

# Proračun ogledne armirano betonske zgrade s fert međukatnom konstrukcijom (EC2 i EC8)

---

**Bašić, Lorena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:022874>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-11**

*Repository / Repozitorij:*



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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **ZAVRŠNI RAD**

Lorena Bašić

**Split, 2021.**

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

Proračun ogledne armiranobetonske zgrade s fert  
međukatnom konstrukcijom ( EC2 i EC8)

**Završni rad**

**Split, 2021.**



## Proračun ogledne armiranobetonske zgrade s fert međukatnom konstrukcijom (EC2 i EC8)

### **Sažetak:**

Tema završnog rada je proračun okvirno armirano-betonske konstrukcije poslovne zgrade s fert međukatnom konstrukcijom. 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:**

Poslovna zgrada, fert međukatna konstrukcija, proračun

## Calculation of demonstration reinforcement building with fert mezzanine construction (EC2 i EC8)

### **Abstract:**

The theme of the final paper is the static calculation of frame reinforcement-concrete construction of office building with fert mezzanine construction. 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:**

Office building, fert mezzanine construction, calculation



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ**  
KANDIDAT: **Lorena Bašić**  
BROJ INDEKSA: **4886**  
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije 2**

#### ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: **Proračun ogleadne armiranobetonske zgrade s fert međukatnom konstrukcijom (EC2 i EC8)**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi proračun ogleadne AB zgrade s fert međukatnom konstrukcijom u Splitu. Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- plan kontrole i osiguranja kvalitete
- proračune
- građevinske nacрте

U Splitu, rujan 2021.

Voditelj završnog rada:

Prof. dr. sc. Nikola Grgić

## Sadržaj

1	TEHNIČKI OPIS .....	1
2	ANALIZA OPTEREĆENJA .....	5
2.1	POZ 100-MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA .....	5
2.1.1	Dodatno stalno opterećenje .....	5
2.1.2	Promjenjivo opterećenje.....	5
2.1.3	Vlastita težina .....	5
2.1.4	Ukupno računsko opterećenje.....	6
2.1.5	Prikaz opterećenja – dodatno stalno i promjenjivo opterećenje .....	6
2.2	POZ 200-KROVNA KONSTRUKCIJA .....	7
2.2.1	Dodatno stalno opterećenje .....	7
2.2.2	Promjenjivo opterećenje.....	7
2.2.3	Vlastita težina .....	7
2.2.4	Ukupno računsko opterećenje.....	8
2.2.5	Prikaz opterećenja – dodatno stalno i promjenjivo opterećenje .....	8
3	PRORAČUN FERT STROPA.....	9
3.1	DETALJI IZVEDBE FERT STROPA .....	13
4	PRORAČUN GREDA .....	14
4.1	Dimenzioniranje na moment savijanja u smjeru y .....	16
4.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu u smjeru y.....	17
4.3	Dimenzioniranje na moment savijanja za smjer x .....	20
4.4	Dimenzioniranje na poprečnu silu za smjer x .....	21
4.5	Dimenzioniranje na moment savijanja u smjeru y .....	25
4.6	Dimenzioniranje na poprečnu silu u smjeru y.....	26
4.7	Dimenzioniranje na moment savijanja za smjer x .....	29
4.8	Dimenzioniranje na poprečnu silu za smjer x .....	30
5	PRORAČUN KONSTRUKCIJE NA POTRESNO DJELOVANJE PREMA EC8-EN1998-1:2011 POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA “AUTODESK ROBOT” .....	33
5.1	Prikaz rezultata modalne analize .....	34
6	PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....	38
6.1	Stupovi.....	38
6.1.1	Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za stup 50x50 cm .....	38
6.1.2	Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za stup 70x30 cm .....	41
6.2	Dimenzioniranje stupa .....	43
6.3	Zidovi.....	45

6.3.1	Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za zidove .....	45
6.4	Dimenzioniranje zidova .....	47
7	LITERATURA .....	49

# 1 TEHNIČKI OPIS

Predmetna građevina je poslovne namjene. Sastoji se od prizemlja i 5 katova.

Konstruktivna visina svake etaže je 3m, osim prizemlja gdje je visina 4m, pa je ukupna visina građevine 19m. Smještena je u urbanom području u gradu Splitu (kategorija terena IV za djelovanje vjetra), na 300 metara AMSL (iznad srednje razine mora). Krov nije otvorenog tipa.

Tlocrtne dimenzije su 30,25x14,25m, tlocrtna površina je 431m<sup>2</sup>, visina je h=25m.

Pretpostavljen je uporabni vijek građevine od 50 godina. Otvori u tlocrtu predstavljaju dizalo i stubište. Konstrukcija se prvenstveno sastoji od betonskih stupova. Unutrašnji stupovi su dimenzija 50x50cm, rubni stupovi su dimenzija 85x30cm, vanjski stupovi u dužem smjeru građevine su dimenzija 70x30cm, a u kraćem smjeru 200x30cm.

Međukatna i krovna konstrukcija je izvedena od polumontažnog sustava – fert gredice koje su u našem slučaju udvojene. Osni razmak između gredica je ≈51cm, a njihova širina je 11.5cm.

Vlastita težina elemenata nosive konstrukcije i sav stalni teret proračunati su prema važećim propisima kao jednoliko raspodijeljeno opterećenje u kN/m<sup>2</sup>.

Stalno opterećenje predmetne građevine je 3 kN/m<sup>2</sup> za međukatnu i krovnu konstrukciju.

Promjenjivo opterećenje predmetne građevine je 2 kN/m<sup>2</sup> za međukatnu konstrukciju, a za krovnu konstrukciju 1,7 kN/m<sup>2</sup>.

Vlastita težina predmetne građevine je 2 kN/m<sup>2</sup>.

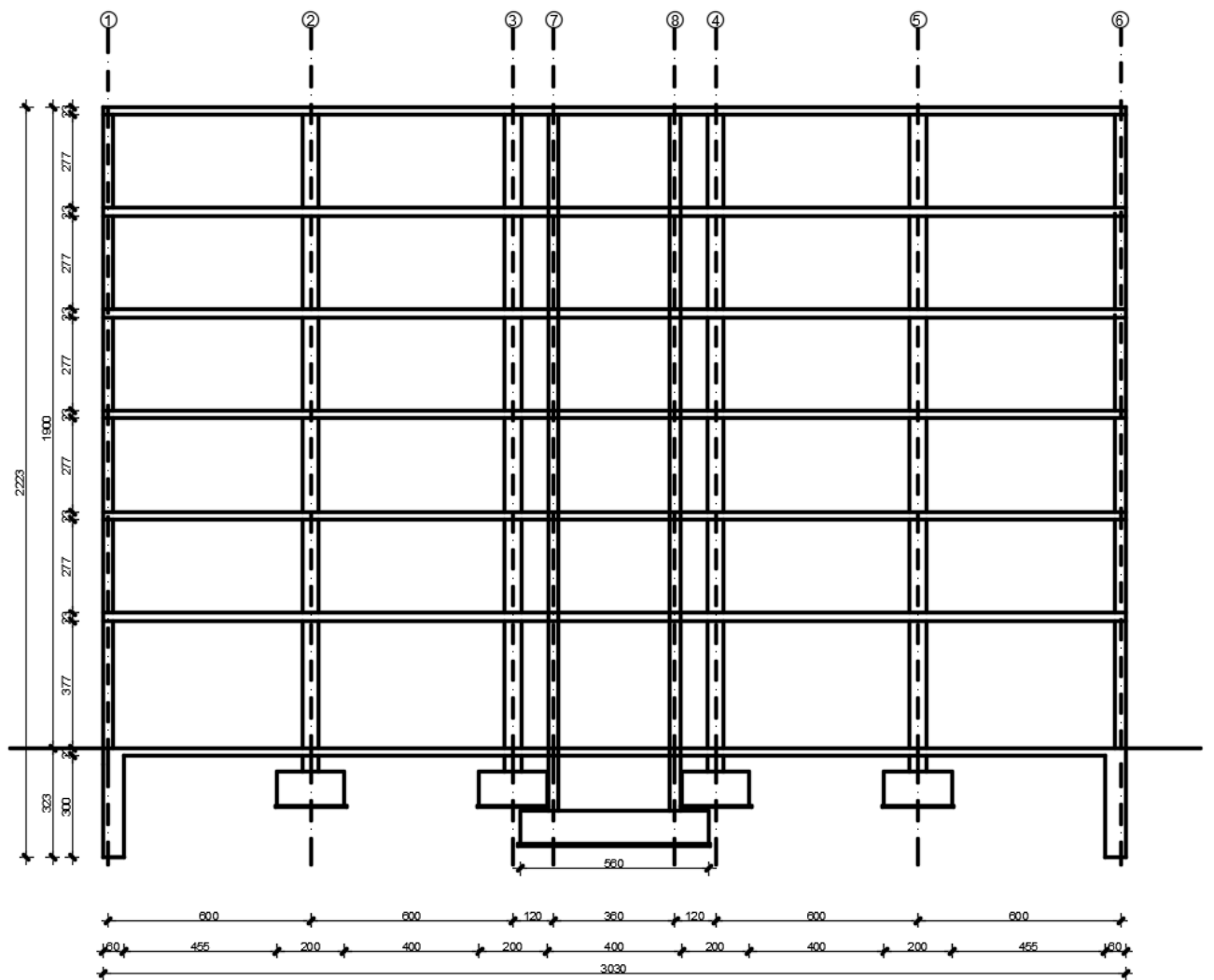
Građevina se nalazi na lokaciji koja prema važećim propisima pripada potresnoj zoni, u kojoj se za povratni period od 475 godina pri potresu očekuje proračunsko ubrzanje temeljnog tla od  $a_g=0.22$  g. Proračun seizmičkih sila izvršen je prema važećim seizmičkim propisima. Konstrukcija preuzima seizmičke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

Za armiranobetonsku nosivu konstrukciju odabran je beton C 30/37 i čelik za armiranje B 500B. Svi računalni proračuni i modeli su izvršeni pomoću programa Robot. Svi ostali podaci i detalji su dani kroz projektna rješenja.

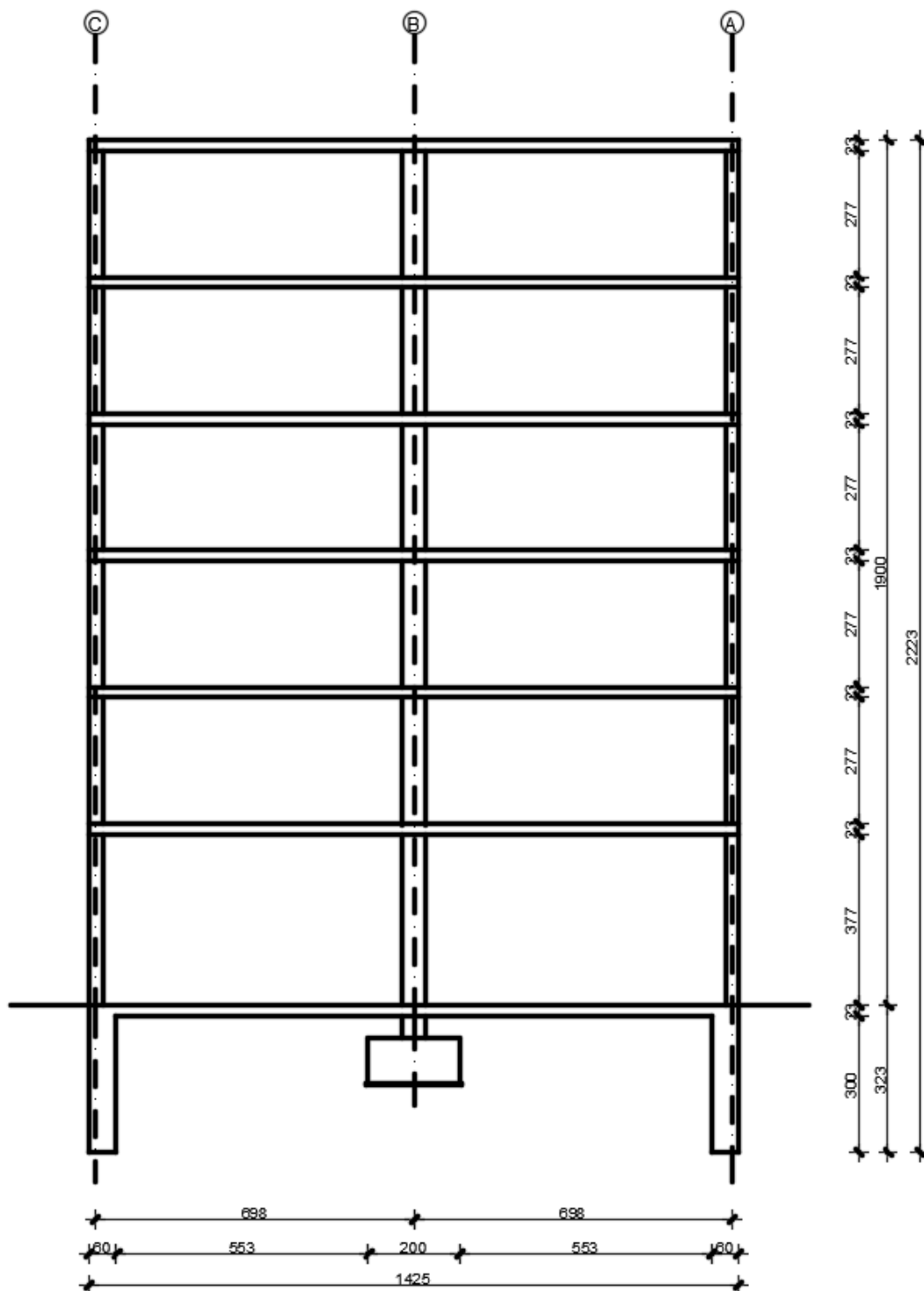
Ovaj rad je izrađen uz korištenje literature [1-7]







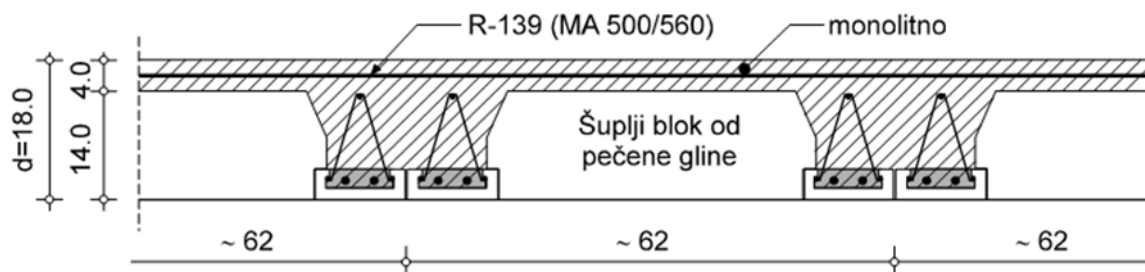
*Slika 1.2 Presjek A-A*



Slika 1.3 Presjek B-B

## 2 ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1 POZ 100-MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA



Slika 2.1 prikaz fert gredica

#### 2.1.1 Dodatno stalno opterećenje

Tablica 2.1 Slojevi fert međukatne konstrukcije sa debljinama i jediničnim težinama

	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d x $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Ker. Pločice			0,3
Estrih	0,04	25	1,0
PE folija	0,015	6,5	0,10
Toplinska izolacija	0,045	5,0	0,23
Polumontažna međukatna konst. Tipa Fert	0,22	6,0	1,32
Završna obrada podgleda			0,10
UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE - g <sub>100</sub>			3

#### 2.1.2 Promjenjivo opterećenje

Za promjenjivo opterećenje se uzima opterećenje stanovnika.

$$q_{100}=2 \text{ kN/m}^2$$

#### 2.1.3 Vlastita težina

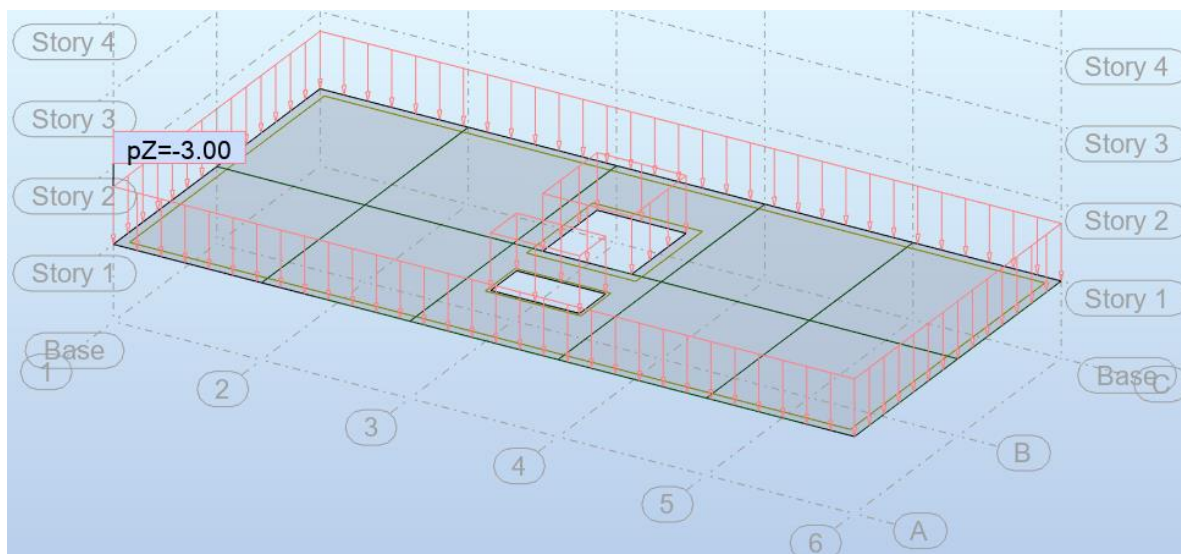
Vlastita težina je svih konstruktivnih elemenata je automatski uključena kroz računalni program za proračun i modeliranje Autodesk Robot Analysis Professional.

