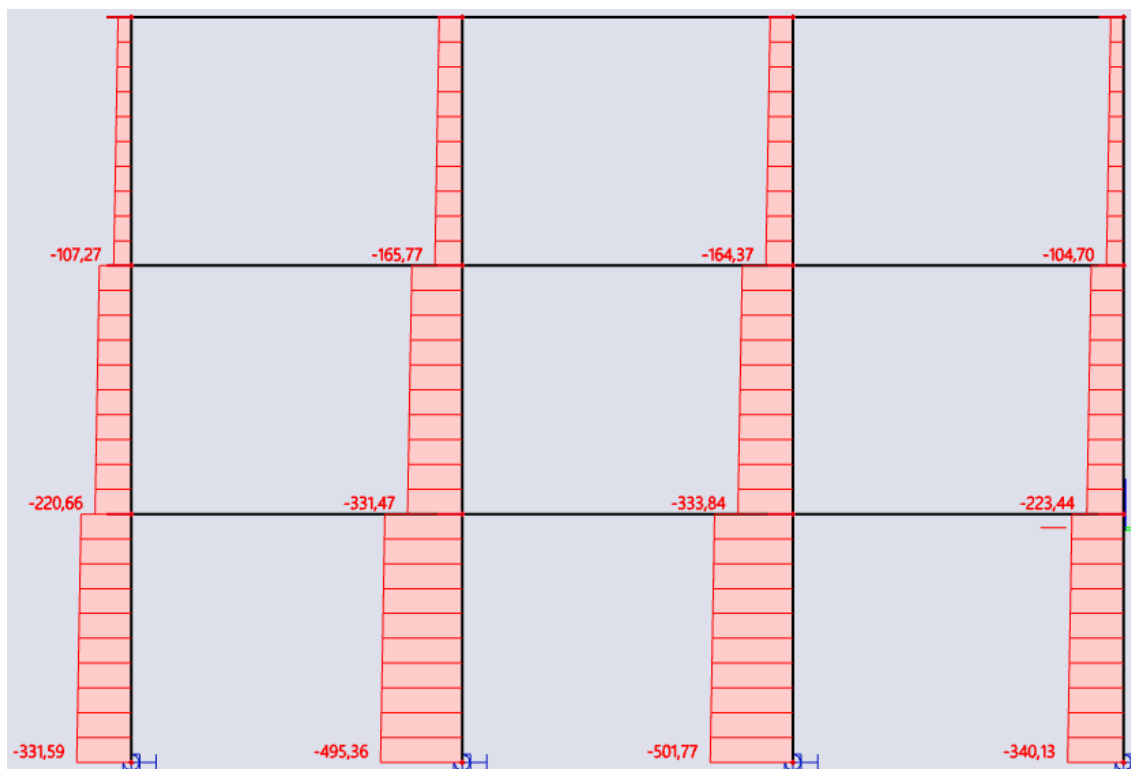


Slika 62: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN

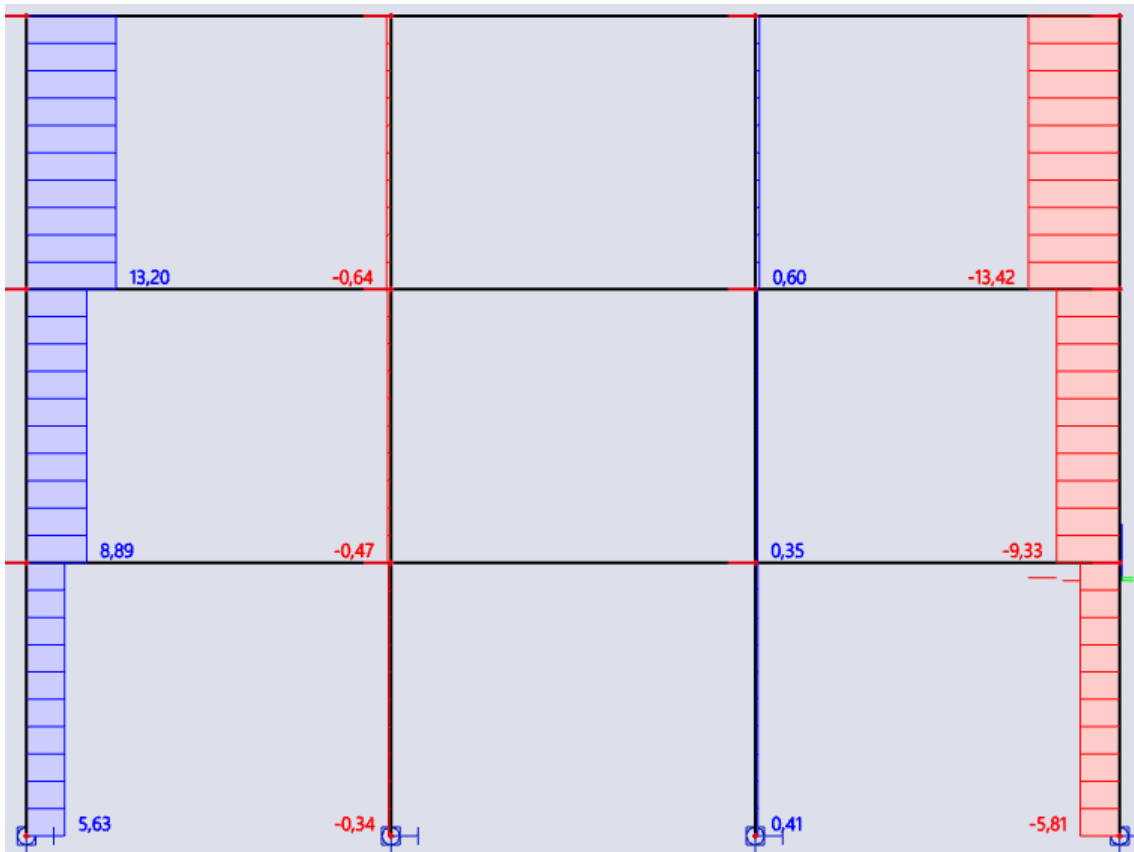


Slika 63: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN

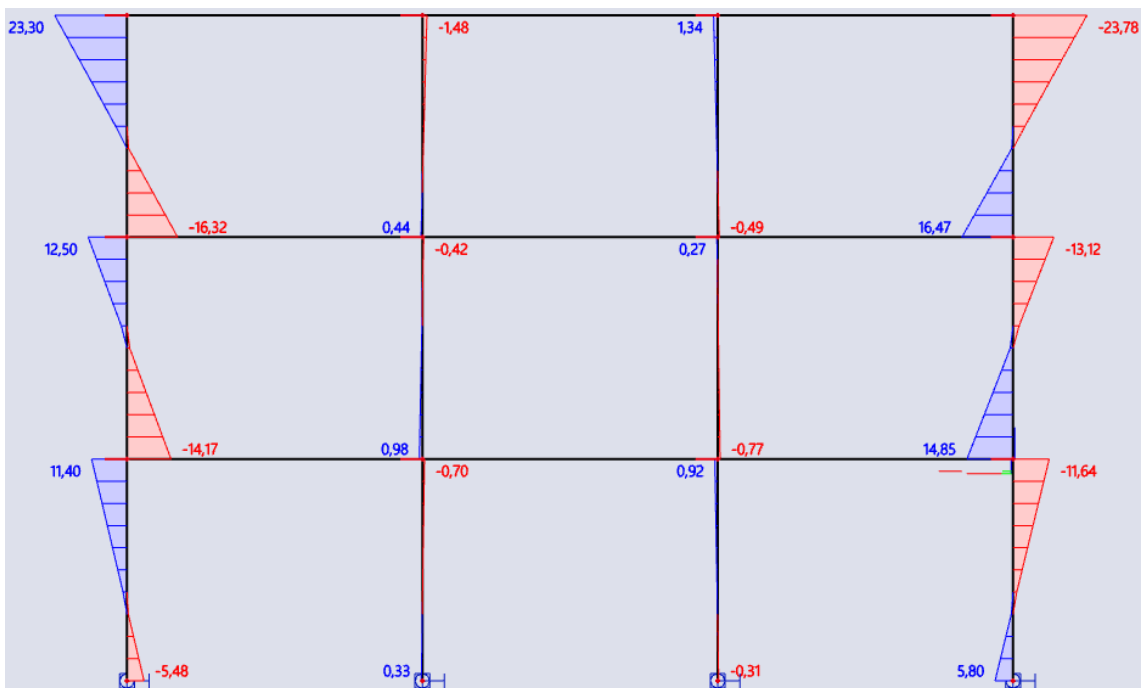
## 6.11. Nazovi-stalna kombinacija – NZS – smjer x – rubni okvir



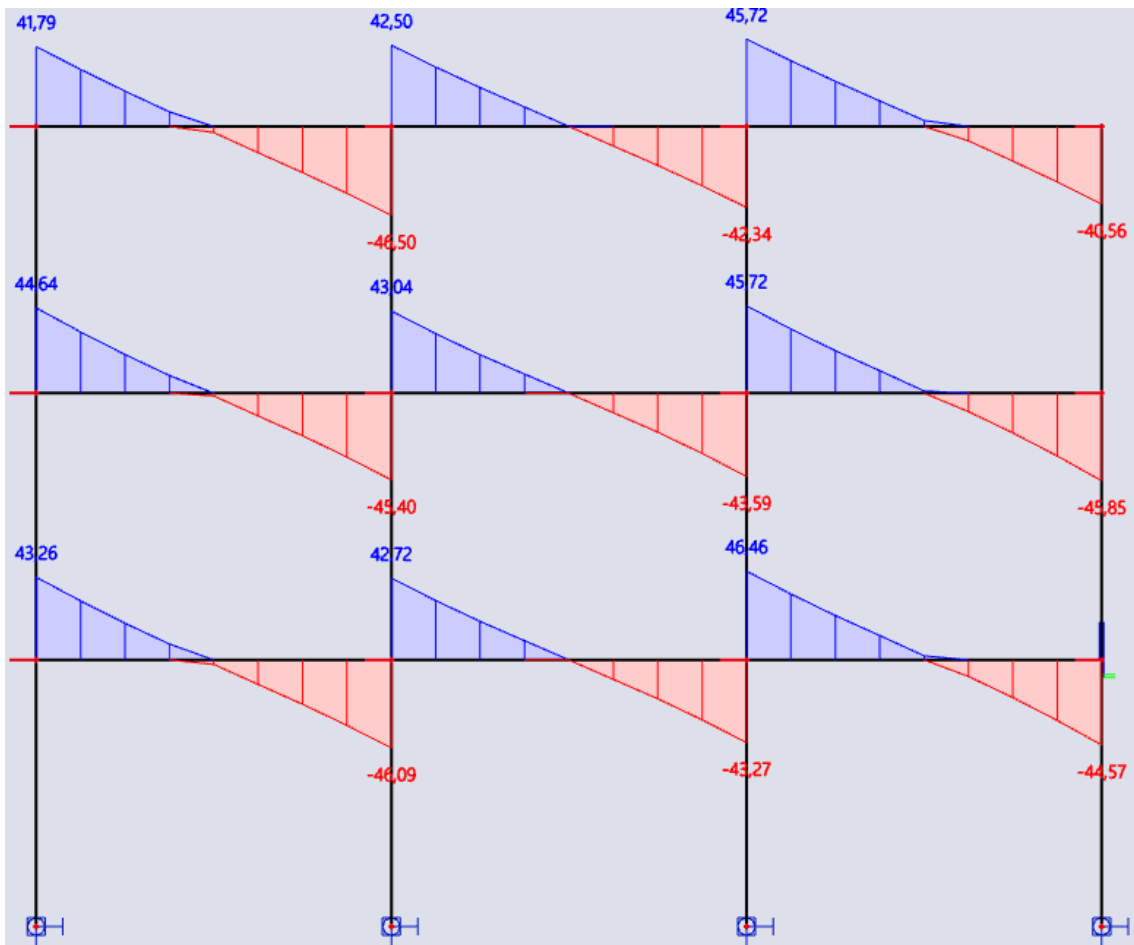
Slika 64: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS



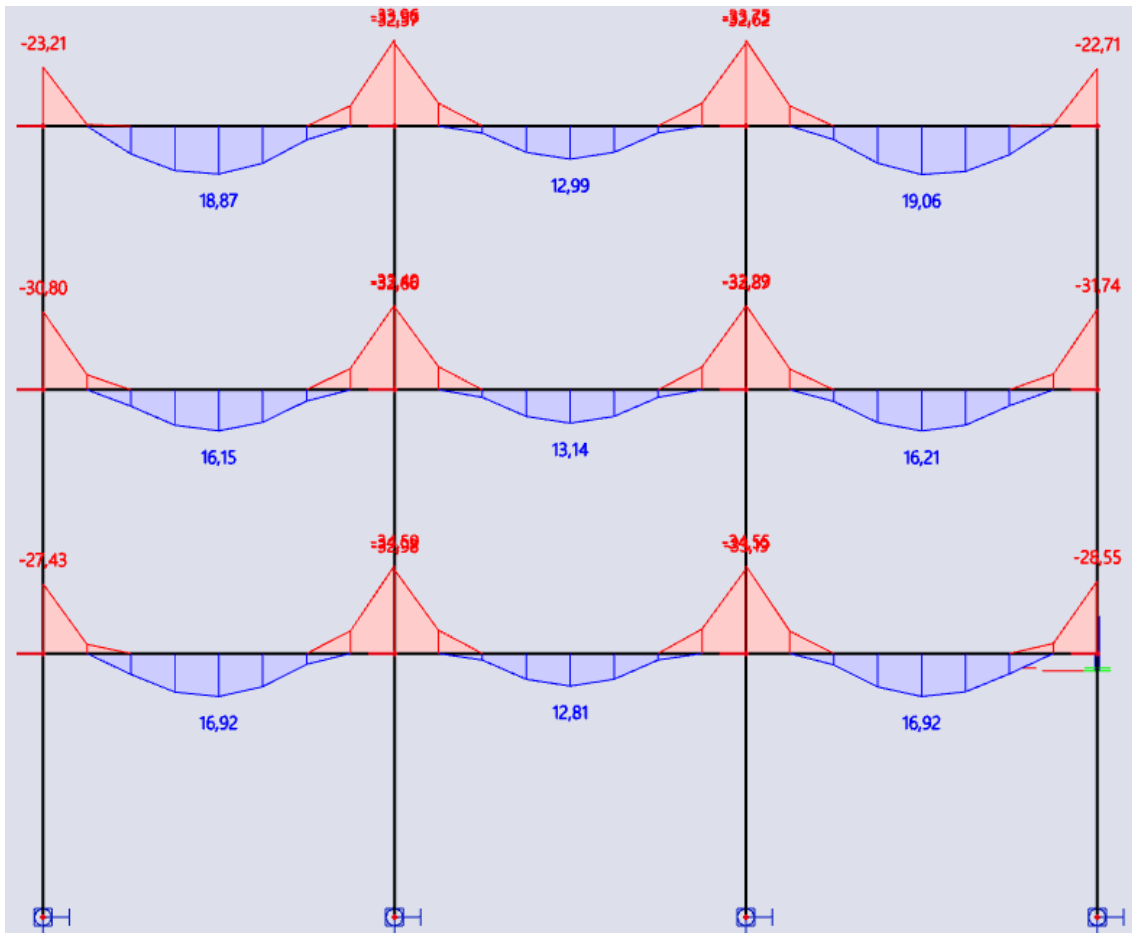
Slika 65: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS



Slika 66: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS

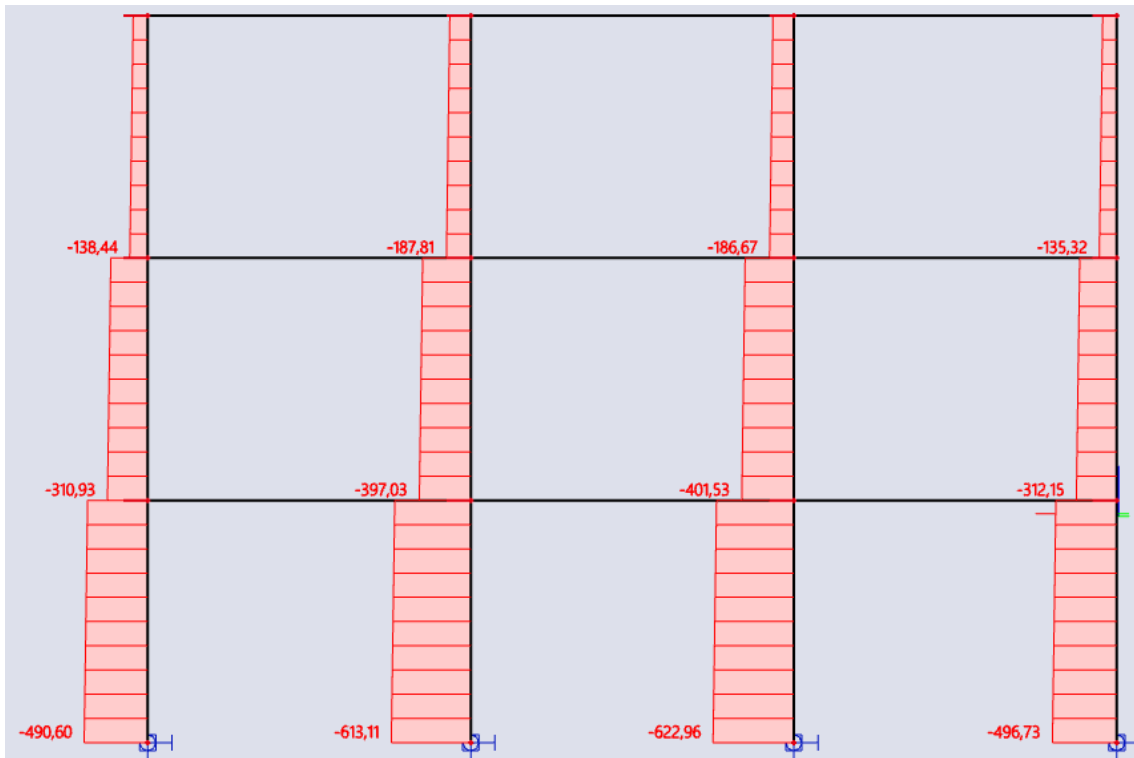


Slika 67: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS

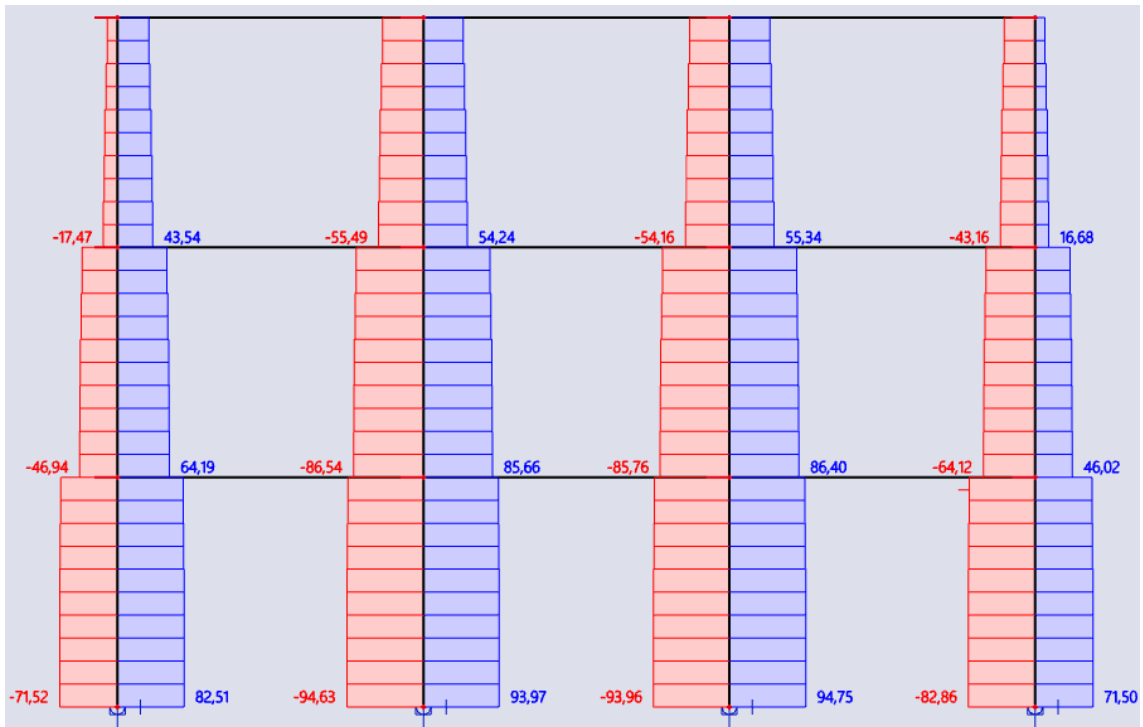


Slika 68: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS

## 6.12. Potresna kombinacija – P – smjer x – rubni okvir

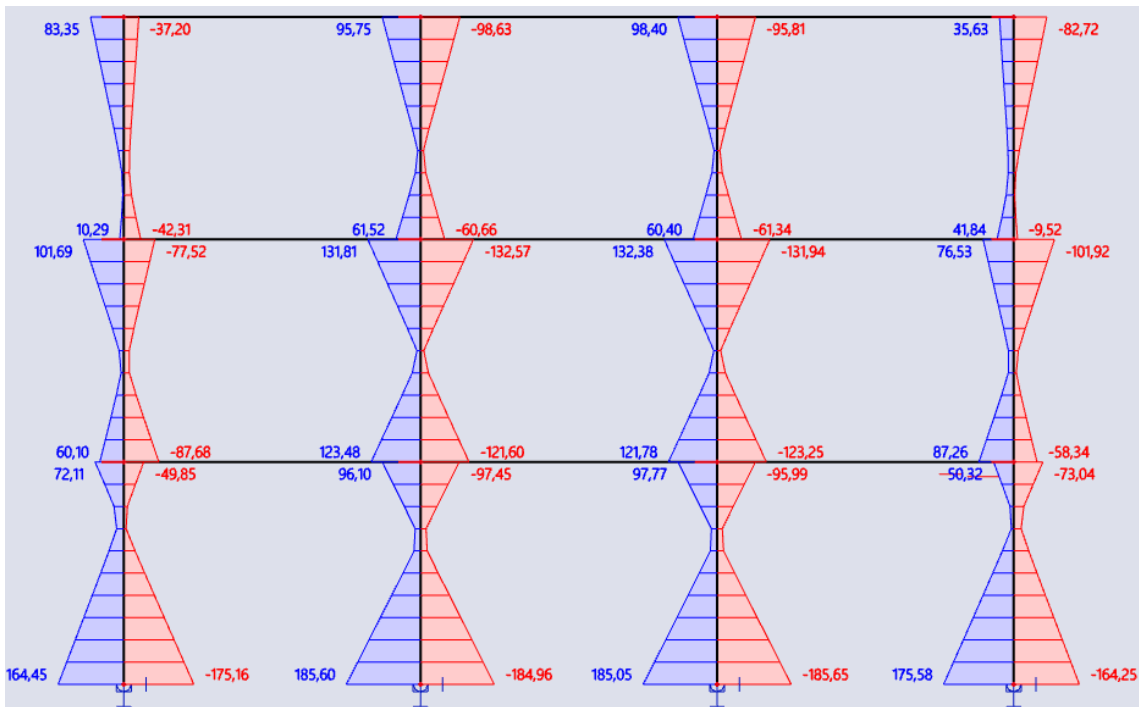


Slika 69: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P

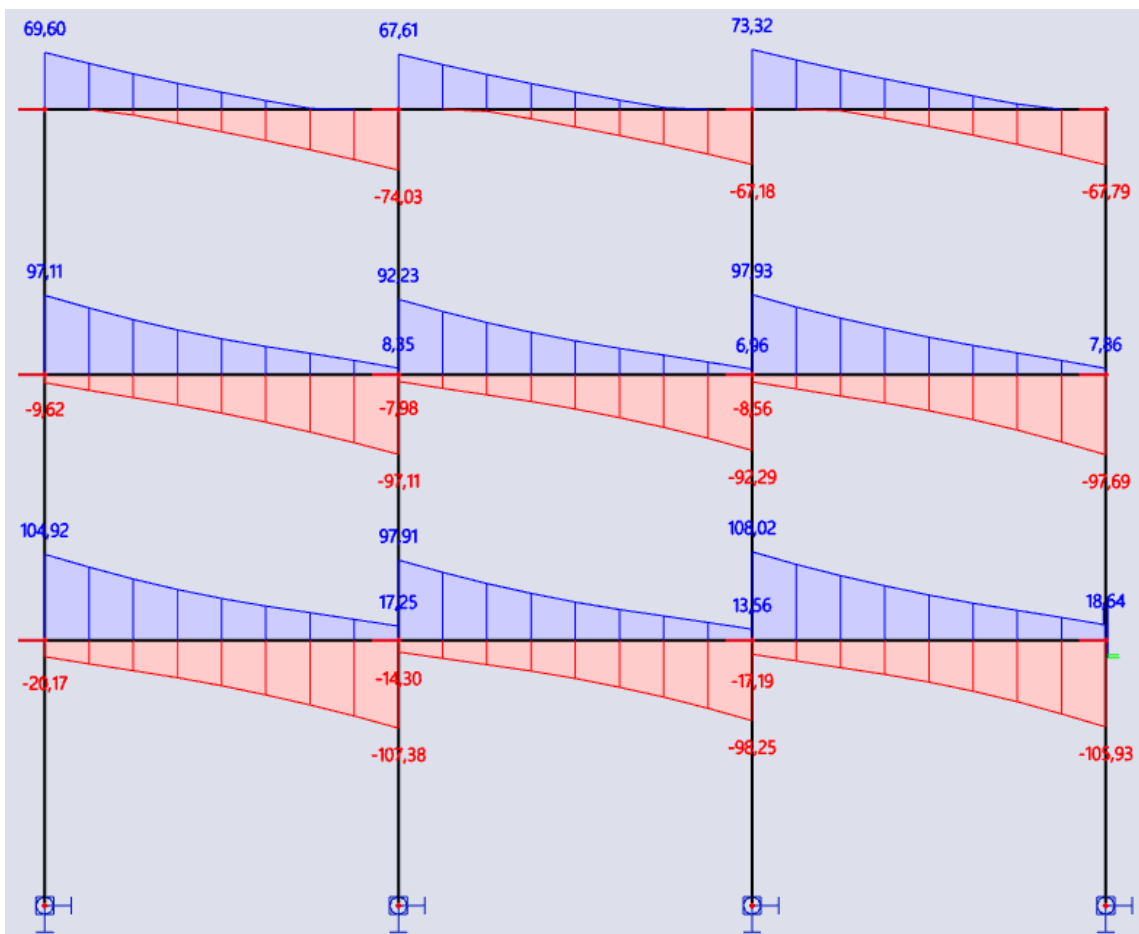


Slika 70: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P

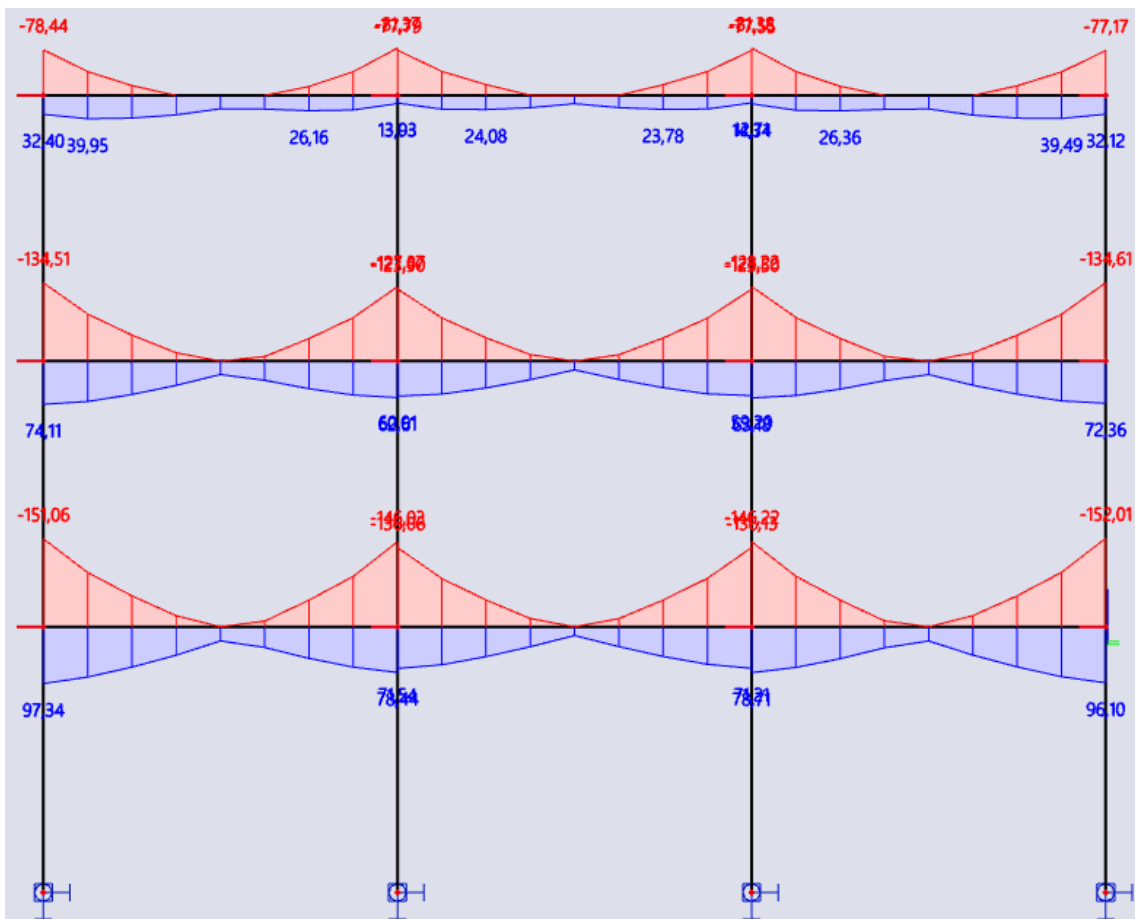




Slika 71: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P

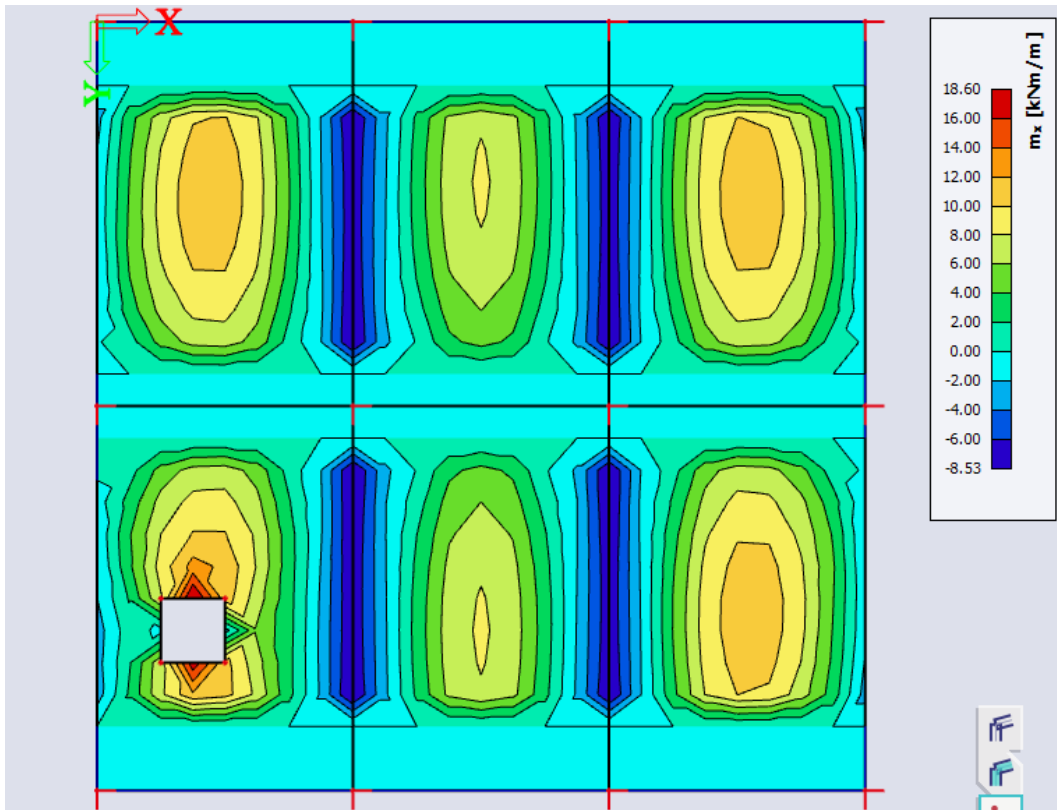


Slika 72: Dijagram poprečnih sila u gredama za P

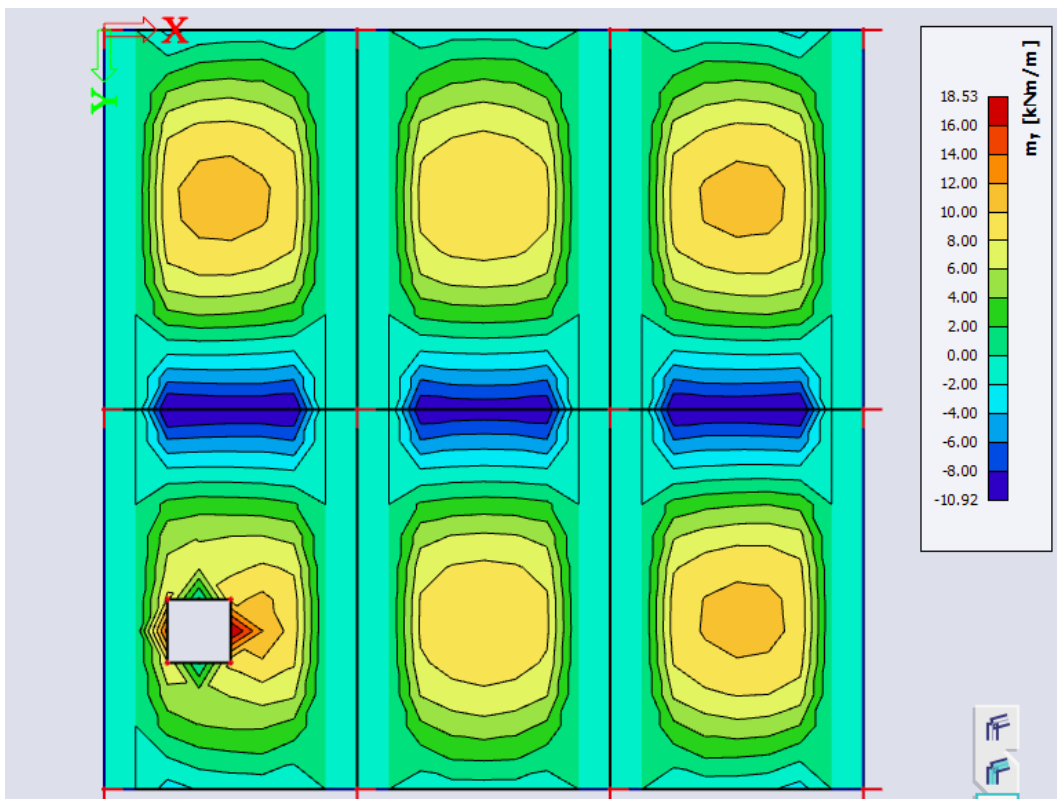


Slika 73: Dijagram momenata savijanja u gredama za P

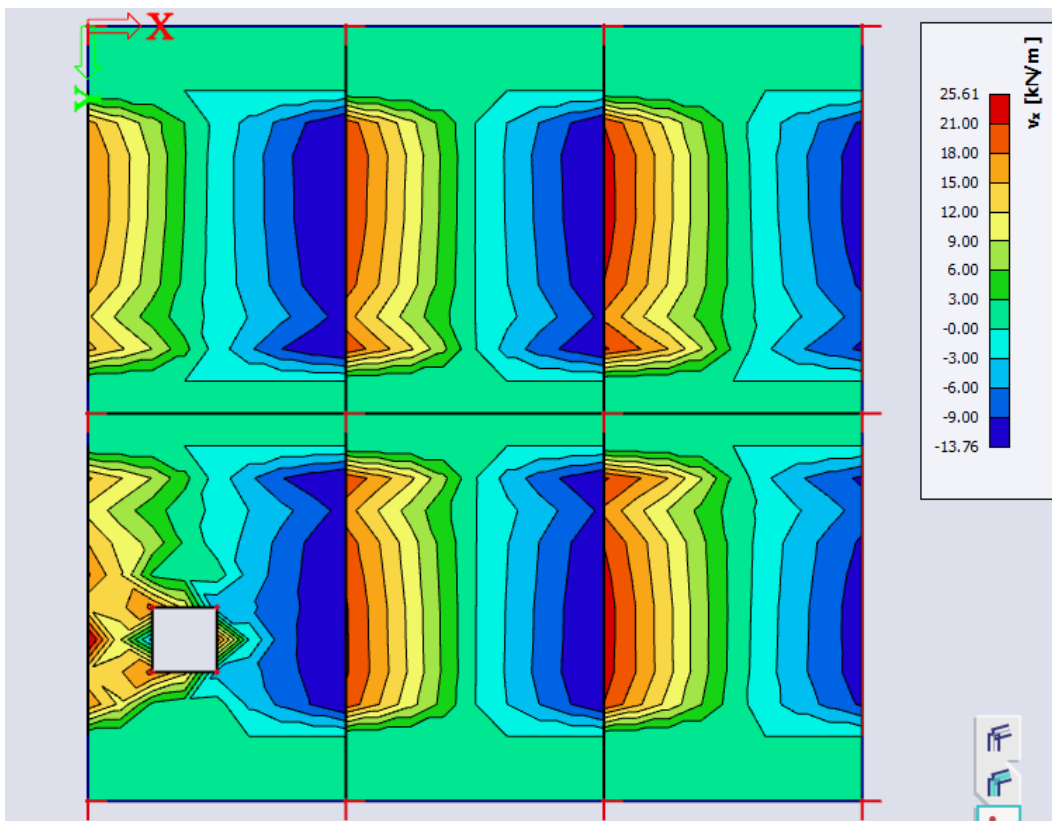
## 6.13. Granično stanje nosivosti – GSN – ploče



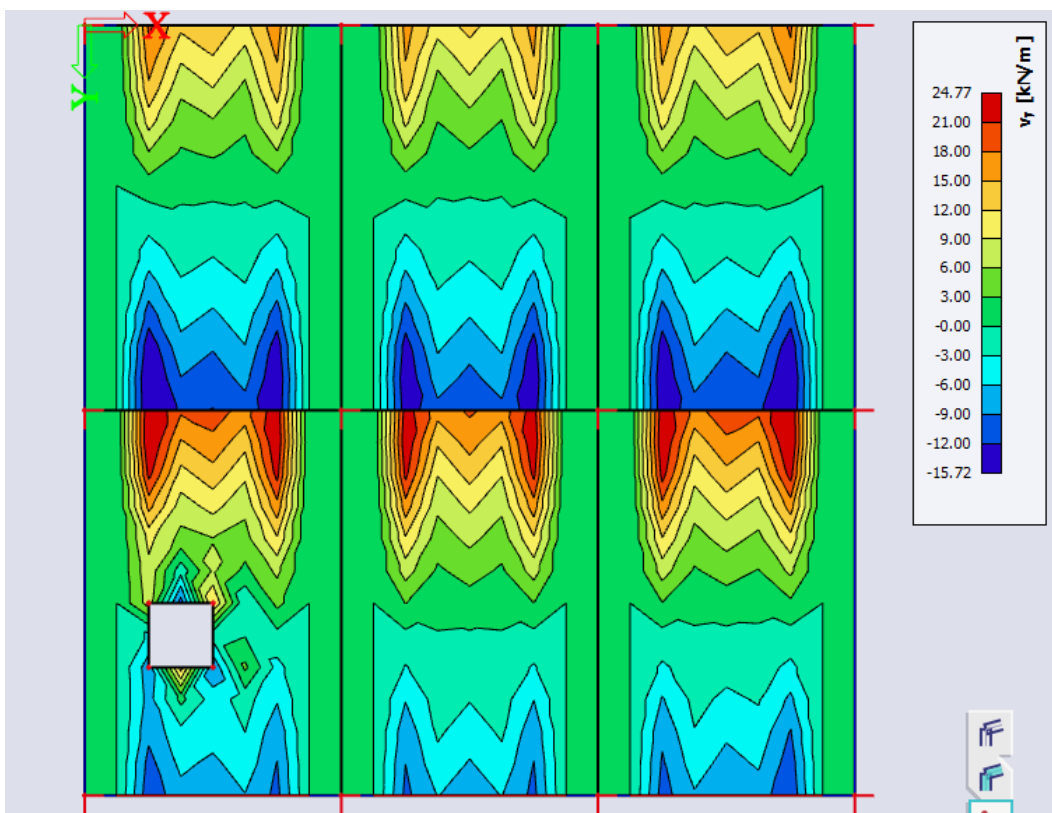
Slika 74: Momenti savijanja krovne ploče – smjer x



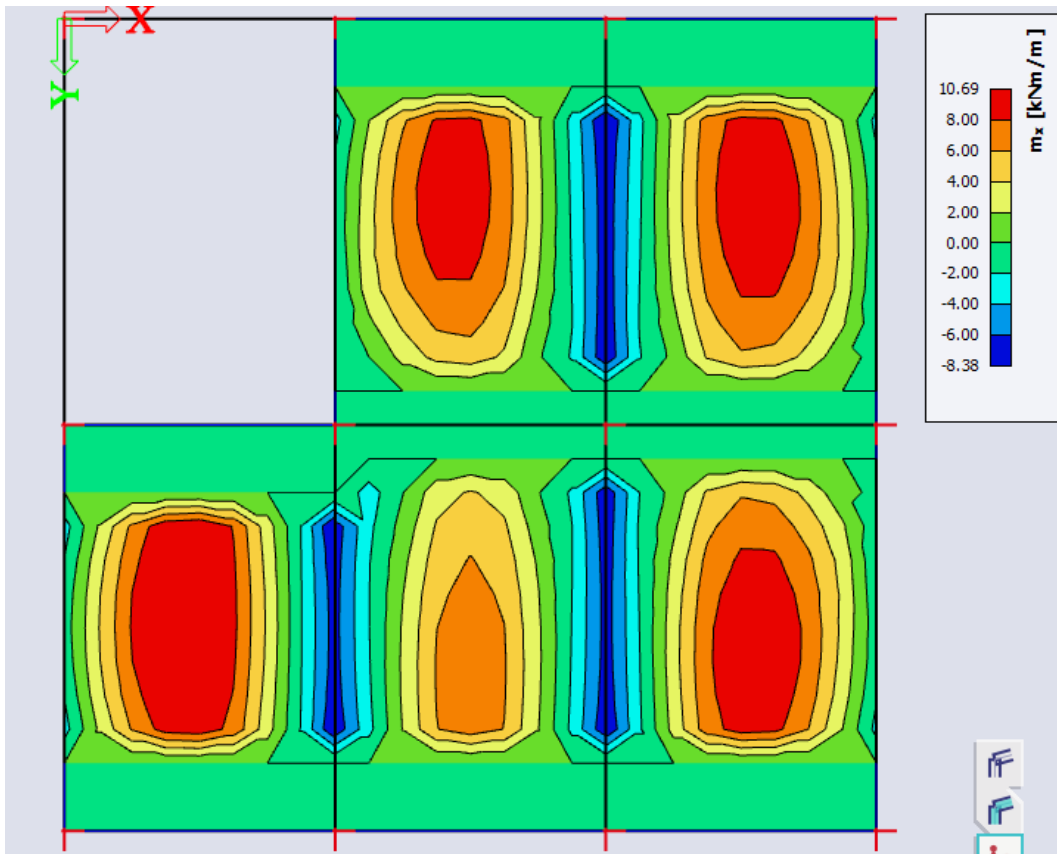
Slika 75: Momenti savijanja krovne ploče – smjer y



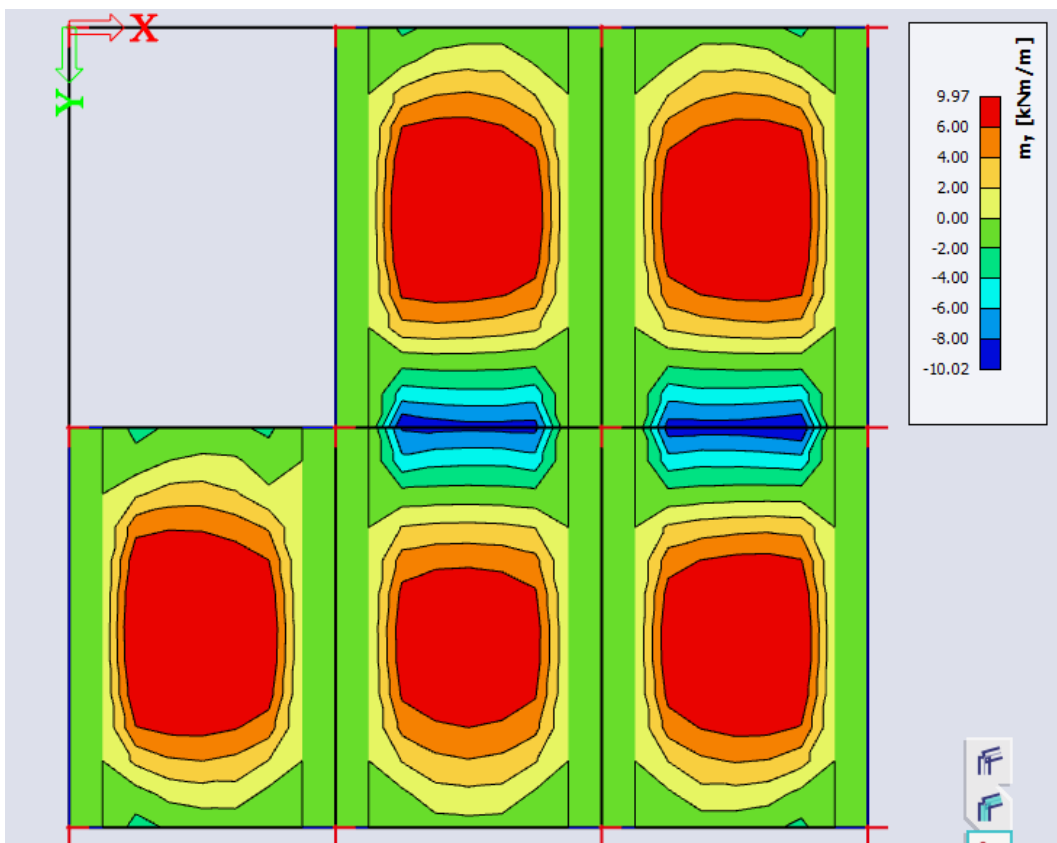
Slika 76: Poprečne sile krovne ploče – smjer x



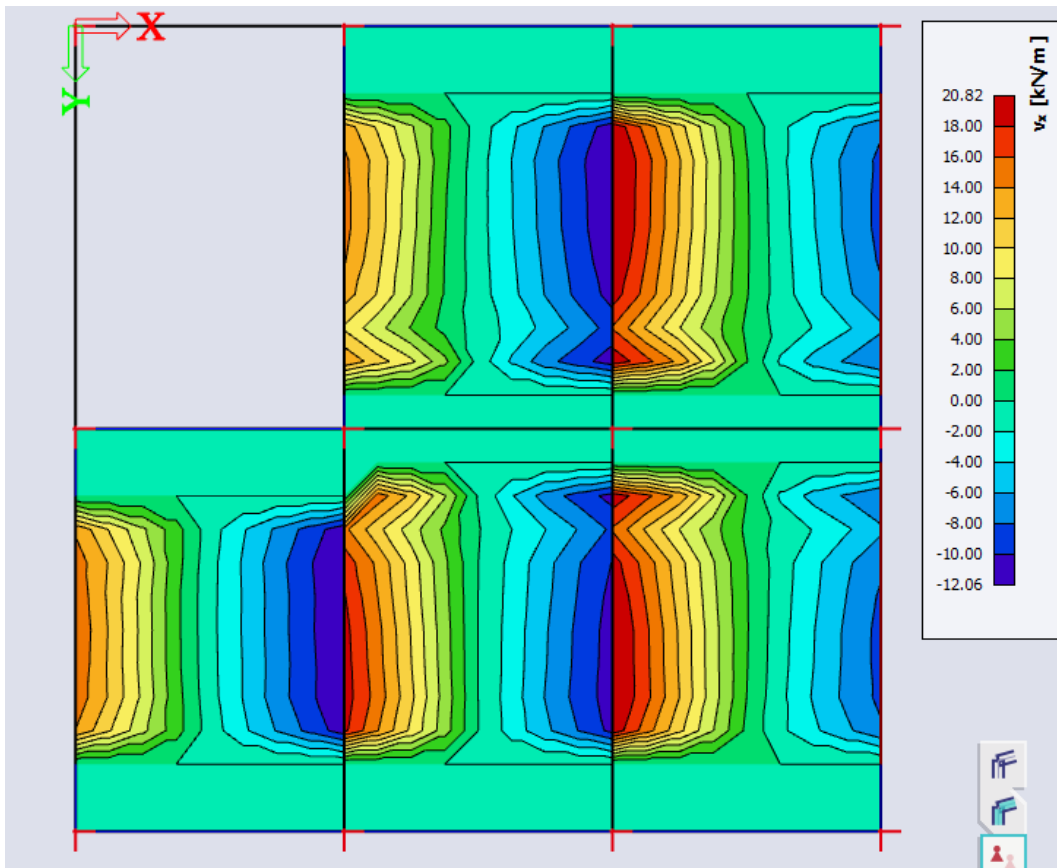
Slika 77: Poprečne sile krovne ploče – smjer y



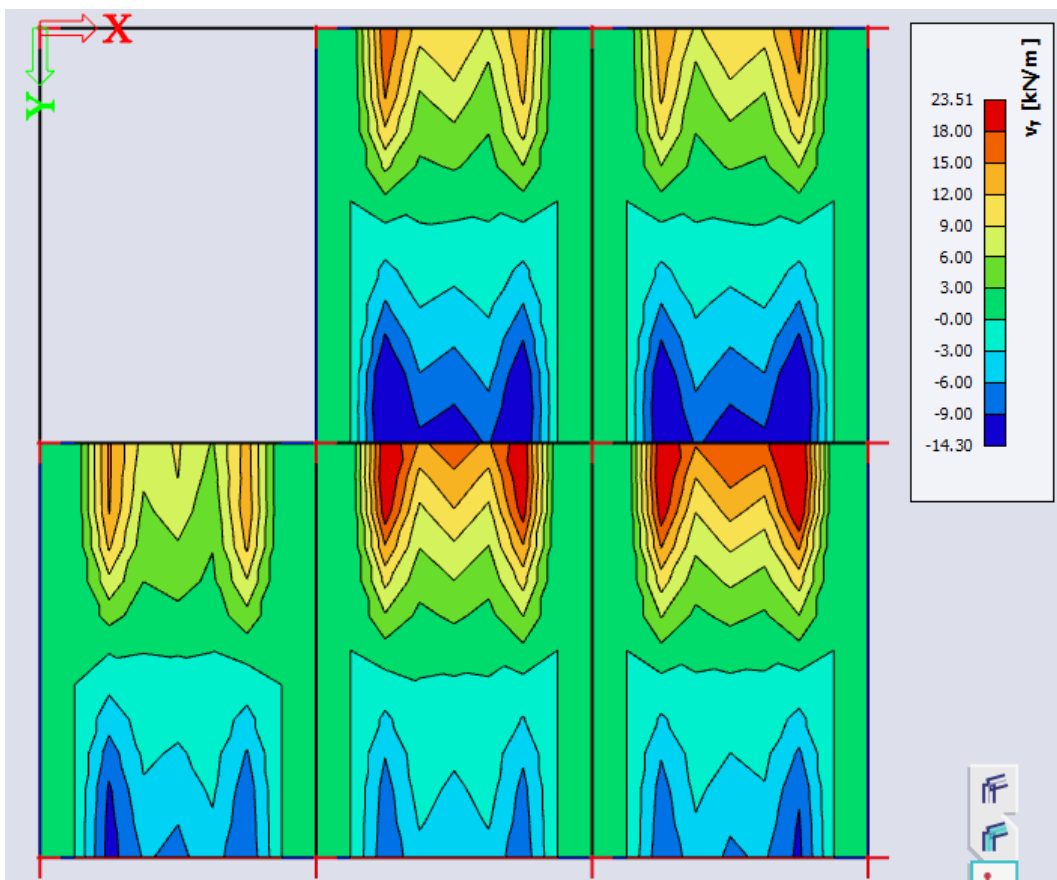
Slika 78: Momenti savijanja međukatne ploče – smjer x



Slika 79: Momenti savijanja međukatne ploče – smjer y



Slika 80: Poprečne sile međukatne ploče – smjer x



Slika 81: Poprečne sile međukatne ploče – smjer y

## 7. DIMENZIONIRANJE PLOČE

Dimenzioniranje ploče napravljeno je na savijanje i posmik u skladu s Eurokodom i prema sveučilišnom udžbeniku. [3] [13]

### 7.1. Dimenzioniranje ploče na savijanje

Ploča će se pojednostavljeno dimenzionirati tako da se postavi jednaka mreža po pojedinoj zoni.

Najveći pozitivni moment je u globalnom x smjeru pa će se armatura postaviti tako da je u donjoj zoni niža armatura u x smjeru.

Uz pretpostavku šipki promjera 10 mm i zaštitnog sloja 2,5 cm statička visina iznosi:

$$d_x = 20 - 2,5 - 0,5 = 17 \text{ cm}$$

$$d_y = 16 \text{ cm}$$

Minimalna armatura iznosi (izračunata je samo veća i usvojena za oba smjera):

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0013 \cdot 100 \cdot 17 = 2,21 \text{ cm}^2 \\ 0,26 \cdot 100 \cdot 17 \cdot \frac{3,2}{500} = 2,83 \text{ cm}^2 \end{array} \right. \rightarrow A_{s,min} = 2,83 \text{ cm}^2$$

Potrebna količina armature za preuzimanje momenta savijanja iznosi:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1860}{100 \cdot 17^2 \cdot 2,33} = 0,028 \rightarrow \zeta = 0,978$$

$$A_{s,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1860}{0,978 \cdot 17 \cdot 43,478} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrana mreža u donjoj zoni je Q 385 ( $\phi 7/10$  cm).

Za mrežu Q 385 nosivost na moment savijanja iznosi:

$$\omega_{Rd,x} = \frac{3,85 \cdot 43,478}{100 \cdot 17 \cdot 2,33} = 0,042 \rightarrow \mu_{Rd,x} = 0,042$$

$$\omega_{Rd,y} = \frac{3,85 \cdot 43,478}{100 \cdot 16 \cdot 2,33} = 0,045 \rightarrow \mu_{Rd,y} = 0,046$$

$$M_{Rd,x} = 0,042 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 2,33 = 2828 \text{ kNcm} = 28,28 \text{ kNm/m}'$$

$$M_{Rd,y} = 0,046 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 2,33 = 2744 \text{ kNcm} = 27,44 \text{ kNm/m}'$$

U gornju zonu će se postaviti mreža Q 385. Po potrebi će se gornja zona armirati dodatnom armaturom (šipkama) na mjestima gdje su momenti veći od nosivosti postavljene mreže. Za mrežu Q 385 nosivost na moment savijanja iznosi:

$$\omega_{Rd,385} = \frac{3,85 \cdot 43,478}{100 \cdot 16 \cdot 2,33} = 0,045 \rightarrow \mu_{Rd,y} = 0,046$$

$$M_{Rd,385} = 0,045 \cdot 100 \cdot 16^2 \cdot 2,33 = 2684 \text{ kNcm} = 26,84 \text{ kNm/m'}$$

Mreža u gornjoj zoni preuzima sveukupne momente gornje zone i nije potrebno postavljati dodatne šipke.

## 7.2. Dimenzioniranje na posmik

Najveća poprečna sila u ploči iznosi 25,61 kN/m', odnosno naprezanje iznosi:

$$v_{Ed} = \frac{25,61}{100 \cdot 16} = 0,016 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 0,16 \text{ MPa}$$

Proračunska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b \cdot d$$

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

$$k = 2,0$$

$$A_{s,prov} = 3,85 \text{ cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s,prov}}{b \cdot d} = \frac{3,85}{100 \cdot 16} = 0,002 < 0,02$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ kN/cm}^2$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 3,5)^{1/3} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 100 \cdot 16 = 340,96 \text{ kN}$$

Minimalna vrijednost za  $V_{Rd,c}$  je:

$$v_{min} = 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 35^{1/2} = 0,586 \text{ N/mm}^2$$



$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = (0,586 + 0,15 \cdot 0) \cdot 1000 \cdot 160 = 93,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

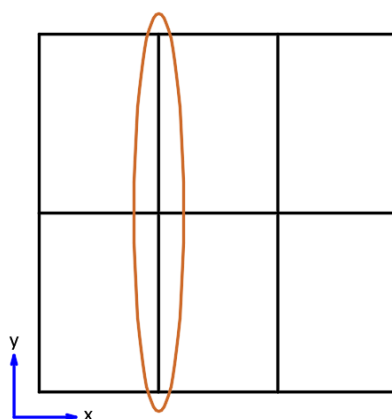
Nosivost na poprečne sile presjeka bez poprečne armature veća je od najveće poprečne sile u ploči te nije potrebno postavljati dodatnu poprečnu armaturu.

Odabrana armatura ploče je Q 385 ( $\phi 7/10$  cm) u obje zone.

## 8. DIMENZIONIRANJE OKVIRA

Za dimenzioniranje okvira napravljen je Microsoft Excel program pomoću kojeg se ponavljajući postupci ubrzavaju i umanjuje se mogućnost greške. U sljedećim potpoglavljima objašnjen je postupak dimenzioniranja te prikazano je korištenje programa. Postupak je napravljen prema separatima s nastave kolegija Betonske konstrukcije 3 (za Excel) i Montažne armiranobetonske konstrukcije (za ručni proračun temelja) uz pomoć knjige Betonske konstrukcije 1. [13] [14] [15]

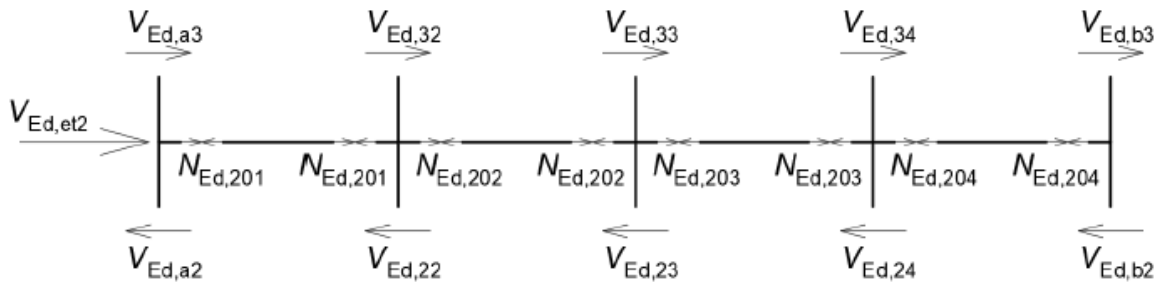
### 8.1. Dimenzioniranje srednjeg okvira – smjer y



Slika 82: Skica položaja srednjeg okvira – smjer y u tlocrtu

#### 8.1.1. Određivanje uzdužnih sila u gredama

Uzdužne sile u gredama ovise o sudjelujućoj širini grede koja se mijenja duž presjeka i različita je za svako opterećenje. Zbog toga što se računalno u programskom paketu za izračun unutarnjih sila ne mogu odrediti na taj način, određuju se pomoću ručno napravljenog programa u računalnoj tablici uz pretpostavku konstantnih uzdužnih sila duž grede. Očitava se poprečna sila na stupovima u razini etaža te je ona kontinuirano raspodijeljena duž okvira. Pozitivan predznak poprečnih sila odgovara poprečnim silama koje „vrte“ u smjeru kazaljke na satu, te pozitivne su vlačne sile (orijentirane kao na slici).



Slika 83: Raspored sila u elementima

Razmatranjem krajnjeg lijevog čvora vrijedi:

$$V_{Ed,et2}^+ + V_{Ed,a3}^+ + N_{Ed,201}^+ = V_{Ed,a2}^+$$

Razmatranjem čvora između greda 201 i 202 vrijedi:

$$V_{Ed,32}^+ + N_{Ed,202}^+ = V_{Ed,22}^+ + N_{Ed,201}^+$$

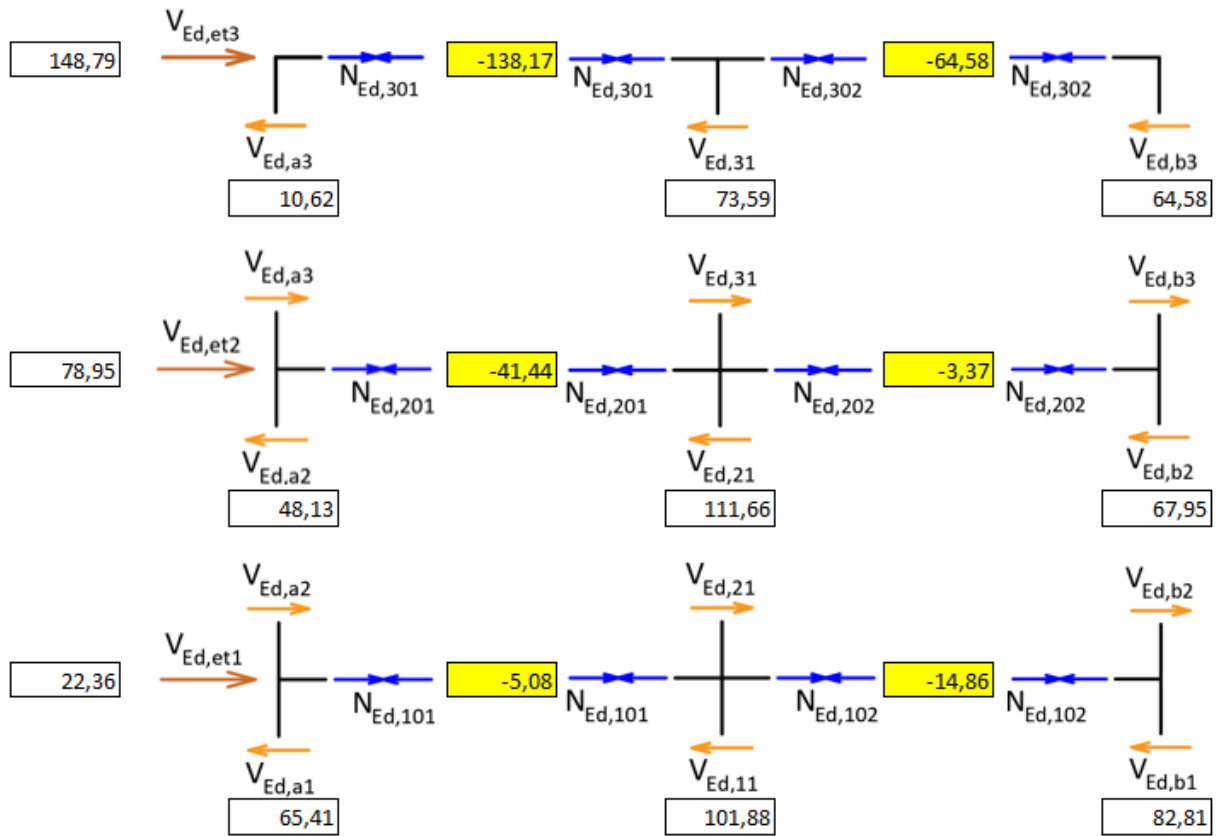
Istom analogijom razmatraju se svi čvorovi do kraja okvira, slijeva nadesno, odozgo prema dolje.

