

# Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambeno armirano-betonskog objekta

---

Ćesić, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2019

*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:123:010579>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-28**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Iva Česić**

**Split, 2019.**

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

**Iva Ćesić**

**Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade  
stambenog armirano-betonskog objekta**

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

Zahvaljujem mentoru Ivanu Baliću i komentorici Nikolini Živaljić na nesebičnoj pomoći i strpljenju pri izradi ovog rada. Veliko hvala mojoj majci i braći na podršci tijekom školovanja. Hvala mojim kolegama i prijateljima što su one teške trenutke učinili lakšima.

Ps 127 „Ako Gospodin kuće ne gradi, uzalud se muče graditelji.“



## Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog armirano-betonskog objekta

### **Sažetak:**

U radu je prikazan proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog armirano-betonskog objekta prema Europskim normama i Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije. Potresna otpornost konstrukcije određena je proračunom prema pravilima za jednostavne armirano-betonske zgrade. Također je proveden proračun ploča, greda, zidova i temelja uslijed vertikalnog djelovanja. Proračunom su dobivene rezne sile u elementima konstrukcije koji su sukladno tome armirani. Proračun fizike zgrade izvršen je u računalnom programu KI Expert Plus.

### **Ključne riječi:**

Armirano-betonske zgrade, potresna otpornost, fizika zgrade

## Calculation of supporting structure and buildings physics of residential reinforced concrete constructions

### **Abstract:**

This task is showing calculation of supporting structure and buildings physics of residential reinforced concrete constructions following European norms and technical regulations for construction. Seismic resistance is determined by simplified calculation following rules for simple reinforced concrete buildings. Calculation of panels, walls and foundations caused by vertical movements was done as well. Result of calculation are the cutting forces in the elements of construction and they are reinforced accordingly. KI-expert plus computer program has been used to make buildings physics analyses.

### **Keywords:**

Reinforced concrete objects, seismic resistance, buildings physics



STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ  
KANDIDAT: Iva Ćesić  
BROJ INDEKSA: 683  
KATEDRA: Katedra za teoriju konstrukcija  
PREDMET: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo

#### ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: **Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade armirano-betonskog objekta**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga, potrebno je izraditi proračun AB nosive konstrukcije te proračun fizike zgrade.  
Izrađeni projekt mora sadržavati:  
-tehnički opis  
-proračune  
-građevinske nacрте

U Splitu, rujan 2019.

Mentor:

Doc. dr. sc. Ivan Balić

Predsjednik povjerenstva za završne i  
diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

Komentor:

Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

# SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>TEHNIČKI OPIS</b>	<b>1</b>
1.1	Opis i konstrukcijski sustav građevine	1
1.2	Geotehnički izvještaj	1
<b>2</b>	<b>KONSTRUKTIVNI MATERIJALI</b>	<b>2</b>
2.1	Beton	2
2.2	Armatura	4
<b>3</b>	<b>SMJEŠTAJ I TLOCRT ZGRADE</b>	<b>5</b>
3.1	Položaj zgrade u odnosu na okolni teren	5
3.2	Tlocrt prizemlja	5
<b>4</b>	<b>ANALIZA OPTEREĆENJA</b>	<b>6</b>
4.1	Opterećenje vjetrom	9
4.2	Opterećenje snijegom	11
4.3	Opterećenje uslijed djelovanja potresa	12
4.4	Slučajni torzijski učinci	13
<b>5</b>	<b>PRORAČUN KONSTRUKCIJE NA POTRESNO DJELOVANJE ZA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM) METODOM SPEKTRALNE ANALIZE PREMA EC8-EN 1998- 1:2011 POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA SCIA ENGINEER 18.1</b>	<b>14</b>
5.1	Prikaz rezultata modalne analize	14
<b>6</b>	<b>KOMBINACIJE DJELOVANJA</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE</b>	<b>17</b>
7.1	Prikaz modela i rezultata	17
7.2	Dimenzioniranje na moment savijanja	21
<b>8</b>	<b>PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE</b>	<b>22</b>
8.1	Prikaz modela i rezultata	22
8.2	Dimenzioniranje na moment savijanja	26
8.3	Kontrola progiba i pukotina	27
8.3.1	Kontrola progiba međukatne ploče	27
8.3.2	Kontrola pukotina	28

<b>9</b>	<b>PRORAČUN STUBIŠTA</b>	<b>30</b>
9.1	Prikaz modela i rezultata	30
9.2	Dimenzioniranje stubišta	31
<b>10</b>	<b>PRORAČUN GREDA</b>	<b>32</b>
10.1	Proračun međukatne grede	32
10.1.1	Dimenzioniranje na moment savijanja	34
10.1.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu	35
10.2	Proračun krovne grede	37
10.2.1	Dimenzioniranje na moment savijanja	39
10.2.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu	40
10.2.3	Kontrola progiba grede	42
10.2.4	Kontrola pukotina grede	43
<b>11</b>	<b>KONTROLA NAPREZANJA U TLU ISPOD TEMELJA</b>	<b>44</b>
11.1	Reakcije	44
<b>12</b>	<b>PRORAČUN ZIDOVA</b>	<b>45</b>
12.1	Prikaz reznih sila karakterističnog zida u y smjeru na kojem se vrši dimenzioniranje	45
12.2	Proračunska ovojnica momenata savijanja i poprečnih sila prema kriterijima EC8-EN 1998 za jedan zid, te dimenzioniranje i proračun duktilnosti za taj isti karakteristični zid	48
12.2.1	Ovojnice reznih sila	48
12.3	Dimenzioniranje karakterističnog zida	50
12.3.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu	51
12.3.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu	54
12.3.3	Detaljiranje lokalne duktilnosti zida	56
12.4	Prikaz reznih sila karakterističnog zida u x smjeru na kojem se vrši dimenzioniranje	59
12.5	Proračunska ovojnica momenata savijanja i poprečnih sila prema kriterijima EC8-EN 1998 za jedan zid, te dimenzioniranje i proračun duktilnosti za taj isti karakteristični zid	61
12.5.1	Ovojnice reznih sila	61
12.6	Dimenzioniranje karakterističnog zida	63
12.6.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu	64
12.6.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu	67
12.6.3	Detaljiranje lokalne duktilnosti zida	69
<b>13</b>	<b>PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE</b>	<b>72</b>
13.9	Iskaznica energetske svojstava zgrade	89
<b>14</b>	<b>ZAKLJUČAK</b>	<b>91</b>
<b>15</b>	<b>GRAFIČKI PRILOZI</b>	<b>92</b>



# 1 TEHNIČKI OPIS

## 1.1 Opis i konstrukcijski sustav građevine

Predmetna građevina je stambene namjene, a sastoji se od 4 etaže.

Glavni nosivi konstrukcijski sustav građevine je armirano-betonska konstrukcija. Stropne međukatne konstrukcije, kao i krovna, izrađene su kao pune AB ploče, lijevane na licu mjesta debljine  $d=17$  cm. Stubišta su također izvedena u armiranom betonu debljine 17 cm.

Vertikalna nosiva konstrukcija građevine su unutarnji i vanjski (sa vanjske strane termički izolirani) zidovi debljine 20 cm. Temeljenje je predviđeno na trakastim armirano-betonskim temeljima ispod nosivih zidova širine 20 cm.

U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno.

Građevina se nalazi u području za koje se, uz povratni period od 475 godina, očekuje potres s ubrzanjem tla  $a_g=0.22g$ . Konstrukcija seizmičke sile preuzima sustavom AB zidova, sukladno EC-8.

Za sve betonske radove predviđen je beton C 30/37. Predviđena armatura je B 500. Skidanje podupora za ploče može se izvršiti nakon što beton postigne min. 80% čvrstoće.

Za temelje se može upotrijebiti beton niže marke (C 25/30).

Svi računalni proračuni su izvršeni programskim paketom "Scia Engineer". Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja.

U nastavku su prikazani presjek i tlocrti građevine s nosivim elementima.

## 1.2 Geotehnički izvještaj

Teren na predmetnoj lokaciji je izrazito krševit s djelomičnim oblikovanjem. Teren izgrađuju naslage gornje krede (matična stijena – K21,2) koja je uglavnom pokrivena slojem gline crvenice, s učešćem ulomaka manjih blokova i stijenskog kršja vapnenca (Q).

Naslage gornje krede sastavljene su od vapnenaca svjetlo sive do bijele boje, uglavnom slojeviti, mjestimično gromadasti. Do dubine od oko 1.20 m vapnenici su jako do ekstremno okršeni i razlomljeni, mjestimično zdrobljeni uz pukotine cm zijeva, mjestimično i dm zijeva ispunjene crvenicom i kršjem. Ispod te dubine matična stijena je manje razlomljena i okršena.

U hidrogeološkom smislu, razlomljene i okršene naslage vapnenaca imaju pukotinsku i moguće kaverno-znu poroznost te se oborinske vode relativno brzo procjeđuju u podzemlje. Do dubine bušenja nije registrirana podzemna voda.

Budući da se matična stijena nalazi na oko 0.40 m od površine terena, temeljenje građevine izvest će se na njoj.

Nakon iskopa potrebno je temeljnu plohu ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala, kao i eventualnu glinovitu ispunu iz pukotina. Po obavljenom čišćenju temeljne plohe potrebno je neravnine i udubine (škrape) popuniti i izravnati podložnim betonom C 16/20 (MB-20) do projektirane kote temeljenja.

Ukoliko se naiđe na kavernu (pukotinu), veće udubine i relativno manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje gline crvenice, sanaciju izvesti tako da se glina očisti do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote temeljenja "plombira" – zapuni podbetonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 0.30 MPa.

## 2 KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

### 2.1 Beton

Za izgradnju građevine koristit će se beton zadanog sastava ili projektiranog sastava, razreda tlačne čvrstoće normalnog betona C 30/37, a sve prema "Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije" (N.N. 017/2017). Sustav potvrđivanja sukladnosti betona je 2+. Tehnički uvjeti za projektirana svojstva svježeg betona dani su u tablici.

NAMJENA		Temelji	Podna ploča	Ploče, Serklaži i Tlačna ploča FERT stropa
<b>TRAŽENA SVOJSTVA SVJEŽEG BETONA</b>				
Razred čvrstoće normalnog betona		C 25/30	C 30/37	C 30/37
Klasa izloženosti		XC2	XC1	XC2
Minimalna količina cementa	(kg/m <sup>3</sup> )	280	340	340
Maksimalni vodocementni faktor	(v/c)	0.6	0.47	0.43
Uz dodatak superplastifikatora		DA	DA	DA
Razred slijeganja (slump)		S4	S3 ili S4	S3 ili S4
Maksimalno zmo agregata	(mm)	32	32	32
Minimalni zaštitni sloj	(mm)	25	35	25
Razred sadržaja klorida		Cl 0,20	Cl 0,10	Cl 0,10
Minimalno vrijeme obradivosti	(min)	90	90	90
Maksimalna temperatura svježeg betona		(+ °C) 5 - 30	5 - 30	5 - 30

Za izradu konstruktivnog betona smiju se koristiti samo CEM I ili CEM II/A-S. Zbog opasnosti od korozije armature ne smiju se upotrebljavati betoni koji sadrže cemente tipa CEM II/C, CEM IV i CEM V, prema normi HRN EN 197-1.

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema prilogima C, D, E i F Tehničkih propisa za građevinske konstrukcije.

Za izvedbu konstruktivnih dijelova građevine smiju se upotrijebiti samo oni sastavi betona za koje je dokazano da ispunjavaju gore navedene tehničke uvjete.

Name	C30/37
<b>Code independent</b>	
Material type	Concrete
Thermal expansion [m/mK]	0,00
Unit mass [kg/m <sup>3</sup> ]	2500,0
Density in fresh state [kg/m <sup>3</sup> ]	2600,0
E modulus [MPa]	3,2800e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modulus	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	1,3667e+04
Log. decrement (non-uniform dam...)	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4,5000e+01
Order in code	5
<b>Material behaviour for nonli...</b>	
Material behaviour	Elastic
<b>EN 1992-1-1</b>	
Characteristic compressive cylinder...	30,00
Calculated depended values	<input checked="" type="checkbox"/>
Mean compressive strength fcm(2...	38,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength fctm(28) [MP...	2,90
fctk 0,05(28) [MPa]	2,00
fctk 0,95(28) [MPa]	3,80
Design compressive strength - pers...	20,00
Design compressive strength - acci...	25,00
Strain at reaching maximum streng...	20,0
Ultimate strain eps cu2 [1e-4]	35,0
Strain at reaching maximum streng...	17,5
Ultimate strain eps cu3 [1e-4]	35,0
Stone diameter (dg) [mm]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R
Type of aggregate	Quartzite

Tablica 1. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C30/37

Name	C25/30
<b>Code independent</b>	
Material type	Concrete
Thermal expansion [m/mK]	0,00
Unit mass [kg/m <sup>3</sup> ]	2500,0
Density in fresh state [kg/m <sup>3</sup> ]	2600,0
E modulus [MPa]	3,1500e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modulus	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	1,3125e+04
Log. decrement (non-uniform dam...)	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4,5000e+01
Order in code	4
<b>Material behaviour for nonli...</b>	
Material behaviour	Elastic
<b>EN 1992-1-1</b>	
Characteristic compressive cylinder...	25,00
Calculated depended values	<input checked="" type="checkbox"/>
Mean compressive strength fcm(2...	33,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength fctm(28) [MP...	2,60
fctk 0,05(28) [MPa]	1,80
fctk 0,95(28) [MPa]	3,40
Design compressive strength - pers...	16,67
Design compressive strength - acci...	20,83
Strain at reaching maximum streng...	20,0
Ultimate strain eps cu2 [1e-4]	35,0
Strain at reaching maximum streng...	17,5
Ultimate strain eps cu3 [1e-4]	35,0
Stone diameter (dg) [mm]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R
Type of aggregate	Quartzite

Tablica 2. Karakteristike razreda tlačne čvrstoće betona C25/30

## 2.2 Armatura

Kao armatura koristit će se betonski čelik B 500 B za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature prema gornjoj tablici.

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema zahtjevima ovog projekta i projektu betona, kojeg je dužan izraditi izvođač radova. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

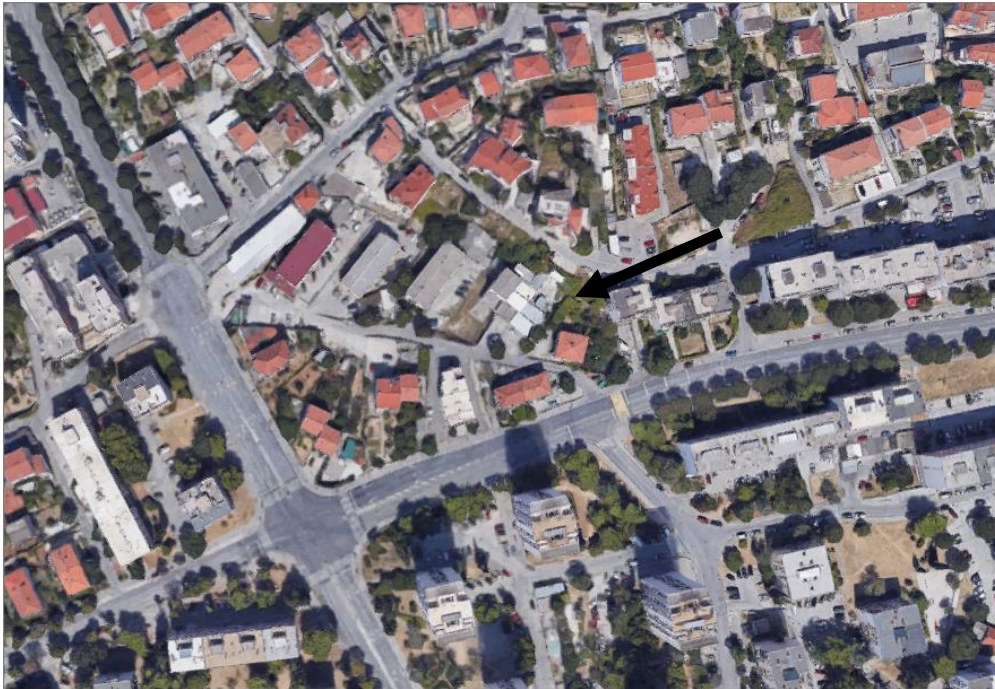
Name	B 500B
<b>Code independent</b>	
Material type	Reinforcement steel
Thermal expansion [m/mK]	0,00
Unit mass [kg/m <sup>3</sup> ]	7850,0
E modulus [MPa]	2,0000e+05
Poisson coeff.	0,2
Independent G modulus	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	8,3333e+04
Log. decrement (non-uniform damp...	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [W/mK]	4,5000e+01
Bar surface	Ribbed ▾
Order in code	5
<b>Material behaviour for nonlin...</b>	
Material behaviour	Elastic ▾
<b>EN 1992-1-1</b>	
Characteristic yield strength fyk [MPa]	500,0
Calculated depended values	<input checked="" type="checkbox"/>
Characteristic maximum tensile stren...	540,0
Coefficient k = ftk / fyk [-]	1,08
Design yield strength - persistent (fy...	434,8
Design yield strength - accidental (fy...	500,0
Maximum elongation eps uk [1e-4]	500,0
Class	B
Reinforcement type	Bars ▾
Fabrication	Hot rolled ▾

Tablica 3. Karakteristike čelika za armiranje B500B (DCM)

### 3 SMJEŠTAJ I TLOCRT ZGRADE

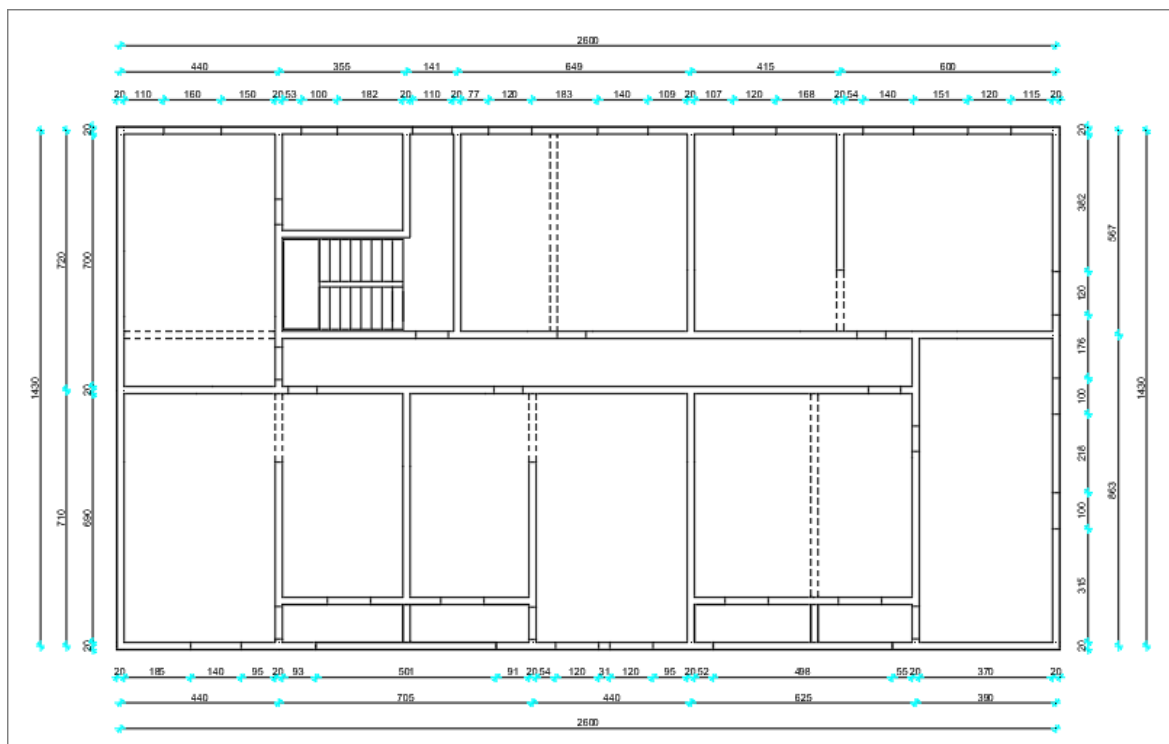
Stambena zgrada je smještena u Splitu, u Velebitskoj ulici.

#### 3.1 Položaj zgrade u odnosu na okolni teren



Slika 1. Situacija - položaj zgrade u odnosu na okolni teren

#### 3.2 Tlocrt prizemlja



Slika 2. Karakteristični tlocrt

## 4 ANALIZA OPTEREĆENJA

### • MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA – AB PLOČA KATOVA:

Stalno djelovanje:

Vlastita težina (d=17 cm) ; $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ .....	4,25 kN/m <sup>2</sup>
Pregradni zidovi.....	1,00 kN/m <sup>2</sup>
Završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka.....	0,59 kN/m <sup>2</sup>
a-c estrih; d=5 cm; $\gamma=22 \text{ kN/m}^3$ .....	1,10 kN/m <sup>2</sup>
	<u>g=6,94 kN/m<sup>2</sup></u>
	g=2,69 kN/m <sup>2</sup>
	q=1,50 kN/m <sup>2</sup>

bez AB ploče

Promjenjivo djelovanje:

### • STUBIŠTE:

Stalno djelovanje:

Vlastita težina armiranobetonske ploče h=17 cm.....	4,25 kN/m <sup>2</sup>
Dodatno stalno.....	<u>2,56 kN/m<sup>2</sup></u>
	g=6,81 kN/m <sup>2</sup>
	g=2,56 kN/m <sup>2</sup>
	q=3,00 kN/m <sup>2</sup>

bez AB ploče

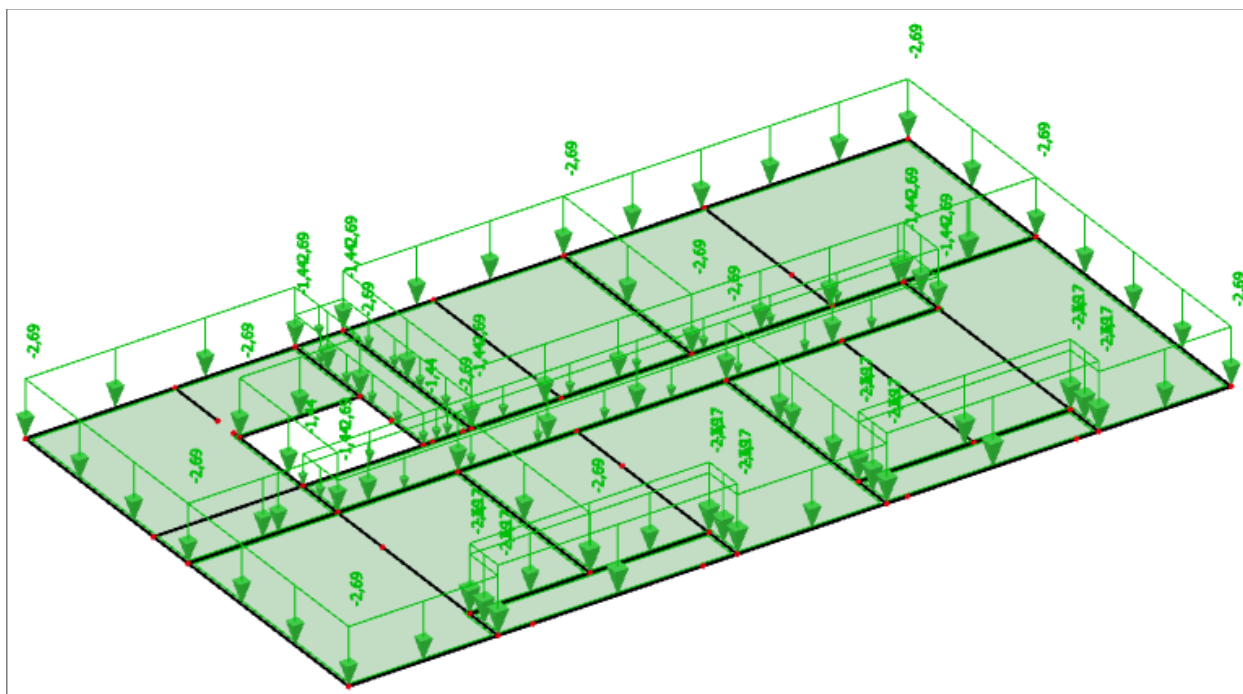
Promjenjivo djelovanje:

### • TERASE, BALKONI:

Stalno djelovanje:

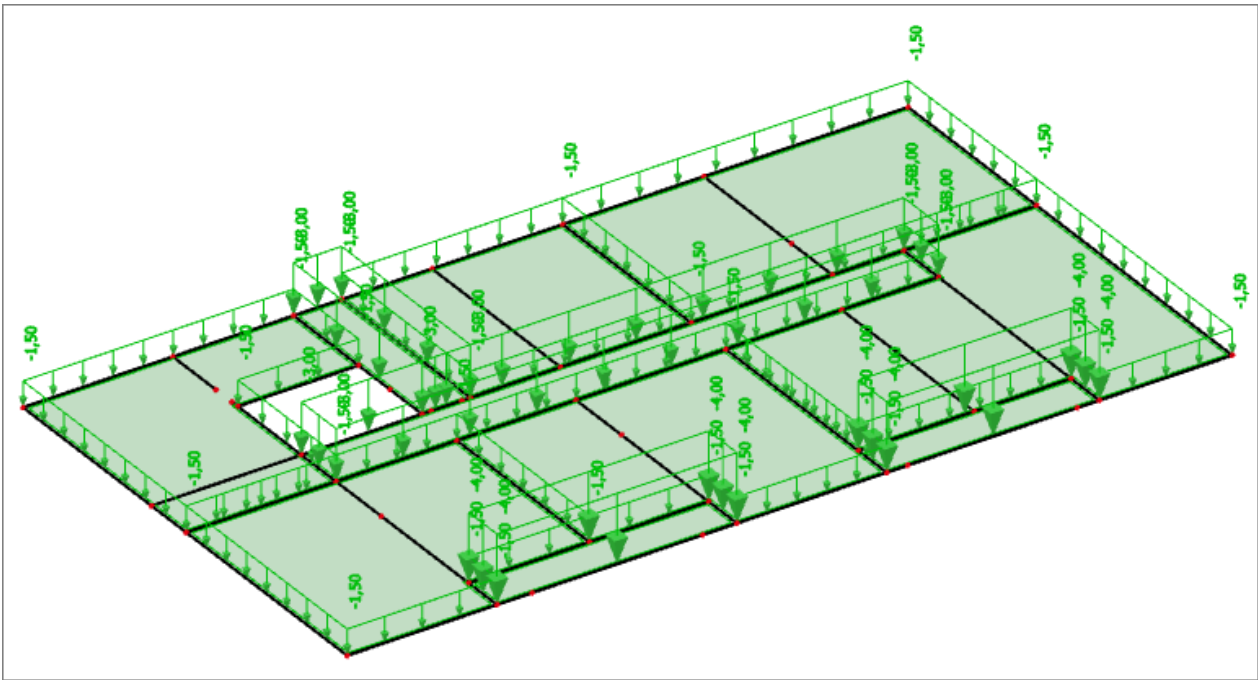
Vlastita težina (d=17 cm) ; $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$ .....	4,25 kN/m <sup>2</sup>
Dodatno stalno.....	<u>3,17 kN/m<sup>2</sup></u>
	g=7,42 kN/m <sup>2</sup>
	q=4,00 kN/m <sup>2</sup>

Promjenjivo djelovanje:



Slika 3. Stalno djelovanje međukatne konstrukcije





Slika 4. Promjenjivo djelovanje međukatne konstrukcije

• **MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA – AB PLOČA NADGRAĐA – RAVNI KROV:**

Stalno djelovanje:

Vlastita težina ( $d=17$  cm) ;  $\gamma=25$  kN/m<sup>3</sup>.....

Završni sloj poda, izolacije, instalacije, žbuka.....

a-c estrih;  $d=5$  cm;  $\gamma=22$  kN/m<sup>3</sup>.....

4,25 kN/m<sup>2</sup>

3,67 kN/m<sup>2</sup>

1,10 kN/m<sup>2</sup>

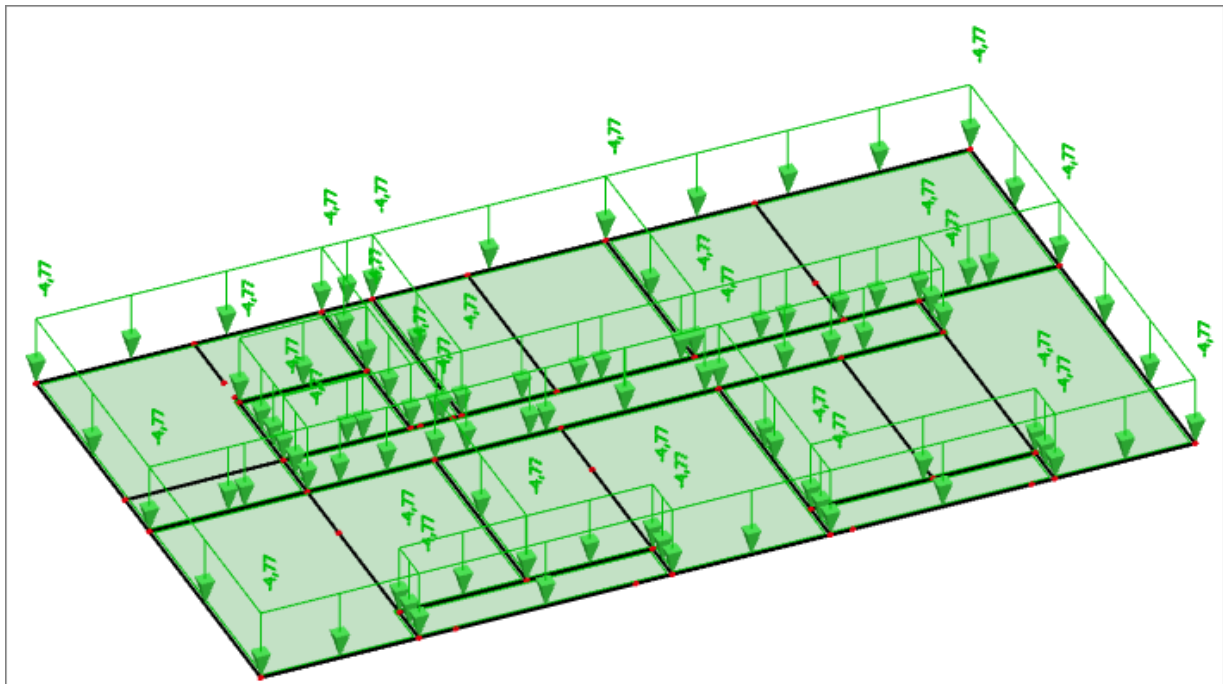
$g=9,02$  kN/m<sup>2</sup>

$g=4,77$  kN/m<sup>2</sup>

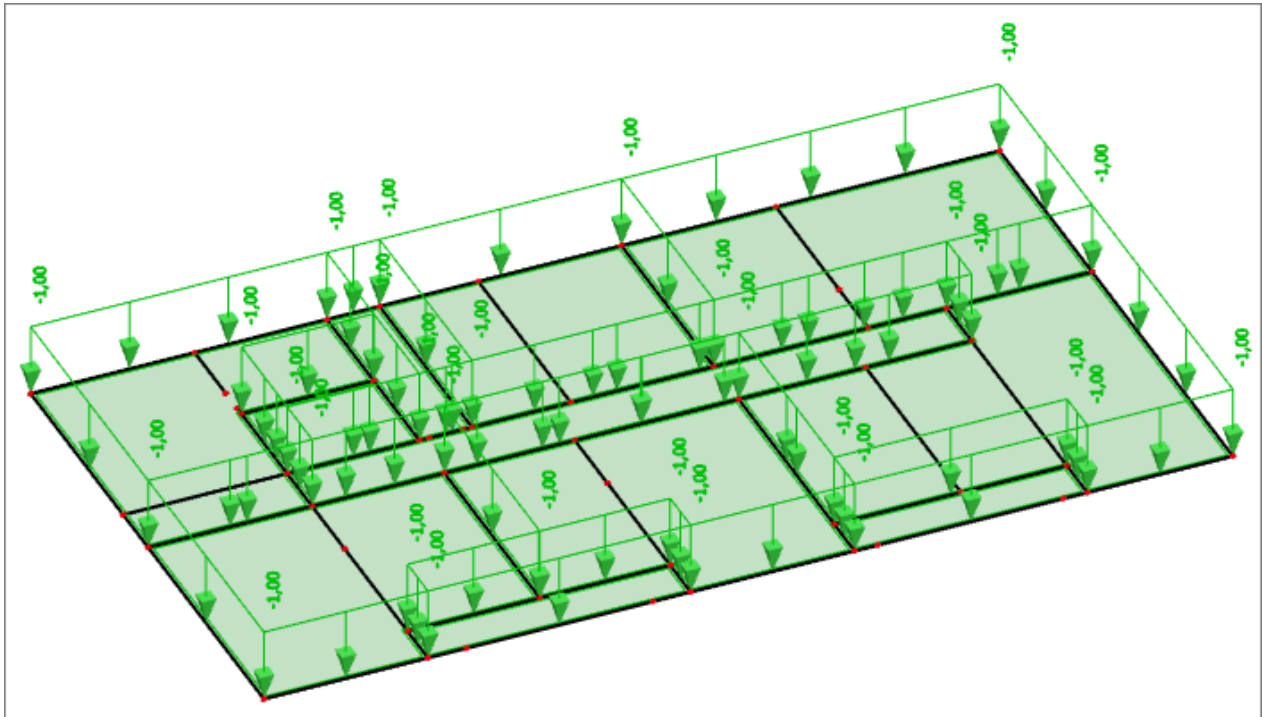
$q=1,00$  kN/m<sup>2</sup>

bez AB ploče

Promjenjivo djelovanje:



Slika 5. Stalno djelovanje krovne konstrukcije



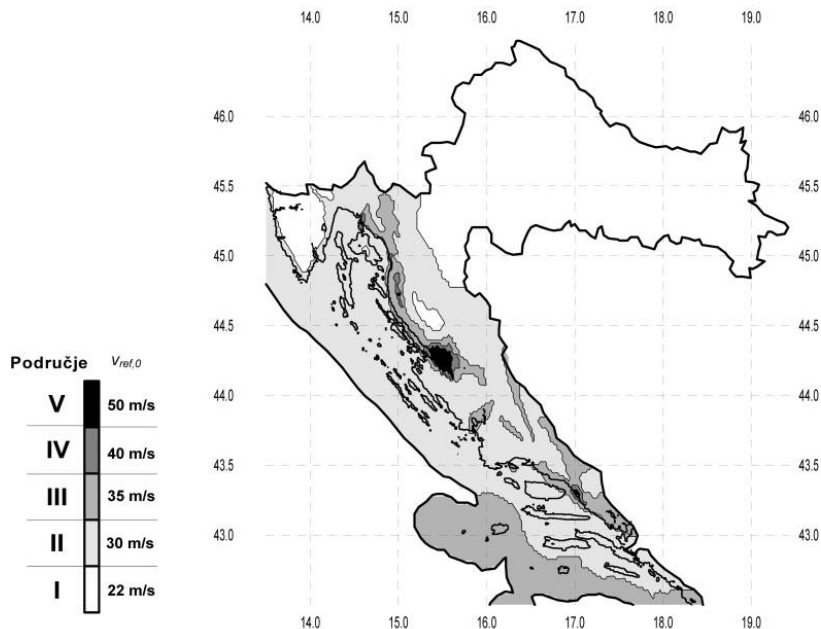
Slika 6. Promjenjivo djelovanje krovne konstrukcije



## 4.1 Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom određeno je prema: EC1, Dio 2-4: Djelovanja vjetra i Europskoj normi EN 1991-2-4: Djelovanja na konstrukcije opterećenje vjetrom te Nacionalnom dokumentu za primjenu u Republici Hrvatskoj.