$$g_{S1}=2,8 \text{ kN/m}^2$$

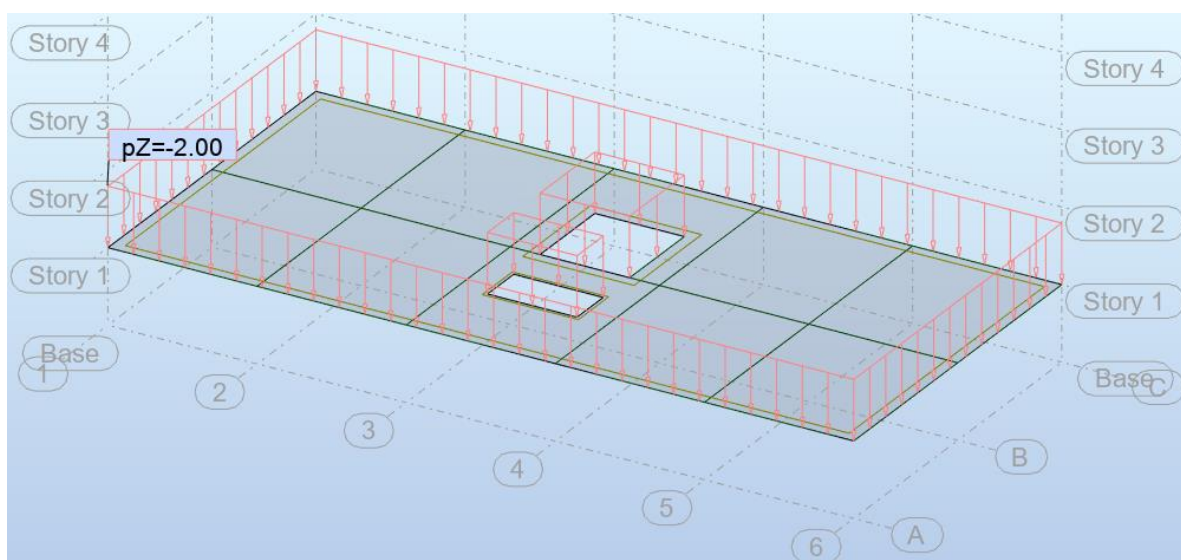
## 2.1.4 Ukupno računsko opterećenje

$$e_{d100}=1,35* g_{100}+1,35* g_{S2}+1,5* q_{100}=1,35*3+1,35*2,8+1,5*2=10,83 \text{ kN/m}^2$$

## 2.1.5 Prikaz opterećenja – dodatno stalno i promjenjivo opterećenje

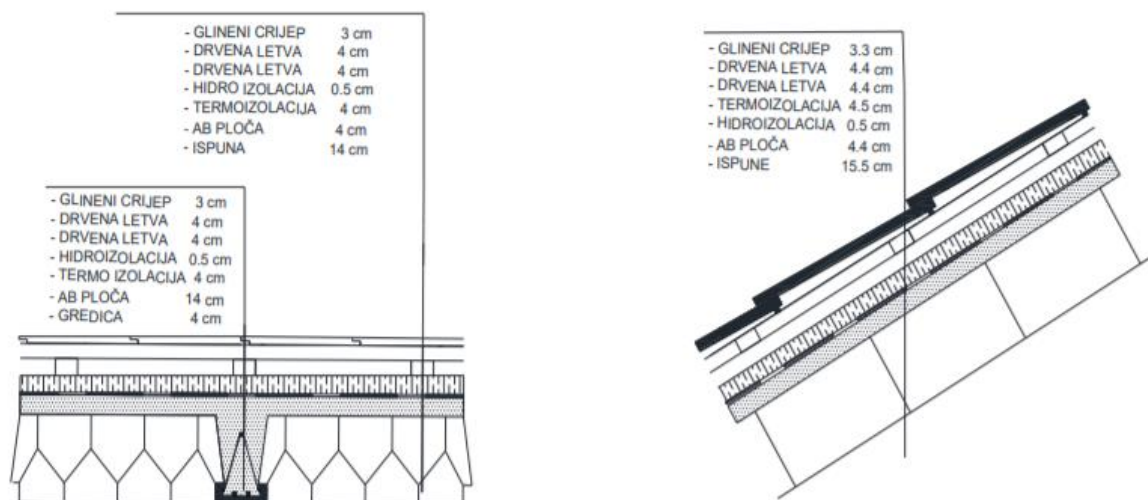


Slika 2.2 Dodatno stalno opterećenje



Slika 2.3 Promjenjivo opterećenje

## 2.2 POZ 200-KROVNA KONSTRUKCIJA



Slika 2.4 Presjek krovne ploče – prikaz slojeva

### 2.2.1 Dodatno stalno opterećenje

Tablica 2.2 Slojevi krovne ploče sa debljinama i jediničnim težinama

	d(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d x $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Glineni crijep + drvene letve			0,6
Termoizolacija	0,045	5,0	0,23
Hidroizolacija	0,0055	20,0	0,11
FERT ploča (strop)	0,1986	11,1	2,2
UKUPNO DODATNO STALNO OPTEREĆENJE – $g_{200}$			3

### 2.2.2 Promjenjivo opterećenje

Za promjenjivo opterećenje se uzima opterećenje snijegom.

$$q_{200}=1,7 \text{ kN/m}^2$$

### 2.2.3 Vlastita težina

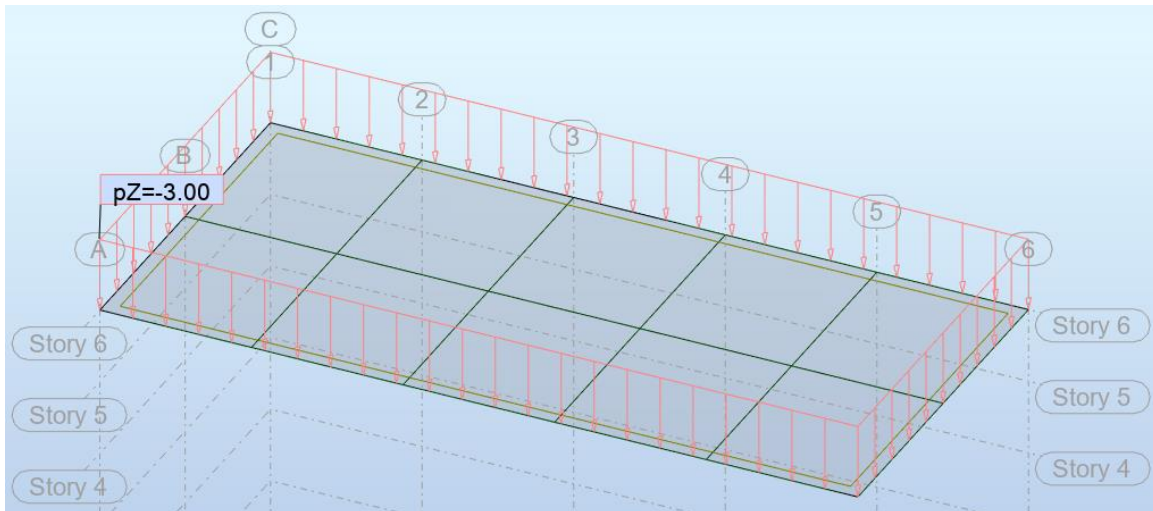
Vlastita težina je svih konstruktivnih elemenata je automatski uključena kroz računalni program za proračun i modeliranje Autodesk Robot Analysis Professional.

$$g_{S2}=2,8 \text{ kN/m}^2$$

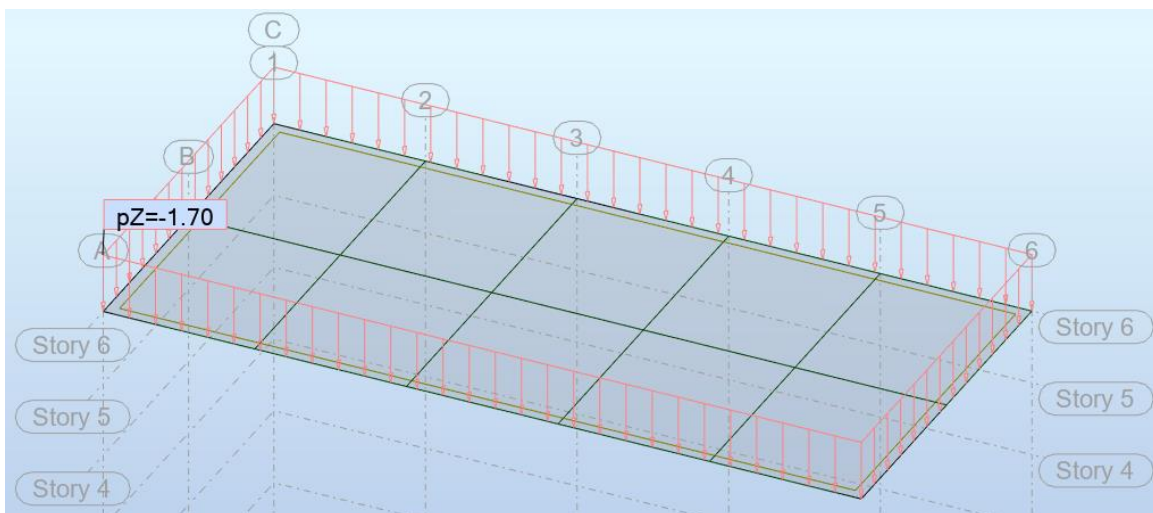
## 2.2.4 Ukupno računsko opterećenje

$$e_{d200} = 135 * g_{200} + 1,35 * g_{s2} + 1,5 * q_{200} = 1,35 * 3 + 1,35 * 2,8 + 1,5 * 1,7 = 10,38 \text{ kN/m}^2$$

## 2.2.5 Prikaz opterećenja – dodatno stalno i promjenjivo opterećenje

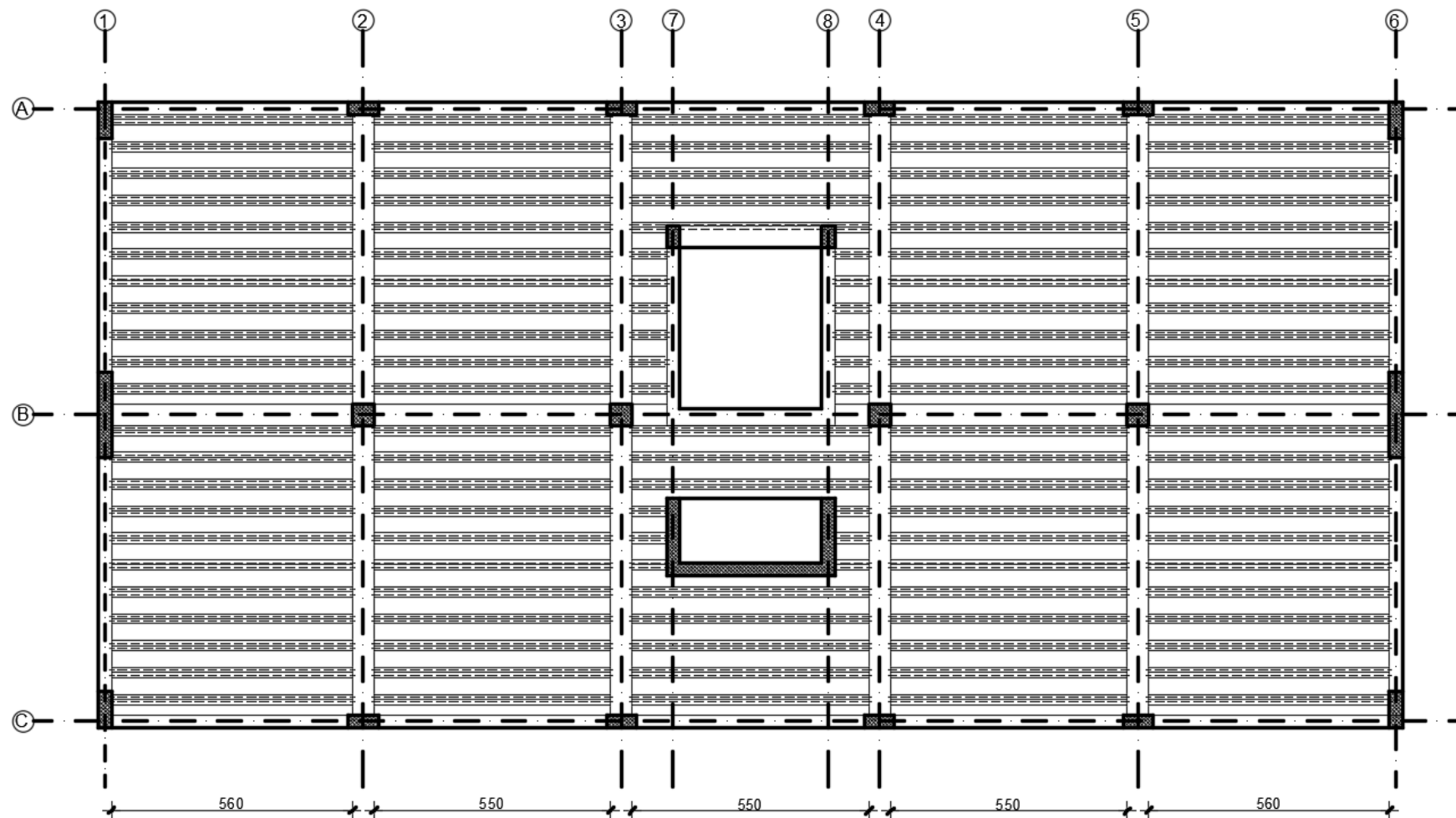


Slika 2.5 Dodatno stalno opterećenje



Slika 2.6 Promjenjivo opterećenje

### 3 PRORAČUN FERT STROPA



Slika 3.1 Način postavljanja fert gredica



- Poz100 – međukatna konstrukcija -  $e_{d100}/1,60=10,83/1,60=6,77 \text{ kN/m}^2$
- Poz200 – krovna konstrukcija -  $e_{d200}/1,60=10,38/1,60=6,49 \text{ kN/m}^2$
- Usvojene su udvojene gredice S2 čija je nosivost za oko 60% veća od jedne gredice S1 sa nosivošću od  $6,79 \text{ kN/m}^2$

