

# Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

---

**Petreković-Dvorščak, Karmen**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:989217>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-24**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



# Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Petreković-Dvorščak Karmen

Master's thesis / Diplomski rad 2021

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:*

*Rights / Prava:*

*Download date / Datum preuzimanja:*

*Repository / Repozitorij:*



[FCEAGRepository-RepositoryoftheFaculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



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

# **DIPLOMSKI RAD**

**Karmen Petreković-Dvorščak**

**Split, 2021.**

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

**Petreković-Dvorščak Karmen**

**Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava  
armiranobetonske stambene zgrade**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**



# Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

## Sažetak:

Prikazan je proračun nosive konstrukcije i ocjena fizikalnih svojstava armiranobetonske zgrade. Zgrada je smještena u Splitu sa namjenom stanovanja. Sastoji se od podruma koji predstavlja garažu, prizemlja i tri kata.

Proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata je provedeno u skladu sa Europskim normama pomoću računalnog programa Robot Structural Analysis Professional 2019. Napravljen je proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te nacrtan armaturni plan pojedinih elemenata.

Proračun fizike zgrade je napravljen pomoću računalnog programa KI Expert Plus. Proračunom je potrebno utvrditi dali su zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, proračun transmisijskih toplinskih gubitaka.

## Ključne riječi:

Stambena zgrada, proračun nosive konstrukcije, fizika zgrade

## Abstract:

The calculation of the load-bearing structure and the evaluation of the physical properties of reinforced concrete buildings are presented. The building is located in Split with purpose of living.. It contains a basement which is a garage, ground floor and three floors.

The calculation and dimensioning of load-bearing elements has been proven in accordance with European standards using the computer program Robot Structural Analysis Professional 2019. A calculation of load-bearing structural elements has been made and the reinforcement plan of individual elements has been drawn.

The calculation of the physical building was made using the computer program KI Expert Plus. It is necessary to determine by calculation whether the following conditions are satisfied: heat transfer coefficients, water vapor diffusion, calculation of transmission heat losses.

## Keywords:

Residential building, structural analysis, building physics



STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**  
SMJER: **KONSTRUKCIJE**  
KANDIDATKINJA: **Karmen Petreković-Dvorščak**  
JMBAG: **0083219489**  
KATEDRA: **Katedra za Betonske konstrukcije i mostove**  
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

### **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: **Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade**

Opis Zadatka: Na temelju danih arhitektonskih podloga potrebno je napraviti proračunski model zgrade, dimenzionirat nosive elemente i odrediti im potrebnu armaturu.

Također potrebno je napraviti projekt fizike zgrade kako bi se dobila ocjena fizikalnih svojstava. Za odabrane elemente moraju biti zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, dinamičke toplinske karakteristike i korisna energija.

- tehnički opis
- proračune
- ocjenu fizikalnih svojstava zgrade
- građevinske nacрте
- armaturne planove

U Splitu, ožujak 2021.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Alen Harapin

Predsjednik povjerenstva za  
diplomske ispite

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

*Zahvaljujem se mentor prof.dr.sc.Alenu Harapinu na savjetima i uloženo trudu tokom izrade mojeg diplomskog rada.*

*Hvala mojoj obitelji na podršci i razumjevanju tijekom cijelog studiranja, posebno hvala mom ocu koji sve to gleda s neba. Hvala mojim prijateljima na svim nezaboravnim trenucima zajedno provedenim za vrijeme studiranja.*

# SADRŽAJ

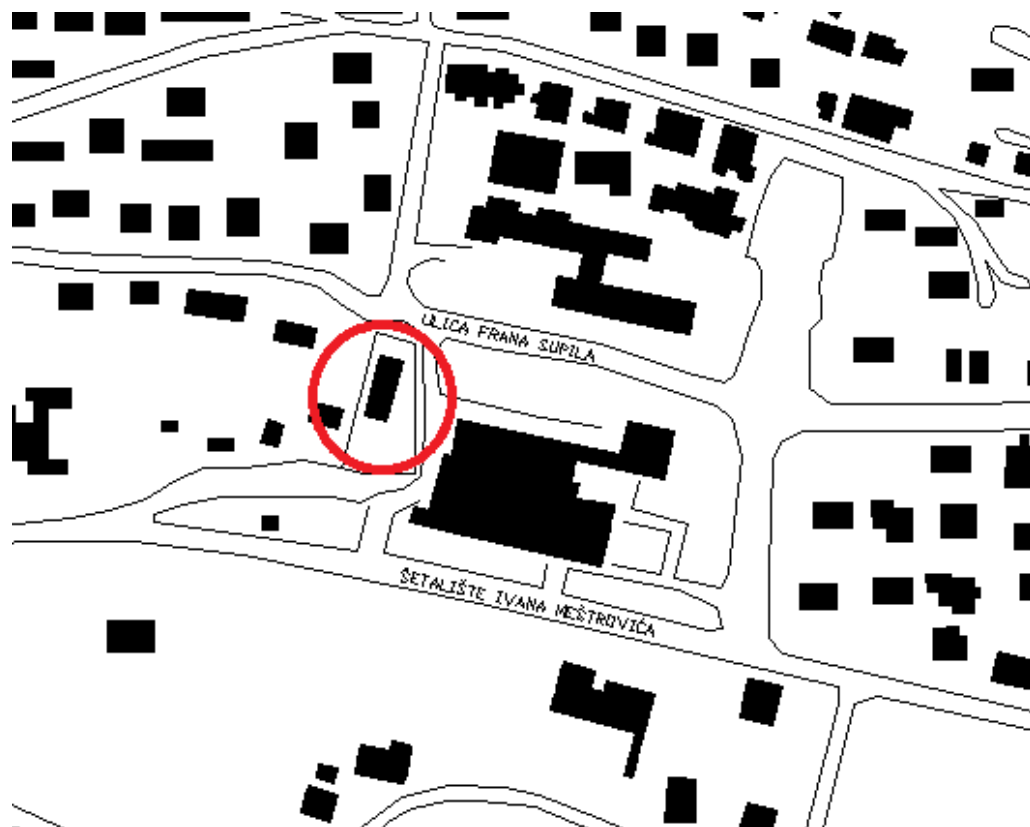
|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. TEHNIČKI OPIS.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. OPĆENITO .....   | 1         |
| 1.2. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI .....  | 5         |
| 1.2.1. Konstruktivne pojedinosti-garaža .....                                 | 5         |
| 1.2.2. Konstruktivne pojedinosti-prizemlja i kata .....                       | 5         |
| 1.2.3. Lokacija konstrukcije .....  | 5         |
| 1.2.4. Norme za proračun armiranobetonske konstrukcije.....                   | 5         |
| 1.3. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ .....  | 6         |
| 1.4. GRAĐEVINSKI DIJELOVI .....   | 6         |
| <b>2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI.....</b>                                       | <b>8</b>  |
| 2.1. BETON .....  | 8         |
| 2.2. ARMATURNI ČELIK.....   | 10        |
| <b>3. NUMERIČKI MODEL .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>4. ANALIZA OPTEREĆENJA .....</b>   | <b>13</b> |
| 4.1. STALNO OPTEREĆENJE .....   | 13        |
| 4.1.1. Vlastita težina.....   | 13        |
| 4.1.2. Dodatno stalno opterećenje .....                                       | 13        |
| 4.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE .....  | 16        |
| 4.3. PRIKAZ DJELOVANJA.....   | 18        |
| 4.4. DJELOVANJE SNJEGA NA KONSTRUKCIJU .....                                  | 21        |
| 4.5. DJELOVANJE VJETRA NA KONSTRUKCIJU .....                                  | 23        |
| 4.6. DJELOVANJE POTRESA NA KONSTRUKCIJU .....                                 | 26        |
| 4.6.1. Faktor ponašanja .....   | 27        |
| 4.7. PRORAČUN ZGRADE NA SEIZMIČKO DJELOVANJE METODOM SPEKTRALNE ANALIZE ..... | 29        |
| 4.7.1. Ulazni proračunski spektar.....  | 29        |
| 4.7.2. Rezultati modalne analize .....  | 32        |
| 4.7.3. Prikaz vlastitih vektora.....  | 35        |
| <b>5. KOMBINACIJE OPTEREĆENJA.....</b>  | <b>37</b> |
| 5.1. GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI .....  | 37        |
| 5.2. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI.....                                      | 37        |
| <b>6. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE .....</b>                 | <b>38</b> |
| 6.1. PRORAČUN PLOČE NAD GARAŽOM (POZICIJA 100) .....                          | 38        |
| 6.1.1. Dimenzioniranje ploče .....  | 38        |
| 6.1.2. Kontrola progiba .....   | 42        |
| 6.1.3. Kontrola pukotina .....  | 45        |
| 6.2. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE (POZICIJA 200) .....                            | 49        |
| 6.2.1. Dimenzioniranje ploče .....  | 49        |
| 6.2.3. Kontrola pukotina .....  | 54        |
| 6.3. PRORAČUN KROVNE PLOČE (POZICIJA 300) .....                               | 57        |
| 6.3.1. Dimenzioniranje ploče .....  | 57        |
| 6.3.2. Kontrola progiba .....   | 61        |
| 6.3.3. Kontrola pukotina .....  | 62        |
| 6.4. PRORAČUN STUBIŠTA .....  | 66        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>7.</b>  | <b>PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE.....</b>   | <b>68</b>  |
| 7.1.       | PRORAČUN STUPOVA .....  | 68         |
| 7.1.1.     | Prikaz reznih sila stupova .....  | 68         |
| 7.1.2.     | Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu .....   | 71         |
| 7.1.3.     | Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu .....  | 74         |
| 7.1.4.     | Kontrola naprežanja AB stupa .....  | 75         |
| 7.2.       | PRORAČUN ZIDOVA .....   | 76         |
| 7.2.1.     | Proračun zidova u x- smjeru.....  | 76         |
| 7.2.2.     | Proračun zidova u y- smjeru.....  | 86         |
| <b>8.</b>  | <b>PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE.....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>9.</b>  | <b>PRORAČUN AB TEMELJA.....</b>   | <b>98</b>  |
| 9.1.       | PRORAČUN AB TEMELJNE TRAKE .....  | 98         |
| 9.2.       | PRORAČUN TEMELJA SAMCA.....   | 101        |
| <b>10.</b> | <b>PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTVA ZGRADE .....</b>  | <b>105</b> |
| 10.1.      | OPĆENITO .....  | 105        |
| 10.2.      | PODACI O LOKACIJI OBJEKTA .....   | 108        |
| 10.3.      | OPĆI PODACI VIŠESTAMBENE ZGRADE .....   | 114        |
| 10.3.1.    | Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada .....  | 114        |
| 10.3.2.    | Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade .....  | 117        |
| 10.3.3.    | Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period).....  | 117        |
| 10.3.4.    | Sustav grijanja i energent za grijanje .....  | 117        |
| 10.4.      | PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE U ODNOSU NA RACIONALNU UPORABU ENERGIJE I TOPLINSKU ZAŠTITU ..... | 118        |
| 10.4.1.    | Proračun građevnih dijelova zgrade.....   | 118        |
| 10.4.2.    | Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683) .....  | 132        |
| 10.4.3.    | Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade.....  | 132        |
| 10.4.4.    | Gubici topline kroz vanjske otvore .....  | 132        |
| 10.4.5.    | Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tlom (HRN EN ISO 13370) .....  | 133        |
| 10.4.6.    | Gubici topline kroz negrijane prostore.....   | 133        |
| 10.5.      | PRORAČUN POTREBNE ENERGIJE ZA GRIJANJE I HLAĐENJE (PREMA HRN EN 13790:2008) .....                               | 133        |
| 10.5.1.    | Toplinski dobiti .....  | 134        |
| 10.5.2.    | Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje .....  | 137        |
| 10.5.3.    | Rezultati proračuna .....   | 138        |
| 10.6.      | ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTVA ZGRADE .....   | 139        |
| <b>11.</b> | <b>LITERATURA .....</b>   | <b>140</b> |
| <b>12.</b> | <b>GRAFIČKI PRILOZI.....</b>  | <b>141</b> |

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Općenito

U ulici Frana Supila, na Mejama u Splitu nalazi se građevna čestica na kojoj investitor gradi stambenu zgradu. Građevna parcela površine je 1517,78 m<sup>2</sup>, a tlocrtna dimenzija zgrade je 11,03x29,33 m sa bruto površinom od 1657,15 m<sup>2</sup>. Građevina stambene namjene sastoji se od jedne podzemne etaže koja predstavlja garažu i 4 nadzemne etaže.



Slika 1. Situacija

Lokacija ima kolni prilaz sa sjeverne strane sa mogućnošću izgradnje kolnog prilaza sa južne strane, te blagi pad terena sa sjevera prema jugu. Kao glavna karakteristika parcele je njena mala širina koja utječe i na sam oblik zgrade.

Zgrada ima 4 stambene etaže gdje se na svakoj od njih nalaze po dva trosobna stana i jedan dvosoban stan, znači ukupno 12 stanova.

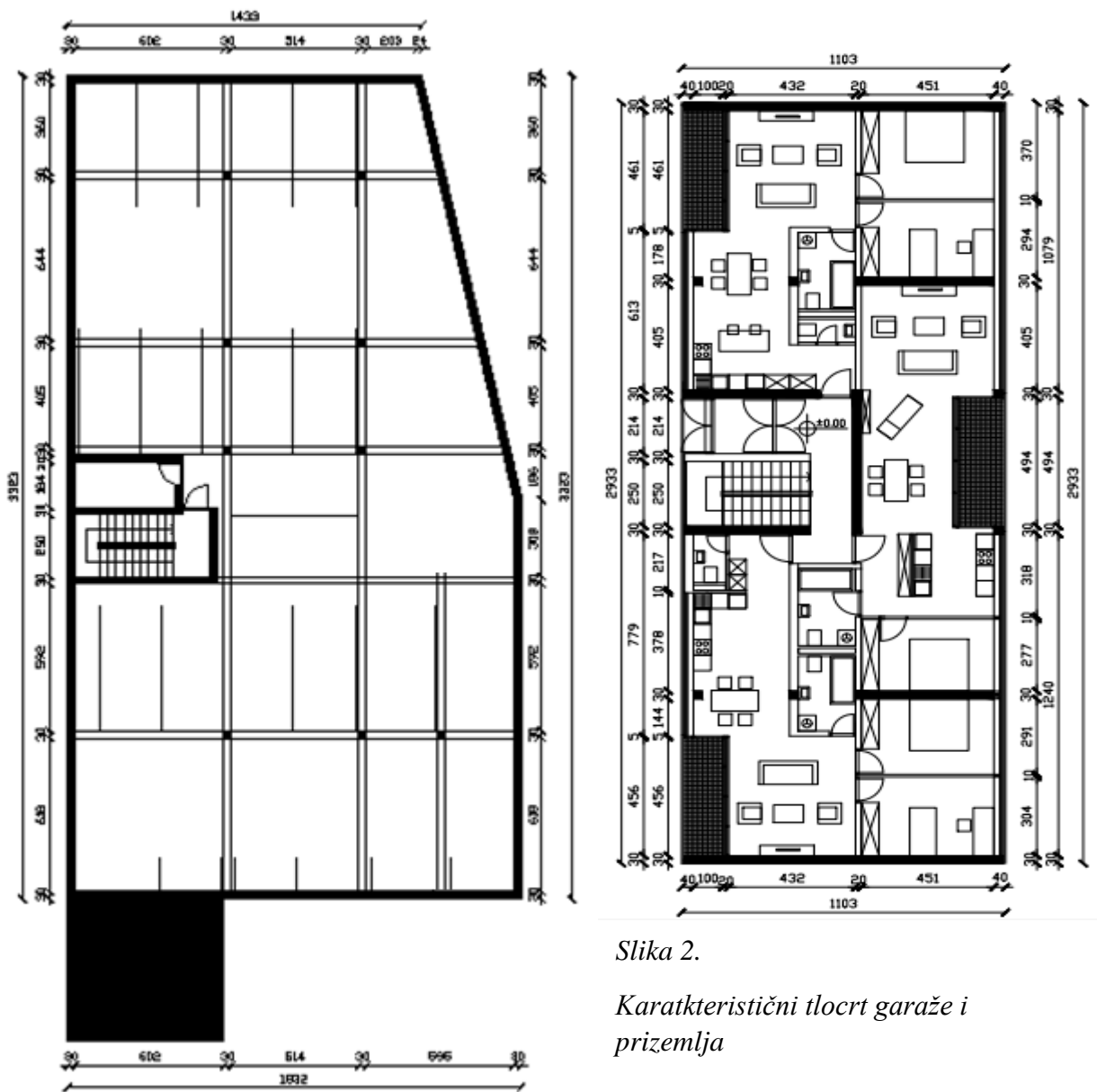
Garaža je ukopana ispod razine terena sa pristupom sa južne strane.

Nosiva konstrukcija zgrade načinjena je od armirano betonskih zidova i ploče. Zgrada je temeljena na trakastim temeljima i temeljima samcima.

Vertikalnu komunikaciju čini dvokrako stubište koje se proteže od garaže pa sve do posljednje stambene etaže. Visina etaža stambenih jedinica iznosi 2,6 m dok graze 2,4 m. Ukupna visina zgrade je 14,7 m od razine terena.

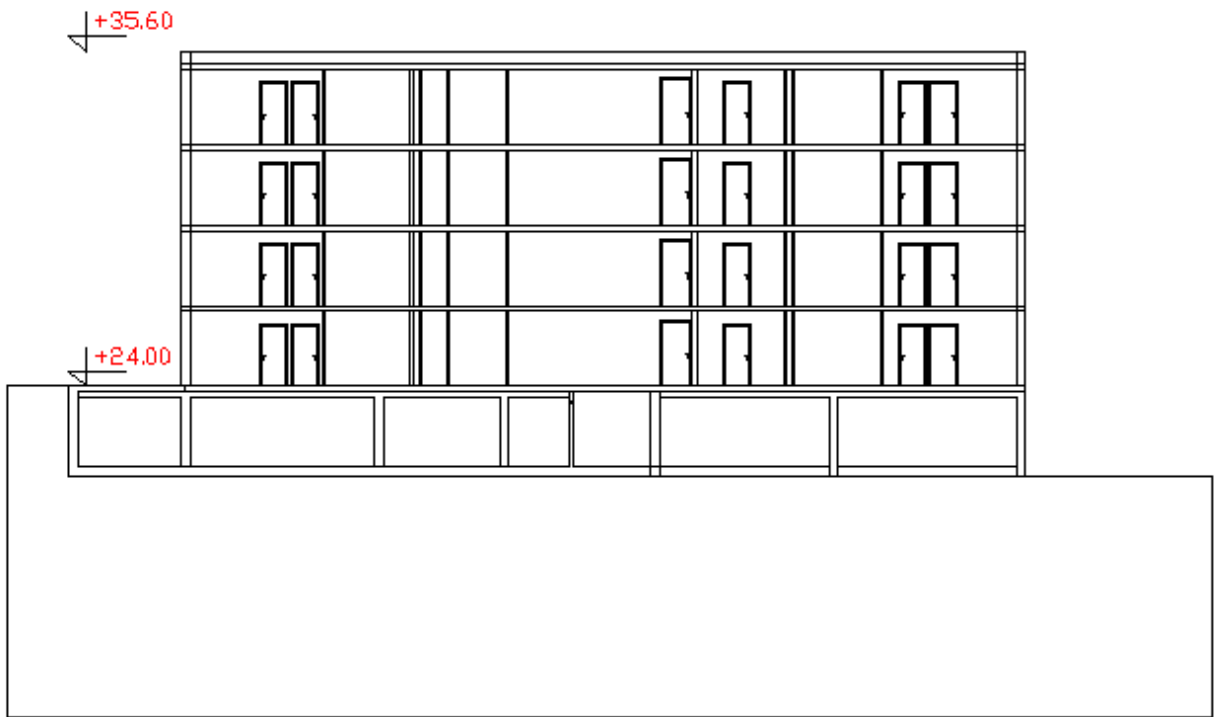
Objekt je završen sa ravnim krovom i krovnim zidićem visine 40 cm. Krov nema određenu namjenu. Ograda je postavljena sa sve strane u slučaju potrebe održavanja krovne površine i pratećih instalacija.

Okolni teren oko zgrade će se urediti prema zahtjevima investitora. Infrastrukturni priključci će se izvesti u skladu sa zahtjevima komunalnih službi grada i županije.

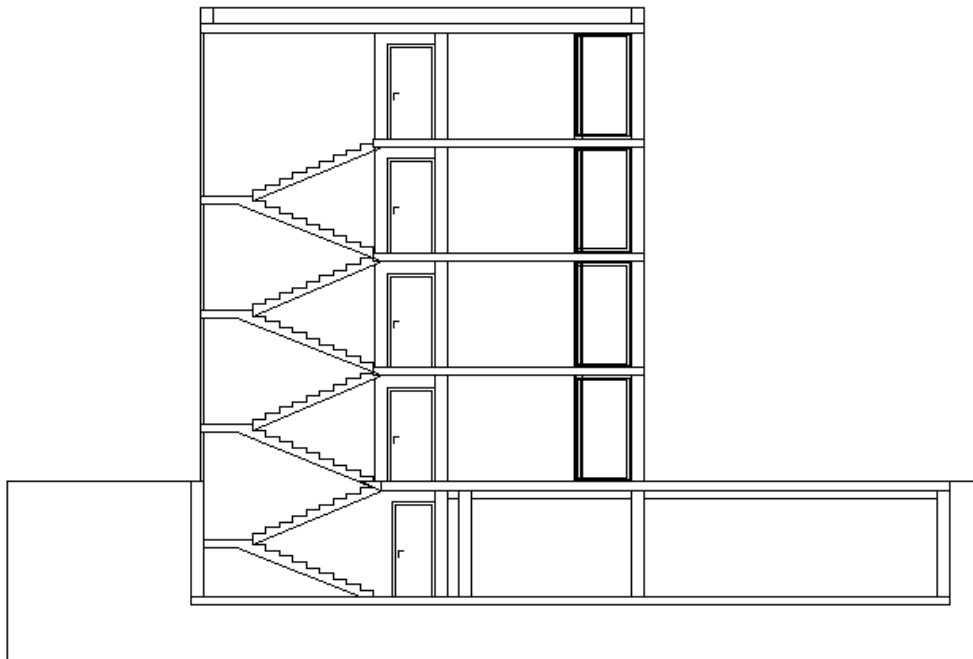


Slika 2.

Karakteristični tlocrt garaže i prizemlja

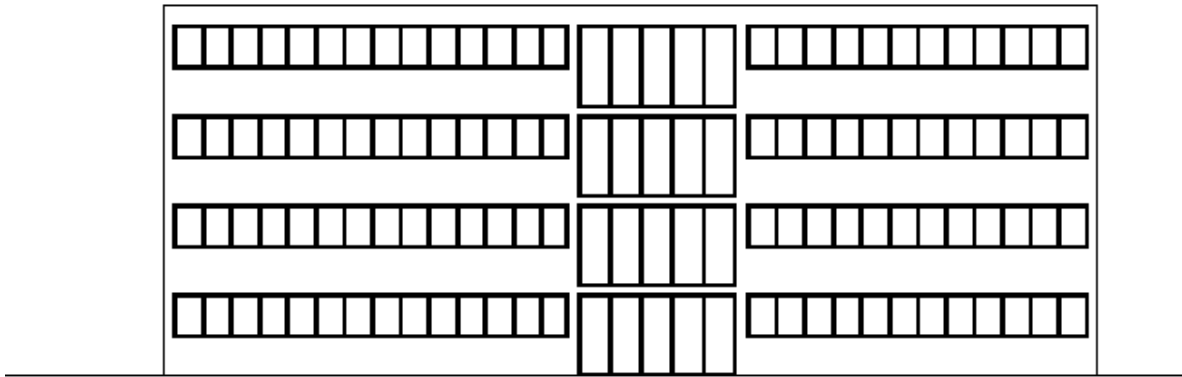


*Slika 3. Presjek A-A*

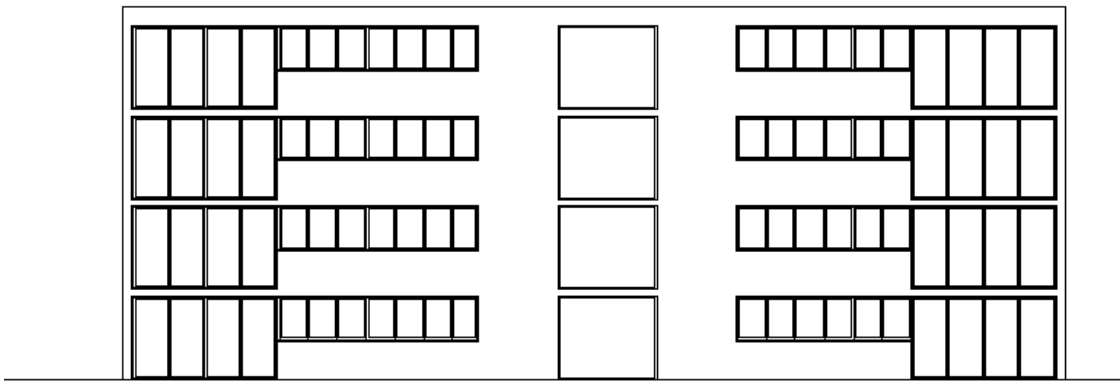


*Slika 4. Presjek B-B*

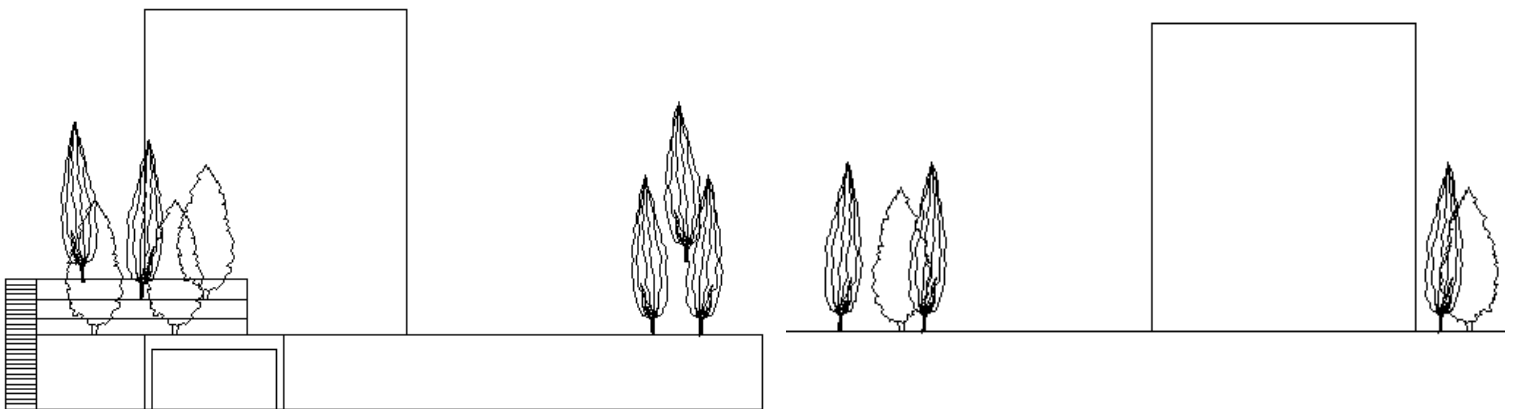




*Slika 5. Istočno pročelje*



*Slika 6. Zapadno pročelje*



*Slika 7. Južno i Sjeverno pročelje*

## 1.2. Konstruktivne pojedinosti

Nosiva konstrukcija zgrade je načinjena od armiranobetonskih zidova i ploča. Vertikalna i horizontalna opterećenja koja djeluju na konstrukciju se preko zidova i ploča prenose na temeljnu ploču pa na temeljno tlo. Armirano betonski zidovi su osnovni elementi koji preuzimaju potresnu silu koja djeluje na konstrukciju. Dimenzioniranje zidova se vrši prema normi HRN EN 1998-1:2011, dok su ploče dimenzionirane prema normi HRN EN 1992-1-1:2013. Za sve betonske elemente korištena je armatura B 500 B.

### 1.2.1. Konstruktivne pojedinosti-garaža

Građevina je temeljena na armiranobetonskoj temeljnim trakama širine 60 cm, visine 50 cm, betona klase C 25/30, stupovi su temeljeni na samcima 1,60m širine i 60 cm visine. Temeljenje je izvršeno na tlu tip A. Garaža se sastoji od jedne poluukopane etaže ukružena obodnim zidovima i nasipom zemlje za horizontalna opterećenja. Vertikalni nosivi sustav su stupovi pravokutnog presjeka dimenzija 40x40 cm, a ukupno ih ima 12 stupova. Obodni zidovi su debljine 30 cm, betona klase C 25/30. Razred izloženosti je XC1, nema podzemne vode te je dovoljan beton C 25/30.

### 1.2.2. Konstruktivne pojedinosti-prizemlja i kata

Konstrukcija ploče prizemlja i kata je armirano - betonska monolitna konstrukcija koja se sastoji od armirano - betonskih ploča debljine 20 cm, betona klase C 25/30. Skidanje podupirača za ploče može se izvršiti nakon postignute min. 80% čvrstoće. Vertikalni nosivi sustav su stupovi i zidovi debljine 30cm za nosive elemente, te 10 i 20 cm za pregradne zidove. Stubište je također izvedeno u armiranom betonu, debljina kraka je 20 cm. Krovna ploča je debljine 20 cm i izvedena je od armiranog betona, betona klase C 25/30.

### 1.2.3. Lokacija konstrukcije

Građevina se nalazi u Splitu, prema propisima područje Splita spada u II zonu opterećenja vjetrom. Osnovna brzina vjetra je 30 m/s. Računsko ubrzanje tla za granično stanje nosivosti s povratnim periodom od 475 godina je 0,22g.

### 1.2.4. Norme za proračun armiranobetonske konstrukcije

Proračun i dimenzioniranje elemenata zgrade je izvršen u skladu prema važećim normama. U nastavku su tabelarno prikazane sve norme koje su korištene za proračun konstrukcije.

| EC  | Europske norme | Hrvatske norme | Opis                     |
|-----|----------------|----------------|--------------------------|
| EC0 | EN 1990        | HRN EN 1991-1  | Osnove projektiranja     |
| EC1 | EN 1991        | HRN EN 1991    | Opterećenja (djelovanja) |
| EC2 | EN 1992        | HRN EN 1992    | Betonske konstrukcije    |
| EC7 | EN 1997        | HRN EN 1997    | Geomehanika              |
| EC8 | EN 1998        | HRN EN 1998    | Seizmika                 |

Tablica 1. Tablica za Europske i hrvatske norme

### **1.3. Geotehnički izvještaj**

Tlo je pretežito ujednačenog sastava. Protežu se čisti slojevi lapora i vapnenca koji su tvrdi i povoljni za temeljenje. U hidrogeološkom smislu, naslage lapora i vapnenca imaju veliku poroznost te se oborinske vode mogu relativno brzo procijediti u podzemlje.

Kako je predviđena dubina dna temelja smatra se da se temeljna ploča nalazi na kvalitetnoj matičnoj stijeni. Iskop građevne jame je 3,00 m ispod razine prizemlja predmetne građevine. Iskop jame će se izvršiti u širokom iskopu s nagib zasjeka od 3:1. Prilikom zasijecanja potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasjek je na prikladan način potrebno zaštititi od mogućeg urušavanja.

Nakon iskopa temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala. Nakon obavljenog čišćenja temeljene plohe potrebno je sve neravnine i udubine izravnati odnosno popuniti sa podložnim betonom klase C 16/20 do projektirane kote temeljenja. Ukoliko se naiđe na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje materijala, sanaciju izvesti tako da se materijal ukloni do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote zapuni podložnim betonom. Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 500 kPa. Za ovaj način temeljenja ne predviđaju se slijeganja ni pojava diferencijalnih slijeganja.

### **1.4. Građevinski dijelovi**

a) Pod na tlu; oznaka P1

Podna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 30 cm. Ispod ploče postavlja se hidroizolacijske bitumenske trake s uloškom od staklenog voala. Predviđena je izvedba „plivajućeg poda“ na sloju od ekstrudiranog polistirena (XPS) debljine 6 cm. Završna obrada podova podne konstrukcije ovisi o namjeni prostora.

b) Međukatne konstrukcije; oznake Mk1(pod prema garaži) i Mk2

Međukatnu konstrukciju čini armiranobetonska ploča debljine 20 cm. Na svim međukatnim konstrukcijama izveden je „plivajući pod“ na elastičnom sloju od ekspandiranog polistirena (EPS) od 4 cm koji ima ulogu toplinsko- zvučne izolacije. Međukatna konstrukcija prizemlja koja graniči sa negrijanom garažom ima postavljenu dodatnu toplinsku izolaciju sa donje strane ploče kako bi se zadovoljili zahtjevi prolaska toplinske. Završna obrada podova međukatnih konstrukcija ovisi o namjeni prostora.

c) Krovna konstrukcije; oznaka K1

Krovna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 20 cm. Vrsta i debljina toplinske izolacije krova je projektirana u skladu sa zahtjevima toplinske zaštite. Debljina toplinske izolacije je 15 cm. Krov je hidro izoliran u skladu sa tehničkim zahtjevima. Kao završna obrada krova postavljene su betonske ploče.

d) Vanjski zidovi; oznake Z1

Vanjski zidovi Z1 su debljine 30 cm. Zidovi Z1 su izolirani s vanjske strane pločama mineralne vune, debljine 10 cm. Na toplinsku izolaciju se postavlja polimer-cementno lijepilo s utisnutom alkalno otpornom staklenom mrežicom, na koju dolazi završna fasadna silikatna žbuka. Posebnu pažnju treba obratiti prilikom ugradbe izolacije oko otvora kako bi se izbjegli toplinski mostovi. Kako bi se izbjegla oštećenja toplinske izolacije na nju se postavlja čepičasta traka.

e) Unutarnji zidovi; oznake Z2, Z3, Z4 i Z5

Armiranobetonski zidovi stanova prema hodniku (oznaka Z5) su debljine 30 cm, te ih je potrebno izolirati. Toplinska izolacija će se postaviti na licu zida prema hodniku. Debljina izolacije je 5 cm. Na zidovima između stanova (oznaka Z2) postavljena je akustična ploča za pregradne zidove debljine 4 cm koja ima ulogu zvučne izolacije. Za završnu obradu postavljaju se gips-kartonske ploče. Zidovi Z3 i Z4 su zidovi unutar stana debljine 20 i 10 cm.

f) Otvori; oznake: za prozore P1 za vrata V1

Prozori, balkonska vrata i ulazna vrata zgrade predviđeni su kao PVC stolarija s prekidom toplinskog mosta, ostakljenje je izvedeno izolirajućim staklom (trostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske energije (Low-E obloge)). Za prozore i vrata maksimalni koeficijent prolaska topline  $U_{\max} = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ulazna vrata imaju vrata maksimalni koeficijent prolaska topline  $U_{\max} = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Otvori koji se nalaze na istočnoj i zapadnoj strani zgrade na njih se postavlja zaštita od Sunca poput roleta i grilja. Prilikom odabira prozora treba naglasiti da osim koeficijenta prolaska topline potrebno je voditi računa i o ostalim geometrijskim karakteristikama koje definiraju prozor poput veličine okvira, vrste stakla, prolaska svjetlosti, refleksije svjetlosti itd.

## 2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

### 2.1. Beton

Beton kao građevinski materijal se dobiva miješanjem veziva, vode i agregata. Struktura očvrstlog betona se može zamisliti kao kostur od stvrdnutog cementnog tijesta u kojem je raspoređena kamena ispuna sastavljena od sitnog i krupnog kamena (agregat). Beton kao i svaki kamen, ima znatno veću tlačnu čvrstoću nego vlačnu čvrstoću, porozan je materijal.

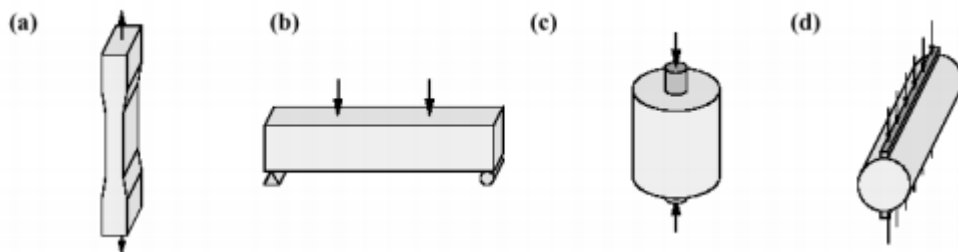
Gustoća nearmiranog betona je između 1900-2700 kg/m<sup>3</sup>, ovisno o sastavu, a za uobičajene betone uzima se  $\rho=2400$  kg/m<sup>3</sup>. Gustoća armiranog betona obično se uzima  $\rho=2500$  kg/m<sup>3</sup>, ovisno o količini armature jer neki elementi mogu biti jače armirani pa je samim time gustoća tog betona veća.

Glavna karakteristika betona je njegova mehanička čvrstoća (tlačna, vlačna i posmična). Na mehanička svojstva betona utječu razni čimbenici, neki od njih su:

- kakoća cementa,
- granulometrijski sastav,
- vodocementni faktor,
- način pripreme i njega betona itd.

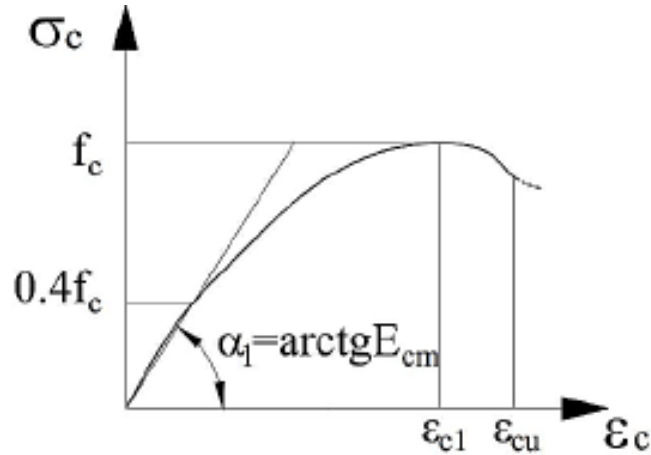
Tlačna čvrstoća betona je sposobnost da se odupre djelovanju tlačne sile. Karakteristična tlačna čvrstoća betona je čvrstoća koje je projektom propisna. Dokazuje se ispitivanjem uzoraka u obliku valjka i kocke propisanih dimenzija. Prema rezultatima ispitivanja beton se razvrstava u razrede (klase) tlačne čvrstoće.

Vlačna čvrstoća betona je znatno manja od tlačne čvrstoće betona. Ovisno o načinu ispitivanja dobivaju se različite vrijednosti vlačne čvrstoće betona. Orijentacijski vlačna čvrstoća betona se kreće od 1/15 do 1/5 tlačne čvrstoće betona. Iz ovoga se vidi kako vlačna čvrstoća znatno varira te je vrlo nepouzdana veličina.



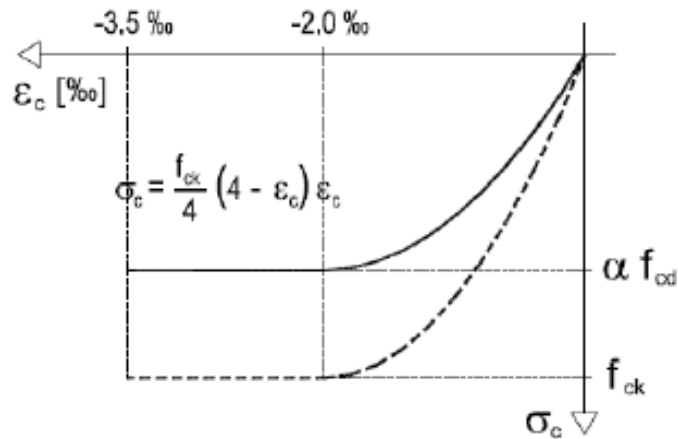
Slika 8. Načini ispitivanja vlačne čvrstoće betona

Beton je nelinearan materijal, ako se u relativno kratkom periodu nanese opterećenje, deformacije rastu linearno do naprezanja koje je približno  $0,4 f_c$ . Nakon toga beton se ponaša izrazito nelinearno. Maksimalna čvrstoća betona se dostiže pri deformaciji od 2 ‰ nakon čega čvrstoća opada. Lom betona se događa pri deformaciji nešto većoj od 3,5 ‰.



Slika 9. Dijagram naprezanje-deformacija za beton

Kako stvarni oblik veze između naprezanja i deformacija betona ovisi o raznim faktorima kao što su: vrsta opterećenja, stanju naprezanja u elementu (jednoosno, dvoosno ili višeosno), obliku poprečnog presjeka, kvaliteti betona, količini armature itd. Stoga je za potrebe proračuna odnosno dimenzioniranja betonskih ili armiranobetonskih elemenata potrebno naći analitičku vezu između naprezanja i deformacija betona. Vezu koja mora biti jednostavna i primjenjiva u praksi, a da što bolje opisuje stvarnu vezu. Stoga se primjenjuje računski dijagram betona koji se sastoji od parabole i pravokutnika.



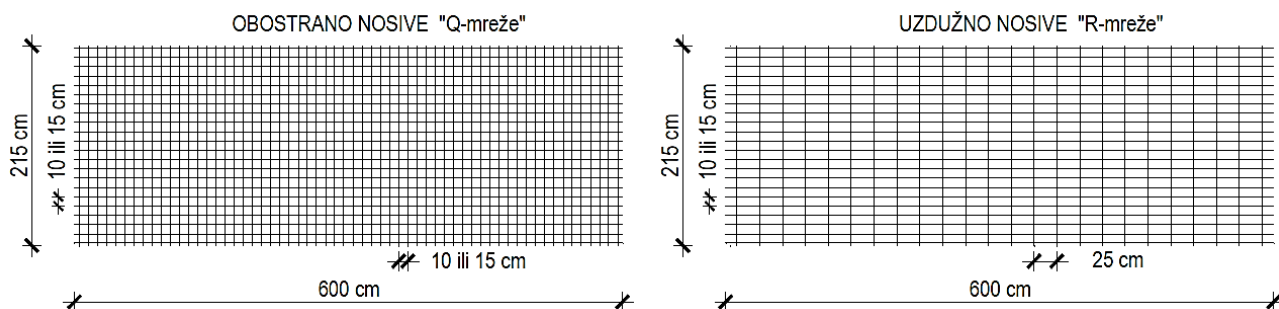
Slika 10. Računski dijagram betona

## 2.2. Armaturni čelik

Prema HRN EN 1992-1 tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN 10080 koriste se tri vrste čelika za armiranje. Čelici za armiranje dijele se na žice ( $\phi \leq 16$  mm), šipke ( $\phi > 16$  mm), i mreže. Žice mogu doći namotane u kolut, dok šipke se proizvode kao ravni elementi duljine do 12 m. Osim šipki armatura se isporučuje u obliku zavarenih mreža. Standardna dimenzija mreže je 600x215 cm.

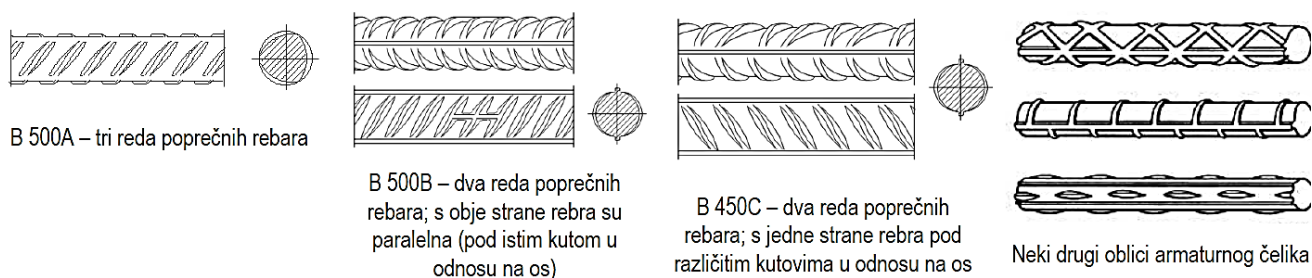
Standardno se proizvode u dva tipa mreža:

- Q-mreže; sastavljene se od istih profila šipki u oba smjera na istom razmaku (100 ili 150 mm), imaju istu nosivost u oba smjera
- R-mreže; sastavljene se od različitih profila šipki. U dužem smjeru su postavljeni jači profili, taj smjer je nosivi. U dužem smjeru profili su postavljeni na razmaku 100 ili 150 mm. U kraćem smjeru su slabiji profili na razmaku 200 ili 250 mm.



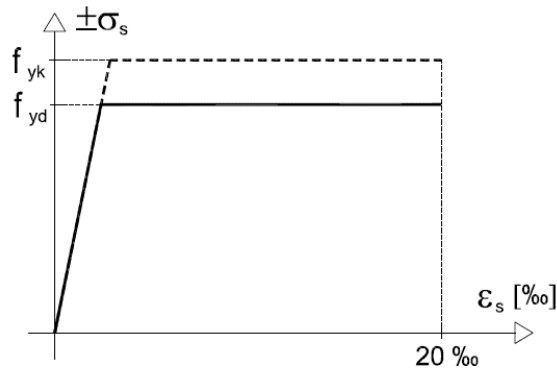
Slika 12. Tipične vrste mreža

U Hrvatskoj se sada, prema HRN EN 1992-1, tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN EN 10080, koriste tri vrste čelika za armiranje, u obliku žica, šipki ili mreža. Čelici za armiranje razlikuju se prema granici popuštanja i duktilnosti. U oznaci čelika za armiranje (npr. B450 C) broj predstavlja normiranu karakterističnu čvrstoću popuštanja u Mpa, a slovo predstavlja duktilnost čelika.



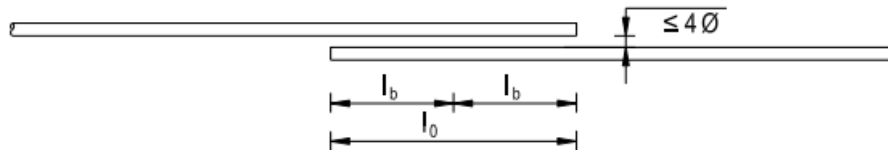
Slika 13. Oblici čelika za armiranje

Za proračun odnosno dimenzioniranje armirano betonskih elemenata koristi se računski dijagram čelika koji se sastoji od dva pravca (bilinearna krivulja). Granično naprezanje čelika  $f_{yk}$  jednako je granici popuštanja, odnosno usvaja se da je granična nosivost armature dostignuta kada naprezanje u armaturi bude jednako granici popuštanja.



Slika 14. Računski dijagram čelika

Najčešći oblik nastavljanja je preklapanjem. Šipke se nastavljaju tako da se preklope za duljinu  $l_0$  koja je najmanje jednaka dvostrukoj duljini sidrenja  $l_{b,net}$ . Razmak između šipke mora biti što manji, a najviše  $4\emptyset$ . Dok sidrenje armature iznosi  $\emptyset 30$



Slika 15. Preklapanje armature

| Redni broj | KONSTRUKTIVNI ELEMENT | Razred tlačne čvrstoće | Dimenzije(cm) |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| 1          | Podložni beton        | C 12/15                | 10            |
| 2          | Temelji zidova        | C 25/30                | 60x50         |
| 3          | Temelji stupova       | C 25/30                | 160x60        |
| 4          | Stupovi               | C 40/50                | 40x40         |
| 5          | Zidovi                | C 25/30                | 30            |
| 6          | Međukatne ploče       | C 25/30                | 20            |
| 7          | Ploča krova           | C 25/30                | 20            |

Prikaz materijala za pojedini element

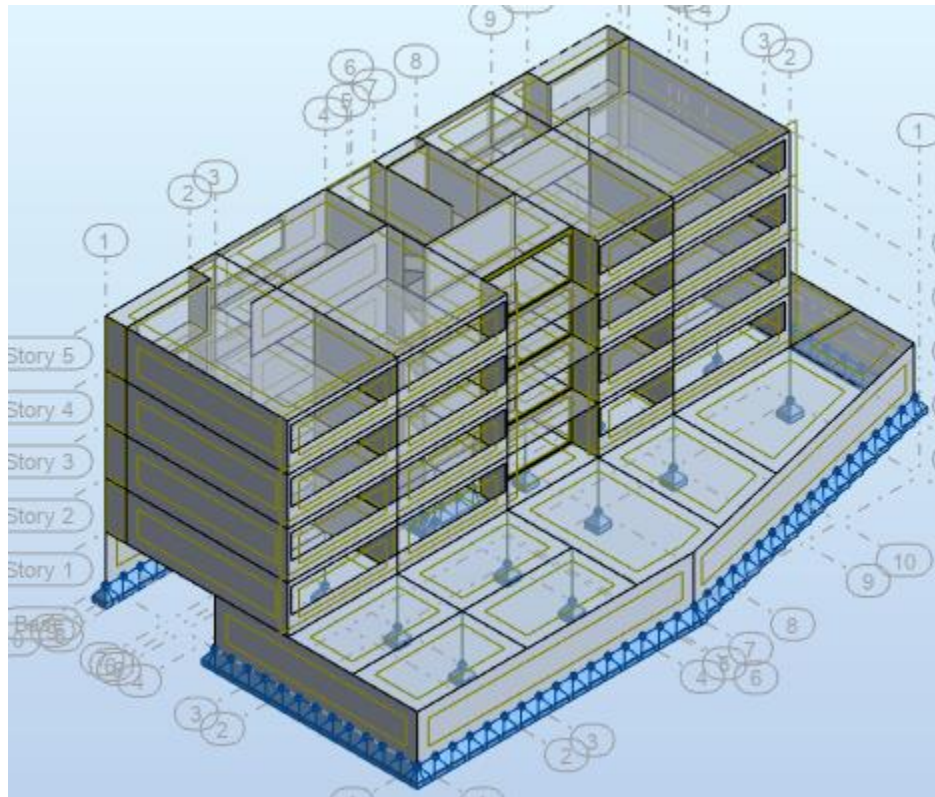


### 3. NUMERIČKI MODEL

Za potrebe proračuna napravljen je prostorni model zgrade koji će u nastavku biti prikazan. Zgrada se sastoji od pet etaža, četiri nadzemnih i jedne podzemne etaže. U modelu građevina je modelirana sa upetim ležajevima čemo taj model koristiti za proračun ploča i zidova.

Model je proračunat računalnim programom “Robot Structural Analysis Professional 2019.“. Za sve elemente zgrade korištena je linearno elastična analiza. Proračun je proveden pomoću metode konačnih elemenata.

Za djelovanje potresa na zgradu upotrijebljena je više modalna spektralna analiza. Spektralna analiza je metoda linearnog dinamičkog modalnog proračuna pomoću spektra odgovora.



*Slika 16. Prikaz numeričkog modela zgrade sa upetim ležajevima*

## 4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su:

| Oznaka osnovnog djelovanja   | Opis djelovanja   |
|------------------------------|---|
| <b>g</b>                     | Stalno djelovanje - vlastita težina elemenata nosive konstrukcije.  |
| <b><math>\Delta g</math></b> | Dodatno stalno djelovanje - ostalo stalno djelovanje: pokrov, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd., zidni paneli. |
| <b>q</b>                     | Promjenjivo - uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.   |
| <b>w</b>                     | Vjetar.   |
| <b>s</b>                     | Snijeg.   |
| <b>S</b>                     | Potres.   |

Slika 17. Tablica sa prikazom o osnovnim djelovanjima

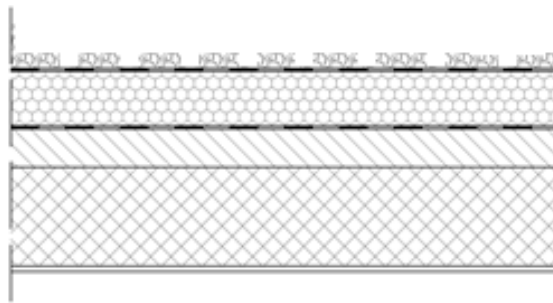
### 4.1. Stalno opterećenje

#### 4.1.1. Vlastita težina

Vlastita težina svih konstruktivnih elementa je automatski uključena u programskom paketu Robot Structural Analysis Professional 2019.