Građevina je na poziciji gdje je uglavnom zaštićena od djelovanja vjetra. Prema navedenim normama, predmetna lokacija je smještena u III područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra:



$$v_{b,0} = 35.0 \text{ m/s}$$

$$C_{dir} = 1.0$$

$$C_{tem} = 1.0$$

$$C_{alt} = 1.0 + 0.0001 \cdot a_s \quad ; \quad a_s = 0 \text{ m n.m.} \quad ; \quad C_{alt} = 1.0$$

$$v_{ref} = C_{dir} \cdot C_{tem} \cdot C_{alt} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 35.0 = 35.0 \text{ m/s}$$

Koeficijent položaja  $c_e(z)$  za kategoriju terena IV i prosječnu visinu do 10 m iznad terena:

$$c_e(z) \approx 1.2$$

Koeficijent položaja  $c_e(z)$  za kategoriju terena IV i visinu do 13.3 m iznad terena:

$$c_e(z) \approx 1.3$$

Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3 \approx 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- za visinu do 10 m

$$q_p(z) = 1.2 \cdot \frac{1.25}{2} \cdot 35.00^2 = 920.0 \text{ N/m}^2 = 0.92 \text{ kN/m}^2$$

- tlak vjetra na vanjske površine:  $w_e = q_p(z_e) \cdot C_{pe}$

$$C_{pe,10} = 0.8 \rightarrow w_e = 0.92 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.8 = 0.74 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{pe,10} = -0.5 \rightarrow w_e = 0.92 \text{ kN/m}^2 \cdot (-0.5) = -0.46 \text{ kN/m}^2$$

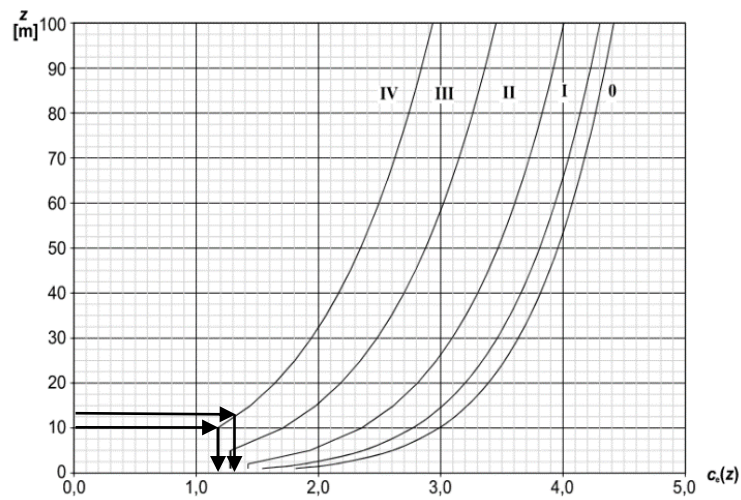
$$\rho_{zr} = 1.25 \text{ kg/m}^3 \approx 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- za visinu do 13.3 m

$$q_p(z) = 1.3 \cdot \frac{1.25}{2} \cdot 35.00^2 = 995.31 \text{ N/m}^2 = 0.99 \text{ kN/m}^2$$

- tlak vjetra na vanjske površine:  $w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$        $c_{pe,10} = 0.8 \rightarrow w_e = 0.99 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.8 = 0.79 \text{ kN/m}^2$

$c_{pe,10} = -0.5 \rightarrow w_e = 0.99 \text{ kN/m}^2 \cdot (-0.5) = -0.49 \text{ kN/m}^2$



Slika 7. Koeficijent položaja  $c_e(z)$  u ovisnosti o visini  $z$  iznad terena i kategorijama terena 0 do IV

## 4.2 Opterećenje snijegom

Nadmorska visina [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	I	II	III	IV
0	0,88	0,75	0,14	0,18
100	1,09	1,05	0,45	0,33
200	1,31	1,38	0,80	0,50
300	1,55	1,76	1,20	0,70
400	1,80	2,18	1,65	0,92
500	2,06	2,63	2,15	1,16
600	2,34	3,13	2,70	



Predmetni objekt se nalazi u Splitu. Prema prijedlogu NAD-a i istraživanja opterećenja snijegom na području republike Hrvatske (K. Zaninović, M. Gajić-Čapka, B. Androić, I. Džeba, D. Dujmović – Određivanje karakterističnog opterećenja snijegom, Građevinar, 6, 59, 2001.) te preporukama europske norme ENV 1991-2-3:1995, karakteristično opterećenje snijegom je  $s_k = 0.14 \text{ kN/m}^2$  (Zona III).

### 4.3 Opterećenje uslijed djelovanja potresa

Računsko ubrzanje tla:

Granično stanje nosivosti:

(TNCR=475 godina; 50 godina; PNCR=10%):  $a_{gr,GSN}=0.22\text{ g} = 2.16\text{ m/s}^2$

Granično stanje uporabljivosti:

(TNCR=95 godina; 10 godina; PNCR=10%):  $a_{gr,GSU}=0.12\text{ g} = 1.18\text{ m/s}^2$

Faktor važnosti građevine:  $\gamma=1.0$

Razred duktilnosti: **DCM**

Potresno opterećenje:

**S<sub>x</sub>** potresno opterećenje u smjeru osi x (zadan spektar odgovora za smjer x + 30% spektra odgovora za smjer y)

**S<sub>y</sub>** potresno opterećenje u smjeru osi y (zadan spektar odgovora za smjer y + 30% spektra odgovora za smjer x)

#### Određivanje faktora ponašanja

$$q = q_0 \times k_w \geq 1.5$$

**q<sub>0</sub>** - osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o vrsti konstrukcije, njezinoj duktilnosti i pravilnosti po visini (tablica 1.)

**k<sub>w</sub>** - faktor prevladavajućeg oblika sloma konstrukcijskih sustava sa zidovima (tablica 2.)

Pri određivanju faktora ponašanja **q<sub>0</sub>** kvocijent  $\alpha_u / \alpha_1$  (tablica 4.4.) predstavlja faktor uvećanja, gdje je:

**α<sub>1</sub>** - vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prvom dostizanju nosivosti na savijanje u bilo kojem elementu konstrukcije (pojava plastifikacije zglobova)

**α<sub>u</sub>** - vrijednost kojom je proračunsko horizontalno potresno djelovanje uvećano pri prelasku konstrukcije u mehanizam (pojava dovoljnog broja plastičnih zglobova)

Vrsta konstrukcije	DCM	DCH
okvirni sustav dvojni sustav zidni sustav s povezanim zidovima	$3 \cdot \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
zidni sustav s nepovezanim zidovima	3,0	$4 \cdot \alpha_u / \alpha_1$
torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Tablica 1. Osnovne vrijednosti faktora ponašanja **q<sub>0</sub>** za konstrukcije koje zadovoljavaju uvjet pravilnosti po visini

Vrsta konstrukcije	k <sub>w</sub>
okvirne konstrukcije i njima istovrijedni dvojni sustavi	1,0
zidni sustavi sustavi istovrijedni zidnim sustavima torzijski savitljivi sustavi	$0,5 \leq (1 + \alpha_0) / 3 \leq 1,0$

Tablica 2. Vrijednost faktora **k<sub>w</sub>**

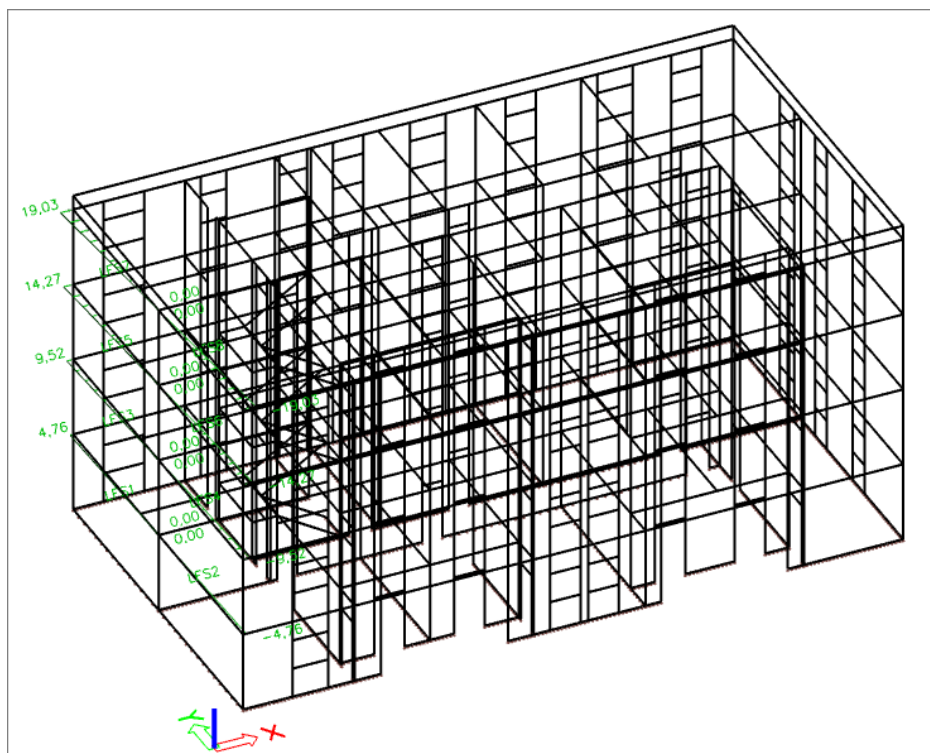
$$q_0 = 3.0 \times (\alpha_u / \alpha_1) \rightarrow q_0 = 3.0 \times 1.2 = 3.6$$

$$k_w = (1 + \alpha_0) / 3 = (1 + 0.56) / 3 = 0.52 \quad \alpha_0 = \sum H_{wi} / \sum l_{wi} = 3.2 / 5.67 = 0.56$$

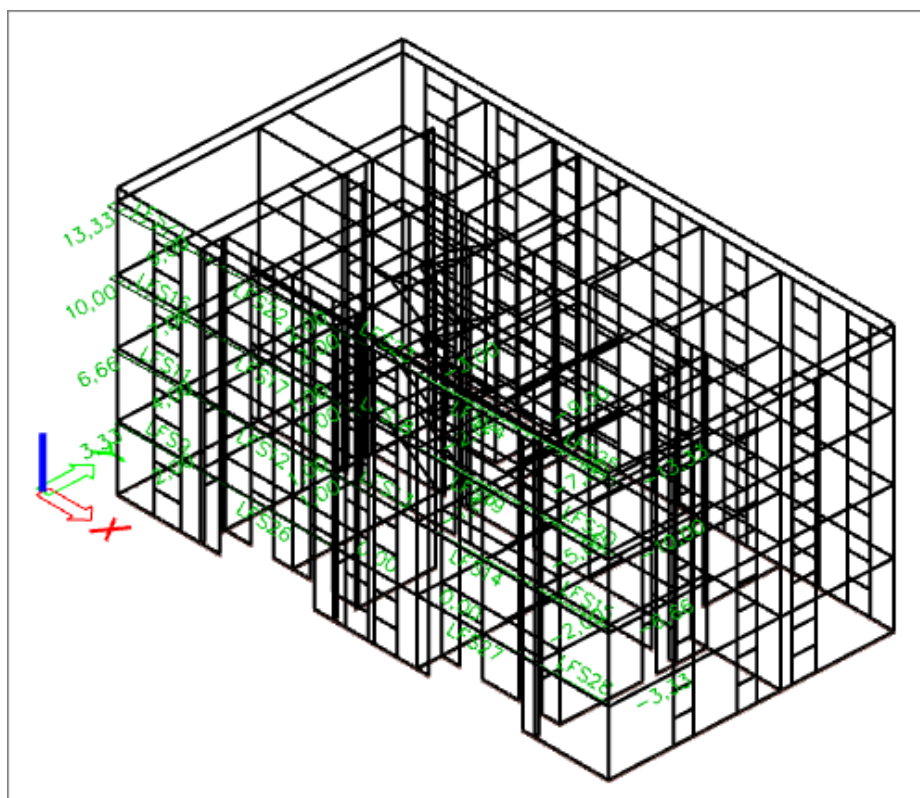
$$q = q_0 \times k_w = 3.6 \times 0.52 = 1.87$$

$$q = 1.8$$

#### 4.4 Slučajni torzijski učinci

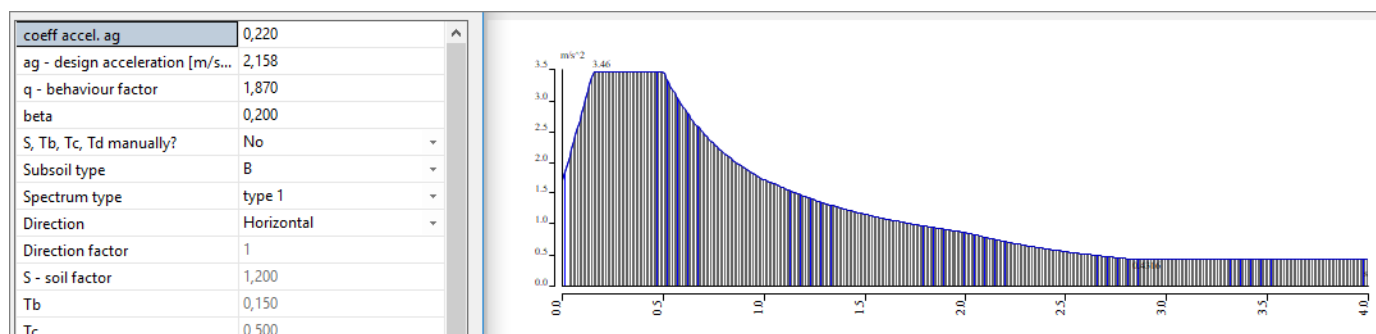


Slika 8. Slučajni utjecaj torzije u smjeru x



Slika 9. Slučajni utjecaj torzije u smjeru y

## 5 Proračun konstrukcije na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM) metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998-1:2011 pomoću računalnog programa Scia Engineer 18.1



Tablica 3. Prikaz osnovnih informacija o proračunskom spektru

### 5.1 Prikaz rezultata modalne analize

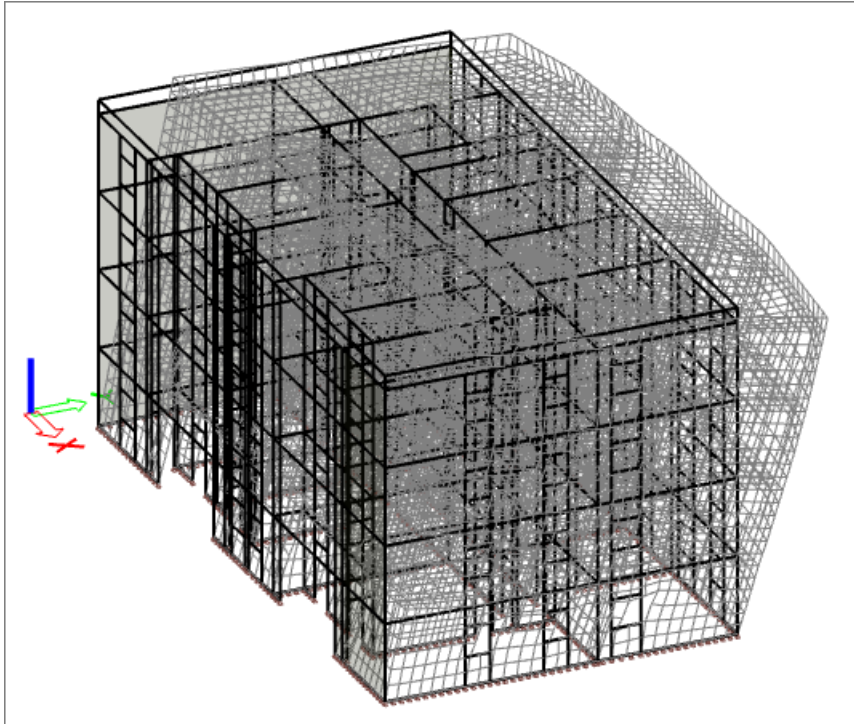
Modal participation factors									
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	79.7902	0.0787	12.6990	0.0033	0.7474	0.0001	0.1349	0.0000	0.0064
2	82.7673	0.0759	13.1728	0.0216	0.0025	0.0158	0.0022	0.0303	0.0015
3	86.7950	0.0724	13.8139	0.6843	0.0068	0.0001	0.0010	0.0509	0.0605
4	96.1656	0.0653	15.3052	0.0004	0.0001	0.0039	0.0008	0.0034	0.0002
5	97.8838	0.0642	15.5787	0.0007	0.0001	0.0026	0.0004	0.0021	0.0005
6	98.7666	0.0636	15.7192	0.0025	0.0007	0.0319	0.0064	0.0289	0.0025
7	102.0594	0.0616	16.2433	0.0011	0.0003	0.0097	0.0048	0.0104	0.0019
8	102.4077	0.0614	16.2987	0.0000	0.0005	0.0005	0.0009	0.0001	0.0554
9	111.3455	0.0564	17.7212	0.0001	0.0000	0.0024	0.0000	0.0004	0.0004
10	112.5585	0.0558	17.9142	0.0034	0.0001	0.0078	0.0026	0.0010	0.0385
11	113.4055	0.0554	18.0490	0.0684	0.0012	0.0002	0.0045	0.0101	0.5796
12	114.9131	0.0547	18.2890	0.0074	0.0002	0.0118	0.0035	0.0106	0.0464
13	116.7057	0.0538	18.5743	0.0085	0.0001	0.0000	0.0001	0.0018	0.0023
14	118.4315	0.0531	18.8490	0.0001	0.0001	0.0122	0.0072	0.0002	0.0001
15	120.1117	0.0523	19.1164	0.0001	0.0000	0.0031	0.0014	0.0032	0.0001
16	123.2170	0.0510	19.6106	0.0003	0.0000	0.0035	0.0014	0.0031	0.0000
17	124.7183	0.0504	19.8543	0.0004	0.0000	0.0225	0.0124	0.0247	0.0002
18	128.2124	0.0490	20.4056	0.0024	0.0000	0.0006	0.0000	0.0017	0.0003
19	128.2712	0.0490	20.4150	0.0011	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002
20	130.6921	0.0481	20.8003	0.0000	0.0000	0.0030	0.0013	0.0000	0.0000
21	132.2961	0.0475	21.0556	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	134.7631	0.0466	21.4482	0.0003	0.0000	0.0014	0.0003	0.0005	0.0001
23	135.2224	0.0465	21.5213	0.0001	0.0000	0.0087	0.0031	0.0107	0.0000
24	135.6166	0.0463	21.5840	0.0000	0.0000	0.0051	0.0029	0.0000	0.0000
25	136.8830	0.0459	21.7856	0.0007	0.0000	0.0109	0.0030	0.0162	0.0000
26	136.9781	0.0459	21.8007	0.0006	0.0000	0.0020	0.0002	0.0001	0.0002
27	137.3670	0.0457	21.8626	0.0001	0.0001	0.0142	0.0095	0.0003	0.0000
28	138.2542	0.0454	22.0038	0.0001	0.0001	0.0211	0.0073	0.0001	0.0000
29	138.3915	0.0454	22.0257	0.0000	0.0000	0.0079	0.0031	0.0120	0.0000
30	138.8133	0.0453	22.0928	0.0008	0.0005	0.0100	0.0080	0.0094	0.0003
				0.8089	0.7610	0.2125	0.2233	0.2325	0.7975

Tablica 4. Prikaz sudjelujućih masa

Za proračun potresnog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Broj modova osciliranja zadan je u proračunu na 30 oblika (modova). Zbroj proračunskih modalnih masa za oblike koji su uzeti u obzir iznosi 80,89% za x smjer, te 76,1% za y smjer. Kako ukupna aktivacija mase u oba smjera mora biti najmanje 90% ukupne mase konstrukcije potrebno je u kombinacijama faktorirati potresne sile. U skladu s navedenim, korigirala sam potresne sile s korekcijskim faktorom 1,10 za potresne sile u smjeru x, te potresne sile u smjeru y s korekcijskim faktorom 1,15.

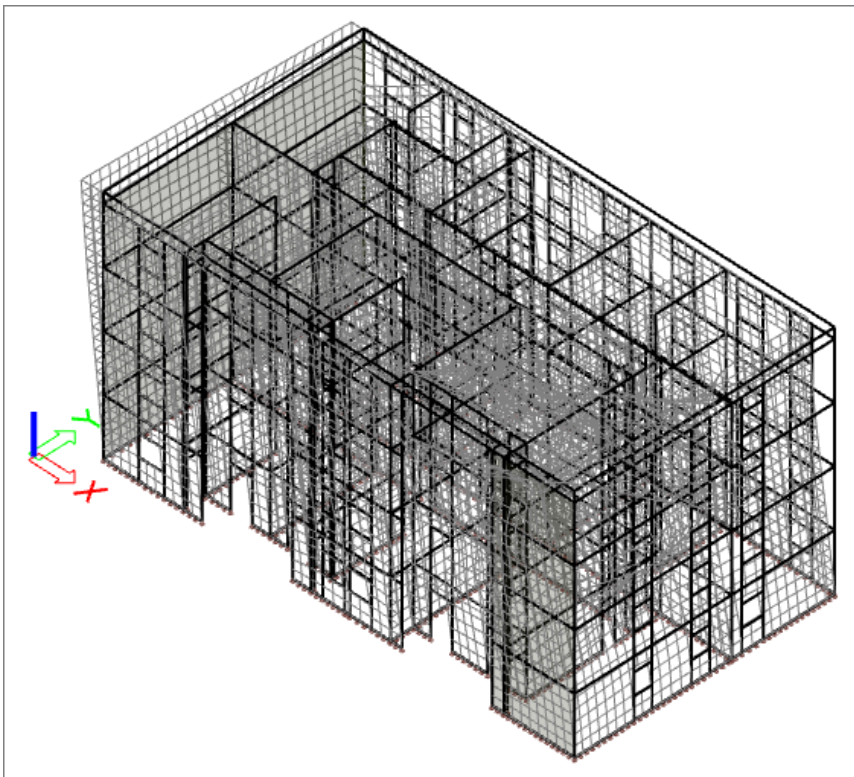


## Prvi vlastiti vektor



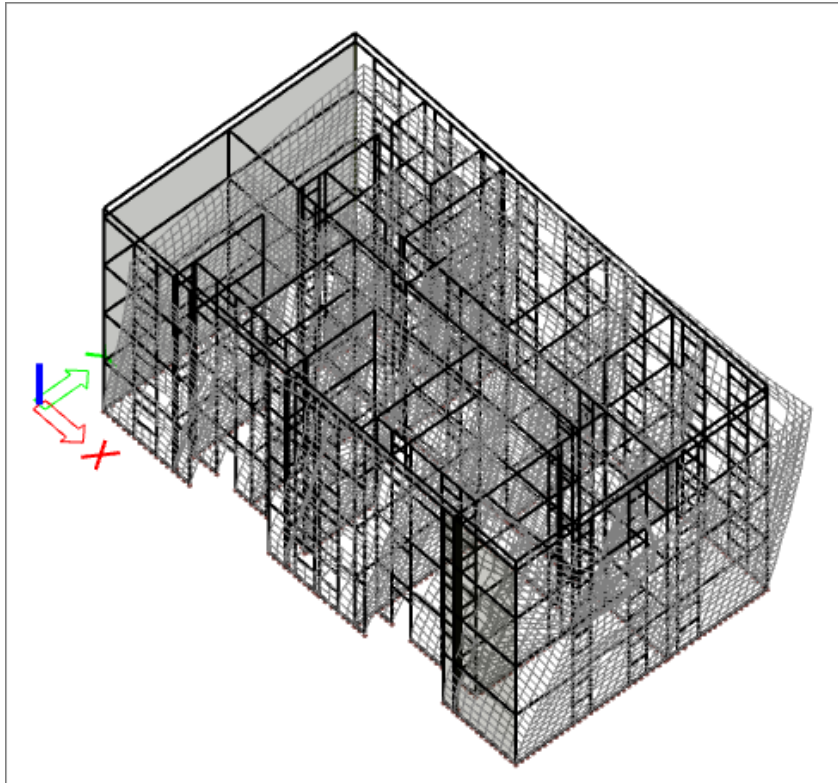
Slika 10. Grafički prikaz prvog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi y)

## Drugi vlastiti vektor



Slika 11. Grafički prikaz drugog vlastitog vektora (translacija u smjeru osi x)

## Treći vlastiti vektor



Slika 12. Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora (uvrtanje oko osi z)

## 6 Kombinacije djelovanja

$$\text{GSU 1} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.5 \cdot Q$$

$$\text{GSU 2} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.3 \cdot Q$$

$$\text{GSN} \rightarrow 1.35 \cdot G + 1.35 \cdot dG + 1.5 \cdot Q$$

$$\text{kS}_{x+} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_x + 1.0 \cdot T_x$$

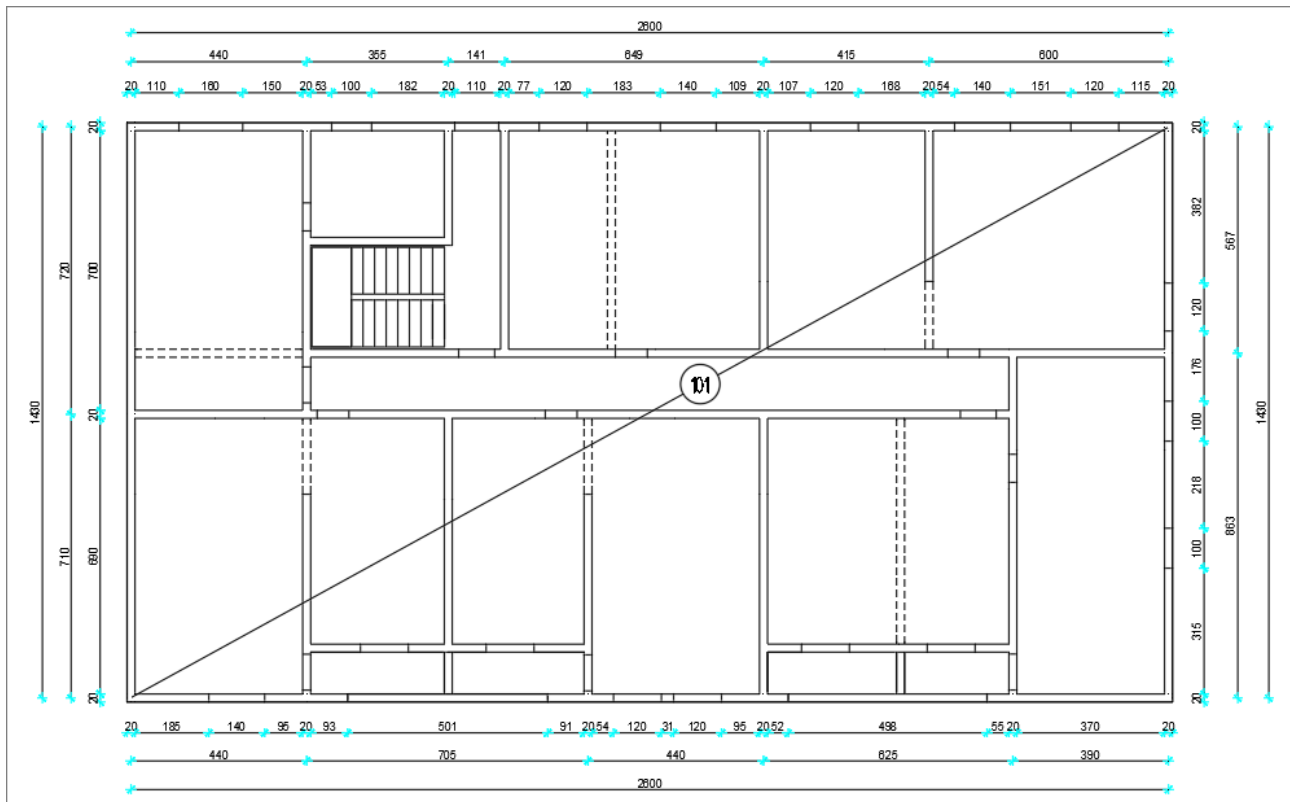
$$\text{kS}_{x-} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_x + (-1.0) \cdot T_x$$

$$\text{kS}_{y+} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_y + 1.0 \cdot T_y$$

$$\text{kS}_{y-} \rightarrow 1.0 \cdot G + 1.0 \cdot dG + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot S_y + (-1.0) \cdot T_y$$

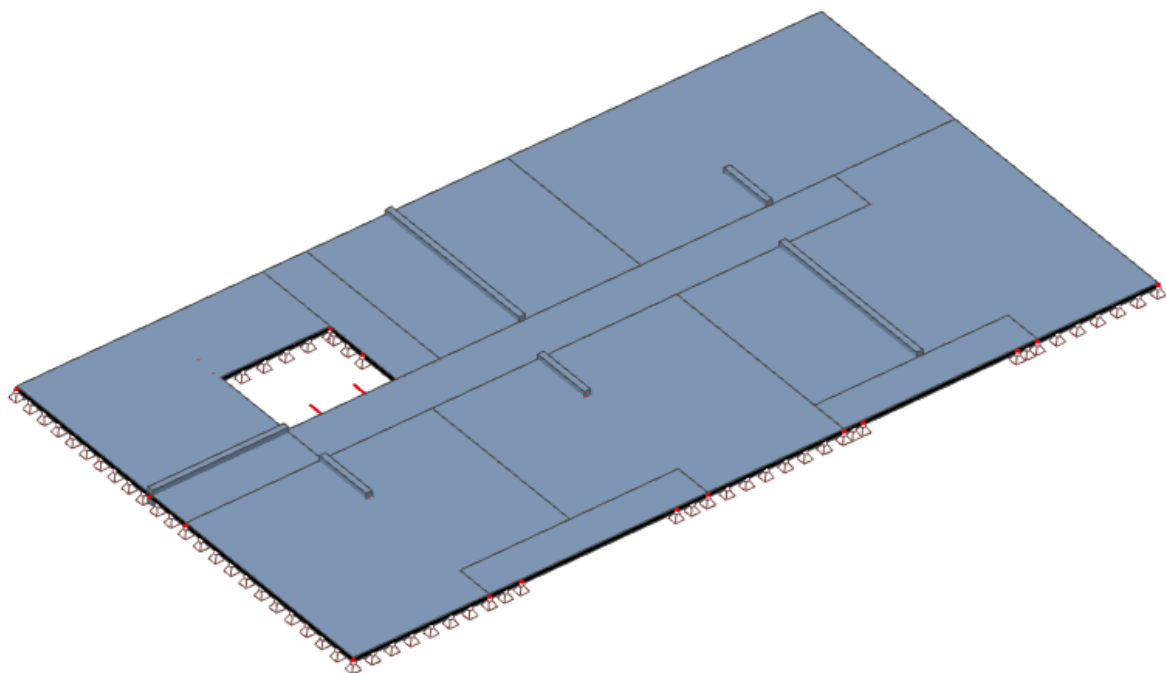


## 7 PRORAČUN MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE

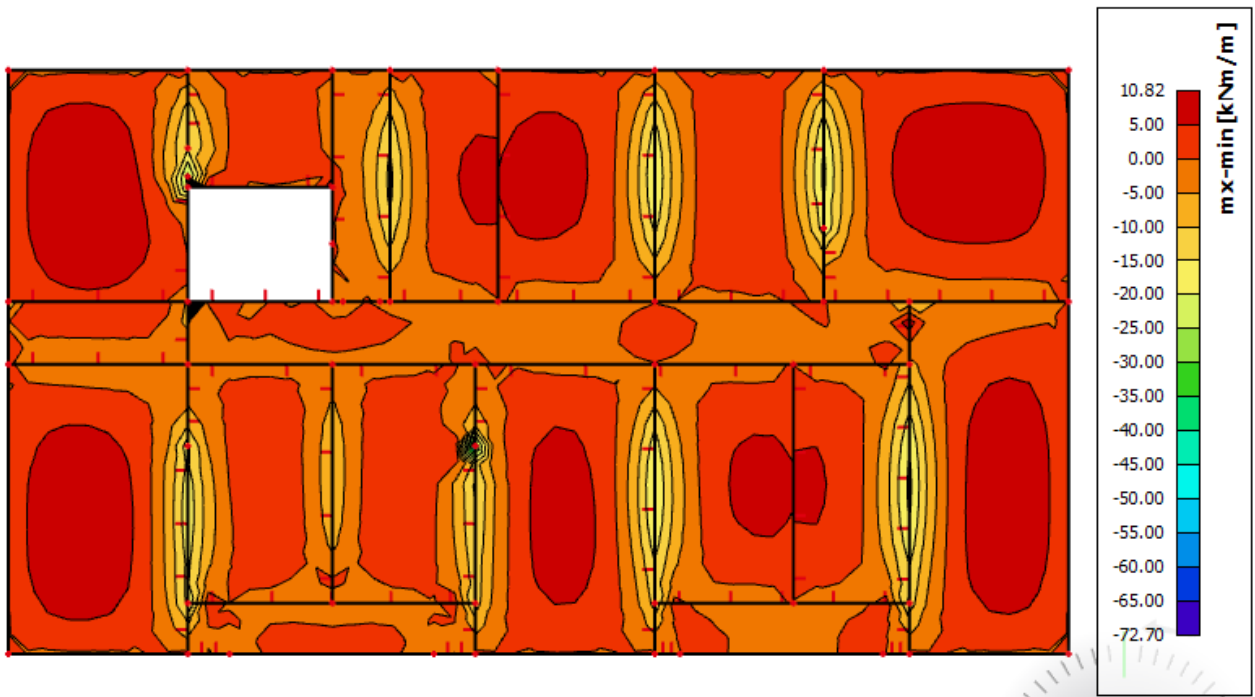


Slika 13. Prikaz pozicija 1. kata

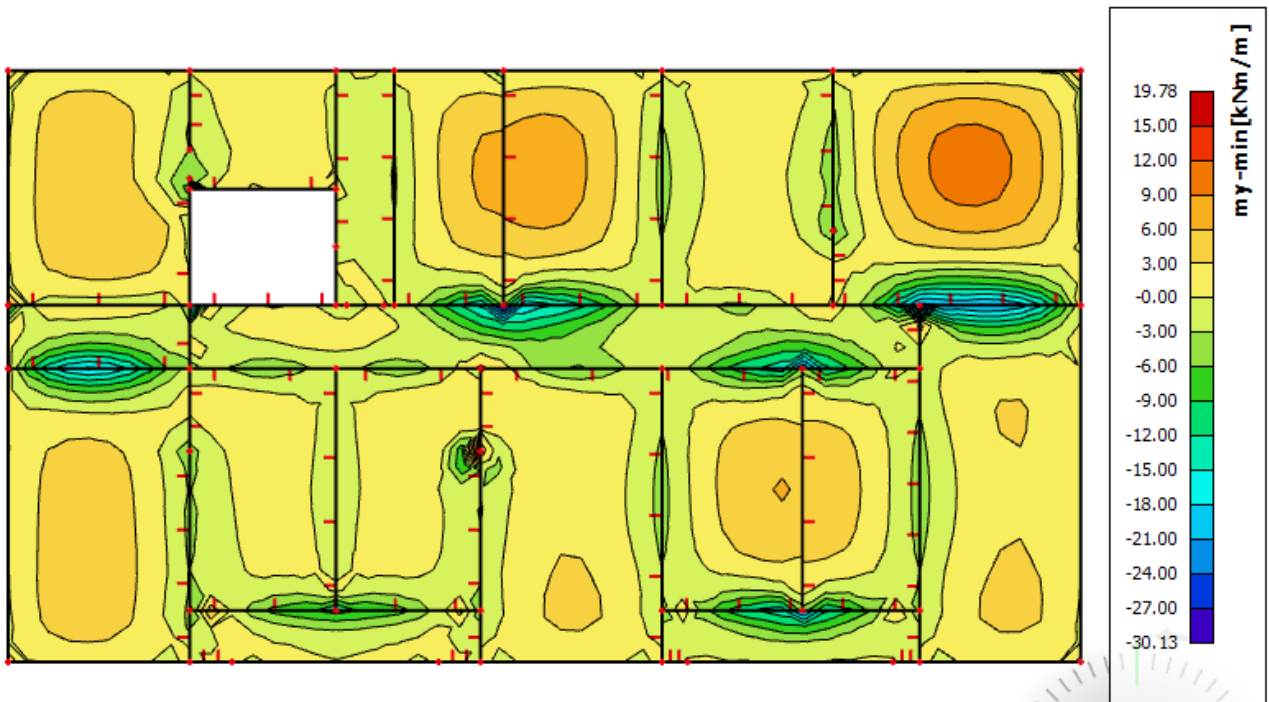
### 7.1 Prikaz modela i rezultata



Slika 14. Prikaz modela međukatne konstrukcije



Slika 15. Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSN



Slika 16. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSN

**Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:**

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

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12 ; k_1 = 0.15$$

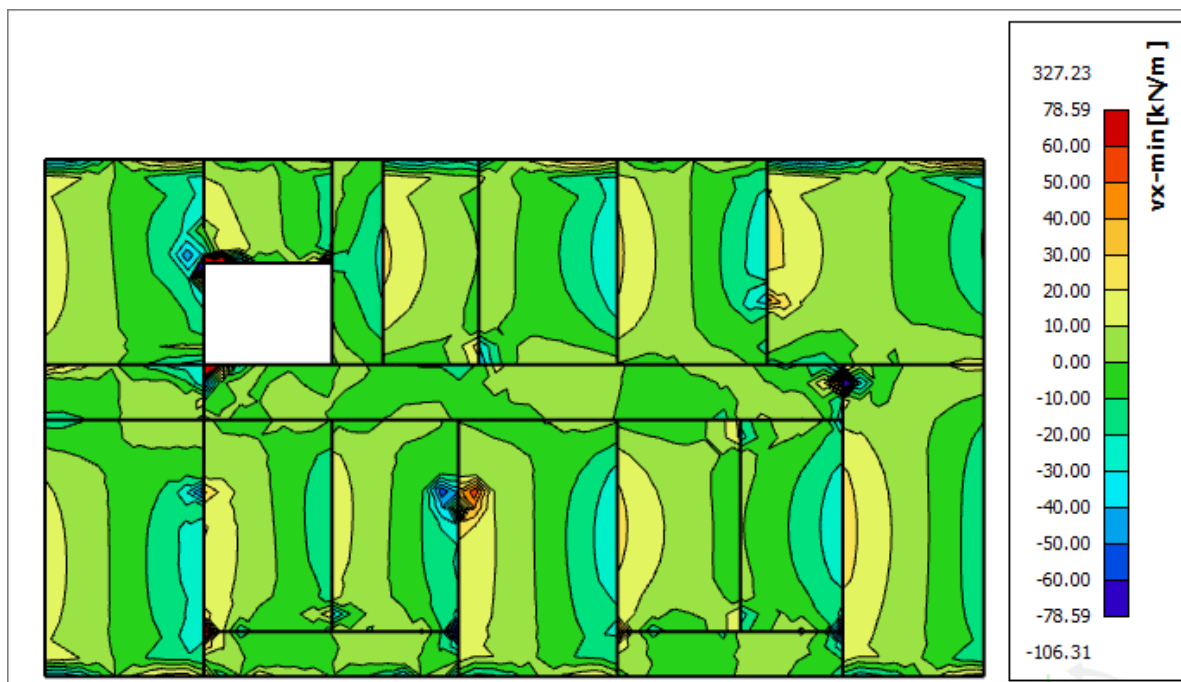
$$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2; (d \text{ u mm}); k = 1 + (200/145)^{(1/2)} = 2.17 = 2.0$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w * d) \leq 0.02 = 2.26 / (100 * 14.5) = 0.0016$$