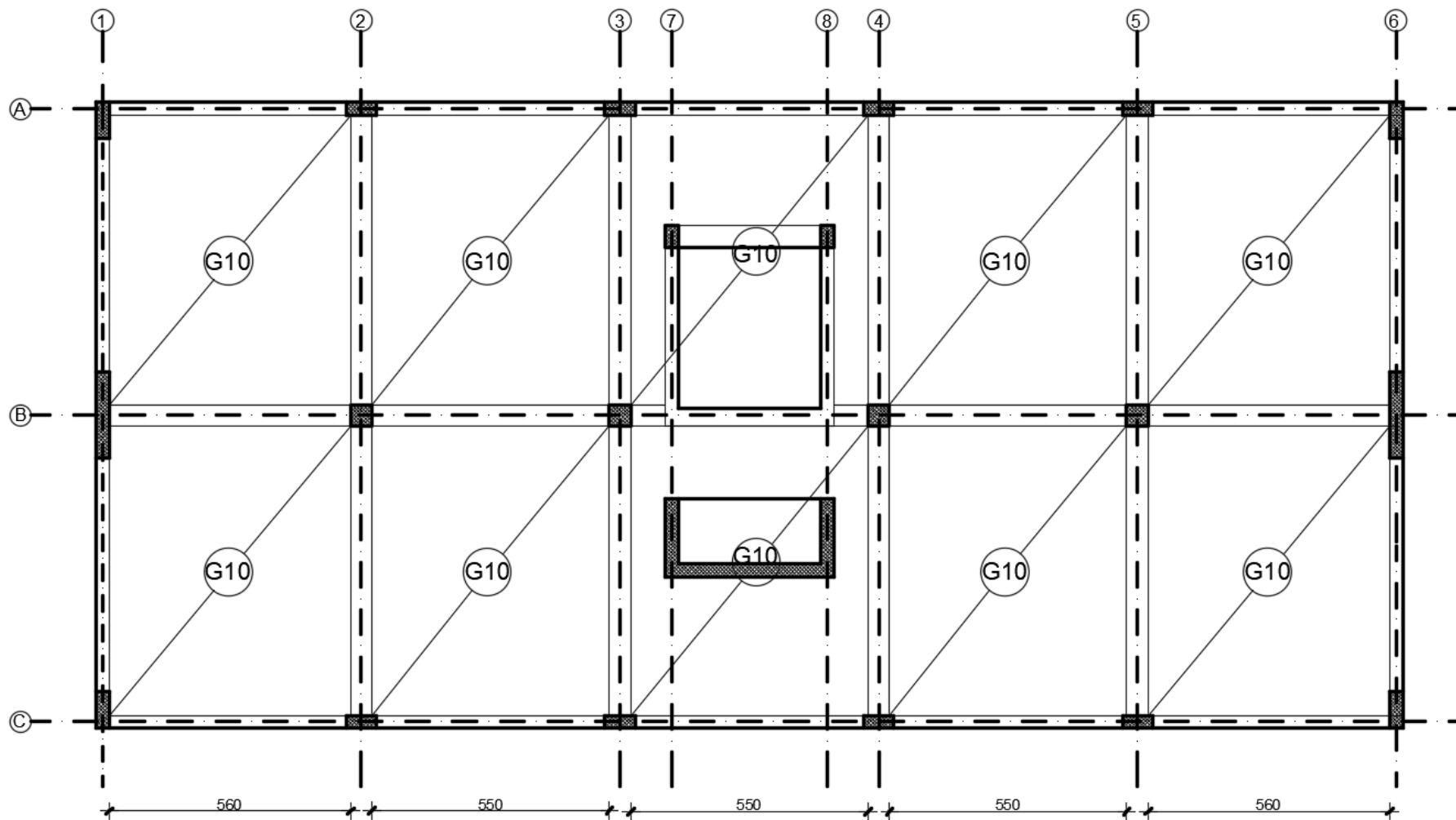
Tablica 3.1 Odabir tipa gredice

tip stropa	tip gredice	q... (kN/m <sup>2</sup> ) - ukupno eksploatacijsko opterećenje (s vlastitom masom stropa) koje konstrukcija može nositi																				
		Lo... (m) - svjetli raspon između zidova (greda)																				
		2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0
S1	G1	11.60	9.75	8.31	7.16	5.84	5.48	4.86	4.33	3.89												
	G2		15.00	12.78	11.02	9.60	8.44	7.47	6.67	5.98	5.40	4.90	4.46	4.08								
	G3						9.88	8.75	7.81	7.01	6.33	5.74	5.23	4.78	4.39							
	G4							10.46	9.33	8.37	7.56	6.85	6.22	5.69	5.22	4.81	4.45					
	G5									8.96	8.09	7.34	6.69	6.12	5.62	5.18	4.79	4.44				
	G6										9.09	8.24	7.51	6.87	6.31	5.82	5.38	4.99	4.64			
	G7											9.34	8.51	7.78	7.15	6.59	6.09	5.65	5.25	4.90	4.58	
	G8													8.69	7.98	7.36	6.80	6.31	5.86	5.47	5.11	4.78
	G9														8.97	8.27	7.64	7.09	6.59	6.15	5.74	5.38
	G10															8.45	7.84	7.28	6.79	6.35	5.95	
S2	Nosivost konstrukcije S2 je za oko 60% veća od S1 (na istom rasponu)																					
Vlastita težina stropa S1 (gredice, blokovi, beton) iznosi oko 2.8 kN/m <sup>2</sup> , a stropa S2 oko 3.2 kN/m <sup>2</sup>																						

Tablica 3.2 Odabir armature

visina stropa d (cm)	vrsta stropa	tip FERT gredice	svjetli otvor Lo (cm)	duljina gredice L=Lo+30 cm (cm)	armatura čeličnog nosača Č 500/560	dopunska armatura nosača RA 400/500	ukupna armatura (svedeno na RA 400/500) (cm <sup>2</sup> /m)	$\epsilon_g/\epsilon_o$ (‰)	granični moment nosivosti presjeka Mu (kNm/m)	radni moment nosivosti presjeka Mn (kNm/m)
14+4=18 cm	S1	G1	do 280	do 310	2Ø7	/	1.92	0.8/10	11.59	7.02
		G2	300, 320 340, 360	330, 350 370, 390	2Ø7	Ø8	2.97	0.1/10	17.82	10.80
		G3	380.00	410.00	2Ø7	Ø10	3.49	1.1/10	20.88	12.65
		G4	400, 420	430, 450	2Ø7	Ø12	4.18	1.2/10	24.93	15.11
		G5	440.00	470.00	2Ø7	2Ø10	4.49	1.3/10	26.70	16.18
		G6	460.00	490.00	2Ø7	Ø8, Ø10	5.06	1.4/10	29.99	18.18
		G7	480, 500	510, 530	2Ø7	Ø10, Ø12	5.75	1.5/10	33.97	20.59
		G8	520.00	550.00	2Ø7	2Ø12	6.44	1.6/10	37.93	22.99
		G9	540, 560	570, 590	2Ø7	Ø12, Ø14	7.26	1.7/10	42.63	25.84
		G10	580, 600	610, 630	2Ø7	2Ø14	8.08	1.9/10	47.14	28.57
	S2	nosivost stropa S2 u odnosu na S1 veća je za oko 60 %								
16+4=20 cm	nosivost stropa visine d=20 cm u odnosu na d=18 cm, veća je za oko 10 %									

→ ukupna armatura po gredici: **2Ø7+2Ø14 (A<sub>a</sub>=8,08 cm<sup>2</sup>/m)** tj. odabrane su gredice **G10**



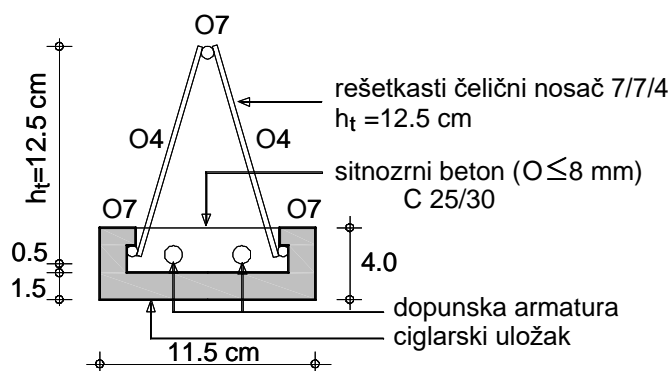
Slika 3.2 Raspored gredica – G10

*Tablica 3.1 Prikaz karakteristika odabranog tipa gredice*

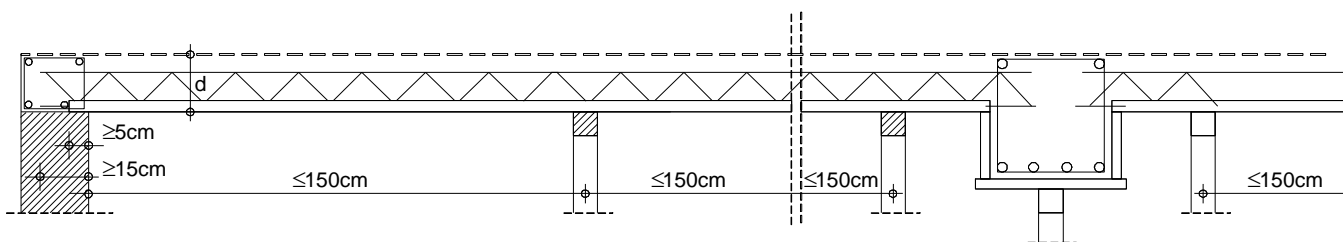
TIP FERT GREDICE	SVIJETLI OTVOR (cm)	DULJINA GREDICE (cm)	ARMATURA ČELIČNOG NOSAČA	DOPUNSKA ARMATURA NOSAČA	UKUPNA ARMATURA (cm <sup>2</sup> /m)	BROJ KOMADA
G10	560	590	2Ø7	2Ø14	8,08	220

### 3.1 DETALJI IZVEDBE FERT STROPA

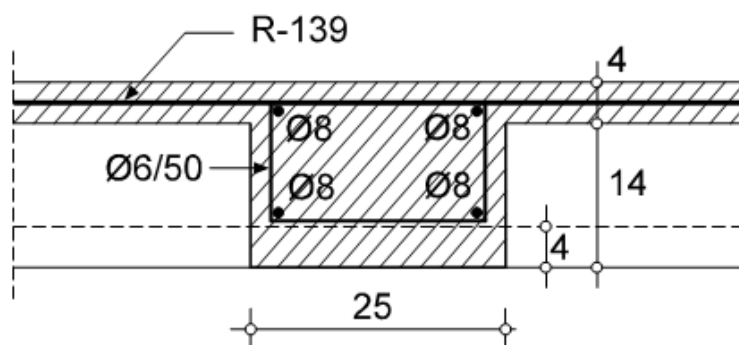
Armaturu usvojiti u svemu prema ovom proračunu i tablicama proizvođača Fert gredica.



Slika 3.3 Prikaz dodatne izračunate armature



Slika 3.4 Prikaz kako se vrši podupiranje



Slika 3.5 Prikaz rebra za ukrutu

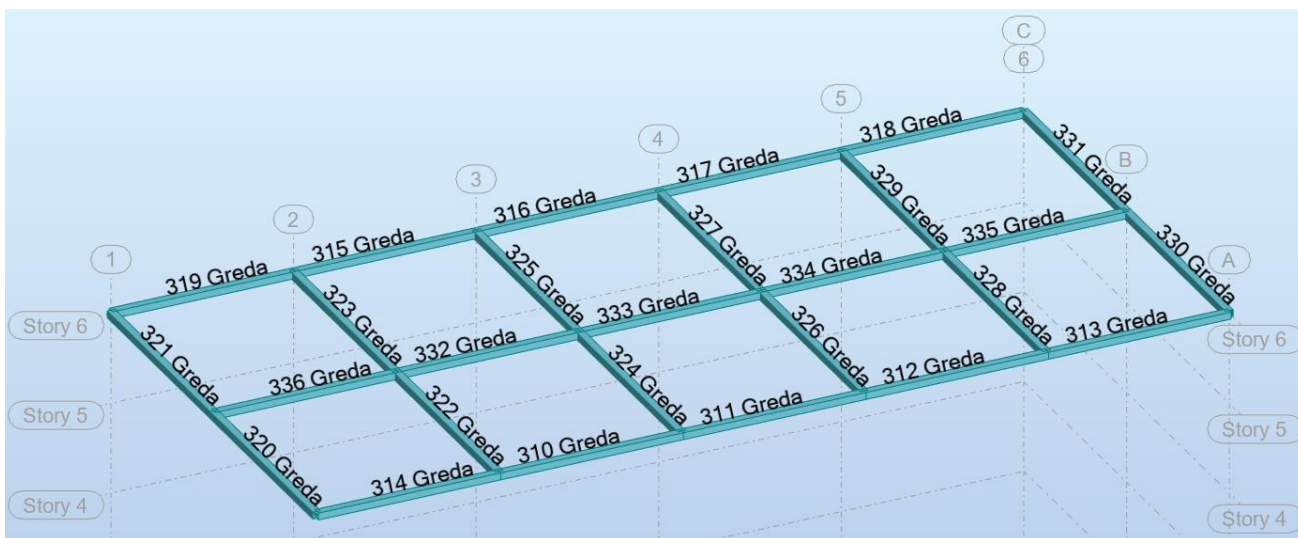
NAPOMENA:

Fert stropu pri izvedbi dati nadvišenje od 1/350 raspona, tj.

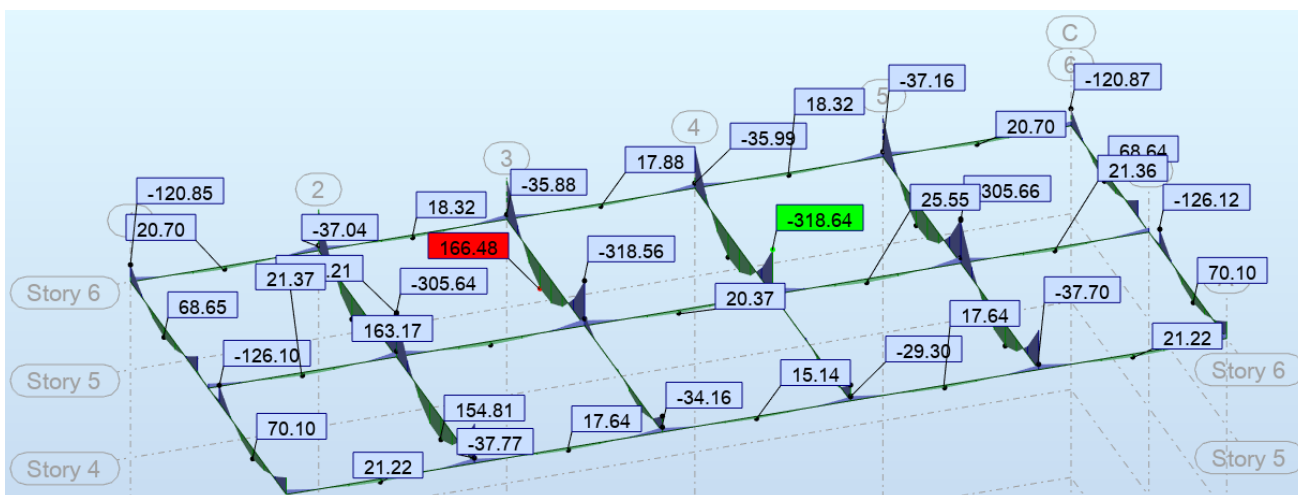
$$\text{gredice G10} \rightarrow f_{poc} = \frac{1}{350} \cdot l = \frac{1}{350} \cdot 560 \approx 1,6 \text{ cm}$$

## 4 PRORAČUN GREDA

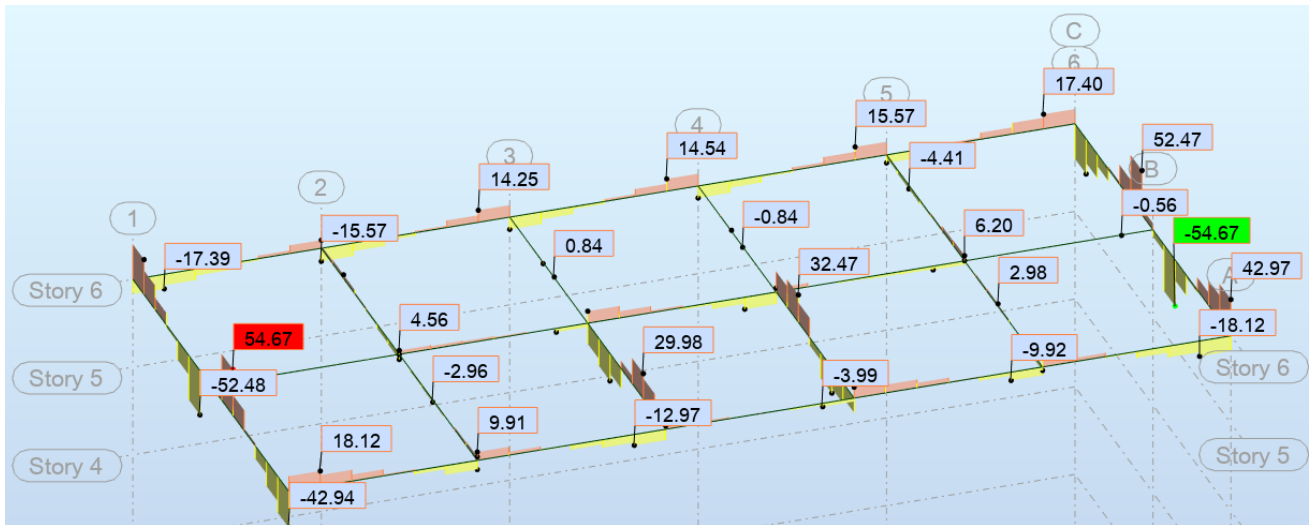
Grede su u modelu modelirane kao 1D štapni elementi. Grede su poprečnog presjeka 25/50 cm različitih duljina. AB grede su napravljene od betona klase C30/37 i armirane armaturom B500B. Zaštitni sloj betona od armature iznosi 5 cm. Proračun greda na savijanje i poprečnu silu je prikazan samo za grede koje gdje se pojavljuju maksimalni momenti u smjeru x i smjeru y. Gledamo za kombinaciju:  $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$