#### 4.1.2. Dodatno stalno opterećenje

a) Ploča krova



Slika 18. Grafički prikaz slojeva krovne konstrukcije

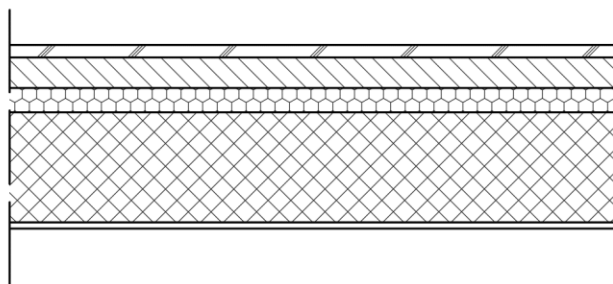
| <b>Krovnna konstrukcija K1</b>           |                      |                 |                   |
|--|----------------------|-----------------|-------------------|
| <b>OPIS SLOJEVA</b>                      | <b>d(m)</b>          | <b>g(kN/m3)</b> | <b>dxg(kN/m2)</b> |
| betonske ploče na plastičnim podmetačima | 0.05                 | 25.0            | 1.25              |
| geotekstil                               | 0.005                | -               | -                 |
| hidroizolacija                           | 0.00012              | -               | -                 |
| geotekstil                               | 0.005                | -               | -                 |
| lakoagregatni beton za pad               | 0.08                 | 23.0            | 1.84              |
| toplinska izolacija XPS                  | 0.15                 | 1.5             | 0.225             |
| AB ploča                                 | uključena u proračun |                 |                   |
| cemetna zbuca                            | 0.01                 | 19.0            | 0.19              |

Dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=3.5 \text{ kN/m}^2$

*NAPOMENA: Opterećenje od težine slojeva poda je  $\Delta g=3.5 \text{ kN/m}^2$ , u dodatno stalno spadaju instalacije, njihova sveukupna težina iznosi  $1.0 \text{ kN/m}^2$ .*

**Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=4.5 \text{ kN/m}^2$**

b) Međukatne konstrukcije katova



Slika 19. Grafički prikaz slojeva međukatne ploče

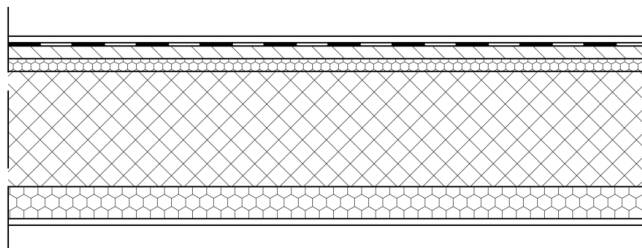
| <b>Međukatna konstrukcija Mk2</b>             |                      |                 |                   |
|---|----------------------|-----------------|-------------------|
| <b>OPIS SLOJEVA</b>                           | <b>d(m)</b>          | <b>g(kN/m3)</b> | <b>dxg(kN/m2)</b> |
| završni sloj poda (keramičke pločice/ parket) | 0.01                 | 10.0            | 0.1               |
| cementni estrih                               | 0.05                 | 22.0            | 1.1               |
| PE folija                                     | 0.002                | -               | -                 |
| toplinska izolacija XPS                       | 0.04                 | 1.5             | 0.06              |
| AB ploča                                      | uključena u proračun |                 |                   |
| cemetna zbuca                                 | 0.01                 | 19.0            | 0.19              |

Dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=1.45 \text{ kN/m}^2$

*NAPOMENA: S obzirom da ima različite slojeve međukatne konstrukcije ovisno o završnoj obradi i položaju međukatne konstrukcije u gornjem prikazu prikazna je jedan tip, dok u poglavlju u kojem će se računati fizikalna svojstva zgrade bit će detaljno opisani svi slojevi međukatne konstrukcije. Opterećenje od težine slojeva poda je  $\Delta g=1.45 \text{ kN/m}^2$ , u dodatno stalno spadaju pregradni zidovi, njihova sveukupna težina iznosi  $1.5 \text{ kN/m}^2$ .*

**Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=2.95 \text{ kN/m}^2$**

c) Ploča balkona, lođe, terase



Slika 20. Grafički prikaz slojeva lođa

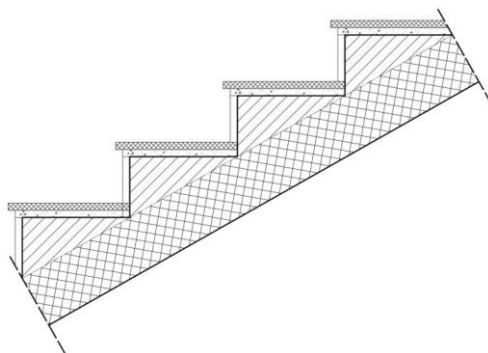
| Lođa                                  |                      |                       |                         |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| OPIS SLOJEVA                          | d(m)                 | g(kN/m <sup>3</sup> ) | dxg(kN/m <sup>2</sup> ) |
| završni sloj poda (keramičke pločice) | 0.01                 | 10.0                  | 0.1                     |
| hidroizolacija                        | 0.00012              | -                     | -                       |
| cementni estrih                       | 0.05                 | 22.0                  | 1.1                     |
| PE folija                             | 0.002                | -                     | -                       |
| XPS toplinsko- zvučna izolacija       | 0.04                 | 1.5                   | 0.06                    |
| AB ploča                              | uključena u proračun |                       |                         |
| XPS toplinsko izolacija               | 0.04                 | 1.5                   | 0.06                    |
| cementna žbuka                        | 0.01                 | 19.0                  | 0.19                    |

Dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=1.51 \text{ kN/m}^2$

*NAPOMENA:* Opterećenje od težine slojeva poda je  $\Delta g=1.51 \text{ kN/m}^2$ , u dodatno stalno spadaju zaštitna ograda i ostali predmeti , njihova sveukupna težina iznosi  $1.0 \text{ kN/m}^2$ .

**Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=2.51 \text{ kN/m}^2$**

d) Stubište



Slika 21. Grafički prikaz slojeva stubišta

| Stubište                              |                      |                       |                         |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| OPIS SLOJEVA                          | d(m)                 | g(kN/m <sup>3</sup> ) | dxg(kN/m <sup>2</sup> ) |
| završni sloj poda (keramičke pločice) | 0.01                 | 10.0                  | 0.1                     |
| cementi namaz                         | 0.01                 | 20.0                  | 0.20                    |
| stuba                                 | 0.08                 | 24.0                  | 1.92                    |
| AB ploča                              | uključena u proračun |                       |                         |
| cementna žbuka                        | 0.01                 | 19.0                  | 0.19                    |

Dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=2.41 \text{ kN/m}^2$

*NAPOMENA: Opterećenje od težine slojeva poda je  $\Delta g=2.41 \text{ kN/m}^2$ , u dodatno stalno opterećenje predmete koji iznose  $0.5 \text{ kN/m}^2$ .*

**Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g=2.91 \text{ kN/m}^2$**

## 4.2. Promjenjivo opterećenje

a) Ploča krova

| Krov   |                             | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k$<br>[kN] |
|--|-----------------------------|-------------------------------|---------------|
| Kategorija H   | Nagib krova $\leq 20^\circ$ | 0,6                           | 1,0           |
|  | Nagib krova $\geq 40^\circ$ | 0,0                           | 1,0           |
| * Za nagibe između $20^\circ$ i $40^\circ$ vrijednosti $q_k$ može se odrediti linearnom interpolacijom.                                  |                             |                               |               |
| NAPOMENA 1: Opterećenje $q_k$ djeluje na ploštinu A koja predstavlja cijelu ploštinu krova.  |                             |                               |               |
| NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenje djeluje vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe. |                             |                               |               |

Tablica 2. Uporabna opterećenja krovova kategorije H (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

**Promjenjivo opterećenje:  $q=1.0 \text{ kN/m}^2$**

b) Međukatne konstrukcije katova

| Stupac | 1          | 2   | 3   | 4                             | 5               |
|--------|------------|---|---|-------------------------------|-----------------|
| Redak  | Kategorija | Namjena                                       | Primjer   | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k^3$<br>[kN] |
| 1      | A1         | Nestambena potkrovlja                         | Neprikladna za stanovanje no pristupačna potkrovlja do 1,8m svijetle visine   | 1,5                           | 1,0             |
| 2      | A          | Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti | Stropovi sa zadovoljavajućom poprečnom raspodjelom opterećenja <sup>a</sup> u stambenim zgradama i kućama, sobama sa krevetima, bolnicama(spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćistima i pripadajuće kuhinje i kupaonice | 1,5                           | -               |
| 3      |            |   | A2,ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja  | 2,0 <sup>c</sup>              | 1,0             |

Tablica 3. Uporabna opterećenja stropova u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

**Promjenjivo opterećenje:  $q=1.5 \text{ kN/m}^2$**

c) Ploča balkona, lođe, terase

| Stupac | 1          |  | 2                       | 3   | 4                             | 5                    |
|--------|------------|--|-------------------------|---|-------------------------------|----------------------|
| Redak  | Kategorija |  | Namjena                 | Primjer   | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k^3$<br>[kN<br> ] |
| 22     | P*         |  | Pristupi, balkoni i sl. | Krovne terase, trjemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti | 4,0                           | 2,0                  |

Tablica 4. Uporabna opterećenja balkona u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

**Promjenjivo opterećenje:  $q=4.0$  kN/m<sup>2</sup>**

d) Stubište

| Stupac | 1          |    | 2                           | 3  | 4                             | 5                    |
|--------|------------|----|-----------------------------|--|-------------------------------|----------------------|
| Redak  | Kategorija |    | Namjena                     | Primjer  | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k^3$<br>[kN<br> ] |
| 19     | S*         | S1 | Stubišta i stubišni podesti | Stubišta i stubišni podesti u stambenim i uredskim zgradama i ambulancama, bez teške opreme  | 3,0                           | 2,0                  |
| 20     |            | S2 |                             | Sva stubišta i stubišni podesti koji se ne mogu razvrstati u S1 ili S3                       | 5,0                           | 2,0                  |
| 21     |            | S3 |                             | Pristupi i stubišta koji vode do tribina bez nepomičnih sjedala, a služe kao izlazi za nuždu | 7,5                           | 3,0                  |

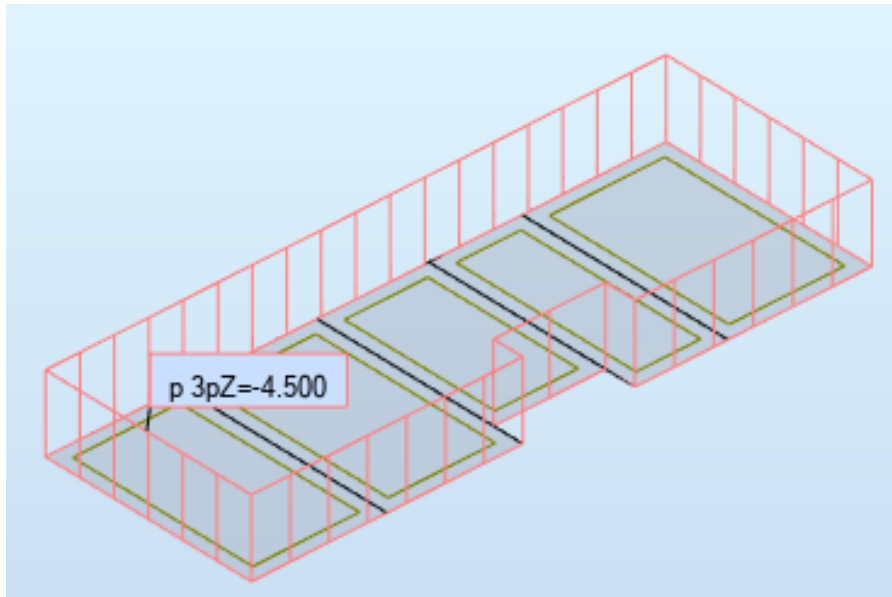
Tablica 5. Uporabna opterećenja stubišta u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA :2012)

**Promjenjivo opterećenje:  $q=3.0$  kN/m<sup>2</sup>**

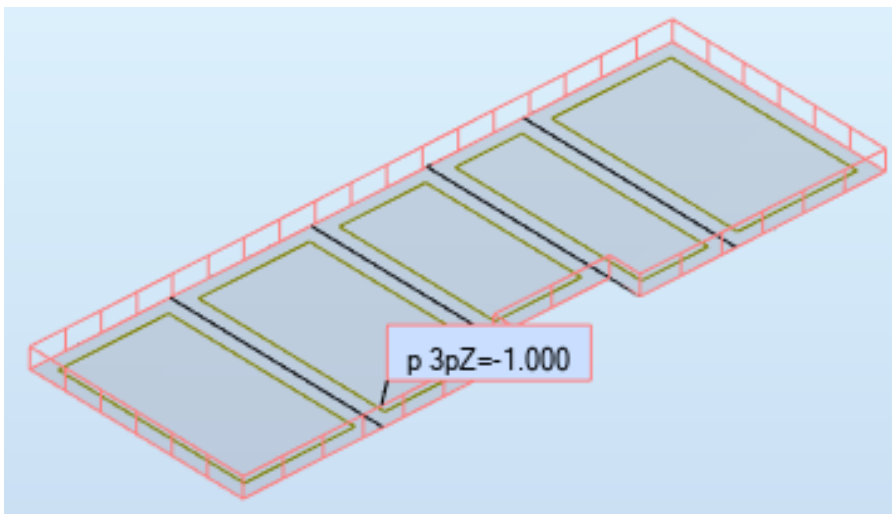
NAPOMENA: Neće se raditi kombinacije promjenjivog opterećenja, tj. postavljanje promjenjivog opterećenja u najkritičnije položaje, već je promjenjivo opterećenje uvećano za 20%.

### 4.3. Prikaz djelovanja

a) Ploča krova

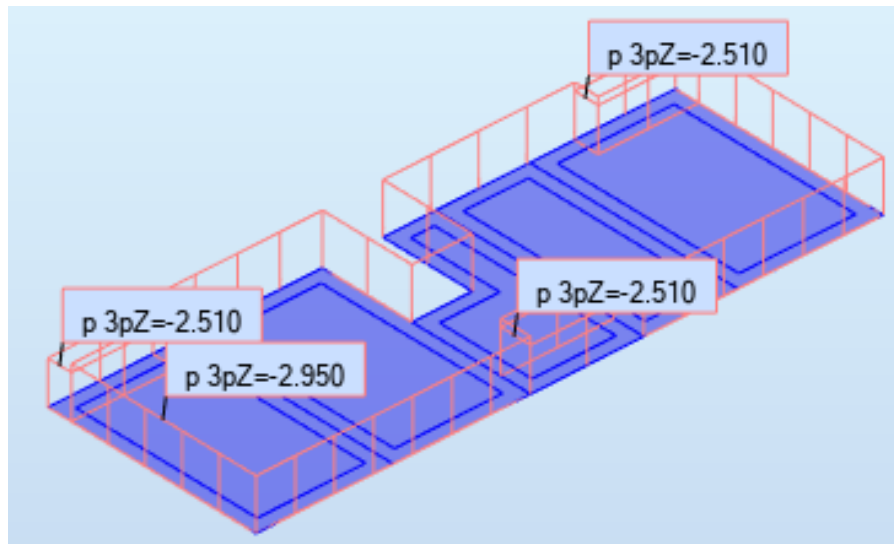


Slika 22. Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  (kN/m<sup>2</sup>)

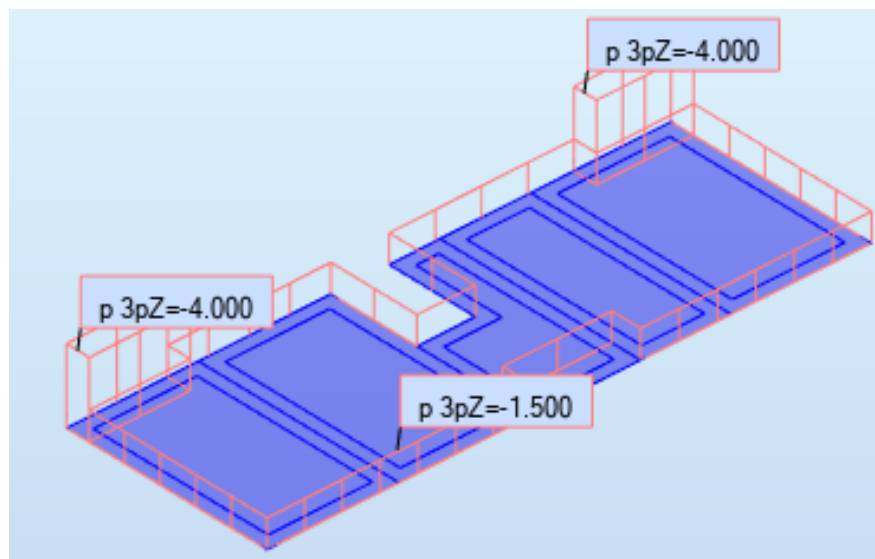


Slika 23. Promjenjivo djelovanje  $q$  (kN/m<sup>2</sup>)

b) Međukatne konstrukcije katova



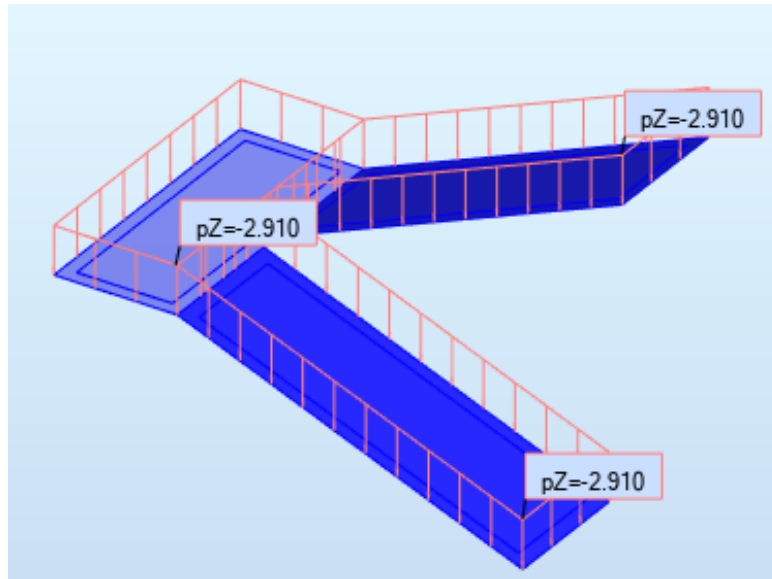
Slika 24. Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  (kN/m<sup>2</sup>)



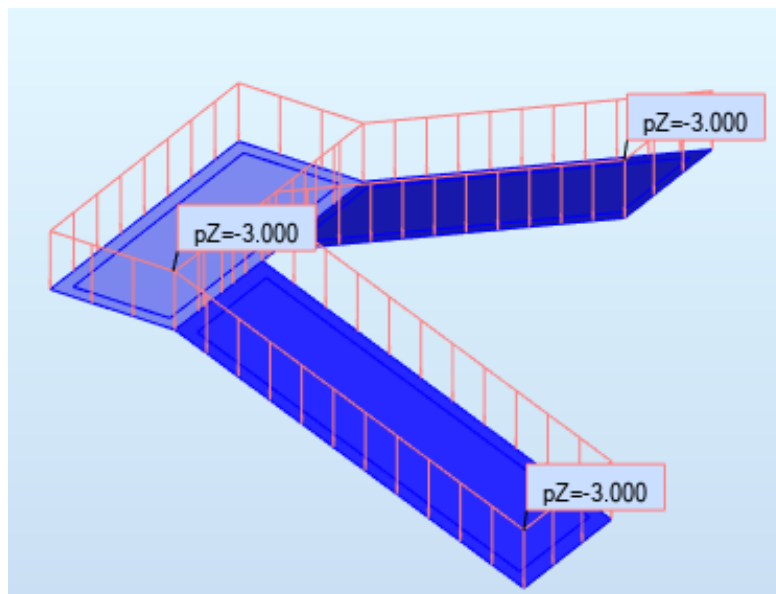
Slika 25. Promjenjivo djelovanje  $q$  (kN/m<sup>2</sup>)



c) Stubište



Slika 26. Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  (kN/m<sup>2</sup>)



Slika 27. Promjenjivo djelovanje  $q$  (kN/m<sup>2</sup>)

#### 4.4. Djelovanje snjega na konstrukciju

Djelovanje snjega određeno je prema HRN EN 1991-1-3:2012.

Eurocod 1.:Djelovanja na kosntrukcijue-Dio 1-3:Opća djelovanja- Opterećenja snjekom (EN 1991-1-3:2003+AC:2009) i HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012. Eurocod 1.:Djelovanja na kosntrukcijue-Dio 1-3:Opća djelovanja- Opterećenja -Nacionalni dodatak.

Opterećenja snjekom definirano je sljedećom jednadžbom:

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

gdje je :

$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snjekom (ovosi o vrsti krova pogledati tablicu 6.)

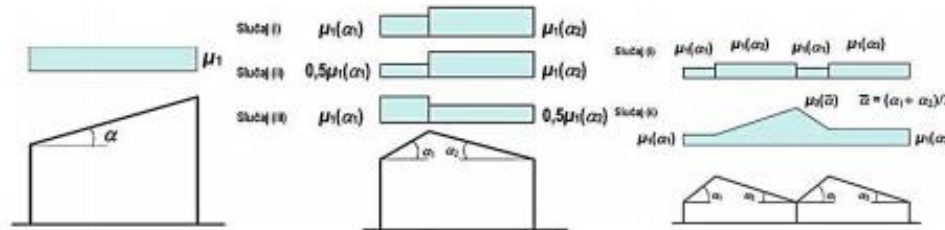
$C_e$  - koeficijent izloženosti ( pogledat *Tablica 7.*)

$C_t$  - toplinski koeficijent=1,0

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja snjekom na tlu

Tablica 6. Koeficijent oblika opterećenja snjekom (HRN EN 1991-1-3:2012)

| Kut nagiba krova $\alpha$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| $\mu_1$                   | 0,8                                 | $0,8 (60 - \alpha) / 30$       | 0,0                    |
| $\mu_2$                   | $0,8 + 0,8 \alpha / 30$             | 1,6                            | -                      |



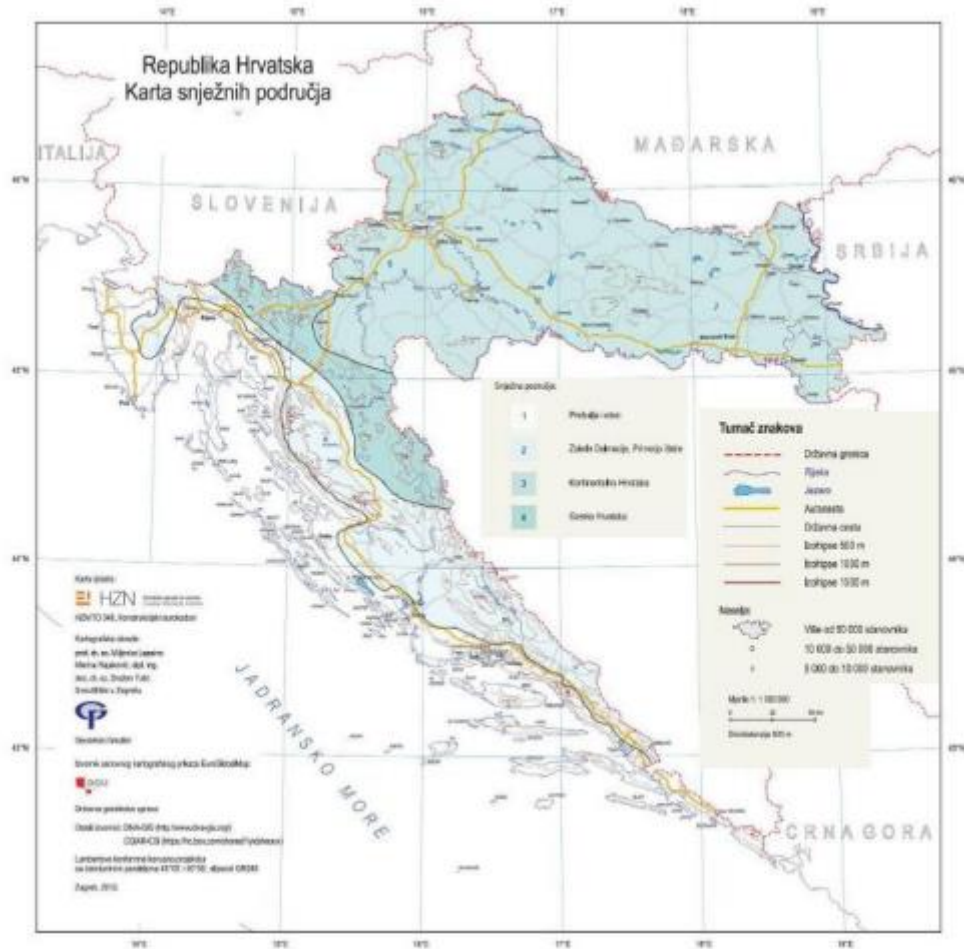
Slika 29. Koeficijent oblika za krov (HRN EN 1991-1-3:2012)

| Oblik terena                | $C_e$ |
|-----------------------------|-------|
| Izložen vjetru <sup>a</sup> | 0,8   |
| Uobičajen <sup>b</sup>      | 1,0   |
| Zaklonjen <sup>c</sup>      | 1,2   |

a Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem.  
b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drveća.  
c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružena drugim visokim građevinama.

Tablica 7. Vrijednost koeficijenta  $C_e$  s obzirom na različite oblike terena (HRN EN 1991-1-3:2012)

Za uobičajan oblik terena odabrana vrijednost koeficijenta izloženosti  $C_e=1,0$



Slika.30. Karta snježnih područja RH

| Nadmorska visina (m) | sk (kN/m <sup>2</sup> )         |  |                                      |                               |
|----------------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|
|                      | 1. područje - priobalje i otoci | 2. područje - zaleđe Dalmacije i Istre | 3. područje - kontinentalna Hrvatska | 4. područje - gorska Hrvatska |
| 100                  | 0,50                            | 0,75                                   | 1,00                                 | 1,25                          |
| 200                  | 0,50                            | 0,75                                   | 1,25                                 | 1,50                          |
| 300                  | 0,50                            | 0,75                                   | 1,50                                 | 1,75                          |
| 400                  | 0,50                            | 1,00                                   | 1,75                                 | 2,00                          |
| 500                  | 0,50                            | 1,25                                   | 2,00                                 | 2,50                          |
| 600                  | 0,50                            | 1,50                                   | 2,25                                 | 3,00                          |

Tablica 8. Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

Građevina se nalazi u Splitu odnosno u 1.području, stoga  $s_k=0,50$  kN/m<sup>2</sup>

Uvrštavanje u jednadžbu:

$$s=0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5$$

$$s=0,40 \text{ kN/m}^2$$

#### 4.5. Djelovanje vjetra na konstrukciju

Djelovanje vjetra određeno je prema HRN EN 1991-1-4:2012.

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije-Dio 1-4: Opća djelovanja- Djelovanje vjetra EN 1991-1-4:2005+ AC:2010+AC:2010) i HRN EN 1991-1-4:2012./NA 2012.

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije- Dio 1-4: Opća djelovanja- Djelovanja vjetra- Nacionalni dodatak.

Djelovanje vjetra može se izraziti kao pritisak po površini okomito na smjer plohe i kao trenje uz plohu koji ovisi o brzini vjetra. Brzina vjetra za Republiku Hrvatsku određuje DHMZ, brzina vjetra može se korigirati raznim koeficijentima određenim normama. Smjer djelovanja vjetra je nepredvidljiv, za određivanje djelovanja vjetra na konstrukciju promatramo djelovanje u dva okomita smjera na objekt. Također potrebno je promatrati djelovanje vjetra unutar građevine u dva smjera (tlak i podtlak).

Osnovna brzina vjetra definirana je jednadžbom:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

gdje je:

$c_{dir}$ -faktor smjera vjetra (obično se uzima 1,0)

$c_{season}$ -faktor doba godine (obično se uzima 1,0)

$v_{b,0}$ -fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (10m iznad tla kategorije terena II), određuje se iz karte osnovne brzine vjetra koja je sastavni dio nacionalnog dodatka (HRN EN 1991-1-4:2012/NA)



Slika 31.Karta osnovne brzine vjetra za RH (DHMZ)

$v_{b,0}=30,0 \text{ m/s}$  (čitano iz karte za područje Splita)

Uvrštavanje u jednadžbu:

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30,0 = 30,0 \text{ m/s}$$

Osnovni tlak vjetra je:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

gdje je:

$\rho$ - gustoća zraka (usvaja se vrijednost iz propisa:  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )

Uvrštavanje osnovne brzine vjetra i gustoće zraka:

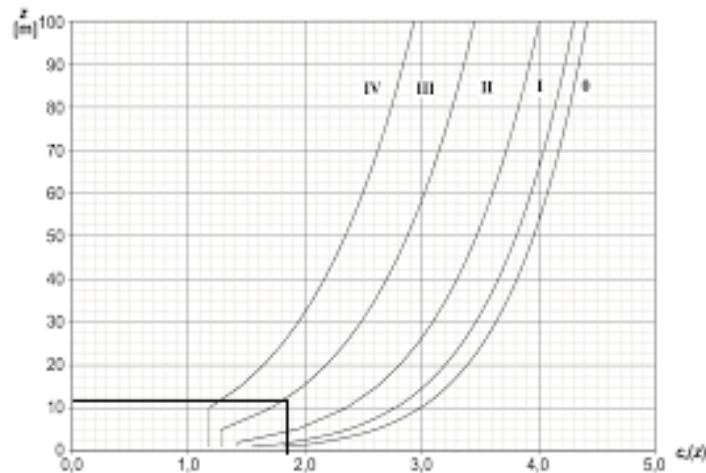
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30,0^2 = 390,0 \text{ N/m}^2 = 0,39 \text{ k N/m}^2$$

Tlak pri vršnoj brzini vjetra:

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

gdje je:

$c_e(z)$ -koeficijet izloženosti ovisan o visini iznad tla ( $z$ ) i kategoriji terena (slika 32.)



Slika 32. Grafički prikaz koeficijenta izloženosti  $c_e(z)$  kao funkcija visine iznad terena  $z$ , za  $c_0=1,0$ ;  $k_1=1,0$  (HRN En 1991-1-4:2012.)

| Kategorija terena |  | $z_0$ (m) | $z_{min}$ (m) |
|-------------------|--|-----------|---------------|
| 0                 | More i priobalna područja izložena otvorenom moru  | 0,03      | 1,0           |
| I                 | Jezeri ili ravna i horizontalna područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka   | 0,01      | 1,0           |
| II                | Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke  | 0,05      | 2,0           |
| III               | Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma) | 0,3       | 5,0           |
| IV                | Područja s najmanje 15 % površine pokrivena zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m  | 1,0       | 10,0          |

Tablica 9. Kategorije terena i parametri terena sa preporučenim vrijednostima za  $z_0$  (duljina hrapavosti) i  $z_{min}$  (najmanja visina) (HRN En 1991-1-4:2012.)

Za kategoriju terena III i visinu zgrade 11,6m iznad tla sa slike 32. očitana je vrijednost koeficijenta  $c_e(z)=1,8$

Tlak pri vršnoj brzini:

$$q_p(z) = 1,8 \cdot 0,39 = 0,702 \text{ kN/m}^2$$

| Zone        | A           |            | B           |            | C           |            | D           |            | E           |            |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|             | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| 5           | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,8        | +1,0       |             | -0,7       |
| 1           | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,8        | +1,0       |             | -0,5       |
| $\leq 0,25$ | -1,2        | -1,4       | -0,8        | -1,1       | -0,5        |            | +0,7        | +1,0       |             | -0,3       |

Tablica 10.. Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove zgrade sa pravokutnim tlocrtom po područjima

$$c_{pe}^{max} = \begin{cases} -1,4 - 0,5 = -1,9 \text{ podtlak} \\ +0,8 + 0,5 = 1,3 \text{ tlak} \end{cases} \quad \dots \text{ faktor izloženosti}$$

Rezultirajuće opterećenje vjetrom:

$$\text{Podtlak: } w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,702 \cdot (-1,9) \cdot 1,0 \cdot 1,0 = -1,33 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tlak: } w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,702 \cdot (1,3) \cdot 1,0 \cdot 1,0 = +0,91 \text{ kN/m}^2$$

*Napomena:* U ovoj cjelini je prikazan detaljan postupak određivanja opterećenja vjetrom u svrhu diplomskog rada. S obzirom na lokaciju i visinu građevine opterećenje od potresa je znatno dominantnije djelovanje, zbog toga se u proračun ne uzima utjecaj vjetra na građevinu.

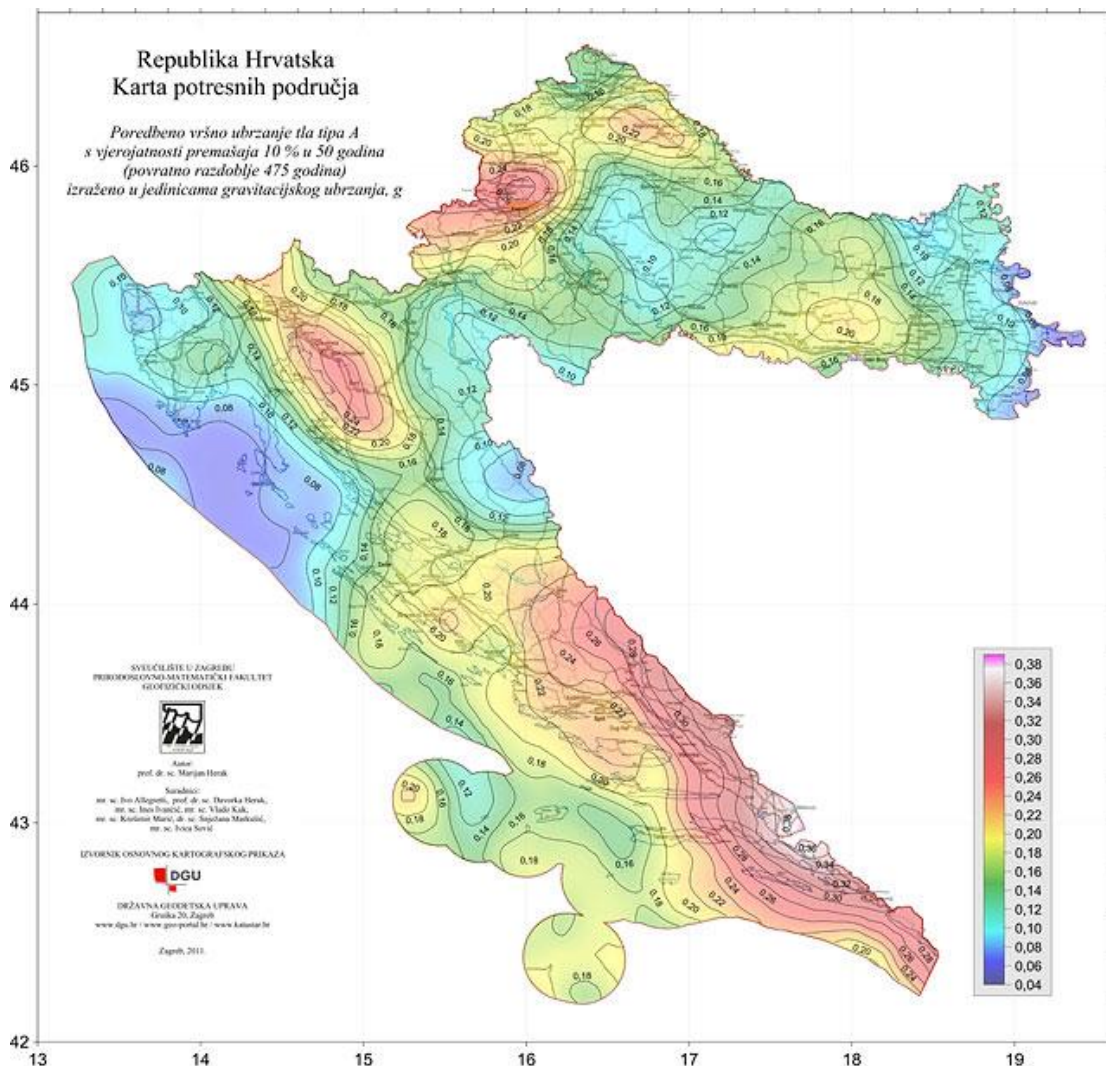


## 4.6. Djelovanje potresa na konstrukciju

Djelovanje potresa određeno je prema HRN EN 1998-1:2011.

EN 1998-1 sadrži posebna pravila za različite konstrukcije materijale i elemente koja se odnose za zgrade: 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade.

Potresne sile proračunate su pojednostavljenim postupkom. Za proračun potresnog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Građevina se nalazi na području Splita i mora biti proračunata i izvedena tako da se odupire djelovanju potresnih sila.



Slika 33. Seizmološka karta Republike Hrvatske



Slika 34. Parametar vršnog ubrzanja tla za promatranu lokaciju

Računsko ubrzanje tla za povratni period od 475 godina, životni vijek građevine 50 godina i prateću vjerojatnost od 10% vršno ubrzanje za granično stanje nosivosti je  $a_{gR} = 0,22g$ .

| Razred Važnosti | Zgrade  |
|-----------------|---|
| I               | Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost npr. Poljoprivredne zgrade itd.  |
| II              | Obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama   |
| III             | Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem npr. škole, dvorane za skupove, kulturne institucije itd. |
| IV              | Zgrade čija je cjelovitost tijekom potresa od životne važnosti za civilnu zaštitu npr. bolnice, vatrogasne postaje, energetske itd.         |

Tablica 11.. Razred važnosti za zgrade (HRN EN 1998-1:2011)

Razred duktilnosti:DCM

#### 4.6.1. Faktor ponašanja

Faktor ponašanja  $q$  definiran je slijedećim izrazom:

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

gdje je:

$q_0$ - osnovni factor ponašanja koji ovisi o tipu konstrukcije I duktilnosti (pogledat Tablica 12..)

$kW$  –factor prevladavajućeg sloma



| Tip konstrukcije  | Razred duktilnosti      |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|
|   | DCM                     | DCH                     |
| Okvirni sustavi, dvojni sustavi, sustavi povezanih zidova | 3,0 $\alpha_0/\alpha_1$ | 4,5 $\alpha_0/\alpha_1$ |
| Sustav nepovezanih zidova                                 | 3,0                     | 4,0 $\alpha_0/\alpha_1$ |
| Torzijski savitljiv sustav                                | 2,0                     | 3,0                     |
| Sustav obrnutog njihala                                   | 1,5                     | 2,0                     |

Tablica 12..Osnovne vrijednosti faktora ponašanja  $q_0$  za sustave pravilne po visini

Za DCM I sustav povezanih zidova  $q_0$  je:

$$q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha u}{\alpha_1}$$

Za dvojne sustave istovrijedni zidnim i sustave povezanih zidova  $\frac{\alpha u}{\alpha_1} = 1,2$

$$q_0 = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6$$

Faktorom  $kW$  u obzir se uzima prevladavajući oblik sloma konstrukcijskih sustava od zidova:

$$kW = \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ za ovrne sustave I dvojne sustave istovrijedne okvirnim} \\ \frac{1+\alpha_0}{3} \leq 1 \text{ ali ne manje od } 0,5 \text{ za zidne sustave, sustve istovrijedne zidnim} \end{array} \right\}$$

gdje je:

$\alpha_0$  – prevladavajući geometrijski omjer zidova konstrukcijskog sustava koji je određen slijedećim izrazom:

$$\alpha_0 = \frac{\sum h w_i}{\sum l w_i}$$

gdje je:

$h w_i$  – visina zida;  $h l_i$  – duljina presjeka zida

$$\alpha_0 = \frac{11,60}{11,03} = 1,05$$

Za zidne sustave, sustave istovrijedne zidnim i torzijski savitljive sustave:

$$kW = \frac{1+\alpha_0}{3} = \frac{1+1,05}{3} = 0,68$$

Faktor ponašanja  $q$  iznosi:

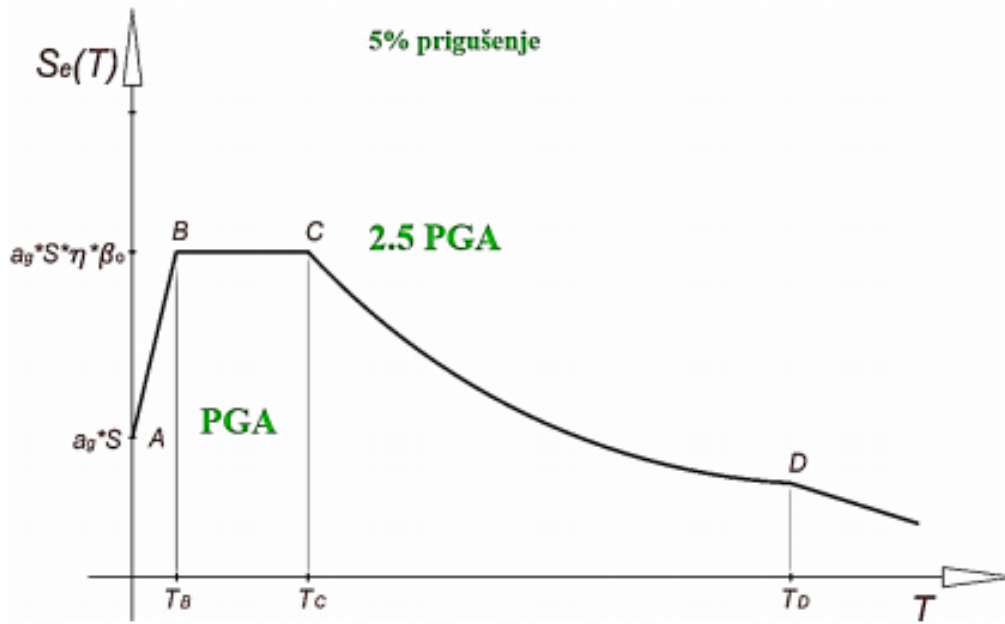
$$q = q_0 \cdot kW \geq 1,5$$

$$q = 3,6 \cdot 0,68 = 2,5$$

## 4.7. Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize

### 4.7.1. Ulazni proračunski spektar

Proračun je temeljen na spektru odziva koji je umanjen u odnosu na elastični spektar. To je proračunski spektar koji se dobije tako da se elastični spektar reducira sa faktorom ponašanja  $q$ .



Slika 35: Europski opći elastični spektar, povratni period 475 godina

Gdje je:

$S_e(T)$  – elastični spektar odziva

$T$  – period vibracija linearnog sustava s jednim stupnjem slobode

$a_g$  – proračunsko ubrzanje na temeljnom tlu tip A

$T_B$  – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

$T_C$  – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

$T_D$  – vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka

$S$  – faktor tla

$\eta$  – faktor korekcije prigušenja uz poredbenu vrijednost  $\eta = 1$  za 5 %-tno viskozno prigušenje

| Tip tla | S    | $T_B(S)$ | $T_C(S)$ | $T_D(S)$ |
|---------|------|----------|----------|----------|
| A       | 1,00 | 0,15     | 0,40     | 2,00     |
| B       | 1,20 | 0,15     | 0,50     | 2,00     |
| C       | 1,15 | 0,20     | 0,60     | 2,00     |
| D       | 1,35 | 0,20     | 0,80     | 2,00     |
| E       | 1,40 | 0,15     | 0,50     | 2,00     |

Tablica 13. Pripadne vrijednosti  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  u ovisnosti o tipovima tla (HRN EN 1998-1:2011)

Ošitano iz Tablica 13..Spektar tipa 1, Klasa tla A:  $S = 1$ ;  $T_B = 0,15$ ;  $T_C = 0,40$ ;  $T_D = 2,0$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]; 0 \leq T \leq T_B$$

Gdje je  $S_d(T)$  proračunski spektar odziva, a  $q$  faktor ponašanja i  $\beta=0,2$

$$S_d(T=0) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2}{3} = 0,147g = 1,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_d(T=0,2) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,5} = 0,22g = 2,16 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

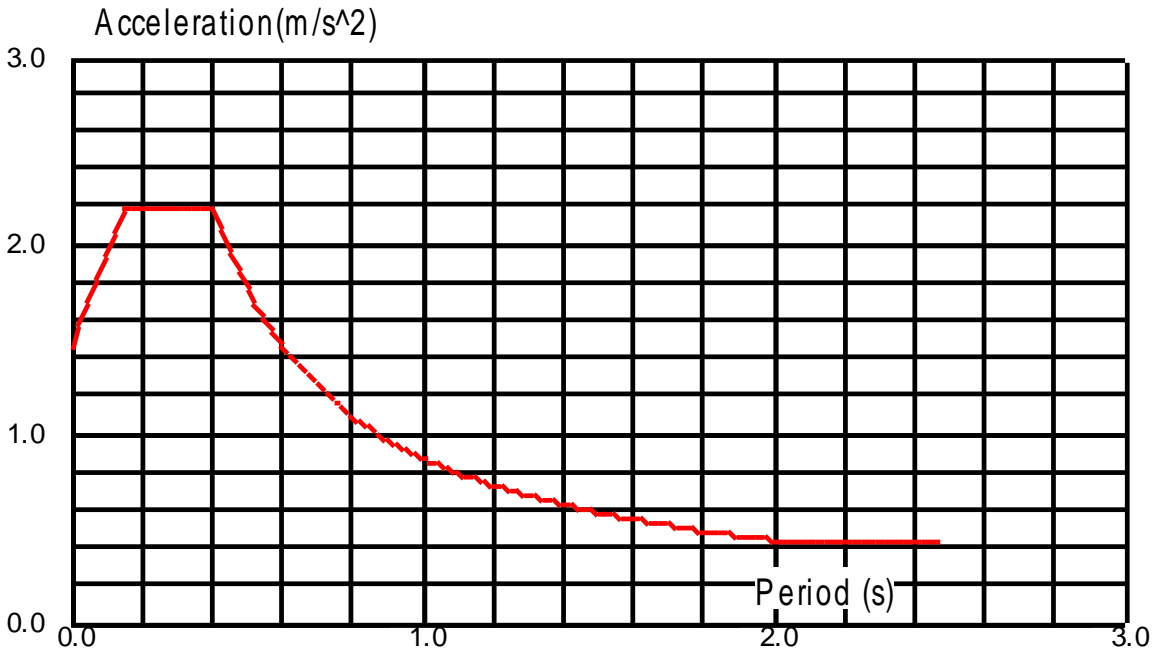
$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T}; T_C \leq T \leq T_D \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$S_d(T=0,4) = S_d(T=0,2) = 2,16 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2}; T_D \leq T \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$S_d(T=2,0) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,5} \cdot \frac{0,4}{2,0} = 0,044g = 0,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$

$$S_d(T=2,0) \geq 0,2 \cdot 0,22 \cdot 9,81 = 0,43 \rightarrow S_d(T=2,0) = 0,44 \text{ (m/s}^2 \text{)}$$



*Slika 36. Proračunski spektar ubrzanja za unesene podatke*

Na temelju ulaznih podataka i prostornog modela konstrukcije provedena je višemodalna analiza na način da je automatski generirana ukupna masa na temelju sudjelujućih masa od stalnog (vlastita težina plus dodatno stalno opterećenje) i pokretnog opterećenja (50% pokretnog opterećenja).

Po provedenom proračunu dobiveni su rezultati modalne analize u vidu 150 vlastitih oblika konstrukcije, njima pripadajući periodi te ukupna sudjelujuća masa po svakom smjeru. Kao što je prikazano u rezultatima dinamičke analize naknadno u tekstu aktivirano je svih 90 % mase po pojedinom smjeru djelovanja potresnih sila

## 4.7.2. Rezultati modalne analize

| Case/Node | Frequency (Hz) | Period (sec) | Rel.mas.UX (%) | Rel.mas.UY (%) | Rel.mas.UZ (%) | Cur.mas.UX (%) | Cur.mas.UY (%) | Cur.mas.UZ (%) | Total mass UX (kg) | Total mass UY (kg) | Total mass UZ (kg) |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 6/ 1      | 7.12           | 0.14         | 60.33          | 2.33           | 0.0            | 60.33          | 2.33           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 2      | 9.03           | 0.11         | 62.76          | 64.56          | 0.0            | 2.42           | 62.24          | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 3      | 11.47          | 0.09         | 62.90          | 68.77          | 0.0            | 0.14           | 4.20           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 4      | 24.35          | 0.04         | 63.41          | 70.60          | 0.0            | 0.51           | 1.83           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 5      | 26.55          | 0.04         | 75.51          | 77.16          | 0.0            | 12.09          | 6.56           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 6      | 27.90          | 0.04         | 81.42          | 91.73          | 0.0            | 5.91           | 14.57          | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 7      | 34.18          | 0.03         | 82.09          | 92.15          | 0.0            | 0.67           | 0.41           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 8      | 40.59          | 0.02         | 82.18          | 92.16          | 0.0            | 0.09           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 9      | 42.63          | 0.02         | 83.95          | 92.57          | 0.0            | 1.77           | 0.41           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 10     | 43.92          | 0.02         | 86.82          | 93.05          | 0.0            | 2.87           | 0.48           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 11     | 44.94          | 0.02         | 87.23          | 93.17          | 0.0            | 0.41           | 0.12           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 12     | 47.25          | 0.02         | 87.24          | 93.54          | 0.0            | 0.01           | 0.37           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 13     | 49.14          | 0.02         | 87.56          | 93.73          | 0.0            | 0.32           | 0.19           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 14     | 50.53          | 0.02         | 90.65          | 93.83          | 0.0            | 3.09           | 0.10           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 15     | 54.81          | 0.02         | 90.84          | 93.84          | 0.0            | 0.19           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 16     | 55.94          | 0.02         | 91.25          | 93.85          | 0.0            | 0.42           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 17     | 56.13          | 0.02         | 91.25          | 93.90          | 0.0            | 0.00           | 0.06           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 18     | 58.40          | 0.02         | 91.80          | 93.95          | 0.0            | 0.55           | 0.04           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 19     | 60.06          | 0.02         | 91.98          | 94.01          | 0.0            | 0.18           | 0.06           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 20     | 61.74          | 0.02         | 91.99          | 94.06          | 0.0            | 0.01           | 0.05           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 21     | 66.70          | 0.01         | 92.03          | 94.09          | 0.0            | 0.04           | 0.03           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 22     | 67.52          | 0.01         | 92.04          | 94.10          | 0.0            | 0.01           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 23     | 68.77          | 0.01         | 92.06          | 94.14          | 0.0            | 0.01           | 0.03           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 24     | 69.59          | 0.01         | 92.06          | 94.16          | 0.0            | 0.00           | 0.03           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 25     | 70.57          | 0.01         | 92.08          | 94.25          | 0.0            | 0.02           | 0.09           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 26     | 71.11          | 0.01         | 92.11          | 94.29          | 0.0            | 0.03           | 0.04           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 27     | 72.18          | 0.01         | 92.11          | 94.29          | 0.0            | 0.00           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 28     | 72.76          | 0.01         | 92.11          | 94.30          | 0.0            | 0.00           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 29     | 73.03          | 0.01         | 92.13          | 94.30          | 0.0            | 0.01           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 30     | 73.39          | 0.01         | 92.13          | 94.30          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 31     | 74.41          | 0.01         | 92.13          | 94.30          | 0.0            | 0.01           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 32     | 74.89          | 0.01         | 92.14          | 94.33          | 0.0            | 0.01           | 0.03           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 33     | 75.21          | 0.01         | 92.14          | 94.33          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 34     | 75.89          | 0.01         | 92.14          | 94.34          | 0.0            | 0.00           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 35     | 76.36          | 0.01         | 92.14          | 94.35          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 36     | 77.14          | 0.01         | 92.14          | 94.35          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 37     | 77.42          | 0.01         | 92.18          | 94.39          | 0.0            | 0.04           | 0.05           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 38     | 77.66          | 0.01         | 92.18          | 94.39          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 39     | 77.99          | 0.01         | 92.24          | 94.46          | 0.0            | 0.06           | 0.07           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 40     | 78.33          | 0.01         | 92.24          | 94.47          | 0.0            | 0.00           | 0.01           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 41     | 78.53          | 0.01         | 92.25          | 94.47          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 42     | 78.63          | 0.01         | 92.26          | 94.51          | 0.0            | 0.01           | 0.03           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |
| 6/ 43     | 78.76          | 0.01         | 92.26          | 94.51          | 0.0            | 0.00           | 0.00           | 0.0            | 2188533.69         | 2188533.69         | 2188533.69         |