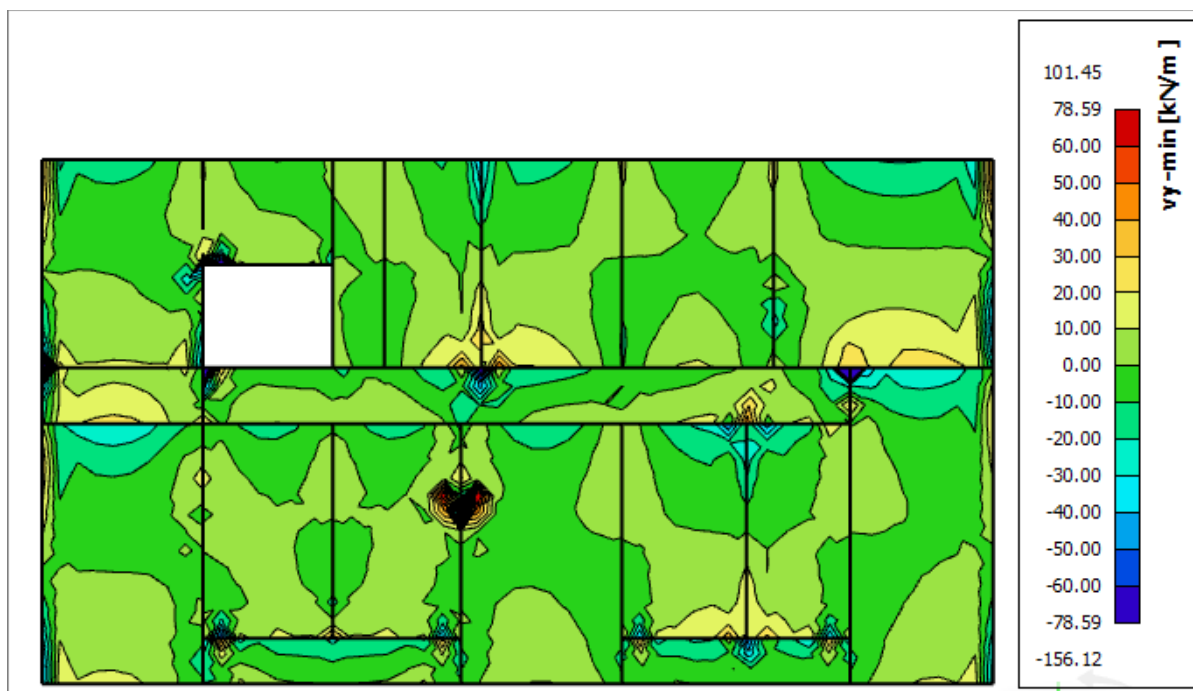
$$V_{Rd,c} = (0.12 * 2.00 * (100 * 0.0016 * 30)^{(1/3)} + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.145 * 1000 \quad V_{Rd,c} = 58.7 \text{ kN/m}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2.00^{(3/2)} * 30.0^{(1/2)} = 0.542$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0.542 + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.145 * 1000 = 78.59 \text{ kN/m}$$



Slika 17. Poprečne sile  $V_{Ed,x}$  (kN/m) za GSN

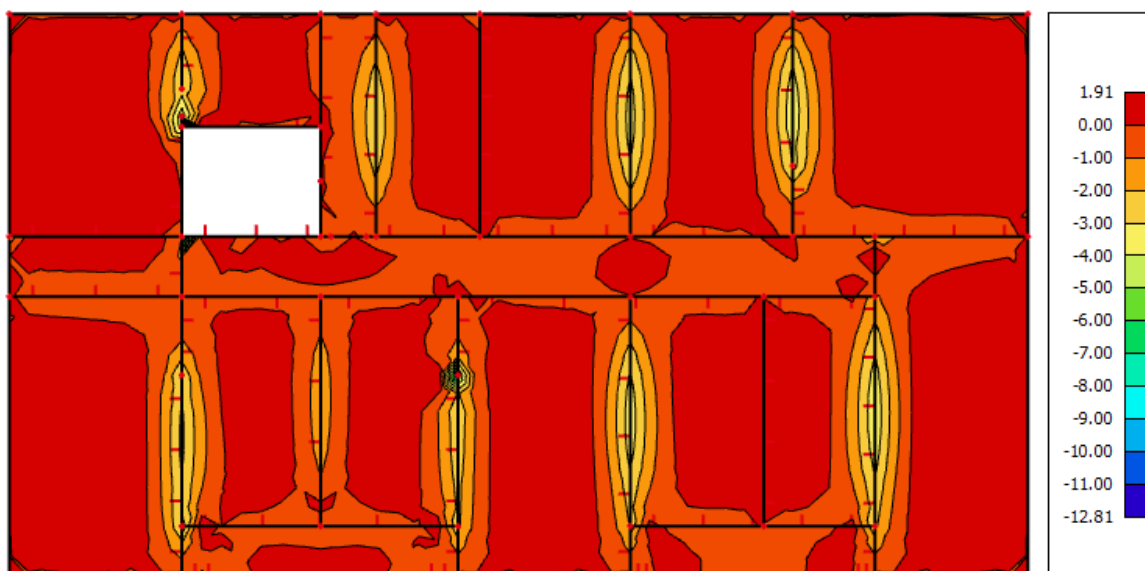


Slika 18. Poprečne sile  $V_{Ed,y}$  (kN/m) za GSN

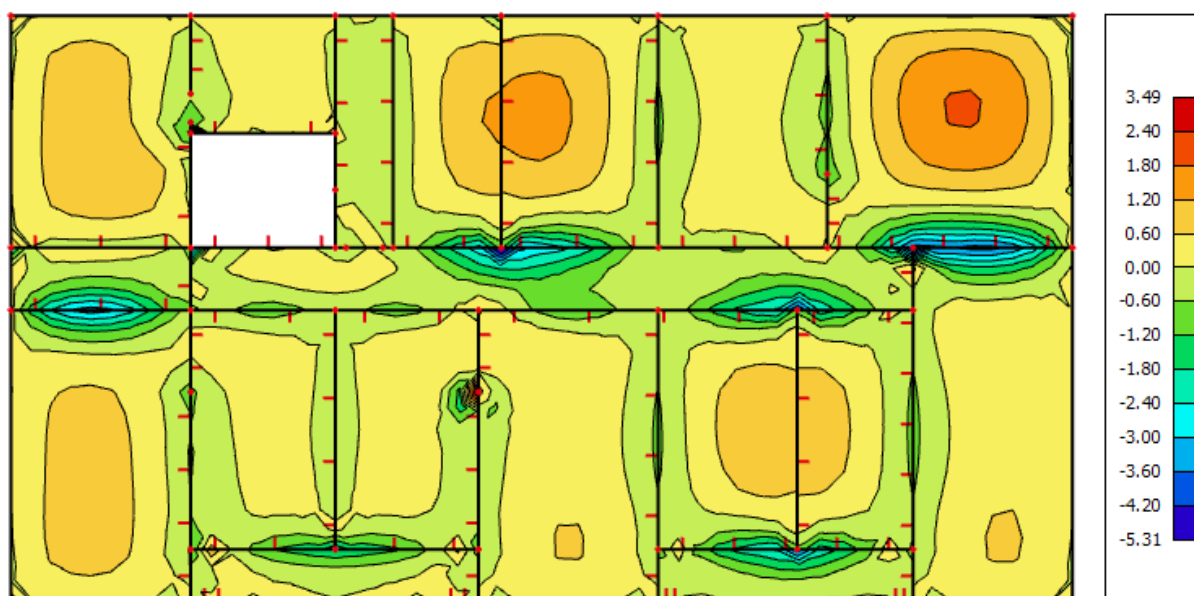
$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 14.5 = 2.18 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $A_{s,min} = 0.6 \cdot b \cdot d / f_{yk} = 0.6 \cdot 100 \cdot 14.5 / 500 = 1.74 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd} / f_{yd}) = 0.31 \cdot 100 \cdot 14.5 \cdot (25 / 1.5) / (500 / 1.15) = 17,23 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Za proračun armature ploča usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ .

Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 100 / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = M_{Sd} \cdot 100 / (0.9 \cdot 14.5 \cdot (50 / 1.15)) = A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 0.176$$

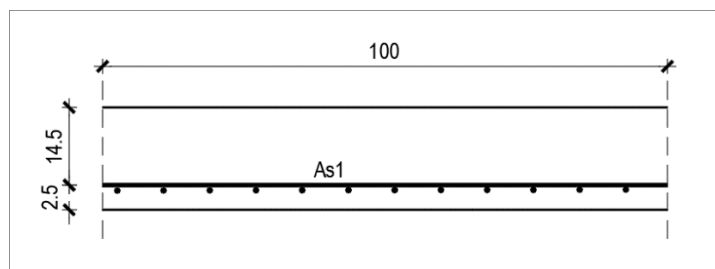


Slika 19. Armatura u ploči smjer  $A_{s,xx}$  ( $\text{cm}^2 / \text{m}$ ) za GSN



Slika 20. Armatura u ploči smjer  $A_{s,y,y}$  ( $\text{cm}^2 / \text{m}$ ) za GSN

## 7.2 Dimenzioniranje na moment savijanja



$h=17$  cm

Zaštitni sloj:  $a=2.5$  cm;  $d=14.5$  cm

Beton: C 30/37

$f_{ck}=30.0$  MPa

$E_{cm}=30.0$  GPa

Armatura: B 500B

$f_y=500$  MPa

Napomena: zbog preraspodjele dobivenu armaturu potrebno je umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%

Armatura u polju  $1.77 \text{ cm}^2 * 1.25 = 2.21 \text{ cm}^2$

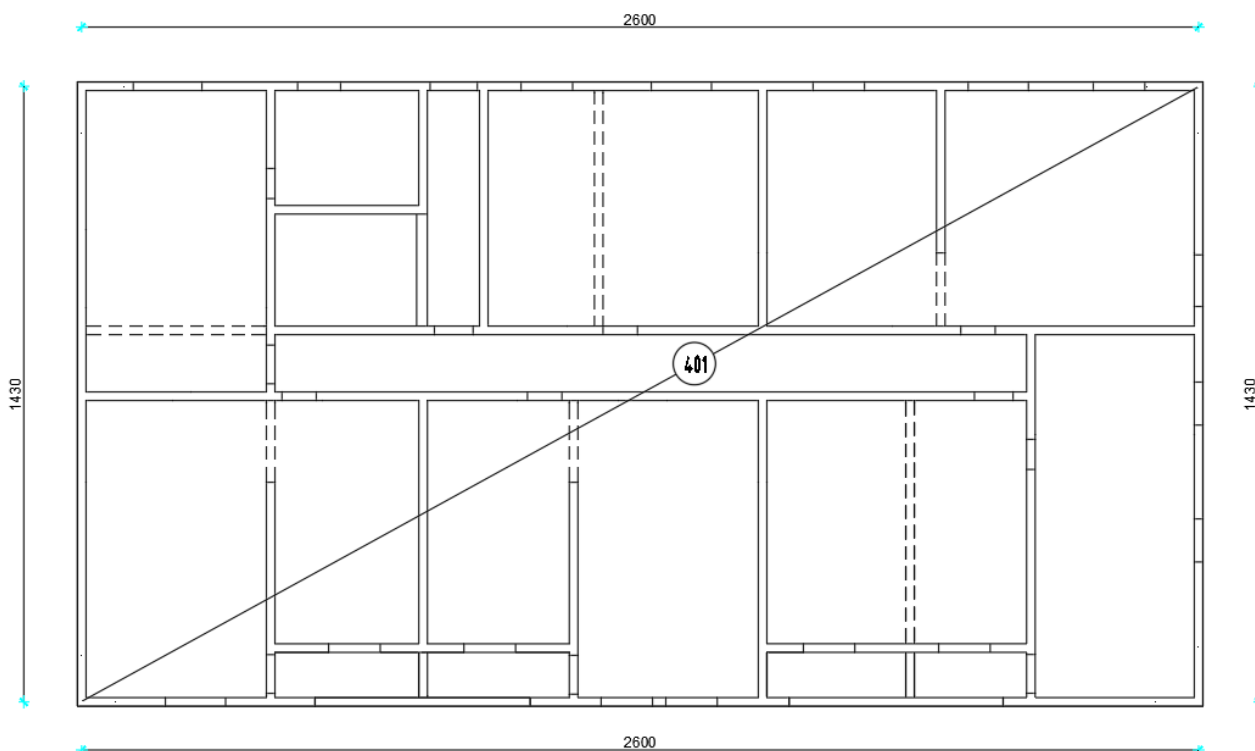
Armatura na ležaju  $2.84 \text{ cm}^2 * 0.85 = 2.41 \text{ cm}^2$

**ODABRANA ARMATURA Polje Q-226 (2,26 cm<sup>2</sup>/m)**

**Ležaj Q-283 (2,83 cm<sup>2</sup>/m)**

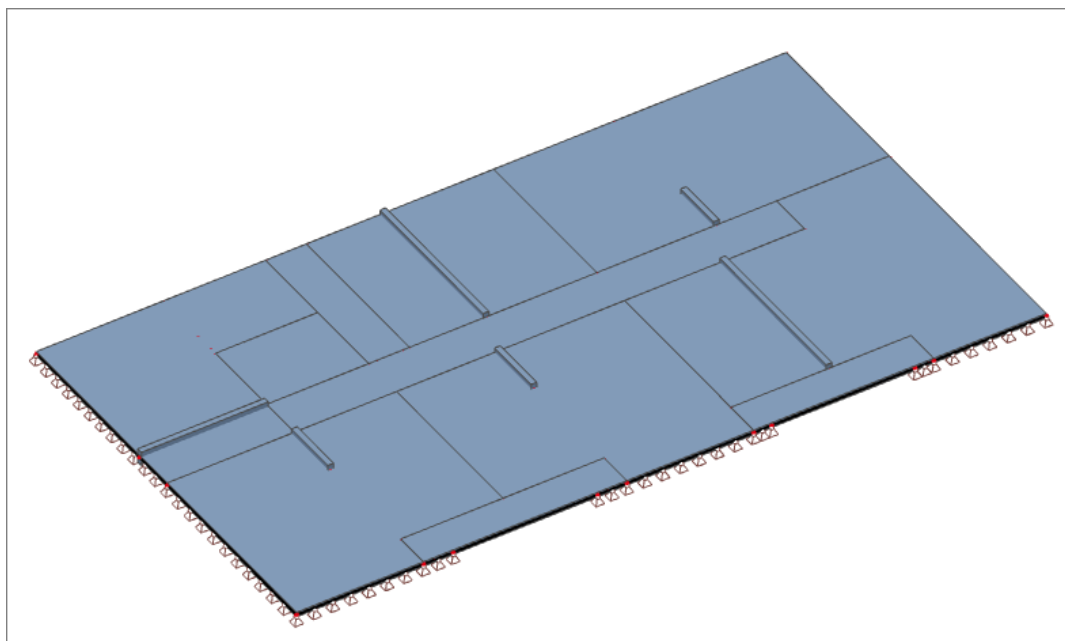
Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke  $\Phi 10$  u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

## 8 PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE

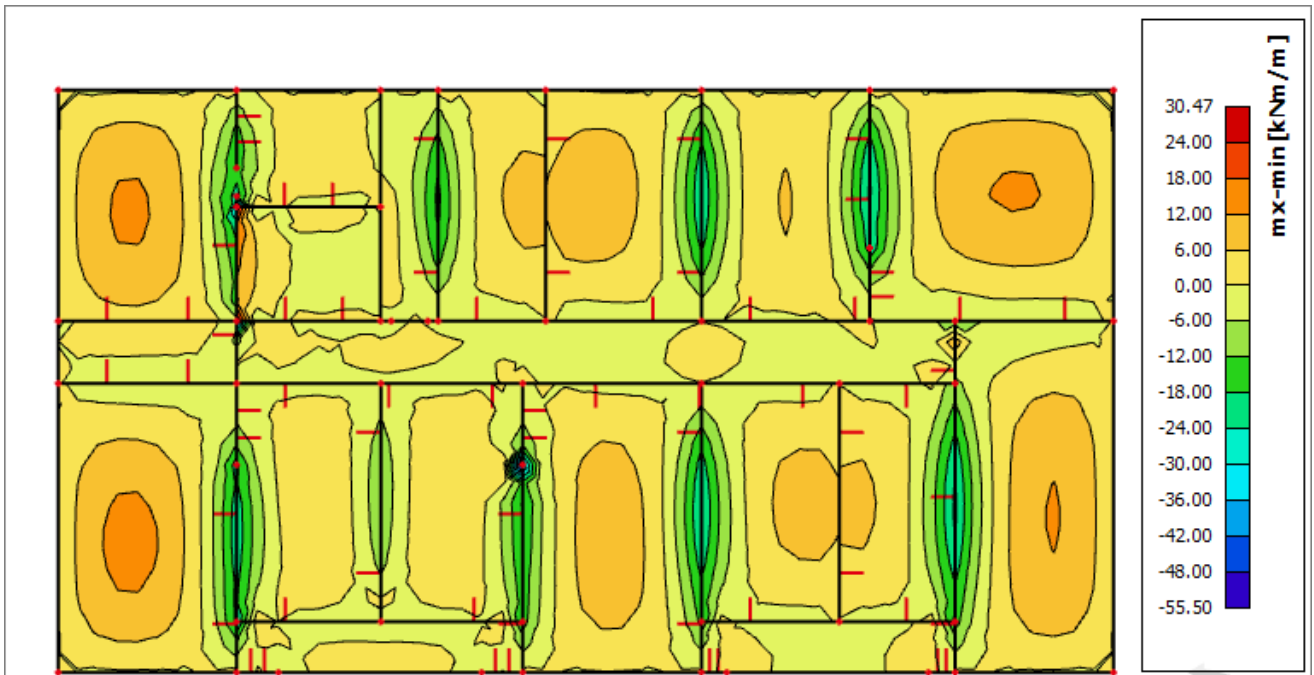


Slika 21. Prikaz pozicija krovne ploče

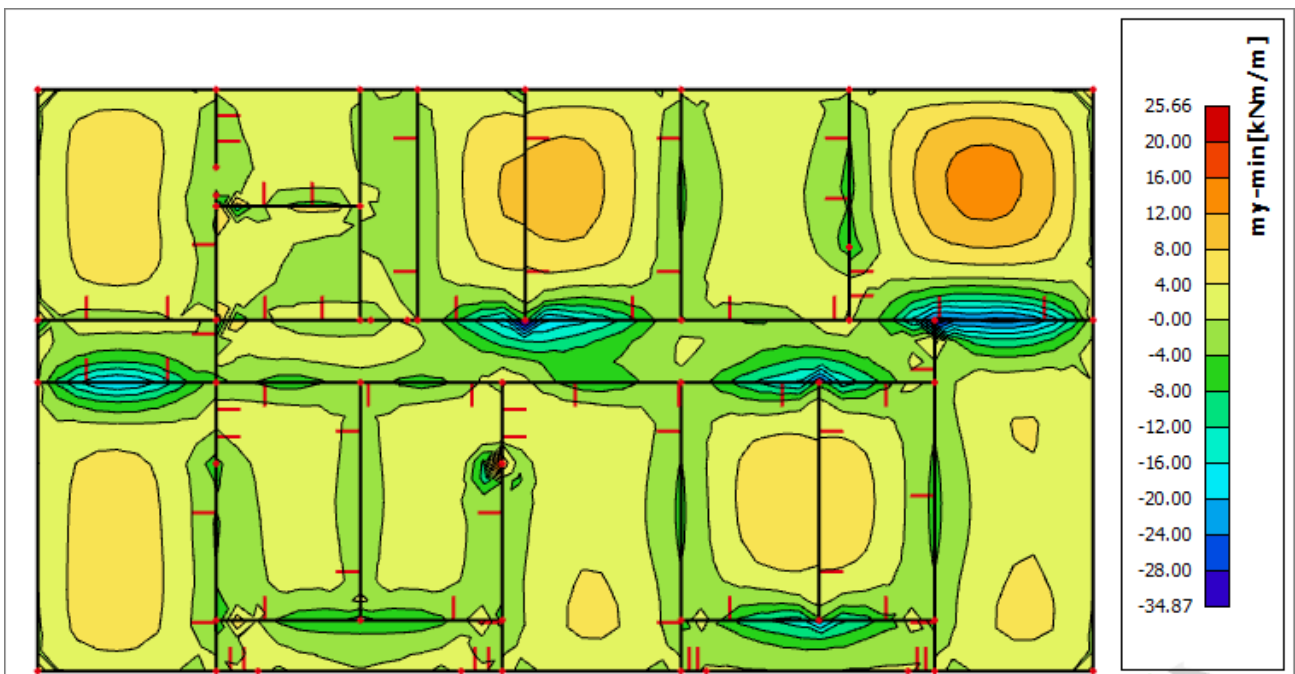
### 8.1 Prikaz modela i rezultata



Slika 22. Prikaz modela krovne ploče



Slika 23. Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSN



Slika 24. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSN

**Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:**

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

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12 ; k_1 = 0.15$$

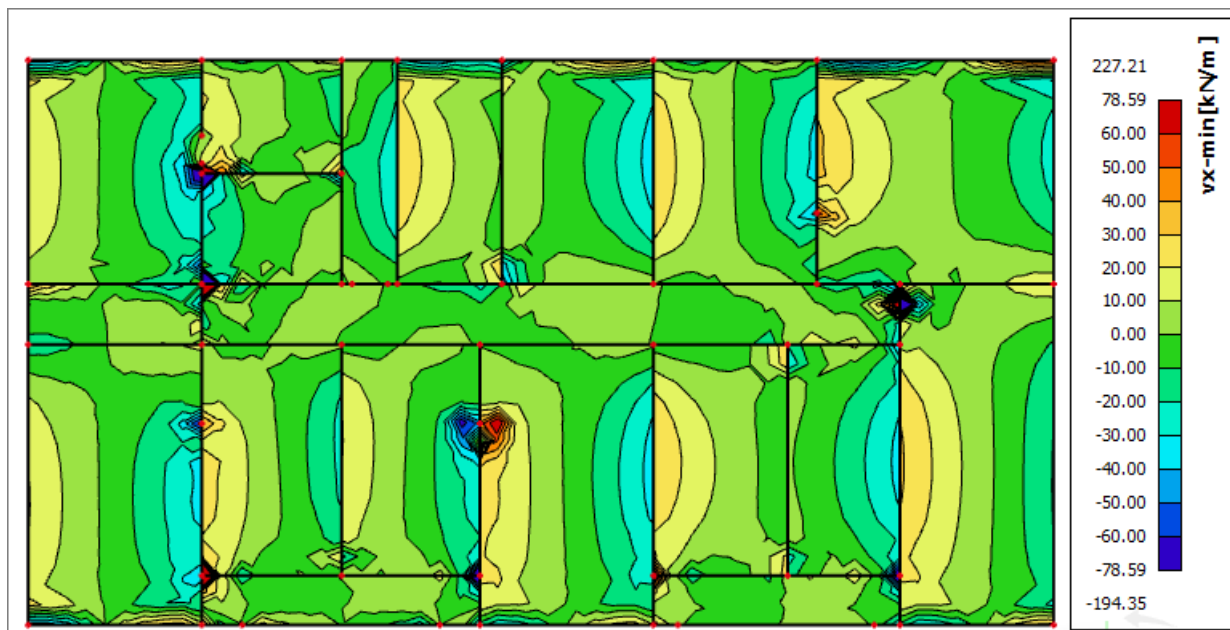
$$k = 1 + (200/d)^{(1/2)} \leq 2 ; (d \text{ u mm}) ; k = 1 + (200/145)^{(1/2)} = 2.17 = 2.0$$

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) \leq 0.02 = 3.35 / (100 * 14.5) = 0.0023$$

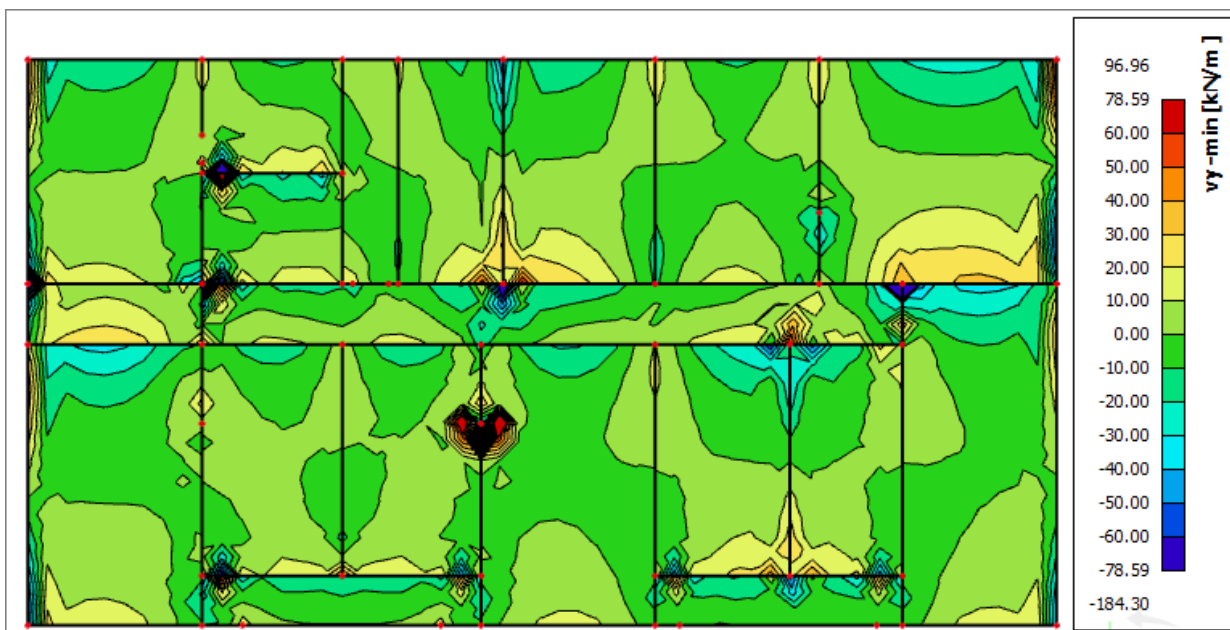
$$V_{Rd,c} = (0.12 * 2.00 * (100 * 0.0023 * 30)^{(1/3)} + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.145 * 1000 \quad V_{Rd,c} = 66.35 \text{ kN/m}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.035 * 2.00^{(3/2)} * 30.0^{(1/2)} = 0.542$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * \sigma_{cp}) * b_w * d = (0.542 + 0.15 * 0.0) * 1.0 * 0.145 * 1000 = 78.59 \text{ kN/m}$$



Slika 25. Poprečne sile  $V_{Ed,x}$  (kN/m) za GSN



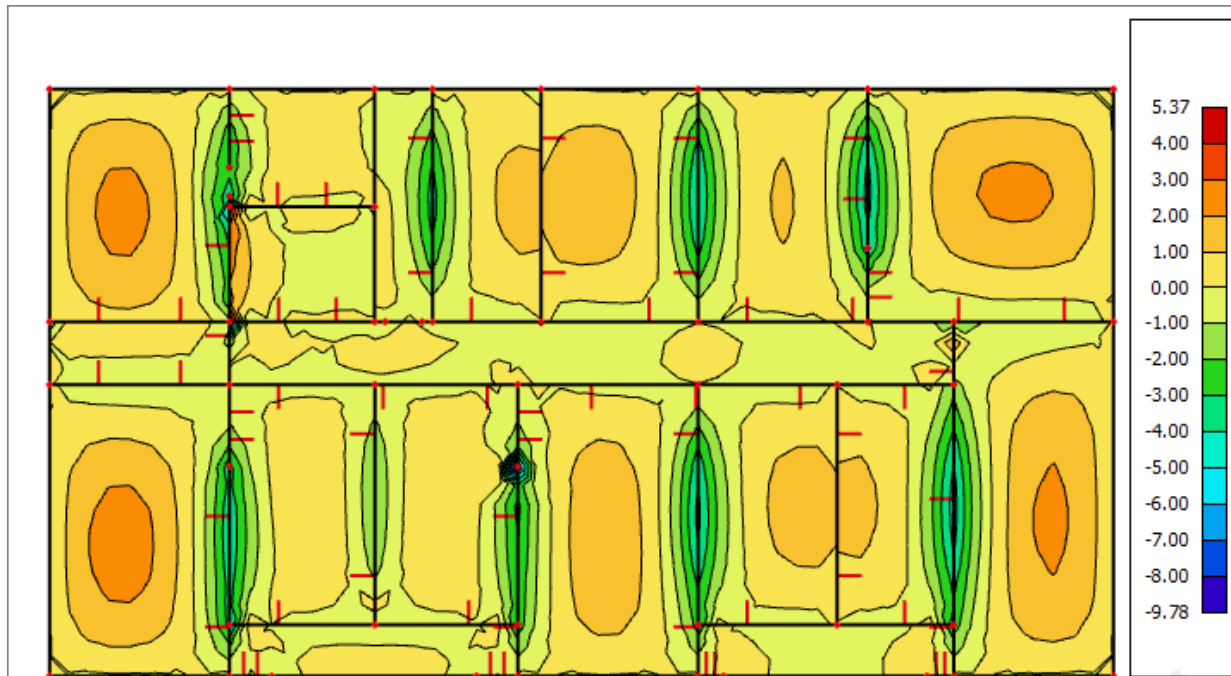
Slika 26. Poprečne sile  $V_{Ed,y}$  (kN/m) za GSN



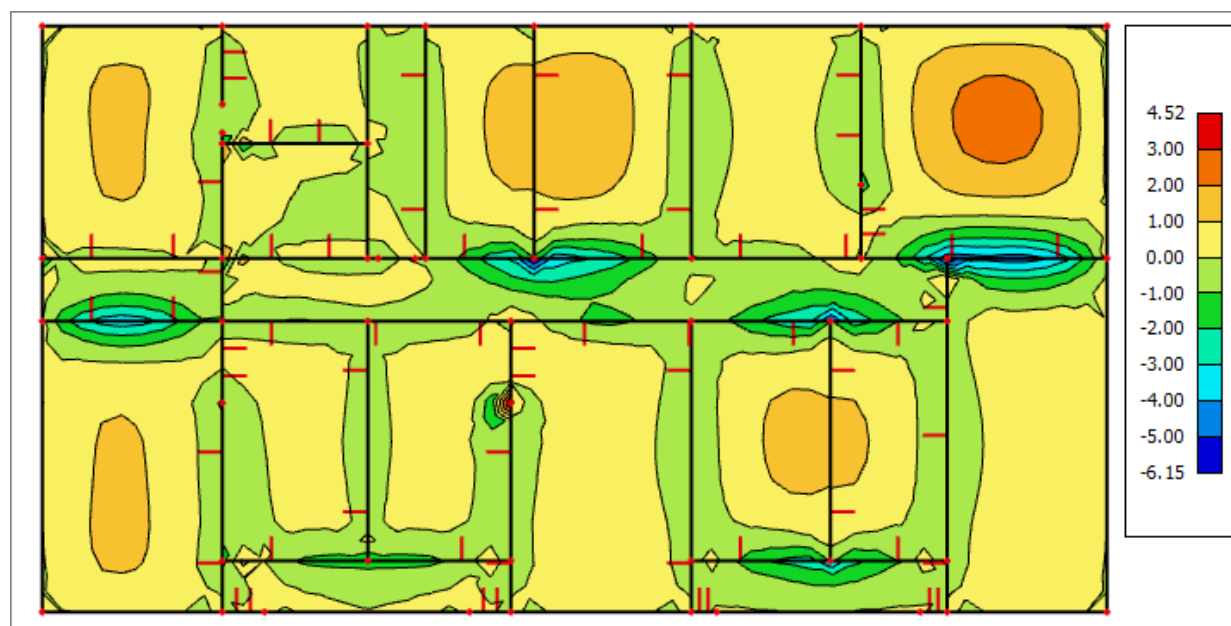
$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 14.5 = 2.18 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $A_{s,min} = 0.6 \cdot b \cdot d / f_{yk} = 0.6 \cdot 100 \cdot 14.5 / 500 = 1.74 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 $A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd} / f_{yd}) = 0.31 \cdot 100 \cdot 14.5 \cdot (25 / 1.5) / (500 / 1.15) = 17.23 \text{ cm}^2/\text{m}$   
 Za proračun armature ploča usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ .

Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 100 / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = M_{Sd} \cdot 100 / (0.9 \cdot 14.5 \cdot (50 / 1.15)) = A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 0.176$$

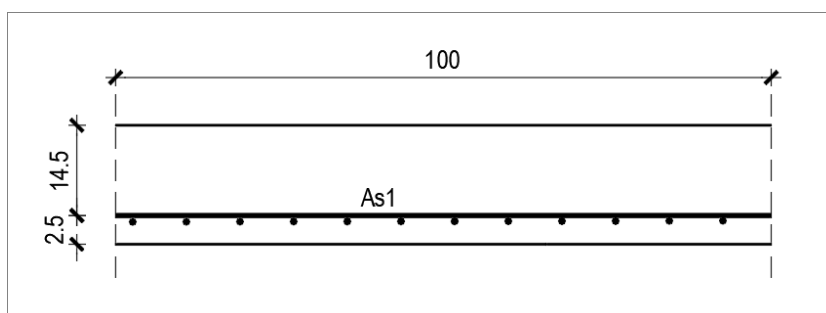


Slika 27. Armatura u ploči smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN



Slika 28. Armatura u ploči smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN

## 8.2 Dimenzioniranje na moment savijanja



$h=17$  cm

Zaštitni sloj:  $a=2.5$  cm;  $d=14.5$  cm

Beton: C 30/37

$f_{ck}=30.0$  MPa

$E_{cm}=32.0$  GPa

Armatura: B 500B

$f_y=500$  MPa

Napomena: zbog preraspodjele dobivenu armaturu potrebno je umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%

Armatura u polju  $2.51 \text{ cm}^2 * 1.25 = 3.14 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $3.53 \text{ cm}^2 * 0.85 = 3 \text{ cm}^2$

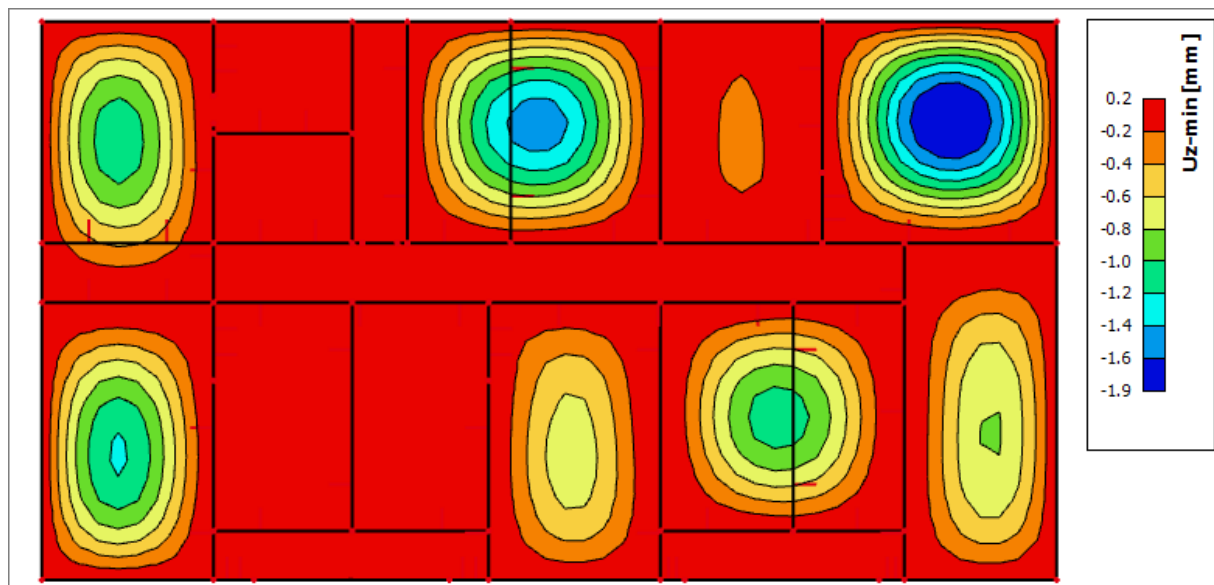
**ODABRANA ARMATURA Polje Q-335 (3,35 cm<sup>2</sup>/m)**

**Ležaj Q-335 (3,35 cm<sup>2</sup>/m)**

Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke  $\Phi 10$  u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

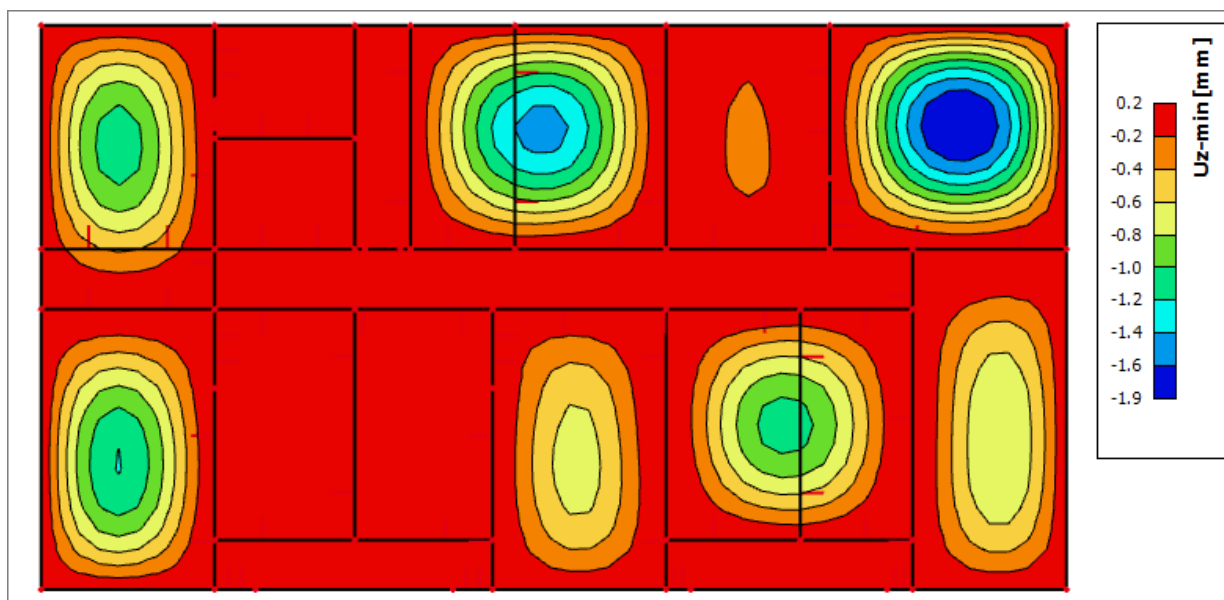
### 8.3 Kontrola progiba i pukotina

#### 8.3.1 Kontrola progiba međukatne ploče



Slika 29. Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

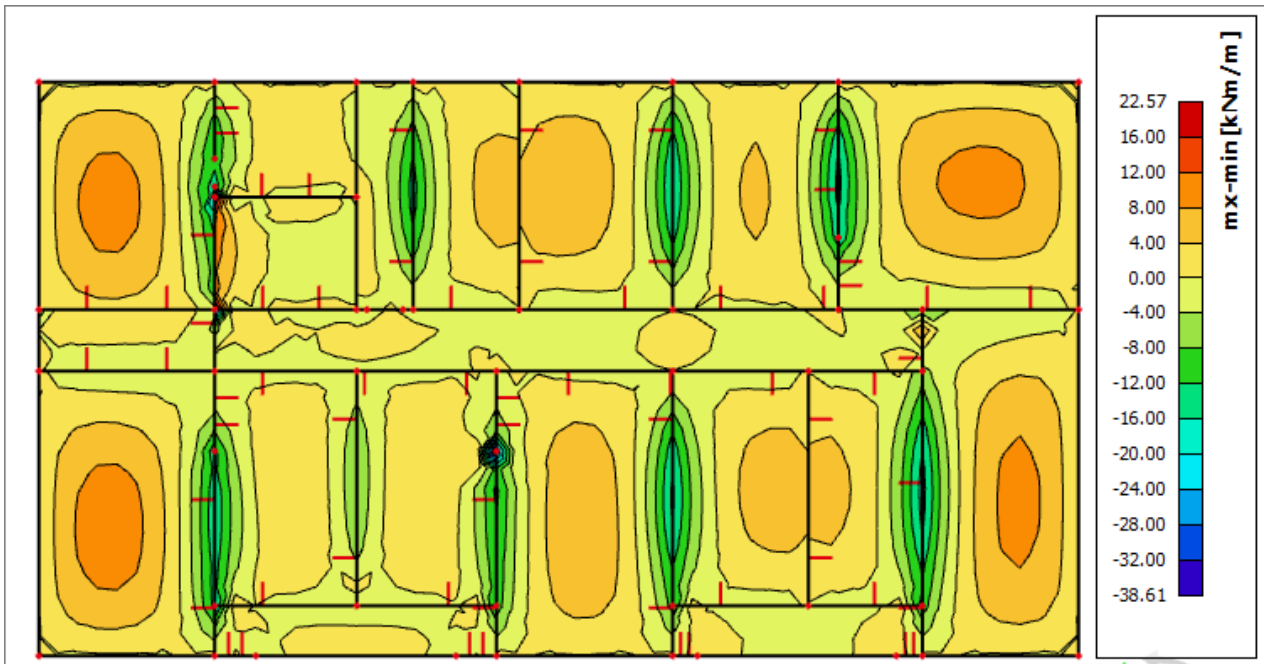
Najveći progib je iznosa 1.9 mm;  
 $L=5670$  mm; dozvoljeni progib  $L/1000 = 5,67$  mm  
Međukatna ploča **zadovoljava** dozvoljene progibe.



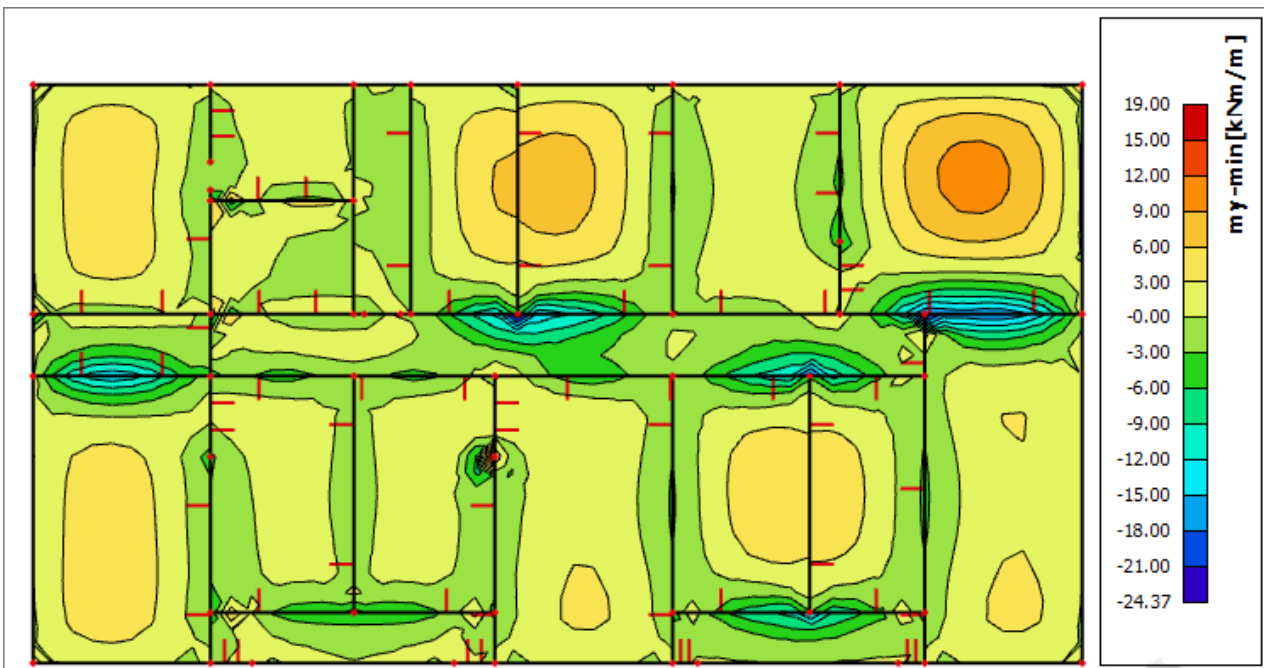
Slika 30. Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib je iznosa 1.9 mm;  
 $L=4000$  mm; dozvoljeni progib  $L/1250 = 4,54$  mm  
Međukatna ploča **zadovoljava** dozvoljene progibe.

### 8.3.2 Kontrola pukotina



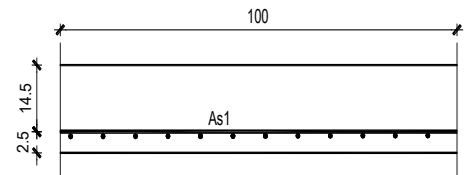
Slika 31. Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1



Slika 32. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Od priloženih dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

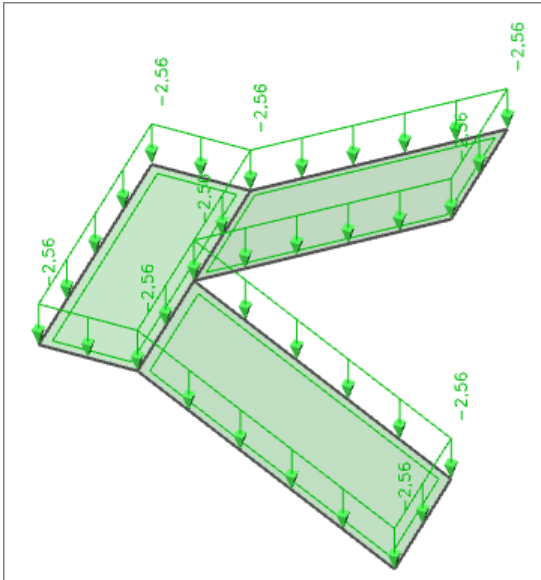
$b =$	100,0 cm	$d =$	14,5 cm	$h =$	17,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,35 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	2,5 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	12,0 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	260,44 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	2,24 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0054		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,000186	$<$	$0,6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0,000781	
$\emptyset =$	8,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	338,73 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0,265 mm	$<$	$w_g$		



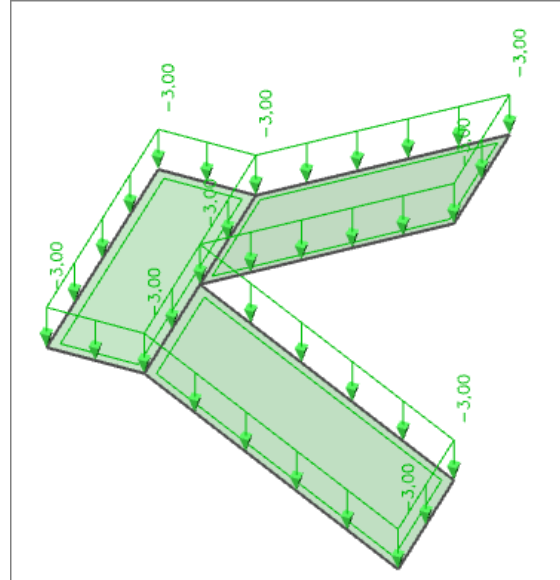
Međukatna ploča **zadovoljava** dozvoljene pukotine.

## 9 PRORAČUN STUBIŠTA

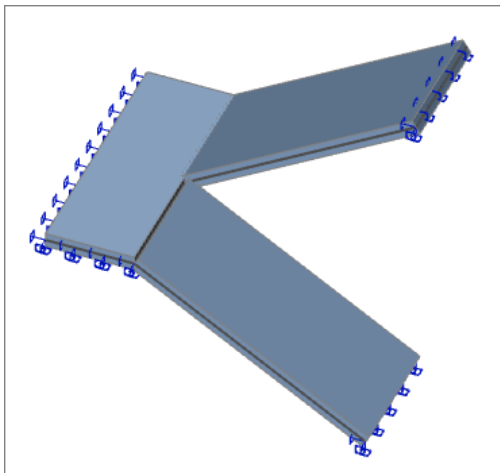
### 9.1 Prikaz modela i rezultata



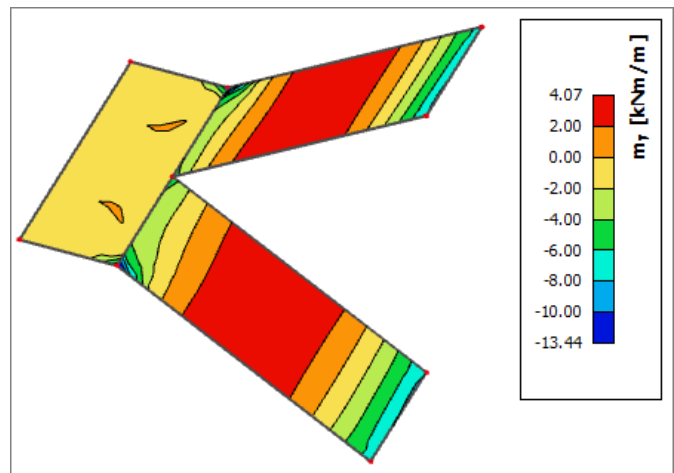
Slika 33. Prikaz stalnog opterećenja



Slika 34. Prikaz promjenjivog opterećenja



Slika 35. Prikaz modela stepeništa



Slika 36. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSN

## 9.2 Dimenzioniranje stubišta

$$A_{s,\min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 14.5 = 2.18 \text{ cm}^2/\text{m}$$

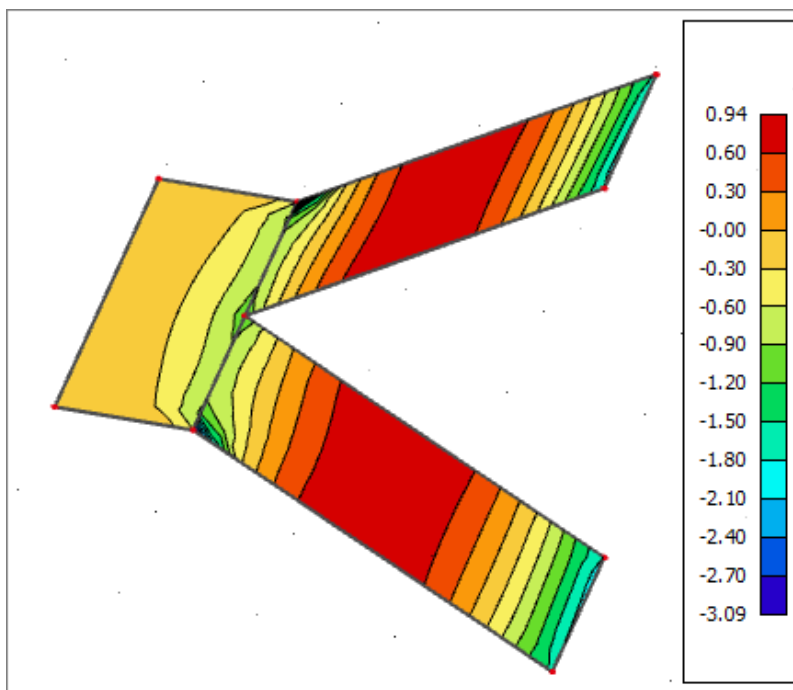
$$A_{s,\min} = 0.6 \cdot b \cdot d / f_{yk} = 0.6 \cdot 100 \cdot 14.5 / 500 = 1.74 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,\max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot (f_{cd} / f_{yd}) = 0.31 \cdot 100 \cdot 14.5 \cdot (25 / 1.5) / (500 / 1.15) = 17.23 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun armature ploča usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ .

Potrebna armatura:

$$A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 100 / (\zeta \cdot d \cdot f_{yd}) = M_{Sd} \cdot 100 / (0.9 \cdot 14.5 \cdot (50 / 1.15)) = A_{s1,s2} = M_{Sd} \cdot 0.176$$



Slika 37. Armatura u stubištu smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN

$h=17 \text{ cm}$

Zaštitni sloj:  $a=2.5 \text{ cm}$ ;  $d=14.5 \text{ cm}$

Beton: C 30/37

$$f_{ck}=30.0 \text{ MPa}$$

$$E_{cm}=32.0 \text{ GPa}$$

Armatura: B 500B

$$f_y=500 \text{ MPa}$$

Napomena: zbog preraspodjele dobivenu armaturu potrebno je umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%

$$\text{Armatura u polju } 0.94 \text{ cm}^2 \cdot 1.25 = 1.17 \text{ cm}^2$$

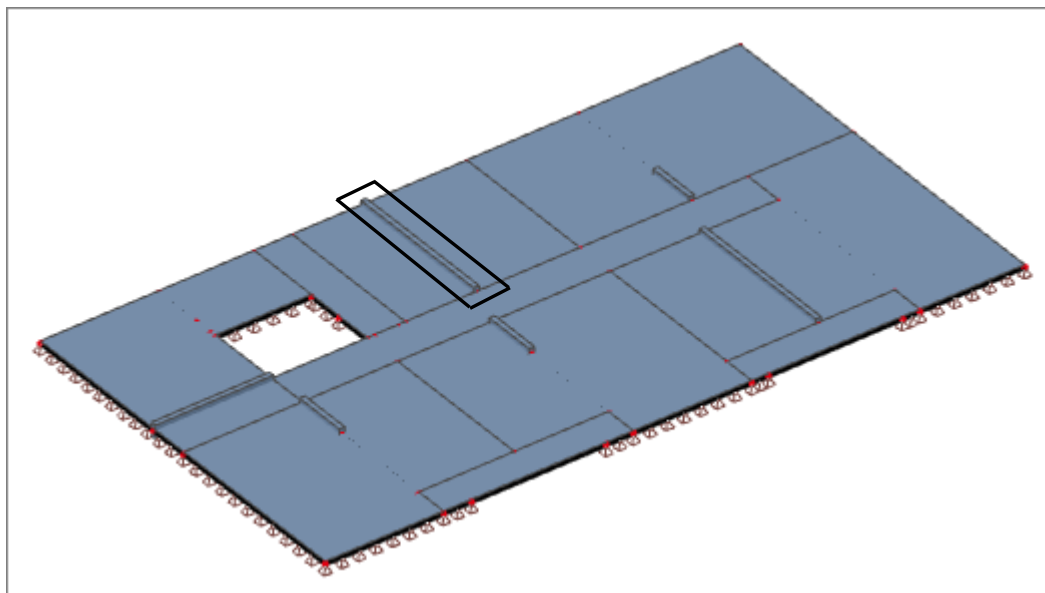
$$\text{Armatura na ležaju } 0.90 \text{ cm}^2 \cdot 0.85 = 0.76 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA Polje Q-257 (3,35  $\text{cm}^2/\text{m}$ )**

**Ležaj Q-257 (3,35  $\text{cm}^2/\text{m}$ )**

## 10 PRORAČUN GREDA

### 10.1 Proračun međukatne grede



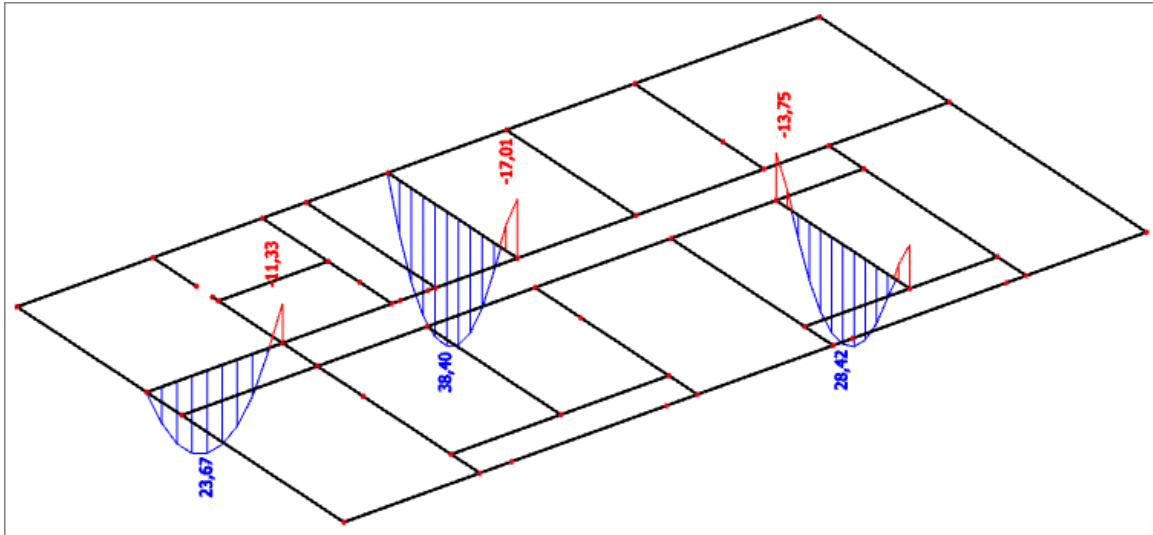
Slika 38. Prikaz grede odabrane za dimenzioniranje



Kombinacija djelovanja:

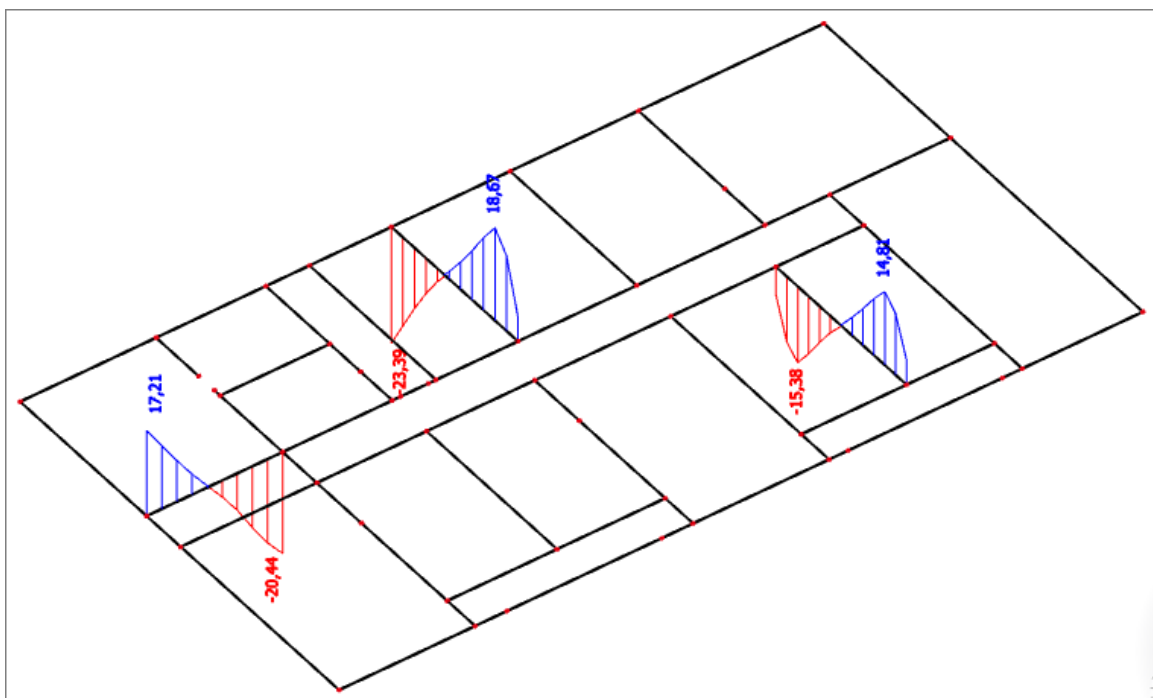
$$1.35 \cdot g_{n,100} + 1.5 \cdot q_{n,100}$$

Prikaz momentnog dijagrama:



Slika 39. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN

Prikaz dijagrama poprečnih sila:



Slika 40. Poprečne sile  $V_z$  (kN) za GSN

### 10.1.1 Dimenzioniranje na moment savijanja

Ležaj:

Zbog preraspodjele momenata savijanja moment na ležaju umanjen je za 15%.

$$M_{Ed} = 14.46 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{fw} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1446}{20 \cdot 47^2 \cdot 2.0} = 0.016$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.7 \text{ ‰} \quad \xi = 0.065 \quad \zeta = 0.977$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1446}{0.977 \cdot 47 \cdot 43.5} = 0.72 \text{ cm}^2$$

Odabrano **2Ø14** (As=3.08 cm<sup>2</sup>)

Polje:

$$\text{Utjecajna širina: } b_{eff} = b_w + \frac{0.85 \cdot L}{5} \Rightarrow b_{eff} = 20 + \frac{0.85 \cdot 567}{5} = 116.39 \text{ cm}$$

Zbog preraspodjele momenata savijanja moment u polju povećan je za 30%.

$$M_{Ed} = 49.92 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4992}{116.39 \cdot 47^2 \cdot 2.0} = 0.01$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰} \quad \xi = 0.057 \quad \zeta = 0.981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4992}{0.981 \cdot 47 \cdot 43.5} = 2.49 \text{ cm}^2$$

Odabrano **2Ø14** (As=3.08 cm<sup>2</sup>)

### 10.1.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

C 30/37

$d_1 = 3 \text{ cm}$

$V_{Ed} = 23.39 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{470}} = 1.65 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.65$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0.0$$

$$C_{Rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$\sum A_s = 2\phi 14 + 2\phi 14 = 3.08 + 3.08 = 6.16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6.16}{20 \cdot 50} = 0.0062$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.65 \cdot (100 \cdot 0.0062 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} = 49313.29 \text{ N} = 49.31 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.65^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.406$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.0$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.406 \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} \geq 38164 \text{ N} = 38.16 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen

$$V_{Ed, \max} = V_{Ed} = 23.39 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, \max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd, \max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 200 \cdot 470 \cdot 20.0 = 496320 \text{ N} = 496.32 \text{ kN} > V_{Ed, \max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed, \max} / V_{Rd, \max} = 23.39 / 496.32 \approx 0.047 \Rightarrow V_{Ed} = 0.047 V_{Rd, \max}$$

$$s_{\max} = \min \{ 0.75 \cdot d; 30.0 \text{ cm} \} =$$

$$\min \{ 0.75 \cdot 47 = 35.25; 30.0 \} \Rightarrow s_{\max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.0011$$

Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw, \min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0.33 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø8/25** ( $A_{sw} = 0.50 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad B 500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 47) \cdot 43.48 \cdot 2 = 61.33 \text{ kN}$$

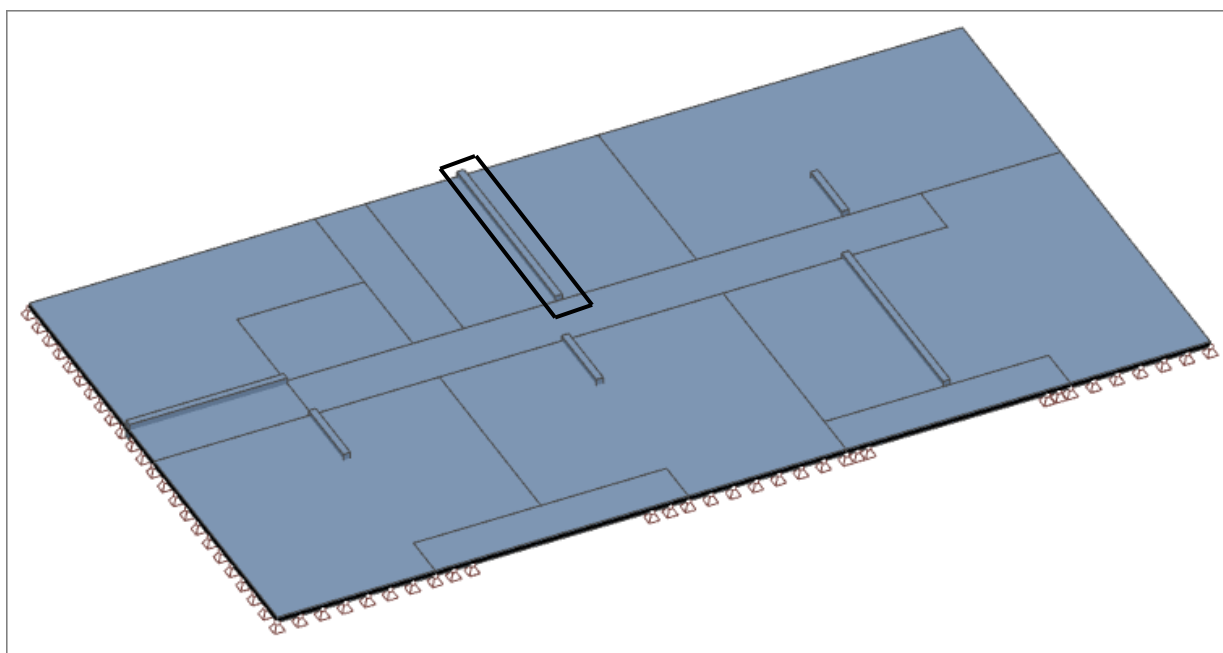
$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 43.5 \cdot (0.9 \cdot 47)}{23.39} = 78.67 \text{ cm}$$

