# Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

**Rimac, Vedran**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*
**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:350386

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-23**

*Repository / Repozitorij:*

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

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

# DIPLOMSKI RAD

**Vedran Rimac**

**Split, 2019.**

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

**Vedran Rimac**

# Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

**Diplomski rad**

**Split, 2019.**

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

| | |
|---|---|
| STUDIJ: | **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA** |
| KANDIDAT: | **Vedran Rimac** |
| BROJ INDEKSA: | **662** |
| KATEDRA: | **Katedra za teoriju konstrukcija** |
| PREDMET: | **Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo** |

# ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema:

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

Opis zadatka:

Zadatak ovog rada je provesti seizmički proračun zgrade od omeđenog ziđa i dimenzionirati nosive elemente prema dobivenim opterećenjima.

Nakon seizmičkog proračuna se provodi proračun fizike zgrade kako bi se ocijenila fizikalna svojstva odabranih elemenata i njihovo zadovoljenje koeficijenta prolaska topline, difuziju i dinamičke toplinske karakteristike.

U Splitu, 19. srpnja 2019.

Voditelj Diplomskog rada:
Doc. dr. sc. Ivan Balić
Komentor Diplomskog rada:
Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
Doc. dr. sc. Ivo Andrić

# Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

*Sažetak:*

U radu je prikazan proračuna zidane grade omeđenim ziđem. Procjena potresne otpornosti konstrukcije odrađena je pojednostavljenim postupkom. Proračun i dimenzioniranje konstruktivnih elemenata je provedeno u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. Proračunate su rezne sile za ploče, temelje, zidove i sukladno tome elementi su armirani.

Proračun fizike zgrade je rađen pomoću računalnog programa KI EXPERT PLUS. Proračunom se provjerava zadovoljenje sljedećih uvjeta; koeficijenti prolaska topline, difuzija, dinamičke toplinske karakteristike, korisna i primarna energija.

*Ključne riječi:*

*Zidana zgrada, omeđeno ziđe, mort, opečni blokovi, potresna otpornost, fizika zgrade*

# Structural analysis and energy efficiency of a masonry residential building

*Abstract:*

The paper presents the budget of the masonry building with a bordered walls. The assessment of the earthquake resistance of the structure is done by a simplified procedure. Calculation and dimensioning of constructive elements was carried out in the SCIA Engineer 18.1 computer program. Calculations resulted in cutting force for the plate, foundations and walls accordingly to the results elements are reinforcement.

The budget of the building's physics was done using the KI EXPERT PLUS computer program. The budget checks the satisfaction of the following conditions; heat transfer coefficients, diffusion, dynamic thermal characteristics, useful and primary energy.

*Keywords:*

*Masonry building, bordered masonry, mortar, brick, seismic resistance, building physics*

# *Sadržaj:*


**1. UVOD ..... 1**

1.1. Koncept diplomskog rada ..... 1
1.2. Općenito o zidanim konstrukcijama ..... 1
1.3. Zidni elementi ..... 1

1.3.1. Svojstva zidnih elemenata ..... 3

1.3.2. Svojstva morta ..... 4

1.4. Vrste ziđa ..... 6
1.5. Mehanička svojstva ziđa ..... 7

1.5.1. Tlačna čvrstoća ziđa - $fk$ ..... 7

1.5.2. Posmična čvrstoća ziđa - $fvk$ ..... 9

1.5.3. Savojna čvrstoća ziđa - $fxk$ ..... 13

1.5.4. Vlačna čvrstoća ziđa ..... 15

1.5.5. Deformacijska svojstva ziđa ..... 15

1.5.6. Odnos naprezanja i relativne deformacije ..... 17

**2. TEHNIČKI OPIS ..... 18**

2.1. Općenito ..... 18
2.2. Proračunski model ..... 19
2.3. Konstruktivne pojedinosti ..... 20

2.3.1. Temelji ..... 20

2.3.2. Zidovi ..... 20

2.3.3. Međukatna konstrukcija ..... 20

2.3.4. Ostale konstrukcije ..... 20

2.4. Materijali ..... 21

2.4.1. Beton ..... 21

2.4.2. Čelik ..... 22

2.4.3. Zidni elementi ..... 22

**3. ANALIZA OPTEREĆENJA ..... 24**

3.1. Djelovanje na konstrukciju ..... 24
3.2. Stalno djelovanje na konstrukciju ..... 25
3.3. Promjenjivo djelovanje na konstrukciju ..... 26
3.4. Potresno djelovanje na konstrukciju ..... 28
3.5. Torzijsko djelovanje na konstrukciju ..... 32
3.6. Ulazni parametri za model u SCIA Engineer 18.1 ..... 35

**4. PRORAČUN KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA ..... 36**

4.1. Proračun međukatne konstrukcije ..... 36

4.1.1. Prikaz rezultata ..... 36

4.1.2. Prikaz potrebne armature ..... 37

4.2. Proračun širine pukotina ..... 40

4.2.1. Proračun širine pukotina za ploče ..... 41
4.2.2. Proračun progiba ploče ..... 42
4.3. Proračun potrebne armature za armirano-betonske serklaže ..... 43
4.3.1. Prikaz rezultata ..... 43
4.3.2. Proračun mehaničke otpornosti ziđa na vertikalna djelovanja (EN 1996-3) ..... 49
4.3.3. Proračun zidova na potresno djelovanje ..... 51
4.4. Proračun temelja ..... 56
4.4.1. Prikaz rezultata ..... 56
4.4.2. Dimenzioniranje temelja ..... 57
**5. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE ..... 58**
5.1. Podatci o lokaciji objekta ..... 60
5.2. Zona 1 – višestambena zgrada ..... 65
5.2.1. Geometrijske karakteristike zgrade ..... 65
5.2.2. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada ..... 65
5.2.3. Otvori ( prozori i neprozirni elementi) zgrade ..... 68
5.2.4. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period) ..... 68
5.2.5. Sustav grijanja i energent za grijanje ..... 68
5.3. Proračun građevnih dijelova zgrade ..... 69
5.4. Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000) ..... 74
5.5. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683) ..... 74
5.6. Koeficijenti transmisijskih gubitaka ..... 75
5.6.1. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade ..... 75
5.6.2. Gubici topline kroz vanjske otvore ..... 75
5.6.3. Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo ..... 76
5.6.4. Podovi na tlu ..... 76
5.6.5. Gubici topline kroz negrijane prostore ..... 76
5.7. Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008) ..... 77
5.5.1. Gubici topline kroz vanjske otvore ..... 77
5.5.2. Toplinski dobitci ..... 78
5.5.3. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje ..... 79
5.5.4. Rezultati proračuna ..... 79
**6. ZAKLJUČAK ..... 82**
**7. PRILOZI ..... 83**
**8. LITERATURA ..... 84**

# 1. UVOD

## 1.1. Koncept diplomskog rada

Predmet razmatranja ovog rada je ponašanje zgrade od omeđenog ziđa na djelovanje potresa te dimenzioniranje nosivih elemenata na potres. Uz to je sagledana i fizika zgrade s obzirom na odabrane materijale za izradu same zgrade. Zgrada se nalazi na području grada Splita. Na osnovu toga se određuje klimatska zona prema kojoj se uzimaju početni parametri za proračun i iz potresne karte se očitava ubrzanje tla na predmetnoj lokaciji.

## 1.2. Općenito o zidanim konstrukcijama

Ziđe je sklop zidanih elemenata (blokova) položenih na unaprijed određen način i povezanih nekim vezivnim sredstvom (mortom, ljepilom …).

Zidni element, blok je unaprijed oblikovan i predgotovljen građevinski proizvod, predviđen u gradnji ziđa. Kod projektiranja zidanih konstrukcija ključan je Eurocode 6 koji sadrži preporuke, zahtjeve, matematičke izraze i norme pomoću kojih ulazimo u planiranje, proračun i dimenzioniranje građevina.

Prednost zidanih konstrukcija sa strukturalnog aspekta je jednostavnija i brža proizvodnja, dobra zaštita od požara, temperature i zvuka.

Zidane konstrukcije nemaju veliku otpornost na horizontalna djelovanja, to najviše dolazi do izražaja kod potresa. Nedostatak su neučinkoviti spojevi između konstruktivnih elemenata. Za proračun na potresna djelovanja mjerodavan je Eurocode 8.

## 1.3. Zidni elementi

Zidni elementi su predgotovljeni blokovi izrađeni od različitih materijala , imaju različite čvrstoće te mogu imati šupljine ili biti puni. Dijele se na više različitih skupina, a najčešća podjela je prema vrsti materijala;

- Glineni zidni elementi– proizvedeni oblikovanjem, sušenjem i pečenjem plastične smjese glinenog materijala, pijeska i vode
- Betonski zidni blokovi – proizvedeni od agregata normalne težine ili lakog agregata i cementa
- Kalcij-silikatni (vapneno-silikatni) zidni elementi – proizvedeni od smjese silicijskog agregata, vapna i drugih provjerenih materijala, izrađenih pod tlakom i zaparivanjem

- Porobetonski zidni elementi – proizvedeni od mješavine finog silicijskog agregata, cementa, vapna i sredstava koje proizvodi zračne mjehuriće. Ta se smjesa njeguje procesom autoklaviranja.
- Kameni zidni elementi – rađeni od blokova kamena rezanog ili klesano na određenu dimenziju te od lomljenog kamena nepravilnog oblika

Prema kontroli proizvodnje zidani elementi se dijele na kategorije (razrede) I. i II.

Zidani elementi I. kategorije su oni za koje je proizvođač osigurao stalnu kontrolu kakvoće prema odgovarajućoj normi i koji u pošiljci imaju deklariranu tlačnu čvrstoću s 5 % fraktila, elementi II. kategorije su oni koji imaju srednju vrijednost tlačne čvrstoće jednaku deklariranoj.

Prema postotku šupljina u volumenu zidnih elemenata, dijelimo ih na: grupu 1, grupu 2a, grupu 2b te grupu 3. Debljina vanjskih stjenki zidnih elemenata ne bi smjela biti manja od 1.5 cm.

| | **Materijali i ograničenja za zidne elemente** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Skupina 1** | | **Skupina 2** | | **Skupina 3** | | **Skupina 4** | |
| | **(svi materijali)** | **Zidni elementi** | **Vertikalne šupljine** | | | | **Horizontalne šupljine** | |
| Obujam svih šupljina (% od bruto obujma | ≤ 25 | opečni | > 25; ≤ 55 | | ≥ 25; ≤ 70 | | ≥ 25; ≤ 70 | |
| | | vapneno silikatni | > 25; ≤ 55 | | ne upotrebljava se | | ne upotrebljava se | |
| | | betonski [b] | > 25; ≤ 60 | | ≥ 25; ≤ 70 | | ≥ 25; ≤ 50 | |
| Obujam bilo koje šupljine (% od bruto obujma) | ≤ 12,5 | opečni | svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvat do ukupno 12,5 | | svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvat do ukupno 12,5 | | svaka od više šupljina ≤ 30 | |
| | | vapneno silikatni | svaka od višestrukih šupljina ≤ 15 udubine za prihvat do ukupno 30 | | ne upotrebljava se | | ne upotrebljava se | |
| | | betonski [b] | svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvat do ukupno 30 | | svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvat do ukupno 30 | | svaka od višestrukih šupljina ≤ 25 | |
| Objavljene vrijednosti debljina unutarnjih i vanjskih stijenki | Nema zahtjeva | | unutarnja stijenka | vanjska stijenka | unutarnja stijenka | vanjska stijenka | unutarnja stijenka | vanjska stijenka |
| | | opečni | ≥ 5 | ≥ 8 | ≥ 3 | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 6 |
| | | vapneno silikatni | ≥ 5 | ≥ 10 | ne upotrebljava se | | ne upotrebljava se | |
| | | betonski [b] | ≥ 15 | ≥ 18 | ≥ 15 | ≥ 15 | ≥ 20 | ≥ 20 |
| Objavljena vrijednost kombinirane debljine unutarnjih i vanjskih stijenki (% ukupne širine) | Nema zahtjeva | opečni | ≥ 16 | | ≥ 12 | | ≥ 12 | |
| | | vapneno silikatni | ≥ 20 | | ne upotrebljava se | | ne upotrebljava se | |
| | | betonski [b] | ≥ 18 | | ≥ 15 | | ≥ 45 | |

[a] Kombinirana debljina je debljina unutarnje stijenke i vanjske stijenke mjerena horizontalno u odgovarajućem smjeru. Ovu provjeru treba shvatiti kao kvalifikacijsko ispitivanje koje treba ponoviti u slučaju glavnih promjena dimenzija zidnih elmenata.

[b] U slučaju stožastih šupljina ili ćelijastih šupljina, treba računati sa srednjom vrijednosti debljine vanjskih i unutarnjih stijenki.

Tablica 1.1. Zahtjevi koje grupe zidnih elemenata moraju zadovoljiti

### *1.3.1. Svojstva zidnih elemenata*

Osnovna svojstva zidanih elemenata su njihova tlačna čvrstoća i trajnost.

Do sada je bilo uobičajeno da se zidani element naziva po svojoj tlačnoj čvrstoći. Uz čvrstoću treba uzeti u obzir i oblik elementa, jer nije svejedno kakve je veličine element niti kako je ugrađen u ziđe. Manja visina uzrokuje veći broj horizontalnih sljubnica morta. Zato prelazimo na tzv. normaliziranu tlačnu čvrstoću zidanog elementa $f_b$.

Normalizirana tlačna čvrstoća je tlačna čvrstoća zidnog elementa prevedena na tlačnu čvrstoću na zraku sušenog zidnog elementa širine 100 mm i visine 100 mm dok duljina nije definirana normom.

Da bi se srednja tlačna čvrstoća dobivena eksperimentalno, ispitivanjem uzoraka koji su bili 24 sata uronjeni u vodu, pretvorila u normaliziranu čvrstoću za suhe zidne elemente, treba za zidne elemente od pečene gline rezultate srednje tlačne čvrstoće pomnožiti sa 1.1., a za sve ostale elemente sa 1.2. Zatim se dobivene vrijednosti množe s faktorom oblika δ. Vrijednosti faktora oblika δ su prikazane u Tablici 1.2.

| Visina zidnog elementa (mm) | Najmanja horizontalna dimenzija zidnog elementa (mm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 100 | 150 | 200 | ≥250 |
| 50 | 0,85 | 0,75 | 0,70 | - | - |
| 65 | 0,95 | 0,85 | 0,75 | 0,70 | 0,65 |
| 100 | 1,15 | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,75 |
| 150 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,00 | 0,95 |
| 200 | 1,45 | 1,35 | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| ≥250 | 1,55 | 1,45 | 1,35 | 1,25 | 1,15 |

Tablica 1.2. Vrijednosti faktora oblika δ

Zidni elementi trebaju imati srednju tlačnu čvrstoću na tlak okomito na naležuću ploštinu (vertikalno) barem za 2.5 $N/mm^2$. U horizontalnom smjeru tlačna čvrstoća mora biti barem 2.5 $N/mm^2$. U seizmički aktivnim područjima, tlačna čvrstoća zidnih elemenata bi trebala iznositi najmanje:

- okomito na horizontalnu sljubnicu morta $f_{b,min} = 4.0\ N/mm^2$
- paralelno horizontalnoj sljubnici morta u ravnini zida $f_{b,min} = 2.0\ N/mm^2$

Za odabranu blok opeku u proračunu, vrijednost tlačne čvrstoće okomito na horizontalnu sljubnicu iznosi 10.0 $N/mm^2$ , a okomito na vertikalnu sljubnicu iznosi 2.0 $N/mm^2$.

### *1.3.2. Svojstva morta*

Mort je vezivni materijal koji se sastoji od mješavine anorganskog veziva, agregata i vode, a može sadržavati i aditive. Rabi se za povezivanje zidnih elemenata te za ostvarenje čvrstoće ziđa.

Glavni sastojci morta:

- vezivo (hidratizirano vapno, hidrauličko vapno, cement)
- agregat (pijesak ili neki drugi materijal određen prema normi)
- voda (ne smije sadržavati štetne tvari)

Kod zidanih konstrukcije rabe se sljedeći mortovi:

- cementni mort: mort s određenim omjerom cementa i pijeska te dodataka po potrebi
- cementno – vapneni mort: mješavina određene količine cementa, vapna i pijeska (produžni mort)
- vapneni mort: mješavina određene količine hidratiziranog vapna i pijeska
- tankoslojni mort: to je unaprijed pripremljeni cementni mort s maksimalnim zrnom pijeska od 0.1 mm i s kemijskim dodacima. Debljina morta u horizontalnim blokovima.
- unaprijed pripremljeni mort: doprema se na gradilište te u vrećama u suhom stanju, ili već pripremljen za uporabu s usporivačem vezanja
- lakoagregatni mort: mort spravljen s lakim agregatom, čija je gustoća obično manja od 1000 $kg/m^3$. Agregat može biti: perlit, ekspandirana glina…

Mort se klasificira prema svojoj proračunskoj tlačnoj čvrstoći, a označava se slovom M nakon kojeg slijedi broj koji predstavlja tlačnu čvrstoću u $N/mm^2$. U većini propisa u svijetu odnos komponenata morta se određuje volumenski, odnosno sastavi morta dani su u volumenskim omjerima. No ističe se da su omjeri po težini (masi) svakako točniji nego volumenski odnosi.

| Vrste mortova | Minimalna tlačna čvrstoća nakon 28 dana ($N/mm^2$) | Približni sastav | | |
|---|---|---|---|---|
| | | cement | hidratizirano vapno | pijesak |
| M20 | 20 | treba odrediti ispitivanjem | | |
| M15 | 15 | 1 | 0-1/4 | 3 |
| M10 | 10 | 1 | $\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$ | $4-4\frac{1}{4}$ |
| M5 | 5 | 1 | $\frac{1}{2}-1\frac{1}{4}$ | 5-6 |
| M2,5 | 2.5 | 1 | $1\frac{1}{4}-2\frac{1}{2}$ | 8-9 |
| M1 | 1 | 1 | nije definirano | >9 |

Tablica 1.3. Volumenski sastav morta

Tlačna čvrstoća morta mora se ispitati u skladu s normom EN 1015-11. U slučaju kada je čvrstoća manja ili znatno veća od one u tablici mogu se mijenjati omjeri cementa, vapna i pijeska kako bi se postigla zahtijevana čvrstoća. Uporabu drugačijih omjera sastojaka treba dokazati ispitivanjem. Laboratorijska ispitivanja takvih mješavina moraju dati čvrstoću na tlak barem 20% veće vrijednosti nego one iz tablice.

Povećanje trajnosti bit će dosegnuto s čvršćim mortovima koji sadrže više cementa, ali će tada biti veća tendencija nastajanja pukotina u zidanim konstrukcijama. Povećanje sposobnosti da se prilagodi pomacima postići će se uporabom slabijih mortova koji sadrže manje cementa i više vapna.

Povećana otpornost na mraz dobiva se uporabom morta s dodatkom plastifikatora, dok se tim istim dodatkom smanjuje čvrstoća prianjanja i otpornost na penetraciju kiše

U predmetnoj konstrukciji je predviđeno korištenje morta M10 ($f_m = 10.0\ MPa$)

## *1.4. Vrste ziđa*

U praksi postoji više vrsta ziđa :

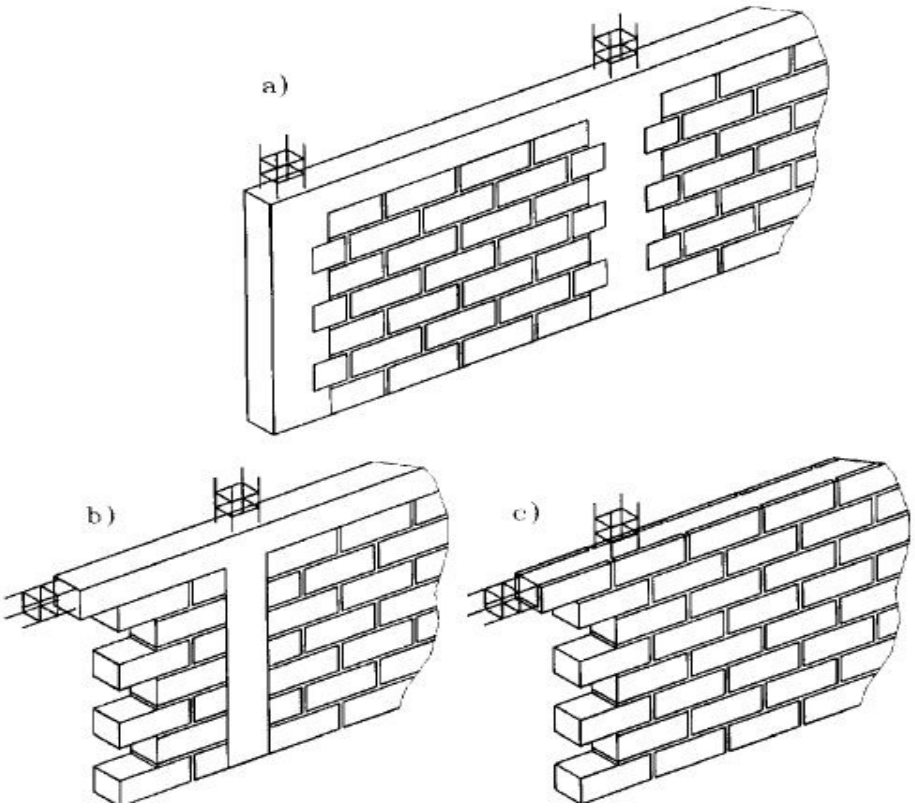
- Nearmirano ziđe
- Armirano ziđe
- Prednapeto ziđe
- Omeđeno ziđe

Omeđeno ziđe, koje je tema ovog rada, je vrsta konstruktivnog sustava koje je izvedeno s armiranobetonskim ili armiranim zidnim omeđenim elementima ( serklažima ) u vertikalnom i horizontalnom smjeru.

Uloga serklaža je značajna pri djelovanju potresnog opterećenja na zidane građevine. Serklaži povezuju i ukrućuju ziđe

Od omeđenog ziđa razlikujemo:

a) Izlomljena cik-cak veza između AB serklaža i ziđa
b) Ravna veza vertikalnog AB serklaža i ziđa
c) Ziđe omeđeno zidanim serklažima od posebnih prefabriciranih opeka koje se armiraju




Slika 1.1. Omeđeno ziđe

Omeđeno ziđe se izvodi tako da se prvo zidaju zidovi sa zidnim elementima ostavljajući prostor za vertikalne serklaže ili se na krajevima i sudarima zidova postavljaju elementi koji imaju otvor kroz koje se izljeva beton, takvi su elementi ujedno i oplata za serklaž.

Horizontalni serklaži se također izvode nakon završetka zidanja, na završetku zida se postavlja oplata ili elementi koji su ujedno izgubljena oplata. U ovom slučaju se horizontalni serklaž ne ponaša kao greda jer je svojom dužinom kontinuirano pridržan od samog izvoženja.

## *1.5. Mehanička svojstva ziđa*

### *1.5.1. Tlačna čvrstoća ziđa - $f_k$*

Na tlačnu čvrstoću ziđa utječu: dimenzije i geometrijski odnosi zidnih elemenata, ispunjenost horizontalnih i vertikalnih sljubnica mortom, omjer volumena i raspodjela šupljina i vanjskih dimenzija zidnih elemenata, visina prizmi tj. ziđa, čvrstoća morta, čvrstoća zidnih elemenata, odabrani zidni vez, debljina sljubnica morta, čvrstoća betona kod ziđa s betonskom ispunom. Čvrstoća ziđa u tlaku je manja nego nominalna tlačna čvrstoća bloka, od kojeg je to ziđe izvedeno. Na drugoj strani, čvrstoća ziđa može značajno prekoračiti slomnu čvrstoću kocke morta. Pravilan vez veoma je važan za nosivost ziđa jer nepravilni vez smanjuje nosivost.

Karakterističnu tlačnu čvrstoću ziđa treba odrediti iz rezultata tlačna čvrstoća ziđa :

- rezultata ispitivanja u skladu s normom EN 1052-1 koja se mogu provesti za projekt ili biti dostupna iz prethodno provedenih ispitivanja tj. iz baze podataka; rezultate ispitivanja treba izraziti tablično ili jednadžbom

$$f_k = K \cdot {f_b}^{\alpha} \cdot {f_m}^{\beta}$$

$f_k$ – karakteristična tlačna čvrstoća ziđa u $N/mm^2$

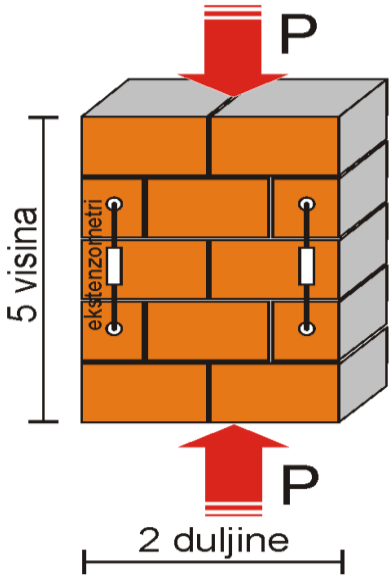
$K$ – konstanta

$\alpha, \beta$ – konstante

$f_b$ – normalizirana srednja tlačna čvrstoća zidnog elementa u smjeru primijenjenog učinka djelovanja u $N/mm^2$

$f_m$ – tlačna čvrstoća morta u $N/mm^2$

Ograničenje uporabe jednadžbe treba dati s varijablama $f_b, f_m$ koeficijentom varijacije rezultata ispitivanja i skupina zidnih elemenata.




lika 1.2. Ispitivanje tlačne čvrstoće ziđa

Tlačna čvrstoća je jedno aksijalno opterećenje probnog uzorka (kocke ili valjka) po jedinici površine, kod kojeg nastaje razorna deformacija i njegov lom.

Odnos između karakteristične tlačne čvrstoće ziđa, $f_k$, normalizirane srednje tlačne čvrstoće zidnog elementa, $f_b$, i morta čvrstoće, $f_m$, smije se odrediti iz:

- jednadžbe za ziđe načinjeno s mortom opće namjene i laganim mortom

$$f_k = K \cdot {f_b}^{0,7} \cdot {f_m}^{0,3}$$

- jednadžbe za ziđe načinjeno s tankoslojnim mortom, u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3 mm, i opečnim zidnim elementima skupina 1 i 4, vapnenosilikatnim, betonskim i porastim betonskim zidnim elementima

$$f_k = K \cdot {f_b}^{0,85}$$

- jednadžbe za ziđe načinjeno s tankoslojnim mortom, u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3 mm, i opečnim zidnim elementima skupine 2 i 3

$$f_k = K \cdot {f_b}^{0,7}$$

Uzevši u obzir da su ispunjenje sljedećih zahtjeva:

- $f_b$ nije veći od 75 $N/mm^2$ kad su zidni elementi položeni u mort opće namjene
- $f_b$ nije veći od 50 $N/mm^2$ kad su zidni elementi položeni u tankoslojni mort
- $f_m$ nije veći od 20 $N/mm^2$ ni veći od 2 × $f_b$ kad su zidni elementi položeni u mort opće namjene
- $f_m$ nije veći od 10 $N/mm^2$ kad su zidni elementi položeni u tankoslojni mort
- debljina ziđa jednaka je širini ili duljini zidnog elementa, tako da nema sljubnice morta usporedne s licem zida na cijeloj duljini zida ili nekom dijelu duljine zida
- koeficijent varijacije čvrstoće zidnih elemenata nije veći od 25 %.

| Zidni elementi | | Mort opće namjene | Tankoslojni mort (horiz. sljubnica ≥ 0,5 mm i ≤ 3 mm) | Lagani mort obujamske mase | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 600 ≤ $\rho_d$ ≤ 800 kg/m$^3$ | 800 < $\rho_d$ ≤ 1300 kg/m$^3$ |
| Opečni | Skupina 1 | 0,55 | 0,75 | 0,30 | 0,40 |
| | Skupina 2 | 0,45 | 0,70 | 0,25 | 0,30 |
| | Skupina 3 | 0,35 | 0,50 | 0,20 | 0,25 |
| | Skupina 4 | 0,35 | 0,35 | 0,20 | 0,25 |
| Vapnenosilikatni | Skupina 1 | 0,55 | 0,80 | ‡ | ‡ |
| | Skupina 2 | 0,45 | 0,65 | ‡ | ‡ |
| Betonski | Skupina 1 | 0,55 | 0,80 | 0,45 | 0,45 |
| | Skupina 2 | 0,45 | 0,65 | 0,45 | 0,45 |
| | Skupina 3 | 0,40 | 0,50 | ‡ | ‡ |
| | Skupina 4 | 0,35 | ‡ | ‡ | ‡ |
| Porasti beton | Skupina 1 | 0,55 | 0,80 | 0,45 | 0,45 |
| Umjetni kamen | Skupina 1 | 0,45 | 0,75 | ‡ | ‡ |
| Obrađeni prirodni kamen | Skupina 1 | 0,45 | ‡ | ‡ | ‡ |
| ‡ Kombinacija morta i zidnih elemenata koja se obilno ne upotrebljava pa vrijednosti nisu dane. | | | | | |

Tablica 1.4. Konstanta K za mortove

Za predmetnu konstrukciju karakteristična tlačna čvrstoća ziđa iznosi :

$$f_k = K \cdot {f_b}^{0.7} \cdot {f_m}^{0.3} = 0.55 \cdot 10.0^{0.7} \cdot 10.0^{0.3} = 5.50\ MPa$$

### *1.5.2. Posmična čvrstoća ziđa - $f_{vk}$*

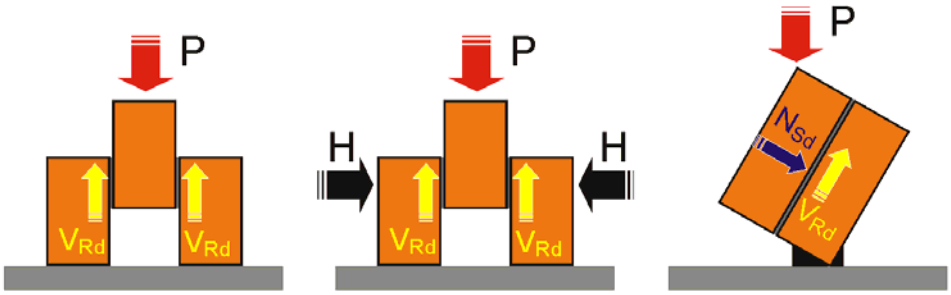
Zidane konstrukcije su često podvrgnute posmičnom djelovanju, istovremeno s tlačnim opterećenjem. Posmična čvrstoća ziđa u direktnoj je vezi s vertikalnom komponentom tlačnog naprezanja. Posmična čvrstoća ziđa ovisi o visini i debljini ziđa stoga za zidove više od dvostruke vlastite duljine utjecaj posmičnih deformacija može biti zanemaren, dok za porast debljine ziđa posmična čvrstoća raste.

Karakteristična posmična čvrstoća nearmiranog ziđa $f_{vk}$ je ona ispod koje se ne očekuje da može pasti više od 5% rezultata ispitivanja te čvrstoće. Karakteristična posmična čvrstoća $f_{vk}$ može se dobiti iz odgovarajućeg broja ispitivanja uzoraka ili ispitivanjem na ziđu.

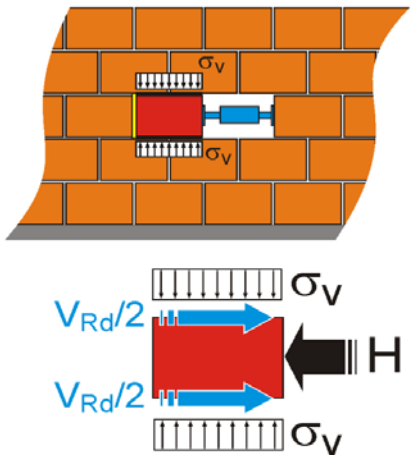
Karakterističnu početnu posmičnu čvrstoću ziđa, $f_{vk0}$, treba odrediti iz ispitivanja u skladu s normama EN 1052-3 ili EN 1052-4

Vrste ispitivanja posmične čvrstoće pomoću uzoraka:

- bez tlačnih normalnih naprezanja
- dodavanjem tlačnih normalnih naprezanja
- pod konstantnim tlačnim normalnim naprezanjem




Slika 1.3. Ispitivanje posmične čvrstoće ziđa na uzorcima

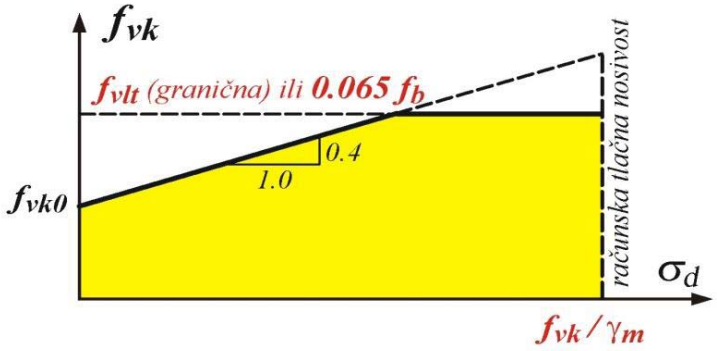



Slika 1.4. Ispitivanje posmične čvrstoće ziđa na izvedenom zidu – in situ

Karakteristična posmična čvrstoća ziđa, $f_{vk}$, s mortom opće namjene ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm ili laganim mortom, uz uvjet da sve sljubnice zadovoljavaju zahtjeve da se smatraju potpuno ispunjene mortom, smije se uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

ali ne veće od $0{,}065 \cdot f_b$, ili $f_{vtl}$,




Slika 1.5. Ovisnost posmične čvrstoće i tlačnog naprezanja

gdje je:

$f_{vk0}$ - karakteristična početna posmična čvrstoća pri nultom tlačnom naprezanju

$f_{vtl}$ - granična vrijednost za $f_{vt}$

$\sigma_d$ - proračunsko tlačno naprezanje okomito na posmik u elementu na promatranoj razini, uzimajući odgovarajuću kombinaciju opterećenja utemeljenu na prosječnom vertikalnom naprezanju na tlačnoj duljini zida koja osigurava posmičnu otpornost

$f_b$ - normalizirana tlačna čvrstoća zidnih elemenata opisana u točki 1.5.1. za smjer djelovanja opterećenja na ispitane uzorke, okomito na naliježuću površinu.

Karakteristična posmična čvrstoća ziđa s mortom opće namjene ili s tankoslojnim mortom u horizontalnim sljubnicama debljine 0,5 mm do 3,0 mm ili s laganim mortom koje ima vertikalne sljubnice neispunjene mortom, ali kad su susjedna lica zidnih elemenata priljubljena jedno uz drugo, smije se uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = 0.5 \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

ali ne veće od $0{,}045 \cdot f_b$, ili $f_{vtl}$,

U ziđu s trakovima morta, kad su zidni elementi položeni na dva ili više jednakih trakova morta opće namjene, od kojih je svaki širine bar 30 mm, $f_{vk}$ se smije uzeti iz jednadžbe:

$$f_{vk} = (g/t) \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d$$

gdje je:

g - ukupna širina trakova morta

t - debljina ziđa.

Početna posmična čvrstoća ziđa, $f_{vk0}$, smije se odrediti iz:

- vrednovanja baze podataka iz rezultata ispitivanja početne posmične čvrstoće ziđa, ili

- iz vrijednosti danih u tablici 1.5. uz uvjet da mort opće namjene izrađen u skladu s normom EN1996-2 ne sadrži dodatke ili dodatne sastojke

| Zidni element | $f_{vko}$ (N/mm$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Mort opće namjene | | Tankoslojni mort (debljine horizontalnih sljubnica ≥0,5 mm i ≤3,0 mm) | Lagani mort |
| Glina | M10 – M20 | 0,30 | 0,30 | 0,15 |
| | M2,5 – M9 | 0,20 | | |
| | M1 – M2 | 0,10 | | |
| Kalcijsko-silikatni | M10 – M20 | 0,20 | 0,40 | 0,15 |
| | M2,5 – M9 | 0,15 | | |
| | M1 – M2 | 0,10 | | |
| Betonski | M10– M20 | 0,20 | 0,30 | 0,15 |
| Porasti (autoklavirani aerirani) | M2,5 – M9 | 0,15 | | |
| Kameni | M1 – M2 | 0,10 | | |

Tablica 1.5. Vrijednosti početne posmične čvrstoće $f_{vk0}$

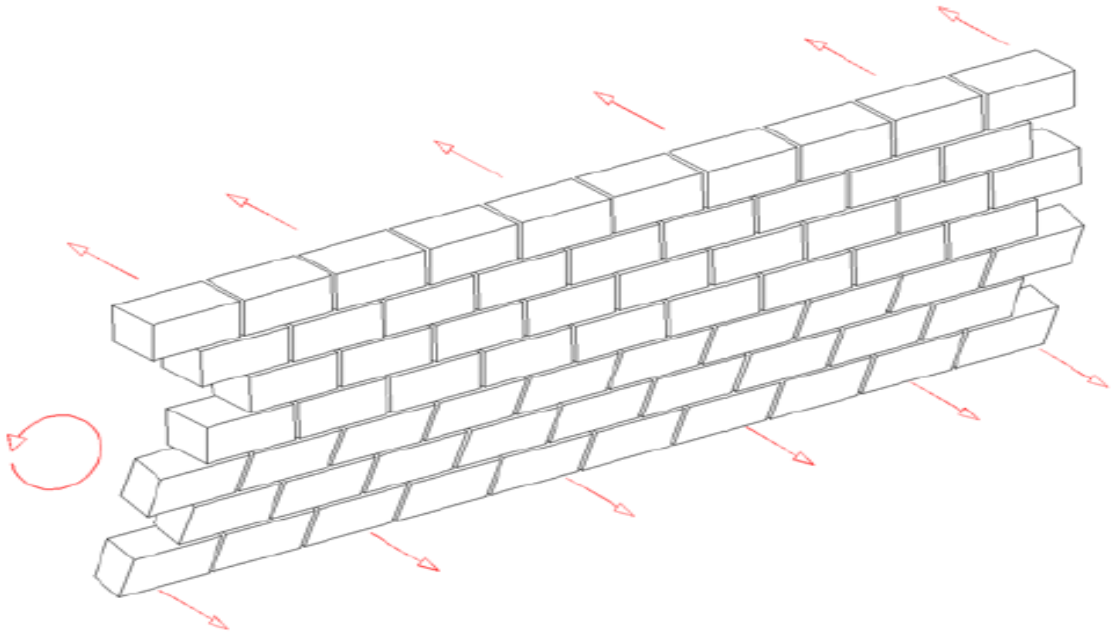
Za predmetnu konstrukciju karakteristična posmična čvrstoća ziđa:

$$f_{vk} = 0.5 \cdot f_{vk0} + 0.4 \cdot \sigma_d = 0.5 \cdot 0.3 + 0.4 \cdot 1.5 = 0.75$$

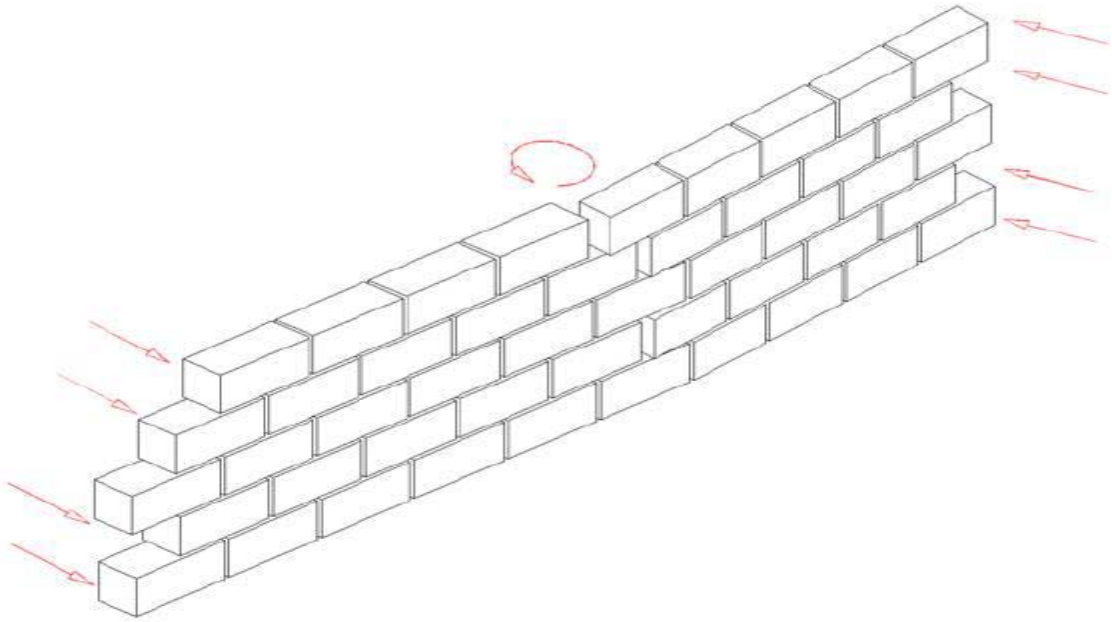
### *1.5.3. Savojna čvrstoća ziđa - $f_{xk}$*

U odnosu na savijanje van ravnine, treba razmotriti sljedeće situacije: čvrstoću na savijanje kad je slom u ravnini usporednoj s horizontalnim sljubnicama morta, $f_{xk1}$; čvrstoću na savijanje kad je slom u ravnini okomitoj na horizontalne sljubnice morta, $f_{xk2}$.