#### 8.1.1.1. Potresna kombinacija

Potresna kombinacija je najslabija jer opterećenje može djelovati u oba smjera. Na vertikalnim elementima se javljaju i pozitivna i negativna sila. U jednom trenutku ili su sve poprečne sile pozitivne ili sve negativne. Razmatraju se dvije situacije zbog simetričnosti okvira (inače bi bile četiri). Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

VLAK				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	148,79
200	10,62	73,59	64,58	78,95
100	48,13	111,66	67,95	22,36
000	65,41	101,88	82,81	

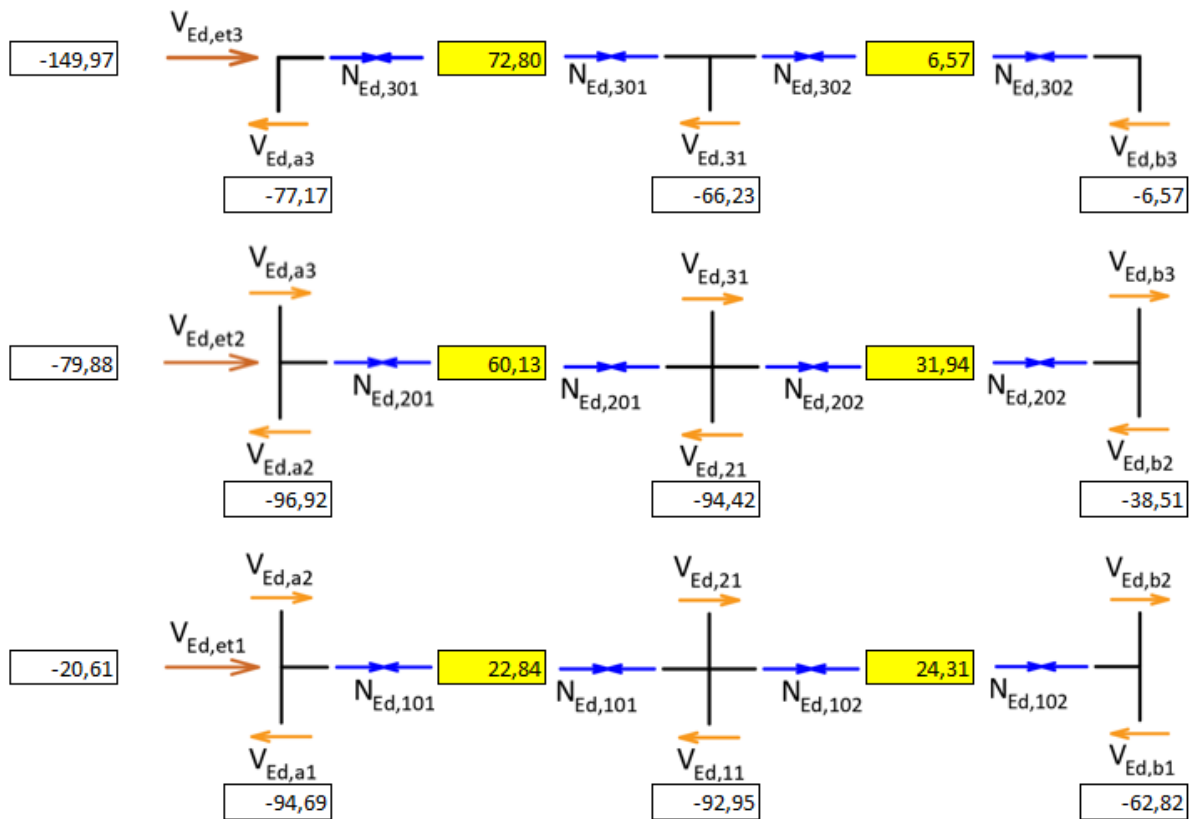
Slika 84: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak



Slika 85: Uzdužne sile u gredama – vlak

TLAK				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	-149,97
200	-77,17	-66,23	-6,57	-79,88
100	-96,92	-94,42	-38,51	-20,61
000	-94,69	-92,95	-62,82	

Slika 86: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak



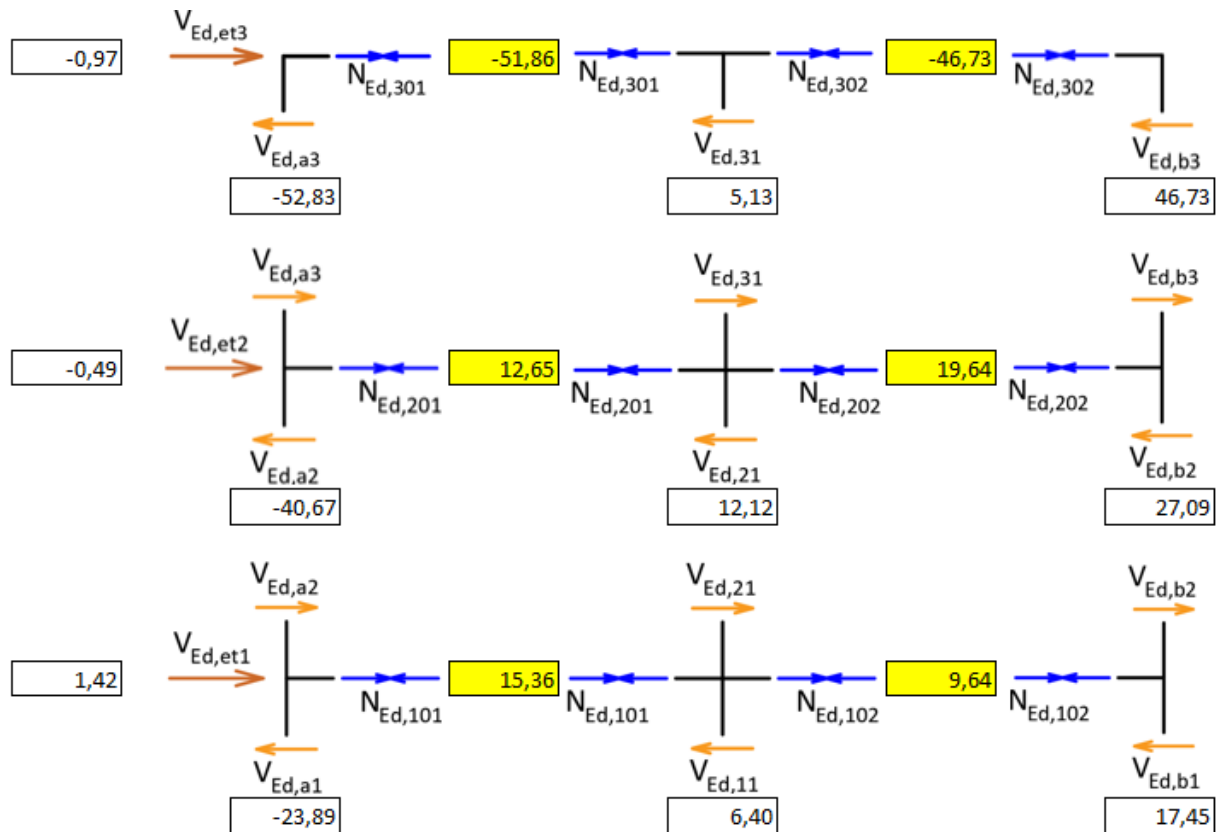
Slika 87: Uzdužne sile u gredama – tlak

### 8.1.1.2. Kombinacija za granično stanje nosivosti

Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

GSN				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	-0,97
200	-52,83	5,13	46,73	-0,49
100	-40,67	12,12	27,09	1,42
000	-23,89	6,40	17,45	

Slika 88: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN



Slika 89: Uzdužne sile u gredama – GSN

### 8.1.2. Zahtijevana duktilnost

Zahtijevana duktilnost određena je izrazima:

$$\mu_{\phi} = 2 \cdot q_0 - 1 \quad \text{ako je } T_1 \geq T_C$$

$$\mu_{\phi} = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \frac{T_C}{T_1} \quad \text{ako je } T_1 < T_C$$

gdje je:

$q_0$  – faktor ponašanja (osnovna vrijednost),

$T_1$  – prvi period konstrukcije u razmatranom smjeru,

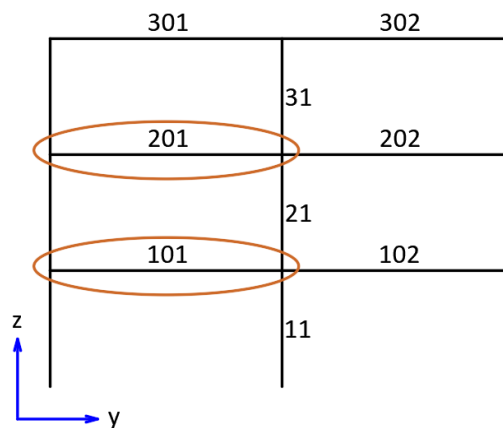
$T_C$  – rubni period (ovisi o tipu tla).

Rubni period tla ovisi o vrsti tla, za razred tla C iznosi 0,6 s. Ostali parametri određeni su u poglavlju 5 ovog rada. Kako je korišten čelik razreda duktilnosti B, a ne C, potrebno je zahtijevanu duktilnost povećati za 50 %.

Tablica 2: Zahtijevana duktilnost

$T_1$ [s]	0,32	za taj smjer prvi period
$T_c$ [s]	0,6	rubni period koji ovisi o tipu tla
$\mu_{\phi C}$	11,88	kada je korišten čelik klase C
$\mu_{\phi B}$	17,81	kada je korišten čelik klase B

### 8.1.3. Greda 101 i 201



Slika 90: Skica pozicija greda u okviru

#### 8.1.3.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Zbog omogućenja prijenosa sile s grede na stup, potrebno je osigurati dovoljnu duljinu unosa sile. Duljina unosa je veća što je veća dimenzija stupa u smjeru okvira. Manji promjeri armature prenose manju silu pa je za njih zahtijevana manja duljina unosa. Nad rubnim stupovima bi se unos sile mogao osigurati oblikom šipki, ali nad srednjim se stupom armatura provodi ravno pa je potrebno osigurati dovoljno mali promjer armature.

Za vanjske čvorove greda – stup vrijedi:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot (1 + 0,8 \cdot v_d)$$

za unutarnje čvorove greda – stup vrijedi:

$$\frac{d_{bl}}{h_c} \leq \frac{7,5 \cdot f_{ctm}}{\gamma_{Rd} \cdot f_{yd}} \cdot \frac{1 + 0,8 \cdot v_d}{1 + 0,75 \cdot k_D \cdot \frac{\rho'}{\rho_{max}}}$$

za normaliziranu uzdužnu silu (najmanju vrijednost) u stupu vrijedi:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}}$$

gdje je:

$d_{bl}$  – promjer uzdužne armature,

$h_c$  – dimenzija poprečnog presjeka stupa smjeru razmatranog okvira,

$f_{ctm}$  – srednja vlačna čvrstoća betona,

$\gamma_{Rd}$  – faktor koji u obzir uzima očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH),

$k_D$  – faktor ovisan o razredu duktilnosti (2/3 za DCM 1 za DCH),

$\rho'$  – koeficijent armiranja tlačnom armaturom,

$\rho_{max}$  – najveći dopušteni koeficijent armiranja vlačnom armaturom.

Tablica 3: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$v_{Ed}$	0,07	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	580,4 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bl}$ [cm]	3,50	VANJSKI ČVOR
$d_{bl}$ [cm]	2,80	UNUTARNJI ČVOR

Najveća dopuštena šipka u gornjoj zoni rubnog ležaja grede je  $\phi 32$ , a srednjeg ležaja  $\phi 28$ .

### 8.1.3.2. Savijanje – presjek u polju

Sudjelujuća širina za dimenzioniranje na potresna djelovanja se određuje drugačije nego za analizu. Sudjelujuća širina jednaka je širini stupa povećan za dvije debljine ploče na svaku stranu. Određuje se i težište sveukupnog presjeka grede sa sudjelujućim širinama.



Tablica 4: Određivanje sudjelujuće širine i težišta

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	60	visina grede
$b_w$ [cm]	35	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	140	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	20	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	40	udaljenost donjeg ruba od težišta

U polju je i moment savijanja i uzdužna sila veća za potresnu kombinaciju.

Zamijene li se uzdužna sila i moment ekscentričnom silom, ekscentričnost iznosi:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

Tablica 5: Određivanje ekscentriciteta

$M_{Ed}$ [kNcm]	9245		
$N_{Ed}$ [kN]	60,13		
$e$ [cm]	153,75	>	40,00 OK

Kako se sila nalazi izvan presjeka, moguće je primijeniti pojednostavljeni postupak (prema Ehlersu ili Wuczkowskom) ako je zadovoljen sljedeći izraz:

$$v = \frac{N_{Ed}}{b_c \cdot h_c \cdot f_{cd}} < 0,3$$

Tablica 6: Provjera za pojednostavljeni postupak

$v$	0,007	<	0,3 OK
-----	-------	---	--------

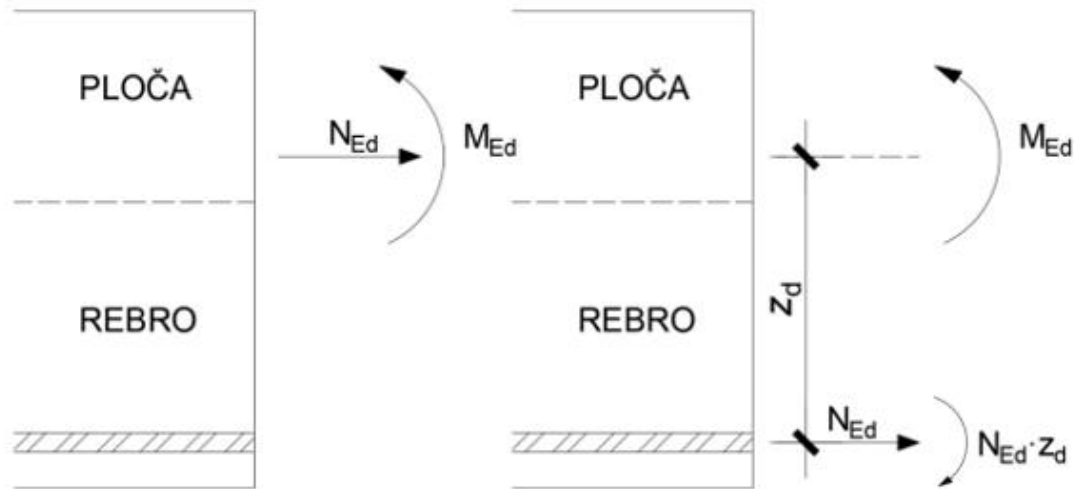
Provjera zadovoljava te se sila pomiče u težište vlačne armature. Udaljenost težišta presjeka i vlačne armature iznosi:

$$z_d = d - z_{t,g}$$

Tablica 7: Statička visina i određivanje kraka sile

$d$ [cm]	55
$z_d$ [cm]	35

Kako se stanje opterećenja ne bi promijenilo, potrebno je dodati negativan moment kao što je prikazano na slici.



Slika 91: Prikaz pojednostavljenog postupka

Ukupni moment iznosi:

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_d$$

Bezdimenzijski moment savijanja iznosi (uz pretpostavku da neutralna os prolazi kroz ploču):

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Eds}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

Potrebna količina armature:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

Potrebno je osigurati minimalnu količinu armature u svim presjecima elementa kako pri pojavi pukotine ne bi došlo do naglog sloma armature i presjeka. Uvjet za minimalnu armaturu u polju iznosi:

$$A_{s,min} = 0,5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d$$

Tablica 8: Određivanje armature u polju

$M_{Eds}$ [kNcm]	7140,45		
$\mu_{Ed}$	0,007	$\zeta$	0,992
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,39		
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,16		
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42	3 $\phi$ 20

Odabrana armatura u polju je 3 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

### 8.1.3.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija.

Kako je uzdužna sila vrlo mala, a ekscentricitet velik koristi se pojednostavljeni postupak. Sila se pomiče u težište vlačne armature. Udaljenost težišta presjeka i vlačne armature iznosi:

$$z_d = d - z_{t,d}$$

ukupni moment iznosi:

$$M_{Eds} = M_{Ed} - N_{Ed} \cdot z_d$$

a bezdimenzijski moment savijanja iznosi:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

Potrebna količina armature iznosi:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

Tablica 9: Određivanje potrebne količine armature

$z_d$ [cm]	15,00		
$M_{Ed}$ [kNcm]	26410		
$N_{Ed}$ [kN]	60,13		
$\mu_{Ed}$	0,107	$\zeta$	0,94
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,13		

Pretpostavi li se jednaka armatura u donjoj zoni duž cijele grede, tj  $3\phi 20$ , vrijedi:

$$\rho' = \frac{A'_{s,prov}}{b_w \cdot d}$$

Maksimalna dopuštena količina vlačne armature u kritičnom području iznosi:

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_\phi \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

Maksimalna armatura iznosi:

$$A_{s,max} = \rho_{max} \cdot b_w \cdot d$$

Tablica 10: Određivanje maksimalne armature

$\rho'$	0,0049	
$\rho_{max}$	0,0074	vrijedi za čelik B
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,22	

U pojasnici grede (u ploči) se nalazi mreža Q 385 u gornjoj zoni pa će se njezin utjecaj uzeti u obzir.

Tablica 11: Potrebna količina dodatne armature

$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s,beff pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,39		
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	7,74	DODATI	4 $\phi$ 16    8,04

Odabrana armatura nad osloncem je:

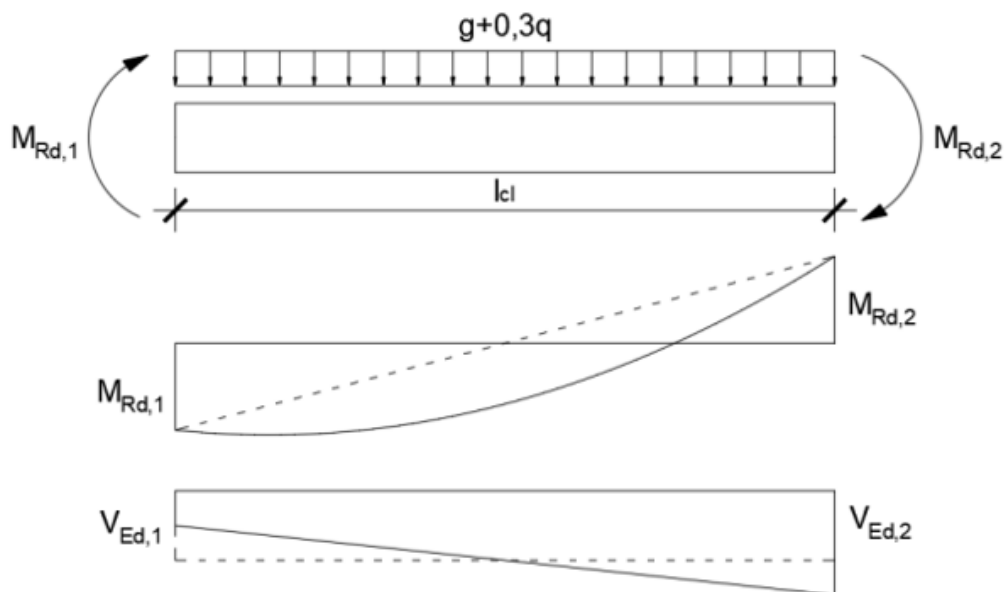
gore  $4\phi 16 + Q 385$  ( $A_{s,prov} = 8,04 + 5,39 = 13,43 \text{ cm}^2$ ),

dolje  $3\phi 20$  ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

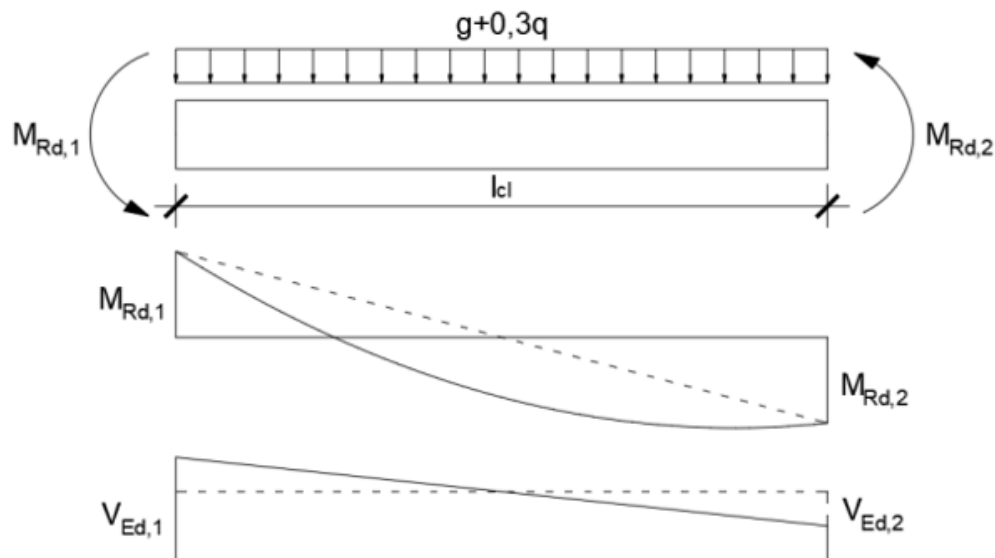
U gredu pozicije 202 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 201 zbog simetričnosti okvira.

#### 8.1.3.4. Posmik

Zbog izbjegavanja krtog loma koji se događa kod otkazivanja posmikom, želimo da greda otkáže savijanjem. To će se ostvariti tako da se osigura da pri opterećenju koje uzrokuje otkazivanje savijanjem, ne dolazi do sloma posmikom. Prikazana izdvojena greda pri djelovanju potresa ( $g+0,3q$  je nazovi-stalno opterećenje).



Slika 92: Izdvojena greda pri djelovanju potresa – slučaj 1



Slika 93: Izdvojena greda pri djelovanju potresa – slučaj 2

Pri djelovanju potresa se na jednom kraju grede razvlači donja zona, a na drugom gornja zona. Izraz za određivanje poprečne sile grede iznosi:

$$V_{Ed} = \frac{M_{Rd,1} + M_{Rd,2}}{l_{cl}} \pm V_{Ed,g+0,3q}$$

gdje je:

$V_{Ed,g+0,3q}$  – poprečna sila od nazovi-stalnog opterećenja,

$l_{cl}$  – svijetli raspon grede.

Za određivanje poprečne sile u gredi potrebno ju je opteretiti ne samo momentima nosivosti grede, nego i vertikalnim opterećenjem koje tijekom potresa djeluje (nazovi-stalno). Momenti  $M_{Rd,1}$  i  $M_{Rd,2}$  su nosivost grede (ili stupova ako oni prije otkazuju). Njihova vrijednost određena je izrazom (za određivanje  $M_{Rd,2}$ , umjesto  $M_{Rb,1}$  se koristi  $M_{Rdb,2}$ ):

$$M_{Rd,1} = M_{Rd,1} \cdot \min \left( 1; \frac{\sum M_{Rd,c}}{\sum M_{Rd,b}} \right)$$

Faktorom  $\gamma_{Rd}$  (koji za DCM iznosi 1, a za DCH 1,2) se u obzir uzima očvršćivanje armature. Posljednji član izraza u obzir uzima otkazuje li greda ili stup (ekvivalentan član postoji pri određivanju sile stupa). Oblikujemo okvir tako da otkazuju prvo grede, a potom stupovi kako bi stupovi mogli očuvati ostatak konstrukcije (te da ne bi došlo do meke etaže). Tada je za DCM:

$$M_{Rd,1} = M_{Rb,1}$$

$$M_{Rd,2} = M_{Rb,2}$$

gdje je:

$M_{Rb,1}$  – nosivost grede na savijanje na lijevom kraju,

$M_{Rb,2}$  – nosivost grede na savijanje na desnom kraju.

Što je veća nosivost presjeka na savijanje, to se zahtijeva veća nosivost na poprečnu silu. Kako nosivost na savijanje ovisi o veličini uzdužne sile, razmatra se ona potresna kombinacija koja daje najveću nosivost (najveća tlačna sila ili najmanja vlačna sila).

Odabrana armatura iznosi ( $A_{s1} = 13,43 \text{ cm}^2$ ,  $A_{s2} = 9,42 \text{ cm}^2$ ). Pojednostavljeno će se pretpostaviti da je armatura jednaka u obje zone i da iznosi  $13,43 \text{ cm}^2$ , te će se koristiti dijagram interakcije za određivanje nosivosti na moment savijanja. Ova pretpostavka je konzervativna, jer će se dobiti veća nosivost na savijanje, a time i veća poprečna sila.

Bezdimenzijska uzdužna sila iznosi:

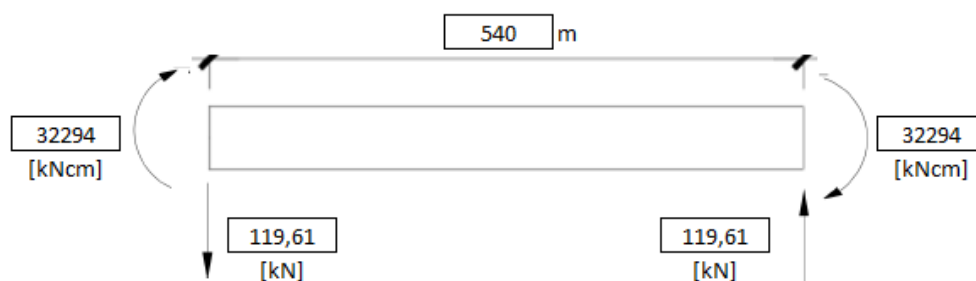
$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Mehanički koeficijent armiranja iznosi:

$$\omega_{prov} = \frac{A_{s,prov} \cdot f_{yd}}{b_w \cdot d \cdot f_{cd}}$$

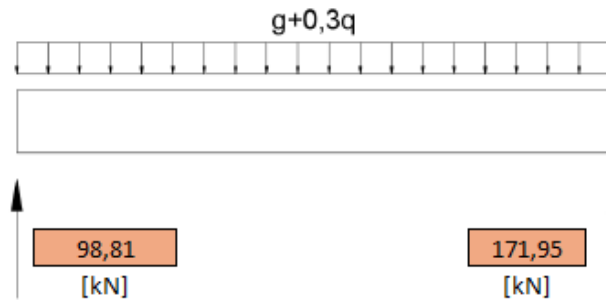
Tablica 12: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-41,44	
$v_{Ed}$	-0,01	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,43	
$\omega_{prov}$	0,13	
$\mu_{Rd}$	0,11	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	32294	
$L_{cl}$ [cm]	540	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	119,61	



Slika 94: Poprečne sile od potresa

Prikazano je vertikalno djelovanje nazovi-stalne kombinacije i očitane su poprečne reakcije na gredi iz programa za određivanje reznih sila.



Slika 95: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Ukupna poprečna sila jednaka je zbroju sila sa prethodnih slika. Kad potres djeluje u suprotnom smjeru razvlače se suprotni rubovi greda. Nosivost na pozitivni i negativni moment su na oba ruba jednake pa su u tom slučaju poprečne sile od potresa su jednakog iznosa, ali suprotnog predznaka. Zbrajanjem se tako dobivaju po dvije vrijednosti poprečnih sila na svakom rubu.

$$V_{Ed}^{L,1} = V_{Ed,P}^{L,1} + V_{Ed,NZS}^{L,1}$$

$$V_{Ed}^{D,1} = V_{Ed,P}^{D,1} + V_{Ed,NZS}^{D,1}$$

$$V_{Ed}^{L,2} = V_{Ed,P}^{L,2} - V_{Ed,NZS}^{L,2}$$

$$V_{Ed}^{D,2} = V_{Ed,P}^{D,2} - V_{Ed,NZS}^{D,2}$$

Tablica 13: Vrijednosti poprečnih sila na rubovima

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-20,80
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-291,56
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	218,42
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	-52,34

Zahtijevani razmak na pojedinom rubu određuje se prema Eurokodu na temelju sljedeće formule:

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$

gdje je:

$A_{sw}$  – površina pretpostavljenih spona spona,

$d$  – statička visina,

$f_{ywd}$  – proračunska granica popuštanja čelika poprečne armature. [3]



Tablica 14: Određivanje potrebnih razmaka spona na rubovima

$A_{sw} [cm^2]$	1,57	pretpostavljene spone (x2 ako su dvorezne)	
$s [cm]$	17,80	LJEVI RUB	$s [cm]$ 13,34 DESNI RUB

Kritično područje grede iznosi  $l_{cr} = h_w$ , gdje je  $h_w$  visina presjeka. U kritičnom području razmak spona ne smije biti veći od:

$$s_{cr,max} = \min \left\{ 8 \cdot \Phi_{s,min}; 24 \cdot \Phi_{sw}; \frac{h_w}{4}; 22,5 \text{ cm} \right\}$$

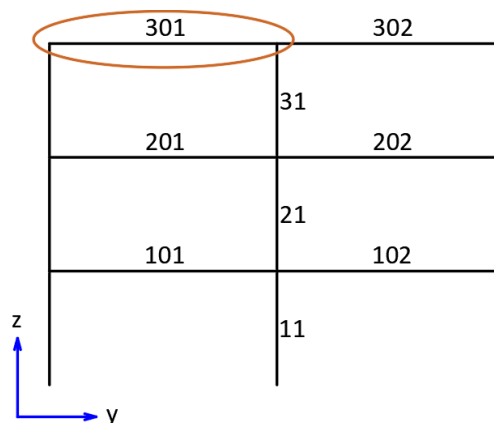
Tablica 15: Maksimalni i zadovoljavajući razmak spona u kritičnom području

$l_{cr}=h_w [cm]$	60
$\Phi_{s,min} [cm]$	1,6
$\Phi_{sw} [cm]$	1
$s_{cr,max} [cm]$	12,8
$s_{cr} [cm]$	12,5

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/12,5 \text{ cm}$ .

U gredu pozicije 202 odnosno 102 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 201 odnosno 101 zbog simetričnosti okvira.

#### 8.1.4. Greda 301



Slika 96: Skica pozicija grede u okviru

##### 8.1.4.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 16: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,04	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	320,74 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bj}$ [cm]	3,41	VANJSKI ČVOR
$d_{bj}$ [cm]	2,73	UNUTARNJI ČVOR

## 8.1.4.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 17: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	60	visina grede
$b_w$ [cm]	35	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	140	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	20	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	40	udaljenost donjeg ruba od težišta
$M_{Ed}$ [kNcm]	7971	
$N_{Ed}$ [kN]	138,17	
$e$ [cm]	57,69	> 40,00 OK
$\nu$	0,016	< 0,3 OK
$d$ [cm]	55	
$z_d$ [cm]	35	
$M_{Eds}$ [kNcm]	3135,05	
$\mu_{Ed}$	0,003	$\zeta$ 0,992
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,50	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,16	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42 3 $\phi$ 20

## 8.1.4.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija. Koristi se pojednostavljeni postupak.

Tablica 18: Određivanje armature na savijanje uz rub

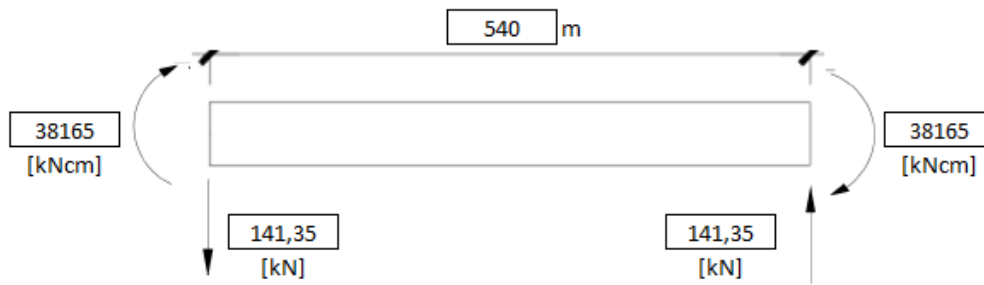
$z_d$ [cm]	15,00			
$M_{Ed}$ [kNcm]	26410			
$N_{Ed}$ [kN]	60,13			
$\mu_{Ed}$	0,107	$\zeta$	0,94	
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,13			
$\rho'$	0,0049			
$\rho_{max}$	0,0074	vrijedi za čelik B		
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,22			
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85			
$A_{s,beff,pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,39			
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	7,74	DODATI	4 $\phi$ 16	8,04

U gredu pozicije 302 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 301 zbog simetričnosti okvira.

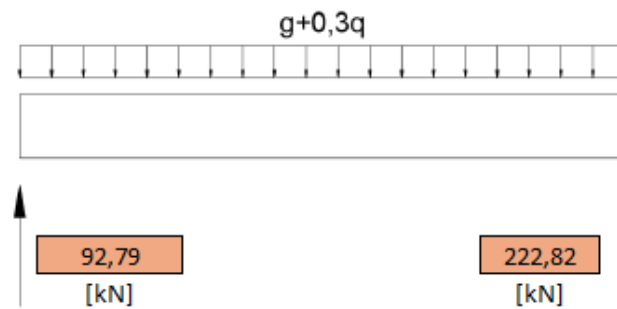
## 8.1.4.4. Posmik

Tablica 19: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-138,17	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,03	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,43	
$\omega_{prov}$	0,13	
$\mu_{Rd}$	0,13	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	38165	
$L_{ej}$ [cm]	540	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	141,35	



Slika 97: Poprečne sile od potresa



Slika 98: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 20: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-48,56
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-364,17
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	234,14
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	-81,47

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spona (x2 ako su dvarezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	16,61	LIJEVI RUB	$s$ [cm]	10,68	DESNI RUB
----------	-------	------------	----------	-------	-----------

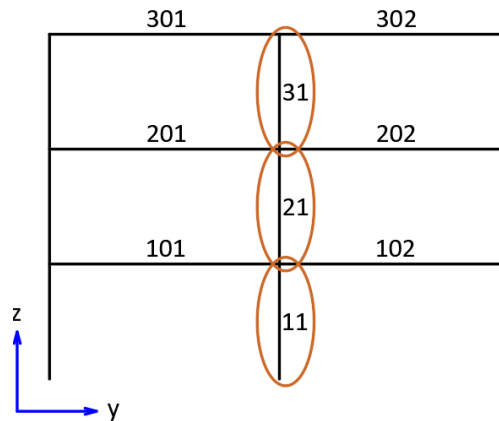
$l_{cr}=h_w$ [cm]	60
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,8

$s_{cr}$ [cm]	10,5
---------------	------

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/10,5$  cm.

U gredu pozicije 302 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 301 zbog simetričnosti okvira.

## 8.1.5. Stup 11, 21 i 31



Slika 99: Skica pozicija stupova u okviru

## 8.1.5.1. Uzdužna armatura

Uzdužna armatura stupa određuje se prema međudjelovanju momenta savijanja i uzdužne sile pomoću dijagrama interakcije.

Bezdimenzijski moment savijanja iznosi:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

Bezdimenzijska uzdužna sila iznosi:

$$\nu_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

Iz dijagrama interakcije očitana je mehanički koeficijent armiranja i izračunata je uzdužna armatura stupa:

$$A_{s1} = A_{s2} = \omega \cdot \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

gdje je:

$\omega$  – mehanički koeficijent armiranja,

$A_{s1}$  – zahtijevana armatura u jednoj zoni.

Tablica 21: Određivanje armature stupa

$h_c$ [cm]	60		
$b_c$ [cm]	60		
$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33		
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478		
$M_{Ed}$ [kNcm]	18064	bez predznaka	
$N_{Ed}$ [kN]	-852,91	sa predznakom	
$\mu_{Ed}$	0,04		
$\nu_{Ed}$	-0,10		
		$\omega_{prov}$	0,05 iz dijagrama interakcije
$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,65		
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	36		
ODABRANA ARMATURA		$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	39,27 8 $\phi$ 25
		$A_{s,1}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,73 uz pojedino lice stupa

U kuteve je potrebno postaviti po jednu šipku kao i na bočna lica stupa pa je najmanji broj šipki 8. Postavi li se 8 $\phi$ 25 u cijeli stup ostvareno je 39,27 cm<sup>2</sup>, što je više od minimalne armature koja je u ovom slučaju mjerodavna.