Postaviti spone **Ø8/25** ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

## 10.2 Proračun krovne grede

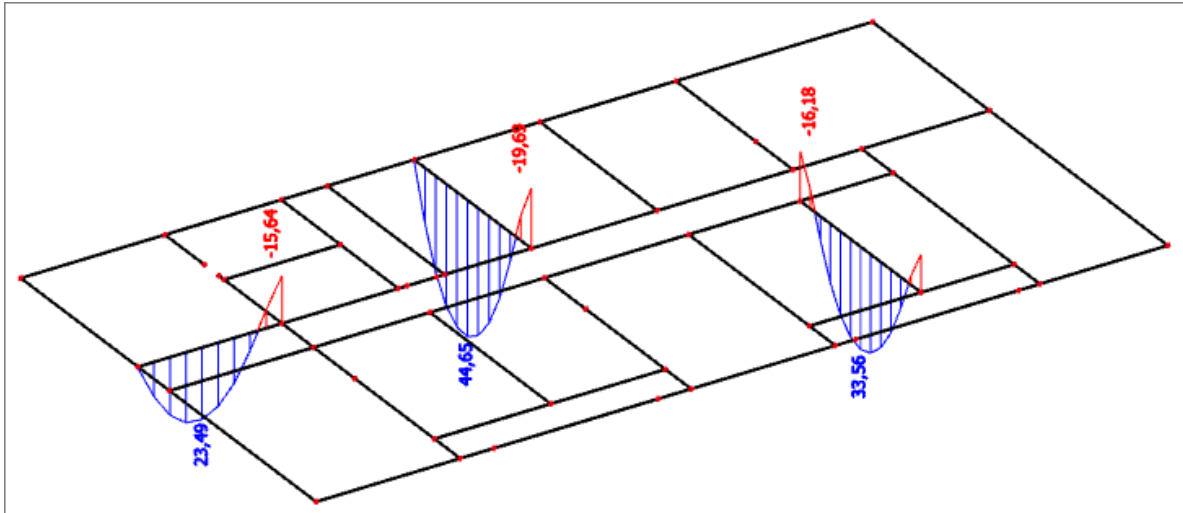


Slika 41. Prikaz krovne grede odabrane za dimenzioniranje

Kombinacija djelovanja:

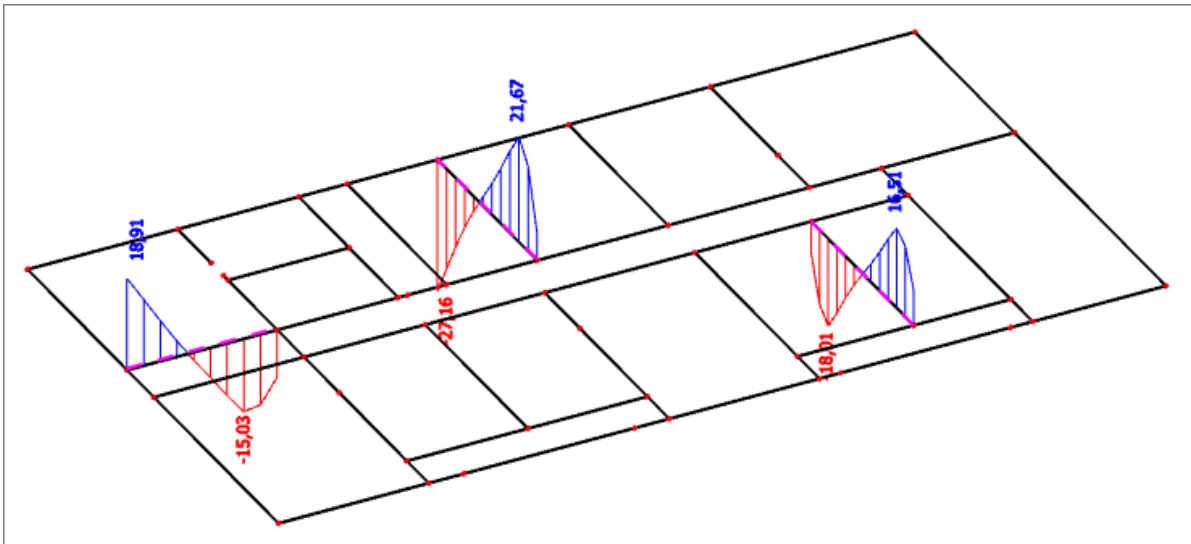
$$1.35 * g_{n,400} + 1.5 * q_{n,400}$$

Prikaz momentnog dijagrama:



Slika 41. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN

Prikaz dijagrama poprečnih sila:



Slika 42. Poprečne sile  $V_z$  (kN) za GSN

## 10.2.1 Dimenzioniranje na moment savijanja

Ležaj:

Zbog preraspodjele momenata savijanja moment na ležaju umanjen je za 15%.

$$M_{Ed} = 16.74 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{fw} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1674}{20 \cdot 47^2 \cdot 2.0} = 0.019$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 0.8\% \quad \xi = 0.074 \quad \zeta = 0.974$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1674}{0.974 \cdot 47 \cdot 43.5} = 0.84 \text{ cm}^2$$

Odabrano **2Ø14** (As=3.08 cm<sup>2</sup>)

Polje:

$$\text{Utjecajna širina: } b_{eff} = b_w + \frac{0.85 \cdot L}{5} \Rightarrow b_{eff} = 20 + \frac{0.85 \cdot 567}{5} = 116.39 \text{ cm}$$

Zbog preraspodjele momenata savijanja moment u polju povećan je za 30%.

$$M_{Ed} = 58.04 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5804}{116.39 \cdot 47^2 \cdot 2.0} = 0.01$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 0.6\% \quad \xi = 0.057 \quad \zeta = 0.981$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5804}{0.981 \cdot 47 \cdot 43.5} = 2.89 \text{ cm}^2$$

Odabrano **2Ø14** (As=3.08 cm<sup>2</sup>)

## 10.2.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

C 30/37

$d_1 = 3 \text{ cm}$

$V_{Ed} = 27.16 \text{ kN}$

$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{470}} = 1.65 \leq 2.0 \Rightarrow k = 1.65$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 0.0$$

$$C_{Rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$\sum A_s = 2\phi 14 + 2\phi 14 = 3.08 + 3.08 = 6.16 \text{ cm}^2$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6.16}{20 \cdot 50} = 0.0062$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.65 \cdot (100 \cdot 0.0062 \cdot 30.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} = 49313.29 \text{ N} = 49.31 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veća od:

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

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.65^{3/2} \cdot 30.0^{1/2} = 0.406$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0.0$$

$$V_{Rd,c} \geq 0.406 \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} \geq 38164 \text{ N} = 38.16 \text{ kN}$$

Pa je i taj uvjet zadovoljen

$$V_{Ed, \max} = V_{Ed} = 27.16 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, \max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{30}{250} \right] = 0.528$$

$$V_{Rd, \max} = 0.5 \cdot 0.528 \cdot 200 \cdot 470 \cdot 20.0 = 496320 \text{ N} = 496.32 \text{ kN} > V_{Ed, \max} = V_{Ed}$$

$$V_{Ed, \max} / V_{Rd, \max} = 27.16 / 496.32 \approx 0.055 \Rightarrow V_{Ed} = 0.055 V_{Rd, \max}$$

$$s_{\max} = \min \{ 0.75 \cdot d; 30.0 \text{ cm} \} =$$

$$\min \{ 0.75 \cdot 47 = 35.25; 30.0 \} \Rightarrow s_{\max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = 0.0011$$

Potrebna računaska poprečna armatura!

$$A_{sw, \min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0.33 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone:  $\emptyset 8/25$  ( $A_{sw} = 0.50 \text{ cm}^2$ )



$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad B 500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.50}{30} \cdot (0.9 \cdot 47) \cdot 43.48 \cdot 2 = 61.33 \text{ kN}$$

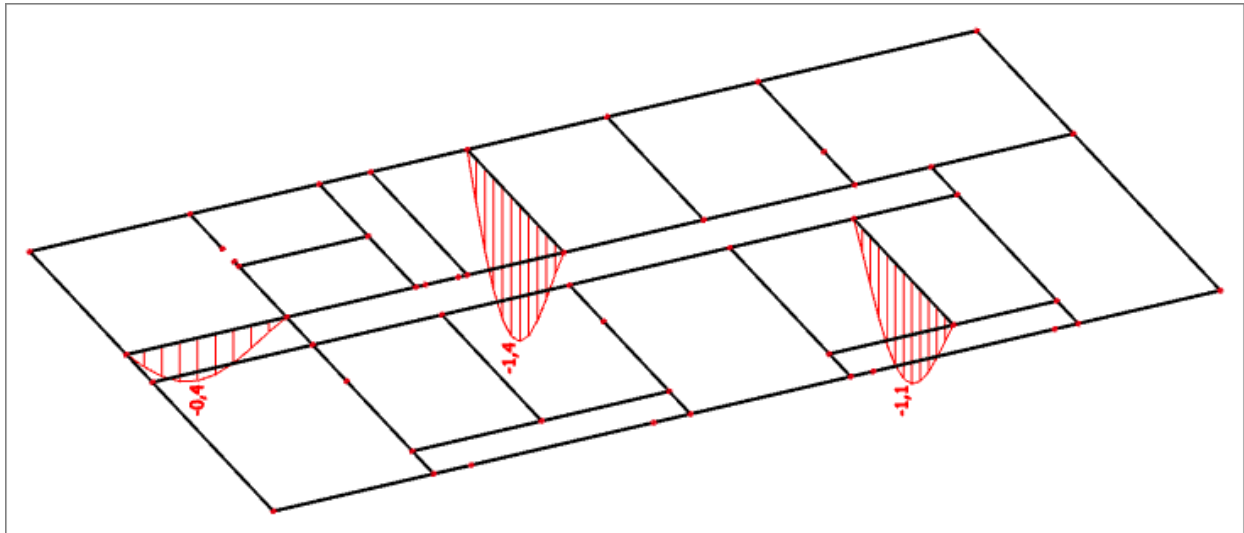
$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 43.5 \cdot (0.9 \cdot 47)}{27.16} = 67.75 \text{ cm}$$

Postaviti spone **Ø8/25** ( $A_{sw}=0.50 \text{ cm}^2$ )

### 10.2.3 Kontrola progiba grede



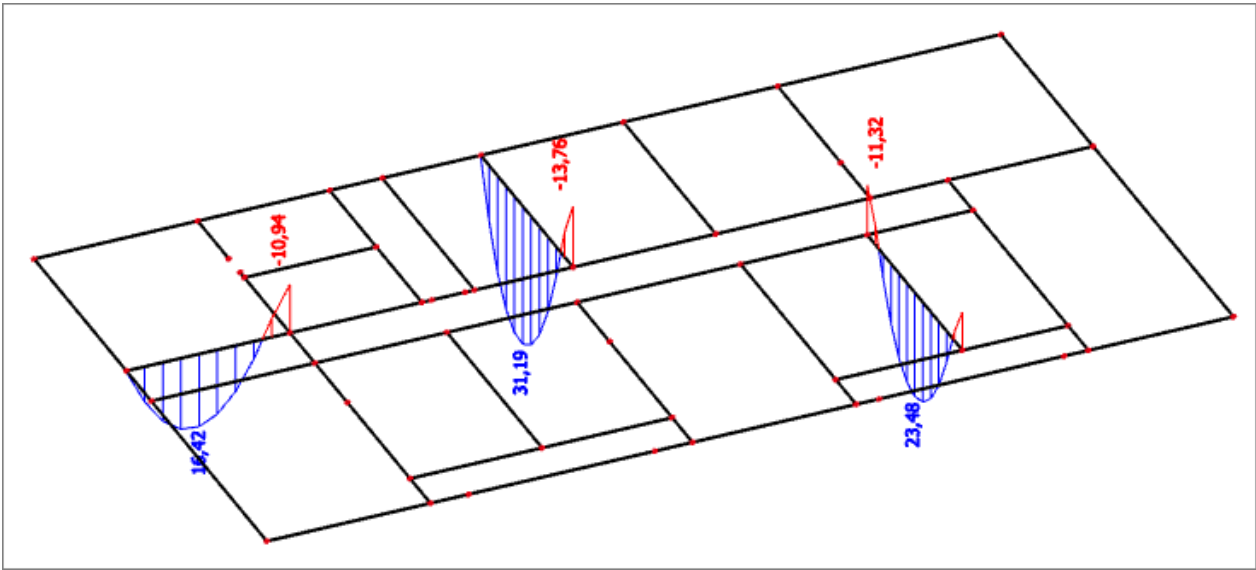
Slika 43. Progib grede (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 1.4 mm

Dozvoljen progib  $L/1250 = 5670/1250 = 4.54$  mm

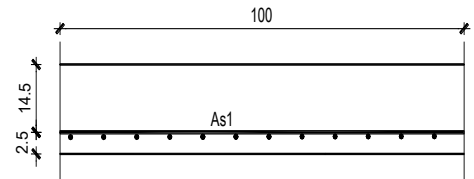
Međukatna greda **zadovoljava** dozvoljene progibe.

## 10.2.4 Kontrola pukotina grede



Slika 44. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSU-1

$b =$	20,0 cm	$d =$	47,0 cm	$h =$	50,0 cm
$f_{ck} =$	30,0 MN/m <sup>2</sup>	$f_{ctm} =$	2,90 MN/m <sup>2</sup>	$w_g =$	0,30 mm
$A_{s1} =$	3,08 cm <sup>2</sup>	$A_{s2} =$	0,00 cm <sup>2</sup>	$d_1 = d_2 =$	3,0 cm
$E_s =$	200,00 GN/m <sup>2</sup>	$E_{cm} =$	32,80 GN/m <sup>2</sup>	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6,10
$M_{Ed} =$	31,2 kNm	$k_t =$	0,40		
$\sigma_s =$	229,29 MN/m <sup>2</sup>				
$x =$	8,50 cm	$\rho_{p,eff} =$	0,0205		
$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,000829 >	$0,6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0,000688		
$\varnothing =$	8,0 mm	$c =$	2,50 cm		
$k_1 =$	0,8	$k_2 =$	0,50		
$k_3 =$	3,4	$k_4 =$	0,43		
$s_{r,max} =$	151,23 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) =$	0,125 mm	<	$w_g$		

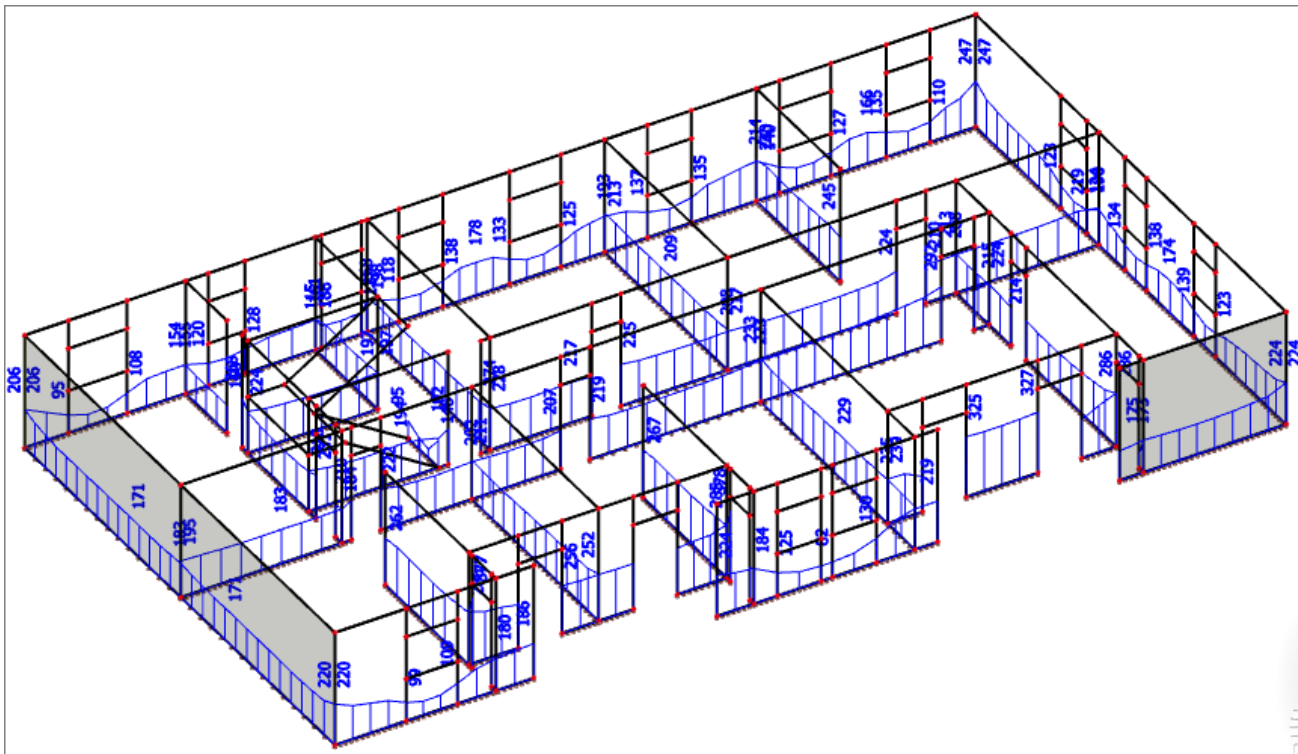


# 11 KONTROLA NAPREZANJA U TLU ISPOD TEMELJA

## 11.1 Reakcije

U nastavku su prikazani rezultati iz globalnog modela.

Prikazane su linijske reakcije na mjestima oslanjanja zidova na temeljne trake.



Slika 45. Linijske reakcije na mjestima oslanjanja zidova na temeljne trake [kN/m] za kombinaciju GSN-1

Na vanjskom dijelu građevine odabrana je uprosječna linijska reakcija u iznosu od 170 kN/m.

Usvajajući vrijednost dopuštenog kontaktnog napreznja od **300 kN/m<sup>2</sup>** kao mjerodavnu za dimenzioniranje, širina temeljne trake određena je na sljedeći način i jednaka je

$$B > 170/300=0.57 \text{ m}$$

Odabrana dimenzija vanjskih temeljnih traka iznosi **B/H=60/50 cm**.

Na unutarnjem dijelu građevine uprosječna linijska reakcija iznosi 250 kN/m.

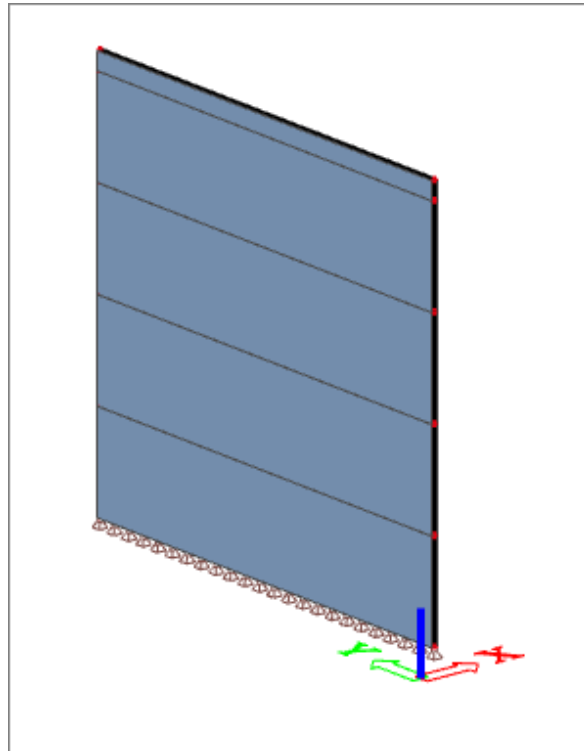
Prema tome, širina temeljnih traka jednaka je  $B > 250/300=0.83 \text{ m}$ .

Odabrana dimenzija unutarnjih temeljnih traka iznosi **B/H=90/50 cm**.

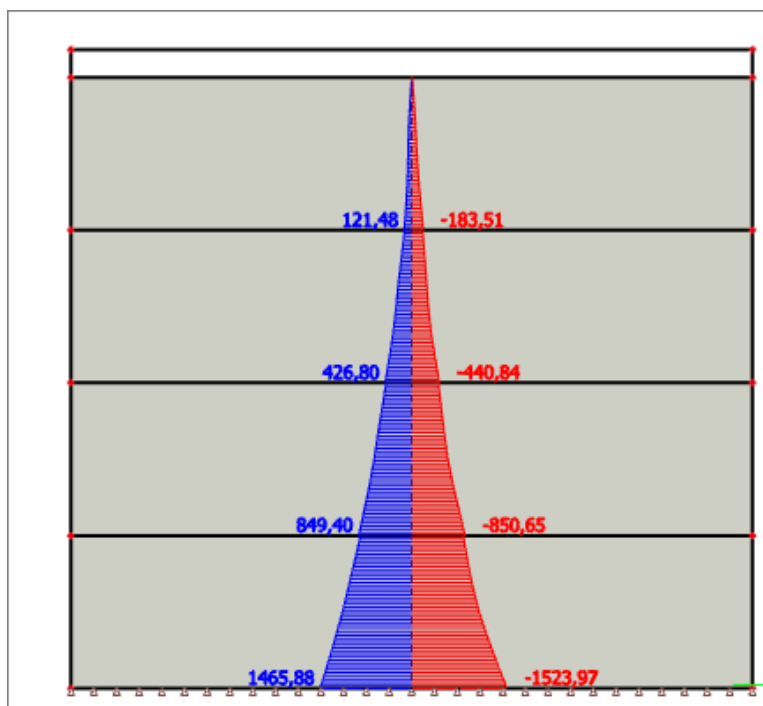
## 12 PRORAČUN ZIDOVA

### 12.1 Prikaz reznih sila karakterističnog zida u y smjeru na kojem se vrši dimenzioniranje

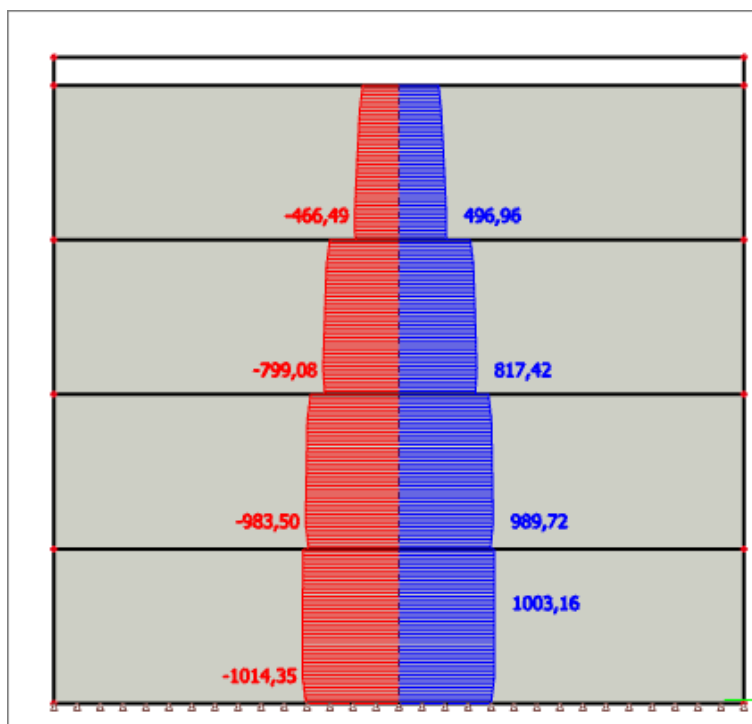
Izabran je zid u smjeru globalne osi y, dimenzija 1430x20 cm za koji će se provesti dimenzioniranje. Zid se dimenzionira na vrijednosti reznih sila  $M= 1523,97$  kNm i  $V= 1014,35$  kN dobivenih u kombinaciji  $kS_y$  i uzdužne sile  $N = 2791,55$  kN.



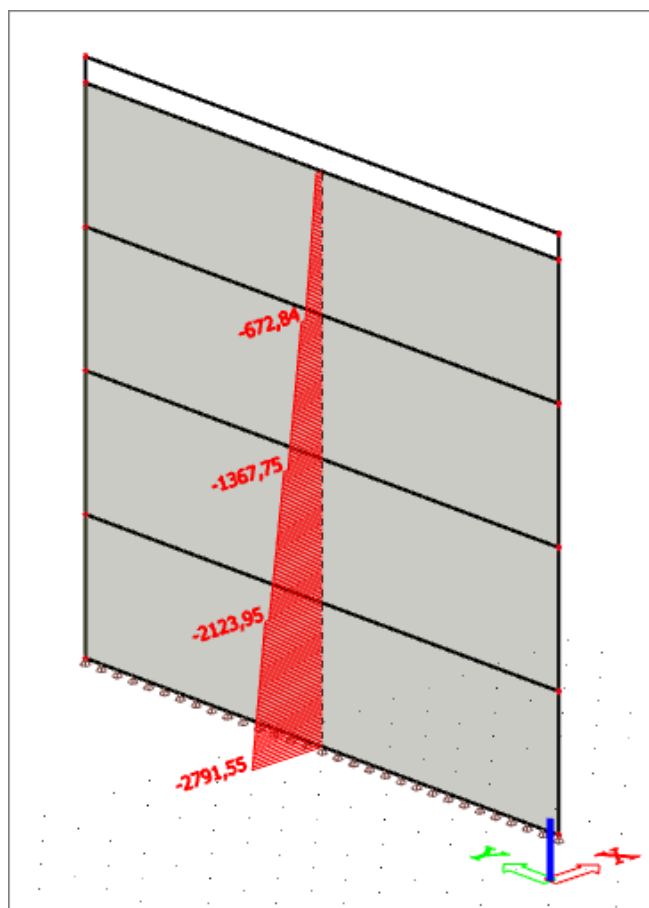
Slika 46. Izo pogled na karakteristični zid



Slika 47. Momenti savijanja na karakterističnom zidu



Slika 48. Poprečne sile na karakterističnom zidu



Slika 49. Uzdužne sile na karakterističnom zidu

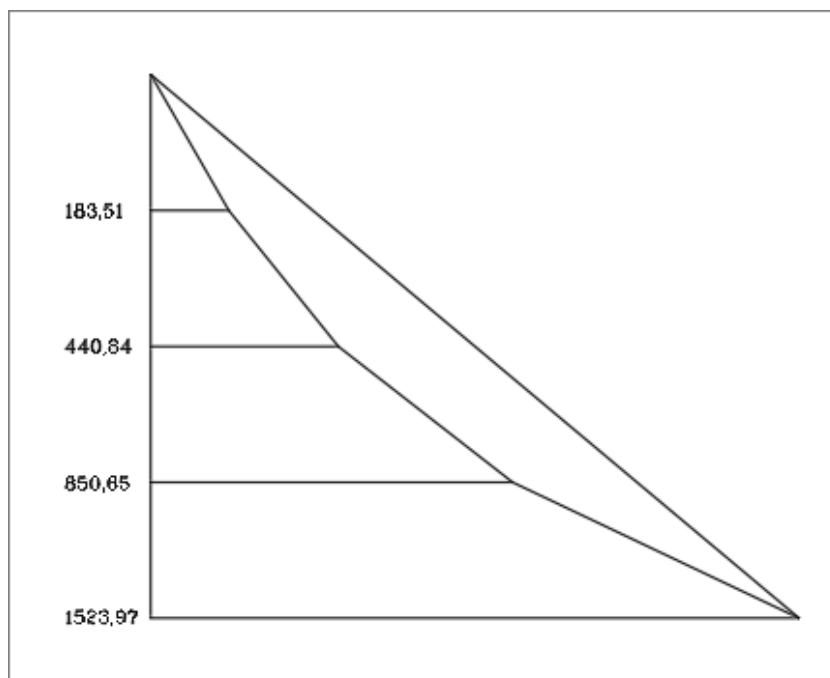
## 12.2 Proračunska ovojnica momenata savijanja i poprečnih sila prema kriterijima EC8-EN 1998 za jedan zid, te dimenzioniranje i proračun duktilnosti za taj isti karakteristični zid

### 12.2.1 Ovojnice reznih sila

#### ➤ Proračunska ovojnica momenata savijanja

$H_w = 13,3$  m,  $l_w = 14,3$  m, klasa duktilnosti M

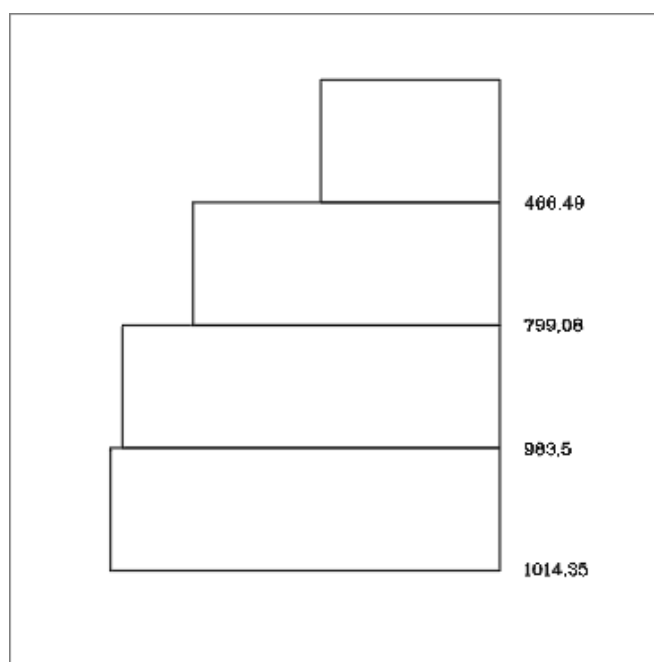
$$\frac{H_w}{l_w} = \frac{13,3}{14,3} = 0,93 < 2 \text{ - nije vitki zid, nije potrebno povećanje momenata savijanja}$$



Slika 50. Ovojnica momenata savijanja

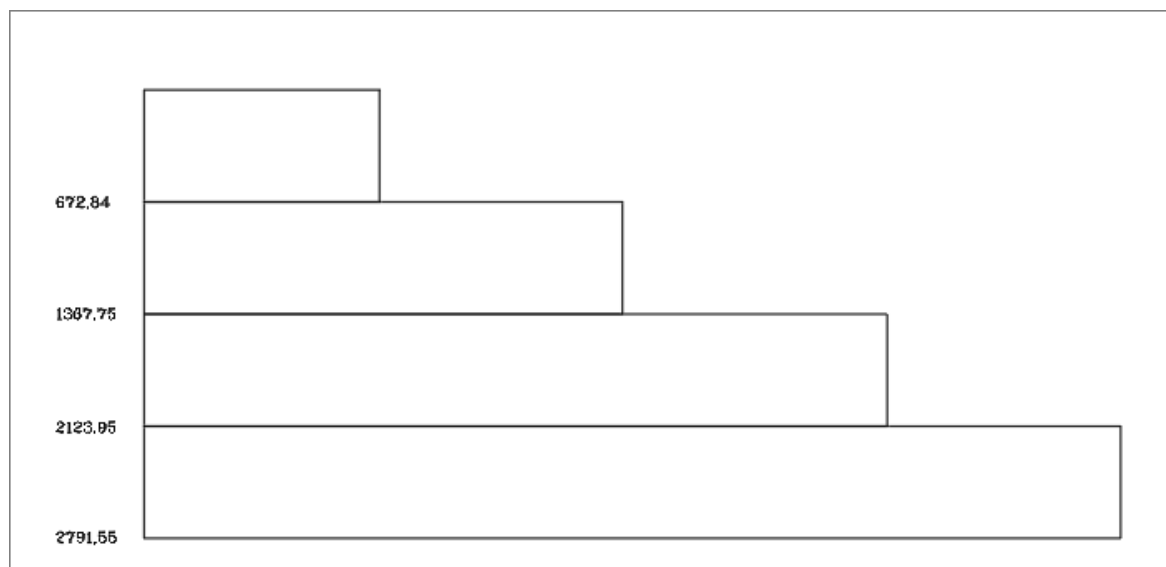


➤ Proračunska ovojnica poprečnih sila



Slika 51. Ovojnica poprečnih sila

➤ Uzdužne sile



Slika 52. Uzdužne sile

## 12.3 Dimenzioniranje karakterističnog zida

### ➤ geometrijske karakteristike zida

Duljina:  $l_w = 1430$  cm

Širina:  $b_w = 20$  cm

$d_1 = 3$  cm

$d_x = 17$  cm

$d_y = 1287$  cm ( $1430 \text{ cm} \cdot 0,9$ )

### ➤ Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za seizmičku kombinaciju

$\gamma_c = 1,5$

$\gamma_s = 1,15$

### ➤ beton

C 30/37

$f_{cd} = 30/1,5 = 20,0$  (Mpa)

### ➤ armatura

B500B

$f_{yd} = 500/1,15 = 434,8$  (Mpa)

**-duljina rubnog serklaža**

$h_0 = \max\{0,15l_w; 1,5b_w\} = \max\{214,5; 30\} = 214,5$  cm

### 12.3.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Napomena: Armatura se postavlja s obje strane zida zbog toga što potres može djelovati s jedne ili druge strane.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 1523,97 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 2791,55 \text{ kN (tlak)}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1523,97 \cdot 100}{20 \cdot 1430^2 \cdot 2,0} = 0,0019$$

$$\nu_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-2791,55}{20 \cdot 1430 \cdot 2,0} = -0,049$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjer  $d_1/h$ ,  $d_2/h$  ( $\beta$ ) očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ )

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{30}{200} = 0,15$$

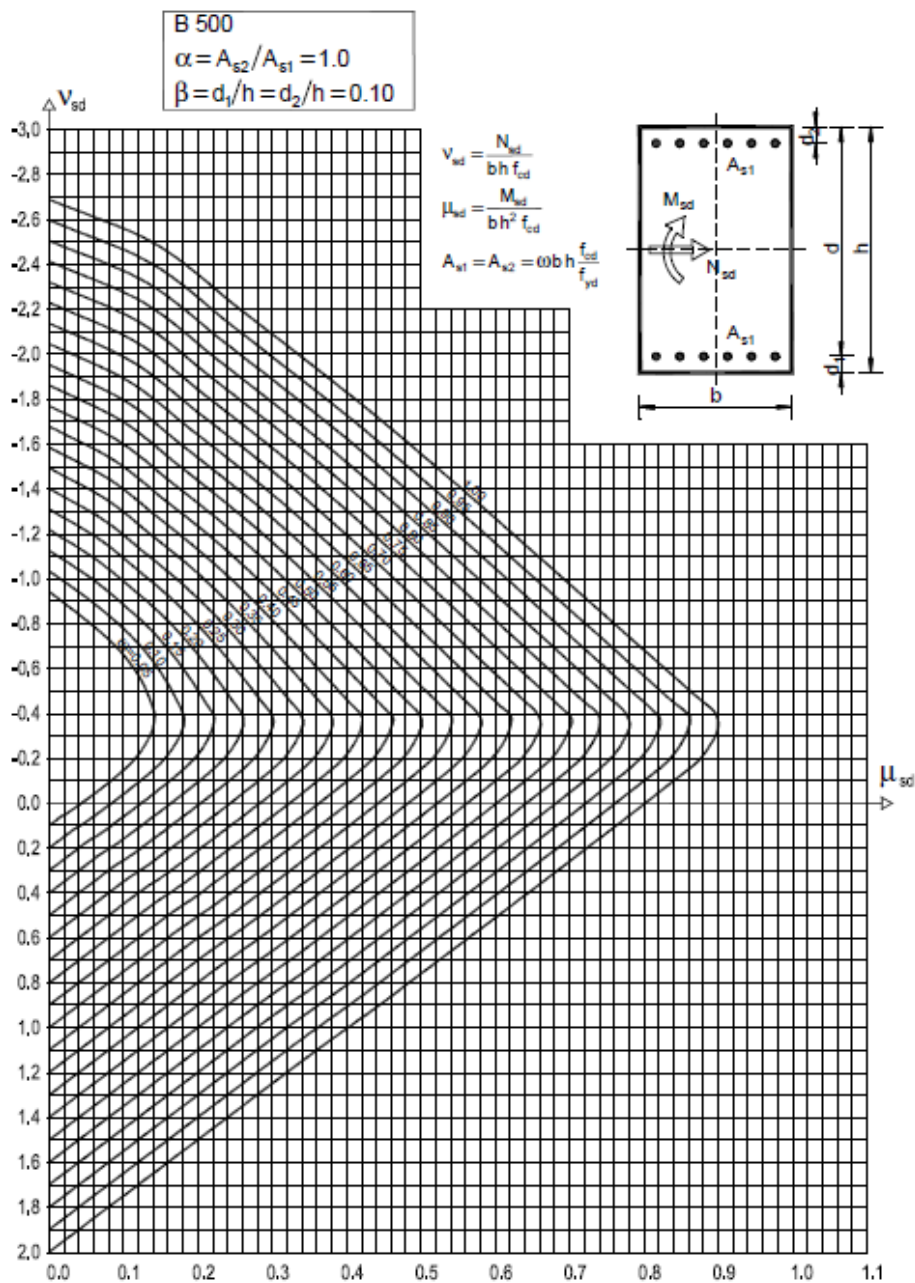
Iz dijagrama interakcije za pravokutni poprečni presjek određen koeficijentima  $\alpha$  i  $\beta$  očitano je:  
 $\omega=0,02$

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,02 \cdot 20 \cdot 1430 \cdot \frac{2,0}{43,48} = 26,29 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min.} = \frac{0,5}{100} \cdot 214,5 \cdot 20 = 21,45 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s,max.} = \frac{4}{100} \cdot 214,5 \cdot 20 = 171,6 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Odabrana računaska armatura: **12Ø18** ( $A_s=31,42 \text{ cm}^2$ )



Dijagram 1. Dijagram interakcije-očitano  $\omega=0,02$

➤ *Kapacitet nosivosti uz maksimalnu uzdužnu silu*

Iz dijagrama interakcije:

$$\alpha = \frac{A_{S_2}}{A_{S_1}} = 1.0$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{30}{200} = 0.15$$

Za stvarno armirani presjek tražimo moment nosivosti:

$$A_{S_1} = 31,42 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\omega = \frac{A_{S_1} \cdot f_{yd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{31,42 \cdot 43,48}{20 \cdot 1430 \cdot 2,0} = 0,024$$

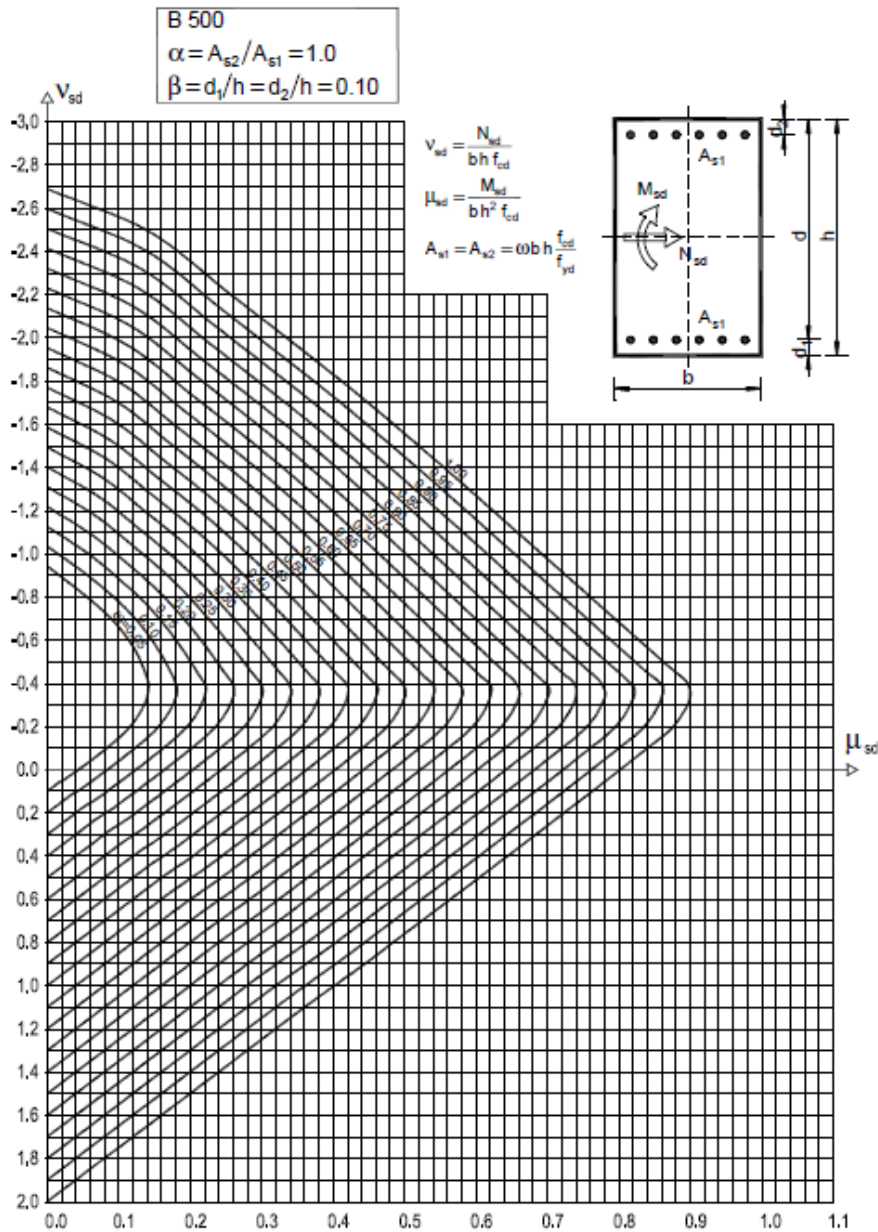
Za  $N_{max} = -2791,55 \text{ [kN]}$ , tj. za

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-2791,55}{20 \cdot 1430 \cdot 2,0} = -0.049$$

iz dijagrama interakcije očitano je:

$$\mu_{Ed} = 0,02$$

$M_{Rd} = 0,02 \cdot 20 \cdot 1430^2 \cdot 2,0 = 16359,2 \text{ [kNm]}$  – proračunska otpornost na savijanje u podnožju zida



Dijagram 2. Dijagram interakcije očitano  $\mu=0,02$

### 12.3.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

Rezne sile:  $V_{sd} = 1014,35 \text{ kN}$

$$A_{z,\min} = 0,2\% \cdot d \cdot 100 = \frac{0,2}{100} \cdot 17 \cdot 100 = 3,4 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Odabrano: **Q-283** ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) -obostrano

#### ➤ Visina kritičnog područja

$$h_{kr} = \max(l_w, h_w/6) = \max(1430; 221,67)$$

$$h_{kr} \leq \left( \frac{2l_w}{\left( \frac{h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova}}{2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova}} \right)} \right), \quad h_{kr} \leq \left( \frac{2 \cdot 1430}{(303)} \right) \quad h_{kr} \leq 303 \text{ cm}$$

$$h_{kr} = 303 \text{ cm}$$

#### ➤ Nosivost zidova na poprečne sile (s minimalnom armaturom)

##### ○ Slom tlačne dijagonale

Van kritičnog područja: za klasu DCM, kao u EC2

$$V_{sd} \leq V_{Rd,\max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot v_1 \cdot z \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1, \text{ctg}\theta = 1, \text{tg}\theta = 1$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,\max} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 0,528 \cdot 0,8 \cdot 1287 \cdot 2,0}{1+1} = 10872,58 \text{ kN} > V_{sd} = 1014,35 \text{ kN}$$

U kritičnom području:

$$V_{sd} \leq V_{Rd,\max} = 0,3 \cdot \left(1 - f_{ck} / 250\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \sin 2\theta, \text{ gdje je } 1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,5 = 20,0 \text{ MPa}$$

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$z \approx 0,8d = 0,8 \cdot 1287 = 1029,6 \text{ cm}$$

$$V_{Rd2} = 0,3 \cdot \left(1 - 30 / 250\right) \cdot 2,0 \cdot 20 \cdot 1029,6 \cdot \sin 90^\circ = 10872,58 \text{ kN} > V_{sd} = 1014,35 \text{ kN}$$

○ **Slom vlačne dijagonale**

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w} = \frac{1523,97}{1014,35 \cdot 14,3} = 0,1$$

Ako je  $\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w} \leq 2$

Horizontalne šipke u hrptu trebaju zadovoljiti

$$V_{Rd,s} = b_{w0} (0,8 l_w) \rho_h f_{yd} \cot \theta, \quad 1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \quad DCM$$

Odabrano  $\cot \theta = 1$

$\rho_h$  omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama ( $\rho_h = A_h / (b_{w0} s_h)$ )  
 $f_{yd,h}$  proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta  
 $V_{Rd,c}$  proračunska vrijednost posmične otpornosti elemenata bez posmične armature u skladu s normom EN 1992-1-1:2004.

Vertikalne šipke u hrptu, usidrene i preklopljene po visini zida u skladu s normom EN 1992-1-1:2004 trebaju zadovoljiti:

$$\rho_v = \rho_{v,min}$$

$$\rho_h f_{yd,h} b_{w0} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{w0} z + \min N_{Ed}$$

$\rho_v$  omjer armiranja vertikalnih šipki u hrptu ( $\rho_v = A_v / (b_{w0} s_v)$ )  
 $f_{d,v}$  proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

-horizontalne šipke

$$\rho_h = \rho_v = \frac{A_{sh}}{A_c} = \frac{2 \cdot 2,83}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$b_w = 20 \text{ cm}, \quad \cot \theta = 1$$

$$f_{yw} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,s} = 20 \cdot 0,8 \cdot 1430 \cdot 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 1 = 2816,6 \text{ kN} > V_{sd} = 1014,35 \text{ kN}$$

*horizontalne šipke zadovoljavaju!*  
*Q283 (obostrano)*

-vertikalne šipke

$$\rho_h f_{yd,h} b_{w0} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{w0} z + \min N_{Ed}$$

$$0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 1029,6 \leq 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 1029,6 + 2791,55$$

$$2027,98 \leq 4819,53 \text{ kN}$$

*vertikalne šipke zadovoljavaju!*  
*Q283 (obostrano)*

**Klasa DCM, nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem.**

### 12.3.3 Detaljiranje lokalne duktilnosti zida

Ovijena armatura (vilice):  $\Phi_{\min} = 6 \text{ mm}$  DCM

razmak  $s_w \leq (8d_{bl}; b_0/2; 175\text{mm})$  DCM

$$s_w \leq \left\{ 8 \cdot 20; \frac{200}{2}; 175 \text{ mm} \right\} \quad s_w \leq \{160; 100; 175 \text{ mm}\}$$

**Odabrano:  $\Phi 8/10, m=2$**

$\omega_{wd} \geq 0.08$  DCM

Odabrana armatura: **Q-283-obostrano,  $12\emptyset 18$**  ( $A_s = 31,42 \text{ cm}^2$ )-u serklažu

$$l_c = \max\{0,15 \cdot l_w, 1,50 \cdot b_w\} = \max\{214,5, 30\} = 214,5 \text{ cm}$$

-Duljina rubnog serklaža mora bit veća od duljine na kojoj je  $\varepsilon_c > 0,0035$

$$h_o = x_u \cdot \left( 1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} \right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_o}$$

$$T_1 = 0,0787 \text{ s} \Rightarrow \alpha T_1 < T_C \quad \mu_\phi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_C}{T_1} = 1 + 2 \cdot (0,17 - 1) \cdot \frac{0,5}{0,0787} = -9,55$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{yd} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

-Pretpostavimo zaštitni sloj od 3 [cm] do glavne uzdužne armature i  $\Phi 8$  vilice:

$$b_o = 200 - 2 \cdot 30 - 8 = 132 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = 0,217\% = 0,00217$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00283 \cdot 43,48}{2} = 0,061$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2791,55}{20 \cdot 1430 \cdot 2} = 0,049 < 0,15 ; \text{ po EC2 ne treba raditi detaljiranje lokalne duktilnosti, u ovom radu}$$

će se ipak uzeti u obzir.

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 30 \cdot (-9,55) \cdot (0,049 + 0,061) \cdot 0,00217 \cdot \frac{20}{13,2} - 0,035 = -0,14$$



Za duljinu rubnih elemenata odabrano je:

$$l_c = 214,5 \text{ cm}$$

$$\text{debljina } b_w \text{ za } l_c \geq \begin{cases} 0,2m \\ h_s / 15 \rightarrow l_c \leq \max(2b_w; l_w / 5) \\ h_s / 10 \rightarrow l_c > \max(2b_w; l_w / 5) \end{cases}$$

$$l_c \leq \max(2b_w; l_w / 5) = \max(2 \cdot 20; 1430 / 5) = \max(40; 286)$$

$$b_w \geq \frac{h_s}{15} \text{ ili } 0,2m$$

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **Q-283 -obostrano, 12Ø18** u serklažu

### Kontrola tlačnih naprezanja:

-bezdimezionalna vrijednost uzdužne sile

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} < 0,4 - DCM$$

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2791,55}{20 \cdot 1430 \cdot 2} = 0,049 < 0,4$$

-mehanički koeficijent armiranja

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00283 \cdot 43,48}{2} = 0,061$$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,5 \cdot (2 \cdot 214,5 + 2 \cdot 13,2) \cdot \frac{303}{10}}{214,5 \cdot 13,2 \cdot 303} \cdot \frac{43,48}{2} = 0,17 \geq 0,08 \text{ DCM}$$

$$\mu_\varphi = -9,55$$

$$v_d = 0,049$$

$$b_c = 20(\text{cm})$$

$$b_0 = 13,2(\text{cm})$$

$$h_0 = 214,5(\text{cm})$$

$$\varepsilon_{sy,d} = 0,217\% = 0,00217$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \sum b_i^2 / (6 \cdot b_0 \cdot h_0) = 1 - \left[ (2 \cdot 4 \cdot 53,17^2 + 2 \cdot 13,2^2) / (6 \cdot 13,2 \cdot 214,5) \right] = 1,35$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2b_0) \cdot (1 - s / 2h_0) = (1 - 10 / 2 \cdot 13,2) \cdot (1 - 10 / 2 \cdot 214,5) = 0,6$$

n=8-broj šipki

$$\alpha = 1,35 \cdot 0,6 = 0,81$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_{\phi} \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$0,81 \cdot 0,17 \geq 30 \cdot (-9,55) \cdot (0,049 + 0,061) \cdot 0,00217 \cdot \frac{20}{13,2} - 0,035$$

0,14  $\geq$  -0,14 - **odabrana armatura zadovoljava!**

Odabrana armatura:

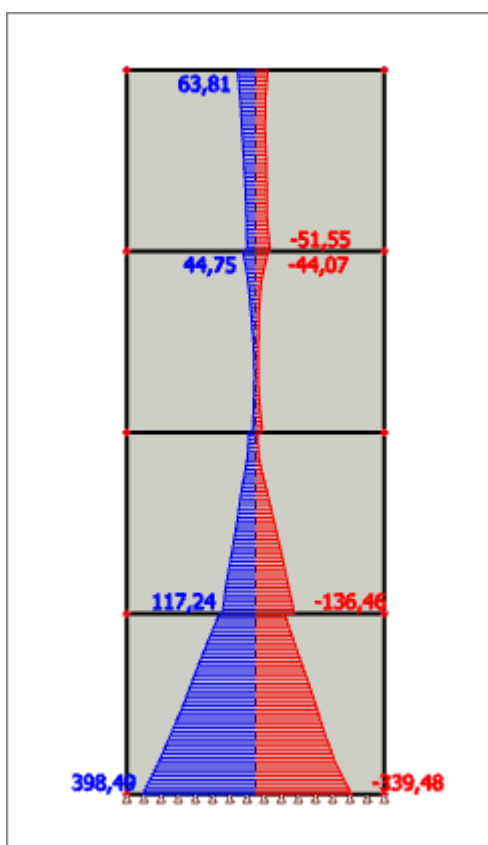
- **Q283 – obostrano**
- **12 $\varnothing$ 18 – u rubnom serklažu**
- **$\varnothing$ 8/10 – spone**

## 12.4 Prikaz reznih sila karakterističnog zida u x smjeru na kojem se vrši dimenzioniranje

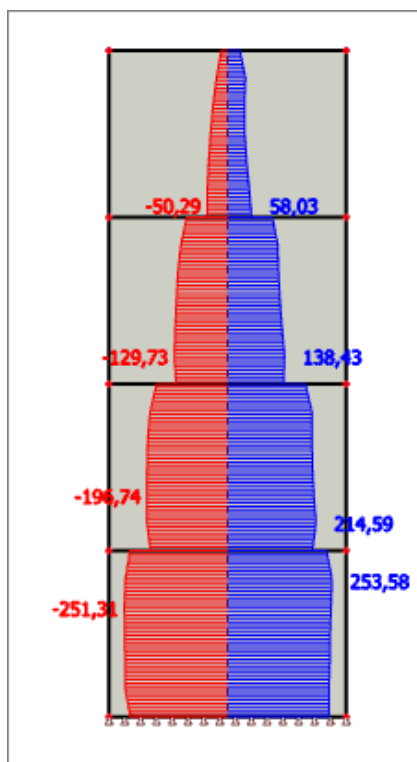
Izabran je zid u smjeru globalne osi x, dimenzija 455x20 cm za koji će se provesti dimenzioniranje. Zid se dimenzionira na vrijednosti reznih sila  $M = 3557,58\text{kNm}$  i  $V = 450,12\text{kN}$  dobivenih u kombinaciji  $kS_x$  i uzdužne sile  $N = 1089,24\text{kN}$  dobivene u kombinaciji KGS.



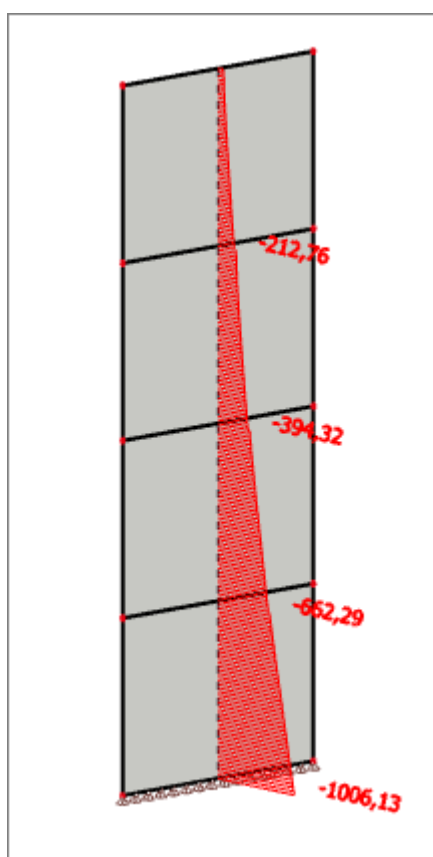
Slika 53. Izo pogled na karakteristični zid



Slika 54. Momenti savijanja na karakterističnom zidu



Slika 55. Poprečne sile na karakterističnom zidu



Slika 56. Uzdužne sile na karakterističnom zidu

## 12.5 Proračunska ovojnica momenata savijanja i poprečnih sila prema kriterijima EC8-EN 1998 za jedan zid, te dimenzioniranje i proračun duktilnosti za taj isti karakteristični zid

### 12.5.1 Ovojnice reznih sila

#### ➤ Proračunska ovojnica momenata savijanja

$H_w = 13,3$  m,  $l_w = 4,55$  m, klasa duktilnosti M

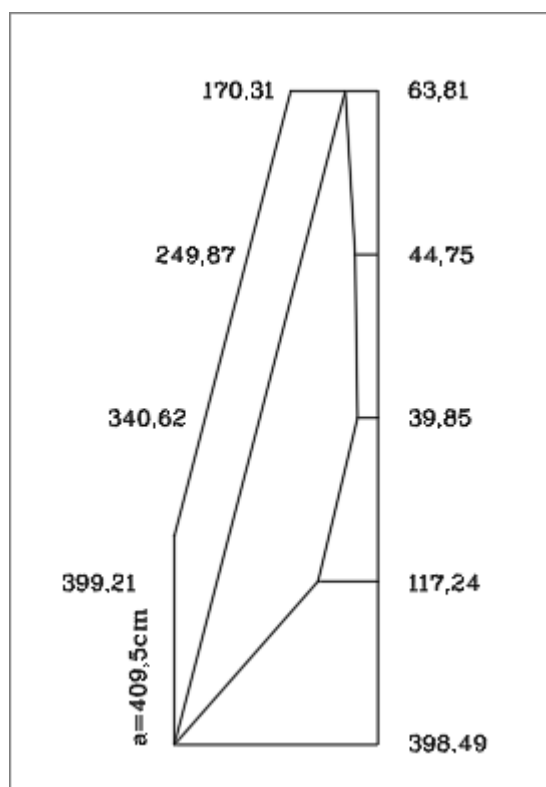
$$\frac{H_w}{l_w} = \frac{13,3}{4,55} = 2,92 > 2 \text{ - vitki zid, potrebno povećanje momenata savijanja}$$

$a_1 = d \cot\theta$  - vlačni pomak uslijed povećanja poprečne sile

DCM  $\rightarrow 1 \leq \cot\theta \leq 2,5$ , odabrano  $\cot\theta = 1$

$$d = 0,9 \cdot l_w = 0,9 \cdot 4,55 = 409,5 \text{ cm}$$

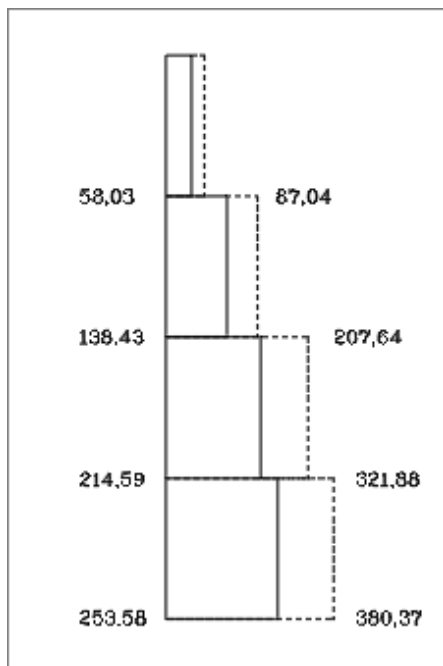
$$a = 409,5 \cdot 1 = 409,5 \text{ cm}$$



Slika 57. Ovojnica momenata savijanja

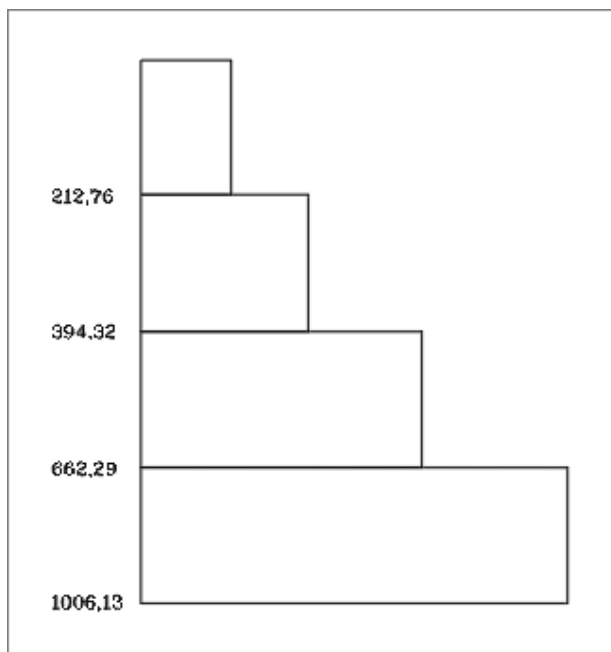
➤ **Proračunska ovojnica poprečnih sila**

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{sd}$  izvodi se iz  $V_{sd} = \varepsilon \cdot V'_{Ed}$  gdje je  $V_{Ed}$  poprečna sila po visini zida dobivena proračunom, a  $\varepsilon$  faktor uvećanja te za klasu duktilnosti DCM vrijedi  $\varepsilon=1,5$ .



Slika 58. Ovojnica poprečnih sila

➤ **Uzdužne sile**



Slika 59. Uzdužne sile

## 12.6 Dimenzioniranje karakterističnog zida

### ➤ geometrijske karakteristike zida

Duljina:  $l_w = 455 \text{ cm}$

Širina:  $b_w = 20 \text{ cm}$

$d_1 = 3 \text{ cm}$

$d_y = 17 \text{ cm}$

$d_x = 409,5 \text{ cm} (455 \text{ cm} * 0,9)$

### ➤ Parcijalni koeficijenti sigurnosti materijala za seizmičku kombinaciju

$\gamma_c = 1,5$

$\gamma_s = 1,15$

### ➤ beton

C 30/37

$f_{cd} = 30/1,5 = 20,0 \text{ (Mpa)}$

### ➤ armatura

B500B

$f_{yd} = 500/1,15 = 434,8 \text{ (Mpa)}$

**-duljina rubnog serklaža**

$h_0 = \max\{0,15l_w; 1,5b_w\} = \max\{68,2; 30\} = 68,2 \text{ cm}$

### 12.6.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Napomena: Armatura se postavlja s obje strane zida zbog toga što potres može djelovati s jedne ili druge strane.

Rezne sile:

$$M_{Ed} = 398,49 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 1006,13 \text{ kN (tlak)}$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{398,49 \cdot 100}{20 \cdot 455^2 \cdot 2,0} = 0,0048$$

$$\nu_{Sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-1006,13}{20 \cdot 455 \cdot 2,0} = -0,055$$

Iz dijagrama interakcije za omjer armature ( $\alpha$ ) i omjer  $d_1/h$ ,  $d_2/h$  ( $\beta$ ) očitamo mehanički koeficijent armiranja ( $\omega$ )

$$\alpha = \frac{A_{S2}}{A_{S1}} = 1,0$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{30}{200} = 0,15$$

Iz dijagrama interakcije za pravokutni poprečni presjek određen koeficijentima  $\alpha$  i  $\beta$  očitano je:  
 $\omega=0,022$

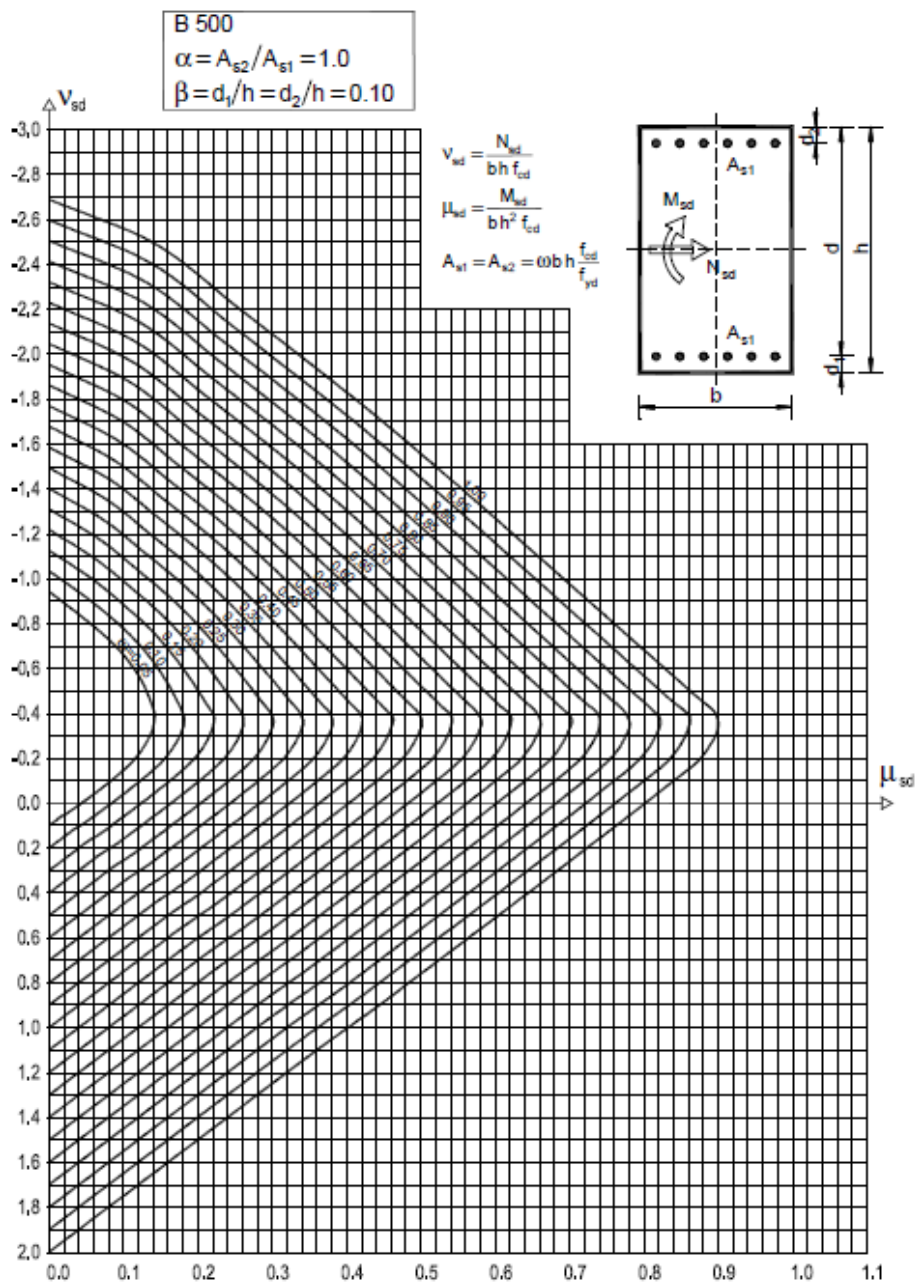
$$A_{S1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,02 \cdot 20 \cdot 455 \cdot \frac{2,0}{43,48} = 9,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{S,min.} = \frac{0,5}{100} \cdot 68,2 \cdot 20 = 6,82 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{S,max.} = \frac{4}{100} \cdot 68,2 \cdot 20 = 54,56 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Odabrana računaska armatura: **6Ø18** ( $A_s=15,27 \text{ cm}^2$ )





Dijagram 3. Dijagram interakcije-očitano  $\omega=0,022$

➤ *Kapacitet nosivosti uz maksimalnu uzdužnu silu*

Iz dijagrama interakcije:

$$\alpha = \frac{A_{s2}}{A_{s1}} = 1.0$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{h} = \frac{30}{200} = 0.15$$

Za stvarno armirani presjek tražimo moment nosivosti:

$$A_{s1} = 15,27 [cm^2]$$

$$\omega = \frac{A_{s1} \cdot f_{yd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{15,27 \cdot 43,48}{20 \cdot 455 \cdot 2,0} = 0,036$$

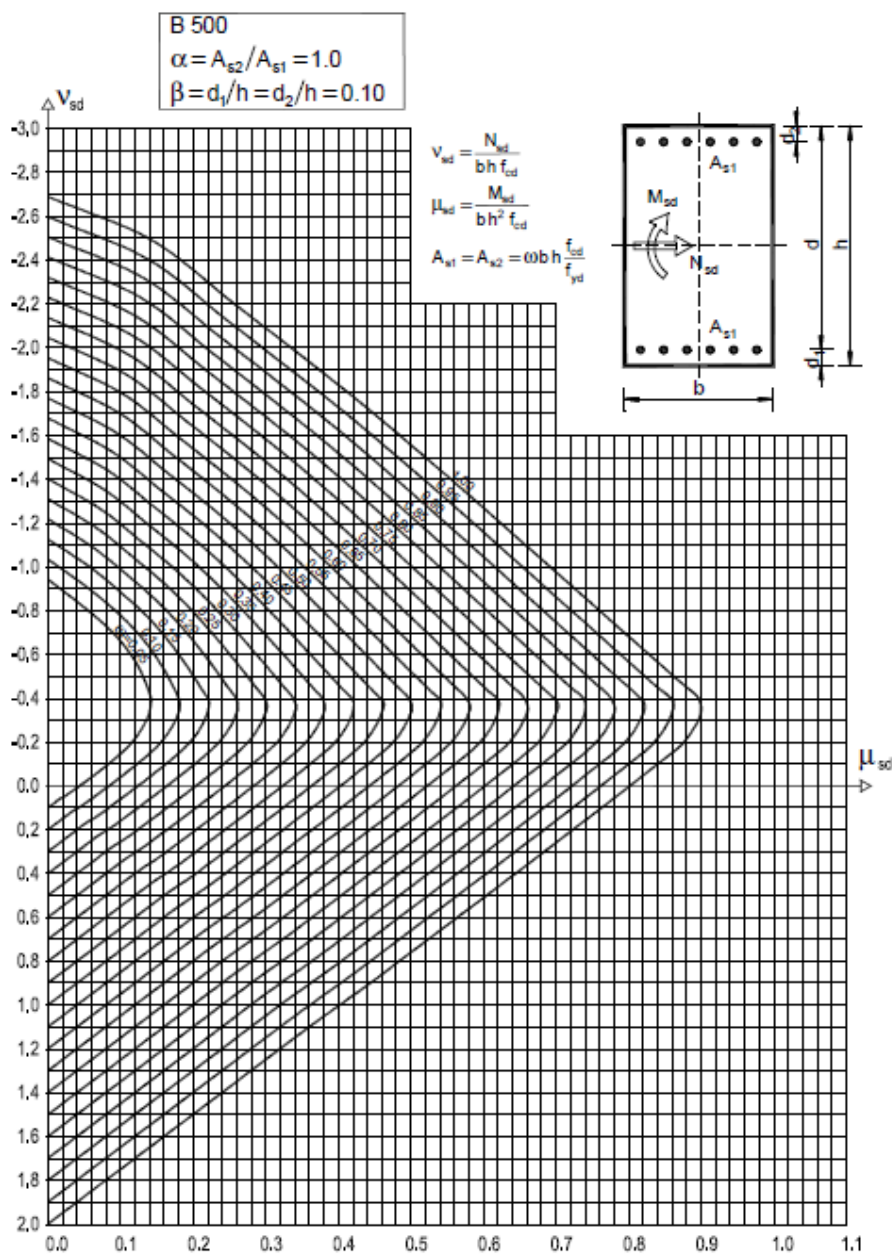
Za  $N_{max} = -2646,21$  [kN], tj. za

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-1006,13}{20 \cdot 455 \cdot 2,0} = -0.055$$

iz dijagrama interakcije očitano je:

$$\mu_{Ed} = 0,045$$

$M_{Rd} = 0,045 \cdot 20 \cdot 455^2 \cdot 2,0 = 3726,45$  [kNm] – proračunska otpornost na savijanje u podnožju zida



Dijagram 4. Dijagram interakcije-očitano  $\mu=0,045$

## 12.6.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

Rezne sile:  $V_{sd} = 380,37 \text{ kN}$

$$A_{z,\min} = 0,2\% \cdot d \cdot 100 = \frac{0,2}{100} \cdot 17 \cdot 100 = 3,4 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Odabrano: **Q-283** ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m}$ ) -obostrano

### ➤ Visina kritičnog područja

$$h_{kr} = \max(l_w, h_w/6) = \max(455; 213,3)$$

$$h_{kr} \leq \left( \frac{2l_w}{\left( \frac{h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova}}{2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova}} \right)} \right), \quad h_{kr} \leq \left( \frac{2 \cdot 455}{(320)} \right) \quad h_{kr} \leq 320 \text{ cm}$$

$$h_{kr} = 320 \text{ cm}$$

### ➤ Nosivost zidova na poprečne sile (s minimalnom armaturom)

#### ○ Slom tlačne dijagonale

Van kritičnog područja: za klasu DCM, kao u EC2

$$V_{sd} \leq V_{Rd,\max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{w0} \cdot v_1 \cdot z \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1, \text{ctg}\theta = 1, \text{tg}\theta = 1$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,\max} = \frac{1 \cdot 20 \cdot 0,528 \cdot 0,8 \cdot 409,5 \cdot 2,0}{1+1} = 3459,46 \text{ kN} > V_{sd} = 380,37 \text{ kN}$$

U kritičnom području:

$$V_{sd} \leq V_{Rd,\max} = 0,3 \cdot \left(1 - f_{ck} / 250\right) \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \sin 2\theta, \text{ gdje je } 1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,5 = 20,0 \text{ MPa}$$

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$z \approx 0,8d = 0,8 \cdot 409,5 = 327,6 \text{ cm}$$

$$V_{Rd2} = 0,3 \cdot \left(1 - 30 / 250\right) \cdot 2,0 \cdot 20 \cdot 327,6 \cdot \sin 90^\circ = 3459,46 \text{ kN} > V_{sd} = 380,37 \text{ kN}$$

○ **Slom vlačne dijagonale**

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w} = \frac{398,49}{380,37 \cdot 4,55} = 0,23$$

Ako je  $\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{sd} \cdot l_w} \leq 2$

Horizontalne šipke u hrptu trebaju zadovoljiti

$$V_{Rd,s} = b_{w0} (0.8 l_w) \rho_h f_{ywd} \cot \theta, \quad 1 \leq \cot \theta \leq 2.5 \quad DCM$$

Odabrano  $\cot \theta = 1$

- $\rho_h$  omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama ( $\rho_h = A_h / (b_{w0} s_h)$ )
- $f_{yd,h}$  proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature hrpta
- $V_{Rd,c}$  proračunska vrijednost posmične otpornosti elemenata bez posmične armature u skladu s normom EN 1992-1-1:2004.