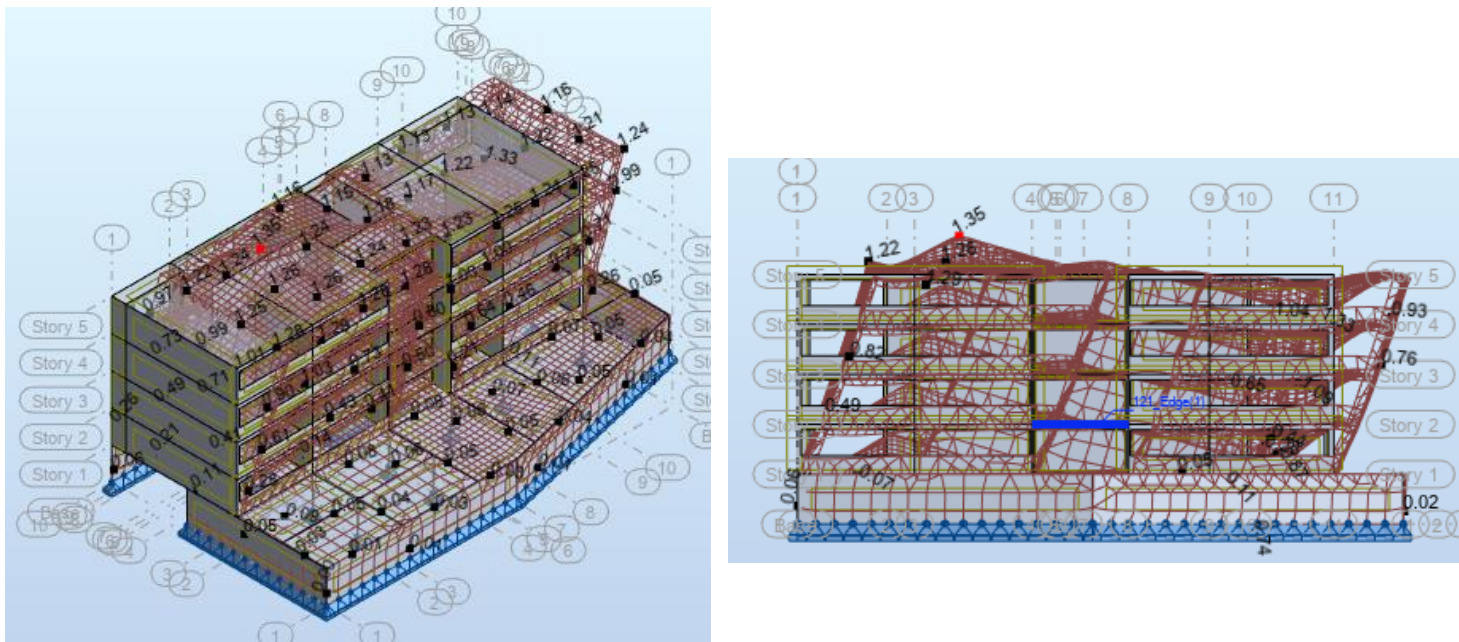
|        |        |      |       |       |     |      |      |     |           |           |     |
|--------|--------|------|-------|-------|-----|------|------|-----|-----------|-----------|-----|
| 6/ 44  | 79.31  | 0.01 | 92.26 | 94.51 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 45  | 79.70  | 0.01 | 92.26 | 94.54 | 0.0 | 0.00 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 46  | 79.95  | 0.01 | 92.26 | 94.56 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 47  | 80.37  | 0.01 | 92.36 | 94.56 | 0.0 | 0.09 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 48  | 80.75  | 0.01 | 92.38 | 94.58 | 0.0 | 0.02 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 49  | 80.86  | 0.01 | 92.38 | 94.62 | 0.0 | 0.04 | 0.04 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 50  | 81.59  | 0.01 | 92.38 | 94.63 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 51  | 82.10  | 0.01 | 92.41 | 94.69 | 0.0 | 0.02 | 0.06 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 52  | 82.25  | 0.01 | 92.43 | 94.69 | 0.0 | 0.03 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 53  | 82.86  | 0.01 | 92.45 | 94.69 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 54  | 83.57  | 0.01 | 92.45 | 94.72 | 0.0 | 0.00 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 55  | 84.17  | 0.01 | 92.47 | 94.72 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 56  | 84.66  | 0.01 | 92.47 | 94.72 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 57  | 84.73  | 0.01 | 92.48 | 94.76 | 0.0 | 0.04 | 0.04 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 58  | 85.16  | 0.01 | 92.52 | 94.80 | 0.0 | 0.04 | 0.04 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 59  | 85.35  | 0.01 | 92.53 | 94.90 | 0.0 | 0.02 | 0.10 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 60  | 85.45  | 0.01 | 92.53 | 94.96 | 0.0 | 0.00 | 0.06 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 61  | 86.06  | 0.01 | 92.54 | 94.96 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 62  | 86.25  | 0.01 | 92.54 | 94.96 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 63  | 86.70  | 0.01 | 92.56 | 94.96 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 64  | 87.12  | 0.01 | 92.58 | 94.96 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 65  | 87.24  | 0.01 | 92.61 | 94.99 | 0.0 | 0.03 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 66  | 87.51  | 0.01 | 92.61 | 94.99 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 67  | 88.41  | 0.01 | 92.61 | 95.02 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 68  | 88.73  | 0.01 | 92.61 | 95.04 | 0.0 | 0.00 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 69  | 89.13  | 0.01 | 92.62 | 95.04 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 70  | 90.13  | 0.01 | 92.65 | 95.04 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 71  | 90.68  | 0.01 | 92.65 | 95.05 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 72  | 91.06  | 0.01 | 92.68 | 95.07 | 0.0 | 0.03 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 73  | 91.31  | 0.01 | 92.69 | 95.07 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 74  | 91.79  | 0.01 | 92.72 | 95.07 | 0.0 | 0.03 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 75  | 92.03  | 0.01 | 92.72 | 95.07 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 76  | 92.52  | 0.01 | 92.72 | 95.09 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 77  | 93.09  | 0.01 | 92.79 | 95.11 | 0.0 | 0.07 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 78  | 93.47  | 0.01 | 92.87 | 95.11 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 79  | 94.55  | 0.01 | 92.89 | 95.13 | 0.0 | 0.03 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 80  | 95.26  | 0.01 | 92.89 | 95.13 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 81  | 95.57  | 0.01 | 92.90 | 95.18 | 0.0 | 0.00 | 0.05 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 82  | 92.75  | 0.01 | 92.92 | 95.20 | 0.0 | 0.03 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 83  | 96.72  | 0.01 | 92.93 | 95.21 | 0.0 | 0.01 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 84  | 96.98  | 0.01 | 92.95 | 95.22 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 85  | 97.26  | 0.01 | 92.94 | 95.22 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 86  | 97.77  | 0.01 | 92.94 | 95.22 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 87  | 98.14  | 0.01 | 92.96 | 95.24 | 0.0 | 0.02 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 88  | 98.58  | 0.01 | 92.99 | 95.26 | 0.0 | 0.03 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 89  | 98.74  | 0.01 | 93.13 | 95.27 | 0.0 | 0.14 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 90  | 98.81  | 0.01 | 93.13 | 95.28 | 0.0 | 0.01 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 91  | 99.55  | 0.01 | 93.17 | 95.30 | 0.0 | 0.04 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 92  | 99.84  | 0.01 | 93.18 | 95.30 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 93  | 100.27 | 0.01 | 93.18 | 95.45 | 0.0 | 0.00 | 0.15 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 94  | 100.87 | 0.01 | 93.19 | 95.45 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 95  | 101.31 | 0.01 | 93.20 | 95.46 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 96  | 101.59 | 0.01 | 93.20 | 95.47 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 97  | 101.79 | 0.01 | 93.21 | 95.48 | 0.0 | 0.01 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 98  | 102.04 | 0.01 | 93.21 | 95.48 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 99  | 102.50 | 0.01 | 93.23 | 95.48 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 100 | 102.85 | 0.01 | 93.23 | 95.50 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 101 | 103.13 | 0.01 | 93.26 | 95.53 | 0.0 | 0.03 | 0.03 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 102 | 103.36 | 0.01 | 93.26 | 95.54 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 103 | 103.85 | 0.01 | 93.27 | 95.55 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 104 | 104.29 | 0.01 | 93.27 | 95.61 | 0.0 | 0.00 | 0.06 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 105 | 104.59 | 0.01 | 93.28 | 95.62 | 0.0 | 0.01 | 0.01 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 106 | 105.63 | 0.01 | 93.28 | 95.64 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |
| 6/ 107 | 105.89 | 0.01 | 93.31 | 95.64 | 0.0 | 0.03 | 0.00 | 0.0 | 218533.69 | 218533.69 | 0.0 |

|        |        |      |       |       |     |      |      |     |            |            |     |
|--------|--------|------|-------|-------|-----|------|------|-----|------------|------------|-----|
| 6/ 108 | 106.01 | 0.01 | 93.33 | 95.65 | 0.0 | 0.02 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 109 | 106.38 | 0.01 | 93.33 | 95.66 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 110 | 106.65 | 0.01 | 93.34 | 95.66 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 111 | 107.32 | 0.01 | 93.38 | 95.67 | 0.0 | 0.05 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 112 | 107.85 | 0.01 | 93.38 | 95.67 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 113 | 108.09 | 0.01 | 93.39 | 95.68 | 0.0 | 0.01 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 114 | 108.64 | 0.01 | 93.41 | 95.68 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 115 | 108.76 | 0.01 | 93.41 | 95.72 | 0.0 | 0.00 | 0.04 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 116 | 109.12 | 0.01 | 93.42 | 95.73 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 117 | 109.66 | 0.01 | 93.51 | 95.73 | 0.0 | 0.09 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 118 | 109.76 | 0.01 | 93.52 | 95.73 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 119 | 111.21 | 0.01 | 93.52 | 95.73 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 120 | 111.34 | 0.01 | 93.53 | 95.73 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 121 | 111.43 | 0.01 | 93.64 | 95.75 | 0.0 | 0.11 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 122 | 111.65 | 0.01 | 93.65 | 95.77 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 123 | 112.10 | 0.01 | 93.66 | 95.78 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 124 | 112.51 | 0.01 | 93.68 | 95.78 | 0.0 | 0.03 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 125 | 112.71 | 0.01 | 93.72 | 95.78 | 0.0 | 0.03 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 126 | 113.18 | 0.01 | 93.72 | 95.82 | 0.0 | 0.00 | 0.03 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 127 | 113.50 | 0.01 | 93.72 | 95.85 | 0.0 | 0.00 | 0.04 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 128 | 114.03 | 0.01 | 93.72 | 95.87 | 0.0 | 0.00 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 129 | 114.26 | 0.01 | 93.76 | 95.87 | 0.0 | 0.04 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 130 | 114.32 | 0.01 | 93.84 | 95.89 | 0.0 | 0.08 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 131 | 114.72 | 0.01 | 93.84 | 95.89 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 132 | 114.92 | 0.01 | 93.85 | 95.89 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 133 | 115.44 | 0.01 | 93.91 | 95.89 | 0.0 | 0.07 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 134 | 115.83 | 0.01 | 93.92 | 95.89 | 0.0 | 0.01 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 135 | 116.38 | 0.01 | 93.94 | 95.90 | 0.0 | 0.02 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 136 | 116.64 | 0.01 | 93.94 | 95.90 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 137 | 116.99 | 0.01 | 93.99 | 95.91 | 0.0 | 0.05 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 138 | 117.42 | 0.01 | 94.01 | 95.91 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 139 | 117.66 | 0.01 | 94.01 | 95.92 | 0.0 | 0.00 | 0.01 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 140 | 117.84 | 0.01 | 94.01 | 95.92 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 141 | 118.13 | 0.01 | 94.01 | 95.92 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 142 | 118.66 | 0.01 | 94.09 | 95.92 | 0.0 | 0.07 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 143 | 119.11 | 0.01 | 94.11 | 95.94 | 0.0 | 0.02 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 144 | 119.30 | 0.01 | 94.13 | 95.94 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 145 | 120.08 | 0.01 | 94.27 | 95.95 | 0.0 | 0.14 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 146 | 120.32 | 0.01 | 94.40 | 95.95 | 0.0 | 0.14 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 147 | 120.46 | 0.01 | 94.40 | 95.95 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 148 | 120.75 | 0.01 | 94.42 | 95.97 | 0.0 | 0.01 | 0.02 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 149 | 121.18 | 0.01 | 94.44 | 95.97 | 0.0 | 0.02 | 0.00 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |
| 6/ 150 | 121.24 | 0.01 | 94.48 | 96.00 | 0.0 | 0.05 | 0.04 | 0.0 | 2188533.69 | 2188533.69 | 0.0 |



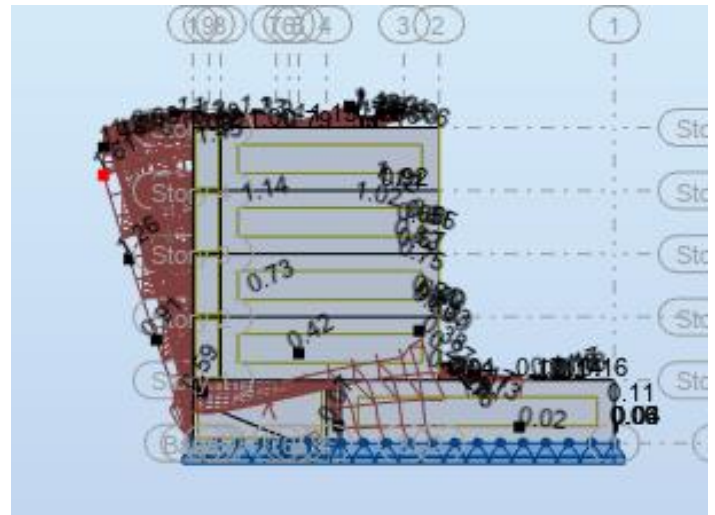
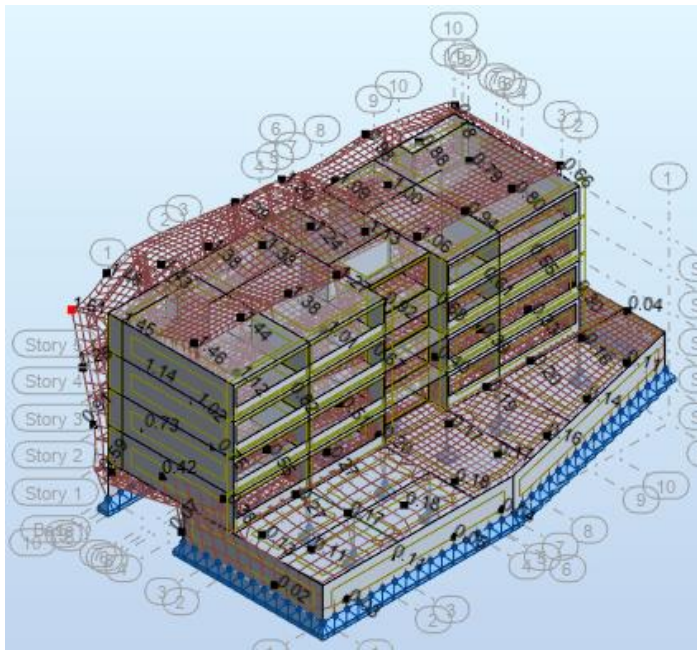
Za proračun na potresno djelovanje korištena je višemodalna spektralna analiza CQC u kojoj je uzeto 150 modova. Zbroj modalnih masa za 150 oblika koji su uzeti u proračunu iznosi 94,46 % za smjer x, a 96,0 % za smjer y. Prema HRN EN 1998-1:2011 zadovoljen je uvjet da suma svih upotrijebljenih vlastitih oblika u proračunu moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase, kao i svi vlastiti oblici sa minimalno 5% aktivirane mase, te smo time na starni sigurnosti.

#### 4.7.3. Prikaz vlastitih vektora

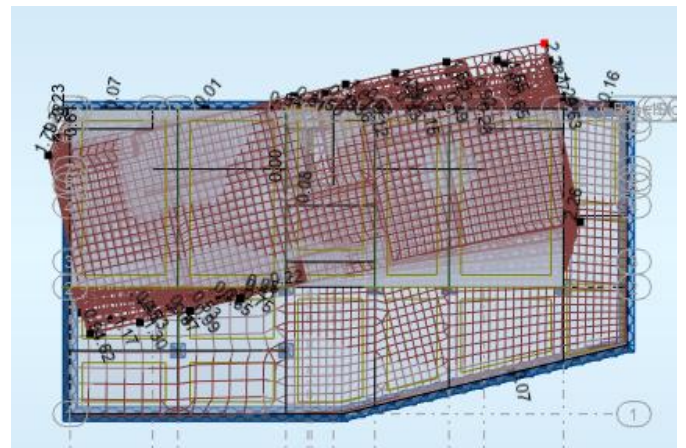
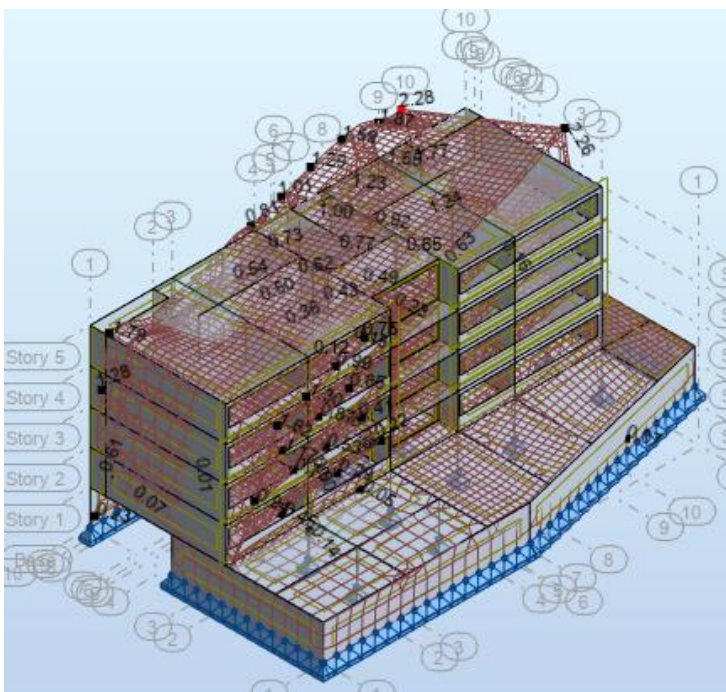


Slika 37. Prikaz prvog vlastitog vektora, translacija u smjeru globalne osi x





Slika 38. Prikaz drugog valstitog vektora, translacija u smjeru globalne osi y



Slika 39. Prikaz trećeg vlastitog vektora, uvrtnje oko globalne osi z

## 5. KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

$g$  – vlastita težina ( $g$ )

$\Delta g$  - dodatno stalno djelovanje

$q$  – vodeće promjenjivo djelovanje

### 5.1. Granično stanje nosivosti

**GSN-1-ležaj**  $1,35*(g + \Delta g) + 1,5*q$

**GSN-1-polje**  $1,35*(g + \Delta g) + 1,2*1,5*q$

*Neće se raditi kombinacije promjenjivog opterećenja, tj. postavljanje promjenjivog opterećenja u najkritičnije položaje, već je promjenjivo opterećenje uvećano za 20%.*

### 5.2. Granično stanje uporabljivosti

**GSU-1** (česta kombinacija)  $1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{1i}*q$

$$1,0*(g + \Delta g) + 0,5*q$$

$\Psi_{1i}=0,5$  za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za čestu kombinaciju. Česta kombinacija se koristi za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

**GSU-2** (nazovistalna kombinacija)  $1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{2i}*q$

$$1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q$$

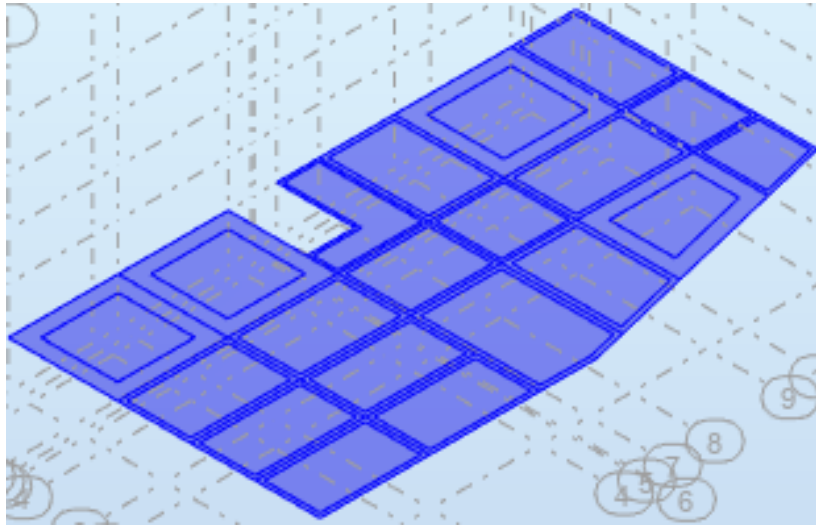
$\Psi_{2i}=0,3$  za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za nazovistalnu kombinaciju. Nazovistalna kombinacija se koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima, te za kontrolu dugotrajnih progiba.

## 6. PRORAČUN HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

Proračun AB ploča proveden je prema EC-2 (Eurokod 2: Projekiranje betonskih konstrukcija). Za dimenzioniranje ploče upotrijebljene su mjerodavne kombinacije (zasebno za vrijednosti u polju i na ležaju) za granično stanje nosivosti, dok su za kontrolu pukotina i progiba korištene kombinacije graničnog stanja uporabljivosti.

### 6.1. Proračun ploče nad garažom (pozicija 100)

#### 6.1.1. Dimenzioniranje ploče



Slika40. Ploča nad garažom (pozicija 100)

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25,0$  MPa

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

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500,0$  MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

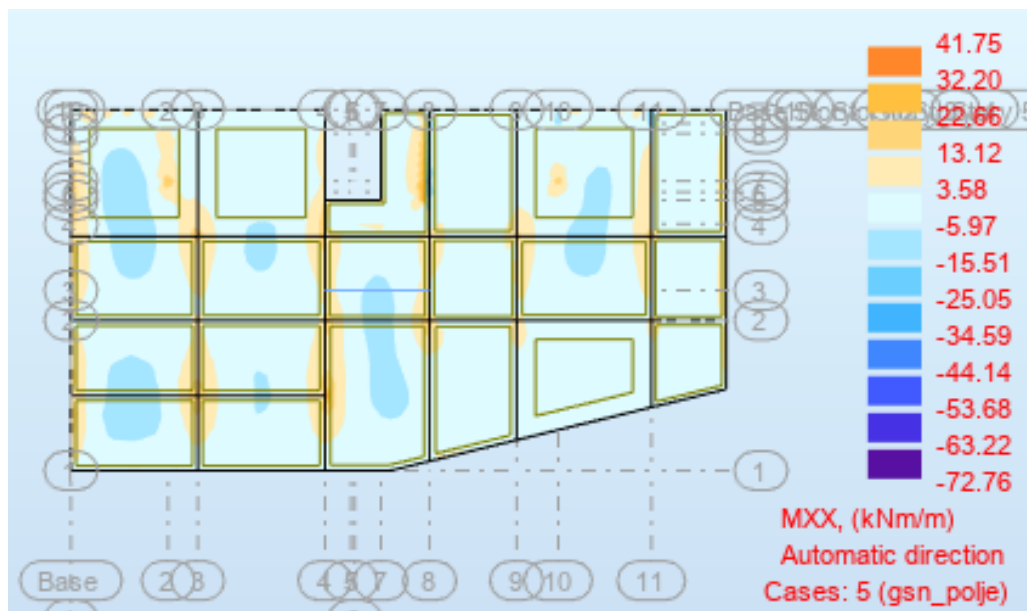
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

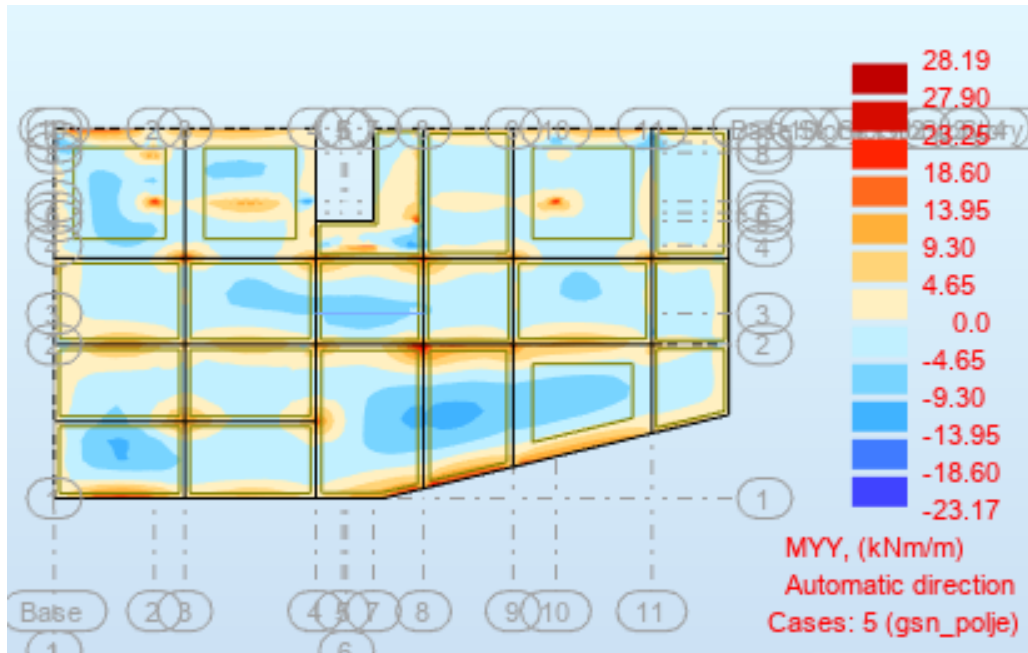
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

| Mreža |   | Površina<br>$A_{s1}$<br>[cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ] | Moment nosivosti<br>betona $M_{Rd,c,lim}$<br>[kNm] | Moment nosivosti<br>armature $M_{Rd,s,lim}$<br>[kNm] | Postotak<br>armature<br>% |
|-------|---|--|--|--|---------------------------|
| R/Q   | - | 283  | 44.88  | 14.27  | 0.18                      |
| R/Q   | - | 335  | 44.88  | 16.89  | 0.21                      |
| R/Q   | - | 385  | 44.88  | 19.41  | 0.24                      |
| R/Q   | - | 424  | 44.88  | 21.38  | 0.26                      |
| R/Q   | - | 503  | 44.88  | 25.36  | 0.31                      |
| R/Q   | - | 524  | 44.88  | 26.42  | 0.33                      |
| R/Q   | - | 636  | 44.88  | 32.07  | 0.40                      |
| R/Q   | - | 785  | 44.88  | 39.58  | 0.49                      |

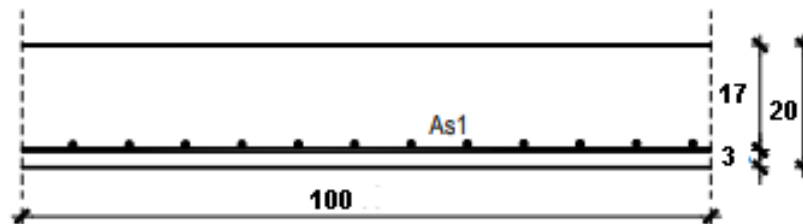
- Proračun u polju



Slika 41. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m)



Slika 42. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$  (kNm/m)



$$M_{Ed} = 23,17 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2317}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,048$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,4 \text{ ‰ } \zeta = 0,966$$

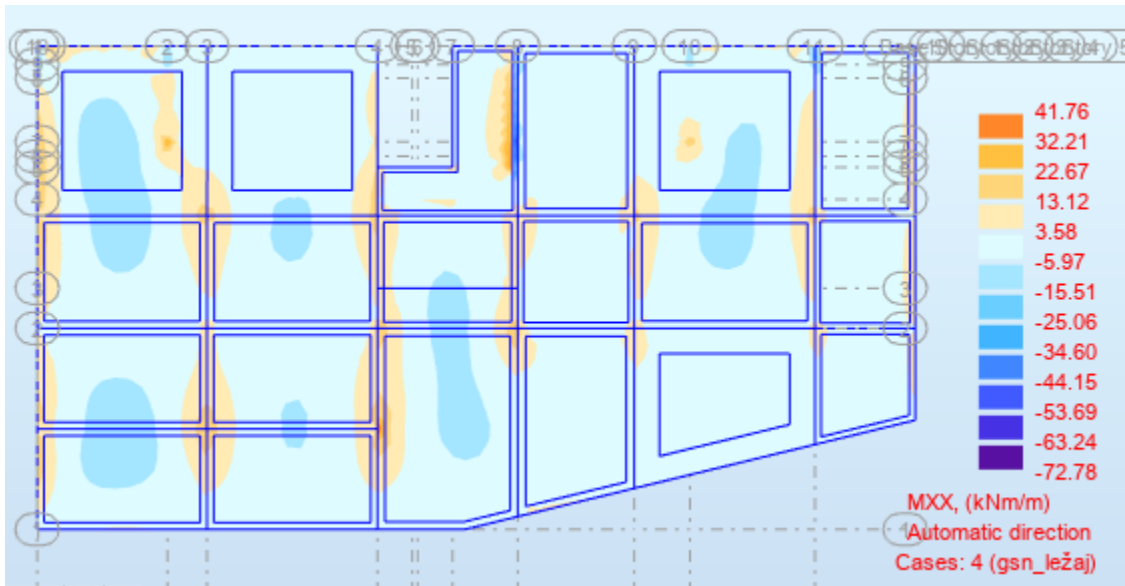
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2317}{0,966 \cdot 17 \cdot 43,48} = 3,24 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA:**  
**Q -335 ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

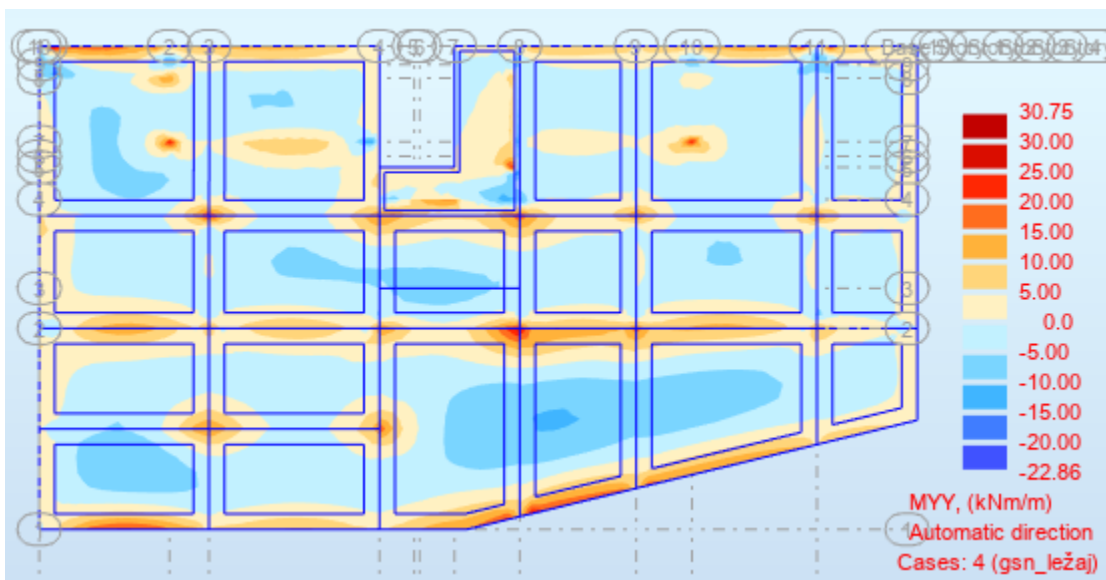
Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura, moment 72,76 kNm se pojavio u točki te je armatura **Q -785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )** +  $\emptyset 10/20$  ( $A_s = 5 \cdot 0,79 = 3,95 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ) odabrana na pojedinim mjestima gdje se javlja skok momenta.



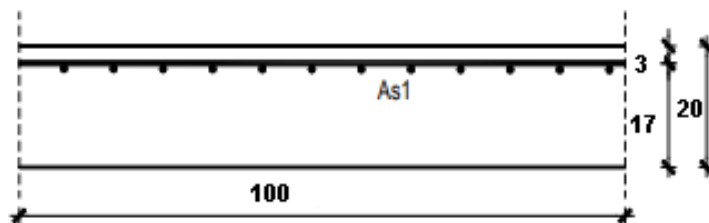
- Proračun an ležaju



Slika 43. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m)



Slika 44. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$  (kNm/m)



$$M_{Ed} = 41,76 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4176}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,087$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰ } \zeta = 0,938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4176}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R-636 (  $A_s = 6,36 \text{ cm}^2 / \text{m}'$  )**

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 100 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

### 6.1.2. Kontrola progiba

Deformiranje konstrukcije i elemenata konstrukcije dozvoljava se u određenim granicama, pod uvjetom da ne izazove oštećenje u konstruktivnom sustavu. Pod pojmom deformiranje podrazumijeva se progib, deformacija, pomak, uvrtnje, zakrivljenost, promjena progiba. Najčešće se analiziraju progibi.

Opća upotreba konstrukcije mogla bi biti narušena kada proračunski progib ploče ili grede premaši raspon od  $L/250$ . Progib se gleda u odnosu na oslonce, za veće raspone greda smiju se izvoditi nadvišenja koja ne bi smjela premašiti vrijednost  $L/250$ .



Slika 45. Prikaz progiba ploče

Gdje je:

$w_c$  -nadvišenje neopterećenog konstruktivnog elementa

$w_1$  – početni progib od stalnog opterećenja

$w_2$  – dugotrajni progib od stalnog opterećenja

$w_3$  – progib od promjenjivog opterećenja

$w_{max}$  – ukupni progib

| Konstrukcija   | $w_{max}$ | $w_2+w_3$ |
|--|-----------|-----------|
| krovišta   | L/200     | L/250     |
| Prohodna krovišta  | L/250     | L/300     |
| stropovi   | L/250     | L/300     |
| stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama                     | L/300     | L/350     |
| stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti) | L/400     | L/500     |
| kada $w_{max}$ može narušiti izgled zgrade   | L/250     | -         |

Tablica 11. Ograničenje vertikalnih progiba

Progib izazvan opterećenjem potrebno je dokazati da je manji od dozvoljenog.

Maksimalni progib je  $w_{max} = w_1 + w_2 + w_3 - w_c$

Granični probig  $w_{max} = L/250$

Progib od kratkotrajnog djelovanja odnosno progib za čestu kombinaciju GSU-1 je:

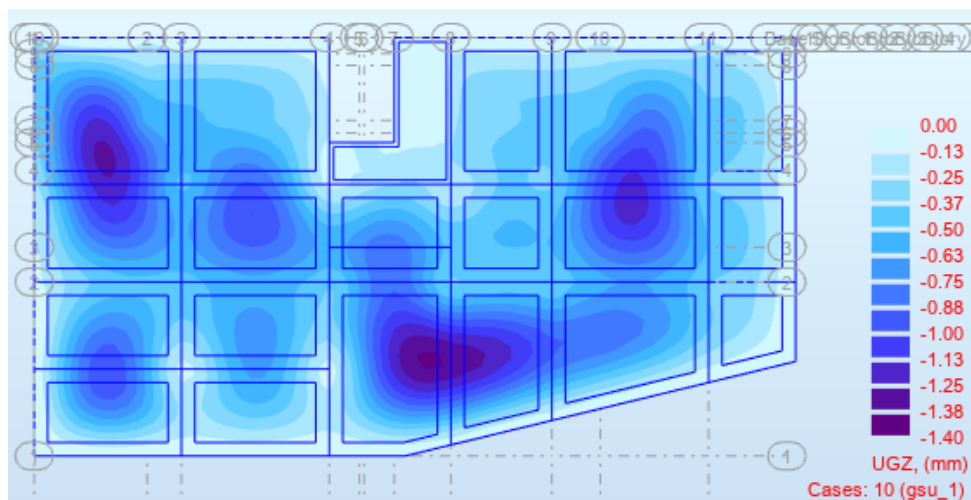
$$w_{el} = L/1000$$

gdje je  $w_{el}$  – elastični progib dobiven proračun po teoriji elastičnosti

Progib od kratkotrajnog djelovanja + puzanje odnosno progib za nazovistalnu kombinaciju GSU-2 je:

$$w_{el} = L/1250$$

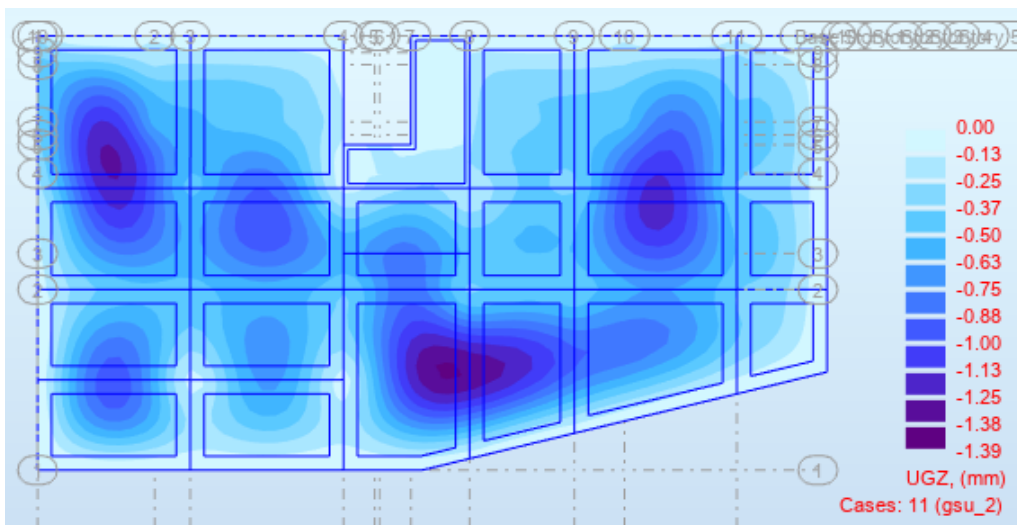




Slika 46. Progi garžne ploče-pozicije 100 za kombinaciju GSU\_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,4mm. Dozvoljen progib  $L/1000=644/1000=6,44\text{mm}$ .

Progib ploče iznad garaže (pozicija 100) zadovoljava.



Slika 47. Progi garžne ploče-pozicije 100 za kombinaciju GSU\_2 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,4mm. Dozvoljen progib  $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$ .

Progib ploče iznad garaže (pozicija 100) zadovoljava.

### 6.1.3. Kontrola pukotina

Raspucavanje armiranobetonskih konstrukcija ograničava se kako bi se izbjegle štetne posljedice koje bi imale utjecaj na trajnost konstrukcije. Do pukotina dolazi kada vlačna naprezanja prijeđu vlačnu čvrstoću betona. Vlačna narezanja mogu biti izazvana poprečnim silama, savijanjem, uvrtnjem i uzdužnom silom.

Proračunata karakteristična vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti.

$$w_k \leq w_g$$

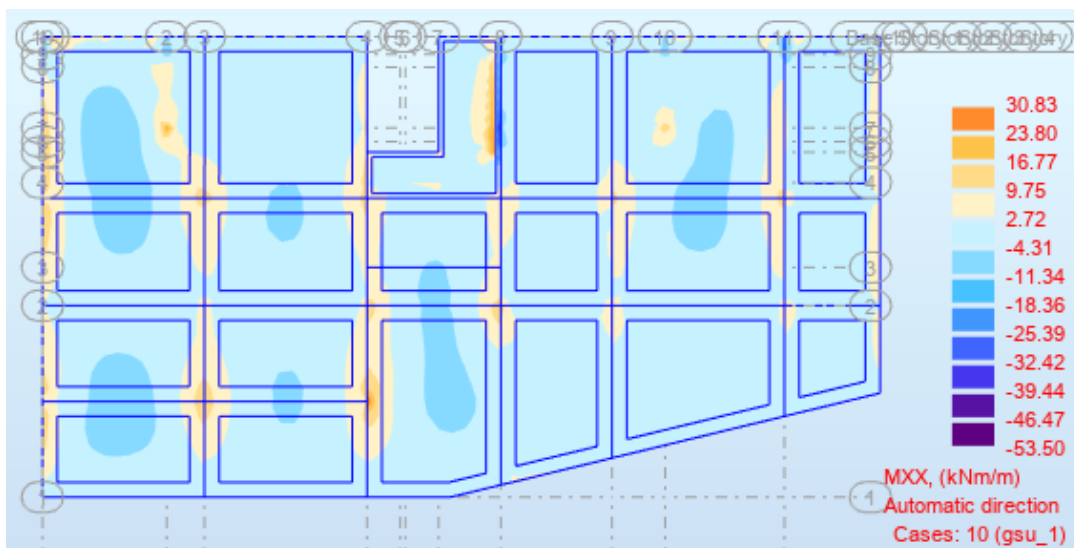
Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine  $w_g=0,3$  mm.

Armiranobetonske elemente treba uvijek armirati u području vlačnih naprezanja sa minimalnom armaturom kako bi se ograničila širina pukotina.

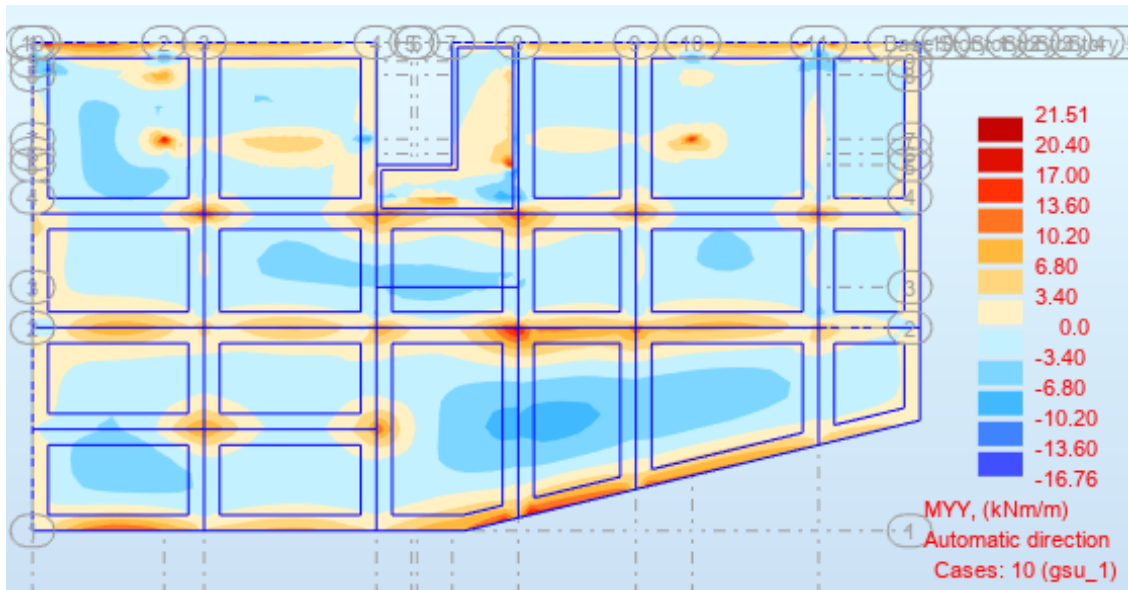
Pukotine nije potrebno kontrolirati ako debljina ploče ne prelazi 20 cm, te ako je ploča armirana u skladu sa preporukama oko potrebne površine i rasporeda armature potrebne da osigura nosivost.

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 48. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m) za GSU\_1



Slika 49. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}(kNm/m)$  za GSU\_1

**Mjerodavni moment za polje:  $M=53,50$  kNm/m**

$$x = \frac{7,00 \cdot 11,80}{100} \cdot (-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 11,80}}) = 4,54 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{5350}{(17,0 - \frac{4,54}{3}) \cdot 11,80} = 29,28 \text{ kN cm}^2 = 292,80 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6$  MPa

$A_{s1} = Q-785 + \emptyset 10/20 = 7,85 + 3,95 = 11,80 \text{ cm}^2$  -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0$  GPa = 30 000 MPa – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0$  GPa = 210 000 MPa – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{11,80}{100 \cdot (\frac{17 - 4,54}{3})} = 0,028$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{292,80 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,028} (1 + 7,00 \cdot 0,028)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{292,80}{210000}$$

$$0,00118 \geq 0,000837$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00118$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 10,0 \text{ mm (R-785-}\emptyset 10/10)$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,028} = 128,71 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 128,71 \cdot 0,00118 = 0,15 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!**

**Mjerodavni moment za ležaj: M=30,83 kNm/m**

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

Vrijednost  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$  određuje se prema izrazu :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p,eff} (1 + \alpha \varepsilon_{pp,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{MEd}{z \cdot A_s} \approx \frac{MEd}{(d - x/3) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{3083}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,60 \text{ kN cm}^2 = 306,00 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-636 = 6,36 \text{ cm}^2$  -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$\alpha e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17-3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{306,00 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{306,00}{210000}$$

$$0,00108 \geq 0,000880$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00108$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [mm]$$

$\phi = 9,0$  mm (Q-636- $\phi 9/10$ )

$c = 20$  mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,3 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

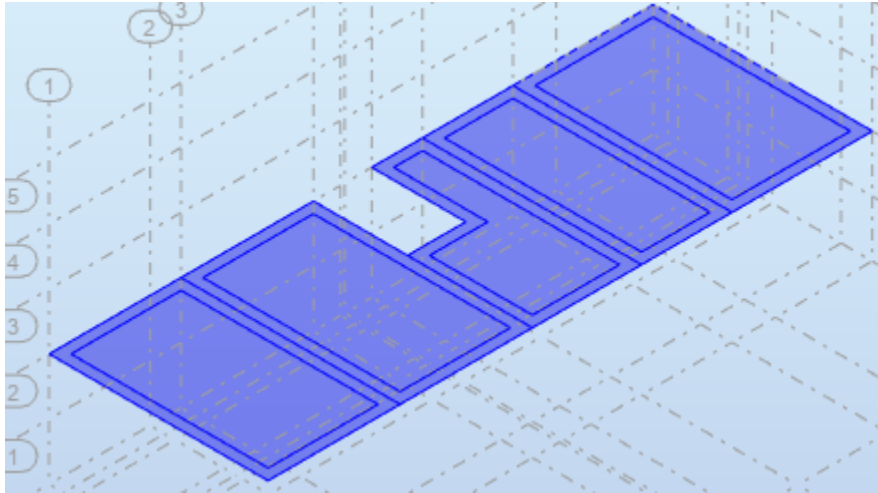
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$w_k = 177,3 \cdot 0,00108 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!**

## 6.2. Proračun međukatne ploče (pozicija 200)

### 6.2.1. Dimenzioniranje ploče



Slika 50. Međukatna ploča (pozicija 200)

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25,0$  MPa

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

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500,0$  MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

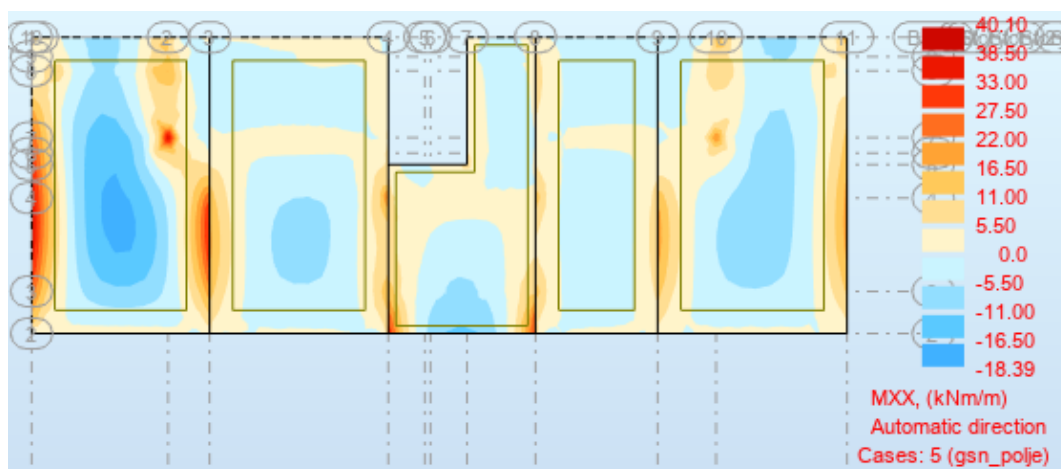
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

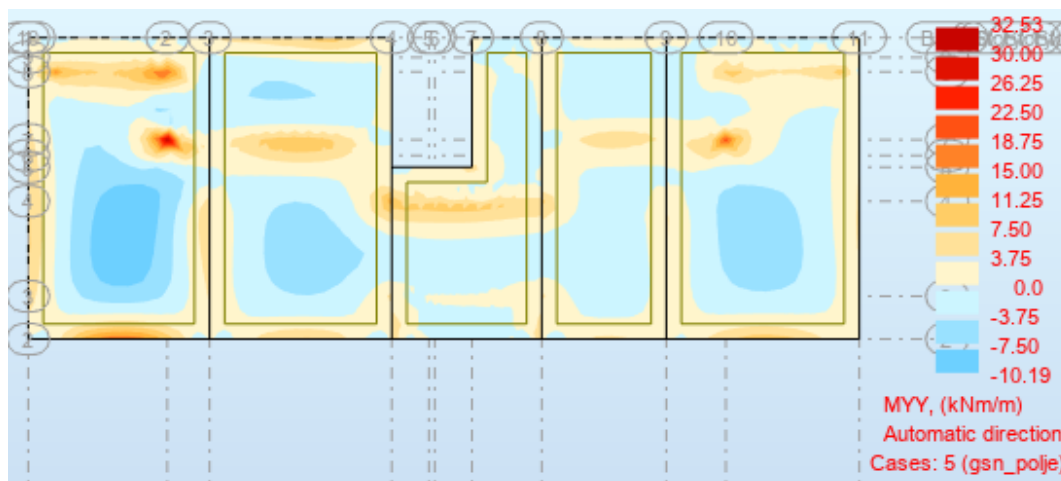
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

| Mreža |   | Površina<br>$A_{s1}$  | Moment nosivosti<br>betona $M_{Rd,c,lim}$ | Moment nosivosti<br>armature $M_{Rd,s,lim}$ | Postotak<br>armature |      |
|-------|---|-----------------------|---|---|----------------------|------|
|       |   | [cm <sup>2</sup> /m'] | [kNm]                                     | [kNm]                                       | %                    |      |
| R/Q   | - | 283                   | 2,83                                      | 44.88                                       | 14.27                | 0.18 |
| R/Q   | - | 335                   | 3,35                                      | 44.88                                       | 16.89                | 0.21 |
| R/Q   | - | 385                   | 3,85                                      | 44.88                                       | 19.41                | 0.24 |
| R/Q   | - | 424                   | 4,24                                      | 44.88                                       | 21.38                | 0.26 |
| R/Q   | - | 503                   | 5,03                                      | 44.88                                       | 25.36                | 0.31 |
| R/Q   | - | 524                   | 5,24                                      | 44.88                                       | 26.42                | 0.33 |
| R/Q   | - | 636                   | 6,36                                      | 44.88                                       | 32.07                | 0.40 |
| R/Q   | - | 785                   | 7,85                                      | 44.88                                       | 39.58                | 0.49 |

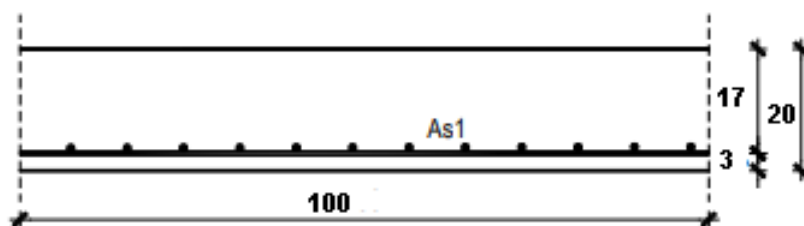
- Proračun u polju



Slika 51. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$ (kNm/m)



Slika 52. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$ (kNm/m)



$$M_{Ed} = 18,39 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4010}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,038$$

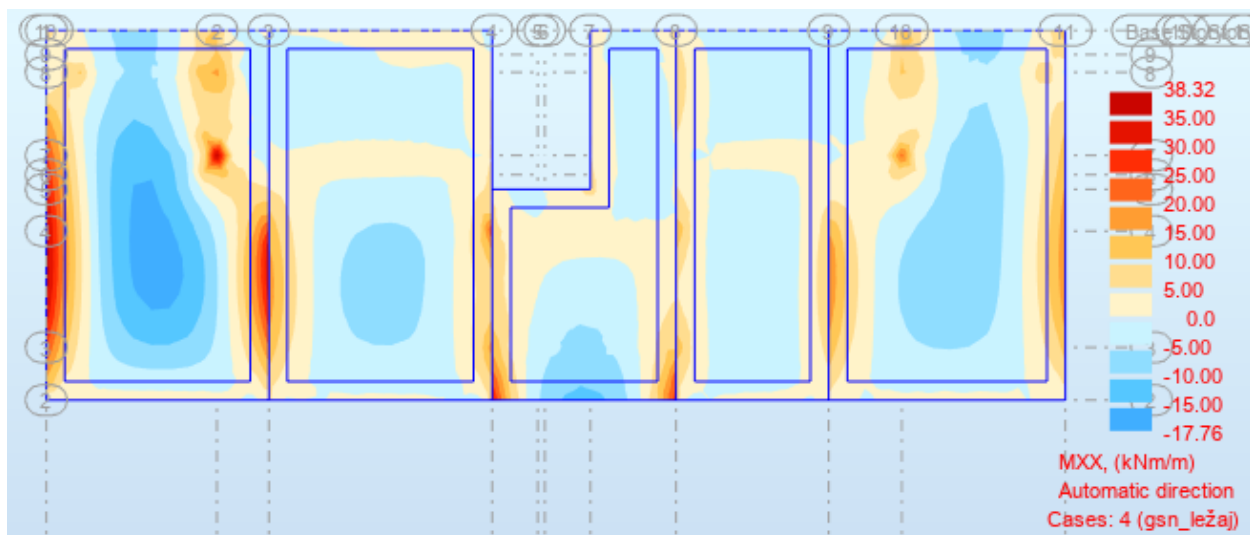
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰ } \zeta = 0,962$$

$$As1 = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1839}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 (As = 2,83cm<sup>2</sup>/m')**

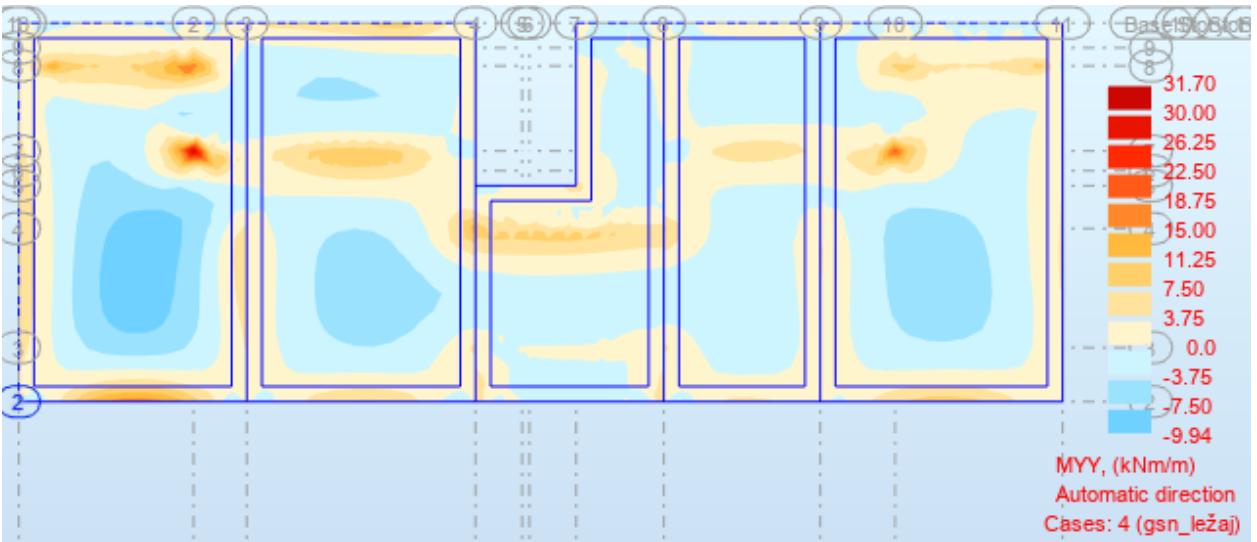
Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

- Proračun na ležaju

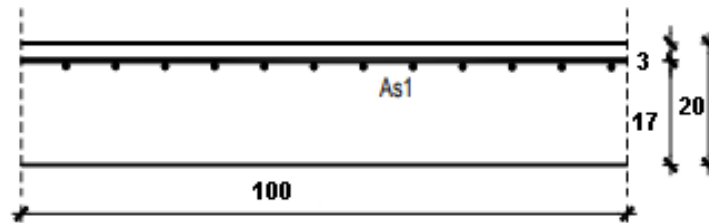


Slika 53. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m)





Slika 54. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$  (kNm/m)



$$M_{Ed} = 38,32 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3832}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,079$$

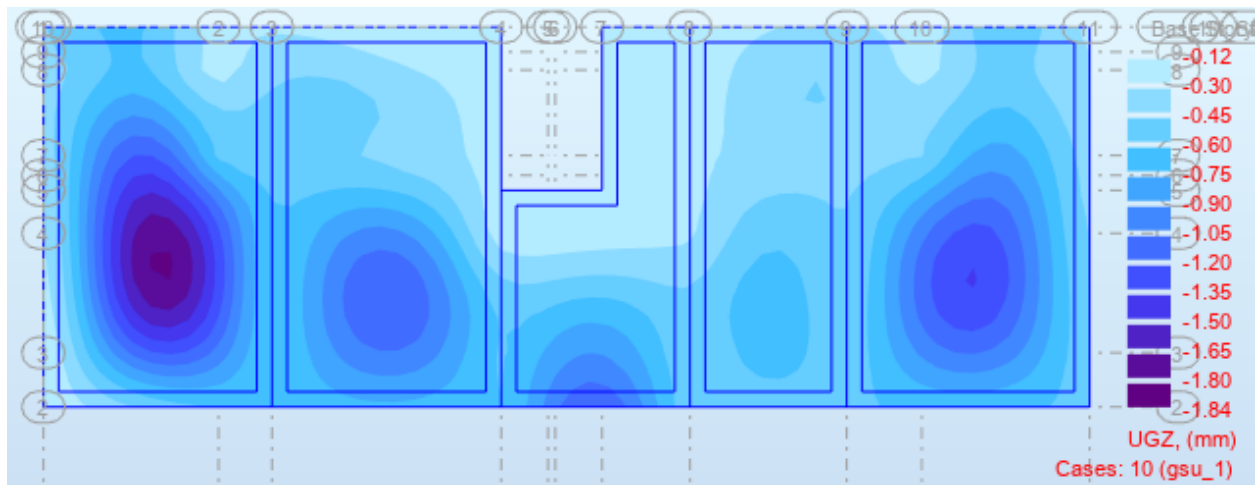
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,9 \text{ ‰ } \zeta = 0,941$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13832}{0,941 \cdot 17 \cdot 43,48} = 5,51 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R-636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 200 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

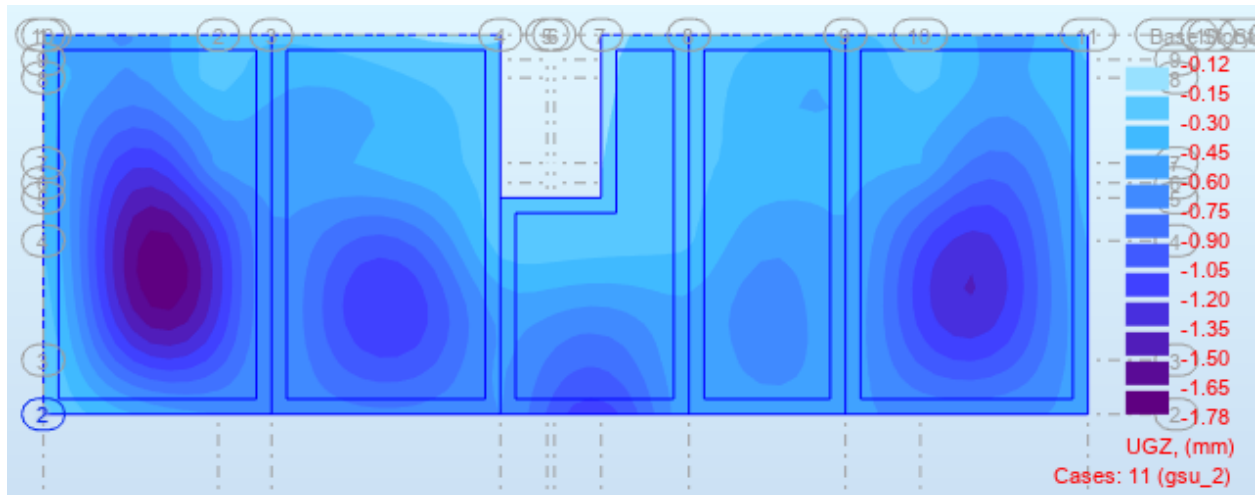
## 6.2.2. Kontrola progiba



Slika 55. Progi garžne ploče-pozicije 200 za kombinaciju GSU\_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 1,84 mm. Dozvoljen progib  $L/1000=644/1000=6,44\text{mm}$ .