Odabrana uzdužna armatura je 8 $\phi$ 25 ( $A_{s,prov} = 39,27 \text{ cm}^2$ ).

Potrebno je osigurati da prvo otkažu grede, a tek nakon njih stupovi. Sljedećim izrazom to provjeravamo:

$$\sum M_{RC} \geq 1,3 \cdot \sum M_{Rb}$$

gdje je:

$\sum M_{RC}$  – zbroj nosivosti na savijanje svih stupova u čvoru,

$\sum M_{Rb}$  – zbroj nosivosti na savijanje svih greda u čvoru.

Tablica 22: Provjera redosljeda otkazivanja

$M_{Rd}$ [kNcm]	45295		
$\sum M_{RC}$ [kNcm]	90590		
$\sum M_{Rb}$ [kNcm]	64588		
$\sum M_{RC}$ [kNcm]	90590	>	$\sum M_{Rb} * 1,3$
			83964 OK

## 8.1.5.2. Kritično područje stupova

Potrebno je osigurati ovijanje poprečnog presjeka stupa. Za razliku od zida, kod stupova se ovija cijeli poprečni presjek. Određujemo visinu kritičnog područja koja je određena izrazom:

$$l_{cr} = \max\{h_c; l_c/6; 45 \text{ cm}\}$$

Naravno, ovijanje se može osigurati na većoj duljini, ali minimalno na  $l_{cr}$  od kritičnog presjeka. Kritičnim presjecima smatraju se svi spojevi s gredama i spoj s temeljem.

Tablica 23: Određivanje kritičnog područja stupova

$l_c$ [cm]	280	svijetla visina stupa
$l_{cr}$ [cm]	60	

## 8.1.5.3. Poprečna armatura

Jednako kao i kod greda, potrebno je osigurati da element otkaže savijanjem, a ne posmikom. Poprečna sila se zato određuje za opterećenje koje uzrokuje slom stupa savijanjem, a ne opterećenje dobiveno proračunom. Ta poprečna sila uvijek će biti veća, jer je uzdužna armatura određena kriterijem popuštanja, a ne sloma.

Proračunska poprečna sila određena je izrazom:

$$V_{Ed} = \gamma_{Rd} \cdot \frac{\kappa_1 \cdot M_{Rd,1} + \kappa_2 \cdot M_{Rd,2}}{l_{cl}}$$

gdje je:

$\gamma_{Rd}$  – faktor kojim se u obzir uzima očvršćivanje čelika (za razred duktilnosti DCM iznosi 1,1)

$\kappa_1$  – faktor kojim se razmatra popušta li prvo greda ili stup pri vrhu

$\kappa_2$  – faktor kojim se razmatra popušta li prvo greda ili stup pri dnu

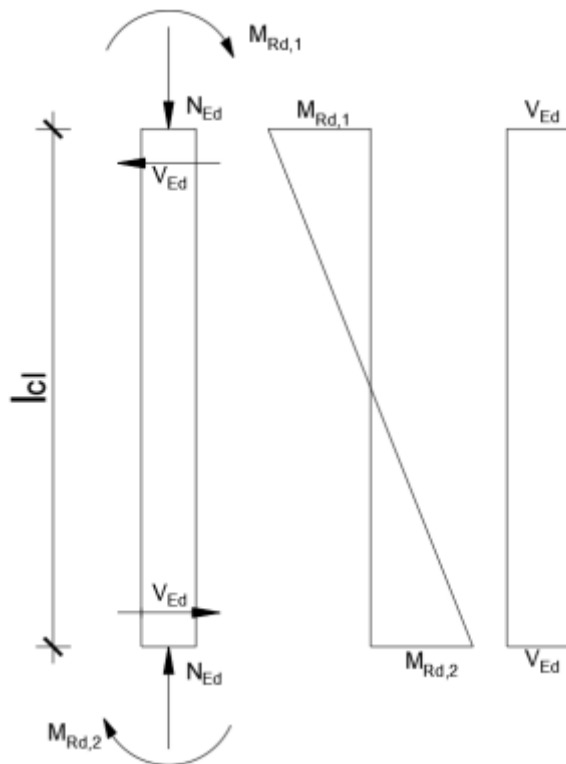
$M_{Rd,1}$  – nosivost stupa na moment savijanja pri vrhu

$M_{Rd,2}$  – nosivost stupa na moment savijanja pri dnu

$l_{cl} = h_s$  – svijetla visina stupa

Faktorom  $\gamma_{Rd}$  se u obzir se uzima činjenica da prije mora doći do potpunog otkazivanja odnosno sloma (ne popuštanja) savijanjem, nego što dođe do otkazivanja posmikom. Najveću vrijednost koju faktori  $\kappa_1$  i  $\kappa_2$  mogu poprimiti iznosi 1 i to kada prvo otkazuje stup. Kad prvo otkazuje stup, njegova nosivost se ne modificira. Međutim, kad prvo otkazuje greda (kao u ovom slučaju), nije potrebno ostvariti toliku nosivost, jer je nosivost okvira dosegnuta pri otkazivanju grede, već je potrebno da poprečna sila "izdrži" samo do tog opterećenja. Prema tome je faktor iznosi:

$$\kappa_1 = \min \left( 1; \frac{\sum M_{Rd,b}}{\sum M_{Rd,c}} \right)$$



Slika 100: Izdvojeni stup s opterećenjima pri otkazivanju

Prikazani stup opterećen na krajevima momentima savijanja pri kojima dolazi do otkazivanja stupa ili grede (otkazuje onaj koji ima manju nosivost). Na stup ne djeluje nikakvo bočno opterećenje po visini, nego samo na spojevima greda – stup gdje se pretpostavlja unos potresne sile. Kako bi ravnoteža momenata bila zadovoljena (na primjer oko točke u osi stupa pri dnu) vrijedi:

$$V_{Ed} \cdot l_{cl} - M_{Rd,1} - M_{Rd,2} = 0$$

što je u skladu s prethodno navedenim izrazom. Na dnu je stup prizemlja spojen s temelj na način da je upet te se može se pretpostaviti  $\kappa_2 = 1,0$  što će u primjeru biti usvojeno.

Zahtijevani razmak spona određen je izrazom:

$$s = \frac{A_{sw}}{V_{Ed}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$$

najveći razmak određuje se prema nacionalnom dodatku i iznosi:

$$s_{max} = \min\{12 \cdot \Phi_{s,min}; b; 30 \text{ cm}\}$$

gdje je:

$\Phi_{s,min}$  – najmanji promjer uzdužne armature,



$b$  – najmanja dimenzija poprečnog presjeka stupa.

U kritičnom području stupa razmak spona ne smije biti veći od:

$$s_{cr,max} = \min\{8 \cdot \Phi_{s,min}; b_0/2; 17,5 \text{ cm}\}$$

gdje je  $b_0$  najmanja dimenzija betonske jezgre (do osi spona).

Tablica 24: Određivanje razmaka poprečne armature

$\kappa_1$	0,71	
$\kappa_2$	1,00	konzervativno
$V_{Ed}$ [kN]	126,87	
$d$ [cm]	55	
$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spona
$s$ [cm]	32	
$s_{max}$ [cm]	30	
$b_0=h_0$ [cm]	54,00	
$s_{cr,max}$ [cm]	17,50	

Kako bi se osigurala dovoljna razina ovijanja mora biti zadovoljena nejednakost:

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot \nu_d \cdot \varepsilon_{sy,d} \cdot \frac{b}{b_0} - 0,035$$

Volumenski mehanički koeficijent armiranja određen je izrazom:

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen spona}}{\text{volumen ovijenog betona}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

Volumen spona iznosi:

$$V_{sw} = \sum A_{sw} \cdot l = \frac{1,0^2 \cdot \pi}{4} \cdot \left[ (2 \cdot b_0 + 2 \cdot h_0) + 4 \cdot \sqrt{h_{razmak}^2 + b_{razmak}^2} \right]$$

Volumen ovijenog betona iznosi:

$$V_c = b_0 \cdot h_0 \cdot s$$

Faktor učinkovitosti ovijanja može se rastaviti na dva faktora  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$  gdje je prvi član utjecaj razmaka pridržanja unutar poprečnog presjeka, a drugi član utjecaj razmaka spona na učinkovitost ovijanja. Za pravokutne presjeke vrijedi:

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum_n b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right)$$

gdje je:

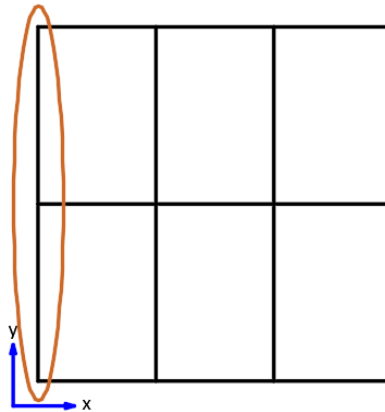
$b_i$  – razmak između susjednih obuhvaćenih šipki,

$n$  – broj obuhvaćenih uzdužnih šipki.

Tablica 25: Provjera prikladnosti odgovarajućih spona

$s_{cr}$ [cm]	10	pretpostavka
$\varepsilon_{sy,d}$	0,00217	
$\alpha \omega_{wd} \geq$	0,096	
$h_{razmak}$ [cm]	24,00	
$b_{razmak}$ [cm]	24,80	
$V_{sw}$ [cm <sup>3</sup> ]	277,93	
$V_c$ [cm <sup>3</sup> ]	29160	
$\omega_{wd}$	0,178	
$b_i$ [cm]	24,75	
$\alpha_n$	0,72	
$\alpha_s$	0,82	
$\alpha \omega_{wd}$	0,105	> 0,096 zadovoljava

## 8.2. Dimenzioniranje rubnog okvira – smjer y



Slika 101: Skica položaja rubnog okvira – smjer y u tlocrtu

### 8.2.1. Određivanje uzdužnih sila u gredama

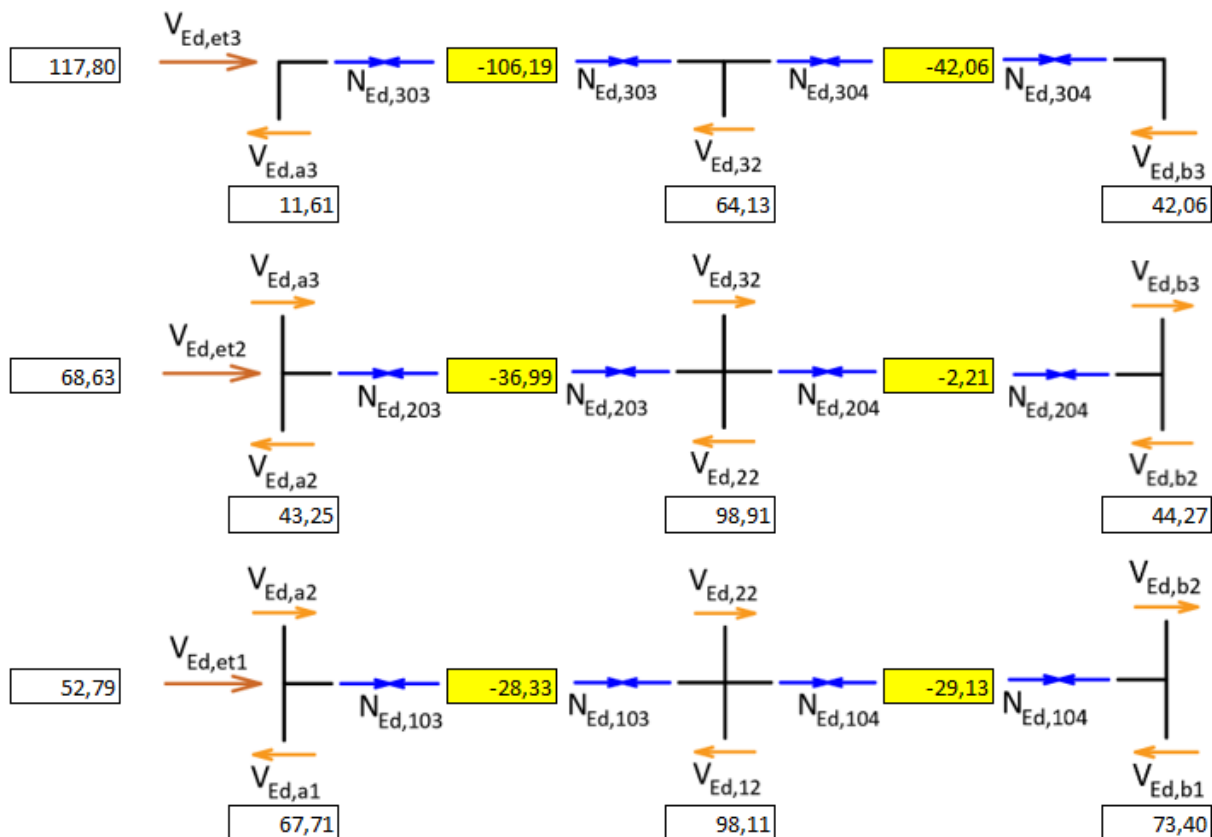
#### 8.2.1.1. Potresna kombinacija

Potresna kombinacija je najsloženija jer opterećenje može djelovati u oba smjera. Razmatraju se dvije situacije zbog simetričnosti okvira. Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih

poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

VLAK				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	117,80
200	11,61	64,13	42,06	68,63
100	43,25	98,91	44,27	52,79
000	67,71	98,11	73,40	

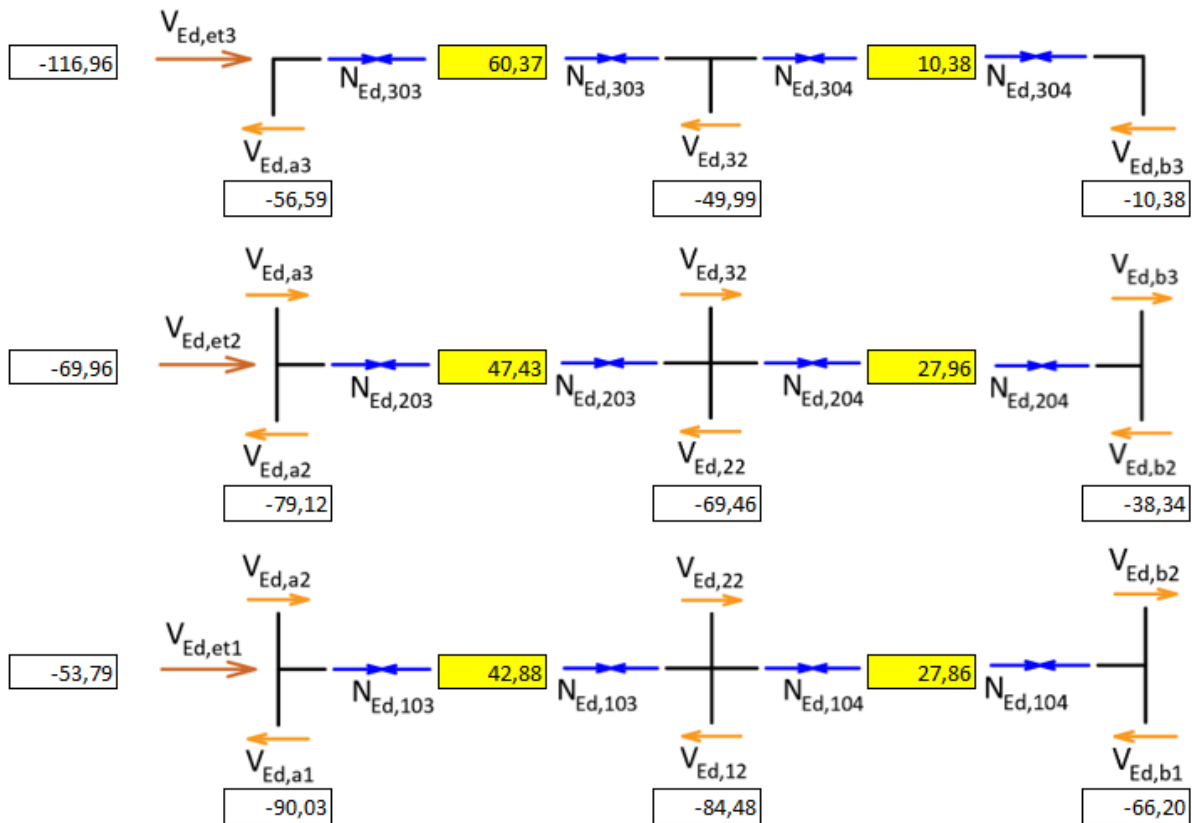
Slika 102: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak



Slika 103: Uzdužne sile u gredama – vlak

TLAK				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	-116,96
200	-56,59	-49,99	-10,38	-69,96
100	-79,12	-69,46	-38,34	-53,79
000	-90,03	-84,48	-66,20	

Slika 104: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak



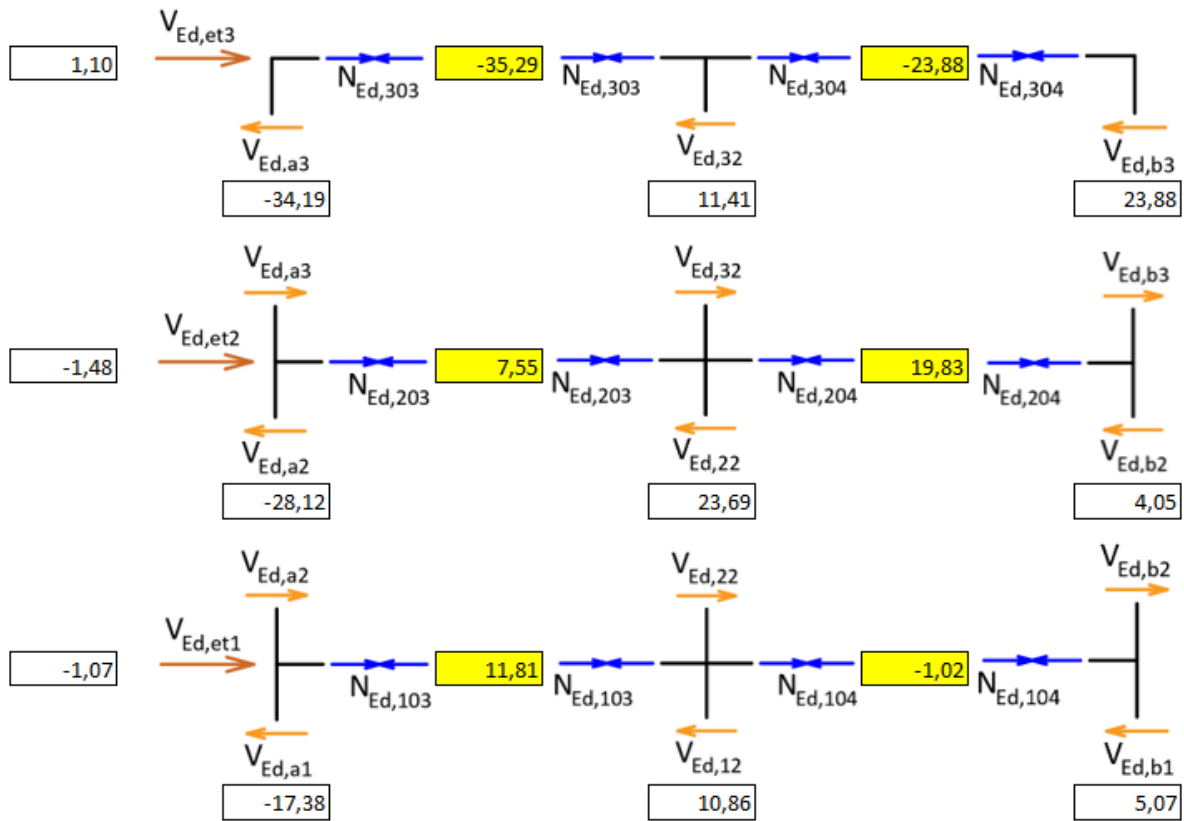
Slika 105: Uzdužne sile u gredama – tlak

### 8.2.1.2. Kombinacija za granično stanje nosivosti

Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

GSN				
	1	2	3	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	1,10
200	-34,19	11,41	23,88	-1,48
100	-28,12	23,69	4,05	-1,07
000	-17,38	10,86	5,07	

Slika 106: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN



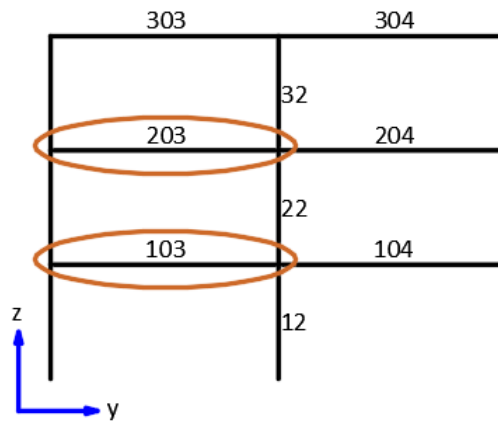
Slika 107: Uzdužne sile u gredama – GSN

## 8.2.2. Zahtijevana duktilnost

Tablica 26: Zahtijevana duktilnost

$T_1$ [s]	0,32	za taj smjer prvi period
$T_c$ [s]	0,6	rubni period koji ovisi o tipu tla
$\mu_{\phi C}$	11,88	kada je korišten čelik klase C
$\mu_{\phi B}$	17,81	kada je korišten čelik klase B

## 8.2.3. Greda 103 i 203



Slika 108: Skica pozicija greda u okviru

## 8.2.3.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 27: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,05	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	420,83 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bi}$ [cm]	3,44	VANJSKI ČVOR
$d_{bi}$ [cm]	2,76	UNUTARNJI ČVOR

Najveća dopuštena šipka u gornjoj zoni rubnog ležaja grede je  $\phi 32$ , a srednjeg ležaja  $\phi 25$ .

## 8.2.3.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 28: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa		
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče		
$h_w$ [cm]	60	visina grede		
$b_w$ [cm]	35	širina grede		
$b_{eff}$ [cm]	100	sudjelujuća širina		
$z_{t,g}$ [cm]	22	udaljenost gornjeg ruba od težišta		
$z_{t,d}$ [cm]	38	udaljenost donjeg ruba od težišta		
$M_{Ed}$ [kNcm]	9834			
$N_{Ed}$ [kN]	47,43			
$e$ [cm]	207,34	>	37,65	OK
$\nu$	0,006	<	0,3	OK
$d$ [cm]	55			
$z_d$ [cm]	33			
$M_{Eds}$ [kNcm]	8285,55			
$\mu_{Ed}$	0,012		$\zeta$	0,988
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,60			
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,16			
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42	3 $\phi$ 20	

Odabrana armatura u polju je 3 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

## 8.2.3.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija.

Tablica 29: Određivanje armature na savijanje uz rub

$z_d$ [cm]	17,35		
$M_{Ed}$ [kNcm]	19784		
$N_{Ed}$ [kN]	47,43		
$\mu_{Ed}$	0,080	$\zeta$	0,955
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,75		
$\rho'$	0,0049		
$\rho_{max}$	0,0074	vrijedi za čelik B	
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,22		
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s,beff pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,90	DODATI	4 $\phi$ 16    8,04

Odabrana armatura nad osloncem je:

gore 4 $\phi$ 16 + Q 385 ( $A_{s,prov} = 8,04 + 5,39 = 13,43 \text{ cm}^2$ ),

dolje 3 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

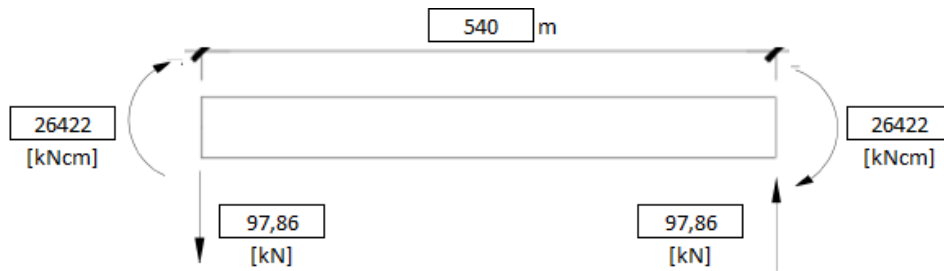
U gredu pozicije 104/204 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 103/203 zbog simetričnosti okvira.

#### 8.2.3.4. Posmik

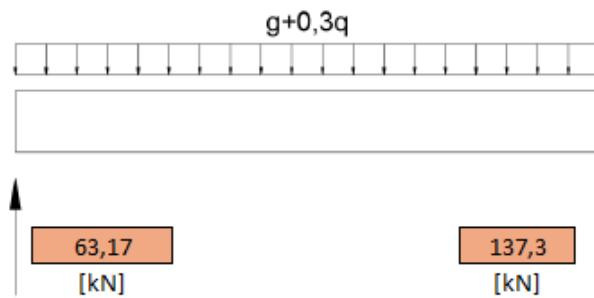
Tablica 30: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-36,99	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,01	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	11,42	
$\omega_{prov}$	0,11	
$\mu_{Rd}$	0,09	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	26422	
$L_c$ [cm]	540	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	97,86	





Slika 109: Poprečne sile od potresa



Slika 110: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 31: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-34,69
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-235,16
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	161,03
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	-39,44

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	24,15	LIJEVI RUB	$s$ [cm]	16,54	DESNI RUB
----------	-------	------------	----------	-------	-----------

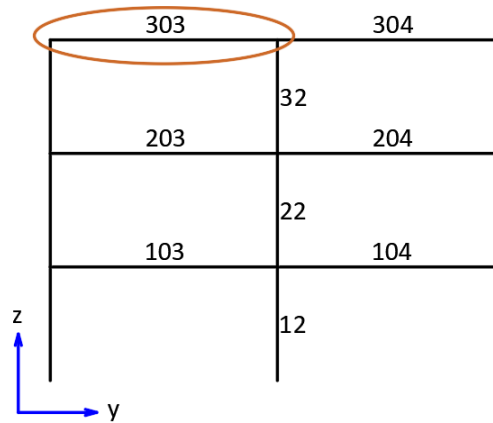
$l_{cr}=h_w$ [cm]	60
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,8

$s_{cr}$ [cm]	12,5
---------------	------

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/12,5$  cm.

U gredu pozicije 104 odnosno 204 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 103 odnosno 203 zbog simetričnosti okvira.

## 8.2.4. Greda 303



Slika 111: Skica pozicija grede u okviru

## 8.2.4.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 32: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,03	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	225,48 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bl}$ [cm]	3,38	VANJSKI ČVOR
$d_{bl}$ [cm]	2,71	UNUTARNJI ČVOR

## 8.2.4.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 33: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	60	visina grede
$b_w$ [cm]	35	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	100	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	22	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	38	udaljenost donjeg ruba od težišta
$M_{Ed}$ [kNcm]	6087	
$N_{Ed}$ [kN]	106,19	
$e$ [cm]	57,32	> 37,65 OK
$\nu$	0,013	< 0,3 OK
$d$ [cm]	55	
$z_d$ [cm]	33	
$M_{Eds}$ [kNcm]	2620,21	
$\mu_{Ed}$	0,004	$\zeta$ 0,993
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,55	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,16	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42 3 $\phi$ 20

## 8.2.4.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija. Koristi se pojednostavljeni postupak.

Tablica 34: Određivanje armature na savijanje uz rub

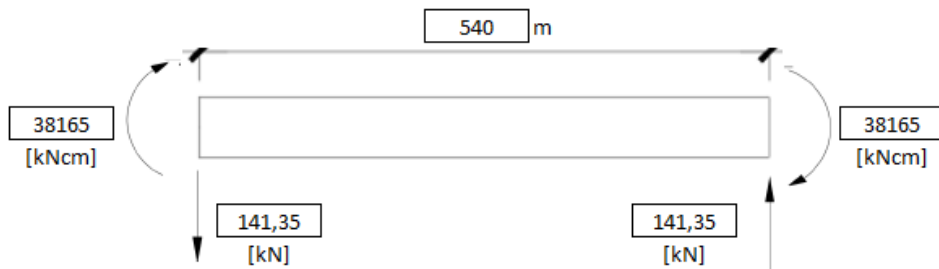
$z_d$ [cm]	17,35			
$M_{Ed}$ [kNcm]	13183			
$N_{Ed}$ [kN]	106,19			
$\mu_{Ed}$	0,053	$\zeta$	0,968	
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	8,14			
$\rho'$	0,0049			
$\rho_{max}$	0,0074	vrijedi za čelik B		
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,22			
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85			
$A_{s,beff pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85			
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,29	DODATI	4 $\phi$ 16	8,04

U gredu pozicije 304 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 303 zbog simetričnosti okvira.

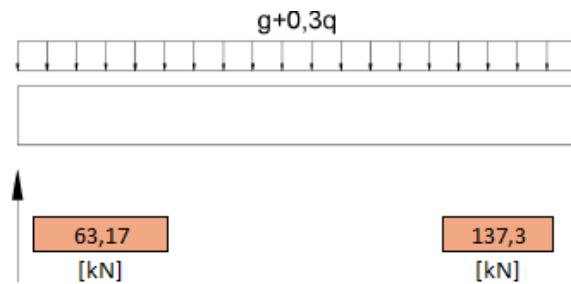
#### 8.2.4.4. Posmik

Tablica 35: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-106,19	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,02	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	11,89	
$\omega_{prov}$	0,12	
$\mu_{Rd}$	0,13	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	38165	
$L_{cl}$ [cm]	540	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	141,35	



Slika 112: Poprečne sile od potresa



Slika 113: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 36: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-78,18
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-278,65
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	204,52
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	4,05

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spona (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	19,01	LIJEVI RUB	$s$ [cm]	13,96	DESNI RUB
----------	-------	------------	----------	-------	-----------

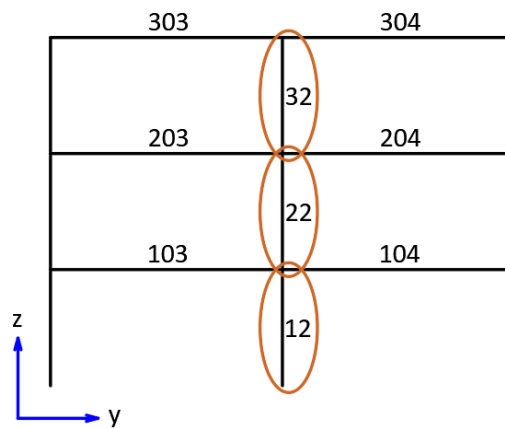
$l_{cr}=h_w$ [cm]	60
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,8

$s_{cr}$ [cm]	12,5
---------------	------

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/12,5$  cm.

U gredu pozicije 304 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 303 zbog simetričnosti okvira.

## 8.2.5. Stup 12, 22 i 32



Slika 114: Skica pozicija stupova u okviru

## 8.2.5.1. Uzdužna armatura

Tablica 37: Određivanje armature stupa

$h_c$ [cm]	60		
$b_c$ [cm]	60		
$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33		
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478		
$M_{Ed}$ [kNcm]	18543	bez predznaka	
$N_{Ed}$ [kN]	-625,31	sa predznakom	
$\mu_{Ed}$	0,04		
$\nu_{Ed}$	-0,07		
		$\omega_{prov}$	0,05 iz dijagrama interakcije
$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,65		
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	36		
ODABRANA ARMATURA		$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	39,27    8 $\phi$ 25
		$A_{s,1}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,73 uz pojedino lice stupa

Odabrana uzdužna armatura je 8 $\phi$ 25 ( $A_{s,prov} = 39,27 \text{ cm}^2$ ).

Tablica 38: Provjera redosljeda otkazivanja

$\omega_{prov}$	0,08		
$\nu_{Ed}$	-0,07	$\mu_{prov}$	0,09

iz dijagrama interakcije

$M_{Rd}$ [kNcm]	45295
$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	90590
$\Sigma M_{Rb}$ [kNcm]	52844

$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	>	$\Sigma M_{Rb} * 1,3$	
90590		68698	OK

## 8.2.5.2. Kritično područje stupova

Tablica 39: Određivanje kritičnog područja stupova

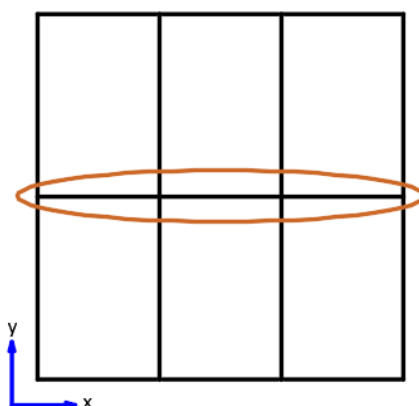
$l_{cl}$ [cm]	280	svijetla visina stupa
$l_{cr}$ [cm]	60	

8.2.5.3. Poprečna armatura

Tablica 40: Određivanje razmaka poprečne armature

$K_1$	0,58			
$K_2$	1,00	konzervativno		
$V_{Ed}$ [kN]	103,80			
$d$ [cm]	55			
$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (x2 ako su dvorezne)		
$s$ [cm]	39			
$s_{max}$ [cm]	30			
$b_0=h_0$ [cm]	54,00			
$s_{cr,max}$ [cm]	17,50			
$s_{cr}$ [cm]	10	pretpostavka		
$\varepsilon_{sy,d}$	0,00217			
$\alpha \omega_{wd} \geq$	0,061			
$h_{razmak}$ [cm]	24,00			
$b_{razmak}$ [cm]	24,80			
$V_{sw}$ [cm <sup>3</sup> ]	277,93			
$V_c$ [cm <sup>3</sup> ]	29160			
$\omega_{wd}$	0,178			
$b_i$ [cm]	24,75			
$\alpha_n$	0,72			
$\alpha_s$	0,82			
$\alpha \omega_{wd}$	0,105	> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0,061</td><td>OK</td></tr></table>	0,061	OK
0,061	OK			

8.3. Dimenzioniranje srednjeg okvira – smjer x



Slika 115: Skica položaja srednjeg okvira – smjer x u tlocrtu



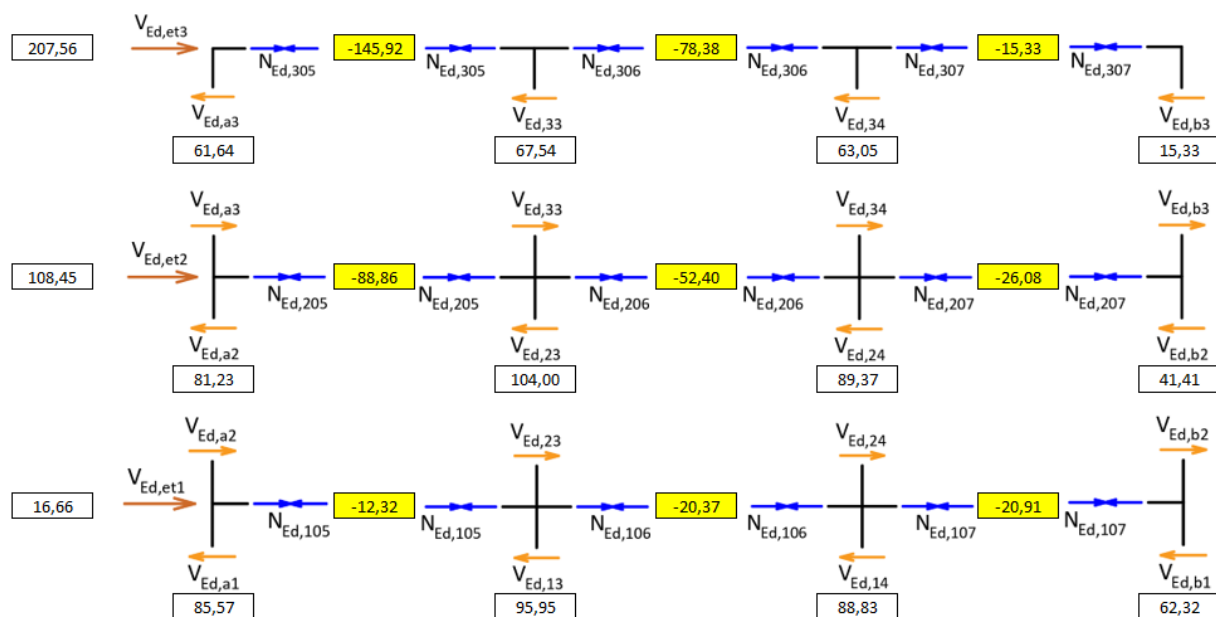
### 8.3.1. Određivanje uzdužnih sila u gredama

#### 8.3.1.1. Potresna kombinacija

Potresna kombinacija je najslabija jer opterećenje može djelovati u oba smjera. Razmatraju se dvije situacije zbog simetričnosti okvira. Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

VLAK					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	207,56
200	61,64	67,54	63,05	15,33	108,45
100	81,23	104,00	89,37	41,41	16,66
000	85,57	95,95	88,83	62,32	

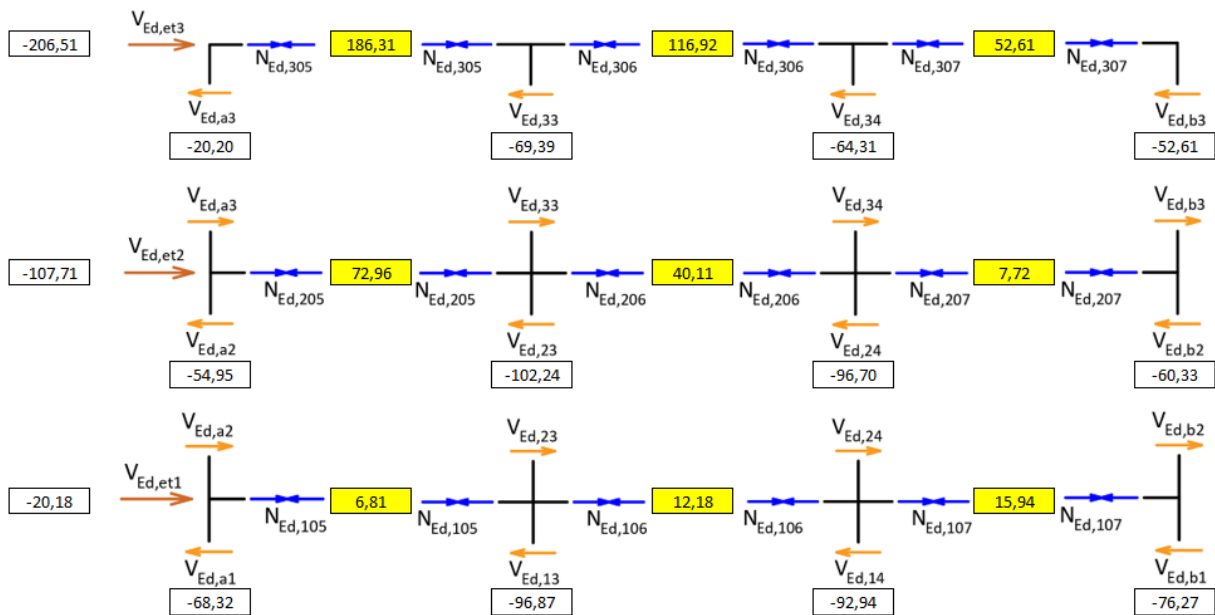
Slika 116: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak



Slika 117: Uzdužne sile u gredama – vlak

TLAK					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	-206,51
200	-20,20	-69,39	-64,31	-52,61	-107,71
100	-54,95	-102,24	-96,70	-60,33	-20,18
000	-68,32	-96,87	-92,94	-76,27	

Slika 118: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak



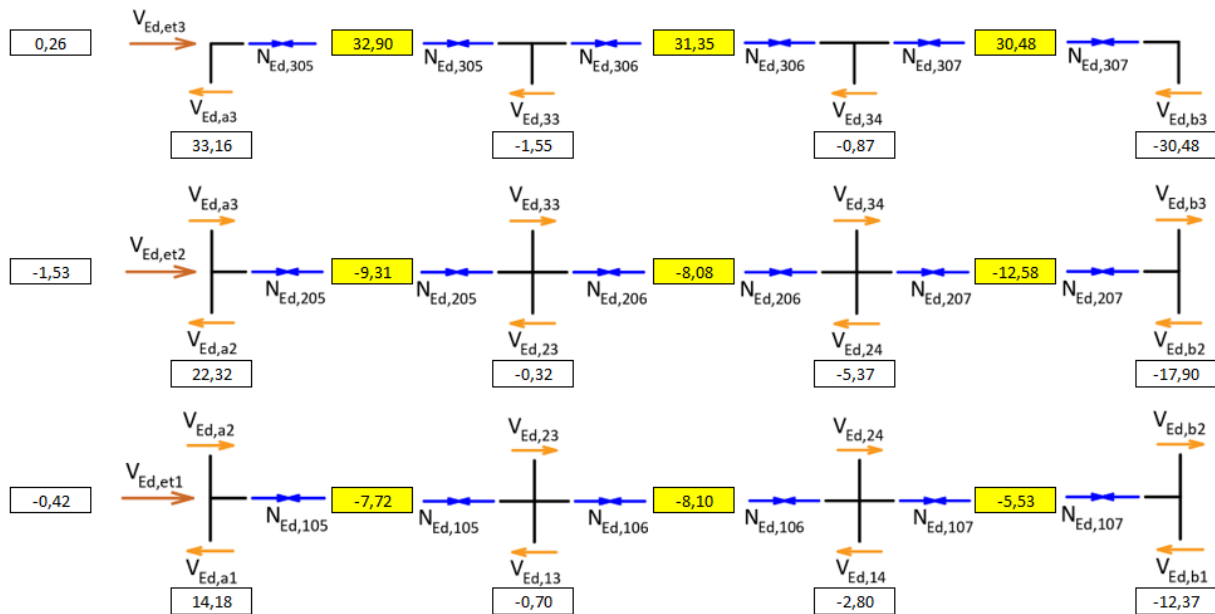
Slika 119: Uzdužne sile u gredama – tlak

8.3.1.2. Kombinacija za granično stanje nosivosti

Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

GSN					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
200	33,16	-1,55	-0,87	-30,48	-1,53
100	22,32	-0,32	-5,37	-17,90	-0,42
000	14,18	-0,70	-2,80	-12,37	

Slika 120: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN



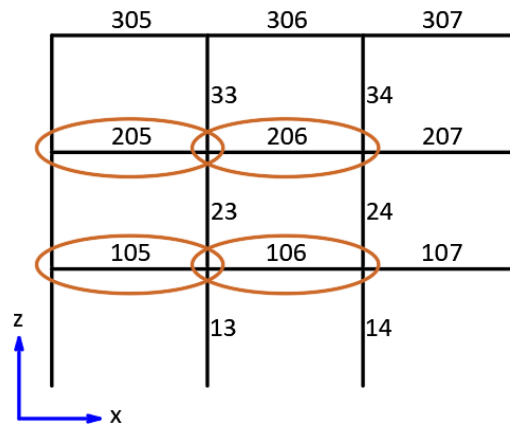
Slika 121: Uzdužne sile u gredama – GSN

### 8.3.2. Zahtijevana duktilnost

Tablica 41: Zahtijevana duktilnost

$T_1$ [s]	0,34	za taj smjer prvi period
$T_c$ [s]	0,6	rubni period koji ovisi o tipu tla
$\mu_{\phi C}$	11,24	kada je korišten čelik klase C
$\mu_{\phi B}$	16,85	kada je korišten čelik klase B

## 8.3.3. Greda 105 i 205, 106 i 206



Slika 122: Skica pozicija greda u okviru

## 8.3.3.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 42: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$U_{Ed}$	0,07	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	608,52 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bl}$ [cm]	3,50	VANJSKI ČVOR
$d_{bl}$ [cm]	2,80	UNUTARNJI ČVOR

Najveća dopuštena šipka u gornjoj zoni rubnog ležaja grede je  $\phi 32$ , a srednjeg ležaja  $\phi 28$ .

## 8.3.3.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 43: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa		
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče		
$h_w$ [cm]	50	visina grede		
$b_w$ [cm]	30	širina grede		
$b_{eff}$ [cm]	140	sudjelujuća širina		
$z_{t,g}$ [cm]	16	udaljenost gornjeg ruba od težišta		
$z_{t,d}$ [cm]	34	udaljenost donjeg ruba od težišta		
$M_{Ed}$ [kNcm]	3274			
$N_{Ed}$ [kN]	88,86			
$e$ [cm]	36,84	>	33,92	OK
$\nu$	0,011	<	0,3	OK
$d$ [cm]	45			
$z_d$ [cm]	29			
$M_{Eds}$ [kNcm]	704,26			
$\mu_{Ed}$	0,001		$\xi$	0,997
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	2,40			
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,32			
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	12,57	4 $\phi$ 20	

Odabrana armatura u polju je 4 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 12,57 \text{ cm}^2$ ).

## 8.3.3.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija.

Tablica 44: Određivanje armature na savijanje uz rub

$z_d$ [cm]	11,08		
$M_{Ed}$ [kNcm]	19058		
$N_{Ed}$ [kN]	88,86		
$\mu_{Ed}$	0,135	$\zeta$	0,923
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	12,60		
$\rho'$	0,0093		
$\rho_{max}$	0,0119	vrijedi za čelik B	
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	16,12		
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s,beff,pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,39		
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	7,21	DODATI	4 $\phi$ 16    8,04

Odabrana armatura nad osloncem je:

gore 4 $\phi$ 16 + Q 385 ( $A_{s,prov} = 8,04 + 5,39 = 13,43 \text{ cm}^2$ ),

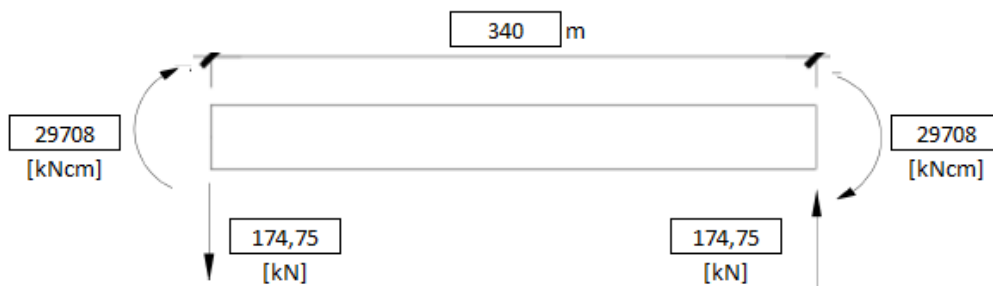
dolje 4 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 12,57 \text{ cm}^2$ ).

U gredu pozicije 107 odnosno 207 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 105 odnosno 205 zbog simetričnosti okvira.

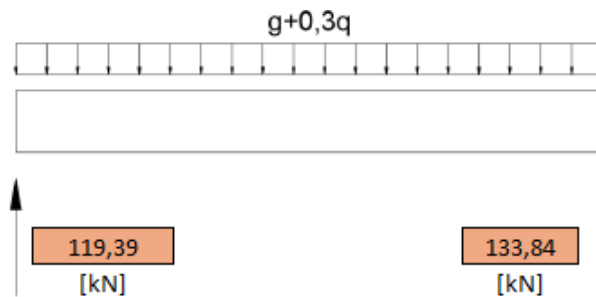
## 8.3.3.4. Posmik

Tablica 45: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-88,86	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$l'_{Ed}$	-0,03	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,43	
$\omega_{prov}$	0,19	
$\mu_{Rd}$	0,17	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	29708	
$L_{cl}$ [cm]	340	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	174,75	



Slika 123: Poprečne sile od potresa



Slika 124: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 46: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-55,36
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-308,59
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	294,14
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	40,91

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	10,71	LJEVI RUB	$s$ [cm]	10,21	DESNI RUB
----------	-------	-----------	----------	-------	-----------

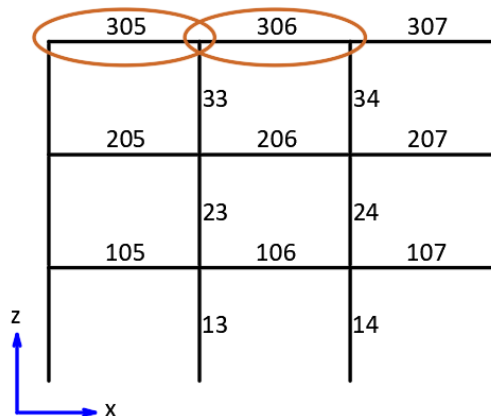
$l_{cr}=h_w$ [cm]	50
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,5

$s_{cr}$ [cm]	10
---------------	----

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/10$  cm.

U gredu pozicije 107 odnosno 207 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 105 odnosno 205 zbog simetričnosti okvira.

### 8.3.4. Greda 305 i 306



Slika 125: Skica pozicija greda u okviru



## 8.3.4.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 47: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,04	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	320,74 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bl}$ [cm]	3,41	VANJSKI ČVOR
$d_{bl}$ [cm]	2,73	UNUTARNJI ČVOR

## 8.3.4.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 48: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	50	visina grede
$b_w$ [cm]	30	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	140	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	16	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	34	udaljenost donjeg ruba od težišta

$M_{Ed}$ [kNcm]	4791	
$N_{Ed}$ [kN]	186,31	
$e$ [cm]	25,72	>
$\nu$	0,022	<

	33,92	UNUTAR
	0,3	OK

$d$ [cm]	45
$z_d$ [cm]	29

$M_{Eds}$ [kNcm]	4791,00
$\mu_{Ed}$	0,007

$\zeta$	0,99
---------	------

$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,76
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,32

ODABRANA ARMATURA

$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	12,57	4 $\phi$ 20
---------------------------------	-------	-------------

Ekscentrična sila se nalazi unutar presjeka te je za polje konzervativno uzeto da je moment jednak samo momentu bez uzdužne sile za izračun armature.

## 8.3.4.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija. Koristi se pojednostavljeni postupak.

Tablica 49: Određivanje armature na savijanje uz rub

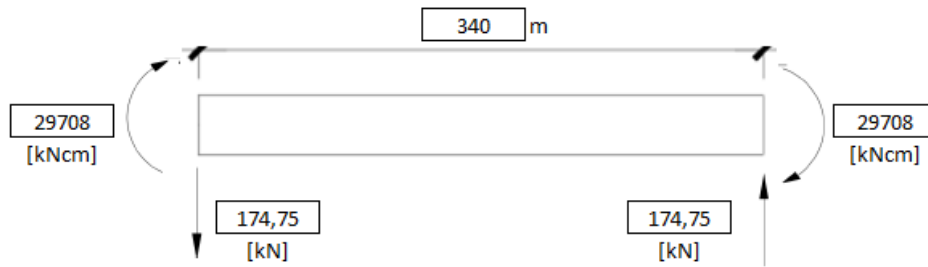
$z_d$ [cm]	11,08			
$M_{Ed}$ [kNcm]	11579			
$N_{Ed}$ [kN]	186,31			
$\mu_{Ed}$	0,082	$\zeta$	0,955	
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	10,48			
$\rho'$	0,0093			
$\rho_{max}$	0,0119	vrijedi za čelik B		
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	16,12			
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85			
$A_{s,beff,pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,39			
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	5,09	DODATI	4 $\phi$ 16	8,04

U gredu pozicije 307 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 305 zbog simetričnosti okvira.

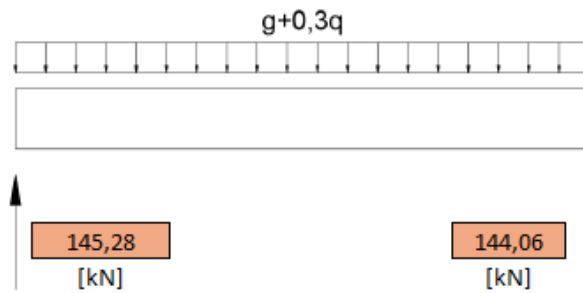
#### 8.3.4.4. Posmik

Tablica 50: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-145,92	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,05	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	13,43	
$\omega_{prov}$	0,19	
$\mu_{Rd}$	0,17	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	29708	
$L_{cl}$ [cm]	340	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	174,75	



Slika 126: Poprečne sile od potresa



Slika 127: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 51: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-29,47
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-318,81
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	320,03
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	30,69

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spona (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	9,85	LIJEVI RUB	$s$ [cm]	9,89	DESNI RUB
----------	------	------------	----------	------	-----------

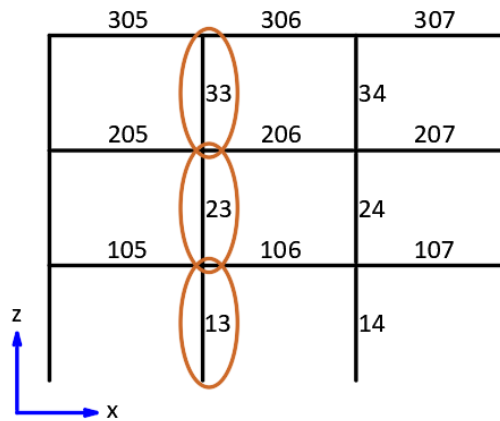
$l_{cr}=h_w$ [cm]	50
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,5

$s_{cr}$ [cm]	9,5
---------------	-----

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/9,5$  cm.

U gredu pozicije 307 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 305 zbog simetričnosti okvira.

8.3.5. Stup 13, 23 i 33



Slika 128: Skica pozicija stupova u okviru

8.3.5.1. Uzdužna armatura

Tablica 52: Određivanje armature stupa

$h_c$ [cm]	60	
$b_c$ [cm]	60	
$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33	
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	
$M_{Ed}$ [kNcm]	17698	bez predznaka
$N_{Ed}$ [kN]	-910,26	sa predznakom
$\mu_{Ed}$	0,04	
$\nu_{Ed}$	-0,11	
		$\omega_{prov}$ 0,05 iz dijagrama interakcije
$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,65	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	36	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	39,27    8 $\phi$ 25
	$A_{s,1}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,73    uz pojedino lice stupa

Odabrana uzdužna armatura je 8 $\phi$ 25 ( $A_{s,prov} = 39,27 \text{ cm}^2$ ).

Tablica 53: Provjera redosljeda otkazivanja

$\omega_{prov}$	0,08
$V_{Ed}$	-0,11

OČITAT:  $\mu_{prov}$  0,11 iz dijagrama interakcije

$M_{Rd}$ [kNcm]	55361
$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	110722
$\Sigma M_{Rb}$ [kNcm]	59415

$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	$\Sigma M_{Rb} * 1,3$	
110722	77240	OK

### 8.3.5.2. Kritično područje stupova

Tablica 54: Određivanje kritičnog područja stupova

$l_{cl}$ [cm]	280	svijetla visina stupa
$l_{cr}$ [cm]	60	

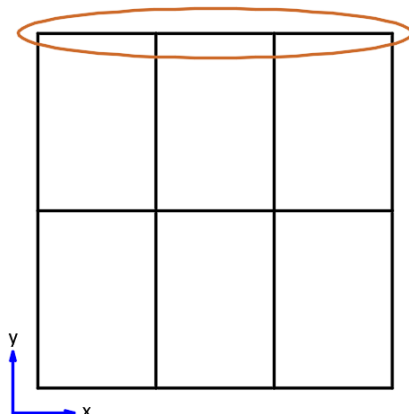
## 8.3.5.3. Poprečna armatura

Tablica 55: Određivanje razmaka poprečne armature

$K_1$	0,54	
$K_2$	1,00	konzervativno
$V_{Ed}$ [kN]	116,71	
$d$ [cm]	55	
$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (pazi x2 ako su dvorezne)
$s$ [cm]	35	
$s_{max}$ [cm]	30	
$b_0=h_0$ [cm]	54,00	
$s_{cr,max}$ [cm]	17,50	
$s_{cr}$ [cm]	10	pretpostavka
$\varepsilon_{sy,d}$	0,00217	
$\alpha \omega_{wd} \geq$	0,098	
$h_{razmak}$ [cm]	24,00	
$b_{razmak}$ [cm]	24,80	
$V_{sw}$ [cm <sup>3</sup> ]	277,93	
$V_c$ [cm <sup>3</sup> ]	29160	
$\omega_{wd}$	0,178	
$b_i$ [cm]	24,75	
$\alpha_n$	0,72	
$\alpha_s$	0,82	
$\alpha \omega_{wd}$	0,105	> 0,098 zadovoljava

U stupove pozicije 14, 24 i 34 postaviti će se ista armatura kao i u stup pozicije 13, 23 i 33 zbog simetričnosti okvira.

## 8.4. Dimenzioniranje rubnog okvira – smjer x



Slika 129: Skica položaja rubnog okvira – smjer x u tlocrtu

### 8.4.1. Određivanje uzdužnih sila u gredama

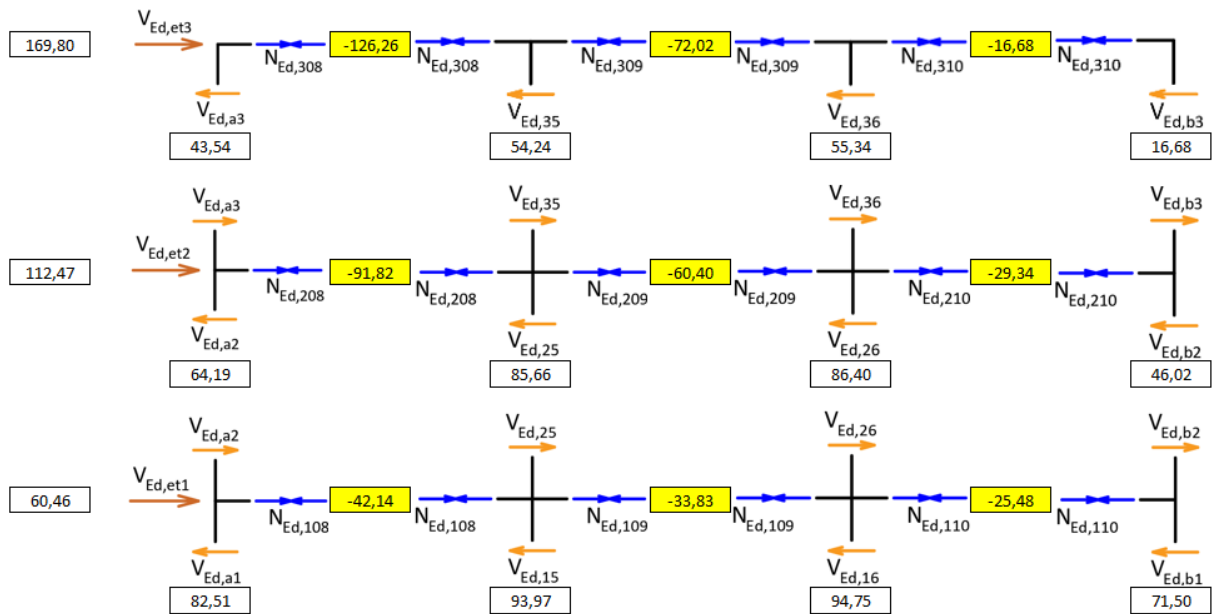
#### 8.4.1.1. Potresna kombinacija

Potresna kombinacija je najsloženija jer opterećenje može djelovati u oba smjera. Razmatraju se dvije situacije zbog simetričnosti okvira. Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

VLAK					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	169,80
200	43,54	54,24	55,34	16,68	112,47
100	64,19	85,66	86,40	46,02	60,46
000	82,51	93,97	94,75	71,50	

Slika 130: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak

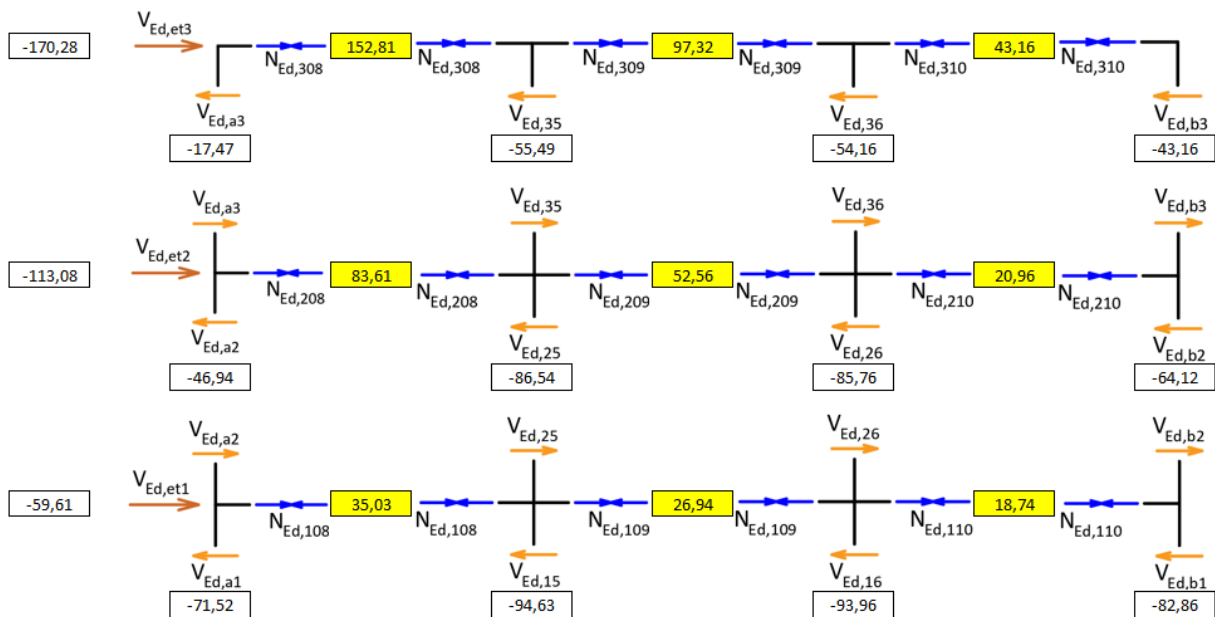




Slika 131: Uzdužne sile u gredama – vlak

TLAK					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	-170,28
200	-17,47	-55,49	-54,16	-43,16	-113,08
100	-46,94	-86,54	-85,76	-64,12	-59,61
000	-71,52	-94,63	-93,96	-82,86	

Slika 132: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak



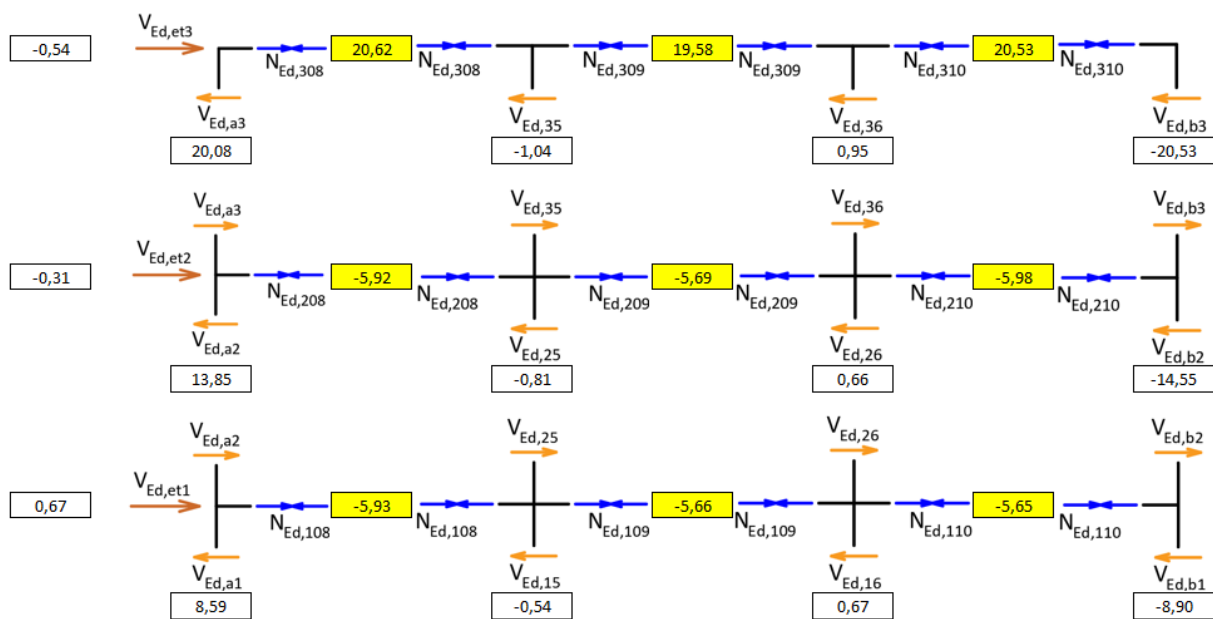
Slika 133: Uzdužne sile u gredama – tlak

### 8.4.1.2. Kombinacija za granično stanje nosivosti

Najprije su izračunate vrijednosti ukupnih poprečnih sila u svim stupovima na razini etaže, a nakon toga vrijednosti uzdužnih sila u gredama prema postupku opisanom u 8.1.

GSN					
	1	2	3	4	$V_{Ed,et}$
300	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,54
200	20,08	-1,04	0,95	-20,53	-0,31
100	13,85	-0,81	0,66	-14,55	0,67
000	8,59	-0,54	0,67	-8,90	

Slika 134: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN



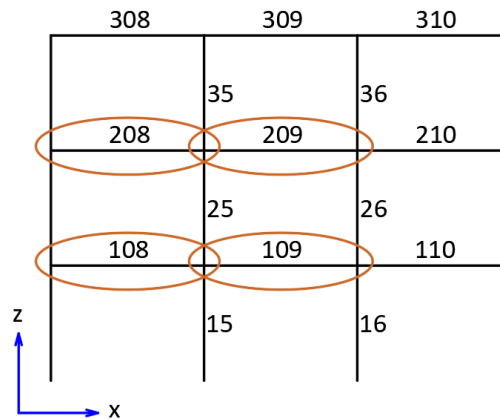
Slika 135: Uzdužne sile u gredama – GSN

### 8.4.2. Zahtijevana duktilnost

Tablica 56: Zahtijevana duktilnost

$T_1$ [s]	0,34	za taj smjer prvi period
$T_c$ [s]	0,6	rubni period koji ovisi o tipu tla
$\mu_{\phi C}$	11,24	kada je korišten čelik klase C
$\mu_{\phi B}$	16,85	kada je korišten čelik klase B

## 8.4.3. Greda 108 i 208, 109 i 209



Slika 136: Skica pozicija greda u okviru

## 8.4.3.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 57: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,05	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	401,53 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća

$d_{bl}$ [cm]	3,44	VANJSKI ČVOR
---------------	------	--------------

$d_{bl}$ [cm]	2,75	UNUTARNJI ČVOR
---------------	------	----------------

Najveća dopuštena šipka u gornjoj zoni rubnog ležaja grede je  $\phi 32$ , a srednjeg ležaja  $\phi 25$ .

## 8.4.3.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 58: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	50	visina grede
$b_w$ [cm]	30	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	100	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	18	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	32	udaljenost donjeg ruba od težišta
$M_{Ed}$ [kNcm]	2431	
$N_{Ed}$ [kN]	91,82	
$e$ [cm]	26,48	> 32,24 UNUTAR
$\nu$	0,011	< 0,3 OK
$d$ [cm]	45	
$z_d$ [cm]	27	
$M_{Eds}$ [kNcm]	2431,00	
$\mu_{Ed}$	0,005	$\zeta$ 0,992
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,25	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,32	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42 3 $\phi$ 20

Ekscentrična sila se nalazi unutar presjeka te je za polje konzervativno uzeto da je moment jednak samo momentu bez uzdužne sile za izračun armature.

Odabrana armatura u polju je 3 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

## 8.4.3.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija.

Tablica 59: Određivanje armature na savijanje uz rub

$z_d$ [cm]	12,76		
$M_{Ed}$ [kNcm]	15201		
$N_{Ed}$ [kN]	91,82		
$\mu_{Ed}$	0,107	$\zeta$	0,94
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	10,38		
$\rho'$	0,0070		
$\rho_{max}$	0,0096	vrijedi za čelik B	
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	12,97		
$A_{s,pluća}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s,beff,pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	6,53	DODATI	4 $\phi$ 16    8,04

Odabrana armatura nad osloncem je:

gore 4 $\phi$ 16 + Q 385 ( $A_{s,prov} = 8,04 + 5,39 = 13,43 \text{ cm}^2$ ),

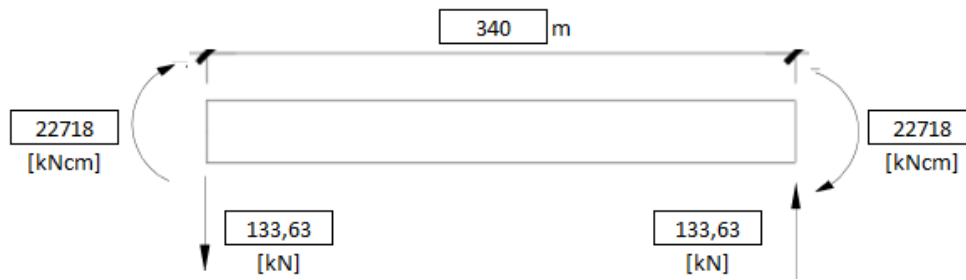
dolje 3 $\phi$ 20 ( $A_{s,prov} = 9,42 \text{ cm}^2$ ).

U gredu pozicije 110 odnosno 210 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 108 odnosno 208 zbog simetričnosti okvira.

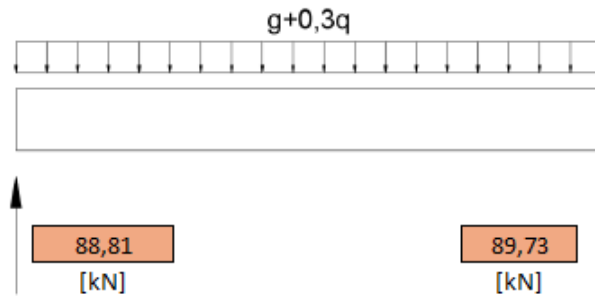
#### 8.4.3.4. Posmik

Tablica 60: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-91,82	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,03	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	11,42	
$\omega_{prov}$	0,16	
$\mu_{Rd}$	0,13	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	22718	
$L_{cl}$ [cm]	340	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	133,63	



Slika 137: Poprečne sile od potresa



Slika 138: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 61: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-44,82
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-223,36
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	222,44
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	43,90

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	14,17	LIJEVI RUB	$s$ [cm]	14,11	DESNI RUB
----------	-------	------------	----------	-------	-----------

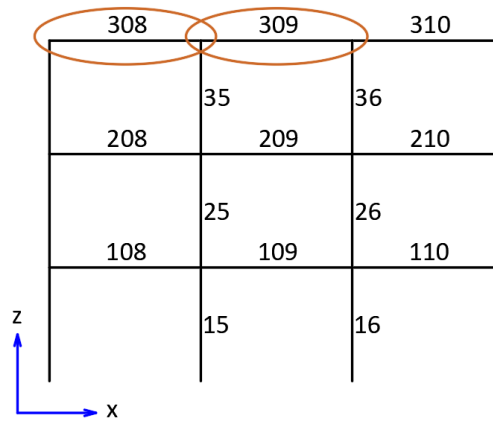
$l_{cr}=h_w$ [cm]	50
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,5

$s_{cr}$ [cm]	12,5
---------------	------

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/12,5$  cm.

U gredu pozicije 110 odnosno 210 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 108 odnosno 208 zbog simetričnosti okvira.

## 8.4.4. Greda 308 i 309



Slika 139: Skica pozicija greda u okviru

## 8.4.4.1. Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

Tablica 62: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature

$h_c$ [cm]	60	dimenzija STUPA u smjeru razmatranog okvira
$f_{ctm}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	0,32	srednja osna vlačna čvrstoća betona
$\gamma_{Rd}$	1	faktor za očvršćivanje čelika (1 za DCM, 1,2 za DCH)
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	proračunska granica popuštanja čelika za armiranje
$k_d$	0,67	faktor ovisan o duktilnosti (2/3 za DCM, 1 za DCH)
$\nu_{Ed}$	0,02	ako je vlak onda 0, inače:
	$N_{Ed}$ [kN]	187,81 gornji stup uzdužna sila bez predznaka
	$A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	3600 površina STUPA
	$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33 proračunska tlačna čvrstoća
$d_{bl}$ [cm]	3,37	VANJSKI ČVOR
$d_{bl}$ [cm]	2,70	UNUTARNJI ČVOR

## 8.4.4.2. Savijanje – presjek u polju

Tablica 63: Određivanje armature na savijanje u polju

$h_c$ [cm]	60	širina stupa
$h_p$ [cm]	20	debljina ploče
$h_w$ [cm]	50	visina grede
$b_w$ [cm]	30	širina grede
$b_{eff}$ [cm]	100	sudjelujuća širina
$z_{t,g}$ [cm]	18	udaljenost gornjeg ruba od težišta
$z_{t,d}$ [cm]	32	udaljenost donjeg ruba od težišta
$M_{Ed}$ [kNcm]	2315	
$N_{Ed}$ [kN]	152,81	
$e$ [cm]	15,15	> 32,24 UNUTAR
$\nu$	0,018	< 0,3 OK
$d$ [cm]	45	
$z_d$ [cm]	27	
$M_{Eds}$ [kNcm]	2315,00	
$\mu_{Ed}$	0,005	$\zeta$ 0,99
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,71	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	4,32	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,42    3 $\phi$ 20

Ekscentrična sila se nalazi unutar presjeka te je za polje konzervativno uzeto da je moment jednak samo momentu bez uzdužne sile za izračun armature.

## 8.4.4.3. Savijanje – presjek uz rub

Mjerodavna je potresna kombinacija. Koristi se pojednostavljeni postupak.



Tablica 64: Određivanje armature na savijanje uz rub

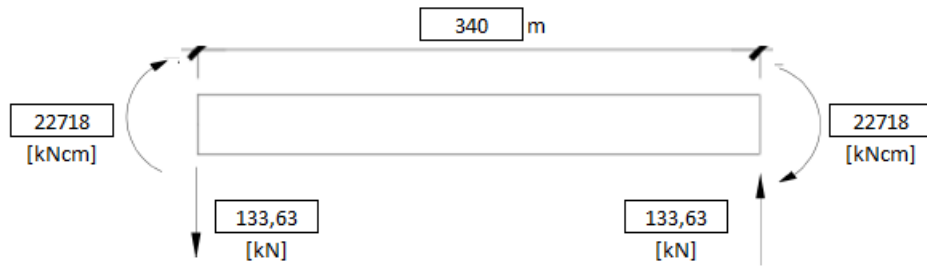
$z_d$ [cm]	12,76		
$M_{Ed}$ [kNcm]	8138		
$N_{Ed}$ [kN]	152,81		
$\mu_{Ed}$	0,057	$\zeta$	0,966
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	7,82		
$\rho'$	0,0070		
$\rho_{max}$	0,0096	vrijedi za čelik B	
$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	12,97		
$A_{s,ploča}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s,beff pl}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,85		
$A_{s1,req}$ [cm <sup>2</sup> ]	3,97	DODATI	4 $\phi$ 16    8,04

U gredu pozicije 310 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 308 zbog simetričnosti okvira.

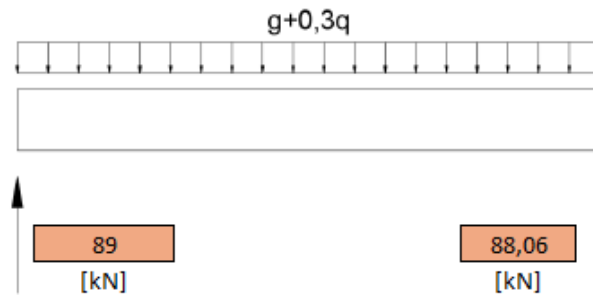
#### 8.4.4.4. Posmik

Tablica 65: Određivanje poprečne sile od potresa

$N_{Ed}$ [kN]	-91,82	najveća tlačna ili najmanja vlačna sila
$V_{Ed}$	-0,03	
$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	11,89	
$\omega_{prov}$	0,16	
$\mu_{Rd}$	0,13	iz dijagrama interakcije
$M_{Rd}$ [kNcm]	22718	
$L_{cl}$ [cm]	340	svijetli raspon grede
$V_{Ed}$ [kN]	133,63	



Slika 140: Poprečne sile od potresa



Slika 141: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja

Tablica 66: Određivanje potrebnih razmaka spona

$V_{Ed}^{L,1}$ [kN]	-44,63
$V_{Ed}^{D,1}$ [kN]	-221,69
$V_{Ed}^{L,2}$ [kN]	222,63
$V_{Ed}^{D,2}$ [kN]	45,57

$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spona (x2 ako su dvorezne)
-----------------------------	------	--

$s$ [cm]	14,16	LJEVI RUB	$s$ [cm]	14,22	DESNI RUB
----------	-------	-----------	----------	-------	-----------

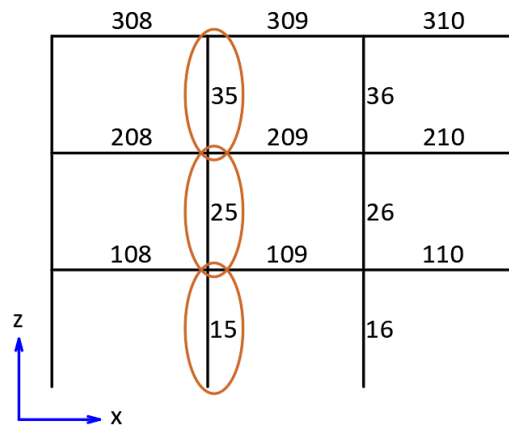
$l_{cr}=h_w$ [cm]	50
$\phi_{s,min}$ [cm]	1,6
$\phi_{sw}$ [cm]	1
$s_{cr,max}$ [cm]	12,5

$s_{cr}$ [cm]	12,5
---------------	------

Zadovoljavajuća poprečna armatura je  $\phi 10/12,5$  cm.

U gredu pozicije 310 postaviti će se ista armatura kao i u gredu pozicije 308 zbog simetričnosti okvira.

### 8.4.5. Stup 15, 25 i 35



Slika 142: Skica pozicija stupova u okviru

#### 8.4.5.1. Uzdužna armatura

Tablica 67: Određivanje armature stupa

$h_c$ [cm]	60	
$b_c$ [cm]	60	
$f_{cd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	2,33	
$f_{yd}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	43,478	
$M_{Ed}$ [kNcm]	18560	bez predznaka
$N_{Ed}$ [kN]	-622,96	sa predznakom
$\mu_{Ed}$	0,04	
$\nu_{Ed}$	-0,07	
		$\omega_{prov}$ 0,05 iz dijagrama interakcije
$A_{s1}$ [cm <sup>2</sup> ]	9,65	
$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	36	
ODABRANA ARMATURA	$A_{s,prov}$ [cm <sup>2</sup> ]	39,27 8 $\phi$ 25
	$A_{s,1}$ [cm <sup>2</sup> ]	14,73 uz pojedino lice stupa

Odabrana uzdužna armatura je 8 $\phi$ 25 ( $A_{s,prov} = 39,27 \text{ cm}^2$ ).

Tablica 68: Provjera redosljeda otkazivanja

$\omega_{prov}$	0,08
$\nu_{Ed}$	-0,07

OČITAT:  $\mu_{prov}$  0,07 iz dijagrama interakcije

$M_{Rd}$ [kNcm]	35230
$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	70459
$\Sigma M_{Rb}$ [kNcm]	45435

$\Sigma M_{Rc}$ [kNcm]	>	$\Sigma M_{Rb} * 1,3$	
70459		59066	OK

#### 8.4.5.2. Kritično područje stupova

Tablica 69: Određivanje kritičnog područja stupova

$l_d$ [cm]	280	svijetla visina stupa
$l_{cr}$ [cm]	60	

## 8.4.5.3. Poprečna armatura

Tablica 70: Određivanje razmaka poprečne armature

$K_1$	0,64	
$K_2$	1,00	konzervativno
$V_{Ed}$ [kN]	89,25	
$d$ [cm]	55	
$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	1,57	pretpostavljene spone (pazi x2 ako su dvorezne)
$s$ [cm]	45	
$s_{max}$ [cm]	30	
$b_0=h_0$ [cm]	54,00	
$s_{cr,max}$ [cm]	17,50	
$s_{cr}$ [cm]	10	pretpostavka
$\varepsilon_{sy,d}$	0,00217	
$\alpha \omega_{wd} \geq$	0,056	
$h_{razmak}$ [cm]	24,00	
$b_{razmak}$ [cm]	24,80	
$V_{sw}$ [cm <sup>3</sup> ]	277,93	
$V_c$ [cm <sup>3</sup> ]	29160	
$\omega_{wd}$	0,178	
$b_1$ [cm]	24,75	
$\alpha_n$	0,72	
$\alpha_s$	0,82	
$\alpha \omega_{wd}$	0,105	> 0,056 zadovoljava

U stupove pozicije 16, 26 i 36 postaviti će se ista armatura kao i u stup pozicije 15, 25 i 35 zbog simetričnosti okvira.

## 8.5. Proračun pomaka za potresnu kombinaciju

Napravljen je linearni proračun pomaka u programskom paketu te se pomaci prouzročeni potresnim djelovanjem moraju proračunati na osnovi elastičnih deformacija konstrukcije prema Eurokodu odnosno sljedećem izrazu:

$$d_s = q_d \cdot d_e$$

gdje je:

$d_s$  – pomak točke konstrukcijskog sustava prouzročen potresnim djelovanjem,

$q_d$  – faktor ponašanja za pomak koji se pretpostavlja jednakim  $q$ , osim ako je drugačije specificirano

$d_e$  – pomak iste točke konstrukcijskog sustava određene linearnim proračunom utemeljenim na proračunskom spektru odziva. [5]

$$d_{sx} = 3,9 \cdot 8 = 31,2 \text{ mm} < \frac{h}{150} = \frac{9000}{150} = 60 \text{ mm}$$

$$d_{sx1etaža} = 3,9 \cdot 2,5 = 9,75 \text{ mm} < \frac{h}{150} = \frac{3000}{150} = 20 \text{ mm}$$

$$d_{sy} = 3,9 \cdot 2,5 = 9,75 \text{ mm} < \frac{h}{150} = \frac{9000}{150} = 60 \text{ mm}$$

$$d_{sy1etaža} = 3,9 \cdot 1,9 = 7,41 \text{ mm} < \frac{h}{150} = \frac{3000}{150} = 20 \text{ mm}$$

Provjere pomaka za potresnu kombinaciju zadovoljavaju.

## 8.6. Rekapitulacija potrebne armature

Tablica 71: Rekapitulacija potrebne armature srednjeg okvira – smjer y

POZICIJA	PODRUČJE	DULJINA (cm)	UZDUŽNA ARMATURA			POPREČNA ARMATURA
			GORNJA ZONA	DONJA ZONA	RAZMACI	
101, 102, 201, 202	cijela greda	600	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/12,5 cm	
301, 302	rub	60	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/10,5 cm	
	ostatak grede	480			$\phi$ 10/12,5 cm	
11, 21, 31	cijeli stup	300	3 $\phi$ 25	+2 $\phi$ 25 (dodatno)	3 $\phi$ 25	$\phi$ 10/10 cm

Tablica 72: Rekapitulacija potrebne armature rubnog okvira – smjer y

POZICIJA	PODRUČJE	DULJINA (cm)	UZDUŽNA ARMATURA			POPREČNA ARMATURA
			GORNJA ZONA	DONJA ZONA	RAZMACI	
103, 104, 203, 204	cijela greda	600	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/12,5 cm	
303, 304	cijela greda	600	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/12,5 cm	
12, 22, 32	cijeli stup	300	3 $\phi$ 25	+2 $\phi$ 25 (dodatno)	3 $\phi$ 25	$\phi$ 10/10 cm

Tablica 73: Rekapitulacija potrebne armature srednjeg okvira – smjer x

POZICIJA	PODRUČJE	DULJINA (cm)	UZDUŽNA ARMATURA			POPREČNA ARMATURA
			GORNJA ZONA	DONJA ZONA	RAZMACI	
105, 106, 107, 205, 206, 207	rub	50	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	4 $\phi$ 20	$\phi$ 10/10 cm	
	ostatak grede	300			$\phi$ 10/12,5 cm	
305, 306, 307	rub	50	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	4 $\phi$ 20	$\phi$ 10/9,5 cm	
	ostatak grede	300			$\phi$ 10/12,5 cm	
13, 14, 23, 24, 33, 34	cijeli stup	300	3 $\phi$ 25	+2 $\phi$ 25 (dodatno)	3 $\phi$ 25	$\phi$ 10/10 cm

Tablica 74: Rekapitulacija potrebne armature rubnog okvira – smjer x

POZICIJA	PODRUČJE	DULJINA (cm)	UZDUŽNA ARMATURA			POPREČNA ARMATURA
			GORNJA ZONA	DONJA ZONA	RAZMACI	
108, 109, 110, 208, 209, 210	cijela greda	400	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/12,5 cm	
308, 309, 310	cijela greda	400	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20	$\phi$ 10/12,5 cm	
15, 16, 25, 26, 35, 36	cijeli stup	300	3 $\phi$ 25	+2 $\phi$ 25 (dodatno)	3 $\phi$ 25	$\phi$ 10/10 cm



## 8.7. Rekapitulacija odabrane armature

Kako bi se izbjegla greška pri izvođenju, okviri će biti izvedeni na način da se postavi jednaka armatura u gredama okvira istog smjera.

Tablica 75: Rekapitulacija odabrane armature

POZICIJA	PODRUČJE	DULJINA (cm)	UZDUŽNA ARMATURA			POPREČNA ARMATURA
			GORNJA ZONA	DONJA ZONA		RAZMACI
101, 102, 103, 104, 201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304	rub	60	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	3 $\phi$ 20		$\phi$ 10/10,5 cm
	ostatak grede	480				$\phi$ 10/12,5 cm
105, 106, 107, 108, 109, 110, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 305, 306, 307, 308, 309, 310	rub	50	4 $\phi$ 16 (+Q 385)	4 $\phi$ 20		$\phi$ 10/9,5 cm
	ostatak grede	300				$\phi$ 10/12,5 cm
11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36	cijeli stup	300	3 $\phi$ 25	+2 $\phi$ 25 (dodatno)	3 $\phi$ 25	$\phi$ 10/10 cm

## 8.8. Proračun temeljne stope okvira

Napravljena je provjera naprezanja ispod temeljne stope za karakterističnu i potresnu kombinaciju opterećenja, određene su dimenzije temelja kao i potrebna armatura u njima.

### 8.8.1. Statički sustav, geometrijske karakteristike i materijal

Temelj se promatra kao obrnuta konzola. Dimenzije temelja iznose:

$$a = b = 300 \text{ cm}$$

$$h = d_t = 80 \text{ cm}$$

$$c = 4,0 \text{ cm}$$

gdje je:

$a, b$  – tlocrtna dimenzija temelja,

$h, d_t$  – visina temelja (dubina temeljne stope),

$c$  – zaštitni sloj temelja (za XC2).

Statička visina temelja iznosi:

$$d_s = 12 \text{ mm}$$

$$d_x = h - c - \frac{d_s}{2} = 80 - 4 - \frac{1,2}{2} = 75,4 \text{ cm}$$

$$d_y = d_x - d_s = 75,4 - 1,2 = 74,2 \text{ cm}$$

$$d_{eff} = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{75,4 + 74,2}{2} = 74,8 \text{ cm}$$

gdje je:

$d_s$  – promjer šipke armature temelja,

$d_x, d_y$  – statičke visine temelja u smjerovima x i y,

$d_{eff}$  – efektivna statička visina temelja (srednja).

Materijal temelja jednak je materijalu u ostatku konstrukcije (beton C35/45 i čelik B500B).

### 8.8.2. Očitane vrijednosti opterećenja

Tablica 76: Očitane vrijednosti opterećenja za proračun temelja

Kombinacija opterećenja	Vrijednosti unutarnjih sila i momenata savijanja				
	$V_{Ed,x}$ [kN]	$V_{Ed,y}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed,x}$ [kNm]	$M_{Ed,y}$ [kNm]
Karakteristična	10,28	17,35	992,92	2,69	16,89
Potresna	96,87	101,88	910,26	185,84	187,95

### 8.8.3. Naprezanja ispod temeljne stope

#### 8.8.3.1. Karakteristična kombinacija opterećenja

Vlastita težina temeljne stope:

$$N_{Ed,ts} = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma_c = 3,0 \cdot 3,0 \cdot 0,8 \cdot 25 = 180 \text{ kN}$$

Težina tla iznad temeljne stope:

$$N_{Ed,z} = 0 \text{ kN}$$

Uzdužna vertikalna sila za proračun temeljne stope:

$$N_{Ed,uk} = N_{Ed} + N_{Ed,ts} + N_{Ed,z} = 992,92 + 180,00 + 0 = 1172,92 \text{ kN}$$

Horizontalne sile za proračun temeljne stope:

$$V_{Ed,x} = 10,28 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} = 17,35 \text{ kN}$$

Momenti za proračun temeljne stope:

$$M_{Ed,x,uk} = M_{Ed,x} + V_{Ed,y} \cdot d_t = 16,89 + 17,35 \cdot 0,8 = 30,77 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y,uk} = M_{Ed,y} + V_{Ed,x} \cdot d_t = 10,41 + 10,28 \cdot 0,8 = 18,63 \text{ kNm}$$

Ekscentricitet vertikalne sile i provjera nalazi li se sila u jezgri poprečnog presjeka:

$$e_x = \frac{M_{Ed,y,uk}}{N_{Ed,uk}} = \frac{1863}{1172,92} = 1,59 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_{Ed,x,uk}}{N_{Ed,uk}} = \frac{3077}{1172,92} = 2,62 \text{ cm}$$

$$\frac{e_x}{b} + \frac{e_y}{a} = \frac{1,59}{300} + \frac{2,62}{300} = 0,014 < \frac{1}{6} = 0,167 \text{ m}$$

Sila se nalazi u jezgri poprečnog presjeka.

Naprezanja ispod temeljne stope:

$$A_{\text{temelja}} = a \cdot b = 9 \text{ m}^2$$

$$W_x = \frac{b \cdot a^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$W_y = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{N_{\text{Ed, uk}}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{\text{Ed, x, uk}}}{W_x} + \frac{M_{\text{Ed, y, uk}}}{W_y} = \frac{1172,92}{9,00} + \frac{30,77}{4,50} + \frac{18,63}{4,50} = 141,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_{\text{Ed, uk}}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{\text{Ed, x, uk}}}{W_x} - \frac{M_{\text{Ed, y, uk}}}{W_y} = \frac{1172,92}{9,00} + \frac{30,77}{4,50} - \frac{18,63}{4,50} = 133,02 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{N_{\text{Ed, uk}}}{A_{\text{temelja}}} - \frac{M_{\text{Ed, x, uk}}}{W_x} + \frac{M_{\text{Ed, y, uk}}}{W_y} = \frac{1172,92}{9,00} - \frac{30,77}{4,50} + \frac{18,63}{4,50} = 127,63 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{N_{\text{Ed, uk}}}{A_{\text{temelja}}} - \frac{M_{\text{Ed, x, uk}}}{W_x} - \frac{M_{\text{Ed, y, uk}}}{W_y} = \frac{1172,92}{9,00} - \frac{30,77}{4,50} - \frac{18,63}{4,50} = 119,35 \text{ kN/m}^2$$

gdje je:

$A_{\text{temelja}}$  – ploština temelja,

$W_x, W_y$  – momenti otpora presjeka oko osi x i y,

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$  – naprezanja na rubovima temelja.

Efektivna širina temelja:

$$a' = a \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_y}{a}\right) = 300 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 2,62}{300}\right) = 294,76 \text{ cm}$$

$$b' = b \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_x}{b}\right) = 300 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 1,59}{300}\right) = 296,82 \text{ cm}$$

Efektivna ploština temelja i pripadno naprezanje:

$$A'_{\text{temelja}} = a' \cdot b' = 8,75 \text{ m}^2$$

$$\sigma_0 = \frac{N_{\text{Ed, uk}}}{A'_{\text{temelja}}} = \frac{1172,92}{8,75} = 134,05 \text{ kN/m}^2$$

Proračunska otpornost tla (dopušteno naprezanje za osnovno opterećenje):

$$\sigma_{\text{Rd}} = 200 \text{ kN/m}^2$$

Provjera naprezanja u tlu ispod temelja:

$$\sigma_0 = 134,05 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{Rd}} = 200 \text{ kN/m}^2$$

Provjera naprezanja u tlu za karakterističnu kombinaciju opterećenja zadovoljava.

## 8.8.3.2. Potresna kombinacija opterećenja

Vlastita težina temeljne stope:

$$N_{Ed,ts} = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma_c = 3,0 \cdot 3,0 \cdot 0,8 \cdot 25 = 180 \text{ kN}$$

Težina tla iznad temeljne stope:

$$N_{Ed,z} = 0 \text{ kN}$$

Uzdužna vertikalna sila za proračun temeljne stope:

$$N_{Ed,uk} = N_{Ed} + N_{Ed,ts} + N_{Ed,z} = 910,26 + 180 + 0 = 1090,26 \text{ kN}$$

Horizontalne sile za proračun temeljne stope:

$$V_{Ed,x} = 96,87 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} = 101,88 \text{ kN}$$

Momenti za proračun temeljne stope:

$$M_{Ed,x,uk} = M_{Ed,x} + V_{Ed,y} \cdot d_t = 185,84 + 101,88 \cdot 0,8 = 267,34 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y,uk} = M_{Ed,y} + V_{Ed,x} \cdot d_t = 187,95 + 96,87 \cdot 0,8 = 265,45 \text{ kNm}$$

Ekscentricitet vertikalne sile i provjera nalazi li se sila u jezgri poprečnog presjeka:

$$e_x = \frac{M_{Ed,y,uk}}{N_{Ed,uk}} = \frac{26545}{1090,26} = 24,35 \text{ cm}$$

$$e_y = \frac{M_{Ed,x,uk}}{N_{Ed,uk}} = \frac{26734}{1090,26} = 24,52 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{e_x}{b}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{a}\right)^2 = \left(\frac{24,35}{300}\right)^2 + \left(\frac{24,52}{300}\right)^2 = 0,013 \text{ cm} < \frac{1}{9} = 0,111 \text{ m}$$

Sila se nalazi u jezgri poprečnog presjeka.

Naprezanja ispod temeljne stope:

$$A_{\text{temelja}} = a \cdot b = 9 \text{ m}^2$$

$$W_x = \frac{b \cdot a^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$W_y = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{N_{Ed,uk}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{Ed,x,uk}}{W_x} + \frac{M_{Ed,y,uk}}{W_y} = \frac{1090,26}{9,00} + \frac{267,34}{4,50} + \frac{265,45}{4,50} = 239,54 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_{Ed,uk}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{Ed,x,uk}}{W_x} - \frac{M_{Ed,y,uk}}{W_y} = \frac{1090,26}{9,00} + \frac{267,34}{4,50} - \frac{265,45}{4,50} = 121,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{N_{Ed,uk}}{A_{\text{temelja}}} - \frac{M_{Ed,x,uk}}{W_x} + \frac{M_{Ed,y,uk}}{W_y} = \frac{1090,26}{9,00} - \frac{267,34}{4,50} + \frac{265,45}{4,50} = 120,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{N_{Ed, uk}}{A_{temelja}} - \frac{M_{Ed, x, uk}}{W_x} - \frac{M_{Ed, y, uk}}{W_y} = \frac{1090,26}{9,00} - \frac{267,34}{4,50} - \frac{265,45}{4,50} = 2,74 \text{ kN/m}^2$$

Efektivna širina temelja:

$$a' = a \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_y}{a}\right) = 300 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 24,52}{300}\right) = 250,96 \text{ cm}$$

$$b' = b \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot e_x}{b}\right) = 300 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 24,35}{300}\right) = 251,30 \text{ cm}$$

Efektivna ploština temelja i pripadno naprezanje:

$$A'_{temelja} = a' \cdot b' = 6,31 \text{ m}^2$$

$$\sigma_0 = \frac{N_{Ed, uk}}{A'_{temelja}} = \frac{1090,26}{6,31} = 172,78 \text{ kN/m}^2$$

Proračunska otpornost tla (dopušteno naprezanje za osnovno opterećenje):

$$\sigma_{Rd} = 200 + 0,3 \cdot 200 = 260 \text{ kN/m}^2$$

Provjera naprezanja u tlu ispod temelja:

$$\sigma_0 = 172,78 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{Rd} = 260 \text{ kN/m}^2$$

Provjera naprezanja u tlu za potresnu kombinaciju opterećenja zadovoljava.

### 8.8.3.3. Dimenzioniranje temeljne stope

Za dimenzioniranje temelja povećana su potresna djelovanja koja prenosi stup za 20% u skladu s Eurokodom 8. [5]

Tablica 77: Uvećane vrijednosti opterećenja za proračun temelja

Kombinacija opterećenja	Vrijednosti unutarnjih sila i momenata savijanja				
	$V_{Ed, x}$ [kN]	$V_{Ed, y}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed, x}$ [kNm]	$M_{Ed, y}$ [kNm]
Potresna – uvećana	116,24	122,26	1092,31	223,01	225,54

Vlastita težina temeljne stope:

$$N_{Ed, ts} = a \cdot b \cdot h \cdot \gamma_c = 3,0 \cdot 3,0 \cdot 0,8 \cdot 25 = 180 \text{ kN}$$

Težina tla iznad temeljne stope:

$$N_{Ed, z} = 0 \text{ kN}$$

Uzdužna vertikalna sila za proračun temeljne stope:

$$N_{Ed, uk} = N_{Ed} + N_{Ed, ts} + N_{Ed, z} = 1092,31 + 180 + 0 = 1272,31 \text{ kN}$$

Horizontalne sile za proračun temeljne stope:

$$V_{Ed,x} = 116,24 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} = 122,26 \text{ kN}$$

Momenti za proračun temeljne stope:

$$M_{Ed,x,uk} = M_{Ed,x} + V_{Ed,y} \cdot d_t = 223,01 + 122,26 \cdot 0,8 = 320,82 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y,uk} = M_{Ed,y} + V_{Ed,x} \cdot d_t = 225,54 + 116,26 \cdot 0,8 = 318,55 \text{ kNm}$$

Naprezanja ispod temeljne stope:

$$A_{\text{temelja}} = a \cdot b = 9 \text{ m}^2$$

$$W_x = \frac{b \cdot a^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$W_y = \frac{a \cdot b^2}{6} = \frac{3,0 \cdot 3,0^2}{6} = 4,50 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{N_{Ed, uk}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{Ed, x, uk}}{W_x} + \frac{M_{Ed, y, uk}}{W_y} = \frac{1272,31}{9,00} + \frac{320,82}{4,50} + \frac{318,55}{4,50} = 283,45 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_{Ed, uk}}{A_{\text{temelja}}} + \frac{M_{Ed, x, uk}}{W_x} - \frac{M_{Ed, y, uk}}{W_y} = \frac{1272,31}{9,00} + \frac{320,82}{4,50} - \frac{318,55}{4,50} = 141,87 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_3 = \frac{N_{Ed, uk}}{A_{\text{temelja}}} - \frac{M_{Ed, x, uk}}{W_x} + \frac{M_{Ed, y, uk}}{W_y} = \frac{1272,31}{9,00} - \frac{320,82}{4,50} + \frac{318,55}{4,50} = 140,86 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_4 = \frac{N_{Ed, uk}}{A_{\text{temelja}}} - \frac{M_{Ed, x, uk}}{W_x} - \frac{M_{Ed, y, uk}}{W_y} = \frac{1272,31}{9,00} - \frac{320,82}{4,50} - \frac{318,55}{4,50} = -0,71 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_4 = -0,71 \text{ kN/m}^2 < 0 \rightarrow \sigma_4 = 0,00 \text{ kN/m}^2$$

Za  $M_{x, \max}$ :

$$\sigma' = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = \frac{283,45 + 141,87}{2} = 212,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'' = \frac{\sigma_3 + \sigma_4}{2} = \frac{140,86 + 0,00}{2} = 70,43 \text{ kN/m}^2$$

Za  $M_{y, \max}$ :

$$\sigma' = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{283,45 + 140,86}{2} = 212,66 \text{ kN/m}^2$$

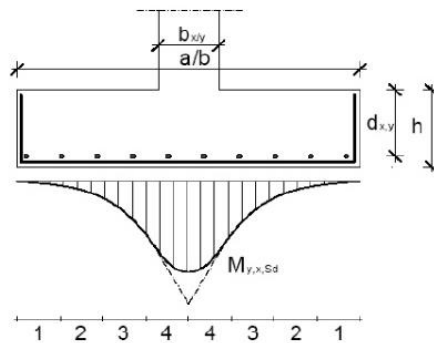
$$\sigma'' = \frac{\sigma_2 + \sigma_4}{2} = \frac{141,87 + 0,00}{2} = 70,43 \text{ kN/m}^2$$

Mjerodavni momenti:

$$M_{x, \max} = \frac{1}{48} \cdot (5 \cdot \sigma' + \sigma'') \cdot b^3 = 637,72 \text{ kNm}$$

$$M_{y, \max} = \frac{1}{48} \cdot (5 \cdot \sigma' + \sigma'') \cdot b^3 = 636,60 \text{ kNm}$$

Koeficijenti raspodjele momenata savijanja odnosno armature  $\alpha_j$  ( $j = 1,2,3,4$ ) određeni su prema separatu s nastave kolegija Montažne armiranobetonske konstrukcije. [15]



Slika 143: Podjela temelja na trake

Tablica 78: Prikaz vrijednosti na koeficijentima raspodjele momenata savijanja po trakama

	$\frac{b_x}{b}, \frac{b_y}{a}$		
Traka	0,10	0,20	0,30
1	0,07	0,08	0,09
2	0,10	0,10	0,11
3	0,14	0,14	0,14
4	0,19	0,18	0,16
$\Sigma$	0,50	0,50	0,50

Smjer x i y:

$$\frac{b_{x,y}}{b} = \frac{0,6}{3,0} = 0,2$$

Bezdimenzijski moment savijanja iznosi:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed,y,x}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{63772}{300 \cdot 74,4^2 \cdot 2,33} = 0,016 < \mu_{lim} = 0,296$$

Za  $\mu_{Rd} = 0,016$  očitano:

$$\zeta = 0,985$$

Potrebna količina armature:

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed,y,x}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{63772}{0,985 \cdot 74,4 \cdot 43,478} = 20,01 \text{ cm}^2$$

Raspodjela potrebne količine armature i odabrana armatura:

$$A_{s1,1,req} = \alpha_1 \cdot A_{s1,req} = 0,08 \cdot 20,01 = 1,60 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1,1} = 2\emptyset 12 (2,26 \text{ cm}^2)$$



$$A_{s1,2,req} = \alpha_2 \cdot A_{s1,req} = 0,10 \cdot 20,01 = 2,00 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1,2} = 2\emptyset12 (2,26 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s1,3,req} = \alpha_3 \cdot A_{s1,req} = 0,14 \cdot 20,01 = 2,80 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1,3} = 3\emptyset12 (3,39 \text{ cm}^2)$$

$$A_{s1,4,req} = \alpha_4 \cdot A_{s1,req} = 0,18 \cdot 20,01 = 3,60 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1,4} = 4\emptyset12 (4,52 \text{ cm}^2)$$

#### 8.8.4. Proboj temeljne stope

Proračun se ne provodi ako su ispunjeni sljedeći uvjeti za osnovni kontrolni polumjer:

$$r_{\text{cont}} \geq \frac{(a - b_y)}{2}$$

$$r_{\text{cont}} \geq \frac{(b - b_x)}{2}$$

Osnovni kontrolni polumjer:

$$r_{\text{cont}} = 2 \cdot d_{\text{eff}} + 0,5 \cdot b_{x/y} = 2 \cdot 74,8 + 0,5 \cdot 60 = 179,6 \text{ cm} > (300-60)/2 = 120 \text{ cm}$$

Proračun se ne provodi.

## 9. ZAKLJUČAK

Provedenim proračunom dobivene su vrijednosti potrebne armature te je dokazano da okvirna konstrukcija može preuzeti djelovanja prema važećim normama. Napravljena je analiza četiri okvira (srednji i rubni u svakom smjeru). Dimenzije elemenata definiranih preliminarnim dimenzioniranjem su zadovoljile provedeni proračun te je time bilo ubrzano egzaktno dimenzioniranje. Proračuni dimenzioniranja okvira (greda i stupova) su, također, olakšani i ubrzani napravljenim programom u Microsoft Excelu te se njime umanjila mogućnost greške.

Ovim radom zaključeno je da izvođenje ovakve konstrukcije sa zadanim dimenzijama raspona zadovoljava i njezina prednost u namjeni je otvorenost prostora zbog nepostojanja zidova. Nedostatak je veće dimenzije greda i pogotovo stupova zbog preuzimanja velikih seizmičkih sila te je odluka o gradnji ovakve stambene zgrade na korisniku i osobnim zahtjevima korištenja.

---

## POPIS LITERATURE

- [1] HRN EN 1991-1-3:2012 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2012.
- [2] HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije: Opća djelovanja – Opterećenje snijegom – Nacionalni dodatak, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2012.
- [3] HRN EN 1992-1-1:2023 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade, mostove i građevinske konstrukcije, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2023.
- [4] HRN EN 1992-1-1:2013/NA:2015 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2015.
- [5] HRN EN 1998-1:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2011.
- [6] HRN EN 1998-1:2011/NA:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade – Nacionalni dodatak, Zagreb: HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi, 2011.
- [7] SCIA Engineer 2022, Allplan, student version. [internet], <raspoloživo na: <https://www.scia.net/en/scia-engineer>>, [20.8.2024.]
- [8] Microsoft Excel, Microsoft Windows, student version. [internet], <raspoloživo na: <https://www.microsoft.com>>, [20.8.2024.]
- [9] AutoCAD 2024, Software for 2D and 3D CAD, Autodesk, student version. [internet], <raspoloživo na: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>>, [20.8.2024.]
- [10] Tehnički list - Porotherm opeka 25 S. [internet], <raspoloživo na: [https://www.wienerberger.hr/content/dam/wienerberger/croatia/marketing/documents-magazines/technical/tehnicki-listovi/HR\\_MKT\\_TEC\\_WAL\\_POR\\_Porotherm\\_25\\_S.pdf](https://www.wienerberger.hr/content/dam/wienerberger/croatia/marketing/documents-magazines/technical/tehnicki-listovi/HR_MKT_TEC_WAL_POR_Porotherm_25_S.pdf)>, [20.8.2024.]
- [11] Dinamika konstrukcija s uvodom u potresno inženjerstvo - Skripta. [internet], <raspoloživo na: [https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/DK\\_skripta%5B2%5D.pdf](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/DK_skripta%5B2%5D.pdf)>, [20.8.2024.]
- [12] Karta potresnih područja Republike Hrvatske. [internet], <raspoloživo na: <http://seizkarta.gfz.hr/hazmap/karta.php>>, [20.8.2024.]

- [13] Kišiček, T., Sorić, Z.: Betonske konstrukcije 1, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2014.
- [14] Separati s nastave, Betonske konstrukcije 3, Zagreb, 2023./2024.
- [15] Separati s nastave, Montažne armiranobetonske konstrukcije, Zagreb, 2022./2023.

## POPIS SLIKA

Slika 1: Aksonometrijski prikaz konstrukcije.....	4
Slika 2: Definiranje opterećenja – dodatno stalno .....	6
Slika 3: Definiranje opterećenja – uporabno.....	7
Slika 4: Definiranje opterećenja – servisno .....	8
Slika 5: Definiranje opterećenja – snijeg .....	9
Slika 6: Generirane mase za dodatno stalno opterećenje – potres .....	10
Slika 7: Generirane mase za uporabno opterećenje – potres .....	10
Slika 8: Raspodjela mase pri modalnoj analizi.....	12
Slika 9: Karta potresnih područja Republike Hrvatske (izvor: [12]) .....	13
Slika 10: Proračunski spektar odziva .....	13
Slika 11: Prvi oblik vibriranja ( $T=0,34$ s).....	15
Slika 12: Drugi oblik vibriranja ( $T=0,32$ s) .....	15
Slika 13: Treći oblik vibriranja ( $T=0,28$ s) .....	16
Slika 14: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN .....	17
Slika 15: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN .....	18
Slika 16: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN.....	18
Slika 17: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN .....	19
Slika 18: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN .....	20
Slika 19: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS .....	21
Slika 20: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS .....	22
Slika 21: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS .....	22
Slika 22: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS.....	23
Slika 23: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS.....	24
Slika 24: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P .....	25
Slika 25: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P .....	25
Slika 26: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P .....	26
Slika 27: Dijagram poprečnih sila u gredama za P .....	26
Slika 28: Dijagram momenata savijanja u gredama za P .....	27
Slika 29: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN .....	28
Slika 30: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN .....	29
Slika 31: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN.....	29
Slika 32: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN .....	30
Slika 33: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN .....	31
Slika 34: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS .....	32
Slika 35: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS .....	33
Slika 36: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS .....	33
Slika 37: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS.....	34

Slika 38: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS.....	35
Slika 39: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P .....	36
Slika 40: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P .....	36
Slika 41: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P .....	37
Slika 42: Dijagram poprečnih sila u gredama za P .....	37
Slika 43: Dijagram momenata savijanja u gredama za P .....	38
Slika 44: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN .....	39
Slika 45: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN .....	40
Slika 46: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN.....	40
Slika 47: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN .....	41
Slika 48: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN .....	42
Slika 49: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS .....	43
Slika 50: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS .....	44
Slika 51: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS .....	44
Slika 52: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS.....	45
Slika 53: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS.....	46
Slika 54: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P .....	47
Slika 55: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P .....	47
Slika 56: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P .....	48
Slika 57: Dijagram poprečnih sila u gredama za P .....	48
Slika 58: Dijagram momenata savijanja u gredama za P .....	49
Slika 59: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za GSN .....	50
Slika 60: Dijagram poprečnih sila u stupovima za GSN .....	51
Slika 61: Dijagram momenata savijanja u stupovima za GSN.....	51
Slika 62: Dijagram poprečnih sila u gredama za GSN .....	52
Slika 63: Dijagram momenata savijanja u gredama za GSN .....	53
Slika 64: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za NZS .....	54
Slika 65: Dijagram poprečnih sila u stupovima za NZS .....	55
Slika 66: Dijagram momenata savijanja u stupovima za NZS .....	55
Slika 67: Dijagram poprečnih sila u gredama za NZS.....	56
Slika 68: Dijagram momenata savijanja u gredama za NZS.....	57
Slika 69: Dijagram uzdužnih sila u stupovima za P .....	58
Slika 70: Dijagram poprečnih sila u stupovima za P .....	58
Slika 71: Dijagram momenata savijanja u stupovima za P .....	59
Slika 72: Dijagram poprečnih sila u gredama za P .....	59
Slika 73: Dijagram momenata savijanja u gredama za P .....	60
Slika 74: Momenti savijanja krovne ploče – smjer x .....	61
Slika 75: Momenti savijanja krovne ploče – smjer y .....	61
Slika 76: Poprečne sile krovne ploče – smjer x.....	62
Slika 77: Poprečne sile krovne ploče – smjer y.....	62
Slika 78: Momenti savijanja međukatne ploče – smjer x.....	63

Slika 79: Momenti savijanja međukatne ploče – smjer y .....	63
Slika 80: Poprečne sile međukatne ploče – smjer x .....	64
Slika 81: Poprečne sile međukatne ploče – smjer y .....	64
Slika 82: Skica položaja srednjeg okvira – smjer y u tlocrtu .....	68
Slika 83: Raspored sila u elementima .....	69
Slika 84: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak .....	69
Slika 85: Uzdužne sile u gredama – vlak .....	70
Slika 86: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak .....	70
Slika 87: Uzdužne sile u gredama – tlak .....	71
Slika 88: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN .....	71
Slika 89: Uzdužne sile u gredama – GSN .....	72
Slika 90: Skica pozicija greda u okviru .....	73
Slika 91: Prikaz pojednostavljenog postupka .....	76
Slika 92: Izdvojena greda pri djelovanju potresa – slučaj 1 .....	79
Slika 93: Izdvojena greda pri djelovanju potresa – slučaj 2 .....	80
Slika 94: Poprečne sile od potresa .....	81
Slika 95: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	82
Slika 96: Skica pozicija grede u okviru .....	83
Slika 97: Poprečne sile od potresa .....	86
Slika 98: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	86
Slika 99: Skica pozicija stupova u okviru .....	87
Slika 100: Izdvojeni stup s opterećenjima pri otkazivanju .....	90
Slika 101: Skica položaja rubnog okvira – smjer y u tlocrtu .....	92
Slika 102: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak .....	93
Slika 103: Uzdužne sile u gredama – vlak .....	93
Slika 104: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak .....	93
Slika 105: Uzdužne sile u gredama – tlak .....	94
Slika 106: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN .....	94
Slika 107: Uzdužne sile u gredama – GSN .....	95
Slika 108: Skica pozicija greda u okviru .....	96
Slika 109: Poprečne sile od potresa .....	99
Slika 110: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	99
Slika 111: Skica pozicija grede u okviru .....	100
Slika 112: Poprečne sile od potresa .....	103
Slika 113: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	103
Slika 114: Skica pozicija stupova u okviru .....	104
Slika 115: Skica položaja srednjeg okvira – smjer x u tlocrtu .....	106
Slika 116: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak .....	107
Slika 117: Uzdužne sile u gredama – vlak .....	107
Slika 118: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak .....	107
Slika 119: Uzdužne sile u gredama – tlak .....	108

---

Slika 120: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN .....	108
Slika 121: Uzdužne sile u gredama – GSN .....	109
Slika 122: Skica pozicija greda u okviru .....	110
Slika 123: Poprečne sile od potresa.....	113
Slika 124: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	113
Slika 125: Skica pozicija greda u okviru .....	114
Slika 126: Poprečne sile od potresa.....	118
Slika 127: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	118
Slika 128: Skica pozicija stupova u okviru.....	119
Slika 129: Skica položaja rubnog okvira – smjer x u tlocrtu .....	122
Slika 130: Ukupne poprečne sile na razini etaže – vlak .....	122
Slika 131: Uzdužne sile u gredama – vlak.....	123
Slika 132: Ukupne poprečne sile na razini etaže – tlak .....	123
Slika 133: Uzdužne sile u gredama – tlak .....	123
Slika 134: Ukupne poprečne sile na razini etaže – GSN .....	124
Slika 135: Uzdužne sile u gredama – GSN .....	124
Slika 136: Skica pozicija greda u okviru .....	125
Slika 137: Poprečne sile od potresa.....	128
Slika 138: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	128
Slika 139: Skica pozicija greda u okviru .....	129
Slika 140: Poprečne sile od potresa.....	132
Slika 141: Poprečne reakcije od nazovi-stalnog djelovanja .....	132
Slika 142: Skica pozicija stupova u okviru.....	133
Slika 143: Podjela temelja na trake .....	146



## POPIS TABLICA

Tablica 1: Prikaz aktivacije masa.....	14
Tablica 2: Zahtijevana duktilnost .....	73
Tablica 3: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature.....	74
Tablica 4: Određivanje sudjelujuće širine i težišta.....	75
Tablica 5: Određivanje ekscentriciteta .....	75
Tablica 6: Provjera za pojednostavljeni postupak .....	75
Tablica 7: Statička visina i određivanje kraka sile .....	75
Tablica 8: Određivanje armature u polju .....	77
Tablica 9: Određivanje potrebne količine armature .....	78
Tablica 10: Određivanje maksimalne armature .....	78
Tablica 11: Potrebna količina dodatne armature .....	78
Tablica 12: Određivanje poprečne sile od potresa .....	81
Tablica 13: Vrijednosti poprečnih sila na rubovima .....	82
Tablica 14: Određivanje potrebnih razmaka spona na rubovima .....	83
Tablica 15: Maksimalni i zadovoljavajući razmak spona u kritičnom području .....	83
Tablica 16: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	84
Tablica 17: Određivanje armature na savijanje u polju .....	84
Tablica 18: Određivanje armature na savijanje uz rub .....	85
Tablica 19: Određivanje poprečne sile od potresa .....	85
Tablica 20: Određivanje potrebnih razmaka spona.....	86
Tablica 21: Određivanje armature stupa .....	88
Tablica 22: Provjera redoslijeda otkazivanja .....	88
Tablica 23: Određivanje kritičnog područja stupova .....	89
Tablica 24: Određivanje razmaka poprečne armature .....	91
Tablica 25: Provjera prikladnosti odgovarajućih spona .....	92
Tablica 26: Zahtijevana duktilnost .....	95
Tablica 27: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	96
Tablica 28: Određivanje armature na savijanje u polju .....	97
Tablica 29: Određivanje armature na savijanje uz rub .....	98
Tablica 30: Određivanje poprečne sile od potresa .....	98
Tablica 31: Određivanje potrebnih razmaka spona.....	99
Tablica 32: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature .....	100
Tablica 33: Određivanje armature na savijanje u polju .....	101
Tablica 34: Određivanje armature na savijanje uz rub .....	102
Tablica 35: Određivanje poprečne sile od potresa .....	102
Tablica 36: Određivanje potrebnih razmaka spona.....	103
Tablica 37: Određivanje armature stupa .....	104

---

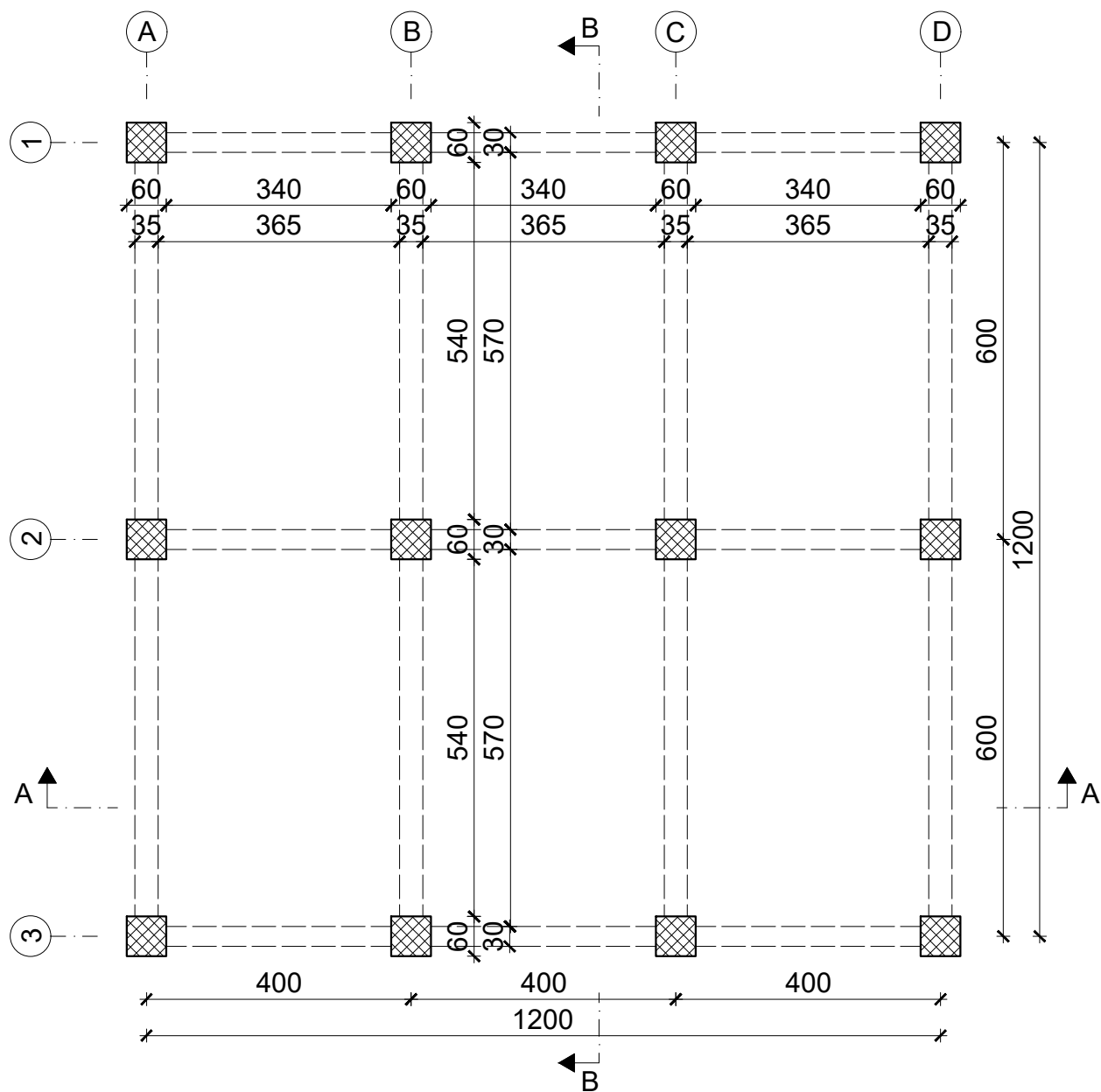
Tablica 38: Provjera redoslijeda otkazivanja	105
Tablica 39: Određivanje kritičnog područja stupova	105
Tablica 40: Određivanje razmaka poprečne armature	106
Tablica 41: Zahtijevana duktilnost	109
Tablica 42: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature	110
Tablica 43: Određivanje armature na savijanje u polju	111
Tablica 44: Određivanje armature na savijanje uz rub	112
Tablica 45: Određivanje poprečne sile od potresa	113
Tablica 46: Određivanje potrebnih razmaka spona	114
Tablica 47: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature	115
Tablica 48: Određivanje armature na savijanje u polju	116
Tablica 49: Određivanje armature na savijanje uz rub	117
Tablica 50: Određivanje poprečne sile od potresa	117
Tablica 51: Određivanje potrebnih razmaka spona	118
Tablica 52: Određivanje armature stupa	119
Tablica 53: Provjera redoslijeda otkazivanja	120
Tablica 54: Određivanje kritičnog područja stupova	120
Tablica 55: Određivanje razmaka poprečne armature	121
Tablica 56: Zahtijevana duktilnost	124
Tablica 57: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature	125
Tablica 58: Određivanje armature na savijanje u polju	126
Tablica 59: Određivanje armature na savijanje uz rub	127
Tablica 60: Određivanje poprečne sile od potresa	127
Tablica 61: Određivanje potrebnih razmaka spona	128
Tablica 62: Najveći dopušteni promjer uzdužne armature	129
Tablica 63: Određivanje armature na savijanje u polju	130
Tablica 64: Određivanje armature na savijanje uz rub	131
Tablica 65: Određivanje poprečne sile od potresa	131
Tablica 66: Određivanje potrebnih razmaka spona	132
Tablica 67: Određivanje armature stupa	133
Tablica 68: Provjera redoslijeda otkazivanja	134
Tablica 69: Određivanje kritičnog područja stupova	134
Tablica 70: Određivanje razmaka poprečne armature	135
Tablica 71: Rekapitulacija potrebne armature srednjeg okvira – smjer y	137
Tablica 72: Rekapitulacija potrebne armature rubnog okvira – smjer y	137
Tablica 73: Rekapitulacija potrebne armature srednjeg okvira – smjer x	138
Tablica 74: Rekapitulacija potrebne armature rubnog okvira – smjer x	138
Tablica 75: Rekapitulacija odabrane armature	139
Tablica 76: Očitane vrijednosti opterećenja za proračun temelja	141
Tablica 77: Uvećane vrijednosti opterećenja za proračun temelja	144
Tablica 78: Prikaz vrijednosti na koeficijentata raspodjele momenata savijanja po trakama	146

## PRILOZI

1. Plan oplata – tlocrt kata
2. Plan oplata – presjek A-A
3. Plan oplata – presjek B-B
4. Armaturni plan – okviri u osima A, B, C, D – smjer y
5. Armaturni plan – okviri u osima 1, 2, 3 – smjer x
6. Armaturni plan – ploča – gornja zona
7. Armaturni plan – ploča – donja zona

# PLAN OPLATE - TLOCRT KATA

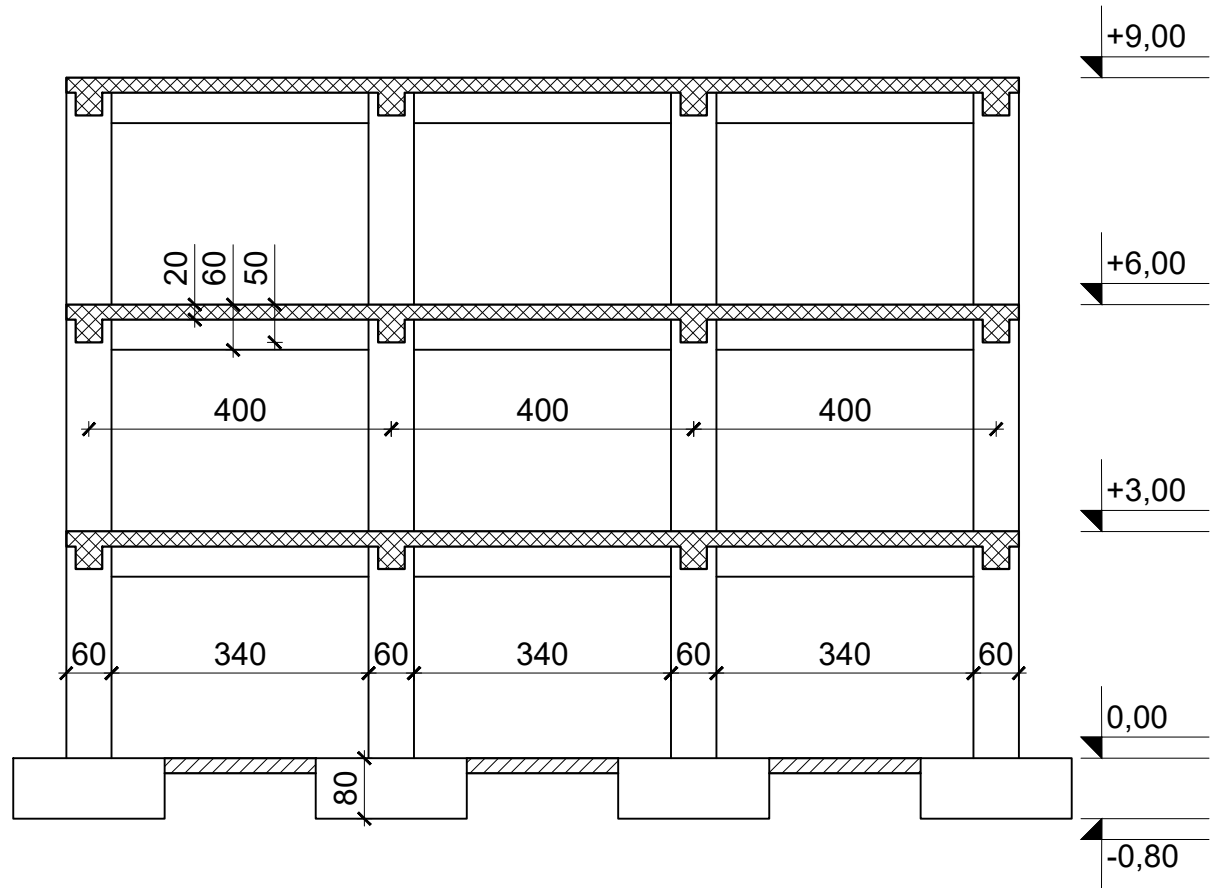
MJ 1:100



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	PLAN OPLATE - TLOCRT KATA	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:100
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrtno br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtko Renić	1
Datum:	rujan 2024.	

PLAN OPLATE - PRESJEK A-A

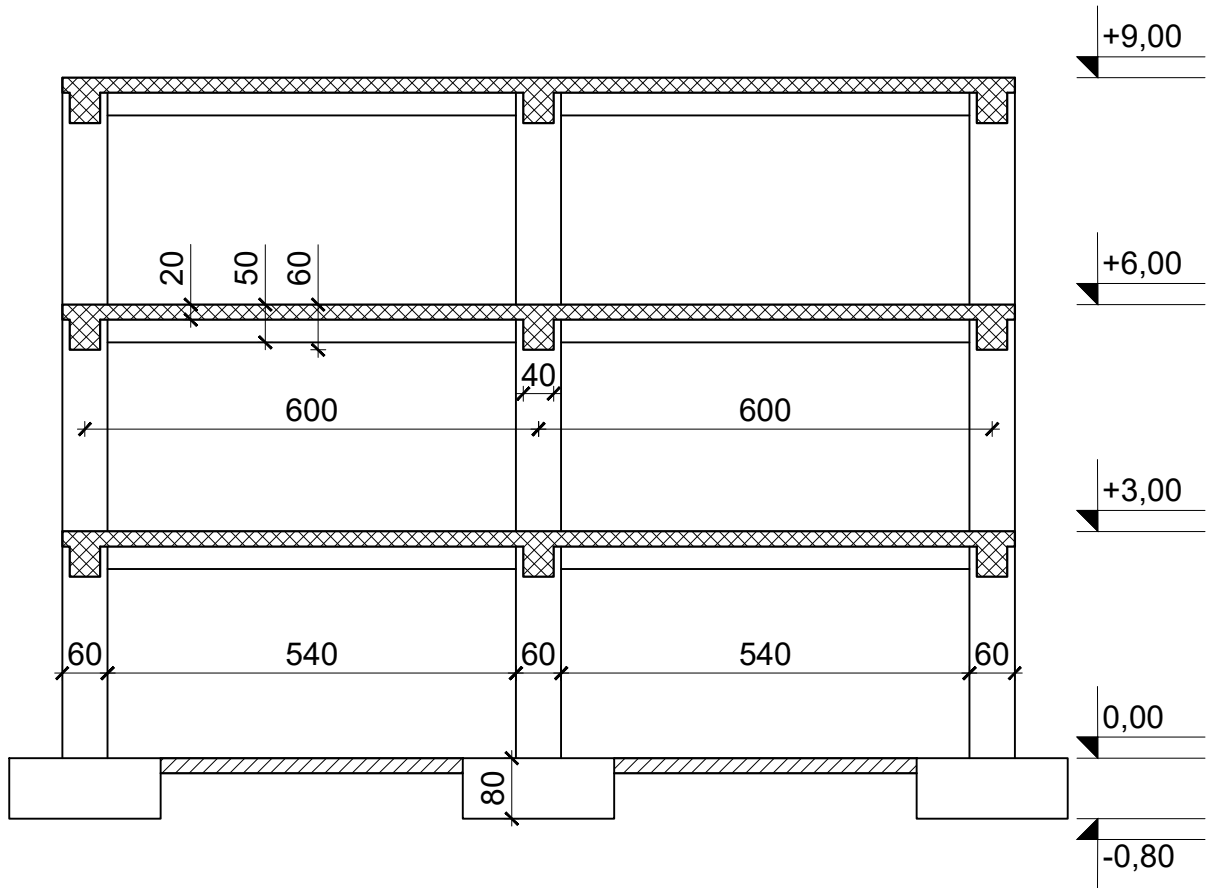
MJ 1:100



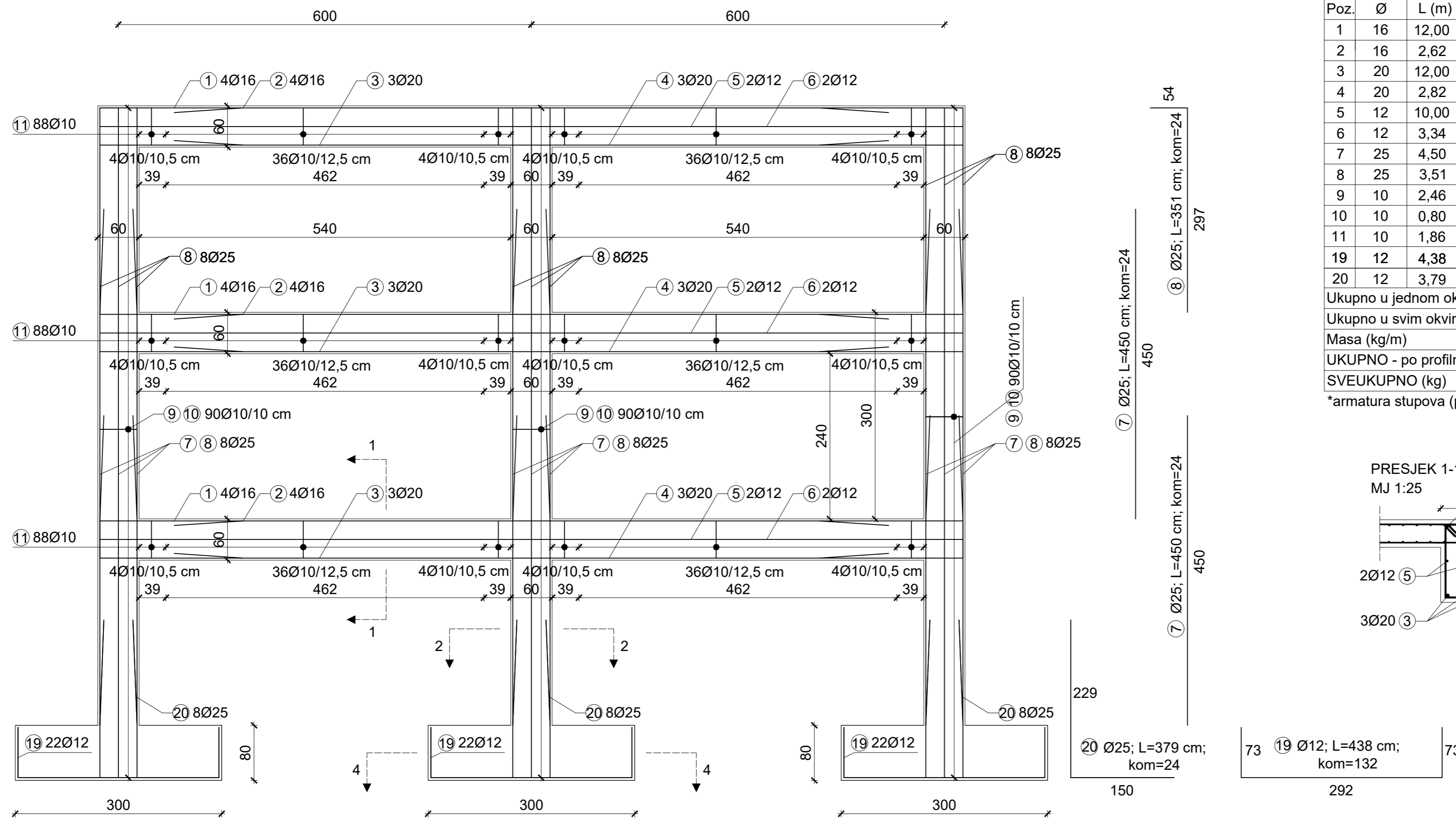
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	PLAN OPLATE - PRESJEK A-A	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:100
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrtno br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtno Renić	2
Datum:	rujan 2024.	

PLAN OPLATE - PRESJEK B-B

MJ 1:100

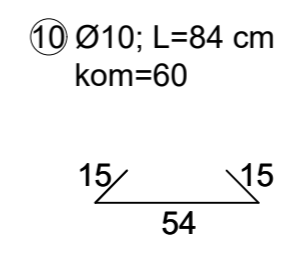
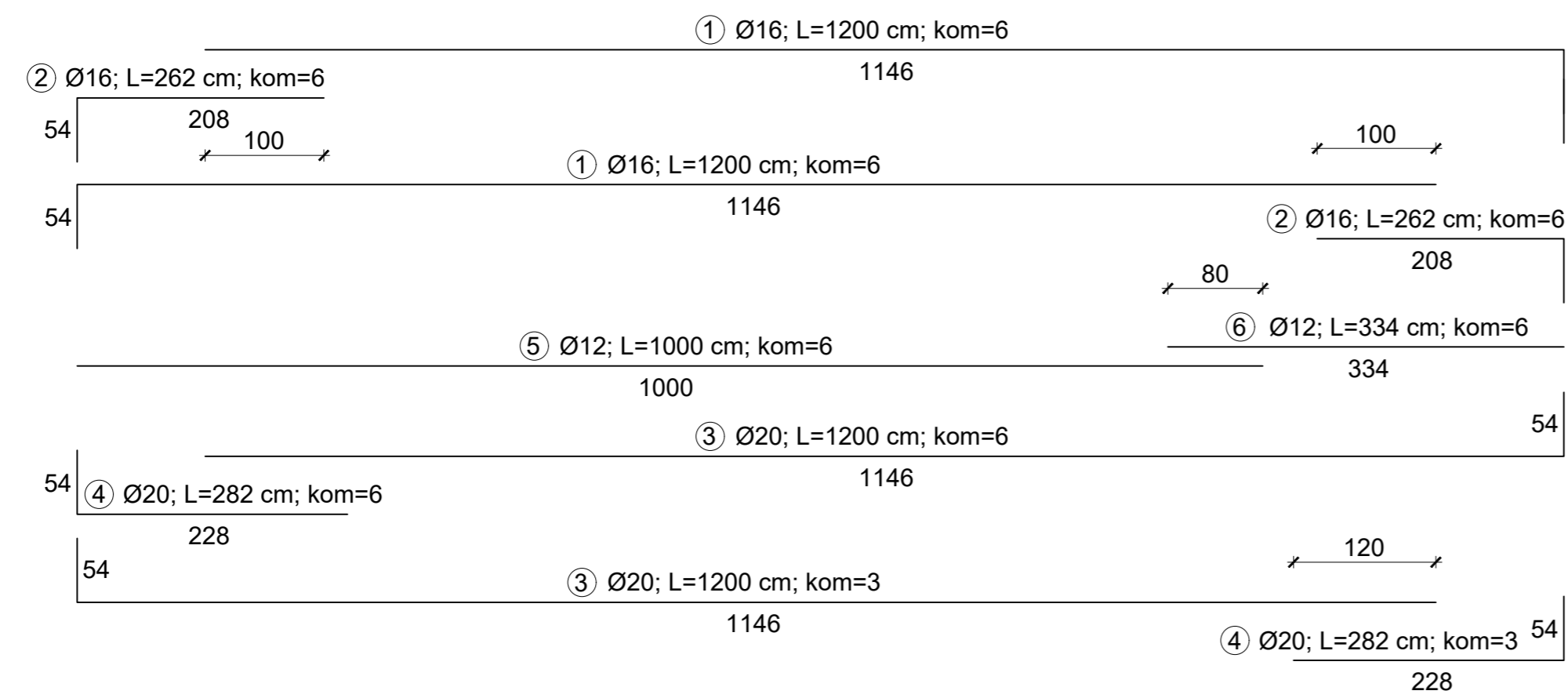
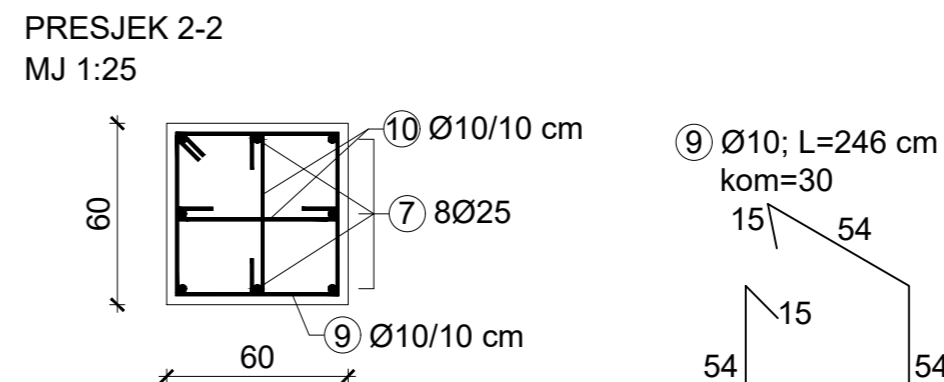
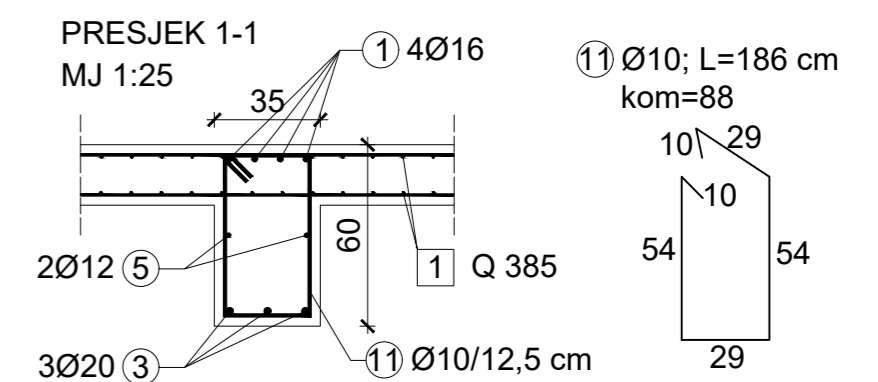


GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	PLAN OPLATE - PRESJEK B-B	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:100
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrtno br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtno Renić	3
Datum:	rujan 2024.	

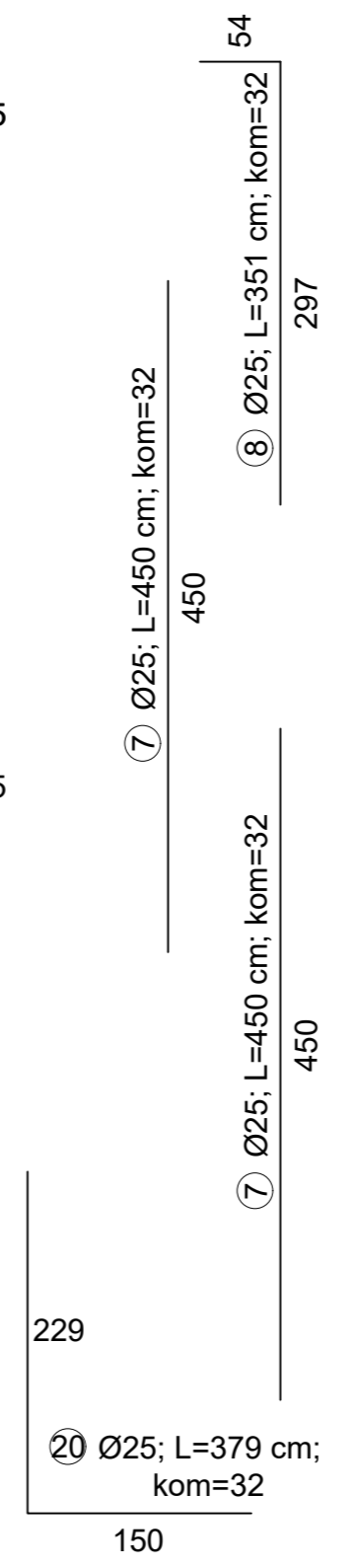
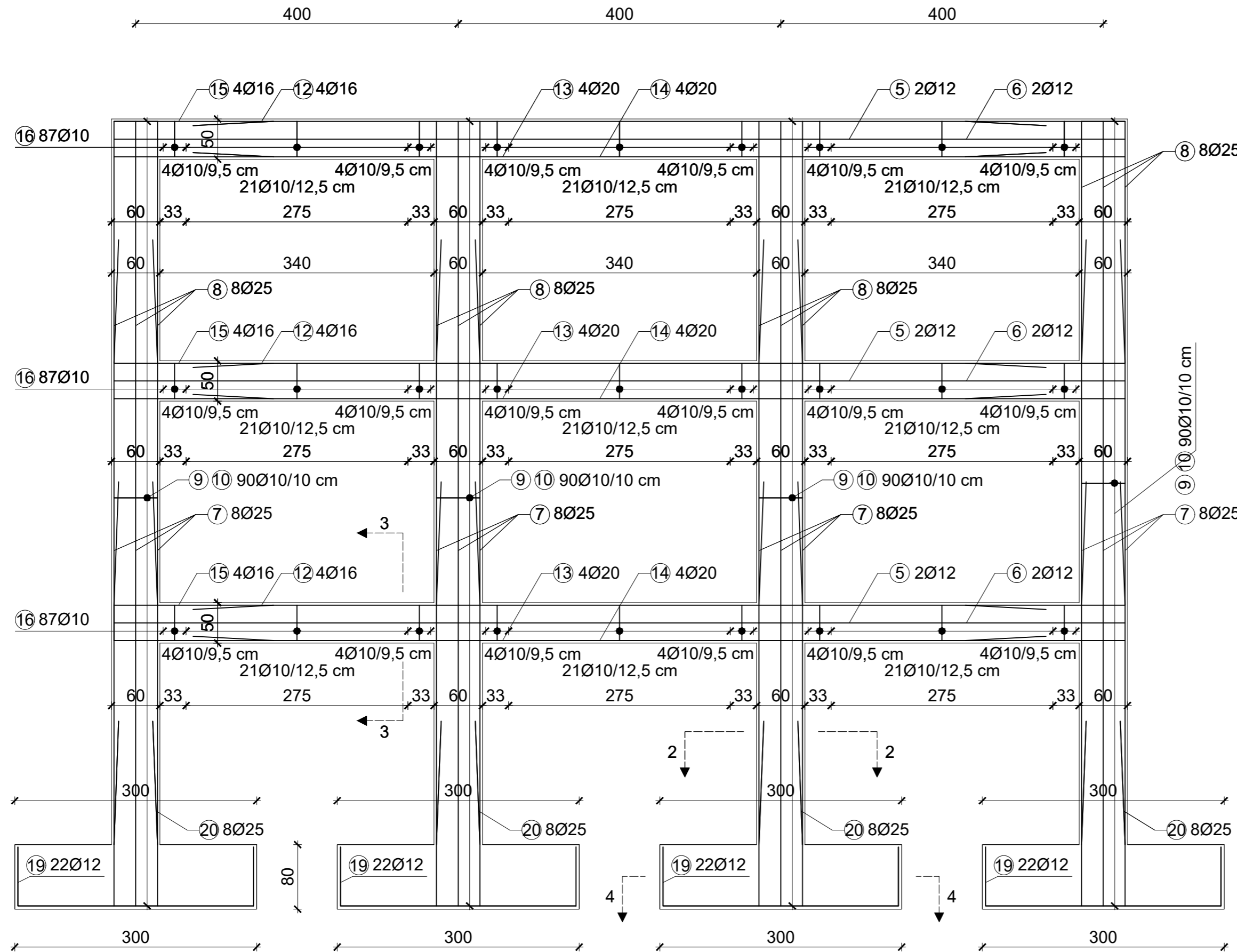


ISKAZ ARMATURE - ŠIPKE - OKVIRI U OSIMA A, B, C, D								
B500B (rebrasta)								
Poz.	Ø	L (m)	kom	Ukupna duljina (m)				
				Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20	Ø 25
1	16	12,00	12			144,00		
2	16	2,62	12			31,44		
3	20	12,00	9				108,00	
4	20	2,82	9				25,38	
5	12	10,00	6		60,00			
6	12	3,34	6		20,04			
7	25	4,50	48					216,00 *
8	25	3,51	24					84,24 *
9	10	2,46	270	664,20				*
10	10	0,80	540	432,00				*
11	10	1,86	264	491,04				*
19	12	4,38	24		105,12			*
20	12	3,79	132		500,28			*
Ukupno u jednom okviru (m)				1587,24	685,44	175,44	133,38	300,24
Ukupno u svim okvirima (m)				6348,96	2741,76	701,76	533,52	1200,96
Masa (kg/m)				0,634	0,911	1,621	2,536	3,951
UKUPNO - po profilima (kg)				4025,24	2497,74	1137,55	1353,01	4744,99
SVEUKUPNO (kg)				13758,54				

\*armatura stupova (prikazana i na iskazu armature u okomitom smjeru)

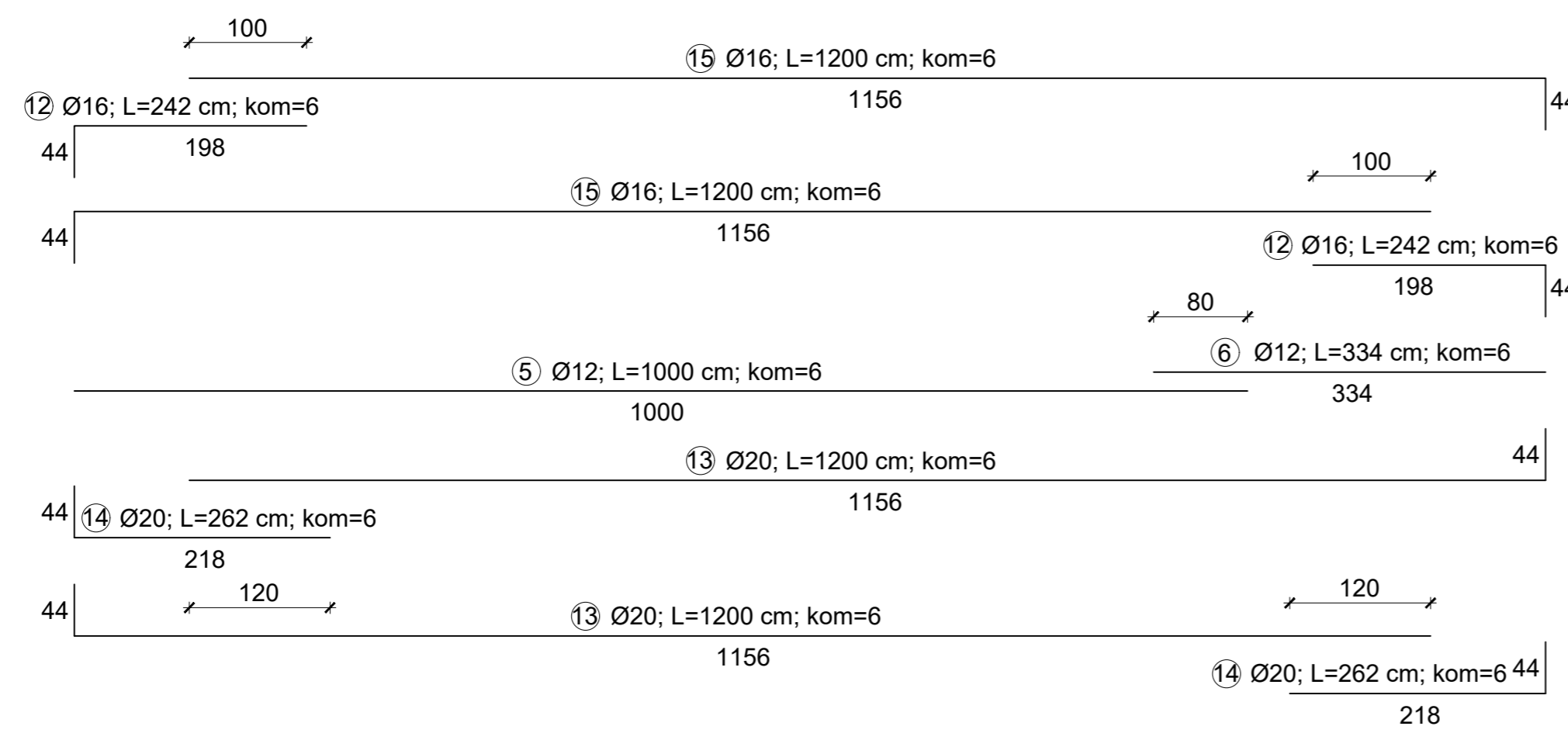
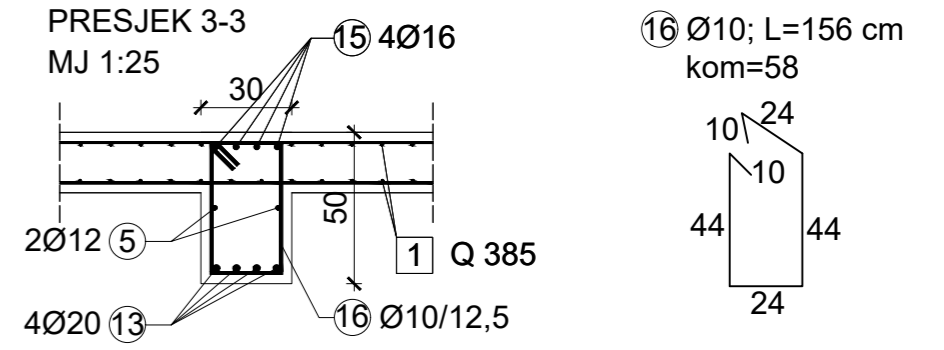


GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	ARM. PLAN - OKVIRI A, B, C, D	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:50, 1:25
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrtni br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtko Renić	4
Datum:	rujan 2024.	

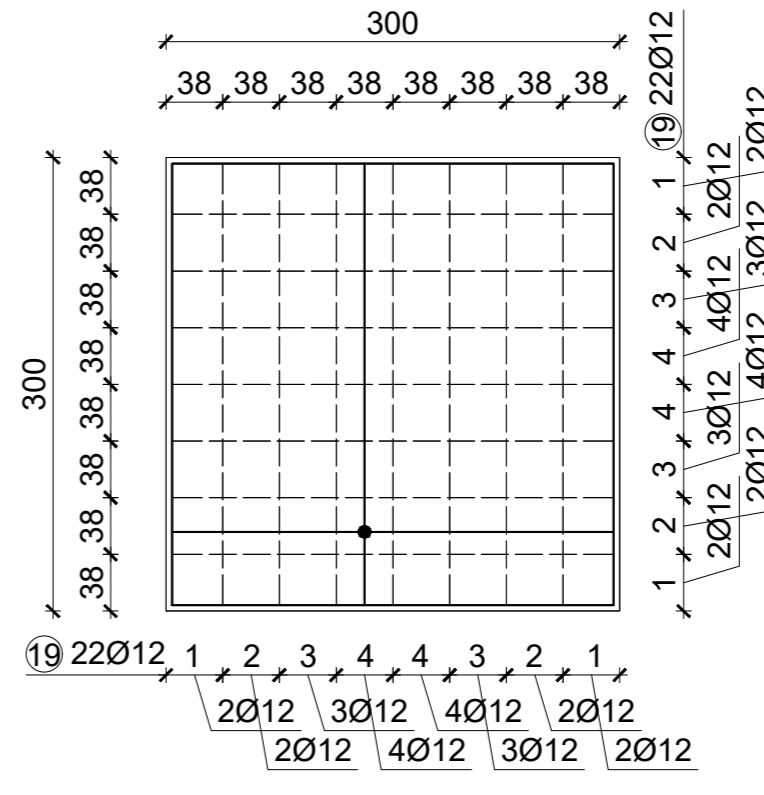


ISKAZ ARMATURE - ŠIPKE - OKVIRI U OSIMA 1, 2, 3										
B500B (rebrasta)										
Poz.	Ø	L (m)	kom	Ukupna duljina (m)					*	
				Ø 10	Ø 12	Ø 16	Ø 20	Ø 25		
5	12	10,00	6		60,00					
6	12	3,34	6		20,04					
7	25	4,50	64					288,00	*	
8	25	3,51	32					112,32	*	
9	10	2,46	360	885,60					*	
10	10	0,80	720	576,00					*	
12	16	2,42	12			29,04				
13	20	12,00	12				144,00			
14	20	2,62	12				31,44			
15	16	12,00	12			144,00				
16	10	1,56	261	407,16						
19	12	4,38	32		140,16				*	
20	12	3,79	176		667,04				*	
Ukupno u jednom okviru (m)				1868,76	887,24	173,04	175,44	400,32		
Ukupno u svim okvirima (m)				5606,28	2661,72	519,12	526,32	1200,96		
Masa (kg/m)				0,634	0,911	1,621	2,536	3,951		
UKUPNO - po profilima (kg)				3554,38	2424,83	841,49	1334,75	4744,99		
SVEUKUPNO (kg)				12900,44						

ISKAZ ARMATURE - ŠIPKE - GREDE, STUPOVI, TEMELJI	
SVEUKUPNA ARMATURA (kg)	18749,38



PRESJEK 4-4  
MJ 1:50

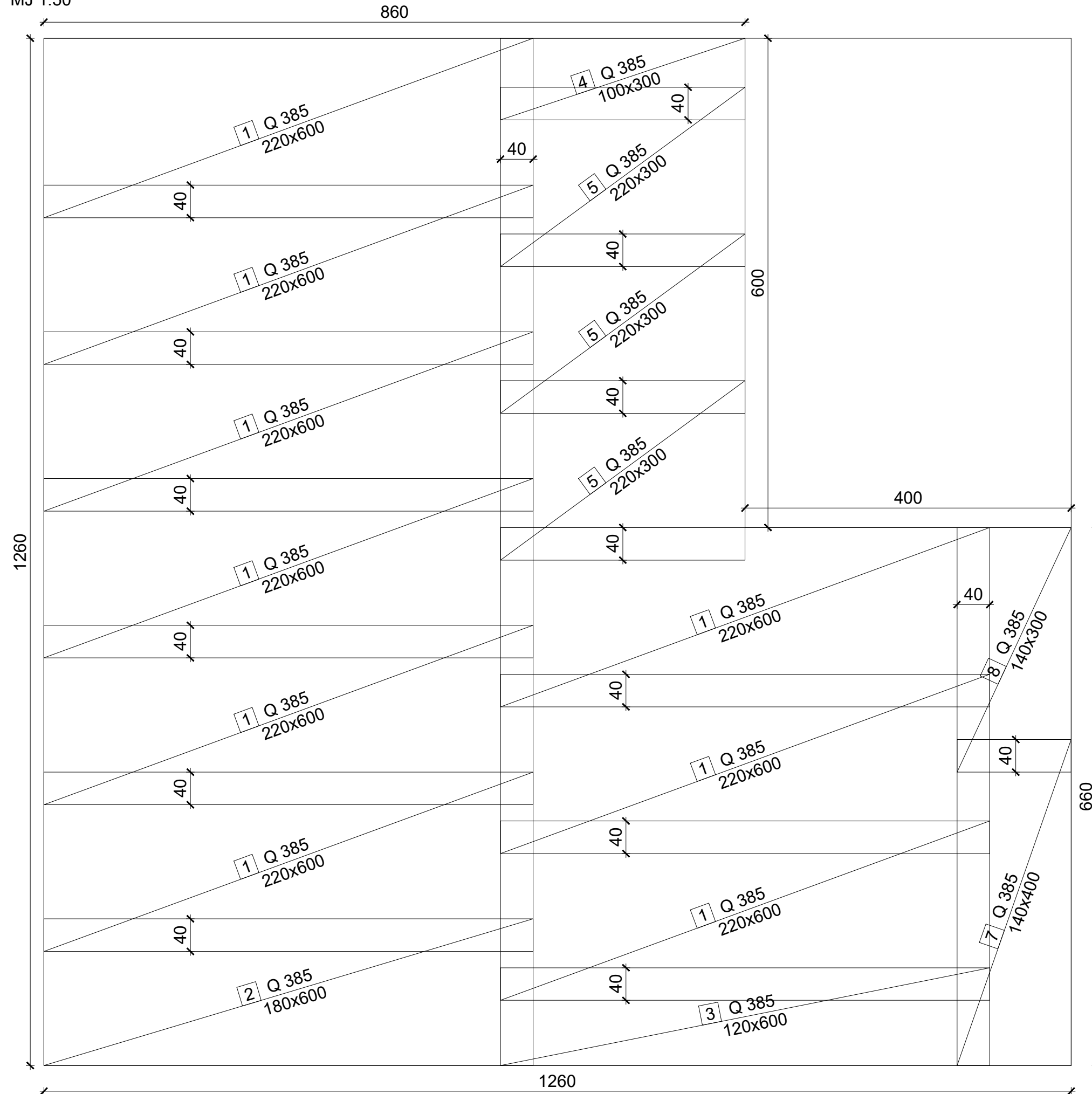


GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	ARM. PLAN - OKVIRI 1, 2, 3	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:50, 1:25
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrt br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtko Renić	5
Datum:	rujan 2024.	



ARMATURNI PLAN - PLOČA - GORNJA ZONA

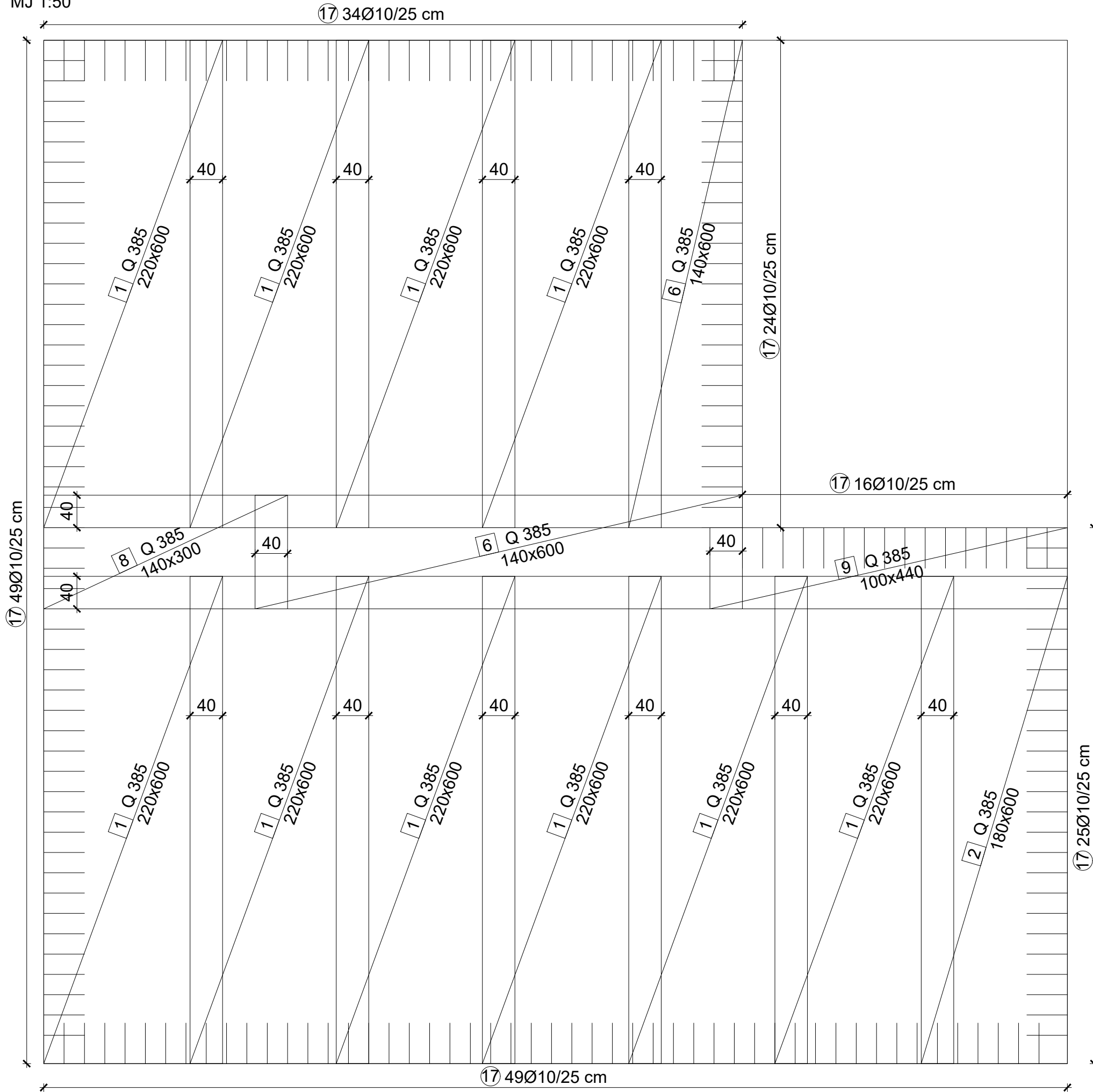
MJ 1:50



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	ARMATURNI PLAN - PLOČA - GZ	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:50
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrt br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrtko Renić	6
Datum:	rujan 2024.	

ARMATURNI PLAN - PLOČA - DONJA ZONA

MJ 1:50



ISKAZ ARMATURE - MREŽE					
B500B (Q)					
Ukupna površina (m <sup>2</sup> )					
Poz.	b (m)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	kom	Q 385
1	2,20	6,00	13,20	19	250,80
2	1,80	6,00	10,80	2	21,60
3	1,20	6,00	7,20	1	7,20
4	1,00	3,00	3,00	1	3,00
5	2,20	3,00	6,60	3	19,80
6	1,40	6,00	8,40	2	16,80
7	1,40	4,00	5,60	1	5,60
8	1,40	3,00	4,20	2	8,40
9	1,00	4,40	4,40	1	4,40
Ukupno u jednoj ploči (m <sup>2</sup> )					337,60
Ukupno u svim pločama (m <sup>2</sup> )					1012,80
Masa (kg/m <sup>2</sup> )					6,10
UKUPNO - po tipovima mreža (kg)					6178,08
SVEUKUPNO (kg)					6178,08

ISKAZ ARMATURE - ŠIPKE U PLOČAMA				
B500B (rebrasta)				
				Ukupna duljina (m)
Poz.	Ø	L (m)	kom	Ø 10
17	10	1,11	197	218,67
18	10	0,82	540	442,80
Ukupno u jednoj ploči (m)				661,47
Ukupno u svim pločama (m)				1984,41
Masa (kg/m)				0,634
UKUPNO - po profilima (kg)				1258,12
SVEUKUPNO (kg)				1258,12

17 Ø10; L=111 cm kom=197      18 Ø10; L=82 cm; 4 kom/m<sup>2</sup> kom=540



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU		
DIPLOMSKI RAD		
Sadržaj:	ARMATURNI PLAN - PLOČA - DZ	Mjerilo:
Izradila:	VANESA ANTOLOVIĆ	1:50
Mentor:	prof. dr. sc. Tomislav Kišiček	Nacrt br.:
Komentor:	dr. sc. Tvrтко Renić	7
Datum:	rujan 2024.	