Karakteristična čvrstoća na savijanje nearmiranog ziđa $f_{xk}$ je ona čvrstoća ispod koje ne pada više od 5% rezultata.



Slika 1.6. Ravnina sloma usporedna s horizontalnim sljubnicama morta $f_{xk1}$



Slika 1.7. Ravnina sloma okomita na horizontalne sljubnice morta $f_{xk2}$

Karakteristična čvrstoća ziđa na savijanje, $f_{xk1}$, smije se odrediti iz ispitivanja u skladu s normom EN 1052-2 ili se smije ustanoviti vrednovanjem podataka ispitivanja osnovanih na čvrstoćama na savijanje ziđa dobivenim iz prikladnih kombinacija zidnih elemenata i morta.

Ako podaci ispitivanja nisu dostupni, vrijednosti karakteristične čvrstoće na savijanje ziđa izvedenog s mortom opće namjene, tankoslojnim mortom ili laganim mortom, smiju se uzeti iz Tablica 1.6. i 1.7. , pod uvjetom da su tankoslojni i lagani mort M5 ili jači.

| Zidni elementi | $f_{xk1}$ (N/mm$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Mort opće namjene | | Tankoslojni mort | Lagani mort |
| | $f_m < 5$ N/mm$^2$ | $f_m \geq 5$ N/mm$^2$ | | |
| Opečni | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,10 |
| Vapnenosilikatni | 0,05 | 0,10 | 0,20 | ne upotrebljava se |
| Betonski | 0,05 | 0,10 | 0,20 | ne upotrebljava se |
| Porasti beton | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,10 |
| Umjetni kamen | 0,05 | 0,10 | ne upotrebljava se | ne upotrebljava se |
| Obrađeni prirodni kamen | 0,05 | 0,10 | 0,15 | ne upotrebljava se |

Tablica 1.6. Vrijednosti $f_{xk1}$ za ravninu sloma usporednu s horizontalnim sljubnicama

| Zidni elementi | | $f_{xk2}$ (N/mm$^2$) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mort opće namjene | | Tankoslojni mort | Lagani mort |
| | | $f_m < 5$ N/mm$^2$ | $f_m \geq 5$ N/mm$^2$ | | |
| Opečni | | 0,20 | 0,40 | 0,15 | 0,10 |
| Vapnenosilikatni | | 0,20 | 0,40 | 0,30 | ne upotrebljava se |
| Betonski | | 0,20 | 0,40 | 0,30 | ne upotrebljava se |
| Porasti beton | $\rho < 400$kg/m$^3$ | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,15 |
| | $\rho \geq 400$kg/m$^3$ | 0,20 | 0,40 | 0,30 | 0,15 |
| Umjetni kamen | | 0,20 | 0,40 | ne upotrebljava se | ne upotrebljava se |
| Obrađeni prirodni kamen | | 0,20 | 0,40 | 0,15 | ne upotrebljava se |

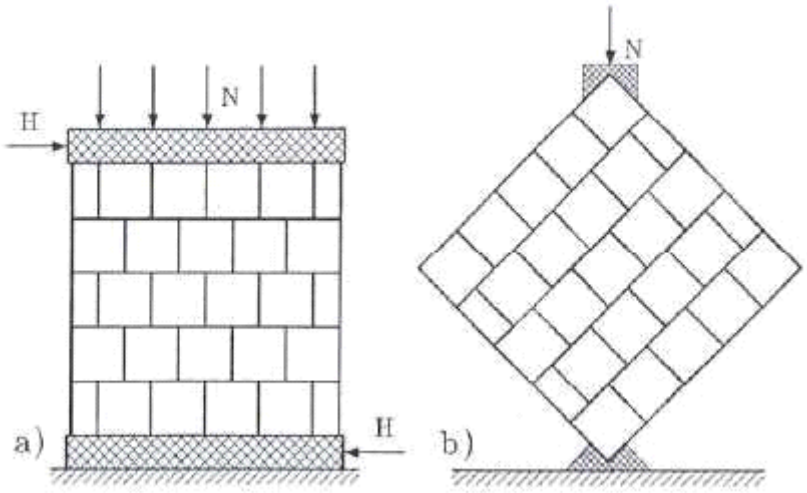
Tablica 1.7. Vrijednosti $f_{xk2}$ za ravninu sloma okomitu na horizontalne sljubnice

### *1.5.4. Vlačna čvrstoća ziđa*

Referentna vlačna čvrstoća ziđa je ona kod koje dolazi do vlačnog otkazivanja kad je zid opterećen istodobno vertikalnim i horizontalnim opterećenjem. Vertikalno je opterećenje stalno prisutno, a horizontalno je povremeno, uzrokovano vjetrom ili potresom.

Referentnu vlačnu čvrstoću može se odrediti ispitivanjem zida opterećenog nepromjenljivim vertikalnim opterećenjem, silom N, i postupno rastućom horizontalnom silom H do dijagonalnog sloma (*Slika 1.8.*.) ili pomoću propisanih tablica.

Vlačna čvrstoća ziđa zidanog sa standardnim mortom (cement/vapno/pijesak) je relativno mala i promjenljiva.




Slika 1.8. Ispitivanje vlačne čvrstoće ziđa

### *1.5.5. Deformacijska svojstva ziđa*

#### *Modul elastičnosti E*

Kratkotrajni sekantni modul elastičnosti, *E*, mora se odrediti ispitivanjima u skladu s normom EN 1052-1.

Modul elastičnosti u slučajevima kada se ne proučavaju dugotrajni efekti se određuje ispitivanjem. U nedostatku eksperimentalnih ispitivanja, sekantni modul elastičnosti pod opterećenjem do 1/3 slomnog opterećenja za sve vrste ziđa uzima se kao:

$$E = K_E \cdot f_k$$

$K_E$ – koeficijent čija je vrijednost preporučena nacionalnim dodatkom i iznosi $K_E = 1000$

$f_k$ – karakteristična tlačna čvrstoća zida

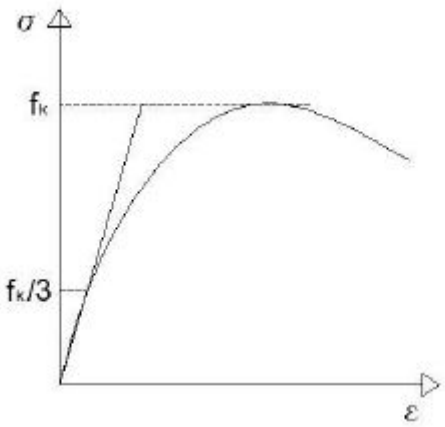
Kada se modul elastičnosti primjenjuje za granična stanja uporabiljivosti, preporuča se uzeti $E = 600 \cdot f_k$ . Ovo se uzima radi pojednostavljenja pri dimenzioniranju, a orijentacijska je vrijednost i može se promatrati kao srednja.

Pri proračunu graničnog stanja uporabljivosti (GSU) u računalnom modelu modul elastičnosti, E, reduciran je za 50 %.

Module elastičnosti za predmetnu konstrukciju iznosi:

$$E = K_E \cdot f_k = 1000 \cdot 5.50 = 5500.0\ MPa$$

$$E_{GSU} = E \cdot 0.5 = 5500.0 \cdot 0.5 = 2750.0\ MPa$$




Slika 1.9. Dijagram naprezanja – relativna deformacija

***Modul posmika G***

Modul posmika, *G*, smije se uzeti kao 40% modula elastičnosti *E*.

Za proračun se koristi vrijednost $\frac{E}{6}$ za modul posmika.

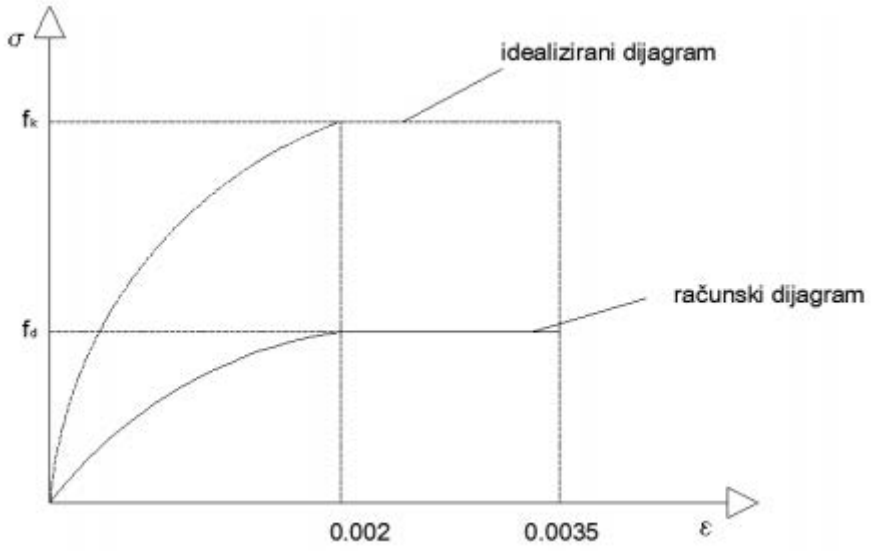
$$G = \frac{E}{6} = \frac{5500.0}{6} = 916.7\ MPa$$

### *1.5.6. Odnos naprezanja i relativne deformacije*

U proračunu se $\sigma - \varepsilon$ dijagram može uzeti kao površina ispod parabole + pravokutnika ili kao pravokutnik za verifikaciju presjeka kod graničnog stanja nosivosti.

Valja imati na umu da zidni elementi s velikim šupljinama mogu imati krti slom već kod relativne deformacije $\varepsilon_{m1} = 0.002$ , tj. prije horizontalnog duktilnog ponašanja.

Prikaz odnosa naprezanja i deformacije Slika 1.10.:




Slika 1.10. Računski dijagram naprezanje – relativna deformacija

Deformacijska svojstva trebala bi se odrediti eksperimentalno.

U nedostatku takvih ispitivanja, vrijednosti iz tablica uzimaju se kao računske vrijednosti za puzanje, skupljanje i toplinsko širenje, a odnose se na deformacijska svojstva ziđa. Te vrijednosti su izvedene za određene vrste zidnih elemenata.

Deformacijska svojstva ziđa mogu varirati značajno i zato se mora očekivati da će neke vrijednosti biti iznad, a neke ispod onih zadane u proračunu.

# 2. TEHNIČKI OPIS

## 2.1. Općenito

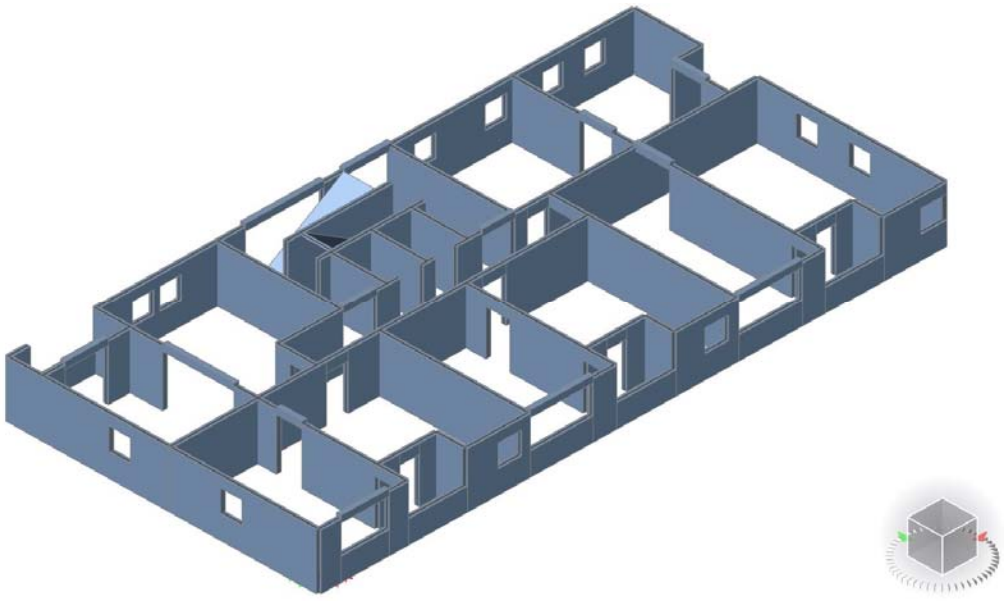
Predmetna građevina je stambena zgrada tlocrtne dimenzije 32.09 x 16.05m, visine kata 2.8m. Zgrada se sastoji od četiri etaže, prizemlja i tri kata ukupne visine 12.80 m. Površina po etaži iznosi 515.04 $m^2$.

Konstruktivni sustav je načinjen od vertikalnih konstrukcijskih elemenata omeđenog ziđa i horizontalnih konstrukcijskih elemenata, armirano-betonske ploče debljine 16.0 cm i armirano-betonskih greda dimenzija 35,0 x 25,0 cm. Pokrov konstrukcije čini neprohodni ravni krov izrađen od armirano-betonske ploče debljine 16.0 cm. Konstrukcija je ojačana armirano-betonskim horizontalnim i vertikalnim serklažima.

Temelji su izvedeni u obliku traka ispod zidova, izrađeni od armiranog betona, različite dimenzije rubnih i unutarnji temelja kako bi se ravnomjerno prenijelo naprezanje na tlo i kako ne bi došlo do nejednolikog slijeganja.

Svi armirano betonski elementi su izvedeni od betona klase C25/30, i armaturnog čelika B500B.

Gravitacijsko djelovanje se preko međukatne konstrukcije prenosi na horizontalne serklaže te preko njih na zidove i vertikalne serklaže do temelja. Horizontalno djelovanje se dominantno prenosi po zidovima.

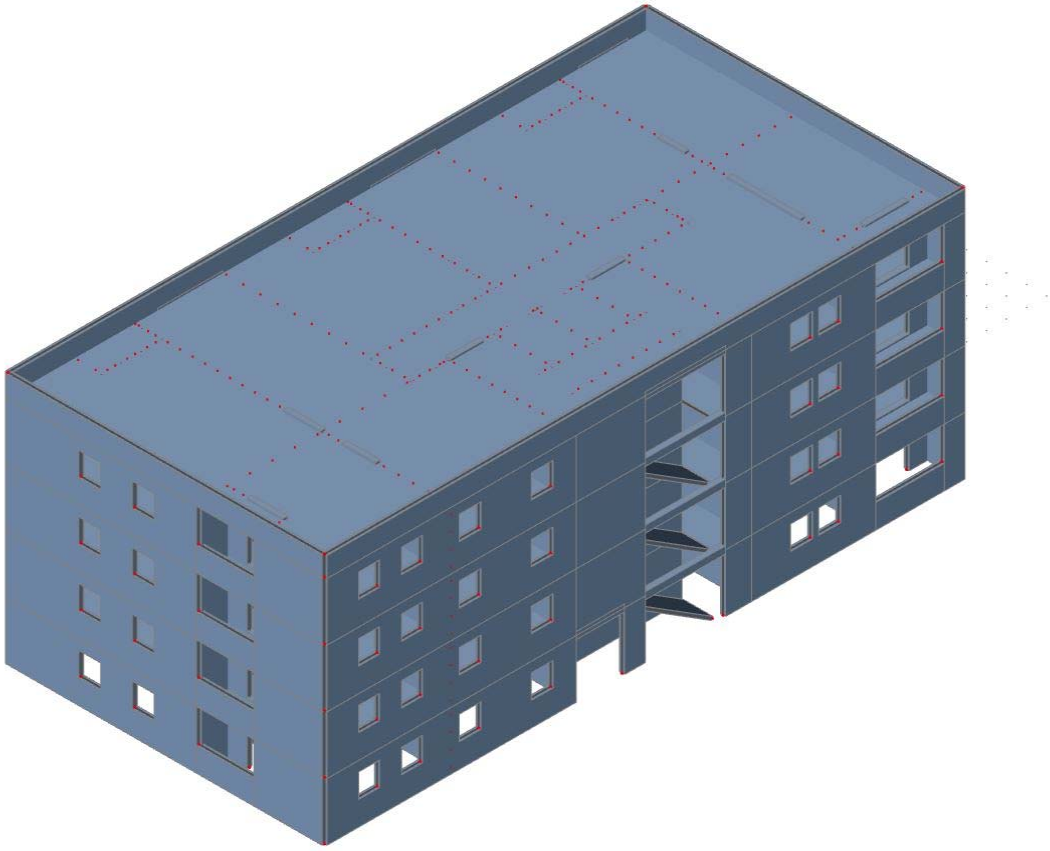


Slika 2.1. Model prizemne etaže u računalnom programu SCIA Engineer 18.1

## 2.2. Proračunski model

Proračunski model je napravljen u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

To je integrirani, strukturni analizator i dizajnerski softver za sve vrste struktura. Širok raspon funkcionalnosti čini ga idealnim softverom za projektiranje poslovnih zgrada, industrijskih postrojenja, mostova ili bilo kojeg drugog projekta, a sve u istom okruženju koje je jednostavno za korištenje. Cilj analize je provjera zadovoljenja uvjeta graničnog stanja nosivosti (GSN) i graničnog stanja uporabivosti (GSU).



Slika 2.2 Model izrađen u računalnom programu SCIA Engineer 18.1

Proračun zidanih konstrukcija mora biti u skladu s općim pravilima danim u normi EN 1990:

- proračun graničnog stanja povezan s metodom parcijalnih koeficijenata opisanom u normi EN1990
- djelovanja dana u normi EN 1991
- pravila kombinacije dana u normi EN 1990
- načela i pravila primjene dana u normi, EN 1996-1-1.

## 2.3. Konstruktivne pojedinosti

### 2.3.1. Temelji

Temeljenje je izvršeno na tlu tipa B. Temelji su izvedeni u obliku traka ispod zidova, dimenzija 0.60 x 0.60 m rubni i 0.90 x 0.60 m unutarnji. Različite dimenzije rubnih i unutarnji temelja su rađene kako bi se ravnomjerno prenijelo naprezanje na tlo i kako ne bi došlo do nejednolikog slijeganja.

Nad temeljni zid je dimenzija 0.30 x 0.50 m proteže se preko svih temeljnih traka. Podna ploča je debljine 16.0 cm, proteže se preko cijele etaže površine $515.04\ m^2$.

Svi elementi temelja izrađeni su od betona klase C 25/30 i armaturnog čelika B 500B.

### 2.3.2. Zidovi

Nosivi zidovi izgrađeni su od blok opeke Porotherm 25 S P+E . To je brušena opeka koja je prirodni i ekološki prihvatljiv proizvod dobrih toplinskih, seizmičkih i zvučnih svojstava.

Za zidanje je korišten mort opće namjena M 10 – M10 ($f_m = 10.0\ MPa$)

### 2.3.3. Međukatna konstrukcija

Međukatna konstrukcija je izvedena kao armirano-betonska ploča debljine 16.0 cm.

Horizontalni serklaži su izvedeni u visini međukatne konstrukcije i minimalne su dimenzije 0.25 x 0.25 m, a iznad otvora se monolitiziraju zajedno s nadvojima radi jednostavnijeg izvođenja.

Svi elementi međukatne konstrukcije i horizontalnih serklaža izrađeni su od betona klase C 25/30 i armaturnog čelika B 500B.

### 2.3.4. Ostale konstrukcije

Krov konstrukcije čini ravna armirano-betonska ploča također debljine 0.16m.

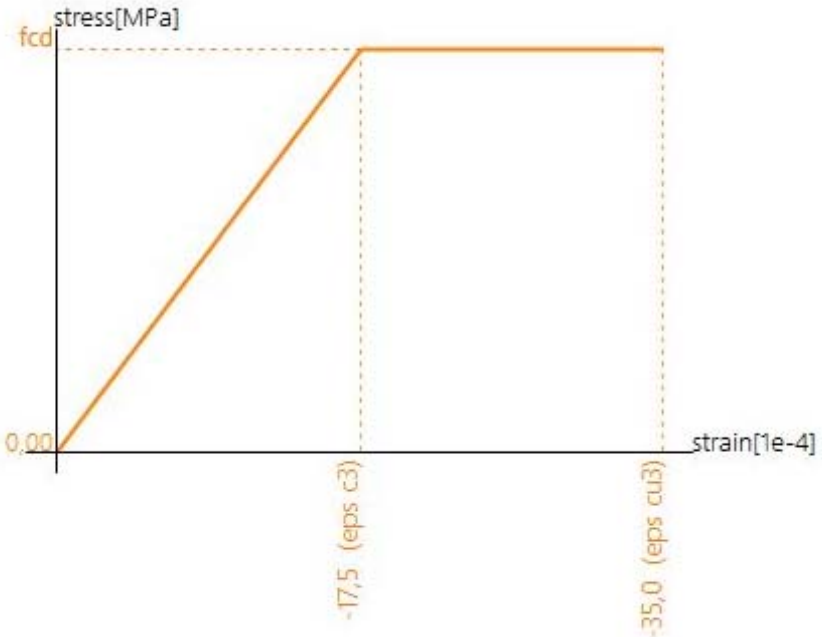
Vertikalni serklaži su postavljeni prema pravilima struke, tj. vodilo se računa o najvećim mogućim razmacima koje ziđe može imati bez ojačanja vertikalnim serklažom. Dimenzije vertikalnih serklaža su 0.25 x 0.25 m. Na pojedinim mjestima gdje je razmak serklaža bio mali (otvor-sudar zidova) izvedena je armirano-betonski zid s obzirom da nije bilo dovoljno prostora za blok opeku.

## 2.4. Materijali

### 2.4.1. Beton

Svi armirano-betonski elementi (temelji, nad temeljni zidovi, međukatne konstrukcije, nadvoji, vertikalni i horizontalni serklaži) izrađeni su od betona klase C25/30.

- Karakteristike betona klase C25/30:
- Karakteristična tlačna čvrstoća $f_{ck} = 25.0\ MPa$
- Posmična čvrstoća $\tau_{Rd} = 0.30\ MPa$
- Srednja vlačna čvrstoća $f_{ct,m} = 2.60\ MPa$
- Modul elastičnosti $E = 31500.0\ MPa$
- Modul posmika $G = 13125.0\ MPa$



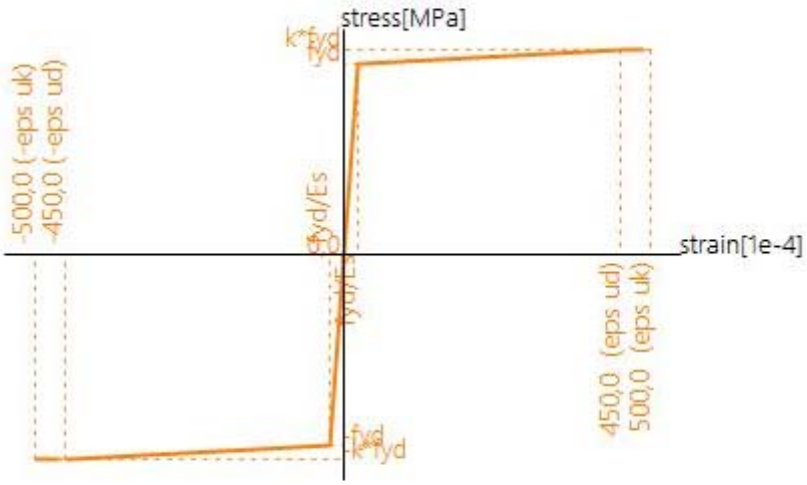

Slika 2.3. Radni dijagram betona

### *2.4.2. Čelik*

Svi armirano-betonski elementi su armirani armaturnim čelikom B500B.

Karakteristike čelika B 500B:

- Karakteristična vlačna čvrstoća $f_{yk} = 500.0\ MPa$
- Modul elastičnosti $E = 200000.0\ MPa$
- Modul posmika $G = 83333.0\ MPa$




Slika 2.4. Radni dijagram čelika

### *2.4.3. Zidni elementi*

Materijal korišten za zidanje zidova je blok opeka Porotherm 25 S P+E, karakteristike elementa su prikazane na slici 2.5.

Opeka je prvi i najstariji umjetno proizvedeni građevinski materijal (umjetni kamen). Sirovina za proizvodnju opeke je zemljani materijal, danas prvenstveno glina.

POROTHERM brušena opeka prirodni je i ekološki prihvatljiv proizvod koji se još može nazvati i proizvodom budućnosti. Precizno je brušena s obje strane kontroliranim računalnim procesom te je izrađena od prirodnih proizvoda - gline, pijeska i piljevine, a nakon uporabe može se 100% reciklirati.

Blok velikih dimenzija, manji utrošak opeke. Mortni džepovi povečavaju otpornost zida na sile potresa. Porozna opeka, olakšana masa i poboljšana toplinska svojstva.

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

| | | |
|---|---|---|
| Dimenzije: | | 37,5x25x23,8 cm |
| Masa cca.: | m | 14,95 kg |
| Tlačna čvrstoća: | | 10,00 N/mm² |
| Potrošnja opeke: | | 10,70 kom/m² |
| | | 42,70 kom/m³ |
| Potrošnja morta: | | 27,00 l/m² |
| Težina za m² zida | | 2,25 kN/m² |

Toplinska žbuka 4 cm (λ=0,08 W/mK)
U=0,52 W/m²K

Toplinska izolacija 6 cm (λ=0,04 W/mK)
U=0,34 W/m²K

FIZIKALNA SVOJSTVA

| | | |
|---|---|---|
| Koeficijent toplinske vodljivosti*: | λ | 0,18 W/mK |
| Koeficijent prolaznosti topline*: | U | 0,64 W/m²K |
| Bruto volumen: | ρ | 680,00 kg/m³ |
| Specifični toplinski kapacitet: | c | 920,00 J/kgK |
| Faktor otpora difuzije vodene pare: | μ | 5/10 |
| Računska dozvoljena vlažnost: | Xr | 2,60 % |
| Maksimalna dozvoljena vlažnost: | Xmax | 5,40 % |
| Računska debljina kondenzirane vodene pare: | | 0,05 m |
| Razred raspona / Razred dopuštenih odstupanja: | | T1/R1 |
| Reakcija pri požaru: | | A1 |
| Otpornost na zamrzavanje: | | F0 |
| Sadržaj aktivnih topljivih soli: | | S0 |
| Grupa prema HRN EN 1996-1-1 | | 2b |

**Certifikat**
Tvrtka Wienerberger certificirala je unutarnju tvorničku kontrolu proizvodnje kojom se potvrđuje da je proizvođač proveo početno ispitivanje tipa proizvoda, da provodi stalnu kontrolu proizvodnje i da je ovlašteno tijelo provelo početni nadzor tvornice i početni nadzor tvorničke kontrole proizvodnje te da provodi stalni nadzor, procjenu i ocjenu tvorničke kontrole proizvodnje.
Opekarski proizvodi tvrtke Wienerberger su u potpunosti u skladu sa Zakonom o građevnim proizvodima (NN br. 86/08), Pravilnikom o ocjenjivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda (NN br. 103/08) i Tehničkim propisom za zidane konstrukcije.

Hrvatska - Certifikat Institut IGH
EU - Certifikat ZAG Ljubljana

ZVUČNE KARAKTERISTIKE

| | |
|---|---|
| Gipsana žbuka<br>POROTHERM 38 S PLUS zidan toplinskim mortom<br>Toplinsko-izopacijska žbuka<br>Silikatna žbuka | 50 dB |

*- zidano sa toplinskim mortom λ=0,19 W/mK, lagana žbuka 3 cm (λ=0,60 W/mK)
Napomena - Potrebno je izraditi statički proračun

VATROOTPORNOST

| | |
|---|---|
| Razred požarne otpornosti (min) | REI 90 |

Vatrootpornost neožbukanih zidova prema Eurocode 6: Projektiranje zidanih konstrukcija 1-2: Opća pravila - Projektiranje konstrukcija na požarno djelovanje

Slika 2.5. Karakteristike Phoroterm 25 S P+E

# 3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Konstrukcija treba biti planirana, projektirana i izvedena tako da tijekom predviđenog vijeka trajanja:

- ostane uporabiva za predviđenu namjenu
- bude u stanju podnijeti sva predviđena djelovanja i učinke tijekom izvedbe i uporabe

Norma EN 1991-1-1 navodi proračunske smjernice i djelovanja za konstrukcijski proračun zgrada i inženjerskih građevina, uključujući i neka geotehnička gledišta, a odnosi se na:

– obujamske težine građevnih i uskladištenih materijala
– vlastitu težinu građevina
– uporabna opterećenja zgrada

Trajnost konstrukcije je njena sposobnost da tijekom svog proračunskoga uporabnog vijeka ostane sposobna za uporabu uz odgovarajuće održavanje. Treba biti projektirana ili zaštićena tako da se u periodu između uzastopnih pregleda značajno ne pogorša njena uporabljivost.

## 3.1. Djelovanje na konstrukciju

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

– Stalna djelovanja G

Djelovanja za koje se smatra da će vjerojatno djelovati na konstrukciju u cijelom vijeku trajanja, ili imati promjenu intenziteta ali su te promjene zanemarive u odnosu na srednju vrijednost.

Vlastitu težinu građevina treba svrstati u stalno nepomično djelovanje, također tu spadaju pritisak tla, pritisak vode, prednapinjanje, slijeganje oslonaca, deformacije uslijed načina izgradnje konstrukcije.

Kad se vlastita težina mijenja u vremenu, treba je uzeti u obzir s gornjom i donjom karakterističnom vrijednosti. Međutim, u nekim slučajevima Kad je slobodna (npr. pomične pregrade), vlastitu težinu treba promatrati kao dodatno uporabno opterećenje.

– Promjenjiva djelovanja Q

Uporabna opterećenja moraju se svrstati u promjenjiva slobodna djelovanja. Uporabna opterećenja treba promatrati kao nazovistatička djelovanja. Modeli opterećenja smiju obuhvatiti dinamičke učinke ako nema opasnosti od pojave rezonancije ili drugih značajnih dinamičkih odziva konstrukcije. Ako se mogu očekivati učinci rezonancije zbog usklađenih ritmičkih pokreta ljudi ili plesa, ili skakanja, treba odrediti model opterećenja za posebni dinamički proračun.

U proračunskim situacijama gdje uporabna opterećenja djeluju istodobno s ostalim promjenjivim djelovanjima (npr. djelovanja uzrokovana vjetrom, snijegom, kranovima ili strojevima), sva promjenjiva opterećenja u odgovarajućem slučaju opterećenja moraju se uzeti u obzir kao jedinstveno djelovanje.

– Izvanredna djelovanja A

Izvanredna opterećenja su općenito kratkog vremena trajanja, a vjerojatnost njihovog nastupanja u planiranom vijeku trajanja je mala.

U tu skupinu opterećenja spadaju: eksplozije, udar vozila, potres, požar, slijeganje i klizanje terena.

## *3.2. Stalno djelovanje na konstrukciju*

– Vlastita težina elemenata konstrukcije

U računalnom modelu SCIA Engineer 18.1. vlastita težina nosive konstrukcije zadana je automatski u postavkama odabranog materijala.

– Ostala stalna djelovanja

Stalno djelovanje na međukatnu konstrukciju od slojeva poda i pregradnih zidova iznosi $\Delta G = 1{,}3\ kN/m^2$, dok je djelovanje na krovnu ploču $\Delta G = 2{,}3\ kN/m^2$.

## 3.3. Promjenjivo djelovanje na konstrukciju

Uporabna opterećenja se uglavnom svrstavaju u promjenljiva i slobodna.

Prostori u stambenim, društvenim, trgovačkim i administrativnim zgradama moraju se svrstati u kategorije u skladu s njihovim namjenama prikazanima u tablici 3.1.

Neovisno o ovoj razredbi prostora, dinamički učinci moraju se uzeti u obzir tamo gdje se predviđa da će uporaba uzrokovati značajne dinamičke učinke.

| Kategorija | Namjena | Primjer |
|---|---|---|
| A | Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti | Sobe u stambenim zgradama i kućama, sobe i odjeli u bolnicama; sobe u hotelima i prenoćištima, kuhinje i kupaonice |
| B | Uredski prostori | |
| C | Prostori gdje se mogu okupljati ljudi (osim prostora određenih u kategorijama A, B, i D[1)]) | C1: Prostorije sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama<br>C2: Prostori s nepomičnim sjedalima, primjerice u crkvama, kazalištima ili kinima, sobe za sastanke, dvorane za predavanja, dvorane za skupove, željezničke čekaonice i sl.<br>C3: Prostori bez zapreka za kretanje ljudi, primjerice u muzejima, izložbenim prostorima i slično, te pristupi u javnim i upravnim zgradama, hotelima, bolnicama i željezničkim stanicama<br>C4: Prostori gdje su moguće fizičke aktivnosti, primjerice plesne dvorane, gimnastičke dvorane, pozornice<br>C5: Prostori za velika okupljanja ljudi, primjerice u zgradama za javne priredbe kao što su koncertne dvorane, sportske dvorane uključujući gledališta, terase, prilaze i željezničke perone |
| D | Prodajni prostori | D1: Prostori u trgovinama<br>D2: Prostori u robnim kućama |
| [1)] Obratiti pažnju na točku 6.3.1.1(2), posebno za kategorije C4 i C5. Kad se dinamički učinci trebaju uzeti u obzir, vidjeti normu EN 1990. Za kategoriju E, vidjeti tablicu 6.3. | | |
| NAPOMENA 1: Ovisno o predviđenom načinu upotrebe, prostori koji bi mogli pripadati kategorijama C2, C3 i C4 smiju se odlukom investitora i/ili nacionalnim dodatkom svrstati u kategoriju C5<br>NAPOMENA 2: U nacionalnome dodatku smiju se odrediti potkategorije za A, B, C1 do C5, D1 i D2.<br>NAPOMENA 3: Za proizvodne djelatnosti ili skladištenje, vidjeti točku 6.3.2. | | |

Tablica 3.1. Uporabne kategorije

Opterećeni prostori, svrstani u kategorije prikazane u tablici 3.1, moraju se proračunati upotrebljavajući karakteristične vrijednosti $q_k$ (jednoliko raspodijeljeno opterećenje) i $Q_k$ (koncentrirano opterećenje).

| Kategorija opterećenog prostora | $q_k$ [kN/m$^2$] | $Q_k$ [kN] |
|---|---|---|
| **Kategorija A** | | |
| – stropovi | 1,5 do 2,0 | 2,0 do 3,0 |
| – stubišta | 2,0 do 4,0 | 2,0 do 4,0 |
| – balkoni | 2,5 do 4,0 | 2,0 do 3,0 |
| **Kategorija B** | 2,0 do 3,0 | 1,5 do 4,5 |
| **Kategorija C** | | |
| – C1 | 2,0 do 3,0 | 3,0 do 4,0 |
| – C2 | 3,0 do 4,0 | 2,5 do 7,0 (4,0) |
| – C3 | 3,0 do 5,0 | 4,0 do 7,0 |
| – C4 | 4,5 do 5,0 | 3,5 do 7,0 |
| – C5 | 5,0 do 7,5 | 3,5 do 4,5 |
| **Kategorija D** | | |
| – D1 | 4,0 do 5,0 | 3,5 do 7,0 (4,0) |
| – D2 | 4,0 do 5,0 | 3,5 do 7,0 |

Tablica 3.2. Uporabna opterećenja stropova, balkona i stubišta u zgradama

Gdje je to potrebno, opterećenja $q_k$ i $Q_k$ treba u proračunu povećati (npr. stubišta i balkoni, ovisno o načinu upotrebe i izmjerama).

Proračunom se mora uzeti u obzir da koncentrirano opterećenje djeluje u bilo kojoj točki na stropu ili stubištu te da djeluje na plohi koja je oblikom primjerena namjeni i obliku stropa.