Progib ploče zadovoljava.



Slika 56. Progi garžne ploče-pozicije 200 za kombinaciju GSU\_2 (mm)

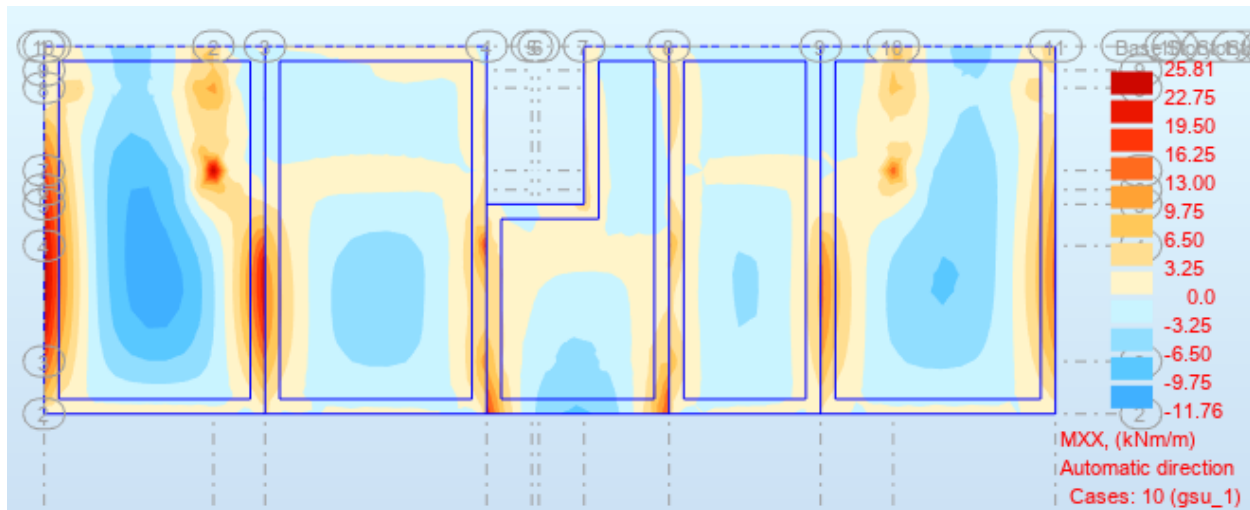
Najveći progib iznosa je 1,78mm. Dozvoljen progib  $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$ .

Progib ploče zadovoljava.

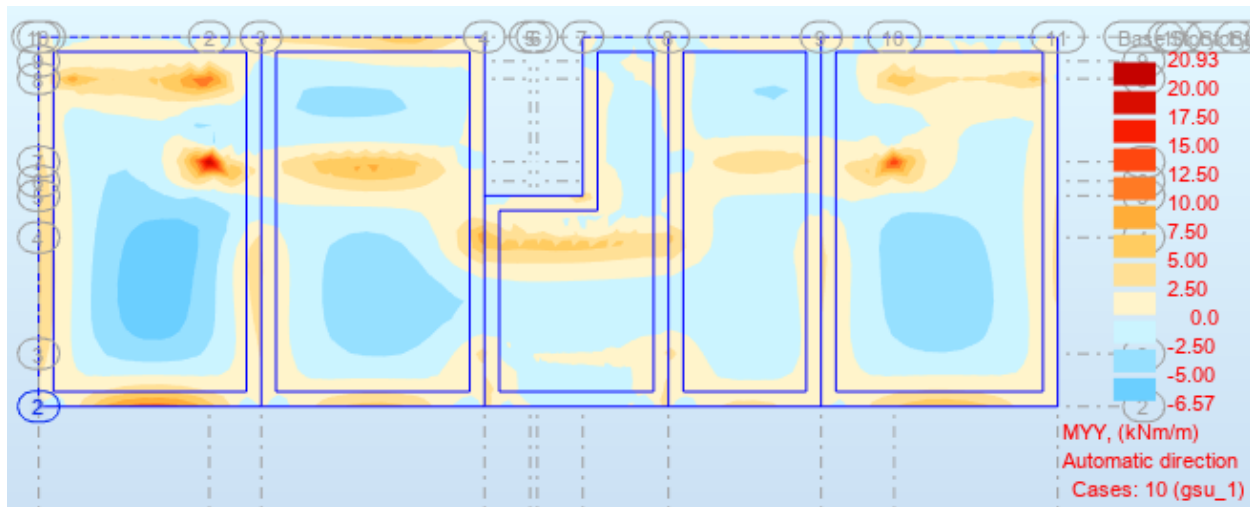
### 6.2.3. Kontrola pukotina

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 57. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$ (kNm/m) za GSU\_1



Slika 58. .Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$ (kNm/m) za GSU\_1

**Mjerodavni moment za polje:  $M=11,76$  kNm/m**

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$  određuje se prema izrazu :

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

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 2,83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 2,83}} \right) = 2,40 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{MEd}{z \cdot A_s} \approx \frac{MEd}{(d - x/3) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{1176}{\left(17,0 - \frac{2,40}{3}\right) \cdot 2,83} = 25,65 \text{ kN cm}^2 = 256,51 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-283 = 2,83 \text{ cm}^2$  -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{2,83}{100 \cdot \left(\frac{17 - 2,4}{3}\right)} = 0,0058$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{256,51 - 0,4 \frac{2,6}{0,0058} (1 + 7,00 \cdot 0,0058)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{256,51}{210000}$$

$$0,00033 \geq 0,000733$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000733$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$\emptyset = 6,0 \text{ mm}$  (Q-283- $\emptyset 6/10$ )

$c = 20 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{6,0}{0,0058} = 243,86 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 243,86 \cdot 0,000733 = 0,18 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!**

**Mjerodavni moment za ležaj:  $M=25,81 \text{ kNm/m}$**

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}}\right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2581}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 25,61 \text{ kN cm}^2 = 256,14 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = R-636 = 6,36 \text{ cm}^2$  -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17 - 3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{256,14 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{256,14}{210000}$$

$$0,000831 \geq 0,000732$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000831$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 9 \text{ mm (R-636-}\emptyset 9/10)$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,29 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

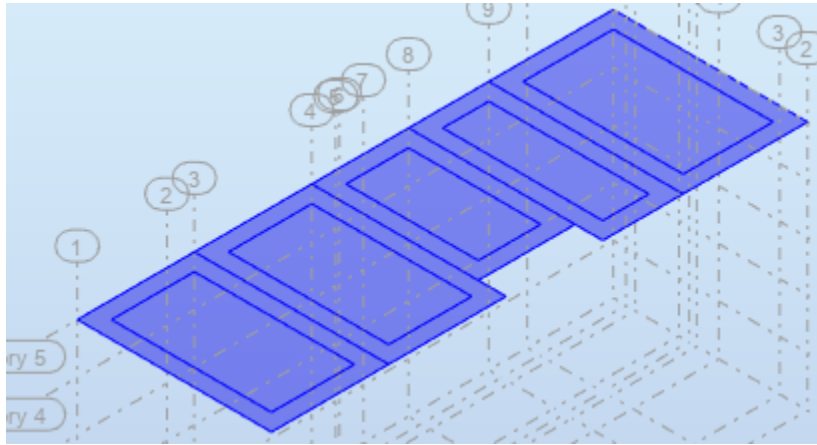
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$$w_k = 177,29 \cdot 0,000831 = 0,15 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!**

### 6.3. Proračun krovne ploče (pozicija 300)

#### 6.3.1. Dimenzioniranje ploče



Slika 59. Ploča krovišta (pozicija 300)

Beton: C 25/30;  $f_{ck}=25,0$  MPa

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

Armatura: B 500B;  $f_{yk}=500,0$  MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,8 \text{ MPa} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

$$b_{pl} = 100 \text{ cm},$$

$$h_{pl} = 20 \text{ cm}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ cm (XC1 klasa)}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 17^2 \cdot 1,67 = 76,74 \text{ kNm}$$

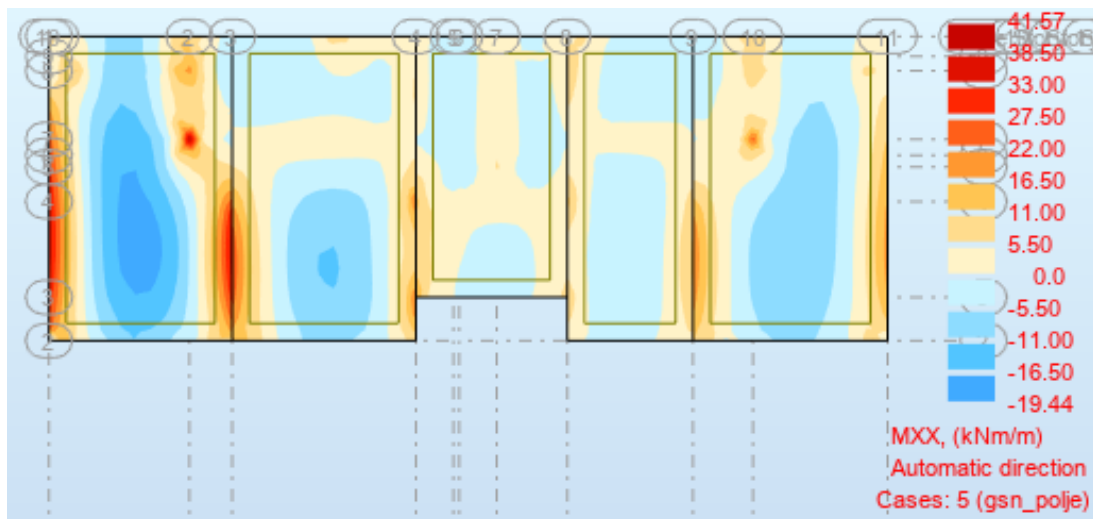
$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 17 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 2,0 \text{ cm}^2$$

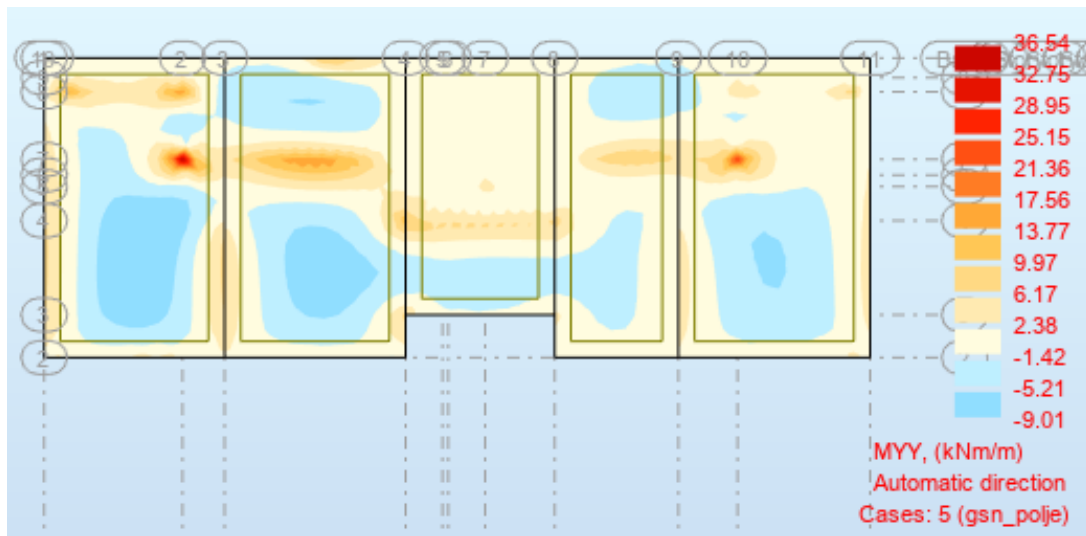
$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{20}{100} = 40 \text{ cm}^2$$

| Mreža |   | Površina              | Moment nosivosti      | Moment nosivosti        | Postotak armature |
|-------|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
|       |   | $A_{s1}$              | betona $M_{Rd,c,lim}$ | armature $M_{Rd,s,lim}$ |                   |
|       |   | [cm <sup>2</sup> /m'] | [kNm]                 | [kNm]                   | %                 |
| R/Q   | - | 283                   | 44.88                 | 14.27                   | 0.18              |
| R/Q   | - | 335                   | 44.88                 | 16.89                   | 0.21              |
| R/Q   | - | 385                   | 44.88                 | 19.41                   | 0.24              |
| R/Q   | - | 424                   | 44.88                 | 21.38                   | 0.26              |
| R/Q   | - | 503                   | 44.88                 | 25.36                   | 0.31              |
| R/Q   | - | 524                   | 44.88                 | 26.42                   | 0.33              |
| R/Q   | - | 636                   | 44.88                 | 32.07                   | 0.40              |
| R/Q   | - | 785                   | 44.88                 | 39.58                   | 0.49              |

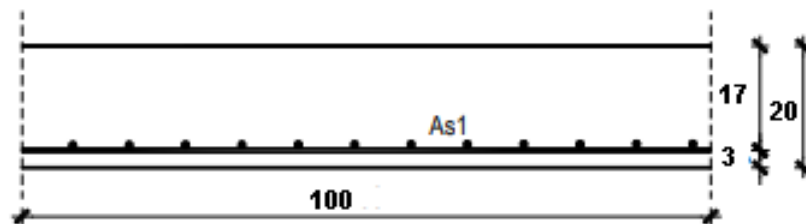
- Proračun u polju



Slika 60. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m)



Slika 61. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}(kNm/m)$



$$M_{Ed} = 19,44 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1944}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,040$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 1,2 \text{ ‰ } \zeta = 0,962$$

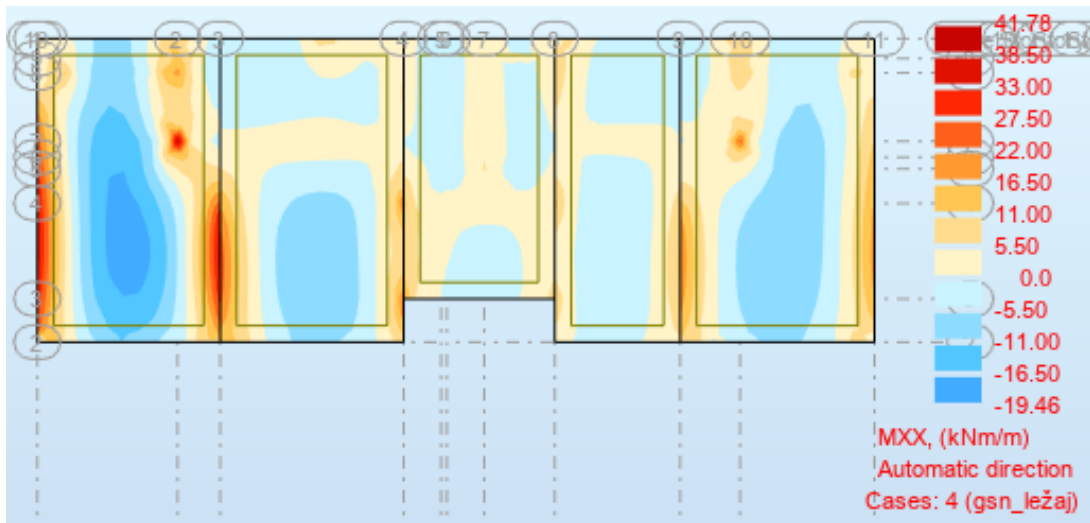
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1944}{0,962 \cdot 17 \cdot 43,48} = 2,73 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 283 ( $A_s = 2,83 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )**

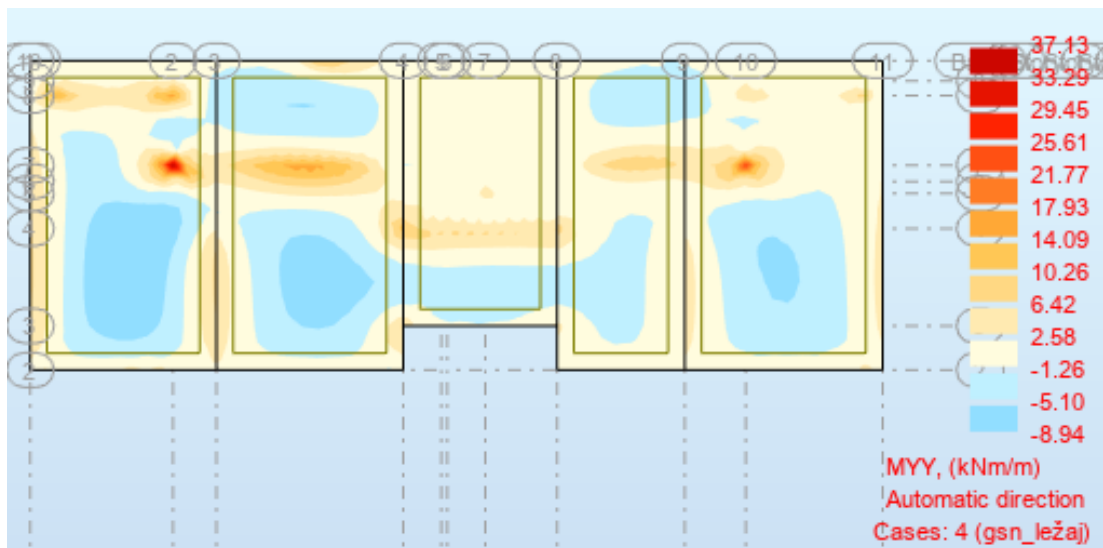
Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.



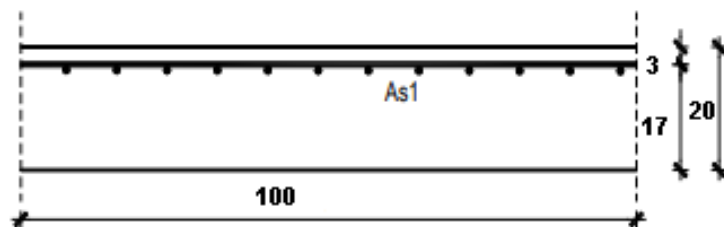
- Proračun na ležaju



Slika 62. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}$  (kNm/m)



Slika 63. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$  (kNm/m)



$$M_{Ed} = 41,78 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4178}{100 \cdot 17^2 \cdot 1,67} = 0,087$$

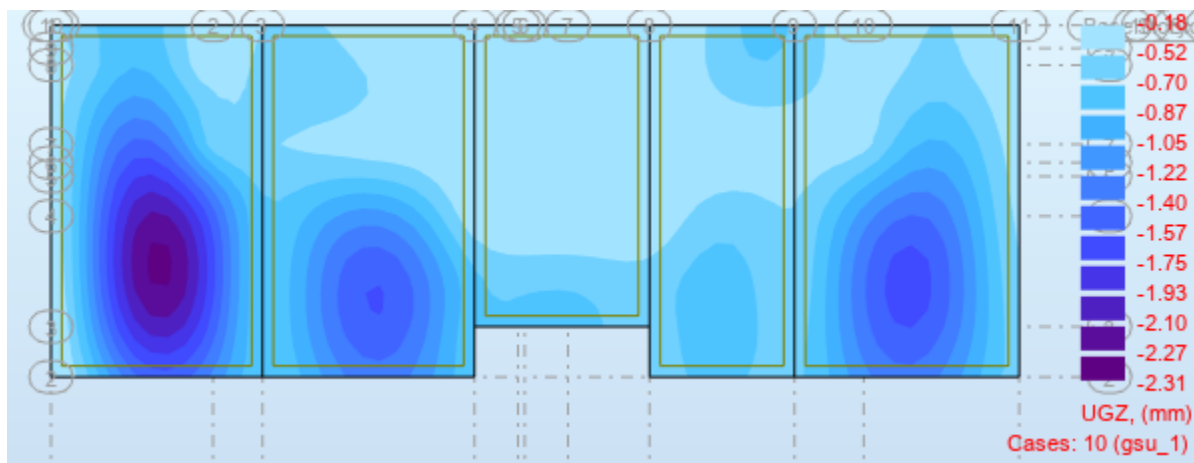
$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰ } \varepsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰ } \zeta = 0,938$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4178}{0,938 \cdot 17 \cdot 43,48} = 6,03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R-636 ( $A_s = 6,36 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )**

Napomena: Budući su momenti poprilično ujednačeni po cijeloj ploči pozicije 300 svugdje na toj poziciji u polju je usvojena ista armatura.

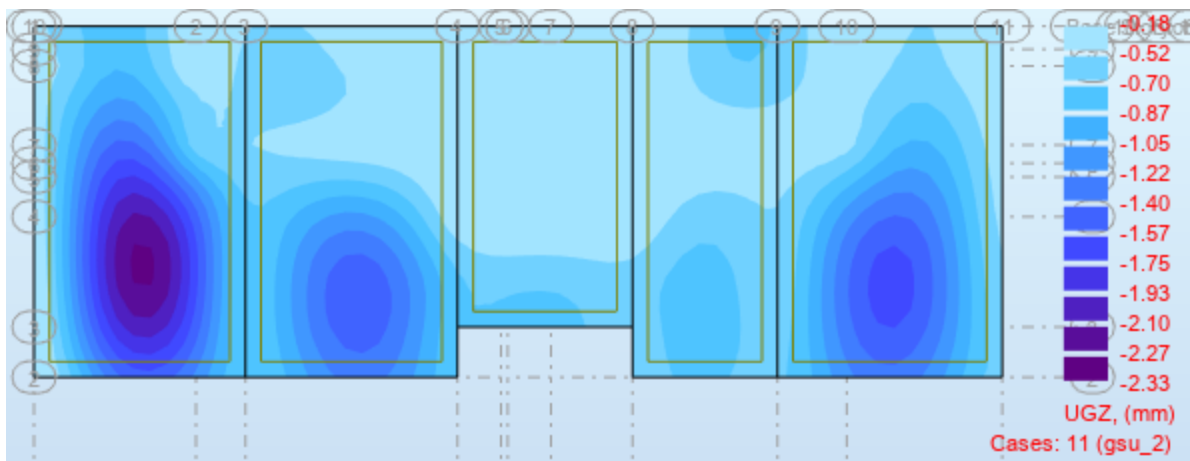
### 6.3.2. Kontrola progiba



Slika 64. Progi garžne ploče-pozicije 300 za kombinaciju GSU\_1 (mm)

Najveći progib iznosa je 2,31 mm. Dozvoljen progib  $L/1000 = 644/1000 = 6,44 \text{ mm}$ .

Progib ploče zadovoljava.



Slika 65.. Progi garžne ploče-pozicije 300 za kombinaciju GSU\_2 (mm)

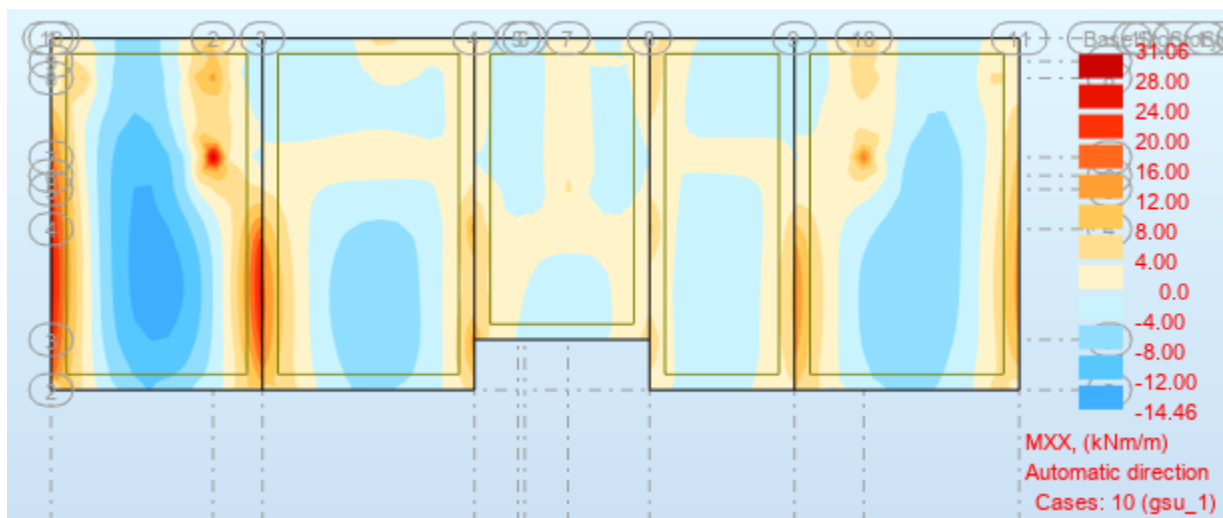
Najveći progib iznosa je 2,33 mm. Dozvoljen progib  $L/1250=644/1250=5,15\text{mm}$ .

Progib ploče zadovoljava.

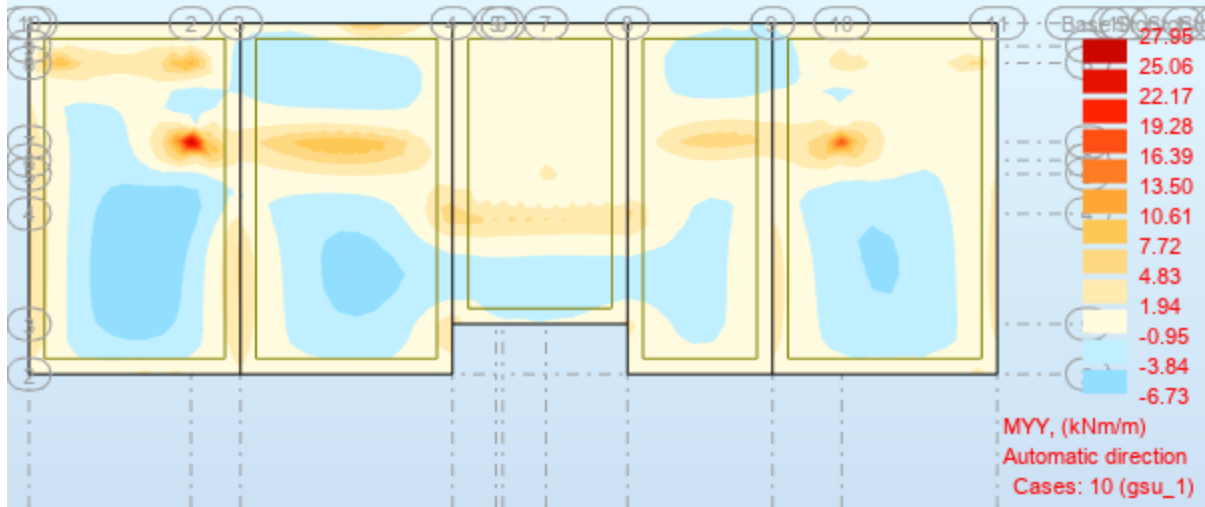
### 6.3.3. Kontrola pukotina

S obzirom da je ploča debljine 20 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 66.Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,x}(kNm/m)$  za GSU\_1



Slika 67. Dijagram momenata savijanja  $M_{ed,y}$  (kNm/m) za GSU\_1

**Mjerodavni moment za polje:  $M=14,46$  kNm/m**

$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost  $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$  određuje se prema izrazu :

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - kt \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p,eff} (1 + \alpha \varepsilon_{pp,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\chi = \frac{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha \varepsilon_1 \cdot A_{s1}}} \right)$$

$$\chi = \frac{7,00 \cdot 2,83}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 2,83}} \right) = 2,40 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{MEd}{z \cdot A_s} \approx \frac{MEd}{(d - \chi) \cdot A_s}$$

$$\sigma_s = \frac{1446}{\left(17,0 - \frac{2,40}{3}\right) \cdot 2,83} = 31,54 \text{ kN cm}^2 = 315,40 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6$  MPa

$A_{s1} = Q-283 = 2,83 \text{ cm}^2$  -armatura ploče donja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d = h - d_1 = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$

$$\alpha e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$\alpha e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{2,83}{100 \cdot \left(\frac{17-2,4}{3}\right)} = 0,0058$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{315,40 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0058} (1 + 7,00 \cdot 0,0058)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{315,40}{210000}$$

$$0,000613 \geq 0,000901$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000901$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} [mm]$$

$\emptyset = 6,0$  mm (Q-283- $\emptyset 6/10$ )

$c = 20$  mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{6,0}{0,0058} = 243,86 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

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

$$w_k = 243,86 \cdot 0,000901 = 0,22 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!**

**Mjerodavni moment za ležaj:  $M=31,06 \text{ kNm/m}$**

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 17}{7,00 \cdot 6,36}}\right) = 3,47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{3106}{\left(17,0 - \frac{3,47}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,82 \text{ kN cm}^2 = 308,24 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,6 \text{ MPa}$

$A_{s1} = R-636 = 6,36 \text{ cm}^2$  -armatura ploče gornja zona

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$kt = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$d=h-d_1=20-3=17\text{cm}$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{17-3,47}{3}\right)} = 0,014$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{308,24 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,014} (1 + 7,00 \cdot 0,014)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{308,24}{210000}$$

$$0,00108 \geq 0,000881$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00108$$

Srednji razmak pukotina:

$\emptyset = 9 \text{ mm}$  (R-636- $\emptyset 9/10$ )

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,014} = 177,29 \text{ mm}$$

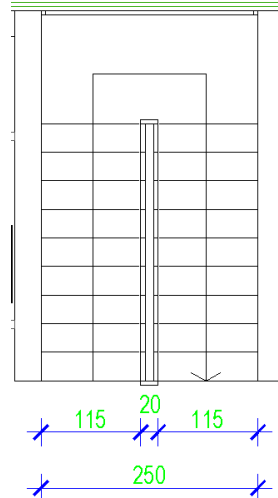
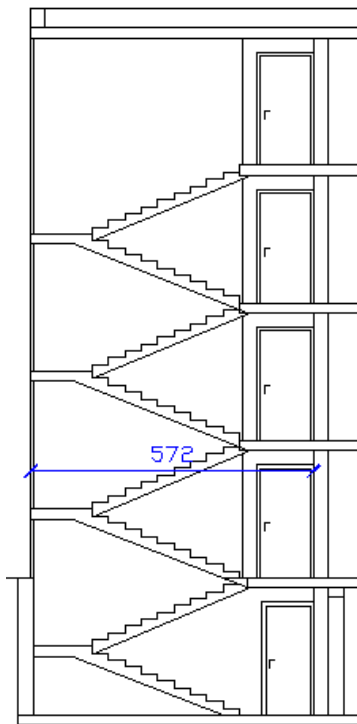
Karakteristična širina pukotina:

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

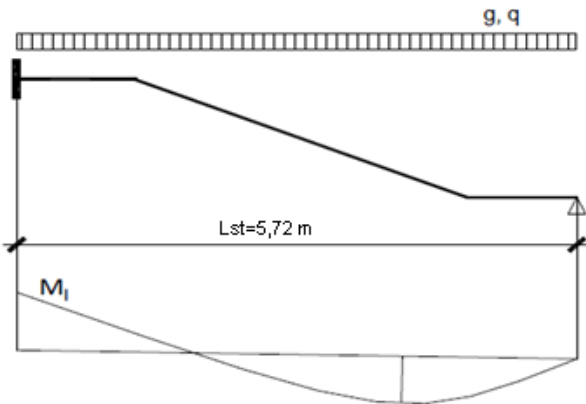
$$w_k = 177,29 \cdot 0,00108 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!**

## 6.4. Proračun stubišta



Debljina ploče stubišnih krakova i međupodesta je  $d=20\text{cm}$ .



Stalno opterećenje:

$$g=0,20 \times 25 \times 1,15=5,75 \text{ kN/m}$$

Promjenjivo opterećenje:

$$q=3,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{g,\varphi} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{5,75 \cdot 5,72^2}{14} = 13,44 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,\varphi} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{14} = \frac{3,0 \cdot 5,72^2}{14} = 7,01 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,\varphi} = \gamma_g \cdot M_{g,\varphi} + \gamma_q \cdot M_{q,\varphi}$$

$$M_{Ed,\varphi} = 1,35 \cdot 13,44 + 1,50 \cdot 7,01 = 28,66 \text{ kNm/m}$$

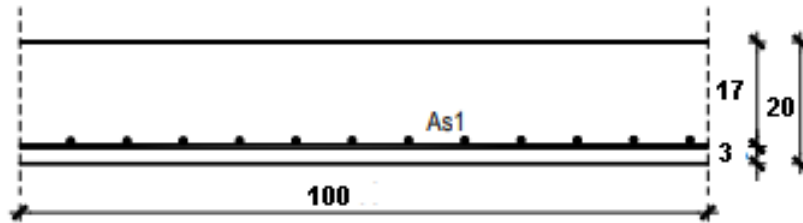
$$M_{g,l} = \frac{g \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{5,75 \cdot 5,72^2}{8} = 23,52 \text{ kNm/m}$$

$$M_{q,l} = \frac{q \cdot L_{st}^2}{8} = \frac{3,0 \cdot 5,72^2}{8} = 12,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed,l} = \gamma_g \cdot M_{g,\varphi} + \gamma_q \cdot M_{q,\varphi}$$

$$M_{Ed,l} = 1,35 \cdot 23,52 + 1,50 \cdot 12,27 = 50,16 \text{ kNm/m}$$

- Proračun u polju



$$M_{Ed} = 28,66 \text{ kNm/m}$$

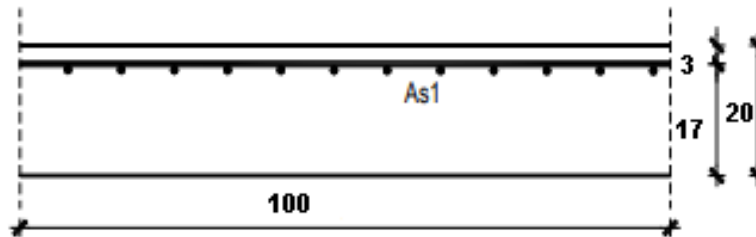
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2866}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.059$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 1.6\% \quad \zeta = 0.950$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2866}{0.950 \cdot 17 \cdot 43.48} = 4.08 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 503 ( $A_s = 5.03 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )**

- Proračun na ležaju



$$M_{Ed} = 50,16 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{50,16}{100 \cdot 17^2 \cdot 1.67} = 0.104$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0\% \quad \varepsilon_{c2} = 2,3\% \quad \zeta = 0.928$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5016}{0.928 \cdot 17 \cdot 43.48} = 7,31 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: R – 785 ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )**



## 7. PRORAČUN VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

### 7.1. Proračun stupova

Proračun AB stupova proveden je tako da se za pretpostavljenu armaturu i beton izradi dijagram granične nosivosti stupa.

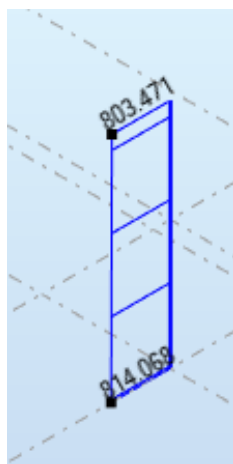
Stupovi su predviđeni kao klasično armirano betonski elementi, kvadratnog poprečnog presjeka dimenzija 40x40 cm. Visina stupova mjereno od osi iznosi 2,70 m. Za sve stupove predviđen je beton C 40/50 te armatura B500B. Zaštitni sloj betona do armature iznosi 2,5 cm.

Mjerodavne rezne sile na stupovima očitane su iz numeričkog modela te je dimenzioniranje stupa izvršeno za najkritičniji presjek.

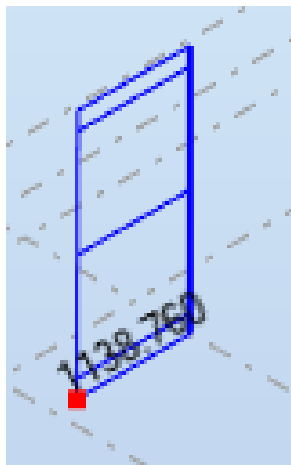
#### 7.1.1. Prikaz reznih sila stupova



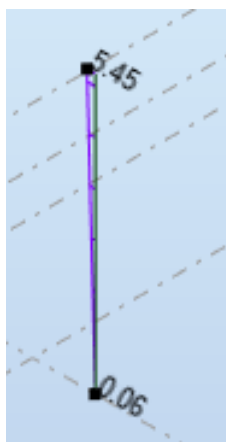
Slika 68. Maximalni moment savijanja  $M_z$  za proračun stupa, GSN\_Sx



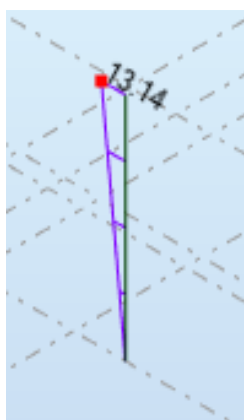
Slika 69. Pripadna uzdužna sila  $N$  za proračun stupa, GSN\_Sx



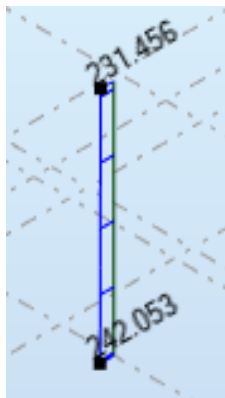
Slika 70. Maximalna uzduzna sila N za proračun stupa, GSN\_Sx



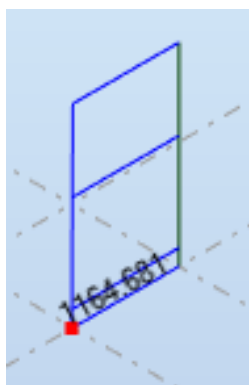
Slika 71. Pripadni moment savijanja  $M_z$  za proračun stupa, GSN\_Sx



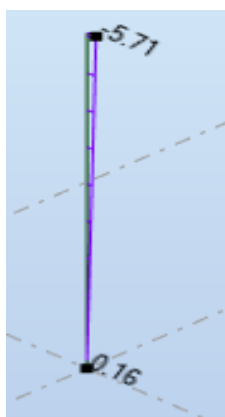
Slika 72. Maximalni moment savijanja  $M_z$  za proračun stupa, GSN\_Sy



Slika 73. Pripadna uzduzna sila  $N$  za proračun stupa,  $G_{SN\_Sy}$



Slika 74. Maximalna uzduzna sila  $N$  za proračun stupa,  $G_{SN\_Sy}$



Slika 75. Pripadni moment savijanja  $M_z$  za proračun stupa,  $G_{SN\_Sy}$

### 7.1.2. Dimenzioniranje stupova na savijanje i uzdužnu silu

Računalni moment  $M_{Ed}$  se korigira sa faktorom  $\psi$ - korekcijski factor za uvećanje momenta zbog vitkosti stupa ;te imamo  $N_e$ - eluorovu kritičnu silu;  $\gamma$ - koeficijent sigurnosti za beton;  $E_\varphi$ - dugotrajni modul elastičnosti;  $l_o$ - duljina izvijanja.

1) Maximalni moment savijanja i pripadna uzdužna sila GSN\_Sx

$$M_{Ed}^I = 11,89 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 803,471 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 1000 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 803,471}{4977,41}} = 1,319 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,319 \cdot 11,89 = 15,68 \text{ kNm}$$

2) Maximalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja GSN\_Sx

$$M_{Ed}^I = 5,45 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 1138,76 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 1000 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1138,76}{4977,41}} = 1,522 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,522 \cdot 5,45 = 8,29 \text{ kNm}$$

1) Maximalni moment savijanja i pripadna uzdužna sila GSN\_Sy

$$M_{Ed}^I = 13,14 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 231,456 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 231,456}{4977,41}} = 1,075 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

$$M_{Ed}^{II} = 1,075 \cdot 13,14 = 14,13 \text{ kNm}$$

2) Maximalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja GSN\_Sy

$$M_{Ed}^I = 5,71 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = 1164,681 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}^{II} = \psi \cdot M_{Ed}^I$$

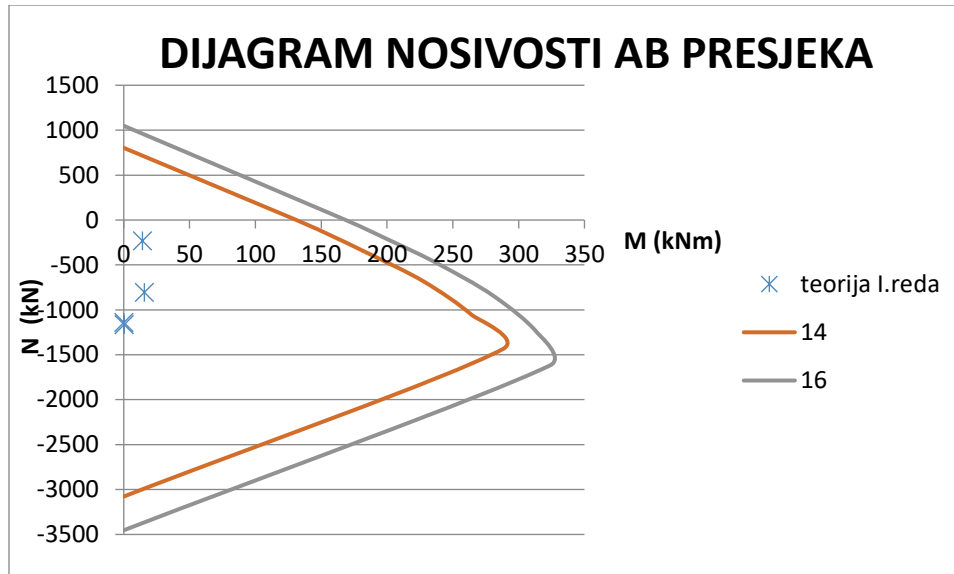
$$E_\varphi = \frac{E}{1+\varphi} = \frac{35000}{1+2,4} = 10294,12 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{0,30^4}{12} = 0,0007 \text{ m}^4 \quad l_o = 1,4 \cdot h_{st} = 1,4 \cdot 2,70 = 3,78 \text{ m}$$

$$N_e = \pi^2 \cdot \frac{E_\varphi \cdot I}{l_o^2} = \pi^2 \cdot \frac{10294,12 \cdot 0,0007}{3,78^2} = 4977,41 \text{ kN}$$

$$\psi = \frac{C_m}{1 - \frac{\gamma \cdot N_{Ed}}{N_e}} = \frac{1,0}{1 - \frac{1,5 \cdot 1164,681}{4977,41}} = 1,541 ; C_m = 1,0 ; \gamma = 1,5$$

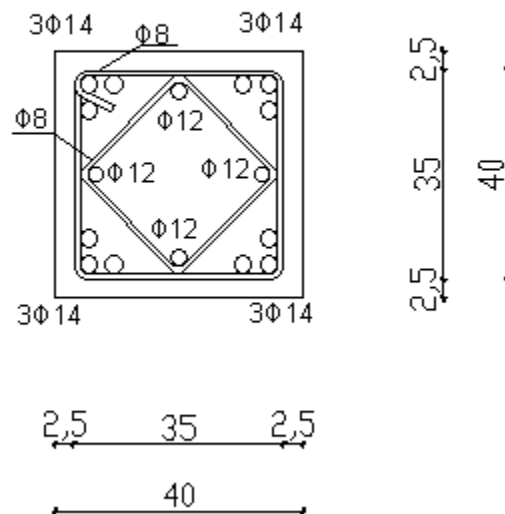
$$M_{Ed}^{II} = 1,541 \cdot 5,71 = 8,80 \text{ kNm}$$



Slika 76. Dijagram nosivosti AB presjeka

Ucrtavanjem vrijednosti maksimalnog momenta savijanja i pripadajuće uzdužne sile, te maksimalne uzdužne sile i pripadajućeg momenta savijanja u dijagram granične nosivosti stupa, ustanovljeno je da su sve vrijednosti manje od dopuštenog naprezanja poprečnog presjeka te da se nalaze unutar krivulje nosivosti za stup dimenzija 40/40 cm, armiran s a 12Ø14 i vilicama Ø8/10.

Presjek 1-1 M 1:25



Slika 77. Poprečni presjek stupa sa ucrtanom armaturom

### 7.1.3. Dimenzioniranje stupova na poprečnu silu

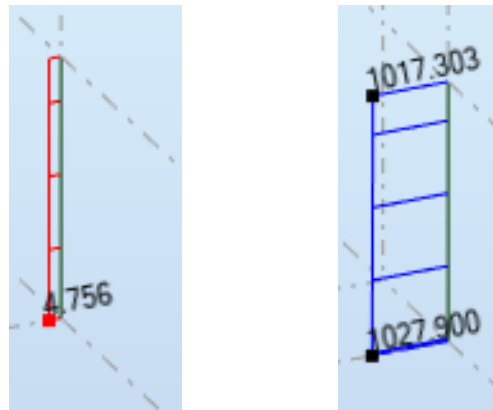
Beton: C 40/50

$$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40/1,5 = 26,67 \text{ MPa} \quad f_{cd} = 2,67 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura: B 500B

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

$$b = 40,0 \text{ cm} \quad h = 40,0 \text{ cm} \quad d = 35,0 \text{ cm}$$



Slika78. Maximalna poprečna i uzdužna sila stupa

$$V_{Ed} = 4,756 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 1027,90 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \left[ c_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1,89 < 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{12\emptyset 14}{40 \cdot 40} = \frac{18,47}{1600} = 0,0115$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1027,90}{1600} = 0,642 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,89 \cdot (100 \cdot 0,0115 \cdot 40)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 0,642 \right] \cdot 400 \cdot 350 = 127250,94 \text{ N}$$

$$V_{Rd,c} = 127,25 \text{ kN} > V_{Ed} = 4,756 \text{ kN}$$

Nije potreban proračun poprečne armature : - usvojene su vilice Ø8/10

#### 7.1.4. Kontrola naprezanja AB stupa

Beton: C 40/50

Maksimalna uzdužna sila:  $N_{Ed} = 1027,90 \text{ kN}$

Granično stanje naprezanja:  $\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}$

$$0,45 \cdot f_{ck} = 0,45 \cdot 40 = 1,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Naprezanje u betonu: } \sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{1027,90}{40 \cdot 40} = 0,67 \text{ kN/cm}^2 < 1,35 \text{ kN/cm}^2$$

Kontrola naprezanja zadovoljava!



## 7.2. Proračun zidova

Dimenzioniran je prema HRN EN 1998-1:2011; – 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade. Proračun je proveden za dva karakteristična zida, jedan u smjeru X, a drugi u smjeru Y. Zidovi su izvedeni kao AB zidovi debljine 20 cm od betona C25/30, armirani sa B500B te debljinom zaštitnog sloja iznosa 2,5 cm, upotrebljen je razred umjerene duktilnosti (DCM).

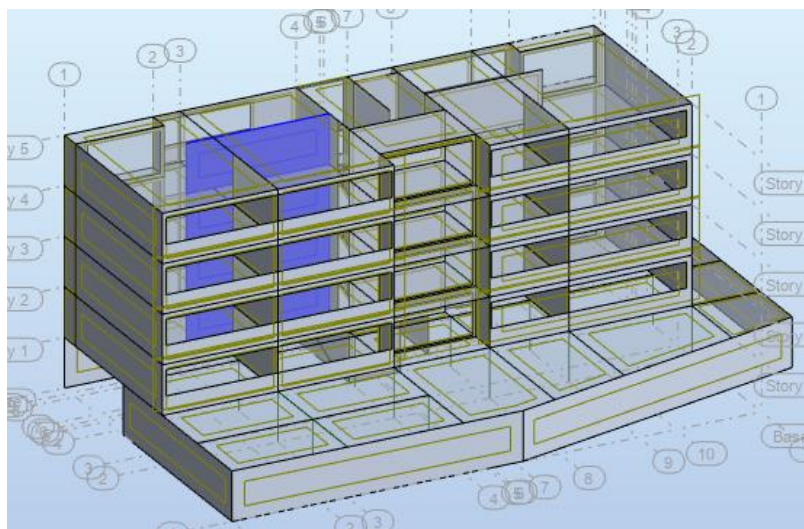
| Klasa duktilnosti                  | DCL             | DCM             | DCH                           |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| Klasa betona                       | Bez ograničenja | $\geq C16/20$   | $\geq C16/20$                 |
| Klasa čelika prema HRN EN 1992-1-1 | B ili C         | B ili C         | C                             |
| Glavna armatura                    | -               | rebrasta        | rebrasta                      |
| Čvrstoća čelika                    | Bez ograničenja | Bez ograničenja | $f_{ck,0.95} \leq 1.25f_{yk}$ |

Tablica 12. Karakteristike materijala za potresne elemente prema klasama duktilnosti (EN 1992-1-1:2004)

Proračun je proveden za uobičajene i seizmičke kombinacije na način da su za odabrane zidove iz modela očitane maksimalne rezne sile M, N i V.

Za proračun zida koristili smo opciju Core Walls – jezgreni zid sa kojom smo dobili moment cijelog zida, te proračunom dobili armature zida.

### 7.2.1. Proračun zidova u x- smjeru

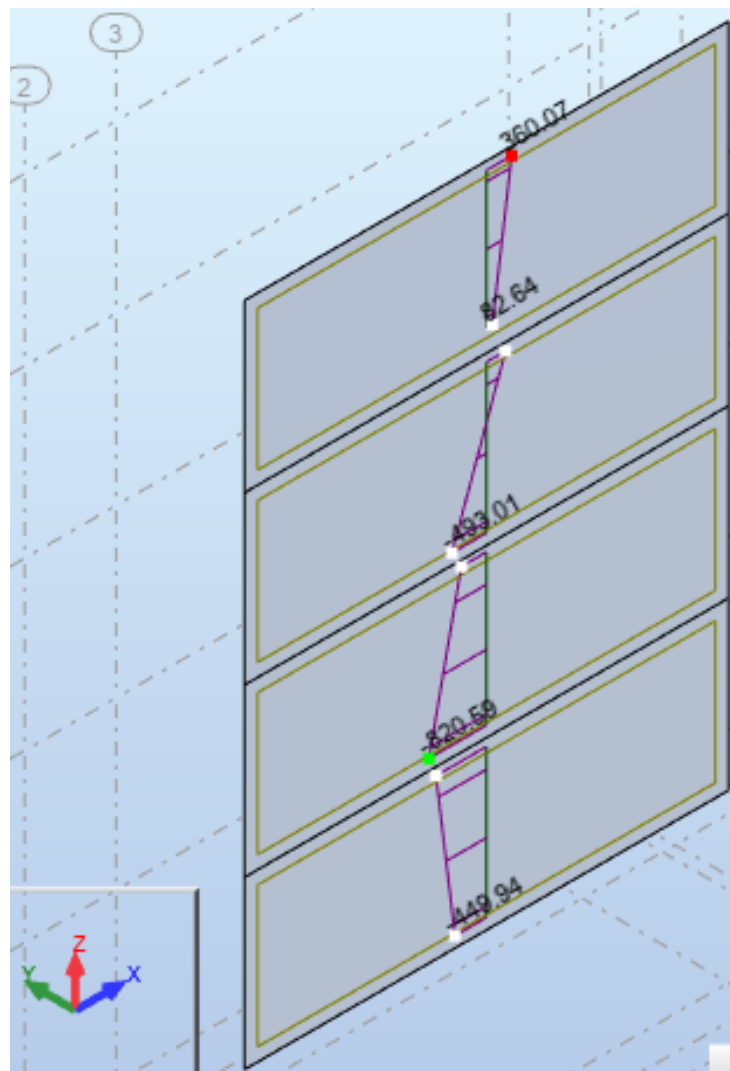


Slika 79. Položaj proračunatog zida u x-smjeru ( 3D model )

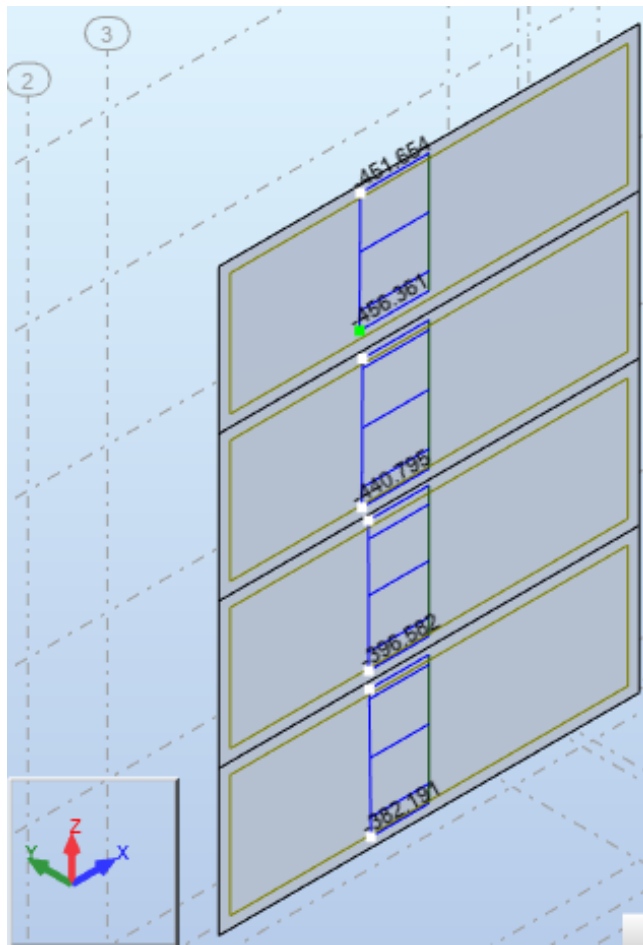
## Rezultati proračuna karakterističnog zida

Glavni nosivi sustav objekta za prijenos horizontalnih opterećenja (vjetar i potres) tvore stupovi i zidovi. Zidovi su analizirani na zadane kombinacije opterećenja. Prikazani su rezultati za najkritičniju seizmičku kombinaciju u smjeru zida. Rezultati reznih sila za zida prikazani su u nastavku.

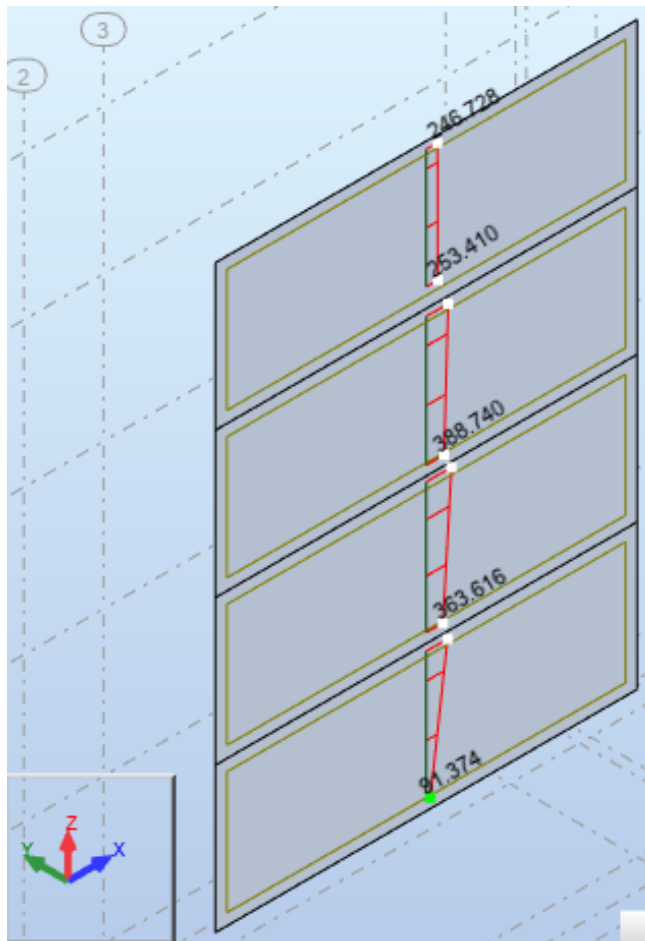
$G_{sn\_Sx}$



Slika80. .Moment savijanja  $M_y$



Slika 81. Uzduzna sila  $F_x$



Slika 82. Poprečna sila  $F_z$

**BETON:**

C25/30

$f_{ck}=25.0$  Mpa

$f_{cd}=25.0/1.5=16.67$  Mpa

$f_{cd}=1.67$  kN/cm<sup>2</sup>

**ARMATURA:**

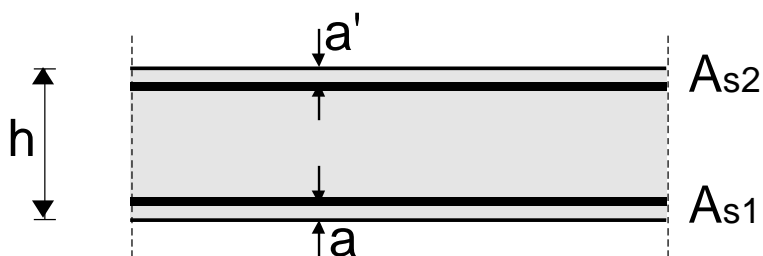
B500B

$f_{yk}=500.0$  Mpa

$f_{yd}=500.0/1.15=434.78$  Mpa

$f_{yd}=43.48$  kN/cm<sup>2</sup>

Poprečni presjek zida:



$$h=30,0 \text{ cm}$$

$$a=a'=3,0 \text{ cm}$$

| Karakteristike proračunatog zida       |                        |
|--|------------------------|
| <b>h<sub>s</sub>-visina etaže</b>      | 270 cm                 |
| <b>b<sub>w</sub>-debljina zida</b>     | 30 cm                  |
| <b>l<sub>w</sub>-duljina zida</b>      | 779 cm                 |
| <b>h<sub>w</sub>-visina zida</b>       | 1350 cm                |
| <b>n-broj etaža</b>                    | 5                      |
| <b>d<sub>1</sub>-zaštiti sloj</b>      | 3 cm                   |
| <b>d= h<sub>s</sub>- d<sub>1</sub></b> | 267 cm                 |
| <b>Duktilnost</b>                      | DCM-srednja duktilnost |

## PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:

$$l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{116,85 \text{ cm} ; 45\text{cm}\} \rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

Vitkost zida:  $H_w/l_w = (5 \cdot 270)/779 = 1.73 < 2 \rightarrow$  zid nije vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\{l_w; h_w/6\} = \max\{779\text{cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 779\text{cm}$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{116,85 \text{ cm} ; 45\text{cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 820,59 + 456,36 \cdot \left(2,67 - \frac{2.70}{2}\right) = 1422,99\text{kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 30 \cdot 267^2 \cdot 1.67 = 567881,05 \text{ kNcm} = 5678,81 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1422,99 \cdot 100}{30 \cdot 267^2 \cdot 1.67} = 0.040$$

Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.040$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1.2 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.962$  ;  $\xi=0.107$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{1422,99 \cdot 100}{0.962 \cdot 267 \cdot 43.48} - \frac{456,36}{43.48} = 2,25 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 267 = 12,02 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: 8Ø16 ( $A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$ )**

## PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 6,76 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

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

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0 \rightarrow$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 779 = 623,20 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 623,20 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 12645,04 \text{ kN} > 388,74 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{1422,99}{388,74 \cdot 7,79} = 0.47$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{388,74}{45 \cdot (0.8 \cdot 779) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.000319$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.000319; 0.25 \cdot \rho_v = 0.000079)$$

$$\rho_{h,min} > 0.000319$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 2.88 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

## DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

Gdje je:

$b_0$  – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

$b_c$  – bruto širina ovijene jezgre

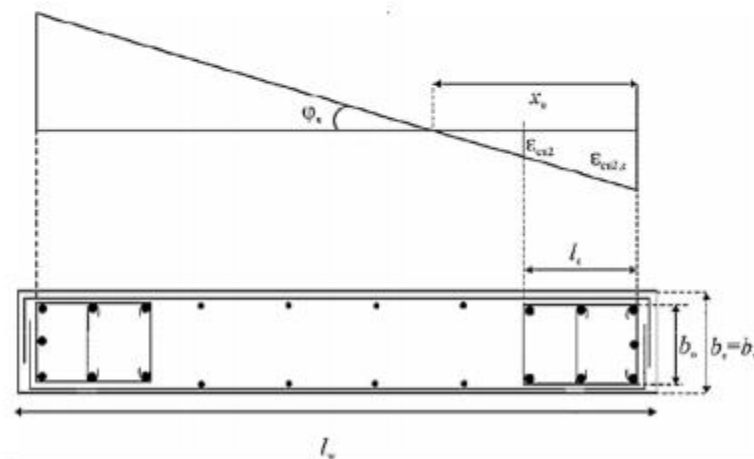
$x_u$  – visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  – granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  – faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{vd}$  – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 83. Shema potresne armature

Pretpostavljena širina zaštitnog sloja 1,5 cmi vilice  $\Phi 10$

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (1,5 + 0,5) = 26 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida:

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00385$$

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom:

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,1$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$



$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.14; T_c=0.4; q_0=3,6$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \leftrightarrow \text{ako je } T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,14} = 6,2$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 6,2 \cdot (0.160 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{26} - 0.035 = 0.063$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0.01 \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0098$$

$$x_u = (0.160 + 0.1) \cdot \frac{779 \cdot 30}{26} = 233,70 \text{ cm}$$

$$h_0 = 233,70 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0098}\right) = 161,32 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\}$$

$$\rightarrow \{116,85 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 161,32 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 161,32 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **8Ø16** ( $A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$ )

→ odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$b_c = 30 \text{ cm}; h_0 = 161,32 \text{ cm}$$

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 24,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 193,58 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

## IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: : **8Ø16, Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona:  $S_w = 10 \text{ cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.063$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

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

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.716$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.764$$

$$\alpha = 0.716 \cdot 0.764 = 0.547$$

$$0.547 \cdot \omega_{wd} = 0.063 \rightarrow \omega_{wd} = 0.115 > 0.08$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

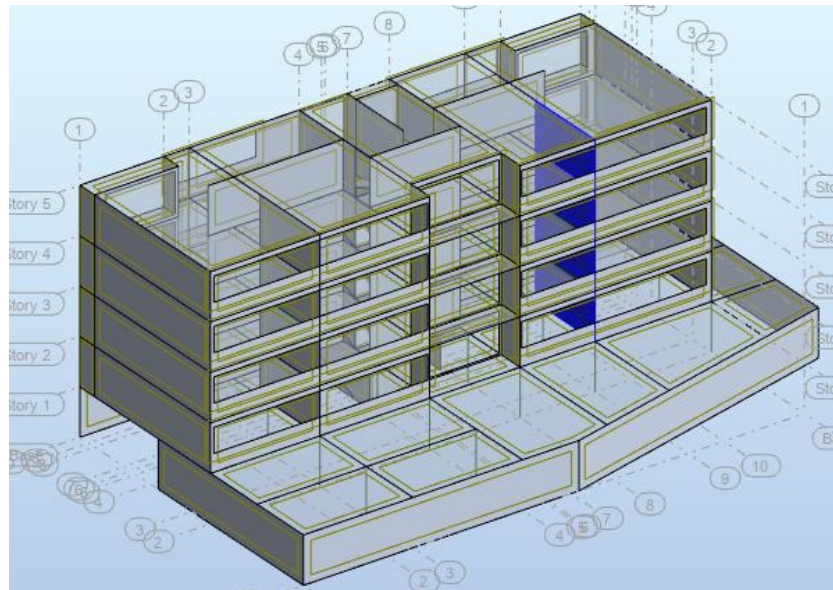
$$\text{Vanjskih } L_v = 4 \cdot 26 + 4 \cdot 55 = 324 \text{ cm}$$

$$\text{Unutarnjih } L_u = 2 \cdot 26 + 2 \cdot 55 = 162 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (324 + 162) \cdot \frac{100}{10} \cdot 43.48}{26 \cdot 161,32 \cdot 100 \cdot 1.67} = 0.237 > 0.115$$

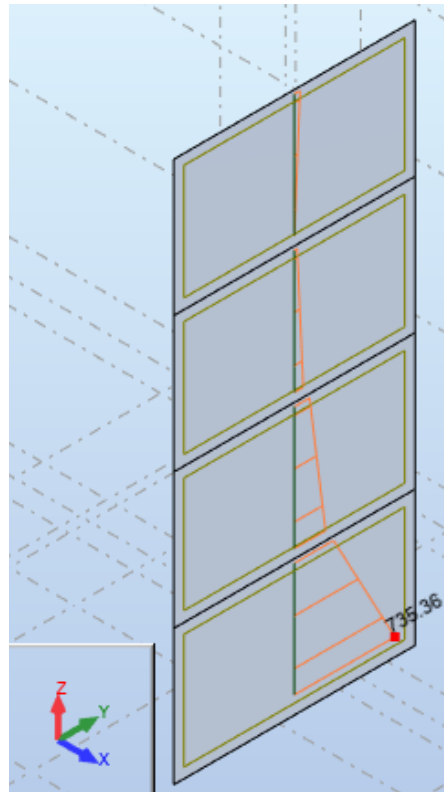
→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

### 7.2.2. Proračun zidova u y- smjeru

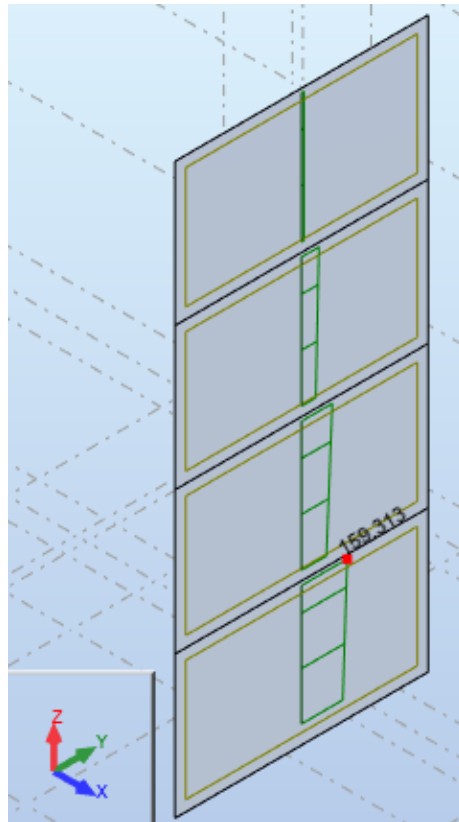


Slika 84. Položaj proračunatog zida u y-smjeru ( 3D model )

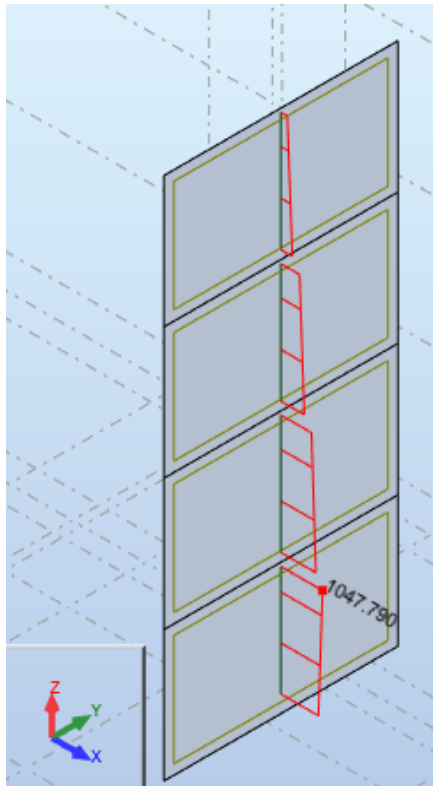
Gsn\_Sy



Slika 85. Moment savijanja  $M_y$



Slika 86. Uzduzna sila  $F_y$



Slika 87. Poprečna sila  $F_z$

**BETON:**

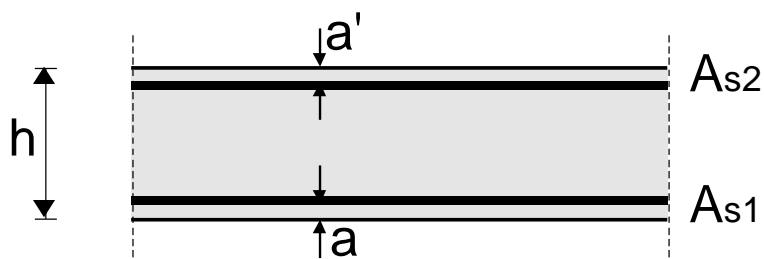
C25/30

 $f_{ck}=25.0$  Mpa $f_{cd}=25.0/1.5=16.67$  Mpa $f_{cd}=1.67$  kN/cm<sup>2</sup>**ARMATURA:**

B500B

 $f_{yk}=500.0$  Mpa $f_{yd}=500.0/1.15=434.78$  Mpa $f_{yd}=43.48$  kN/cm<sup>2</sup>

Poprečni presjek zida:

 $h=30,0$  cm $a=a'=3,0$  cm

| Karakteristike proračunatog zida |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| $h_s$ -visina etaže              | 270 cm                 |
| $b_w$ -debljina zida             | 30 cm                  |
| $l_w$ -duljina zida              | 471cm                  |
| $h_w$ -visina zida               | 1350 cm                |
| n-broj etaža                     | 5                      |
| $d_1$ -zaštiti sloj              | 3 cm                   |
| $d= h_s- d_1$                    | 267 cm                 |
| Duktilnost                       | DCM-srednja duktilnost |

## PRORAČUN ZIDA NA SAVIJANJE I UZDUŽNU SILU

Dužina rubnog serklaža:

$$l_{c0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow l_{c0} = 45 \text{ cm}$$

Vitkost zida:  $H_w/l_w = (5 \cdot 270)/471 = 2,87 < 2 \rightarrow$  zid je vitak

Visina kritične zone:  $h_{cr} = \max\left\{l_w; \frac{h_w}{6}\right\} = \max\{471 \text{ cm}; 225 \text{ cm}\} \rightarrow 471 \text{ cm}$

Širina rubnog serklaža:

$$b_{w0} = \min\{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w\} = \min\{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}\} \rightarrow b_{w0} = 45 \text{ cm}$$

$$M_{Ed} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right) = 735,36 + 159,31 \cdot \left(2,67 - \frac{2,70}{2}\right) = 945,65 \text{ kNm}$$

Moment nosivosti jednostruko armiranog presjeka:

$$M_{Ed,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed,lim} = 0.159 \cdot 30 \cdot 267^2 \cdot 1.67 = 567881,05 \text{ kNcm} = 5678,81 \text{ kNm}$$

Potrebna površina uzdužne vlačne armature:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{945,65 \cdot 100}{30 \cdot 267^2 \cdot 1.67} = 0.026$$

Iz tablice očitano za  $\mu_{Ed}=0.020$  :  $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ ;  $\varepsilon_{c2}=1,0 \text{ ‰}$ ;  $\zeta=0.968$  ;  $\xi=0.091$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{945,65 \cdot 100}{0.968 \cdot 267 \cdot 43.48} - \frac{159,31}{43.48} = 3,75 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida:

$$A_{s1} = 0.15\% \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 30 \cdot 267 = 12,02 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: 8Ø16 ( $A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$ )**

## PRORAČUN ZIDA NA POPREČNU SILU

Minimalna potrebna poprečna armatura:  $A_{sv,min} = 0.002 \cdot A_c = 6,76 \text{ cm}^2$

Odabrana armatura **Q-385** ( $A_{s1}=7.7 \text{ cm}^2$ , obostrano)

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

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

$$v_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0.54$$

$\alpha_{cw} = 1.0 \rightarrow$  za konstrukcije koje nisu prednapete

$tg\theta = 1.0 \rightarrow$  nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$z = 0.8 \cdot l_w = 0.8 \cdot 471 = 376,80 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.0 \cdot 45 \cdot 376,80 \cdot 0.54 \cdot 1.67}{1 + 1} = 7645,46 \text{ kN} > 1047,79 \text{ kN} \rightarrow \text{uvjet zadovoljava}$$

Dijagonalni tlačni slom hrpta zbog posmika:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} = \frac{945,65}{1047,79 \cdot 4,71} = 0.19$$

$$\alpha_s < 2 \rightarrow V_{Rd,s} = b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Ed} < V_{Rd,s} \rightarrow V_{Ed} < b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot \rho_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta$$

$$\rho_h > \frac{V_{Ed}}{b_{w0} \cdot (0.8 \cdot l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta} = \frac{1047,79}{45 \cdot (0.8 \cdot 471) \cdot 43.48 \cdot 1} = 0.00142$$

$$\rho_{h,min} > \max(0.00142; 0.25 \cdot \rho_v = 0.000355)$$

$$\rho_{h,min} > 0.00142$$

$$A_h = \rho_h \cdot b_{w0} \cdot s_h = 6,39 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava}$$

## DETALJIRANJE LOKALNE DUKTILNOSTI

Gdje je:

$b_0$  – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

$b_c$  – bruto širina ovijene jezgre

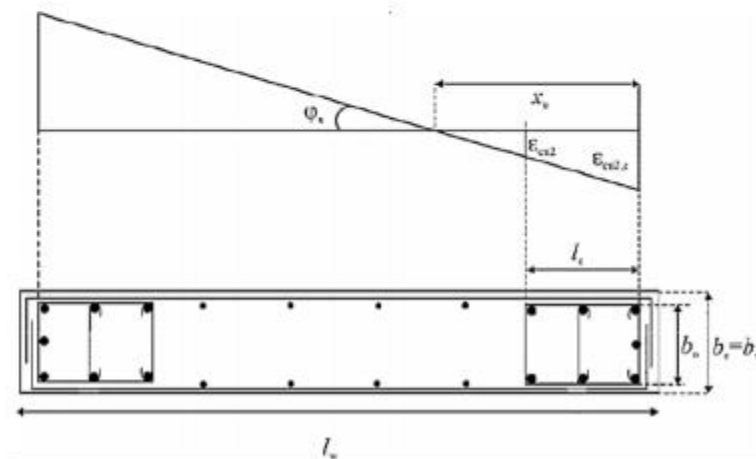
$x_u$  – visina neutralne osi

$\varepsilon_{cu2}$  – granična deformacija neovijenog betona

$\varepsilon_{cu2,c}$  – granična deformacija ovijenog betona

$\alpha$  – faktor učinkovitosti ovijanja

$\omega_{vd}$  – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 88. Shema potresne armature

Pretpostavljena širina zaštitnog sloja 1,5 cmi vilice  $\Phi 10$

$$b_0 = 30 - 2 \cdot (1,5 + 0,5) = 26 \text{ cm}$$

$$b_c = 30 \text{ cm}$$

Omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida:

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} = 0,00163$$

Mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom:

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} = 0,1$$

$$h_0 = x_u \cdot \frac{1 - \varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}$$



$$\varepsilon_{cu2,c} = 0.0035 + 0.1 \cdot \alpha \cdot \omega_{wd}$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_0}$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\varphi \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_0} - 0.035$$

$$T_1=0.14; T_c=0.4; q_0=3,6$$

Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot \frac{T_c}{T_1} \leftrightarrow \text{ako je } T_1 < T_c$$

$$\mu_\varphi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot \frac{0,4}{0,14} = 6,2$$

$$\varepsilon_{s,yd} = \frac{f_{s,yd}}{E} = 0.002174$$

$$\alpha \cdot \omega_{vd} \geq 30 \cdot 6,2 \cdot (0,012 + 0.1) \cdot 0.0021734 \cdot \frac{30}{26} - 0.035 = 0.054$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0.01 \alpha \cdot \omega_{wd} = 0.0040$$

$$x_u = (0.12 + 0.1) \cdot \frac{471 \cdot 30}{26} = 119,56 \text{ cm}$$

$$h_0 = 119,56 \cdot \left(1 - \frac{0.0035}{0.0040}\right) = 14,95 \text{ cm}$$

$$l_c \geq \{0.15 \cdot l_w; 1.50 \cdot b_w; \text{duljina } h_0 \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0.0035\} \rightarrow \{70,65 \text{ cm}; 45 \text{ cm}; 14,95 \text{ cm}\}$$

$$l_c = 70,65 \text{ cm}$$

$$l_{usv} = 90,0 \text{ cm}$$

Odabrana armatura: **8Ø16** ( $A_{s1} = 16,08 \text{ cm}^2$ )

→ odabrana armatura zadovoljava u pogledu nosivosti na savijanje

$$A_{s,\min} = 0.5\% \cdot b_c \cdot h_0 = 2,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\max} = 4.0\% \cdot b_c \cdot h_0 = 18,94 \text{ cm}^2$$

→ odabrana armatura zadovoljava uvjete minimalne i maksimalne

## IZRAČUN OVOJNE ARMATURE U RUBNOM ELEMENTU

Odabrana armatura: : **8Ø16, Q – 385**

Najmanji promjer spona: 10 mm

Razmak spona:  $S_w = 10 \text{ cm}$

$H_{kr} = 270 \text{ cm}$

$\alpha \cdot \omega_{wd} = 0.054$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

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

$$\alpha_n = 1 - \frac{\Sigma b_i^2}{(6 \cdot b_0 \cdot b_h)} = 0.349$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s}{2 \cdot h_0}\right) = 0.555$$

$$\alpha = 0,349 \cdot 0,555 = 0,193$$

$$0,193 \cdot \omega_{wd} = 0.019 \rightarrow \omega_{wd} = 0.098 > 0.08$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

Duljina spona:

$$\text{Vanjskih } L_v = 4 \cdot 26 + 4 \cdot 29 = 220 \text{ cm}$$

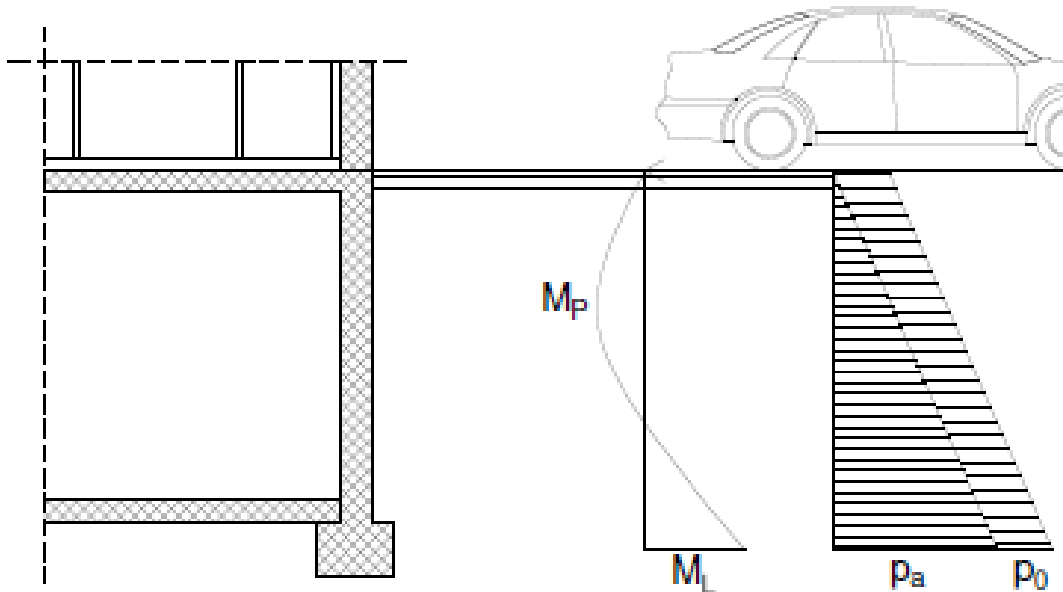
$$\text{Unutarnjih } L_u = 2 \cdot 26 + 2 \cdot 29 = 110 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd} = \frac{0.785 \cdot (220 + 110) \cdot \frac{100}{10} \cdot 43.48}{26 \cdot 90,0 \cdot 100 \cdot 1.67} = 0.288 > 0.098$$

→ Obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom je dostatan

## 8. PRORAČUN OBODNIH ZIDOVA GARAŽE

Obodni zidovi garaže opterećeni su dodatno i aktivnim tlakom tla. Uz svoju nosivu ulogu u konstrukciji imaju i ulogu potpornog zida koji omeđuje 3 strane građevine na podzemnoj etaži. Dodatni tlak vode se ne uzima u obzir budući da je nivo podzemne vode niži od kote temeljenja.



Slika 89. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže

Horizontalni bočni tlak uslijed opterećenja tlom računamo kao :  $\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0$

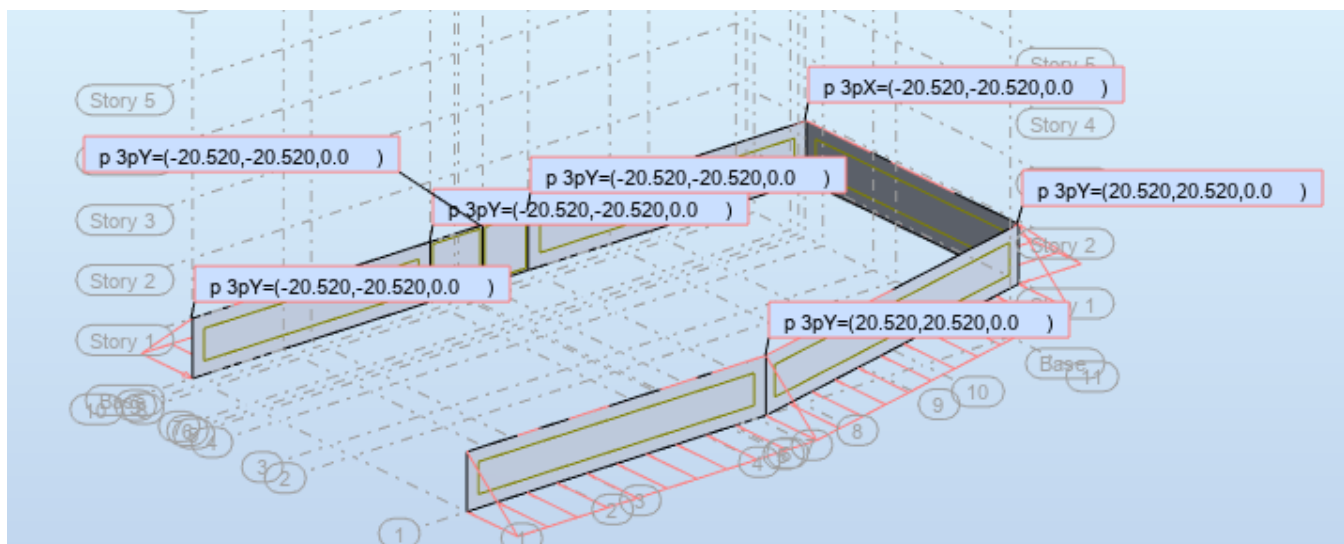
$K_0 = 0,4$  – koeficijent tlaka mirovanja

$\sigma_v = \gamma_{tla} \cdot H$  – vertikalno naprezanje u tlu

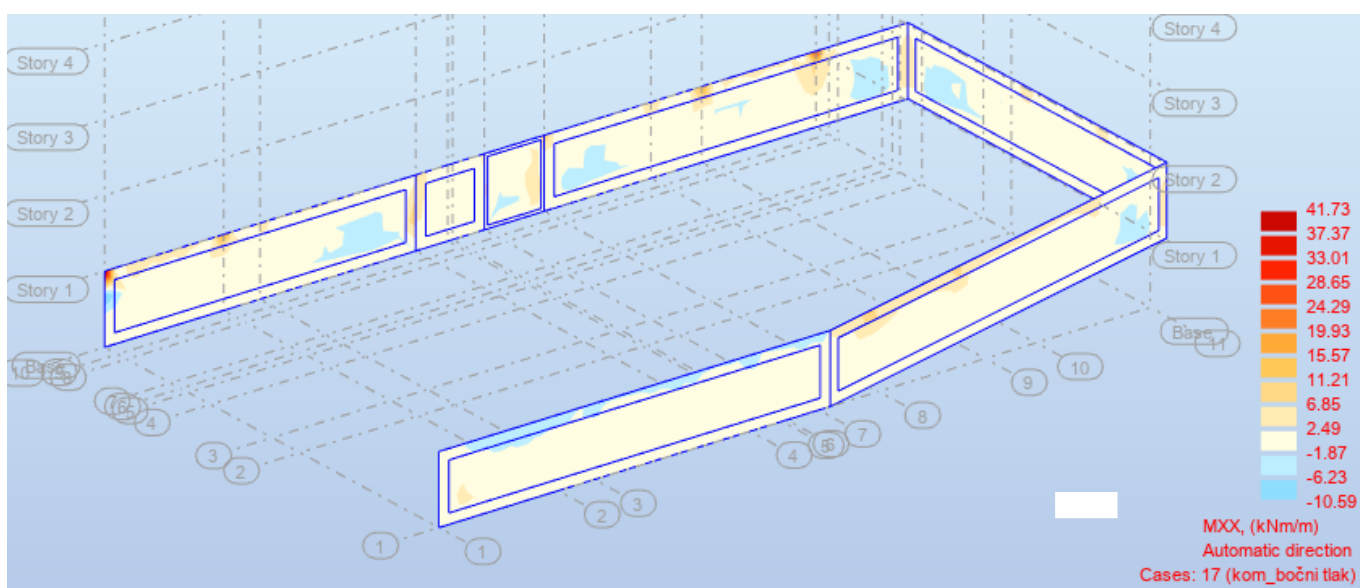
$\gamma_{tla} = 19 \frac{kN}{m^3}$  – jedinična težina tla za slojeve lapora slične vapnencu

$H = 2,7 m$  – visina zida ispod tla

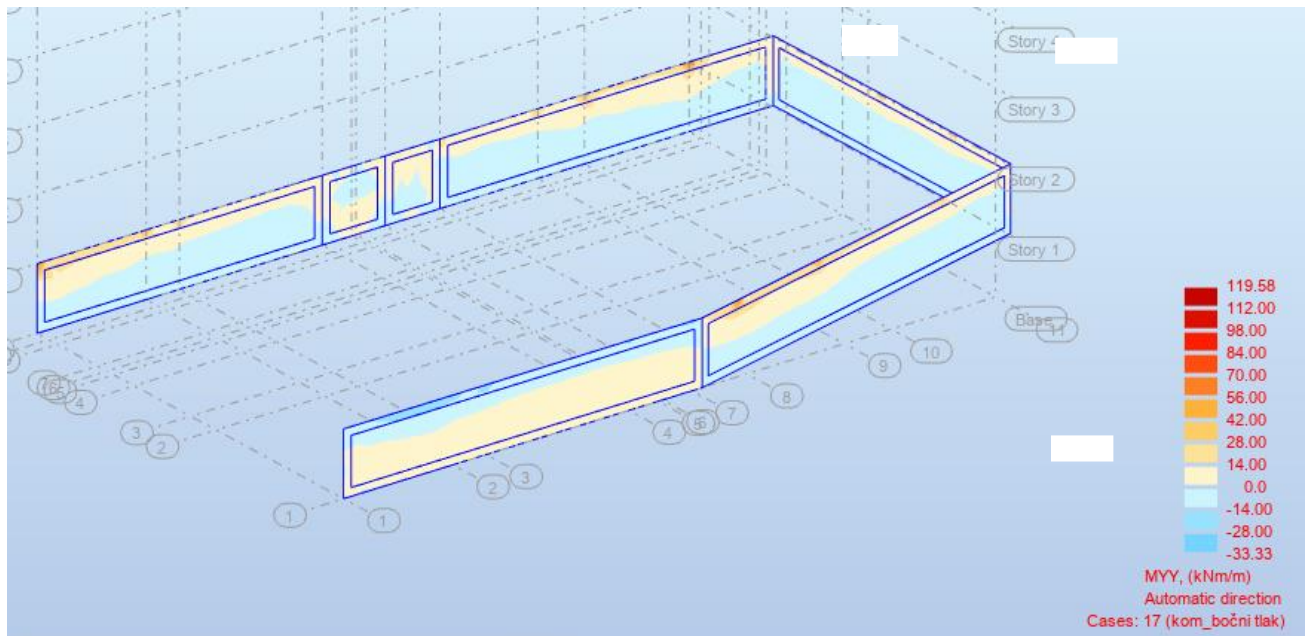
$$p_a = 19 \cdot 2,7 \cdot 0,4 = 20,52 \frac{kN}{m^2}$$



Slika 90. Prikaz opterećenja na obodni zid garaže u modelu



Slika 91. Prikaz  $M_x$



Slika 92. Prikaz  $M_y$

**BETON:**

C25/30

$f_{ck}=25,0$  Mpa

$f_{cd}=25,0/1,5=16,67$  Mpa

$f_{cd}=1,67$  kN/cm<sup>2</sup>

**ARMATURA:**

B500B

$f_{yk}=500,0$  Mpa

$f_{yd}=500,0/1,15=434,78$  Mpa

$f_{yd}=43,48$  kN/cm<sup>2</sup>

Proračun armature za unutarnju stranu zida:

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1,67 = 193,57 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 27 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 2,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 54 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 119,58 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11958}{100 \cdot 27^2 \cdot 1,67} = 0,098$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 2,2\text{‰} \quad \zeta = 0,931$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{11958}{0,931 \cdot 27 \cdot 43,48} = 7,34 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

**ODABRANA ARMATURA: Q – 785** ( $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Proračun armature za vanjsku stranu zida:

$$d_1 = 3 \text{ cm} \quad d = 27 \text{ cm}$$

$$M_{Rd,c,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 100 \cdot 27^2 \cdot 1,67 = 193,57 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,s,lim} = A_s \cdot \zeta \cdot d \cdot f_{yd} = A_s \cdot 0,892 \cdot 27 \cdot 43,48$$

$$A_{s1,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h = 0,1 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 2,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,max} = 2,0\% \cdot b \cdot h = 2,0 \cdot 100 \cdot \frac{27}{100} = 54 \text{ cm}^2$$

$$M_{Ed} = 33,33 \text{ kNm/m}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3333}{100 \cdot 27^2 \cdot 1,67} = 0,027$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3333}{0,968 \cdot 27 \cdot 43,48} = 2,93 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

ODABRANA ARMATURA: Q – 335 ( $A_s = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

## 9. PRORAČUN AB TEMELJA

### 9.1. Proračun AB temeljne trake

Proračun i dimenzioniranje temeljne trake predmetne građevine napravljen je na temelju uobičajenih i izvanrednih kombinacija.

Uobičajene kombinacije predstavljaju kombinaciju stalnog i korisnog opterećenja. Izvanredne kombinacije činu stalno i korisno opterećenje zajedno sa djelovanjem potresa. U izvanrednim kombinacijama, u obzir su uzeti korekcijski faktori ovisno o smjeru djelovanju potresa.

Rezultati za temeljnu traku prikazani su kao resultantna reakcija u ležajevima ispod pripadnog nosivog zida..

Kombinacije opterećenja (izvanredna kombinacija):

1. kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$

2. kombinacija opterećenja:  $1,35 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$

Za kombinacije opterećenja dobije se maksimalna uzdužna sila i pripadni moment savijanja.

| N <sub>max</sub> (kN) | M <sub>prip</sub> (kNm) |               | M <sub>max</sub> (kNm) | N <sub>prip</sub> (kN) |
|-----------------------|-------------------------|---------------|------------------------|------------------------|
| 574,32                | 10,6                    | 1.kombinacija | 24,77                  | 360,764                |
| 615,476               | 18,58                   | 2.kombinacija | 35,38                  | 305,444                |

Odabrane mjerodavne sile na spoju:

- 1.-2. kombinacija:  $N_{max} = 615,476 \text{ kN}$   
 $M_{pripadno} = 18,58 \text{ kNm}$   
 $M_{max} = 35,38 \text{ kN}$   
 $N_{pripadno} = 305,444 \text{ kNm}$

Temelj je centrično opterećen zbog čega odabiremo kvadratni poprečni presjek.

Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla):  $\sigma_{dop} = 0,5 \text{ MN/m}^2$

Duljina zida  $L=12,0\text{m}$

Visina temelja:  $h=1,5 \cdot d_{zida} = 1,5 \cdot 0,30=0,45\text{m}$

Usvojena visina temelja:  $h=0,50\text{m}$

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = B \cdot 12,0 \cdot 0,50 \cdot 25 = B \cdot 150,0$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 615,476 + B \cdot 150,0$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = B \cdot 12,0$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{B \cdot 12,0^2}{6}$$

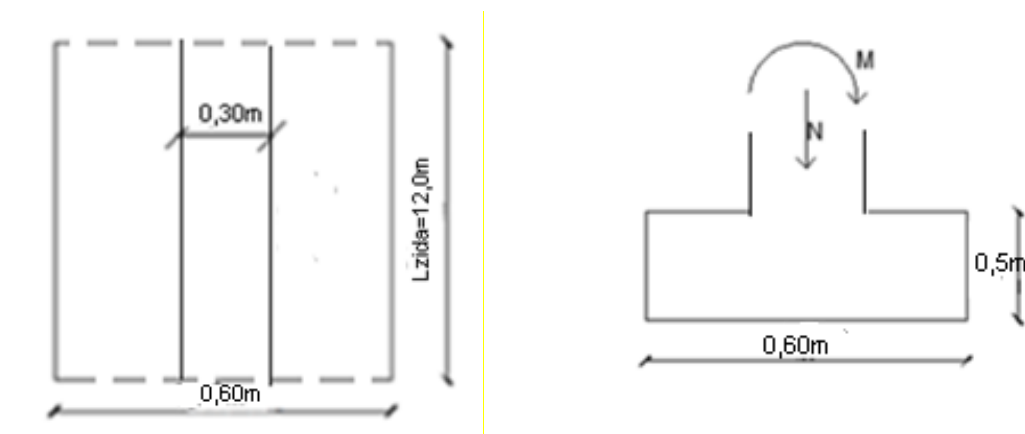
$$\sigma_1 = \frac{615,476 + B \cdot 150,0}{B \cdot 12,0} + \frac{18,58}{\frac{B \cdot 12,0^2}{6}} < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B > 0,11\text{m}$$

$$\sigma_2 = \frac{615,476 + B \cdot 150,0}{B \cdot 12,0} - \frac{18,58}{\frac{B \cdot 12,0^2}{6}} < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$B > 0,10\text{m}$$

**Odabrana širina temelja  $B=60\text{cm}$**



Slika 93. Prikaz temeljne trake zida



Proračun dopuštenih naprezanja:

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} < \sigma_{dop}$$

$$\sigma_1 = \frac{615,476 + 0,6 \cdot 150,0}{0,6 \cdot 12,0} + \frac{18,58}{\frac{0,6 \cdot 12,0^2}{6}} = 99,27 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{615,476 + 0,6 \cdot 150,0}{0,6 \cdot 12,0} - \frac{18,58}{\frac{0,6 \cdot 12,0^2}{6}} = 96,69 < 500 \frac{kN}{m^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 98,62 \cdot \frac{0,15'^2}{2} + (99,27 - 98,62) \cdot \frac{2 \cdot 0,15'^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 1,11 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{111}{60 \cdot 47^2 \cdot 1,67} = 0,0005$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0\text{‰} \quad \varepsilon_{c2} = 0,2\text{‰} \quad \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{111}{0,993 \cdot 47 \cdot 43,48} = 0,055 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 60 \cdot \frac{47}{100} = 4,24 \text{ cm}^2$$

**ODABRANA ARMATURA: 7Ø10 ( $A_s = 5,53 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )**

## 9.2. Proračun temelja samca

Dopušteno naprezanje u tlu  $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$

Određivanje širine, duljine i visine temelja:

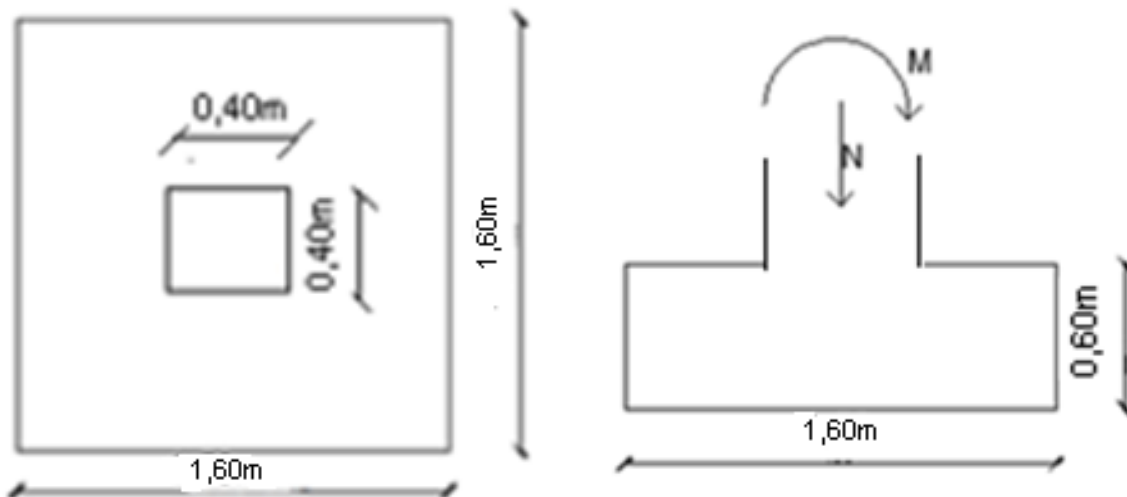
$$A = \frac{P}{\sigma_{dop}} = \frac{1187,43}{500} = 2,37 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{2,37} = 1,54 \text{ m}$$

$$B_{usv} = 1,60 \text{ m}; L = 1,60 \text{ m}$$

$$h = 1,5 \cdot a_{stupa} = 0,60 \text{ m}$$

$$h_{usv} = 0,60 \text{ m}$$



Slika 94. Prikaz temelja samca ispod stupova

### BETON:

C25/30

$f_{ck} = 25,0 \text{ Mpa}$

$f_{cd} = 25,0 / 1,5 = 16,67 \text{ Mpa}$

$f_{cd} = 1,67 \text{ kN/cm}^2$

### ARMATURA:

B500B

$f_{yk} = 500,0 \text{ Mpa}$

$f_{yd} = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ Mpa}$

$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$

| Nmax (kN) | Mprip (kNm) |               | Mmax (kNm) | Nprip (kN) |
|-----------|-------------|---------------|------------|------------|
| 1157,68   | 4,38        | 1.kombinacija | 7,77       | 811,32     |
| 1187,43   | 0,74        | 2.kombinacija | 8,15       | 1050,46    |

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,60 \cdot 25 = 38,40 \text{ kN}$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 1187,43 + 38,40 = 1225,83 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = 1,60 \cdot 1,60 = 2,56 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{1,60 \cdot 1,60^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{1225,83}{2,56} + \frac{0,74}{0,68} = 479,93 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1225,83}{2,56} - \frac{0,74}{0,68} = 477,75 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 479,11 \cdot \frac{0,60^2}{2} + (479,93 - 479,11) \cdot \frac{2 \cdot 0,60^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 86,33 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{8633,82}{160 \cdot 57^2 \cdot 1,67} = 0,0099$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{8633,82}{0,981 \cdot 57 \cdot 43,48} = 3,55 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,15 \cdot 160 \cdot \frac{57}{100} = 13,68 \text{ cm}^2$$

ODABRANA ARMATURA: 7Ø16 ( $A_s = 14,07 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

Određivanje širine , duljine i visine temelja:

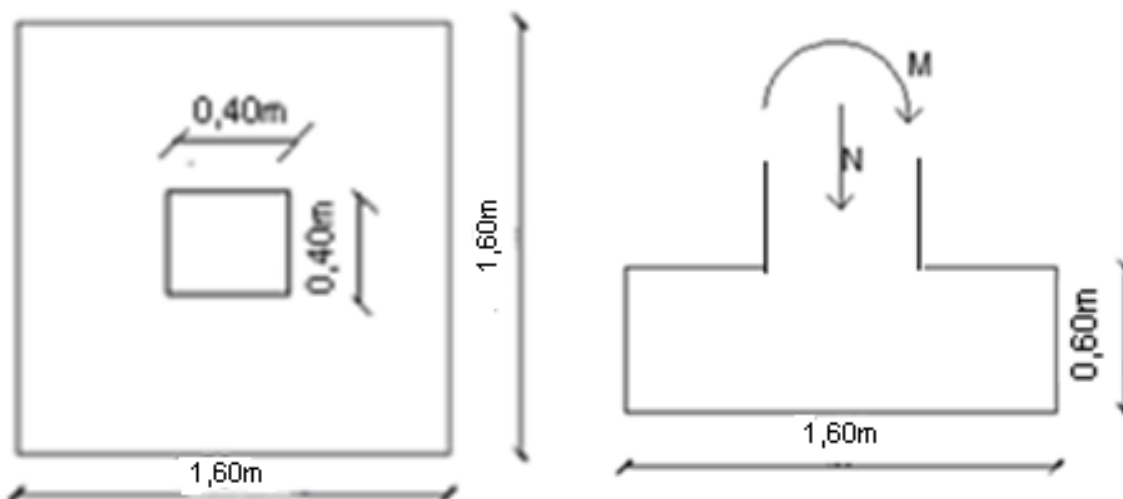
$$A = \frac{P}{\sigma_{dop}} = \frac{1050,46}{500} = 2,10m^2$$

$$B = \sqrt{2,10} = 1,45m$$

$$B_{usv} = 1,60m; L=1,60m$$

$$h = 1,5 \cdot a_{stupa} = 0,60m$$

$$h_{usv} = 0,60m$$



Slika 94. Prikaz temelja samca ispod stupova

Težina temelja:

$$W = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_{bet} = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,60 \cdot 25 = 38,40 \text{ kN}$$

Određivanje širine temelja:

$$Vd = 1050,46 + 38,40 = 1088,86 \text{ kN}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = 1,60 \cdot 1,60 = 2,56 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{1,60 \cdot 1,60^2}{6} = 0,68 \text{ m}^3$$

$$\sigma_1 = \frac{1088,86}{2,56} + \frac{8,15}{0,68} = 437,32 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{1088,86}{2,56} - \frac{8,15}{0,68} = 413,34 < 500 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mjerodavni moment savijanja:

$$M_{b'Ed} = \sigma_{b'} \cdot \frac{b'^2}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{b'}) \cdot \frac{2 \cdot b'^2}{6} = 428,33 \cdot \frac{0,60^2}{2} + (437,32 - 428,33) \cdot \frac{2 \cdot 0,60^2}{6}$$

$$M_{b'Ed} = 78,18 \text{ kNm}$$

Mjerodavna je prva kombinacija Nmax (kN)+ Mprip (kNm) sa momentum

$$M_{b'Ed} = 86,33 \text{ kNm}$$

ODABRANA ARMATURA: 7Ø16 ( $A_s = 14,07 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

### 9.3. Podna ploča

Podnu ploču ( u garaži) izvesti na dobro zbijenoj podlozi od kvalitetnog kamena. Zbijenost kontrolirati kružnom pločom.

Podnu ploču armirati u gornjoj zoni armaturom Q-283, debljine 15cm.

## 10. PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTVA ZGRADE

### 10.1. Općenito

Fizika zgrade je znanstvena disciplina građevinarstva koja istražuje fizikalne pojave (toplina, vlaga, zvuk, požar) na građevinske objekte.

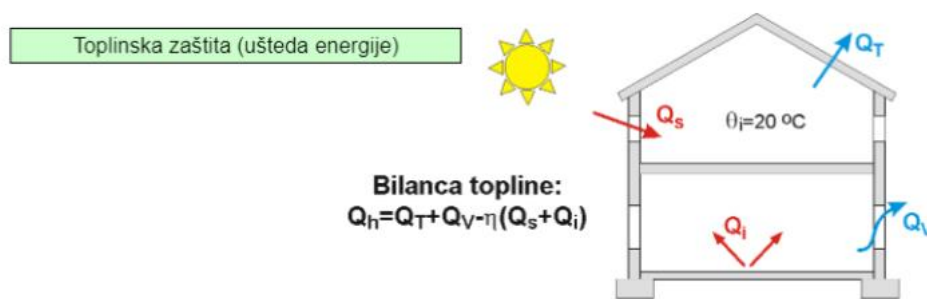
Osnovna područja:

- Toplinska zaštita
- Toplinska stabilnost i ljetna toplinska zaštita
- Difuzija vodene pare
- Zaštita od zračne, udarne buke i vibracija
- Akustika

Mjerama toplinske zaštite treba umanjiti nepoželjan toplinski tok (zima/ljeto).

Pri difuziji vodene pare (kroz porozni medij) čestice vodene pare se kreću s područja veće koncentracije (većeg parcijalnog tlaka) k području manje koncentracije – do uspostave ravnoteže parcijalnih tlakova. Pri tome je za mikroklimu i građevinske konstrukcije štetan slučaj pojave kondenzacije.

Toplinska stabilnost je mjera inertnosti građevinske konstrukcije pod djelovanjem sunčevog zračenja (nestacionarni prijenos topline).



Slika 95. Bilanca topline

$Q_h$ (kWh/a)=godišnja potrebna toplinska energija za grijanje

$Q_v$ =toplinski gubici zbog provjetravanja

$Q_t$ =transmisijski toplinski gubici

$Q_s$ =doplinski dobici od sunčevog zračenja

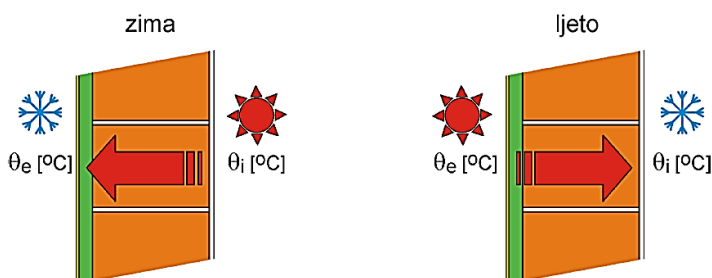
$Q_i$ =unutarnji toplinski doplinski dobici

$\eta$ =faktor iskorištenja

Toplina se prenosi na tri načina:

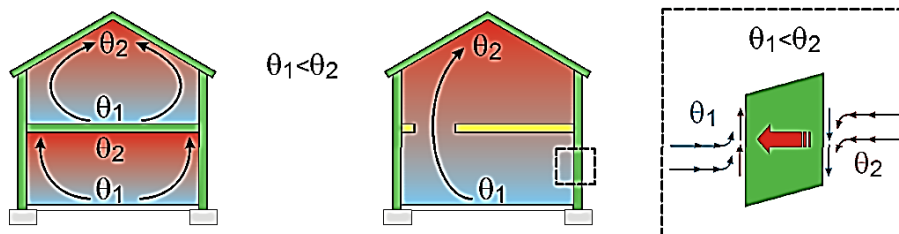
| <i>Kondukcija</i> | <i>Konvekcija</i> | <i>Radijacija</i> |
|-------------------|-------------------|-------------------|
|-------------------|-------------------|-------------------|

**Kondukcija** je provođenje odnosno prijenos toplinske energije između tijela u dodiru. Odvija se iz područja s višom temperaturom prema području s nižom temperaturom. U krutim tijelima prijenos topline se odvija vibracijom molekula u kristalnoj strukturi, u tekućinama i plinovima prijenos se odvija sudarom i difuzijom molekula pri slobodnom gibanju.



Slika 96. Kondukcija topline za ljetno i zimsko razdoblje

**Konvekcija** je usmjereno strujanje zraka odnosno fluida u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem te pritom predaje toplinu okolini.



Slika 97. Konvekcija topline

**Radijacija** (zračenje) je prijelaz topline putem elektromagnetskog zračenja. Određeni dio energije zračenja koji dođe do građevine se apsorbira, jedan dio se reflektira, a ostali dio prođe kroz propusne površine.

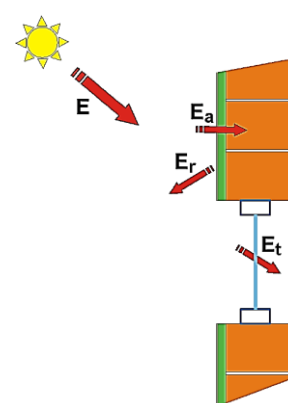
$$E = E \cdot a + E \cdot r + E \cdot t \quad (10.1)$$

$E$  – ukupna energija zračenja

$a$  – koeficijent apsorpcije

$r$  – koeficijent refleksije

$t$  – koeficijent transparentnosti ili propusnosti



Slika 98. Radijacija topline

Osnovni pojmovi vezani za građevinsku fiziku su: toplinska provodljivost, toplinska propustljivost, toplinski otpor, i koeficijent prolaska topline.

**Toplinska provodljivost**  $\lambda$  je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m<sup>2</sup> i debljine 1 m pri razlici temperature od 1 K.

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)} \cdot \frac{d}{t} \text{ (W/mK)} \quad (10.2)$$

Toplinska propustljivost ovisi o: poroznosti, vlažnosti i temperaturi.

**Toplinska propustljivost** je omjer toplinske provodljivosti i debljine sloja u smjeru toplinskog toka.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (10.3)$$

**Toplinski otpor** je recipročna vrijednost toplinske propustljivosti.

$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (10.4)$$

**Koeficijent prolaska topline** je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m<sup>2</sup> pri razlici temperature od 1 K.

$$U = \frac{1}{RT} \quad (10.5)$$

Gdje je  $R_T$  ukupan otpor pregrade.

$$U = 1 / (R_{si} + \Sigma R_1 + R_{se}) \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (10.6)$$

$R_{si} = 1/\alpha_i$  - unutarnji plošni otpor prijelaza topline;  $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{se} = 1/\alpha_e$  - vanjski plošni otpor prijelaza topline;  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

$\alpha_i$  – koeficijent unutarnjeg prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa unutarnjeg zraka na jediničnu površinu pregrade pri razlici temperature unutarnjeg zraka i površine pregrade od 1 K.

$\alpha_e$  – koeficijent vanjskog prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa vanjske površine pregrade na vanjski zrak pri razlici temperature vanjske pregrade I vanjskog zraka od 1 K.

$\alpha_i$  i  $\alpha_e$  se utvrđuju eksperimentalno.

Predmet ovog programa je proračun potrošnje energije za grijanje i hlađenje za stambenu zgradu P+4. Proračun fizike zgrade napravljen je pomoću računalnog programa KI Expert Plus. KI Expert Plus je namijenjen projektantima fizike zgrade i usklađen je s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015),



algoritmom za proračun potrebne za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HR EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17).

## 10.2. Podaci o lokaciji objekta

Stambena zgrada P+4 tlocrtnih dimenzija 11,03x29,33m , visine 11,6m od terena.

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

### Klimatološki podaci lokacije objekta:

**Lokacija:** Split  
**Referentna postaja:** Split Marjan

|     | I                               | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | God. |
|-----|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     | <b>Temperature zraka ( ° C)</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 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 |

|   | <b>Tlak vodene pare (Pa)</b> |     |     |     |      |      |      |      |      |      |     |     |      |
|---|------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| m | 680                          | 690 | 790 | 960 | 1280 | 1550 | 1620 | 1640 | 1510 | 1220 | 970 | 750 | 1140 |

|   | <b>Relativna vlažnost zraka (%)</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| m | 61                                  | 58 | 60 | 60 | 56 | 54 | 49 | 52 | 59 | 63 | 65 | 61 | 58 |

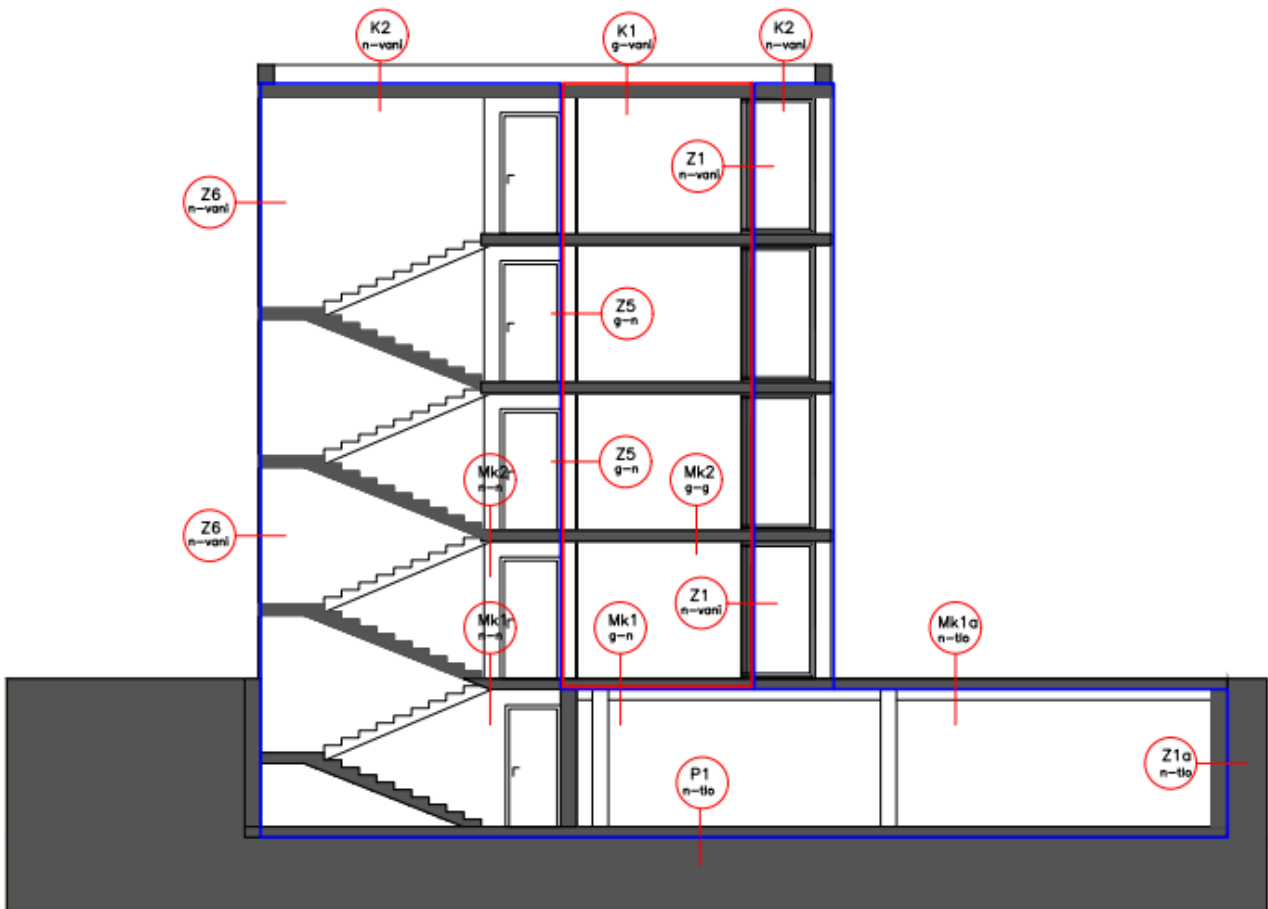
|   | <b>Brzina vjetra (m/s)</b> |   |     |     |     |   |     |   |     |     |     |     |   |
|---|----------------------------|---|-----|-----|-----|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|
| m | 3.5                        | 5 | 4.7 | 4.2 | 3.5 | 3 | 3.1 | 3 | 3.3 | 3.9 | 4.7 | 4.7 | 4 |

|  | <b>Broj dana grijanja</b>  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |       |
|--|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|-------|
|  | Temperatura vanjskog zraka |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 10^{\circ}C$ | 83.1  |
|  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 12^{\circ}C$ | 121.6 |
|  |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | $\leq 15^{\circ}C$ | 168.4 |

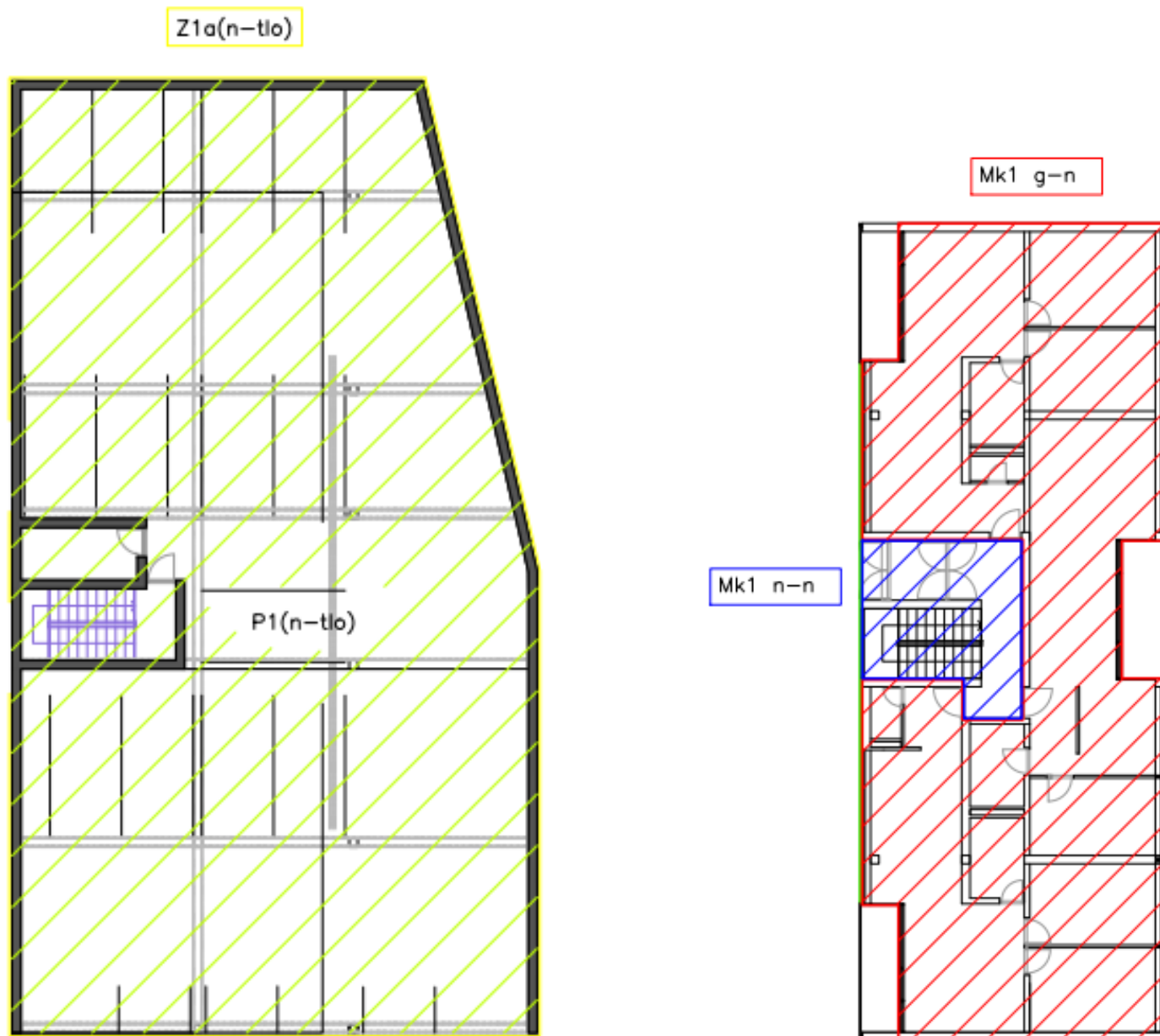
Tablica 13.. Klimatološki podaci za lokaciju Marjan Split

| 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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

Tablica 14. Globalno sunčevo zračenje po mjesecima

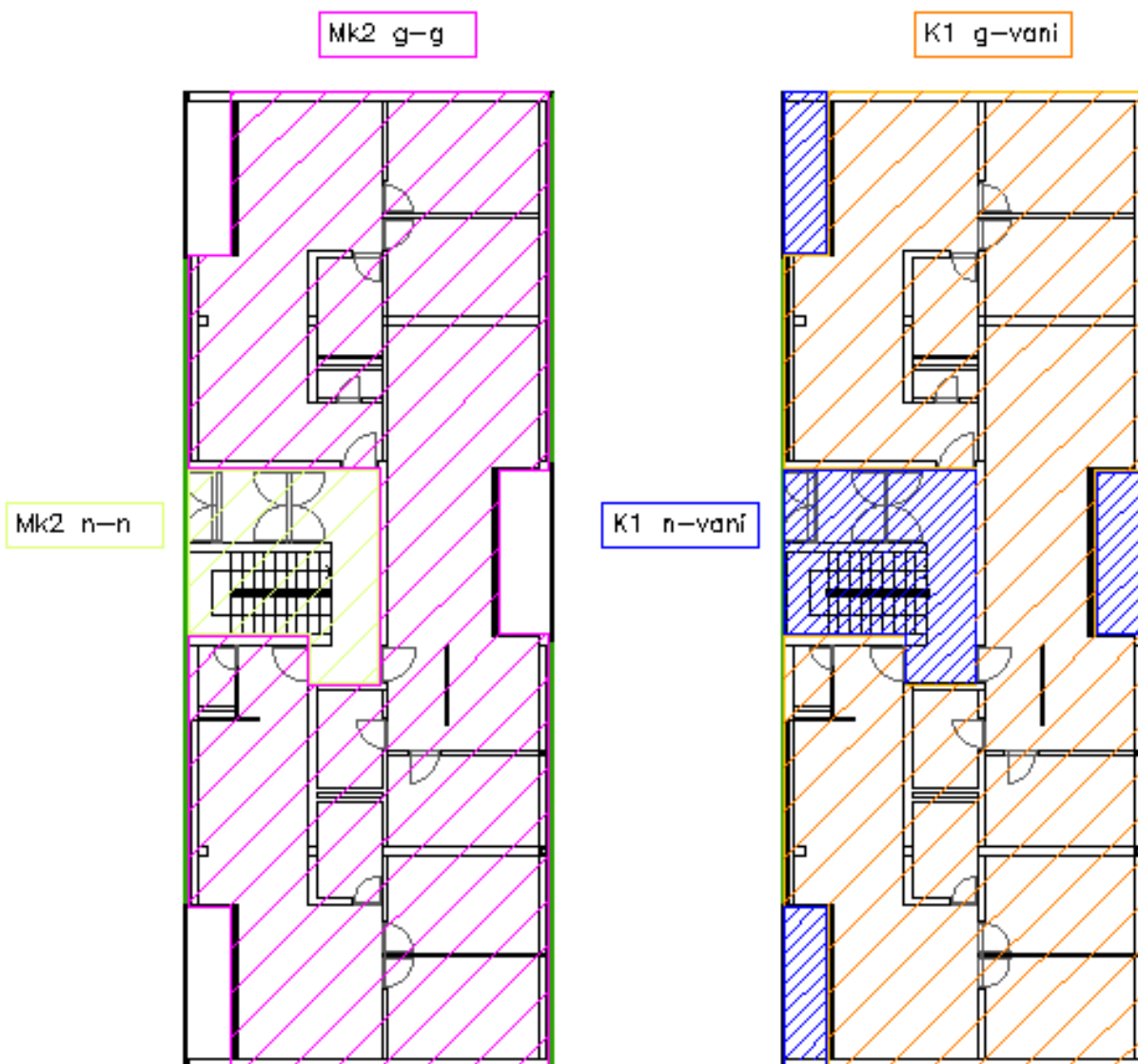


Slika 98. Presjek zgrade sa ucrtanim granicama grijanog/negrijanog



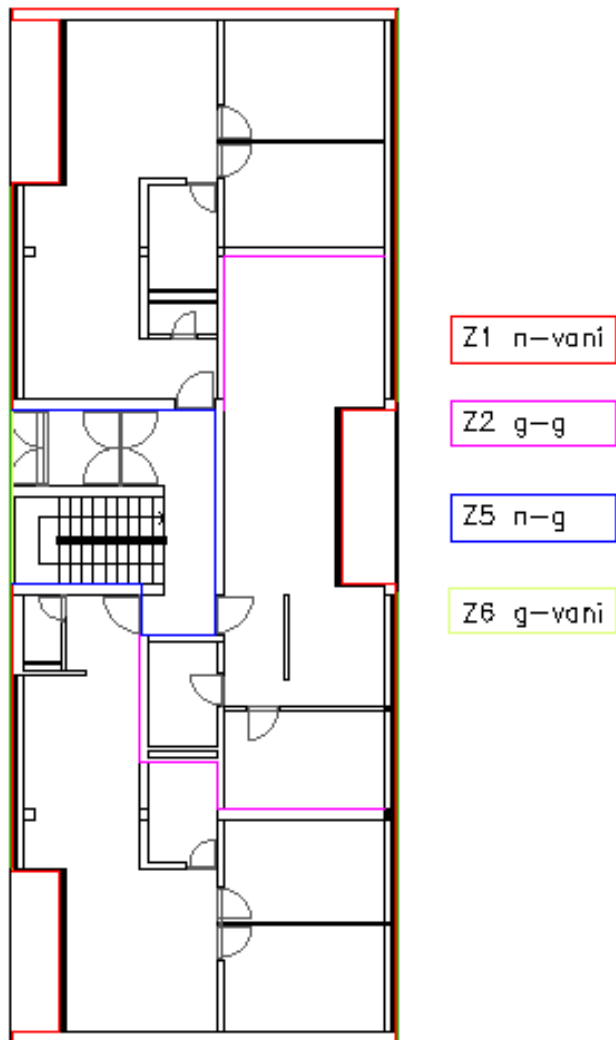
Slika 99.

Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade- garaža i prizemlje



*Slika 100.*

*Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade- katova i krova*



*Slika 101.*

*Tlocrt sa ucrtanim oznaka i granicama građevinskih dijelova zgrade (svi zidovi)*

### 10.3. Opći podaci višestambene zgrade

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

Tablica 15 . Uvjeti koje zgrada u ovom proračunu mora zadovoljiti

| Potrebni podaci  | Zona 1  |
|--|---------|
| Oplošje grijanog dijela zgrade – $A$ [ $m^2$ ]                     | 2253.67 |
| Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e$ [ $m^3$ ]                    | 2964.98 |
| Obujam grijanog zraka – $V$ [ $m^3$ ]                              | 2371.98 |
| Faktor oblika zgrade - $f_o$ [ $m^{-1}$ ]                          | 0.76    |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_k$ [ $m^2$ ] | 1294.04 |
| Proračunska korisna površina grijanog dijela zgrade – $A_k'$ [m    | 1294.04 |
| Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}$ [ $m^2$ ]                      | 1266.99 |
| Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}$ [ $m^2$ ]                      | 372.44  |

Tablica 16 . Geometrijske karakteristike zgrade

#### 10.3.1. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi - Z1-grijano vanjsko

| R.b.                           | Materijal                         | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [ $kg/m^3$ ] |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|---------------------|
| 1                              | 3.03 Vapneno-cementna žbuka       | 1.000  | 1.000            | 20.00     | 0.20   | 1800.00             |
| 2                              | 2.01 Armirani beton               | 30.000 | 2.600            | 110.00    | 33.00  | 2500.00             |
| 3                              | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 10.000 | 0.033            | 80.00     | 8.00   | 28.00               |
| 4                              | Polimerno-cementno ljepilo        | 0.500  | 0.900            | 14.00     | 0.07   | 1650.00             |
| 5                              | 3.16 Silikatna žbuka              | 2.000  | 0.900            | 60.00     | 1.20   | 1800.00             |
| Definirane ploštine [ $m^2$ ]: |                                   |        |                  |           | Istok  | 159.41              |
|                                |                                   |        |                  |           | Sjever | 119.49              |
|                                |                                   |        |                  |           | Zapad  | 123.88              |
|                                |                                   |        |                  |           | Jug    | 119.49              |

Tablica 17. Slojevi zida Z1sa karkteristikama i površinama

Vanjski zidovi - Z6- negrijano vanjsko

| R.b.                                   | Materijal                         | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka       | 1.000  | 1.000            | 20.00     | 0.20   | 1800.00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton               | 30.000 | 2.600            | 110.00    | 33.00  | 2500.00                     |
| 3                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 10.000 | 0.033            | 80.00     | 8.00   | 28.00                       |
| 4                                      | Polimerno-cementno ljepilo        | 0.500  | 0.900            | 14.00     | 0.07   | 1650.00                     |
| 5                                      | 3.16 Silikatna žbuka              | 2.000  | 0.900            | 60.00     | 1.20   | 1800.00                     |
| Definirane ploštine [m <sup>2</sup> ]: |                                   |        |                  | Zapad     | 56.77  |                             |

Tablica 18. Slojevi zida Z6 sa karkteristikama i površinama

Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z5-grijano prema negrijanom hodniku

| R.b.                                   | Materijal                         | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka       | 1.000  | 1.000            | 20.00     | 0.20   | 1800.00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton               | 30.000 | 2.600            | 110.00    | 33.00  | 2500.00                     |
| 3                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 5.000  | 0.033            | 80.00     | 4.00   | 28.00                       |
| 4                                      | Polimerno-cementno ljepilo        | 0.500  | 0.900            | 14.00     | 0.07   | 1650.00                     |
| 5                                      | 3.03 Vapneno-cementna žbuka       | 1.000  | 1.000            | 20.00     | 0.20   | 1800.00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |                                   |        |                  |           | 189.84 |                             |

Tablica 19. Slojevi zida Z5 sa karkteristikama i površinama

Podovi na tlu - P1

| R.b.                                   | Materijal                                     | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|---|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 4.03 Keramičke pločice                        | 1.000  | 1.300            | 200.00    | 2.00   | 2300.00                     |
| 2                                      | 3.19 Cementni estrih                          | 5.000  | 1.600            | 50.00     | 2.50   | 2000.00                     |
| 3                                      | PE - folija (pričvršćena metalnim spojnicama) | 0.200  | 0.600            | 54000.00  | 108.00 | 980.00                      |
| 4                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena             | 6.000  | 0.033            | 80.00     | 4.80   | 28.00                       |
| 5                                      | 2.01 Armirani beton                           | 30.000 | 2.600            | 110.00    | 33.00  | 2500.00                     |
| 6                                      | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi              | 0.500  | 0.260            | 300000.00 | 500.00 | 1600.00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |   |        |                  |           | 581.21 |                             |

Tablica 20. Slojevi poda P1 sa karkteristikama i površinama



Stropovi iznad vanjskog zraka, iznad garaže 1 - Mk1-iznad garaže

| R.b.                                   | Materijal                                     | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|---|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 4.03 Keramičke pločice                        | 1.000  | 1.300            | 200.00    | 2.00   | 2300.00                     |
| 2                                      | 3.19 Cementni estrih                          | 5.000  | 1.600            | 50.00     | 2.50   | 2000.00                     |
| 3                                      | PE - folija (pričvršćena metalnim spoinicama) | 0.200  | 0.600            | 54000.00  | 108.00 | 980.00                      |
| 4                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena             | 4.000  | 0.033            | 80.00     | 3.20   | 28.00                       |
| 5                                      | 2.01 Armirani beton                           | 20.000 | 2.600            | 110.00    | 22.00  | 2500.00                     |
| 6                                      | Polimerno-cementno ljepilo                    | 0.500  | 0.900            | 14.00     | 0.07   | 1650.00                     |
| 7                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena             | 6.000  | 0.033            | 80.00     | 4.80   | 28.00                       |
| 8                                      | 3.01 Cementna žbuka                           | 1.000  | 1.600            | 30.00     | 0.30   | 2000.00                     |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |   |        |                  |           | 323.51 |                             |

Tablica 21. Slojevi međukatne konstrukcije Mk1sa karkteristikama i površinama

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1-krov

| R.b.                                   | Materijal                         | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.01 Cementna žbuka               | 1.000  | 1.600            | 30.00     | 0.30   | 2000.00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton               | 20.000 | 2.600            | 110.00    | 22.00  | 2500.00                     |
| 3                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 15.000 | 0.033            | 80.00     | 12.00  | 28.00                       |
| 4                                      | 2.06 Beton s laganim agregatom    | 8.000  | 1.350            | 100.00    | 8.00   | 2000.00                     |
| 5                                      | Geotekstil 150-200 g/m2           | 0.500  | 0.200            | 1000.00   | 5.00   | 900.00                      |
| 6                                      | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi  | 0.012  | 0.260            | 300000.00 | 12.00  | 1600.00                     |
| 7                                      | Geotekstil 150-200 g/m2           | 0.500  | 0.200            | 1000.00   | 5.00   | 900.00                      |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |                                   |        |                  |           | 264.93 |                             |

Tablica 22. Slojevi krova K1sa karkteristikama i površinama

Ravni krovovi iznad negrijanog prostora - K2-krov iznad negrijanog

| R.b.                                   | Materijal                         | d [cm] | $\lambda$ [W/mK] | $\mu$ [-] | sd [m] | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] |
|--|-----------------------------------|--------|------------------|-----------|--------|-----------------------------|
| 1                                      | 3.01 Cementna žbuka               | 1.000  | 1.600            | 30.00     | 0.30   | 2000.00                     |
| 2                                      | 2.01 Armirani beton               | 20.000 | 2.600            | 110.00    | 22.00  | 2500.00                     |
| 3                                      | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena | 15.000 | 0.033            | 80.00     | 12.00  | 28.00                       |
| 4                                      | 2.06 Beton s laganim agregatom    | 8.000  | 1.350            | 100.00    | 8.00   | 2000.00                     |
| 5                                      | Geotekstil 150-200 g/m2           | 0.500  | 0.200            | 1000.00   | 5.00   | 900.00                      |
| 6                                      | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi  | 0.012  | 0.260            | 300000.00 | 12.00  | 1600.00                     |
| 7                                      | Geotekstil 150-200 g/m2           | 0.500  | 0.200            | 1000.00   | 5.00   | 900.00                      |
| Definirana ploština [m <sup>2</sup> ]: |                                   |        |                  |           | 50.58  |                             |

Tablica 23. Slojevi krova K2sa karkteristikama i površinama

### 10.3.2. Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

| Naziv otvora             | Uw [W/m <sup>2</sup> K] | Orijentacija | Aw [m <sup>2</sup> ] | n    |
|--------------------------|-------------------------|--------------|----------------------|------|
| istočni otvori           | 1.50                    | Istok        | 180.84               | 1.00 |
| zapadni otvori           | 1.50                    | Zapad        | 159.60               | 1.00 |
| zapadni otvori negrijano | 1.50                    | Zapad        | 32.00                | 1.00 |
| vrata stana-jug          | 2.40                    | Jug          | 10.49                | 1.00 |
| vrata stana-zapad        | 2.40                    | Zapad        | 10.49                | 1.00 |
| vrata stana-istok        | 2.40                    | Istok        | 10.49                | 1.00 |

Tablica 24. Popis prozora i vrata sa površinama

Napomena: Broj otvora je napisan 1 jer predstavlja zbroj svih površina prozora, zbog jednostavnosti proračuna.

### 10.3.3. 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</sub> f | max  | Zadovoljava |
|----------------------|--------------|---------------------|----------------------------------|------|--------------------|------|-------------|
| dnevni boravak-istok | Istok        | 210.77              | 41.09                            | 0.19 | 0.05               | 0.20 | Da          |
| dnevni boravakzapad  | Zapad        | 218.12              | 75.39                            | 0.35 | 0.09               | 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 |
|----------------------|--------------|----------------|----------------------------------|----------------|---|
| dnevni boravak-istok | otvor istok  | 0.50           | 41.09                            | 0.60           | 1 |
| dnevni boravakzapad  | otvor zapad  | 0.50           | 75.39                            | 0.60           | 1 |

### 10.3.4. Sustav grijanja i energent za grijanje

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Sustav grijanja:  | Lokalno                       |
| Vrijeme rada sustava:   | Sustavi bez prekida rada noću |
| Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f <sub>H,hr</sub> (režim rada termotehničkog sustava za grijanje): | 1.00                          |
| Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje) – f <sub>C,day</sub> :                          | 1.00                          |

#### 10.4. Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

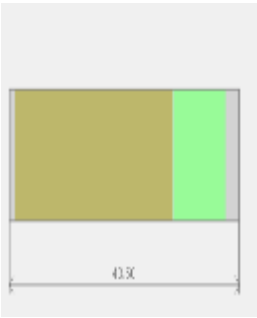
Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20.00 °C

##### 10.4.1. 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> K] | OK |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------|----|
| Z1-grijano vanjsko                  | 522.27              | 0.30                   | 0.45                                  | -  |
| Z6- negrijano vanjsko               | 56.77               | 0.30                   | 0.45                                  | -  |
| Z5-grijano prema negrijanom hodniku | 189.84              | 0.52                   | 0.60                                  | -  |
| P1                                  | 581.21              | 0.46                   | 0.50                                  | -  |
| Mk1-iznad garaže                    | 323.51              | 0.30                   | 0.30                                  | -  |
| K1-krov                             | 264.93              | 0.20                   | 0.30                                  | -  |
| k2-krov iznad negrijanog            | 50.58               | 0.20                   | 0.30                                  | ✓  |

Tablica 25. Popis građevinskih djelova za proračun sa pripadajućim svojstvima

## Vanjski zidovi - Z1-grijano vanjsko

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |                      |   |                                      |                      |                       |                       |                       |                       |  |
|---|---|----------------------|---|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|  | <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>ji</sub></b> | <b>A<sub>jz</sub></b> |  |
|   | 522.27  | 159.41               | 123.88  | 119.49                               | 119.49               | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  | 0.00                  |  |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |                      |   | U [W/m <sup>2</sup> K] = 0.30 ≤ 0.45 |                      |                       | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |  |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(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>  |   |                      | 815.05 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0.30 ≤ 0.45 |                                      |                      | ZADOVOLJAVA           |                       |                       |                       |  |

|   | <b>Slojevi građevnog dijela u smjeru</b> | <b>d[cm]</b>                                      | <b>ρ[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>λ[W/mK]</b> | <b>R[m<sup>2</sup> K/W]</b>  |
|---|--|---|----------------------------|----------------|------------------------------|
| 1   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka              | 1.000   | 1800.00                    | 1.000          | 0.010                        |
| 2   | 2.01 Armirani beton                      | 30.000  | 2500.00                    | 2.600          | 0.115                        |
| 3   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)  | 10.000  | 28.00                      | 0.033          | 3.030                        |
| 4   | Polimerno-cementno ljepilo               | 0.500   | 1650.00                    | 0.900          | 0.006                        |
| 5   | 3.16 Silikatna žbuka                     | 2.000   | 1800.00                    | 0.900          | 0.022                        |
|   |  |   |                            |                | R <sub>si</sub> = 0.130      |
|   |  |   |                            |                | R <sub>se</sub> = 0.040      |
|   |  |   |                            |                | <b>R<sub>T</sub> = 3.353</b> |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = 0.30 |  | U = 0.30 ≤ U <sub>max</sub> = 0.45                |                            |                | ZADOVOLJAVA                  |
| Plošna masa građevnog dijela <b>815.05 [kg/m<sup>2</sup>]</b>             |  | 815.05 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0.30 ≤ 0.45 |                            |                | ZADOVOLJAVA                  |

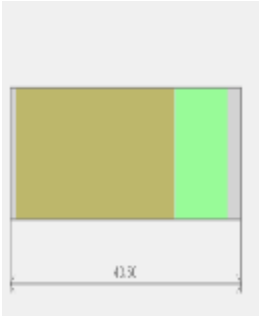
Tablica 26. Opći podaci Z1i proračun koeficijenta prolaska topline

| <b>Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)</b> |      |      |   |  |      |             |      |      |      |
|--|------|------|---|--|------|-------------|------|------|------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                             |      |      |   | Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada |      |             |      |      |      |
| Odabrani razred vlažnosti:   |      |      |   | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja              |      |             |      |      |      |
| Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:                            |      |      |   | $\theta_{int,set,H,gd} = 20.00^{\circ}\text{C}$                  |      |             |      |      |      |
| Siječanj   | 8.5  | 0.61 | 677                                       | 466  | 1189 | 1486        | 12.9 | 20.0 | 0.38 |
| Veljača  | 7.7  | 0.58 | 609                                       | 498  | 1157 | 1447        | 12.5 | 20.0 | 0.39 |
| Ožujak   | 10.4 | 0.60 | 756                                       | 389  | 1184 | 1480        | 12.8 | 20.0 | 0.25 |
| Travanj  | 15.3 | 0.60 | 1043                                      | 190  | 1252 | 1565        | 13.7 | 20.0 | 0.00 |
| Svibanj  | 20.4 | 0.56 | 1341                                      | 0  | 1341 | 1677        | 14.7 | 20.0 | 0.00 |
| Lipanj   | 25.4 | 0.54 | 1751                                      | 0  | 1751 | 2188        | 18.9 | 20.0 | 0.00 |
| Srpanj   | 25.0 | 0.49 | 1551                                      | 0  | 1551 | 1939        | 17.0 | 20.0 | 0.00 |
| Kolovoz  | 27.6 | 0.52 | 1919                                      | 0  | 1919 | 2399        | 20.4 | 20.0 | 0.00 |
| Rujan  | 22.9 | 0.59 | 1647                                      | 0  | 1647 | 2058        | 18.0 | 20.0 | 0.00 |
| Listopad   | 15.8 | 0.63 | 1130                                      | 170  | 1317 | 1647        | 14.5 | 20.0 | 0.00 |
| Studen   | 11.9 | 0.65 | 905                                       | 328  | 1266 | 1583        | 13.9 | 20.0 | 0.24 |
| Prosinac   | 10.7 | 0.61 | 785                                       | 377  | 1199 | 1499        | 13.0 | 20.0 | 0.25 |
| Površinska vlažnost  |      |      | $fR_{si} = 0.39 \leq fR_{si, max} = 0.93$ |  |      | ZADOVOLJAVA |      |      |      |

| <b>Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage</b> |          |             |
|---|----------|-------------|
| Mjesec  | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                       | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:                      |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 27. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z1

## Vanjski zidovi - Z6- negrijano vanjsko

| Opći podaci o građevnom dijelu  |  |       |       |  |       |          |             |          |          |  |
|---|--|-------|-------|--|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$   | $A_i$ | $A_z$ | $A_s$  | $A_j$ | $A_{si}$ | $A_{sz}$    | $A_{ji}$ | $A_{jz}$ |  |
|   | 56.77  | 0.00  | 56.77 | 0.00   | 0.00  | 0.00     | 0.00        | 0.00     | 0.00     |  |
|   | Toplinska zaštita:   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0.30 \leq 0.45$                   |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | Površinska vlažnost:<br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0.62 \leq 0.96$                       |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | Unutarnja kondenzacija:  |       |       | $\Sigma M_{a, god} = 0,00$                       |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | Dinamičke karakteristike:  |       |       | $815.05 \geq 100 kg/m^2$<br>$U = 0.30 \leq 0.45$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |

|  | Slojevi građevnog dijela u smjeru       | d[cm]  | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$     |
|--|---|--|----------------|-----------------|------------------|
| 1  | 3.03 Vapneno-cementna žbuka             | 1.000  | 1800.00        | 1.000           | 0.010            |
| 2  | 2.01 Armirani beton                     | 30.000   | 2500.00        | 2.600           | 0.115            |
| 3  | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 10.000   | 28.00          | 0.033           | 3.030            |
| 4  | Polimerno-cementno ljepilo              | 0.500  | 1650.00        | 0.900           | 0.006            |
| 5  | 3.16 Silikatna žbuka                    | 2.000  | 1800.00        | 0.900           | 0.022            |
|  |   |  |                |                 | $R_{si} = 0.130$ |
|  |   |  |                |                 | $R_{se} = 0.040$ |
|  |   |  |                |                 | $R_T = 3.353$    |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0.30$ |   | $U = 0.30 \leq U_{max} = 0.45$                   |                |                 | ZADOVOLJAVA      |
| Plošna masa građevnog dijela <b>815.05 [kg/m<sup>2</sup>]</b>    |   | $815.05 \geq 100 kg/m^2$<br>$U = 0.30 \leq 0.45$ |                |                 | ZADOVOLJAVA      |

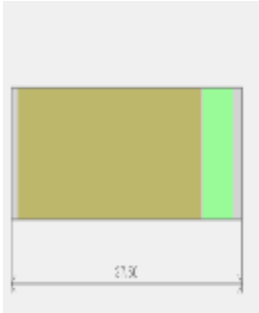
Tablica 28. Opći podaci Z6 i proračun koeficijenta prolaska topline

| <b>Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)</b> |     |      |  |  |      |             |      |      |      |
|--|-----|------|--|--|------|-------------|------|------|------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                             |     |      |  | Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada |      |             |      |      |      |
| Odabrani razred vlažnosti:   |     |      |  | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja              |      |             |      |      |      |
| Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:                            |     |      |  | $\theta_{\text{int,set,H,gd}} = 20.00^{\circ}\text{C}$           |      |             |      |      |      |
| Siječanj   | 1.0 | 0.61 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Veljača  | 1.0 | 0.58 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Ožujak   | 1.0 | 0.60 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Travanj  | 1.0 | 0.60 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Svibanj  | 1.0 | 0.56 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Lipanj   | 1.0 | 0.54 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Srpanj   | 1.0 | 0.49 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Kolovoz  | 1.0 | 0.52 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Rujan  | 1.0 | 0.59 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Listopad   | 1.0 | 0.63 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Studen   | 1.0 | 0.65 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Prosinac   | 1.0 | 0.61 | 624  | 770  | 1470 | 1470        | 12.7 | 20.0 | 0.62 |
| Površinska vlažnost  |     |      | $fR_{\text{si}} = 0.62 \leq fR_{\text{si,max}} = 0.96$ |  |      | ZADOVOLJAVA |      |      |      |

| <b>Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage</b> |          |             |
|---|----------|-------------|
| Mjesec  | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                       | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:                      |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 29. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z6

## Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z5-grijano prema negrijanom hodniku

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |        |        |  |        |          |             |          |          |      |
|---|---|--------|--------|--|--------|----------|-------------|----------|----------|------|
|  | $A_{gd}$ [m <sup>2</sup> ]  | $A_I$  | $A_Z$  | $A_S$                                  | $A_J$  | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |      |
|   | 189.84  | 159.41 | 123.88 | 119.49                                 | 119.49 | 0.00     | 0.00        | 0.00     | 0.00     | 0.00 |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |        |        | $U$ [W/m <sup>2</sup> K] = 0.52 ≤ 0.60 |        |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |        |        | $fR_{si} = 0.39 \leq 0.87$             |        |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |        |        | $\Sigma M_{a,god} = 0,00$              |        |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru       | $d$ [cm]                       | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$ [W/mK] | $R$ [m <sup>2</sup> K/W] |
|---|---|--------------------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------|
| 1   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka             | 1.000                          | 1800.00                     | 1.000            | 0.010                    |
| 2   | 2.01 Armirani beton                     | 30.000                         | 2500.00                     | 2.600            | 0.115                    |
| 3   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 5.000                          | 28.00                       | 0.033            | 1.515                    |
| 4   | Polimerno-cementno ljepilo              | 0.500                          | 1650.00                     | 0.900            | 0.006                    |
| 5   | 3.03 Vapneno-cementna žbuka             | 1.000                          | 1800.00                     | 1.000            | 0.010                    |
|   |   |                                |                             |                  | $R_{si} = 0.130$         |
|   |   |                                |                             |                  | $R_{se} = 0.130$         |
|   |   |                                |                             |                  | $R_T = 1.916$            |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U$ [W/m <sup>2</sup> K] = 0.52 |   | $U = 0.52 \leq U_{max} = 0.60$ |                             | ZADOVOLJAVA      |                          |

Tablica 30. Opći podaci Z5 i proračun koeficijenta prolaska topline



| <b>Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)</b> |      |      |   |  |      |             |      |      |      |
|--|------|------|---|--|------|-------------|------|------|------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                             |      |      |   | Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada |      |             |      |      |      |
| Odabrani razred vlažnosti:   |      |      |   | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja              |      |             |      |      |      |
| Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:                            |      |      |   | $\theta_{int,set,H,gd} = 20.00^{\circ}\text{C}$                  |      |             |      |      |      |
| Siječanj   | 8.5  | 0.61 | 677                                       | 466  | 1189 | 1486        | 12.9 | 20.0 | 0.38 |
| Veljača  | 7.7  | 0.58 | 609                                       | 498  | 1157 | 1447        | 12.5 | 20.0 | 0.39 |
| Ožujak   | 10.4 | 0.60 | 756                                       | 389  | 1184 | 1480        | 12.8 | 20.0 | 0.25 |
| Travanj  | 15.3 | 0.60 | 1043                                      | 190  | 1252 | 1565        | 13.7 | 20.0 | 0.00 |
| Svibanj  | 20.4 | 0.56 | 1341                                      | 0  | 1341 | 1677        | 14.7 | 20.0 | 0.00 |
| Lipanj   | 25.4 | 0.54 | 1751                                      | 0  | 1751 | 2188        | 18.9 | 20.0 | 0.00 |
| Srpanj   | 25.0 | 0.49 | 1551                                      | 0  | 1551 | 1939        | 17.0 | 20.0 | 0.00 |
| Kolovoz  | 27.6 | 0.52 | 1919                                      | 0  | 1919 | 2399        | 20.4 | 20.0 | 0.00 |
| Rujan  | 22.9 | 0.59 | 1647                                      | 0  | 1647 | 2058        | 18.0 | 20.0 | 0.00 |
| Listopad   | 15.8 | 0.63 | 1130                                      | 170  | 1317 | 1647        | 14.5 | 20.0 | 0.00 |
| Studen   | 11.9 | 0.65 | 905                                       | 328  | 1266 | 1583        | 13.9 | 20.0 | 0.24 |
| Prosinac   | 10.7 | 0.61 | 785                                       | 377  | 1199 | 1499        | 13.0 | 20.0 | 0.25 |
| Površinska vlažnost  |      |      | $fR_{si} = 0.39 \leq fR_{si, max} = 0.87$ |  |      | ZADOVOLJAVA |      |      |      |

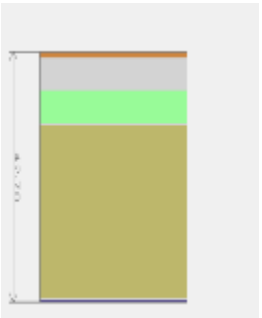
| <b>Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage</b> |          |             |
|---|----------|-------------|
| Mjesec  | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                       | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:                      |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 31. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Z5

### Unutarnji zidovi Z2,Z3,Z4

*Nije relevantno za proračun koeficijenta prolaska topline jer se radi o zidu između grijanih prostora.*

## Podovi na tlu -P1

| Opći podaci o građevnom dijelu  |  |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|---|--|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|--|
|  | $A_{gd} [m^2]$   | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$                          | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$    | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |  |
|   | 581.21   | 0.00  | 0.00  | 0.00                           | 0.00  | 0.00     | 0.00        | 0.00     | 0.00     |  |
|   | Toplinska zaštita:   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0.46 \leq 0.50$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   | Površinska vlažnost:<br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0.00 \leq 0.88$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |  |
|   |  |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |
|   |  |       |       |                                |       |          |             |          |          |  |

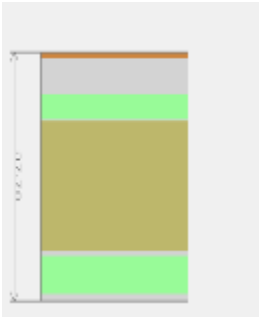
|  | Slojevi građevnog dijela u smjeru             | d[cm]                          | $\rho[kg/m^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$     |  |
|--|---|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------|--|
| 1  | 4.03 Keramičke pločice                        | 1.000                          | 2300.00        | 1.300           | 0.008            |  |
| 2  | 3.19 Cementni estrih                          | 5.000                          | 2000.00        | 1.600           | 0.031            |  |
| 3  | PE - folija (pričvršćena metalnim spojnicama) | 0.200                          | 980.00         | 0.600           | 0.003            |  |
| 4  | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)       | 6.000                          | 28.00          | 0.033           | 1.818            |  |
| 5  | 2.01 Armirani beton                           | 30.000                         | 2500.00        | 2.600           | 0.115            |  |
| 6  | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB          | 0.500                          | 1600.00        | 0.260           | 0.019            |  |
|  |   |                                |                |                 | $R_{si} = 0.170$ |  |
|  |   |                                |                |                 | $R_{se} = 0.000$ |  |
|  |   |                                |                |                 | $R_T = 2.165$    |  |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0.46$ |   | $U = 0.46 \leq U_{max} = 0.50$ |                | ZADOVOLJAVA     |                  |  |

Tablica 32. Opći podaci P1 i proračun koeficijenta prolaska topline

| Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788) |  |  |   |  |          |                    |       |                        |           |
|---|--|--|---|--|----------|--------------------|-------|------------------------|-----------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                      |  |  |   | Stalna relativna vlažnost u prostoriji - pretežno klimatizirana zgrada |          |                    |       |                        |           |
| Odabrani razred vlažnosti:  |  |  |   | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja                    |          |                    |       |                        |           |
| Mjesec  |  |  | $\Theta_e$                                | $\Theta_i$   | $\phi_i$ | $\Theta_{si, min}$ | $p_i$ | $p_{sat}(\Theta_{si})$ | $fR_{si}$ |
| Siječanj  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Veljača   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Ožujak  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Travanj   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Svibanj   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Lipanj  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Srpanj  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Kolovoz   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Rujan   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Listopad  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Studeni   |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Prosinac  |  |  | 16.9                                      | 20.0   | 1924.41  | 0.5                | 14    | 1285                   | 1606.65   |
| Površinska vlažnost   |  |  | $fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.88$ |  |          | ZADOVOLJAVA        |       |                        |           |

Tablica 33. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti P1

### Stropovi iznad vanjskog zraka, iznad garaže - Mk1-iznad garaže

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |
|---|---|-------|-------|--------------------------------|-------|----------|-------------|----------|----------|
|   | $A_{gd} [m^2]$  | $A_l$ | $A_z$ | $A_s$                          | $A_j$ | $A_{si}$ | $A_{sz}$    | $A_{jl}$ | $A_{jz}$ |
|   | 323.51  | 0.00  | 0.00  | 0.00                           | 0.00  | 0.00     | 0.00        | 0.00     | 0.00     |
|  | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0.30 \leq 0.30$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0.39 \leq 0.93$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |       |       | $\Sigma M_{a, god} = 0,00$     |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |
|   |   |       |       |                                |       |          |             |          |          |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru | d[cm] | $\rho [kg/m^3]$ | $\lambda [W/mK]$ | $R [m^2 K/W]$ |
|---|-----------------------------------|-------|-----------------|------------------|---------------|
| 1 | 4.03 Keramičke pločice            | 1.000 | 2300.00         | 1.300            | 0.008         |

|   |   |                                |         |             |                  |
|---|---|--------------------------------|---------|-------------|------------------|
| 2   | 3.19 Cementni estrih                        | 5.000                          | 2000.00 | 1.600       | 0.031            |
| 3   | PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica) | 0.200                          | 980.00  | 0.600       | 0.003            |
| 4   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)     | 4.000                          | 28.00   | 0.033       | 1.212            |
| 5   | 2.01 Armirani beton                         | 20.000                         | 2500.00 | 2.600       | 0.077            |
| 6   | Polimerno-cementno ljepilo                  | 0.500                          | 1650.00 | 0.900       | 0.006            |
| 7   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)     | 6.000                          | 28.00   | 0.033       | 1.818            |
| 8   | 3.01 Cementna žbuka                         | 1.000                          | 2000.00 | 1.600       | 0.006            |
|   |   |                                |         |             | $R_{si} = 0.170$ |
|   |   |                                |         |             | $R_{se} = 0.040$ |
|   |   |                                |         |             | $R_T = 3.371$    |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$ |   | $U = 0.30 \leq U_{max} = 0.30$ |         | ZADOVOLJAVA |                  |

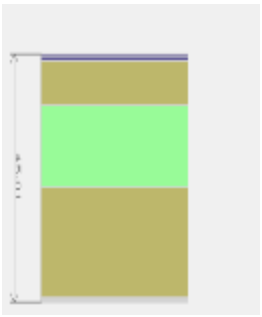
Tablica 34. Opći podaci Mkl i proračun koeficijenta prolaska topline

| Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788) |      |      |  |  |      |             |      |      |      |
|---|------|------|--|--|------|-------------|------|------|------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                      |      |      |  | Primjena razreda vlažnosti u prostoriji - neklimatizirana zgrada |      |             |      |      |      |
| Odabrani razred vlažnosti:  |      |      |  | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja              |      |             |      |      |      |
| Unutarnja temperatura grijanja uz građevni dio:                     |      |      |  | $\theta_{int,set,H,gd} = 20.00^\circ C$                          |      |             |      |      |      |
| Siječanj  | 8.5  | 0.61 | 677                                      | 466  | 1189 | 1486        | 12.9 | 20.0 | 0.38 |
| Veljača   | 7.7  | 0.58 | 609                                      | 498  | 1157 | 1447        | 12.5 | 20.0 | 0.39 |
| Ožujak  | 10.4 | 0.60 | 756                                      | 389  | 1184 | 1480        | 12.8 | 20.0 | 0.25 |
| Travanj   | 15.3 | 0.60 | 1043                                     | 190  | 1252 | 1565        | 13.7 | 20.0 | 0.00 |
| Svibanj   | 20.4 | 0.56 | 1341                                     | 0  | 1341 | 1677        | 14.7 | 20.0 | 0.00 |
| Lipanj  | 25.4 | 0.54 | 1751                                     | 0  | 1751 | 2188        | 18.9 | 20.0 | 0.00 |
| Srpanj  | 25.0 | 0.49 | 1551                                     | 0  | 1551 | 1939        | 17.0 | 20.0 | 0.00 |
| Kolovoz   | 27.6 | 0.52 | 1919                                     | 0  | 1919 | 2399        | 20.4 | 20.0 | 0.00 |
| Rujan   | 22.9 | 0.59 | 1647                                     | 0  | 1647 | 2058        | 18.0 | 20.0 | 0.00 |
| Listopad  | 15.8 | 0.63 | 1130                                     | 170  | 1317 | 1647        | 14.5 | 20.0 | 0.00 |
| Studeni   | 11.9 | 0.65 | 905                                      | 328  | 1266 | 1583        | 13.9 | 20.0 | 0.24 |
| Prosinac  | 10.7 | 0.61 | 785                                      | 377  | 1199 | 1499        | 13.0 | 20.0 | 0.25 |
| Površinska vlažnost   |      |      | $fR_{si} = 0.39 \leq fR_{si,max} = 0.93$ |  |      | ZADOVOLJAVA |      |      |      |

| Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage |          |             |
|--|----------|-------------|
| Mjesec   | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:               |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 35. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti Mkl

**Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1-krov**

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |                |   |                                      |                |                 |                 |                 |                 |      |
|---|---|----------------|---|--------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
|  | 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>Jl</sub> | A <sub>JZ</sub> |      |
|   | 264.93  | 0.00           | 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] = 0.20 ≤ 0.30 |                |                 | ZADOVOLJAVA     |                 |                 |      |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni φ <sub>si</sub> ≤ 0,8) |                |   | fR <sub>si</sub> = 0.00 ≤ 0.97       |                |                 | ZADOVOLJAVA     |                 |                 |      |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |                |   | ΣM <sub>a,god</sub> = 0,00           |                |                 | ZADOVOLJAVA     |                 |                 |      |
| <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |   |                | 693.39 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0.20 ≤ 0.30 |                                      |                | 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  | 3.01 Cementna žbuka                     | 1.000   | 2000.00               | 1.600       | 0.006                        |
| 2  | 2.01 Armirani beton                     | 20.000  | 2500.00               | 2.600       | 0.077                        |
| 3  | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 15.000  | 28.00                 | 0.033       | 4.545                        |
| 4  | 2.06 Beton s laganim agregatom          | 8.000   | 2000.00               | 1.350       | 0.059                        |
| 5  | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>     | 0.500   | 900.00                | 0.200       | 0.025                        |
| 6  | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB    | 0.012   | 1600.00               | 0.260       | 0.000                        |
| 7  | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>     | 0.500   | 900.00                | 0.200       | 0.025                        |
|  |   |   |                       |             | R <sub>si</sub> = 0.100      |
|  |   |   |                       |             | R <sub>se</sub> = 0.040      |
|  |   |   |                       |             | <b>R<sub>T</sub> = 4.878</b> |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m <sup>2</sup> K] = |   | U = 0.20 ≤ U <sub>max</sub> = 0.30                |                       | ZADOVOLJAVA |                              |
| Plošna masa građevnog dijela <b>693.39 [kg/m<sup>2</sup>]</b>        |   | 693.39 ≥ 100 kg/m <sup>2</sup><br>U = 0.20 ≤ 0.30 |                       | ZADOVOLJAVA |                              |

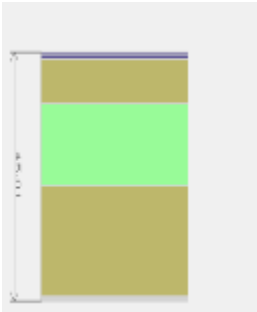
Tablica 36. Opći podaci K1 i proračun koeficijenta prolaska topline

| Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788) |            |          |   |      |   |       |                        |                    |            |           |
|---|------------|----------|---|------|---|-------|------------------------|--------------------|------------|-----------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                      |            |          |   |      | Poznat dovod vlage i promjenjiv broj izmjena zraka  |       |                        |                    |            |           |
| Odabrani razred vlažnosti:  |            |          |   |      | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja |       |                        |                    |            |           |
| Produkcija vlage u unutarnjem prostoru:                             |            |          |   |      | G [kg/h] = 0.00                                     |       |                        |                    |            |           |
| Mjesec  | $\Theta_e$ | $\phi_e$ | $p_e$                                     | n    | $\Delta p$  | $p_i$ | $p_{sat}(\Theta_{si})$ | $\Theta_{si, min}$ | $\Theta_i$ | $fR_{si}$ |
| Siječanj  | 1.0        | 0.61     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Veljača   | 1.0        | 0.58     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Ožujak  | 1.0        | 0.60     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Travanj   | 1.0        | 0.60     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Svibanj   | 1.0        | 0.56     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Lipanj  | 1.0        | 0.54     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Srpanj  | 1.0        | 0.49     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Kolovoz   | 1.0        | 0.52     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Rujan   | 1.0        | 0.59     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Listopad  | 1.0        | 0.63     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Studenj   | 1.0        | 0.65     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Prosinac  | 1.0        | 0.61     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Površinska vlažnost   |            |          | $fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.97$ |      |   |       | ZADOVOLJAVA            |                    |            |           |

| Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage |          |             |
|--|----------|-------------|
| Mjesec   | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:               |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 37. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti K1

## Ravni krovovi iznad negrijanog prostora 2 - K2-krov iznad negrijanog

| Opći podaci o građevnom dijelu  |   |       |       |  |       |          |             |          |          |      |
|---|---|-------|-------|--|-------|----------|-------------|----------|----------|------|
|   | $A_{gd} [m^2]$  | $A_l$ | $A_z$ | $A_s$  | $A_j$ | $A_{si}$ | $A_{sz}$    | $A_{ji}$ | $A_{jz}$ |      |
|  | 50.58   | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00     | 0.00        | 0.00     | 0.00     | 0.00 |
|   | <b>Toplinska zaštita:</b>   |       |       | $U [W/m^2 K] = 0.20 \leq 0.30$                           |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |
|   | <b>Površinska vlažnost:</b><br>(Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$ ) |       |       | $fR_{si} = 0.00 \leq 0.97$                               |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |
|   | <b>Unutarnja kondenzacija:</b>  |       |       | $\Sigma M_{a,god} = 0,00$                                |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |
|   | <b>Dinamičke karakteristike:</b>  |       |       | $693.39 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0.20 \leq 0.30$ |       |          | ZADOVOLJAVA |          |          |      |

|   | Slojevi građevnog dijela u smjeru       | d[cm]  | $\rho[\text{kg/m}^3]$ | $\lambda[W/mK]$ | $R[m^2 K/W]$                    |
|---|---|--|-----------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1   | 3.01 Cementna žbuka                     | 1.000  | 2000.00               | 1.600           | 0.006                           |
| 2   | 2.01 Armirani beton                     | 20.000   | 2500.00               | 2.600           | 0.077                           |
| 3   | 7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 15.000   | 28.00                 | 0.033           | 4.545                           |
| 4   | 2.06 Beton s laganim agregatom          | 8.000  | 2000.00               | 1.350           | 0.059                           |
| 5   | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>     | 0.500  | 900.00                | 0.200           | 0.025                           |
| 6   | 5.06 Polim. hidro. traka na bazi PIB    | 0.012  | 1600.00               | 0.260           | 0.000                           |
| 7   | Geotekstil 150-200 g/m <sup>2</sup>     | 0.500  | 900.00                | 0.200           | 0.025                           |
|   |   |  |                       |                 | $R_{si} = 0.100$                |
|   |   |  |                       |                 | $R_{se} = 0.040$                |
|   |   |  |                       |                 | <b><math>R_T = 4.878</math></b> |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] =$   |   | $U = 0.20 \leq U_{max} = 0.30$                           |                       | ZADOVOLJAVA     |                                 |
| Plošna masa građevnog dijela <b>693.39 [kg/m<sup>2</sup>]</b> |   | $693.39 \geq 100 \text{ kg/m}^2$<br>$U = 0.20 \leq 0.30$ |                       | ZADOVOLJAVA     |                                 |

Tablica 38. Opći podaci K2 i proračun koeficijenta prolaska topline

| <b>Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti (HRN EN ISO 13788)</b> |            |          |   |      |   |       |                        |                    |            |           |
|--|------------|----------|---|------|---|-------|------------------------|--------------------|------------|-----------|
| Odabrani način proračuna površinske vlažnosti:                             |            |          |   |      | Poznat dovod vlage i promjenjiv broj izmjena zraka  |       |                        |                    |            |           |
| Odabrani razred vlažnosti:   |            |          |   |      | Stambene prostorije s malim intenzitetom korištenja |       |                        |                    |            |           |
| Produkcija vlage u unutarnjem prostoru:                                    |            |          |   |      | G [kg/h] = 0.00                                     |       |                        |                    |            |           |
| Mjesec   | $\Theta_e$ | $\phi_e$ | $p_e$                                     | n    | $\Delta p$  | $p_i$ | $p_{sat}(\Theta_{si})$ | $\Theta_{si, min}$ | $\Theta_i$ | $fR_{si}$ |
| Siječanj   | 1.0        | 0.61     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Veljača  | 1.0        | 0.58     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Ožujak   | 1.0        | 0.60     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Travanj  | 1.0        | 0.60     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Svibanj  | 1.0        | 0.56     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Lipanj   | 1.0        | 0.54     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Srpanj   | 1.0        | 0.49     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Kolovoz  | 1.0        | 0.52     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Rujan  | 1.0        | 0.59     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Listopad   | 1.0        | 0.63     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Studen   | 1.0        | 0.65     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Prosinac   | 1.0        | 0.61     | 624                                       | 0.00 | 0   | 624   | 624                    | 0.3                | 20.0       | 0.00      |
| Površinska vlažnost  |            |          | $fR_{si} = 0.00 \leq fR_{si, max} = 0.97$ |      |   |       | ZADOVOLJAVA            |                    |            |           |

| <b>Mjesečni proračun kondenzacije i akumulacije vlage</b> |          |             |
|---|----------|-------------|
| Mjesec  | $g_{c1}$ | $M_{a1}$    |
| Siječanj - Prosinac                                       | 0,00000  | 0,00000     |
| U pogledu kondenzacije građevni dio:                      |          | ZADOVOLJAVA |

Tablica 39. Proračun najveće dozvoljene površinske vlažnosti K2



#### 10.4.2. 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 uzeti u obzir povećanjem  $U$ , svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za  $UTM = 0,05 W/(m^2 K)$ .

| Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka  |                 |
|--|-----------------|
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K]      | 808.068         |
| Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K] | 90.764          |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U$ [W/K]      | 202.852         |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K]      | 0.000           |
| <b>Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, <math>H_{Tr}</math> [W/K]</b> | <b>1101.684</b> |

Tablica 40. Koeficijent transmisijskih gubitaka

#### 10.4.3. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

| Naziv građevnog dijela | $(U + 0.05) \cdot A$ |
|------------------------|----------------------|
| Z1-grijano vanjsko     | 181.854              |
| K1-krov                | 67.554               |

Tablica 41. Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun  $H_D$

#### 10.4.4. Gubici topline kroz vanjske otvore

| Naziv otvora            | n    | $A_w$  | $U_w$ | $H_D$  |
|-------------------------|------|--------|-------|--------|
| istočni otvori          | 1.00 | 180.84 | 1.50  | 271.26 |
| zapani otvori           | 1.00 | 159.60 | 1.50  | 239.40 |
| zapani otvori negrijano | 1.00 | 32.00  | 1.50  | 48.00  |
| vrata stana-jug         | 1.00 | 10.49  | 2.40  | 25.18  |
| vrata stana-zapad       | 1.00 | 10.49  | 2.40  | 25.18  |
| vrata stana-istok       | 1.00 | 10.49  | 2.40  | 25.18  |

Tablica 42. Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade

#### 10.4.5. Proračun građevnih dijelova u kontaktu s tлом (HRN EN ISO 13370)

| Gubitak | A<br>[m <sup>2</sup> ] | P<br>[m] | B<br>[m] | d <sub>t</sub><br>[m] | R <sub>f</sub><br>[m <sup>2</sup><br>K/W] | K.p.<br>[W/mK]      | ΔΨ<br>[W/mK] | U <sub>o</sub><br>[W/m <sup>2</sup><br>K] | U<br>[W/m <sup>2</sup><br>K] | d'<br>[m] | R'<br>[m] | R <sub>n</sub><br>[m <sup>2</sup><br>K/W] | d <sub>n</sub><br>[cm] | R.i. | D<br>[m] | Ψ <sub>g</sub><br>[W/mK] | H <sub>g</sub><br>[W/mK] |
|---------|------------------------|----------|----------|-----------------------|---|---------------------|--------------|---|------------------------------|-----------|-----------|---|------------------------|------|----------|--------------------------|--------------------------|
| G1      | 581.21                 | 24.05    | 48.33    | 7.80                  | 1.93                                      | 3.50 <sup>(1)</sup> | -0.03        | 0.13                                      | 0.13                         | 1.92      | 0.55      | 0.56                                      | 2.00                   | (A)  | 1.00     | 0.60                     | 90.76                    |

Tablica 43. Gubici kroz pod na tlo

#### 10.4.6. Gubici topline kroz negrijane prostore

Korištene kratice:

G.g.d. – Granični građevni dijelovi

G.o. – Granični otvori

Z. - Zrakopropusnost

| R.b. | G.g.d. | G.o. | Z. | V [m <sup>3</sup> ] | n <sub>ue</sub> | b    | H <sub>u</sub> |
|------|--------|------|----|---------------------|-----------------|------|----------------|
| 1    | (1)    | (a)  | *  | 436.80              | 0.50            | 0.48 | 202.85         |

Tablica 44. Gubici topline kroz negrijane prostore

<sup>(1)</sup> Z6- negrijano vanjsko, Z5-grijano prema negrijanom hodniku, Z6- negrijano vanjsko

<sup>(a)</sup> zapadni otvori, zapadni otvori, vrata stana-jug, vrata stana-jug

\* Svi spojevi između dijelova su dobro zabrtvljeni, nije predviđena nikakva ventilacija.

U promatranoj zoni nema definiranih gubitaka kroz susjedne zgrade.

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

| Potrebni podaci  | Oznaka           | Vrijednost | Mierna             |
|--|------------------|------------|--------------------|
| Oplošje grijanog dijela zgrade   | A                | 2253.67    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Obujam grijanog dijela zgrade  | V <sub>e</sub>   | 2964.98    | [m <sup>3</sup> ]  |
| Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11) | V                | 2371.98    | [m <sup>3</sup> ]  |
| Faktor oblika zgrade   | f <sub>o</sub>   | 0.76       | [m <sup>-1</sup> ] |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade                                   | A <sub>K</sub>   | 1294.04    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Proračunska ploština korisne površine grijanog                                     | A <sub>K'</sub>  | 1294.04    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama   | A <sub>f</sub>   | 1423.44    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Ukupna ploština pročelja   | A <sub>uk</sub>  | 1266.99    | [m <sup>2</sup> ]  |
| Ukupna ploština prozora  | A <sub>wuk</sub> | 372.44     | [m <sup>2</sup> ]  |

Tablica 45. Potrebni podaci za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje

### 10.5.1. Toplinski dobici

#### Uključivanje grijanja

Temperatura manja od 12 °C

#### a) Transmisijski gubici

| <b>Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790</b>   |  |
|--|--|
| $H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$   |  |
| $H_D$ - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu<br>$H_{g,avg}$ - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu<br>$H_U$ - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru<br>$H_A$ - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi |  |
| $H_{Tr}$ - Koeficijent transmisijske izmjene topline   |  |

#### b) Gubici provjetravanjem

| <b>Proračun protoka zraka</b>   |   |
|---|---|
| Referentna površina zone  | $A = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$                |
| Neto volumen zone   | $V = 2371.98 \text{ [m}^3\text{]}$                |
| Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa              | $n_{50} = 2.00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$           |
| Površina kanala   | $A_{duct} = 0.00 \text{ [m}^2\text{]}$            |
| Površina kanala smještenih unutar zone                                | $A_{indoorduct} = 0.00 \text{ [m}^2\text{]}$      |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra                                  | $e_{wind} = 0.03 \text{ [-]}$                     |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra                                  | $f_{wind} = 20.00 \text{ [-]}$                    |
| Dnevno vrijeme korištenja zone  | $t_{Kor} = 24.00 \text{ [h]}$                     |
| Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije                   | $t_{v,mech} = 24.00 \text{ [h]}$                  |
| Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine | $V_A = 0.00 \text{ [m}^3\text{ / (hm}^2\text{)]}$ |
| Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka                        | $n_{req} = 0.50 \text{ [h}^{-1}\text{]}$          |

#### c) Ukupni gubici topline

| <b>Način grijanja</b>         |   |
|-------------------------------|---|
| Sustavi bez prekida rada noću | $\theta_{int,set,H} = 20.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$ |

**Mjesečni gubici topline [kWh]**

| Mjesec   | Toplinski gubici hlađenja [kWh] | Toplinski gubici grijanja [kWh] | Koef. topl. gubitka za hlađenje [W/K] | Koef. topl. gubitka za grijanje [W/K] |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Siječanj | 17199.27                        | 12891.11                        | 1463.12                               | 1468.37                               |
| Veljača  | 15423.69                        | 11529.50                        | 1462.29                               | 1466.93                               |
| Ožujak   | 14144.96                        | 9832.94                         | 1462.47                               | 1468.48                               |
| Travanj  | 10030.83                        | 5869.01                         | 1465.21                               | 1479.83                               |
| Svibanj  | 5290.77                         | 0.00                            | 1693.16                               | -758.10                               |
| Lipanj   | 61.71                           | 0.00                            | 856.99                                | 1294.80                               |
| Srpanj   | 0.00                            | 0.00                            | 656.83                                | 1289.79                               |
| Kolovoz  | 0.00                            | 0.00                            | 1227.46                               | 1343.55                               |
| Rujan    | 4522.49                         | 0.00                            | 2233.33                               | 1150.16                               |
| Listopad | 7290.65                         | 2966.86                         | 1461.67                               | 1474.66                               |
| Studen   | 11902.26                        | 7727.88                         | 1462.37                               | 1469.46                               |
| Prosinac | 16232.58                        | 11931.76                        | 1464.70                               | 1471.88                               |

**Godišnji gubici topline [kWh]**

|          | Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja |
|----------|---------------------------|---------------------------|
| Godišnje | 102099.22                 | 62749.07                  |

**d) Solarni dobici**

| Solarni toplinski dobici [kWh] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mjesec                         | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
| $Q_{sol,k}$                    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| $Q_{sol,u,l}$                  | 1937 | 2621 | 3848 | 4557 | 5570 | 6076 | 6380 | 5658 | 4532 | 3595 | 2089 | 1646 |
| $Q_{sol}$                      | 1937 | 2621 | 3848 | 4557 | 5570 | 6076 | 6380 | 5658 | 4532 | 3595 | 2089 | 1646 |

*Napomena: Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 12.4.4. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 12.4.1.. ovoga elaborata.*

**e) Unutarnji dobici topline**

Mjesečni unutarnji dobici topline

| Mj.       | I        | II       | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII     | IX       | X        | XI       | XII      |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| $Q_{int}$ | 4,813.83 | 4,347.98 | 4,813.83 | 4,658.54 | 4,813.83 | 4,658.54 | 4,813.83 | 4,813.83 | 4,658.54 | 4,813.83 | 4,658.54 | 4,813.83 |

**f) Ukupni dobici topline**

| Ukupni dobici topline    |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Unutarnji dobici topline | $Q_{int} = 56,678.95$ [kWh] |
| Solarni dobici topline   | $Q_{sol} = 48,508.28$ [kWh] |
| Ostali dobici topline    | $Q' = 0.00$ [MJ]            |

| Mjesec   | Toplinski dobici [MJ] | Toplinski dobici [kWh] |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Siječanj | 24302.42              | 6750.67                |
| Veljača  | 25086.64              | 6968.51                |
| Ožujak   | 31184.01              | 8662.23                |
| Travanj  | 33177.38              | 9215.94                |
| Svibanj  | 37381.56              | 10383.77               |
| Lipanj   | 38644.45              | 10734.57               |
| Srpanj   | 40297.25              | 11193.68               |
| Kolovoz  | 37698.92              | 10471.92               |
| Rujan    | 33085.84              | 9190.51                |
| Listopad | 30272.13              | 8408.92                |
| Studen   | 24289.70              | 6747.14                |
| Prosinac | 23253.72              | 6459.37                |

*Tablica 46. Mjesečni dobici topline*

|          | Toplinski dobici [MJ] | Toplinski dobici [kWh] |
|----------|-----------------------|------------------------|
| Godišnje | 378674.03             | 105187.23              |

*Tablica 47. Godišnji dobici topline*

### 10.5.2. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje

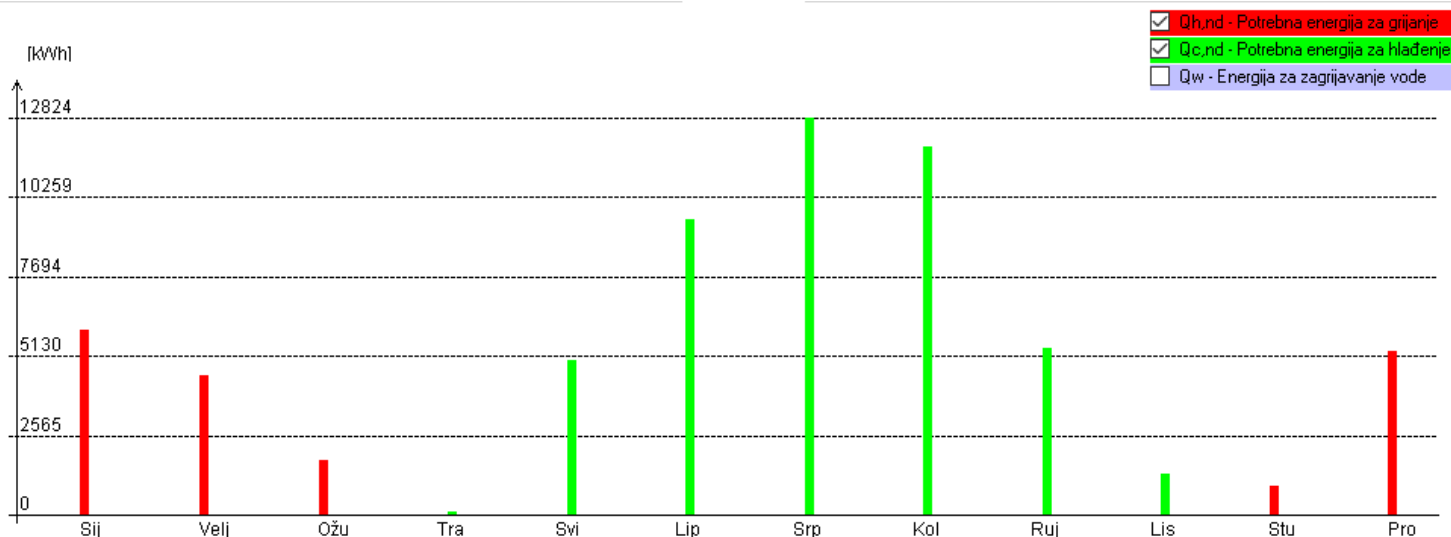
Lagana zgrada, plošna masa zidova  $250 \geq m' > 100 \text{ kg/m}^2$ ;  $C_m = 110000 \text{ A}_f \text{ [kJ/K]}$ ;  $C_m = 156578400.00 \text{ [J/K]}$

| Mjesec   | $Q_{H,tr}$ | $Q_{H,ve}$ | $Q_{H,ht}$<br>[kWh] | $Q_{H,sol}$ | $Q_{H,int}$ | $Q_{H,gn}$<br>[kWh] | $\gamma_H$ | $\eta_{H,gn}$ | $\alpha_{red,H}$ | $L_{H,m}$ | $Q_{H,nd}$<br>[kWh] |
|----------|------------|------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------|------------|---------------|------------------|-----------|---------------------|
| MJESEČNO |            |            |                     |             |             |                     |            |               |                  |           |                     |
| Siječanj | 9,054      | 3,837      | 12,891              | 1,937       | 4,814       | 6,751               | 0.52       | 0.920         | 1.00             | 31.00     | 6,002               |
| Veljača  | 8,094      | 3,436      | 11,530              | 2,621       | 4,348       | 6,969               | 0.60       | 0.892         | 1.00             | 28.00     | 4,549               |
| Ožujak   | 6,906      | 2,927      | 9,833               | 3,848       | 4,814       | 8,662               | 0.88       | 0.788         | 1.00             | 31.00     | 1,781               |
| Travanj  | 4,135      | 1,734      | 5,869               | 4,557       | 4,659       | 9,216               | 1.57       | 0.561         | 1.00             | 5.00      | 0                   |
| Svibanj  | -178       | 65         | -113                | 5,570       | 4,814       | 10,384              | 1,000.00   | 0.001         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Lipanj   | -2,408     | -1,227     | -3,636              | 6,076       | 4,659       | 10,735              | 1,000.00   | 0.001         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Srpanj   | -4,187     | -2,146     | -6,333              | 6,380       | 4,814       | 11,194              | 1,000.00   | 0.001         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Kolovoz  | -4,308     | -2,077     | -6,385              | 5,658       | 4,814       | 10,472              | 1,000.00   | 0.001         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Rujan    | -610       | -374       | -983                | 4,532       | 4,659       | 9,191               | 1,000.00   | 0.001         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Listopad | 2,087      | 879        | 2,967               | 3,595       | 4,814       | 8,409               | 2.83       | 0.341         | 1.00             | 0.00      | 0                   |
| Studeni  | 5,429      | 2,299      | 7,728               | 2,089       | 4,659       | 6,747               | 0.87       | 0.791         | 1.00             | 22.00     | 964                 |
| Prosinac | 8,388      | 3,543      | 11,932              | 1,646       | 4,814       | 6,459               | 0.54       | 0.914         | 1.00             | 31.00     | 5,321               |
| UKUPNO   |            |            |                     |             |             |                     |            |               |                  |           | 18618               |

Tablica 48. Potrebna energija za grijanje po mjesecima

Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja  $\theta_{int,set,C} = 24.00 \text{ [}^\circ\text{C]}$

| Mjesec   | $Q_{C,tr}$ | $Q_{C,ve}$ | $Q_{C,ht}$<br>[kWh] | $Q_{C,sol}$ | $Q_{C,int}$ | $Q_{C,gn}$<br>[kWh] | $\gamma_C$ | $\eta_{C,ls}$ | $\alpha_{red,C}$ | $Q_{C,nd}$<br>[kWh] |
|----------|------------|------------|---------------------|-------------|-------------|---------------------|------------|---------------|------------------|---------------------|
| MJESEČNO |            |            |                     |             |             |                     |            |               |                  |                     |
| Siječanj | 12,061     | 5,138      | 17,199              | 1,937       | 4,814       | 6,751               | 0.39       | 0.376         | 1.00             | 0                   |
| Veljača  | 10,813     | 4,610      | 15,424              | 2,621       | 4,348       | 6,969               | 0.45       | 0.426         | 1.00             | 0                   |
| Ožujak   | 9,917      | 4,228      | 14,145              | 3,848       | 4,814       | 8,662               | 0.61       | 0.545         | 1.00             | 0                   |
| Travanj  | 7,038      | 2,992      | 10,031              | 4,557       | 4,659       | 9,216               | 0.92       | 0.710         | 1.00             | 132                 |
| Svibanj  | 3,925      | 1,366      | 5,291               | 5,570       | 4,814       | 10,384              | 1.96       | 0.924         | 1.00             | 5,035               |
| Lipanj   | 30         | 31         | 62                  | 6,076       | 4,659       | 10,735              | 173.96     | 1.000         | 1.00             | 9,565               |
| Srpanj   | -425       | -846       | -1,271              | 6,380       | 4,814       | 11,194              | 1,000.00   | 1.000         | 1.00             | 12,824              |
| Kolovoz  | -1,404     | -776       | -2,180              | 5,658       | 4,814       | 10,472              | 1,000.00   | 1.000         | 1.00             | 11,922              |
| Rujan    | 3,637      | 885        | 4,522               | 4,532       | 4,659       | 9,191               | 2.03       | 0.930         | 1.00             | 5,384               |
| Listopad | 5,110      | 2,180      | 7,291               | 3,595       | 4,814       | 8,409               | 1.15       | 0.793         | 1.00             | 1,368               |
| Studeni  | 8,345      | 3,558      | 11,902              | 2,089       | 4,659       | 6,747               | 0.57       | 0.513         | 1.00             | 0                   |
| Prosinac | 11,388     | 4,844      | 16,233              | 1,646       | 4,814       | 6,459               | 0.40       | 0.381         | 1.00             | 0                   |
| UKUPNO   |            |            |                     |             |             |                     |            |               |                  | 46230               |



Tablica 48. Graf potrošnje energije po mjesecima

### 10.5.3. 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 više |   |
|--|---|
| Oplošje grijanog dijela zgrade   | $A = 2253.67 \text{ [m}^2\text{]}$                            |
| Obujam grijanog dijela zgrade  | $V_e = 2964.98 \text{ [m}^3\text{]}$                          |
| Faktor oblika zgrade   | $f_o = 0.76 \text{ [m}^{-1}\text{]}$                          |
| Ploština korisne površine grijanog dijela  | $A_k = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$                          |
| Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela  | $A_{k'} = 1294.04 \text{ [m}^2\text{]}$                       |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje  | $Q_{H,nd} = 18617.55 \text{ [kWh/a]}$                         |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)  | $Q''_{H,nd} = 14.39 \text{ (max = 38.78) [kWh/m}^2\text{ a]}$ |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže)  | $Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$          |
| Godišnja potrebna energija za hlađenje   | $Q_{C,nd} = 46230.30 \text{ [kWh/a]}$                         |
| Ukupna isporučena energija   | $E_{del} = 0.00 \text{ [kWh/a]}$                              |
| Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne  | $E''_{del} = \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$                      |
| Ukupna primarna energija   | $E_{prim} = 0.00 \text{ [kWh/a]}$                             |
| Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine   | $E''_{prim} = 0.00 \text{ (max = 50.00) [kWh/m}^2\text{ a]}$  |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade   | $H'_{tr,adj} = 0.49 \text{ (max = 0.65) [W/m}^2\text{ K]}$    |

Tablica 49. Rezultati proračuna

## 10.6. Iskaznica energetskih svojstva zgrade

| OPIS ZGRADE   |                                      |                   |
|---|--------------------------------------|-------------------|
| Nova zgrada ili rekonstrukcija/značajna obnova  | Nova zgrada                          |                   |
| Naziv zgrade ili dijela zgrade  | Zona 1                               |                   |
| Vrsta zgrade  | Višestambena                         |                   |
| Namjena zgrade  | Stambeni dio                         |                   |
| Adresa/lokacija zgrade (ulica i kućni broj, poštanski broj, mjesto, nadmorska visina)   | ulica Frane Supila<br>N.v.: 122.00 m |                   |
| Mjesec i godina izrade projekta   | Ožujak 2021. godine                  |                   |
| Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ (m <sup>2</sup> )  | 2253.67                              |                   |
| Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ (m <sup>3</sup> )   | 2964.98                              |                   |
| Faktor oblika zgrade $f_o$ (m <sup>-1</sup> )   | 0.76                                 |                   |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_k$ (m <sup>2</sup> )  | 1294.04                              |                   |
| 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                                |                   |
| POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA GRIJANJE I HLAĐENJE ZGRADE   |                                      |                   |
| Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]   | 18617.55                             |                   |
| 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> |
|   | 38.78                                | 14.39             |
| Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]   | 46230.30                             |                   |
| 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                                | 35.73             |
| 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> |
|   | 0.65                                 | 0.49              |



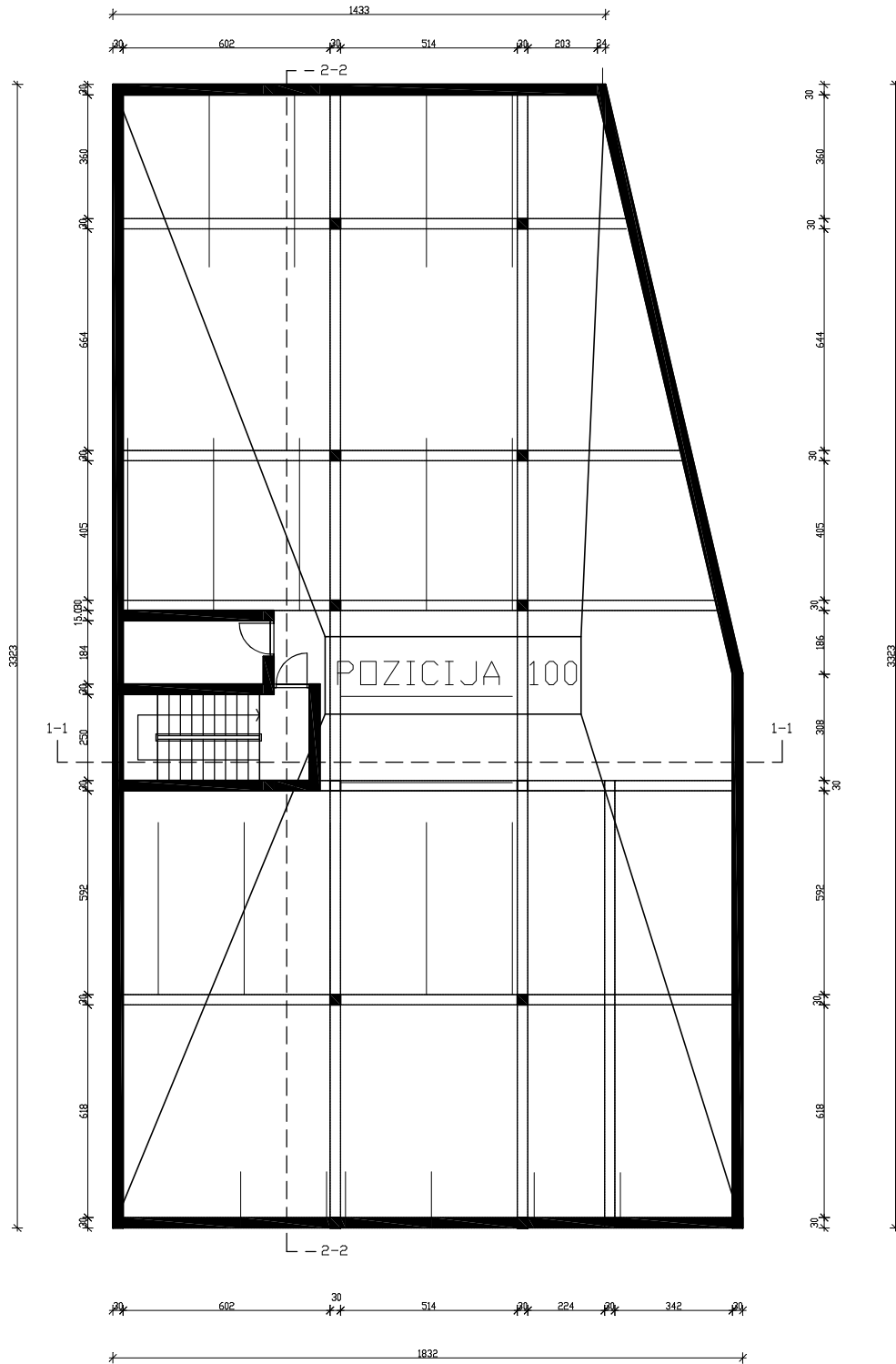
## 11. LITERATURA

- A. Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta – zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split, studeni 2015
- J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006
- I. Tomičić: Betonske konstrukcije - 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – vježbe, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamički modeli potresnog inženjerstva – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- T. Roje-Bonacci: Mehanika tla, 4. izd. u suglasju s Eurokod 7, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split 2017
- P. Miščević, N. Štambuk Cvitanović: Mehanika tla i temeljenje – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2016
- B. Trogrlić: Fizika zgrade – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- EN 1990:2008 Eurokod - Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008 + A1:2005 + AC:2008).
- EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije (EN 1991:2002 ▪ EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1- 1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004 + AC:2008)
- EN 1998:2008 Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004)
- AutoCAD 2020
- Robot Structural Analysis Professional 2019
- Exel
- Aspalathos Section Design
- KI Expert Plus

## 12. GRAFIČKI PRILOZI

- Prilog 1 – Tlocrt garaže M 1:200
- Prilog 2 – Tlocrt etaža 1,2,3,4 M 1:200
- Prilog 3 – Tlocrt krova M 1:200
- Prilog 4 – Presjek 1-1,2-2 M 1:200
- Prilog 5 – Sjeverno,istočno,zapadno,južno pročelje M 1:200
- Prilog 6 – Amatura ploče garaže-donja zona M 1:200
- Prilog 7 – Amatura ploče garaže-gonja zona M 1:200
- Prilog 8 – Amatura međukatne ploče-donja zona M 1:200
- Prilog 9 – Amatura međukatne ploče-gonja zona M 1:200
- Prilog 10 – Amatura krovne ploče-donja zona M 1:200
- Prilog 11 – Amatura krovne ploče-gonja zona M 1:200
- Prilog 12 – Amatura stubišta M 1:25
- Prilog 13 – Amatura zidova garaže M 1:200
- Prilog 14 – Amatura zidova kata M 1:200
- Prilog 15 – Amatura stupova, temelj stupova i zidova M 1:25

# TLOCRT GARAŽE (pozicija 100) M 1:200

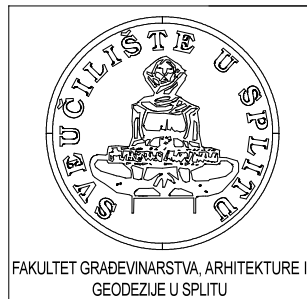
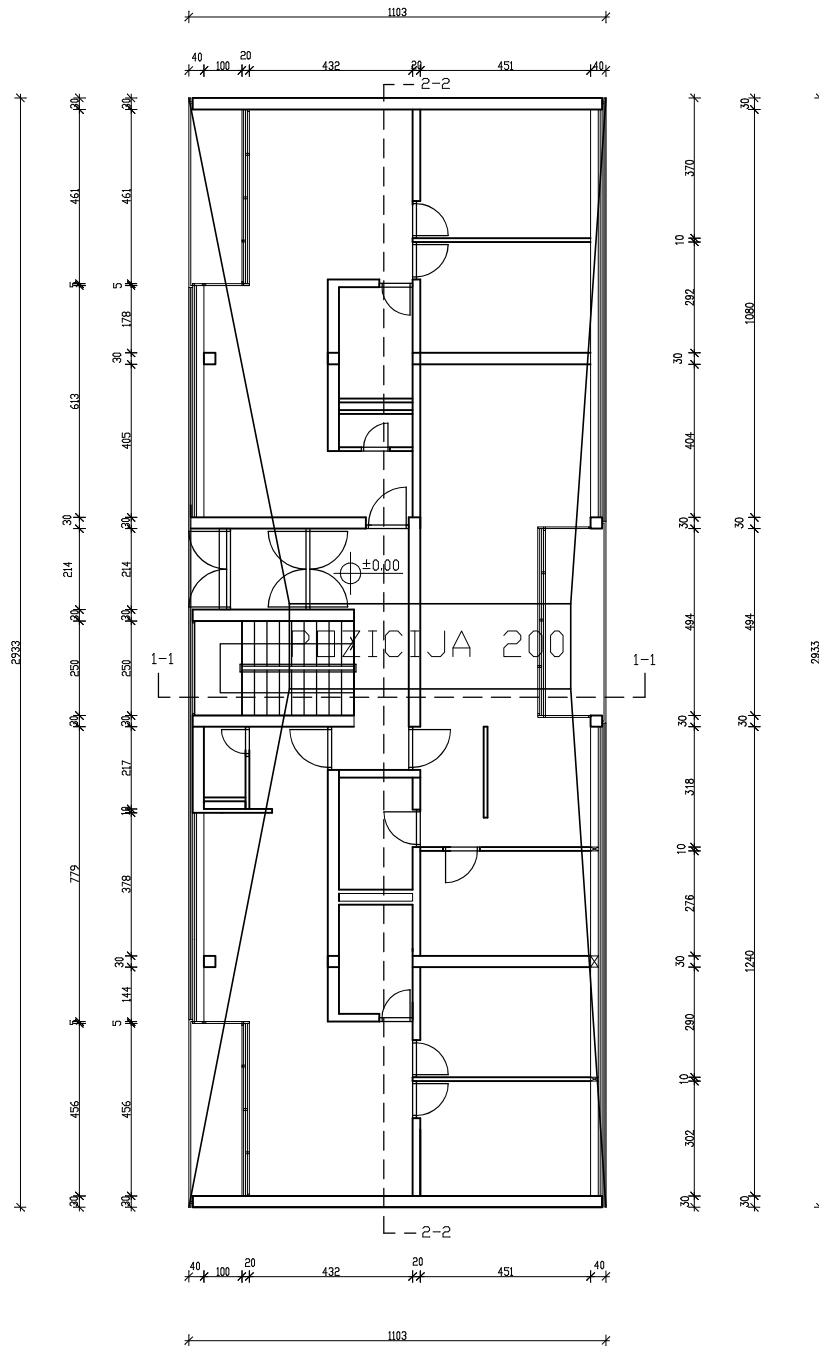


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE U SPLITU

|          |   |               |
|----------|---|---------------|
| PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |               |
| STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |               |
| MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |               |
| SADRŽAJ  | TLOCRT GARAŽE                           | MJERILO 1:200 |
| DATUM    | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 1      |

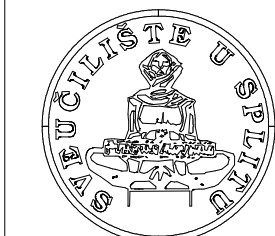
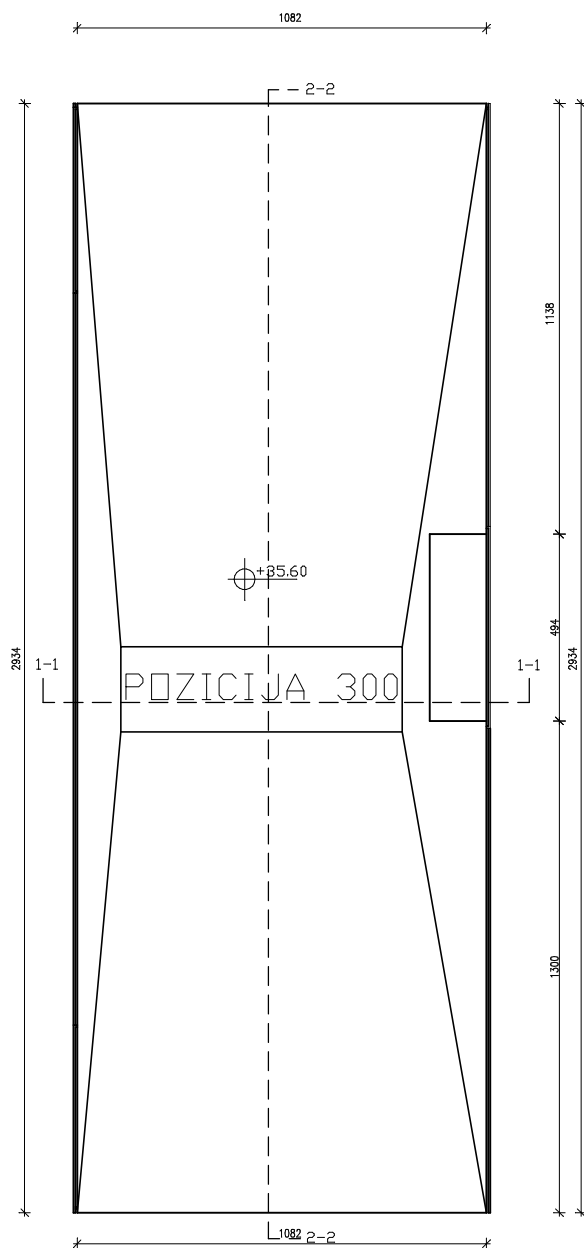
# TLOCRT MEDUKATNIH ETAŽA

## (pozicija 200) M1:200



|          |   |               |
|----------|---|---------------|
| PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |               |
| STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |               |
| MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |               |
| SADRŽAJ: | TLOCRT ETAŽA                            | MJERILO 1:200 |
| DATUM:   | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 2      |

# TLOCRT KROVA (pozicija 300) M 1:200



FAKULTET GRADEVINARSTVA, ARHITEKTURE I  
GEODEZIJE U SPLITU

PROGRAM:

GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU

STUDENT:

Karmen Petreković-Dvorščak

MENTOR:

Prof. dr. sc. A. Harapin

SADRŽAJ

TLOCRT KROVA

MJERILO 1:200

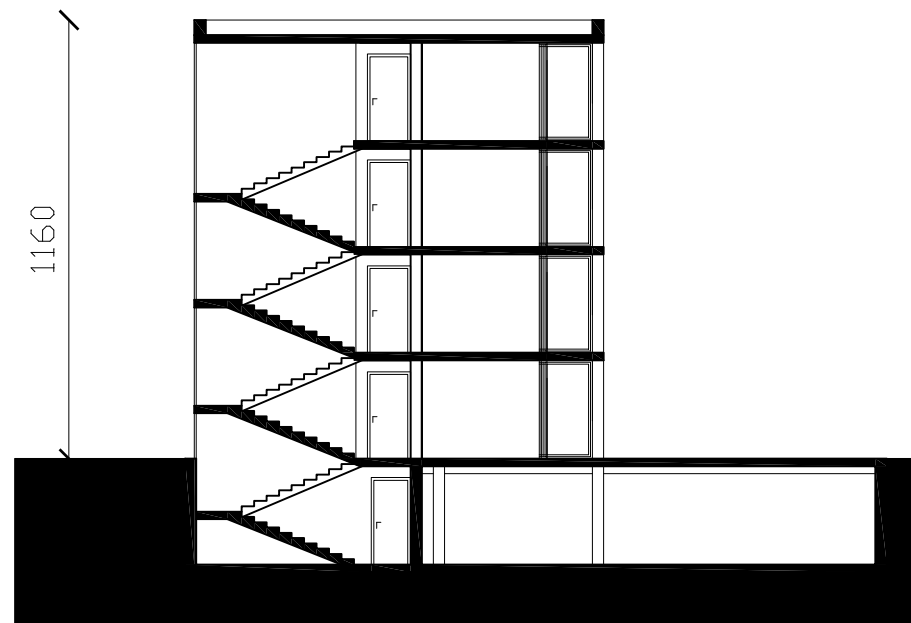
DATUM

16. srpnja 2021.

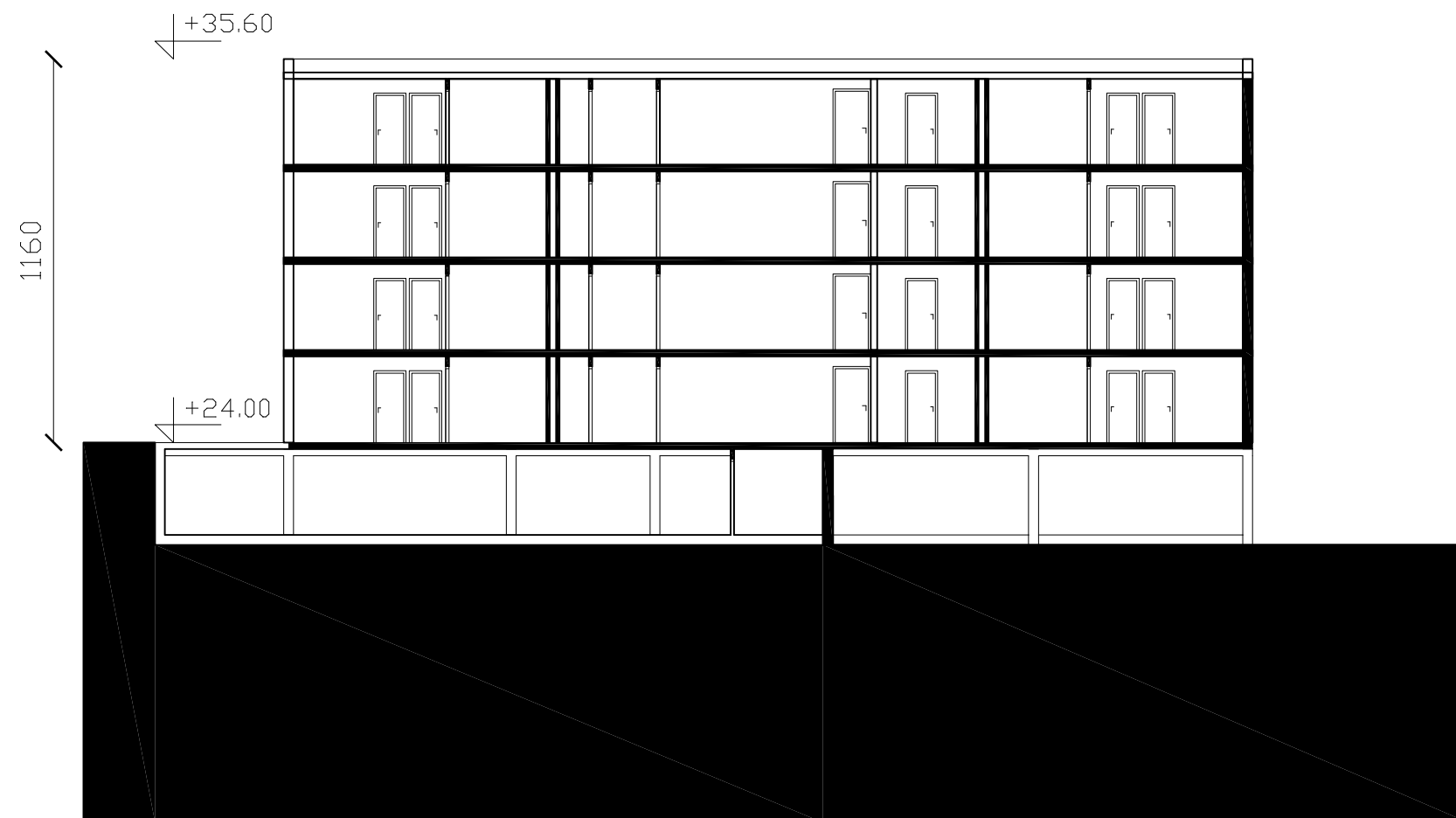
PRILOG

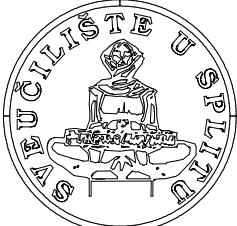
3

PRESJEK 1-1 M 1:200

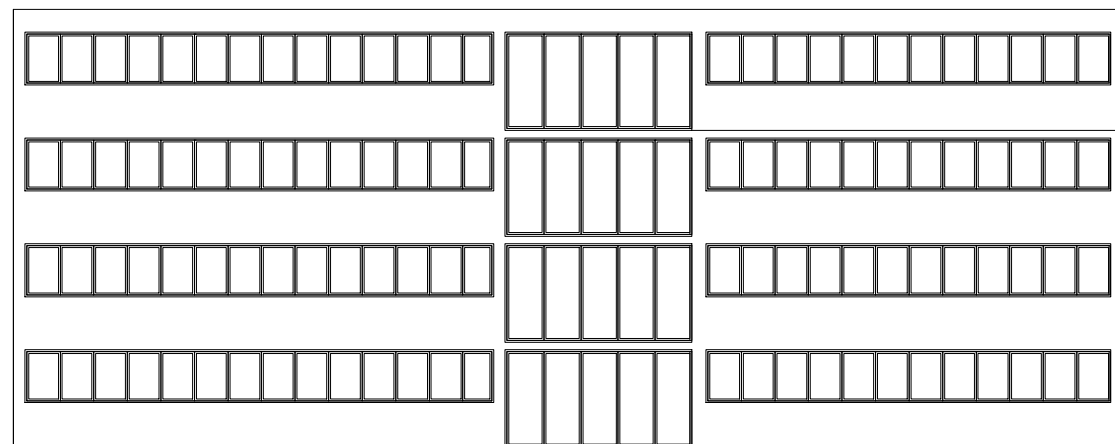


PRESJEK 2-2 M 1:200

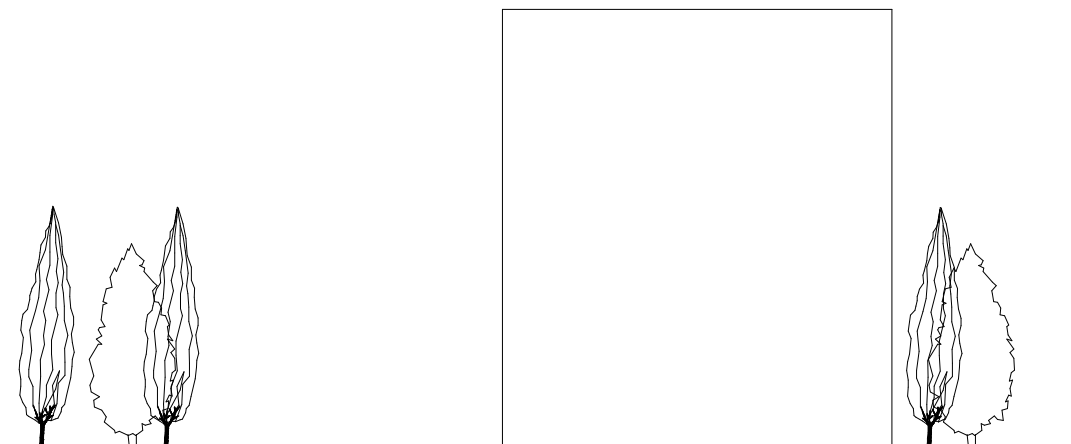


|  |          |   |               |
|--|----------|---|---------------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |               |
|  | STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |               |
|  | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |               |
|  | SADRŽAJ  | PRESJECI 1-1, 2-2                       | MJERILO 1:200 |
|  | DATUM    | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 4      |

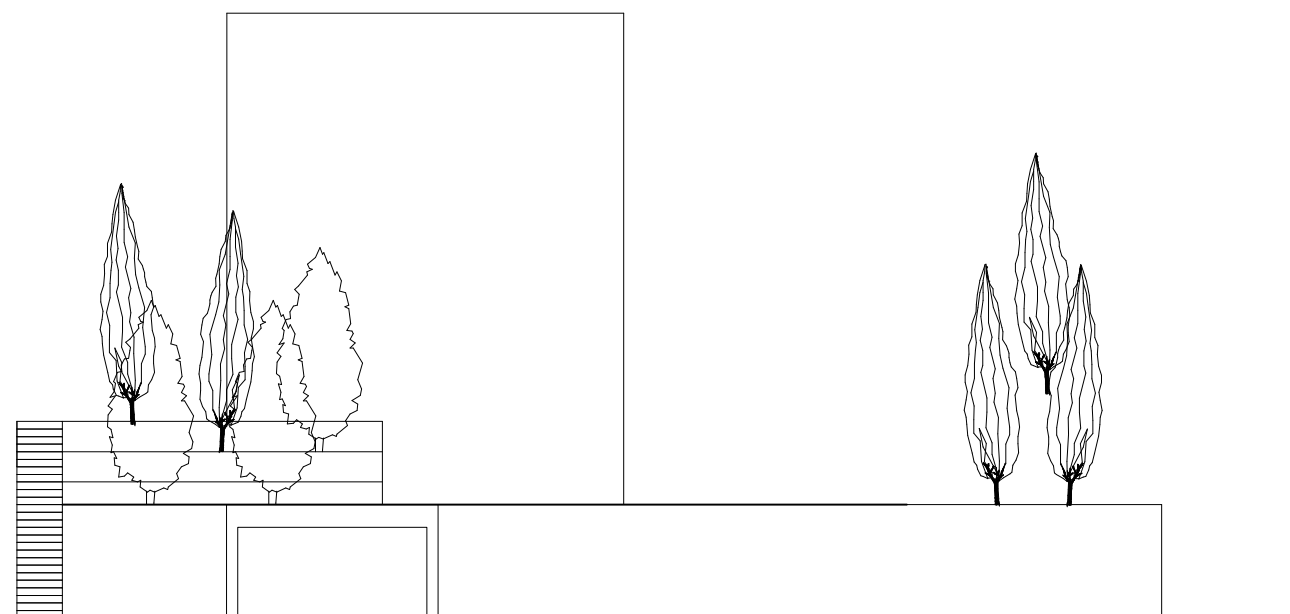
ISTOČNO PROČELJE M 1:200



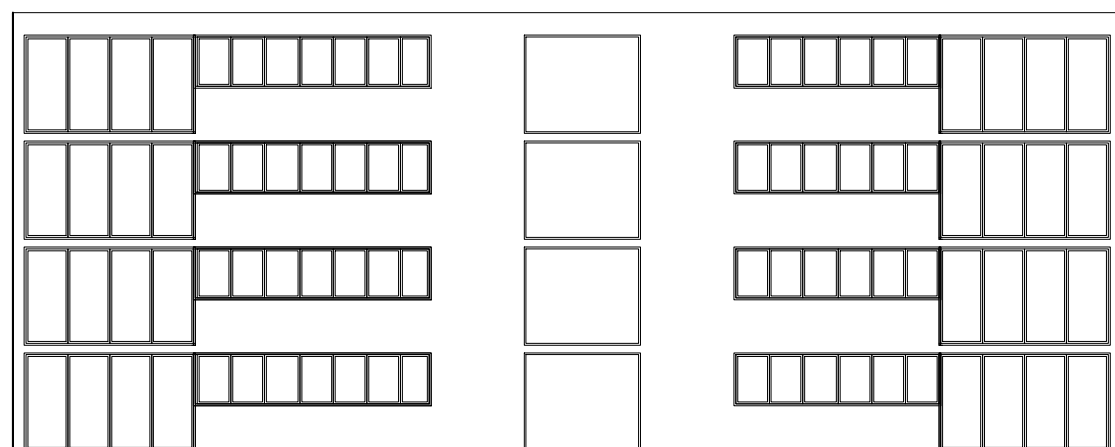
SJEVERNO PROČELJE M 1:200

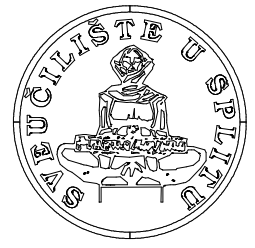


JUŽNO PROČELJE M 1:200



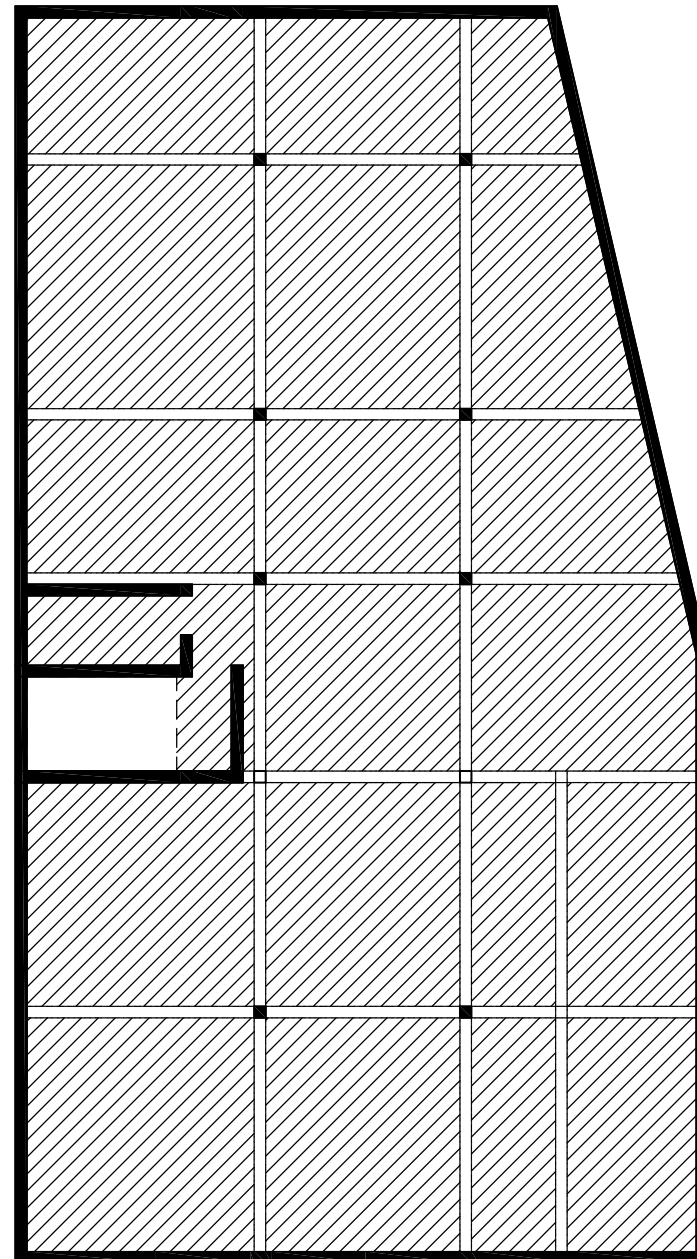
ZAPADNO PROČELJE 2-2 M 1:200



|  |          |   |         |       |
|--|----------|---|---------|-------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |       |
|  | STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |         |       |
|  | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |       |
|  | SADRŽAJ: | S,J,Z,I PROČELJA                        | MJERILO | 1:200 |
|  | DATUM:   | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG  | 5     |

# ARMATURA PLOČE GARAŽE (pozicija 100)-DONJA ZONA

M 1:200

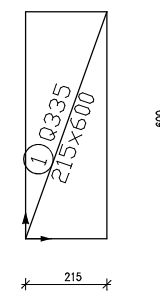


LEGENDA:

 Q-335

 otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -Mreže postaviti sa preklopom 40 cm ili većem  
 - na pojedinim mjestima gdje je skok memenata potrebna je armatura -Q-785+Ø10/20



Beton: C25/30

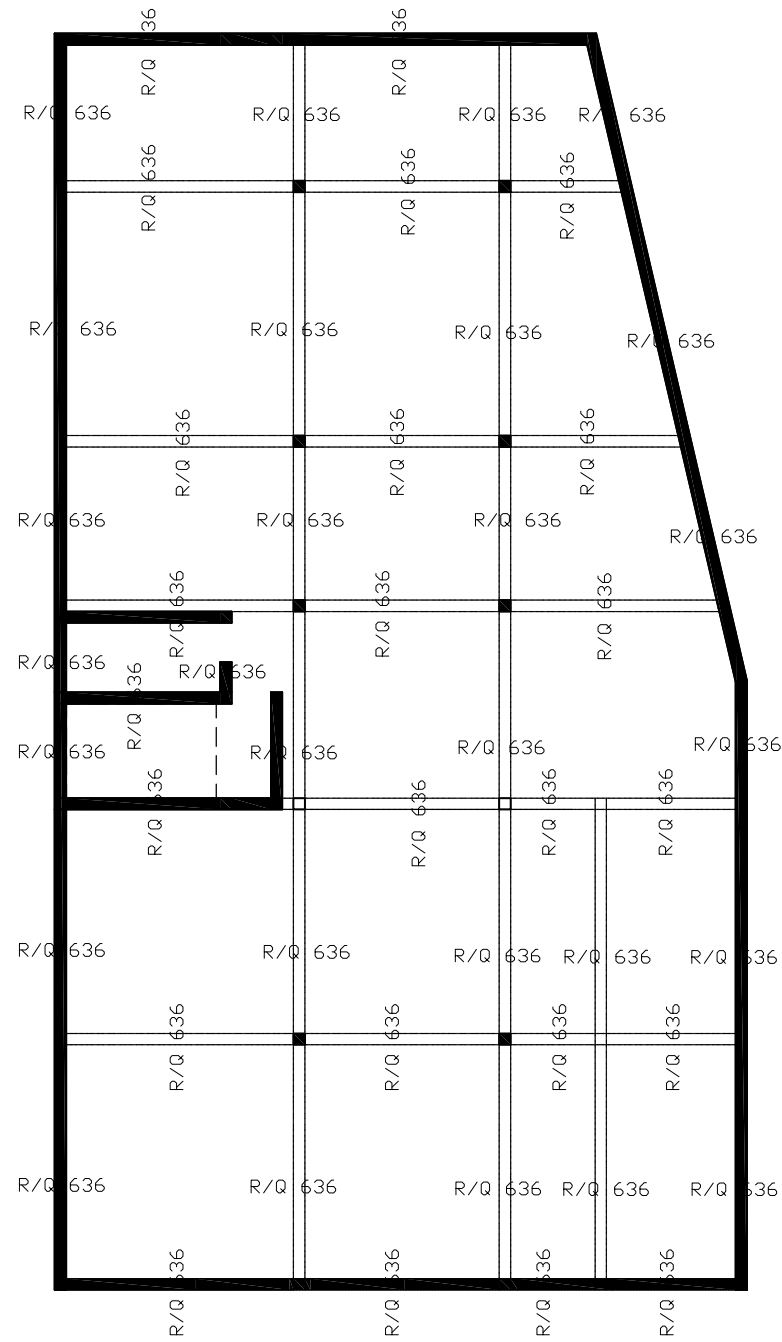
Armatura: B500B

|   |                  |   |         |
|---|------------------|---|---------|
| <br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br>GEODEZIJE U SPLITU | PROGRAM:         | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |
|   | STUDENT:         | Karmen Petreković-Dvorščak              |         |
|   | MENTOR:          | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |
|   | SADRŽAJ:         | PLOČA GARAŽE- DONJA ZONA                | MJERILO |
| DATUM:  | 16. srpnja 2021. | PRILOG                                  | 6       |

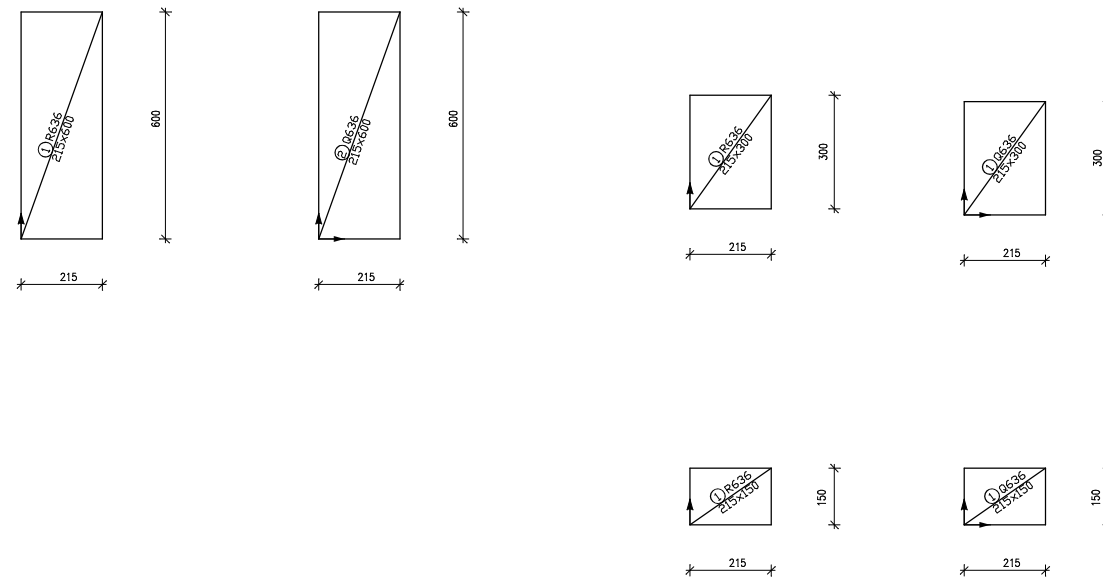


# ARMATURA PLOČE GARAŽE (pozicija 100)-GORNJA ZONA


M 1:200



NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,  
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm  
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636

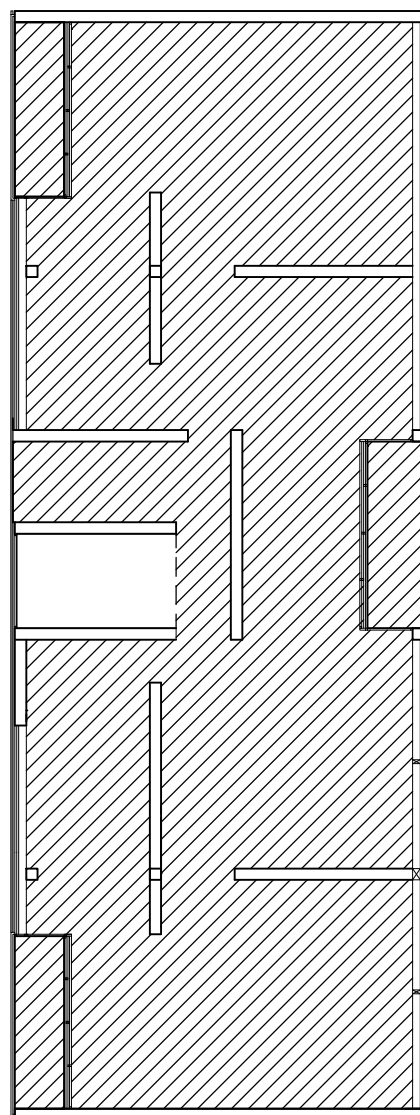


Beton: C25/30  
 Armatura: B500B

|   |          |   |               |
|---|----------|---|---------------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>                 GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |               |
|   | STUDENT: | Kamen Petreković-Dvorščak               |               |
|   | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |               |
|   | SADRŽAJ  | PLOČA GARAŽE-GORNJA ZONA                | MJERILO 1:200 |
|   | DATUM    | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 7      |

# ARMATURA MEĐUKATNA PLOČA (pozicija 100) – DONJA ZONA

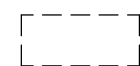
M 1:200



LEGENDA:

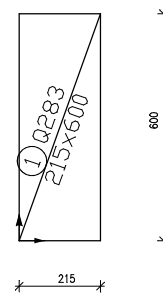


Q-283



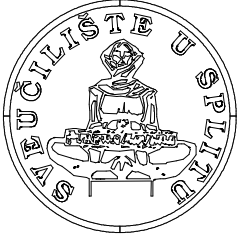
otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postaviti sa preklopom 40 cm ili većem



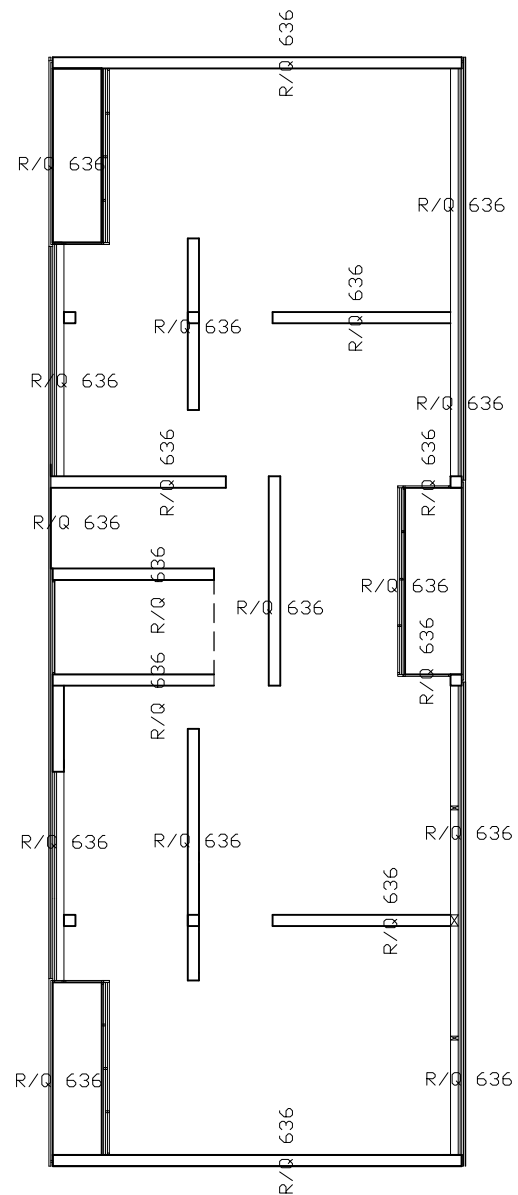
Beton: C25/30

Armatura: B500B

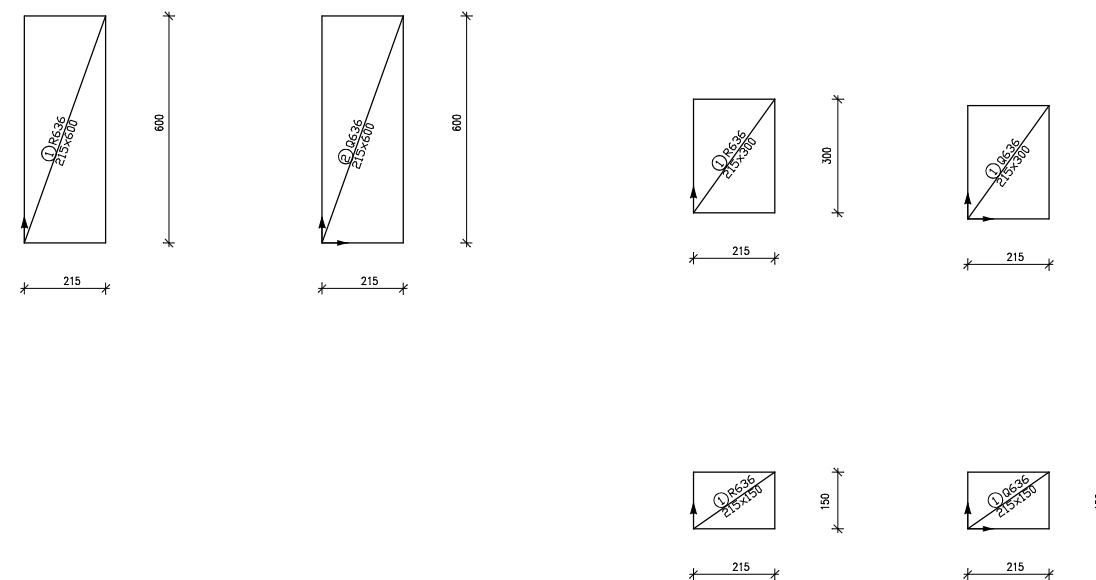
|   |          |   |         |       |
|---|----------|---|---------|-------|
| <br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br>GEODEZIJE U SPLITU | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |       |
|   | STUDENT: | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |       |
|   | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |       |
|   | SADRŽAJ: | MEĐUKATNA PLOČA- DONJA ZONA             | MJERILO | 1:200 |
|   | DATUM:   | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG  | 8     |

# ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE (pozicija 100)-GORNJA ZONA

M 1:200



NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,  
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm  
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636



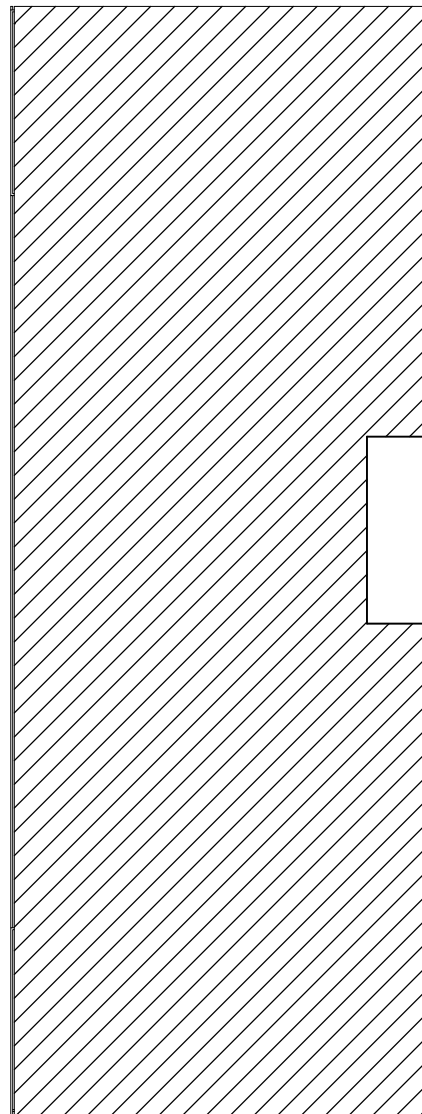
Beton: C25/30

Armatura: B500B

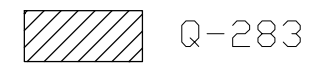
|  |          |   |         |       |
|--|----------|---|---------|-------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |       |
|  | STUDENT: | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |       |
|  | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |       |
|  | SADRŽAJ: | MEĐUKATNA PLOČA-GORNJA ZONA             | MJERILO | 1:200 |
|  | DATUM:   | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG  | 9     |

# ARMATURA KROVNE PLOČE (pozicija 100)-DONJA ZONA

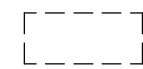
M 1:200



LEGENDA:

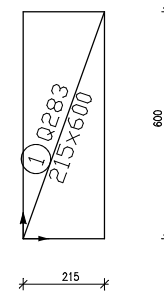


Q-283



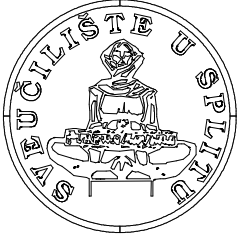
otvor u ploči

NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
-Mreže postaviti sa preklapom 40 cm ili većem



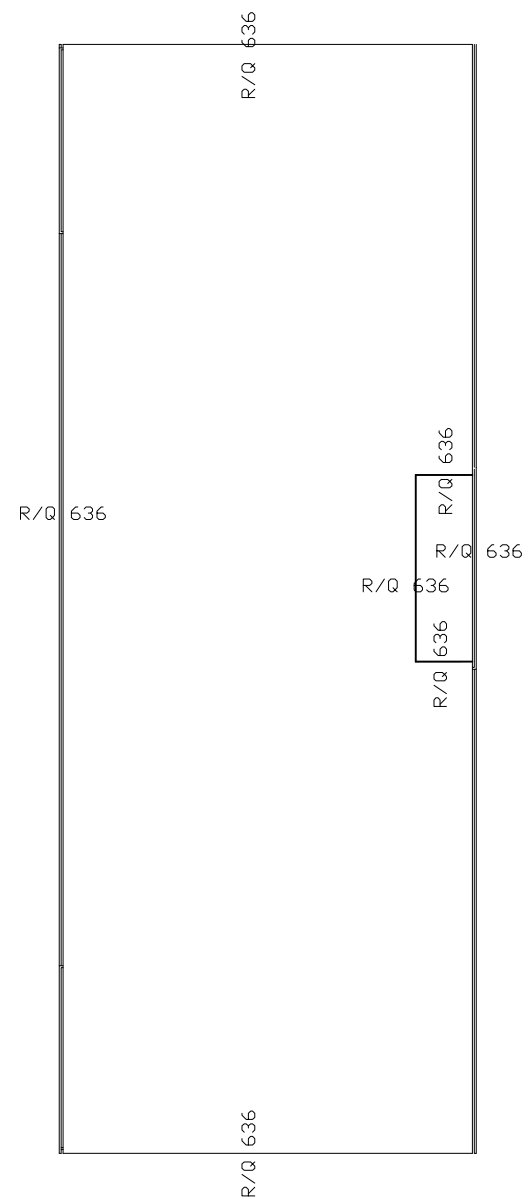
Beton: C25/30

Armatura: B500B

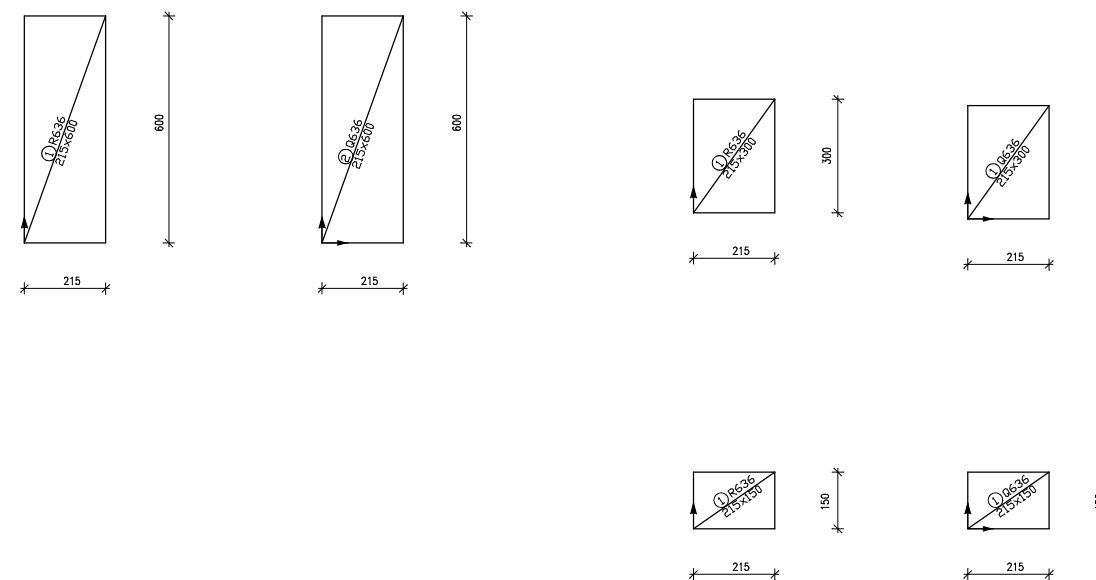
|   |          |   |         |       |
|---|----------|---|---------|-------|
| <br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br>GEODEZIJE U SPLITU | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |       |
|   | STUDENT: | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |       |
|   | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |       |
|   | SADRŽAJ: | KROVNA PLOČA-DONJA ZONA                 | MJERILO | 1:200 |
|   | DATUM:   | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG  | 10    |

# ARMATURA KROVNE PLOČE (pozicija 100)-GORNJA ZONA

M 1:200

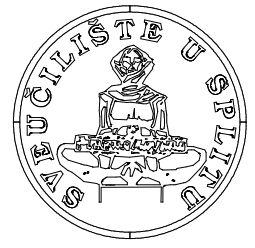


NAPOMENA: -Na mjestima otvora mreže isjeći na licu mjesta  
 -R- mreže postaviti sa preklapima 20 cm ili većim,  
 R i Q mreže sa preklapom 30 cm, a Q mreže sa preklapom 40cm  
 -na rubovima ploča postavljati mreže R-636, na sjecištima zidova postaviti mrežu Q-636

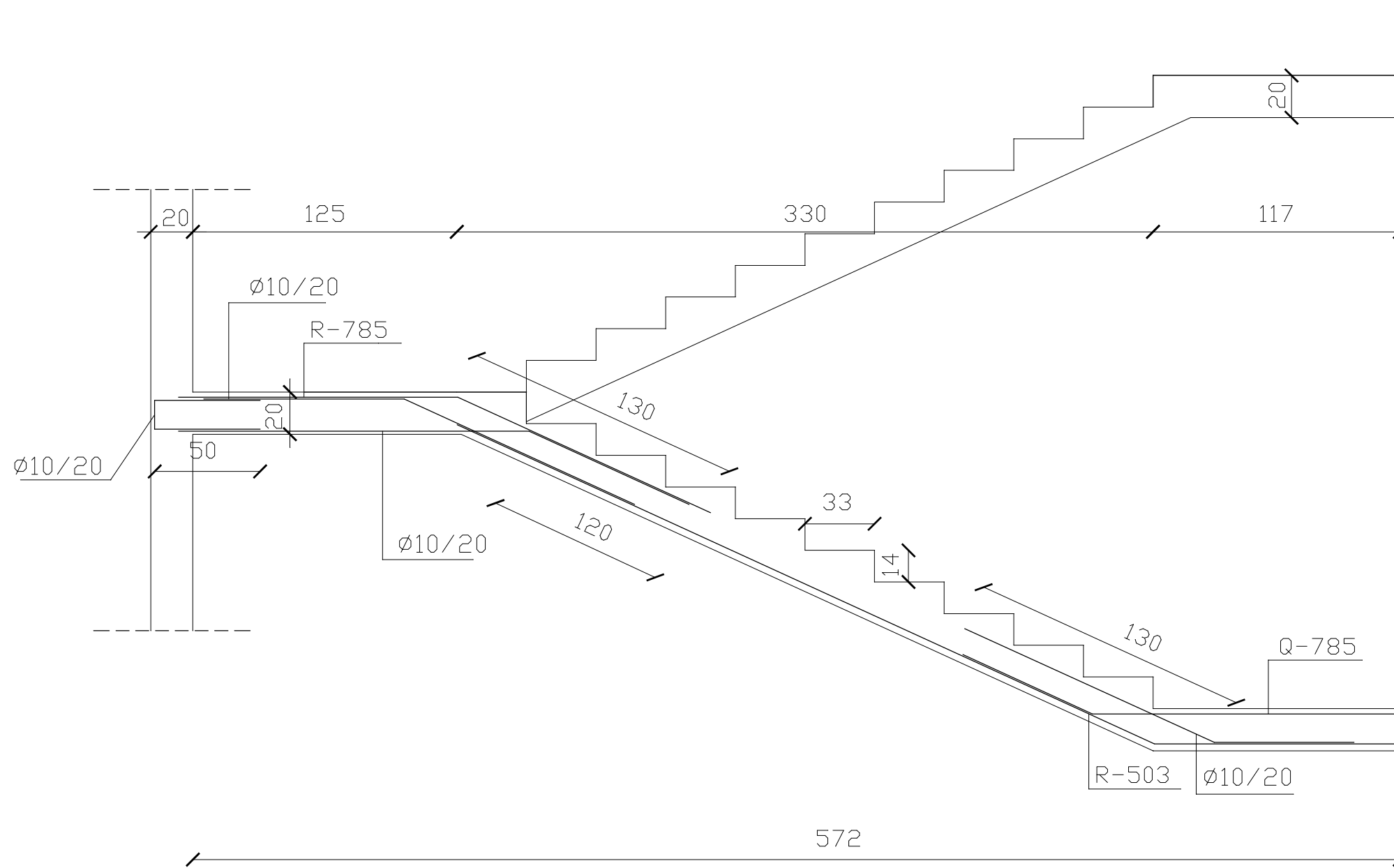


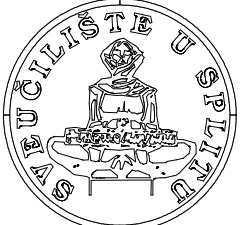
Beton: C25/30

Armatura: B500B

|  |                  |   |         |
|--|------------------|---|---------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM:         | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |
|  | STUDENT:         | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |
|  | MENTOR:          | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |
|  | SADRŽAJ:         | KROVNA PLOČA-GORNJA ZONA                | MJERILO |
| DATUM:   | 16. srpnja 2021. | PRILOG                                  | 11      |

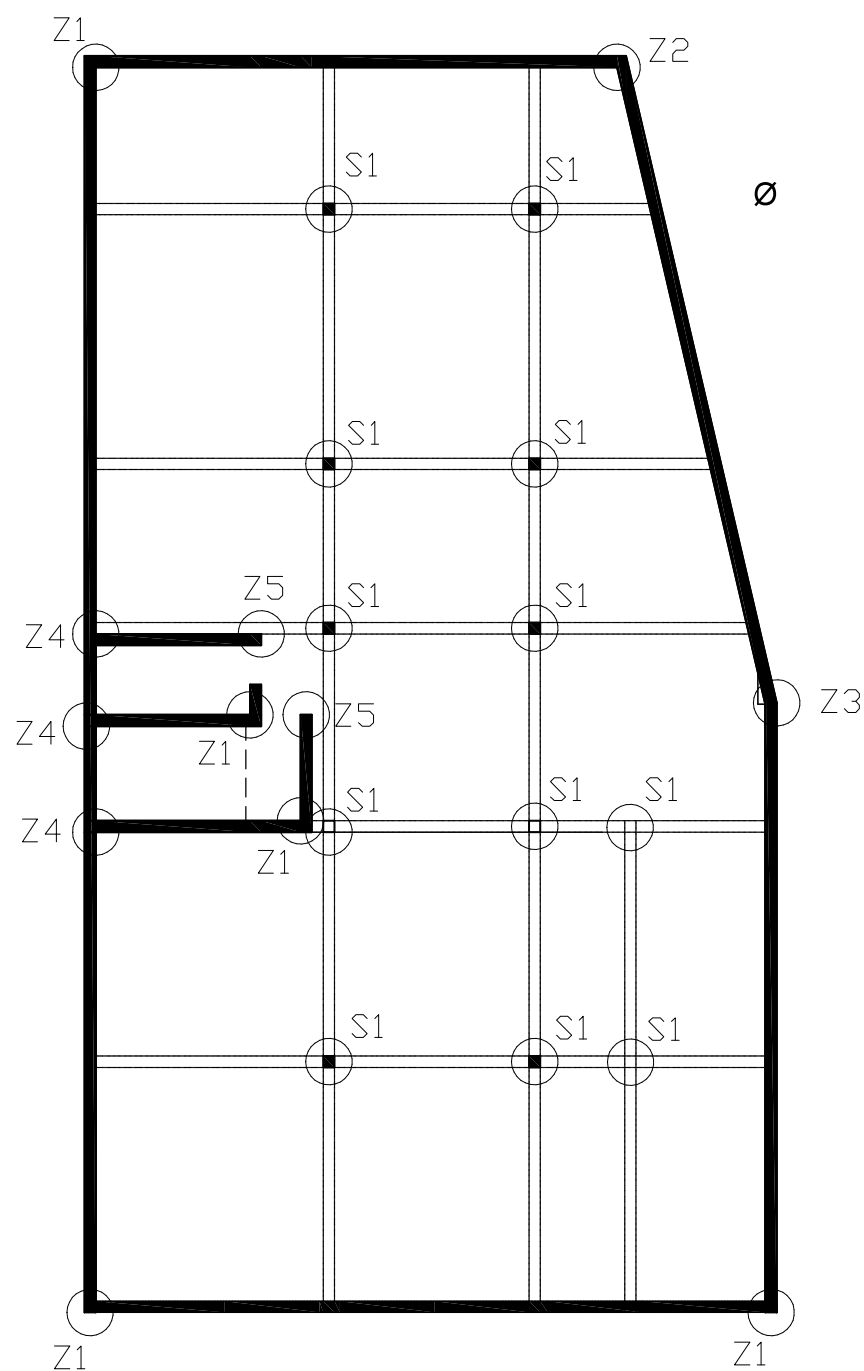
# ARMATURA STUBIŠTA M 1:25



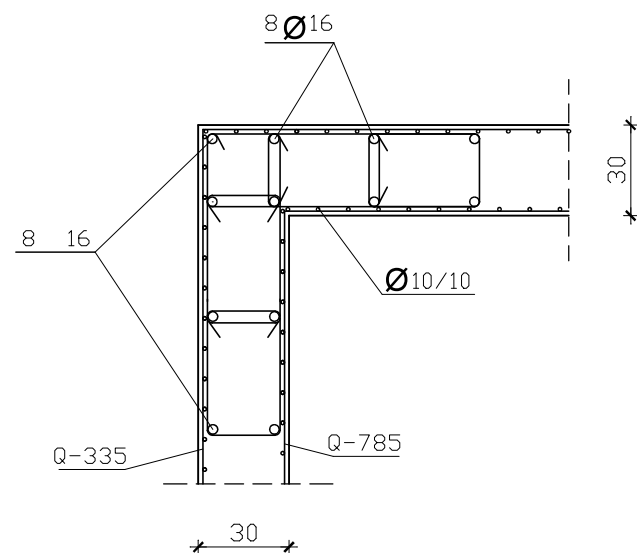
|  |                  |   |         |
|--|------------------|---|---------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM:         | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |
|  | STUDENT:         | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |
|  | MENTOR:          | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |
|  | SADRŽAJ:         | ARMATURA STUBIŠTA                       | MJERILO |
| DATUM:   | 16. srpnja 2021. | PRILOG                                  | 12      |

# ARMATURA ZIDOVA M 1:200, DETALJI M 1:25

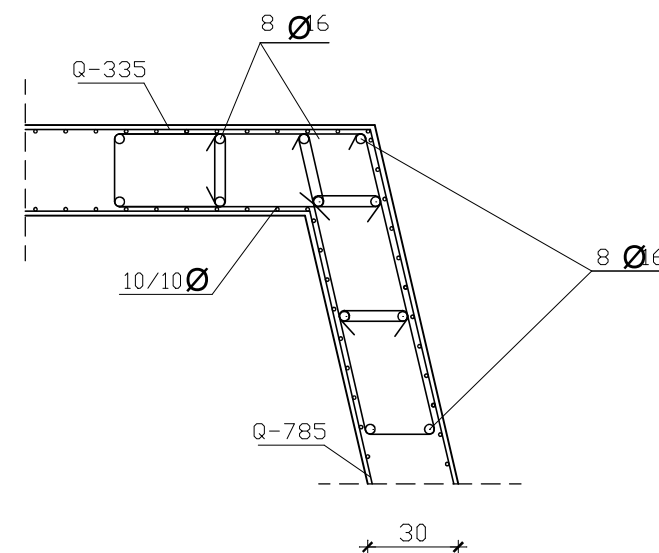
Shema karakterističnog tlocrta garaže



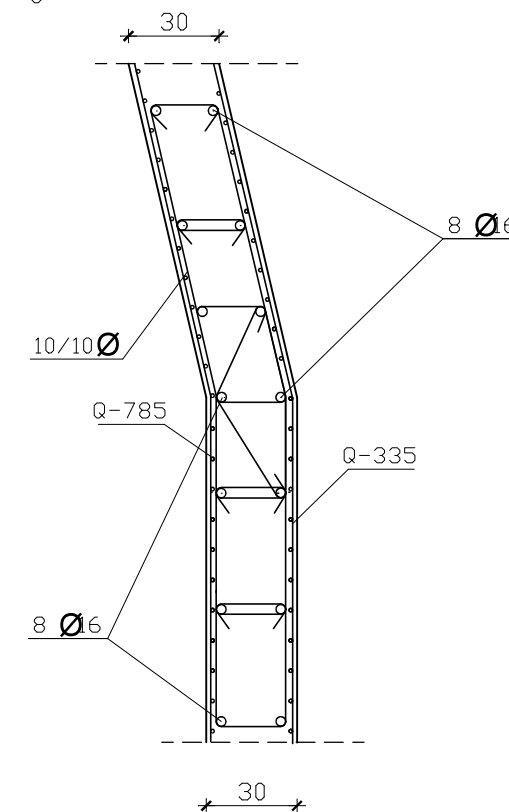
Detalj Z1



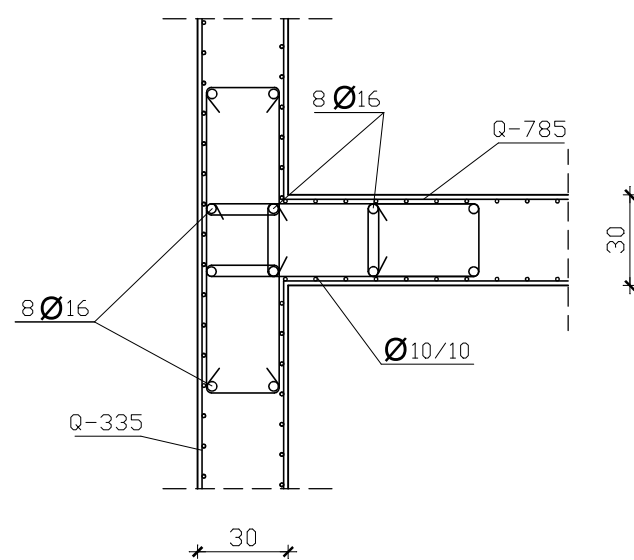
Detalj Z2



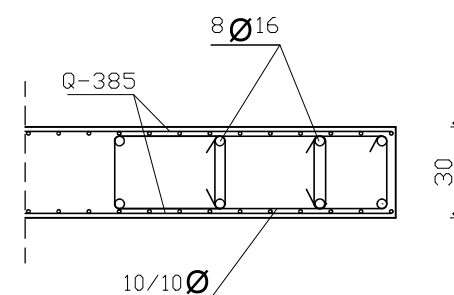
Detalj Z3



Detalj Z4



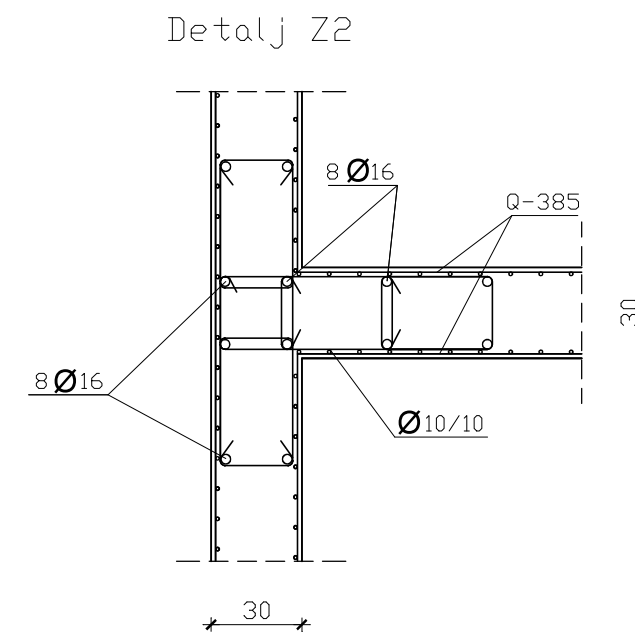
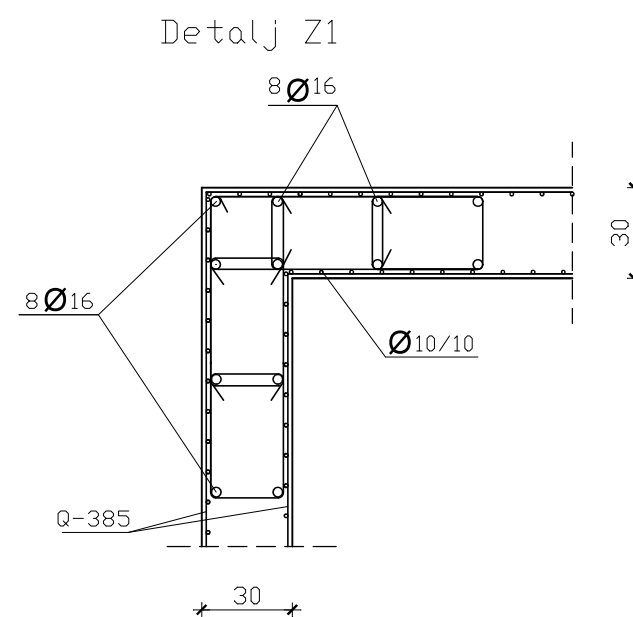
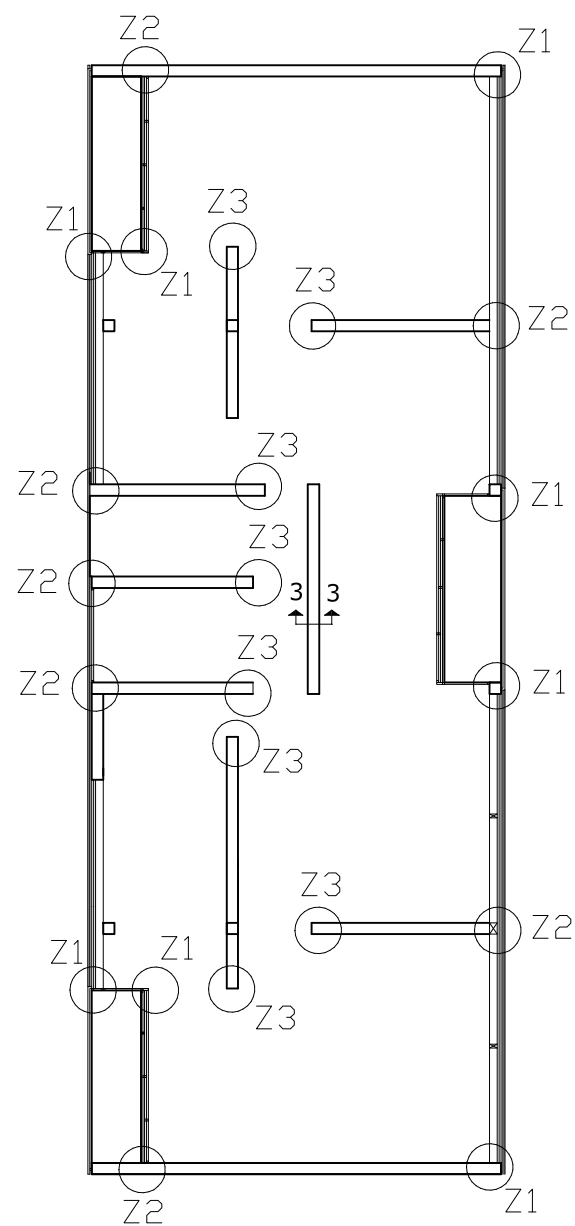
Detalj Z5



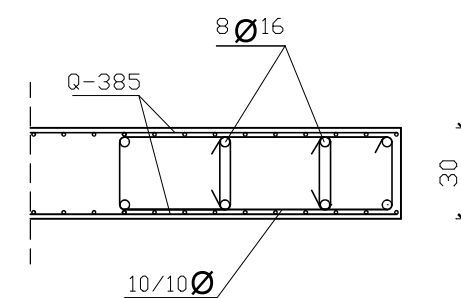
|          |   |              |
|----------|---|--------------|
| PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |              |
| STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |              |
| MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |              |
| SADRŽAJ  | ARMATURA ZIDOVA GARAŽE                  | MJERILO 1:25 |
| DATUM    | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 13    |

# ARMATURA ZIDOVA M 1:200, DETALJI M 1:25

Shema karakterističnog tlocrta katova



Detalj Z3



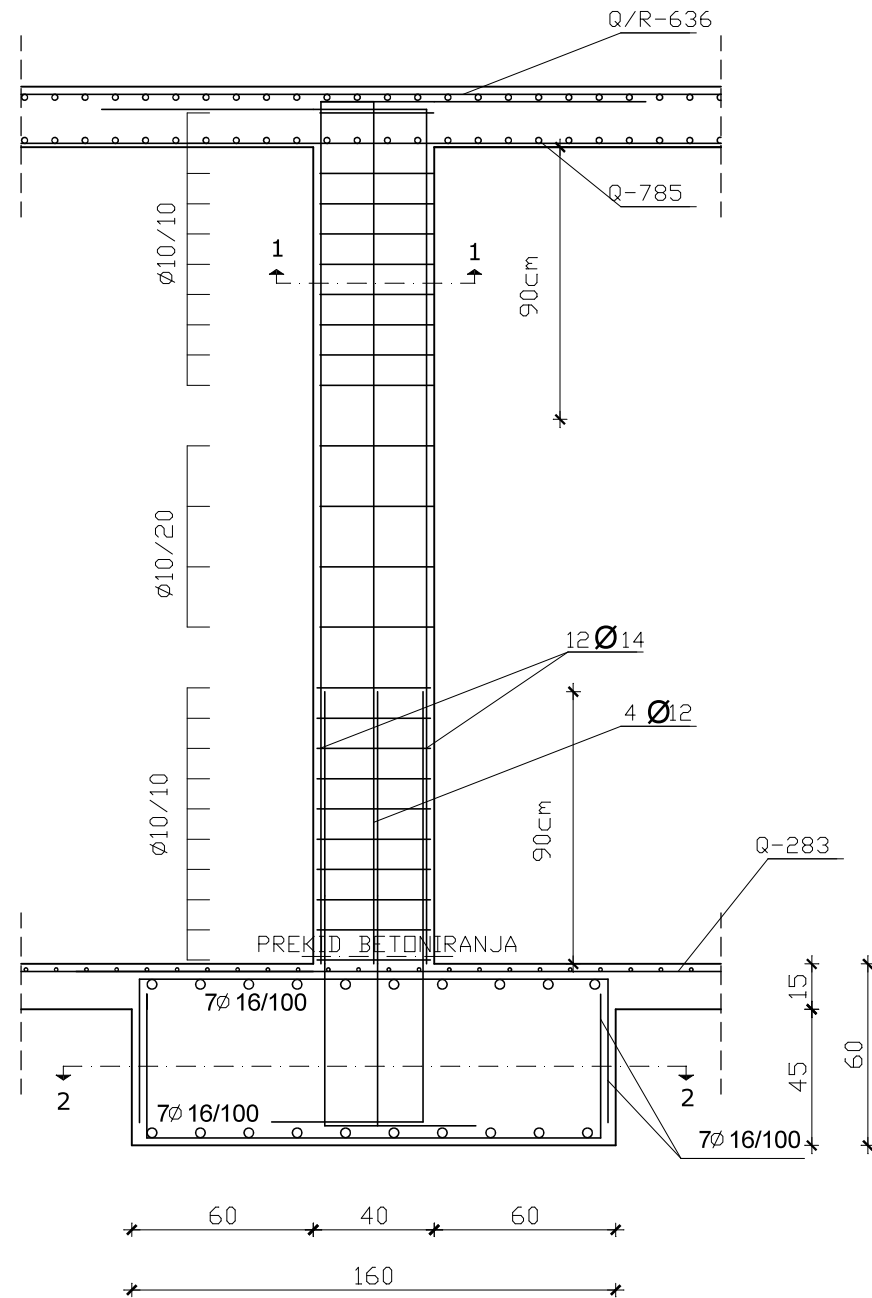
Napomena: Presjek 3-3 prikazan je u prilogu 15 sa pripadajućom armaturom zida i temelja

|  |          |   |              |
|--|----------|---|--------------|
|  | PROGRAM: | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |              |
|  | STUDENT: | Karmen Petreković-Dvorščak              |              |
|  | MENTOR:  | Prof. dr. sc. A. Harapin                |              |
|  | SADRŽAJ  | ARMATURA ZIDOVA KATOVA                  | MJERILO 1:25 |
|  | DATUM    | 16. srpnja 2021.                        | PRILOG 14    |

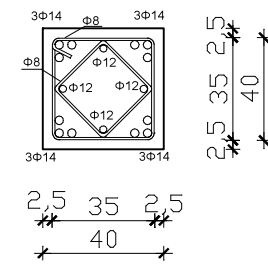


# ARMATURA STUPOVA, ZIDOVA I TEMELJA STUPOVA M 1:25

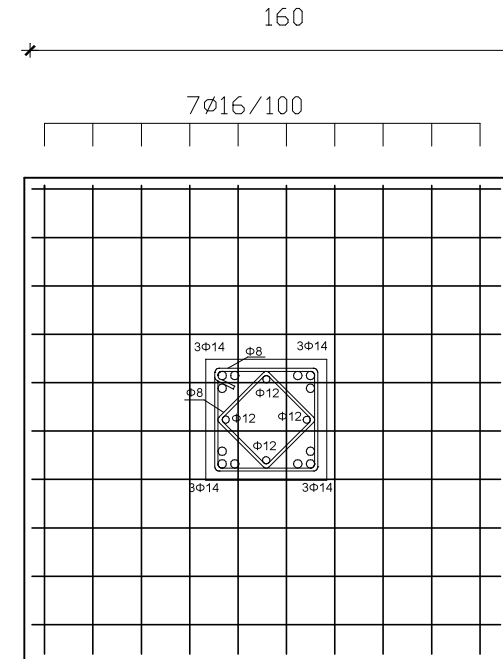
Armatura stupova M 1:25



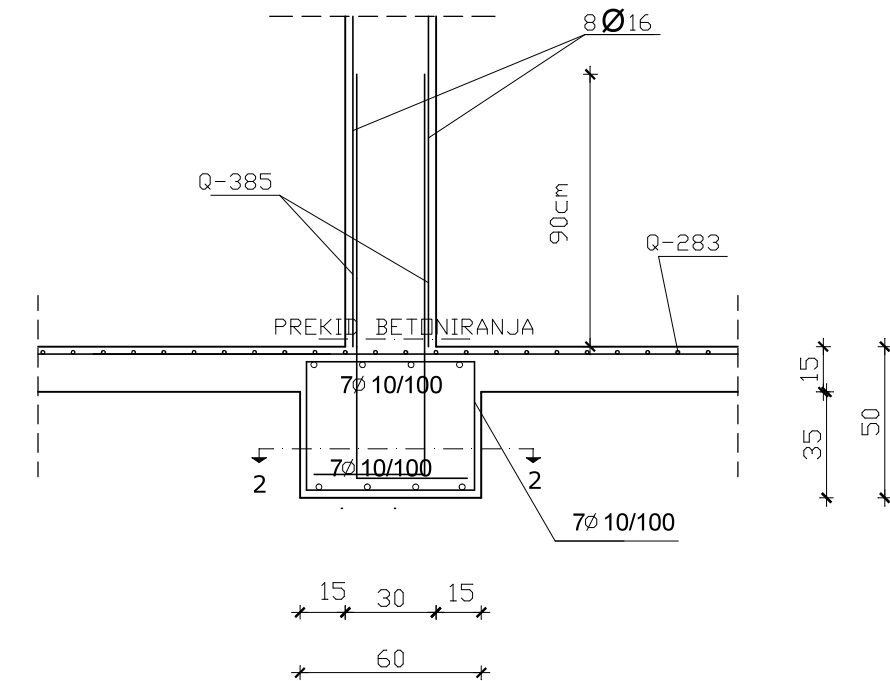
Presjek 1-1 M 1:25



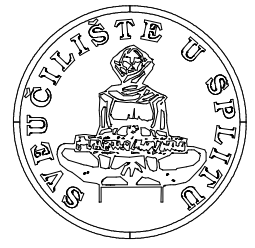
Presjek 2-2 M 1:25



Presjek 3-3 M 1:25 ZID



Napomena: Stup klasa betna C40/50  
 Temelj klasa betna C25/30

|   |                  |   |         |
|---|------------------|---|---------|
|  <p>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I<br/>                 GEODEZIJE U SPLITU</p> | PROGRAM:         | GLAVNI PROJEKT STAMBENE ZGRADE U SPLITU |         |
|   | STUDENT:         | Kamen Petreković-Dvorščak               |         |
|   | MENTOR:          | Prof. dr. sc. A. Harapin                |         |
|   | SADRŽAJ:         | ARMATURA STUPOVA I TEMELJA              | MJERILO |
| DATUM:  | 16. srpnja 2021. | PRILOG                                  | 15      |