Vertikalne šipke u hrptu, usidrene i preklapljene po visini zida u skladu s normom EN 1992-1-1:2004 trebaju zadovoljiti:

$$\rho_v = \rho_{v,\min}$$

$$\rho_h f_{yd,h} b_{w0} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{w0} z + \min N_{Ed}$$

- $\rho_v$  omjer armiranja vertikalnih šipki u hrptu ( $\rho_v = A_v / (b_{w0} s_v)$ )
- $f_{d,v}$  proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

-horizontalne šipke

$$\rho_h = \rho_v = \frac{A_{sh}}{A_c} = \frac{2 \cdot 2,83}{20 \cdot 100} = 0,00283$$

$$b_w = 20 \text{ cm}, \quad \cot \theta = 1$$

$$f_{yw} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,s} = 20 \cdot 0.8 \cdot 455 \cdot 0.00283 \cdot 43,48 \cdot 1 = 896,2 \text{ kN} > V_{sd} = 380,2 \text{ kN}$$

*horizontalne šipke zadovoljavaju!*  
Q283 (obostrano)

-vertikalne šipke

$$\rho_h f_{yd,h} b_{w0} z \leq \rho_v f_{yd,v} b_{w0} z + \min N_{Ed}$$

$$0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 409,5 \leq 0,00283 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 409,5 + 1006,13$$

$$806,58 \leq 1812,71 \text{ kN}$$

*vertikalne šipke zadovoljavaju!*  
Q283 (obostrano)

Klasa DCM, nije potrebna provjera na posmični slom klizanjem.

### 12.6.3 Detaljiranje lokalne duktilnosti zida

Ovijena armatura (vilice):  $\Phi_{\min} = 6 \text{ mm}$  DCM

razmak  $s_w \leq (8d_{bl}; b_0/2; 175\text{mm})$  DCM

$$s_w \leq \left\{ 8 \cdot 20; \frac{200}{2}; 175 \text{ mm} \right\} \quad s_w \leq \{160; 100; 175 \text{ mm}\}$$

**Odabrano:  $\Phi 8/10, m=2$**

$\omega_{wd} \geq 0.08$  DCM

Odabrana armatura: **Q-283-obostrano,  $6\Phi 18 (A_s=15,27 \text{ cm}^2)$** -u serklažu

$$l_c = \max\{0,15 \cdot l_w, 1,50 \cdot b_w\} = \max\{68,2, 30\} = 68,2 \text{ cm}$$

-Duljina rubnog serklaža mora bit veća od duljine na kojoj je  $\varepsilon_c > 0,0035$

$$h_o = x_u \cdot \left( 1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}} \right)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_o}$$

$$T_1 = 0,0787 \text{ s} \Rightarrow \alpha T_1 < T_c \quad \mu_\phi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} = 1 + 2 \cdot (0,19 - 1) \cdot \frac{0,5}{0,0787} = -9,29$$

$$\alpha \cdot \omega_{wd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{yd} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035$$

-Pretpostavimo zaštitni sloj od 3 [cm] do glavne uzdužne armature i  $\Phi 8$  vilice:

$$b_0 = 200 - 2 \cdot 30 - 8 = 132 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = 0,217\% = 0,00217$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00283 \cdot 43,48}{2} = 0,061$$

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1006,13}{20 \cdot 455 \cdot 2} = 0,055 < 0,15 ; \text{ po EC2 ne treba raditi detaljiranje lokalne duktilnosti, u ovom radu}$$

će se ipak uzeti u obzir.

$$\alpha \cdot \omega_{wd} = 30 \cdot (-9,29) \cdot (0,055 + 0,061) \cdot 0,00217 \cdot \frac{20}{13,2} - 0,035 = -0,14$$

Za duljinu rubnih elemenata odabrano je:

$$l_c = 68,2 \text{ cm}$$

$$\text{debljina } b_w \text{ za } l_c \geq \begin{cases} 0,2m \\ h_s / 15 \rightarrow l_c \leq \max(2b_w; l_w / 5) \\ h_s / 10 \rightarrow l_c > \max(2b_w; l_w / 5) \end{cases}$$

$$l_c \leq \max(2b_w; l_w / 5) = \max(2 \cdot 20; 455 / 5) = \max(40; 91)$$

$$b_w \geq \frac{h_s}{15} \text{ ili } 0,2m$$

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **Q-283 -obostrano, 6Ø18** u serklažu

### Kontrola tlačnih napreznja:

-bezdimezionalna vrijednost uzdužne sile

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} < 0,4 - DCM$$

$$v_d = \frac{N_{sd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1006,13}{20 \cdot 455 \cdot 2} = 0,055 < 0,4$$

-mehanički koeficijent armiranja

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,00283 \cdot 43,48}{2} = 0,061$$

$$\omega_{wd} = \frac{\text{volumen vilica}}{\text{volumen betonske jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{0,5 \cdot (2 \cdot 68,2 + 2 \cdot 13,2) \cdot \frac{303}{10}}{68,2 \cdot 13,2 \cdot 303} \cdot \frac{43,48}{2} = 0,19 \geq 0,08 \text{ DCM}$$

$$\mu_\varphi = -9,29$$

$$v_d = 0,055$$

$$b_c = 20 \text{ (cm)}$$

$$b_0 = 13,2 \text{ (cm)}$$

$$h_0 = 68,2 \text{ (cm)}$$

$$\varepsilon_{sy,d} = 0,217\% = 0,00217$$

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s$$

$$\alpha_n = 1 - \sum b_i^2 / (6 \cdot b_0 \cdot h_0) = 1 - \left[ (2 \cdot 2 \cdot 32,4^2 + 2 \cdot 13,2^2) / (6 \cdot 13,2 \cdot 68,2) \right] = 0,16$$

$$\alpha_s = (1 - s / 2b_0) \cdot (1 - s / 2h_0) = (1 - 10 / 2 \cdot 13,2) \cdot (1 - 10 / 2 \cdot 68,2) = 0,57$$

n=8-broj šipki

$$\alpha = 0,16 \cdot 0,57 = 0,09$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\phi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0,035$$

$$0,09 \cdot 0,19 \geq 30 \cdot (-9,29) \cdot (0,055 + 0,061) \cdot 0,00217 \cdot \frac{20}{13,2} - 0,035$$

0,02  $\geq$  -0,14 - **odabrana armatura zadovoljava!**

Odabrana armatura:

- **Q283 – obostrano**
- **6Ø18 – u rubnom serklažu**
- **Ø8/10 - spone**

# 13 PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS.

Unutarnja projektna temperature grijanja: 20,00 °C

## 13.1 Podaci o lokaciji objekta

Predmetna građevina se nalazi u 5. zoni globalnog Sunčevog zračenja sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade  $\Theta_{e,mj,min} > 3\text{ °C}$  i unutarnjom temperaturom  $\Theta_i \geq 18\text{ °C}$ .

**Klimatološki podaci lokacije objekta:**

Lokacija: Split  
Referentna postaja: Split Marjan

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
	Temperature zraka ( ° C)												
m	8,5	7,7	10,4	15,3	20,4	25,4	25	27,6	22,9	15,8	11,9	10,7	16,9
min	-3	-2,9	-1,5	2,6	8,8	14,1	18,6	16,4	12,5	6,1	1,8	-2,8	-3
max	15	15,4	18,7	23,8	28,1	32,2	32,2	32,9	29,4	23,7	23,4	16,5	32,9

	72alk vodene pare (Pa)												
m	680	690	790	960	1280	1550	1620	1640	1510	1220	970	750	1140

	Relativna vlažnost zraka (%)												
m	61	58	60	60	56	54	49	52	59	63	65	61	58

	Brzina vjetra (m/s)												
m	3,5	5	4,7	4,2	3,5	3	3,1	3	3,3	3,9	4,7	4,7	4

	Broj dana grijanja												
	Temperatura vanjskog zraka										$\leq 10\text{ °C}$	83,1	
											$\leq 12\text{ °C}$	121,6	
											$\leq 15\text{ °C}$	168,4	



Orijentacija	[ ° ]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
		Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m <sup>2</sup> )												
S	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	256	337	483	561	681	738	773	691	560	457	275	219	6032
	30	309	389	517	564	657	698	738	685	591	520	328	268	6265
	45	345	421	526	541	605	631	672	647	591	555	364	301	6199
	60	361	430	507	493	529	539	578	579	561	559	379	318	3834
	75	358	414	464	424	435	431	465	486	502	533	373	317	5202
	90	335	376	398	339	330	316	342	376	418	476	347	298	4351
SE, SW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	237	316	466	554	681	742	775	685	544	431	254	202	5886
	30	271	351	489	557	664	714	752	683	566	474	289	233	6043
	45	292	369	492	539	626	664	704	655	565	494	310	253	5961
	60	298	368	473	501	567	594	633	604	539	489	314	259	3639
	75	288	349	434	445	492	507	544	532	490	460	303	252	5094
	90	263	313	378	377	406	413	444	445	422	409	276	232	4376
E, W	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	192	268	422	528	670	740	768	659	499	370	209	162	5485
	30	193	267	416	514	648	715	742	641	490	368	209	163	5367
	45	191	262	402	491	614	675	703	611	473	361	206	161	5150
	60	183	251	378	457	567	621	649	568	445	345	198	155	4817
	75	171	232	346	413	508	555	581	513	407	319	185	144	4372
	90	153	207	304	360	440	480	504	447	358	284	165	130	3831
NE, NW	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	146	215	372	494	651	731	751	623	444	301	160	121	5009
	30	115	173	319	443	600	680	693	561	383	244	127	95	4434
	45	87	144	276	391	635	609	618	494	330	205	98	74	3862
	60	78	104	237	345	472	536	543	435	287	153	81	69	3340
	75	72	88	171	290	414	470	476	373	216	113	75	63	2821
	90	64	81	133	202	319	374	370	265	143	104	68	57	2181
E, N	0	191	267	424	533	677	749	777	665	501	370	207	161	5522
	15	117	185	346	478	637	716	734	604	417	264	131	95	4721
	30	87	109	253	400	559	634	643	509	314	153	91	78	3830
	45	83	101	175	306	454	519	518	391	203	125	125	74	3036
	60	78	95	158	212	333	382	371	259	159	119	81	69	2317
	75	72	88	146	185	227	238	227	200	150	112	75	63	1782
	90	64	81	133	168	208	211	210	186	140	104	68	57	1631

### 13.2 Zona 1 – višestambena zgrada

Uvjet	Status
Koeficijenti prolaska topline	ZADOVOLJAVA
Difuzija	ZADOVOLJAVA
Dinamičke toplinske karakteristike	ZADOVOLJAVA
Korisna energija	ZADOVOLJAVA
Primarna energija	ZADOVOLJAVA

#### 13.2.1 Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – $A$ [ $m^2$ ]	2270,11
Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e$ [ $m^3$ ]	4021,16
Obujam grijanog zraka – $V$ [ $m^3$ ]	3216,93
Faktor oblika zgrade - $f_o$ [ $m^{-1}$ ]	0,56
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_k$ [ $m^2$ ]	1276,56
Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}$ [ $m^2$ ]	1446,49
Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}$ [ $m^2$ ]	141,63

#### 13.2.2 Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [ $kg/m^3$ ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [ $m^2$ ]:					Istok	170,24
					Sjever	286,40
					Zapad	185,60
					Jug	293,76

Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [ $kg/m^3$ ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1,600	30,00	0,03	1100,00
7	Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [ $m^2$ ]:					Sjever	10,60

### Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	5,000	0,037	1,10	0,06	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:						550,03

### Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	0,480	10,00	2,50	1100,00
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:						494,85

### Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 35 parna	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	0,036	1,10	0,06	130,00
4	Knauf Insulation LDS 35 parna	0,020	0,500	205000,00	20,00	500,00
5	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
6	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:						319,14

### Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	Bitum. traka s uloškom stakl.	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:						319,14

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementni estrih	6,000	1,600	50,00	3,00	2000,00
2	Knauf Insulation LDS 100 parna	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	0,036	140,00	11,20	37,50
4	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
5	Bitum. traka s uloškom stakl.	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	Beton	15,000	2,000	100,00	15,00	2400,00
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	0,810	3,00	0,90	1700,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					39,12	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					319,14	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

R.b.	Materijal	d [cm]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]	sd [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	Cementna žbuka	1,500	1,600	30,00	0,45	2000,00
2	Armirani beton	17,000	2,600	110,00	18,70	2500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	160,000	30000000,00	1,00	2800,00
5	Bitumenska ljepenka (traka)	0,300	0,230	50000,00	150,00	1100,00
6	Geotekstil 150-200 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	0,036	140,00	21,00	37,50
8	Geotekstil 500 g/m2	0,020	0,200	1000,00	0,20	900,00
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	0,170	1000000,00	1.500,00	1200,00
10	Beton	3,000	2,000	100,00	3,00	2400,00
Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]:					39,12	

### 13.2.3 Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Naziv otvora	Uw [W/m <sup>2</sup> K]	Orijentacija	Aw [m <sup>2</sup> ]	n
P 100 x120 g-v	1,40	Istok	1,20	8,00
P 120 x120 g-v	1,40	Istok	1,44	4,00
P 120 x120 g-v	1,40	Jug	1,44	8,00
P 140 x120 g-v	1,40	Jug	1,68	4,00
P 160 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,92	4,00
V 90 x 210 g-v	1,40	Jug	1,89	12,00
V 120 x 210 g-v	1,40	Jug	2,52	16,00
P 120 x120 n-v S	1,40	Sjever	1,44	3,00
V 110 x 210 n-v S	1,40	Sjever	2,31	1,00
V 90 x 200 g-n	2,00	Jug	1,80	6,00
P 120 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,44	12,00
P 140 x120 g-v S	1,40	Sjever	1,68	8,00

### 13.2.4 Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

Podaci o definiranim prostorijama s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja.

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m <sup>2</sup> ]	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	f	g <sub>tot f</sub>	max	Zadovoljava
soba 1	Jug	9,12	2,30	0,25	0,04	0,20	Da

Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna.

Naziv prostorije	Naziv otvora	f <sub>c</sub>	A <sub>g</sub> [m <sup>2</sup> ]	g <sub>⊥</sub>	n
soba 1	P 120 x120 g-v	0,30	1,15	0,60	2

### 13.2.5 Sustav grijanja i energent za grijanje

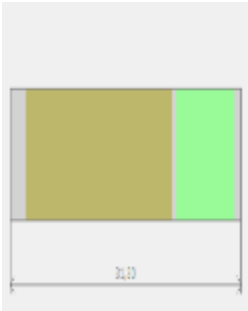
Sustav grijanja:	Lokalno
Vrijeme rada sustava:	Sustavi s prekidom rada noću
Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f <sub>H,hr</sub>	0,71
Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f <sub>C,day</sub> :	1,00
Vrsta energenta za grijanje:	Električna energija
Vrsta i način korištenja obnovljivih izvora energije:	
Udio obnovljive energije u isporučenoj energiji [%]:	0,00

### 13.3 Proračun građevnih dijelova zgrade

Naziv građevnog dijela	A [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> ]
Z1 g-v	936,00	0,38	0,45
Z3 n-v	10,60	0,38	0,45
Z2 g-n	550,03	0,58	0,60
Z4 g-g	494,85	0,52	0,80
Mk1 g-g	319,14	0,57	0,80
P1 g-tlo	319,14	0,40	0,50
P2 n-tlo	39,12	0,40	0,50
K1 g-v	319,14	0,30	0,30
K2 n-v	39,12	0,30	0,30


U nastavku je prikazan tablični proračun ojednog građevinskog elementa:

#### Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

	A <sub>gd</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>I</sub>	A <sub>Z</sub>	A <sub>S</sub>	A <sub>J</sub>	A <sub>SI</sub>	A <sub>SZ</sub>	A <sub>JI</sub>	A <sub>JZ</sub>
	936,00	170,24	185,60	286,40	293,76	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,39 ≤ 0,91			ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM <sub>a, god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:			559,20 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA			

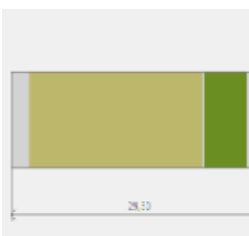
	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	25,00	0,034	2,353
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1100,00	1,600	0,001
7	Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
				R <sub>si</sub> = 0,130	
				R <sub>se</sub> = 0,040	
				<b>R<sub>T</sub> = 2,634</b>	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,38 ≤ U <sub>max</sub> = 0,45		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 559,20 [kg/m <sup>2</sup> ]		559,20 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,38 ≤ 0,45		ZADOVOLJAVA	

## Vanjski zidovi 2 - Z3 n-v

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	10,60	0,00	0,00	10,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ )			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,91$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$559,20 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA				

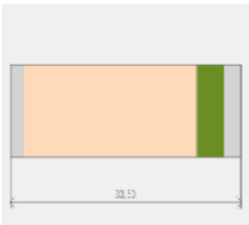
	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho [kg/m^3]$	$\lambda [W/mK]$	$R [m^2 K/W]$
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	25,00	0,034	2,353
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,100	1100,00	1,600	0,001
7	Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
				$R_{si} = 0,130$	
				$R_{se} = 0,040$	
				<b><math>R_T = 2,634</math></b>	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,38 \leq U_{max} = 0,45$			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela <b>559,20 [kg/m<sup>2</sup>]</b>		$559,20 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA

## Zidovi prema negrijanim prostorijama 1 - Z2 g-n

	$A_{gd} [m^2]$	$A_I$	$A_Z$	$A_S$	$A_J$	$A_{SI}$	$A_{SZ}$	$A_{JI}$	$A_{JZ}$	
	550,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,58 \leq 0,60$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ )			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,86$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			


	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	$\rho [kg/m^3]$	$\lambda [W/mK]$	$R [m^2 K/W]$
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove	5,000	16,00	0,037	1,351
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
				$R_{si} = 0,130$	
				$R_{se} = 0,130$	
				<b><math>R_T = 1,734</math></b>	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$		$U = 0,58 \leq U_{max} = 0,60$			ZADOVOLJAVA

### Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Z4 g-g

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	494,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,52 ≤ 0,80			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]	
1	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020	
2	Šuplji blokovi od gline	25,000	1100,00	0,480	0,521	
3	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove	4,000	16,00	0,037	1,081	
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006	
5	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020	
				R <sub>si</sub> = 0,130		
				R <sub>se</sub> = 0,130		
				<b>R<sub>T</sub> = 1,907</b>		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,52 ≤ U <sub>max</sub> = 0,80			ZADOVOLJAVA	

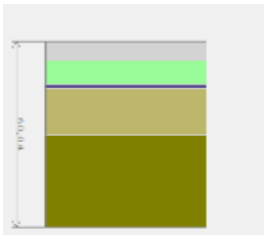
### Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika 1 - Mk1 g-g

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	319,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,57 ≤ 0,80			ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]	
1	Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031	
2	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500	0,000	
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	5,000	130,00	0,036	1,389	
4	Knauf Insulation LDS 35 parna brana	0,020	500,00	0,500	0,000	
5	Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065	
6	Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009	
				R <sub>si</sub> = 0,170		
				R <sub>se</sub> = 0,100		
				<b>R<sub>T</sub> = 1,766</b>		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,57 ≤ U <sub>max</sub> = 0,80			ZADOVOLJAVA	

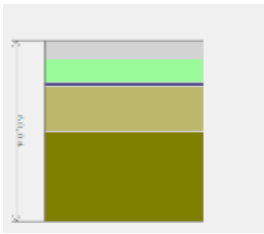


## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	319,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,40 ≤ 0,50			ZADOVOLJAVA		
<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ )			fR <sub>si</sub> = 0,00 ≤ 0,90			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	37,50	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	0,001
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	1100,00	0,230	0,043
6	Beton	15,000	2400,00	2,000	-
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	1700,00	0,810	-
				R <sub>si</sub> = 0,170	
				R <sub>se</sub> = 0,000	
				<b>R<sub>T</sub> = 2,475</b>	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,40 ≤ U <sub>max</sub> = 0,50		ZADOVOLJAVA	

## Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	39,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,40 ≤ 0,50			ZADOVOLJAVA		
<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ )			fR <sub>si</sub> = 0,00 ≤ 0,90			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038
2	Knauf Insulation LDS 100 parna brana	0,020	450,00	0,500	0,000
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	37,50	0,036	2,222
4	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	0,001
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	1,000	1100,00	0,230	0,043
6	Beton	15,000	2400,00	2,000	-
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	30,000	1700,00	0,810	-
				R <sub>si</sub> = 0,170	
				R <sub>se</sub> = 0,000	
				<b>R<sub>T</sub> = 2,475</b>	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,40 ≤ U <sub>max</sub> = 0,50		ZADOVOLJAVA	

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	319,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,39 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			557,61 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	ρ[kg/m <sup>3</sup> ]	λ[W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009
2	Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,00	160,0	0,000
5	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	0,001
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	37,50	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	1200,00	0,170	-
10	Beton	3,000	2400,00	2,000	-
				R <sub>si</sub> = 0,100	
				R <sub>se</sub> = 0,040	
				R <sub>T</sub> = 4,409	
				ΔU = 0,069	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,30 ≤ U <sub>max</sub> = 0,30			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 557,61 [kg/m <sup>2</sup> ]		557,61 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA

## Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 - K2 n-v

	<b>A<sub>gd</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	<b>A<sub>I</sub></b>	<b>A<sub>Z</sub></b>	<b>A<sub>S</sub></b>	<b>A<sub>J</sub></b>	<b>A<sub>SI</sub></b>	<b>A<sub>SZ</sub></b>	<b>A<sub>Jl</sub></b>	<b>A<sub>JZ</sub></b>
	39,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Toplinska zaštita:</b>			U [W/m <sup>2</sup> K] = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
	<b>Površinska vlažnost:</b> (Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8)			fR <sub>si</sub> = 0,39 ≤ 0,93			ZADOVOLJAVA		
	<b>Unutarnja kondenzacija:</b>			ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00			ZADOVOLJAVA		
<b>Dinamičke karakteristike:</b>			557,61 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,30 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog	d[cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	R[m <sup>2</sup> K/W]
1	Cementna žbuka	1,500	2000,00	1,600	0,009
2	Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
3	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
4	Aluminijska folija 0,05 mm	0,001	2800,00	160,0	0,000
5	Bitumenska ljepjenka (traka)	0,300	1100,00	0,230	0,013
6	Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	0,001
7	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,000	37,50	0,036	4,167
8	Geotekstil 500 g/m <sup>2</sup>	0,020	900,00	0,200	-
9	Tvrda guma (ebonit), kruta	1,500	1200,00	0,170	-
10	Beton	3,000	2400,00	2,000	-
				R <sub>si</sub> = 0,100	
				R <sub>se</sub> = 0,040	
				R <sub>T</sub> = 4,409	
				$\Delta U = 0,069$	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] =		U = 0,30 ≤ U <sub>max</sub> = 0,30		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 557,61 [kg/m <sup>2</sup> ]		557,61 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup> U = 0,30 ≤ 0,30		ZADOVOLJAVA	

## 2.A.2. Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

Istok

### 13.4 Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Ako je potencijalni toplinski most projektiran u skladu s hrvatskom normom koja sadrži katalog dobrih rješenja toplinskih mostova i/ili se radi o izvedbi nove zgrade koja nije okarakterizirana kao "niskoenergetska ili pasivna", a svi građevni dijelovi vanjske ovojnice zgrade zadovoljavaju glede najviše dozvoljenih vrijednosti koeficijenta prolaska topline  $U$   $W/(m^2 K)$ , tada se može umjesto točnog proračuna ili Tablice 4.2, utjecaj toplinskih mostova povećanjem  $U$ , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $UTM = 0,05 W/(m^2 K)$ .

### 13.5 Koeficijenti transmisivnih gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisivnih gubitaka	
Koeficijent transmisivne izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K]	719,742
Uprosječni koeficijent transmisivne izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	126,419
Koeficijent transmisivne izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U$ [W/K]	84,597
Koeficijent transmisivne izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K]	0,000
<b>Ukupni koeficijent transmisivne izmjene topline, <math>H_{Tr}</math> [W/K]</b>	<b>930,758</b>

#### 13.5.1 Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun  $H_D$

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
Z1 g-v	402,177
Z3 n-v	4,555
K1 g-v	110,469
K2 n-v	13,541

#### 13.5.2 Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

Naziv otvora	n	$A_w$	$U_w$	$H_D$
P 100 x120 g-v	8,00	1,20	1,40	13,44
P 120 x120 g-v	12,00	1,44	1,40	24,19
P 140 x120 g-v	4,00	1,68	1,40	9,41
P 160 x120 g-v S	4,00	1,92	1,40	10,75
V 90 x 210 g-v	12,00	1,89	1,40	31,75
V 120 x 210 g-v	16,00	2,52	1,40	56,45
P 120 x120 n-v S	3,00	1,44	1,40	6,05
V 110 x 210 n-v S	1,00	2,31	1,40	3,23
V 90 x 200 g-n	6,00	1,80	2,00	21,60
P 120 x120 g-v S	12,00	1,44	1,40	24,19
P 140 x120 g-v S	8,00	1,68	1,40	18,82

### 13.5.3 Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

Gubitak	Tip građevnog dijela u odnosu na tlo	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	$H_u$ [W/K]
---------	--------------------------------------	--------------------------	-------------

A	P	B	$d_s$	$R_s$	K.o.	$\Delta\psi$	$U_n$	U	$d'$	$R'$	$R_n$	$d_n$	R.i.	D	$\psi_s$	$H_s$
---	---	---	-------	-------	------	--------------	-------	---	------	------	-------	-------	------	---	----------	-------

### 13.5.4 Gubici topline kroz negrijane prostore

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m <sup>3</sup> ]	$n_{UE}$	b	$H_u$
1	(1)	(a)	*	500,73	0,50	0,23	84,60

### 13.6 Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2270,11	[m <sup>2</sup> ]
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e$	4021,16	[m <sup>3</sup> ]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	3216,93	[m <sup>3</sup> ]
Faktor oblika zgrade	$f_0$	0,56	[m <sup>-1</sup> ]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	$A_K$	1276,56	[m <sup>2</sup> ]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama	$A_f$	319,14	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština pročelja	$A_{uk}$	1446,49	[m <sup>2</sup> ]
Ukupna ploština prozora	$A_{wuk}$	141,63	[m <sup>2</sup> ]

### 13.6.1 Gubici topline kroz vanjske otvore

Uključivanje grijanja: Temperatura manja od 12 °C

#### a) Transmisijski gubici

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H <sub>D</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu H <sub>g,avg</sub> - Uprosječni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H <sub>U</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H <sub>A</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H <sub>Tr</sub> - Koeficijent transmisijske izmjene topline	930,758 [W/K]

#### b) Gubici provjetranjem

<b>Proračun protoka zraka</b>	
Referentna površina zone	A = 1276,56 [m <sup>2</sup> ]
Neto volumen zone	V = 3216,93 [m <sup>3</sup> ]
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	n <sub>50</sub> = 2,00 [h <sup>-1</sup> ]
Površina kanala	A <sub>duct</sub> = 0,00 [m <sup>2</sup> ]
Površina kanala smještenih unutar zone	A <sub>indoorduct</sub> = 0,00
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	e <sub>wind</sub> = 0,03 [-]
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	f <sub>wind</sub> = 20,00 [-]
Dnevno vrijeme korištenja zone	t <sub>Kor</sub> = 15,00 [h]
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	t <sub>v,mech</sub> = 17,00 [h]
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	V <sub>A</sub> = 0,00 [m <sup>3</sup> ]
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	n <sub>req</sub> = 0,50 [h <sup>-1</sup> ]

#### c) Ukupni gubici topline

<b>Način grijanja</b>	
-----------------------	--

## 13.6.2 Toplinski dobici

### a) Solarni dobici

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 2.A.2. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom

Solarni toplinski dobici [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q <sub>sol,k</sub>	1444	1707	1946	2281	1366	1382	1479	1500	1508	2259	1484	1371
Q <sub>sol,u,l</sub>	-3	0	3	6	10	12	12	9	5	2	-2	-4
Q <sub>sol</sub>	1441	1707	194	2288	1376	1393	1491	1509	1514	2261	1481	1367

### b) Unutarnji dobici topline

#### Mjesečni unutarnji dobici topline

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q <sub>int</sub>	4.748,80	4.289,24	4.748,80	4.595,62	4.748,80	4.595,62	4.748,80	4.748,80	4.595,62	4.748,80	4.595,62	4.748,8

### c) Ukupni dobici topline

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	Q <sub>int</sub> = 55.913,33 [kWh]
Solarni dobici topline	Q <sub>sol</sub> = 19.777,39 [kWh]
Ostali dobici topline	Q' = 0,00 [MJ]

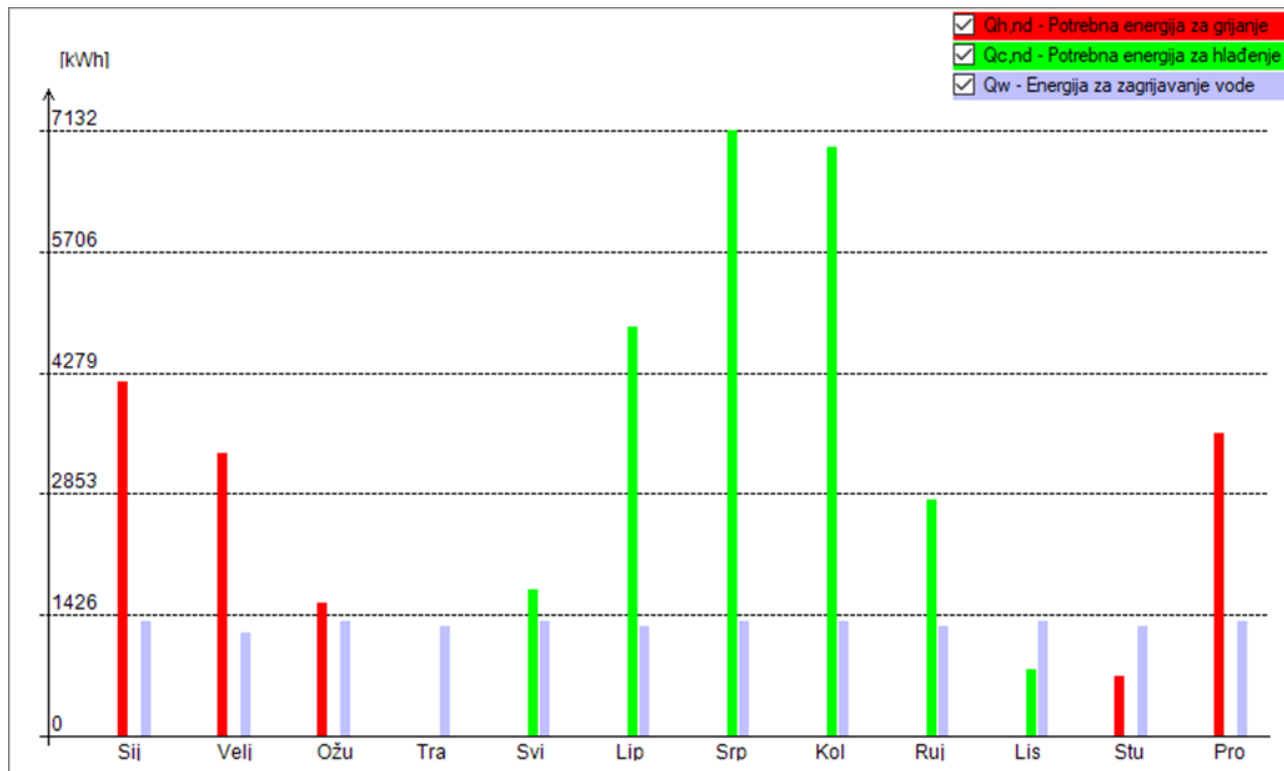
#### Mjesečni dobici topline

Mjesec	Toplinski dobici	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	22283,84	6189,95
Veljača	21585,99	5996,11
Ožujak	24113,16	6698,10
Travanj	24779,89	6883,30
Svibanj	22048,76	6124,66
Lipanj	21560,78	5989,11
Srpanj	22463,05	6239,74
Kolovoz	22527,59	6257,66
Rujan	21993,85	6109,40
Listopad	25235,39	7009,83
Studeni	21877,21	6077,00
Prosinac	22017,09	6115,86

#### Godišnji dobici topline

	Toplinski dobici	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	272486,60	75690,72

### 13.7 Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje



Graf 1. Prikaz godišnje potrebne energije za grijanje i hlađenje

### 13.8 Rezultati proračuna

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili

Oplošje grijanog dijela	$A = 2270,11 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela	$V_e = 4021,16 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,56 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine	$A_k = 1276,56 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina	$Q_{H,nd} = 13407,37 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici	$Q''_{H,nd} = 10,50 \text{ (max = 33,91) [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za hlađenje po jedinici	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3 \text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za hlađenje	$Q_{C,nd} = 24198,83 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena toplina	$E_{del} = 16585,51 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena toplina po jedinici	$E''_{del} = 12,99 \text{ [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 26769,02 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinici	$E''_{prim} = 20,97 \text{ (max = 90,00) [kWh/m}^2 \text{ a]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici	$H'_{tr,adj} = 0,41 \text{ (max = 0,72) [W/m}^2 \text{ K]}$
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka	$H_{tr,adj} = 930,76 \text{ [W/K]}$



### 13.9 Iskaznica energetske svojstava zgrade

prema poglavlju VI Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18 °C ili više

Naziv zgrade ili dijela zgrade	Višestambena
Vrsta zgrade	Višestambena
Namjena zgrade	Stambeni dio
Mjesec i godina izrade projekta	Svibanj 2019. godine
Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )	2270,11
Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )	4021,16
Faktor oblika zgrade $f_o$ (m <sup>-1</sup> )	0,56
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_k$ (m <sup>2</sup> )	1276,56
Način grijanja (lokalno, etažno, centralno, mješovito)	Lokalno
Prosječna unutarnja projektna temperatura grijanja °C	20,00
Prosječna unutarnja projektna temperatura hlađenja °C	24,00
Meteorološka postaja s nadmorskom visinom	Split Marjan (122,00 m n.v.)
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,min}$ (°C)	8,50
Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade $\theta_{e,mj,max}$ (°C)	25,00

<b>POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE</b>		
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	13407,37	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	33,91	10,50
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	24198,83	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	18,96
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunati</i>
	0,72	0,41
Projektant dijela glavnog projekta zgrade koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu (potpis i žig) u pogledu svojstava građevnih dijelova zgrade - za podatke iz poglavlja 4.		

## 14 ZAKLJUČAK

Za zadanu konstrukciju proveden je proračun koristeći pravila za jednostavne armirano-betonske zgrade. Proračun se provodio u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. za opterećenja i kombinacije opterećenja koja izazivaju najkritičnije rezne sile.

Zidovi su provjeravani na vertikalno i horizontalno, odnosno potresno djelovanje te zadovoljavaju dokaz mehaničke otpornosti na vertikalno djelovanje, dok je na temelju potresnih sila koje se javljaju u konstrukciji određena potrebna armatura. Temelji su izvedeni kao temeljne trake s nadtemeljnim zidovima, a širina se određuje na temelju kontaktnih naprezanja koja se javljaju na plohi temelj-tlo koja su ograničena računskom nosivosti. Temelji su dimenzionirani tako da slijeganje bude približno ujednačeno u svim područjima.

U računalnom programu KI EXPERT PLUS je izvršen proračun fizike zgrade. Sve konstrukcije su projektirane tako da postižu zadovoljavajuće vrijednosti toplinske zaštite, da konstrukcije izložene velikim temperaturnim promjenama budu stabilne, te da unutar sastava obodnih konstrukcija ne dolazi do stvaranja kondenzata vodene pare koji se neće moći isušiti.

## 15 GRAFIČKI PRILOZI

Prilog 1 – Armatura međukatne ploče (donja zona)

Prilog 2 – Armatura međukatne ploče (gornja zona)

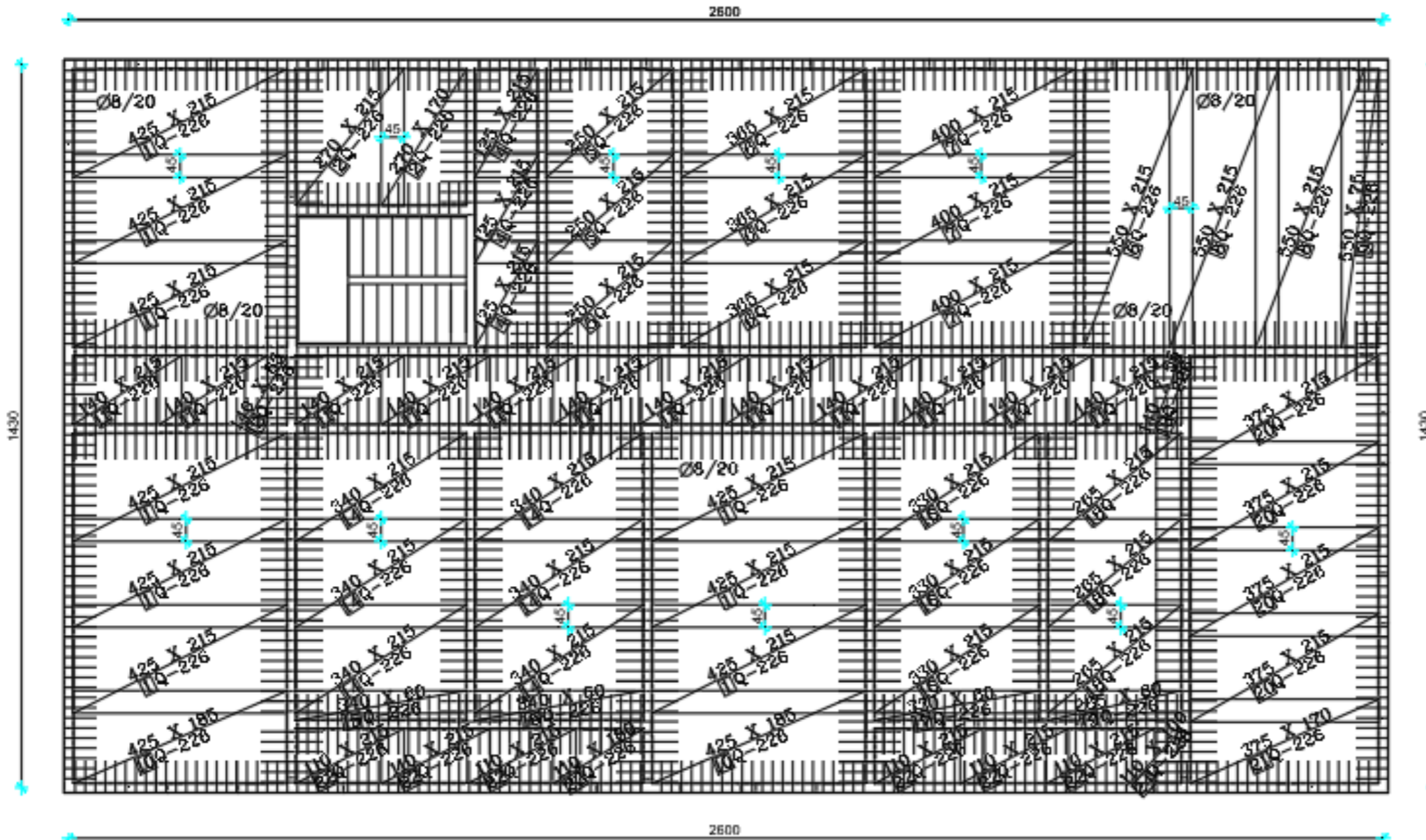
Prilog 3 – Detalji rubnih serklaža zidova

Prilog 4 – Karakteristični tlocrt I presjek s oznakama građevinskih dijelova

Prilog 5 – Sjeverno i južno pročelje

Prilog 6 – Istočno i zapadno pročelje

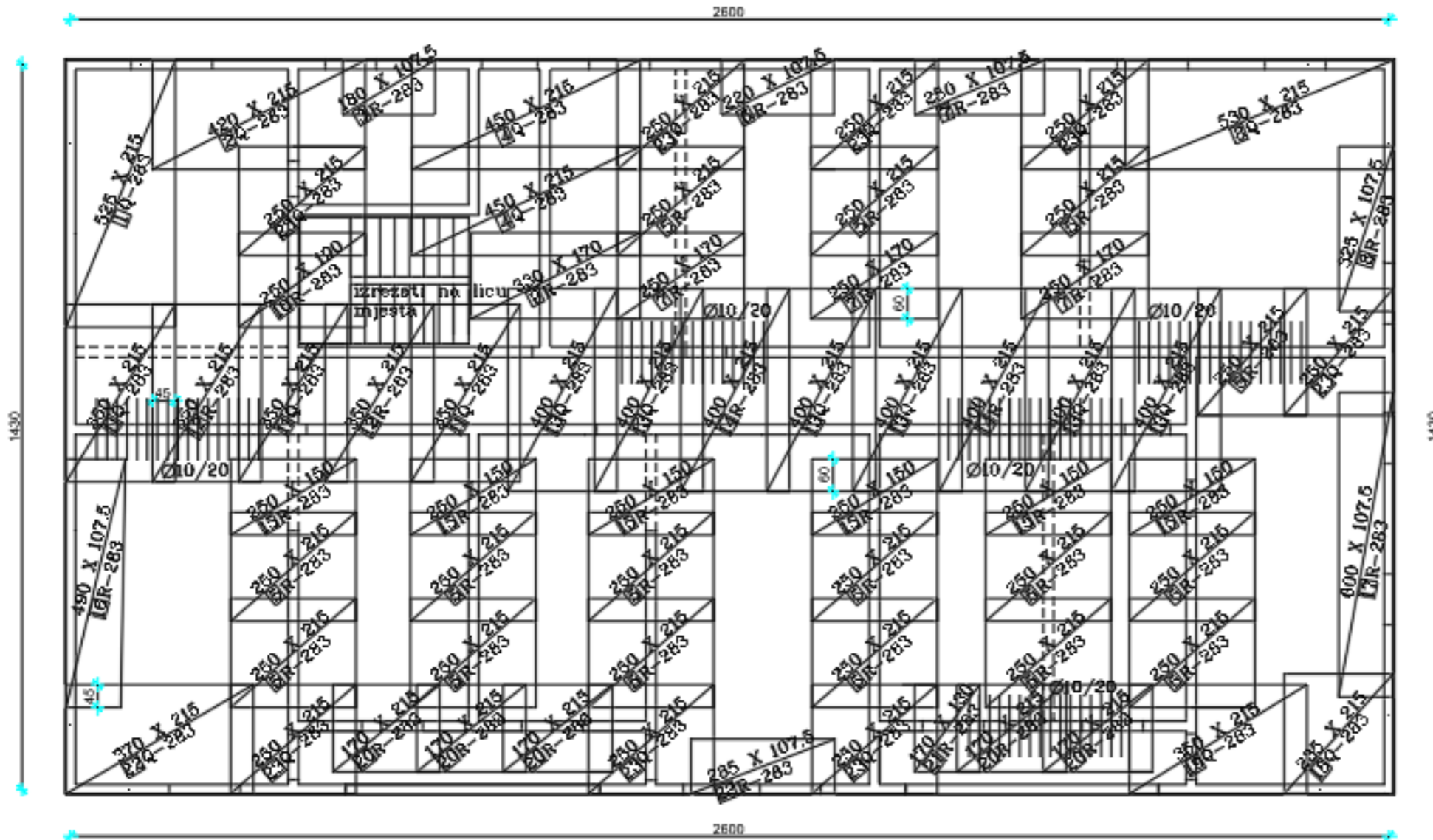
Prilog 7 – Shema temeljnih traka



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FACULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY

Student	Iva Česić
građevina:	STAMBENA ZGRADA
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE
datum:	9/2019.
sadržaj:	ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE (DONJA ZONA)

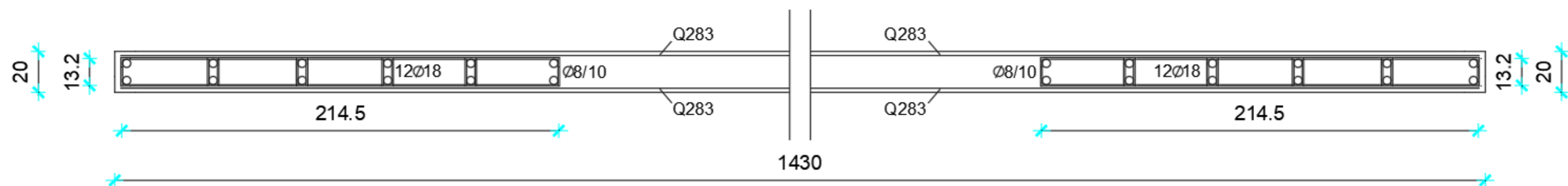


SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING,  
ARCHITECTURE AND GEODESY


Student	Iva Česić	
građevina:	STAMBENA ZGRADA	
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	datum: 9/2019.
sadržaj:	ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE (GORNJA ZONA)	

DETALJ RUBNOG SERKLAŽA ZIDA U Y SMJERU

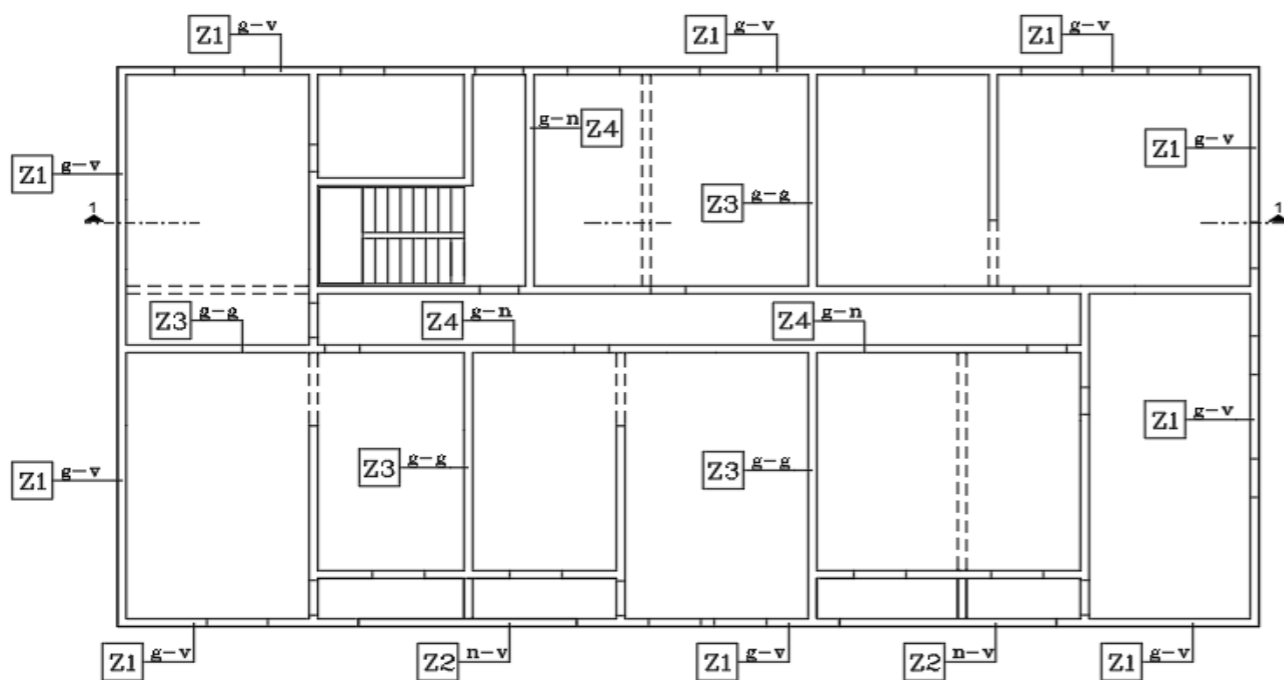


DETALJ RUBNOG SERKLAŽA ZIDA U X SMJERU

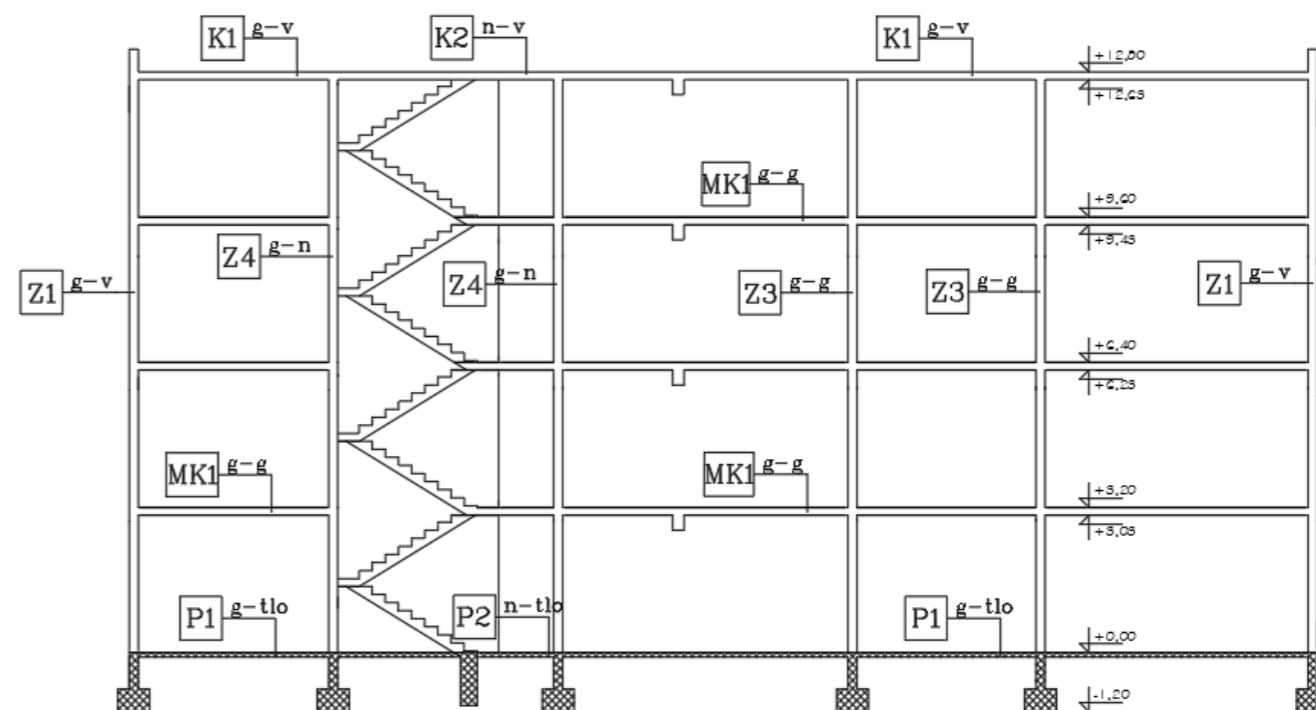


		SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY
Student	Iva Česić		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	datum: 9/2019.	
sadržaj:	DETALJI RUBNIH SERKLAŽA ZIDOVA		

TLOCRT KARAKTERISTIČNOG KATA S OZNAKAMA GRAĐEVINSKIH DIJELOVA

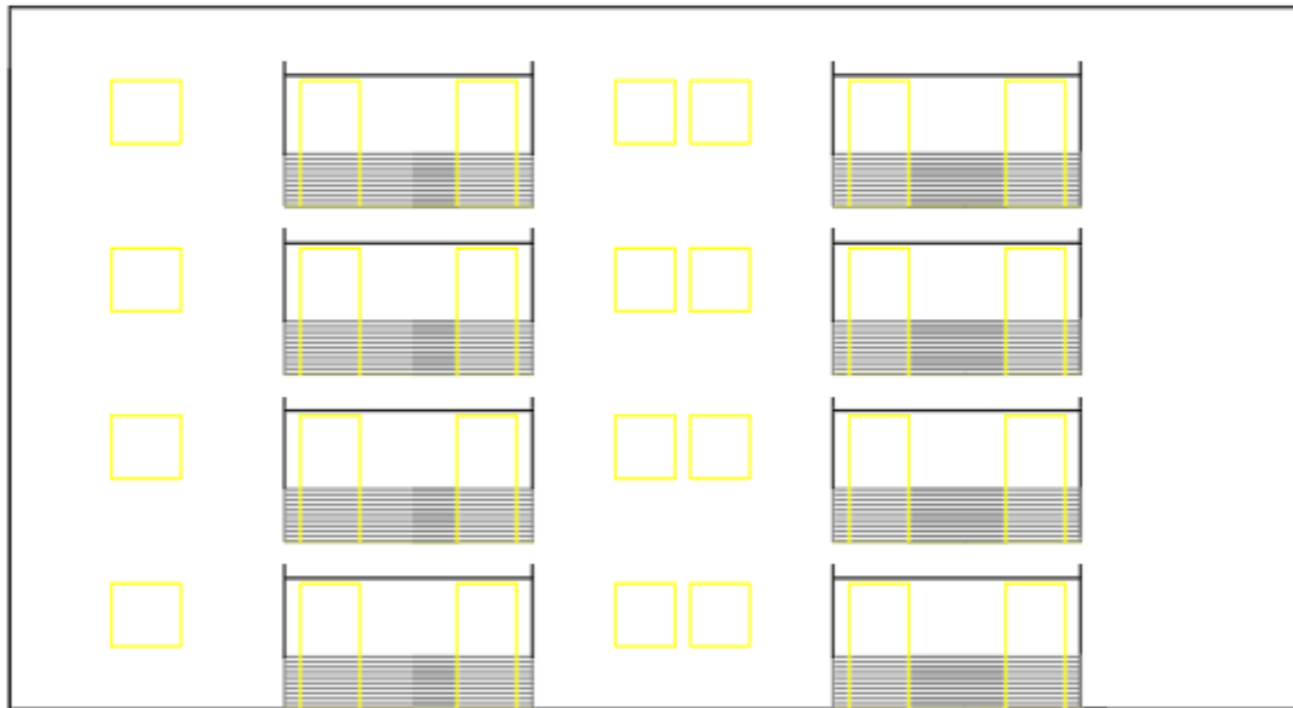
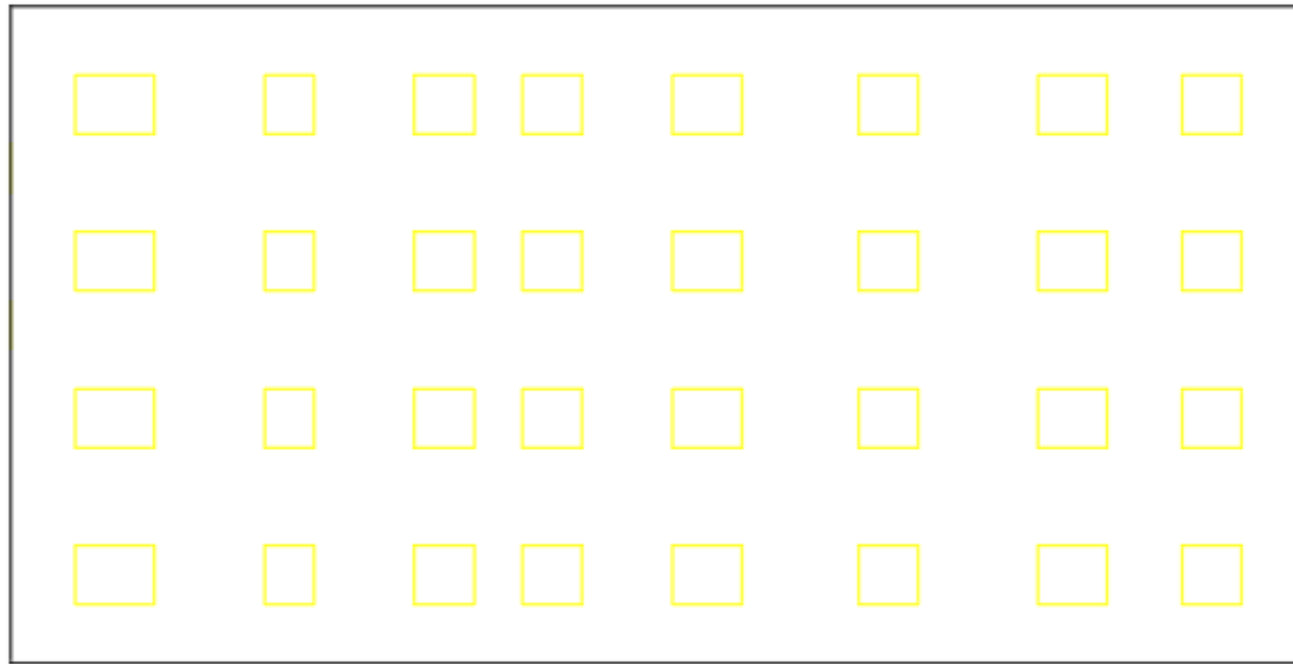


KARAKTERISTIČNI PRESJEK S OZNAKAMA GRAĐEVINSKIH DIJELOVA

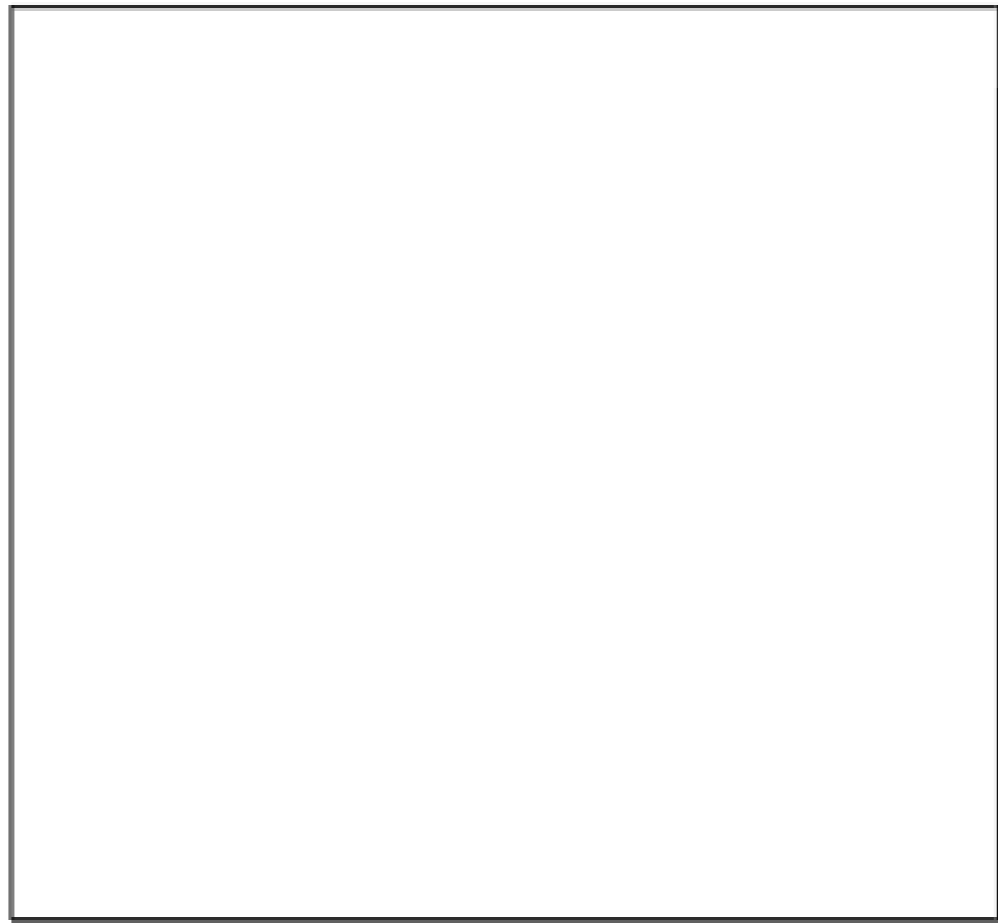
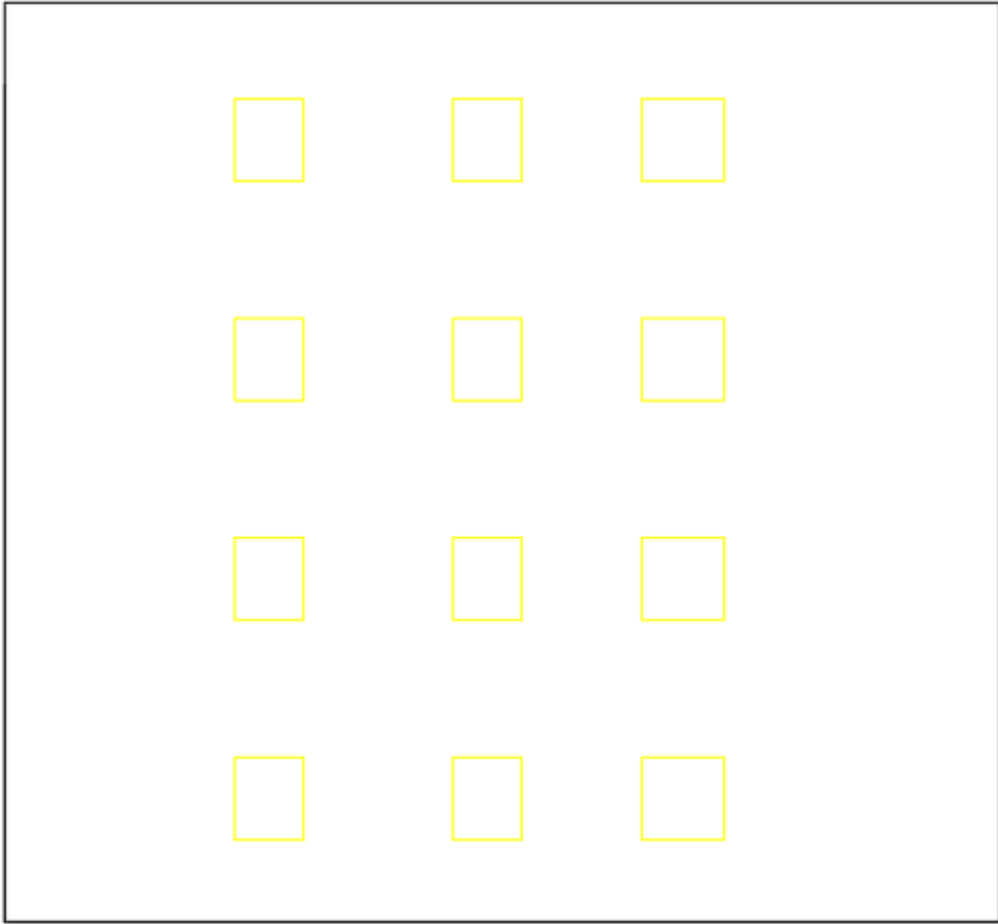



		SVUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND SURVEYING
Student	Iva Česić		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	datum: 9/2019.	
sadržaj:	TLOCRT I PRESJEK S OZNAKAMA GRAĐ. DIJELOVA		

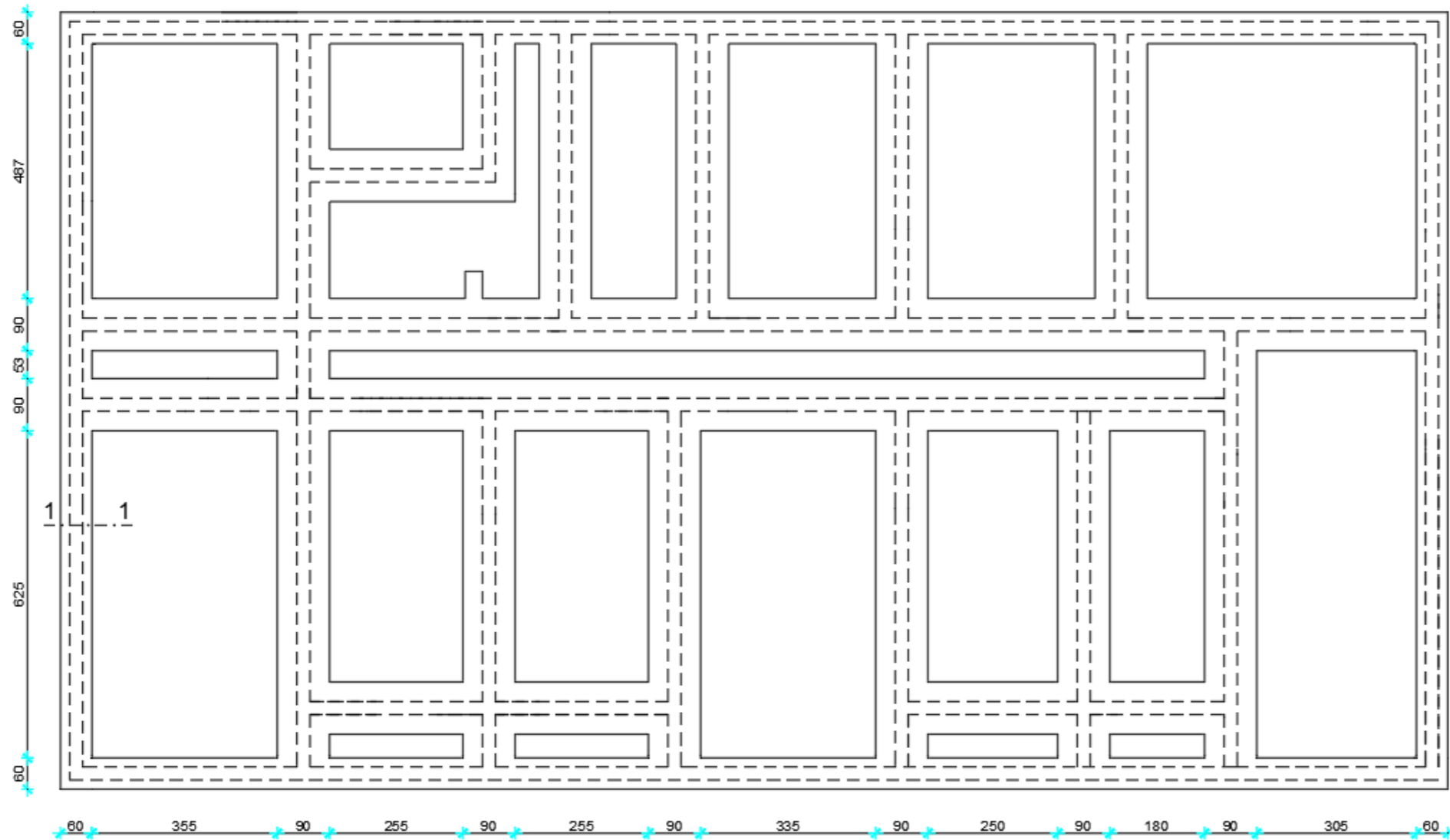




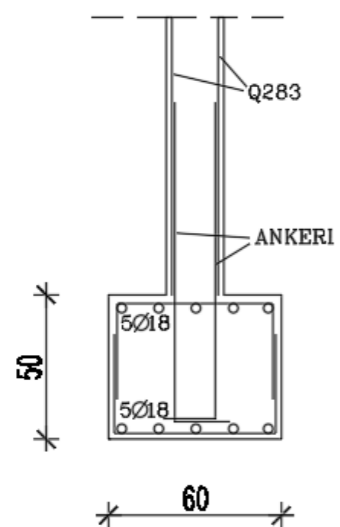
		SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND SURVEY
Student	Iva Česić		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	datum:	9/2019.
sadržaj:	SJEVERNO I JUŽNO PROČELJE		



		<b>SVUČILIŠTE U SPLITU</b> FACULTY OF ARCHITECTURE, ARCHITECTURE I GEODEZY	<b>UNIVERSITY OF SPLIT</b> FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY
<b>Student</b>	Iva Česić		
<b>građevina:</b>	STAMBENA ZGRADA		
<b>projekt:</b>	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	<b>datum:</b>	9/2019.
<b>sadržaj:</b>	ISTOČNO I ZAPADNO PROČELJE		



PRESJEK 1



		SVEDUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	UNIVERSITY OF SPLIT FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY
Student	Iva Česić		
građevina:	STAMBENA ZGRADA		
projekt:	PROJEKT AB KONSTRUKCIJE	datum: 9/2019.	
sadržaj:	HEMA TEMELJNIH TRAKA		