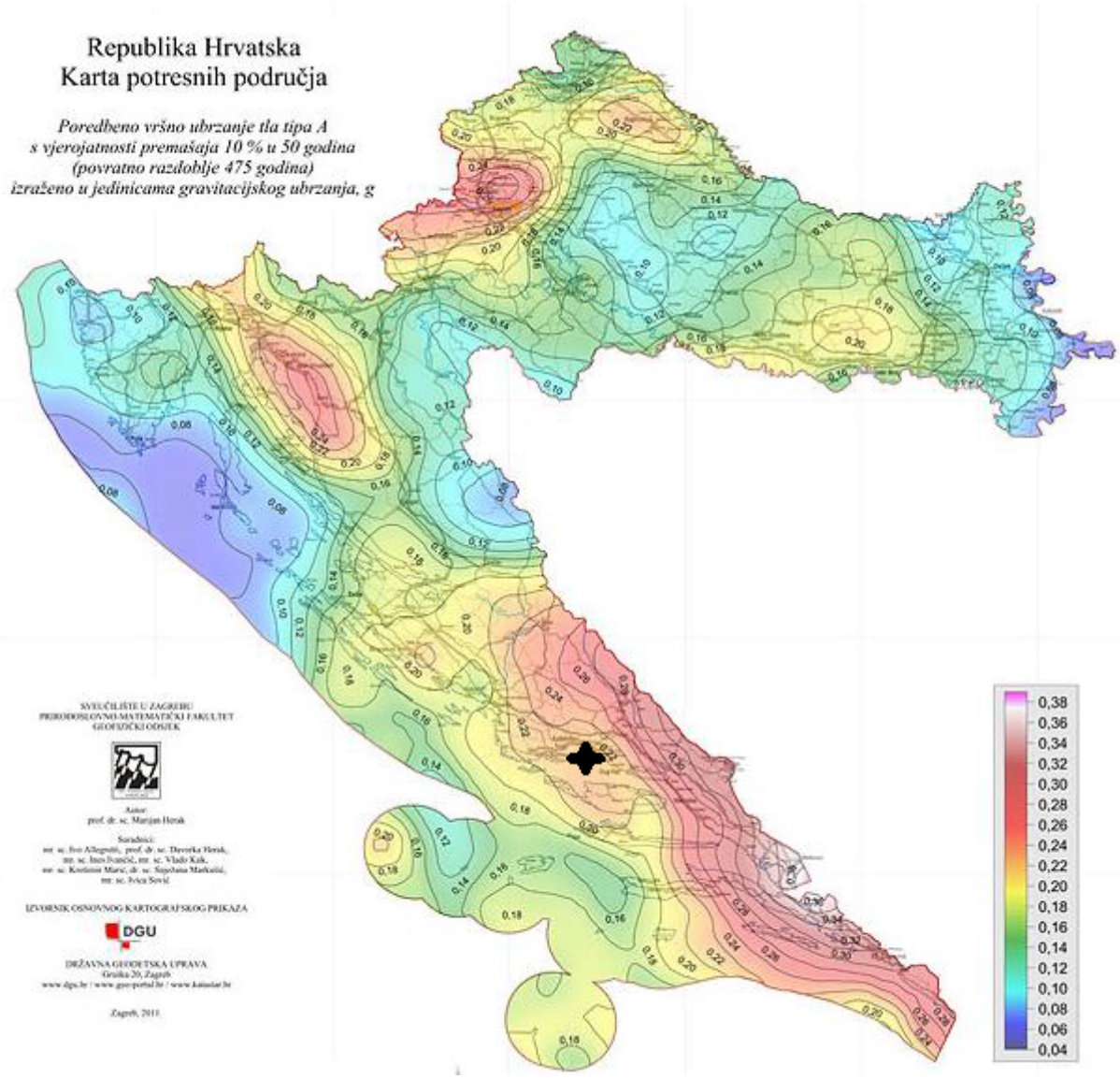
U računalnom modelu uporabno opterećenje za pojedina područja je zadano:

- Stubište, hodnik $Q = 3{,}0\ kN/m^2$
- Stan $Q = 1{,}5\ kN/m^2$
- Balkon $Q = 4{,}0\ kN/m^2$
- Krov $Q = 1{,}0\ kN/m^2$

## 3.4. Potresno djelovanje na konstrukciju

Potresno djelovanje određujemo iz računskog ubrzanja tla koje $a_g$, koje odgovara povratnom periodu potresa od 475 godina.

Računsko ubrzanje tla ovisno o području na kojima se nalaze promatrana građevina, za područje Splita poredbeno vršno ubrzanje iznosi $a_g = 0{,}2g$, dok je faktor ponašanja za ovakvu vrstu građevine usvojen $q = 2{,}5$. Uzeta je kategorija tla tipa B.



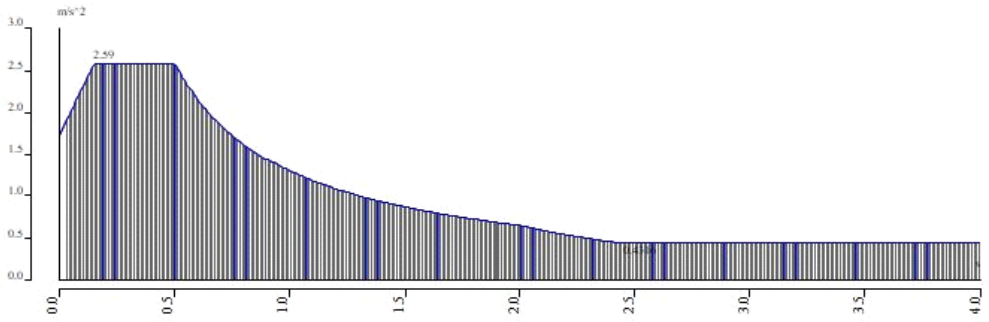

Slika 3.1. Potresna karta Hrvatske

Potres se razmatra kao fenomen velike količine energije i veoma je kratkog trajanja.

Horizontalno gibanje tla na površini Zemlje uzrokovano potresom modelira se s elastičnim spektrom odgovora ubrzanja podloge. Računsko ubrzanje tla $a_g$, ovisi o stupnju seizmičkog

rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za seizmička područja državnog teritorija.

Seizmičko djelovanje obično se predstavlja sa tri komponente (gibanje točke opisuje s dvije horizontalne i jednom vertikalnom komponentom). Za određivanje jedne komponente seizmičkog djelovanja obično se koristi spektar seizmičkog ubrzanja tla u jednom translacijskom smjeru. Elastični spektar odgovora (ubrzanja) definira se analitički i kvalitativno.




Slika 3.2. Spektar odaziva korišten u programu SCIA Engineer 18.1

**Sum of masses**

| | X [kg] | Y [kg] | Z [kg] |
|---|---|---|---|
| 1 | 2061308,2 | 2061308,2 | 2061308,2 |

**Relative modal masses**

| Mod | nega [rad / | Razdoblje [s] | Frekv. [Hz] | 4okro omje | $W_{xi}/W_{xtot}$ | $W_{yi}/W_{ytot}$ | $W_{zi}/W_{ztot}$ | $V_{xi_R}/W_{xtot_}$ | $V_{yi_R}/W_{ytot_}$ | $V_{zi_R}/W_{ztot_}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 35.4644 | 0,18 | 5,64 | 0 | 0.315496 | 0.380401 | 3.0106e-05 | 0.0476198 | 0.0128235 | 0.106832 |
| 2 | 36.8296 | 0,17 | 5,86 | 0 | 0.368264 | 0.393341 | 1.62787e-06 | 0.0530658 | 0.0142738 | 0.0376732 |
| 3 | 45.3102 | 0,14 | 7,21 | 0 | 0.133163 | 0.00858887 | 2.27386e-05 | 0.00166417 | 0.0075884 | 0.666441 |
| 4 | 66.3683 | 0,09 | 10,56 | 0 | 0.000144491 | 1.72217e-05 | 0.0240809 | 0.00444609 | 0.0396185 | 0 |
| 5 | 68.9186 | 0,09 | 10,97 | 0 | 0.000793613 | 0.000416796 | 0.00920552 | 0.0105084 | 0.000478714 | 0.000205193 |
| 6 | 69.8693 | 0,09 | 11,12 | 0 | 0.00012011 | 3.45985e-06 | 3.32719e-05 | 3.26781e-05 | 2.88083e-05 | 5.20051e-05 |
| 7 | 71.9087 | 0,09 | 11,44 | 0 | 0.00058355 | 0.00010264 | 0.00391287 | 0.00236803 | 0.000287374 | 5.46921e-05 |
| 8 | 72.458 | 0,09 | 11,53 | 0 | 5.87203e-06 | 1.50693e-05 | 0.000100653 | 0.00010218 | 5.88897e-06 | 7.7186e-06 |
| 9 | 73.3176 | 0,09 | 11,67 | 0 | 3.32521e-05 | 3.29569e-06 | 0.017014 | 0.00304455 | 0.0272247 | 1.55335e-08 |
| 10 | 74.761 | 0,08 | 11,90 | 0 | 0.000104473 | 1.56753e-05 | 0.018712 | 0.00311931 | 0.0289797 | 2.46867e-08 |
| 11 | 76.6678 | 0,08 | 12,20 | 0 | 1.44022e-05 | 3.19145e-07 | 0.0120119 | 0.00280163 | 0.0200975 | 5.59083e-06 |
| 12 | 78.9958 | 0,08 | 12,57 | 0 | 0.000776038 | 3.09682e-06 | 0.00885972 | 0.00591096 | 0.00695289 | 5.63654e-05 |
| 13 | 79.3019 | 0,08 | 12,62 | 0 | 0.000239219 | 3.3436e-05 | 0.05918 | 0.0257273 | 0.0467576 | 3.1237e-05 |
| 14 | 80.0412 | 0,08 | 12,74 | 0 | 0.000513568 | 0 | 0.00303679 | 0.00234274 | 0.000158676 | 1.46935e-05 |
| 15 | 81.5166 | 0,08 | 12,97 | 0 | 0.000763941 | 3.49048e-05 | 0.0394603 | 0.0143794 | 0.0117786 | 1.34054e-05 |
| 16 | 82.3628 | 0,08 | 13,11 | 0 | 7.57103e-07 | 7.85045e-05 | 0.0696658 | 0.0323216 | 2.51754e-05 | 5.1627e-06 |
| 17 | 84.9791 | 0,07 | 13,52 | 0 | 1.4533e-05 | 5.56267e-06 | 0.031044 | 0.00692965 | 0.0478388 | 2.16741e-05 |
| 18 | 86.8385 | 0,07 | 13,82 | 0 | 1.69435e-05 | 1.22532e-05 | 0.00787747 | 0.0009533 | 0.00277146 | 3.17105e-07 |
| 19 | 87.9623 | 0,07 | 14,00 | 0 | 3.43962e-05 | 3.30914e-07 | 0.00839062 | 0.000172299 | 0.00290968 | 2.60904e-06 |
| 20 | 88.6525 | 0,07 | 14,11 | 0 | 2.64221e-05 | 0.000103498 | 0.0167398 | 0.00272289 | 0.000802985 | 5.33986e-07 |
| 21 | 89.6356 | 0,07 | 14,27 | 0 | 0.000536152 | 3.76987e-06 | 0.0246499 | 0.0122489 | 0.0365436 | 3.78187e-08 |
| 22 | 89.7719 | 0,07 | 14,29 | 0 | 1.29456e-05 | 3.53884e-06 | 0.02562 | 0.0289391 | 0.0271082 | 1.45047e-06 |
| 23 | 91.9931 | 0,07 | 14,64 | 0 | 3.88563e-06 | 5.15264e-07 | 0.0021978 | 0.00166673 | 0.0028138 | 2.13914e-06 |
| 24 | 92.602 | 0,07 | 14,74 | 0 | 0.000735149 | 0.000878893 | 0.0447795 | 0.0361828 | 0.0638441 | 3.4455e-05 |
| 25 | 92.7924 | 0,07 | 14,77 | 0 | 3.29787e-05 | 3.05086e-06 | 0.00153449 | 1.30437e-05 | 0.00211377 | 3.41368e-07 |
| 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0.822561 | 0.784121 | 0.428162 | 0.299283 | 0.403827 | 0.811481 |

Slika 3.3. Prikaz uključenih masa

Prema EC-8, nije zadovoljen 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.

S obzirom da u proračunu masa nije postignuto uključenje od minimalno aktivirane mase, potresne sile se povećavaju kako bi uključili potrebnu masu.

Aktivirana masa u smjeru X:

$$\frac{W_{x,i}}{W_{x,tot}} = 0.823 \rightarrow 82.3\ \%$$

Faktor povećanja potresne sile:

$$\frac{1}{0.823} = 1.215$$

Potresna sila u smjeru X uvećava se za $1.215$

Aktivirana masa u smjeru Y:

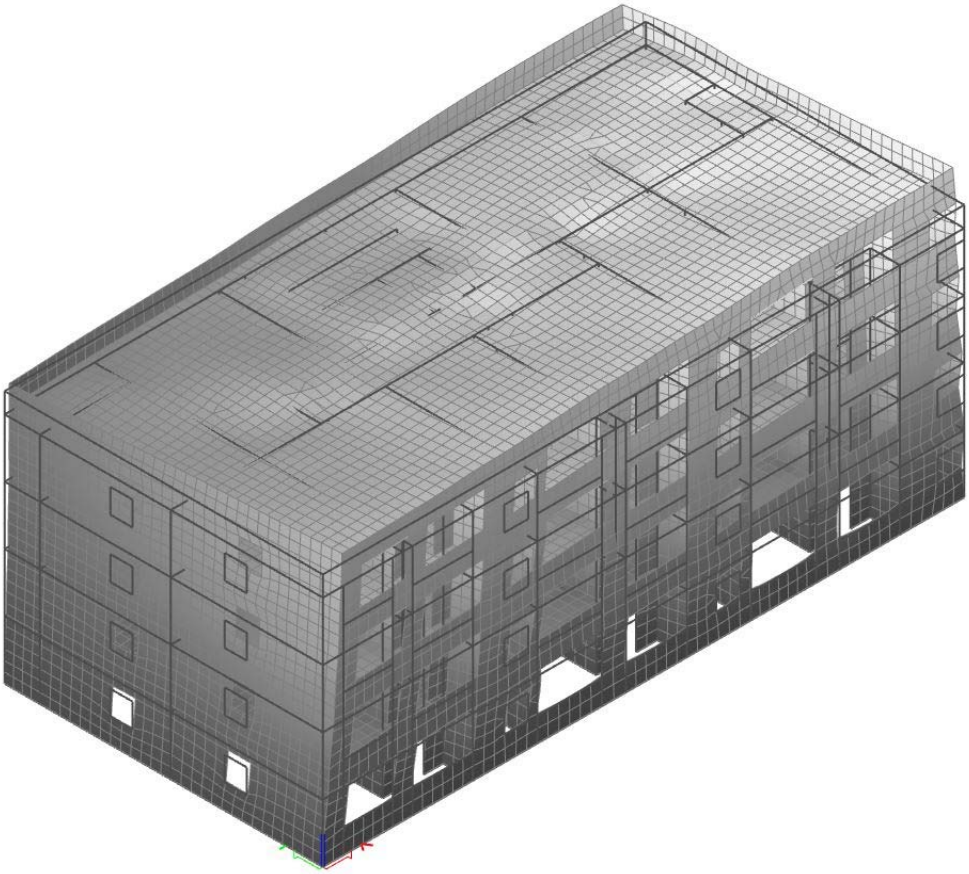
$$\frac{W_{y,i}}{W_{y,tot}} = 0.784 \rightarrow 78.4\ \%$$

Faktor povećanja potresne sile:

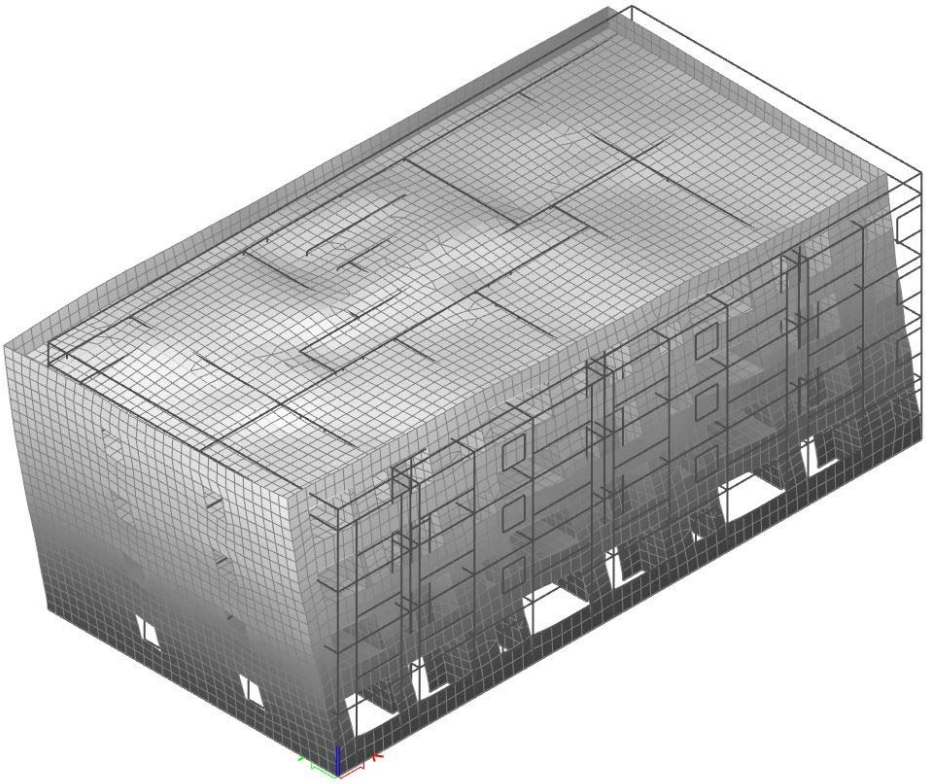
$$\frac{1}{0.784} = 1.276$$

Potresna sila u smjeru Y uvećava se za $1.276$

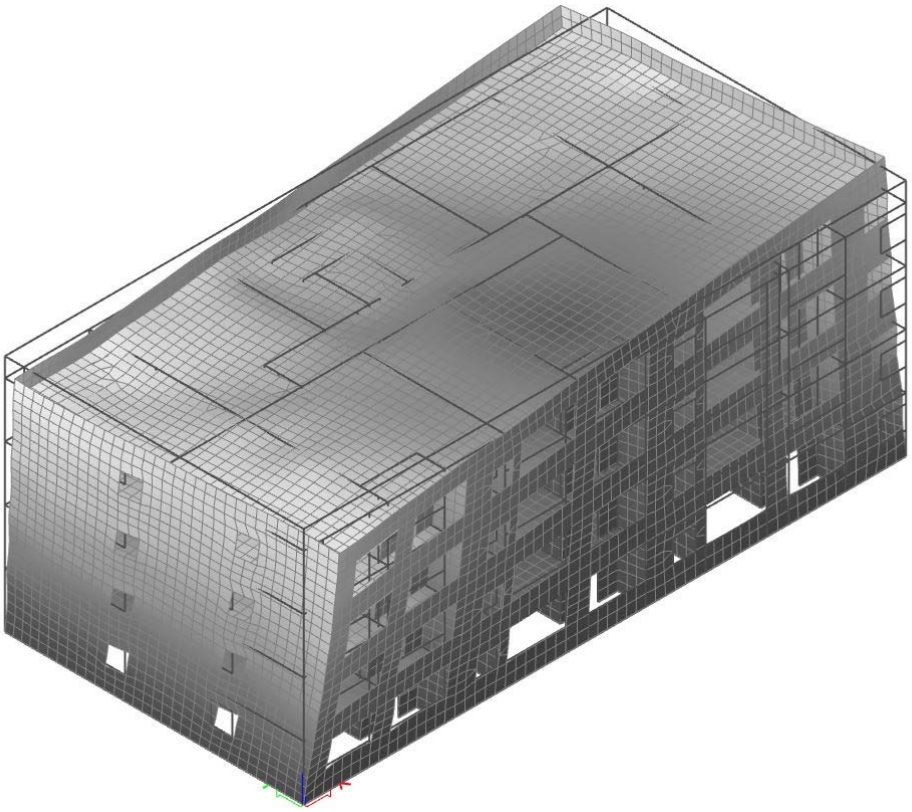
U nastavku je prikaz vlastitih vektora pri djelovanju potresnog opterećenja.



Slika 3.4. Kombinacija masa – 1. vlastiti vektor (translacija u smjeru globalne osi x)



Slika 3.5. Kombinacija masa – 2. vlastiti vektor (translacija u smjeru globalne osi y)



Slika 3.6. Kombinacija masa – 3. vlastiti vektor (rotacija oko osi težišta)

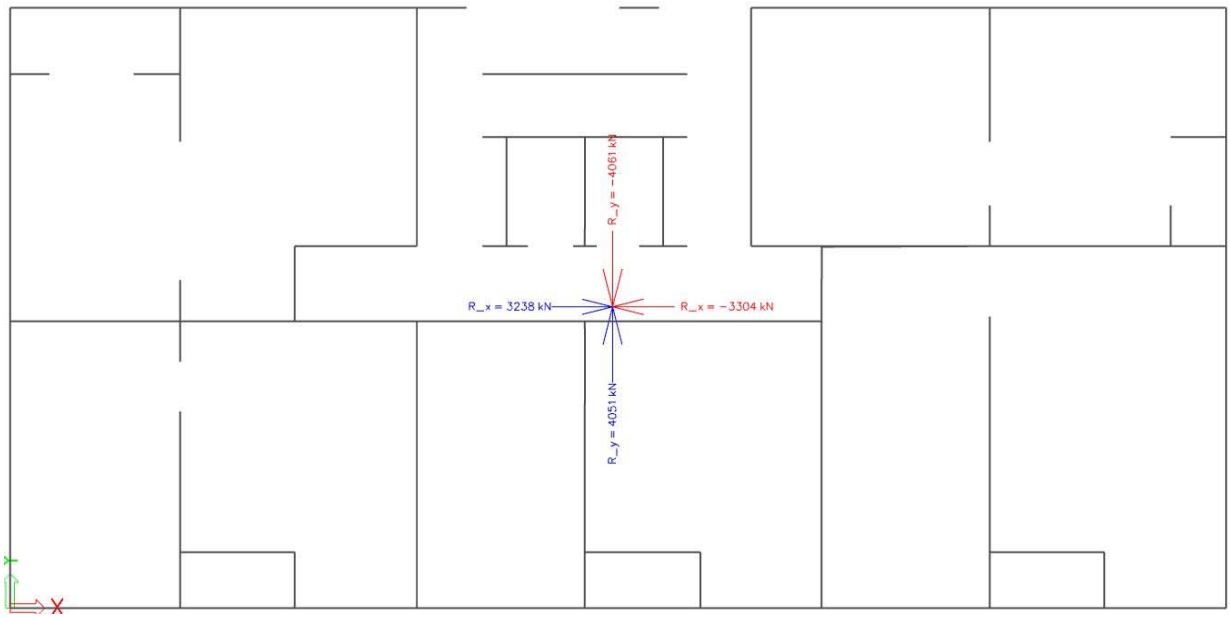
## *3.5. Torzijsko djelovanje na konstrukciju*

Utjecaj torzije na objekt prikazujemo tako što iz proračuna na potres očitamo vrijednosti horizontalnih reakcija u smjeru X i Y i raspodijelimo po etažama.

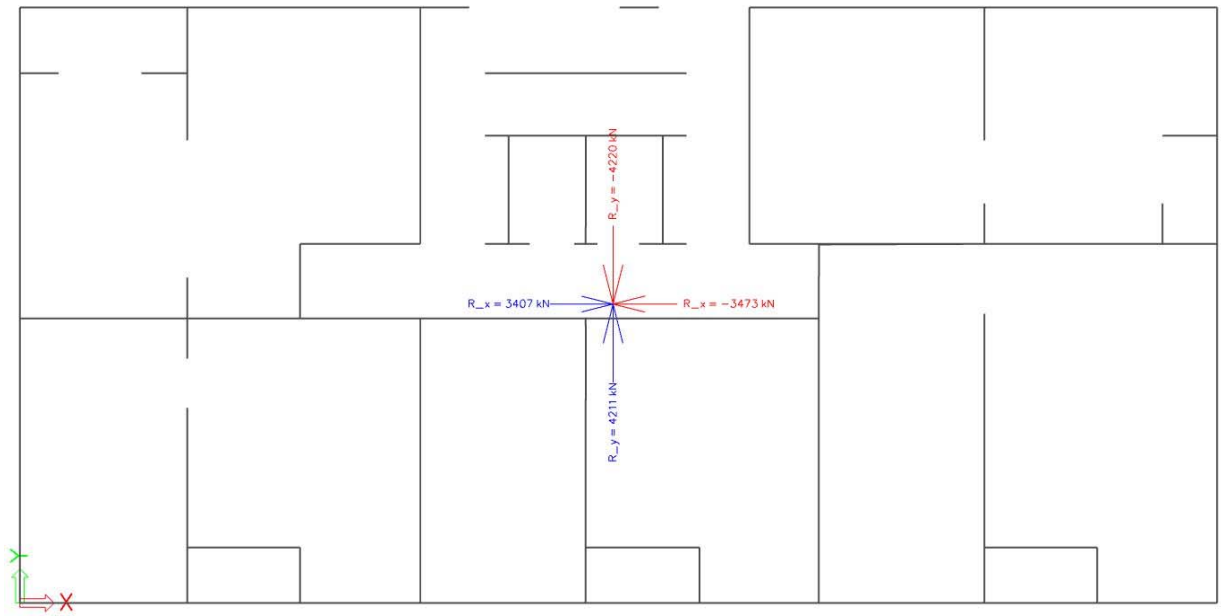
Kombinacija korištena za proračuna u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

$$Sx = K_{Sx+} + K_{Sx-}$$

$$Sx = K_{Sy+} + K_{Sy-}$$




Slika 3.7. Rezultanta horizontalnih djelovanja potresne kombinacije Sx

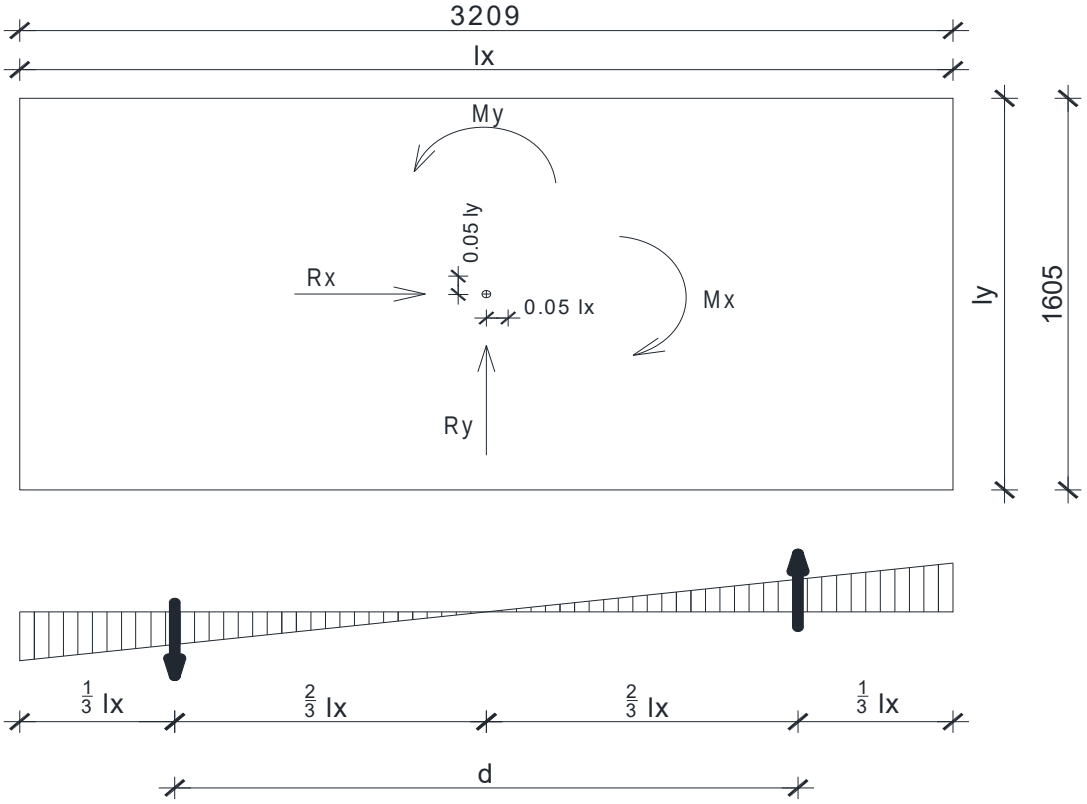


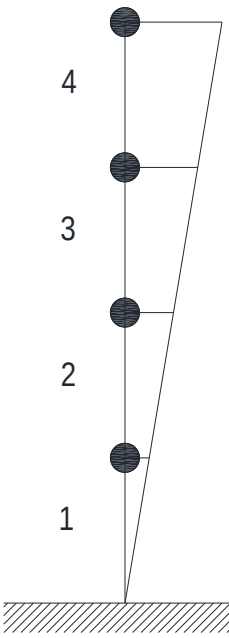

Slika 3.8. Rezultanta horizontalnih djelovanja potresne kombinacije Sy

Očitane vrijednosti za daljnji proračun :

$$R_x = 3304.0\ kN$$

$$R_y = 4220.0\ kN$$




$$M_4 = M \cdot \frac{4}{10}$$

$$M_3 = M \cdot \frac{3}{10}$$

$$M_2 = M \cdot \frac{2}{10}$$

$$M_1 = M \cdot \frac{1}{10}$$

$$M_y = R_y \cdot 0.05 \cdot l_x = 4220.0 \cdot 0.05 \cdot 32.09 = 6770.99\ kN/m$$

$$M_x = R_x \cdot 0.05 \cdot l_y = 3304.0 \cdot 0.05 \cdot 16.05 = 2651.46\ kN/m$$

$$F \cdot d = M$$

$$F \cdot \frac{2}{3} \cdot l_i = M$$

$$F = \frac{\sigma_i \cdot \frac{l_i}{2}}{2} = \frac{\sigma_i \cdot l_i}{4}$$

$$\sigma_i = \frac{4 \cdot F_i}{l_j}$$

| | | Mx | My | Fx | Fy | σx | σy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M1 | 1 | 265,15 | 677,10 | 12,39 | 15,83 | 3,09 | 1,97 |
| M2 | 2 | 530,29 | 1354,20 | 24,78 | 31,65 | 6,18 | 3,95 |
| M3 | 3 | 795,44 | 2031,30 | 37,17 | 47,48 | 9,26 | 5,92 |
| M4 | 4 | 1060,58 | 2708,40 | 49,56 | 63,30 | 12,35 | 7,89 |

## *3.6. Ulazni parametri za model u SCIA Engineer 18.1.*

Granično stanje nosivosti:

$GSN:\ 1.35 \cdot (G + \Delta G) + 1.5 \cdot Q$

Granično stanje uporabivosti:

$GSU1:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.5 \cdot Q$

$GSU2:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q$

Kombinacije opterećenja :

$K_{Sx+}:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot Sx + 1.0 \cdot Tx$

$K_{Sx-}:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q - 1.0 \cdot Sx - 1.0 \cdot Tx$

$K_{Sy+}:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q + 1.0 \cdot Sy + 1.0 \cdot Ty$

$K_{Sy-}:\ 1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q - 1.0 \cdot Sy - 1.0 \cdot Ty$

# 4. PRORAČUN KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA

## 4.1. Proračun međukatne konstrukcije

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Međukatna konstrukcija je napravljena od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B, debljina ploče je 16cm.

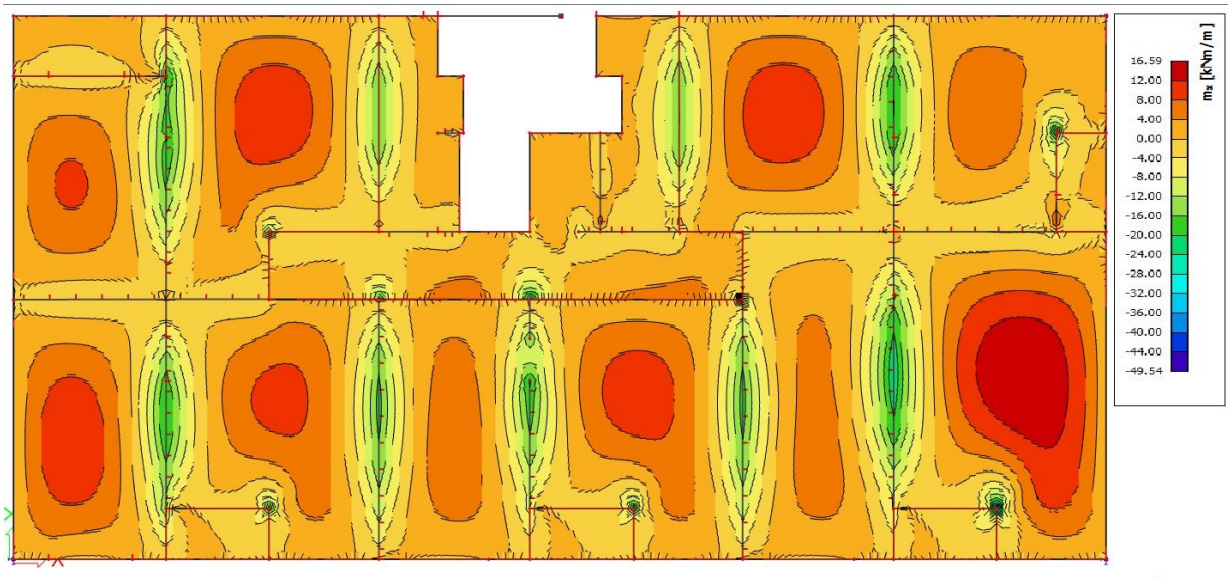
| AB ploča: | Beton: | Armatura: |
|---|---|---|
| $h = 16.0\ cm$ | C 25/30 | B 500B |
| zaštitni sloj | $f_{ck} = 25.0\ MPa$ | $f_y = 500.0\ MPa$ |
| $a = 2.0\ cm$ | $E_{cm} = 31.5\ MPa$ | $\gamma_s = 1.15$ |
| $d = 13.5\ cm$ | $\gamma_c = 1.5$ | |

### 4.1.1. Prikaz rezultata

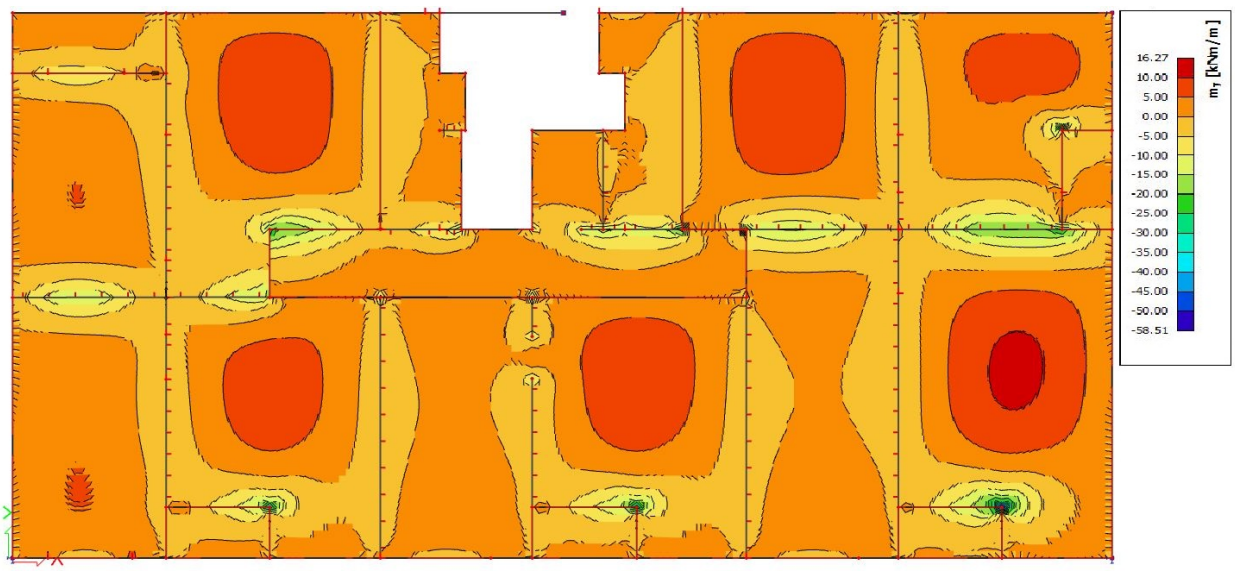
Kombinacija za izračuna momenata savijanja u programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN:\ 1{,}35 \cdot (G + \Delta G) + 1{,}5 \cdot Q$$

Na sljedećim slikama prikazani su rezultati momenta savijanja na pločama




Slika 4.1. Vrijednosti momenata $M_{Ed,x}$ $[kNm]$ za kombinaciju GSN




Slika 4.2. Vrijednosti momenata $M_{Ed,y}$ $[kNm]$ za kombinaciju GSN

### *4.1.2. Prikaz potrebne armature*

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot (b_w \cdot d^2) \cdot f_{cd}$$

$$M_{Rd,lim} = 0.159 \cdot (1.0 \cdot 0.135^2) \cdot \frac{25.0}{1.5} \cdot 1000 = 48.3\ kNm$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{S,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d$$

$$A_{S,min} = 0.0015 \cdot 100 \cdot 13.5 = 2.03\ cm^2/m$$

$$A_{S,min} = 0{,}6 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}}$$

$$A_{S,min} = 0.6 \cdot 100 \cdot \frac{13.5}{500.0} = 1.62\ cm^2/m$$

$$A_{S,max} = 0{,}31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{S,max} = 0.31 \cdot 100 \cdot 13.5 \cdot \frac{\frac{25.0}{1.5}}{\frac{500}{1.15}} = 16.04\ cm^2/m$$

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

$$A_{S1,S2} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

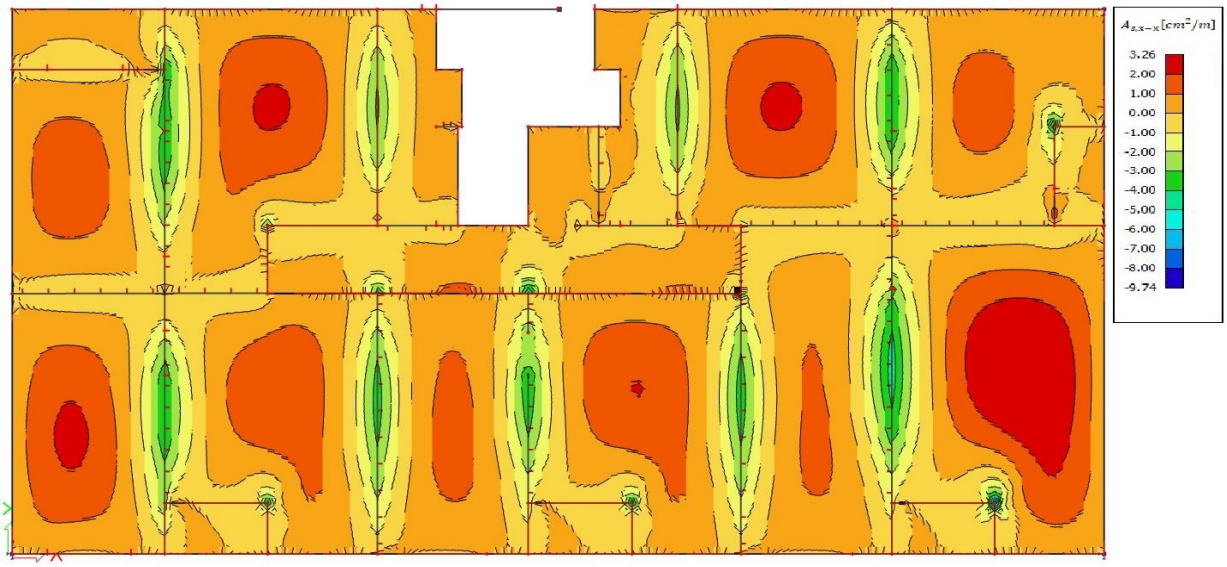
$$A_{S1,S2} = \frac{100}{0.9 \cdot 13.5 \cdot 43.48} = 0.197 cm^2/m$$

Kombinacija za izračuna armature u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

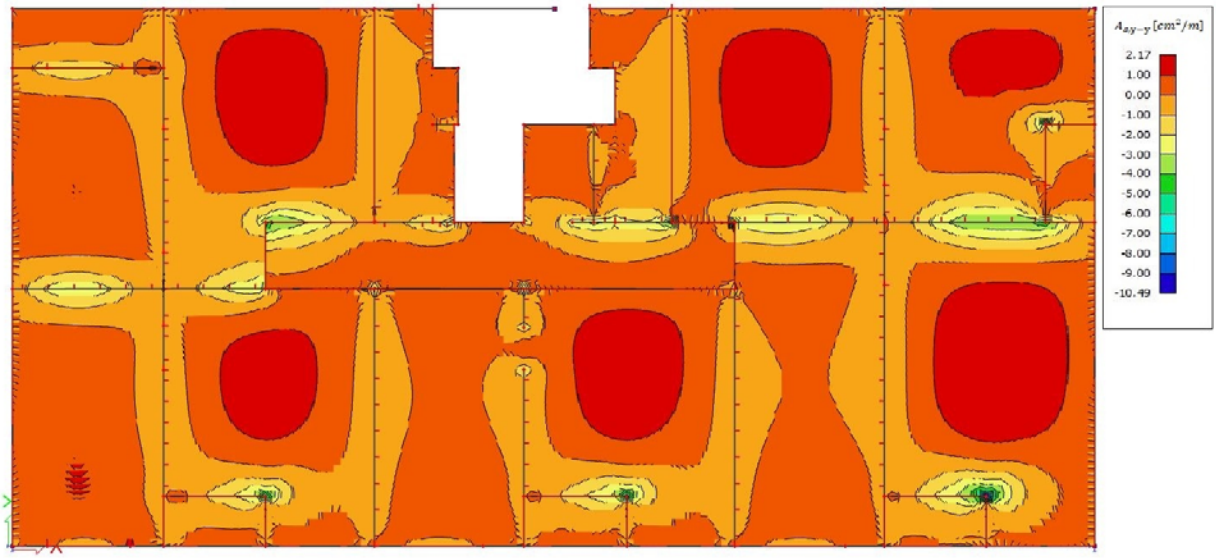
$$ARM_{16}: \ 1.35 \cdot 0.197 \cdot (G + \Delta G) + 1.5 \cdot 0.197 \cdot Q$$

$$ARM_{16}: \ 0.265 \cdot (G + \Delta G) + 0.296 \cdot Q$$

Dobivena armatura se zbog preraspodjele na ležaju umanjuje za 15% , a u polju povećava za 25%.




Slika 4.3. Armatura u ploči smjer x-x $[cm^2/m]$ za kombinaciju GSN




Slika 4.4. Armatura u ploči smjer y-y $[cm^2/m]$ za kombinaciju GSN

Odabrane mreže:

- donja zona $Q\ 424 \rightarrow A_{s1} = 4.24\ cm^2/m$

- gornja zona $Q\ 188 \rightarrow A_{s1} = 1{,}88\ cm^2/m$

$Q\ 385 \rightarrow A_{s1} = 3{,}85\ cm^2/m$

$Q\ 424 \rightarrow A_{s1} = 4.24\ cm^2/m$

$R\ 503 \rightarrow A_{s1} = 5{,}03\ cm^2/m$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

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

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

$$k = 1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{1/2} \leq 2.0\ \ [d\ u\ mm]$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02$$

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c}$$

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

$$k = 1 + \left(\frac{200}{d}\right)^{1/2} = 1 + \left(\frac{200}{140}\right)^{1/2} = 2.195 \rightarrow k = 2.0$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{4.24}{100 \cdot 13.5} = 0.00314$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.00314 \cdot 25.0)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0.0\right] \cdot 1.0 \cdot 0.135 \cdot 1000$$
$$= 64.39\ kN/m$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot {f_{ck}}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 2.0^{\frac{3}{2}} \cdot 25.0^{\frac{1}{2}} = 0.495$$

$$V_{Rd,c,min} = \left[v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d = [0.495 + 0.15 \cdot 0.0] \cdot 1.0 \cdot 0.135 \cdot 1000$$
$$= 66.83\ kN/m$$

## 4.2. Proračun širine pukotina

$$W_k \leq W_g$$

Karakteristična širina pukotine:

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

$S_{r,max}$ – maksimalni razmak pukotina

$\varepsilon_{sm}$ – srednja deformacija armature pod relevantnom kombinacijom opterećenja, s uključenim efektom od prinudnih deformacija

$\varepsilon_{cm}$ – srednja deformacija betona između pukotina

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{\rho,eff}} \cdot \left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{\rho,eff}\right)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s$ – naprezanje vlačne armature u potpuno raspucanom betonskom presjeku $\left(\sigma_s \approx \frac{M_{sd}}{0.9 \cdot d \cdot A_s}\right)$

$\alpha_e$ – odnos modula elastičnosti betona i čelika $(E_s/E_c)$

$\rho_{\rho,eff}$ – efektivni koeficijent armiranja vlačne zone betona $\left(A_s/A_{c,eff}\right)$

$f_{ct,eff}$ – srednja vrijednost vlačne čvrstoće betona u trenutku očekivane pukotine

$k_t$ – faktor trajanja opterećenja

$k_t = 0.6$ – za kratkotrajno opterećenje

$k_t = 0.4$ – za dugotrajno opterećenje

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{\rho,eff}}$$

$\emptyset$ - promjer šipke

$c$ – zaštitni sloj betona

$k_1$ – faktor prionjivosti šipke i betona $k_1 = 0.8$ – za rebrastu armaturu

$k_2$ – faktor razdiobe deformacija po presjeku $k_2 = 0.5$ – za savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

- Granična širina pukotine: $W_g = 0.3\ mm$

### *4.2.1. Proračun širine pukotina za ploče*

$M_{Ed} = 15.56\ kNm$

Odabrana $Q424 \rightarrow A_S = 4.24\ cm^2/m$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0.9 \cdot d \cdot A_s} = \frac{15.56 \cdot 100}{0{,}9 \cdot 13.5 \cdot 4.24} = 30.20\ kNm/cm^2$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200}{31{,}5} = 6.35$$

$$A_{c,eff} = b_w \cdot a \cdot 2.5 = 100 \cdot 2 \cdot 2.5 = 500.0\ cm^2$$

$$\rho_{\rho,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4.24}{500.0} = 0.00848$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{\rho,eff}} \cdot \left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{\rho,eff}\right)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\frac{30.20 - 0.4 \cdot \frac{2.6}{0.00848} \cdot (1 + 6.35 \cdot 0.00848)}{200000.0} \geq 0.6 \cdot \frac{30.20}{200000.0}$$

$$-0.000495 \geq 0.00009$$

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{\rho,eff}} = 3.4 \cdot 3.0 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{9}{0.00848} = 190{,}62mm$$

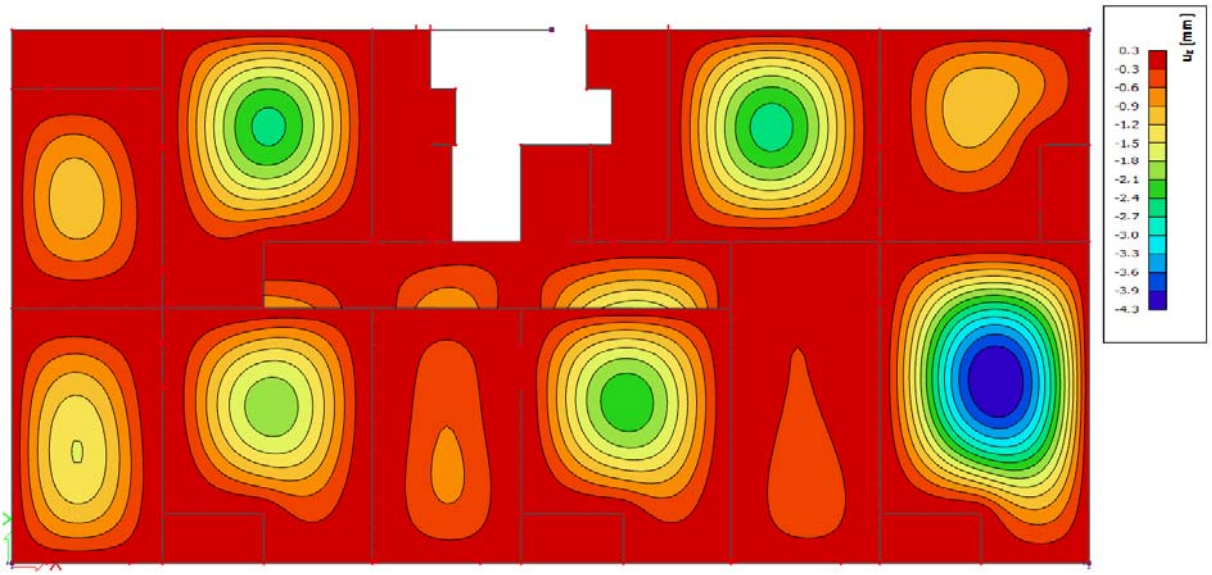
$$W_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 190{,}62 \cdot 0.00009 = 0.017mm \leq 0.3\ mm$$

Proračun pukotina zadovoljava !

### *4.2.2. Proračun progiba ploče*

Kombinacija za izračuna progiba ploče u programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN: \ 1{,}35 \cdot (G + \Delta G) + 1{,}5 \cdot Q$$




Slika 4.5. Progib u ploči Uz $[mm]$ za kombinaciju GSN

Maksimalni progib iznosi 4.3 $mm$ dok je dopušteni progib:

$$\delta_{Ei} \leq \frac{L}{1250}$$

$$\delta_{Ei} \leq \frac{9275}{1250}$$

$$\delta_{Ei} \leq 7.42 \ mm$$

$$4.3 \ mm \leq 7.42 \ mm$$

Proračun progiba zadovoljava !

## 4.3. Proračun potrebne armature za armirano-betonske serklaže

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Serklaži su napravljeni od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B, dimenzija 25.0 x 25.0 cm. Zid je zidan s blok opekom dimenzija 37.5 x 25.0 x 24.9 cm.

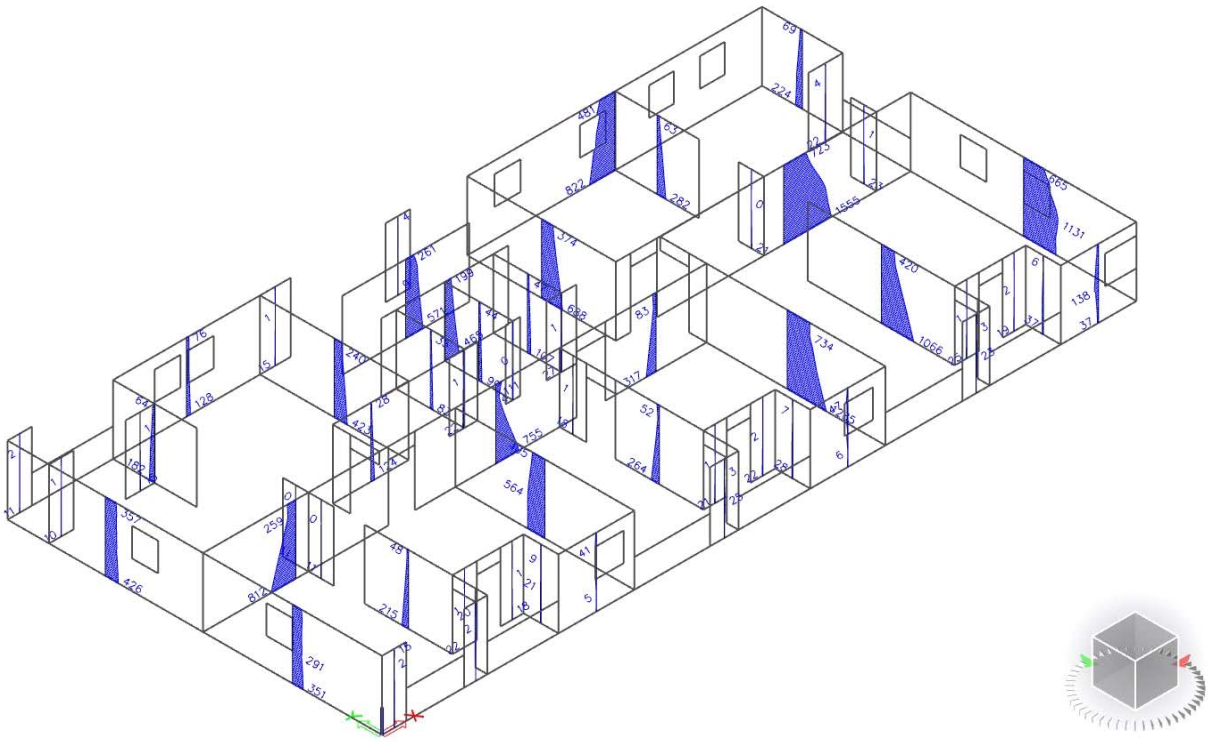
### 4.3.1. Prikaz rezultata

Kombinacije izračuna unutarnjih sila u zidovima programom SCIA Engineer 18.1:

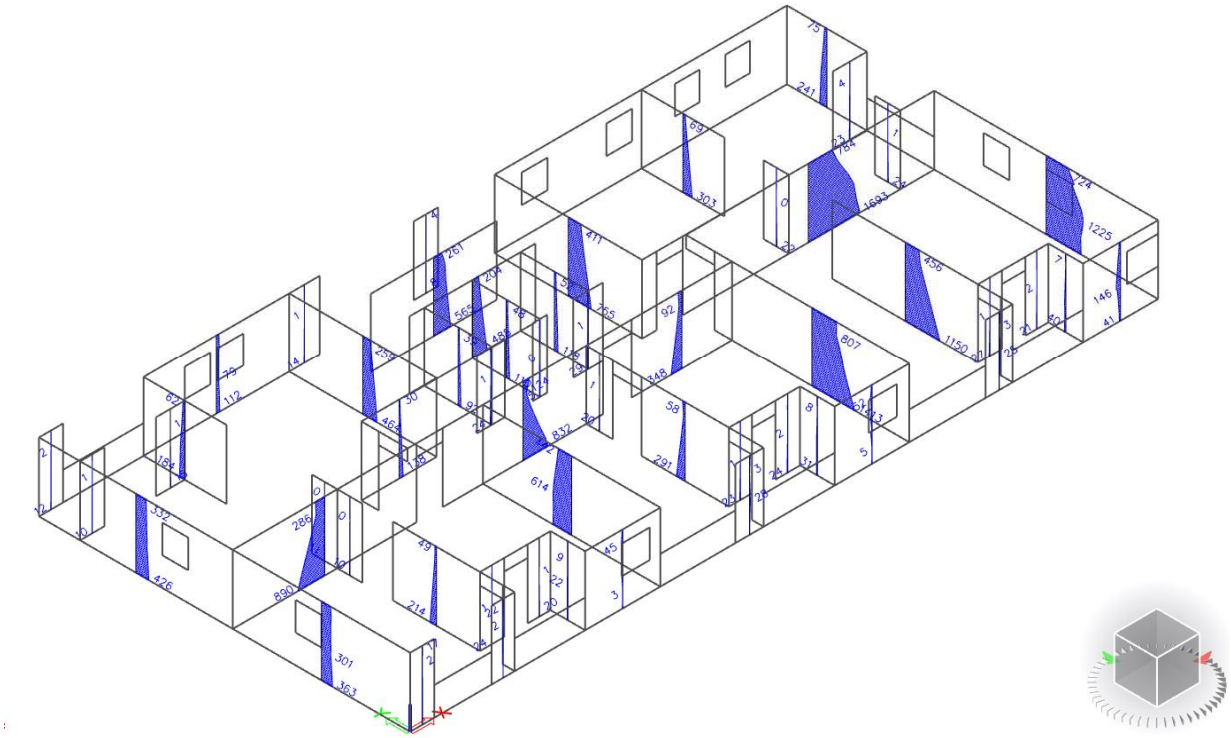
$$S^X = K_{Sx+} + K_{Sx-}$$

$$S^y = K_{Sy+} + K_{Sy-}$$

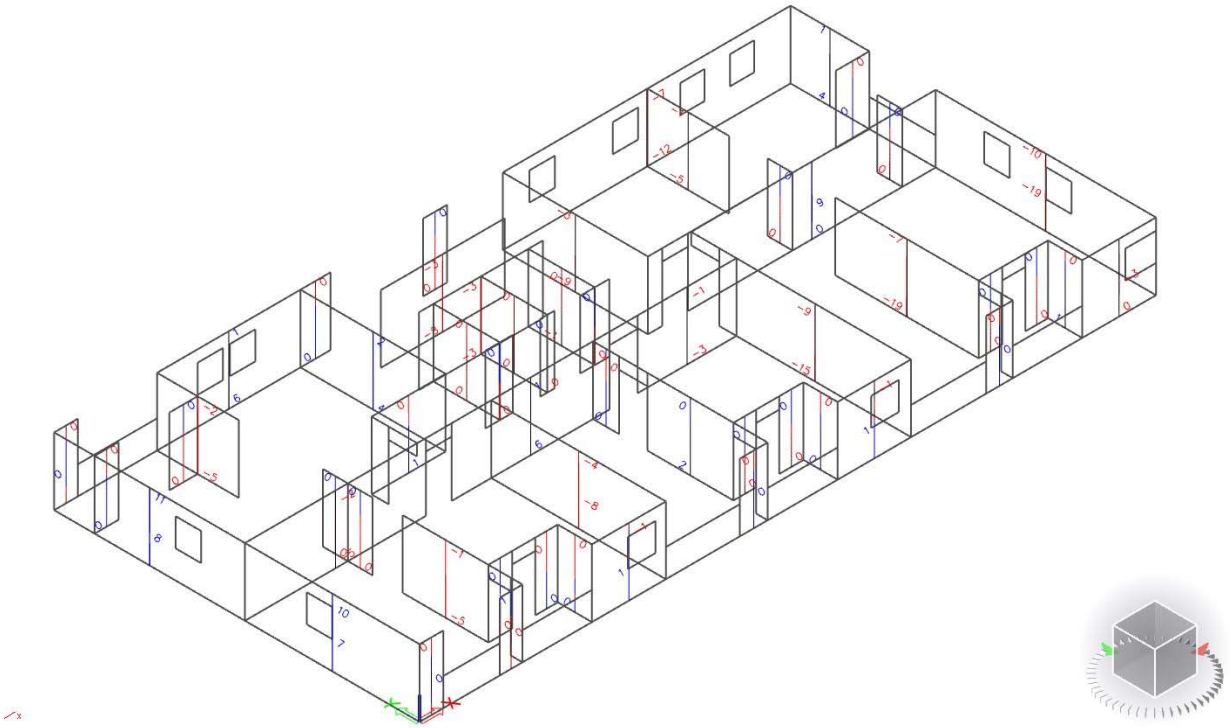
Pošto opcija Integration strip nije funkcionirala u studentskoj verziji SCIA Engineer 18.1 prikazani su rezultati za pojedine komponente djelovanja.



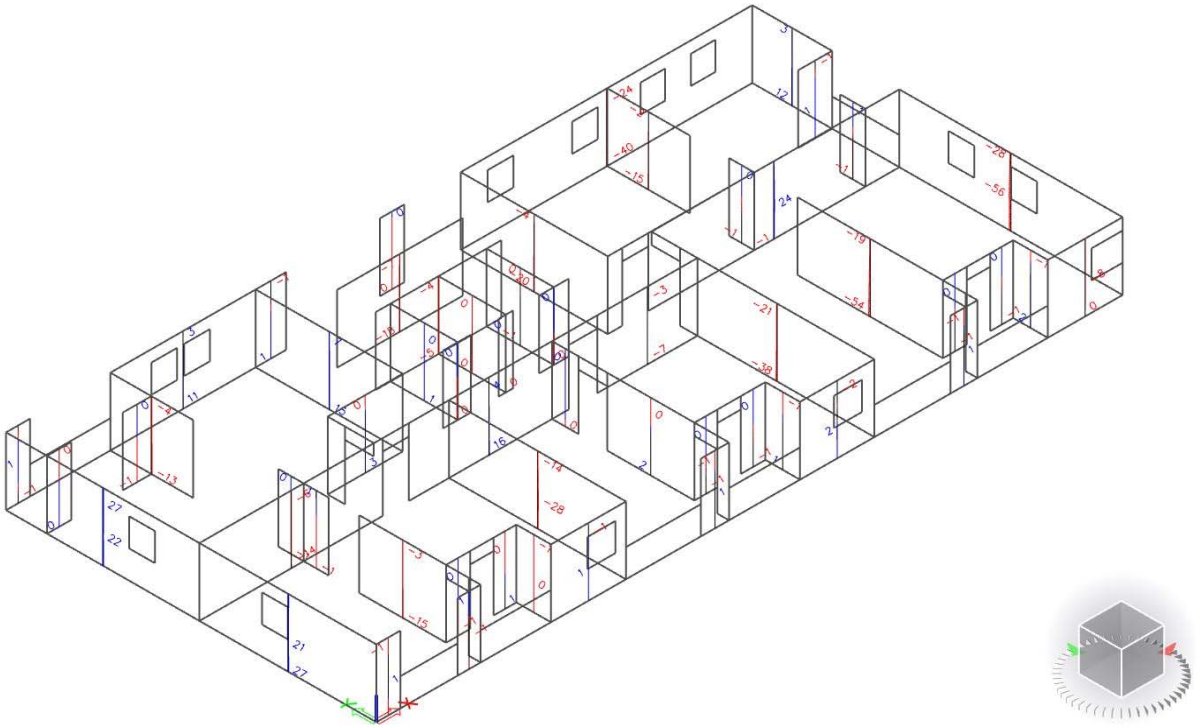
Slika 4.6. Dijagram momenata $M_{Ed}$ $[kNm]$ za opterećenje Sx



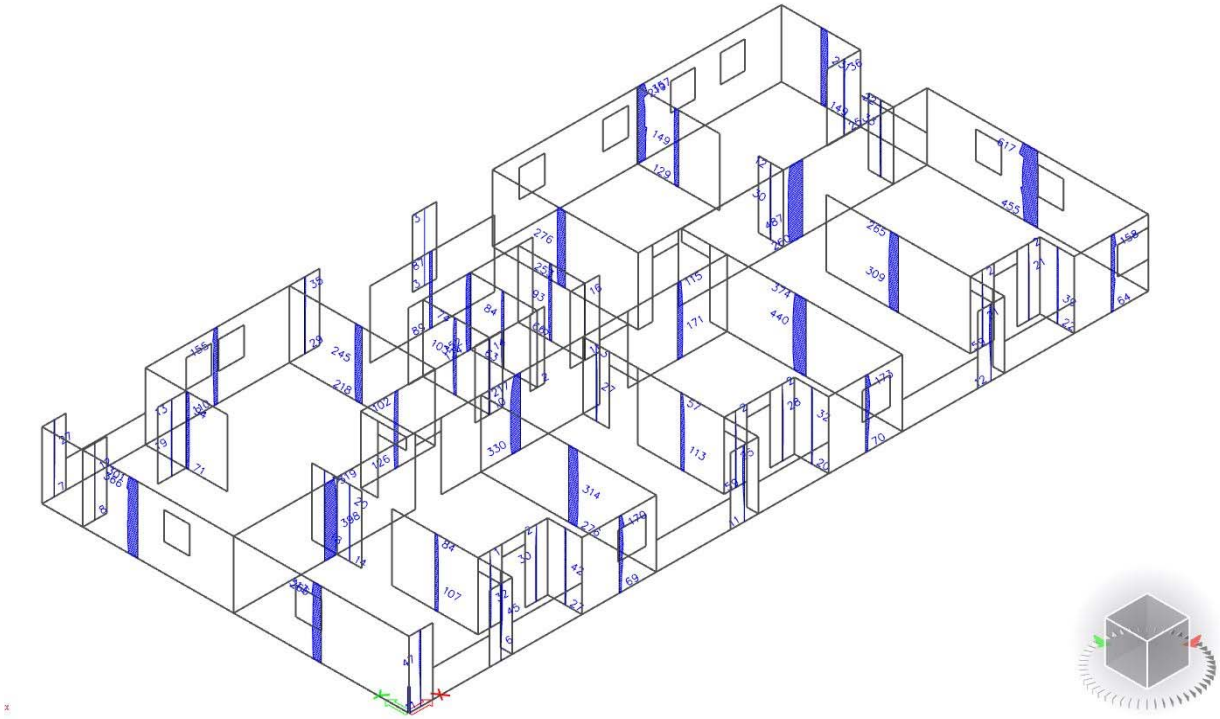
Slika 4.7. Dijagram momenata $M_{Ed}$ $[kNm]$ za opterećenje Sy



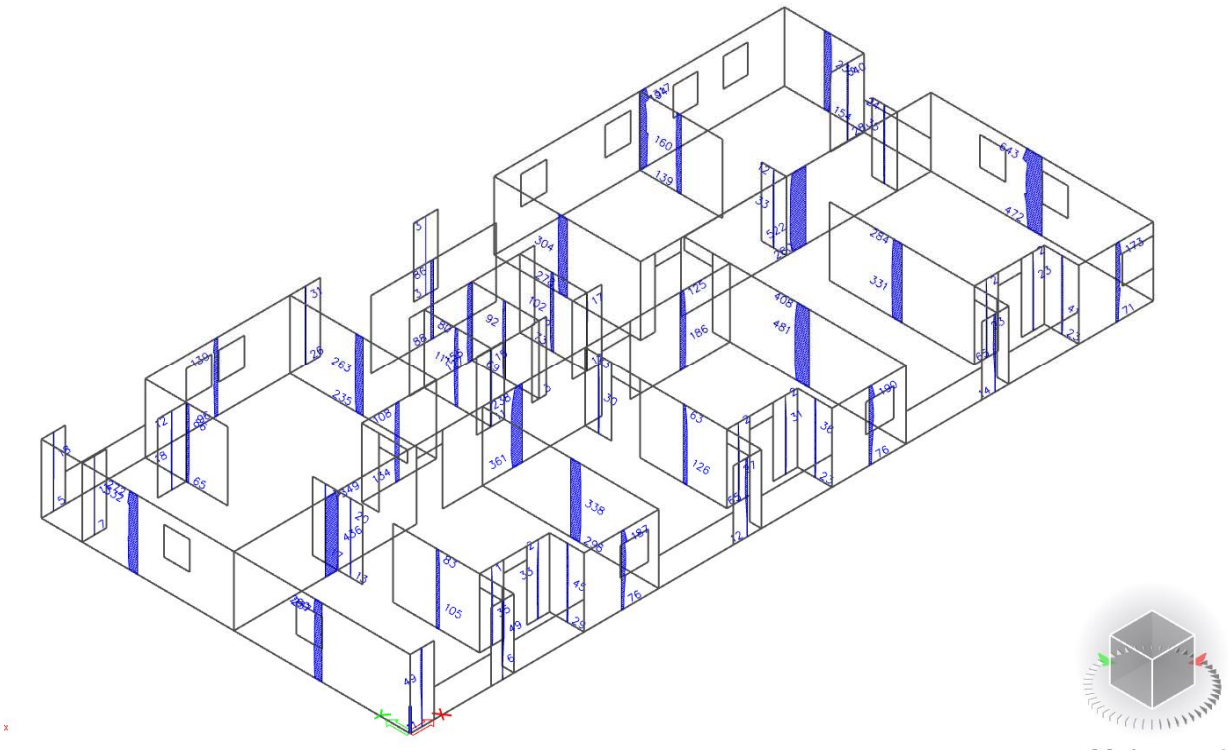
Slika 4.8. Dijagram momenata $M_{Ed}$ $[kNm]$ za opterećenje Tx



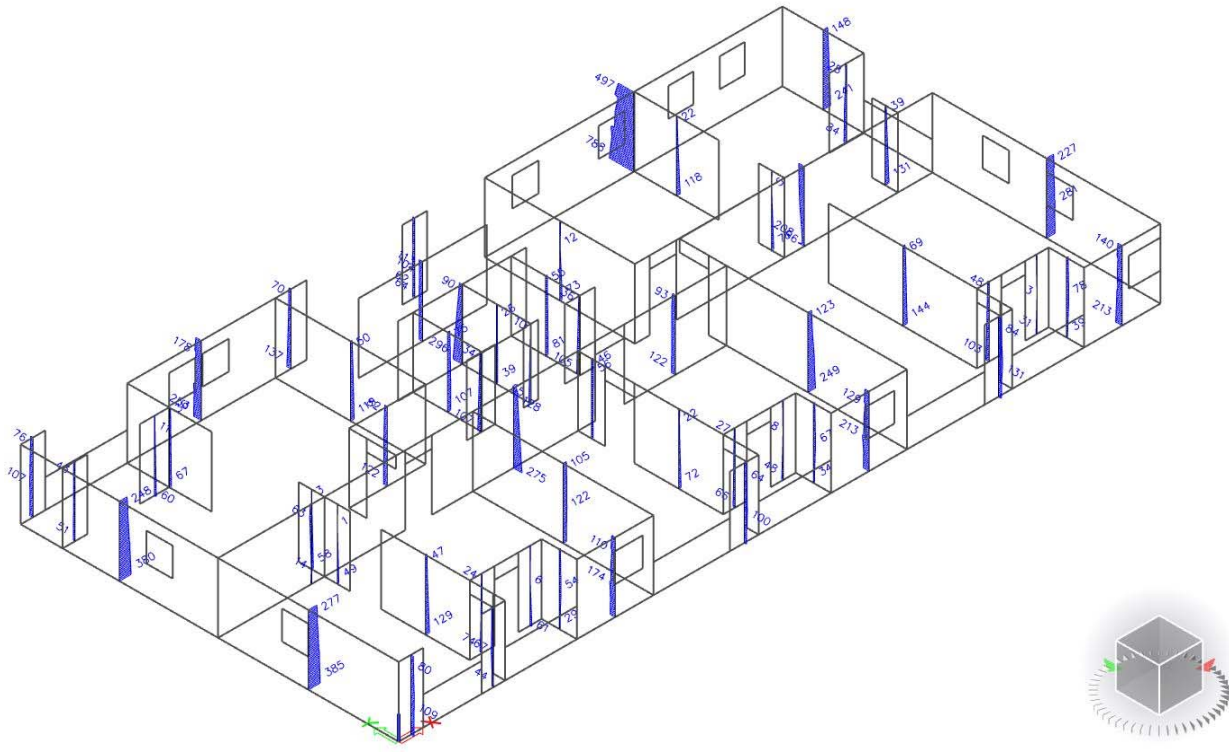
Slika 4.9. Dijagram momenata $M_{Ed}$ $[kNm]$ za opterećenje Ty



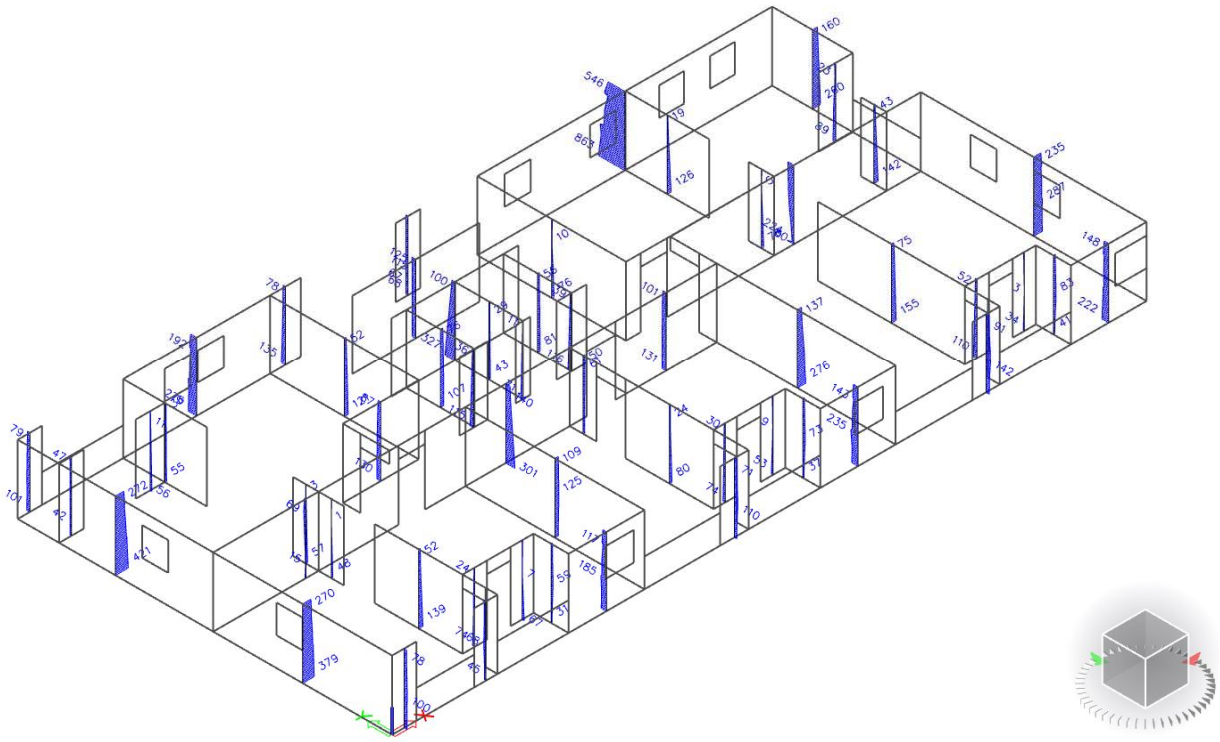
Slika 4.10. Dijagram poprečnih sila $V_{Ed}$ $[kN]$ za opterećenje Sx



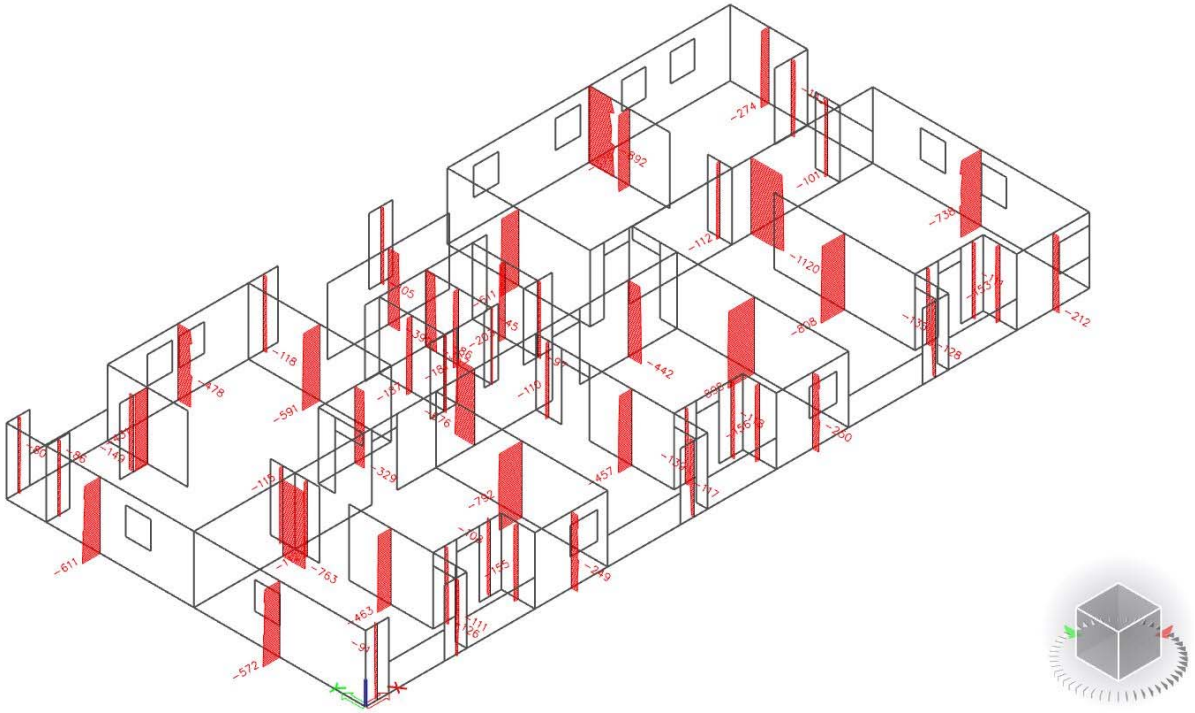
Slika 4.11. Dijagram poprečnih sila $V_{Ed}$ $[kN]$ za opterećenje Sy



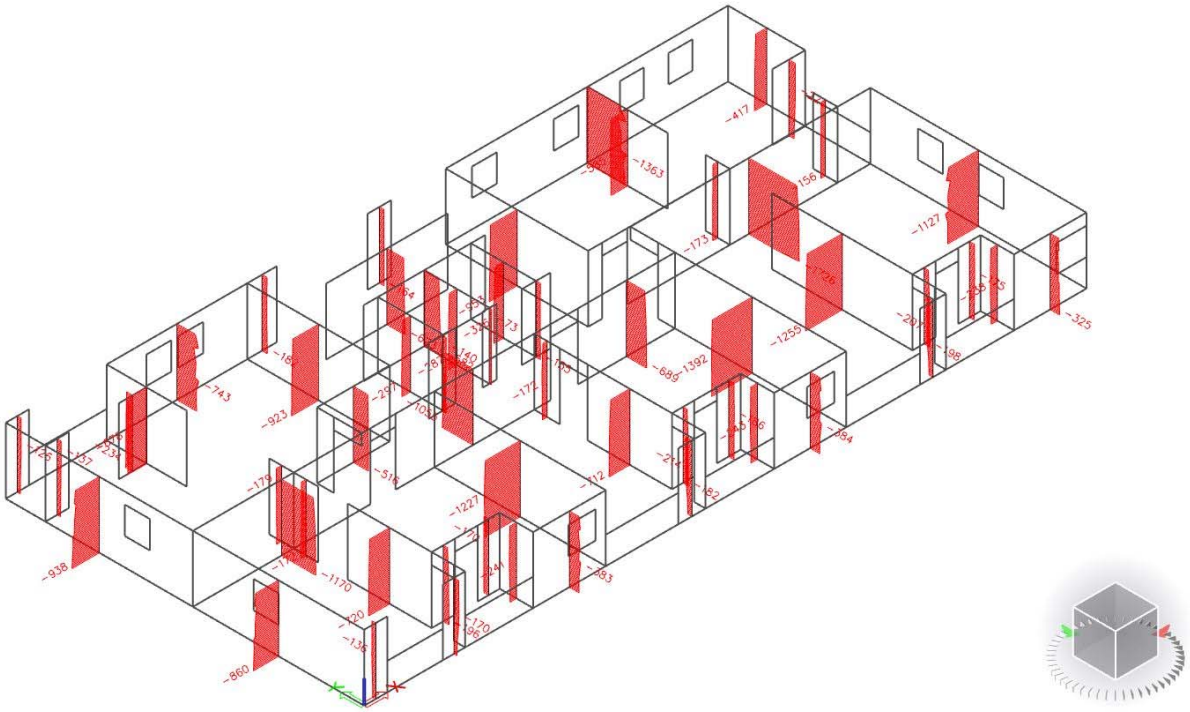
Slika 4.12. Dijagram uzdužnih sila $N_{Ed}$ $[kN]$ za opterećenje Sx



Slika 4.13. Dijagram uzdužnih sila $N_{Ed}$ $[kN]$ za opterećenje Sy



Slika 4.14. Dijagram uzdužnih sila $N_{Ed}$ $[kN]$ za kombinaciju : $1.0 \cdot (G + \Delta G) + 0.3 \cdot Q$




Slika 4.15. Dijagram uzdužnih sila $N_{Ed}$ $[kN]$ za kombinaciju : $1{,}35 \cdot (G + \Delta G) + 1{,}5 \cdot Q$

Vrijednosti koje su korištene za daljnji proračun:

- Iz potresnih kombinacija $K_{Sx+}$, $K_{Sx-}$, $K_{Sy+}$ i $K_{Sy-}$ su uzete vrijednosti momenata, uzdužnog i poprečnog naprezanja u zidovima
- Iz kombinacija $1{,}35 \cdot (G + \Delta G) + 1{,}5 \cdot Q$ i $1{,}0 \cdot (G + \Delta G) + 0{,}3 \cdot Q$ su uzete vrijednosti uzdužnih sila na zidove
- S obzirom na mali doprinos momenata iz proračuna torzije, vrijednosti iz kombinacije Tx i Ty nisu korištene u daljnjem proračunu

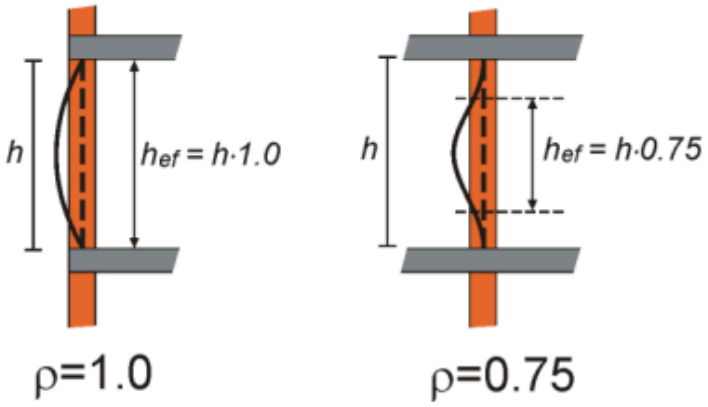
### *4.3.2. Proračun mehaničke otpornosti ziđa na vertikalna djelovanja (EN 1996-3)*

Podatci za proračun zidova:

- Srednja tlačna čvrstoća bloka: $f_{ck,sred} = 10.0\ MPa$
- Normalizirana tlačna čvrstoća bloka: $f_b = f_{ck,sred} \cdot \delta = 10.0 \cdot 1.15 = 11.5\ MPa$
- Grupa zidnih blokova: 2A (K=0.55)
- Mort: $f_m = 10.0\ MPa$
- Tlačna čvrstoća ziđa $f_k = 5.50\ MPa$
- Parcijalni koeficijenti sigurnosti za:
- Ziđe: $\gamma_M = 2.2$
- Beton: $\gamma_C = 1.5$
- Čelik: $\gamma_S = 1.15$
- Faktor smanjenja za vitkosti i ekscentričnost:

$$\Phi_S = 0.85 - 0.0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}}\right)^2 \quad - unutarnji\ zidovi$$

$$\Phi_S = 1.3 - \frac{t_{ef}}{8} \leq 0.85 \quad - vanjski\ zidovi$$




Slika 4.16. Efektivna visina zida

$$\Phi_{S,u} = 0.85 - 0.0011 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}}\right)^2 = 0.85 - 0.0011 \cdot \left(\frac{2.73}{0.25}\right)^2 = 0.72$$

$$\Phi_{S,v} = 1.3 - \frac{t_{ef}}{8} \leq 0.85 \ \rightarrow \Phi_{S,v} = 1.3 - \frac{0.25}{8} \leq 0.85 \rightarrow \Phi_{S,v} = 1.27 \leq 0.85$$

Neto površina zida:

$$A_i = t \cdot (L - o)$$

U proračunu zidova na vertikalna dokazuje se da je:

$$N_{Ed} < N_{Rd}$$

Računsko vertikalno djelovanje:

$$N_{Ed} = 1.35\ (G + \Delta G) + 1.5 \cdot Q \quad [kN]$$

Računska nosivost:

$$N_{Rd} = \mathrm{F} \cdot f_d \cdot \mathrm{A} \quad [kN]$$

U nastavku je prikaz proračuna u tabličnom obliku :

| | dimenzije zida i otvora | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **zid** | debljina zida t [m] | duljina zida L [m] | duljina otvora o [m] | netto pov. zida Ai [m2] | **računsko vert.djel. $N_{Ed}$ [kN]** | **koef. vitkosti Φ** | **računska nosivost $N_{Rd}$ [kN]** | **$N_{Sd}/N_{Rd}$ [%]** |
| ZxA / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,00 | 0,26 | **126,0** | **0,85** | **596,1** | **21** |
| ZxA / 2-4 | 0,25 | 6,20 | 2,20 | 1,00 | **743,0** | **0,85** | **2337,5** | **32** |
| ZxA / 4-4' | 0,25 | 1,30 | 0,00 | 0,33 | **182,0** | **0,85** | **759,7** | **24** |
| ZxA / 6'-7' | 0,25 | 0,90 | 0,00 | 0,23 | **164,0** | **0,85** | **525,9** | **31** |
| ZxA / 9-14 | 0,25 | 12,44 | 4,40 | 2,01 | **1363,0** | **0,85** | **4698,4** | **29** |
| ZxB / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,00 | 0,26 | **137,0** | **0,72** | **504,9** | **27** |
| ZxB / 1'-2 | 0,25 | 1,22 | 0,00 | 0,31 | **234,0** | **0,72** | **603,9** | **39** |
| ZxB / 4'-8' | 0,25 | 5,35 | 0,00 | 1,34 | **623,0** | **0,72** | **2648,3** | **24** |
| ZxC / 4'-8' | 0,25 | 5,35 | 0,00 | 1,34 | **582,0** | **0,72** | **2648,3** | **22** |
| ZxC / 13-14 | 0,25 | 1,45 | 0,00 | 0,36 | **223,0** | **0,72** | **717,8** | **31** |
| ZxD / 3-4 | 0,25 | 3,20 | 0,00 | 0,80 | **516,0** | **0,72** | **1584,0** | **33** |
| ZxD / 4'-5' | 0,25 | 1,19 | 0,00 | 0,30 | **140,0** | **0,72** | **589,1** | **24** |
| ZxD / 6'-8' | 0,25 | 1,26 | 0,00 | 0,32 | **155,0** | **0,72** | **623,7** | **25** |
| ZxD / 10-14 | 0,25 | 10,59 | 0,00 | 2,65 | **1726,0** | **0,72** | **5242,1** | **33** |
| ZxE / 1-3' | 0,25 | 7,82 | 0,00 | 1,96 | **1170,0** | **0,72** | **3870,9** | **30** |
| ZxE / 3'-6' | 0,25 | 6,83 | 0,00 | 1,71 | **1055,0** | **0,72** | **3380,9** | **31** |
| ZxE / 7-10 | 0,25 | 4,15 | 0,00 | 1,04 | **689,0** | **0,72** | **2054,3** | **34** |
| ZxF / 2-2' | 0,25 | 1,03 | 0,00 | 0,26 | **196,0** | **0,72** | **509,9** | **38** |
| ZxF / 2'-3 | 0,25 | 0,97 | 0,00 | 0,24 | **170,0** | **0,72** | **480,2** | **35** |
| ZxF / 6-6' | 0,25 | 0,98 | 0,00 | 0,25 | **182,0** | **0,72** | **485,1** | **38** |
| ZxF / 7-8 | 0,25 | 1,05 | 0,00 | 0,26 | **186,0** | **0,72** | **519,8** | **36** |
| ZxF / 11-11' | 0,25 | 1,02 | 0,00 | 0,26 | **198,0** | **0,72** | **504,9** | **39** |
| ZxF / 11'-12 | 0,25 | 0,98 | 0,00 | 0,25 | **175,0** | **0,72** | **485,1** | **36** |
| ZxG / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,00 | 0,26 | **136,0** | **0,85** | **596,1** | **23** |
| ZxG / 1'-2 | 0,25 | 0,98 | 0,00 | 0,25 | **170,0** | **0,85** | **572,7** | **30** |
| ZxG / 3-4 | 0,25 | 3,20 | 1,20 | 0,50 | **383,0** | **0,85** | **1168,8** | **33** |
| ZxG / 5'-6 | 0,25 | 1,20 | 0,00 | 0,30 | **214,0** | **0,85** | **701,3** | **31** |
| ZxG / 8-9 | 0,25 | 3,20 | 1,20 | 0,50 | **384,0** | **0,85** | **1168,8** | **33** |
| ZxG / 10'-11 | 0,25 | 1,15 | 0,00 | 0,29 | **207,0** | **0,85** | **672,0** | **31** |
| ZxG / 12-14 | 0,25 | 3,20 | 1,20 | 0,50 | **325,0** | **0,85** | **1168,8** | **28** |

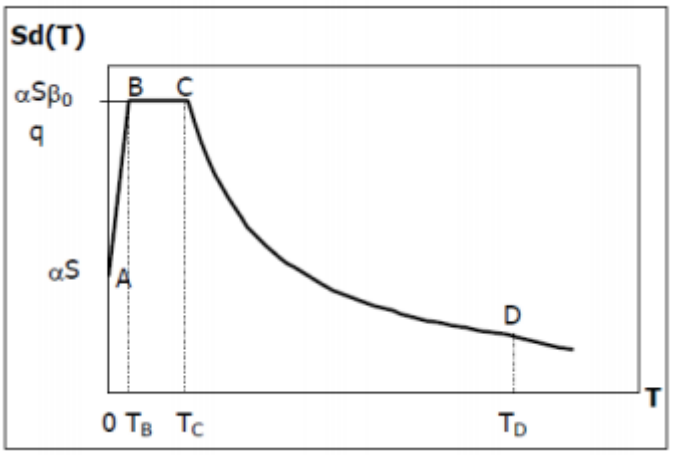
Tablica 4.16. Zidovi u smjeru x

| zid | dimenzije zida i otvora | | | | računsko vert.djel. $N_{Ed}$ [kN] | koef. vitkosti Φ | računska nosivost $N_{Rd}$ [kN] | $N_{Ed}/N_{Rd}$ [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | debljina zida t [m] | duljina zida L [m] | duljina otvora o [m] | netto pov. zida Ai [m2] | | | | |
| Zy1 / A-E | 0,25 | 8,25 | 1,10 | 1,79 | **938,0** | **0,85** | **4178,3** | **22** |
| Zy1 / E-G | 0,25 | 7,55 | 1,10 | 1,61 | **860,0** | **0,85** | **3769,2** | **23** |
| Zy2 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,00 | 0,85 | **678,0** | **0,72** | **1683,0** | **40** |
| Zy2 / D'-E | 0,25 | 1,08 | 0,00 | 0,27 | **197,0** | **0,72** | **534,6** | **37** |
| Zy2 / E-E' | 0,25 | 1,07 | 0,00 | 0,27 | **172,0** | **0,72** | **529,7** | **32** |
| Zy2 / E'-F | 0,25 | 3,70 | 0,00 | 0,93 | **720,0** | **0,72** | **1831,5** | **39** |
| Zy3 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,00 | 0,37 | **241,0** | **0,72** | **732,6** | **33** |
| Zy4 / A-D | 0,25 | 6,27 | 0,00 | 1,57 | **923,0** | **0,72** | **3103,7** | **30** |
| Zy4 / E-G | 0,25 | 7,55 | 0,00 | 1,89 | **1227,0** | **0,72** | **3737,3** | **33** |
| Zy5 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,00 | 0,72 | **297,0** | **0,72** | **1420,7** | **21** |
| Zy6 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,00 | 0,72 | **287,0** | **0,72** | **1420,7** | **20** |
| Zy6 / E-E' | 0,25 | 1,13 | 0,00 | 0,28 | **172,0** | **0,72** | **559,4** | **31** |
| Zy6 / E'-F | 0,25 | 3,73 | 0,00 | 0,93 | **712,0** | **0,72** | **1846,4** | **39** |
| Zy7 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,00 | 0,72 | **326,0** | **0,72** | **1420,7** | **23** |
| Zy8 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,00 | 0,37 | **243,0** | **0,72** | **732,6** | **33** |
| Zy9 / A-D | 0,25 | 6,27 | 0,00 | 1,57 | **953,0** | **0,72** | **3103,7** | **31** |
| Zy10 / E'-G | 0,25 | 8,29 | 0,00 | 2,07 | **1392,0** | **0,72** | **4103,6** | **34** |
| Zy11 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,00 | 0,85 | **585,0** | **0,72** | **1683,0** | **35** |
| Zy11 / C'-D | 0,25 | 1,07 | 0,00 | 0,27 | **173,0** | **0,72** | **529,7** | **33** |
| Zy11 / E-F | 0,25 | 7,55 | 0,00 | 1,89 | **1255,0** | **0,72** | **3737,3** | **34** |
| Zy12 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,00 | 0,37 | **238,0** | **0,72** | **732,6** | **32** |
| Zy13 / C'-D | 0,25 | 1,07 | 0,00 | 0,27 | **156,0** | **0,72** | **529,7** | **29** |
| Zy14 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,00 | 0,85 | **417,0** | **0,85** | **1986,9** | **21** |
| Zy14 / D-G | 0,25 | 9,55 | 2,20 | 1,84 | **1127,0** | **0,85** | **4295,2** | **26** |

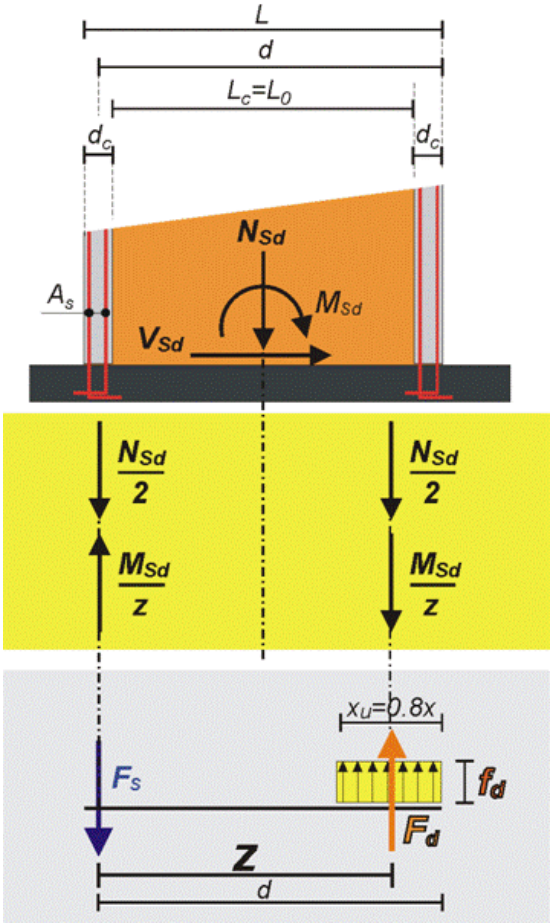
Tablica 4.17. Zidovi u smjeru y

### *4.3.3. Proračun zidova na potresno djelovanje*

- Koeficijent ubrzanja: $a_g = 0.22$
- Projektno ubrzanje: $a_g = 2.158\ m/s^2$
- Faktor ponašanje: $q = 2.50$
- Beta: $\beta = 0.20$
- Kategorija tla: B
- Tip spektra: tip 1
- Faktor tla: S=1.2
- Period oscilacije sustava s jednim stupnjem slobode:
- $T_b = 0.15$
- $T_c = 0.50$
- $T_d = 2.00$
- Broj katova: $n = 4$
- Visina kata: $h = 2.80$




Slika 4.17. Računski spektar odgovora




Slika 4.18. Raspodjela potresnih sila

Neto površina zida:

$$A_i = t \cdot (L - o)$$

Uzdužna sila od potresa - $N_P$ ; uzdužna sila od kombinacije opterećenja - $N_{1,0\cdot(G+\Delta G)+0,3\cdot Q}$

Računska vertikalna sila:

$$N_{Sd} = N_P + N_{1,0\cdot(G+\Delta G)+0,3\cdot Q} \quad [kN]$$

Statička visina:

$$d = L - \frac{t}{2} \quad [m]$$

Krak unutarnjih sila:

$$z = d \cdot 0{,}8 \quad [m]$$

Duljina tlačne zone:

$$x_u = 2 \cdot (d - z) = 2 \cdot (d - d \cdot 0{,}8\,) = 0.4\,d \quad [m]$$

U proračunu zidova na potres dokazuje se:

$$(1) \qquad V_{Ed} < V_{Rd}$$

Računska nosivost:

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} \cdot L \cdot t}{\gamma_m} \quad [kN]$$

$$(2) \qquad F_{Ed} < F_{Rd}$$

Računsko djelovanje:

$$F_{Ed} = \frac{M_{Ed,p}}{z} + \frac{N_{Ed}}{2} \quad [kN]$$

Računska nosivost:

$$F_{Rd} = x_u \cdot t \cdot f_k \cdot 1000 \quad [kN]$$

Potrebna armatura:

$$A_s = \frac{\frac{M_{Sd}}{z} - \frac{N_{Sd}}{2}}{\frac{f_s}{\gamma_s}}$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_b$ = | 10,0 | MPa | = tlačna čvrstoća bloka | $f_k$ = | 5,50 | MPa | = tlačna čvrstoća zida |
| $f_m$ = | 10,0 | MPa | = tlačna čvrstoća morta | $f_{vk}$ = | 0,75 | MPa | = posmična čvrstoća zida |
| K = | 0,55 | | = koeficijent ovisan o grupi zidnih blokova | E = | 5500,0 | MPa | = modul elastičnosti |
| $f_{vk0}$ = | 0,3 | | = osnovna posmična čvrstoća | G = | 916,7 | MPa | = modul posmika |
| $\varsigma_d$ = | 1,5 | | = proračunsko tlačno naprezanje | | | | |
| $\gamma_M$ = | 2,00 | | = parcijalni faktor sigurnosti za zide | | | | |
| $\gamma_s$ = | 1,50 | | = parcijalni faktor sigurnosti za armaturu | | | | |

| Zid | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | debljina zida | duljina zida | površina zida | Σ duljina otvora | visina zida | moment od potresa | poprečna sila od pot. | uzdužna sila od potresa | uzdužna sila od kombinacije | **računska vert. sila** | **statička visina** | krak unut. sila | **računsko djelovanje** | duljina tlačne zone | **računska nosivost** | **računska nosivost** | $V_{Sd}/V_{Rd}$ | $F_{Sd}/F_{Rd}$ | **Armat. As** |
| | t [m] | L [m] | A [m2] | Li [m] | H [m] | $M_{Sd}$ [kNm] | $V_{Sd}$ [kN] | $N_P$ [kN] | $N_{1,0\cdot(G+\Delta G)+0,3\cdot Q}$ [kN] | **$N_{Sd}$ [kN]** | **d [m]** | z [m] | **$F_{Sd,i}$ [kN]** | xu [m] | **$V_{Rd}$ [kN]** | **$F_{m,Rd}$ [kN]** | [%] | [%] | [cm2] |
| ZxA / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 11,63 | 27,14 | 106,23 | -80,16 | **26,07** | **0,90** | 0,72 | **29,28** | 0,36 | **95,63** | **492,25** | **28,38** | **5,95** | **0,07** |
| ZxA / 2-4 | 0,25 | 6,20 | 1,55 | 2,20 | 2,90 | 128,11 | 154,72 | 274,64 | -478,35 | **131,14** | **6,08** | 4,86 | **91,93** | 2,43 | **581,25** | **3341,25** | **26,62** | **2,75** | **-0,90** |
| ZxA / 4-4' | 0,25 | 1,30 | 0,33 | 0,00 | 2,90 | 15,36 | 34,52 | 137,32 | -117,57 | **102,05** | **1,18** | 0,94 | **67,36** | 0,47 | **121,88** | **646,25** | **28,32** | **10,42** | **-0,80** |
| ZxA / 6'-7' | 0,25 | 0,90 | 0,23 | 0,00 | 2,90 | 8,69 | 2,89 | 68,22 | -105,04 | **36,71** | **0,78** | 0,62 | **32,37** | 0,31 | **84,38** | **426,25** | **3,43** | **7,59** | **-0,10** |
| ZxA / 9-14 | 0,25 | 12,44 | 3,11 | 4,40 | 2,90 | 906,12 | 357,26 | 862,65 | -892,24 | **594,98** | **12,32** | 9,85 | **389,46** | 4,93 | **1166,25** | **6773,25** | **30,63** | **5,75** | **-4,72** |
| ZxB / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 10,09 | 12,23 | 51,01 | -86,17 | **25,16** | **0,90** | 0,72 | **26,67** | 0,36 | **95,63** | **492,25** | **12,79** | **5,42** | **0,03** |
| ZxB / 1'-2 | 0,25 | 1,22 | 0,31 | 0,00 | 2,90 | 15,34 | 19,13 | 51,01 | -149,44 | **6,18** | **1,10** | 0,88 | **20,60** | 0,44 | **114,38** | **602,25** | **16,73** | **3,42** | **0,33** |
| ZxB / 4'-8' | 0,25 | 5,35 | 1,34 | 0,00 | 2,90 | 564,76 | 89,40 | 125,38 | -389,88 | **8,42** | **5,23** | 4,18 | **139,32** | 2,09 | **501,56** | **2873,75** | **17,82** | **4,85** | **3,01** |
| ZxC / 4'-8' | 0,25 | 5,35 | 1,34 | 0,00 | 2,90 | 487,55 | 156,19 | 327,37 | -367,11 | **217,24** | **5,23** | 4,18 | **225,26** | 2,09 | **501,56** | **2873,75** | **31,14** | **7,84** | **0,18** |
| ZxC / 13-14 | 0,25 | 1,45 | 0,36 | 0,00 | 2,90 | 22,97 | 39,55 | 89,06 | -143,10 | **46,13** | **1,33** | 1,06 | **44,73** | 0,53 | **135,94** | **728,75** | **29,09** | **6,14** | **-0,03** |
| ZxD / 3-4 | 0,25 | 3,20 | 0,80 | 0,00 | 2,90 | 138,07 | 133,53 | 130,39 | -329,11 | **31,66** | **3,08** | 2,46 | **71,95** | 1,23 | **300,00** | **1691,25** | **44,51** | **4,25** | **0,93** |
| ZxD / 4'-5' | 0,25 | 1,19 | 0,30 | 0,00 | 2,90 | 24,15 | 14,96 | 115,25 | -86,02 | **89,44** | **1,07** | 0,85 | **73,07** | 0,43 | **111,56** | **585,75** | **13,41** | **12,47** | **-0,38** |
| ZxD / 6'-8' | 0,25 | 1,26 | 0,32 | 0,00 | 2,90 | 29,12 | 17,34 | 115,83 | -44,71 | **102,42** | **1,14** | 0,91 | **83,28** | 0,45 | **118,13** | **624,25** | **14,68** | **13,34** | **-0,44** |
| ZxD / 10-14 | 0,25 | 10,59 | 2,65 | 0,00 | 2,90 | 1692,90 | 521,96 | 223,65 | -1119,60 | **-112,23** | **10,47** | 8,37 | **146,09** | 4,19 | **992,81** | **5755,75** | **52,57** | **2,54** | **5,94** |
| ZxE / 1-3' | 0,25 | 7,82 | 1,96 | 0,00 | 2,90 | 890,04 | 435,62 | 62,69 | -763,26 | **-166,29** | **7,70** | 6,16 | **61,44** | 3,08 | **733,13** | **4232,25** | **59,42** | **1,45** | **5,24** |
| ZxE / 3'-6' | 0,25 | 6,83 | 1,71 | 0,00 | 2,90 | 831,85 | 360,90 | 300,89 | -676,34 | **97,99** | **6,71** | 5,36 | **204,07** | 2,68 | **640,31** | **3687,75** | **56,36** | **5,53** | **2,44** |
| ZxE / 7-10 | 0,25 | 4,15 | 1,04 | 0,00 | 2,90 | 248,45 | 186,07 | 131,46 | -441,50 | **-0,99** | **4,03** | 3,22 | **76,66** | 1,61 | **389,06** | **2213,75** | **47,83** | **3,46** | **1,79** |
| ZxF / 2-2' | 0,25 | 1,03 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 24,25 | 35,31 | 74,05 | -126,47 | **36,11** | **0,91** | 0,72 | **51,55** | 0,36 | **96,56** | **497,75** | **36,57** | **10,36** | **0,35** |
| ZxF / 2'-3 | 0,25 | 0,97 | 0,24 | 0,00 | 2,90 | 20,06 | 32,88 | 66,62 | -108,17 | **34,17** | **0,85** | 0,68 | **46,76** | 0,34 | **90,94** | **464,75** | **36,16** | **10,06** | **0,29** |
| ZxF / 6-6' | 0,25 | 0,98 | 0,25 | 0,00 | 2,90 | 23,09 | 27,47 | 73,85 | -117,03 | **38,74** | **0,86** | 0,68 | **53,13** | 0,34 | **91,88** | **470,25** | **29,90** | **11,30** | **0,33** |
| ZxF / 7-8 | 0,25 | 1,05 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 24,12 | 31,48 | 52,89 | -118,10 | **17,46** | **0,93** | 0,74 | **41,32** | 0,37 | **98,44** | **508,75** | **31,98** | **8,12** | **0,55** |
| ZxF / 11-11' | 0,25 | 1,02 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 27,01 | 23,21 | 110,44 | -127,65 | **72,15** | **0,90** | 0,72 | **73,80** | 0,36 | **95,63** | **492,25** | **24,27** | **14,99** | **0,04** |
| ZxF / 11'-12 | 0,25 | 0,98 | 0,25 | 0,00 | 2,90 | 20,73 | 22,96 | 34,22 | -111,02 | **0,91** | **0,86** | 0,68 | **30,76** | 0,34 | **91,88** | **470,25** | **24,99** | **6,54** | **0,69** |
| ZxG / 1-1' | 0,25 | 1,02 | 0,26 | 0,00 | 2,90 | 16,54 | 49,36 | 108,46 | -90,92 | **81,18** | **0,90** | 0,72 | **63,69** | 0,36 | **95,63** | **492,25** | **51,62** | **12,94** | **-0,40** |
| ZxG / 1'-2 | 0,25 | 0,98 | 0,25 | 0,00 | 2,90 | 22,28 | 49,25 | 68,05 | -110,70 | **34,84** | **0,86** | 0,68 | **49,99** | 0,34 | **91,88** | **470,25** | **53,61** | **10,63** | **0,35** |
| ZxG / 3-4 | 0,25 | 3,20 | 0,80 | 1,20 | 2,90 | 44,74 | 186,75 | 185,32 | -248,74 | **110,70** | **3,08** | 2,46 | **73,54** | 1,23 | **300,00** | **1691,25** | **62,25** | **4,35** | **-0,85** |
| ZxG / 5'-6 | 0,25 | 1,20 | 0,30 | 0,00 | 2,90 | 27,87 | 65,14 | 109,65 | -138,71 | **68,04** | **1,08** | 0,86 | **66,43** | 0,43 | **112,50** | **591,25** | **57,90** | **11,23** | **-0,04** |
| ZxG / 8-9 | 0,25 | 3,20 | 0,80 | 1,20 | 2,90 | 52,41 | 190,36 | 235,07 | -249,58 | **160,20** | **3,08** | 2,46 | **101,40** | 1,23 | **300,00** | **1691,25** | **63,45** | **6,00** | **-1,35** |
| ZxG / 10'-11 | 0,25 | 1,15 | 0,29 | 0,00 | 2,90 | 25,45 | 65,06 | 141,85 | -134,59 | **101,47** | **1,03** | 0,82 | **81,77** | 0,41 | **107,81** | **563,75** | **60,35** | **14,51** | **-0,45** |
| ZxG / 12-14 | 0,25 | 3,20 | 0,80 | 1,20 | 2,90 | 146,47 | 173,19 | 222,29 | -212,23 | **158,62** | **3,08** | 2,46 | **138,85** | 1,23 | **300,00** | **1691,25** | **57,73** | **8,21** | **-0,45** |

Tablica 4.19. Zidovi u smjeru x

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_b$ = | 10,0 | MPa | = tlačna čvrstoća bloka | $f_k$ = | 5,50 | MPa | = tlačna čvrstoća ziđa |
| $f_m$ = | 10,0 | MPa | = tlačna čvrstoća morta | $f_{vk}$ = | 0,75 | MPa | = posmična čvrstoća ziđa |
| K = | 0,55 | | = koeficijent ovisan o grupi zidnih blokova | E = | 5500,0 | MPa | = modul elastičnosti |
| $f_{vk0}$ = | 0,3 | | = osnovna posmična čvrstoća | G = | 916,7 | MPa | = modul posmika |
| $\varsigma_d$ = | 1,5 | | = proračunsko tlačno naprezanje | | | | |
| $\gamma_M$ = | 2,00 | | = parcijalni faktor sigurnosti za ziđe | | | | |
| $\gamma_s$ = | 1,50 | | = parcijalni faktor sigurnosti za armaturu | | | | |

| Zid | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | debljina zida | duljina zida | površina zida | Σ duljina otvora | visina zida | moment od potresa | poprečna sila od pot. | uzdužna sila od potresa | uzdužna sila od kombinacije | **računska vert. Sila** | **statička visina** | krak unut. sila | **računsko djelovanje** | duljina tlačne zone | **računska nosivost** | **računska nosivost** | $V_{Sd}/V_{Rd}$ | $F_{Sd}/F_{Rd}$ | **Armat. As** |
| | t [m] | L [m] | A [m²] | Li [m] | H [m] | $M_{Ed}$ [kNm] | $V_{Ed}$ [kN] | $N_P$ [kN] | $N_{1,0\cdot(G+\Delta G)+0,3\cdot Q}$ [kN] | **$N_{Ed}$ [kN]** | **d [m]** | z [m] | **$F_{Sd,i}$ [kN]** | xu [m] | **$V_{Rd}$ [kN]** | **$F_{Rd}$ [kN]** | **[%]** | **[%]** | **[cm²]** |
| Zy1 / A-E | 0,25 | 8,25 | 2,06 | 1,10 | 2,90 | 425,52 | 366,24 | 421,37 | -611,31 | **-189,94** | **8,13** | 6,50 | **-29,51** | 3,25 | **773,44** | **4468,75** | **47,35** | **0,66** | **3,69** |
| Zy1 / E-G | 0,25 | 7,55 | 1,89 | 1,10 | 2,90 | 363,12 | 313,49 | 385,41 | -571,80 | **-186,39** | **7,43** | 5,94 | **-32,06** | 2,97 | **707,81** | **4083,75** | **44,29** | **0,79** | **3,55** |
| Zy2 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,85 | 0,00 | 2,90 | 184,35 | 93,52 | 67,44 | -431,44 | **-364,00** | **3,28** | 2,62 | **-111,64** | 1,31 | **318,75** | **1801,25** | **29,34** | **6,20** | **5,80** |
| Zy2 / D'-E | 0,25 | 1,08 | 0,27 | 0,00 | 2,90 | 11,17 | 17,76 | 58,08 | -115,21 | **-57,13** | **0,96** | 0,76 | **-13,94** | 0,38 | **101,25** | **525,25** | **17,54** | **2,65** | **0,99** |
| Zy2 / E-E' | 0,25 | 1,07 | 0,27 | 0,00 | 2,90 | 13,51 | 21,15 | 48,97 | -111,84 | **-62,87** | **0,95** | 0,76 | **-13,56** | 0,38 | **100,31** | **519,75** | **21,08** | **2,61** | **1,13** |
| Zy2 / E'-F | 0,25 | 3,70 | 0,93 | 0,00 | 2,90 | 214,99 | 104,92 | 138,51 | -462,81 | **-324,30** | **3,58** | 2,86 | **-86,98** | 1,43 | **346,88** | **1966,25** | **30,25** | **4,42** | **5,46** |
| Zy3 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,37 | 0,00 | 2,90 | 22,13 | 44,82 | 58,74 | -154,83 | **-96,09** | **1,36** | 1,08 | **-27,63** | 0,54 | **138,75** | **745,25** | **32,30** | **3,71** | **1,57** |
| Zy4 / A-D | 0,25 | 6,27 | 1,57 | 0,00 | 2,90 | 258,97 | 263,48 | 121,26 | -591,23 | **-469,97** | **6,15** | 4,92 | **-182,31** | 2,46 | **587,81** | **3379,75** | **44,82** | **5,39** | **6,61** |
| Zy4 / E-G | 0,25 | 7,55 | 1,89 | 0,00 | 2,90 | 613,99 | 338,38 | 124,57 | -791,79 | **-667,22** | **7,43** | 5,94 | **-230,24** | 2,97 | **707,81** | **4083,75** | **47,81** | **5,64** | **10,05** |
| Zy5 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,72 | 0,00 | 2,90 | 92,02 | 111,03 | 107,16 | -187,32 | **-80,16** | **2,75** | 2,20 | **1,82** | 1,10 | **269,06** | **1509,75** | **41,27** | **0,12** | **1,88** |
| Zy6 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,72 | 0,00 | 2,90 | 109,73 | 92,50 | 43,08 | -181,34 | **-138,26** | **2,75** | 2,20 | **-19,16** | 1,10 | **269,06** | **1509,75** | **34,38** | **1,27** | **2,74** |
| Zy6 / E-E' | 0,25 | 1,13 | 0,28 | 0,00 | 2,90 | 19,65 | 30,32 | 60,96 | -110,01 | **-49,05** | **1,01** | 0,80 | **-0,08** | 0,40 | **105,94** | **552,75** | **28,62** | **0,02** | **1,13** |
| Zy6 / E'-F | 0,25 | 3,73 | 0,93 | 0,00 | 2,90 | 291,05 | 125,54 | 79,76 | -457,49 | **-377,73** | **3,61** | 2,88 | **-87,95** | 1,44 | **349,69** | **1982,75** | **35,90** | **4,44** | **6,66** |
| Zy7 / C-D | 0,25 | 2,87 | 0,72 | 0,00 | 2,90 | 117,98 | 102,10 | 81,08 | -202,84 | **-121,76** | **2,75** | 2,20 | **-7,16** | 1,10 | **269,06** | **1509,75** | **37,95** | **0,47** | **2,63** |
| Zy8 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,37 | 0,00 | 2,90 | 30,76 | 35,81 | 73,05 | -156,24 | **-83,19** | **1,36** | 1,08 | **-13,22** | 0,54 | **138,75** | **745,25** | **25,81** | **1,77** | **1,61** |
| Zy9 / A-D | 0,25 | 6,27 | 1,57 | 0,00 | 2,90 | 950,35 | 303,77 | 89,14 | -611,12 | **-521,98** | **6,15** | 4,92 | **-67,67** | 2,46 | **587,81** | **3379,75** | **51,68** | **2,00** | **10,44** |
| Zy10 / E'-G | 0,25 | 8,29 | 2,07 | 0,00 | 2,90 | 1749,98 | 482,77 | 311,64 | -898,33 | **-586,69** | **8,17** | 6,53 | **-25,44** | 3,27 | **777,19** | **4490,75** | **62,12** | **0,57** | **12,90** |
| Zy11 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,85 | 0,00 | 2,90 | 376,29 | 160,21 | 118,22 | -349,70 | **-231,48** | **3,28** | 2,62 | **27,88** | 1,31 | **318,75** | **1801,25** | **50,26** | **1,55** | **5,96** |
| Zy11 / C'-D | 0,25 | 1,07 | 0,27 | 0,00 | 2,90 | 22,38 | 32,50 | 75,82 | -112,39 | **-36,57** | **0,95** | 0,76 | **11,32** | 0,38 | **100,31** | **519,75** | **32,40** | **2,18** | **1,10** |
| Zy11 / E-F | 0,25 | 7,55 | 1,89 | 0,00 | 2,90 | 1150,28 | 330,87 | 155,49 | -807,69 | **-652,20** | **7,43** | 5,94 | **-132,45** | 2,97 | **707,81** | **4083,75** | **46,75** | **3,24** | **11,95** |
| Zy12 / F-G | 0,25 | 1,48 | 0,37 | 0,00 | 2,90 | 58,99 | 35,81 | 73,05 | -152,96 | **-79,91** | **1,36** | 1,08 | **14,46** | 0,54 | **138,75** | **745,25** | **25,81** | **1,94** | **2,17** |
| Zy13 / C'-D | 0,25 | 1,07 | 0,27 | 0,00 | 2,90 | 29,11 | 35,25 | 165,24 | -101,30 | **63,94** | **0,95** | 0,76 | **70,48** | 0,38 | **100,31** | **519,75** | **35,14** | **13,56** | **0,15** |
| Zy14 / A-C | 0,25 | 3,40 | 0,85 | 0,00 | 2,90 | 906,12 | 317,27 | 862,65 | -274,27 | **588,38** | **3,28** | 2,62 | **640,04** | 1,31 | **318,75** | **1801,25** | **99,54** | **35,53** | **1,19** |
| Zy14 / D-G | 0,25 | 9,55 | 2,39 | 2,20 | 2,90 | 1224,63 | 643,15 | 286,73 | -738,11 | **-451,38** | **9,43** | 7,54 | **-63,27** | 3,77 | **895,31** | **5183,75** | **71,84** | **1,22** | **8,92** |

Tablica 4.20. Zidovi u smjeru y

Iz priloženih tablica i prikazanih proračuna vidljivo je da svi serklaži zadovoljavaju armaturom od 4 Ø 14 ($6.16\ cm^2$) . Samo serklaže na osima zidova Zy4/E-G, Zy9/A-D, Zy10/E-G i Zy11/E-F potrebno je armirati sa 4 Ø 22 ($15.21\ cm^2$)

## 4.4. Proračun temelja

Proračun je rađen pomoću modela u računalnom programu SCIA Engineer 18.1.

Temelji su napravljeni od betona klase C25/30 i armirana čelikom za armiranje B500B.

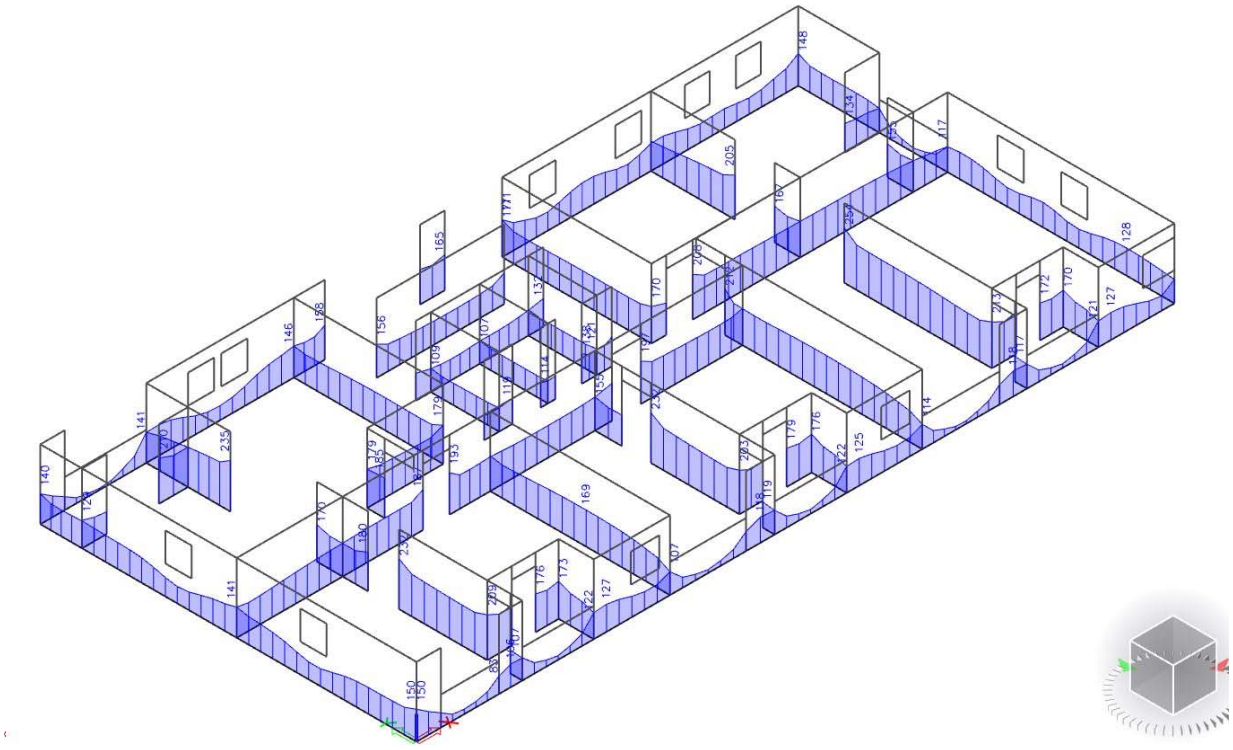
| Beton: | Armatura: |
|---|---|
| C 25/30 | B 500B |
| $f_{ck} = 25.0\ MPa$ | $f_y = 500.0\ MPa$ |
| $E_{cm} = 31.5\ MPa$ | $\gamma_s = 1.15$ |
| $\gamma_c = 1.5$ | |

### 4.4.1. Prikaz rezultata

Kombinacija za izračuna momenata savijanja u računalnom programu SCIA Engineer 18.1:

$$GSN:\ 1{,}35 \cdot (G + \Delta G) + 1{,}5 \cdot Q$$

Na sljedećoj slici prikazani su rezultati vertikalnih reakcija na linijskim osloncima koji predstavljaju temeljne trake ispod zidova.



Slika 4.21. Reakcije na linijskim osloncima Rz za kombinaciju GSN

### *4.4.2. Dimenzioniranje temelja*

Iz dobivenih reakcija na linijskim osloncima ispod zidova uzete su srednje vrijednosti naprezanja na unutrašnjim i vanjskim zidovima. S obzirom na to da unutrašnji zidovi imaju veće vrijednosti naprezanja od vanjskih, kako bi se izbjeglo nejednoliko slijeganje, dimenzioniraju se temelji na vanjske i unutrašnje vrijednosti naprezanja.

$$\sigma_{Sd} < \sigma_{dop}$$

$$\frac{R_z}{B \cdot 1{,}0} < \sigma_{dop}$$

$$B > \frac{R_z \cdot 1{,}0}{\sigma_{dop}}$$

Dopušteno kontaktno naprezanje u tlu uzimamo vrijednost od $250\ kN/m^2$ kao mjerodavnu za dimenzioniranje širine temeljne trake.

Srednja vrijednost naprezanja na vanjskih zidovima je $140\ kN/m^2$

$$B = \frac{140{,}0 \cdot 1{,}0}{250{,}0} = 0{,}56\ m \ \rightarrow B_{VANJSKI} = 0{,}6\ m$$

Odabrana dimenzija vanjskih temeljnih traka:

$$B\ /\ H = 60\ /\ 60\ cm$$

Srednja vrijednost naprezanja na unutarnjih zidovima je $200\ kN/m^2$

$$B = \frac{200{,}0 \cdot 1{,}0}{250{,}0} = 0{,}8\ m \ \rightarrow B_{UNUTARNJI} = 0{,}9\ m$$

Odabrana dimenzija unutarnjih temeljnih traka:

$$B\ /\ H = 90\ /\ 60\ cm$$

# 5. PRORAČUN I OCJENA FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE

Fizika zgrade je znanstvena disciplina građevinarstva koja istražuje fizikalne pojave (toplina , zvuk, vlaga) na građevinskim objektima.

Osnovna područja fizike zgrade:

- Toplinska zaštita ( ušteda energije)
- Difuzija vodene par
- Toplinska stabilnost i ljetna toplinska zaštita
- Zaštita od zračne buke
- Zaštita od udarne buke i vibracija
- Akustika

Tema ovog rada je proračun zaštite objekta od toplinskih gubitaka i difuzije vodene pare.

Toplinska zaštita – mjere kojima treba umanjiti neželjeni toplinski tok (zima/ljeto)

Difuzija vodene pare – čestice vodene pare se kreću s područja veće koncentracije k području manje koncentracije do uspostave ravnoteže parcijalnih tlakova. Pojava kondenzacije je štetna pojava za građevinske konstrukcije i mikroklimu u objektu.

Toplinska stabilnost – mjera inertnosti građevinske konstrukcije pod djelovanjem sunčevog zračenja.

Prijenos topline :

- Kondukcija - (vođenje topline) jest prijelaz topline između dvaju tijela u dodiru
- Konvekcija - (strujanje) jest usmjereno gibanje odnosno strujanje fluida (tekućina i plinova),
  u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem i predaje toplinu okolini
- Radijacija - (zračenje) je prijelaz topline koji se odvija putem elektromagnetskog zračenja

Toplinska provodljivost $\lambda$ ovisi o: - Poroznosti

- Vlažnosti

-Temperaturi

Dobiva se eksperimentalno (mjerenjem).

Toplinska propustljivost: Omjer toplinske provodljivosti gradiva i debljine sloja u smjeru toplinskog toka:

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \quad [W/(m^2K)]$$

Toplinski otpor: Recipročna vrijednost koeficijenta toplinske propustljivosti:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [(m^2K)/W]$$

Toplinski gubitak u višeslojnom zidu:

$$q = \frac{\theta_1 - \theta_2}{R_T} \quad [W/m^2]$$

Koeficijent prolaska topline: Količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz pregradu jedinične površine, pri razlici temepratura od 1K

$$U = 1/R_T$$

$R_T$ - ukupan toplinski otpor pregrade

$$U = 1/(R_{si} + \Sigma R_1 + R_{se}) \; [W/(m^2K)]$$

$R_{si} = 1/\alpha_i$ - vanjski plošni otpor prijelaza topline; $R_{si} = 0.04 \; [m^2K/W]$

$R_{se} = 1/\alpha_e$ - unutarnji plošni otpor prijelaza topline; $R_{se} = 0.13 \; [m^2K/W]$

Sve druge unutarnje površine: $R_i = 0.25 \; [m^2K/W]$

$\alpha_i$ - koeficijent unutarnjeg prijelaza topline koji je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa unutarnjeg zraka na jediničnu plohu građevinske konstrukcije (pregrade) pri jediničnoj razlici temperature unutarnjeg zraka i plohe građevinske konstrukcije (pregrade).

$\alpha_e$ - koeficijent vanjskog prijelaza topline koji je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe s vanjske plohe građevinske konstrukcije (pregrade) na vanjski zrak pri jediničnoj razlici temperature vanjske plohe građevinske konstrukcije (pregrade) i vanjskog zraka

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

Verzija KI EXPERT PLUS namijenjena je projektantima i usklađena je u potpunosti s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015), Algoritmom za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17.)

## *5.1. Podatci o lokaciji objekta*

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

Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20,00 °C

Grijane prostore predmetne građevine zatvaraju navedeni elementi vanjske ovojnice:

Međukatne konstrukcije oznake Mk1

Međukatne konstrukcije čine armiranobetonske ploče debljine 16 cm. Sve međukatne konstrukcije predviđene su sa izvedbom „plivajućeg“ poda na elastičnom sloju od elastificiranog ekspandiranog polistirena ili sl. materijala. Završna obrada podova međukatne konstrukcije ovisna je o namjeni prostora .

Krovne konstrukcije oznake K1 i K2

Krovna konstrukcija je puna armirano betonska ploča . Krov iznad grijanog dijela projektiran je sa toplinskom izolacijom, vrsta i debljina izolacije je usklađena sa tehničkim zahtjevima, a završna obrada s arhitektonskim zahtjevima. Svi krovovi – grijani i negrijani su hidroizolirani u skladu s tehničkim zahtjevima. Detaljan opis je dan u prilogu popisa slojeva obodnih konstrukcija.

Vanjski zidovi oznake Z1 i Z3

Vanjski zidovi oznake Z1 i Z3 su zidani zidovi debljine 25 cm, svi će se toplinski izolirati pločama mineralne vune debljine 6 cm na kojima se preko tekstilno staklene mreže koja se nalazi između dva sloja polimer -cementnog ljepila izvodi završna fasadna silikatna žbuka, a sve prema upustvima proizvođača. Završne obrade vanjskih zidova definirane su

arhitektonskim projektom i oznakama na nacrtima danim u ovom projektu. Oko otvora predviđena je ugradba špaletnih elemenata kako bi se izbjegli toplinski mostovi.

Unutarnji zidovi oznake Z2 i Z4

Zidani zidovi stanova prema stubištu izvesti će se debljine 25 cm, te ih je potrebno izolirati toplinskom izolacijom. Toplinska izolacija postaviti će se na licu zida prema stubištu. Za spriječavanje zvučnih mostova potrebno je posebnu pažnju posvetiti razvodu instalacija unutar ovih pregrada.

Unutarnji podovi oznake P1 i P2

Podna konstrukcija je puna armirano betonska ploča debljine 16 cm. Sve podne konstrukcije predviđene su sa izvedbom „plivajućeg“ poda na elastičnom sloju od elastificiranog ekspandiranog polistirena ili sl. materijala. Završna obrada podova podne konstrukcije ovisna je o namjeni prostora.

Prozirne konstrukcije

Prozori, te ostakljene stijene s vratima predviđeni su kao PVC stolarija s prekidom termičkog mosta, te ostakljenjem izolirajućim staklom – dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloge), s maksimalnim koeficijentom prolaza topline Umax = 1,70 W/m2K i vanjskim elementima za zaštitu od Sunca (rolete, grilje), uz navedeno, dio ostakljenih konstrukcija zaklonjen je nadstrešnicom.

Kod odabira prozora potrebno je naglasiti da osim koeficijenta prolaza topline potrebno je voditi računa i o ostalim geometrijskim karakteristikama koje određuju staklo:ukupna svjetlost (prolaz svjetlosti, refleksija svetlosti) i ukupna energija (prolaz energije i refleksija energije).

Napomena: u proračun se ušlo sa koeficijentom prolaska topline U = 1,40 W/m2K za sve vanjske otvore, važno je istaknuti da koeficijent U (W/m2K) ovisi o dimenzijama otvora tako da će veći otvori imati i niži odnosno bolji koeficijent prolaska topline u odnosu na otvor manjih dimenzija.

Pozicije zidova i podova predmetne građevine mogu se jasno vidjeti u prilogu 14 i 15

**Klimatološki podaci lokacije objekta:**

**Lokacija:** Split
**Referentna postaja:** Split Marjan

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

| | **Tlak vodene pare (Pa)** | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | 680 | 690 | 790 | 960 | 1280 | 1550 | 1620 | 1640 | 1510 | 1220 | 970 | 750 | 1140 |

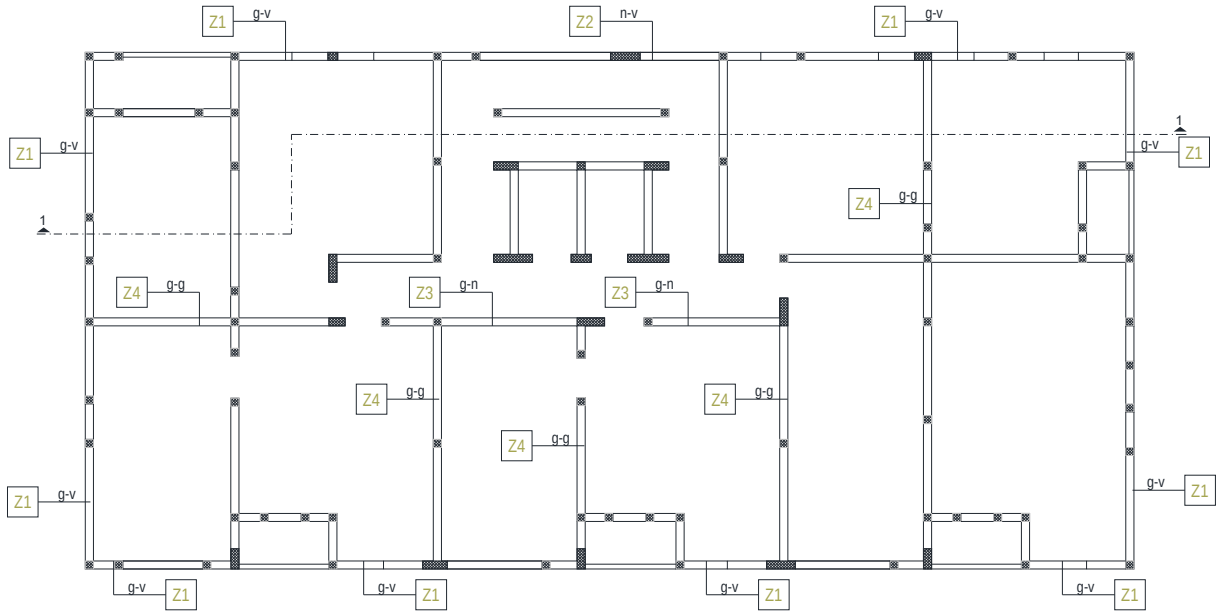
| | **Relativna vlažnost zraka (%)** | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | 61 | 58 | 60 | 60 | 56 | 54 | 49 | 52 | 59 | 63 | 65 | 61 | 58 |

| | **Brzina vietra (m/s)** | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m | 3,5 | 5 | 4,7 | 4,2 | 3,5 | 3 | 3,1 | 3 | 3,3 | 3,9 | 4,7 | 4,7 | 4 |

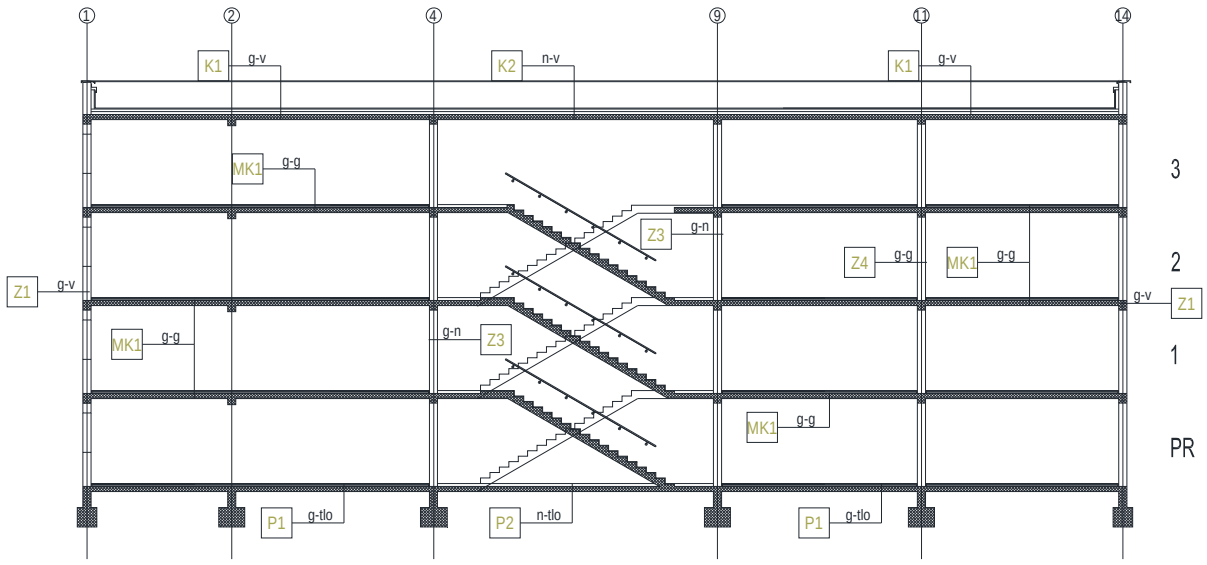
| | **Broj dana grijanja** | | |
|---|---|---|---|
| | Temperatura vanjskog zraka | < 10 ° C | 83,1 |
| | | < 12 ° C | 121,6 |
| | | < 15 ° C | 168,4 |

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

Tablica 5.1. Globalno sunčevo zračenje po mjesecima




Slika 5.1. Tlocrt karakterističnog kata s oznakama građevinskih dijelova




Slika 5.2. Karakteristični presjek s oznakama građevinskih dijelova

## 5.2. Zona 1 – višestambena zgrada

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

### 5.2.1. Geometrijske karakteristike zgrade

| Potrebni podaci | Zona 1 |
|---|---|
| Oplošje grijanog dijela zgrade – A [$m^2$] | 2351,43 |
| Obujam grijanog dijela zgrade – $V_e$ [$m^3$] | 4957,85 |
| Obujam grijanog zraka – V [$m^3$] | 3966,28 |
| Faktor oblika zgrade - $f_0$ [$m^{-1}$] | 0,47 |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – $A_K$ [$m^2$] | 1573,92 |
| Ukupna ploština pročelja – $A_{uk}$ [$m^2$] | 1686,12 |
| Ukupna ploština prozora – $A_{wuk}$ [$m^2$] | 211,84 |

### 5.2.2. Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/$m^3$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,000 | 0,420 | 6,00 | 1,50 | 900,00 |
| 3 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 4 | Mineralna vuna (MW) | 6,000 | 0,034 | 1,00 | 0,06 | 25,00 |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 6 | Impregnacijski predpremaz | 0,100 | 1,600 | 30,00 | 0,03 | 1100,00 |
| 7 | Silikatna žbuka | 0,200 | 0,900 | 60,00 | 0,12 | 1800,00 |
| Definirane ploštine [$m^2$]: | | | | Istok | 179,62 | |
| | | | | Sjever | 299,70 | |
| | | | | Zapad | 194,14 | |
| | | | | Jug | 319,62 | |

Vanjski zidovi 2 – Z3 n-v

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/$m^3$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,000 | 0,420 | 6,00 | 1,50 | 900,00 |
| 3 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 4 | Mineralna vuna (MW) | 6,000 | 0,034 | 1,00 | 0,06 | 25,00 |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 6 | Impregnacijski predpremaz | 0,100 | 1,600 | 30,00 | 0,03 | 1100,00 |
| 7 | Silikatna žbuka | 0,200 | 0,900 | 60,00 | 0,12 | 1800,00 |
| Definirane ploštine [$m^2$]: | | | | Sjever | 11,01 | |

Zidovi prema ne grijanom prostoru 1 – Z2 g-n

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,000 | 0,480 | 10,00 | 2,50 | 1100,00 |
| 3 | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK BOARD | 4,000 | 0,037 | 1,10 | 0,04 | 16,00 |
| 4 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 5 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 359,71 | |

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

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,000 | 0,480 | 10,00 | 2,50 | 1100,00 |
| 3 | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK BOARD | 4,000 | 0,037 | 1,10 | 0,04 | 16,00 |
| 4 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 0,900 | 14,00 | 0,07 | 1650,00 |
| 5 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1,000 | 20,00 | 0,40 | 1800,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 356,70 | |

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

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 5,000 | 1,600 | 50,00 | 2,50 | 2000,00 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 35 parna | 0,020 | 0,500 | 205000,00 | 20,00 | 500,00 |
| 3 | Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT | 5,000 | 0,036 | 1,10 | 0,06 | 130,00 |
| 4 | Knauf Insulation LDS 35 parna | 0,020 | 0,500 | 205000,00 | 20,00 | 500,00 |
| 5 | Armirani beton | 17,000 | 2,600 | 110,00 | 18,70 | 2500,00 |
| 6 | Cementna žbuka | 1,500 | 1,600 | 30,00 | 0,45 | 2000,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 393,48 | |

Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 6,000 | 1,600 | 50,00 | 3,00 | 2000,00 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 100 parna | 0,020 | 0,500 | 350000,00 | 20,00 | 450,00 |
| 3 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 8,000 | 0,036 | 140,00 | 11,20 | 37,50 |
| 4 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 5 | Bitum. traka s uloškom stakl. voala | 1,000 | 0,230 | 50000,00 | 500,00 | 1100,00 |
| 6 | Beton | 15,000 | 2,000 | 100,00 | 15,00 | 2400,00 |
| 7 | Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,000 | 0,810 | 3,00 | 0,90 | 1700,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 393,48 | |

Podovi na tlu 2 – P2 n-tlo

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 6,000 | 1,600 | 50,00 | 3,00 | 2000,00 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 100 parna | 0,020 | 0,500 | 350000,00 | 20,00 | 450,00 |
| 3 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 8,000 | 0,036 | 140,00 | 11,20 | 37,50 |
| 4 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 5 | Bitum. traka s uloškom stakl. voala | 1,000 | 0,230 | 50000,00 | 500,00 | 1100,00 |
| 6 | Beton | 15,000 | 2,000 | 100,00 | 15,00 | 2400,00 |
| 7 | Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,000 | 0,810 | 3,00 | 0,90 | 1700,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 76,71 | |

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 1 - K1 g-v

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementna žbuka | 1,500 | 1,600 | 30,00 | 0,45 | 2000,00 |
| 2 | Armirani beton | 17,000 | 2,600 | 110,00 | 18,70 | 2500,00 |
| 3 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,300 | 0,230 | 50000,00 | 150,00 | 1100,00 |
| 4 | Aluminijska folija 0,05 mm | 0,001 | 160,000 | 30000000,00 | 1,00 | 2800,00 |
| 5 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,300 | 0,230 | 50000,00 | 150,00 | 1100,00 |
| 6 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 7 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 15,000 | 0,036 | 140,00 | 21,00 | 37,50 |
| 8 | Geotekstil 500 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 9 | Tvrda guma (ebonit), kruta | 1,500 | 0,170 | 1000000,00 | 1.500,00 | 1200,00 |
| 10 | Beton | 3,000 | 2,000 | 100,00 | 3,00 | 2400,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 393,48 | |

Ravni krovovi iznad grijanog prostora 2 – K2 n-v

| R.b. | Materijal | d [cm] | λ [W/mK] | μ [ - ] | sd [m] | ρ [kg/m $^3$ ] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementna žbuka | 1,500 | 1,600 | 30,00 | 0,45 | 2000,00 |
| 2 | Armirani beton | 17,000 | 2,600 | 110,00 | 18,70 | 2500,00 |
| 3 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,300 | 0,230 | 50000,00 | 150,00 | 1100,00 |
| 4 | Aluminijska folija 0,05 mm | 0,001 | 160,000 | 30000000,00 | 1,00 | 2800,00 |
| 5 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,300 | 0,230 | 50000,00 | 150,00 | 1100,00 |
| 6 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 7 | Ekstrudirana polistir. pjena | 15,000 | 0,036 | 140,00 | 21,00 | 37,50 |
| 8 | Geotekstil 500 g/m2 | 0,020 | 0,200 | 1000,00 | 0,20 | 900,00 |
| 9 | Tvrda guma (ebonit), kruta | 1,500 | 0,170 | 1000000,00 | 1.500,00 | 1200,00 |
| 10 | Beton | 3,000 | 2,000 | 100,00 | 3,00 | 2400,00 |
| Definirana ploština [m $^2$ ]: | | | | | 76,71 | |

### 5.2.3. Otvori ( prozori i neprozirni elementi) zgrade

| Naziv otvora | Uw [W/m $^2$ K] | Orijentacija | Aw [m $^2$ ] | n |
|---|---|---|---|---|
| P 100 x120 g-v | 1,40 | Istok | 1,20 | 8,00 |
| | 1,40 | Zapad | 1,20 | 8,00 |
| P 120 x120 g-v | 1,40 | Jug | 1,44 | 20,00 |
| P 140 x120 g-v | 1,40 | Jug | 1,68 | 8,00 |
| P 100 x120 g-v S | 1,40 | Sjever | 1,20 | 24,00 |
| P 400 x 240 n-v S | 1,40 | Sjever | 9,60 | 4,00 |
| V 80 x 220 g-v | 1,40 | Jug | 1,76 | 12,00 |
| V 100 x 220 g-v | 1,40 | Jug | 2,20 | 12,00 |
| V 160 x 220 g-v | 1,40 | Istok | 3,52 | 4,00 |
| V 180 x 220 g-n S | 1,40 | Sjever | 3,96 | 4,00 |
| Vst 100 x 220 g-n | 1,40 | Sjever | 2,20 | 20,00 |
| Vul 240 x 240 n-v S | 1,40 | Sjever | 5,76 | 1,00 |

### 5.2.4. Zaštita od prekomjernog Sunčevog zračenja (ljetni period)

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

| Naziv prostorije | Orijentacija | A [m $^2$ ] | A $_g$ [m $^2$ ] | f | g $_{tot}$ f | max | Zadovoljava |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| soba 1 | Jug | 13,24 | 2,30 | 0,17 | 0,03 | 0,20 | Da |

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

| Naziv prostorije | Naziv otvora | fc | A $_g$ [m $^2$ ] | g $\perp$ | n |
|---|---|---|---|---|---|
| soba 1 | P 120 x120 g-v | 0,30 | 1,15 | 0,60 | 2 |

### 5.2.5. Sustav grijanja i energent za grijanje

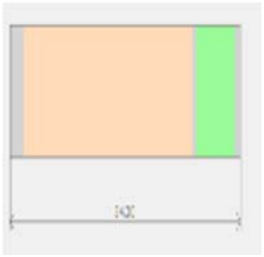
| | |
|---|---|
| Sustav grijanja: | Lokalno |
| Vrijeme rada sustava: | Sustavi s prekidom rada noću |
| Udio vremena s definiranom unutarnjom temperaturom – f $_{H,hr}$ (režim rada termotehničkog sustava za grijanje): | 0,71 |
| Omjer dana u tjednu s definiranom unutarnjom temperaturom (za hlađenje)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

## 5.3. Proračun građevnih dijelova zgrade

| Naziv građevnog dijela | A [m $^2$ ] | U [W/m $^2$ K] | U $_{max}$ [W/m $^2$ K] |
|---|---|---|---|
| Z1 g-v | 993,08 | 0,39 | 0,45 |
| Z3 n-v | 11,01 | 0,39 | 0,45 |
| Z2 g-n | 359,71 | 0,52 | 0,60 |
| Z4 g-g | 356,70 | 0,52 | 0,80 |
| Mk1 g-g | 393,48 | 0,57 | 0,80 |
| P1 g-tlo | 393,48 | 0,40 | 0,50 |
| P2 n-tlo | 76,71 | 0,40 | 0,50 |
| K1 g-v | 393,48 | 0,30 | 0,30 |
| K2 n-v | 76,71 | 0,30 | 0,30 |

U nastavku je prikazan tablični proračuna pojedinog građevinskog elementa:

Vanjski zidovi 1 - Z1 g-v



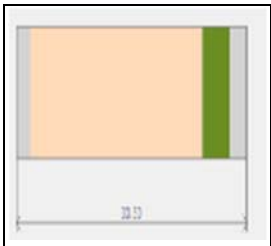
| A $_{gd}$ [m $^2$ ] | A $_I$ | A $_Z$ | A $_S$ | A $_J$ | A $_{SI}$ | A $_{SZ}$ | A $_{JI}$ | A $_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 993,08 | 179,62 | 194,14 | 299,70 | 319,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/m $^2$ K] = 0,39 ≤ 0,45 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni φ $_{Si}$ ≤ 0,8) | fRsi = 0,39 ≤ 0,90 | ZADOVOLJAVA |
| **Unutarnja kondenzacija:** | ΣM $_{a,god}$ = 0,00 | ZADOVOLJAVA |
| **Dinamičke karakteristike:** | 283,70 ≥ 100 kg/m $^2$<br>U = 0,39 ≤ 0,45 | ZADOVOLJAVA |

| | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka | d[cm] | ρ[kg/m $^3$ ] | λ[W/mK] | R[m $^2$ K/W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,0 | 1800,0 | 1,00 | 0,020 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,0 | 900,0 | 0,42 | 0,595 |
| 3 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,5 | 1650,0 | 0,90 | 0,006 |
| 4 | Mineralna vuna (MW) | 6,0 | 25,0 | 0,034 | 1,765 |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,5 | 1650,0 | 0,900 | 0,006 |
| 6 | Impregnacijski predpremaz | 0,1 | 1100,0 | 1,600 | 0,001 |
| 7 | Silikatna žbuka | 0,2 | 1800,0 | 0,900 | 0,002 |
| | | | | | R $_{si}$ = 0,130 |
| | | | | | R $_{se}$ = 0,040 |
| | | | | | **R $_T$ = 2,564** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m $^2$ K] = 0,39** | U = 0,39 ≤ U $_{max}$ = 0,45 | ZADOVOLJAVA |
| Plošna masa građevnog dijela **283,70 [kg/m2]** | 283,70 ≥ 100 kg/m $^2$<br>U = 0,39 ≤ 0,45 | ZADOVOLJAVA |

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

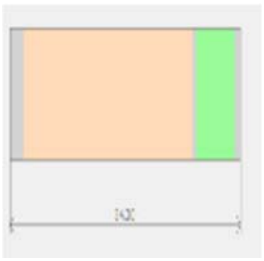


| $A_{gd}$ [$m^2$] | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 359,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [$W/m^2 K$] = 0,52 ≤ 0,60 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si} \leq 0,8$) | fRsi = 0,39 ≤ 0,87 | ZADOVOLJAVA |
| **Unutarnja kondenzacija:** | $\Sigma M_{a,god}$ = 0,00 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[$kg/m^3$]** | **λ[W/mK]** | **R[$m^2 K/W$]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1800,00 | 1,000 | 0,020 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,000 | 1100,00 | 0,480 | 0,521 |
| 3 | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 4,000 | 16,00 | 0,037 | 1,081 |
| 4 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,500 | 1650,00 | 0,900 | 0,006 |
| 5 | Vapneno-cementna žbuka | 2,000 | 1800,00 | 1,000 | 0,020 |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,130 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,130 |
| | | | | | $R_T$ = 1,907 |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,52** | | | $U = 0,52 \leq U_{max} = 0,60$ | | ZADOVOLJAVA |

## Vanjski zidovi 2 – Z3 g-v

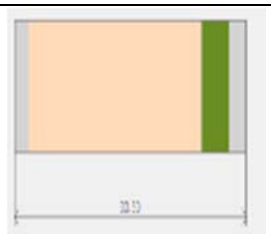


| $A_{gd}$ [$m^2$] | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11,01 | 0,00 | 0,00 | 11,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [$W/m^2 K$] = 0,39 ≤ 0,45 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si} \leq 0,8$) | fRsi = 0,39 ≤ 0,90 | ZADOVOLJAVA |
| **Unutarnja kondenzacija:** | $\Sigma M_{a,god}$ = 0,00 | ZADOVOLJAVA |
| **Dinamičke karakteristike:** | 283,70 ≥ 100 $kg/m^2$<br>U = 0,39 ≤ 0,45 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[$kg/m^3$]** | **λ[W/mK]** | **R[$m^2 K/W$]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,0 | 1800,0 | 1,000 | 0,020 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,0 | 900,0 | 0,420 | 0,595 |
| 3 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,5 | 1650,0 | 0,900 | 0,006 |
| 4 | Mineralna vuna (MW) | 6,0 | 25,0 | 0,034 | 1,765 |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,5 | 1650,0 | 0,900 | 0,006 |
| 6 | Impregnacijski predpremaz | 0,1 | 1100,0 | 1,600 | 0,001 |
| 7 | Silikatna žbuka | 0,2 | 1800,0 | 0,900 | 0,002 |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,130 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,040 |
| | | | | | **$R_T$ = 2,564** |
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [$W/m^2 K$] = 0,39** | | | $U = 0,39 \leq U_{max} = 0,45$ | | ZADOVOLJAVA |
| Plošna masa građevnog dijela **283,70 [kg/m2]** | | | 283,70 ≥ 100 $kg/m^2$<br>U = 0,39 ≤ 0,45 | | ZADOVOLJAVA |

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



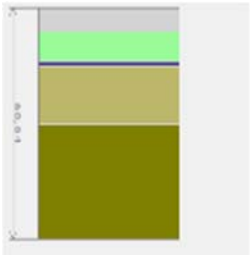
| $A_{gd}$ [m$^2$] | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 356,70 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/m$^2$ K] = 0,52 ≤ 0,80 | ZADOVOLJAVA |

| | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka | d[cm] | ρ[kg/m$^3$] | λ[W/mK] | R[m$^2$ K/W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2,0 | 1800,0 | 1,000 | 0,020 |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25,0 | 1100,0 | 0,480 | 0,521 |
| 3 | Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK | 4,0 | 16,0 | 0,037 | 1,081 |
| 4 | Polimerno-cementno ljepilo | 0,5 | 1650,0 | 0,900 | 0,006 |
| 5 | Vapneno-cementna žbuka | 2,0 | 1800,0 | 1,000 | 0,020 |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,130 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,130 |
| | | | | | **$R_T$ = 1,907** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m$^2$ K] = 0,52** | U = 0,52 ≤ $U_{max}$ = 0,80 | ZADOVOLJAVA |

## Podovi na tlu 1 - P1 g-tlo



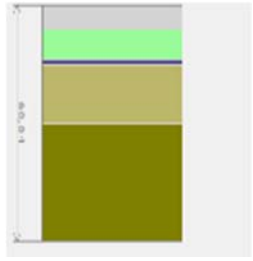
| $A_{gd}$ [m$^2$] | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 393,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/m$^2$ K] = 0,40 ≤ 0,50 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si}$ ≤ 0,8) | fRsi = 0,00 ≤ 0,90 | ZADOVOLJAVA |

| | Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka | d[cm] | ρ[kg/m$^3$] | λ[W/mK] | R[m$^2$ K/W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 6,0 | 2000,0 | 1,600 | 0,038 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 100 parna brana | 0,02 | 450,0 | 0,500 | 0,000 |
| 3 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 8,0 | 37,5 | 0,036 | 2,222 |
| 4 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | 0,001 |
| 5 | Bitum. traka s uloškom stakl. voala | 1,0 | 1100,0 | 0,230 | 0,043 |
| 6 | Beton | 15,0 | 2400,0 | 2,000 | - |
| 7 | Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,0 | 1700,0 | 0,810 | - |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,170 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,000 |
| | | | | | **$R_T$ = 2,475** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m$^2$ K] = 0,40** | U = 0,40 ≤ $U_{max}$ = 0,50 | ZADOVOLJAVA |

Podovi na tlu 2 - P2 n-tlo



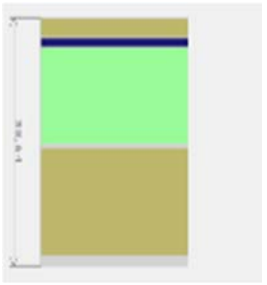
| $A_{gd}$ [m | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/m $^2$ K] = 0,40 ≤ 0,50 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si} \leq 0,8$) | fRsi = 0,00 ≤ 0,90 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[kg/m $^3$ ]** | **λ[W/mK]** | **R[m $^2$ K/W]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 6,0 | 2000,0 | 1,600 | 0,038 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 100 parna brana | 0,02 | 450,0 | 0,500 | 0,000 |
| 3 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 8,0 | 37,5 | 0,036 | 2,222 |
| 4 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | 0,001 |
| 5 | Bitum. traka s uloškom stakl. voala | 1,0 | 1100,0 | 0,230 | 0,043 |
| 6 | Beton | 15,0 | 2400,0 | 2,000 | - |
| 7 | Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) | 30,0 | 1700,0 | 0,810 | - |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,170 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,000 |
| | | | | | **$R_T$ = 2,475** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m $^2$ K] = 0,40** | U = 0,40 ≤ $U_{max}$ = 0,50 | ZADOVOLJAVA |

Ravni krovovi iznad



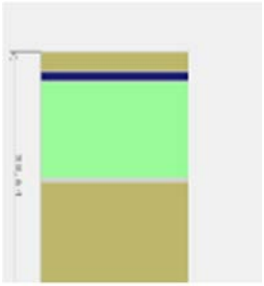
| $A_{gd}$ [m $^2$ | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 393,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/m $^2$ K] = 0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si} \leq 0,8$) | fRsi = 0,39 ≤ 0,93 | ZADOVOLJAVA |
| **Unutarnja kondenzacija:** | $\Sigma M_{a,god}$ = 0,00 | ZADOVOLJAVA |
| **Dinamičke karakteristike:** | 557,61 ≥ 100 kg/m $^2$<br>U = 0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[kg/m $^3$ ]** | **λ[W/mK]** | **R[m $^2$ K/W]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementna žbuka | 1,5 | 2000,0 | 1,600 | 0,009 |
| 2 | Armirani beton | 17,0 | 2500,0 | 2,600 | 0,065 |
| 3 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,3 | 1100,0 | 0,230 | 0,013 |
| 4 | Aluminijska folija 0,05 mm | 0,001 | 2800,0 | 160,000 | 0,000 |
| 5 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,3 | 1100,0 | 0,230 | 0,013 |
| 6 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | 0,001 |
| 7 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 15,0 | 37,5 | 0,036 | 4,167 |
| 8 | Geotekstil 500 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | - |
| 9 | Tvrda guma (ebonit), kruta | 1,5 | 1200,0 | 0,170 | - |
| 10 | Beton | 3,0 | 2400,0 | 2,000 | - |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,100 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,040 |
| | | | | | **$R_T$ = 4,409** |
| | | | | | **ΔU = 0,069** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/m $^2$ K] = 0,30** | U = 0,30 ≤ $U_{max}$ = 0,30 | ZADOVOLJAVA |
| Plošna masa građevnog dijela **557,61 [kg/m2]** | 557,61 ≥ 100 kg/m $^2$<br>U =0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |

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



| $A_{gd}$ [$m^2$] | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/$m^2$ K] = 0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |
| **Površinska vlažnost:** (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{Si} \leq 0,8$) | fRsi = 0,57 ≤ 0,93 | ZADOVOLJAVA |
| **Unutarnja kondenzacija:** | $\Sigma M_{a,god}$ = 0,00 | ZADOVOLJAVA |
| **Dinamičke karakteristike:** | 557,61 ≥ 100 kg/$m^2$<br>U = 0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[kg/$m^3$]** | **λ[W/mK]** | **R[$m^2$ K/W]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementna žbuka | 1,5 | 2000,0 | 1,600 | 0,009 |
| 2 | Armirani beton | 17,0 | 2500,0 | 2,600 | 0,065 |
| 3 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,30 | 1100,0 | 0,230 | 0,013 |
| 4 | Aluminijska folija 0,05 mm | 0,001 | 2800,0 | 160,000 | 0,000 |
| 5 | Bitumenska ljepenka (traka) | 0,3 | 1100,0 | 0,230 | 0,013 |
| 6 | Geotekstil 150-200 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | 0,001 |
| 7 | Ekstrudirana polistir. pjena (XPS) | 15,0 | 37,5 | 0,036 | 4,167 |
| 8 | Geotekstil 500 g/m2 | 0,02 | 900,0 | 0,200 | - |
| 9 | Tvrda guma (ebonit), kruta | 1,50 | 1200,0 | 0,170 | - |
| 10 | Beton | 3,0 | 2400,0 | 2,000 | - |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,100 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,040 |
| | | | | | **$R_T$ = 4,409** |
| | | | | | **ΔU = 0,069** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/$m^2$ K] = 0,30** | U = 0,30 ≤ $U_{max}$ = 0,30 | ZADOVOLJAVA |
| Plošna masa građevnog dijela **557,61 [kg/m2]** | 557,61 ≥ 100 kg/$m^2$<br>U = 0,30 ≤ 0,30 | ZADOVOLJAVA |

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

| $A_{gd}$ [m | $A_I$ | $A_Z$ | $A_S$ | $A_J$ | $A_{SI}$ | $A_{SZ}$ | $A_{JI}$ | $A_{JZ}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 393,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| | | |
|---|---|---|
| **Toplinska zaštita:** | U [W/$m^2$ K] = 0,57 ≤ 0,80 | ZADOVOLJAVA |

| | **Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka** | **d[cm]** | **ρ[kg/$m^3$]** | **λ[W/mK]** | **R[$m^2$ K/W]** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Cementni estrih | 5,0 | 2000,0 | 1,600 | 0,031 |
| 2 | Knauf Insulation LDS 35 parna brana | 0,02 | 500,0 | 0,500 | 0,000 |
| 3 | Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT | 5,0 | 130,0 | 0,036 | 1,389 |
| 4 | Knauf Insulation LDS 35 parna brana | 0,02 | 500,0 | 0,500 | 0,000 |
| 5 | Armirani beton | 17,0 | 2500,0 | 2,600 | 0,065 |
| 6 | Cementna žbuka | 1,5 | 2000,0 | 1,600 | 0,009 |
| | | | | | $R_{si}$ = 0,170 |
| | | | | | $R_{se}$ = 0,100 |
| | | | | | **$R_T$ = 1,766** |

| | | |
|---|---|---|
| U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s **U [W/$m^2$ K] = 0,57** | U = 0,57 ≤ $U_{max}$ = 0,80 | ZADOVOLJAVA |

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

| Istok | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Naziv** | **M.o.** | **N.p.** [°] | **$F_{hor}$** | **$F_{ov}$** | **$F_{Fin}$** | **$F_{sh,ob}$** | **$g_{\perp}$** | **$F_{sh,gl}$** | **$A_{Sol}$** [$m^2$] | **$A_f$** [$m^2$] | **$A_g$** [$m^2$] | **$A_w$** [$m^2$] | **n** | **$U_w$** [$W/m^2K$] |
| P 100 x120 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,35 | 0,24 | 0,96 | 1,20 | 8,00 | 1,40 |
| V 160 x 220 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 1,02 | 0,70 | 2,82 | 3,52 | 4,00 | 1,40 |

| Zapad | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Naziv** | **M.o.** | **N.p.** [°] | **$F_{hor}$** | **$F_{ov}$** | **$F_{Fin}$** | **$F_{sh,ob}$** | **$g_{\perp}$** | **$F_{sh,gl}$** | **$A_{Sol}$** [$m^2$] | **$A_f$** [$m^2$] | **$A_g$** [$m^2$] | **$A_w$** [$m^2$] | **n** | **$U_w$** [$W/m^2K$] |
| P 100 x120 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,35 | 0,24 | 0,96 | 1,20 | 8,00 | 1,40 |

| Jug | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Naziv** | **M.o.** | **N.p.** [°] | **$F_{hor}$** | **$F_{ov}$** | **$F_{Fin}$** | **$F_{sh,ob}$** | **$g_{\perp}$** | **$F_{sh,gl}$** | **$A_{Sol}$** [$m^2$] | **$A_f$** [$m^2$] | **$A_g$** [$m^2$] | **$A_w$** [$m^2$] | **n** | **$U_w$** [$W/m^2K$] |
| P 120 x120 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,38 | 0,29 | 1,15 | 1,44 | 20,00 | 1,40 |
| P 140 x120 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,44 | 0,34 | 1,34 | 1,68 | 8,00 | 1,40 |
| V 80 x 220 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,46 | 0,35 | 1,41 | 1,76 | 12,00 | 1,40 |
| V 100 x 220 g-v | P | 90 (1) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,60 | 0,30 | 0,58 | 0,44 | 1,76 | 2,20 | 12,00 | 1,40 |

| **Naziv** | **M.i.** | **M.o.** | **$A_f$** [$m^2$] | **$A_g$** [$m^2$] | **$A_w$** [$m^2$] | **n** | **$U_w$** [$W/m^2K$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P 100 x120 g-v S | | P | 0,24 | 0,96 | 1,20 | 24,00 | 1,40 |
| Vst 100 x 220 g-n | | D | 0,44 | 1,76 | 2,20 | 20,00 | 1,40 |
| P 400 x 240 n-v S | | P | 1,92 | 7,68 | 9,60 | 4,00 | 1,40 |
| Vul 240 x 240 n-v S | | P | 1,15 | 4,61 | 5,76 | 1,00 | 1,40 |
| V 180 x 220 g-n S | | P | 0,79 | 3,17 | 3,96 | 4,00 | 1,40 |

## 5.5. 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 $W/(m^2K)$, tada se može umjesto točnog proračuna, utjecaj toplinskih mostova uzeti u obzir povećanjem U, svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za UTM=0,05 $W/(m^2K)$.

## 5.6. Koeficijenti transmisijskih gubitaka

| **Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka** | |
|---|---|
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, $H_D$ [W/K] | 901,160 |
| Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K] | 158,565 |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, $H_U$ [W/K] | 126,664 |
| Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, $H_A$ [W/K] | 0,000 |
| **Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, $H_{Tr}$ [W/K]** | 1186,388 |

### 5.6.1. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun $H_D$

| Naziv građevnog dijela | **(U + 0,05) · A** |
|---|---|
| Z1 g-v | 436,985 |
| Z3 n-v | 4,845 |
| K1 g-v | 136,201 |
| K2 n-v | 26,553 |

### 5.6.2. Gubici topline kroz vanjske otvore

Definirani otvori na vanjskom omotaču zgrade:

| Naziv otvora | n | $A_w$ | $U_w$ | $H_D$ |
|---|---|---|---|---|
| P 100 x120 g-v | 16,00 | 1,20 | 1,40 | 26,88 |
| P 120 x120 g-v | 20,00 | 1,44 | 1,40 | 40,32 |
| P 140 x120 g-v | 8,00 | 1,68 | 1,40 | 18,82 |
| P 100 x120 g-v S | 24,00 | 1,20 | 1,40 | 40,32 |
| V 80 x 220 g-v | 12,00 | 1,76 | 1,40 | 29,57 |
| V 100 x 220 g-v | 12,00 | 2,20 | 1,40 | 36,96 |
| V 160 x 220 g-v | 4,00 | 3,52 | 1,40 | 19,71 |
| Vst 100 x 220 g-n | 20,00 | 2,20 | 1,40 | 61,60 |
| P 400 x 240 n-v S | 4,00 | 9,60 | 1,40 | 53,76 |
| Vul 240 x 240 n-v S | 1,00 | 5,76 | 1,40 | 8,06 |
| V 180 x 220 g-n S | 4,00 | 3,96 | 1,40 | 22,18 |

### 5.6.3. Tablični pregled definiranih gubitaka kroz tlo

| Gubitak | Tip građevnog dijela u odnosu na tlo | U [W/m $^2$ K] | Hg [W/K] |
|---|---|---|---|
| G1 | Podovi na tlu | 0,22 | 141,11 |
| G2 | Podovi na tlu | 0,16 | 17,46 |

| Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun grijanja, $H_{g,m,H}$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gubitak** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** |
| G1 | 68,40 | 63,69 | 72,75 | 125,20 | -2191,07 | -138,38 | -132,44 | -88,01 | -287,14 | 119,07 | 79,63 | 81,52 |
| G2 | 6,66 | 6,20 | 7,09 | 12,21 | -324,84 | -21,75 | -21,84 | -14,45 | -43,35 | 11,63 | 7,76 | 7,94 |

| Stacionarni koeficijenti transmisijske izmjene prema tlu po mjesecima za proračun hlađenja, $H_{g,m,C}$ | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gubitak** | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | **VI** | **VII** | **VIII** | **IX** | **X** | **XI** | **XII** |
| G1 | 50,75 | 48,06 | 51,35 | 67,64 | 243,45 | -533,77 | -662,22 | -185,81 | 757,02 | 60,99 | 53,31 | 57,00 |
| G2 | 4,94 | 4,68 | 5,00 | 6,60 | 36,09 | -83,88 | -109,20 | -30,51 | 114,28 | 5,96 | 5,20 | 5,55 |

### 5.6.4. Podovi na tlu

| Gubitak | A [m $^2$ ] | P [m] | B [m] | $d_t$ [m] | $R_f$ [m $^2$ K/W] | K.p. [W/mK] | ΔΨ [W/mK] | $U_0$ [W/m $^2$ K] | U [W/m $^2$ K] | d‘ [m] | R‘ [m] | $R_n$ [m $^2$ K/W] | $d_n$ [cm] | R.i. | D [m] | $\psi_g$ [W/mK] | $H_g$ [W/mK] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| G1 | 393,48 | 87,78 | 8,97 | 5,13 | 2,22 | 2,00 | 0,00 | 0,22 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | (A) | 0,00 | 0,60 | 141,11 |
| G2 | 76,71 | 8,50 | 18,05 | 5,13 | 2,22 | 2,00 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | (B) | 0,00 | 0,60 | 17,46 |

### 5.6.5. Gubici topline kroz negrijane prostore

| R.b. | G.g.d. | G.o. | Z. | V [m $^3$ ] | $n_{ue}$ | b | $H_U$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | (1) | (a) | * | 889,84 | 0,50 | 0,47 | 126,66 |

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

| Potrebni podaci | Oznaka | Vrijednost | Mjerna jedinica |
|---|---|---|---|
| Oplošje grijanog dijela zgrade | A | 2351,43 | [$m^2$] |
| Obujam grijanog dijela zgrade | $V_e$ | 4957,85 | [$m^3$] |
| Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11) | V | 3966,28 | [$m^3$] |
| Faktor oblika zgrade | $f_0$ | 0,47 | [$m^{-1}$] |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade | $A_K$ | 1573,92 | [$m^2$] |
| Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama | $A_f$ | 317,65 | [$m^2$] |
| Ukupna ploština pročelja | $A_{uk}$ | 1686,12 | [$m^2$] |
| Ukupna ploština prozora | $A_{wuk}$ | 211,84 | [$m^2$] |

### 5.5.1. Gubici topline kroz vanjske otvore

Uključivanje grijanja: Temperatura manja od 12 °C

a) Tansmisijski gubitci

| Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790 | |
|---|---|
| $H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$ | |
| $H_D$ - 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 | 1186,388 [W/K] |

b) gubitci provjetravanjem

| **Proračun protoka zraka** | |
|---|---|
| Referentna površina zone | A = 1573,92 [$m^2$] |
| Neto volumen zone | V = 3966,28 [$m^3$] |
| Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa | $n_{50}$ = 2,00 [$h^{-1}$] |
| Površina kanala | $A_{duct}$ = 0,00 [$m^2$] |
| Površina kanala smještenih unutar zone | $A_{indoorduct}$ = 0,00 [$m^2$] |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra | $e_{wind}$ = 0,03 [-] |
| Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra | $f_{wind}$ = 20,00 [-] |
| Dnevno vrijeme korištenja zone | $t_{Kor}$ = 15,00 [h] |
| Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije | $t_{v,mech}$ = 17,00 [h] |
| Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine | $V_A$ = 0,00 [$m^3/(hm^2)$] |
| Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka | $n_{req}$ = 0,50 [$h^{-1}$] |

c) Ukupni gubitci topline

| Način grijanja | |
|---|---|
| Sustavi s prekidom rada noću | $\theta_{int,set.H}$ = 20,00 [°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 | 18848,83 | 14194,07 | 1603,45 | 1616,78 |
| Veljača | 16844,95 | 12629,78 | 1597,04 | 1606,92 |
| Ožujak | 15383,69 | 10714,12 | 1590,54 | 1600,08 |
| Travanj | 10918,04 | 6446,02 | 1594,81 | 1625,32 |
| Svibanj | 5395,07 | 69,05 | 1726,53 | 464,04 |
| Lipanj | 386,45 | 0,00 | 5367,07 | 1546,32 |
| Srpanj | 0,00 | 0,00 | 1014,56 | 1498,10 |
| Kolovoz | 0,00 | 0,00 | 1569,38 | 1545,37 |
| Rujan | 4610,27 | 0,00 | 2276,68 | 1614,41 |
| Listopad | 7881,42 | 3151,39 | 1580,11 | 1566,37 |
| Studeni | 13008,57 | 8483,23 | 1598,30 | 1613,09 |
| Prosinac | 17854,44 | 13227,31 | 1611,05 | 1631,69 |

Godišnji gubici topline [kWh]

| | Toplinski gubici hlađenja | Toplinski gubici grijanja |
|---|---|---|
| Godišnje | 111131,73 | 68914,96 |

### *5.5.2. Toplinski dobitci*

a) Solarni dobitci

Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani pod točkom 5.4. ovoga elaborata. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 5.3. ovoga elaborata.

| Solarni toplinski dobici [kWh] | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Mjesec** | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| **$Q_{sol,k}$** | 1837 | 2146 | 2493 | 2928 | 1788 | 1833 | 1955 | 1939 | 1888 | 2816 | 1903 | 1761 |
| **$Q_{sol,u,l}$** | -6 | 0 | 6 | 12 | 19 | 23 | 24 | 18 | 11 | 3 | -4 | -7 |
| **$Q_{sol}$** | 1831 | 2146 | 2499 | 2940 | 1807 | 1856 | 1979 | 1957 | 1899 | 2819 | 1899 | 1754 |

b) Unutarnji dobitci topline

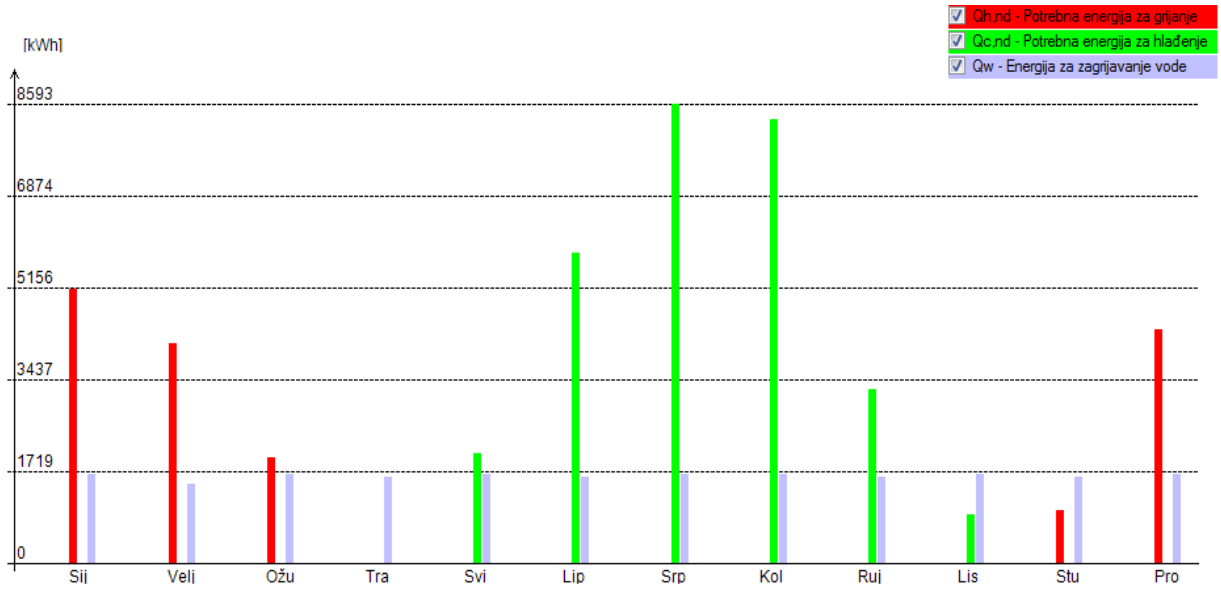
Mjesečni unutarnji dobici topline

| Mj | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Q** | 5.854,9 | 5.288,3 | 5.854,9 | 5.666,1 | 5.854,9 | 5.666,1 | 5.854,9 | 5.854,9 | 5.666,1 | 5.854,9 | 5.666,1 | 5.854,9 |

c) Ukupni dobitci topline

| Ukupni dobici topline | |
|---|---|
| Unutarnji dobici topline | $Q_{int}$ = 68.937,70 [kWh] |
| Solarni dobici topline | $Q_{sol}$ = 25.386,28 [kWh] |
| Ostali dobici topline | Q' = 0,00 [MJ] |

### 5.5.3. Proračun potrebne topline za grijanje i hlađenje




Slika 5.3. Potrošnja energije po mjesecima

### 5.5.4. 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 višu

| | |
|---|---|
| Oplošje grijanog dijela zgrade | $A = 2351,43$ [m $^2$ ] |
| Obujam grijanog dijela zgrade | $V_e = 4957,85$ [m $^3$ ] |
| Faktor oblika zgrade | $f_o = 0,47$ [m $^{-1}$ ] |
| Ploština korisne površine grijanog dijela | $A_k = 1573,92$ [m $^2$ ] |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje | $Q_{H,nd} = 16668,49$ [kWh/a] |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade) | $Q''_{H,nd} = 10,59$ (max = 31,66) [kWh/m$^2$a] |
| Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od 4.2m) | $Q'_{H,nd} =$ - (max = -) [kWh/m $^3$ a] |
| Godišnja potrebna energija za hlađenje | $Q_{C,nd} = 28967,24$ [kWh/a] |
| Ukupna isporučena energija | $E_{del} = 20330,44$ [kWh/a] |
| Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine | $E''_{del} = 12,92$ [kWh/m $^2$ a] |
| Ukupna primarna energija | $E_{prim} = 32813,33$ [kWh/a] |
| Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine | $E''_{prim} = 20,85$ (max = 90,00) [kWh/m $^2$ a] |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade | $H'_{tr,adj} = 0,50$ (max = 0,77) [W/m $^2$ K] |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka | $H_{tr,adj} = 1186,39$ [W/K] |

# ISKAZNICA ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE

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

| **OPIS ZGRADE** | |
|---|---|
| Naziv zgrade ili dijela zgrade | Višestambena |
| Vrsta zgrade | Višestambena |
| Namjena zgrade | Stambeni dio |
| Mjesec i godina izrade projekta | Travanj 2019. godine |
| Oplošje grijanog dijela zgrade $A$ ($m^2$) | 2351,43 |
| Obujam grijanog dijela zgrade $V_e$ ($m^3$) | 4957,85 |
| Faktor oblika zgrade $f_0$ ($m^{-1}$) | 0,47 |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade $A_K$ ($m^2$) | 1573,92 |
| 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] | 16668,49 | |
| Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m$^2$ a)] | *najveća dopuštena* | *izračunata* |
| | 31,66 | 10,59 |
| Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a] | 28967,24 | |
| Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m$^2$ a)] | *najveća dopuštena* | *izračunata* |
| | 50,00 | 18,40 |
| Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m$^2$ K)] | *najveći dopušteni* | *izračunati* |
| | 0,77 | 0,50 |

# 6. ZAKLJUČAK

Za zadani zidani objekt od blok opeke proveden je proračun, koristeći pravila za jednostavne zidane zgrade, s dobivenim vrijednostima reznih sila u računalnom programu SCIA Engineer 18.1. Proračun smo izvršili na način da smo pretpostavili debljinu nosivih zidova, te ih provjerili na vertikalno i potresno djelovanje .

Na temelju rezultata dobivenih proračunom možemo vidjeti da konstrukcija zadovoljava uvjete s gledišta nosivosti na vertikalno i horizontalno djelovanje, zahvaljujući poprilično simetričnom tlocrtu te dovoljnom udjelu nosivih zidova u dva okomita smjera .

Temelji su izvedeni kao temeljne trake s nadtemeljnim zidovima, a širina se određuje na temelju kontaktnih naprezanja koja se javljaju na plohi temelj-tlo koja su ograničena računskom nosivosti tla na taj način dobili smo ujednačena slijeganja temelja .

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

# *7. PRILOZI*

Prilog 1 – Tlocrt temelja M 1:100

Prilog 2 – Tlocrt prizemlja M 1:100

Prilog 3 – Tlocrt kata M 1:100

Prilog 4 – Presjek 1-1 M 1:100

Prilog 5 – Presjek 2-2 M 1:100

Prilog 6 – Sjeverno pročelje M 1:100

Prilog 7 – Južno pročelje M 1:100

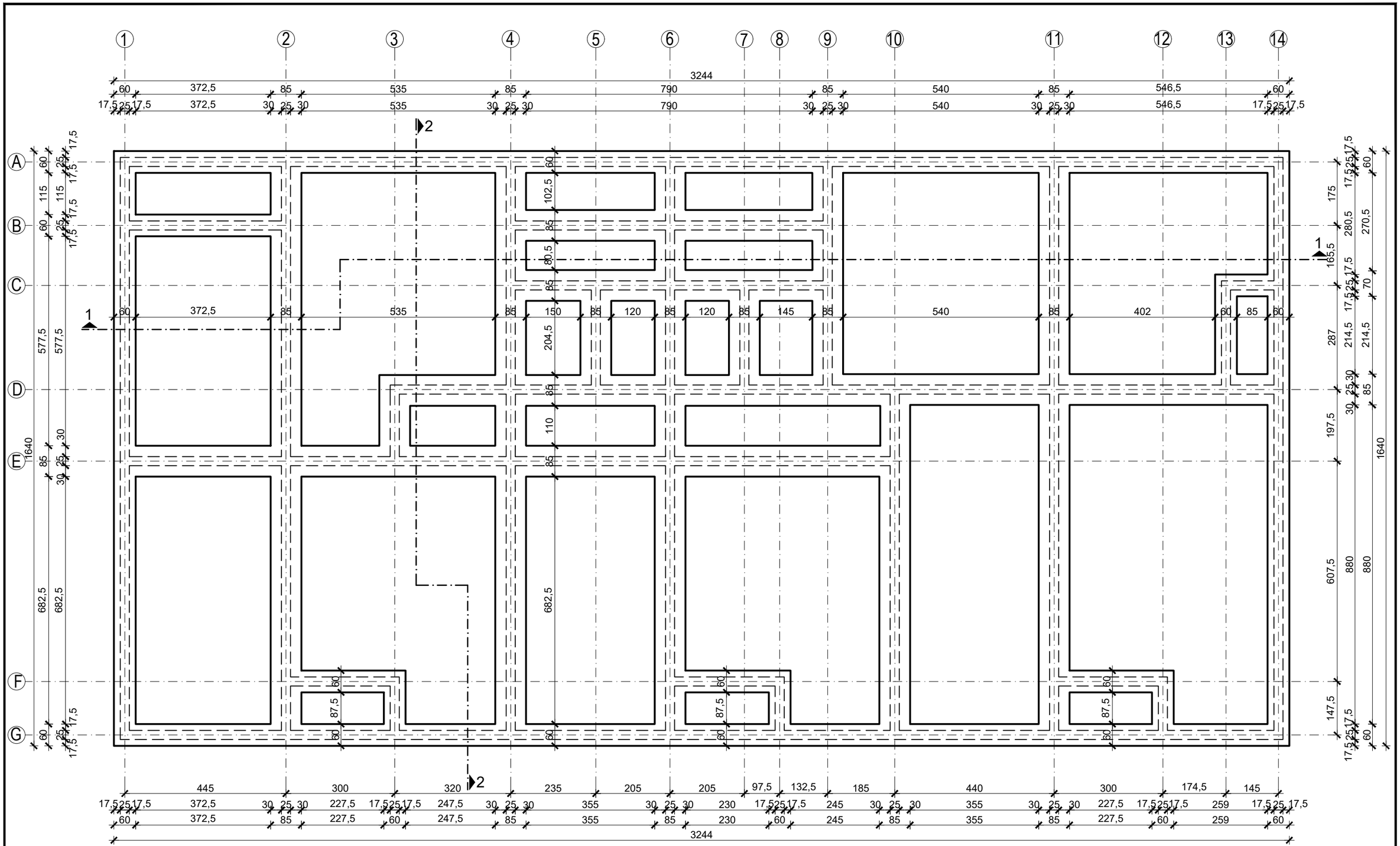
Prilog 8 – Istočno i zapadno pročelje M 1:100

Prilog 9 – Armatura ploče donja zona M 1:100

Prilog 10 – Armatura ploče gornja zona M 1:100

Prilog 11 – Presjek zida E10-G10 M 1:25

Prilog 12 – Uzdužni presjek zida E10-G10 M 1:25




# TLOCRT TEMELJA
M 1:100

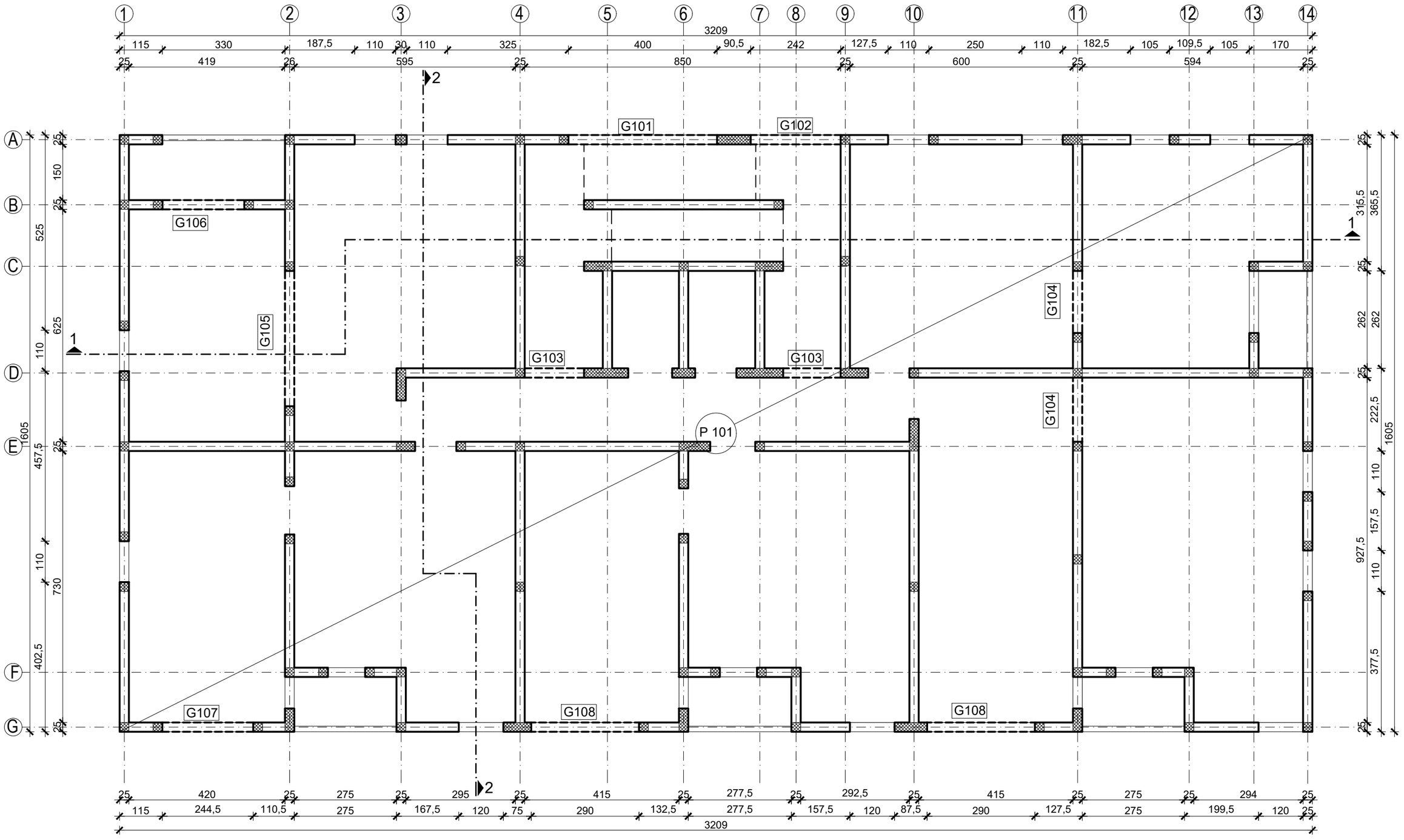
SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Tlocrt temelja | Prilog : | 1 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |




# TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100

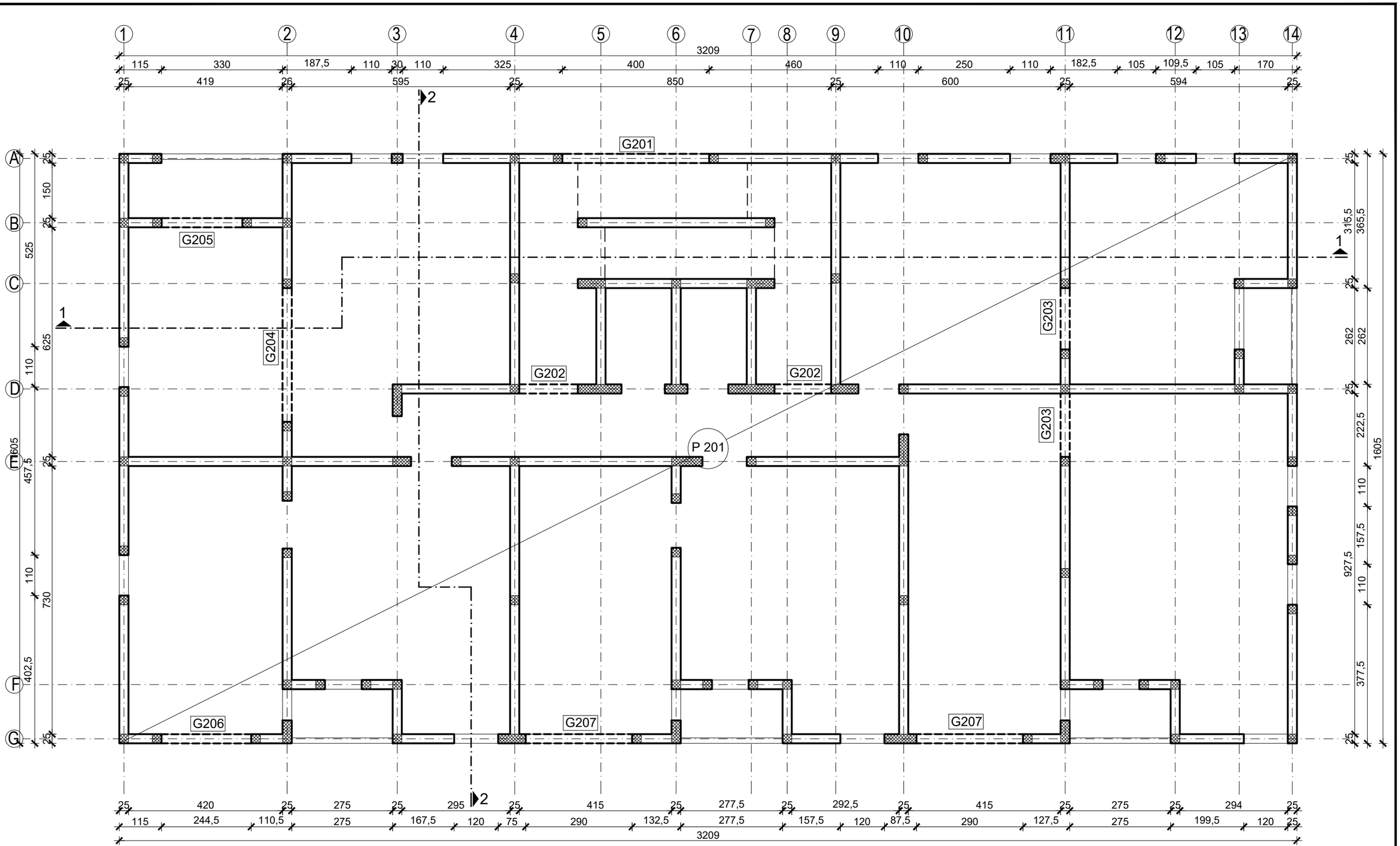
SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Tlocrt prizemlja | Prilog : | 2 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |




# TLOCRT KATA
M 1:100

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

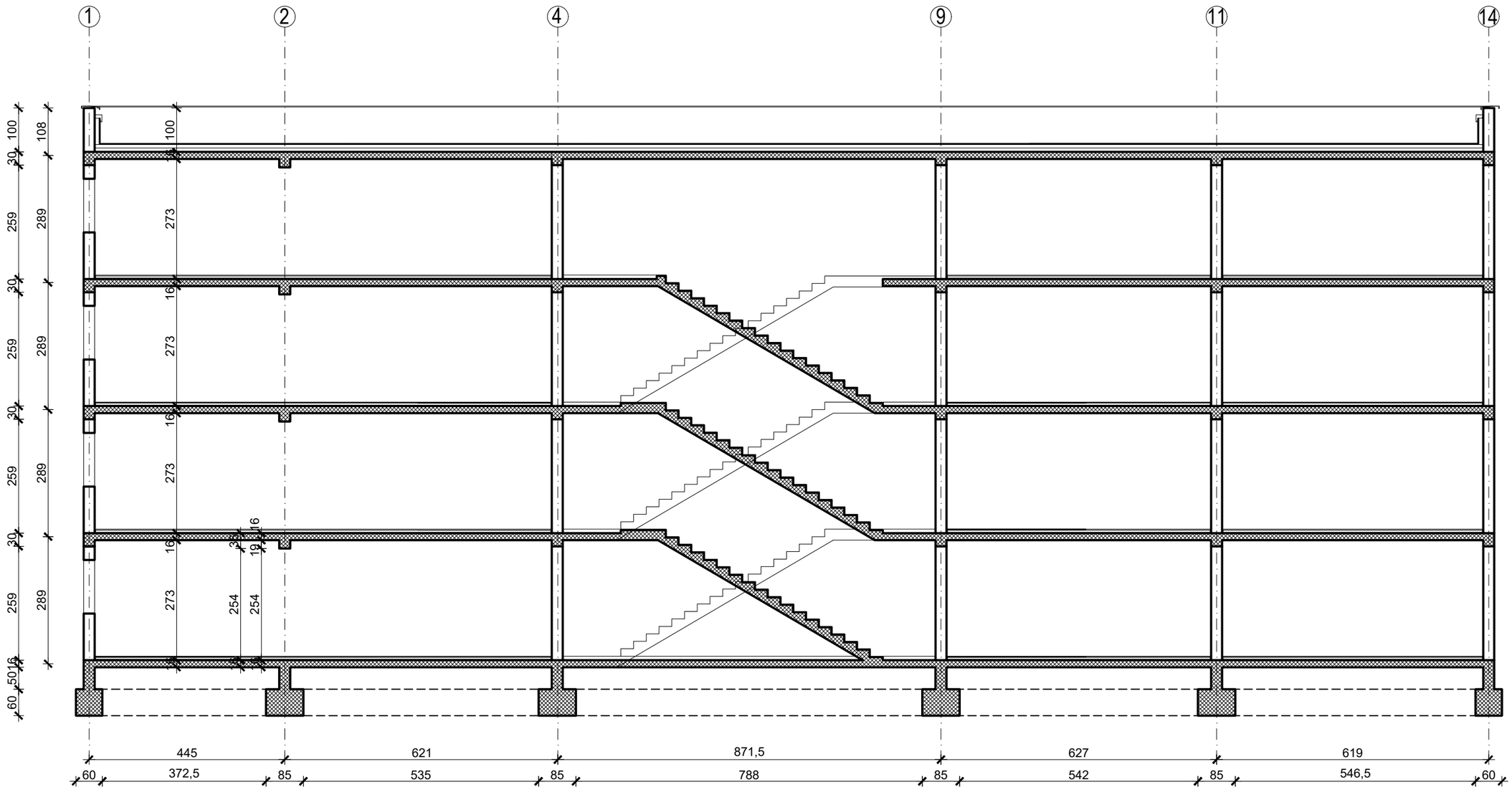
DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | |
|---|---|
| Student : Vedran Rimac | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sadržaj : | Tlocrt kata | Prilog : | 3 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

# PRESJEK 1-1
M 1:100




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

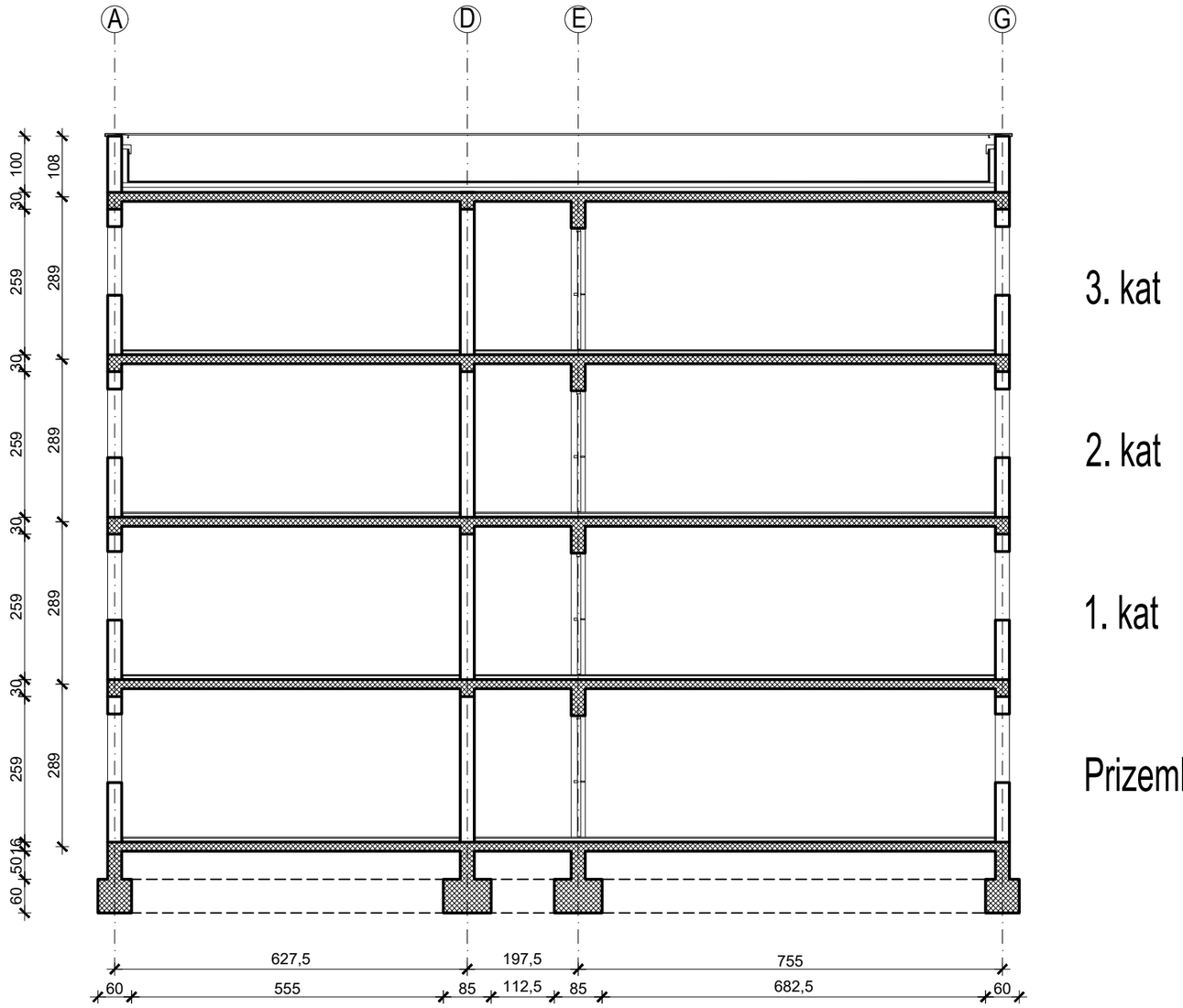
DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | |
|---|---|
| Student : Vedran Rimac | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sadržaj : | Presjek 1-1 | Prilog : | 4 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

PRESJEK 2-2
M 1:100




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

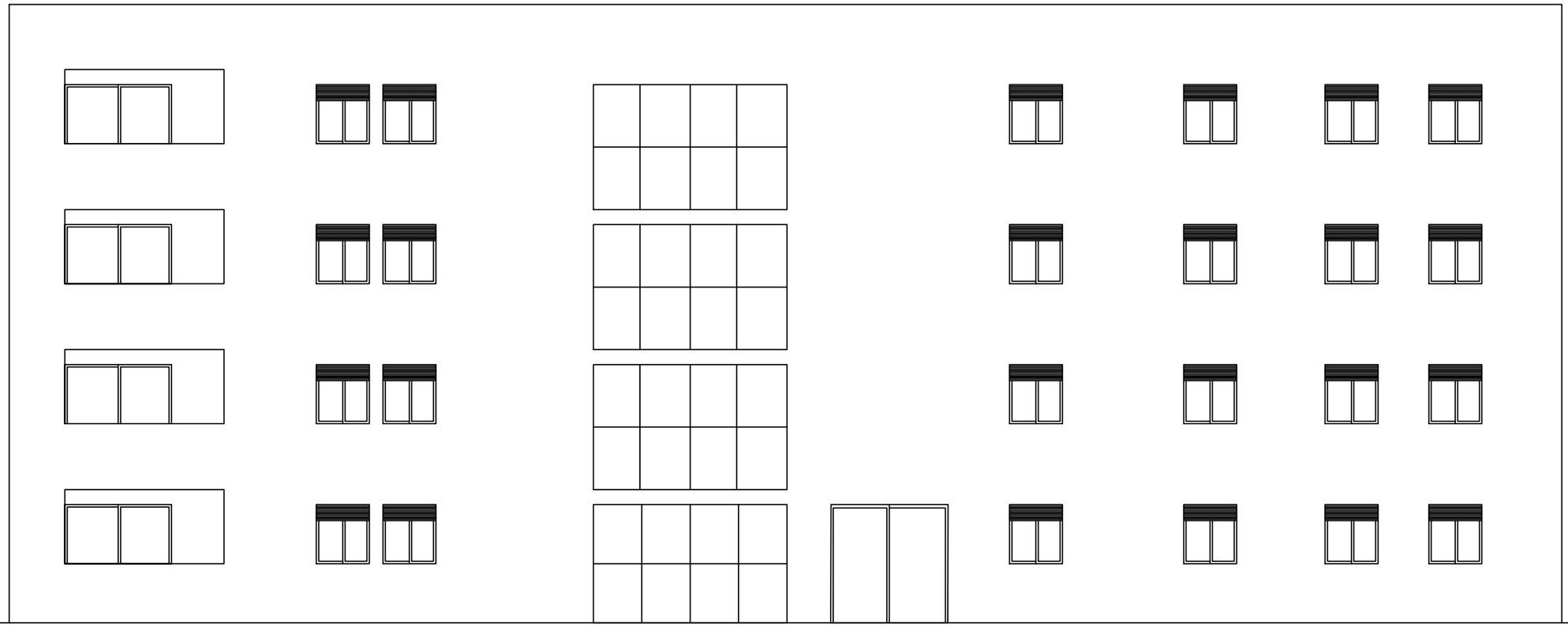
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Presjek 2-2 | Prilog : | 5 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

SJEVERNO PROČELJE
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

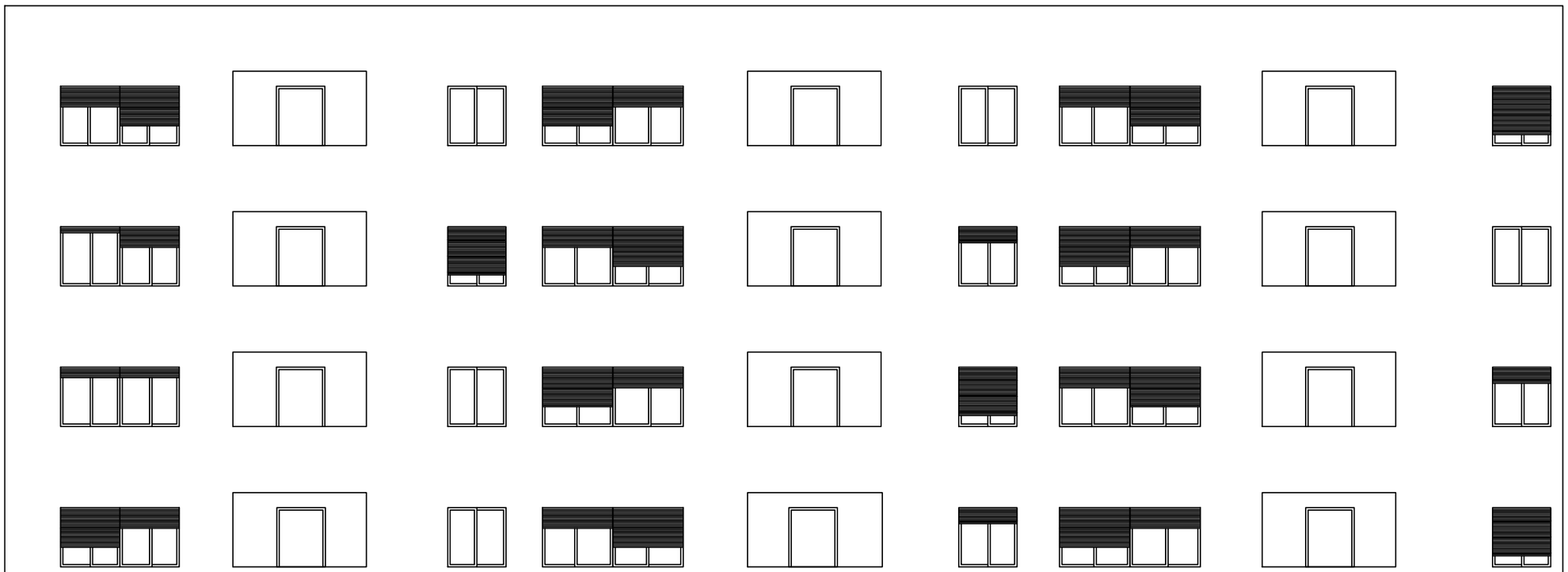
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Sjeverno pročelje | Prilog : | 6 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

JUŽNO PROČELJE
M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

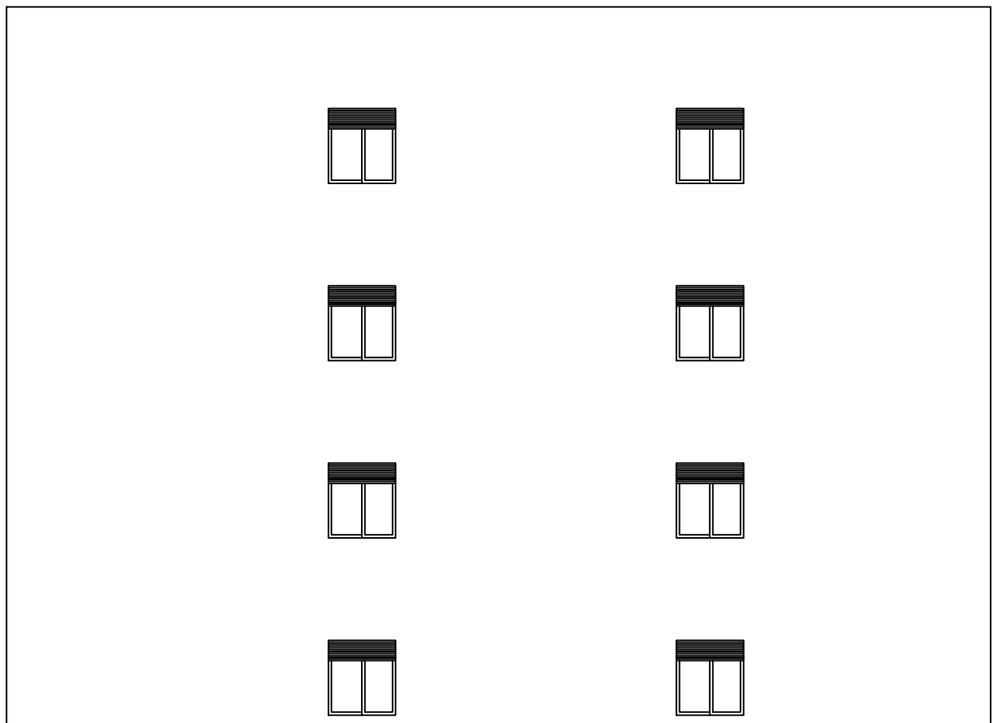
DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Južno pročelje | Prilog : | 7 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

ISTOČNO PROČELJE
M 1:100

ZAPADNO PROČELJE
M 1:100



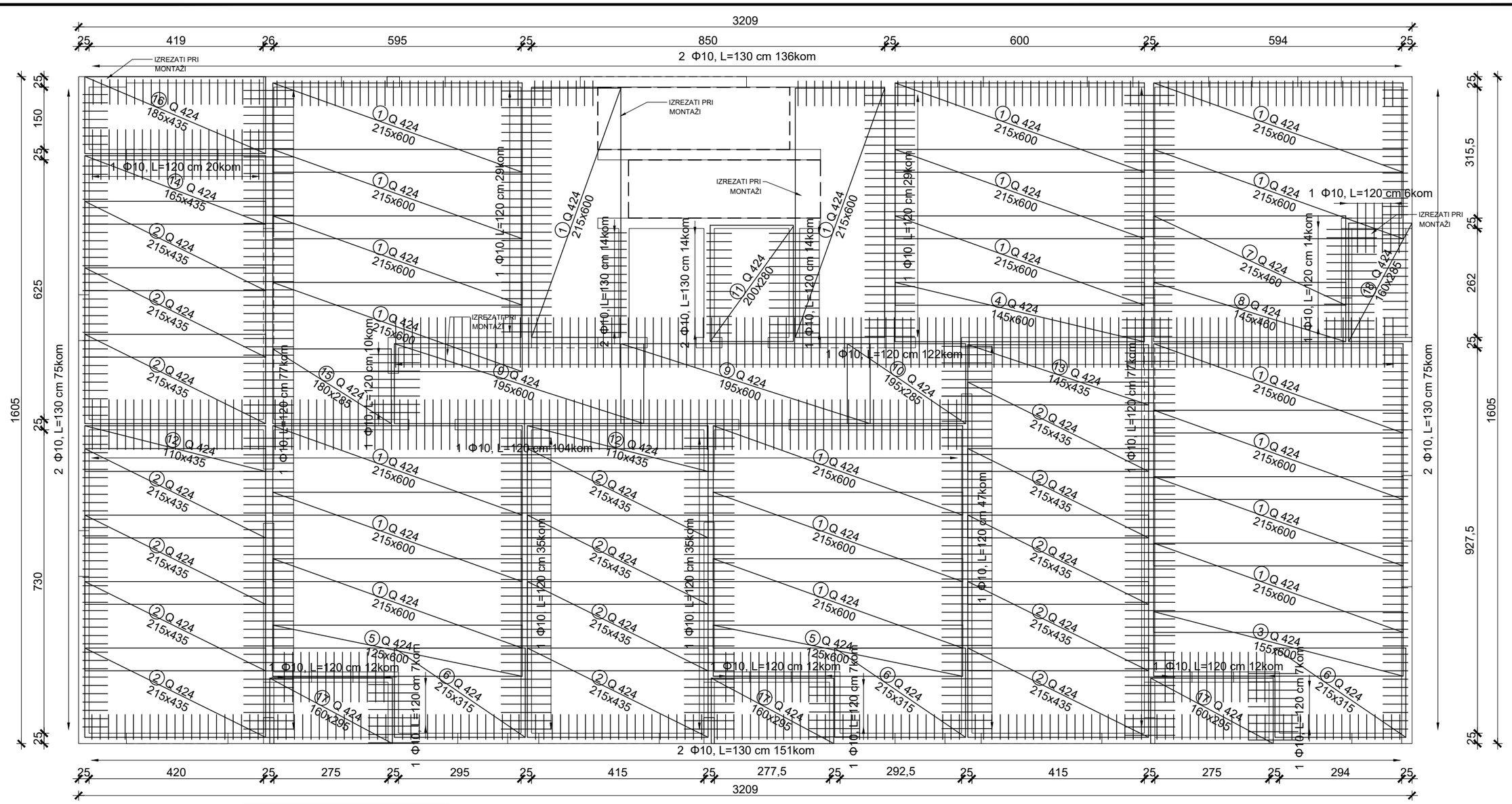
SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

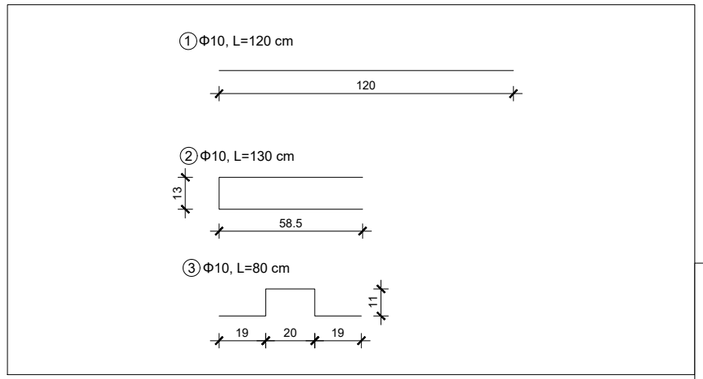
DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Istočno i zapadno pročelje | Prilog : | 8 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |




| ISKAZ MREŽASTE ARAMTURAE B 500B | | | | UKUPNA MASA : | | | 3.949,31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | Q 424 - 160 x 285 | 1 | 160 | 285 | 6,81 | 31,05 | 31,05 |
| 17 | Q 424 - 160 x 295 | 3 | 160 | 295 | 6,81 | 32,14 | 96,43 |
| 16 | Q 424 - 185 x 435 | 1 | 185 | 435 | 6,81 | 54,80 | 54,80 |
| 15 | Q 424 - 180 x 285 | 1 | 180 | 285 | 6,81 | 34,94 | 34,94 |
| 14 | Q 424 - 165 x 435 | 1 | 165 | 435 | 6,81 | 48,88 | 48,88 |
| 13 | Q 424 - 145 x 435 | 1 | 145 | 435 | 6,81 | 42,95 | 42,95 |
| 12 | Q 424 - 110 x 435 | 2 | 110 | 435 | 6,81 | 32,59 | 65,17 |
| 11 | Q 424 - 200 x 280 | 1 | 200 | 280 | 6,81 | 38,14 | 38,14 |
| 10 | Q 424 - 195 x 285 | 1 | 195 | 285 | 6,81 | 37,85 | 37,85 |
| 9 | Q 424 - 195 x 600 | 2 | 195 | 600 | 6,81 | 79,68 | 159,35 |
| 8 | Q 424 - 145 x 460 | 1 | 145 | 460 | 6,81 | 45,42 | 45,42 |
| 7 | Q 424 - 215 x 460 | 1 | 215 | 460 | 6,81 | 67,35 | 67,35 |
| 6 | Q 424 - 215 x 315 | 3 | 215 | 315 | 6,81 | 46,12 | 138,36 |
| 5 | Q 424 - 125 x 600 | 2 | 125 | 600 | 6,81 | 51,08 | 102,15 |
| 4 | Q 424 - 145 x 600 | 1 | 145 | 600 | 6,81 | 59,25 | 59,25 |
| 3 | Q 424 - 155 x 600 | 1 | 155 | 600 | 6,81 | 63,33 | 63,33 |
| 2 | Q 424 - 215 x 435 | 16 | 215 | 435 | 6,81 | 63,69 | 1.019,05 |
| 1 | Q 424 - 215 x 600 | 21 | 215 | 600 | 6,81 | 87,85 | 1.844,83 |
| POZ. | TIP MREŽE | KOM. | d [cm] | l [cm] | [kg/m`] | [kg/kom] | [kg] |




| ISKAZ REBRASTE ARAMTURAE B 500B | | | | UKUPNA MASA : | | | 817,44 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Ø10 - 80 | 257 | 10 | 80 | 0,649 | 0,41 | 104,75 |
| 2 | Ø10 - 130 | 465 | 10 | 130 | 0,649 | 0,66 | 307,97 |
| 1 | ø10 - 120 | 662 | 10 | 120 | 0,649 | 0,61 | 404,72 |
| POZ. | TIP MREŽE | KOM. | Ø [mm] | l [cm] | [kg/m`] | [kg/kom] | [kg] |

# TLOCRT ARMATURE DONJA ZONA M 1:100

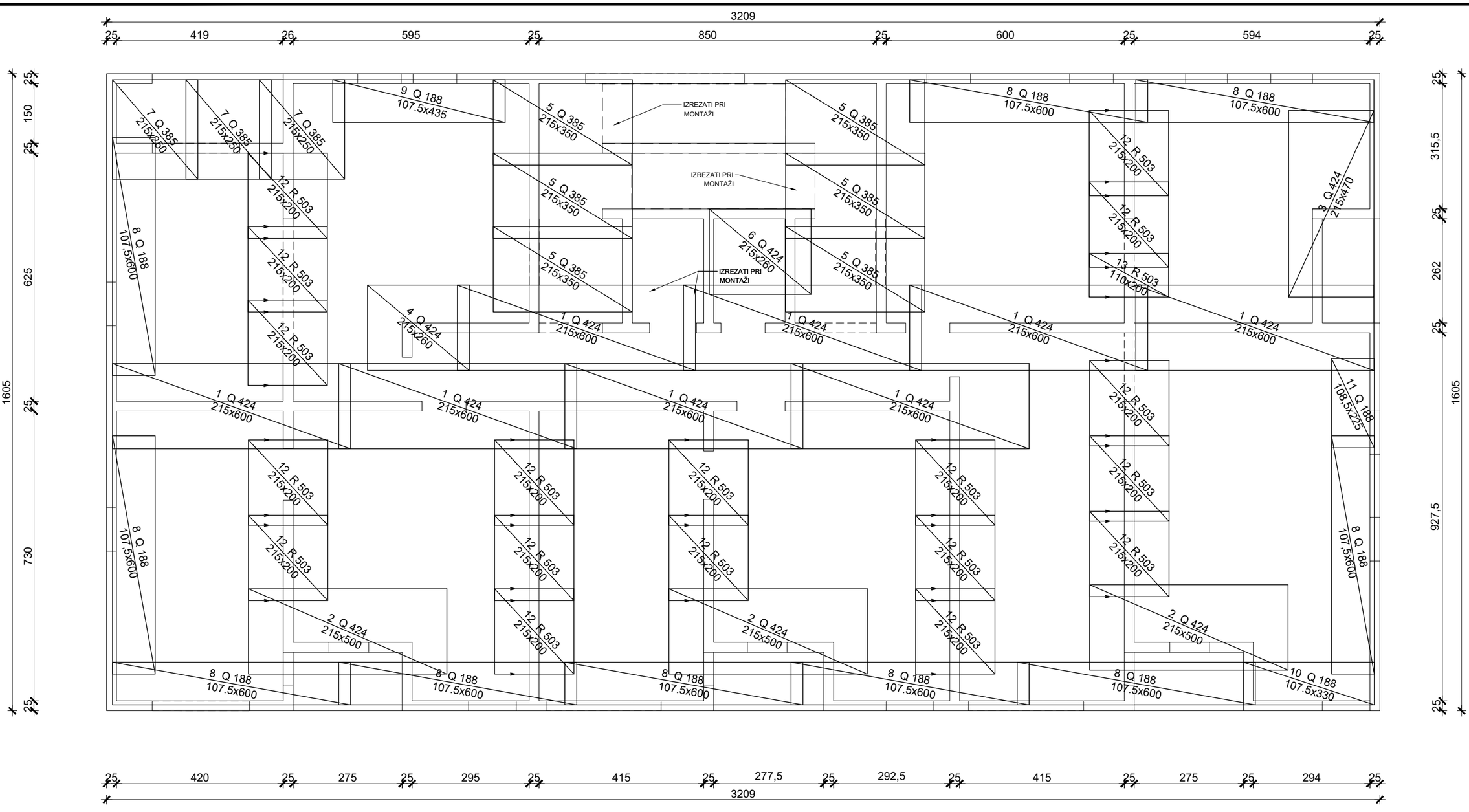

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY


DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Armatura ploče donja zona | Prilog : | 9 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |




| ISKAZ MREŽASTE ARAMTURAE B 500B | | | | UKUPNA MASA : | | | 2.056,35 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | R 503 - 110 x 200 | 1 | 110 | 200 | 4,89 | 10,76 | 10,76 |
| 12 | R 503 - 215 x 200 | 18 | 215 | 200 | 4,89 | 21,03 | 378,49 |
| 11 | Q 188 - 107,5 x 225 | 1 | 108 | 225 | 3,06 | 7,40 | 7,40 |
| 10 | Q 188 - 107,5 x 330 | 1 | 108 | 330 | 3,06 | 10,86 | 10,86 |
| 9 | Q 188 - 107,5 x 435 | 1 | 108 | 435 | 3,06 | 14,31 | 14,31 |
| 8 | Q 188 - 107,5 x 600 | 10 | 108 | 600 | 3,06 | 19,74 | 197,37 |
| 7 | Q 385 - 215 x 250 | 3 | 215 | 250 | 6,10 | 32,79 | 98,36 |
| 6 | Q 385 - 215 x 260 | 1 | 215 | 260 | 6,10 | 34,10 | 34,10 |
| 5 | Q 385 - 215 x 350 | 6 | 215 | 350 | 6,10 | 45,90 | 275,42 |
| 4 | Q 424 - 215 x 260 | 1 | 215 | 260 | 6,81 | 38,07 | 38,07 |
| 3 | Q 424 - 215 x 470 | 1 | 215 | 470 | 6,81 | 68,82 | 68,82 |
| 2 | Q 424 - 215 x 500 | 3 | 215 | 500 | 6,81 | 73,21 | 219,62 |
| 1 | Q 424 - 215 x 600 | 8 | 215 | 600 | 6,81 | 87,85 | 702,79 |
| POZ. | TIP MREŽE | KOM. | d [cm] | l [cm] | [kg/m`] | [kg/kom] | [kg] |

# TLOCRT ARMATURE
# GORNJA ZONA M 1:100

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

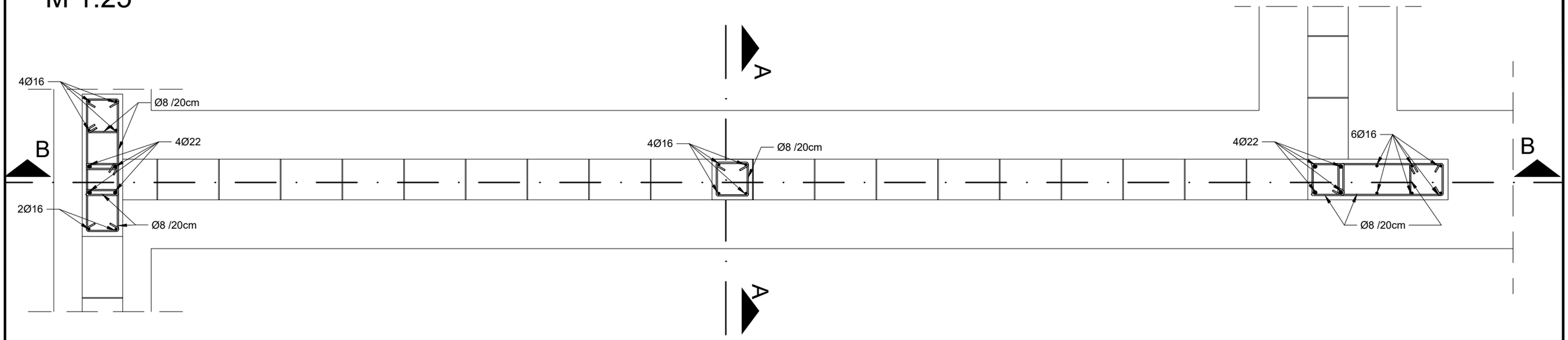
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

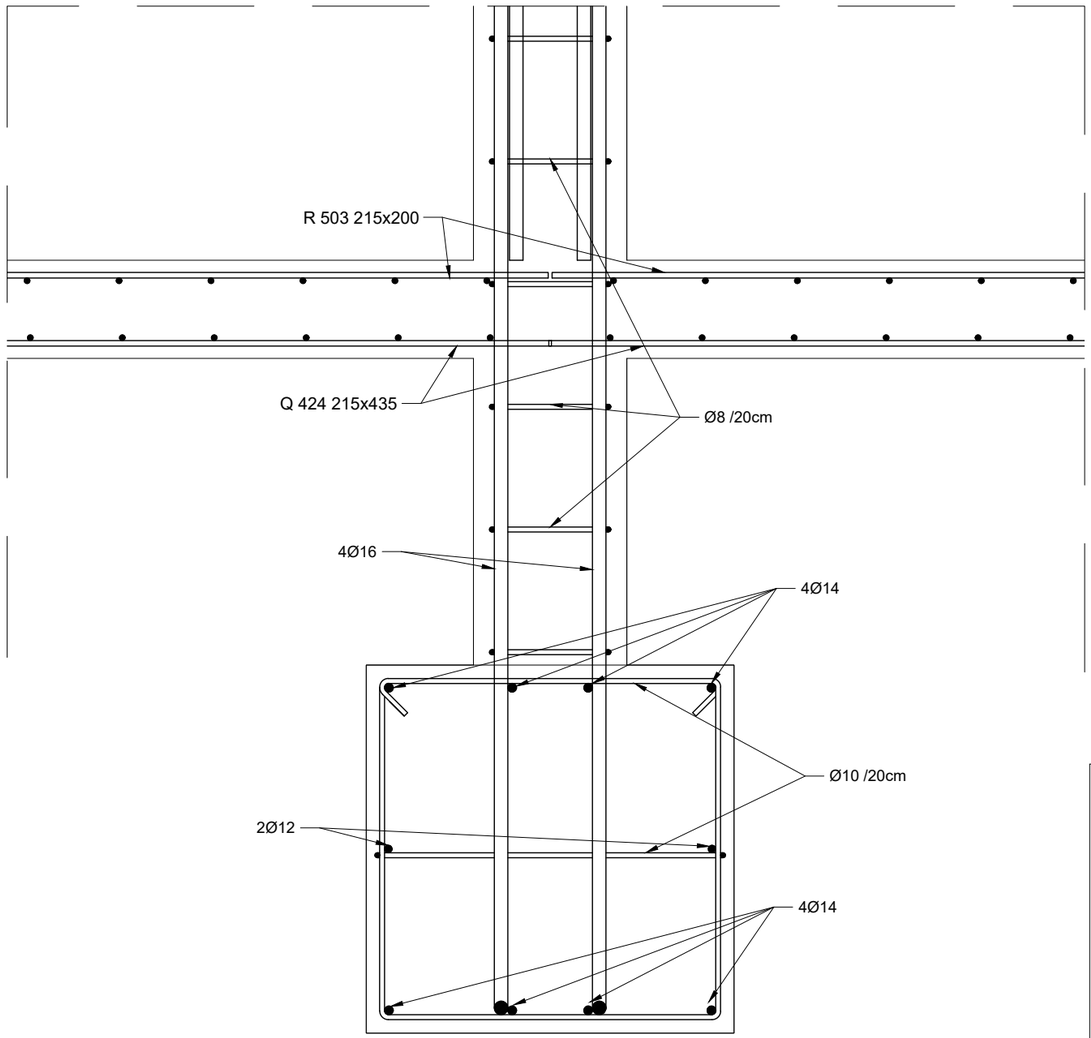
Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Armatura ploče gornja zona | Prilog : | 10 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:100 |

# TLOCRT ZIDA E10-G10
M 1:25




# PRESJEK A-A
M 1:10




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

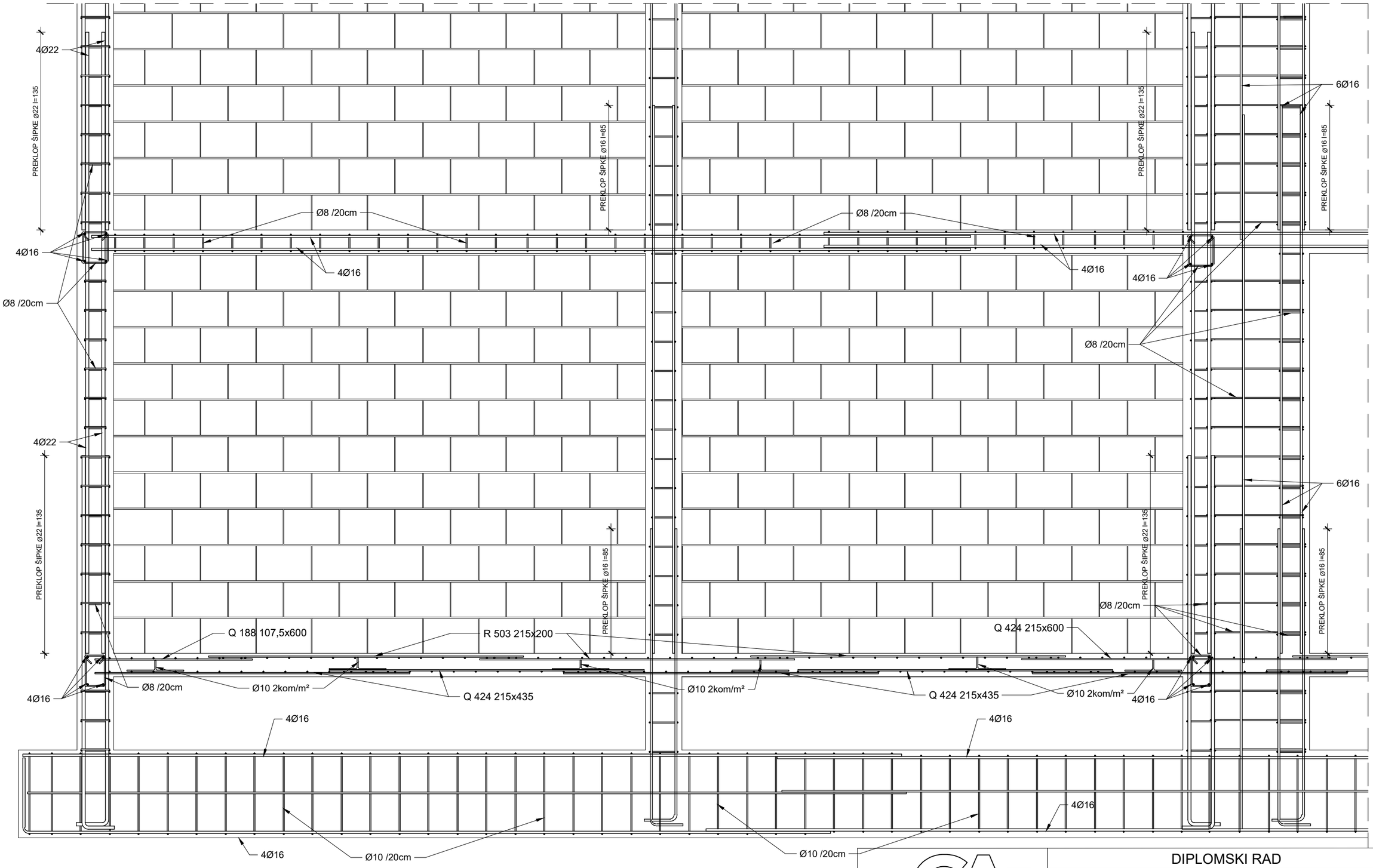
UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Presjek zida E10-G10 | Prilog : | 11 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:25 ;10 |

# PRESJEK B-B M 1:25




SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

DIPLOMSKI RAD

Proračun nosive konstrukcije i fizike zgrade stambenog zidanog objekta

| | | | |
|---|---|---|---|
| Student : Vedran Rimac | | Mentor : Doc.dr.sc. Ivan Balić<br>Komentor : Doc.dr.sc. Nikolina Živaljić | |
| Sadržaj : | Uzdužni presjek zida E10-G10 | Prilog : | 12 |
| Datum : | 19.7.2019 | Mjerilo : | M 1:25 |

# 8. LITERATURA

[1] Aničić D., Franko T., Zidane konstrukcije: Priručnik za investitore, projektante, Karlovac, Wienerberger Ilovac d.d., 2010.

[2] Europska norma EN 1991, 2004

[3] Europska norma EN 1992, 2004

[4] Europska norma EN 1996, 2004

[5] Europska norma EN 1998, 2004

[6] Mihanović A., Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilšta u Splitu, Split, 1995

[7] Radić J. i suradnici, Zidane konstrukcije 1: Priručnik, Zagreb, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2007

[8] Sorić Z., Zidane konstrukcije 1, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015.

[9] Trogrlić B. Zidane konstrukcije – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010

[10] Roje-Bonacci T., Miščević P., Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2010

[11] Mihanović A., Trogrlić B., Akmadžić V., Građevna statika II, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2014

[12] Trogrlić B. Fizika zgrade – predavanja, Split, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije