

# Proračun armirano-betonske stambeno-poslovne zgrade

---

Milovac, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:429413>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT





**SVEU ILIŠĆE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Ante Milovac**

**Split, 2020. godina**



**SVEU ILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Proračun armirano-betonske stambeno poslovne zgrade

**Završni rad**

**Split, 2020. godina**



**SVEU ILIŠĆE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Ante Milovac

BROJ INDEKSA: 1749

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

PREDMET: Betonske konstrukcije 2

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

**Tema: Proračun armirano betonske stambeno poslovne zgrade**

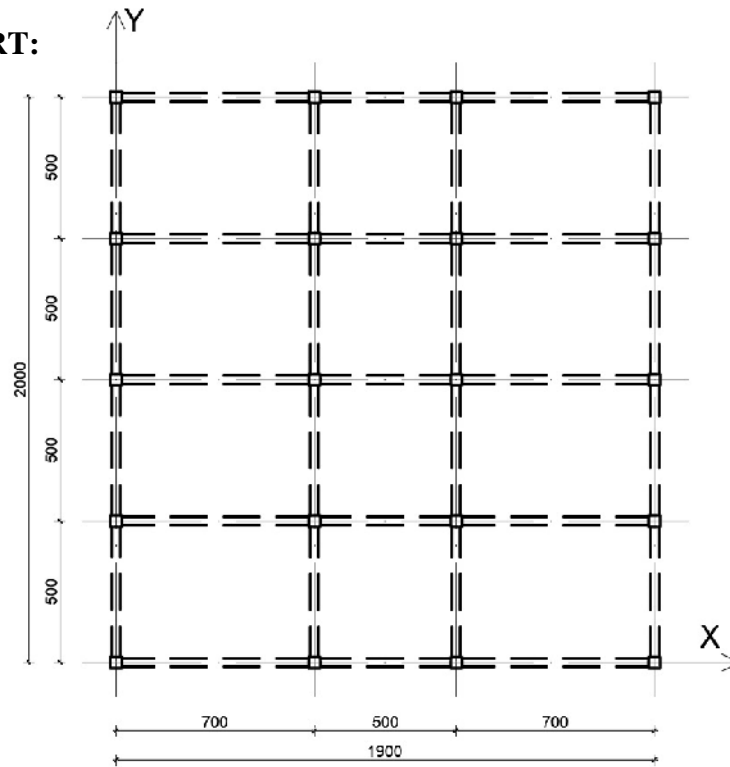
Potrebno je izraditi projekt okvirne konstrukcije stambeno poslovne zgrade. Zadani su tlocrti i presjeci zgrade sa svim potrebnim dimenzijama te sva djelovanja na konstrukciju. Potrebno je proračunati nosivu konstrukciju, izraditi plan armature za bitne dijelove konstrukcije. Sve proračune i planove armature izraditi sukladno propisima i pravilima struke.

U Splitu, 15.9.2020.

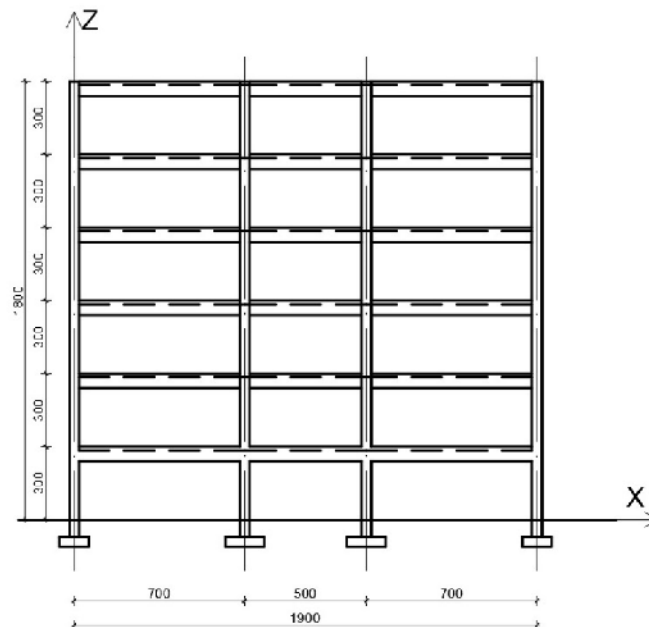
Mentor: Doc.dr.sc. Nikola Grgi

**PRILOG:**

**TLOCRT:**



**PRESJEK:**





***Sažetak:***

Tema završnog rada je statički proračun okvirno armirano-betonske konstrukcije stambeno-poslovne zgrade. Zadatkom su definirani svi tlocrti zgrade kao i opterećenja koja djeluju na konstrukciju u vertikalnom i horizontalnom smjeru. Svi potrebni proračuni su napravljeni u skladu sa zakonima i pravilima struke.

***Ključne riječi:*** beton, armatura, armirani beton, proračun

## **Calculation of reinforced-concrete residential office building**

**Abstract:**

The theme of the final paper is the static calculation of frame reinforced-concrete construction of residential-office buildings. The task defines all the floor plans of the building as well as the loads that act on the construction in a vertical and horizontal direction. All necessary calculation are made in accordance with the laws and rules of the profession.

**Keywords:** concrete, reinforcement bar, reinforced concrete, calculation

## SADRŽAJ:

<b>1.</b>	<b>TEHNI KI OPIS.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ANALIZA OPTERE ENJA .....</b>	<b>2</b>
2.1.	Pozicija 100 me ukatna konstrukcija .....	2
2.1.1.	Stalno optere enje .....	2
2.1.2.	Promjenjivo optere enje .....	3
2.2.	Pozicija 200 krovna konstrukcija.....	4
2.2.1.	Stalno optere enje .....	4
2.2.2.	Promjenjivo optere enje .....	5
<b>3.</b>	<b>PRORA UN PLO A.....</b>	<b>6</b>
3.1.	Prora un plo e 100 .....	6
3.1.1.	Momenti savijanja u plo i pozicije 100 .....	6
3.1.2.	Grani no stanje nosivosti .....	9
3.1.3.	Dimenzioniranje plo e pozicije 100 .....	10
3.2.	Prora un plo e 200 .....	12
3.2.1.	Momenti savijanja u plo i pozicije 200 .....	12
3.2.2.	Grani no stanje nosivosti .....	15
3.2.3.	Dimenzioniranje plo e pozicije 200 .....	16
<b>4.</b>	<b>PRORA UN GREDA .....</b>	<b>18</b>
4.1.	Analiza optere enja .....	18
4.2.	Prora un grede POZ 100 X.....	21
4.2.1.	Dimenzioniranje na moment.....	21
4.2.2.	Dimenzioniranje na Ved .....	22
4.3.	Prora un grede POZ 100 Y.....	24
4.3.1.	Dimenzioniranje na moment.....	24
4.3.2.	Dimenzioniranje na Ved .....	25
<b>5.</b>	<b>OPTERE ENJE VJETROM .....</b>	<b>27</b>
5.1.	Prora un vjetra.....	27
5.1.1.	Korigirana brzina vjetra .....	27
5.1.2.	Tlak pri osnovnoj brzini vjetra.....	27
5.1.3.	Tlak pri vršnoj brzini vjetra .....	27
5.1.4.	Tlak vjetra na vanjske površine ( $w_e$ ).....	28
5.1.5.	Tlak vjetra na unutarnje površine ( $w_i$ ) .....	28



5.1.6.	Sile u vorovima .....	28
5.2.	Kombinacije optere enja s VJETROM : .....	32
5.2.1.	Kombinacija 1: .....	32
5.2.2.	Kombinacija 2: .....	34
5.3.	Rezne sile u stupovima .....	36
<b>6.</b>	<b>OPTERE ENJE POTRESOM .....</b>	<b>37</b>
6.1.	Težina kata .....	37
6.2.	Težina krova .....	37
6.3.	Ukupna masa konstrukcije (m) .....	37
6.4.	Prora un potresne sile .....	38
6.4.1.	Raspodjela sila po etažama: .....	39
6.5.	Kombinacije optere enja s potresom : .....	41
6.5.1.	Kombinacija 1: .....	41
6.5.2.	Kombinacija 2: .....	43
6.6.	Rezne sile u stupovima .....	45
	Tablica 6.3 Rezne sile .....	45
<b>7.</b>	<b>PRORA UN STUPA .....</b>	<b>46</b>
7.1.	Odre ivanje dimenzija stupa .....	46
7.2.	Dimenzioniranje stupa .....	47
7.2.1.	Prora un armature pomo u dijagrama interakcije: .....	47
<b>8.</b>	<b>TEMELJI .....</b>	<b>49</b>
8.1.	Dimenzioniranje temelja .....	49
8.1.1.	Odre ivanje dimenzija temelja .....	49
8.1.2.	Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi temelj-tlo .....	49
8.1.3.	Prora un armature temelja .....	50
<b>9.</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b>NACRTI .....</b>	<b>52</b>
10.1.	Tlocrt pozicija 100 .....	52
10.2.	Tlocrt pozicija 200 .....	52
10.3.	Presjek .....	52
10.4.	Plan armature plo e pozicija 100-donja zona .....	52
10.5.	Plan armature plo e pozicija 100-gornja zona .....	52
10.6.	Plan armature plo e pozicija 200-donja zona .....	52





10.7.	Plan armature ploče u poziciji 200-gornja zona.....	52
10.8.	Plan armature greda .....	52
10.9.	Tlocrt i presjek temelja .....	52

## 1. TEHNI KI OPIS

Projektirana građevina ima stambeno-poslovnu namjenu. Tlocrtne dimenzije građevine su 19\*20m, a sastoji se od prizemlja i pet katova. Konstruktivna visina svake etaže je 3m, pa je ukupna visina građevine 18m. Završna ploha petog kata je ravni krov objekta.

Sve međukatne konstrukcije su armiranobetonske plohe visine  $h=16$  cm. Svi nosivi stupovi su dimenzija 55\*55 cm.. Ispod stupova predviđeni su temelji samci.

Proračun nosive konstrukcije za odabrana opterećenja izvršen je sukladno Tehničkim propisima za betonske konstrukcije (N. N. br. 101, kolovoz 2005.), te hrvatskim normama HRN EN 1991-1-1, HRN EN 1991-1-4 I HRN EN 1998-1.

Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije i sav stalni teret proračunati su prema važećim propisima kao jednoliko raspodijeljeno opterećenje u  $\text{kN/m}^2$ .

Dodatno opterećenje predmetne građevine je  $2 \text{ kN/m}^2$  za međukatne konstrukcije, a za krov  $1,64 \text{ kN/m}^2$

Korisno opterećenje predmetne građevine je  $3 \text{ kN/m}^2$  za međukatne konstrukcije, a za krov  $1/\text{m}^2$

Građevina se nalazi u II. vjetrovnoj zoni s osnovnom brzinom vjetra  $v_{b0}=30$  m/s, te je proračunata prema važećim propisima za proračun nosive konstrukcije na utjecaj vjetra.

Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima pripada potresnoj zoni, u kojoj se za povratni period od 475 godina pri potresu očekuje proračunsko ubrzanje temeljnog tla od  $a_g=0.22$  g. Proračun seizmičkih sila izvršen je prema važećim seizmičkim propisima. Konstrukcija preuzima seizmičke sile sa svojim vertikalnim elementima, a to su stupovi.

Na temelju geotehničkih istražnih radova određeno je dopušteno naprezanje u tlu, koje na dubini temeljenja iznosi 0.45 MPa.

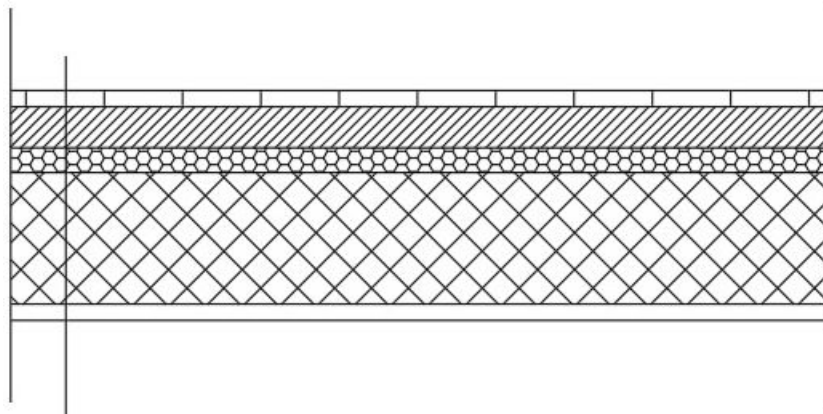
Za armiranobetonsku nosivu konstrukciju odabran je beton C 30/37 i čelik za armiranje B 500B. Za armiranje nosivih elemenata konstrukcije predviđene su rebraste šipke, osim za međukatne nosive konstrukcije za koje su predviđene R i Q zavarene mreže.

Proračun i dimenzioniranje nosive konstrukcije građevine izvršen je prema važećim propisima za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivost uz pomoć programa Autodesk Robot Structural Analysis Professional

## 2. ANALIZA OPTERE ENJA

### 2.1. Pozicija 100 me ukatna konstrukcija

#### 2.1.1. Stalno optere enje



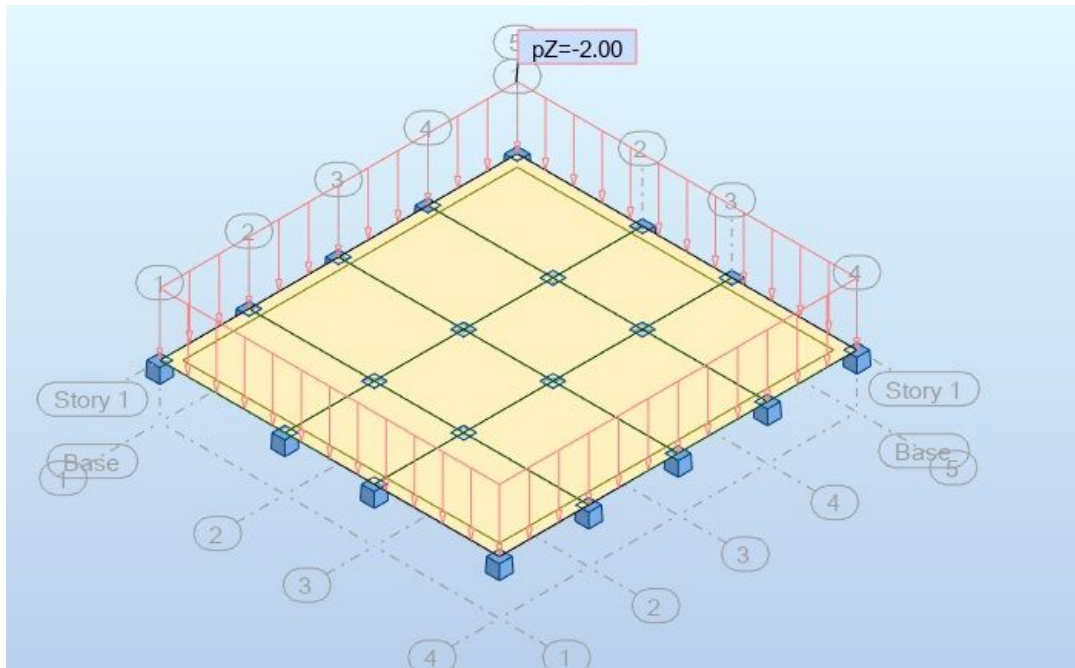
Slika 2.1 Presjek me ukatne plo e – prikaz slojeva

Tablica 2.1 Slojevi me ukatne plo e sa debljinama i jedini nim težinama

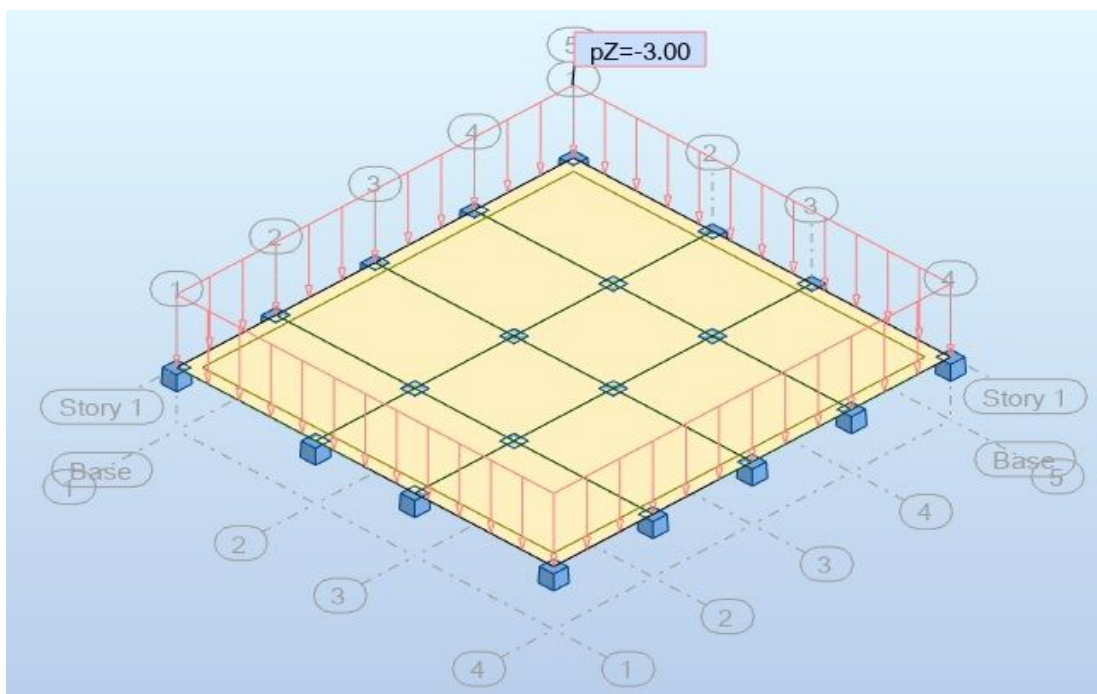
Sloj	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Plo ice	0,02	23	0,46
Cementni estrih	0,05	24	1,2
PE folija	-	-	-
Toplinska izolacija	0,03	0,50	0,015
AB plo a	0,16	Uklju ena je kroz program	
Žbuka	0,02	0,18	0,36

**Ukupno dodatno stalno optere enje:  $g=2,03(kN/m^2)$**

### 2.1.2. Promjenjivo optere enje



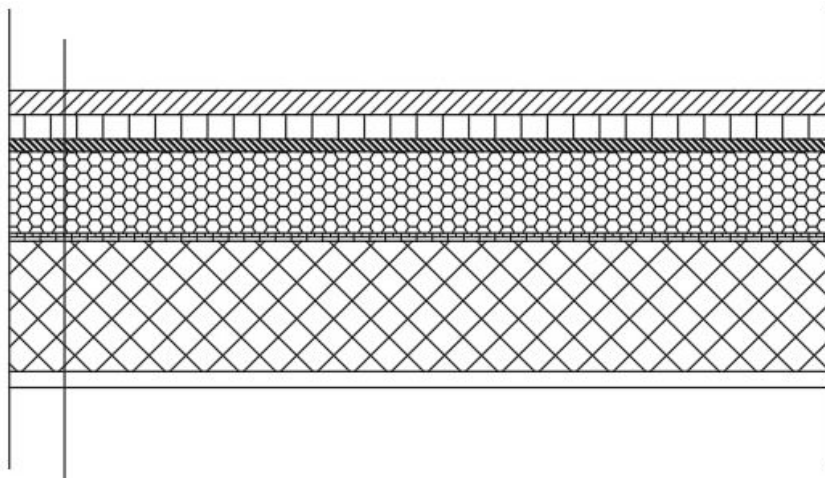
Slika 2.2 Dodatno stalno optere enje



Slika2.3 Korisno optere enje

## 2.2. Pozicija 200 krovna konstrukcija

### 2.2.1. Stalno opterećenje



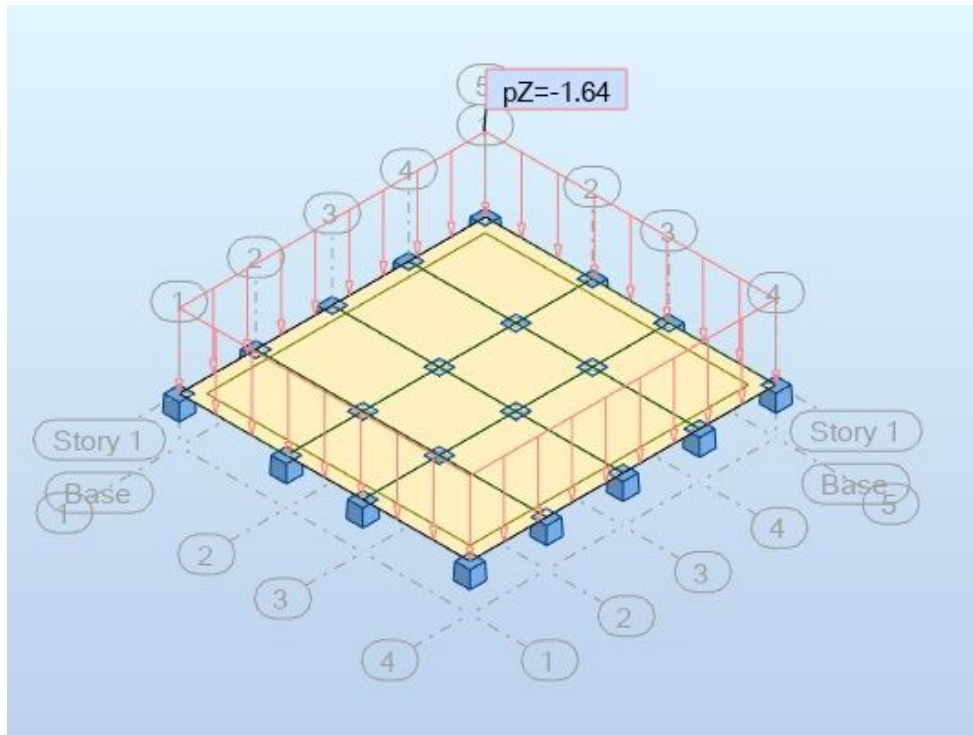
Slika 2.4 Presjek krovne ploče – prikaz slojeva

Tablica 2.2 Slojevi krovne ploče sa debljinama i jediničnim težinama

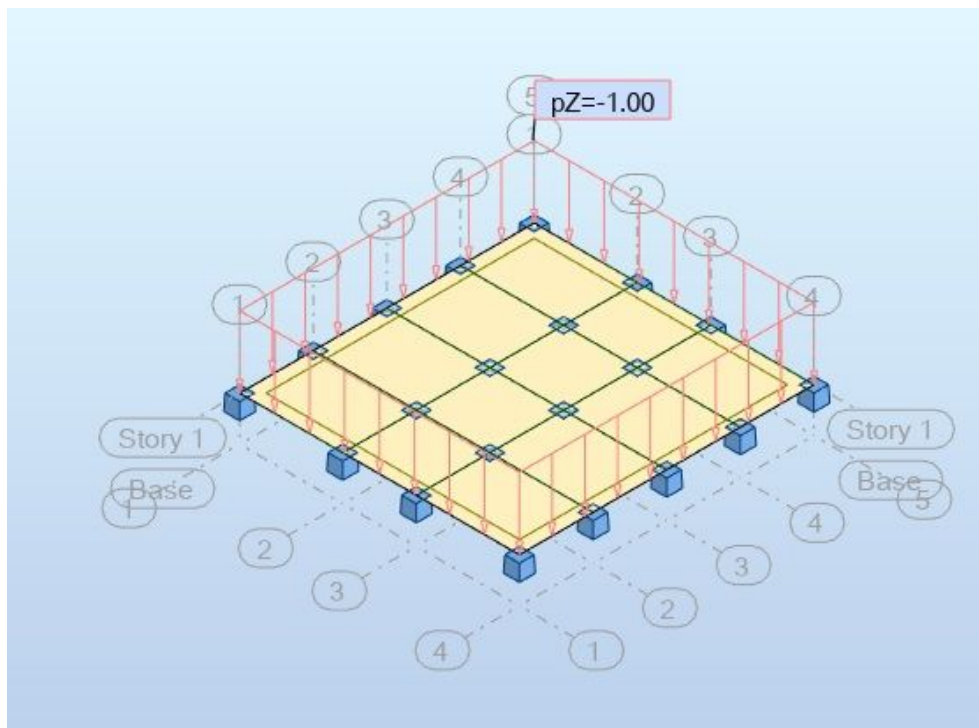
Sloj	d(m)	g(kN/m <sup>3</sup> )	d x g(kN/m <sup>2</sup> )
Betonska ploča	0,03	25	0,750
Podmetač	0,03	-	-
PE folija	-	-	-
Hidroizolacija	0,015*2	5,90	0,177
Toplinska izolacija	0,16	3,0	0,30
Parna brana	0,01*2	0,15	0,03
AB ploča	0,16	Uključena je kroz program	
Žbuka	0,02	19	0,38

**Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $g=1,64\text{kN/m}^2$**

### 2.2.2. Promjenjivo optere enje



Slika 2.5 Dodatno stalno optere enje



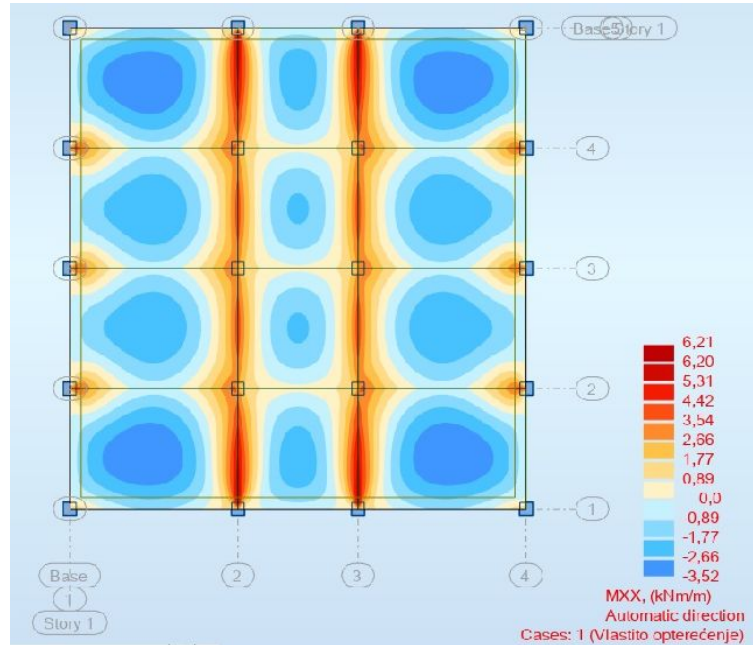
Slika 2.6 Korisno optere enje



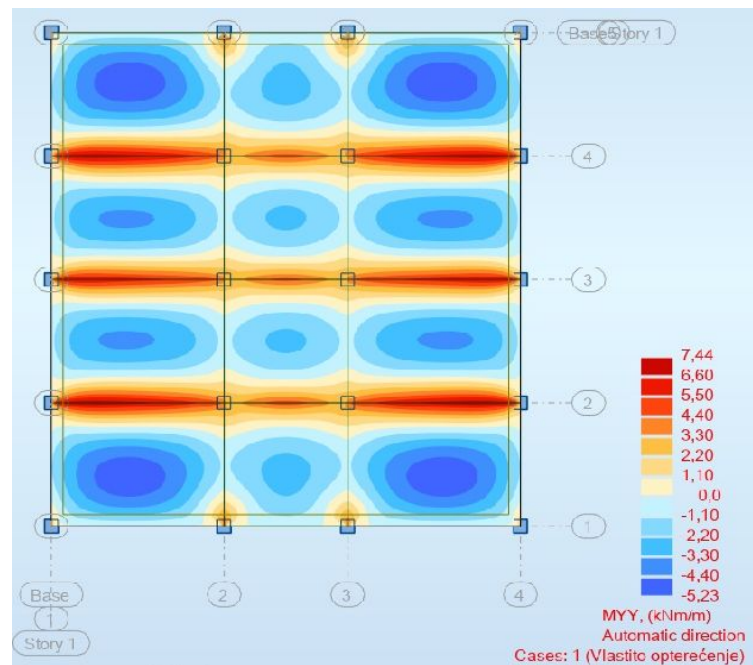
### 3. PRORA UN PLO A

#### 3.1. Prora un plo e 100

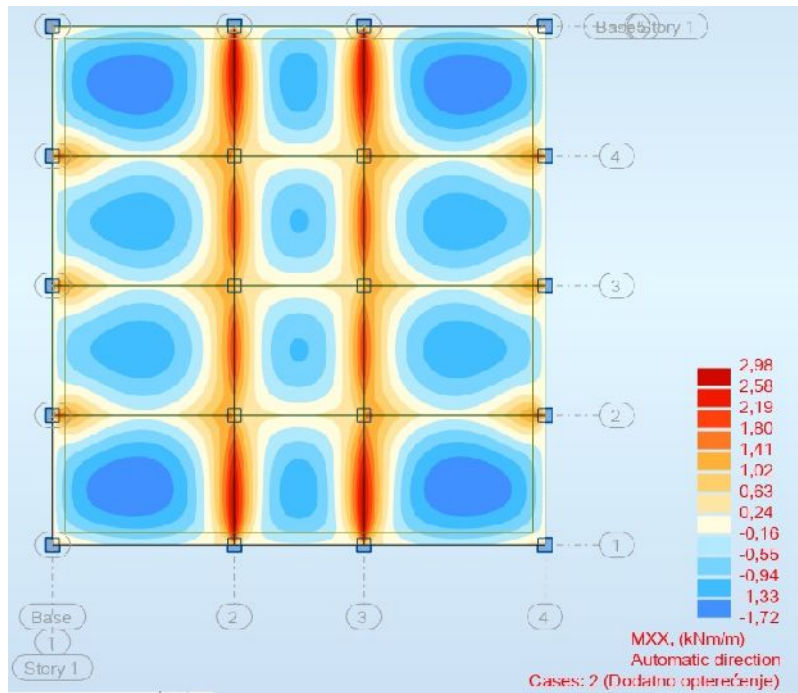
##### 3.1.1. Momenti savijanja u plo i pozicije 100



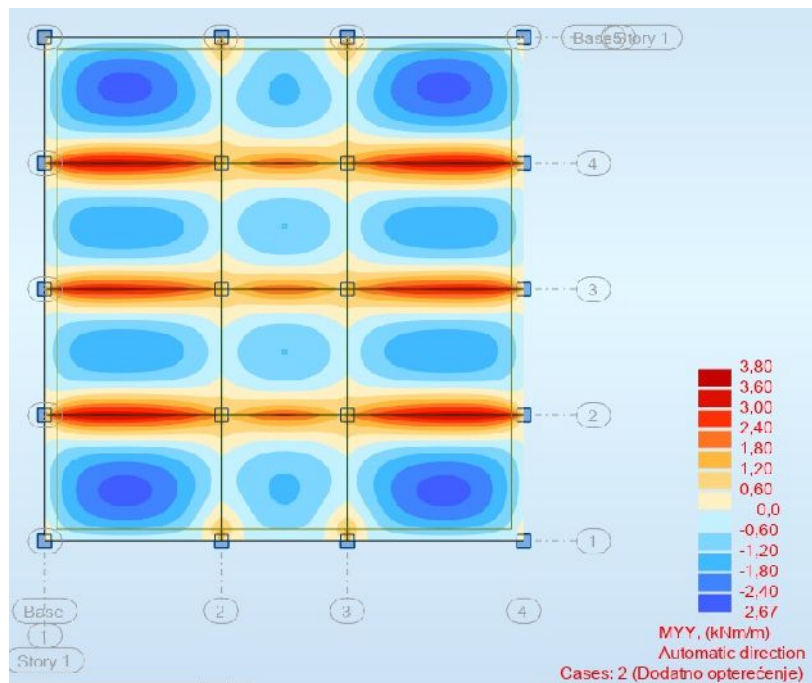
Slika 3.1 Momenti savijanja od vlastite težine u smjeru X



Slika 3.2 Momenti savijanja od vlastite težine u smjeru Y

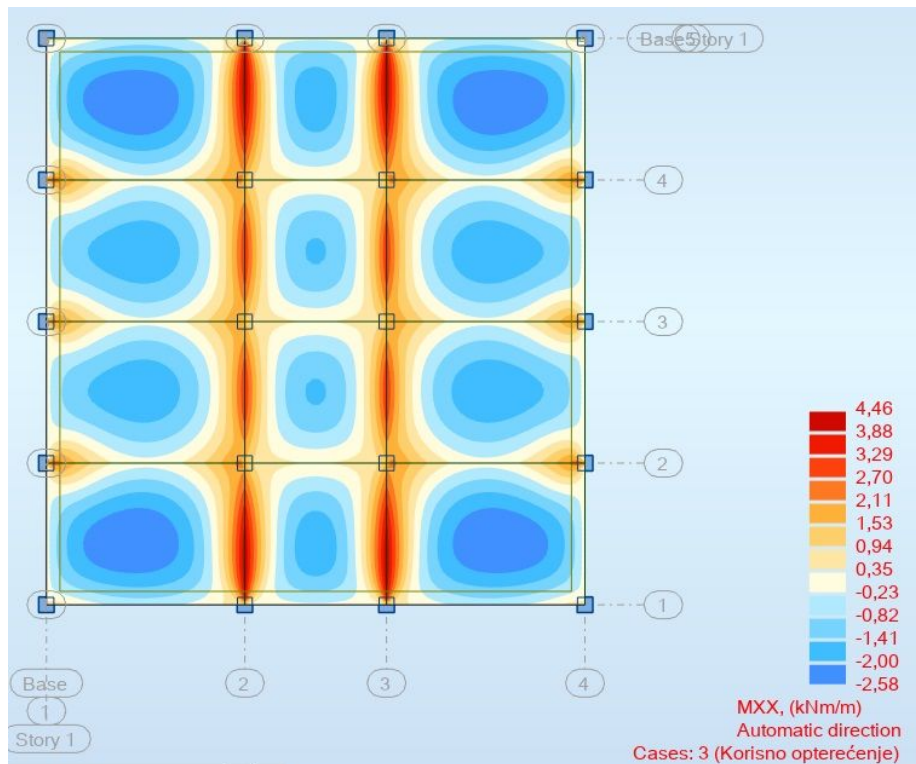


Slika 3.3 Momenti savijanja od dodatnog stalnog u smjeru X

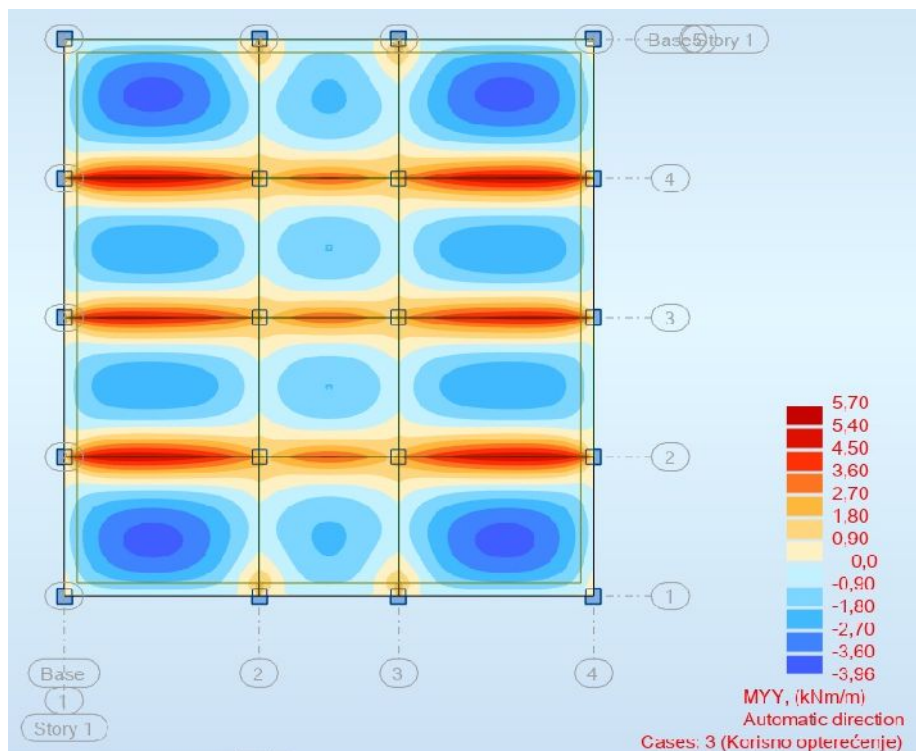


Slika 3.4 Momenti savijanja od dodatnog stalnog u smjeru Y





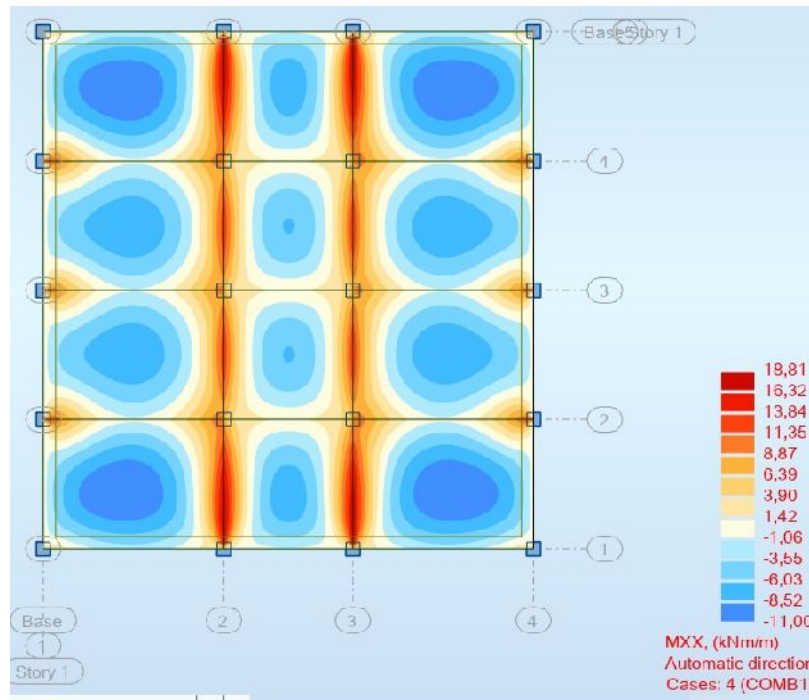
Slika 3.5 Momenti savijanja od korisnog opterećenja u smjeru X



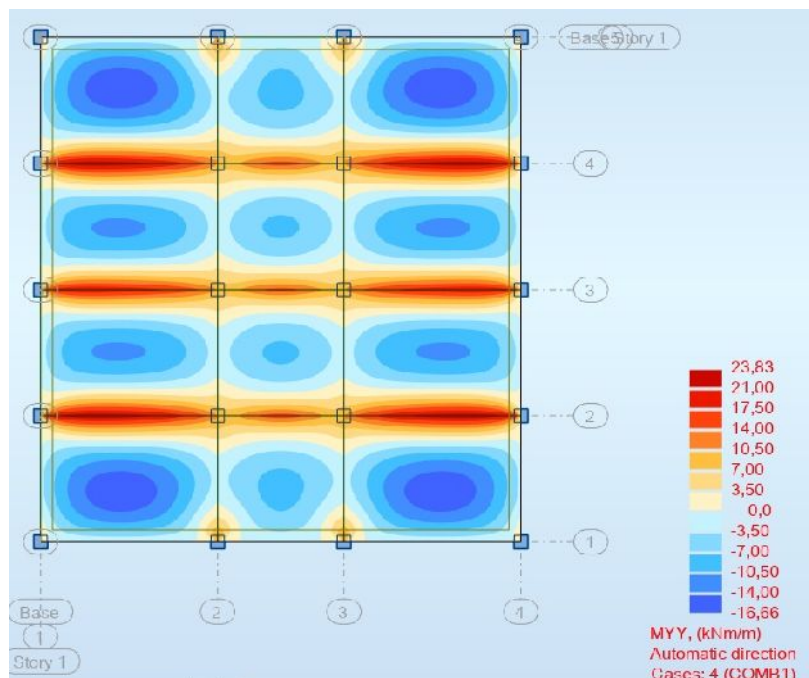
Slika 3.6 Momenti savijanja od korisnog opterećenja u smjeru Y

### 3.1.2. Grani no stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija:  $M_{sd} = 1,35 \cdot (M_g + M_{qg}) + 1,5 \cdot M_q$



Slika 3.7 Momenti savijanja od mjerodavne kombinacije u smjeru X



Slika 3.8 Momenti savijanja od mjerodavne kombinacije u smjeru Y

### 3.1.3. Dimenzioniranje ploče i pozicije 100

BETON: C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

ARMATURA: B 500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

DEBLJINA PLOČE:  $h = 16 \text{ cm}$

ZAŠTITNI SLOJ BETONA:  $c = 2,5 \text{ cm}$

MINIMALNA ARMATURA:

$b = 100 \text{ cm}$

$d = 13,5 \text{ cm}$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$f_{ct,m} = 2,9 \text{ N/mm}^2$  za C 30/37

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 100 \cdot 13,5 = 2,03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 13,5 = 1,755 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**POZICIJA POLJE** $M_{x\bar{z}}=16,66 \text{ kNm}$  $M_{y\bar{z}}=11,00 \text{ kNm}$ 

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1666}{100 \cdot 13,5^2 \cdot 2} = 0,046 > \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,048$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 1,3\text{‰}$ ;  $\xi = 0,115$ ;  $\zeta = 0,959$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1666}{0,959 \cdot 13,5 \cdot 43,48} = 2,96 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{mjerodavno } A_{s1,min} = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

odabrana armatura: mreža Q 283

**POZICIJA LEŽAJ** $M_{x\bar{z}}=18,81 \text{ kNm}$  $M_{y\bar{z}}=23,83 \text{ kNm}$ 

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2383}{100 \cdot 13,5^2 \cdot 2} = 0,065 > \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,065$$

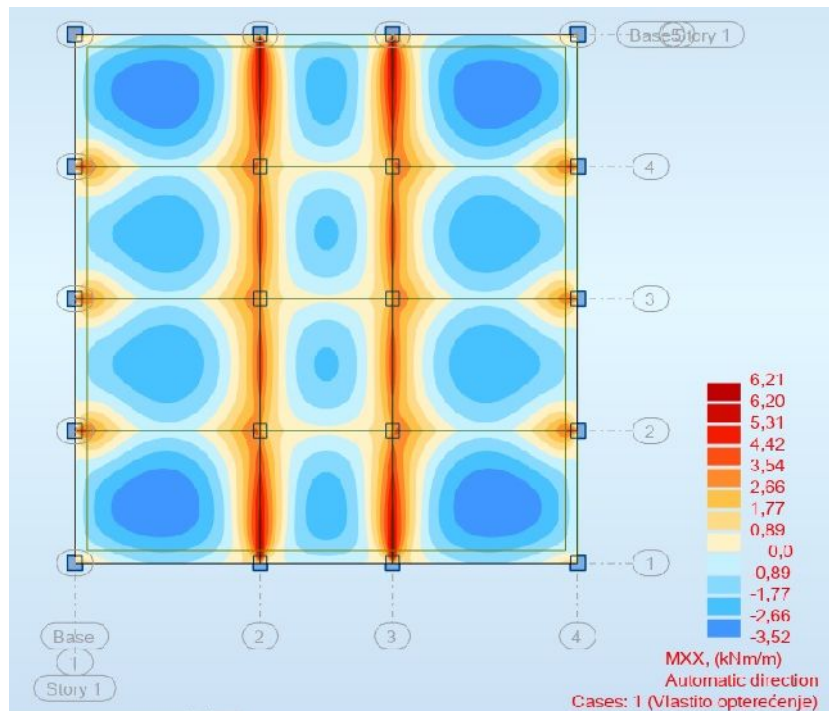
očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 1,6\text{‰}$ ;  $\xi = 0,138$ ;  $\zeta = 0,950$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1666}{0,950 \cdot 13,5 \cdot 43,48} = 2,98 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{mjerodavno } A_{s1,min} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

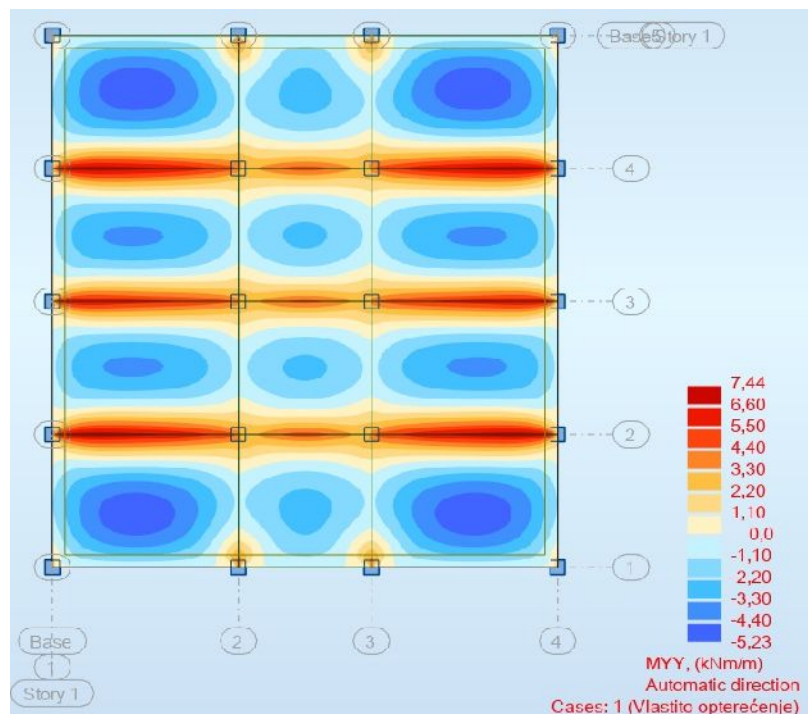
odabrana armatura: mreža R 335

### 3.2. Prora un plo e 200

#### 3.2.1. Momenti savijanja u plo i pozicije 200

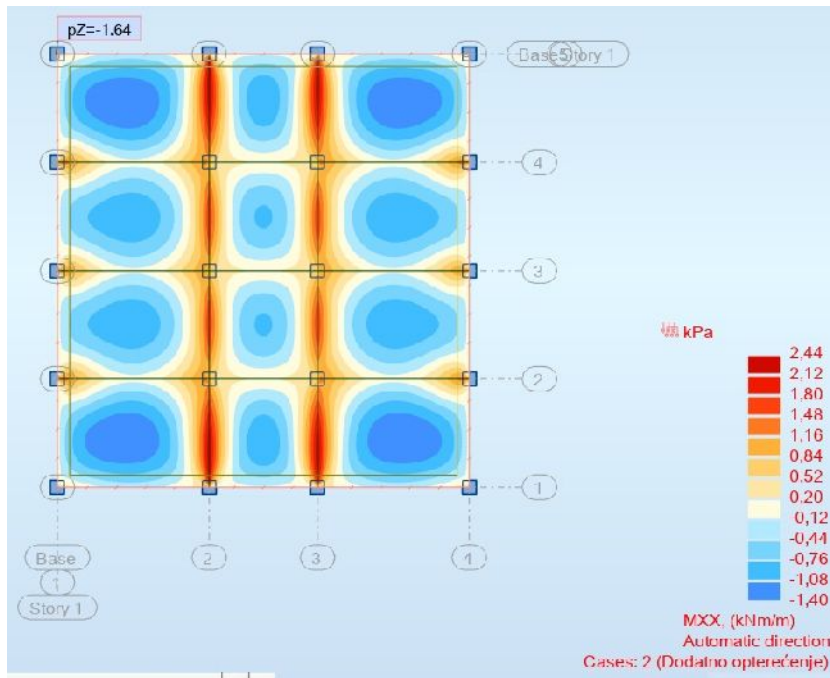


Slika 3.9 Momenti savijanja od vlastite težine u smjeru X

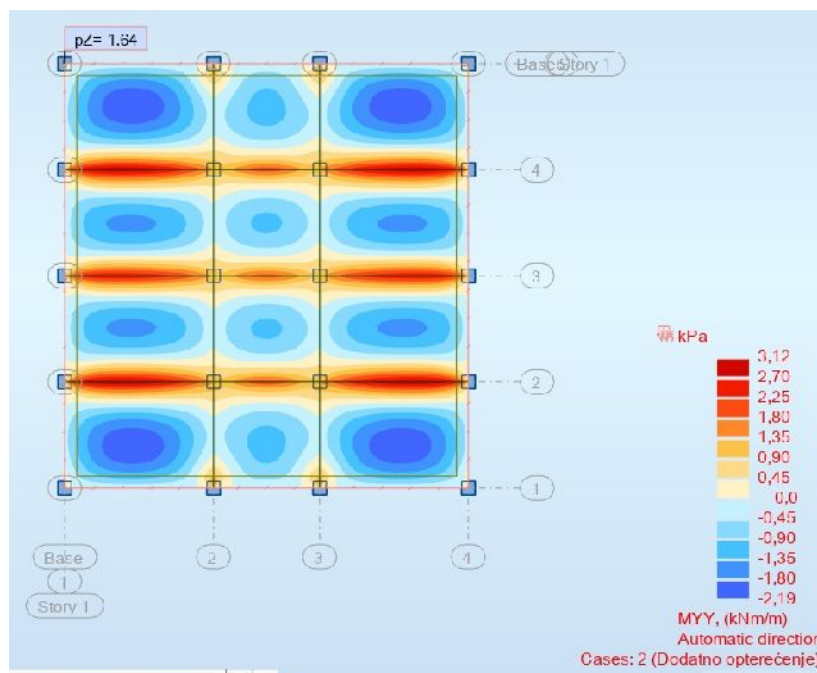


Slika 3.10 Momenti savijanja od vlastite težine u smjeru Y

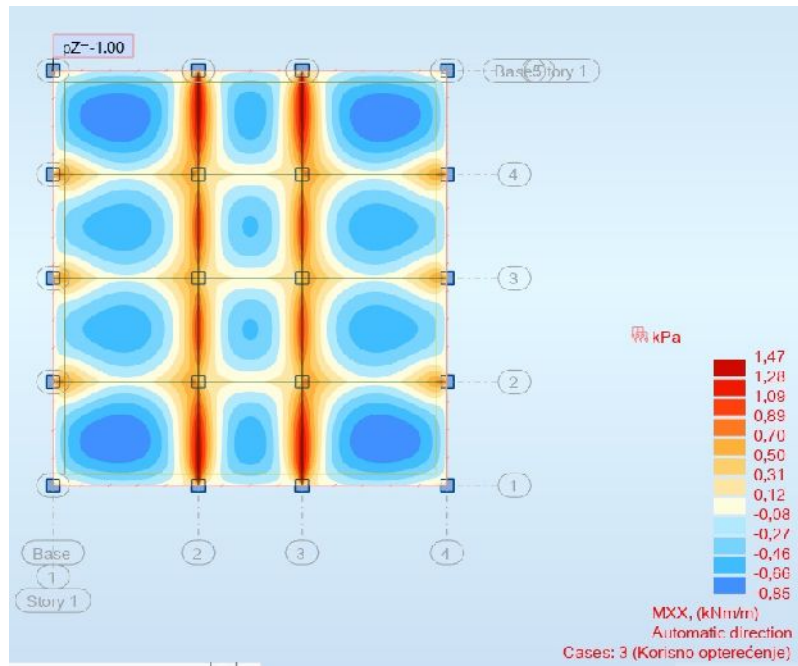




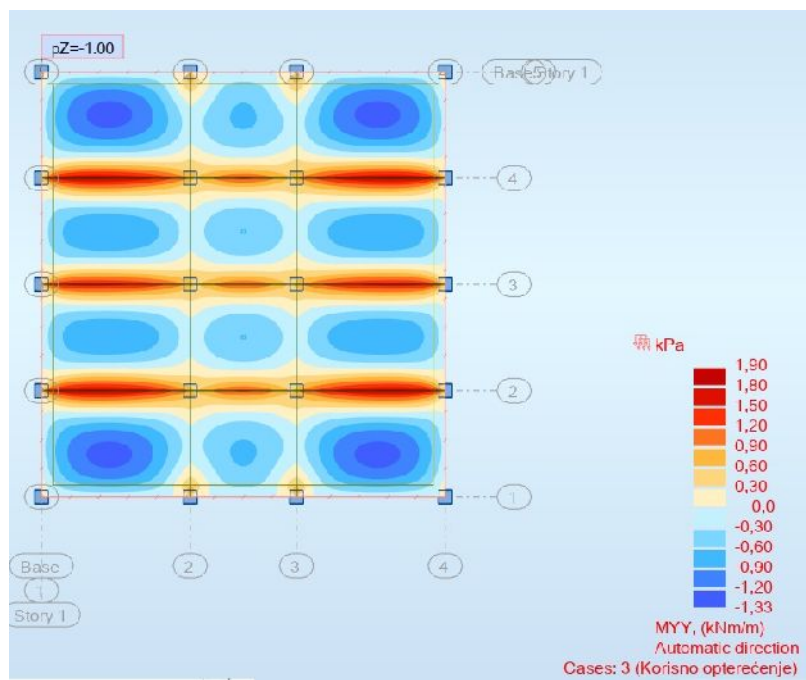
Slika 3.11 Momenti savijanja od dodatnog stalnog u smjeru X



Slika 3.12 Momenti savijanja od dodatnog stalnog u smjeru Y



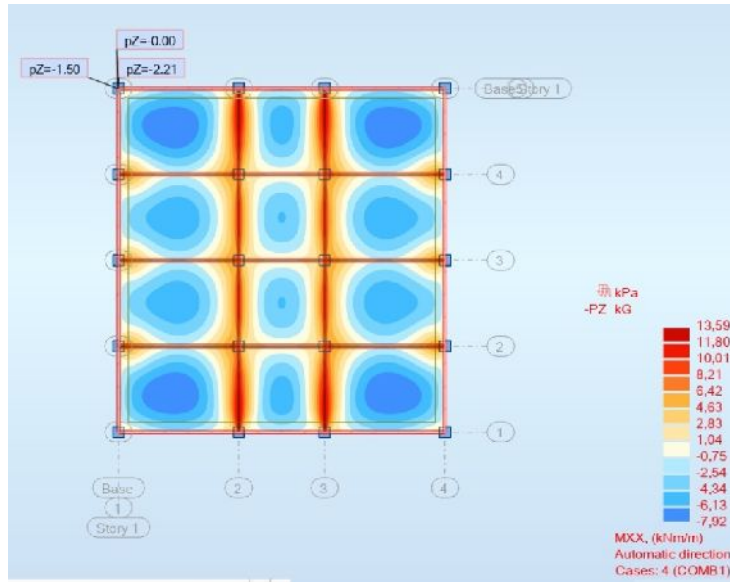
Slika 3.13 Momenti savijanja od korisnog opterećenja u smjeru X



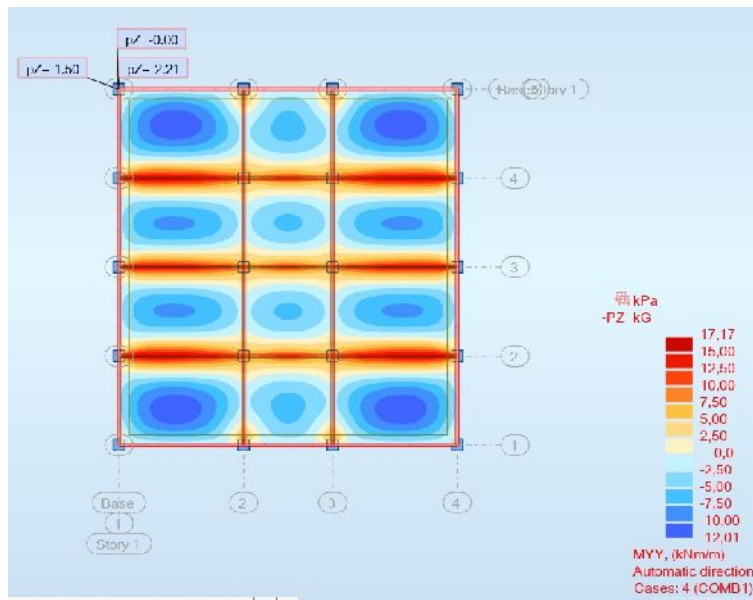
Slika 3.14 Momenti savijanja od korisnog opterećenja u smjeru Y

### 3.2.2. Grani no stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija:  $M_{sd} = 1,35 \cdot (M_g + M_{qg}) + 1,5 \cdot M_q$



Slika 3.15 Momenti savijanja od mjerodavne kombinacije u smjeru X



Slika 3.15 Momenti savijanja od mjerodavne kombinacije u smjeru X



### 3.2.3. Dimenzioniranje plo e pozicije 200

BETON: C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

ARMATURA: B 500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

DEBLJINA PLO E:  $h = 16 \text{ cm}$

ZAŠTITNI SLOJ BETONA:  $c = 2,5 \text{ cm}$

MINIMALNA ARMATURA:

$b = 100 \text{ cm}$

$d = 13,5 \text{ cm}$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ct,m}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$f_{ct,m} = 2,9 \text{ N/mm}^2 \text{ za C 30/37}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,26 \cdot \frac{2,9}{500} \cdot 100 \cdot 13,5 = 2,03 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s1,min} \geq 0,0013 \cdot 100 \cdot 13,5 = 1,755 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**POZICIJA POLJE**

$$M_x = 7,92 \text{ kNm}$$

$$M_y = 12,01 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1201}{100 \cdot 13,5^2 \cdot 2} = 0,033 > \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,036$$

$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,1\text{‰}; \xi = 0,099; \zeta = 0,965$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1201}{0,965 \cdot 13,5 \cdot 43,48} = 2,12 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{mjerodavno } A_{s1,min} = 2,21 \text{ cm}^2/\text{m}$$

odabrana armatura: mreža Q 221

**POZICIJA LEŽAJ**

$$M_x = 13,59 \text{ kNm}$$

$$M_y = 17,17 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1717}{100 \cdot 13,5^2 \cdot 2} = 0,048 > \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,048$$

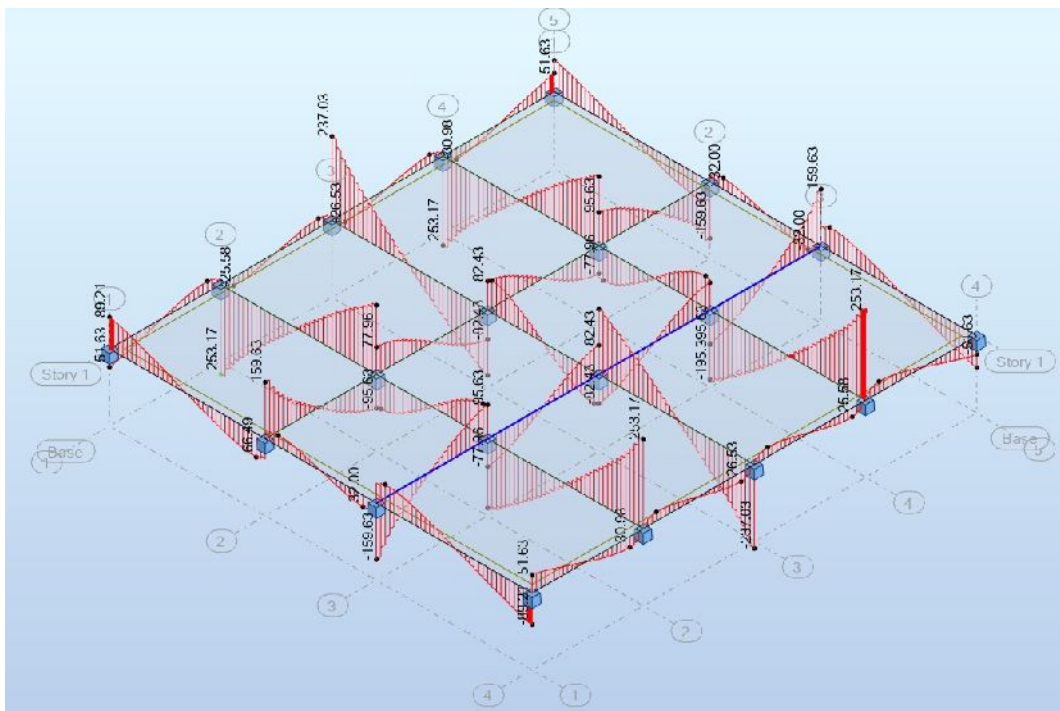
$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,3\text{‰}; \xi = 0,115; \zeta = 0,959$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1717}{0,959 \cdot 13,5 \cdot 43,48} = 3,05 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{mjerodavno } A_{s1,min} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

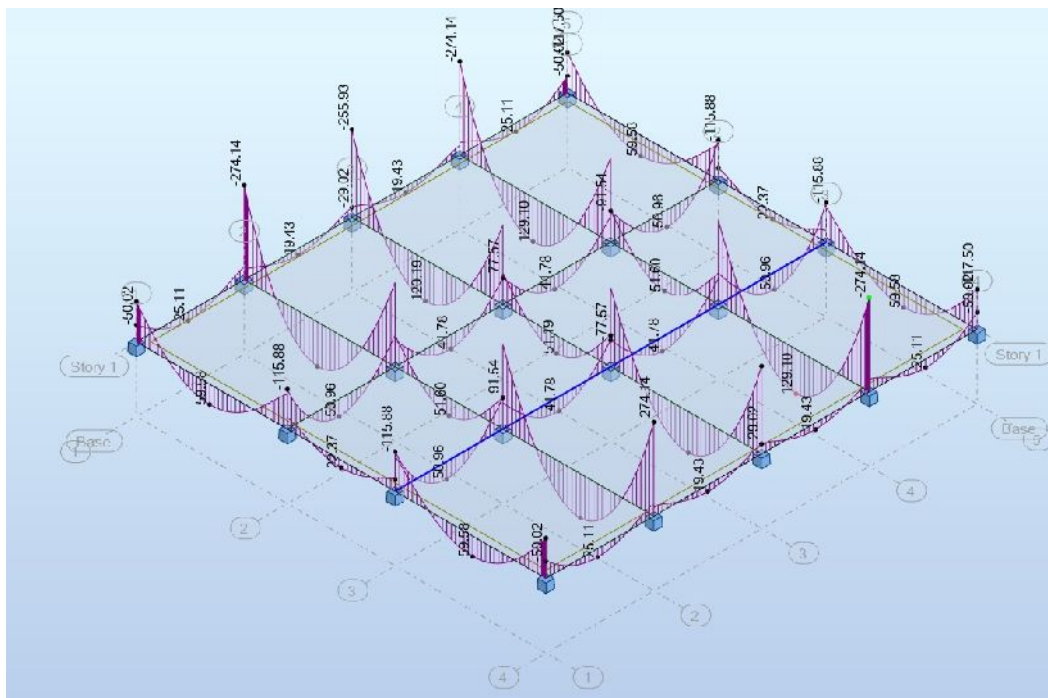
odabrana armatura: mreža R 335

## 4. PRORA UN GREDA

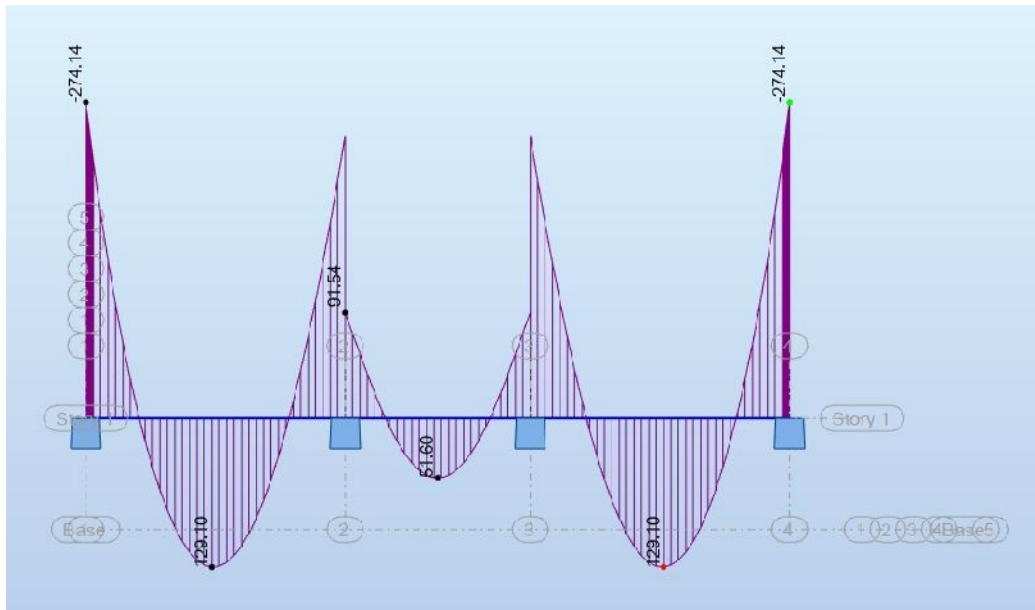
### 4.1. Analiza optere enja



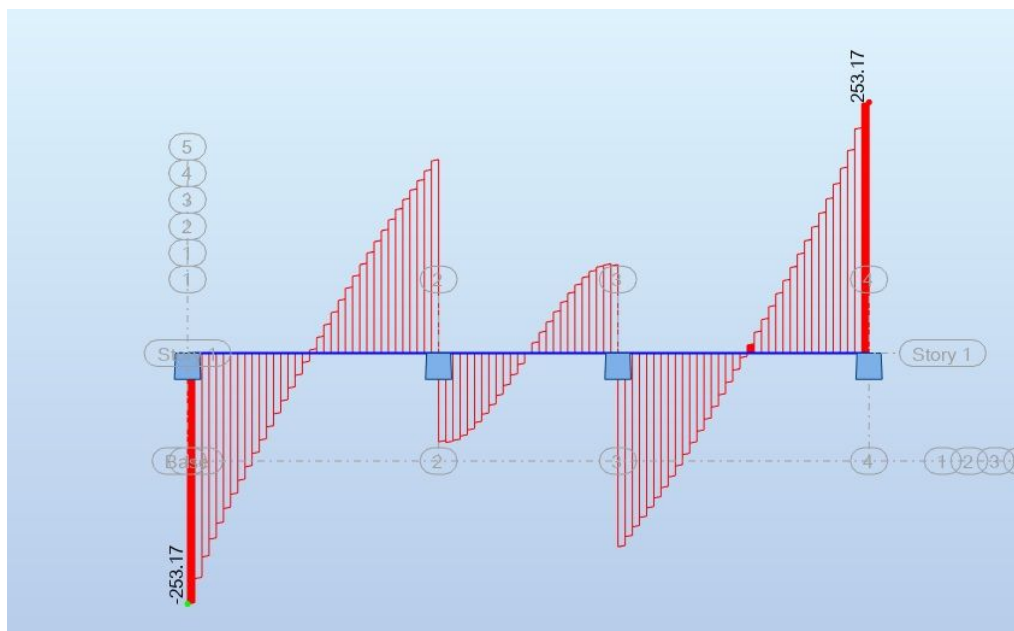
Slika 4.1 Maksimalne sile u gredama



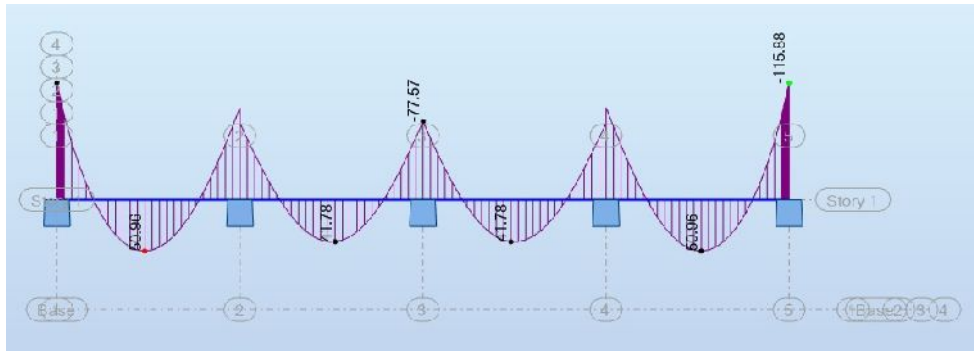
Slika 4.2 Maksimalni momenti u gredama



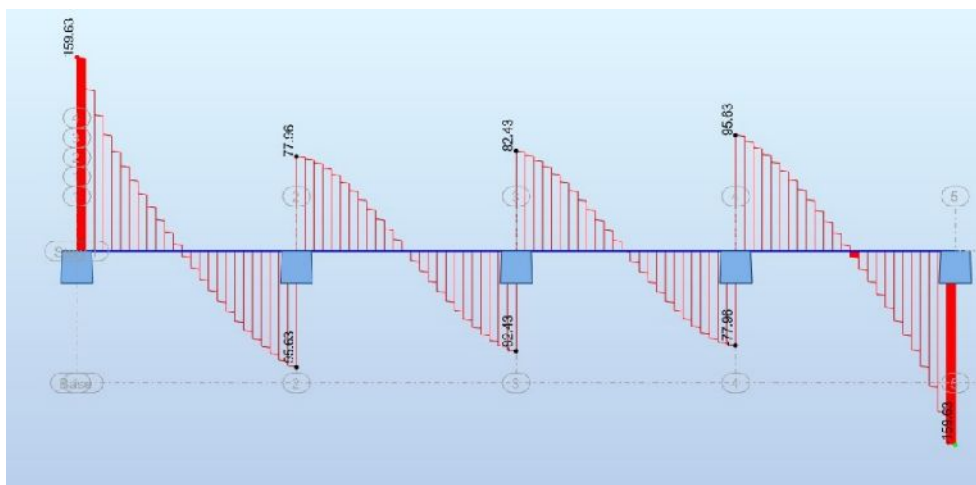
**Slika 4.3 Moment savijanja grede u X smjeru**



**Slika 4.4 Popre na sila grede u X smjeru**



**Slika 4.5 Moment savijanja grede u Y smjeru**



**Slika 4.6 Popre na sila grede u Y smjeru**

## 4.2. Prora un grede POZ 100 X

### 4.2.1. Dimenzioniranje na moment

BETON: C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

ARMATURA: B 500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$h = 70 \text{ cm}$

$b = 30 \text{ cm}$

$d_1 = 5 \text{ cm}$

$d = h - d_1 = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$

$$b_{eff} = b + \frac{0,85 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,85 \cdot 700}{5} = 149 \text{ cm}$$

POLJE

$M_{Ed,A} = 129,1 \text{ kNm}$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed,A}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{12910}{149 \cdot 65^2 \cdot 2} = 0,010 \rightarrow \text{odabrano } \mu_{Sd} = 0,013$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6\text{‰}$ ;  $\xi = 0,057$ ;  $\zeta = 0,980$

Položaj n. o.:  $x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 65 = 3,71 \text{ cm} < h_f = 16 \text{ cm}$  (n. o. siječe ploču)

Površina armature:  $A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{12910}{0,980 \cdot 65 \cdot 43,48} = 4,66 \text{ cm}^2$  odabrano 5 12 ( $A = 5,66 \text{ cm}^2$ )

LEŽAJ

$M_{Ed,A} = 274,14 \text{ kNm}$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed,A}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{27414}{149 \cdot 65^2 \cdot 2} = 0,022 \rightarrow \text{odabrano } \mu_{Sd} = 0,026$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,9\text{‰}$ ;  $\xi = 0,083$ ;  $\zeta = 0,971$

Položaj n. o.:  $x = \xi \cdot d = 0,083 \cdot 65 = 5,4 \text{ cm} < h_f = 16 \text{ cm}$  (n. o. siječe ploču)

$$\text{Površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{27414}{0,971 \cdot 65 \cdot 43,48} = 9,99 \text{ cm}^2 \text{ odabrano } 5 \cdot 16 (A=10,05 \text{ cm}^2)$$

#### 4.2.2. Dimenzioniranje na Ved

$$V_{Ed} = 253,17 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,55 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,55$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0 \quad (N_{Ed} = 0)$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{15,71}{30 \cdot 65} = 0,008 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 5\phi 12 (5,66) + 5\phi 16 (10,05) = 15,71 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{najmanja širina poprečnog presjeka u vlačnoj zoni (mm)}$$

$$d = 650 \text{ mm} \rightarrow \text{statička visina presjeka (mm)}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,55 \cdot (100 \cdot 0,008 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 300 \cdot 650 = 104620,78 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 104,62 \text{ kN} < V_{Ed} = 253,17 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,55^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,369$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,369 \cdot 300 \cdot 650 = 71955 \text{ N} = 71,96 \text{ kN}$$

$$104,62 \text{ kN} \geq 71,96 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

Maksimalna poprečna sila

(poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):

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



$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 650 \cdot 20 = 1029600 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 1029,6 \text{ kN} > V_{Ed} = 253,17 \text{ kN}$$

Maksimalni razmak spona ( $s_{w,max}$ ):

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{253,17}{1029,6} \approx 0,25 \rightarrow V_{Ed} = 0,25 \cdot V_{Rd,max} < 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

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

Potreban razmak spona:

reznost spona:  $m=2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,495 \text{ cm}^2$$

odabrane spone:  $\Phi 8/30 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/25 \text{ cm}$ :

$$V_{Rd,s} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$z \approx 0,9 \cdot d \text{ (krak unutrašnjih sila)}$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (kut nagiba tlačnih dijagonala)}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 65) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 84,78 \text{ kN}$$

$253,17 > 84,78 \text{ kN}$  (nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_{w,pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 65)}{253,17} = 10,04 \text{ cm}$$

odabrane spone:  $\Phi 8/10 \text{ cm}$



### 4.3. Prora un grede POZ 100 Y

#### 4.3.1. Dimenzioniranje na moment

BETON: C30/37  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$

ARMATURA: B 500B  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

$h = 50 \text{ cm}$

$b = 30 \text{ cm}$

$d_1 = 5 \text{ cm}$

$d = h - d_1 = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$

$$b_{eff} = b + \frac{0,85 \cdot L_1}{5} = 30 + \frac{0,85 \cdot 500}{5} = 115 \text{ cm}$$

POLJE

$M_{Ed,A} = 50,96 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,A}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5096}{115 \cdot 45^2 \cdot 2} = 0,011 \rightarrow \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,013$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6\text{‰}$ ;  $\xi = 0,057$ ;  $\zeta = 0,980$

Položaj n. o.:  $x = \xi \cdot d = 0,057 \cdot 45 = 2,57 \text{ cm} < h_f = 16 \text{ cm}$  (n. o. siječe ploču)

Površina armature:  $A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5096}{0,980 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,66 \text{ cm}^2$  odabrano 4 10 (A=3,14cm<sup>2</sup>)

LEŽAJ

$M_{Ed,A} = 115,88 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed,A}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11588}{115 \cdot 45^2 \cdot 2} = 0,025 \rightarrow \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,026$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,9\text{‰}$ ;  $\xi = 0,083$ ;  $\zeta = 0,971$

Položaj n. o.:  $x = \xi \cdot d = 0,083 \cdot 45 = 3,74 \text{ cm} < h_f = 16 \text{ cm}$  (n. o. siječe ploču)

Površina armature:  $A_{s1} = \frac{M_{Ed,A}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{11588}{0,971 \cdot 45 \cdot 43,48} = 6,1 \text{ cm}^2$  odabrano 4 14 (A=6,16cm<sup>2</sup>)

### 4.3.2. Dimenzioniranje na Ved

$$V_{Ed} = 159,63 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton:

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

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

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{450}} = 1,67 \leq 2,0 \rightarrow k = 1,67$$

$$k_1 = 0,15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0 \quad (N_{Ed} = 0)$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{9,3}{30 \cdot 45} = 0,007 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 4\phi 10 (3,14) + 4\phi 14 (6,16) = 9,3 \text{ cm}^2$$

$$b_w = 300 \text{ mm} \rightarrow \text{najmanja širina poprečnog presjeka u vlačnoj zoni (mm)}$$

$$d = 450 \text{ mm} \rightarrow \text{statička visina presjeka (mm)}$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,007 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 300 \cdot 450 = 74639,78 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 74,64 \text{ kN} < V_{Ed} = 159,63 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

$$V_{Rd,c} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,67^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,413$$

$$V_{Rd,c} \geq 0,413 \cdot 300 \cdot 450 = 55755 \text{ N} = 55,7 \text{ kN}$$

$$74,64 \text{ kN} \geq 55,7 \text{ kN} \quad (\text{uvjet je zadovoljen})$$

Maksimalna poprečna sila

(poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):

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

$$v = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1,0 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 300 \cdot 450 \cdot 20 = 712800 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 712,8 \text{ kN} > V_{Ed} = 159,63 \text{ kN}$$

Maksimalni razmak spona ( $s_{w,max}$ ):

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{159,63}{712,8} \approx 0,22 \rightarrow V_{Ed} = 0,25 \cdot V_{Rd,max} < 0,3 \cdot V_{Rd,max}$$

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

Potreban razmak spona:

režanost spona:  $m=2$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,0011 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,495 \text{ cm}^2$$

odabrane spone:  $\Phi 8/30 \text{ cm}$  ( $A_{sw} = 0,50 \text{ cm}^2$ )

Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/25 \text{ cm}$ :

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$z \approx 0,9 \cdot d \text{ (krak unutrašnjih sila)}$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (kut nagiba tlačnih dijagonala)}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 58,69 \text{ kN}$$

$253,17 > 58,69 \text{ kN}$  (nije dovoljna nosivost minimalne poprečne armature)

Potrebni razmak odabranih spona na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_{w,pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,50 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 45)}{159,63} = 11,03 \text{ cm}$$

odabrane spone:  $\Phi 8/10 \text{ cm}$

## 5. OPTERE ENJE VJETROM

### 5.1. Prora un vjetra

- Osnovna brzina vjetra  $v_{b0} = 30 \text{ m/s}$
- Visina gra evine:  $z = 18,0 \text{ m}$
- IV. Kategorija terena  $c_e(z) = 1,55$

#### 5.1.1. Korigirana brzina vjetra

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b0} = v_{b0}$$

$c_{dir} = c_{season} = 1,0$  – koef. smjera i godišnjeg doba

$$v_b = 30 \text{ m/s}$$

#### 5.1.2. Tlak pri osnovnoj brzini vjetra

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

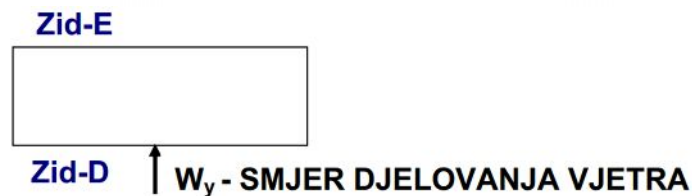
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  – gustoća zraka

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 30^2 = 562,5 \text{ N/m}^2 = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

#### 5.1.3. Tlak pri vršnoj brzini vjetra

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$$q_p(z) = 1,55 \cdot 0,563 = 0,87 \text{ kN/m}^2$$



Slika 5.1

#### 5.1.4. Tlak vjetra na vanjske površine ( $w_e$ )

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

$c_{pe}$  – koeficijent vanjskog tlaka

za zid D:  $c_{pe} = +0,8$   
 $w_{e,D} = 0,87 \cdot 0,8 = 0,70 \text{ kN/m}^2$

za zid E:  $c_{pe} = -0,5$   
 $w_{e,E} = 0,87 \cdot 0,5 = 0,44 \text{ kN/m}^2$

#### 5.1.5. Tlak vjetra na unutarnje površine ( $w_i$ )

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

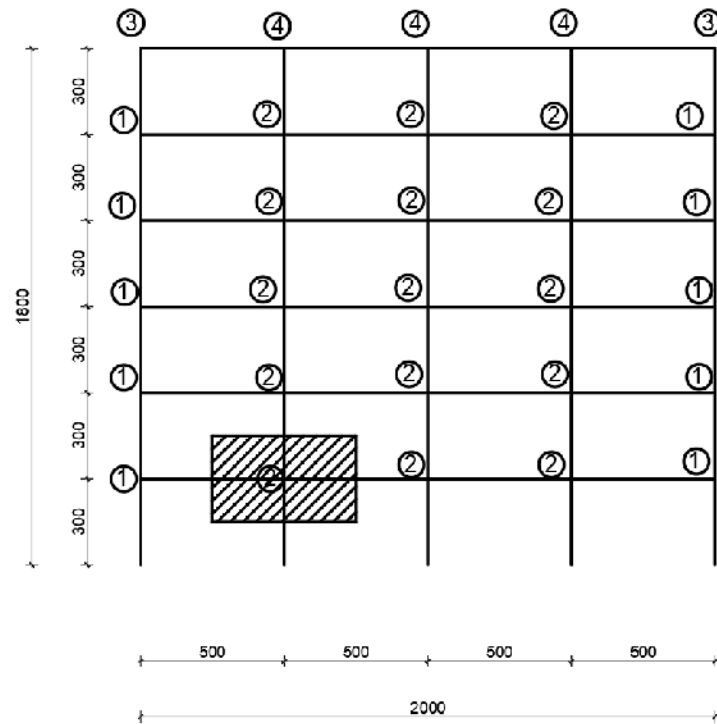
$c_{pi}$  – koeficijent unutarnjeg tlaka (+/-)

za zid D:  $c_{pi} = +/-0,75 \cdot 0,8 = 0,6$   
 $w_{e,D} = 0,87 \cdot 0,6 = 0,522 \text{ kN/m}^2$

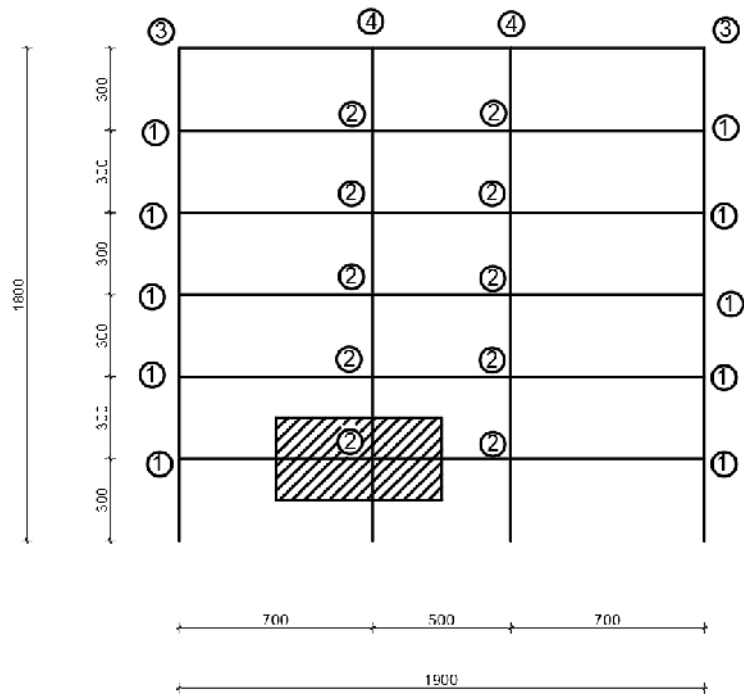
za zid E:  $c_{pi} = +/-0,75 \cdot 0,5 = 0,375$   
 $w_{e,E} = 0,87 \cdot 0,375 = 0,326 \text{ kN/m}^2$

#### 5.1.6. Sile u vorovima

Sile vjetra zadajemo u vorovima modela. Određivanje sila u vorovima modela vršimo prema utjecajnim površinama djelovanja vjetra. Na slici je šrafirana površina koja pripada voru s oznakom 2.



**Slika 5.2** vorovi vjetra u X smjeru



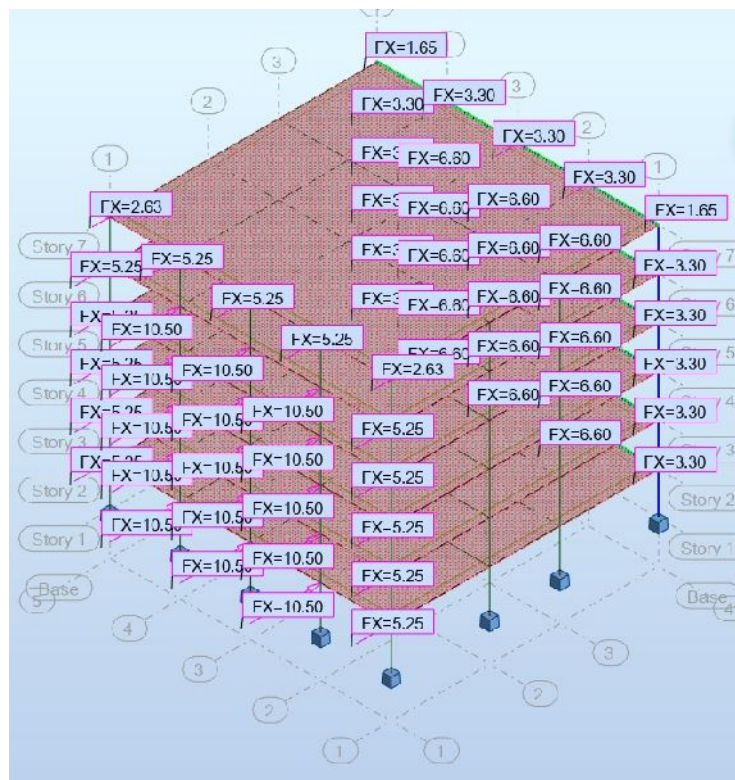
**Slika 5.3** vorovi vjetra u Y smjeru

**TABLICA 5.1 X SMJER LIJEVI BOK**

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	2,5	3	7,5	0,7	5,25
2	5	3	15	0,7	10,50
3	2,5	1,5	3,75	0,7	2,63
4	5	1,5	7,5	0,7	5,25

**TABLICA 5.2 X SMJER DESNI BOK**

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	2,5	3	7,5	0,44	3,30
2	5	3	15	0,44	6,60
3	2,5	1,5	3,75	0,44	1,65
4	5	1,5	7,5	0,44	3,30



**Slika 5.4 Sile u X smjeru**

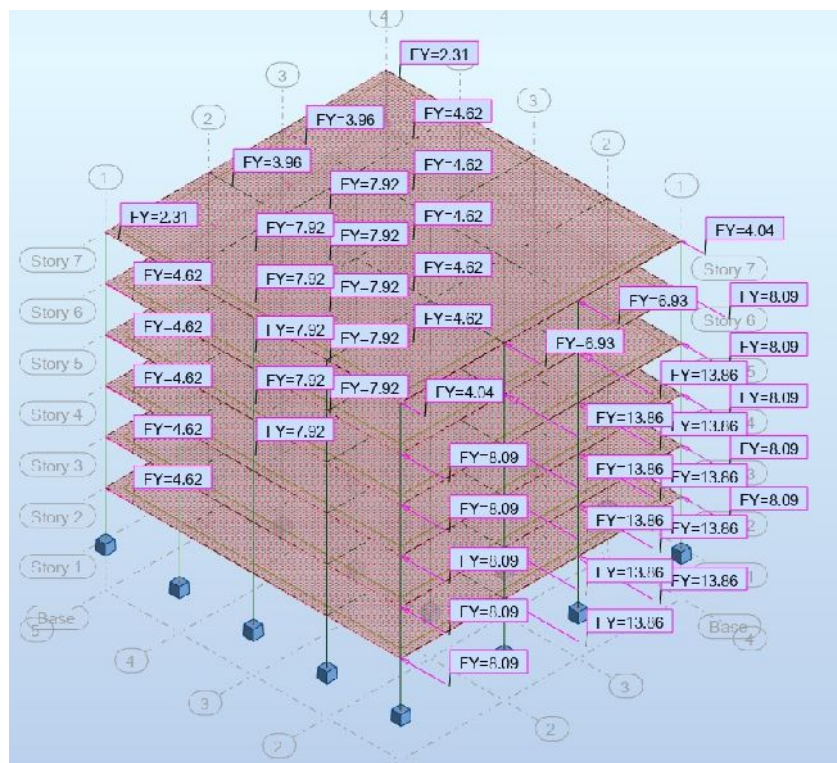


**TABLICA 5.3 Y SMJER LIJEVI BOK**

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	3,5	3	10,5	0,77	8,09
2	6	3	18	0,77	13,86
3	3,5	1,5	5,25	0,77	4,04
4	6	1,5	9	0,77	6,93

**TABLICA 5.4 Y SMJER DESNI BOK**

Čvor	Utjecajna površina			Tlak vjetra(kN/m <sup>2</sup> )	Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m <sup>2</sup> )		
1	3,5	3	10,5	0,44	4,62
2	6	3	18	0,44	7,92
3	3,5	1,5	5,25	0,44	2,31
4	6	1,5	9	0,44	3,96



**Slika 5.5 Sile u Y smjeru**

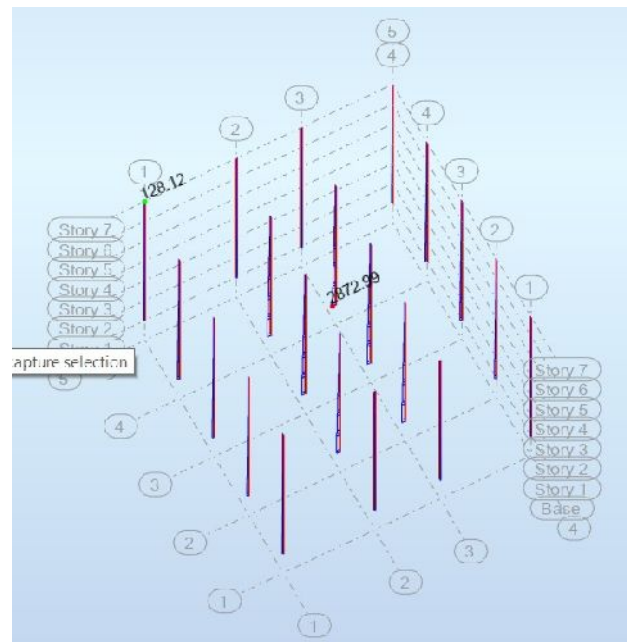


## 5.2. Kombinacije optere enja s VJETROM :

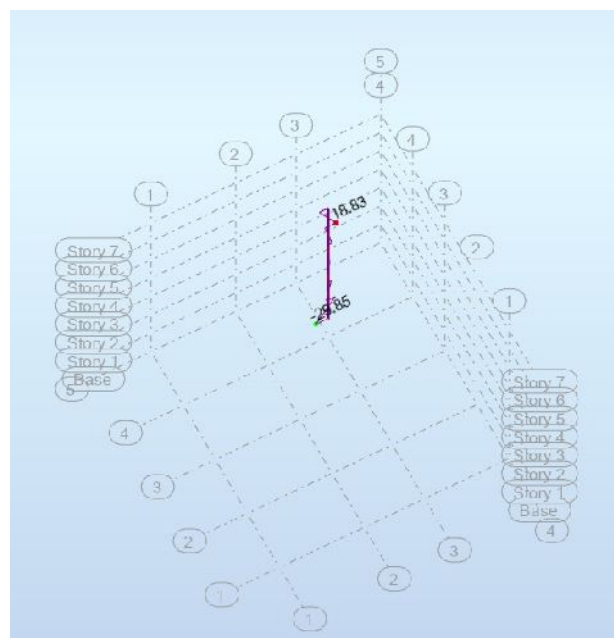
1. kombinacija optere enja:  $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot W_x$
2. kombinacija optere enja:  $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q + 1,5 \cdot W_y$

### 5.2.1. Kombinacija 1:

Max. N:

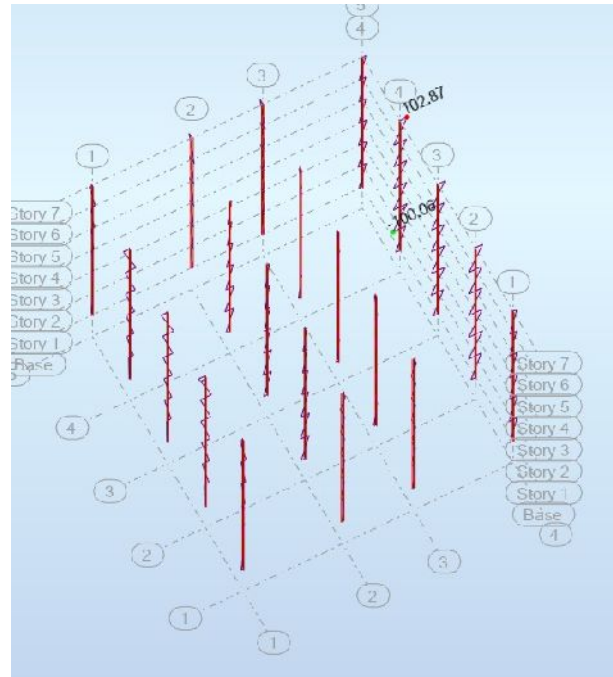


Slika 5.6 Dijagram uzdužnih sila u X smjeru

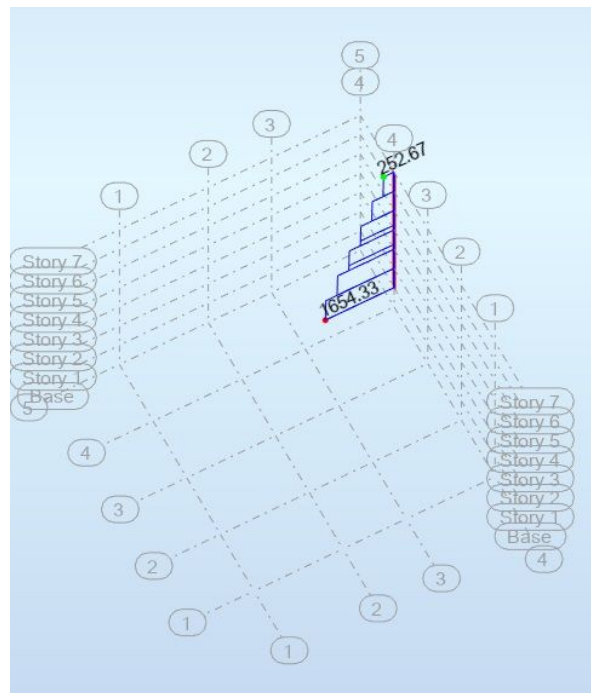


Slika 5.7 Dijagram pripadaju eg momenta

Max M:



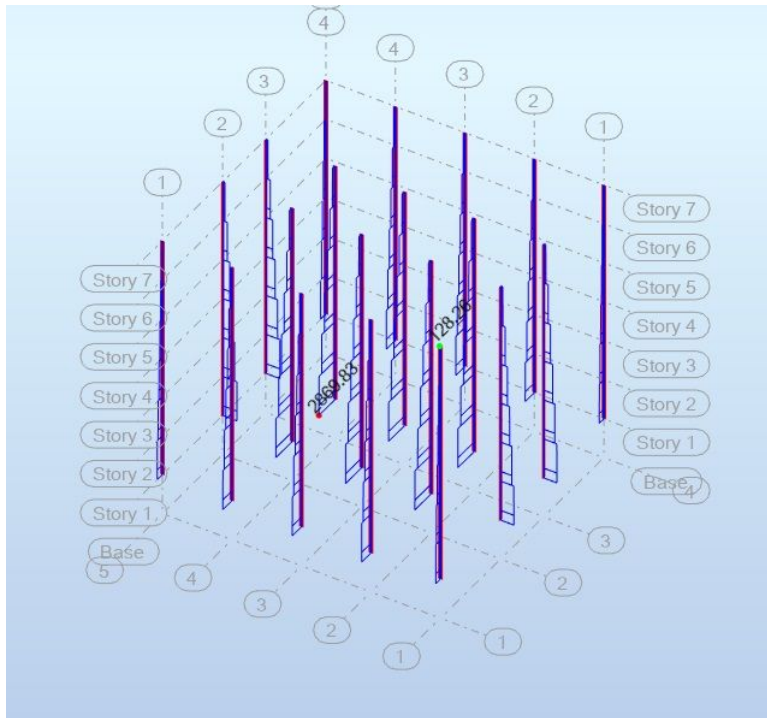
**Slika 5.8 Dijagram momenata u X smjeru**



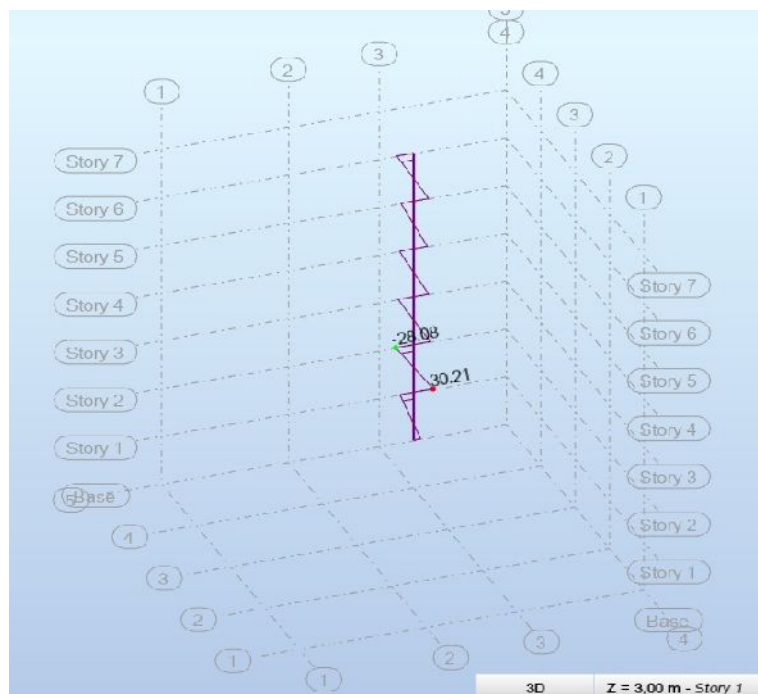
**Slika 5.9 Dijagram pripadajuće uzdužne sile**

### 5.2.2. Kombinacija 2:

Max N:

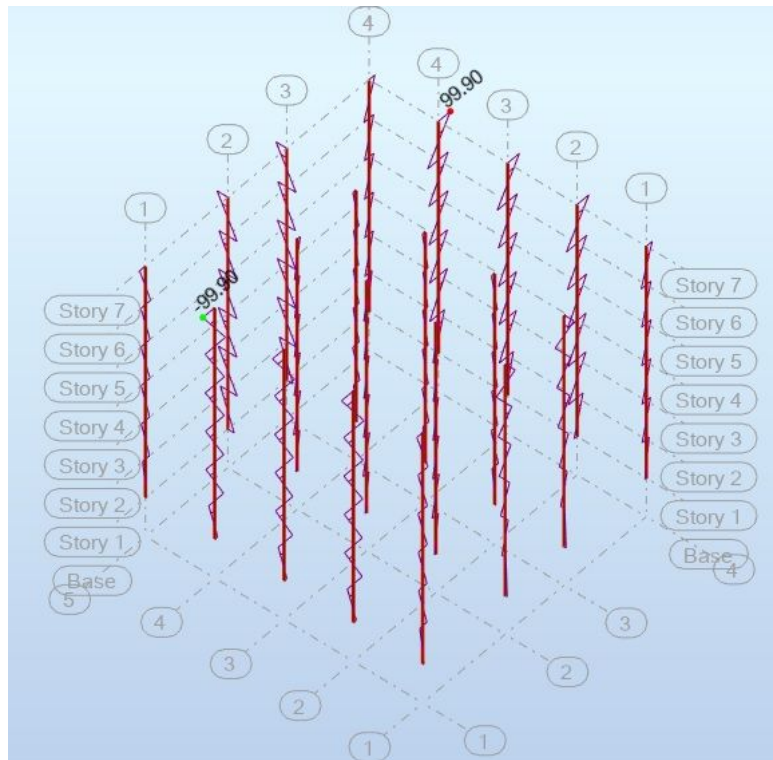


Slika 5.10 Dijagram uzdužnih sila u Y smjeru

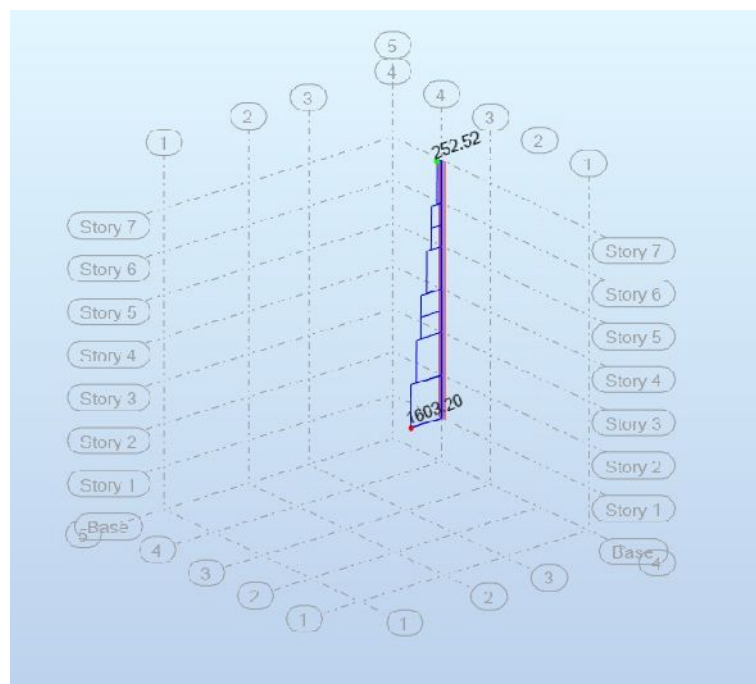


Slika 5.11 Dijagram pripadajućeg momenta

Max. M:



**Slika 5.12** Dijagram momenata u Y smjeru



**5.13** Dijagram pripadajuće uzdužne sile

### 5.3. Rezne sile u stupovima

**Tablica 5.5 Rezne sile u stupovima**

		M(kNm)	N(kN)
1. kombinacija	max N	-23,85	2872,99
1. kombinacija	max M	102,87	1654,33
2. kombinacija	max N	30,21	2869,33
2. kombinacija	max M	99,90	1603,20

## 6. OPTERE ENJE POTRESOM

$$W_{\text{kat}} = g + g + 0,5 \cdot q = 6,03 + 2 + 0,5 \cdot 3 = 9,53 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{\text{krov}} = g + g + 0,5 \cdot q = 5,64 + 1,64 + 0,5 \cdot 1 = 7,78 \text{ kN/m}^2$$

### 6.1. Težina kata

---

$$\text{PLO A: } W_{\text{kat}} \cdot L_1 \cdot L_2 = 9,53 \cdot 20 \cdot 19$$

---

$$\text{GREDA: } + b_g \cdot h_g \cdot \gamma_{AB} \cdot L_1 + b_g \cdot h_g \cdot \gamma_{AB} \cdot L_2 = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot 20 + 0,3 \cdot 0,7 \cdot 25 \cdot 19$$

---

$$\text{STUPOVI: } + b_s \cdot h_s \cdot \gamma_{AB} \cdot L \cdot 20 = 0,55 \cdot 0,55 \cdot 25 \cdot 3 \cdot 20$$

$$W_{\text{KAT}} = 4171,15 \text{ kN}$$

### 6.2. Težina krova

---

$$\text{PLO A: } W_{\text{krov}} \cdot L_1 \cdot L_2 = 7,78 \cdot 20 \cdot 19$$

---

$$\text{GREDA: } + b_g \cdot h_g \cdot \gamma_{AB} \cdot L_1 + b_g \cdot h_g \cdot \gamma_{AB} \cdot L_2 = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 25 \cdot 20 + 0,3 \cdot 0,7 \cdot 25 \cdot 19$$

---

$$\text{STUPOVI: } + b_s \cdot h_s \cdot \gamma_{AB} \cdot L \cdot 20 = 0,55 \cdot 0,55 \cdot 25 \cdot 3 \cdot 20$$

$$W_{\text{KROV}} = 3506,15 \text{ kN}$$

Ukupna težina konstrukcije:

$$W_{\text{UK}} = 5 \cdot W_{\text{KAT}} + W_{\text{KROV}} = 5 \cdot 4171,15 + 3506,15 \text{ kN} = 24361,9 \text{ kN}$$

### 6.3. Ukupna masa konstrukcije (m)

$$m = \frac{W_{\text{UK}}}{g} = \frac{24361,9 \text{ kN}}{9,81 \text{ s}^2/\text{m}} = 2483,37 \text{ t}$$

## 6.4. Proračun potresne sile

Usvojimo da se prvi period konstrukcije ( $T_1$ ) nalazi između vrijednosti  $T_B$  i  $T_C$ . Kako se zgrada nalazi na tlu klase A, parametar  $S=1.0$ . Zgrada je šestoetažna i smjestimo je u srednju klasu duktilnosti (Medium Ductility Class - DCM), pa je faktor  $q$ :

$$q = q_0 \cdot k_w = 3,0 \frac{\alpha_u}{\alpha_1} \cdot k_w = 3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3,6$$

- Za zgrade pravilne u tlocrtu:

$k_w = 1$  = 1,1 do 1,3 (za okvirne sustave)

Tablica 6.1 Osnovne vrijednosti faktora ponašanja  $q_0$

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

-  $k_w$  – faktor koji uzima u obzir prevladavajući i oblik sloma konstrukcijskog sustava sa zidovima  
 $k_w = 1,0$  za okvirne sustave i dvojne sustave istovrijedne okvirnim

$$S_d(T_{1y}) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$S_d(T_{1y}) = 0,22g \cdot 1 \cdot \frac{2,5}{3,6} = 0,153g$$

Ukupna potresna sila :

$$F_b(y) = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda = 0,153g \cdot \frac{24361,9}{g} \cdot 1 \quad \lambda = 1$$

$$F_b(y) = 3727,37 \text{ kN}$$



#### 6.4.1. Raspodjela sila po etažama:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot W_i}{\sum z_j \cdot W_j}$$

$F_i$  – potresna sila koja djeluje na i-tom kartu u y-smjeru (kN)

$F_b$  – ukupna potresna popre na sila u y-smjeru (kN)

$W_i, W_j$  – težine kata (kN)

$z_i, z_j$  – visinski položaj masa m od razine potresnog djelovanja (m)

$$F_{y6} = 3727,37 \cdot \frac{18 \cdot 3506,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 937,89 \text{ kN}$$

$$F_{y5} = 3727,37 \cdot \frac{15 \cdot 4171,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 929,82 \text{ kN}$$

$$F_{y4} = 3727,37 \cdot \frac{12 \cdot 4171,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 743,85 \text{ kN}$$

$$F_{y3} = 3727,37 \cdot \frac{9 \cdot 4171,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 557,89 \text{ kN}$$

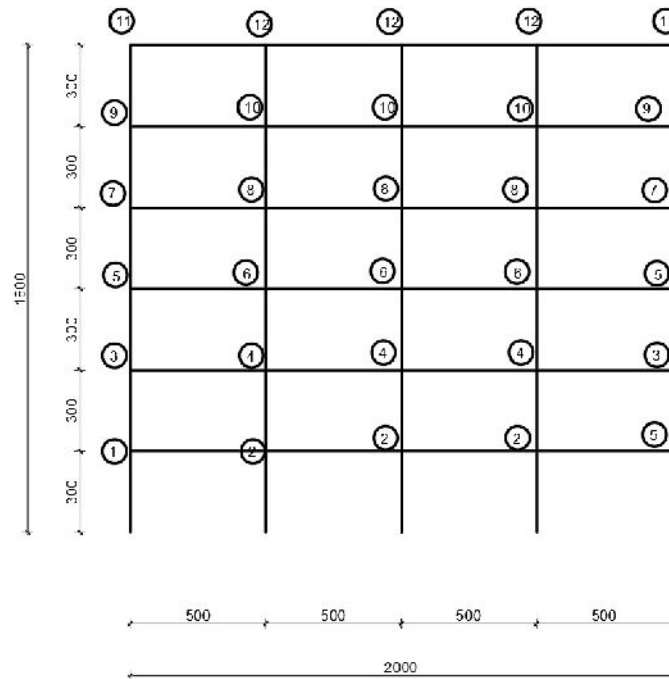
$$F_{y2} = 3727,37 \cdot \frac{6 \cdot 4171,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 371,93 \text{ kN}$$

$$F_{y1} = 3727,37 \cdot \frac{3 \cdot 4171,15}{18 \cdot 3506,15 + 15 \cdot 4171,15 + 12 \cdot 4171,15 + 9 \cdot 4171,15 + 6 \cdot 4171,15 + 3 \cdot 4171,15} = 185,96 \text{ kN}$$

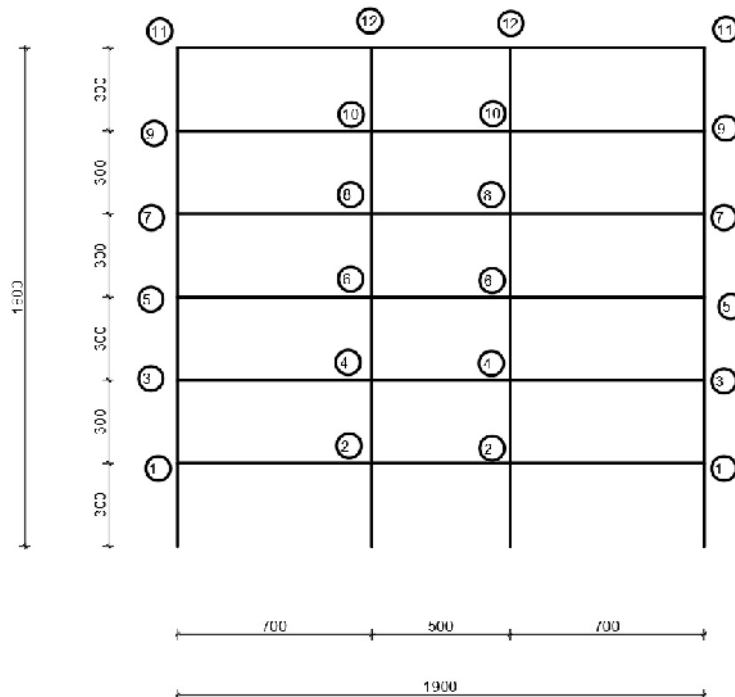
Kako je raspodjela mase po konstrukciji jednaka, silu možemo podijeliti u vorove prema pripadnoj masi. U krajnje vorove stavimo 1/6 sile, a u srednje 1/3 sile

**Tablica 6.2 Sile u vorovima**

Čvor	Uk.sila na etaži(kN)	Sila u Etaži
1	937,89	156,32
2	937,89	312,63
3	929,82	154,97
4	929,82	309,94
5	743,85	123,98
6	743,85	247,95
7	557,89	92,98
8	557,89	185,96
9	371,93	61,99
10	371,93	123,98
11	185,96	30,99
12	185,96	61,99



**Slika 6.1 vorovi u X smjeru**



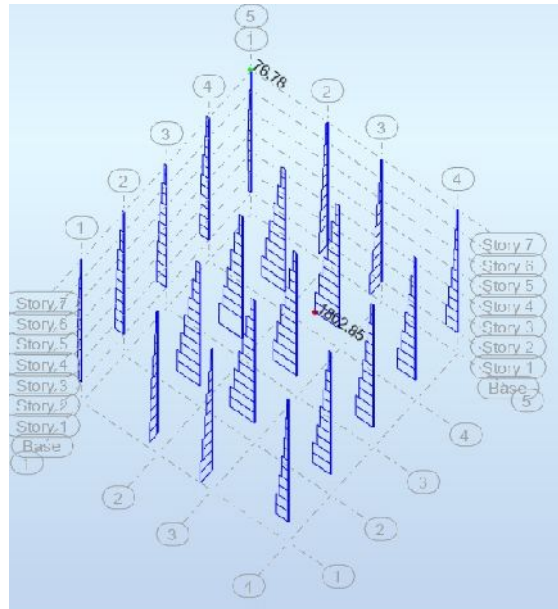
**Slika 6.2 vorovi u Y smjeru**

### 6.5. Kombinacije optere enja s potresom :

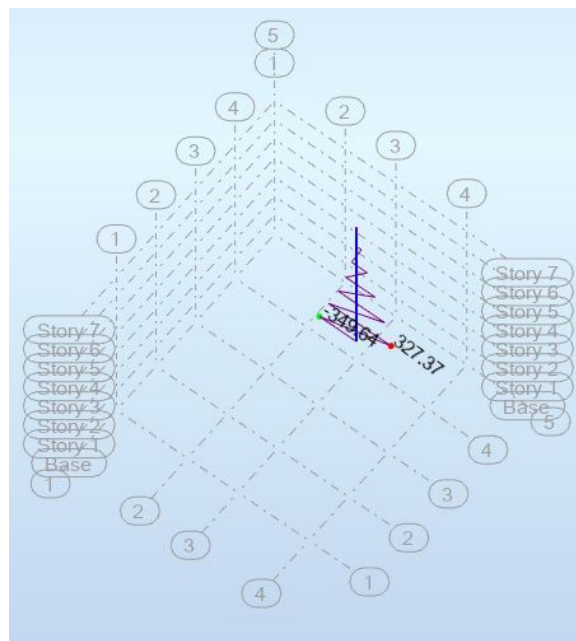
1. kombinacija optere enja:  $1 \cdot (g + \Delta g) + 0,5 \cdot q + 1,5 \cdot E_x$
2. kombinacija optere enja:  $1 \cdot (g + \Delta g) + 0,5 \cdot q + 1,5 \cdot E_y$

#### 6.5.1. Kombinacija 1:

Max. N:

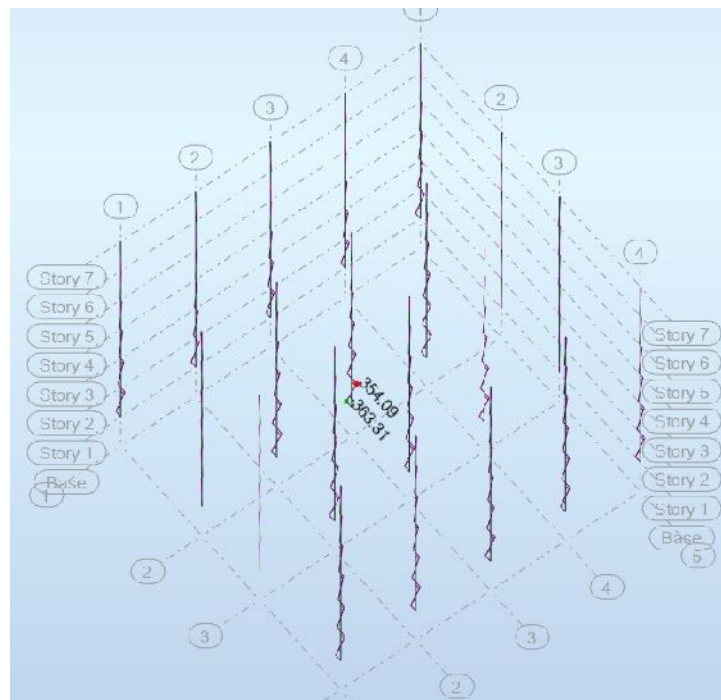


Slika 6.3 Dijagram uzdužnih sila u X smjeru

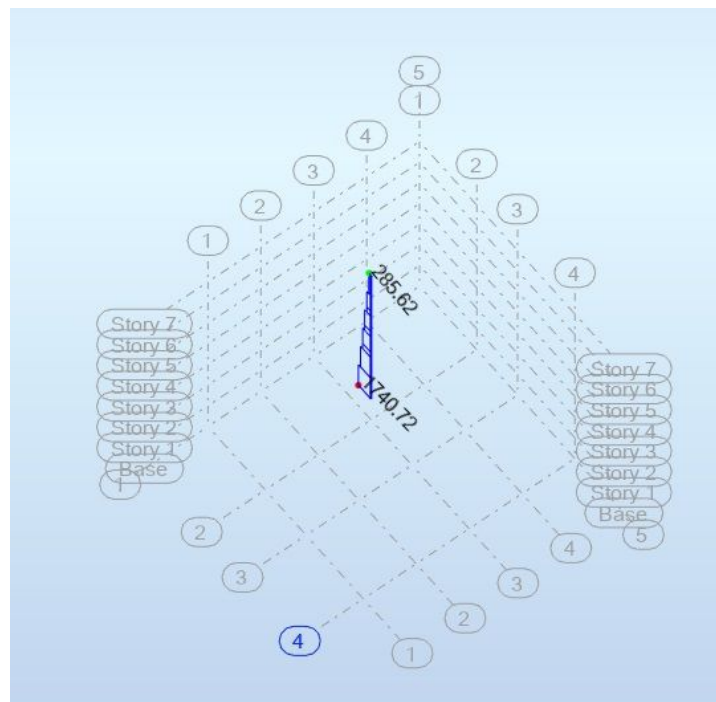


Slika 6.4 Dijagram pripadaju eg momenta

Max. M:



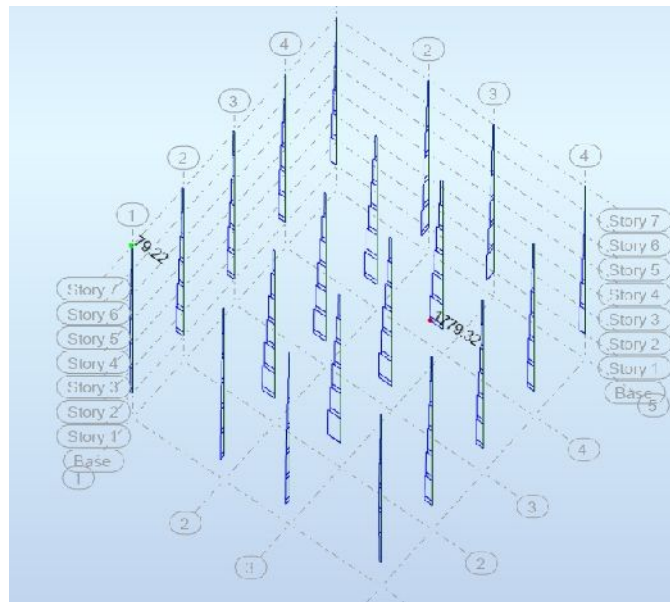
**Slika 6.5 Dijagram momenata u X smjeru**



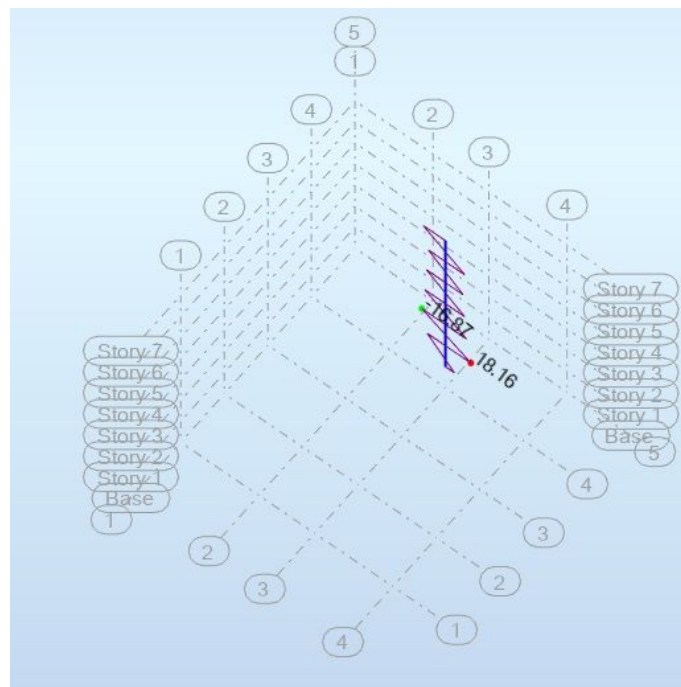
**Slika 6.6 Dijagram pripadajuće uzdužne sile**

### 6.5.2. Kombinacija 2:

Max. N:

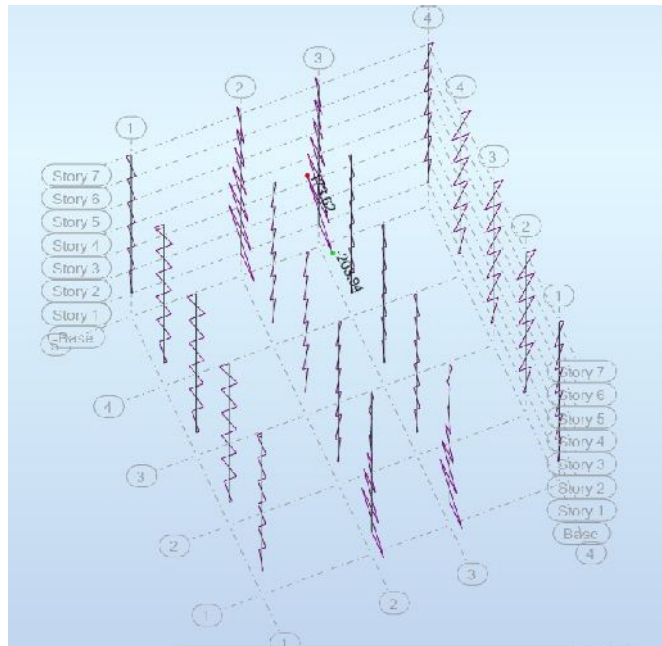


Slika 6.7 Dijagram uzdužnih sila u Y smjeru

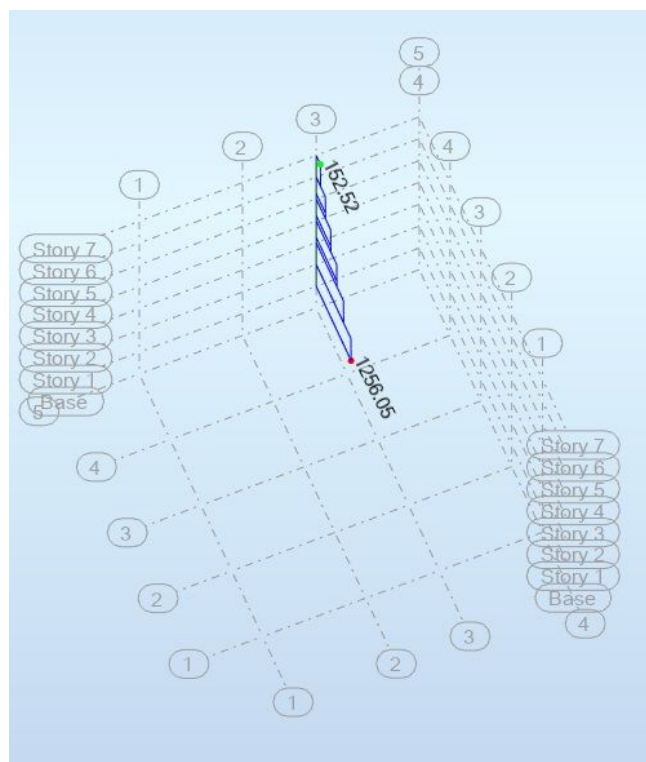


Slika 6.8 Dijagram pripadajućeg momenta

Max. M:



**Slika 6.9 Dijagram momenata u Y smjeru**



**Slika 6.9 Dijagram pripadajuće uzdužne sile**

## 6.6. Rezne sile u stupovima

**Tablica 6.3 Rezne sile**

		M(kNm)	N(kN)
1.kombinacija	max N	-349,64	1802,85
1.kombinacija	max M	363,31	1740,42
2.kombinacija	max N	18,16	1779,32
2.kombinacija	max M	-203,94	1256,05



## 7. PRORA UN STUPA

### 7.1. Određivanje dimenzija stupa

Najnepovoljniji utjecaj je na srednji stup. Vanjske stupove na koje otpada nešto manje vertikalno opterećenje ne ćemo razmatrati posebno već ćemo sve stupove tretirati kao da su središnji.

$$\begin{aligned}
 N &= (\gamma_g + \gamma_q) \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot n(\text{br. katova}) \\
 N &= (1,35 \cdot 6,03 + 1,5 \cdot 3) \cdot 5 \cdot 7 \cdot 5 \\
 N &= 2212,09 \text{ kN} \\
 \\ 
 N &= (\gamma_g + \gamma_q) \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot n(\text{br. katova}) \\
 N &= (1,35 \cdot 5,64 + 1,5 \cdot 1) \cdot 5 \cdot 7 \cdot 1 \\
 N &= 337,41 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

} N=2549,5 kN

BETON: C30/37

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 2 \text{ kN/cm}^2$$

ARMATURA: B 500B

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Radi pužanja naprezanja u betonu ograničavamo na 45% tlačne vrstne čvrstoće betona.

$$\sigma_d = 0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ MPa} = 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \rightarrow A = \frac{P}{\sigma} = \frac{2549,5}{13,5 \cdot 1000} = 0,17 \text{ m}^2$$

Zbog simetričnosti konstrukcije, a uzimajući u obzir da je stup centrirano opterećen, odabiremo kvadratni presjek stupa.

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{0,17} = 0,42 \text{ m} = 42 \text{ cm}$$

Dobivenu vrijednost povećavamo za 30-50% zbog postojanja horizontalnog opterećenja.

$$a_1 = 42 \cdot 1,3 = 53,6 \text{ cm} \rightarrow \text{odabrano } a = 55 \text{ cm}$$

## 7.2. Dimenzioniranje stupa

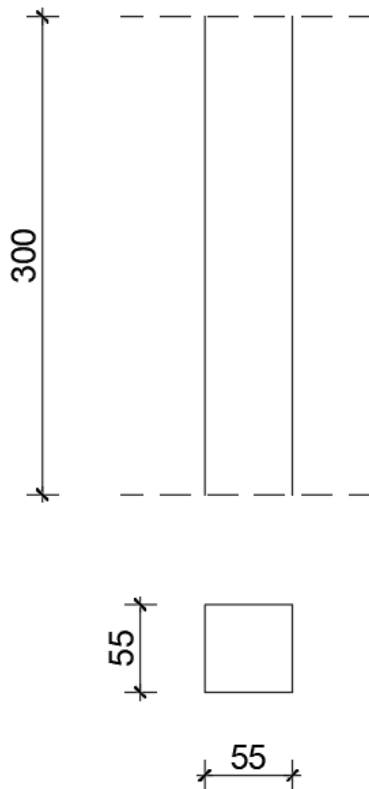
### 7.2.1. Proračun armature pomoću dijagrama interakcije:

$$\mu Ed = \frac{M_{Ed}}{b^2 * h * f_{cd}}$$

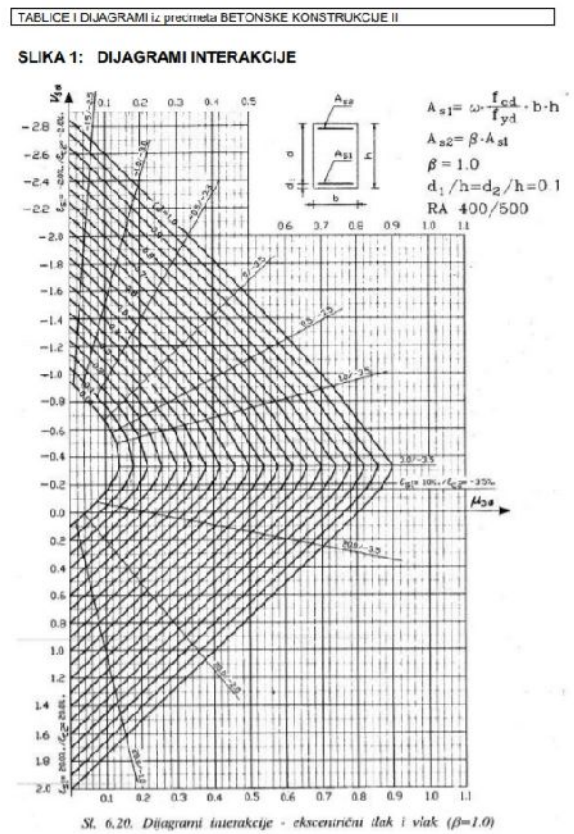
$$\nu Ed = \frac{V_{Ed}}{b * h * f_{cd}}$$

Rezultatima ovih formula oditavaju se koeficijenti armiranja iz slike 7.2:

Slika 7.1 Poprečni i uzdužni presjek stupa



Slika 7.2 Tablica dijagrama interakcije



Zatim se iz formule  $A_{s1}=A_{s2}=\omega * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * b * h$  oditavaju površine armature

		M(kNm)	N(kN)	$\mu E_d$	$\nu E_d$	$\omega$	$A_{s1}=A_{s2}$
1.kombinacija vjetar	max N	-23,85	2872,99	-0,007	0,475	0,24	33,39
1.kombinacija vjetar	max M	102,87	1654,33	0,031	0,273	0,21	29,22
2.kombinacija vjetar	max N	30,21	2869,33	0,009	0,474	0,24	33,39
2.kombinacija vjetar	max M	99,9	1603,2	0,030	0,265	0,22	30,61
1.kombinacija potres	max N	-349,64	1802,85	-0,105	0,298	0,26	<b>36,18</b>
1.kombinacija potres	max M	363,31	1740,42	0,109	0,288	0,26	<b>36,18</b>
2.kombinacija potres	max N	18,16	1779,32	0,005	0,294	0,15	20,87
2.kombinacija potres	max M	-203,94	1256,05	-0,061	0,208	0,16	22,26

**Tablica 7.1 Rezultati površine armature kroz kombinacije**

Odabiremo najveću u površinu armature  $A_{s1}=A_{s2}=36,18 \text{ cm}^2 \rightarrow$  odabrano 10 · 22 (A=38,01 cm<sup>2</sup>)

$$A_{s1}=5 \cdot 22$$

$$A_{s2}=5 \cdot 22$$

## 8. TEMELJI

Za temelje su odabrani temelji samci koji se nalaze ispod svih nosivih stupova. Dopušteno naprezanje tla je  $\sigma_{dop} = 0,45 \text{ MPa}$

### 8.1. Dimenzioniranje temelja

Temelj je proračunat za granično stanje uporabljivosti. Iz navedenih kombinacija dobiveni su parovi maksimalnih uzdužnih sila i pripadnih momenata, te maksimalnih momenata i pripadnih uzdužnih sila od kojih odabiremo dva para sila mjerodavna za dimenzioniranje temelja. Odabrat ćemo najnepovoljniju kombinaciju a to je 1. kombinacija potres

		M(kNm)	N(kN)
1.kombinacija vjetar	max N	-23,85	2872,99
1.kombinacija vjetar	max M	102,87	1654,33
2.kombinacija vjetar	max N	30,21	2869,33
2.kombinacija vjetar	max M	99,9	1603,2
1.kombinacija potres	max N	<b>-349,64</b>	<b>1802,85</b>
1.kombinacija potres	max M	363,31	1740,42
2.kombinacija potres	max N	18,16	1779,32
2.kombinacija potres	max M	-203,94	1256,05

Tablica 8.1 Rezne sile

#### 8.1.1. Određivanje dimenzija temelja

Širina i duljina temelja:  $d = \check{s} = b = a_{stupa} \sqrt{\frac{0,45 \cdot f_{ck}}{\sigma_{dop}}} = 55 * \sqrt{\frac{0,45 \cdot 30}{0,45}} = 301.24 \text{ cm} \rightarrow$  odabrano  $d = 310 \text{ cm}$

Visina temelja:  $2 * a_{stupa} = 2 * 55 = 110 \text{ cm}$

Težina temelja:  $N = 3,1 * 3,1 * 1,1 * 25 = 264.28 \text{ kN}$

#### 8.1.2. Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi temelj-tlo

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = 3.1 * 3.1 = 9.61 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{3,1 * 3,1^2}{6} = 4.96 \text{ m}^2$$

$$N_{\max}=1802,85 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed}=N_{\max}+N_t=1802,85+264,28=2067,13 \text{ kN}$$

$$M_{\text{pripadni}}=-349,64 \text{ kNm}$$

$$1,2=\frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{2067,13}{9,61} \pm \frac{349,64}{4,96} =$$

$$1=285,59 \text{ kN/m}^2 < \text{dop} = 450 \text{ kN/m}^2$$

$$2=144,61 \text{ kN/m}^2 < \text{dop} = 450 \text{ kN/m}^2$$

### 8.1.3. Proračun armature temelja

$$M_{1-1} = 1-1 * b_1 * \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_2) * \frac{b_1}{2} * \frac{2}{3} * b_1$$

$$1-1 = 1 * \frac{b_1}{b} * (\sigma_1 - \sigma_2)$$

$$M_{1-1} = 285,59 * 1,275 * \frac{1,275}{2} + (285,59 - 144,61) * \frac{1,275}{2} * \frac{2}{3} * 1,275 = 308,53 \text{ kNm}$$

$$1-1 = 1 * \frac{b_1}{b} * (\sigma_1 - \sigma_2) = 285,59 * \frac{1,275}{2} * (285,59 - 144,61) = 256,67 \text{ kPa}$$

Mjerodavni moment za proračun armature

$$M_{1-1} = 308,53 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{30853}{310 \cdot 105^2 \cdot 2} = 0,004 > \text{odabrano } \mu_{sd} = 0,004$$

očitanje:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = -0,3\text{‰}$ ;  $\xi = 0,029$ ;  $\zeta = 0,990$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{30853}{0,990 \cdot 105 \cdot 43,48} = 6,82 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \frac{7,85}{3,1} \approx 2,2 \text{ cm}^2/\text{m} > \text{odabrano Q 221}$$

## 9. LITERATURA

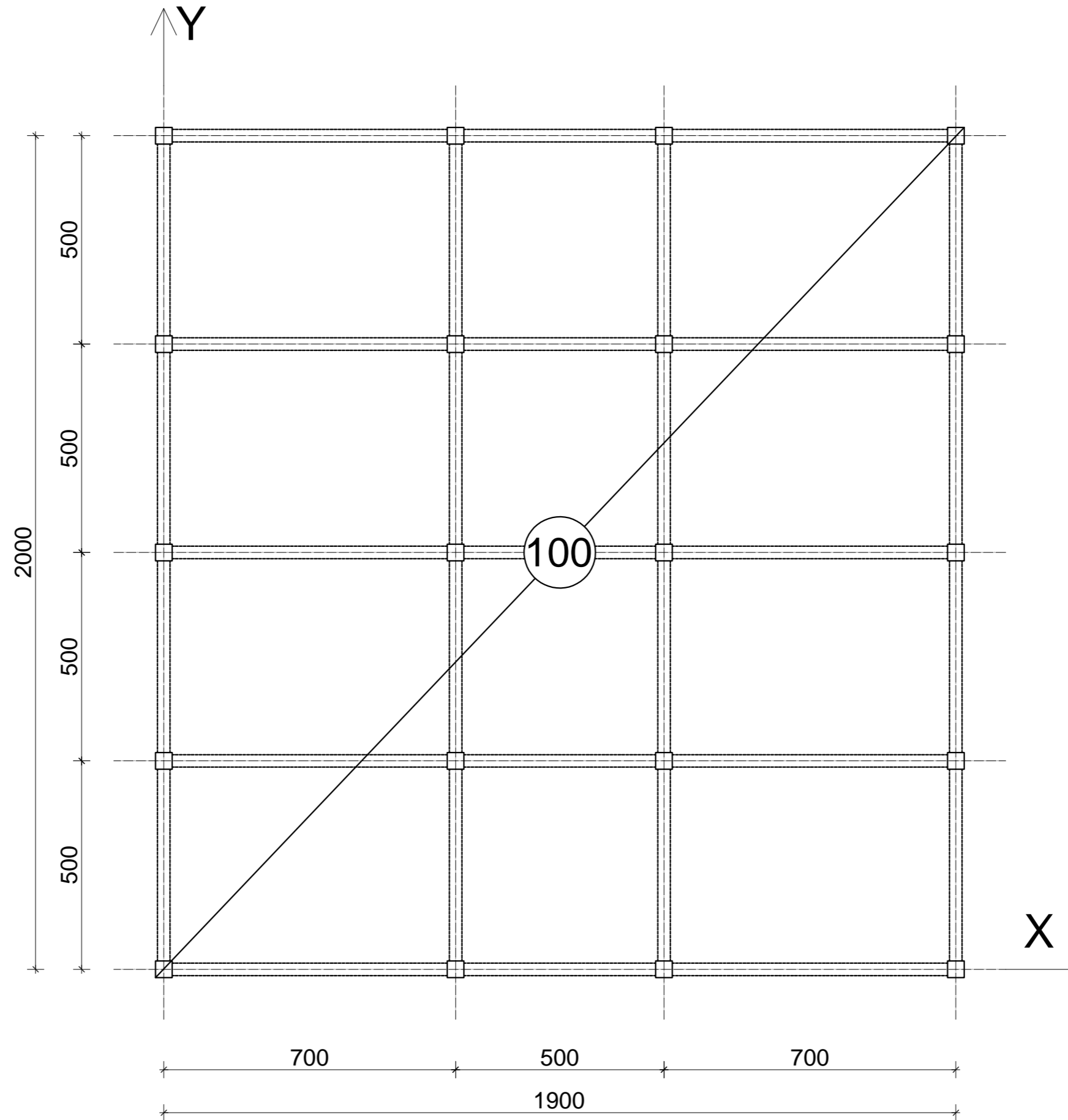
- V. Herak Marovi : Betonske konstrukcije 2, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici.
- V. Herak Marovi : Betonske konstrukcije 1, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici.
- Radni J., Harapin A. Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta. Fakultet građevinarstva arhitekture i geodezije Splitu, studeni 2013.
- [http://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/Referada/Zavrsni\\_Diplomski/PSSG%20SSG%20Upute.pdf](http://gradst.unist.hr/Portals/9/docs/Referada/Zavrsni_Diplomski/PSSG%20SSG%20Upute.pdf), 05.09.2020.
- Buzov, A.; Radni, J.; Grgi, N. Effects of several bolt parameters on the bearing capacity of a composite multi-drum stone column under an earthquake. **COMPOS PART B-ENG**. 162 (2019)
- Baloevi, G.; Radni, J.; Grgi, N.; Matešan, D.: „The application of a reinforced plaster mortar for seismic strengthening of masonry structures“, **COMPOS PART B-ENG**; p.p. 190-202, 2016.
- Vanja Alendar, Projektovanje seizmički otpornih armiranobetonskih konstrukcija kroz primere <https://dnec.com/wp-content/uploads/2013/10/Earthquake-Design-of-Buildings.pdf>

## **10. NACRTI**

- 10.1. Tlocrt pozicija 100**
- 10.2. Tlocrt pozicija 200**
- 10.3. Presjek**
- 10.4. Plan armature ploče pozicija 100-donja zona**
- 10.5. Plan armature ploče pozicija 100-gornja zona**
- 10.6. Plan armature ploče pozicija 200-donja zona**
- 10.7. Plan armature ploče pozicija 200-gornja zona**
- 10.8. Plan armature greda**
- 10.9. Tlocrt i presjek temelja**



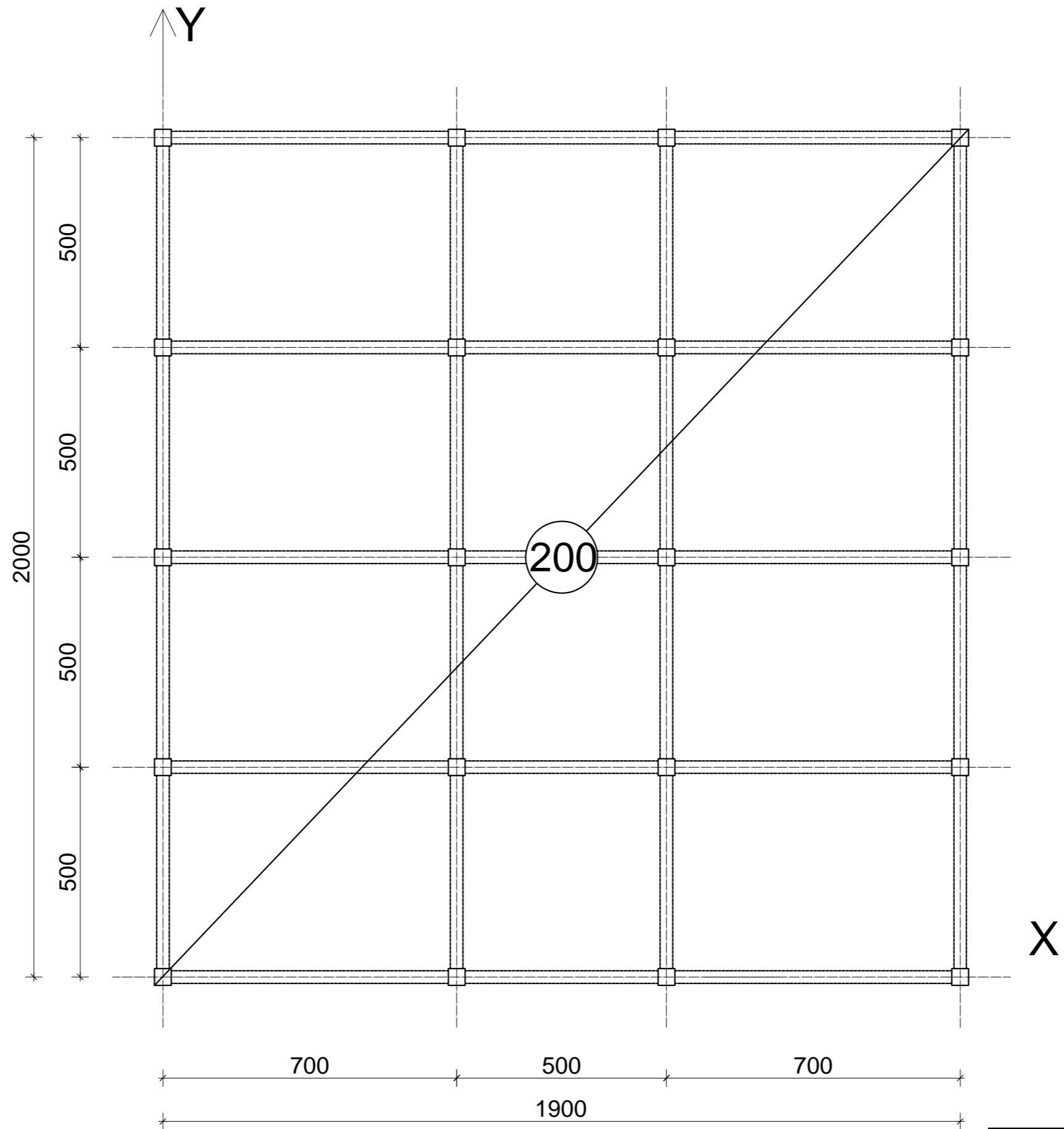
# Pozicija 100



IME I PREZIME: ANTE MILOVAC

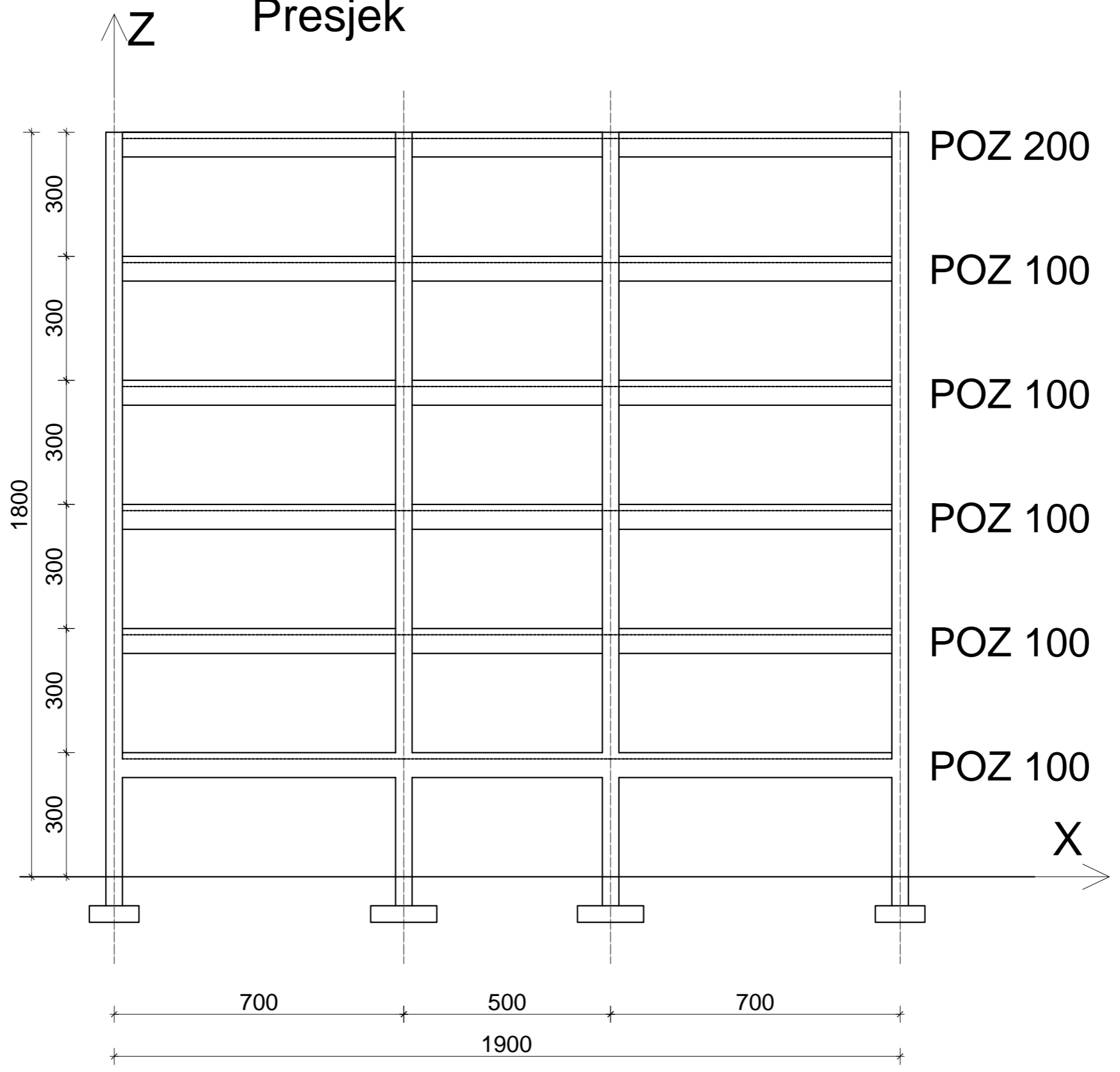
1 : 100

# Pozicija 200

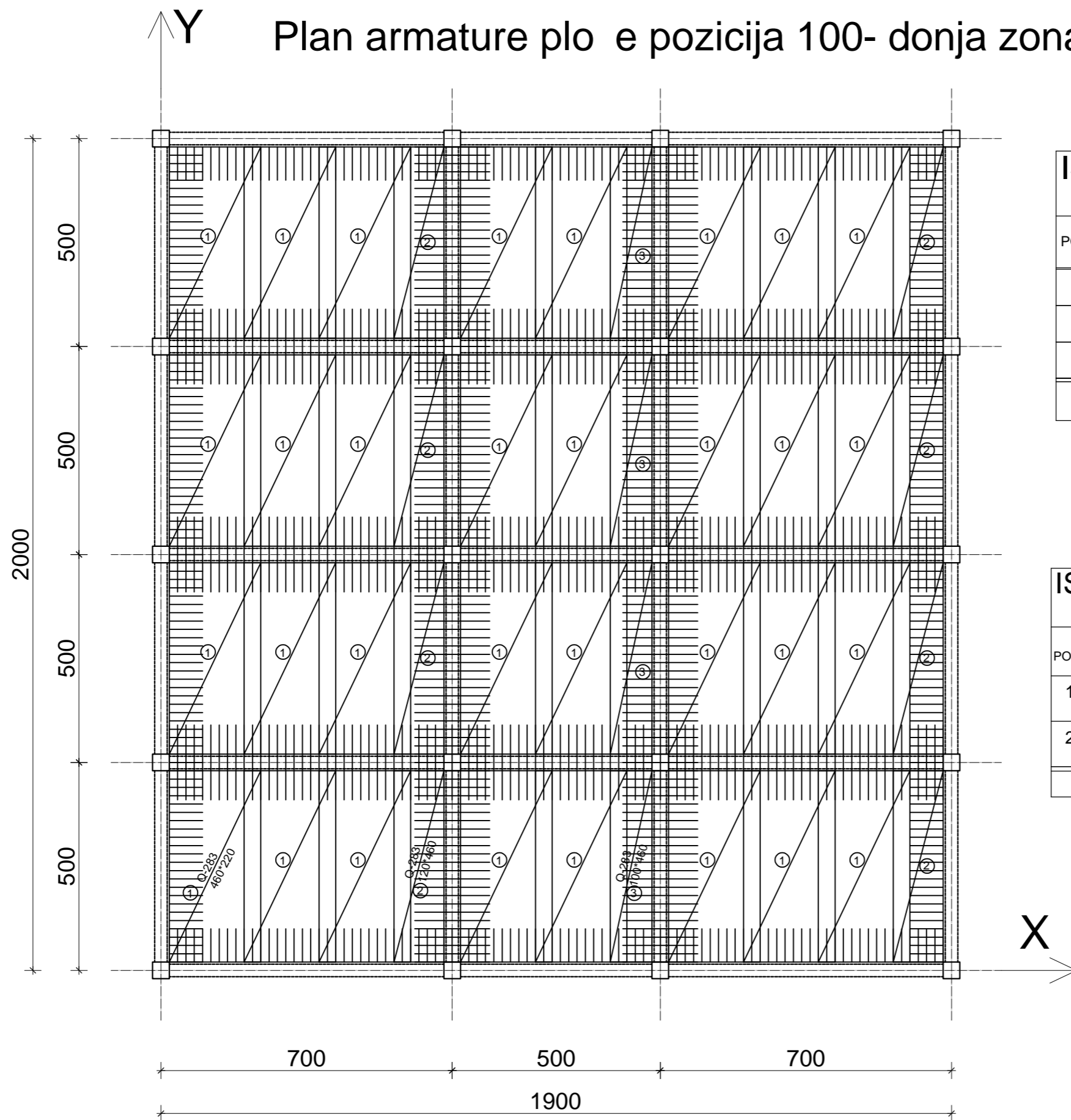


IME I PREZIME: ANTE MILOVAC	1 : 100
-----------------------------	---------

# Presjek



# Plan armature ploče i pozicija 100- donja zona



## ISKAZ MREŽASTE ARMATURE elik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-283		220x460	32	4,44	1437,84
2	Q-283		120x460	8	4,44	196,07
3	Q-283		100x460	14	4,44	277,23

UKUPNO: (KG)... 1941,14

## ISKAZ REBRASTE ARMATURE elik B500B

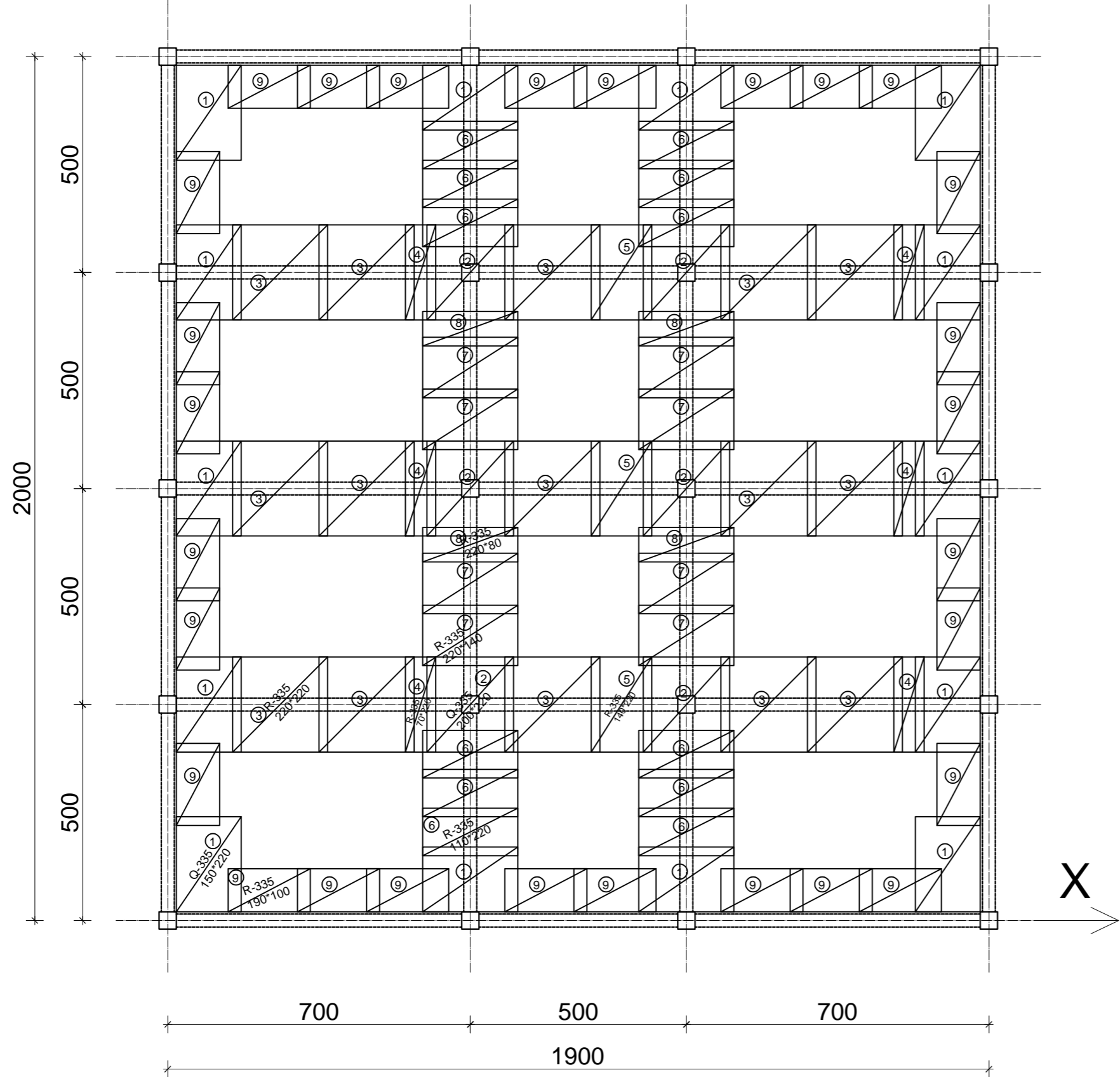
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		10	0,617	480	180	533,08
2		10	0,617	384	214	507,02

UKUPNO: (KG)... 1040,1

IME I PREZIME: ANTE MILOVAC

1 : 100

# Plan armature ploče i pozicija 100- gornja zona



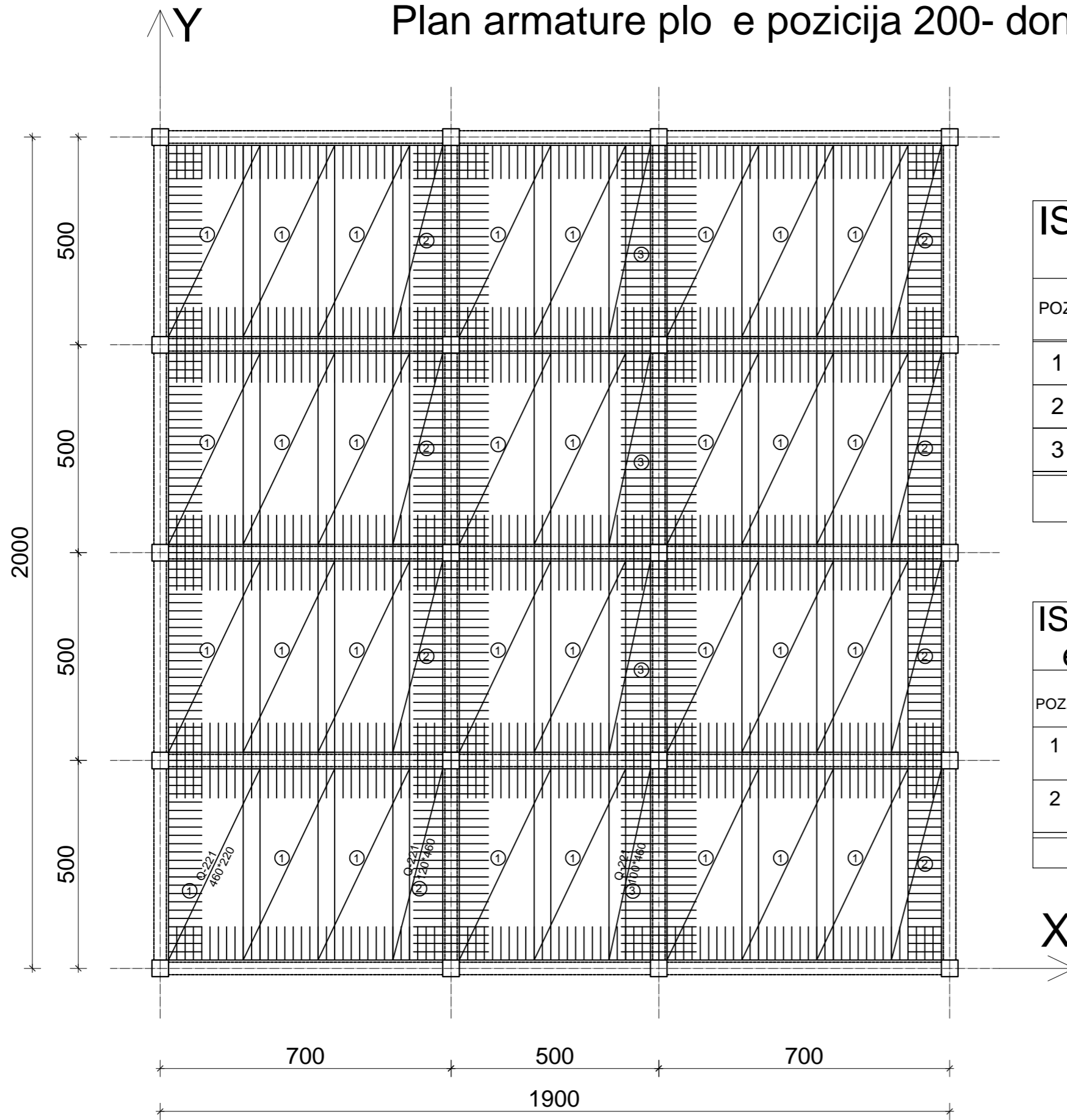
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE elik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-335		150x220	4	5,44	71,80
2	Q-335		200x220	6	5,44	143,61
3	R-335		220x220	15	3,41	247,57
4	R-335		220x70	6	3,41	31,51
5	R-335		220x140	3	3,41	31,51
6	R-335		110x220	12	3,41	99,03
7	R-335		140x220	4	3,41	42,01
8	R-335		220x80	4	3,41	24,01
9	R-335		100x190	28	3,41	181,41
UKUPNO: (KG)...					872,73	

IME I PREZIME: ANTE MILOVAC 1 : 100

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

# Plan armature plo e pozicija 200- donja zona



## ISKAZ MREŽASTE ARMATURE elik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m <sup>2</sup> )	UKUPNA MASA
1	Q-221		220x460	32	3,6	1165,82
2	Q-221		120x460	8	3,6	158,97
3	Q-221		100x460	14	3,6	231,84
UKUPNO: (KG)...						1556,63

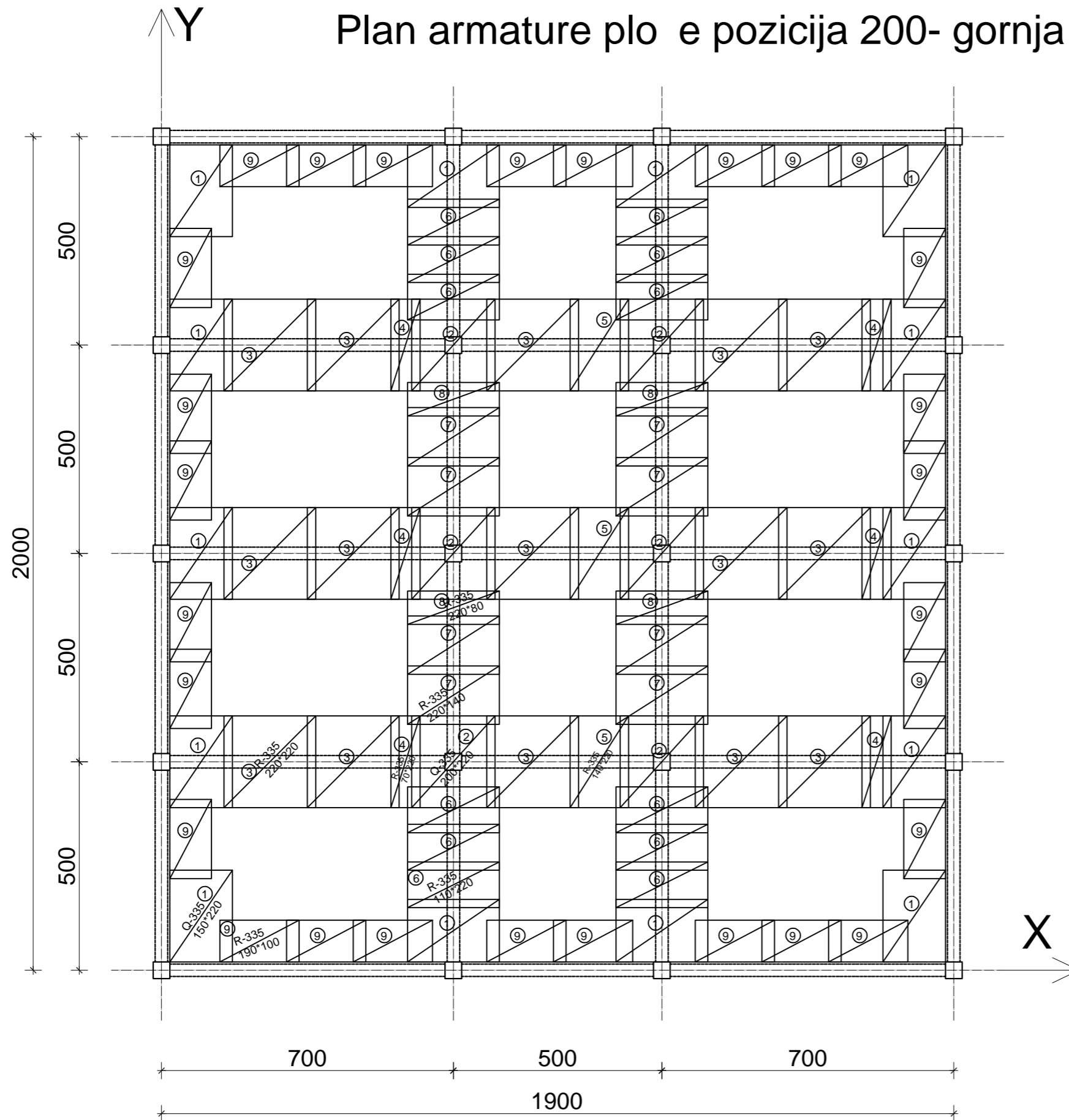
## ISKAZ REBRASTE ARMATURE elik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1		10	0,617	480	180	533,08
2		10	0,617	384	214	507,02
UKUPNO: (KG)...						1040,1

IME I PREZIME: ANTE MILOVAC

1 : 100

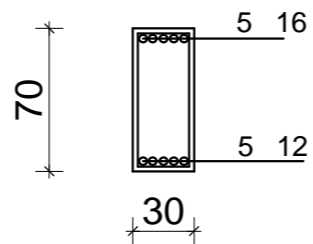
# Plan armature ploče i pozicija 200- gornja zona



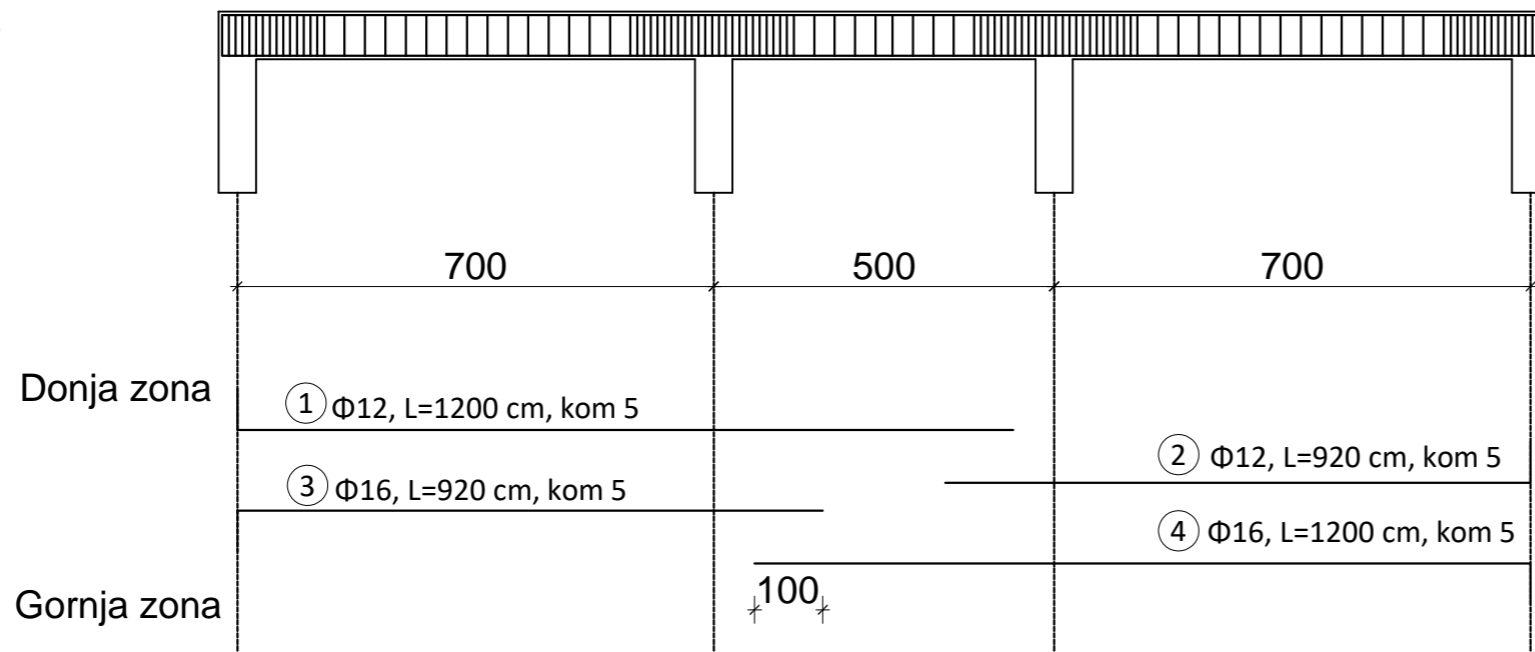
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE elik B500B						
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-335		150x220	4	5,44	71,80
2	Q-335		200x220	6	5,44	143,61
3	R-335		220x220	15	3,41	247,57
4	R-335		220x70	6	3,41	31,51
5	R-335		220x140	3	3,41	31,51
6	R-335		110x220	12	3,41	99,03
7	R-335		140x220	4	3,41	42,01
8	R-335		220x80	4	3,41	24,01
9	R-335		100x190	28	3,41	181,41
UKUPNO: (KG)...						872,73



# Plan armature greda

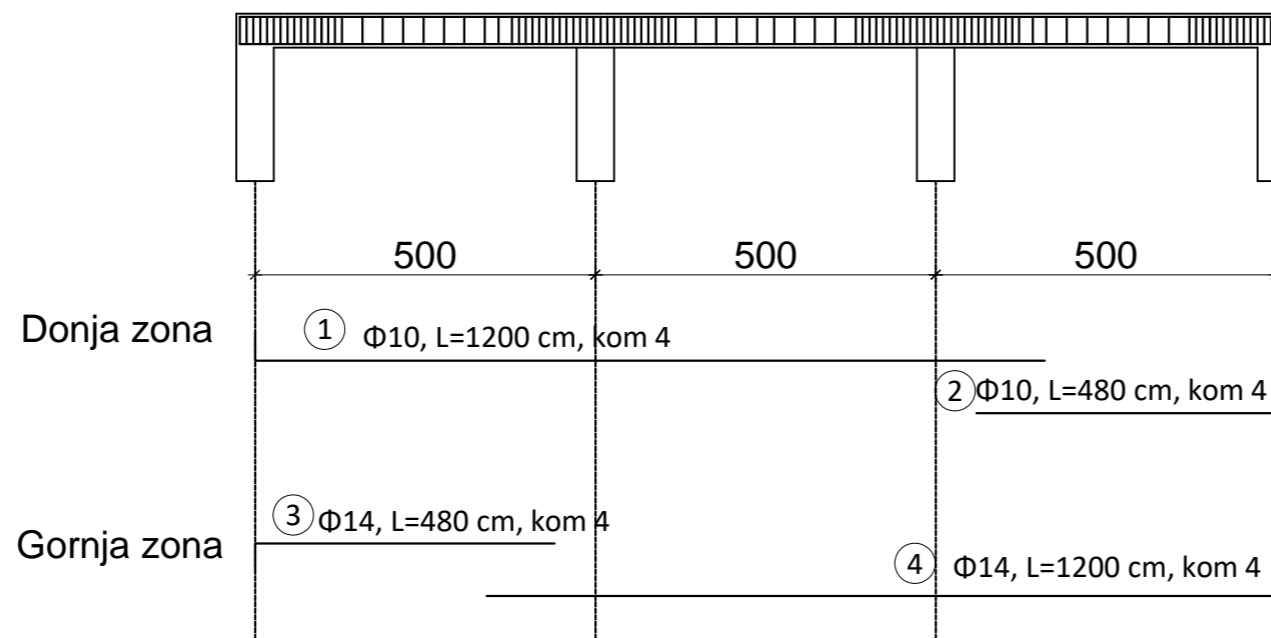
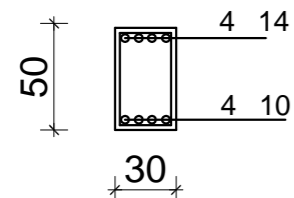


## X-smjer



POZ.	OBLIK I DIMENZIJE (cm)	PROFIL (mm)	DULJINA (m)	KOMADA	UKUPNA DULJINA	MASA (kg/m)	UKUPNA MASA
1.		$\Phi 12$	12,00	5	60	0,911	54,66
2.		$\Phi 12$	9,20	5	46	1,621	74,56
3.		$\Phi 16$	9,20	5	46	1,621	74,56
4.		$\Phi 16$	12,00	5	60	0,911	54,66
8.		$\Phi 10$	1,92	122	234,24	0,633	148,27
UKUPNA MASA = 406,71 kg							

## Y-smjer



POZ.	OBLIK I DIMENZIJE (cm)	PROFIL (mm)	DULJINA (m)	KOMADA	UKUPNA DULJINA	MASA (kg/m)	UKUPNA MASA
1.		$\Phi 10$	12,00	4	60	0,633	37,98
2.		$\Phi 10$	4,80	4	19,2	0,633	12,15
3.		$\Phi 14$	4,80	5	19,2	1,242	23,84
4.		$\Phi 14$	12,00	4	60	1,242	74,52
8.		$\Phi 10$	1,52	108	164,16	0,633	103,91
UKUPNA MASA = 252,4 kg							

IME I PREZIME: ANTE MILOVAC

1 : 100

# Tlocrt i presjek temelja