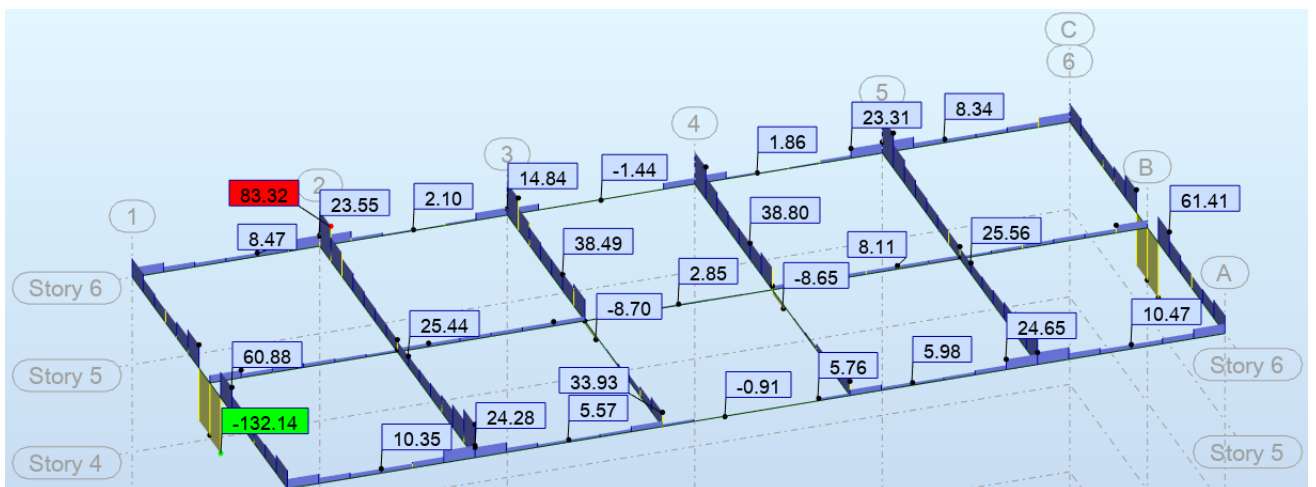
Slika 4.1 Prikaz greda pozicije 200



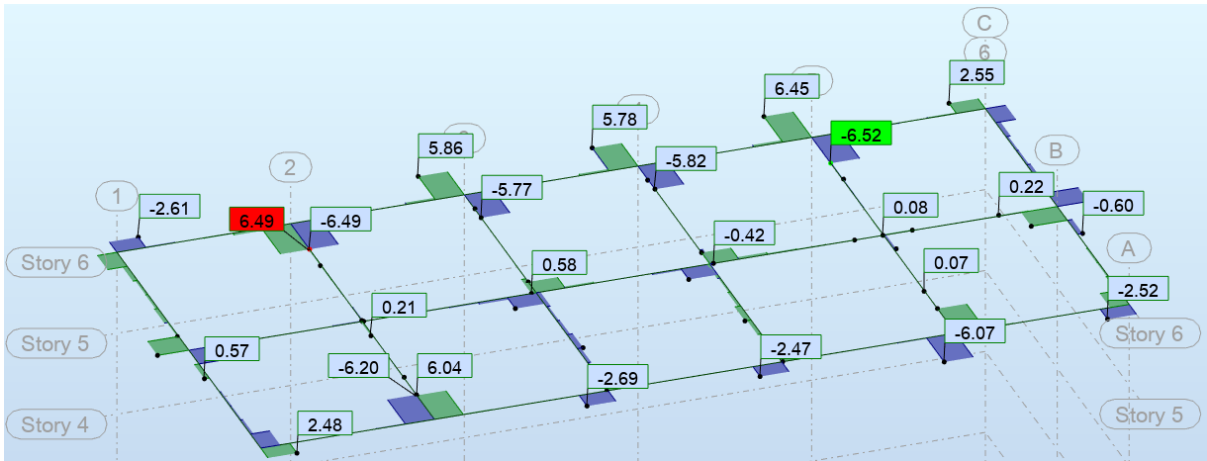
Slika 4.2 Prikaz momenata savijanja  $M_y$  ( $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$ )



Slika 4.3 Prikaz momenata savijanja  $M_x$  ( $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$ )



Slika 4.4 Prikaz poprečnih sila  $F_x$  ( $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$ )



Slika 4.5 Prikaz poprečnih sila  $F_y (1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q)$

#### 4.1 Dimenzioniranje na moment savijanja u smjeru y

Beton: C30/37

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

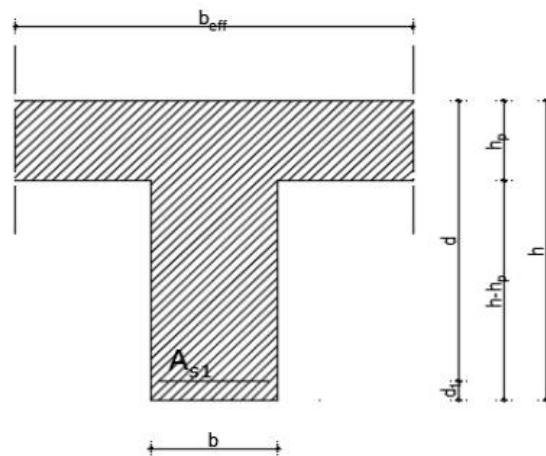
Armatura: B500B

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

Utjecajna širina:

$$b_{eff} = b_w + \frac{0,85 \cdot L}{5} = 25 + \frac{0,85 \cdot 712}{5} = 146,04 \text{ cm}$$

Polje:



Slika 4.6 Prikaz grede 25x50 cm

$$M_{Ed} = 166,48 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{166,48 \cdot 100}{146,04 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,028$$

$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,0\text{‰}; \zeta = 0,968$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{166,48 \cdot 100}{0,968 \cdot 45 \cdot 43,48} = 8,79 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 6Ø14 (9,24 cm<sup>2</sup>)

**Ležaj:**

$$M_{Ed} = 318,64 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{318,64 \cdot 100}{146,04 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,054$$

$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 1,4\text{‰}; \zeta = 0,956$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{318,64 \cdot 100}{0,956 \cdot 45 \cdot 43,48} = 17,03 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 6Ø20 (18,85 cm<sup>2</sup>)

#### 4.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu u smjeru y

Beton: C30/37

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

Armatura: B500B

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

Računska poprečna sila:

$$V_{Ed, \max} = 6,49 \text{ kN}$$

b<sub>w</sub>=25,0 cm

d=45 cm



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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_{sl}}{A_c} = \frac{28,09}{25 \cdot 50} = 0,0225 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\Sigma A_{sl} = 9,24 (6\Phi 14) + 18,85 (6\Phi 20) = 28,09 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rdc} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \cdot 450 = 88260,69 \text{ N}$$

$$V_{Rdc} = 88,26 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,413 \cdot 250 \cdot 450 = 46462,5 \text{ N} = 46,46 \text{ kN}$$

$$88,26 \text{ kN} > 46,46 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

**Maksimalna poprečna sila (poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):**

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 450 \cdot 20,0 = 594000 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 594,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 6,49 \text{ kN}$$

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

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{6,49}{594,0} \approx 0,011 \rightarrow V_{Ed} = 0,011 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(33,75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

**Potreban razmak spona:**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00100 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,38 \text{ cm}^2$$

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

**Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/30 \text{ cm}$ :**

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

*$z \approx 0,9 \cdot d$  (krak unutrašnjih sila)*

*$\theta = 45^\circ$  (kut nagiba tlačnih dijagonala)*

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 58,70 \text{ kN}$$

*$58,70 > 6,49 \text{ kN}$  (dovoljna je nosivost minimalne poprečne armature)*

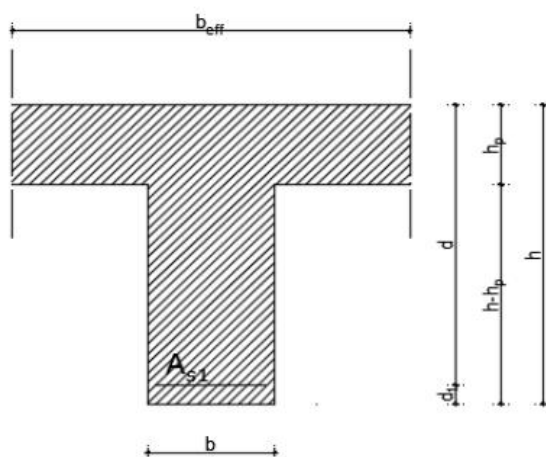
### 4.3 Dimenzioniranje na moment savijanja za smjer x

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

Armatura: B500B  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

Utjecajna širina:  $b_{eff} = b_w + \frac{0,85 \cdot L}{5} = 25 + \frac{0,85 \cdot 600}{5} = 127 \text{ cm}$

Polje:



Slika 4.6 Prikaz grede 25x50 cm

$$M_{Ed} = 54,67 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{54,67 \cdot 100}{127 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,011$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,6\text{‰}$ ;  $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{54,67 \cdot 100}{0,981 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,85 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 4Ø10 (3,14 cm<sup>2</sup>)

**Ležaj:**

$$M_{Ed} = 42,97 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{42,97 \cdot 100}{127 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,008$$

$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0,5\text{‰}; \zeta = 0,984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{42,97 \cdot 100}{0,984 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,23 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 4Ø10 (3,14 cm<sup>2</sup>)

#### 4.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu za smjer x

Beton: C30/37

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

Armatura: B500B

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

Računska poprečna sila:

$$V_{Ed, \max} = 83,32 \text{ kN}$$

b<sub>w</sub>=25,0 cm

d=45 cm

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{6,28}{25 \cdot 50} = 0,005 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 3,14 (4\Phi 10) + 3,14 (4\Phi 10) = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rdc} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \cdot 450 = 55600,75 \text{ N}$$

$$V_{Rdc} = 55,60 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,413 \cdot 250 \cdot 450 = 46462,5 \text{ N} = 46,46 \text{ kN}$$

$$55,60 \text{ kN} > 46,46 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

**Maksimalna poprečna sila (poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):**

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 450 \cdot 20,0 = 594000 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 594,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 55,60 \text{ kN}$$

**Maksimalni razmak spona ( $S_w, \max$ ):**

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{55,60}{594,0} \approx 0,093 \rightarrow V_{Ed} = 0,093 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(33,75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

**Potreban razmak spona:**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00100 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,38 \text{ cm}^2$$

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

**Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spona Ø8/30 cm:**

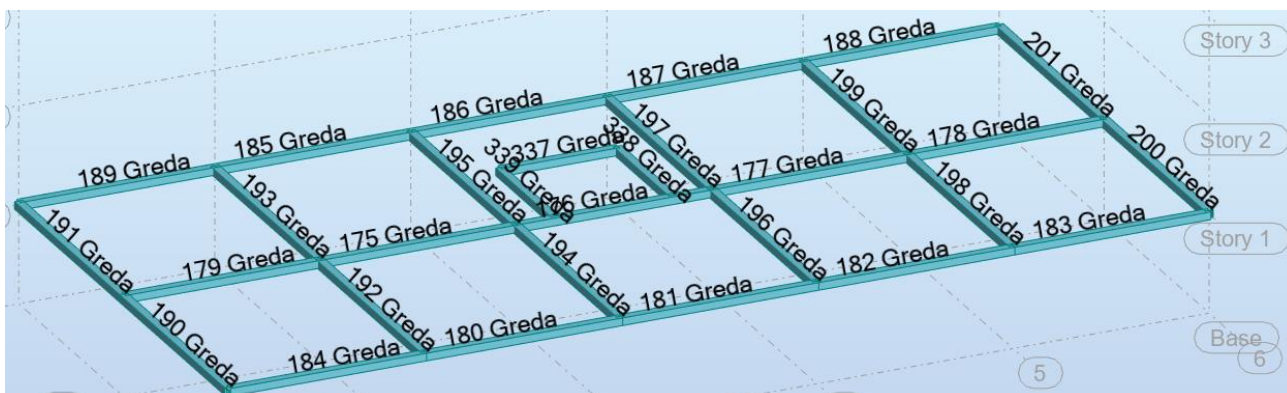
$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

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

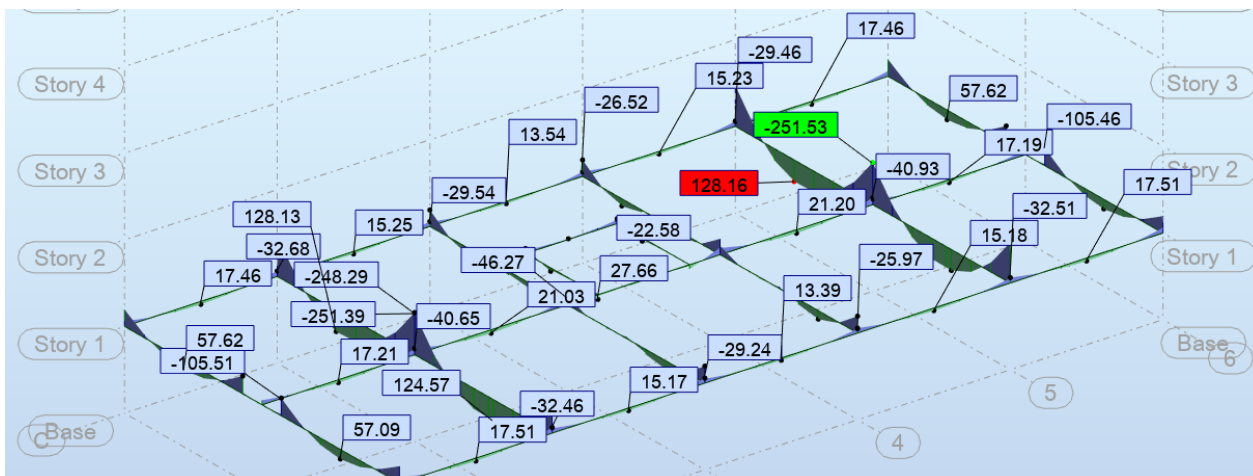
$\theta = 45^\circ$  (kut nagiba tlačnih dijagonala)

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 58,70 \text{ kN}$$

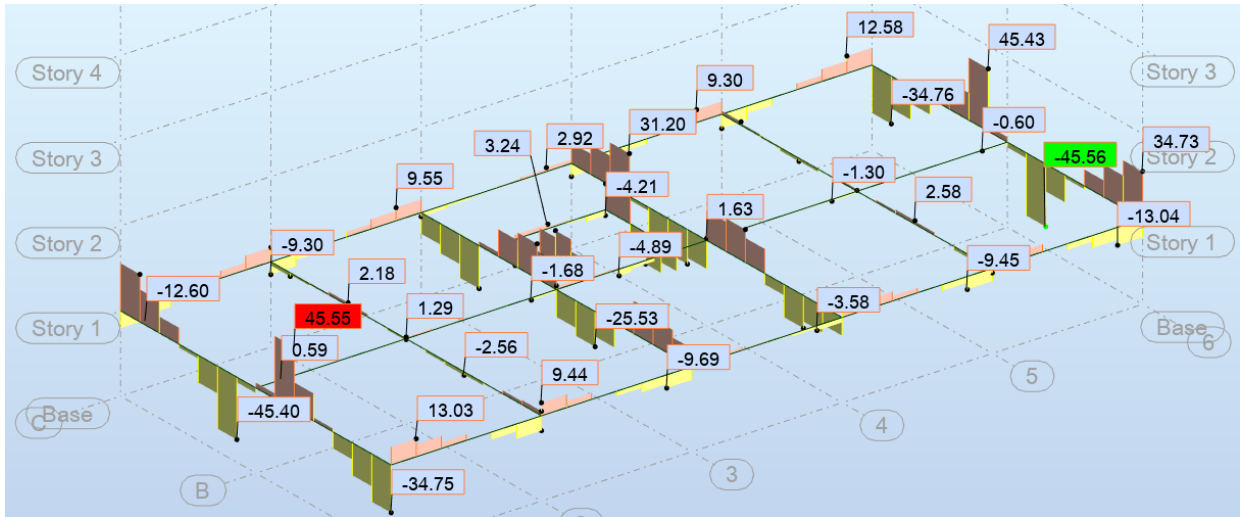
$55,60 > 55,47 \text{ kN}$  (dovoljna je nosivost minimalne poprečne armature)



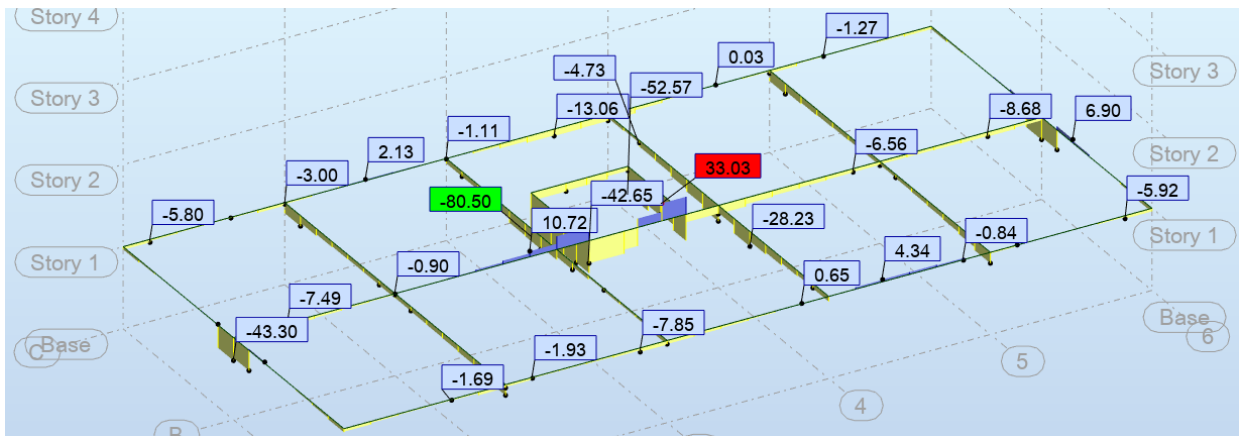
Slika 4.7 Prikaz greda pozicije 100



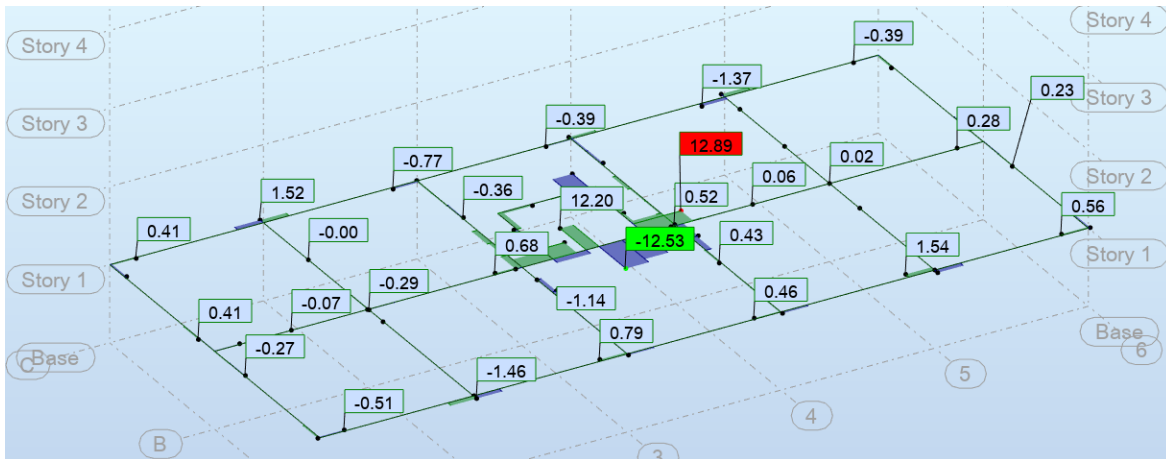
Slika 4.8 Prikaz momenata savijanja  $M_y$  ( $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$ )



Slika 4.9 Prikaz momenata savijanja  $M_x (1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q)$



Slika 4.10 Prikaz poprečnih sila  $F_x (1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q)$



Slika 4.11 Prikaz poprečnih sila  $F_y$  ( $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$ )

#### 4.5 Dimenzioniranje na moment savijanja u smjeru y

Beton: C30/37

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

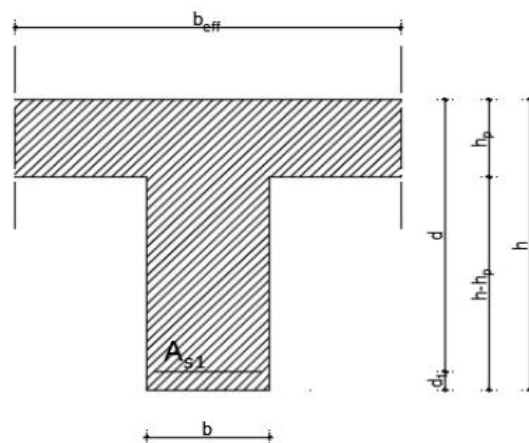
Armatura: B500B

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

Utjecajna širina:

$$b_{eff} = b_w + \frac{0,85 \cdot L}{5} = 25 + \frac{0,85 \cdot 712}{5} = 146,04 \text{ cm}$$

Polje:



Slika 4.6 Prikaz grede 25x50 cm



$$M_{Ed} = 128,16 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{128,16 \cdot 100}{146,04 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,022$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{128,16 \cdot 100}{0,971 \cdot 45 \cdot 43,48} = 6,75 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 6Ø12 (6,79 cm<sup>2</sup>)

**Ležaj:**

$$M_{Ed} = 251,53 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{251,53 \cdot 100}{146,04 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,043$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{251,53 \cdot 100}{0,959 \cdot 45 \cdot 43,48} = 13,41 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 6Ø18 (15,27 cm<sup>2</sup>)

#### 4.6 Dimenzioniranje na poprečnu silu u smjeru y

Beton: C30/37

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

Armatura: B500B

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

Računska poprečna sila:

$$V_{Ed, \max} = 12,89 \text{ kN}$$

b<sub>w</sub>=25,0 cm

d=45 cm

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_{sl}}{A_c} = \frac{22,06}{25 \cdot 50} = 0,0177 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\Sigma A_{sl} = 6,79 (6\Phi 12) + 15,27 (6\Phi 18) = 22,06 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rdc} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,0177 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \cdot 450 = 84738,69 \text{ N}$$

$$V_{Rdc} = 84,74 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,413 \cdot 250 \cdot 450 = 46462,5 \text{ N} = 46,46 \text{ kN}$$

$$84,74 \text{ kN} > 46,46 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

**Maksimalna poprečna sila (poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):**

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 450 \cdot 20,0 = 594000 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 594,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 12,89 \text{ kN}$$

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

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{12,89}{594,0} \approx 0,022 \rightarrow V_{Ed} = 0,022 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(33,75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

**Potreban razmak spona:**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00100 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,38 \text{ cm}^2$$

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

**Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone  $\Phi 8/30 \text{ cm}$ :**

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

*$z \approx 0,9 \cdot d$  (krak unutrašnjih sila)*

*$\theta = 45^\circ$  (kut nagiba tlačnih dijagonala)*

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 58,70 \text{ kN}$$

*$58,70 > 12,89 \text{ kN}$  (dovoljna je nosivost minimalne poprečne armature)*

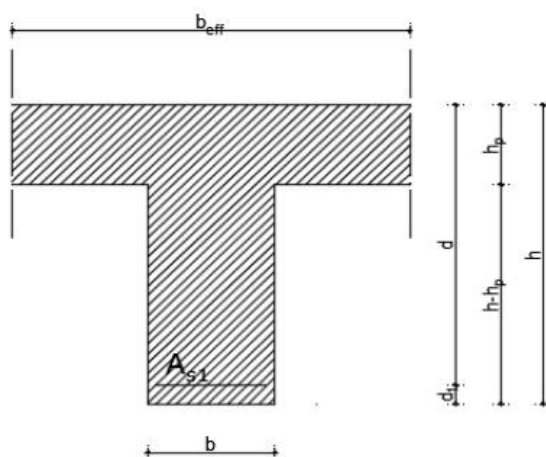
#### 4.7 Dimenzioniranje na moment savijanja za smjer x

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

Armatura: B500B  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

Utjecajna širina:  $b_{eff} = b_w + \frac{0,85 \cdot L}{5} = 25 + \frac{0,85 \cdot 600}{5} = 127 \text{ cm}$

Polje:



Slika 4.6 Prikaz grede 25x50 cm

$M_{Ed} = 45,55 \text{ kNm/m}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{45,55 \cdot 100}{127 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,009$$

očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_{c2} = 0,5\text{‰}$ ;  $\zeta = 0,984$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{45,55 \cdot 100}{0,984 \cdot 45 \cdot 43,48} = 2,37 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 4Ø10 (3,14 cm<sup>2</sup>)

**Ležaj:**

$$M_{Ed} = 34,75 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{34,75 \cdot 100}{127 \cdot 45^2 \cdot 2,0} = 0,007$$

$$\text{očitano: } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}; \varepsilon_{c2} = 0,5\text{‰}; \zeta = 0,984$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{34,75 \cdot 100}{0,984 \cdot 45 \cdot 43,48} = 1,80 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: 4Ø8 (2,01 cm<sup>2</sup>)

#### 4.8 Dimenzioniranje na poprečnu silu za smjer x

Beton: C30/37

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

Armatura: B500B

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

Računska poprečna sila:

$$V_{Ed, \max} = 33,03 \text{ kN}$$

b<sub>w</sub>=25,0 cm

d=45 cm

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_{sl}}{A_c} = \frac{5,15}{25 \cdot 50} = 0,0041 \leq 0,02 \rightarrow \text{koef. armiranja uzdužnom armaturom}$$

$$\sum A_{sl} = 3,14 (4\Phi 10) + 2,01 (4\Phi 8) = 5,15 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rdc} = [0,12 \cdot 1,67 \cdot (100 \cdot 0,0041 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \cdot 450 = 52041,76 \text{ N}$$

$$V_{Rdc} = 52,04 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,413 \cdot 250 \cdot 450 = 46462,5 \text{ N} = 46,46 \text{ kN}$$

$$52,04 \text{ kN} > 46,46 \text{ kN} \text{ (uvjet je zadovoljen)}$$

**Maksimalna poprečna sila (poprečna sila koju mogu preuzeti tlačne dijagonale):**

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

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 250 \cdot 450 \cdot 20,0 = 594000 \text{ N}$$

$$V_{Rd,max} = 594,0 \text{ kN} > V_{Ed} = 33,03 \text{ kN}$$

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

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{33,03}{594,0} \approx 0,056 \rightarrow V_{Ed} = 0,056 \cdot V_{Rd,max}$$

$$s_{w,max} = \min(0,75 \cdot d; 30 \text{ cm}) = \min(33,75 \text{ cm}; 30 \text{ cm}) \rightarrow s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

**Potreban razmak spona:**

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{w,min} \cdot s_{w,max} \cdot b_w}{m} = \frac{0,00100 \cdot 30 \cdot 25}{2} = 0,38 \text{ cm}^2$$

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

**Poprečna sila koju mogu preuzeti odabrane spone Ø8/30 cm:**

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

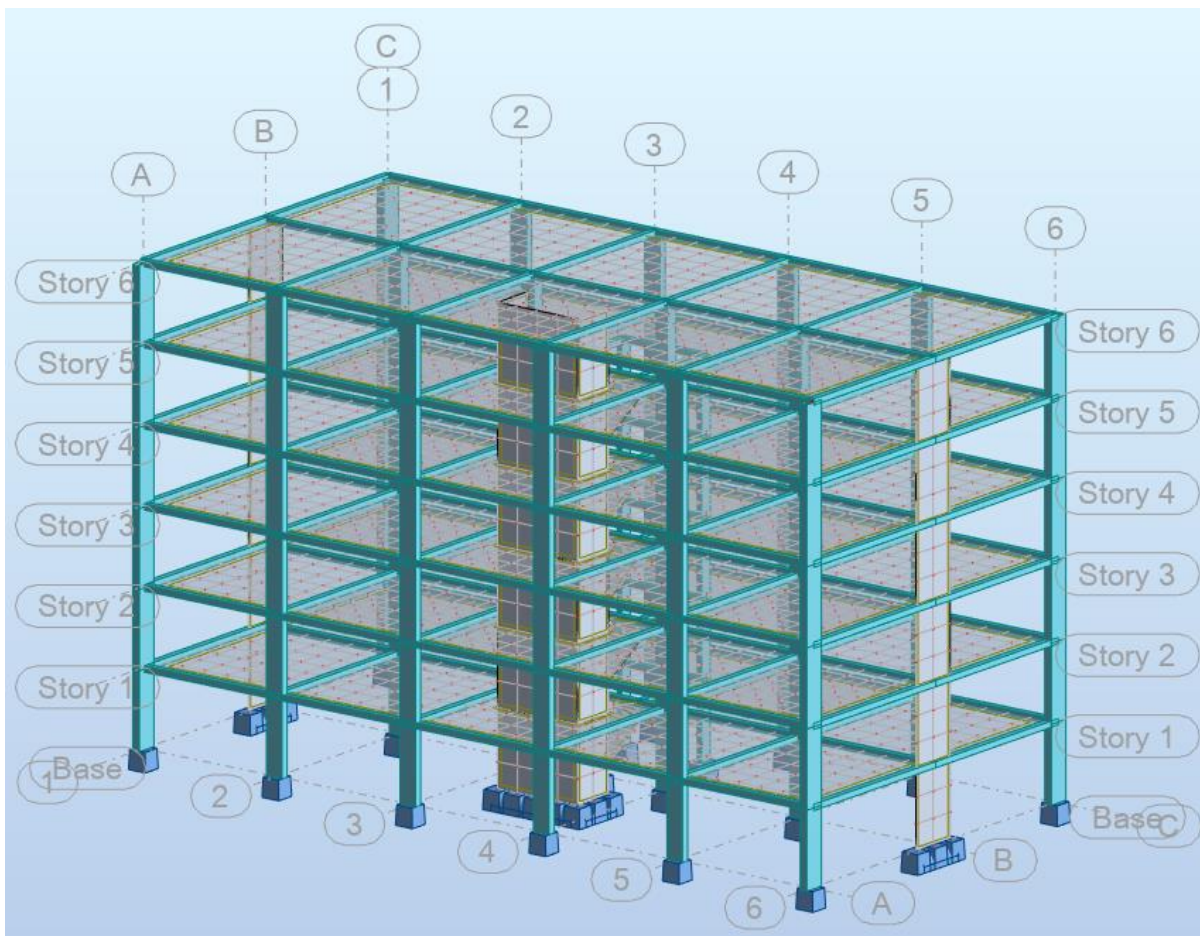
$z \approx 0,9 \cdot d$  (*krak unutrašnjih sila*)

$\theta = 45^\circ$  (*kut nagiba tlačnih dijagonala*)

$$V_{Rd,s} = \frac{0,50}{30} \cdot (0,9 \cdot 45) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1 = 58,70 \text{ kN}$$

$58,70 > 33,03 \text{ kN}$  (*dovoljna je nosivost minimalne poprečne armature*)

**5 PRORAČUN KONSTRUKCIJE NA POTRESNO DJELOVANJE PREMA EC8-EN1998-1:2011 POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA “AUTODESK ROBOT”**



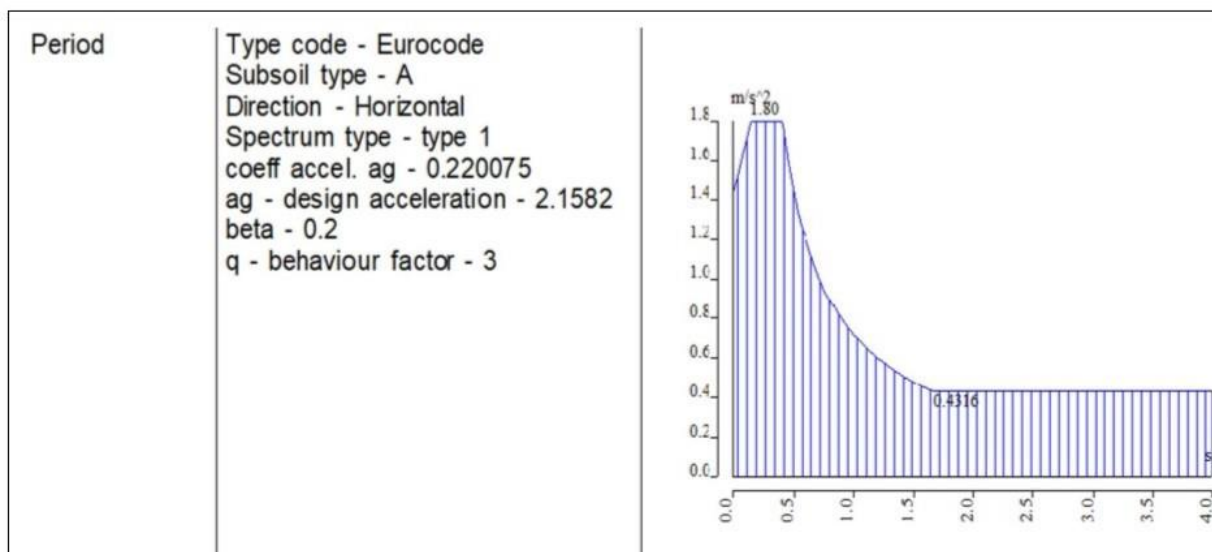
*Slika 5.1 Prostorni model građevine*



### 5.1 Prikaz rezultata modalne analize

Faktor ponašanja  $q$  je usvojen je 3.

Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998- 1:2011 pomoću računalnog programa AUTODESK ROBOT Spektar tipa 1, Klasa tla A:  $S = 1,0$ ;  $TB = 0,15$ ;  $TC = 0,4$ ;  $TD = 2,0$ .

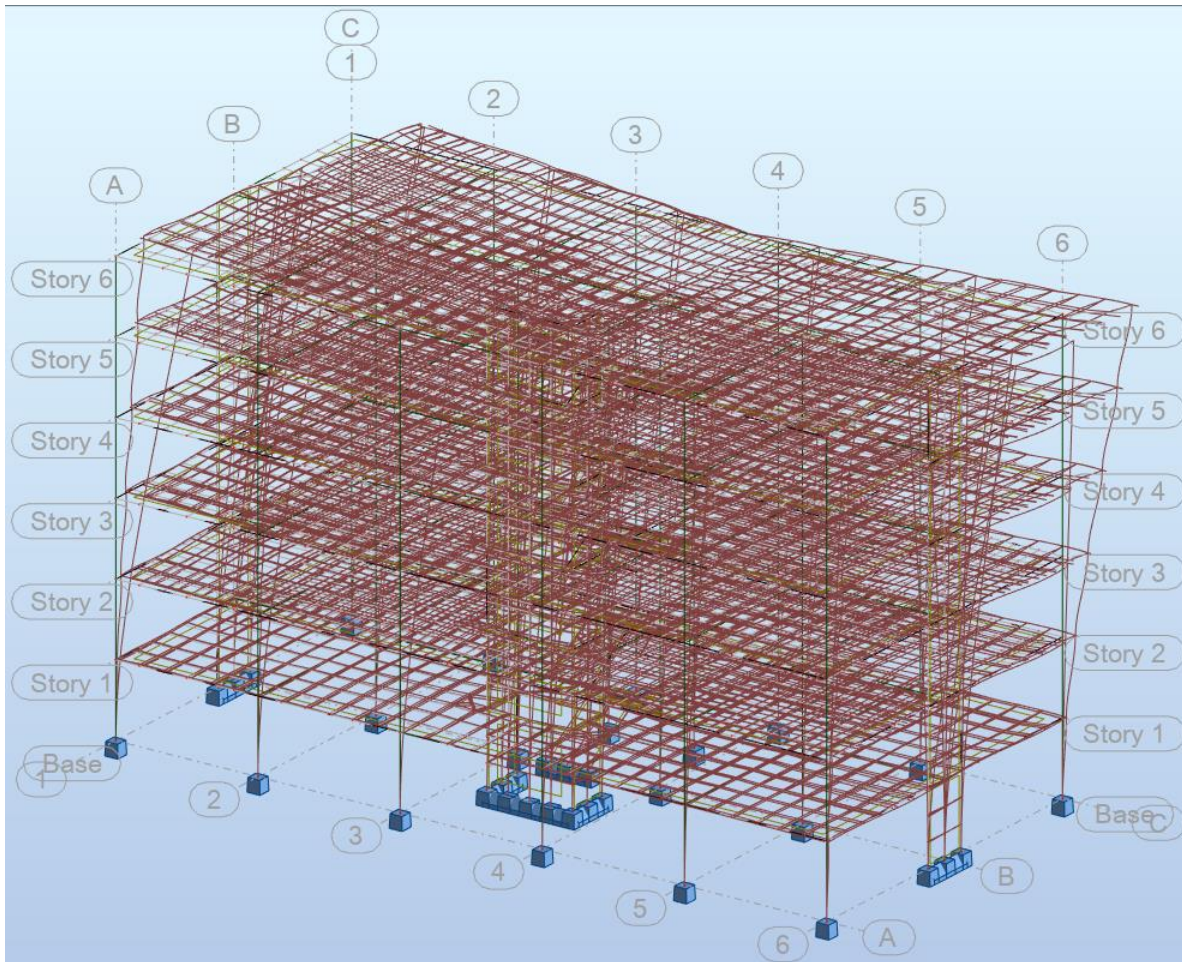


Slika 5.2. Proračunski spektar za razred umjerene duktilnosti

U proračunu na potresno opterećenje korištena je višemodalna spektralna analiza. Uzeto je ukupno 20 modova. Zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi 69,36% za x smjer, te 67,12% za y smjer. Ukupna aktivacija mase u oba smjera treba biti najmanje 90% ukupne mase konstrukcije te je potrebno u povećati potresne sile u potresnim kombinacijama.

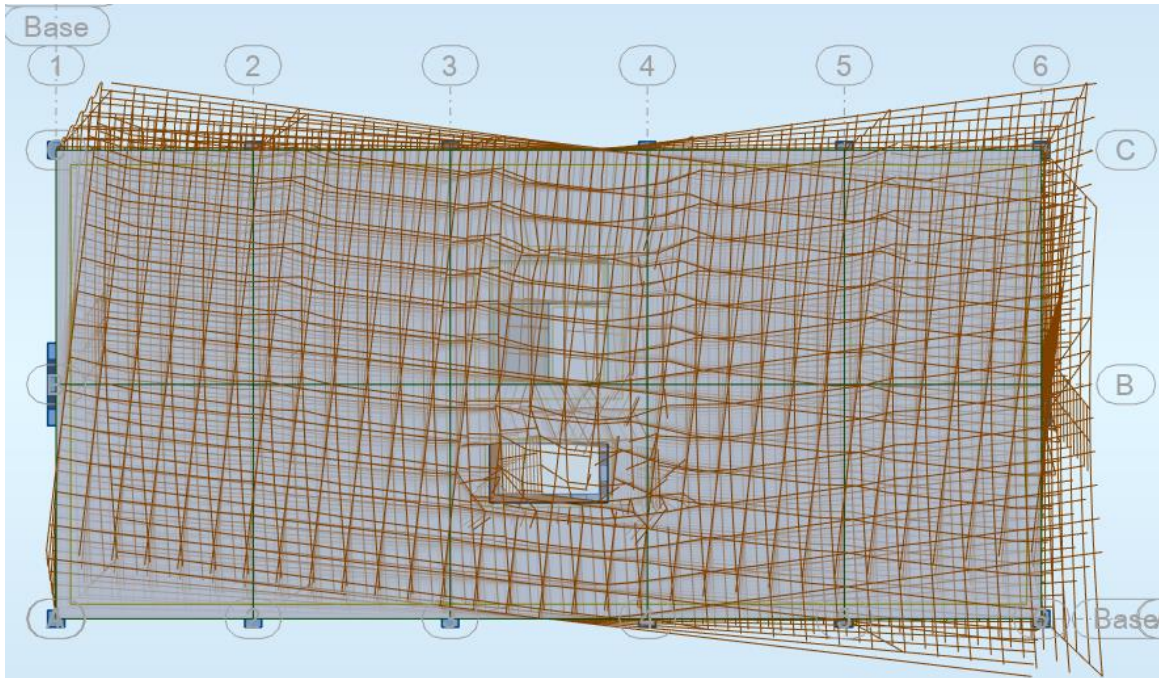
Tablica 5.1 Rezultati modalne analize

Case/Mode	Frequency (Hz)	Period (sec)	Rel.mas.UX (%)	Rel.mas.UY (%)	Rel.mas.UZ (%)	Cur.mas.UX (%)	Cur.mas.UY (%)	Cur.mas.UZ (%)	Total mass UX (kg)	Total mass UY (kg)	Total mass UZ (kg)
4/ 1	1,16	0,86	12,18	0,05	0,00	12,18	0,05	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 2	1,21	0,82	12,19	67,10	0,00	0,01	67,05	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 3	2,12	0,47	69,33	67,10	0,00	57,14	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 4	3,50	0,29	69,33	67,10	4,01	0,00	0,00	4,01	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 5	3,64	0,27	69,33	67,10	4,01	0,00	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 6	3,85	0,26	69,33	67,10	7,24	0,00	0,00	3,24	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 7	3,86	0,26	69,33	67,10	7,24	0,00	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 8	3,88	0,26	69,33	67,10	10,34	0,00	0,00	3,10	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 9	3,88	0,26	69,34	67,10	10,34	0,00	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 10	3,90	0,26	69,34	67,10	11,76	0,00	0,00	1,42	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 11	3,90	0,26	69,34	67,11	19,07	0,00	0,01	7,31	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 12	3,90	0,26	69,35	67,12	19,19	0,01	0,00	0,11	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 13	3,91	0,26	69,35	67,12	19,19	0,00	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 14	3,92	0,26	69,35	67,12	22,60	0,00	0,00	3,41	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 15	3,92	0,25	69,35	67,12	22,60	0,00	0,00	0,00	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 16	3,93	0,25	69,35	67,12	24,95	0,00	0,00	2,35	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 17	3,94	0,25	69,35	67,12	28,14	0,00	0,00	3,19	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 18	3,94	0,25	69,35	67,12	28,15	0,00	0,00	0,01	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 19	3,94	0,25	69,36	67,12	28,16	0,01	0,00	0,01	1887672,78	1887672,78	1887672,78
4/ 20	3,95	0,25	69,36	67,12	36,67	0,00	0,00	8,51	1887672,78	1887672,78	1887672,78

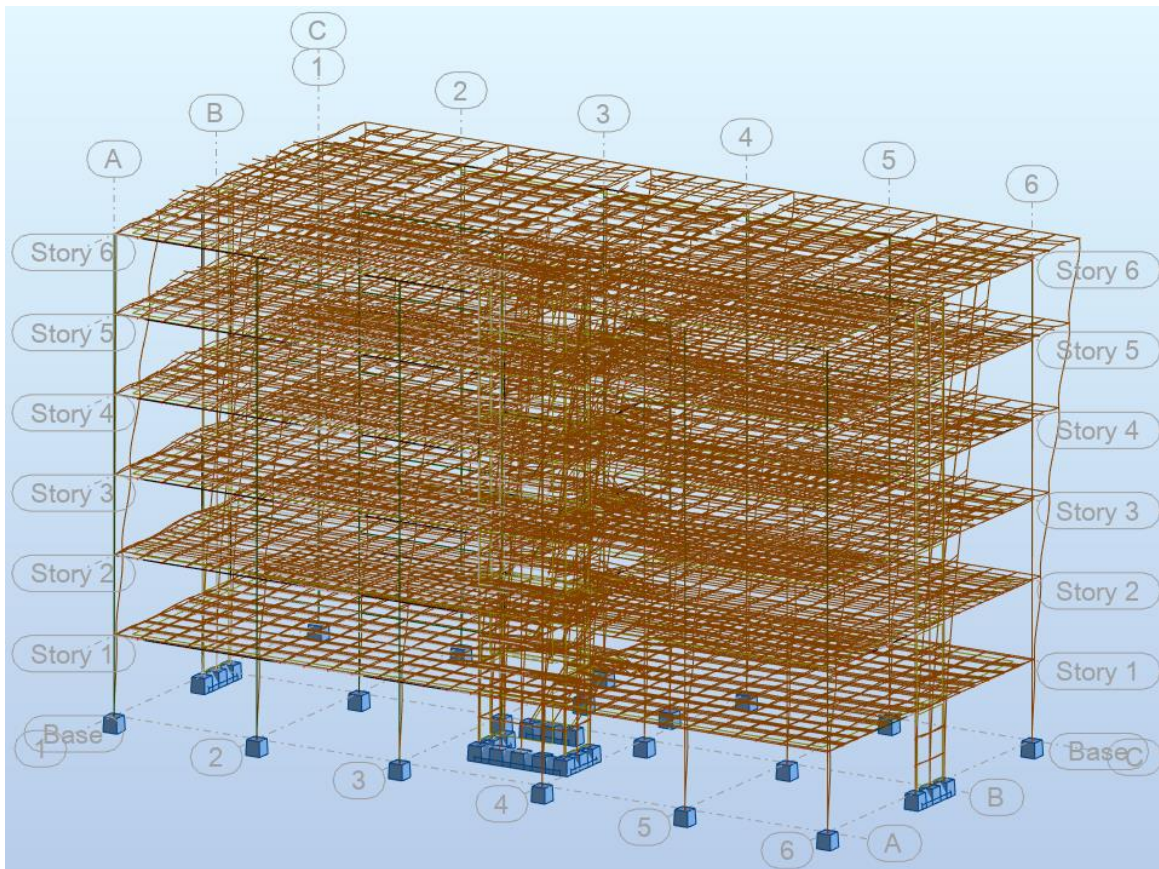


Slika 5.3 Translacija prostornog modela u smjeru x

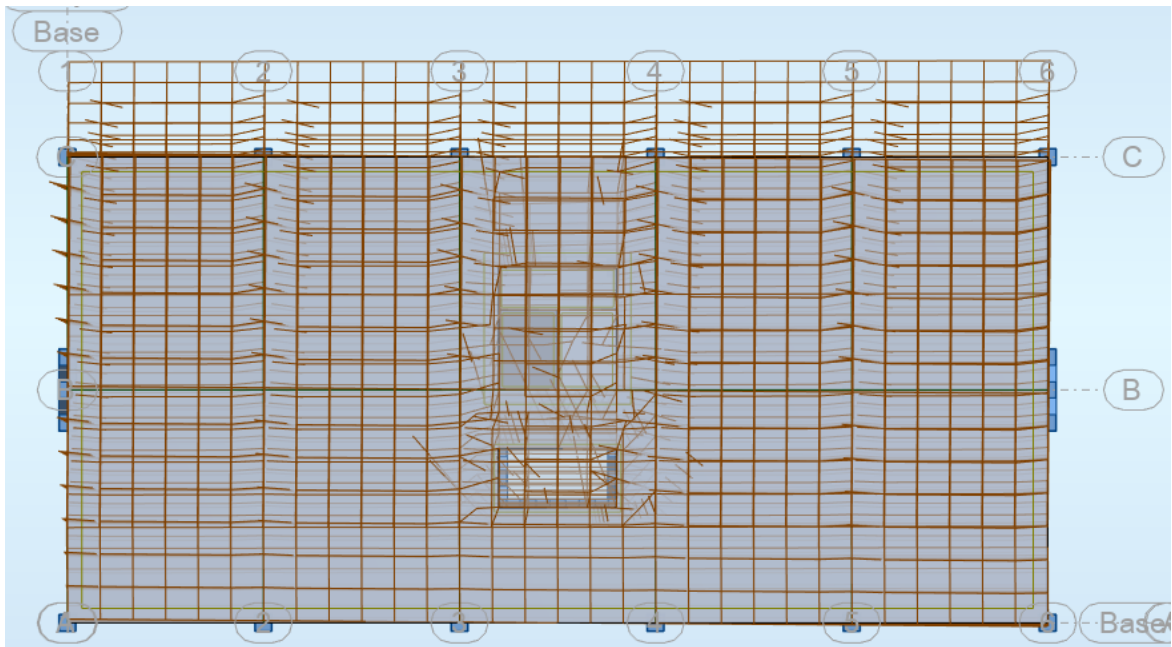




*Slika 5.4 Translacija prostornog modela u smjeru x*



*Slika 5.5 Translacija prostornog modela u smjeru y*



*Slika 5.6 Translacija prostornog modela u smjeru y*

## 6 PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 6.1 Stupovi

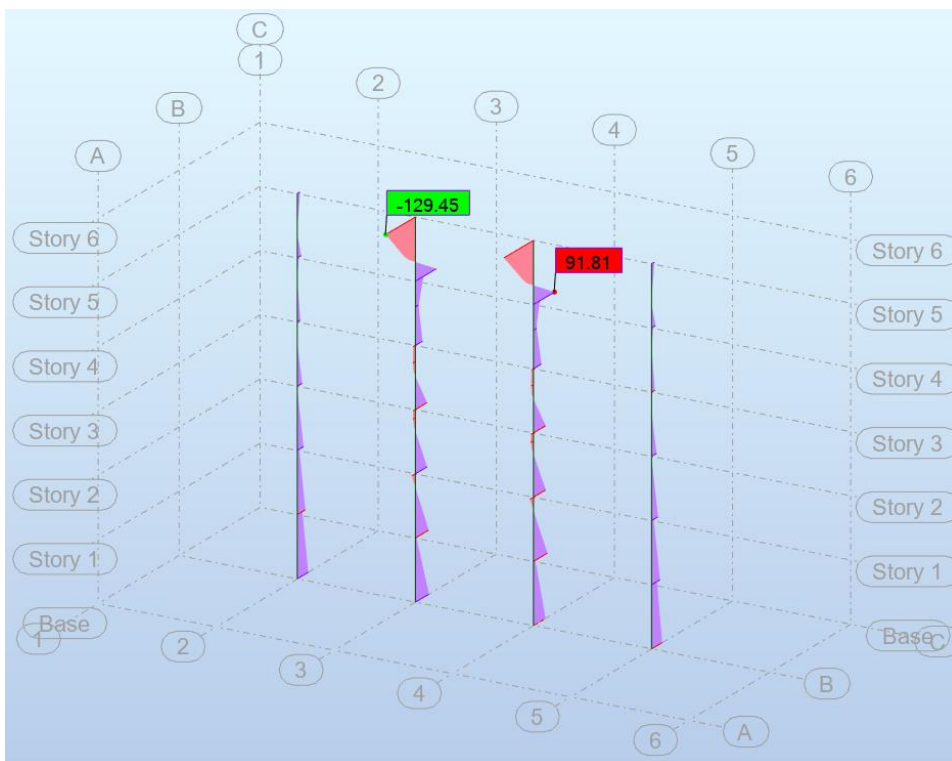
Stupovi su u modelu modelirani kao 1D štapni elementi. Prostorni model je proračunat na potresne kombinacije iz kojih su izvučene maksimalne rezne sile. Stupovi su visine 277 cm i pravokutnog poprečnog presjeka 70x30 cm. AB stupovi su napravljeni od betona klase C30/37 i armirani armaturom B500B. Zaštitni sloj betona od armature iznosi 5 cm. Stupovi se izvode monolitno na licu mjesta u oplati. Proračun stupova proveden je pomoću računalnog programa Autodesk Robot.

Potresne kombinacije:

1.kombinacija:  $1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$

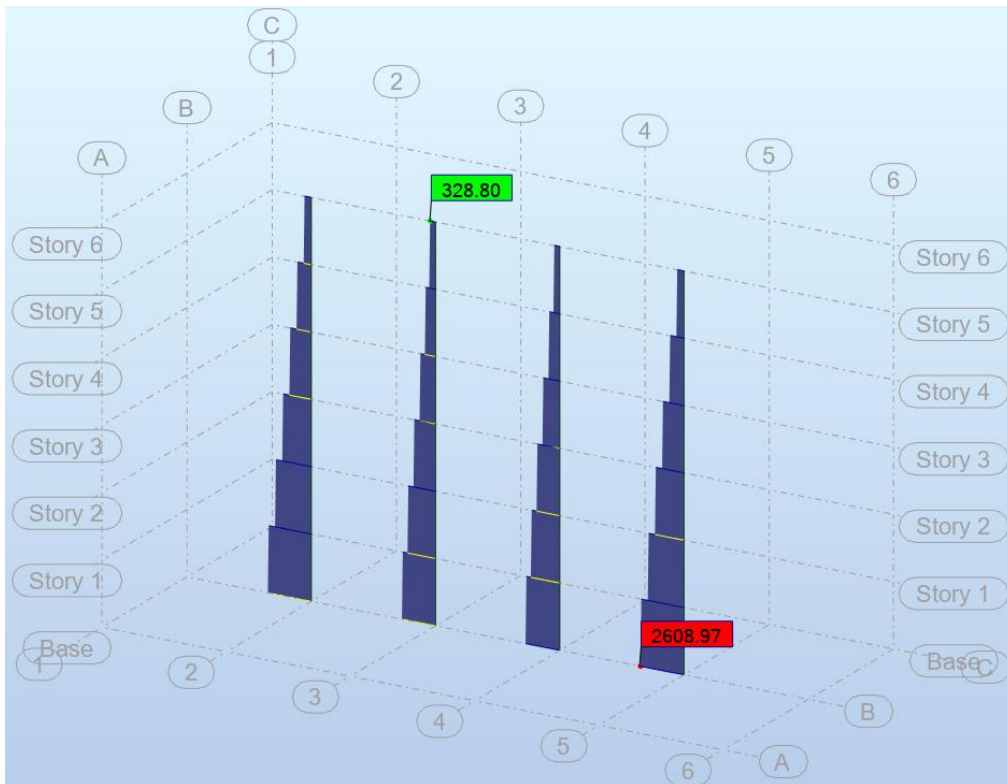
2.kombinacija:  $1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$

#### 6.1.1 Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za stup 50x50 cm

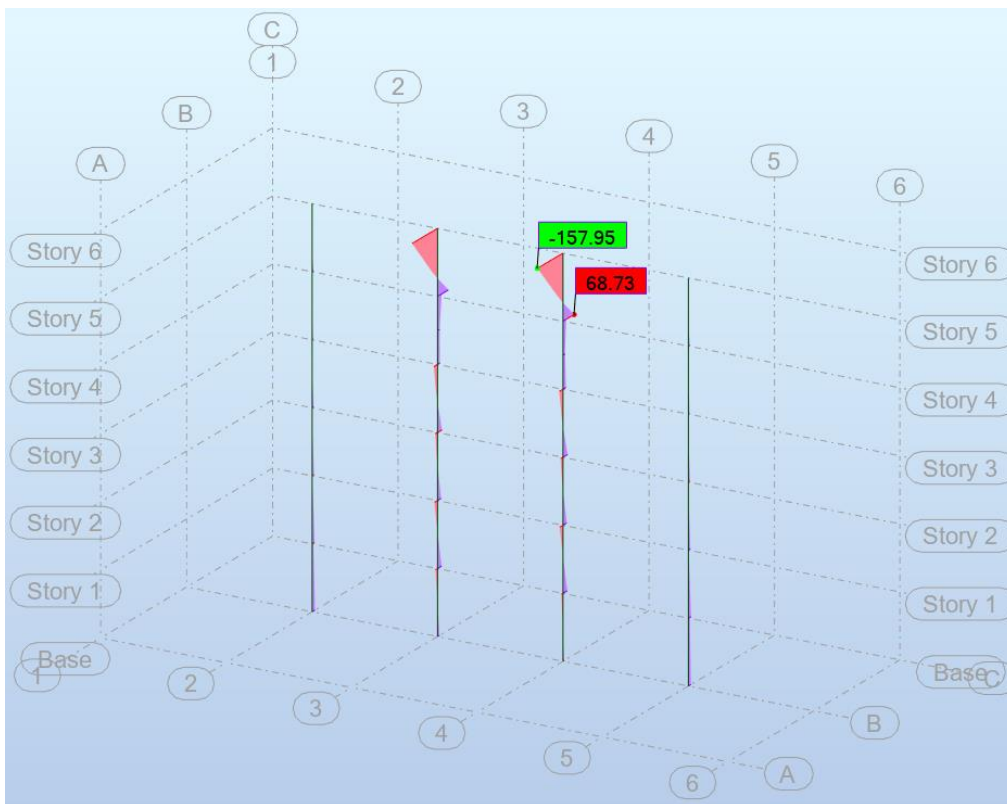


Slika 6.1 Maksimalni moment savijanja za 1.kombinaciju

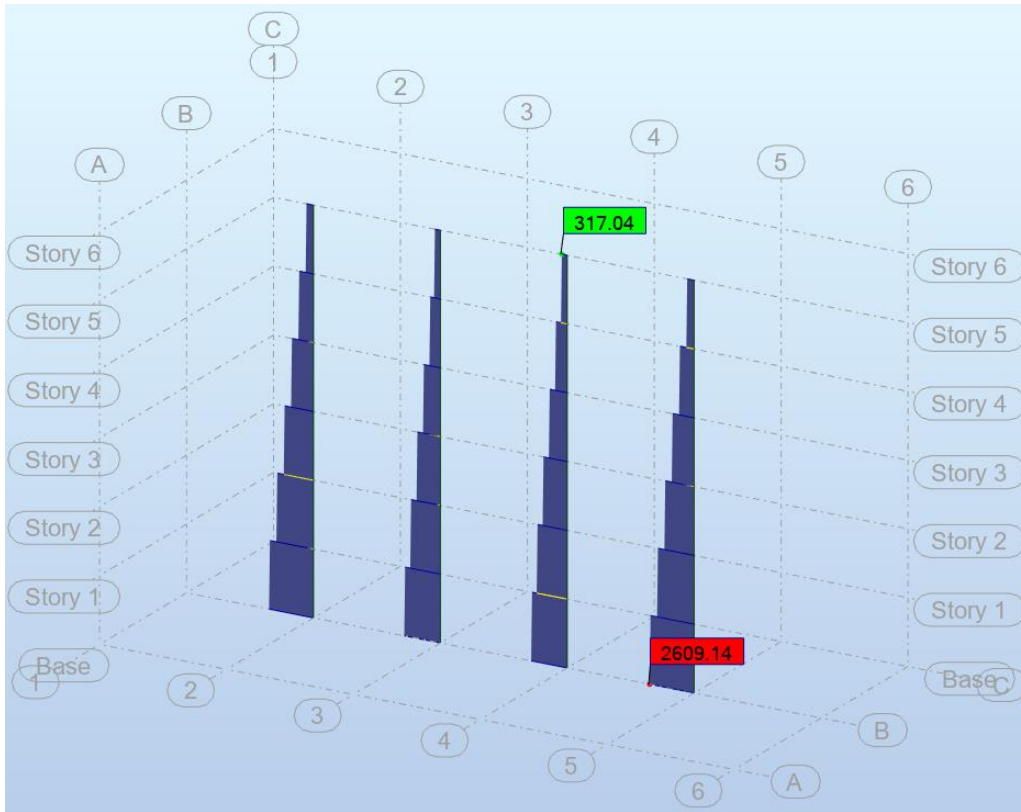




Slika 6.2 Maksimalna uzdužna sila za 1.kombinaciju

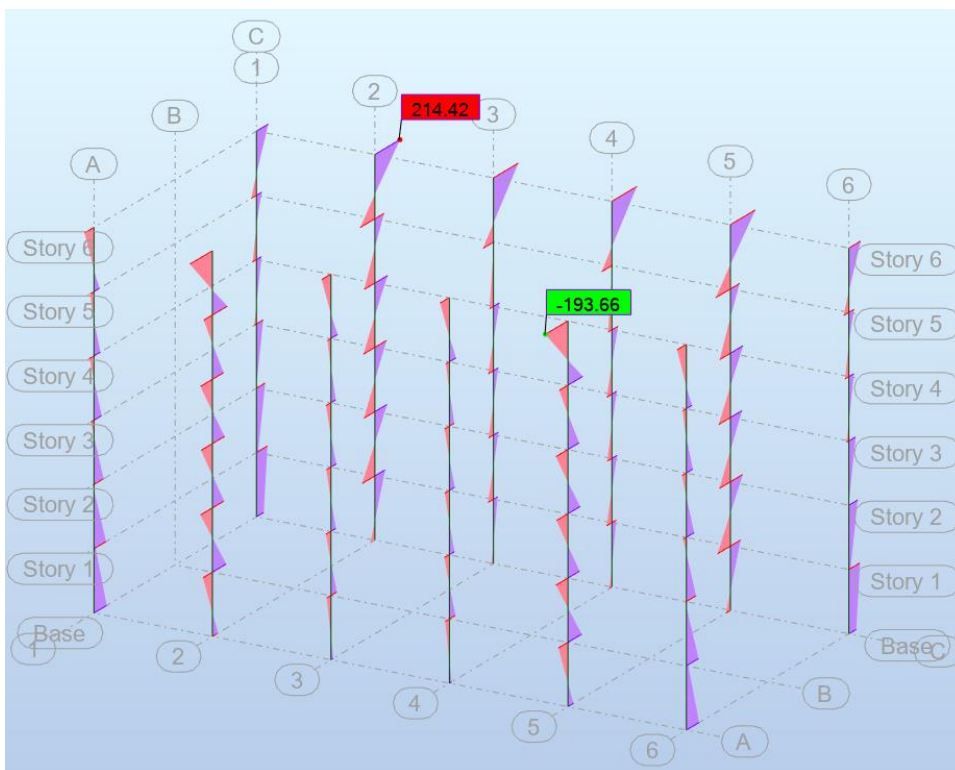


Slika 6.3 Maksimalni moment savijanja za 2.kombinaciju

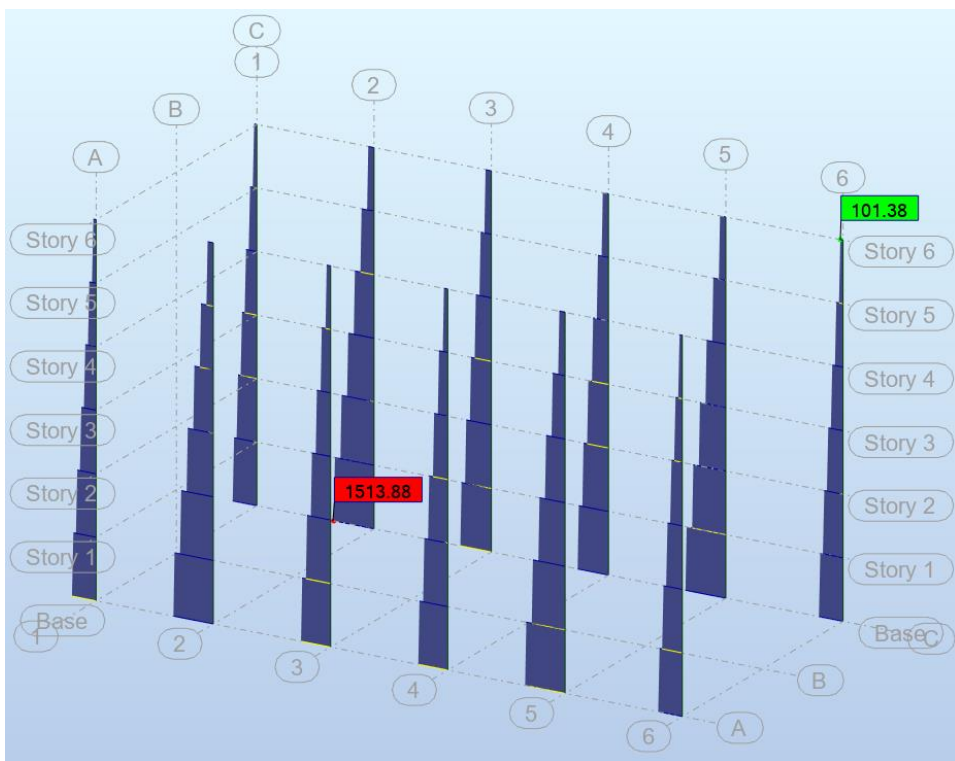


*Slika 6.4 Maksimalna uzdužna sila za 2.kombinaciju*

### 6.1.2 Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za stup 70x30 cm

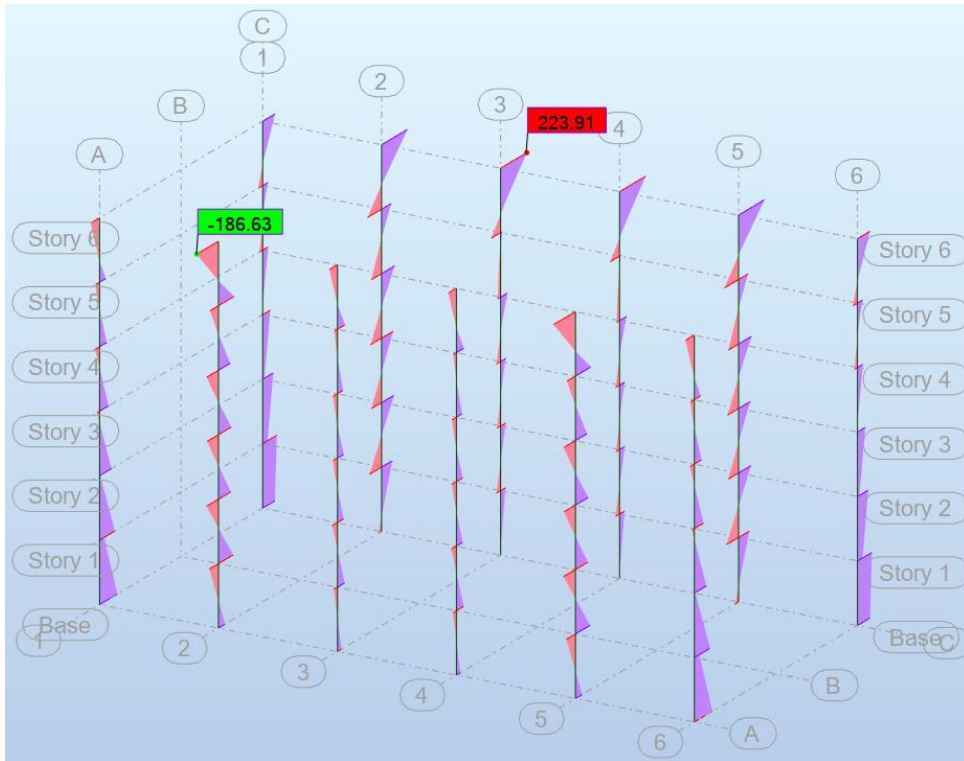


Slika 6.5 Maksimalni moment savijanja za 1.kombinaciju

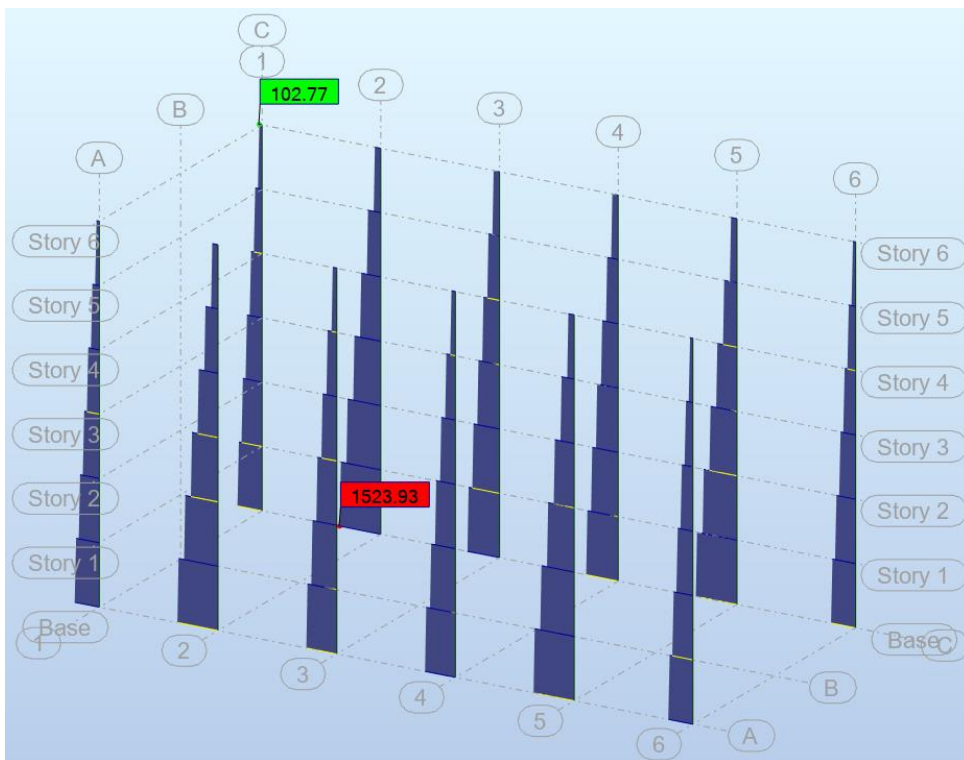


Slika 6.6 Maksimalna uzdužna sila za 1.kombinaciju





Slika 6.7 Maksimalni moment savijanja za 2.kombinaciju



Slika 6.8 Maksimalna uzdužna sila za 2.kombinaciju

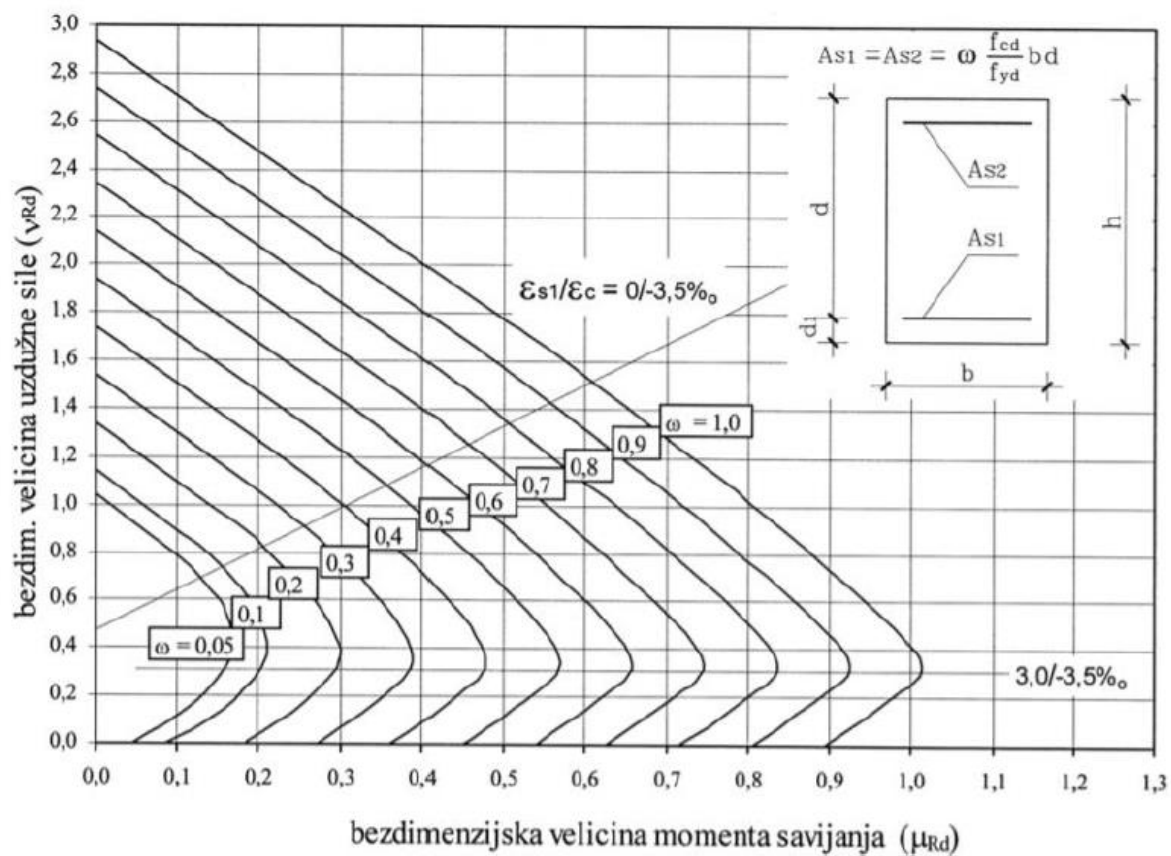
## 6.2 Dimenzioniranje stupa

### Proračun armature pomoću dijagrama interakcije

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

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

Rezultatima ovih formula očitavaju se koeficijenti armiranja iz slike 6.9:



Slika 6.9 Dijagram za armiranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka – postupak Wuczkowskog

Zatim se iz formule  $As1=As2= \omega \cdot f_{cd}/f_{yd} \cdot b \cdot h$  očitavaju površine armature:

*Tablica 6.1 Rezultati površine armature kroz kombinacije za stup 50x50 cm*

	M (kNm)	N (kN)	$\mu Ed$	$vEd$	$\omega$	As1=As2
1.kombinacija	91,81	2608,97	0,007	0,094	0,009	5,73
2.kombinacija	68,73	2609,14	0,005	0,094	0,006	3,82

*Tablica 6.2 Rezultati površine armature kroz kombinacije za stup 70x30 cm*

	M (kNm)	N (kN)	$\mu Ed$	$vEd$	$\omega$	As1=As2
1.kombinacija	214,92	1513,88	0,043	0,091	0,032	12,23
2.kombinacija	223,91	1523,93	0,045	0,092	0,036	13,76

Odabiremo najveću površinu armature  $As1=As2=13,76 \text{ cm}^2$  Odabrano: 4Ø22 (15,21  $\text{cm}^2$ )

### 6.3 Zidovi

Proračun zidova je proveden po Eurokodu 8. Proraču provodimo samo za vanjske zidove.

Njihova debljina je 30 cm. Izvedeni su od betona klase C30/37, a armirani armaturom B500B.

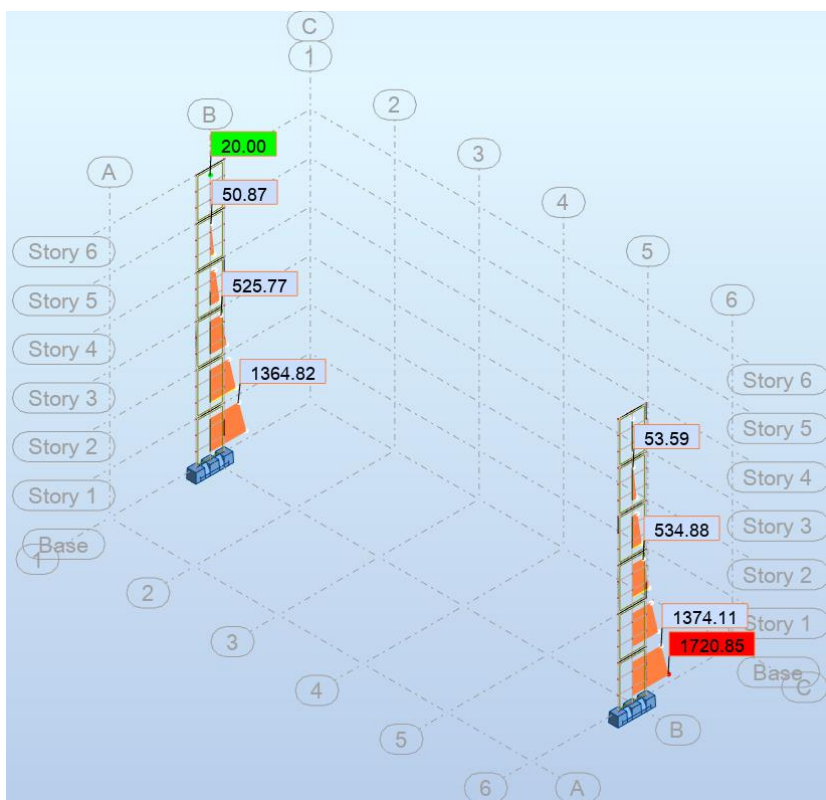
Proračun je proveden za seizmičke kombinacije te su iz modela izvedeni M i N dijagrami.

Potresne kombinacije:

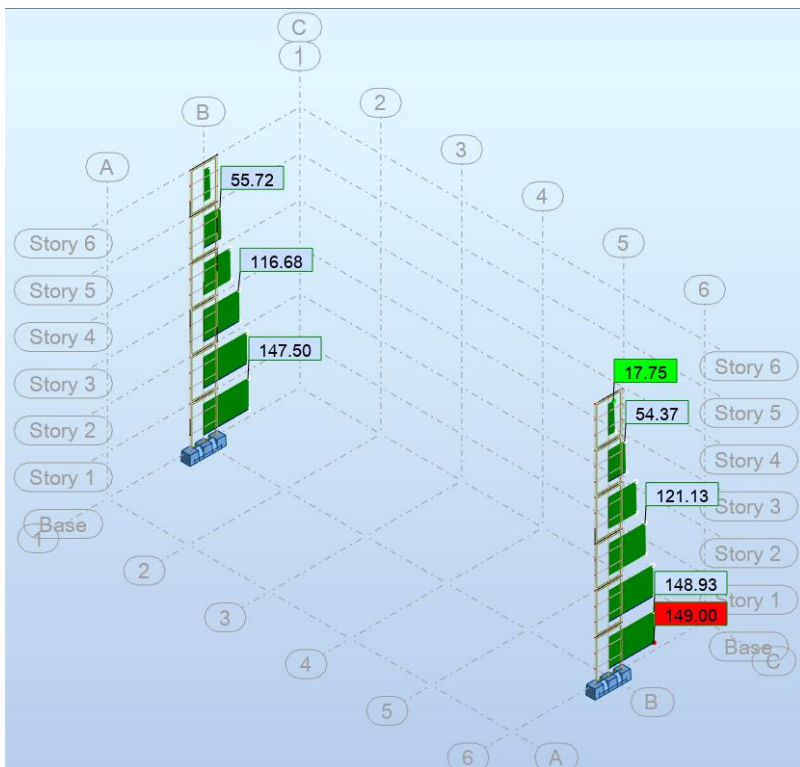
1.kombinacija:  $1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$

2.kombinacija:  $1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$

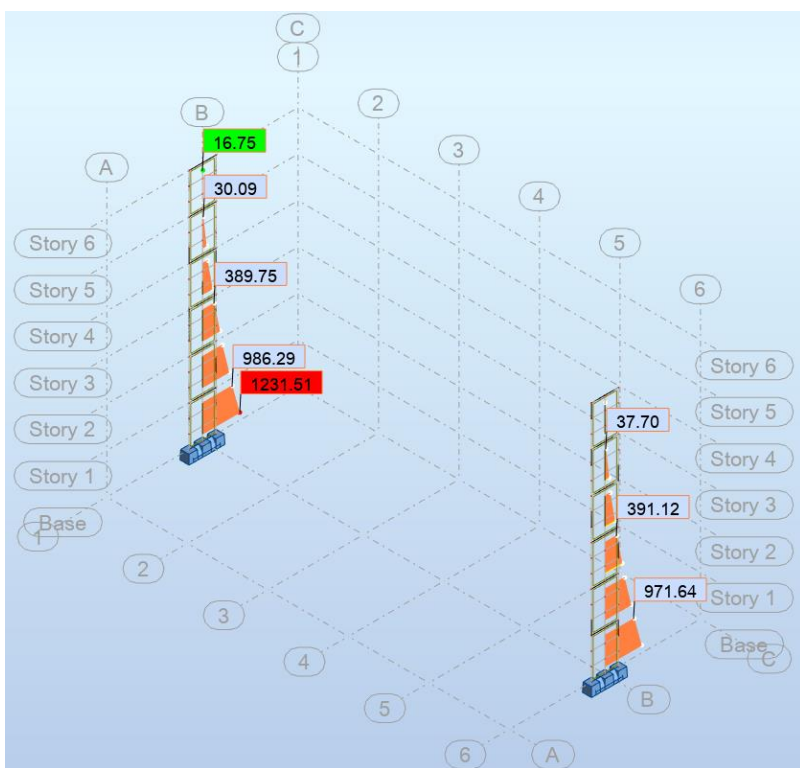
#### 6.3.1 Maksimalni moment savijanja i uzdužna sila za zidove



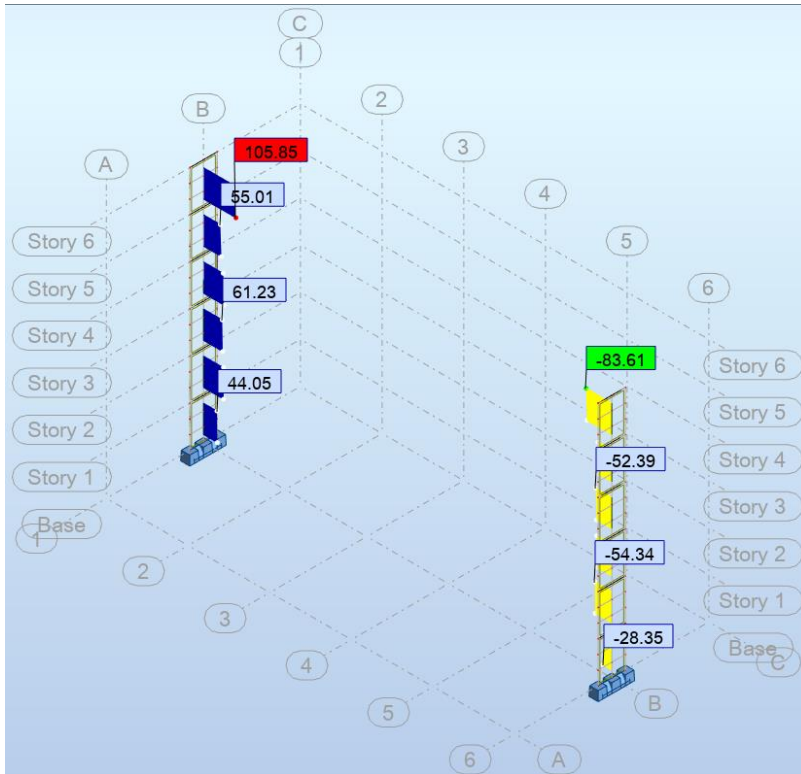
Slika 6.1 Maksimalni moment savijanja za 1.kombinaciju



Slika 6.2 Maksimalna uzdužna sila za 1.kombinaciju



Slika 6.3 Maksimalni moment savijanja za 2.kombinaciju



Slika 6.2 Maksimalna uzdužna sila za 2.kombinaciju

#### 6.4 Dimenzioniranje zidova

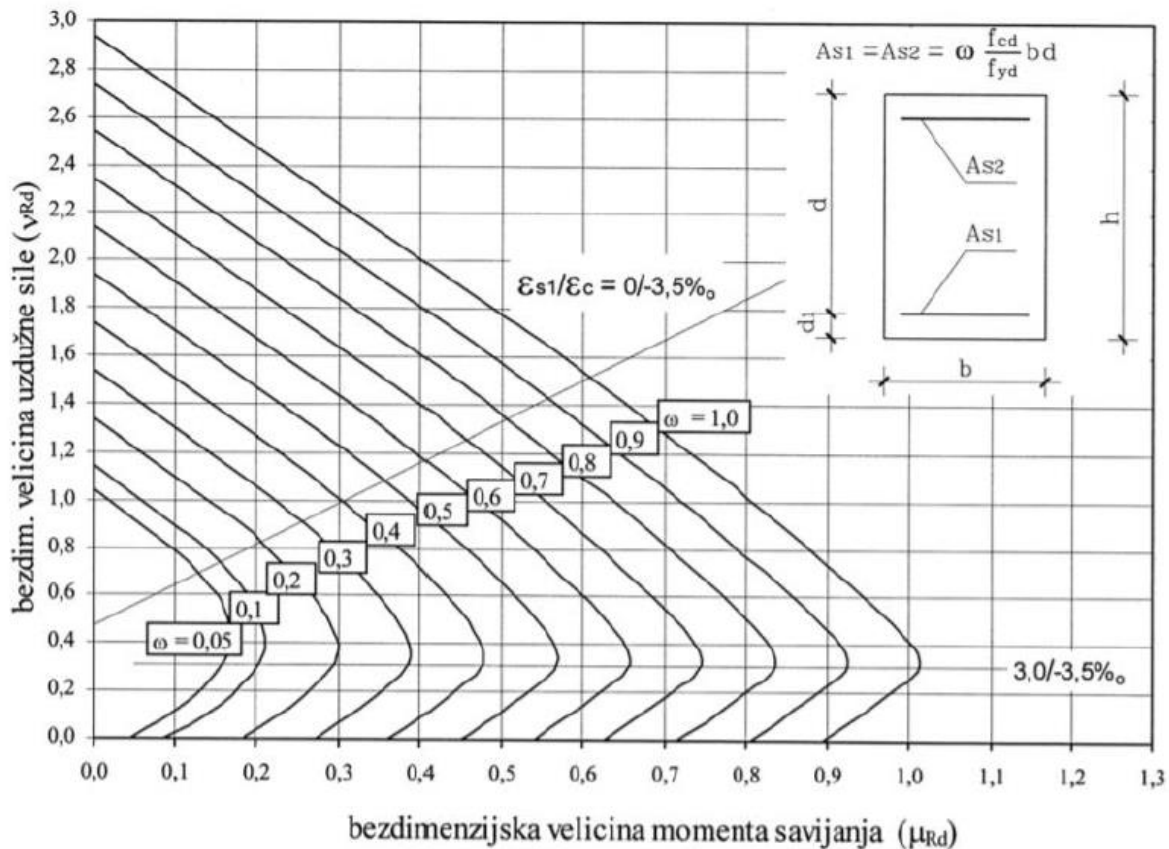
##### Proračun armature pomoću dijagrama interakcije

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

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

Rezultatima ovih formula očitavaju se koeficijenti armiranja iz slike 6.3:





Slika 6.3 Dijagram za armiranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka – postupak Wuczkowskog

Zatim se iz formule  $As1=As2= \omega \cdot f_{cd}/f_{yd} \cdot b \cdot h$  očitavaju površine armature:

Tablica 6.1 Rezultati površine armature kroz kombinacije za zid debljine 30cm

	M (kNm)	N (kN)	$\mu_{Ed}$	$v_{Ed}$	$\omega$	$As1=As2$
1.kombinacija	1720,85	149,00	0,345	0,009	0,39	149,08
2.kombinacija	1231,51	105,85	0,247	0,006	0,24	91,74

Odabiremo najveću površinu armature  $As1=As2=13,76 \text{ cm}^2$  Odabrano: 15Ø36 (152,68  $\text{cm}^2$ )

## 7 LITERATURA

- [1] A. Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta – zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split
- [2] Nastavni materijali – Nexe – cigla i fert  
– Polumontažni strop Fert
- [3] V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 1, nastavni tekst (predavanja, vježbe)
- [4] V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 2, nastavni tekst (predavanja, vježbe)
- [5] I. Tomičić: Betonske konstrukcije 3 – Zagreb 1996
- [6] EN 1998:2008 Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. Dio
- [7] EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija