

Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Pavić, Duje

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:553360>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



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

Duje Pavić

Split, 2020.

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

Duje Pavić

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

Diplomski rad

Split, 2020.

Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Sažetak:

U radu je prikazan proračun nosive konstrukcije i ocjena fizikalnih svojstava armiranobetonske zgrade. Zgrada se sastoji od podruma, prizemlja i pet katova. Proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata je provedeno u skladu sa Europskim normama pomoću računalnog programa SCIA Engineer 19.1. Proračunate su rezne sile za temelje, ploče i zidove koji su sukladno tome i armirani. Proračun fizike zgrade je napravljen pomoću računalnog programa KI Expert Plus. Proračunom je potrebno utvrditi dali su zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, dinamičke toplinske karakteristike i korisna energija.

Ključne riječi:

Stambena zgrada, proračun nosive konstrukcije, fizika zgrade

Structural analysis and evaluation of physical properties of the reinforced concrete residential building

Abstract:

Structural analysis and evaluation of physical properties of reinforced concrete residential building are presented in this work. The building consist of basement, ground floor and five stories. Calculation of structural elements was performed in accordance with European standards using structural analysis software SCIA Engineer 19.1. Internal forces for the foundations, slabs and walls were calculated and reinforced accordingly. The calculation of physical properties of the building was made using the computer software KI Expert Plus. The calculation must determine whether the following conditions are met: heat transfer coefficients, water vapor difusion, dynamic thermal characteristics and useful energy.

Ključne riječi:

Residential building, structural analysis, building physics

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT: Duje Pavić
BROJ INDEKSA: 740
KATEDRA: **Katedra za teoriju konstrukcija**
PREDMET: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

Opis zadatka: Na temelju zadanih arhitektonskih podloga potrebno je napraviti proračunski model građevine. Za dobivene rezultate potrebno je dimenzionirati nosive elemente te im odrediti potrebnu armaturu. Također potrebno je napraviti projekt fizike zgrade kako bi se dobila ocjena fizikalnih svojstava. Za odabrane elemente moraju biti zadovoljeni slijedeći uvjeti: koeficijenti prolaska topline, difuzija vodene pare, dinamičke toplinske karakteristike i korisna energija.

Izrađeni projekt mora sadržavati:

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

U Splitu, ožujak 2020

Mentor Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Ivan Balić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

Komentor Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić

*Zahvaljujem se mentoru doc. dr. sc. Ivanu Baliću i komentorici
doc. dr.sc. Nikolini Živaljić na uloženom trudu, brojnim
savjetima i iznimnoj suradnji prilikom izrade diplomskog rada.*

*Hvala mojoj obitelji na motivaciji, razumijevanju i neizmjernoj
podršci tijekom cijelog studiranja.*

*Hvala mojim prijateljima na svim nezaboravnim trenucima
zajedno provedenim za vrijeme studiranja, imao sa privilegiju
dijeliti ih baš sa vama.*

SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS	4
1.1 Općenito.....	4
1.2 Konstruktivne pojedinosti.....	4
1.2.1 Lokacija konstrukcije.....	5
1.2.2 Norme za proračun armiranobetonskih konstrukcija.....	5
1.3 Geotehnički izvještaj	5
1.4 Građevni dijelovi	6
2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI	8
2.1 Beton.....	8
2.1.1 Projektni podaci	10
2.2 Armaturni čelik.....	12
2.2.1 Projektni podaci	14
3. NUMERIČKI MODEL.....	15
4. ANALIZA OPTEREĆENJA	17
4.1 Međukatna konstrukcija katova.....	17
4.2 Balkoni, lođe, terase	19
4.3 Krovna konstrukcija	21
4.4 Stubište	22
4.5 Prikaz djelovanja	24
4.5.1 Međukatna ploča.....	24
4.5.2 Krovna ploča.....	25
4.5.3 Stubište.....	26
4.6 Djelovanje snijega na konstrukciju.....	27
4.7 Djelovanje vjetra na konstrukciju.....	30
4.8 Djelovanje potresa na konstrukciju	33
4.8.1 Faktor ponašanja	35
4.8.2 Slučajni utjecaj torzije.....	37
4.9 Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998-1:2011 pomoću računalnog programa koristeći prostorni model konstrukcije.....	40
4.9.1 Ulazni proračunski spektar	40
4.9.2 Rezultati modalne analize	42
4.9.3 Prikaz vlastitih vektora.....	43
4.10 Analiza opterećenja zasutog zida.....	45
5. KOMBINACIJE DJELOVANJA	48
5.1 Granično stanje nosivosti.....	48
5.1.1 Granično stanje nosivosti - zasuti zid	49
5.2 Granično stanje uporabljivosti.....	49
6. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE.....	50
6.1 Prikaz modela i rezultata	50
6.2 Dimenzioniranje ploče.....	53
6.3 Kontrola progiba međukatne ploče.....	56

7.	PRORAČUN KROVNE PLOČE	59
7.1	Prikaz modela i rezultata	59
7.2	Dimenzioniranje ploče.....	62
7.3	Kontrola progiba i pukotina krovne ploče.....	64
7.3.1	Kontrola progiba	64
7.3.2	Kontrola pukotina	65
8.	PRORAČUN STUBIŠTA.....	69
8.1	Prikaz modela i rezultata	69
8.2	Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka	70
8.3	Kontrola progiba stubišta.....	73
9.	PRORAČUN ZIDA NA RAZRED UMJERENE DUKTILONOSTI (DCM)	74
9.1	Opći podaci zida	74
9.2	Provjera efekata drugog reda	75
9.3	Prikaz reznih sila karakterističnog zida	76
9.4	Proračunske ovojnice reznih sila	77
9.4.1	Proračunska ovojnica momenta savijanja	77
9.4.2	Proračunska ovojnica poprečnih sila.....	79
9.5	Dimenzioniranje karakterističnog zida	80
9.5.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu	80
9.5.2	Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature	82
9.5.3	Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost	83
9.5.4	Dijagonalni tlačni slom zbog posmika.....	84
9.5.5	Dijagonalni vlačni slom zbog posmika.....	85
9.5.6	Izračun ovojne armature u rubnom elementu	85
9.5.7	Izračun ω_{vd} za usvojeni detalj ovojne armature	86
10.	PRORAČUN TEMELJNE PLOČE.....	87
10.1	Winkler-ov model.....	87
10.2	Prikaz rezultata	89
10.3	Dimenzioniranje temeljne ploče	91
10.4	Kontrola progiba i pukotina temeljne ploče	94
10.4.1	Kontrola progiba	94
10.4.2	Kontrola pukotina	95
11.	PRORAČUN ZASUTOG ZIDA.....	99
11.1	Prikaz modela i rezultata	99
11.2	Dimenzioniranje zida.....	100
12.	PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE	103
12.1	Podaci o lokaciji objekta.....	106
12.2	Nacrta sa ucrtanim oznakama građevnih dijelova zgrade	108
12.3	Opći podaci višestambene zgrade.....	111
12.3.1	Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada	112
12.3.2	Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade.....	117
12.3.3	Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja za ljetni period.....	117
12.3.4	Sustav grijanja.....	117
12.4	Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu.....	118
12.4.1	Proračun građevnih dijelova zgrade.....	118

12.4.2	Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)	127
12.4.3	Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683).....	128
12.4.4	Koeficijenti transmisivskih gubitaka	128
12.4.5	Proračun toplinskih gubitaka i dobitaka.....	130
12.4.6	Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje (prema HRN EN 13790:2008)	132
12.4.7	Rezultati proračuna	134
12.5	Iskaznica energetske svojstva zgrade	135
12.6	Primijenjeni propisi i norme	136
13.	LITERATURA	139
14.	GRAFIČKI PRILOZI	140

1. TEHNIČKI OPIS

1.1 Općenito

Zgrada je smještena u Splitu, tlocrtnih dimenzija 20,80 x 14,70 m čija je bruto površina 2140,31 m². Građevina je stambene namjene, sastoji se od jedne podzemne i šest nadzemnih etaža odnosno od podruma, prizemlja i pet katova. Podrum se koristi kao skladište gdje će stanari imati privatne ostave.

Nosiva konstrukcija zgrade je načinjena od armiranobetonskih zidova i ploča. Zgrada je temeljena na armiranobetonskoj ploči.

Vertikalnu komunikaciju čine dvokrako stubište i lift. Vertikalna komunikacija se proteže od podruma sve do posljednjeg kata predmetne građevine.

Razina prizemlja je izdignuta u odnosu na okolni teren za 15 cm. Na etaži su predviđena četiri stana koji se ponavljaju od prizemlja do petog kata. Građevina se ukupno sastoji od 24 stana od kojih su 6 peterosobni, 12 četverosobni i 6 trosobni.

Visina zgrade je 18,03 m od razine terena.

Predmetna građevina je završena sa ravnim krovom i parapetom visine 60 cm. Krov nema određenu namjenu. Ograda je postavljena na sve strane u slučaju potrebe održavanja krovne površine i pratećih instalacija.

Okolni teren zgrade će se prikladno urediti. Svi infrastrukturni priključci će se izvesti u skladu sa zahtjevima komunalnih službi grada i županije.

1.2 Konstruktivne pojedinosti

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

Građevina je temeljena na armiranobetonskoj temeljnoj ploči debljine 50 cm. Temeljenje je izvršeno na tlu tip A. Temeljna ploča je napravljena od betona klase C 30/37

Armiranobetonski zidovi su debljine 20 cm osim vanjskih podrumskih zidova (zidovi u dodiru s tlom) koji su debljine 25 cm. Podrumski zidovi su napravljeni od klase betona C 30/37 dok su zidovi prizemlja i katova napravljeni od betona klase C 25/30.

Međukatne konstrukcije koje su izrađene od armiranog betona, lijevane na licu mjesta debljine 18 cm. Skidanje podupirača za ploče može se izvršiti nakon postignute min. 80% čvrstoće.

Stubište je također izvedeno u armiranom betonu, debljina kraka je 16 cm. Krovna ploča je debljine 18 cm i izvedena je od armiranog betona.

Krovna i međukatne ploče te stubište (krakovi i podest) su napravljeni od betona klase C 25/30. Za sve betonske elemente korištena je armatura B 500 B.

Pregradni zidovi su uzeti u obzir prilikom proračuna konstrukcije na način da su uključeni u dodatno stalno opterećenje ploča.

1.2.1 Lokacija konstrukcije

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

1.2.2 Norme za proračun armiranobetonskih konstrukcija

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

Tablica 1.1 Europske i hrvatske norme

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

1.3 Geotehnički izvještaj

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

Kako je predviđena dubina dna temelja smatra se da se temeljna ploča nalazi na kvalitetnoj matičnoj stijeni.

Iskop građevne jame je 3,35 m ispod razine prizemlja predmetne građevine. Iskop jame će se izvršiti u širokom iskopu s nagib zasjeka od 3:1. Prilikom zasijecanja potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene. Zasjek je na prikladan način potrebno zaštititi od mogućeg urušavanja.

Nakon iskopa temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala. Nakon obavljenog čišćenja temeljene plohe potrebno je sve neravnine i udubine izravnati odnosno popuniti sa podložnim betonom klase C 16/20 do projektirane kote temeljenja.

Ukoliko se naiđe na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje materijala, sanaciju izvesti tako da se materijal ukloni do dubine cca 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote zapuni podložnim betonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 500 kPa. Za ovaj način temeljenja ne predviđaju se velika slijeganja ni pojava diferencijalnih slijeganja.

1.4 Građevni dijelovi

Međukatne konstrukcije; oznake S1 i S2

Međukatnu konstrukciju čini armiranobetonska ploča debljine 18 cm. Na svim međukatnim konstrukcijama izveden je „plivajući pod“ na elastičnom sloju od ekspaniranog polistirena (EPS) od 4 cm koji ima ulogu toplinsko-zvučne izolacije. Međukatna konstrukcija prizemlja koja graniči sa negrijanim podrumom ima postavljenu dodatnu toplinsku izolaciju sa donje strane ploče kako bi se zadovoljili zahtjevi prolaska toplinske. Završna obrada podova međukatnih konstrukcija ovisi o namjeni prostora.

Krovna konstrukcije; oznaka K1

Krovna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 18 cm. Vrsta i debljina toplinske izolacije krova je projektirana u skladu sa zahtjevima toplinske zaštite. Debljina toplinske izolacije je 14 cm. Krov je hidro izoliran u skladu sa tehničkim zahtjevima. Kao završna obrada krova postavljene su betonske ploče.

Vanjski zidovi; oznake Z1, Z2 i Z3

Vanjski zidovi Z2 i Z3 su debljine 20 cm, dok su zidovi Z3 debljine 25 cm. Zidovi Z2 i Z3 su izolirani s vanjske strane pločama mineralne vune. Debljina toplinske izolacije je 8 cm. Na toplinsku izolaciju se postavlja polimer-cementno lijepilo s utisnutom alkalno otpornom staklenom mrežicom, na koju dolazi završna fasadna silikatna žbuka. Posebnu pažnju treba obratiti prilikom ugradbe izolacije oko otvora kako bi se izbjegli toplinski mostovi, sve prema uputama izvođača.

Vanjski zidovi oznake Z1 su sa vanjske strane izolirani sa ekstrudiranim polistirenom (XPS) debljine 6 cm. Kako bi se izbjegla oštećenja toplinske izolacije na nju se postavlja čepičasta traka.

Unutarnji zidovi; oznake Z4 i Z5

Armiranobetonski zidovi stanova prema hodniku (oznaka Z4) su debljine 20 cm, te ih je potrebno izolirati. Toplinska izolacija će se postaviti na licu zida prema hodniku. Debljina izolacije je 5 cm.

Na zidovima između stanova (oznaka Z5) postavljena je akustična ploča za pregradne zidove debljine 4 cm koja ima ulogu zvučne izolacije. Za završnu obradu postavljaju se gips-kartonske ploče.

Pod na tlu; oznaka P1

Podna konstrukcija je armiranobetonska ploča debljine 50 cm. Ispod ploče postavlja se hidroizolacijske bitumenske trake s uloškom od staklenog voala. Predviđena je izvedba „plivajućeg poda“ na sloju od ekstrudiranog polistirena (XPS) debljine 6 cm. Završna obrada podova podne konstrukcije ovisi o namjeni prostora.

Otvori; oznake: za prozore P1, P2, P3, P4 i P5, za vrata V1, V2 i V3

Prozori, balkonska vrata i ulazna vrata zgrade predviđeni su kao PVC stolarija s prekidom toplinskog mosta, ostakljenje je izvedeno izolirajućim staklom (dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske energije (Low-E obloge)). Za prozore i balkonska vrata maksimalni koeficijent prolaska topline $U_{\max} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok je za ulazna vrata maksimalni koeficijent prolaska topline $U_{\max} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Otvori koji se nalaze na istočnoj, južnoj i zapadnoj strani zgrade na njih se postavlja zaštita od Sunca poput roleta i grilja. Ulazna vrata od stanova su predviđena od drveta sa maksimalnim koeficijentom prolaska topline $U_{\max} = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Prilikom odabira prozora treba naglasiti da osim koeficijenta prolaska topline potrebno je voditi računa i o ostalim geometrijskim karakteristikama koje definiraju prozor poput veličine okvira, vrste stakla, prolaska svjetlosti, refleksije svjetlosti itd.

2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

2.1 Beton

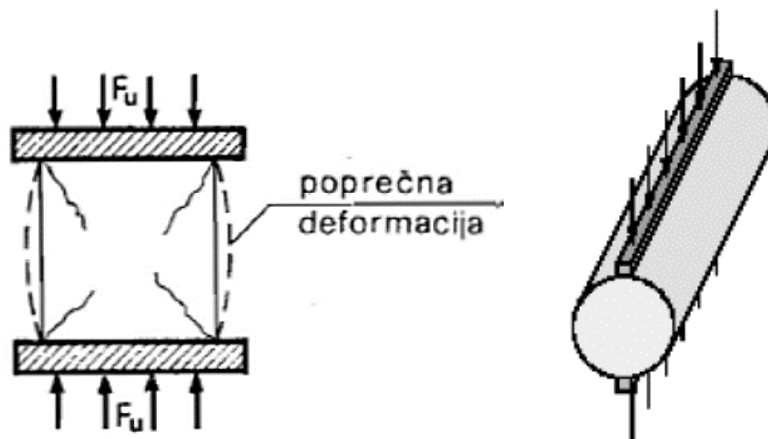
Beton kao građevinski materijal se dobiva miješanjem veziva, vode i agregata. Beton se općenito smatra homogenim i izotropnim materijalom, ako se promatra na mikro nivou može se zaključiti da je zapravo nehomogene strukture.

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

Glavna karakteristika betona je njegova mehanička čvrstoća (tlačna, vlačna i posmična). Na mehanička svojstva betona utječu razni čimbenici, neki od njih su: kakvoća cementa, granulometrijski sastav, vodocementni faktor, njega betona itd.

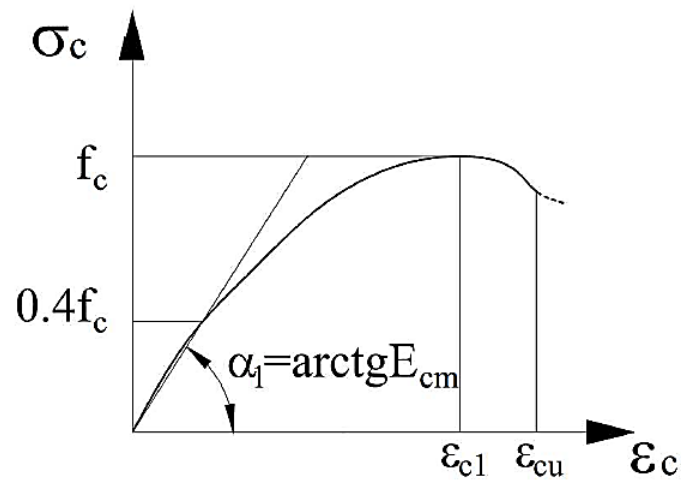
Tlačna čvrstoća betona je sposobnost da se odupre djelovanju tlačne sile. Karakteristična tlačna čvrstoća betona je čvrstoća koje je projektom propisna. Dokazuje se ispitivanjem uzoraka u obliku valjka i kocke propisanih dimenzija. Prema rezultatima ispitivanja beton se razvrstava u razrede (klase) tlačne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

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



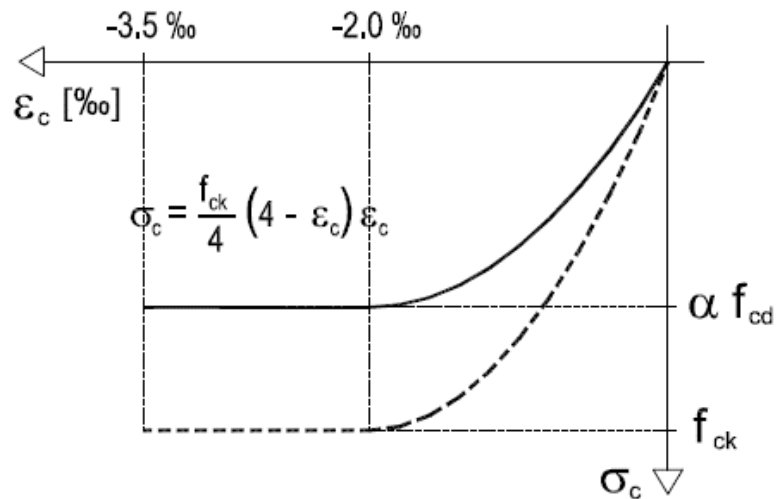
Slika 2.1 Ispitivanje tlačne čvrstoće betona (lijevo);
ispitivanje valčne čvrstoće betona cjepanjem (desno)

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



Slika 2.2 Dijagram napreznje-deformacija za beton

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



Slika 2.3 Računski dijagram betona

2.1.1 Projektni podaci

Za izvedbu armiranobetonske konstrukcije korištene se slijedeće klase betona:

- Temeljna ploča **C30/37** ; zaštitni sloj $c_{nom}=3,0$ cm.
- Zasuti zid (zid u dodiru s tlom) **C30/37** ; zaštitni sloj $c_{nom}=2,5$ cm.
- Međukatna ploča **C25/30** ; zaštitni sloj $c_{nom}=2,0$ cm.
- Krovna ploča **C25/30** ; zaštitni sloj $c_{nom}=2,0$ cm.
- Unutarnji i vanjski zidovi **C25/30** ; zaštitni sloj $c_{nom}=2,0$ cm.

Name	C25/30
Code independent	
Material type	Concrete
Thermal expansion [...]	0,00
Unit mass [kg/m ³]	2500,0
Density in fresh state [...]	2600,0
E modulus [MPa]	3,1500e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modul...	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	1,3125e+04
Log. decrement (non-...	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [...]	4,5000e+01
Order in code	4
Material behaviou...	
Material behaviour	Elastic
EN 1992-1-1	
Characteristic compre...	25,00
Calculated depended ...	<input checked="" type="checkbox"/>
Mean compressive str...	33,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength ...	2,60
fctk 0,05(28) [MPa]	1,80
fctk 0,95(28) [MPa]	3,40
Design compressive st...	16,67
Design compressive st...	20,83
Strain at reaching max...	20,0
Ultimate strain eps cu...	35,0
Strain at reaching max...	17,5
Ultimate strain eps cu...	35,0
Stone diameter (dg) [...]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N)

Slika 2.4 Karakteristike betona klase 25/30

Name	C30/37
Code independent	
Material type	Concrete
Thermal expansion [...]	0,00
Unit mass [kg/m ³]	2500,0
Density in fresh state [...]	2600,0
E modulus [MPa]	3,2800e+04
Poisson coeff.	0,2
Independent G modul...	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	1,3667e+04
Log. decrement (non-...	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [...]	4,5000e+01
Order in code	5
Material behaviou...	
Material behaviour	Elastic
EN 1992-1-1	
Characteristic compre...	30,00
Calculated depended ...	<input checked="" type="checkbox"/>
Mean compressive str...	38,00
fcm(28) - fck(28) [MPa]	8,00
Mean tensile strength ...	2,90
fctk 0,05(28) [MPa]	2,00
fctk 0,95(28) [MPa]	3,80
Design compressive st...	20,00
Design compressive st...	25,00
Strain at reaching max...	20,0
Ultimate strain eps cu...	35,0
Strain at reaching max...	17,5
Ultimate strain eps cu...	35,0
Stone diameter (dg) [...]	32
Cement class	N (normal hardening - CEM 32,5 R, CEM 42,5 N)

Slika 2.5 Karakteristike betona klase 30/37

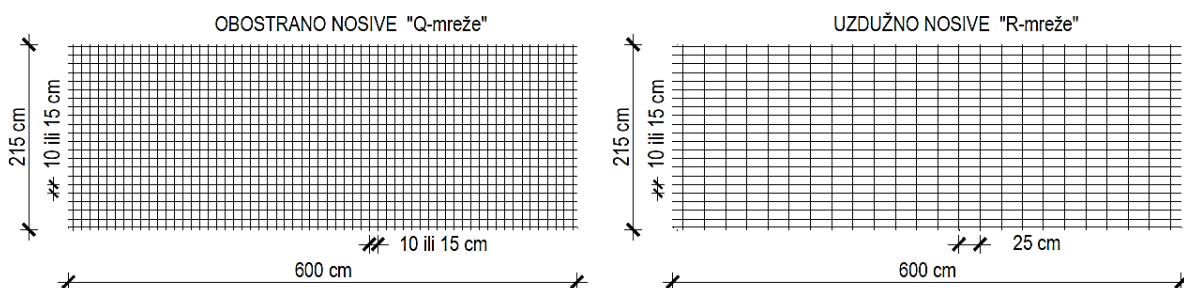
Da bismo u proračunu uzeli u obzir raspucavanje elemenata, uzima se da je elastična krutost pri savijanju i posmiku betonskih elemenata jednaka polovini krutosti neraspucanog elementa; Točka 4.3.1 (7), HRN EN 1998-1:2011. U numeričkom modelu je to uzeto u obzir na način da je betonu koji dolazi u zidove smanjen modul elastičnosti za 50 %.

2.2 Armaturni čelik

Prema HRN EN 1992-1 tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN 10080 koriste se tri vrste čelika za armiranje.

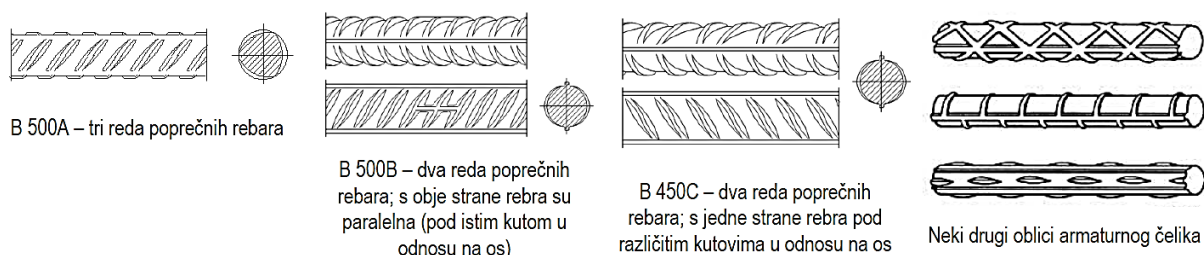
Čelici za armiranje dijele se na žice ($\phi \leq 16$ mm), šipke ($\phi > 16$ mm), i mreže. Žice mogu doći namotane u kolut, dok šipke se proizvode kao ravni elementi duljine do 12 m. Osim šipki armatura se isporučuje u obliku zavarenih mreža. Standardna dimenzija mreže je 600x215 cm. Standardno se proizvode u dva tipa mreža:

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



Slika 2.6 Standardni tipovi mreža

Čelici za armiranje razlikuju se prema granici popuštanja i duktilnosti. U oznaci čelika za armiranje (npr. B450 C) broj predstavlja normiranu karakterističnu čvrstoću popuštanja u MPa, a slovo predstavlja duktilnost čelika.



Slika 2.7 Oblici čelika za armiranje

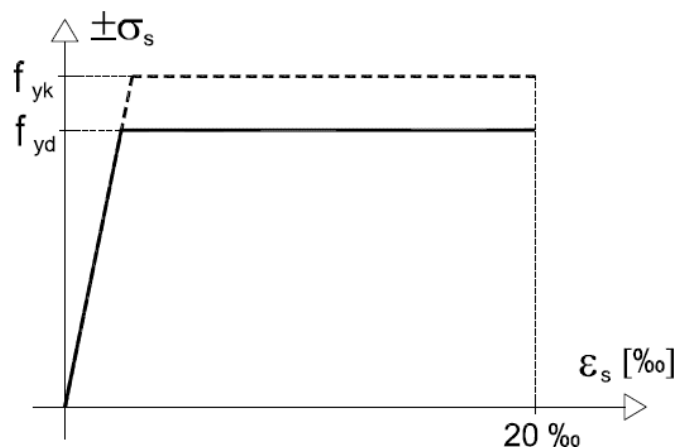
Tablica 2.1 Mehaničke karakteristike i svojstva čelika za armiranje (šipkasta armatura)

	Šipkasta armatura (HRN EN 10080-2, HRN EN 10080-3 i HRN EN 10080-4)		
Naziv i oznaka(broj) čelika	B 500 A (1,0438)	B 500 B (1,0439)	B 500 C (1,0440)
Nazivni promjer, d (mm)	Namot: 4-16 Šipke: 6-40	Namot: 6-16 Šipke: 6-40	Namot: 6-16 Šipke: 6-40
Granica razvlačenja f_{yk} (MPa)	≥ 500	≥ 500	≥ 450
Omjer vlačne čvrstoće i granice razvlačenja	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$

Tablica 2.2 Mehaničke karakteristike i svojstva čelika za armiranje (mrežasta armatura)

	Mrežasta armatura (HRN EN 10080-5)		
Naziv i oznaka(broj) čelika	B 500 A (1,0438)	B 500 B (1,0439)	B 500 C (1,0440)
Nazivni promjer, d (mm)	5-16	6-16	6-16
Granica razvlačenja f_{yk} (MPa)	≥ 500	≥ 500	≥ 450
Omjer vlačne čvrstoće i granice razvlačenja	$\geq 1,05$	$\geq 1,08$	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$

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



Slika 2.8 Računski dijagram čelika

2.2.1 Projektni podaci

Za izvedbu armiranobetonske konstrukcije korištene se slijedeće vrste armature:

- Šipkasta armatura-rebrasta **B500 B**
- Mrežasta armatura-rebrasta **B500 B**

Name	B 500B
Code independent	
Material type	Reinforcement steel
Thermal expansion [...]	0,00
Unit mass [kg/m ³]	7850,0
E modulus [MPa]	2,0000e+05
Poisson coeff.	0,2
Independent G modul...	<input type="checkbox"/>
G modulus [MPa]	8,3333e+04
Log. decrement (non-...	0,2
Colour	
Specific heat [J/gK]	6,0000e-01
Thermal conductivity [...]	4,5000e+01
Bar surface	Ribbed
Order in code	5
Material behaviou...	
Material behaviour	Elastic
EN 1992-1-1	
Characteristic yield str...	500,0
Calculated depended ...	<input checked="" type="checkbox"/>
Characteristic maximu...	540,0
Coefficient k = ftk / fy...	1,08
Design yield strength ...	434,8
Design yield strength ...	500,0
Maximum elongation ...	500,0
Class	B
Reinforcement type	Bars
Fabrication	Hot rolled
Stress-strain diagr...	
Type of diagram	Bi-linear with an inclined top branch
Picture of Stress-strai...	...

Slika 2.9 Karakteristike armaturnog čelika B500 B

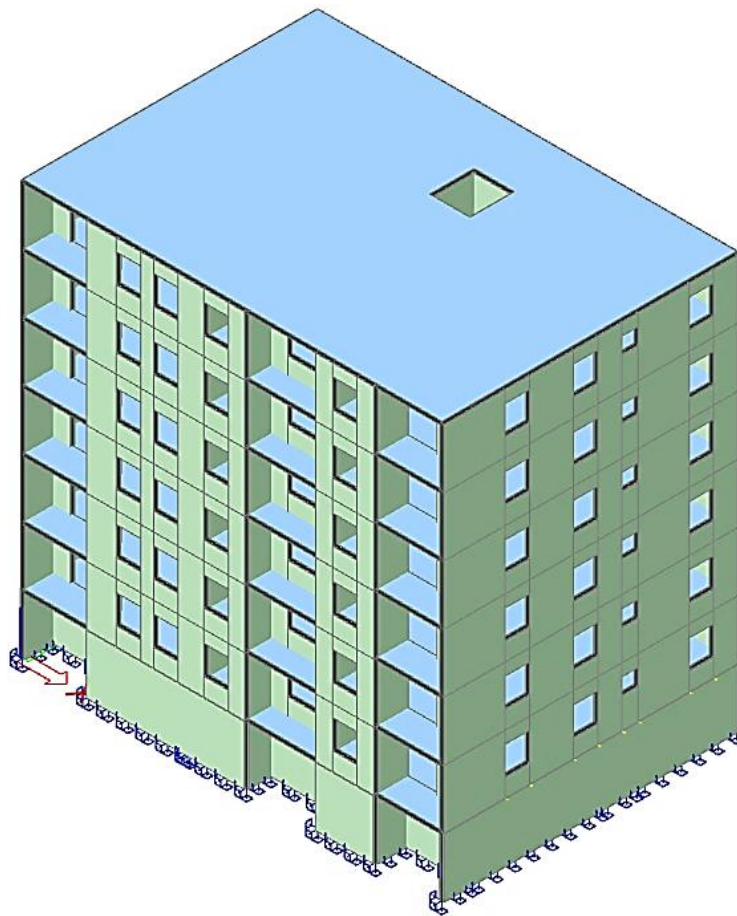
3. NUMERIČKI MODEL

Za potrebe proračuna napravljen je prostorni model zgrade koji će u nastavku biti prikazan. Zgrada se sastoji od sedam etaža, šest nadzemnih i jedne podzemne etaže. Napravljeni su dva modela zgrade. U prvom modelu građevina je modelirana sa upetim ležajevima, ovaj model će se koristiti za proračun ploča i zidova. U drugom modelu građevina je modelirana sa temeljnom pločom koja se nalazi na elastičnoj podlozi. Kontakt konstrukcija-tlo riješen je korištenjem Winkler-ovog modela. Ovaj model će biti mjerodavan za proračun temeljne ploče. Modeli kao i proračun stubišta i podzemnog zida napravljeni su zasebno, za model stubišta korišten je prostorni pločasti model, dok je za podzemni zid korišten ravninski linijski model.

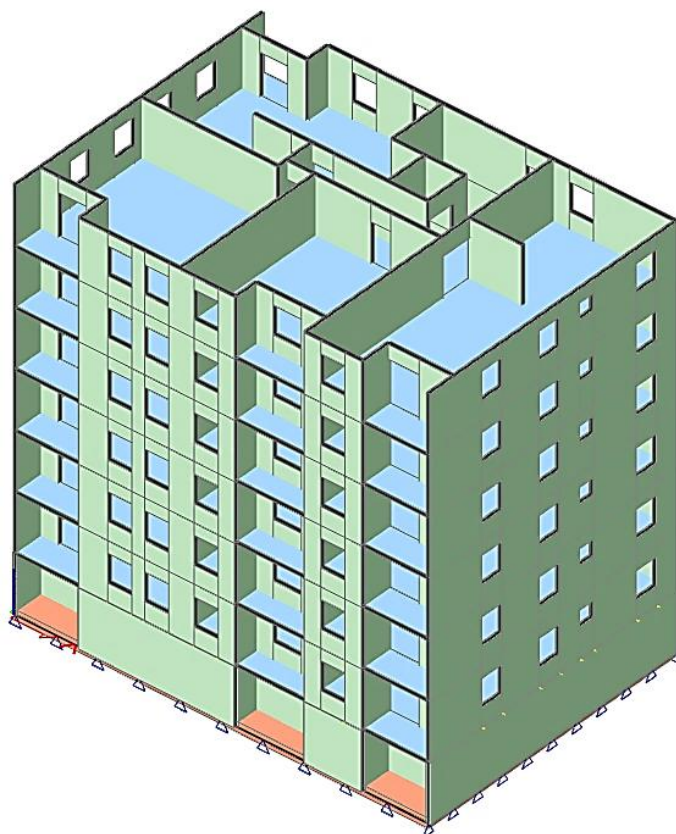
Prostorni model zgrade opterećen je stalnim opterećenjem (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje), te promjenjivim opterećenjem.

Za djelovanje potresa na zgradu upotrijebljena je višemodalna spektralna analiza. Spektralna analiza je metoda linearnog dinamičkog modalnog proračuna pomoću spektra odgovora. Rezultati svakog moda ili vlastitog vektora kombinirani su SRSS metodom. U SRSS metodi niži tonovi značajnije doprinose maksimalnoj vrijednosti traženog odgovora, te se koristi za sustave kod kojih vlastite frekvencije nisu blizu jedna drugoj.

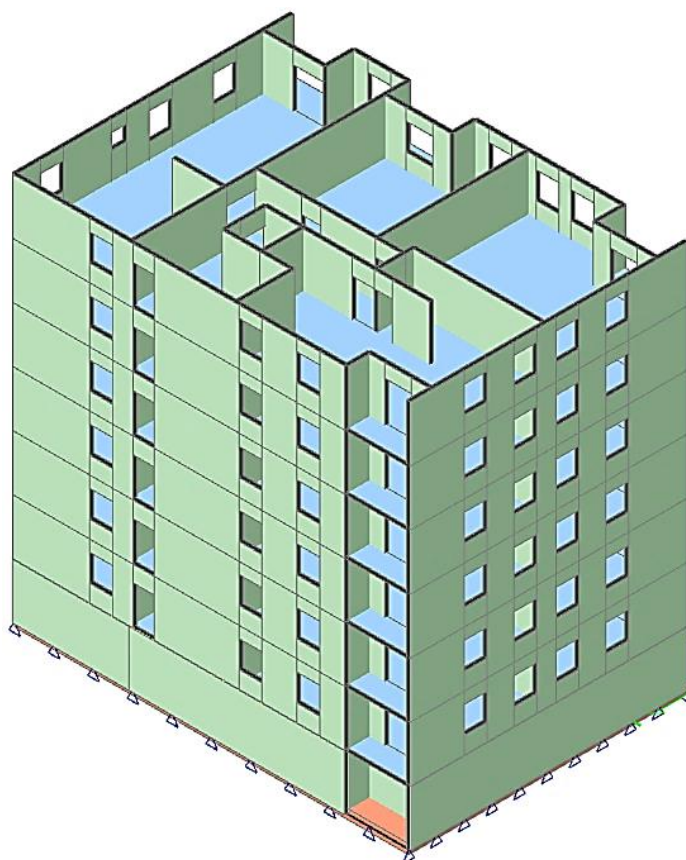
Model je proračunat računalnim programom „SCIA Engineer 19.1“. Za sve elemente zgrade korištena je linearno elastična analiza. Proračun je proveden pomoću metode konačnih elemenata.



Slika 3.1 Prikaz numeričkog modela zgrade sa upetim ležajevima



Slika 3.2 Prikaz numeričkog modela zgrade sa temeljnom pločom (pogled 1)



Slika 3.3 Prikaz numeričkog modela zgrade sa temeljnom pločom (pogled 2)

4. ANALIZA OPTEREĆENJA

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

Tablica 4.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

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

4.1 Međukatna konstrukcija katova

Opća djelovanja određena su prema HRN EN 1991-1-1:2012

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada (EN 1991-1-1:2002+AC:2009) i

HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012

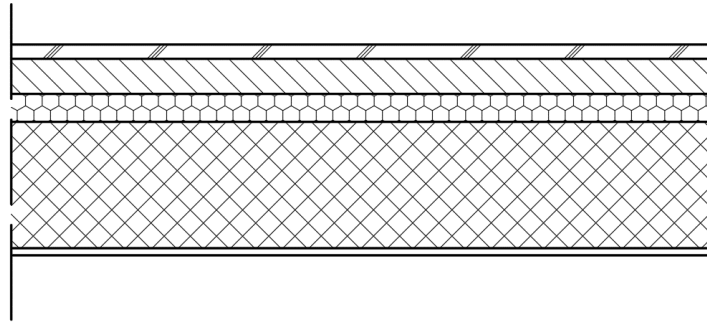
Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-1: Opća djelovanja – Obujamske težine, vlastite težine i uporabna opterećenja zgrada – Nacionalni dodatak

Napomena: Za potrebu izrade ovog diplomskog rada odabrani su određeni dijelovi norme koji su pojednostavljeni te je sve upute potrebno potražiti u navedenim normama!

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema slijedećem:

- Specifična težina armiranog betona iznosi $g=25.0 \text{ kN/m}^3$.
- Stalno opterećenje od vlastite težine elemenata armirano betonske konstrukcije sadržano je u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama poprečnih presjeka i zadanoj specifičnoj težini.

S obzirom da ima različitih slojeva međukatne konstrukcije ovisno o završnoj obradi i položaju međukatne konstrukcije u nastavku će biti analiziran jedan tip, dok u cjelini u kojem će se računati fizikalna svojstva zgrade (Cjelina 12.) biti će detaljno opisani svi slojevi međukatnih konstrukcija.



Slika 4.1 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije stanbenog prostora

Tablica 4.2 Slojevi međukatne ploče sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina γ (kN/m ³)	$d \cdot \gamma$ (kN/m ²)
Hodna obloga: parket u ljepilu	0,02	10,0	0,2
Plivajući cementni estrih, armiran	0,05	22,0	1,1
PE folija 0,015 mm, s preklopom d > 30 cm	-	-	-
Toplinsko-zvučna izolacija: ekspandirani polistiren (EPS 100) d=4,0 cm odgovarajuće klase gorivosti	0,04	0,12	0,0048
Armiranobetonska ploča, zaglađena, debljine prema statičkom proračunu	0,18	25,0	4,5
Završna obrada podgleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je: $\Delta g = 1,1 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno opterećenje spadaju instalacije, pregradni zidovi i ostali tereti. Za težinu instalacija uzeto je $0,5 \text{ kN/m}^2$, a za težinu pregradnih zidova $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Napomena: Opterećenje od težine slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu armiranobetonske ploče.

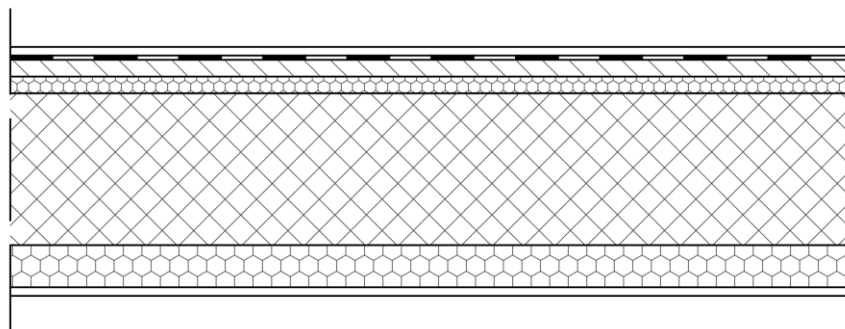
Ukupno dodatno stalno opterećenje $\Delta g = 2,6 \text{ kN/m}^2$.

Tablica 4.3 Uporabna opterećenja stropova u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012)

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k^3 [kN]
1	A	A1	Nestambena potkrovlja	Neprikladna za stanovanje no pristupačna potkrovlja do 1,8m svijetle visine	1,5	1,0
2		A2	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Stropovi sa zadovoljavajućom poprečnom raspodjelom opterećenja ^b u stambenim zgradama i kućama, sobama sa krevetima, bolnicama(spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćistima i pripadajuće kuhinje i kupaonice	1,5	-
3		A3		A2,ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja	2,0 ^c	1,0

Promjenjivo opterećenje $q=1,5 \text{ kN/m}^2$

4.2 Balkoni, lođe, terase



Slika 4.2 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije lođe

Tablica 4.4 Slojevi balkona, lođa sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina γ (kN/m ³)	$d*\gamma$ (kN/m ²)
Hodna obloga: protuklizne keramičke pločice u građevinskom ljepilu	0,01	14,0	0,14
Hidroizolacija: polimer-cementni premaz u dva sloja	0,002	-	-
Plivajući cementni estrih, armiran, izveden u padu	0,05	22,0	1,1
PE folija 0,015 mm, s preklopom $d > 30 \text{ cm}$	-	-	-

Toplinsko-zvučna izolacija: Ekstrudirani polistiren (XPS) odgovarajuće klase gorivosti za eliminaciju toplinskih mostova	0,02	0,2	0,004
Armiranobetonska ploča, zaglađena, debljine prema statičkom proračunu	0,18	25,0	4,5
Toplinska izolacija: Lamele mineralne vune za eliminaciju toplinskih mostova	0,05	0,12	0,006
Polimer-cementno ljepilo u dva sloja s utisnutom alkalno otpornom staklenom mrežicom	0,005	15	0,075
Impregnacija	-	-	-
Završna obrada podgleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je: $\Delta g = 1,3 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno opterećenje spadaju, zaštitna ograda i ostali tereti. Njihova sveukupna težina uzeta je $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Napomena: Opterećenje od težine slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu armiranobetonske ploče.

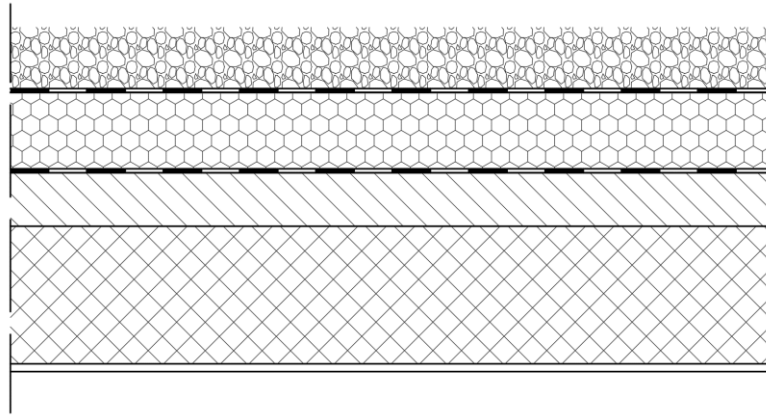
Ukupno dodatno stalno opterećenje $\Delta g = 2,3 \text{ kN/m}^2$.

Tablica 4.5 Uporabna opterećenja balkona u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012)

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	q_k [kN/m ²]	Q_k^3 [kN]
22	P^g		Pristupi, balkoni i sl.	Krovne terase, trjemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti	4,0	2,0

Promjenjivo opterećenje $q = 4,0 \text{ kN/m}^2$

4.3 Krovna konstrukcija



Slika 4.3 Grafički prikaz slojeva krovne konstrukcije

Tablica 4.6 Slojevi krova sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina γ (kN/m ³)	$d \cdot \gamma$ (kN/m ²)
Šljunak ili betonske ploče	0,05 ili 0,03	18,0 ili 22	1,44
Geotekstil	0,00013	-	0,005
Jednoslojna hidroizolacijska TPO membrana	0,0015	-	-
Termoobrađeni geotekstil	0,00013	-	0,003
Toplinsko-zvučna izolacija: Ekstrudirani polistiren (XPS) odgovarajuće klase gorivosti	0,1	0,2	0,02
Parna brana	0,005	-	-
Betonska zaglađena podloga u nagibu min 1,5 %	0,07	23,0	1,61
Armiranobetonska ploča, zaglađena, debljine prema statičkom proračunu	0,18	25,0	4,5
Završna obrada podgleda	-	-	-

Napomena: U analizi opterećenja krovne konstrukcije za završni sloj je dan izbor između šljunka i betonskih ploča. U 12. cjelini za analizu toplinskih svojstava krova izabrane su betonske ploče kao završna obrada.

Opterećenje od težine slojeva poda je: $\Delta g = 3,0 \text{ kN/m}^2$, u dodatno stalno opterećenje spadaju instalacije, i ostali tereti. Njihova sveukupna težina uzeta je $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Napomena: Opterećenje od težine slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu armiranobetonske ploče.

Ukupno dodatno stalno opterećenje $\Delta g = 4,0 \text{ kN/m}^2$.

Tablica 4.7 Uporabna opterećenja krovova kategorije H (HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012)

Krov		q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Kategorija H	Nagib krova $\leq 20^\circ$	0,6	1,0
	Nagib krova $\geq 40^\circ$	0,0	1,0

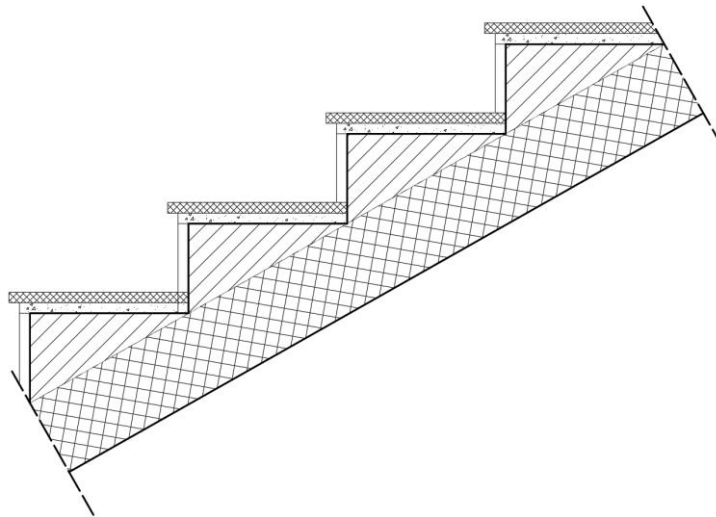
* Za nagibe između 20° i 40° vrijednosti q_k može se odrediti linearnom interpolacijom.

NAPOMENA 1: Opterećenje q_k djeluje na ploštini A koja predstavlja cijelu ploštinu krova.

NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenje djeluje vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.

Promjenjivo opterećenje $q=1,0$ kN/m²

4.4 Stubište



Slika 4.4 Grafički prikaz slojeva konstrukcije stubišta

Tablica 4.8 Slojevi stubišta sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina γ (kN/m ³)	$d \cdot \gamma$ (kn/m ²)
Završna obrada gazišta (kamena ploča)	0,02	28,0	0,56
Cementni namaz	0,01	20,0	0,20
Stuba	0,08	24,0	1,92
Armirano betonska ploča, zaglađena, debljine prema statičkom proračunu	0,16	25,0	4,0
Završna obrada podgleda	-	-	-

Napomena: Opterećenje od težine slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu armiranobetonske ploče.

Ukupno dodatno stalno opterećenje $\Delta g=2,7$ kN/m².

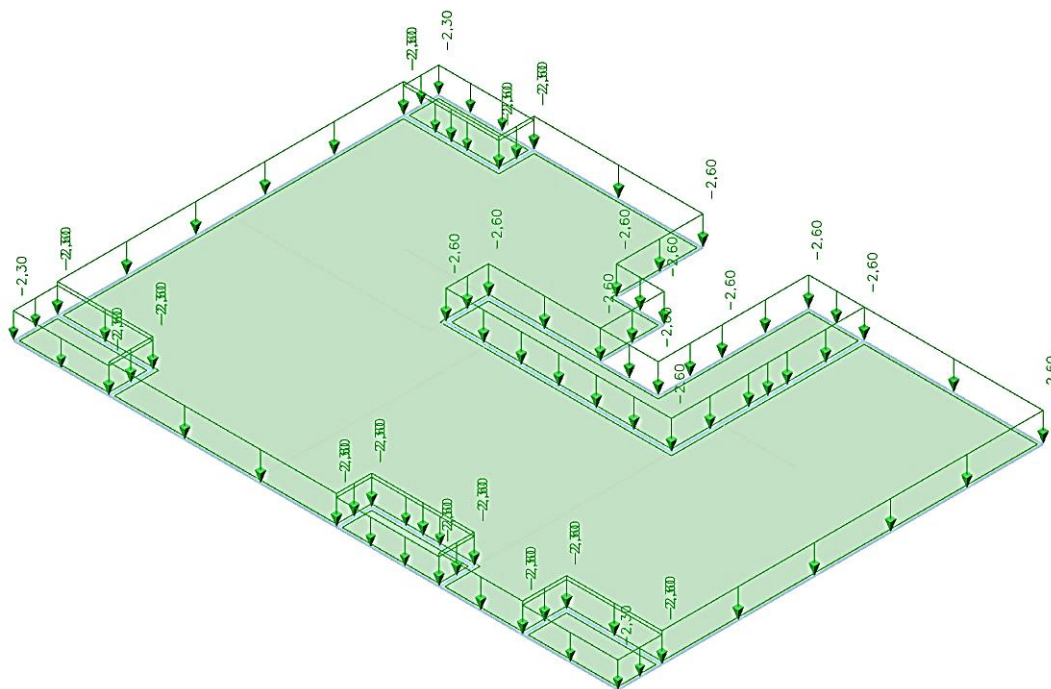
Tablica 4.9 Uporabna opterećenja stubišta u zgradama (HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012)

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

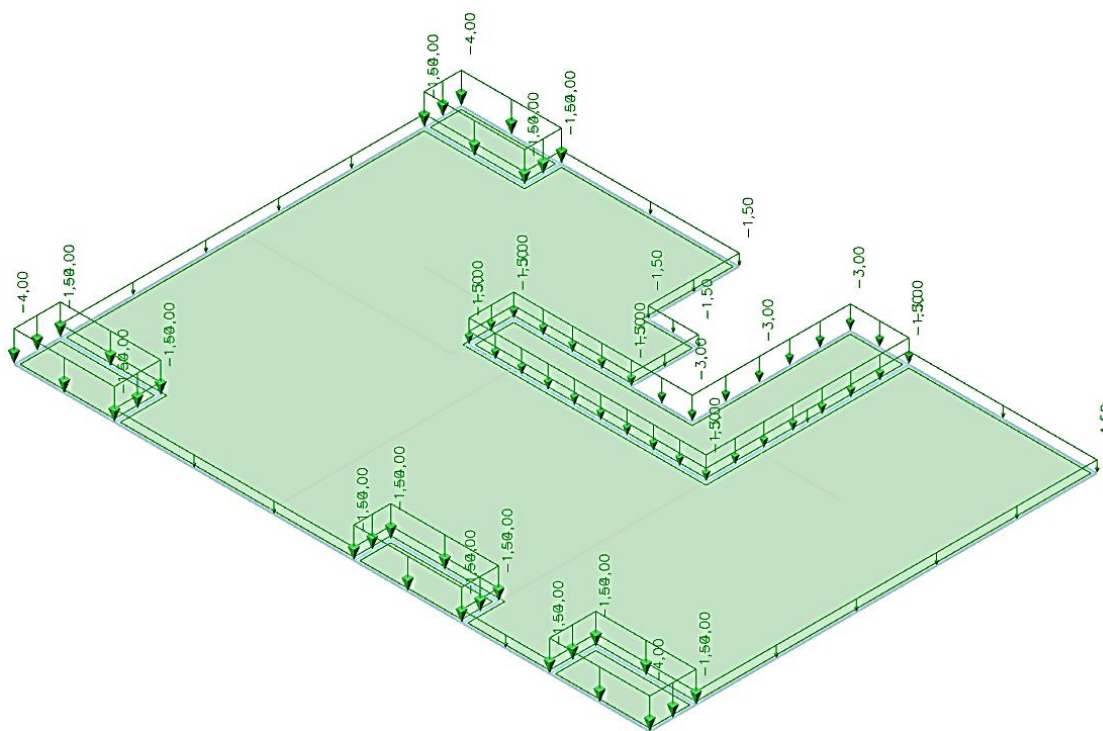
Promjenjivo opterećenje $q=3,0$ kN/m²

4.5 Prikaz djelovanja

4.5.1 Međukatna ploča

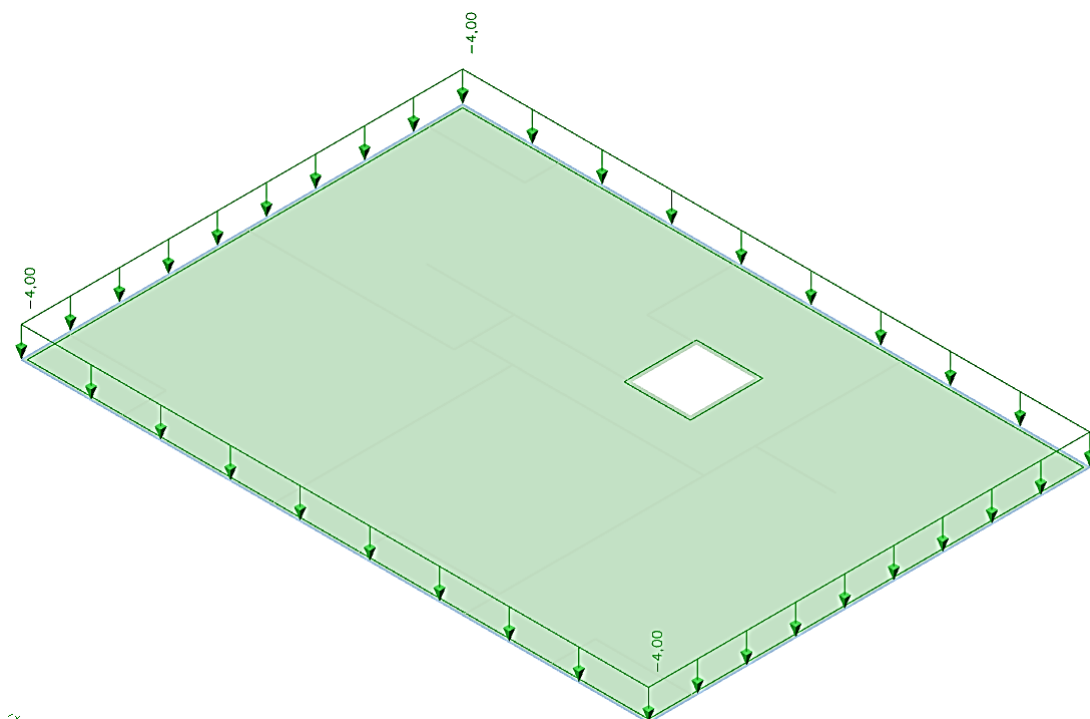
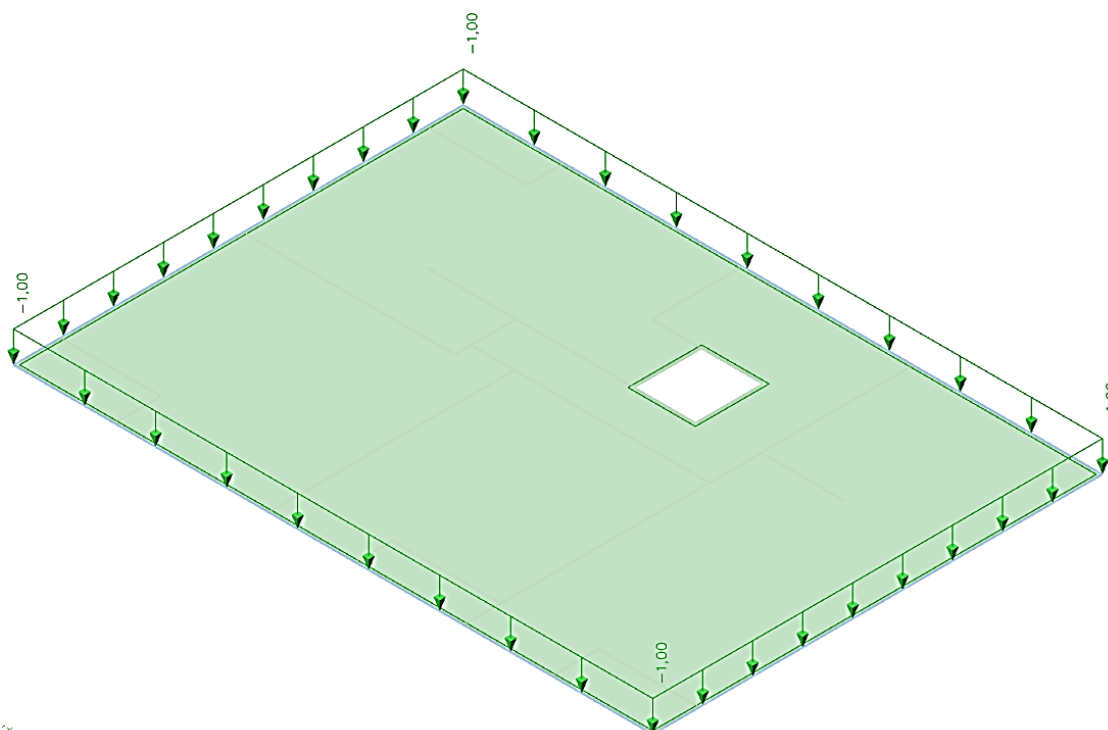


Slika 4.5 Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m^2)

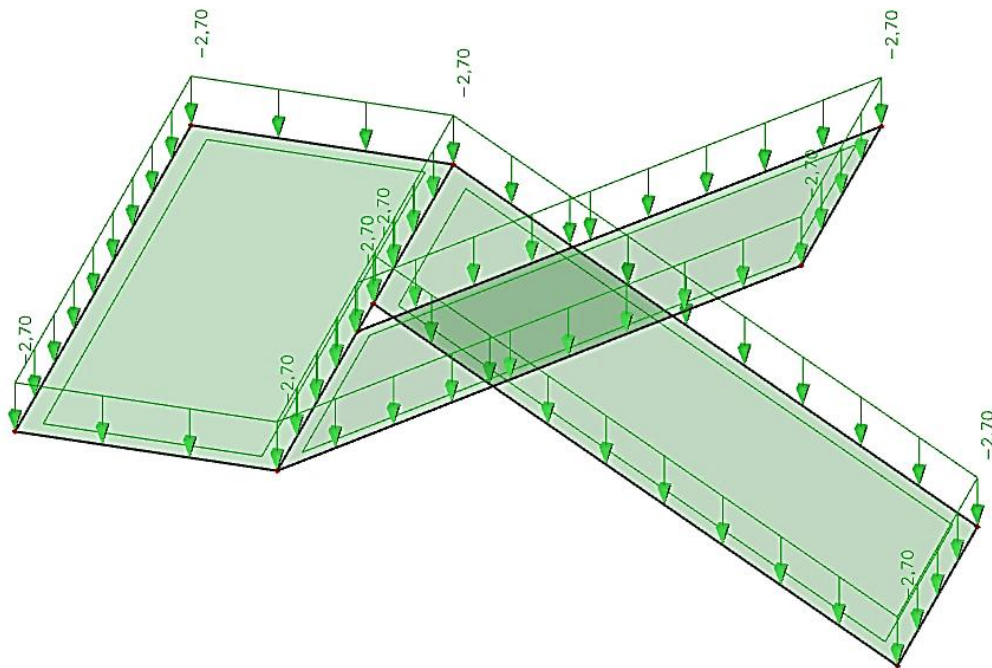


Slika 4.6 Promjenjivo djelovanje q (kN/m^2)

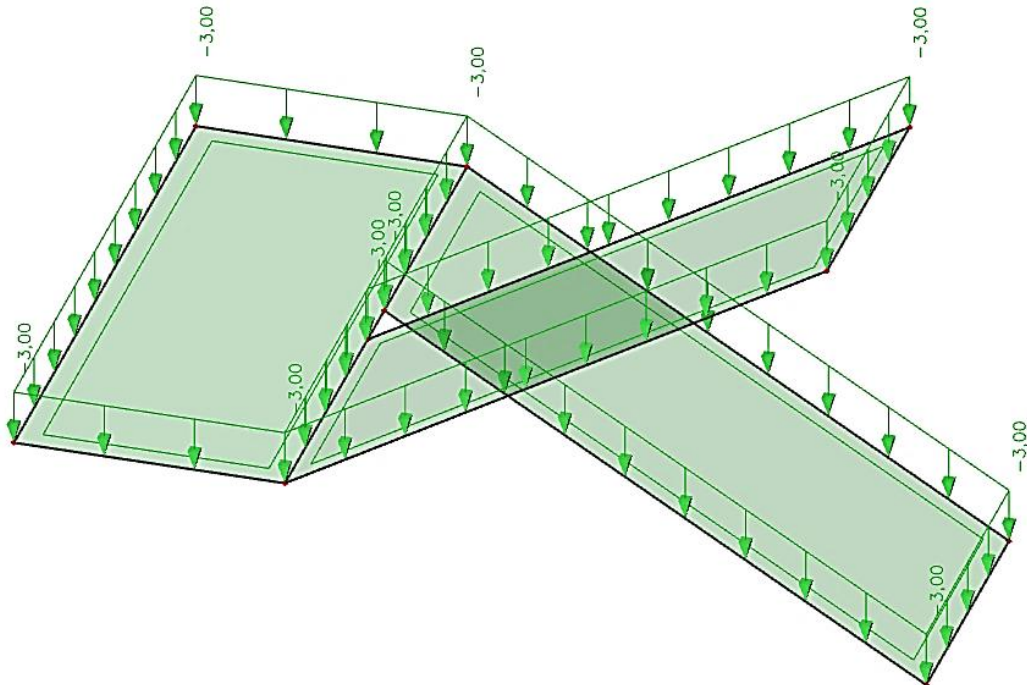
4.5.2 Krovna ploča

Slika 4.7 Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m^2)Slika 4.8 Promjenjivo djelovanje q (kN/m^2)

4.5.3 Stubište



Slika 4.9 Dodatno stalno djelovanje Δg (kN/m^2)



Slika 4.10 Promjenjivo djelovanje q (kN/m^2)

4.6 Djelovanje snijega na konstrukciju

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

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom (EN 1991-1-3:2003+AC:2009) i

HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom – Nacionalni dodatak

Opterećenje snijegom na tlu definirano je na godišnjoj vjerojatnosti premašaja od 0,02 uključujući izuzetna opterećenja snijegom. Opterećenje snijegom definirano je slijedećom jednadžbom:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.1)$$

gdje je:

μ_i - koeficijent oblika opterećenja snijegom (ovisno o vrsti krova pogledat sliku 4.11)

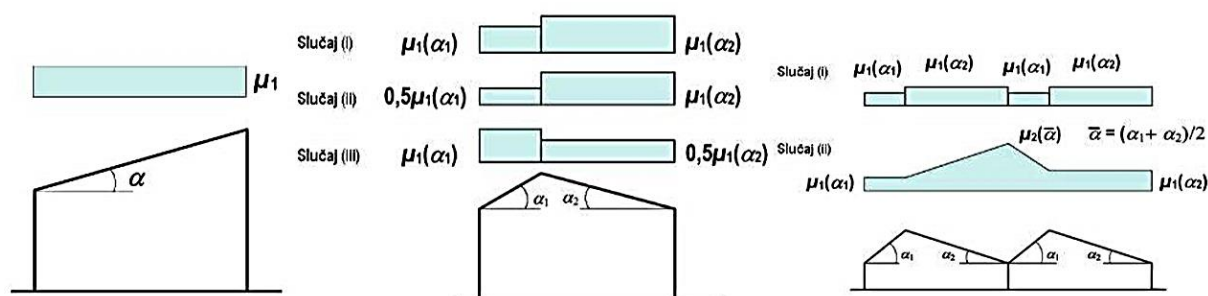
C_e - koeficijent izloženosti (pogledat tablicu 4.10)

C_t - toplinski koeficijent = 1,0

s_k - karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu

Tablica 4.10 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom (HRN EN 1991-1-3:2012)

Kut nagiba krova α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	-



Slika 4.11 Koeficijenti oblika za krov HRN EN 1991-1-3:2012)

Odabrano: $\mu_1=0,8$

Tablica 4.11 Vrijednosti koeficijenta C_e s obzirom na različite oblike terena
(HRN EN 1991-1-3:2012)

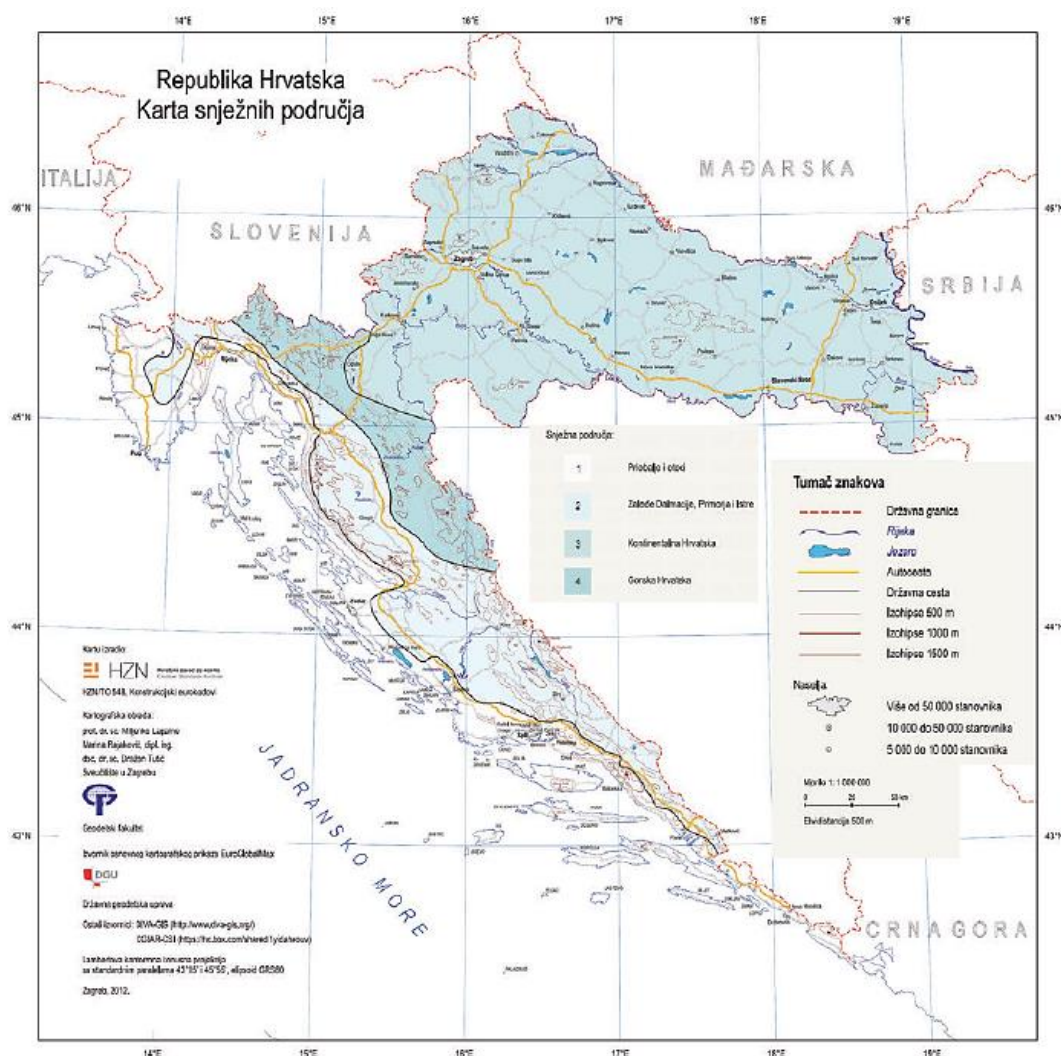
Oblik terena	C_e
Izložen vjetru ^a	0,8
Uobičajen ^b	1,0
Zaklonjen ^c	1,2

a Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem.

b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drveća.

c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružena drugim visokim građevinama.

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



Slika 4.12 Karta snježnih područja RH

Tablica 4.12 Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

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

Građevina se nalazi u Splitu odnosno u 1. području, stoga je $s_k=0,50$ kN/m².

Izračunate vrijednosti koeficijenta uvrštavamo u jednadžbu 4.1 i dobivamo opterećenje snijegom.

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

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

Napomena: U ovoj cjelini je prikazan detaljan postupak određivanja opterećenja snijegom u svrhu diplomskog rada. S obzirom na lokaciju građevine utjecaj snijega nije značajan te se neće u proračunima koristiti.

4.7 Djelovanje vjetra na konstrukciju

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

Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra (EN 1991-1-4:2005+AC:2010+A1:2010) i

HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012

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

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

Osnovna brzina vjetra definirana je jednadžbom:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.2)$$

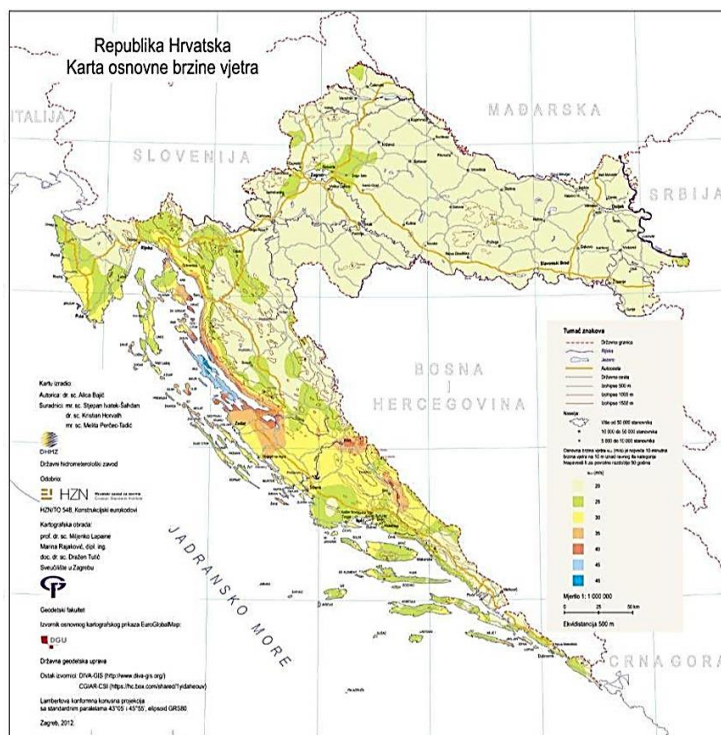
gdje je:

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

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

$v_{b,0}$ - fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (10 m iznad tla kategorije terena II)

$v_{b,0}$ se određuje iz karte osnovne brzine vjetra koja je sastavni dio nacionalnog dodatka (HRN EN 1991-1-4:2012/NA)



Slika 4.13 Karta osnovne brzine vjetra za RH (DHMZ)

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

Uvrštavanje određenih vrijednosti koeficijenata u jednadžbu 4.2.

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

Osnovni tlak vjetra je:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.3)$$

gdje je:

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

Uvrštavanje osnovne brzine vjetra i gustoće zraka u jednadžbu 4.3.

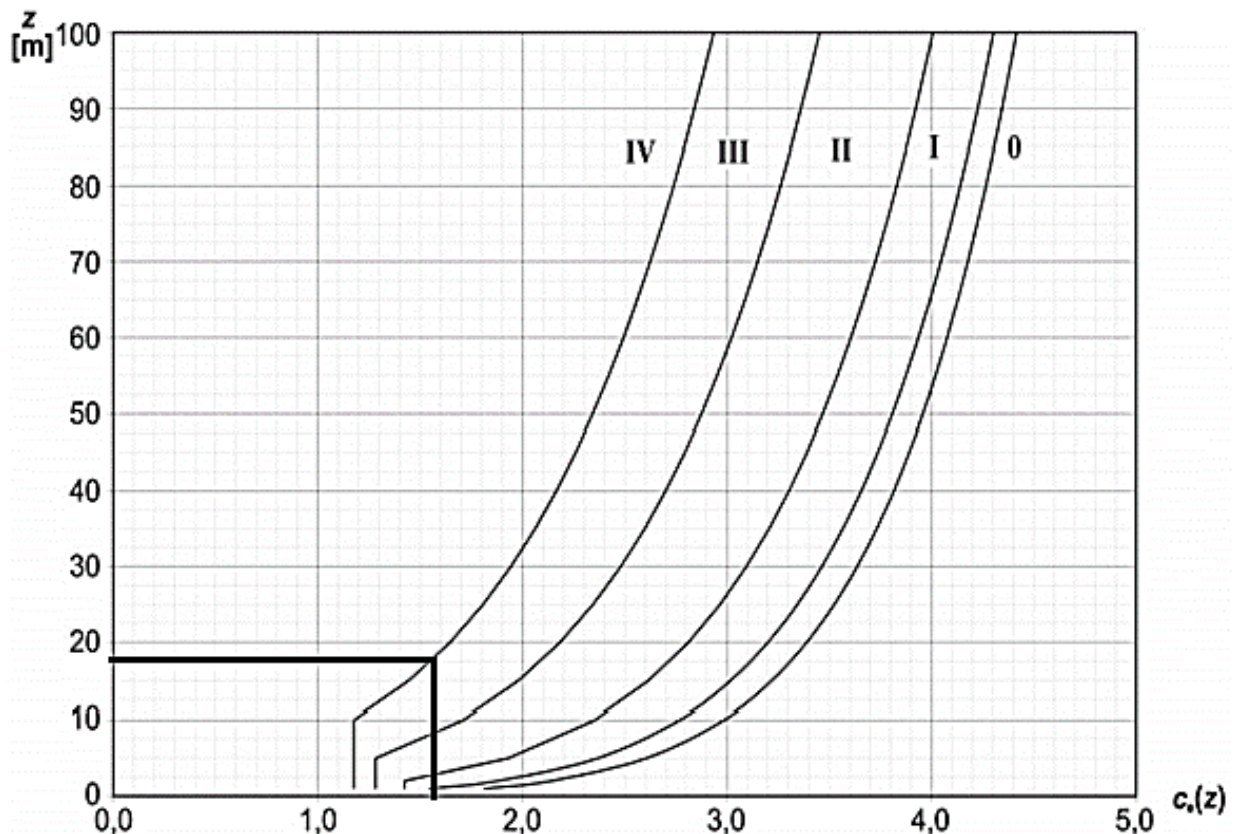
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30,0^2 = 390 \text{ N/m}^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Tlak pri vršnoj brzini vjetra:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.4)$$

gdje je:

$c_e(z)$ koeficijent izloženosti ovisan o visini iznad tla (z) i kategoriji terena (slika 4.14)



Slika 4.14 Grafički prikaz koeficijenta izloženosti $c_e(z)$ kao funkcija visine iznad terena z , za $c_o=1,0$ (koeficijent vertikalne razvedenosti terena) i $k_1=1,0$ (koeficijent turbulencije) (HRN EN 1991-1-4:2012)

Tablica 4.13 Kategorije terena i parametri terena s preporučenim vrijednostima za z_0 (duljina hrapavosti) i z_{min} (najmanja visina) (HRN EN 1991-1-4:2012)

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

Za kategoriju terena IV i visinu od 17,9 metara iznad tla sa slike 4.14 očitana je vrijednost koeficijenta $c_e(z) = 1,55$.

Uvrštavanje vrijednosti koeficijenta $c_e(z)$ i osnovnog tlaka vjetra u jednadžbu 4.4

$$q_p(z) = 1,55 \cdot 0,39 = \mathbf{0,605 \text{ kN/m}^2}$$

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

4.8 Djelovanje potresa na konstrukciju

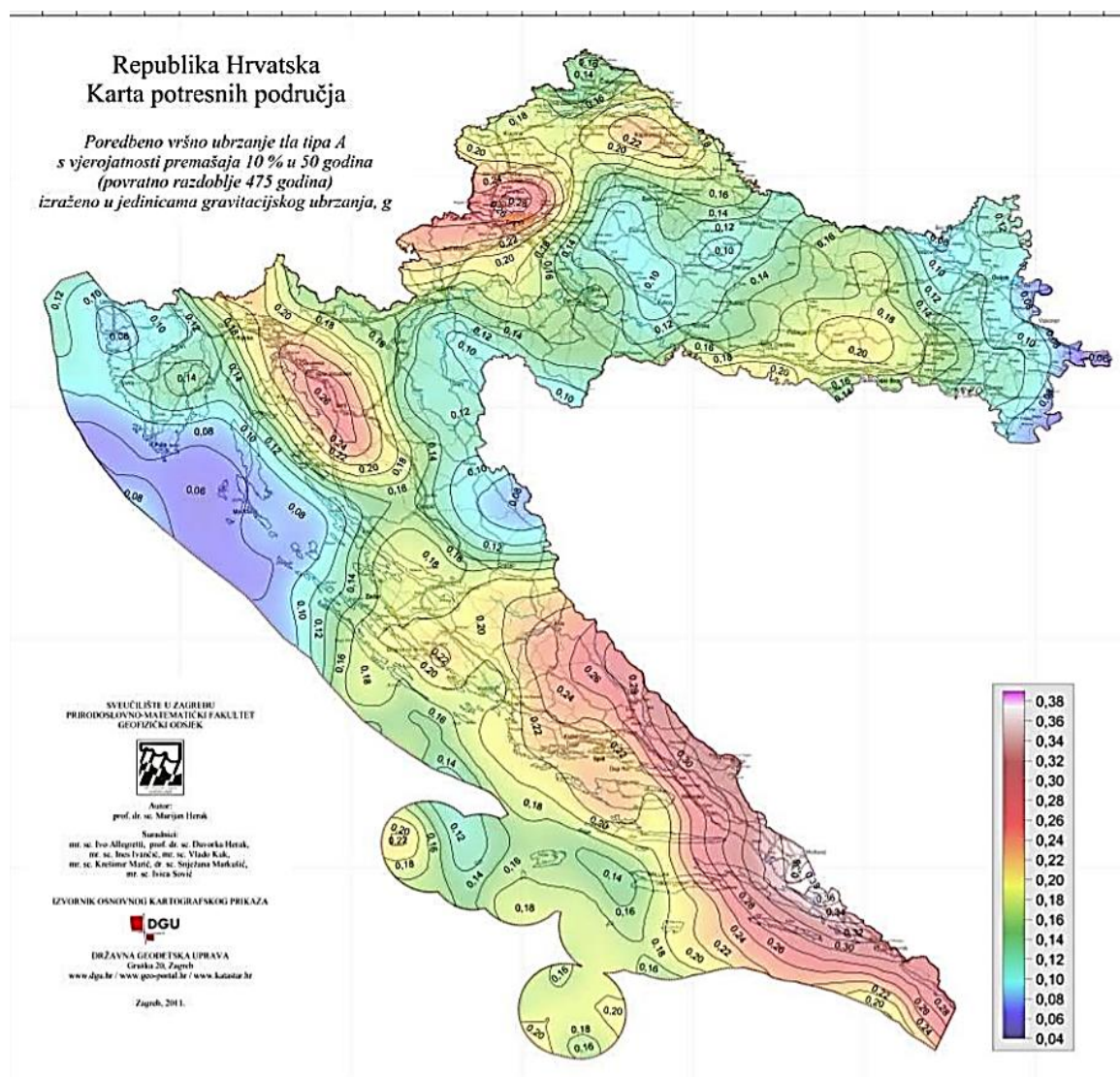
Djelovanje potresa određeno je prema HRN EN 1998-1:2011.

EN 1998-1 sadrži posebna pravila za različite konstrukcijske materijale i elemente koja se odnose posebno na zgrade i to:

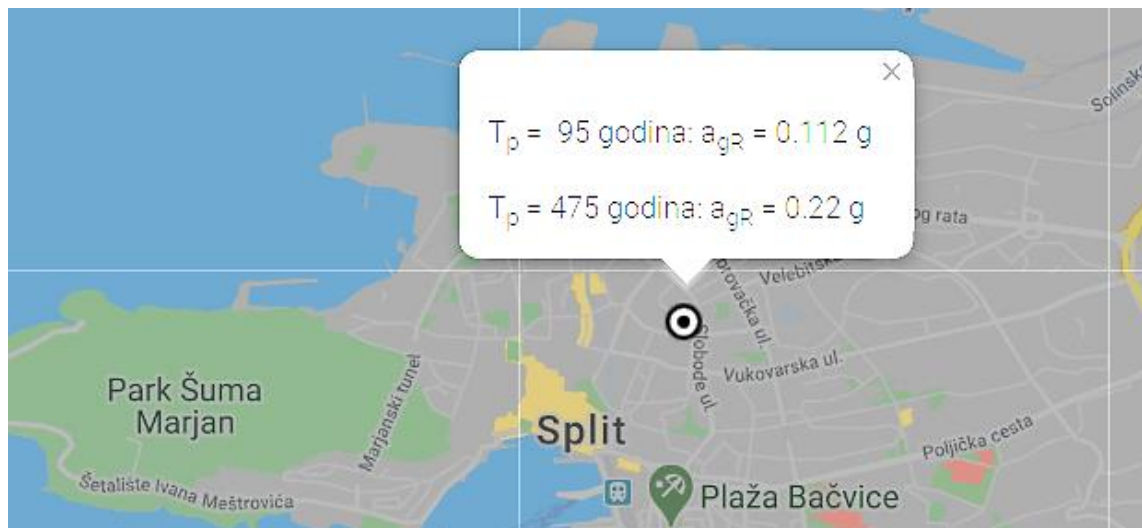
– 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade

Konstrukcija mora biti projektirana i izvedena tako da se odupre proračunskom potresnom djelovanju bez lokalnog ili globalnog rušenja zadržavajući cjelovitost i nosivost nakon potresa. Konstrukcija mora biti proračunata i izvedena tako da se odupre potresnom djelovanju koje ima veću vjerojatnost pojave od proračunskog potresnog djelovanja, bez pojave oštećenja i njima pridruženih ograničenja upotrebe, troškova koji bi bili ne srazmjerno veliki u usporedbu s cijenom same konstrukcije.

U nastavku je priložena karata s tumačem koja je sastavni dio nacionalnog dodatka norme HRN EN 1998-1:2001/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcije – 1. dio: opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade.



Slika 4.15 Karta potresnih područja Republike Hrvatske



Slika 4.16 Prikaz parametara za lokaciju predmetne građevine

Računsko ubrzanje tla:

Za povratni period od 475 godina, životni vijek građevine 50 godina i prateću vjerojatnost od 10 % vršno ubrzanje za granično stanje nosivosti je $a_g=0,22g = 2,158 \text{ m/s}^2$.

Za povratni period od 95 godina, životni vijek građevine 10 godina i prateću vjerojatnost od 10 % vršno ubrzanje za granično stanje uporabljivosti je $a_g=0,112g = 1,098 \text{ m/s}^2$.

Tablica 4.14 Razredi važnosti za zgrade (HRN EN 1998-1:2011)

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

Za razred važnosti II vrijednost faktora važnosti $\gamma_I=1,0$

Razred duktilnosti: DCM

Opterećenja koja djeluju na konstrukciju:

g - vlastita težina

Δg - dodatno stalno

q - korisno opterećenje

S_x - potresno opterećenje u smjeru x (zadan spektar odgovora za smjer $x + 30\%$ spektra odgovora za smjer y)

S_y - potresno opterećenje u smjeru y (zadan spektar odgovora za smjer $y + 30\%$ spektra odgovora za smjer x)

T_x - slučajni utjecaj torzije za potresno opterećenje u smjeru x

T_y - slučajni utjecaj torzije za potresno opterećenje u smjeru y

4.8.1 Faktor ponašanja

Konstrukcija se projektira na seizmičke sile manje od onih kada je odgovor linearan, na taj način se osigurava nelinearno ponašanje konstrukcije odnosno konstrukcija se plastično deformira. Faktorom ponašanja se osigurava sposobnost konstrukcije da apsorbira i gubi energiju unesenu potresnom što se ostvaruje oštećenjem konstrukcije. Proračun se temelji na spektru odziva koji je umanjen u odnosu na elastični spektar. To je proračunski spektar koji se dobije tako da se elastični spektar reducira s faktorom ponašanja q .

Faktor ponašanja q definiran je slijedećim izrazom:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (4.5)$$

gdje je:

q_0 - osnovni faktor ponašanja koji ovisi o tipu konstrukcije i duktilnosti (pogledat tablicu 4.15)

k_w - faktor prevladavajućeg sloma (pogledat jednadžbu 4.7)

*Tablica 4.15 Osnovne vrijednosti faktora ponašanja q_0 za sustave pravilne po visini
(HRN EN 1998-1:2011)*

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustavi, dvojni sustavi, sustavi povezanih zidova	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

α_1 - množitelj horizontalnog seizmičkog djelovanja pri pojavi prvog plastičnog zgloba

α_u - množitelj horizontalnog seizmičkog djelovanja pri pojavi mehanizma.

Za DCM i sustav povezanih zidova q_0 je:

$$q_0 = 3,0 \cdot \alpha_u/\alpha_1 \quad (4.6)$$

Za dvojne sustave istovrijedni zidnim i sustave povezanih zidova $\alpha_u/\alpha_1=1,2$

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

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

$$k_w = \begin{cases} 1,0 & \text{za ovirne sustave i dvojne sustave istovrijedne okvirnim} \\ \frac{1+\alpha_0}{3} \leq 1 & \text{ali ne manje od 0,5 za zidne sustave, sustve istovrijedne zidnim} \end{cases} \quad (4.7)$$

gdje je:

α_0 – prevladavajući geometrijski omjer zidova konstrukcijskog sustava koji je određen slijedećim izrazom:

$$\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}} \quad (4.8)$$

gdje je:

h_{wi} - visina zida i

l_{wi} - duljina presjeka zida

$$\alpha_0 = \frac{182,7}{128,2} = 1,43$$

Napomena: visina zida uzeta je od razine tla.

Za zidne sustave, sustave istovrijedne zidnim i torzijski savitljive sustave

$$k_w = \frac{1 + \alpha_0}{3} = \frac{1 + 1,43}{3} = 0,81$$

Faktor ponašanja q iznosi:

$$\begin{aligned} q &= q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \\ q &= 3,6 \cdot 0,81 = \mathbf{2,92} \end{aligned} \quad (4.5)$$

4.8.2 Slučajni utjecaj torzije

Kako bi se u obzir uzele nesigurnosti u položaju masa i prostorne promjene potresnog gibanja, smatra se da je proračunato središte masa u svakom stropu pomaknuto iz svog nazivnog položaja u svakom smjeru za slučajnu ekscentričnost:

$$e_i = 0,05 \cdot L_i \quad (4.9)$$

gdje je:

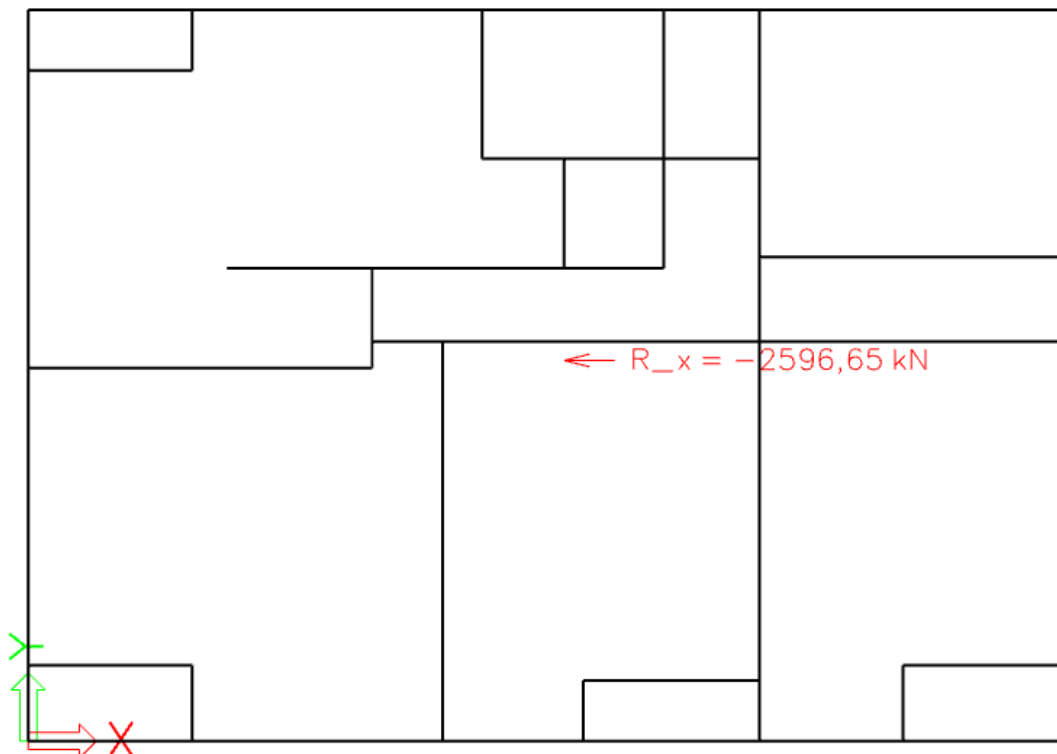
e_i – slučajna ekscentričnost mase i od svojeg nazivnog položaja uzeta u svim stropovima u istom smjeru

L_i – dimenzija stropa okomito na smjer potresnog djelovanja

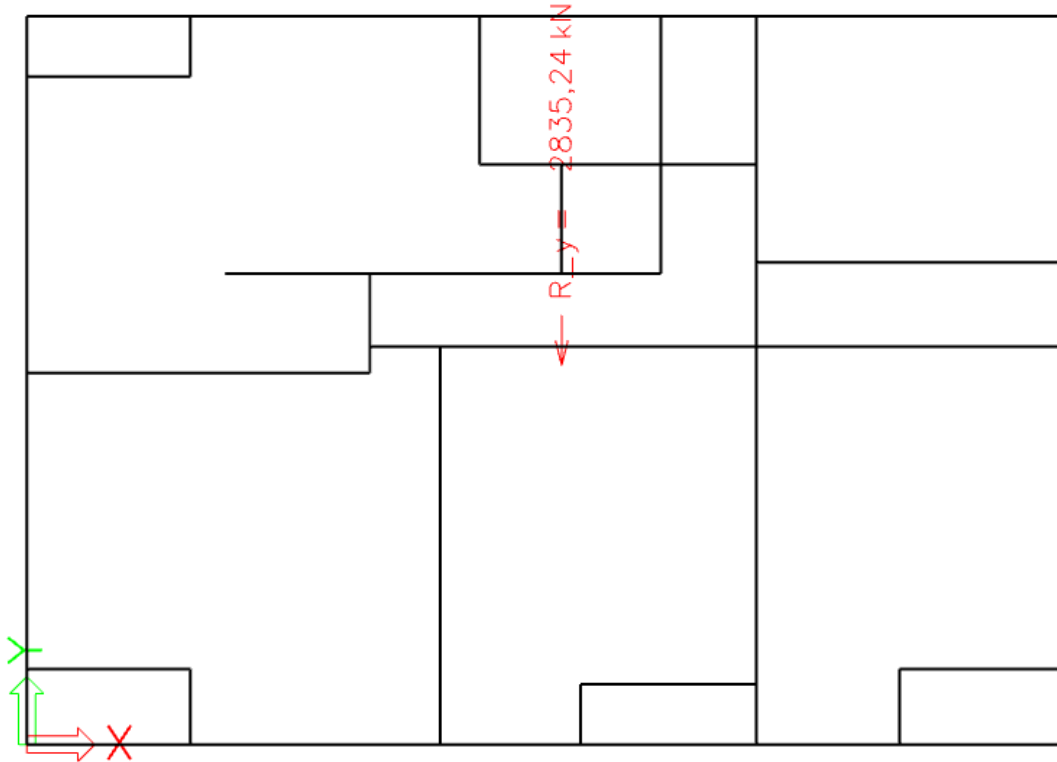
Slučajni utjecaj torzije izražava se preko torzijskih momenata M_x i M_y oko vertikalne osi.

$$M_i = e_i \cdot F_i \quad (4.10)$$

Gdje će se kao F_i uzeti ukupne reakcije cijele građevine na potresno opterećenje u smjerovima x i y .



Slika 4.17 Ukupna reakcija R_x (kN) za potresno djelovanje S_x



Slika 4.18 Ukupna reakcija R_y (kN) za potresno djelovanje S_y

Za potresno djelovanje u smjeru x ukupna reakcija $R_x = 2596,65$ kN koja daje torzijski moment M_x .

$$M_x = 0,05 \cdot 14,7 \cdot 2596,65 = 1908,55 \text{ kNm}$$

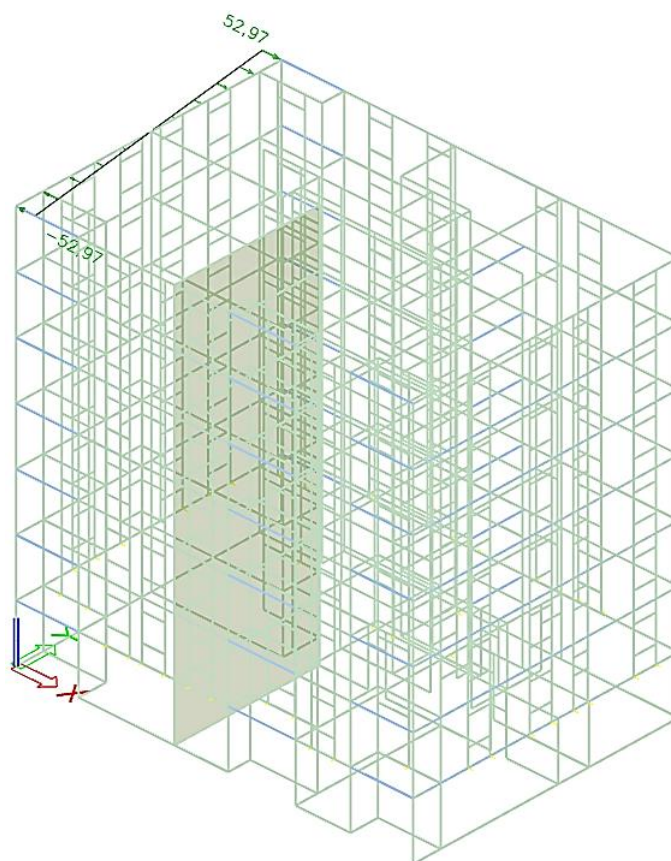
Utjecaj ovog momenta na konstrukciju prikazat će se preko trokutastog raspodijeljenog opterećenja koje tvori spreg sila dajući moment od 1908,55 kNm.

$$\begin{aligned}
 M_x &= Q_x \cdot L_y & (4.11) \\
 M_x &= q_x \cdot \frac{L_y}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} L_y \\
 1908,55 &= q_x \cdot \frac{14,7}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 14,7 \\
 q_x &= 52,97 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

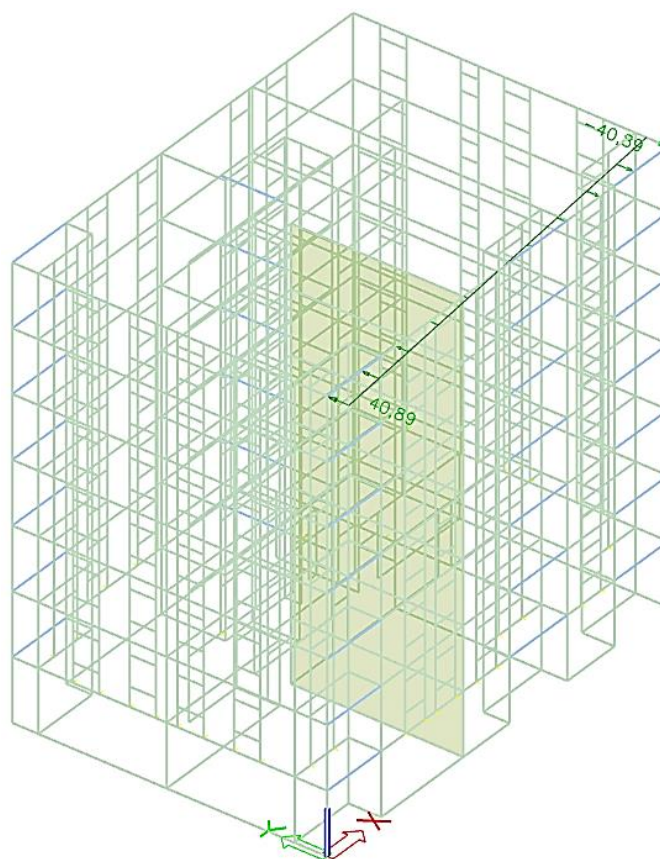
Za potresno djelovanje u smjeru y ukupna reakcija $R_y = 2835,24$ kN koja daje torzijski moment M_y .

$$M_y = 0,05 \cdot 20,8 \cdot 2835,24 = 2948,65 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= Q_y \cdot L_x & (4.12) \\
 2948,65 &= q_y \cdot \frac{20,8}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 20,8 \\
 q_y &= 40,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Slika 4.19 Slučajni utjecaj torzije u smjeru x

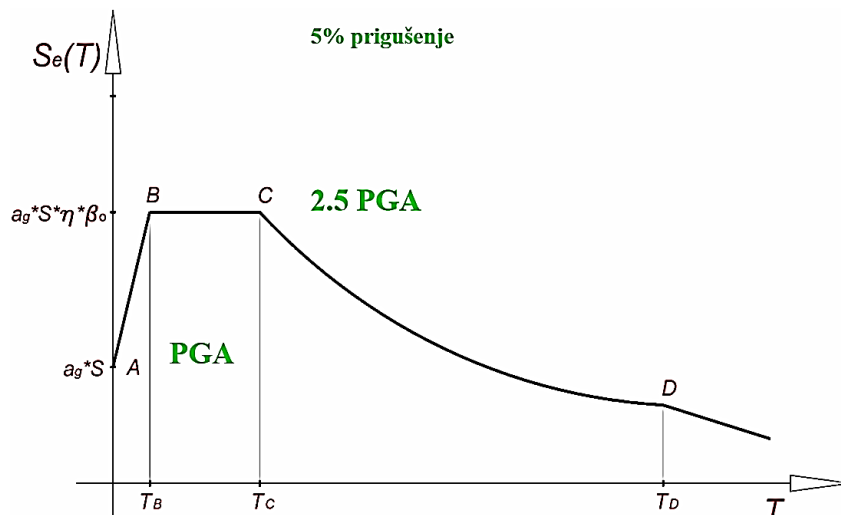


Slika 4.20 Slučajni utjecaj torzije u smjeru y

4.9 Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize prema EC8-EN 1998-1:2011 pomoću računalnog programa koristeći prostorni model konstrukcije

4.9.1 Ulazni proračunski spektar

Kao što je rečeno u cjelini 4.8.1 proračun se temelji na spektru odziva koji je umanjen u odnosu na elastični spektar. To je proračunski spektar koji se dobije tako da se elastični spektar reducira s faktorom ponašanja q .



Slika 4.21 Europski opći elastični spektar; kvantifikacija djelovanja potresa povratnog perioda 475 godina

Gdje je:

$S_e(T)$ – elastični spektar odziva

T – period vibracija linearnog sustava s jednim stupnjem slobode

a_g – proračunsko ubrzanje na temeljnom tlu tip A

T_B – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

T_C – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

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

S – faktor tla

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

Tablica 4.16 Prikaz karakterističnih perioda u ovisnosti o tipu tla (HRN EN 1998-1:2011)

Tip tla	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Spektar tipa 1, Klasa tla A: $S = 1$; $T_B = 0,15$; $T_C = 0,40$; $T_D = 2,0$

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]; \quad 0 \leq T \leq T_B \quad (4.13)$$

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

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

$$S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}; \quad T_B \leq T \leq T_C \quad (4.14)$$

$$S_d(T = 0,2) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,92} = 0,188g = 1,85 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

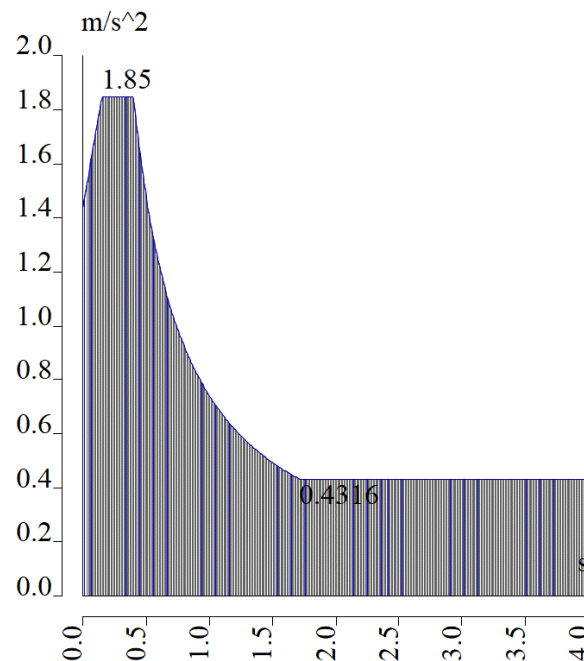
$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} & ; \quad T_C \leq T \leq T_D \\ \geq \beta \cdot a_g & \end{cases} \quad (4.15)$$

$$S_d(T = 0,4) = S_d(T = 0,2) = 1,85 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} & ; \quad T_D \leq T \\ \geq \beta \cdot a_g & \end{cases} \quad (4.16)$$

$$S_d(T = 2,0) = 0,22g \cdot 1,0 \cdot \frac{2,5}{2,92} \cdot \frac{0,4}{2,0} = 0,038g = 0,37 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

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



Slika 4.22 Grafički prikaz proračunskog spektra

4.9.2 Rezultati modalne analize

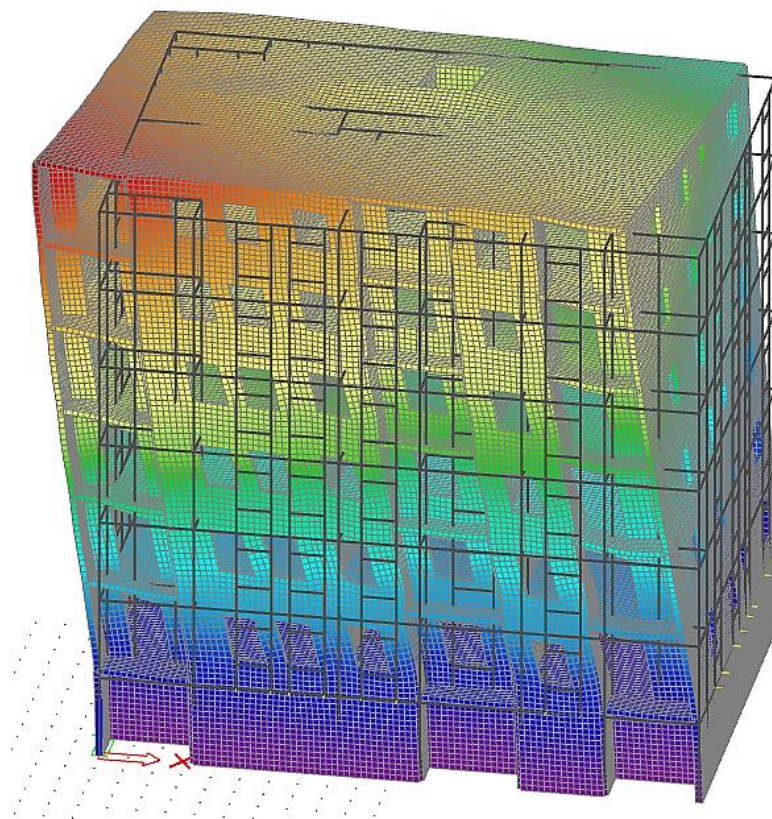
Tablica 4.17 Prikaz sudjelujućih masa

Relative modal masses

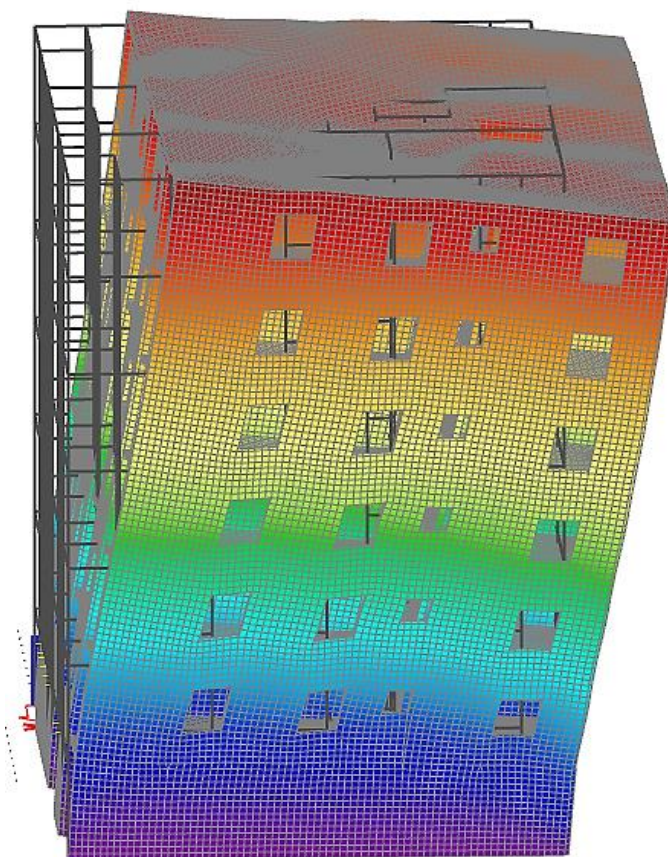
Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	W_{xi}/W_{xtot}	W_{yi}/W_{ytot}	W_{zi}/W_{ztot}	N_{xi_R}/W_{xtot_f}	N_{yi_R}/W_{ytot_f}	N_{zi_R}/W_{ztot_f}
1	32.2021	0,20	5,13	0,3531	0,2903	0,0000	0,0951	0,0958	0,0632
2	34.2903	0,18	5,46	0,3057	0,3985	0,0000	0,1330	0,0853	0,0014
3	47.0318	0,13	7,49	0,0430	0,0176	0,0000	0,0089	0,0176	0,6577
4	76.003	0,08	12,10	0,0034	0,0007	0,0688	0,0032	0,0282	0,0004
5	77.8286	0,08	12,39	0,0059	0,0002	0,0015	0,0019	0,0614	0,0001
6	79.0287	0,08	12,58	0,0006	0,0005	0,0640	0,0044	0,0044	0,0001
7	79.6131	0,08	12,67	0,0001	0,0000	0,0025	0,0001	0,0004	0,0000
8	80.0838	0,08	12,75	0,0001	0,0000	0,0037	0,0002	0,0013	0,0000
9	80.5919	0,08	12,83	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0002	0,0000
10	80.7976	0,08	12,86	0,0000	0,0000	0,0046	0,0002	0,0018	0,0000
11	85.1501	0,07	13,55	0,0040	0,0012	0,0838	0,0122	0,0441	0,0000
12	86.8278	0,07	13,82	0,0000	0,0000	0,0012	0,0001	0,0005	0,0000
13	87.4968	0,07	13,93	0,0000	0,0000	0,0010	0,0002	0,0007	0,0000
14	88.2985	0,07	14,05	0,0001	0,0000	0,0016	0,0002	0,0009	0,0000
15	88.7314	0,07	14,12	0,0000	0,0000	0,0012	0,0003	0,0006	0,0000
16	89.4341	0,07	14,23	0,0000	0,0000	0,0075	0,0013	0,0035	0,0000
17	93.0615	0,07	14,81	0,0026	0,0001	0,0666	0,0031	0,0123	0,0001
18	97.2124	0,06	15,47	0,0589	0,0280	0,0180	0,0859	0,1546	0,0028
19	99.3964	0,06	15,82	0,0086	0,0414	0,0872	0,1708	0,0335	0,0004
20	102.048	0,06	16,24	0,0000	0,0000	0,0024	0,0001	0,0048	0,0000
21	103.034	0,06	16,40	0,0006	0,0128	0,0823	0,0428	0,0040	0,0003
22	106.654	0,06	16,97	0,0001	0,0008	0,0016	0,0009	0,0000	0,0001
23	107.201	0,06	17,06	0,0054	0,0184	0,0146	0,0105	0,0000	0,0047
24	107.608	0,06	17,13	0,0019	0,0030	0,0006	0,0009	0,0001	0,0011
25	108.57	0,06	17,28	0,0002	0,0000	0,0004	0,0001	0,0000	0,0001
26	108.958	0,06	17,34	0,0038	0,0005	0,0034	0,0023	0,0009	0,0003
27	109.997	0,06	17,51	0,0216	0,0354	0,0083	0,0494	0,0068	0,0001
28	111.232	0,06	17,70	0,0007	0,0043	0,0054	0,0013	0,0018	0,0001
29	111.999	0,06	17,83	0,0019	0,0011	0,0006	0,0033	0,0041	0,0000
30	112.088	0,06	17,84	0,0024	0,0015	0,0007	0,0042	0,0048	0,0000
				0,8249	0,8564	0,5336	0,6367	0,5746	0,7329

Za proračun na potresno djelovanje korištena je višemodalna spektralna analiza u kojoj je uzeto 30 modova. Zbroj modalnih masa za 30 oblika koji su uzeti u proračunu iznosi 82,49 % za smjer x, a 85,64 % za smjer y. Prema HRN EN 1998-1:2011 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. Zbog toga je potrebno povećati potresne sile. Potresna sila u smjeru x kao i utjecaj slučajne torzije u tom smjeru povećat će se za faktor $k_x=1/0,825=1,22$. Potresna sila u smjeru y kao i utjecaj slučajne torzije u tom smjeru povećat će se za faktor $k_y=1/0,856=1,18$.

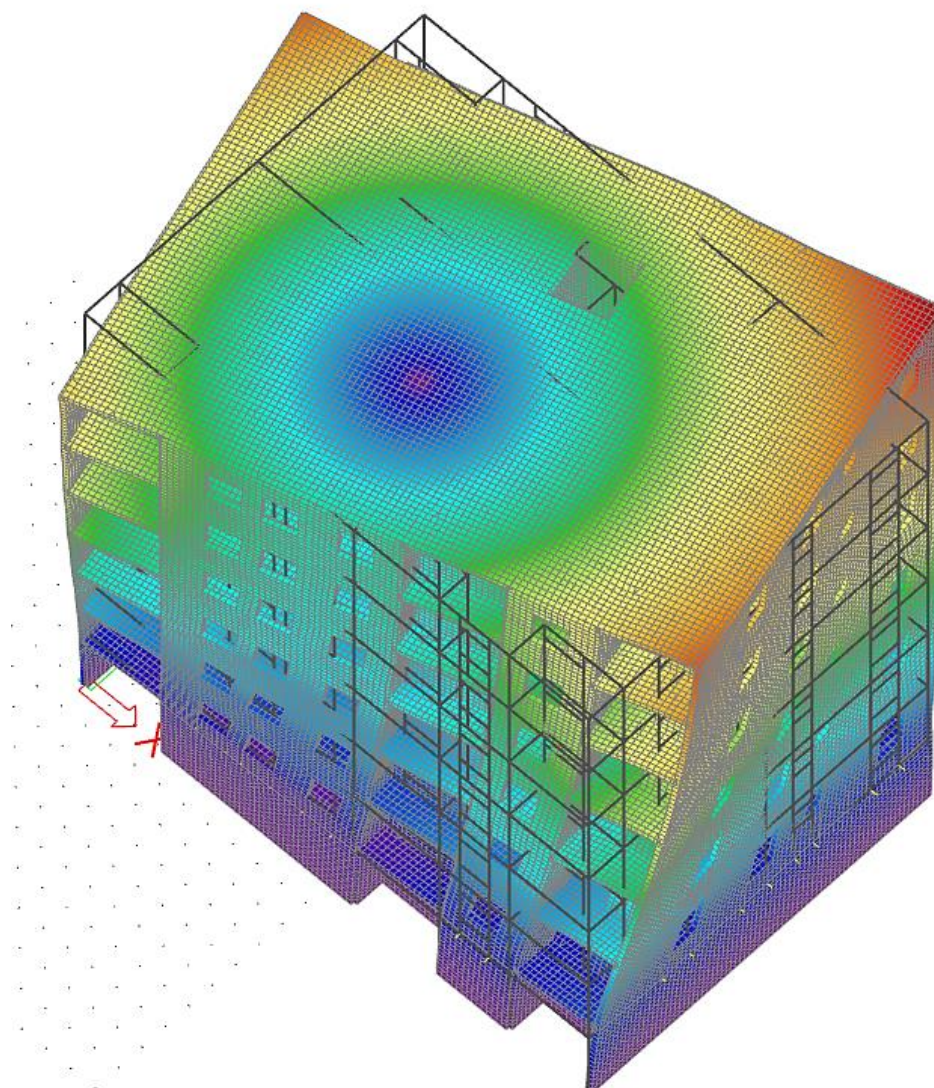
4.9.3 Prikaz vlastitih vektora



Slika 4.23 Grafički prikaz prvog vlastitog vektora; translacija u smjeru globalne osi x



Slika 4.24 Grafički prikaz drugog vlastitog vektora; translacija u smjeru globalne osi y



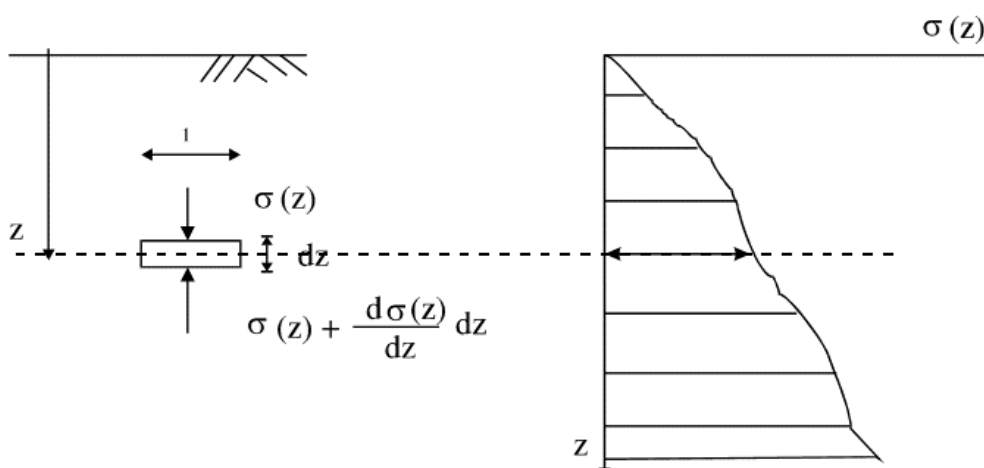
Slika 4.25 Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora; uvrtnje oko globalne osi z

4.10 Analiza opterećenja zasutog zida

Tablica 4.18 Podaci o djelovanjima na zasuti zid

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
$g_{z,h}$	Horizontalno geostatičko opterećenje
$q_{dod,h}$	Dodatno horizontalno opterećenje
$S_{z,h}$	Opterećenje od tla uslijed potresa

Naprezanje u tlu je zapravo pritisak koji se javlja zbog vlastite težine tla i nekog lokalnog opterećenja koje djeluje na površini. Naprezanje na dubini z djeluje u svim točkama promatranog elementa tla. Budući da se tlo sastoji od čestica i pora, a pritisak se prenosi dodirnom površinom čestica, ovim principom dobivanje naprezanja je komplicirano. Zato se to zanemaruje te kao geostatičko naprezanje dobivamo kao jednoliko raspodijeljeno opterećenje po ukupnoj površini na koju opterećenje djeluje.



Slika 4.26 Geostatičko vertikalno naprezanje

Odnos između horizontalnog i vertikalnog naprezanja izražava se preko koeficijenta bočnog naprezanja:

$$K = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (4.17)$$

U slučaju kada nema horizontalne deformacije tla tada je koeficijent bočnog naprezanja K jednak koeficijentu tlaka bočnog mirovanja K_0 .

Vertikalno geostatičko naprezanje dobivamo iz izraza:

$$\sigma_v = \gamma_z \cdot h \quad (4.18)$$

Specifična težina tla $\gamma_z = 20 \text{ kN/m}^3$

$$\sigma_v = 20 \cdot 2,9 = 58,0 \text{ kN/m}^2$$

Horizontalno geostatičko naprezanje dobivamo iz izraza:

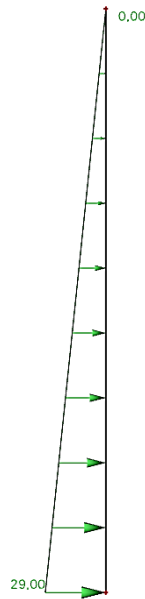
$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_0 \quad (4.19)$$

Gdje je $K_0 \approx 0,5$

$$\sigma_h = 58,0 \cdot 0,5 = 29,0 \text{ kN/m}^2$$

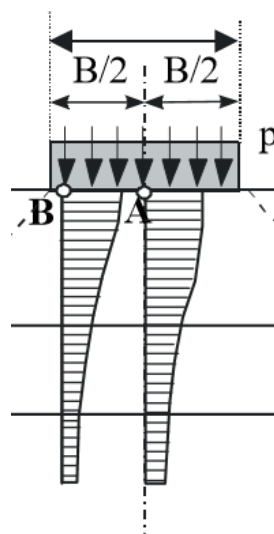
Budući da djelovanje okolnog tla promatramo na 1 metar zida tada je horizontalno geostatičko opterećenje:

$$\sigma_h = \mathbf{29,0 \text{ kN/m}}$$



Slika 4.27 Geostatičko horizontalno opterećenje

Dodatno naprezanje u tlu uglavnom nastaje zbog opterećenja na ograničenoj površini tla. Opterećenje može ležati na površini tla ili biti na nekoj relativnoj maloj dubini u odnosu na površini. Naprezanje od dodatnog opterećenja je najveće na kontaktu opterećenja i površine tla te se smanjuje po dubini tla. Kako bismo bili na strani sigurnosti dodatno vertikalno naprezanje uzimamo da je konstantno po dubini tla.



Slika 4.28 Dodatno vertikalno naprezanje

Omogućen je pristup vozila građevini, te kao karakteristično vozilo uzeto je vatrogasno vozilo koje daje dodatno vertikalno naprežanje od 10 kN/m^2 . Budući da djelovanje okolnog tla promatramo na 1 metar zida tada dobivamo dodatno vertikalno opterećenje od 10 kN/m .

Dodatno horizontalno opterećenje dobivamo iz izraza:

$$\sigma_{\text{dod,h}} = \sigma_{\text{dod,v}} \cdot K_0 \quad (4.20)$$

$$\sigma_{\text{dod,h}} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ kN/m}$$

Kinematičko djelovanje tla kod prolaza potresa modeliramo kao konstantno opterećenje po dubini tla koje određujemo prema slijedećem izrazu:

$$S_{z,h} = \alpha \cdot S \cdot \gamma_z \cdot h \quad (4.21)$$

Gdje je:

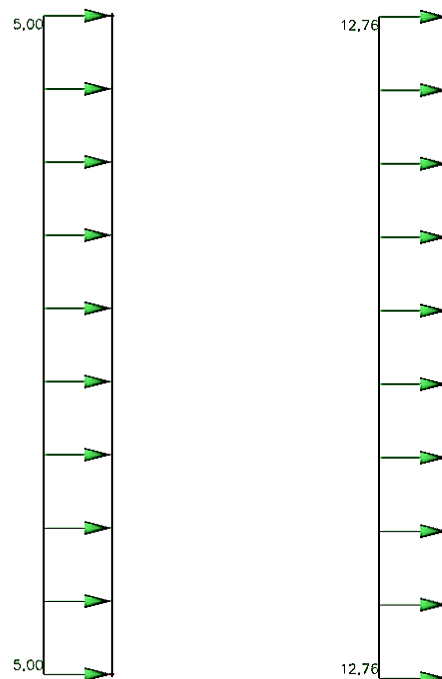
S - parametar tla; za tip tla A $\rightarrow S=1,0$ (tablica 4.16)

γ_z - Specifična težina tla; $\gamma_z = 20 \text{ kN/m}^3$

$$\alpha = \frac{a_g}{g} \quad (4.22)$$

$$\alpha = \frac{0,22g}{g} = 0,22$$

$$S_{z,h} = 0,22 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 2,9 = 12,76 \text{ kN/m}$$



Slika 4.29 Dodatno horizontalno opterećenje (lijevo);
Opterećenje od tla uslijed potresa (desno)

5. KOMBINAICJE DJELOVANJA

5.1 Granično stanje nosivosti

Za dokaz nosivosti elemenata konstrukcije predmetne građevine osnovna djelovanja kombiniraju se za pojedina granična stanja i iznose:

$$\text{GSN-1 } 1,35*(g + \Delta g) + 1,5*q$$

g – vlastita težina (g)

Δg - dodatno stalno djelovanje

q – vodeće promjenjivo djelovanje

Kombinaciju GSN-1 koristimo za proračun ploča i greda.

$$\text{GSN+S}_x\text{+T}_x \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,0*S_x + 1,0*T_x$$

$$\text{GSN+S}_x\text{+(-T}_x) \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,0*S_x + 1,0*(-T_x)$$

S_x – potresno djelovanje u smjeru x

$\pm T_x$ – slučajni utjecaj torzije u smjeru x

$$\text{GSN+S}_y\text{+T}_y \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,0*S_y + 1,0*T_y$$

$$\text{GSN+S}_y\text{+(-T}_y) \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,0*S_y + 1,0*(-T_y)$$

S_y – potresno djelovanje u smjeru y

$\pm T_y$ – slučajni utjecaj torzije u smjeru y

S obzirom na zaključke iznesene u cjelini 4.9.2 potresna sila S_x i slučajni utjecaj torzije T_x će se povećati za faktor $k_x = 1,22$. Potresna sila S_y i slučajni utjecaj torzije T_y će se povećati za faktor $k_y = 1,18$

$$\text{GSN+S}_x\text{+T}_x \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,22*1,0*S_x + 1,22*1,0*T_x$$

$$\text{GSN+S}_x\text{+(-T}_x) \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,22*1,0*S_x + 1,22*1,0*(-T_x)$$

$$\text{GSN+S}_y\text{+T}_y \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,18*1,0*S_y + 1,18*1,0*T_y$$

$$\text{GSN+S}_y\text{+(-T}_y) \quad 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q + 1,18*1,0*S_y + 1,18*1,0*(-T_y)$$

Od navedenih potresnih kombinacija napraviti će se anvelopa koja će se koristiti za proračun nosivih zidova.

$$\text{ANV-Potres } (\text{GSN+S}_x\text{+T}_x, \text{GSN+S}_x\text{+(-T}_x), \text{GSN+S}_y\text{+T}_y, \text{GSN+S}_y\text{+(-T}_y))$$

5.1.1 Granično stanje nosivosti - zasuti zid

$$\mathbf{GSN(ZZ)-1} \quad 1,0 \cdot g_{z,h} + 1,30 \cdot q_{\text{dod,h}}$$

$$\mathbf{GSN(ZZ)-2} \quad 1,0 \cdot g_{z,h} + 1,0 \cdot S_{z,h}$$

5.2 Granično stanje uporabljivosti

$$\mathbf{GSU-1} \quad (\text{česta kombinacija}) \quad \begin{array}{l} 1,0 \cdot (g + \Delta g) + \Psi_{1i} \cdot q \\ 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,5 \cdot q \end{array}$$

$\Psi_{1i}=0,5$ za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za čestu kombinaciju.

Česta kombinacija se koristi za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

$$\mathbf{GSU-2} \quad (\text{nazovistalna kombinacija}) \quad \begin{array}{l} 1,0 \cdot (g + \Delta g) + \Psi_{2i} \cdot q \\ 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q \end{array}$$

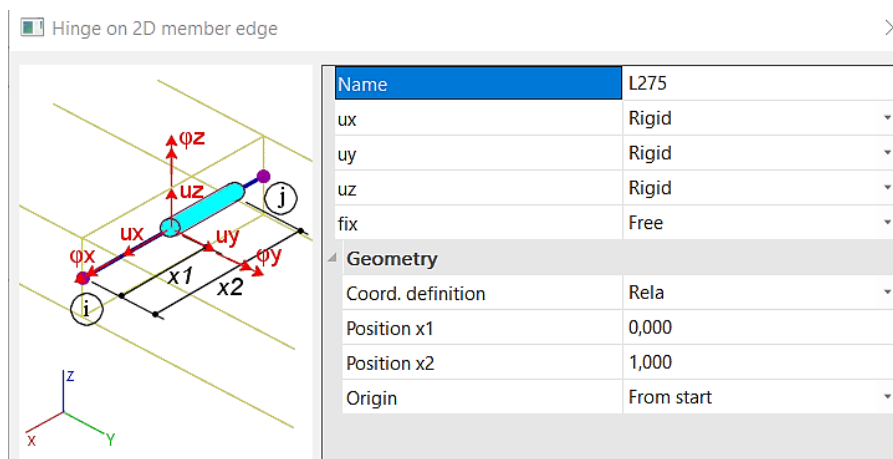
$\Psi_{2i}=0,3$ za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za nazovistalnu kombinaciju.

Nazovistalna kombinacija se koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima, te za kontrolu dugotrajnih progiba.

6. PRORAČUN KARAKTERISTIČNE MEĐUKATNE PLOČE

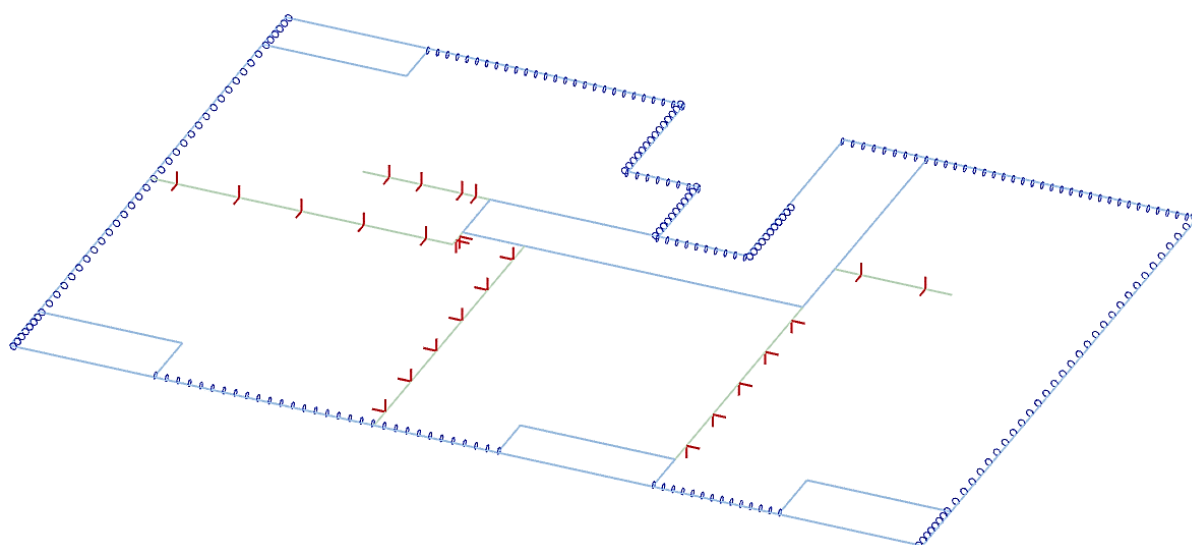
6.1 Prikaz modela i rezultata

U nastavku će se prikazati model međukatne ploče i rezultati unutarnjih sila. S obzirom da je analiza napravljena na prostornom modelu građevine spoj ploče sa zidom program automatski modelira kao upeti spoj. U tom bi se slučaju javljao velik moment na rubu što predstavlja nerealno ponašanje ploče, stoga se na rubovima ploče postavljaju linijski zglobovi.



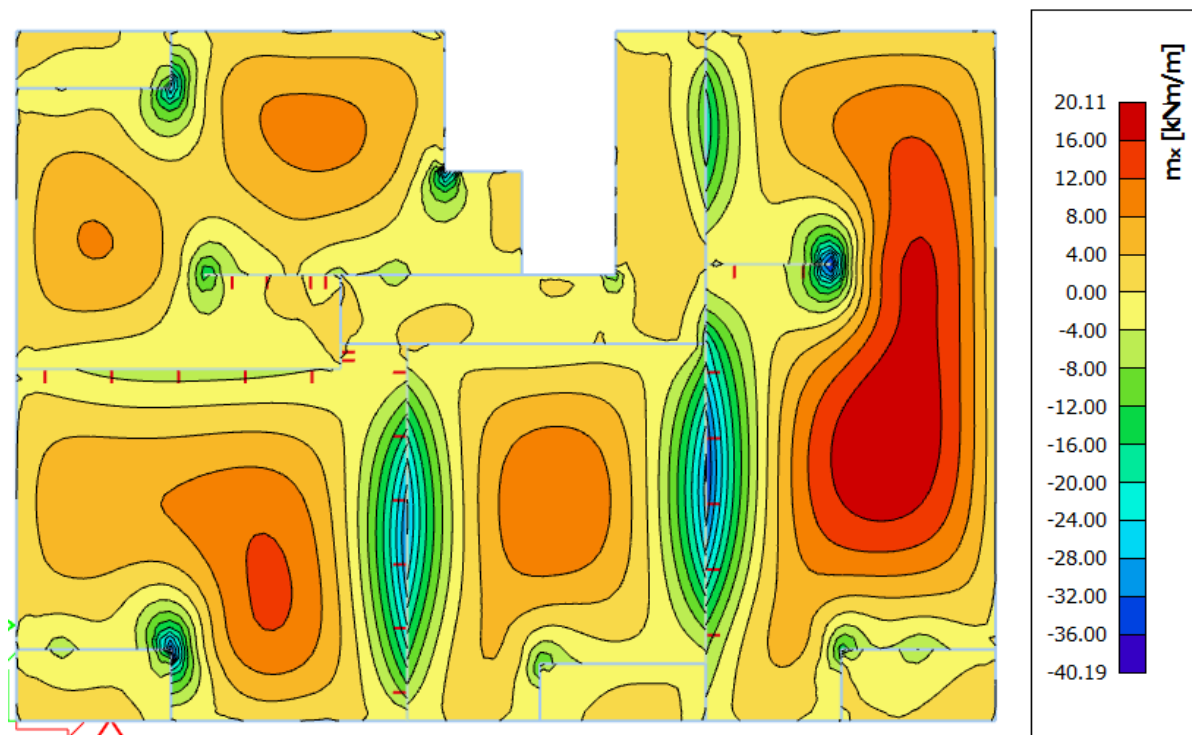
Slika 6.1 Prikaz oslobađanja zaokreta na rubovima ploče

Na ovaj način dopuštamo zaokret na rubovima ploče, te na mjestima oslobođenog zaokreta ne dolazi do javljanja momenta savijanja.

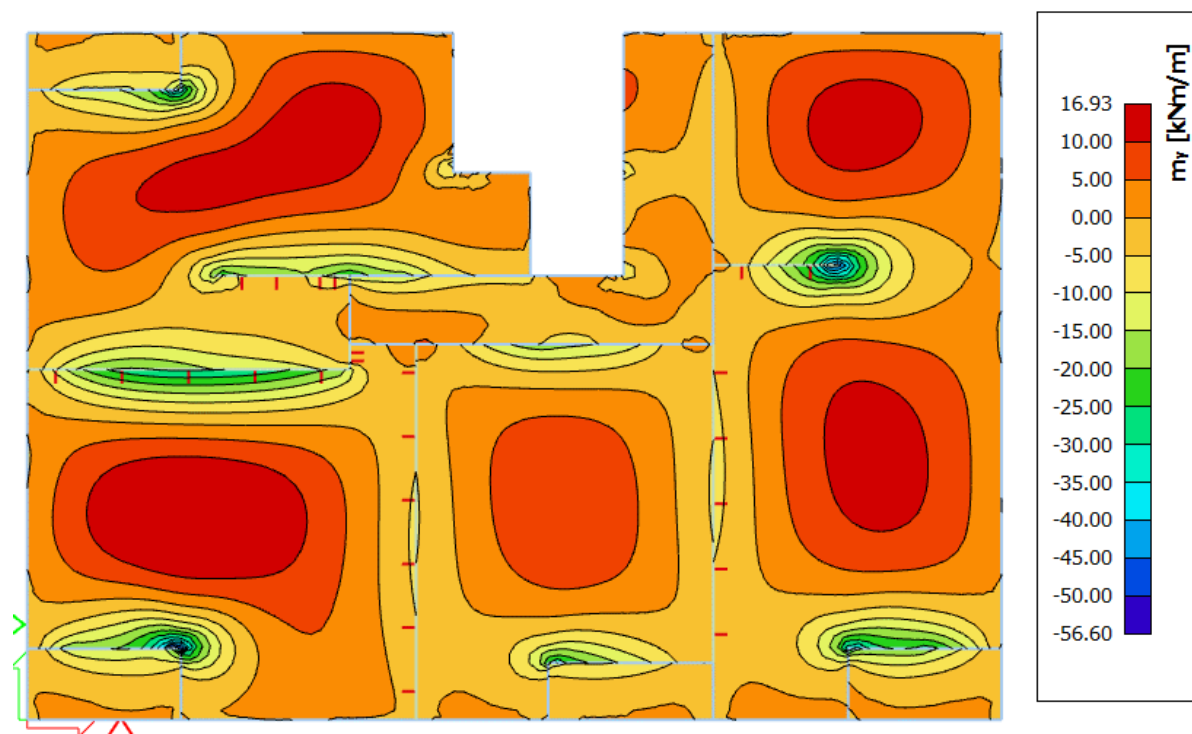


Slika 6.2 Grafički prikaz modela međukatne ploče

Momenti savijanja $M_{Ed,x}$ i $M_{Ed,y}$ za kombinaciju opterećenja GSN-1

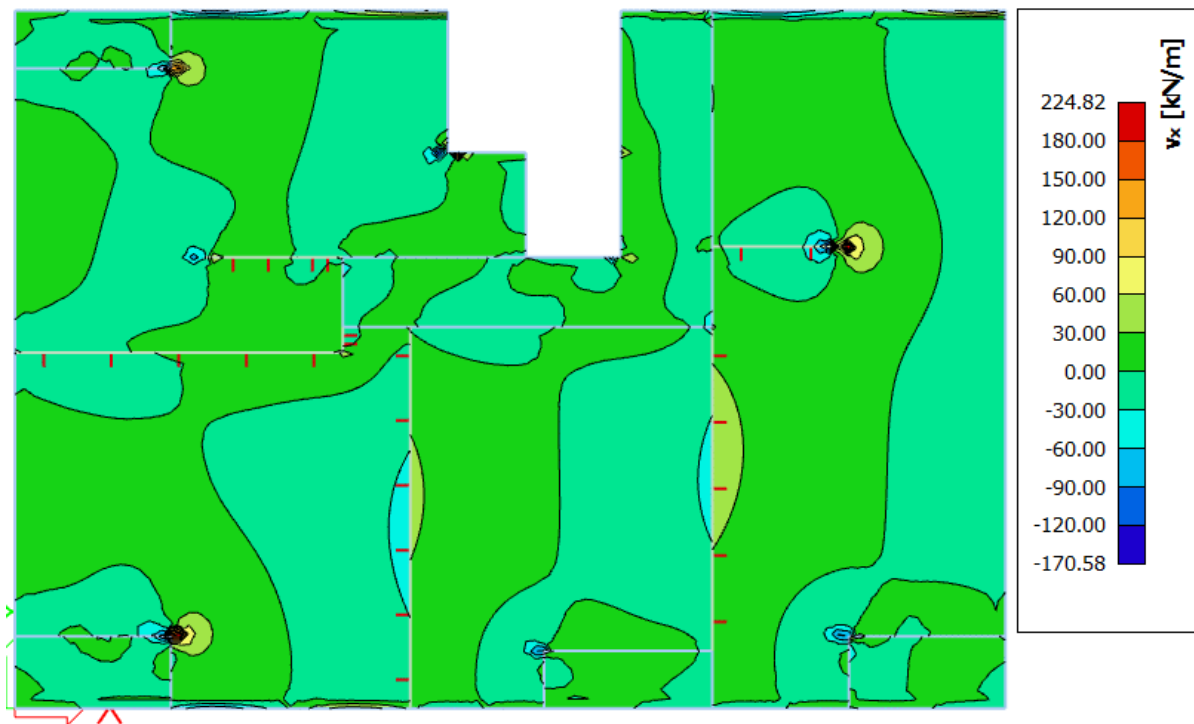


Slika 6.3 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN-1

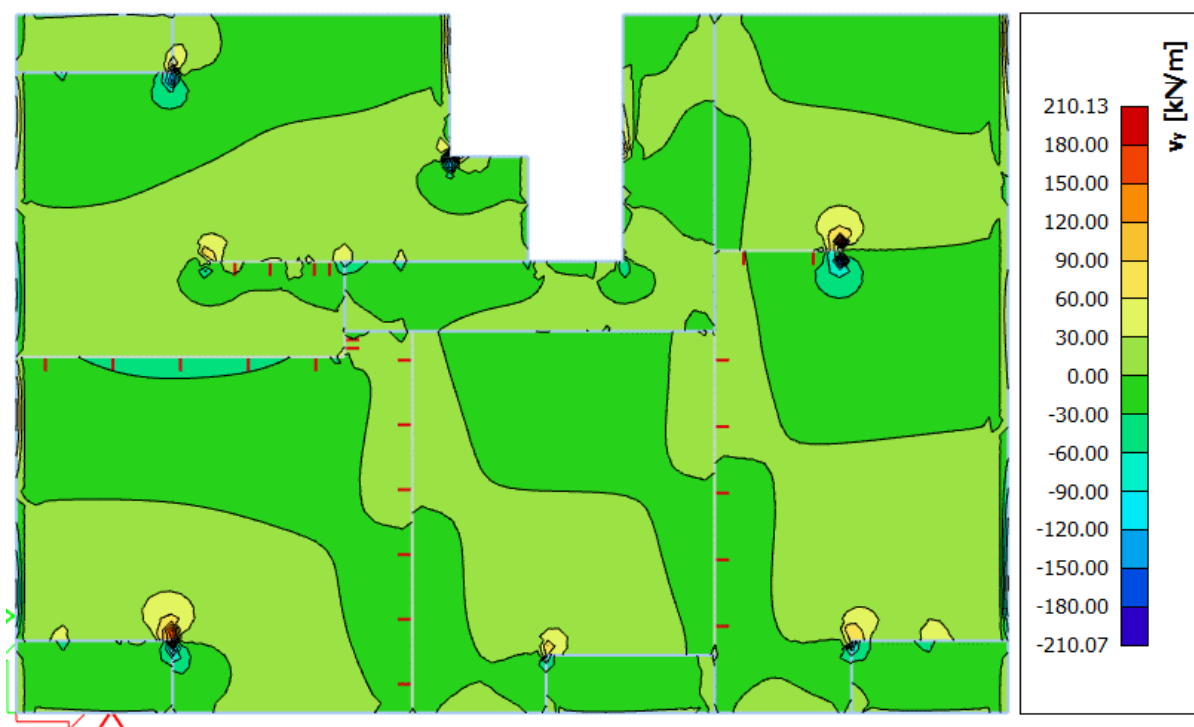


Slika 6.4 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1

Poprečne sile $V_{Ed,x}$ i $V_{Ed,y}$ za kombinaciju opterećenja GSN-1



Slika 6.5 Poprečne sile $V_{Ed,x}$ (kN/m) za GSN-1

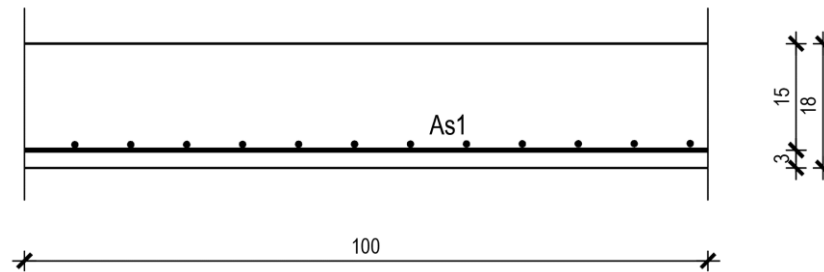


Slika 6.6 Poprečne sile $V_{Ed,y}$ (kN/m) za GSN-1

6.2 Dimenzioniranje ploče

Ploča je dimenzionirana prema normi HRN EN 1992-1-1:2013

Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)



Slika 6.7 Poprečni presjek ploče

$h=18,0$ cm

zaštitni sloj: $a=2,0$ cm; $d=15,0$ cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$ Mpa

$E_{cm}=30,0$ Gpa

Armatura: B 500B

$f_y=500,0$ Mpa

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (6.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,15^2 \cdot 25,0/1,5 \cdot 1000 = 59,60 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (6.2)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 15,0 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (6.3)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{15,0}{50,0} = 1,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (6.4)$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 15 \cdot \frac{16,66}{434,8} = 17,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun armature usvaja se $\zeta \approx 0,9$, potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (6.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 15,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,17$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (6.6)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (6.7)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{150}} = 2,15 \leq 2,0 \Rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15 ; \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0$$

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

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{5,03}{15,0 \cdot 100} = 0,0033 \quad (6.8)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 2,00 \cdot (100 \cdot 0,0033 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 1000 \cdot 150$$

$$V_{Rd,c} = 72,74 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (6.9)$$

$$k_1 = 0,15$$

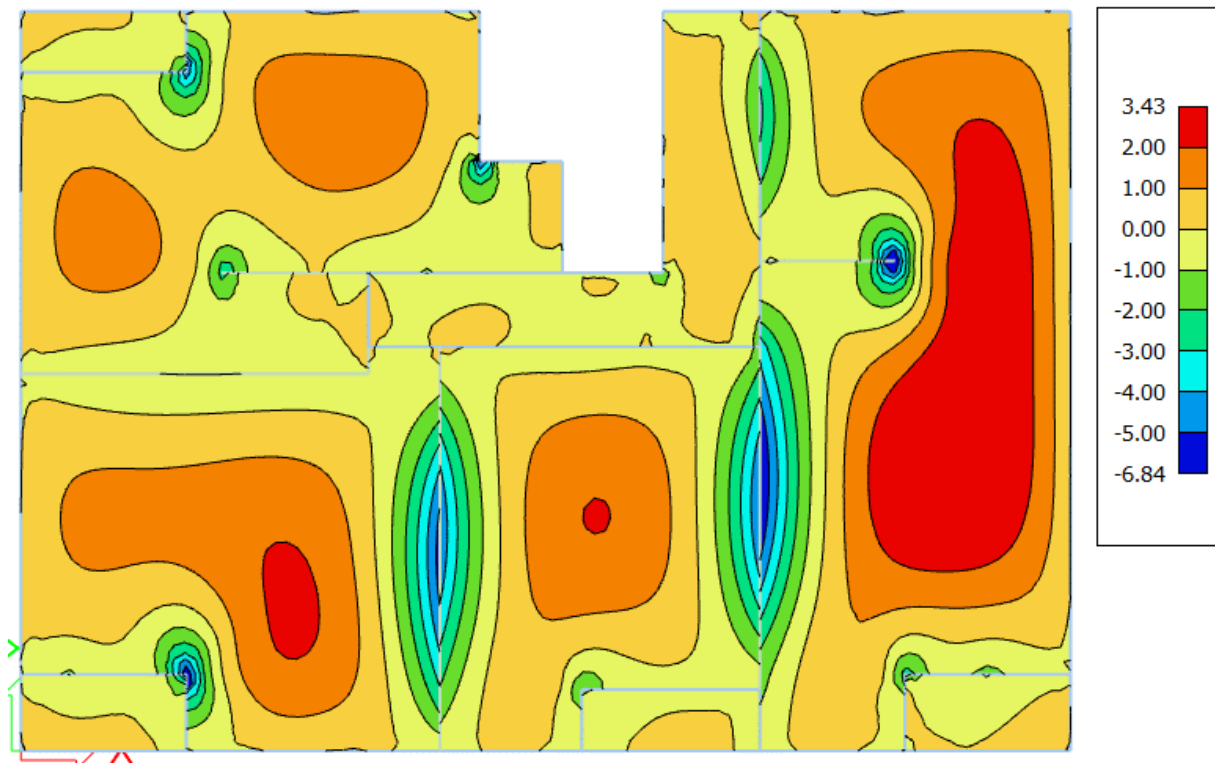
$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495 \quad (6.10)$$

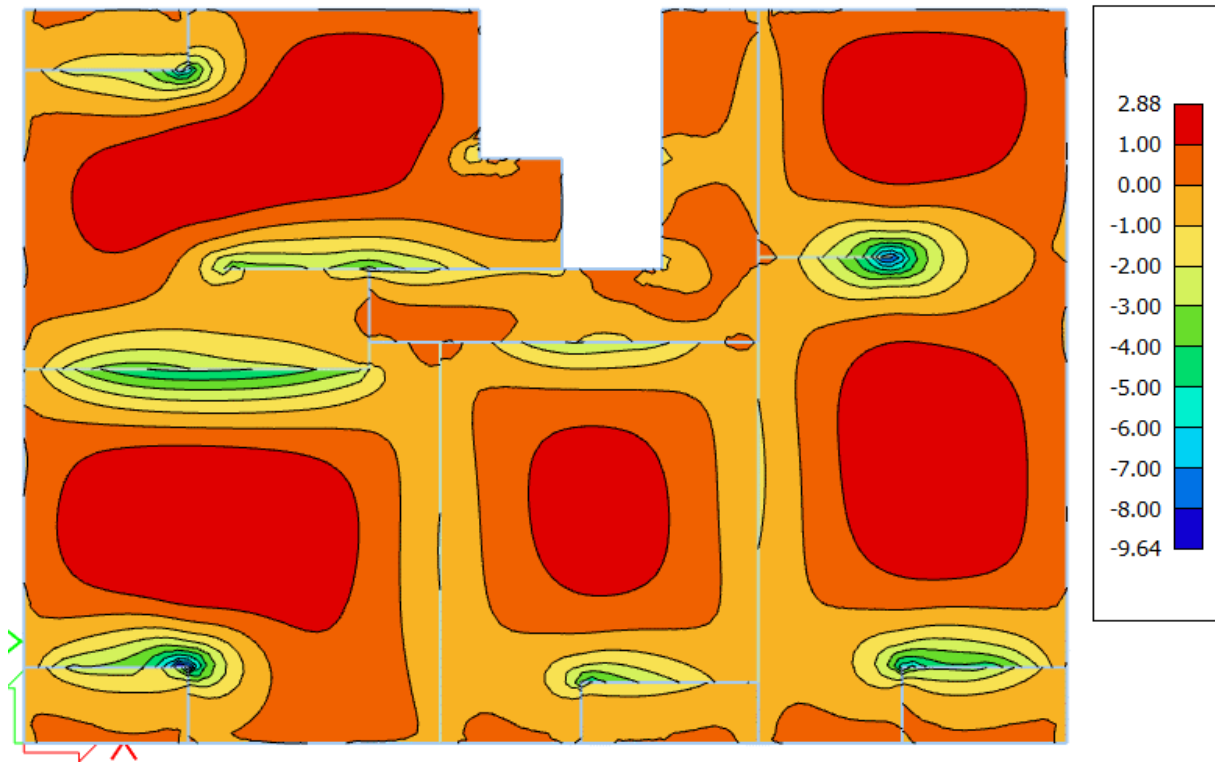
$$\sigma_{cp} = N_{sd}/A_c = 0,0$$

$$V_{Rd,c,min} = 0,495 \cdot 1000 \cdot 150 = 74,25 \text{ kN/m}$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature za x i y smjer.



Slika 6.8 Armatura u ploči smjer $A_s, x-x$ (cm^2/m) za GSN-1



Slika 6.9 Armatura u ploči smjer $A_{s,y-y}$ (cm^2/m) za GSN-1

Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju $3,43 \text{ cm}^2 * 1,25 = 4,29 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju $6,18 \text{ cm}^2 * 0,85 = 5,25 \text{ cm}^2$

ODABRANA ARMATURA

Polje Q-503 ($5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Ležaj Q-196 + $\Phi 10/15$ ($1,96 + 5,53 = 7,49 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke $\Phi 10$ ili $\Phi 12$ u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm. (Vidjeti u grafičkom prilogu.)

Armaturni planovi međukatne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim priložima.

6.3 Kontrola progiba međukatne ploče

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

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



Slika 6.10 Prikaz progiba ploča

Gdje je:

w_c -nadvišenje neopterećenog konstruktivnog elementa

w_1 – početni progib od stalnog opterećenja

w_2 – dugotrajni progib od stalnog opterećenja

w_3 – progib od promjenjivog opterećenja

w_{max} – ukupni progib

Tablica 6.1 Ograničenje vertikalnih progiba

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

Općenito, nije nužno izričito proračunati progibe ako se mogu postaviti jednostavna pravila, primjerice ograničenja omjera: raspon/visina za pojedine konstruktivne elemente, što će biti odgovarajuće za izbjegavanje problema progiba u običnim okolnostima.

Ako se smatra da je proračun nužan, progibi se moraju proračunati za uvjete opterećenja koji su primjereni svrsi kontrole. Progib izazvan opterećenjem potrebno je dokazati da je manji od dozvoljenog.

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

Granični progib $w_{\max} = L/250$

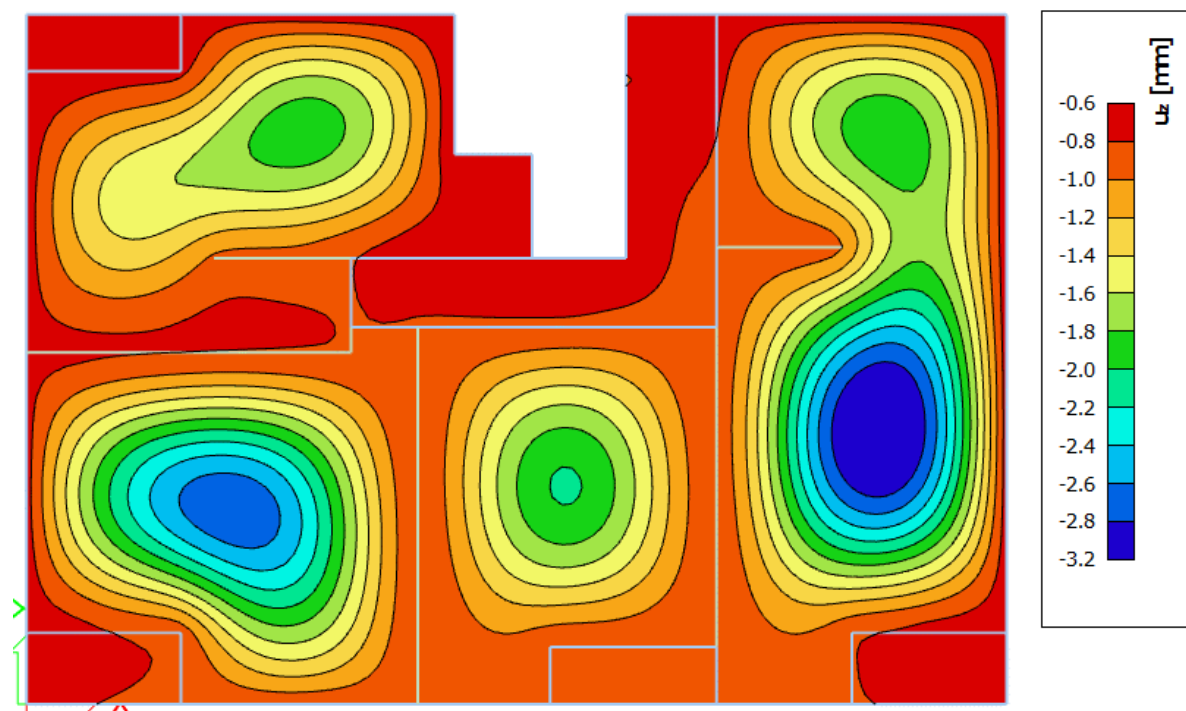
Progib od kratkotrajnog djelovanja odnosno progib za čestu kombinaciju GSU-1 je:

$$w_{el} = L/1000 \quad (6.11)$$

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

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

$$w_{el} = L/1250 \quad (6.12)$$

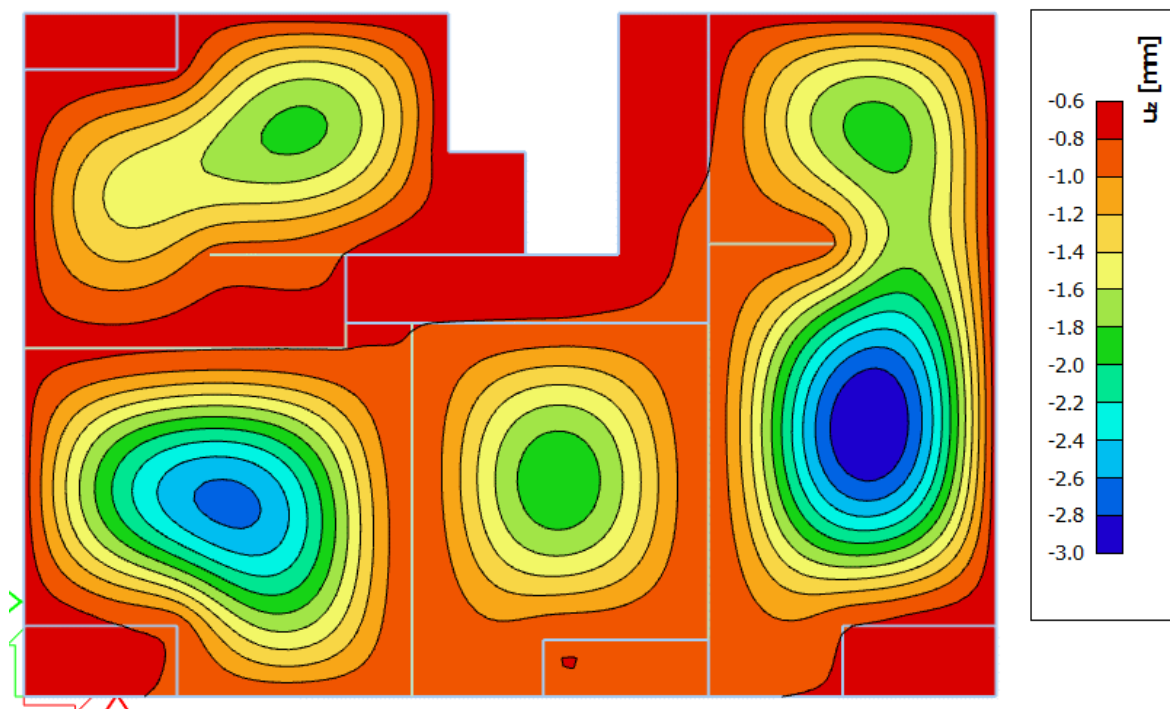


Slika 6.11 Progib međukatne ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 3,2 mm

Dozvoljen progib $L/1000 = 610/1000 = 6,1$ mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.



Slika 6.12 Progib međukatne ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosa je 3,0 mm

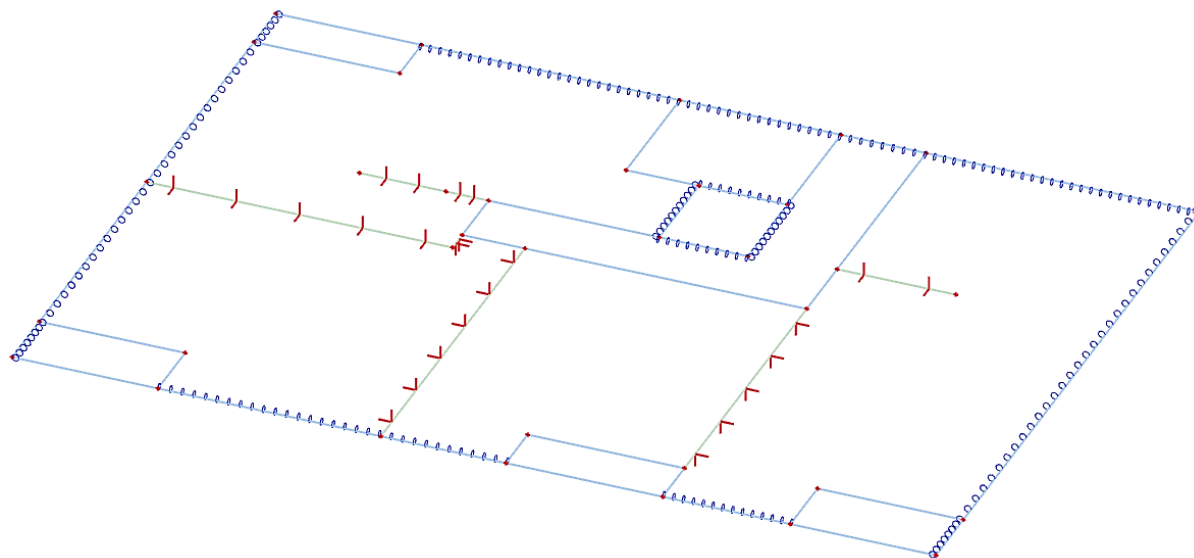
Dozvoljen progib $L/1250 = 610/1250 = 4,88$ mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

7. PRORAČUN KROVNE PLOČE

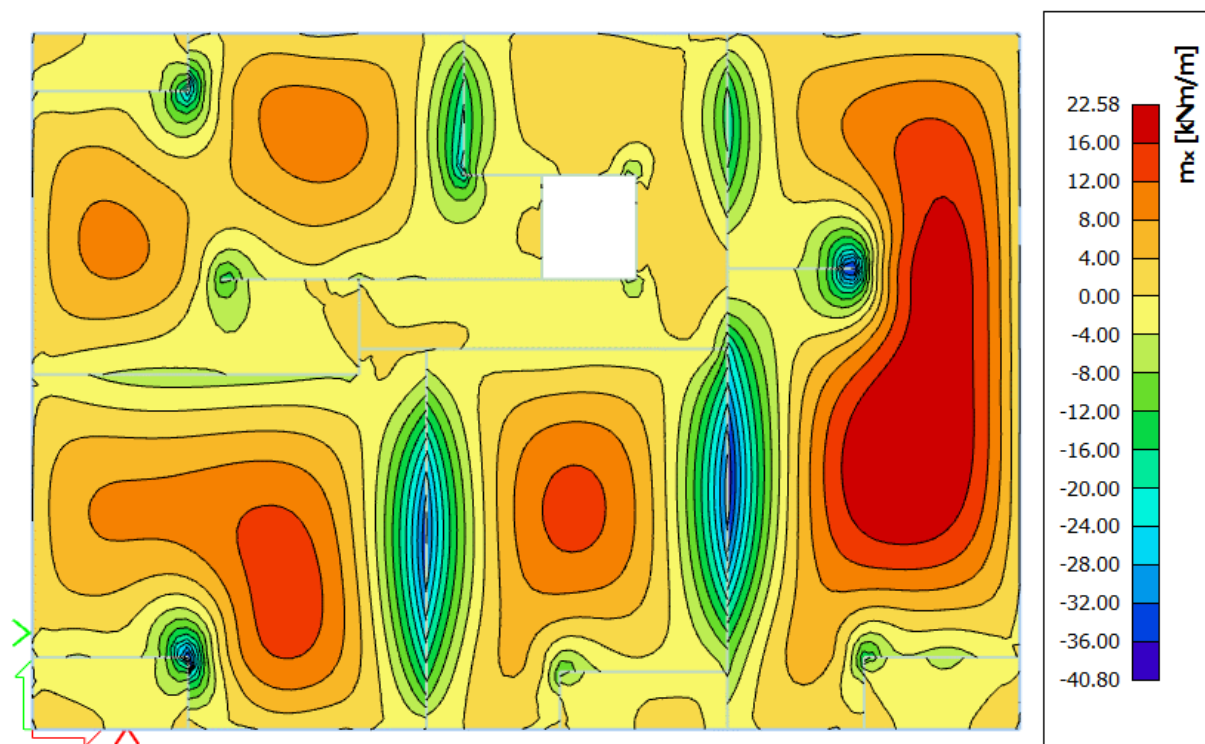
7.1 Prikaz modela i rezultata

U nastavku će se prikazati model krovne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

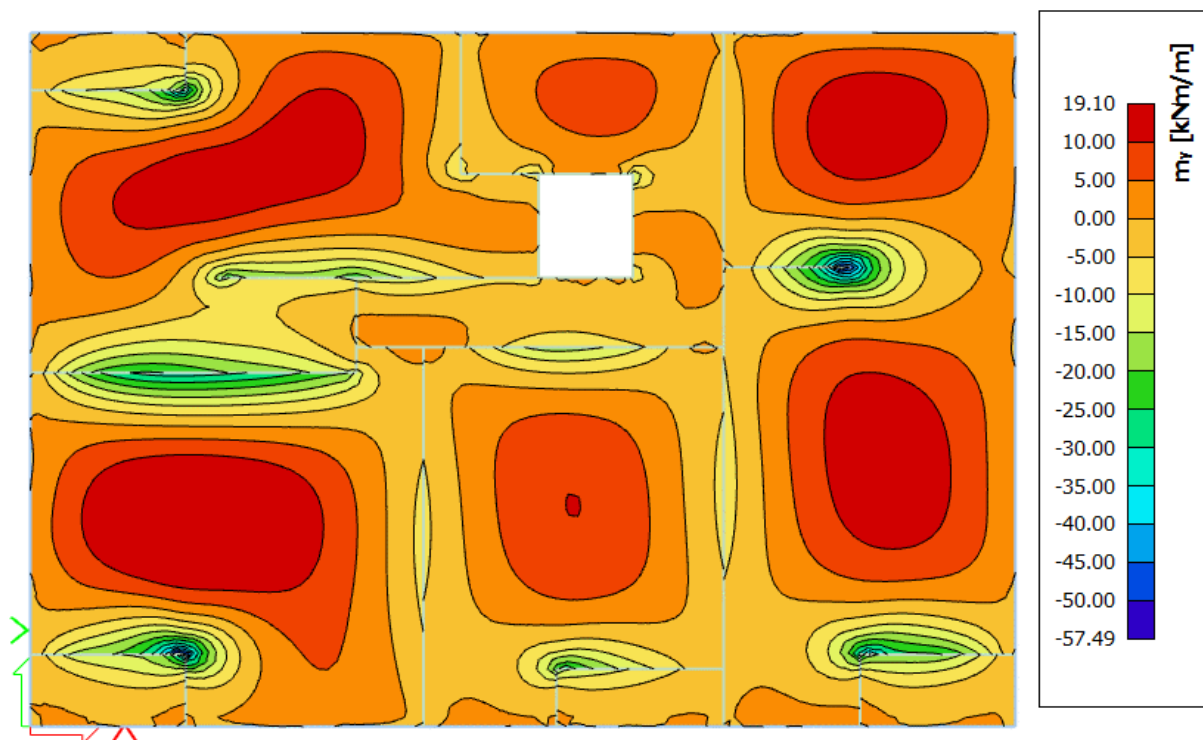


Slika 7.1 Grafički prikaz modela krovne ploče

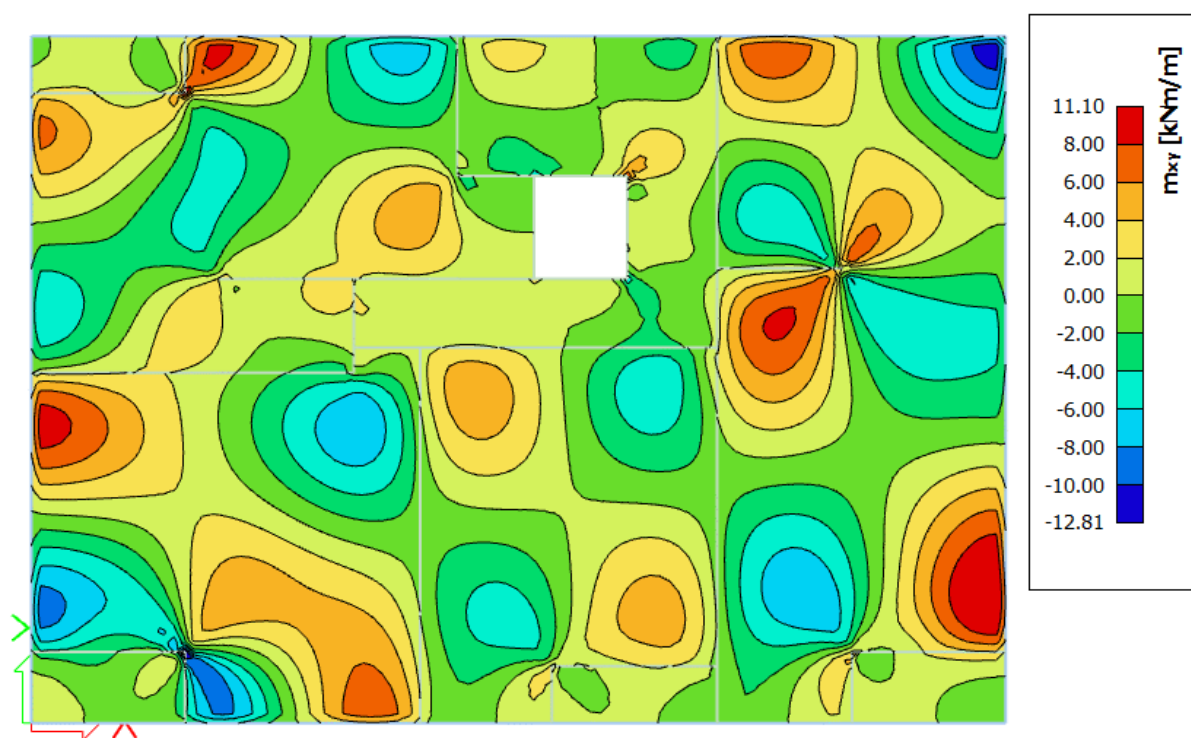
Momenti savijanja $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$ i $M_{Ed,xy}$ za kombinaciju opterećenja GSN-1



Slika 7.2 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN-1

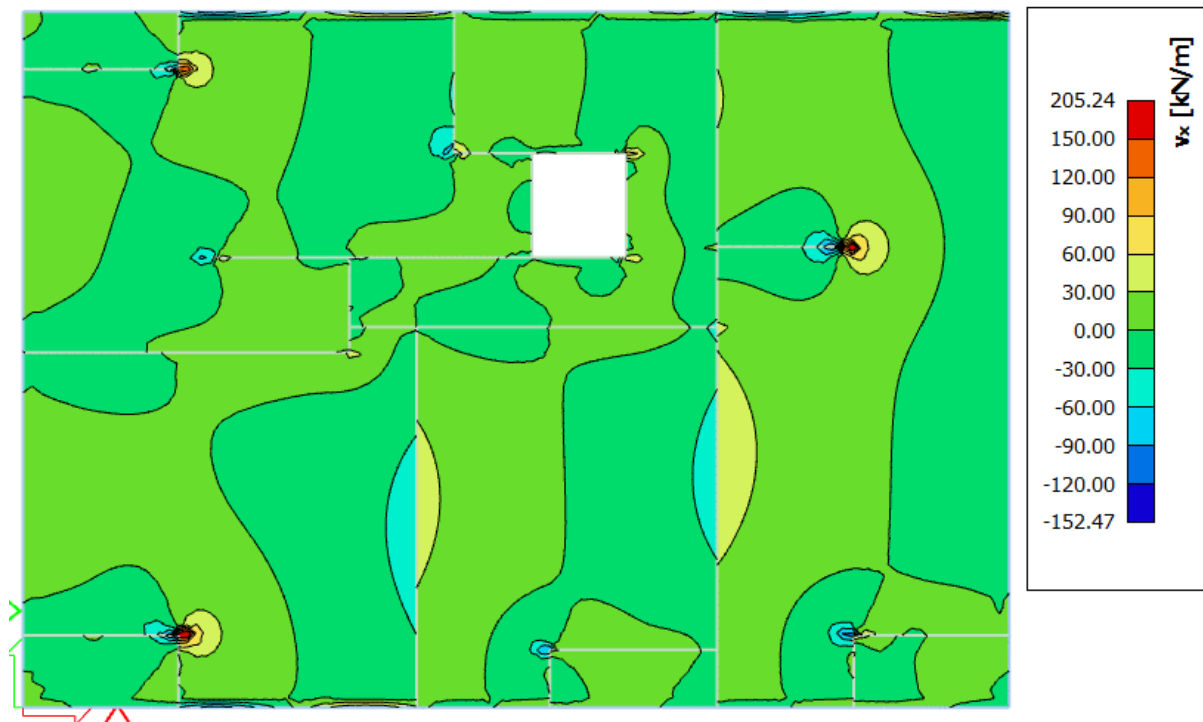


Slika 7.3 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1

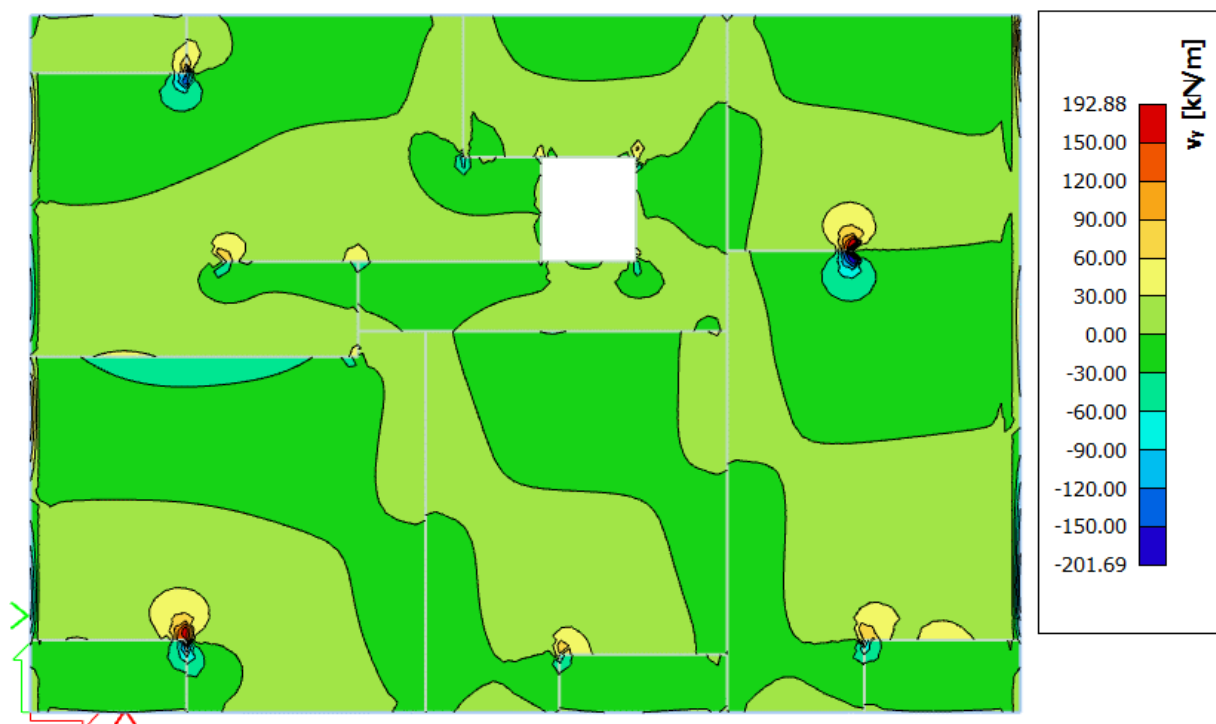


Slika 7.4 Moment savijanja $M_{Ed,xy}$ (kNm/m) za GSN-1

Poprečne sile $V_{Ed,x}$ i $V_{Ed,y}$ za kombinaciju opterećenja GSN-1



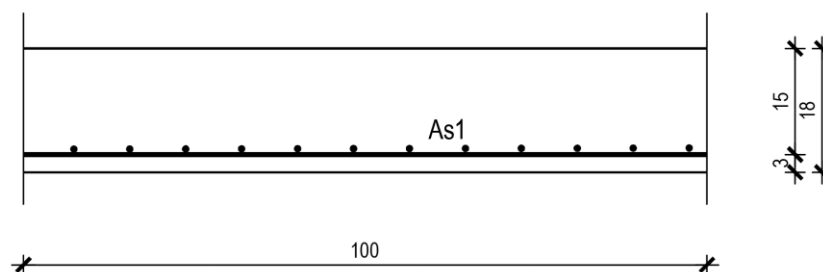
Slika 7.5 Poprečne sile $V_{Ed,x}$ (kN/m) za GSN-1



Slika 7.6 Poprečne sile $V_{Ed,y}$ (kN/m) za GSN-1

7.2 Dimenzioniranje ploče

Ploča je dimenzionirana prema normi HRN EN 1992-1-1:2013
Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)



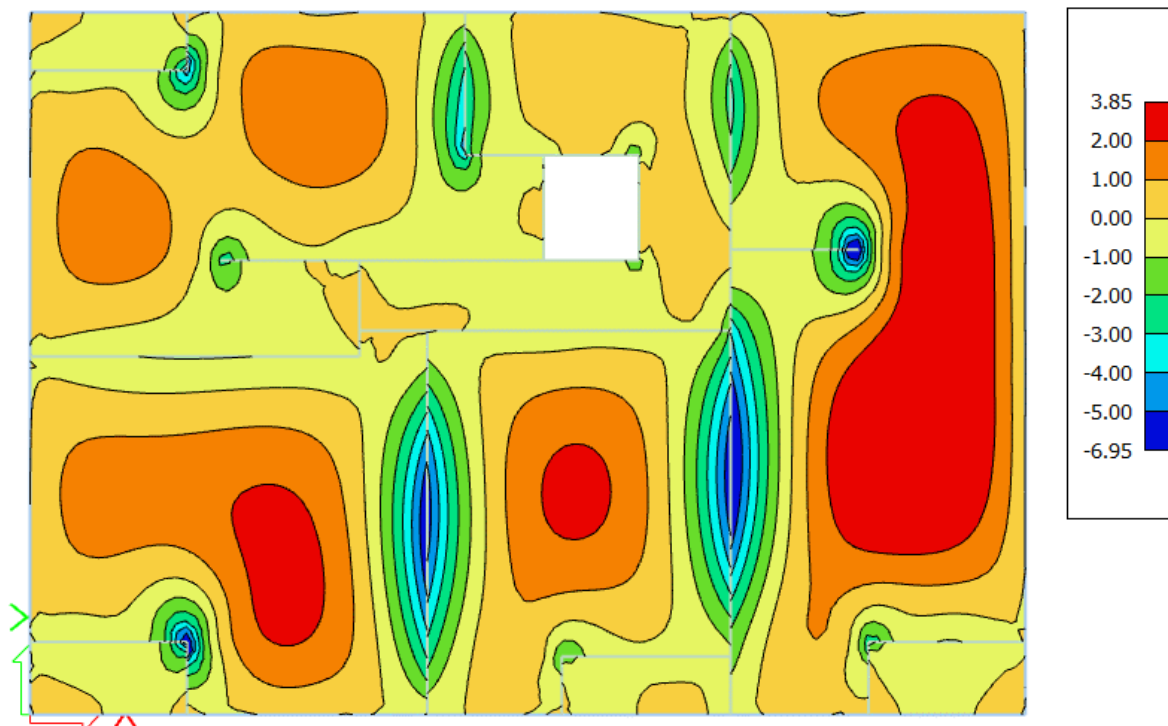
Slika 7.7 Poprečni presjek ploče

$h=18,0$ cm
zaštitni sloj: $a=2,0$ cm; $d=15,0$ cm

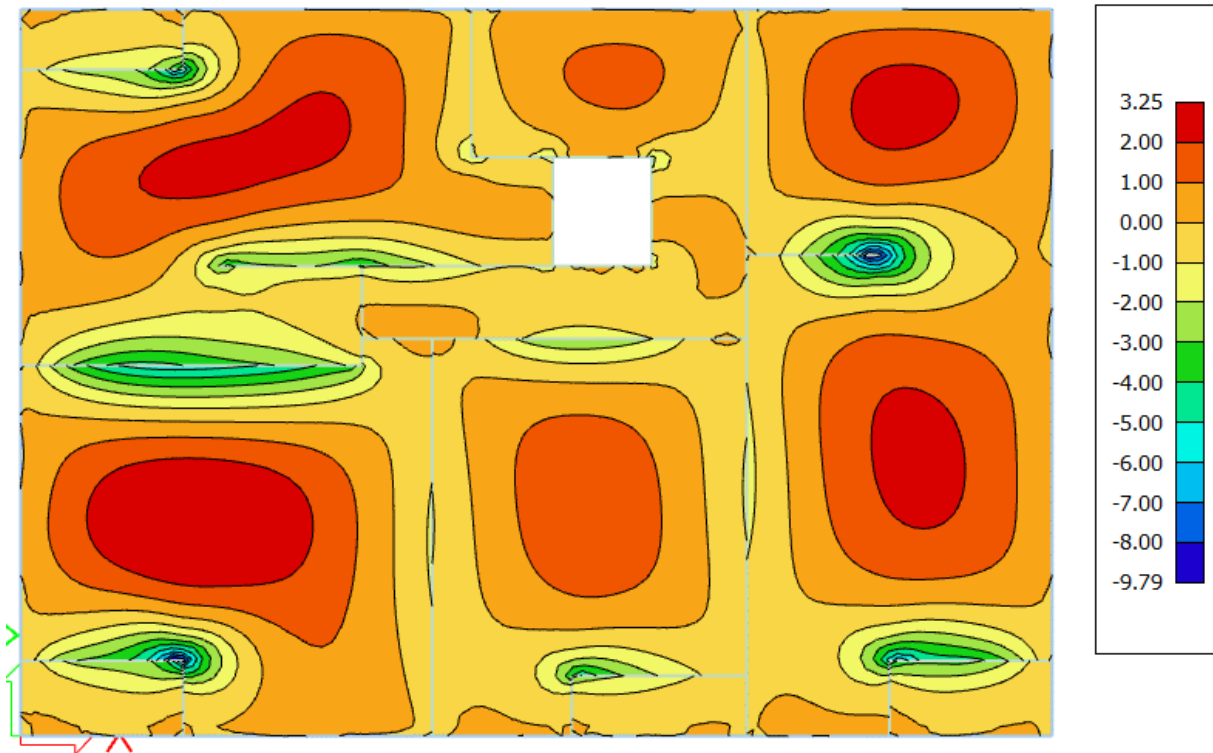
Beton: C 25/30
 $f_{ck}=25,0$ MPa; $E_{cm}=30,0$ GPa

Armatura: B 500B
 $f_y=500,0$ MPa

U nastavku je prikazana potrebna površina armature za x i y smjer.



Slika 7.8 Armatura u ploči smjer $A_{s,x-x}$ (cm^2/m) za GSN-1



Slika 7.9 Armatura u ploči smjer $A_{s,y-y}$ (cm^2/m) za GSN-1

Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju $3,85 \text{ cm}^2 * 1,25 = 4,81 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju $6,40 \text{ cm}^2 * 0,85 = 5,44 \text{ cm}^2$

ODABRANA ARMATURA

Polje Q-503 ($5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$)

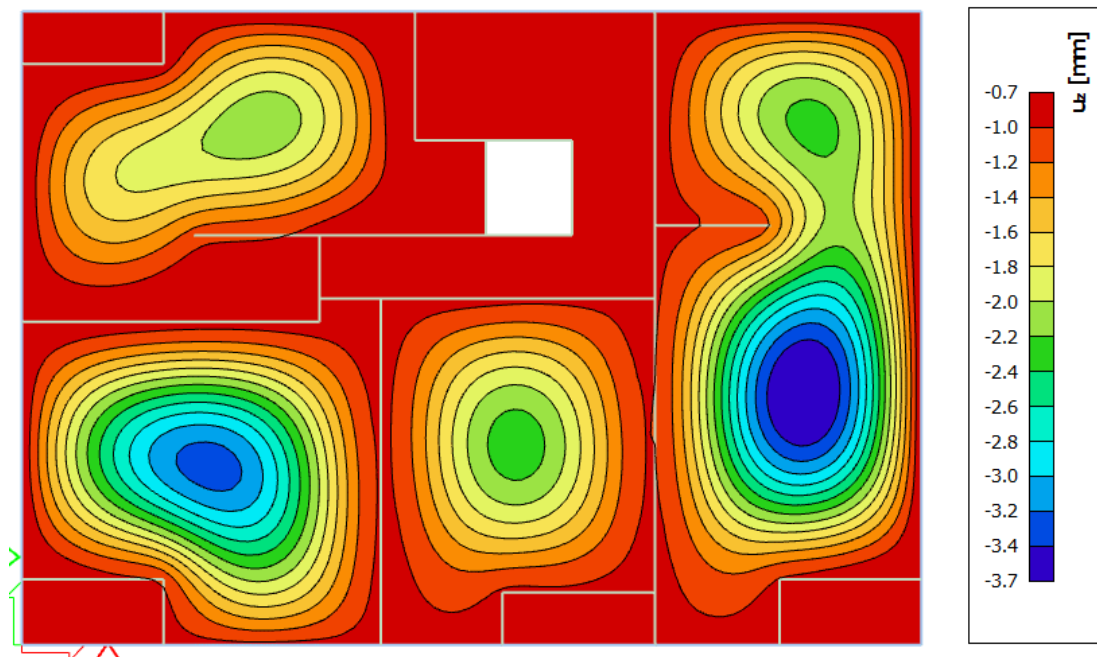
Ležaj Q-636 i R-636 ($6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$) / vidjeti u grafičkom prilogu

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

Armaturni planovi krovne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim prilogima.

7.3 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče

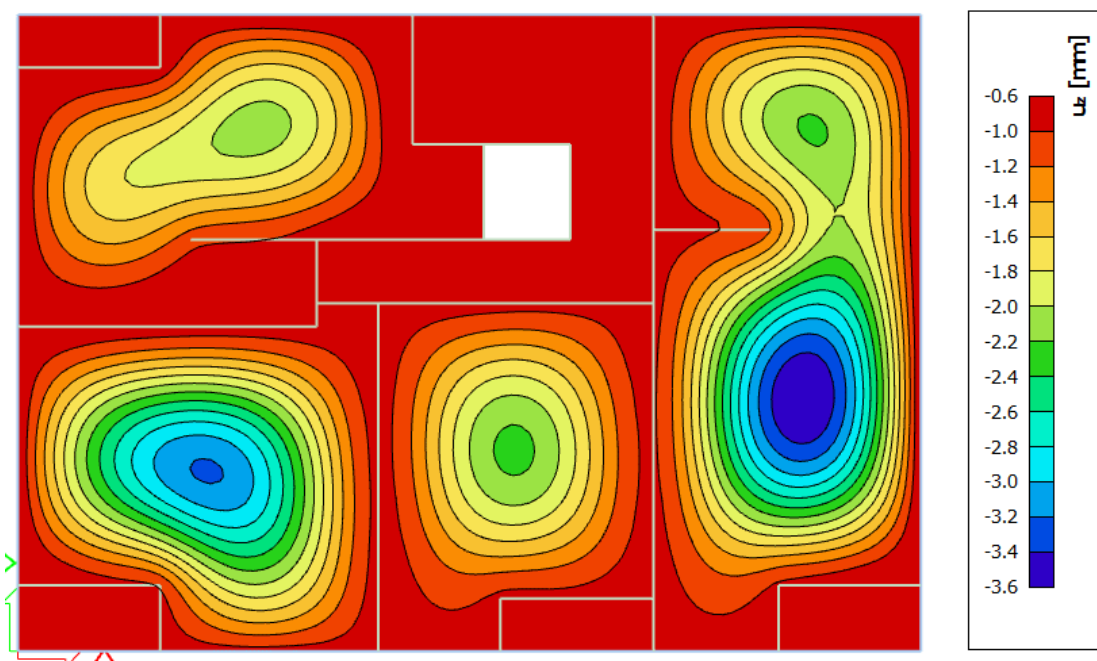
7.3.1 Kontrola progiba



Slika 7.10 Progib krovne ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 3,7 mm

Dozvoljen progib $L/1000 = 610/1000 = 6,1$ mm \Rightarrow Krovna ploča zadovoljava na progibe.



Slika 7.11 Progib krovne ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosa je 3,6 mm

Dozvoljen progib $L/1250 = 610/1250 = 4,88$ mm \Rightarrow Krovna ploča zadovoljava na progibe.

7.3.2 Kontrola pukotina

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

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

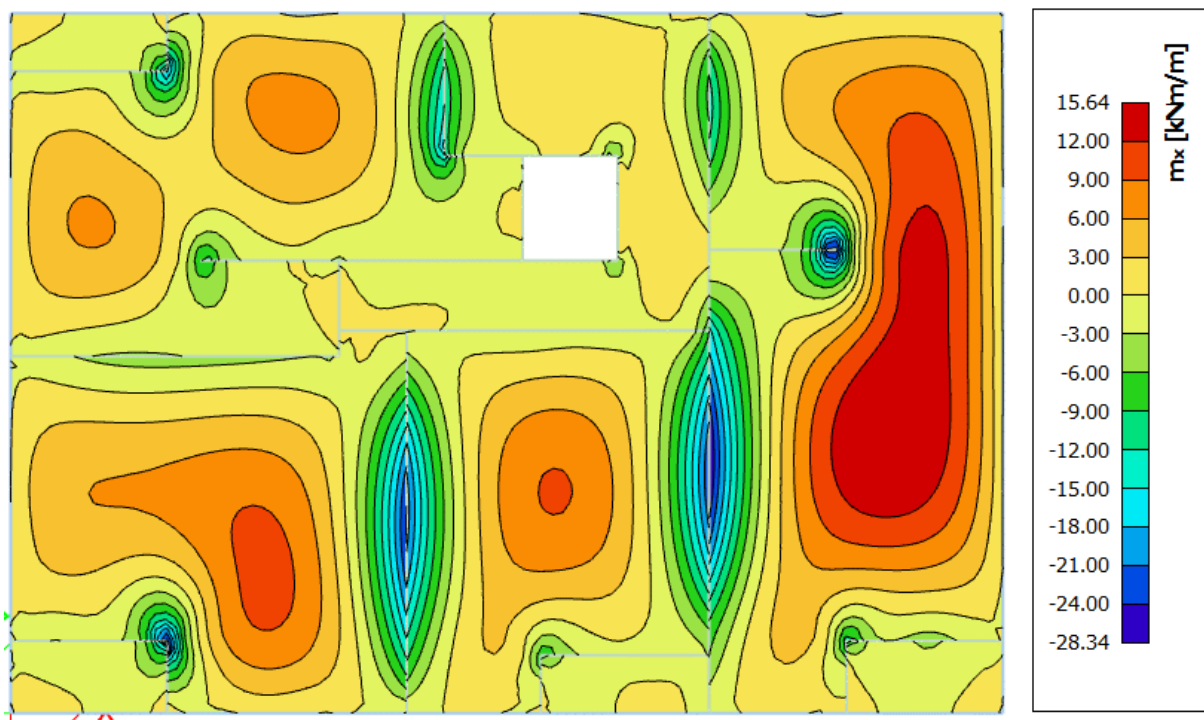
$$w_k \leq w_g \quad (7.1)$$

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

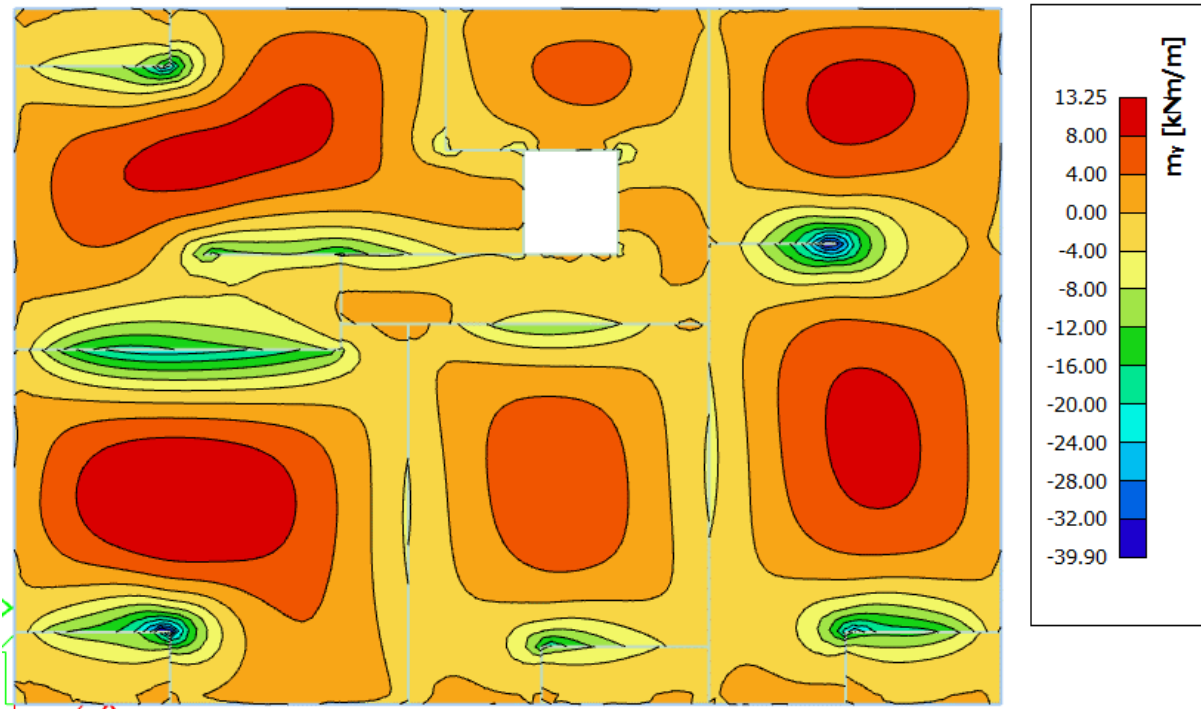
Armiranobetonske elemente treba uvijek armirati u području vlačnih napreznja sa minimalnom armaturom kako bi se ograničila širina pukotina. Pukotine nije potrebno kontrolirati ako debljina ploče ne prelazi 20 cm, te ako je ploča armirana u skladu sa preporukama oko potrebne površine i rasporeda armature potrebne da osigura nosivost.

Napomena: S obzirom da je ploča debljine 18 cm i armirana u skladu s Eurokodom 2 proračun pukotina nije potrebno provest, u svrhu diplomskog rada i cjelokupne analize ploče proračun pukotina će biti izvršen.

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



Slika 7.12 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSU-1

Slika 7.13 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSU-1

Računska širina pukotine prema HRN EN 1992-1-1:2013; Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

Mjerodavni moment za polje: $M=15,64$ kNm/m

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.2)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (7.3)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (7.4)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 5,03}} \right) = 2,92 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (7.5)$$

$$\sigma_s = \frac{1564}{\left(15,0 - \frac{2,92}{3}\right) \cdot 5,03} = 22,17 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 221,70 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = Q-503 = 5,03$ cm²

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

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

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (7.6)$$

α_e – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (7.7)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{5,03}{100 \cdot \left(\frac{18-2,92}{3}\right)} = 0,010$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{221,70 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,01} (1 + 7,00 \cdot 0,01)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{221,70}{210000}$$

$$0,000525 \geq 0,000633$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000633$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]} \quad (7.8)$$

$\emptyset = 8,0 \text{ mm}$

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

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{8,0}{0,010} = 204 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.2)$$

$$w_k = 204,0 \cdot 0,000633 = 0,13 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj: $M=27,01 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2701}{\left(15,0 - \frac{3,24}{3}\right) \cdot 6,36} = 30,51 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 305,10 \text{ MPa}$$

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

$$A_{s1} = Q \cdot 636 = 6,36 \text{ cm}^2$$

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

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

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

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

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{18-3,24}{3}\right)} = 0,013$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{305,10 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,013} (1 + 7,00 \cdot 0,013)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{305,10}{210000}$$

$$0,00103 \geq 0,00087$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00103$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 9,0 \text{ mm}$$

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

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,013} = 185,69 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.2)$$

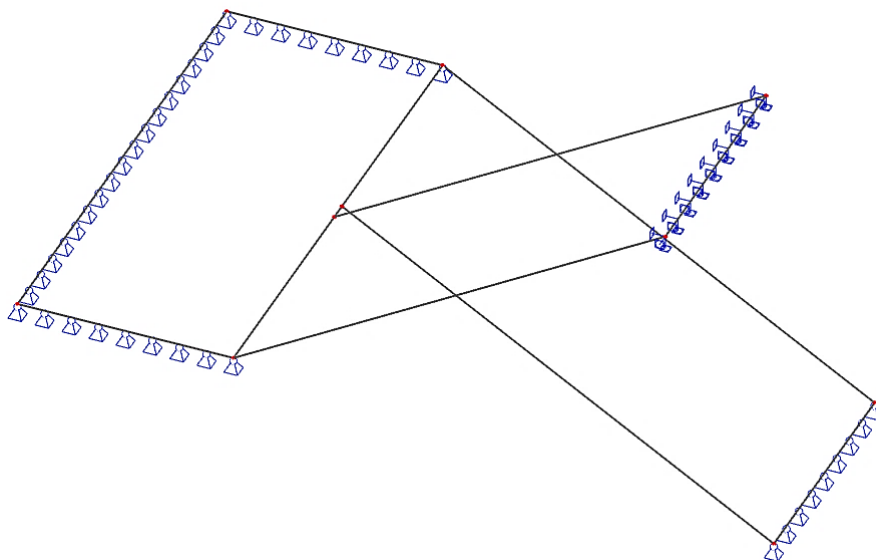
$$w_k = 185,69 \cdot 0,00103 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

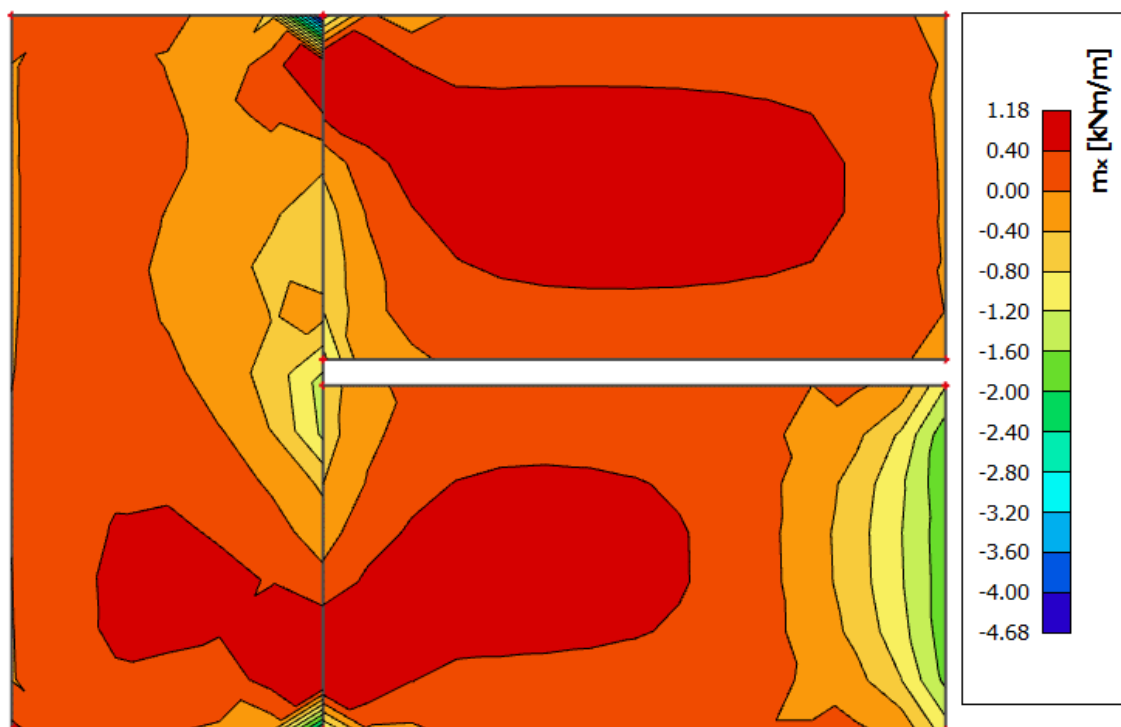
8. PRORAČUN STUBIŠTA

8.1 Prikaz modela i rezultata

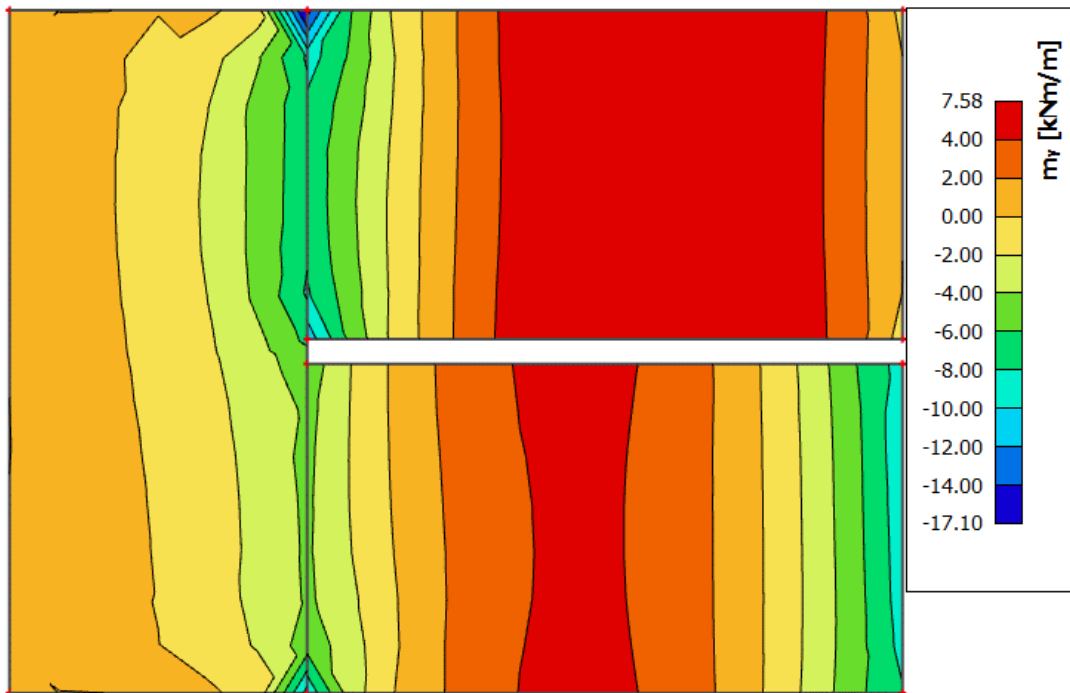
U nastavku će se prikazati model stubišta i rezultati unutarnjih sila. Ploče stubišnih krakova su u krajevima pridržane linijskim ležajevima (zglobnim i upetim, pogledat sliku 5.1). Ploča podesta je po svojim rubovima pridržana sa zglobnim linijskim ležajevima.



Slika 8.1 Grafički prikaz modela stubišta



Slika 8.2 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN-1



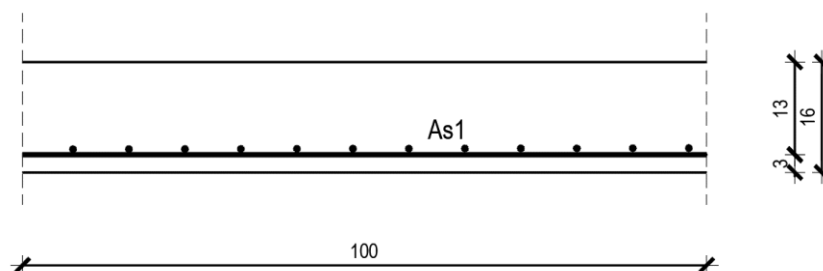
Slika 8.3 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1

S obzirom na način na koji je ploča stubišnog kraka modelirana jasno je da će nositi u jednom smjeru tj. u svom dužem smjeru odnosno u smjeru osi x. Stoga će za dimenzioniranje mjerodavni momenti biti $M_{Ed,y}$.

8.2 Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka

Ploča je dimenzionirana prema normi HRN EN 1992-1-1:2013

Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004+AC:2010)



Slika 8.4 Poprečni presjek stubišne ploče

$h=16,0$ cm

zaštitni sloj: $a=2,0$ cm; $d=13,0$ cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$ Mpa

$$E_{cm}=30,0 \text{ Gpa}$$

Armatura: B 500B
 $f_y=500,0 \text{ Mpa}$

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (8.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,13^2 \cdot 25,0/1,5 \cdot 1000 = 44,79 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (8.2)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 13,0 = 1,95 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (8.3)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{13,0}{50,0} = 1,56 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (8.4)$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{16,66}{434,8} = 15,45 \text{ cm}^2/m$$

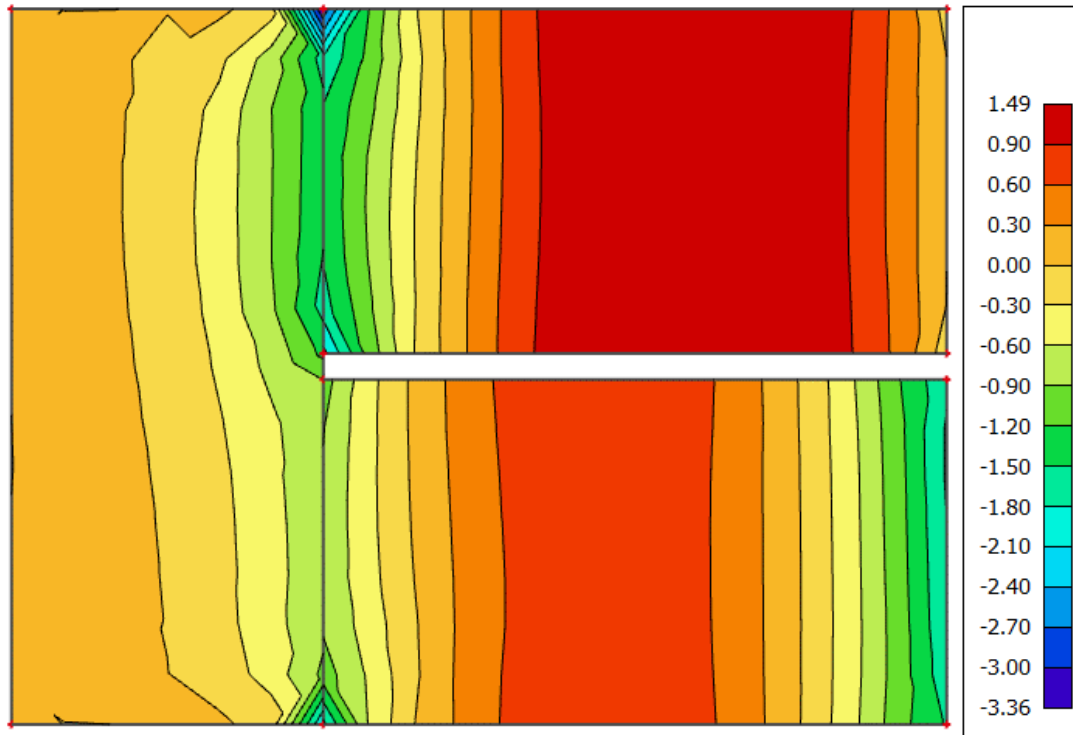
Za proračun armature usvaja se $\zeta \approx 0,9$, potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (8.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 13,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,196$$



Slika 8.5 Armatura u stubištu smjer $A_{s,x-x}$ (cm^2/m) za GSN-1



Slika 8.6 Armatura u stubištu smjer $A_{s,y-y}$ (cm^2/m) za GSN-1

Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju $1,5 \text{ cm}^2 * 1,25 = 1,88 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju $3,36 \text{ cm}^2 * 0,85 = 2,86 \text{ cm}^2$

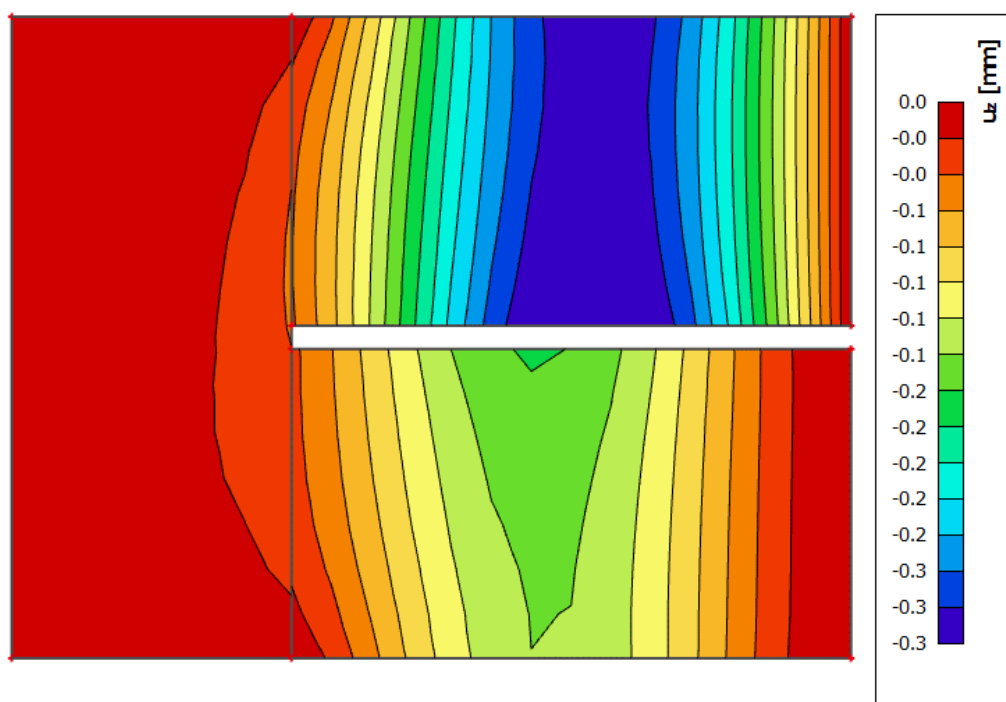
ODABRANA ARMATURA

Polje Q-257 ($2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Ležaj Q-335 ($3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Armaturni plan stubišta priložen je u grafičkim priložima.

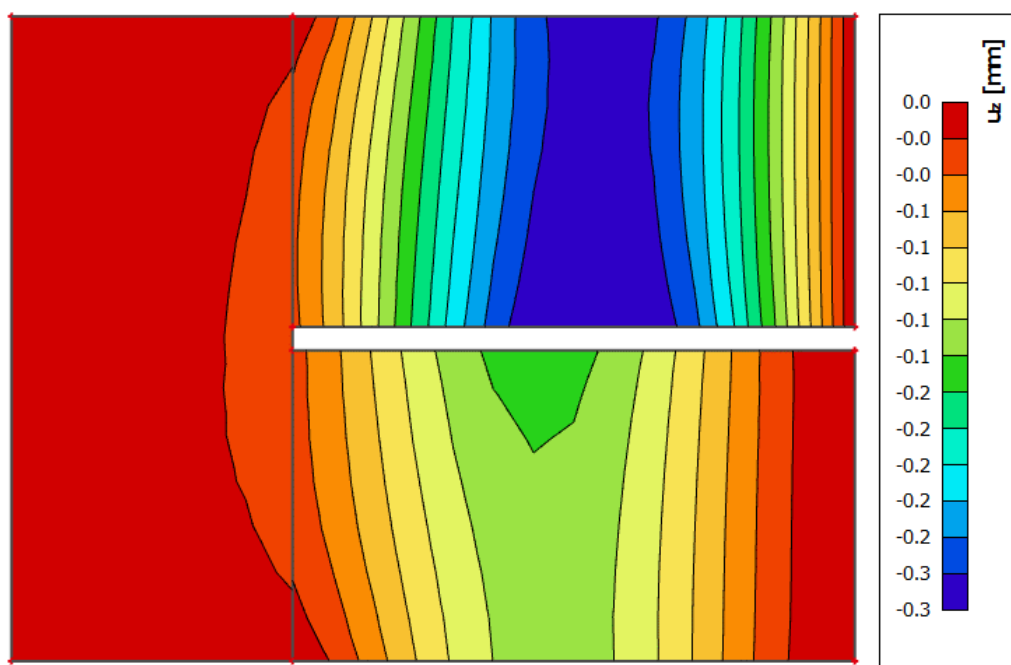
8.3 Kontrola progiba stubišta



Slika 8.7 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 0,3 mm

Dozvoljen progib $L/1000 = 240/1000 = 2,4$ mm \Rightarrow Stubište zadovoljava na progibe.



Slika 8.8 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-2

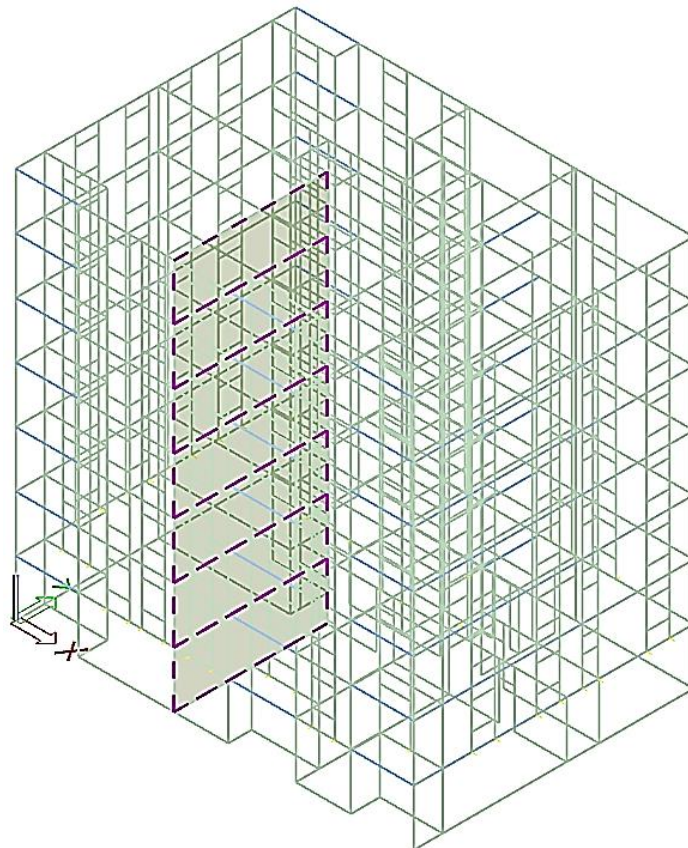
Najveći progib iznosa je 0,3 mm

Dozvoljen progib $L/1250 = 610/1000 = 1,92$ mm \Rightarrow Stubište zadovoljava na progibe

9. PRORAČUN ZIDA NA RAZRED UMJERENE DUKTILNOSTI (DCM)

9.1 Opći podaci zida

Na slici 9.1 prikazan je zid koji je dimenzioniran na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM). Dimenzioniran je prema HRN EN 1998-1:2011; – 5. poglavlje: Posebna pravila za betonske zgrade.



Slika 9.1 Izometrijski pogled karakterističnog zida

Geometrijske karakteristike zida :

Duljina zida $l_w = 7,92$ m, visina zida $H_w = 20,3$ m a, širina zida $b_w = 20$ cm.

Zid je upeto pridržan u razini temeljene ploče. Budući da građevina ima podrum odnosno ukopane zidove, u razini prizemne etaže zid bi trebao biti horizontalno pridržan kako bi se simulirano utjecaj okolnog tla na konstrukciju. Kako bismo bili na strani sigurnosti zid neće biti horizontalno pridržan u visini prizemne etaže. Po cijeloj visini zida se ne nalaze nikakva oslabljenja.

U tablici 9.1 će biti prikazana materijalna ograničenja za potresne elemente ovisno klasi duktilnosti.

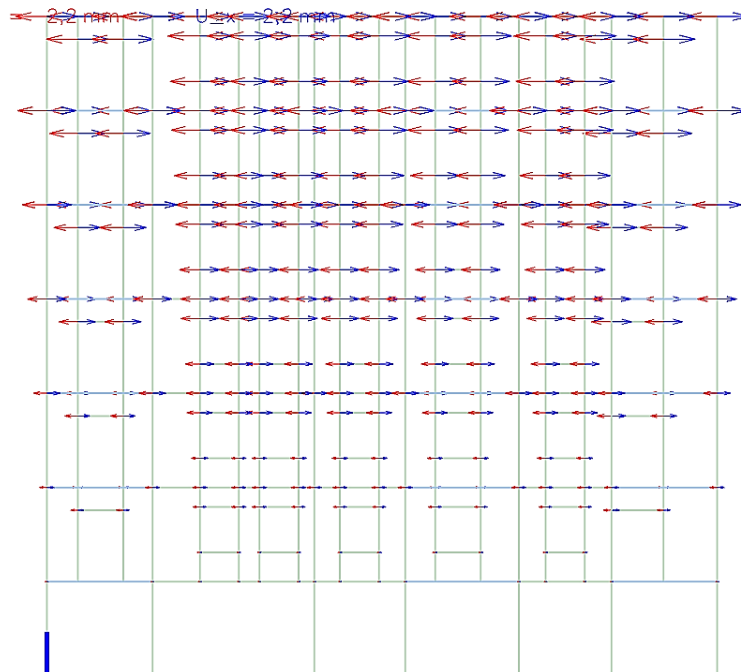
Tablica 9.1 Karakteristike materijala za potresne elemente prema klasama duktilnosti (EN 1992-1-1:2004)

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

Prema normi EN 1992-1-1:2004 u primarnim potresnim elementima mora se upotrijebiti čelik za armiranje razreda B ili C. Potrebno je upotrijebiti klasu betona koja nije manja od C16/20. Za zid razreda umjerene duktilnosti (DCM) upotrijebljen je beton klase C25/30 i armatura B 500B.

Kako bismo u proračunu uzeli u obzir raspucavanje elemenata, uzima se da je elastična krutost pri savijanju i posmiku betonskih elemenata jednaka polovini krutosti neraspucanog elementa. U numeričkom modelu smo to uzeli u obzir tako da smo modul elastičnosti materijala zidova smanjili za 50%.

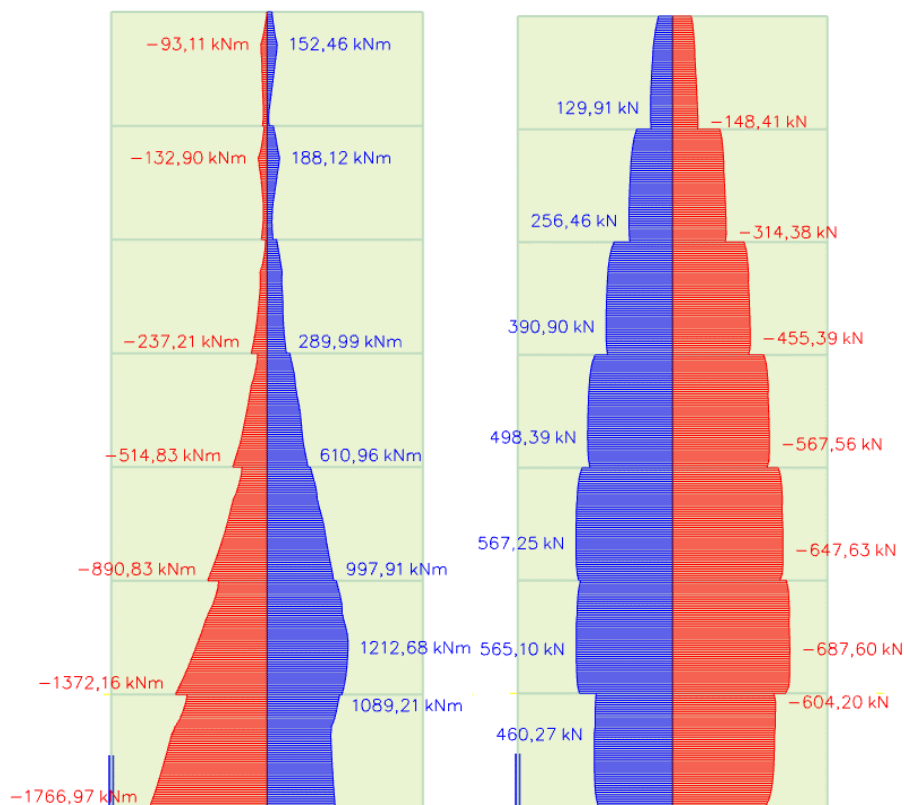
9.2 Provjera efekata drugog reda



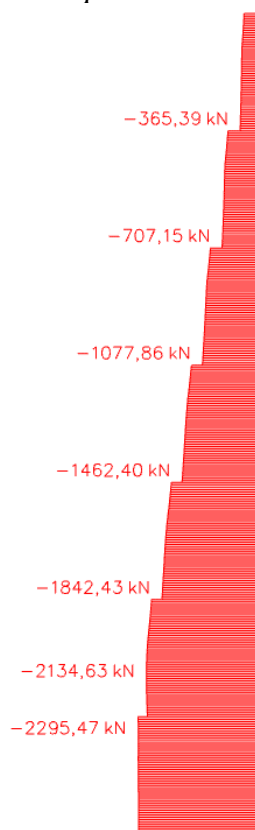
Slika 9.2 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru x od seizmičke kombinacije $GSN_{S_x} + T_x$

Pomak vrha konstrukcije za potresnu kombinaciju $GSN_{S_x} + T_x$ u smjeru x iznosi 2,2 mm. S obzirom da su međukatni pomaci jako maleni, koeficijent osjetljivosti na međukatni pomak Θ će biti manji od 0,10 stoga utjecaje pomaka na povećanje reznih sila možemo zanemariti.

9.3 Prikaz reznih sila karakterističnog zida



Slika 9.3 Momenti savijanja M_z (kNm)-(lijevo) i poprečne sile V_y (kN)-(desno) za potresnu anvelopu ANV-Potres

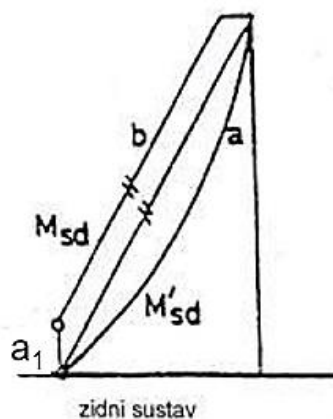


Slika 9.4 Uzdužne sile N za potresnu anvelopu ANV-Potres

9.4 Proračunske ovojnice reznih sila

9.4.1 Proračunska ovojnica momenta savijanja

Nesigurnosti u odnosu na raspodjelu stvarnog momentnog dijagrama po visini zida pri potresnom djelovanju mogu se uzeti po slijedećem postupku. Prema HRN EN 1998-1:2011 dijagram momenata savijanja po visini zida treba biti ovojnica dijagrama momenata savijanja iz proračuna pomaknuta vertikalno za vlačni pomak. Ako konstrukcija po visini nema nekih značajnijih diskontinuiteta mase, krutosti ili otpornosti može se pretpostaviti da je ovojnica linearna. Vlačni pomak treba biti u skladu s nagibom tlačnih štapova uzetim pri provjeri poprečne sile u graničnom stanju nosivosti.



Gdje je:

- a_1 - vlačni pomak
- b - proračunska ovojnica
- a - momentni dijagram prema proračunu

Slika 9.5 Proračunska ovojnica momenata savijanja vitkih zidova

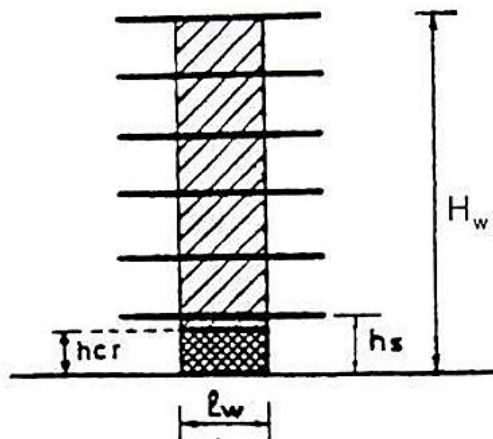
$H_w = 20,3$ m, $l_w = 7,92$ m, klasa duktilnosti M

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[l_w ; H_w/6] \quad (9.1)$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w \\ h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova} \end{cases} \quad (9.2)$$

Gdje je h_s – svijetla visina zida



Slika 9.6 Kritično područje pri podnožju zida

Uvrštavanjem geometrijski karakteristika zida u jednađbe 9.1 i 9.2 dobivamo iznos visine kritičnog područja zida.

$$h_{cr} = \max[7,92 \text{ m} ; 20,3/6 = 3,38 \text{ m}] = 7,92 \text{ m}$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot 7,92 = 15,84 \text{ m} \\ / \\ 2 \cdot 2,7 = 5,4 \text{ m} ; n = 7 \text{ katova} \end{cases}$$

$$h_{cr} = 5,4 \text{ m}$$

$$\frac{H_w}{l_w} = \frac{20,3}{7,92} = 2,56 > 2 \quad (9.3)$$

Omjer visine i duljine zida je manji od 2, zid je vitak, potrebno je povećanje momenata savijanja.

$$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta \quad (9.4)$$

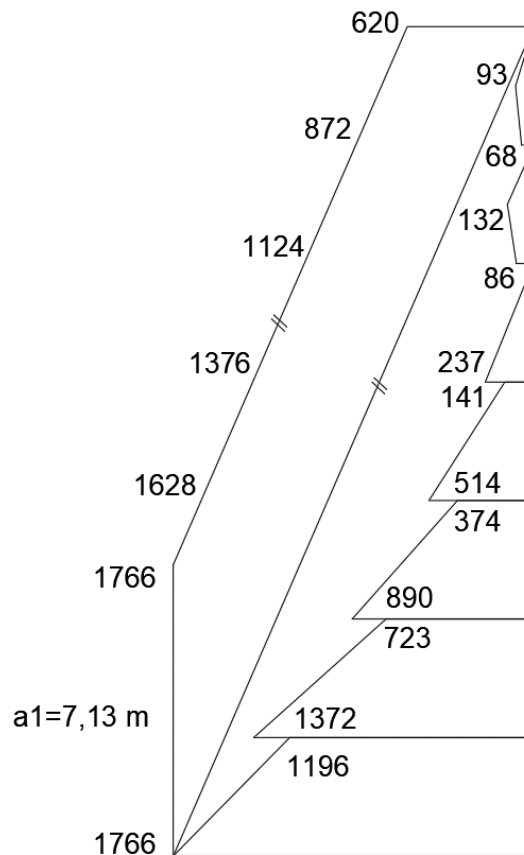
θ – nagib tlačnih štapova prema dijagonali uzet pri provjeri poprečne sile u graničnom stanju nosivosti

Za DCM $\rightarrow 0 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$; odabrano $\text{ctg}\theta = 1$

$$d = 0,9 \cdot l_w = 0,9 \cdot 7,92 = 7,13 \text{ m} \quad (9.5)$$

Uvrštavanjem vrijednosti $\text{ctg}\theta = 1$ i $d=7,13 \text{ m}$ u jednađbu 9.4 dobivamo:

$$a_1 = 7,13 \cdot 1 = 7,13 \text{ m}$$



Slika 9.7 Ovojnica momenta savijanja (kNm)

9.4.2 Proračunska ovojnica poprečnih sila

Povećanje poprečnih sila nakon dostizanja granice popuštanja čelika u zidu postiže se pojednostavljenim postupkom pomoću proračunske ovojnice.

Proračunska ovojnica poprečnih sila V_{Ed} po visini zida se izvodi:

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{ed} \quad (9.6)$$

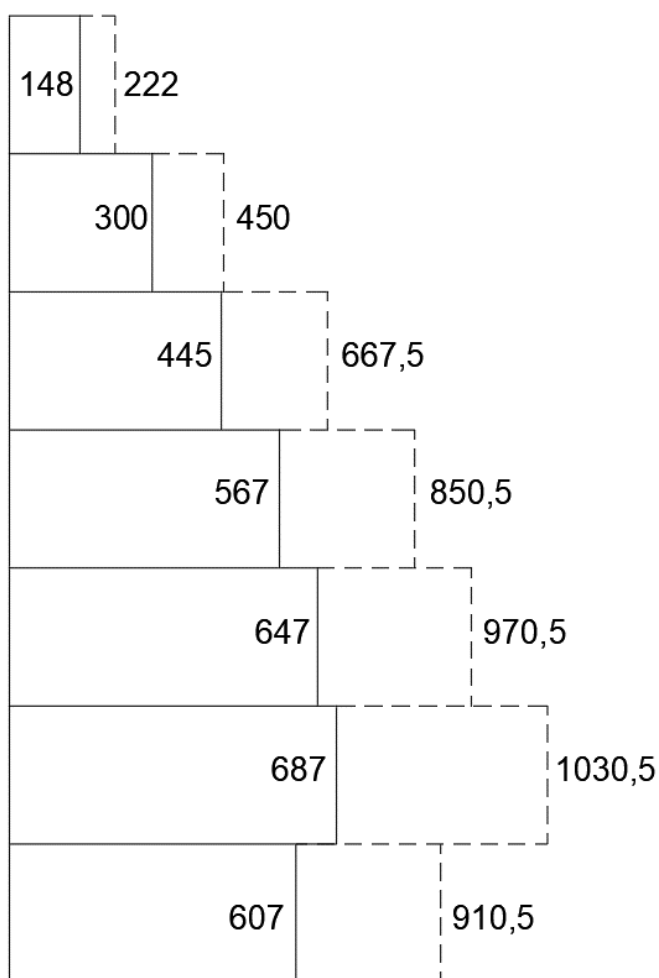
Gdje je:

V_{ed} – poprečna sila po visini zida dobivena proračunom

ε – faktor uvećanja

Za DCM faktor uvećanja $\varepsilon=1,5$

$$V_{Ed} = 1,5 \cdot V_{ed}$$



Slika 9.8 Ovojnica poprečnih sila (kN)

9.5 Dimenzioniranje karakterističnog zida

Geometrijske karakteristike zida

Duljina: $l_w = 792$ cm

Širina: $b_w = 20$ cm

$d_{zs} = 2,5$ cm

$d_y = 0,9 \cdot 792 = 713,25$ cm

Parcijalni faktori sigurnosti materijala za seizmičku kombinaciju:

- za beton $\gamma_c = 1,5$

- za čelik $\gamma_s = 1,15$

Beton C25/30

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

Armatura B500 B

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

9.5.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Otpornost na savijanje i posmik proračunava se u skladu s normom EN 1992-1-1:2004.

Vrijednost normaliziranog osnovog opterećenja v_d u primarnim potresnim zidovima ne treba premašiti 0,4 koja je definirana slijedećim izrazom:

$$v_d = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \leq 0,4 ; \text{ za DCM} \quad (9.7)$$

Gdje je:

N_{Ed} - proračunska uzdužna sila

A_c - tlocrtna površina zida

$$v_d = \frac{2295,47}{792,5 \cdot 20 \cdot 1,67} = 0,087 \leq 0,4 \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Rezne sile:

$M_{Ed} = 1766$ kNm

$N_{Ed} = 2295,47$ kN (tlak)

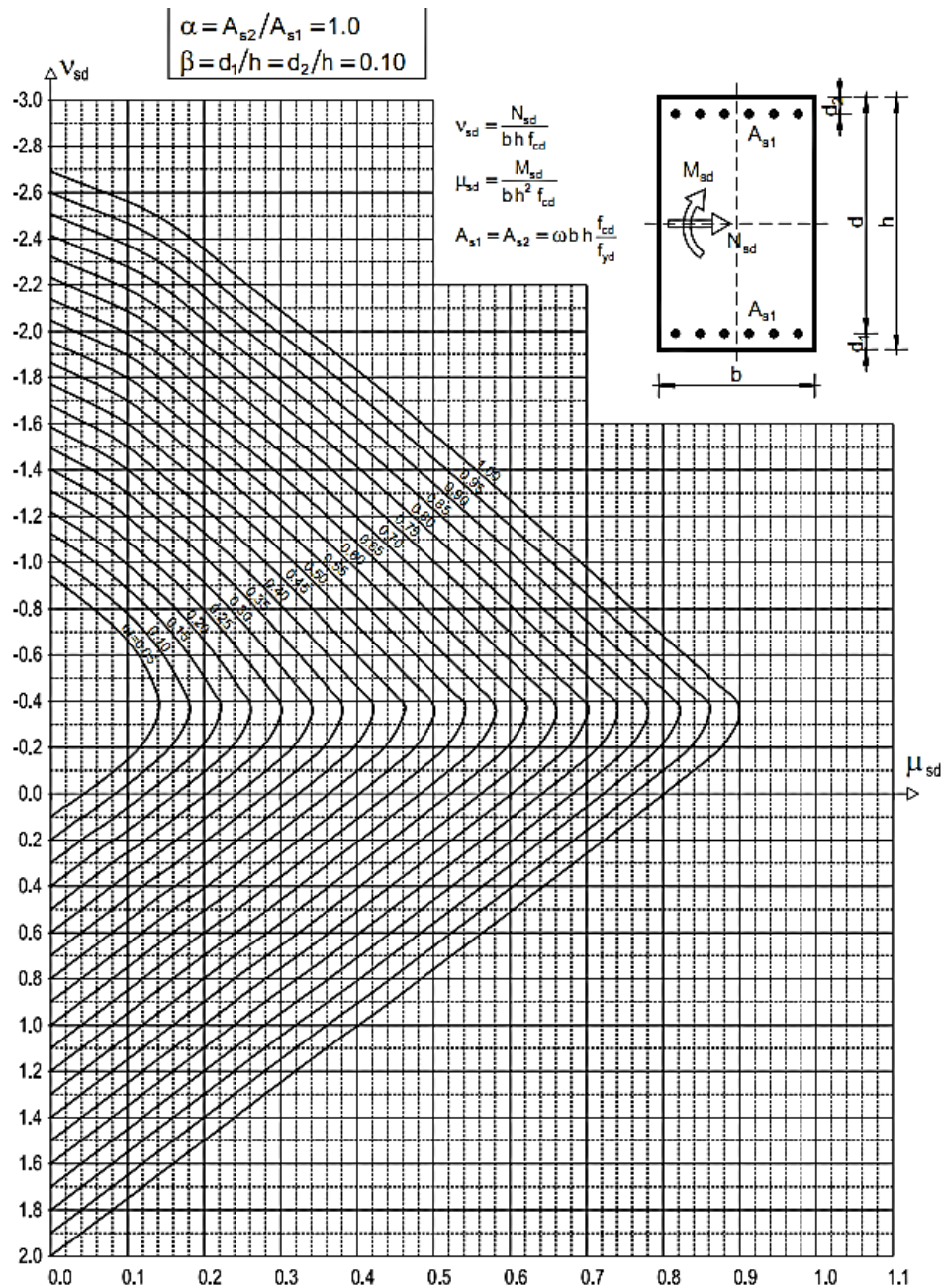
Bezdimenzijske vrijednosti:

$$v_{Sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \quad (9.8)$$

$$v_{Sd} = \frac{-2295,47}{20 \cdot 792,5 \cdot 1,67} = -0,087$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \quad (9.9)$$

$$\mu_{Sd} = \frac{1766 \cdot 100}{20 \cdot 792,5^2 \cdot 1,67} = 0,0084$$



Slika 9.9 Dijagram interakcije za dimenzioniranje obostrano armiranih poprečnih presjeka

Iz dijagrama interakcije za omjer armature α i omjer β očitamo mehanički koeficijent armiranja ω .

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

$$\beta = d_1/h = d_2/h = 1,0$$

Očitano: $\omega = 0,05$

Potrebna površina armature u rubnom elementu:

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (9.10)$$

$$A_{s1} = 0,05 \cdot 20 \cdot 792 \cdot \frac{16,67}{434,8} = 30,38 \text{ cm}^2$$

9.5.2 Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Prije određivanja broja i promjera šipki savojne armature potrebno je izračunati duljinu rubnog elementa. Najmanji promjer uzdužnih šipki ovisi o razmaku ovojne armature rubnog elementa. (HRN EN 1998-1:2011)

Najmanja vrijednost l_c ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15l_w; 1,5b_w; \text{duljina } h_o \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\} \quad (9.11)$$

Gdje je:

l_w - duljina rubnog elementa zida

b_w - širina rubnog elementa zida

$$0,15l_w = 0,15 \cdot 7,92 = 1,19 \text{ m}$$

$$1,50b_w = 1,50 \cdot 0,20 = 0,30 \text{ m}$$

$$h_o = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) \quad (9.12)$$

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

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{vd} \quad (9.13)$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_o} \quad (9.14)$$

$$\alpha\omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\emptyset \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035 \quad (9.15)$$

Gdje je:

b_o – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

b_c – bruto širina ovijene jezgre

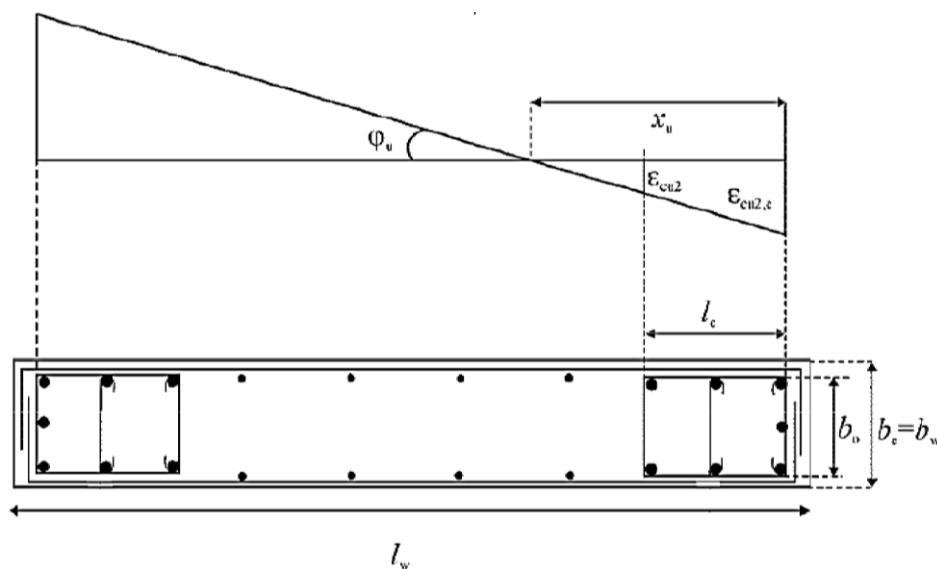
x_u – visina neutralne osi

ε_{cu2} – granična deformacija neovijenog betona

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

α – faktor učinkovitosti ovijanja

ω_{vd} – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom



Slika 9.10 Ovijeni rubni element zida (gore: deformacije pri najvećoj zakrivljenosti; dole: presjek zida)

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 2,5 cm i vilice $\phi 10$.

$$b_o = 200 - 2 \cdot 25 + 2 \cdot 5 = 140 \text{ mm}$$

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

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} \quad (9.16)$$

Gdje je:

ρ_v - omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

A_{sv} - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c \quad (9.17)$$

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot 200 \cdot 1000 = 400 \text{ mm}^2 / m$$

Odabrano Q-335 obostrano

$$\rho_v = \frac{670}{200 \cdot 1000} = 0,00335$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} \quad (9.18)$$

ω_v – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$ – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = 0,00335 \cdot \frac{434,8}{16,67} = 0,087$$

9.5.3 Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_\phi = \begin{cases} 2 \cdot q_o - 1, & T_1 > T_c \\ 1 + 2 \cdot (q_o - 1) \cdot T_c / T_1, & T_1 < T_c \end{cases} \quad (9.19)$$

$$T_1 = 0,2 \text{ s}; T_c = 0,4 \text{ s} \rightarrow T_1 < T_c$$

$$\mu_\phi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot 0,4 / 0,2 = 11,4$$

$$\varepsilon_{sy,d} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,8}{200000} = 0,002174 \quad (9.20)$$

$$\alpha \omega_{vd} \geq 30 \cdot 11,4 \cdot (0,087 + 0,087) \cdot 0,002174 \cdot \frac{200}{140} = 0,185$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot 0,385 = 0,042$$

$$x_u = (0,087 + 0,087) \cdot \frac{7925 \cdot 200}{140} = 1969,92 \text{ mm}$$

$$h_o = 1969,92 \cdot \left(1 - \frac{0,0035}{0,042}\right) = 1805,76 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \{0,15l_w; 1,5b_w; \text{duljina } h_o \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\} \quad (9.21)$$

$$l_c \geq \{1,19; 0,3; 1,80\}$$

Odabrano $l_c = 180 \text{ cm}$

Odabrana armatura : $20\phi 14 = 30,79 \text{ cm}^2 > 30,38 \text{ cm}^2$

$b_c = 20 \text{ cm}$; $h_0 = 180 \text{ cm}$

$$A_{s,min} = \frac{0,5}{100} \cdot b_c \cdot h_0 \quad (9.22)$$

$$A_{s,min} = \frac{0,5}{100} \cdot 20 \cdot 180 = 18,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot b_c \cdot h_0 \quad (9.23)$$

$$A_{s,max} = \frac{4}{100} \cdot 20 \cdot 180 = 144 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} < A_{odabir} < A_{s,max}$$

Zaštitni sloj:

$c_{min} = 35 \text{ mm}$; $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (9.24)$$

$$c_{nom} = 35 + 10 = 45 \text{ mm} \leq 45 \text{ mm} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od} \left\{ \begin{array}{l} k_1 \varphi = 1 \cdot 18 = 18 \text{ mm} \\ d_g + k_2 = 25 + 5 = 30 \text{ mm}, \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} \quad (9.25)$$

Gdje je d_g - maksimalna veličina zrna agregata

Prema Eurokodu 8 maksimalni razmak između susjednih uzdužnih šipki ovijenim sponama ne smije premašiti 200 mm.

9.5.4 Dijagonalni tlačni slom zbog posmika

Vrijednost $V_{Rd,max}$ u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s $z = 0,8l_w$)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta} \quad (9.26)$$

Za konstrukcije koje nisu napete $\alpha_{cw} = 1$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(\text{MPa})}{250} \right) \quad (9.27)$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0,54$$

$\text{Tg}\theta = 1$ – nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,max} = \frac{1 \cdot 20 \cdot (0,8 \cdot 792) \cdot 0,54 \cdot 1,67}{1 + 1} = 11434,82 \text{ kN} > V_{Ed} = 1030,5 \text{ kN}$$

9.5.5 Dijagonalni vlačni slom zbog posmika

Postupak ovisi o koeficijentu α_s

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} \quad (9.28)$$

$$\alpha_s = \frac{1766}{1030,5 \cdot 7,92} = 0,22$$

Za $\alpha_s < 2$ horizontalna armatura se računa prema slijedećem izrazu:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0,8l_w) \varphi_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta \quad (9.29)$$

Gdje je:

φ_h - omjer armiranja hrpta horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$ - proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature

Budući da u jednadžbi 9.29 znamo vrijednost poprečne sile iz nje ćemo izraziti φ_h preko ostalih parametara.

$$\varphi_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0,8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} \quad (9.30)$$

$$\varphi_h = \frac{1030,5}{0,8 \cdot 792 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 1} = 0,0019$$

$$\varphi_{h,min} = \max(0,001; 0,25 \cdot \rho_v) \quad (9.31)$$

$$\varphi_{h,min} = \max(0,001; 0,25 \cdot 0,00335) = \max(0,001; 0,00084)$$

$$\varphi_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \varphi_h \cdot b_{wo} \cdot S_h \quad (9.32)$$

$$A_h = 0,0019 \cdot 20 \cdot 100 = 3,8 \text{ cm}^2$$

Odabrano Q-335 ($A_{s,odabrano} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$)

9.5.6 Izračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: Q-335 i 20 ϕ 14

Najmanji promjer spona: 6 mm ; razmak spona je definiran slijedećom jednadžbom:

$$S_w \leq (8 \cdot d_{bl}; \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm}) \quad (9.33)$$

$$S_w \leq (8 \cdot 18; \frac{140}{2}; 175 \text{ mm}) = (144; 70; 175 \text{ mm})$$

Odabrano: $S_w = 7 \text{ cm}$

Visina kritičnog područja $h_{cr} = 5,4 \text{ m}$

$\alpha_{\omega_{vd}} = 0,185$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \quad (9.34)$$

α_s i α_n – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj (horizontalnoj) ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0} \quad (9.35)$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{2 \cdot (9 \cdot 20^2)}{6 \cdot 14 \cdot 180} = 0,523$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{s_w}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s_w}{2 \cdot h_0}\right) \quad (9.36)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{7}{2 \cdot 14}\right) \cdot \left(1 - \frac{7}{2 \cdot 180}\right) = 0,735$$

$$\alpha = 0,523 \cdot 0,735 = 0,385$$

$$0,327 \cdot \omega_{vd} = 0,185 \rightarrow \omega_{vd} = \frac{0,185}{0,385} = 0,48 \geq 0,08 \text{ (u kritičnom presjeku)}$$

9.5.7 Izračun ω_{vd} za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: vanjskih - $L_V = 2 \cdot 14 + 2 \cdot 180 = 388 \text{ cm}$

unutarnjih - $L_U = 8 \cdot 14 = 112 \text{ cm}$

Za unutarnje i vanjske vilice $\phi 10$

$$\omega_{wd} = \frac{V_{vilica}}{V_{betonske \ jezgre}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (9.37)$$

$$\omega_{wd} = \frac{(0,785 \cdot 388 + 0,785 \cdot 112) \cdot \frac{100}{7} \cdot \frac{43,5}{1,67}}{14 \cdot 180 \cdot 100} = 0,58 > 0,48$$

Za vanjske vilice $\phi 10$ a, unutarnje $\phi 8$

$$\omega_{wd} = \frac{(0,785 \cdot 388 + 0,5 \cdot 112) \cdot \frac{100}{7} \cdot \frac{43,5}{1,67}}{14 \cdot 180 \cdot 100} = 0,53 > 0,48$$

Za vanjske vilice je odabran profil $\phi 10$ a, za unutarnje $\phi 8$.

Detalj armiranja rubnog područja zida priložen je u grafičkim priložima.

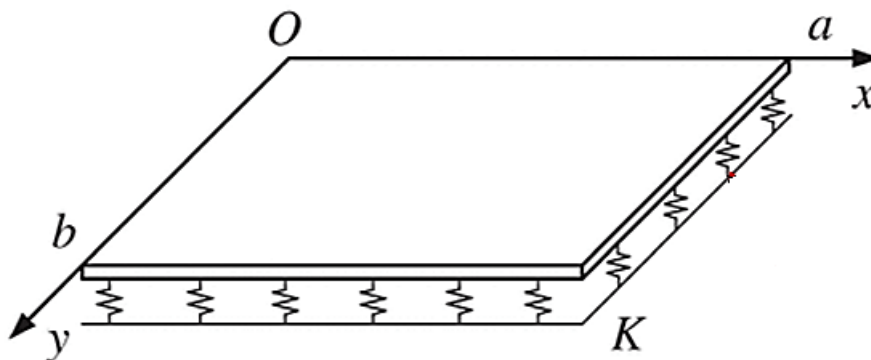
10. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE

Debljina temeljne ploče je 50 cm. Geodetskim mjerenjima je utvrđena nosivost od 500 kPa. Za temeljnu ploču je upotrijebljen beton klase C30/37. U nastavku će biti prikazani rezultati proračuna.

10.1 Winkler-ov model

Jedan od osnovnih problema modeliranja savitljivih konstrukcija je na koji način modelirati međusobno djelovanje konstrukcije i tla. Kod složenijih savitljivih konstrukcija u većini slučajeva nije moguće naći rješenje u analitičkom obliku, stoga se problem rješava tako da se primjenjuje diskretizacija temelja i riješi jednom od numeričkih metoda. Metoda konačnih elemenata (MKE) je jedna od najčešćih metoda koja se koristi za rješavanje ovih problema.

U rješavanju problema međusobnog djelovanja konstrukcija-tlo koristi se Winkler-ov model opruge. Može biti linearan model s konstantnom krutošću ili model u kojemu je krutost promjenjiva. Pristup je približan zbog toga što se zanemaruje međusobni utjecaj pomaka različitih točaka u tlu.



Slika 10.1 Prikaz međusobnog djelovanja konstrukcija-tlo Winkler-ovim modelom

Kao što je gore navedeno da je pristup približan tako dobijemo i Winkler-ov prostor koji samo približno opisuje deformacijske osobine temeljnog tla. Tlo se zamjenjuje sustavom elastičnih opruga na način da je pomak na površini linearno proporcionalan reaktivnom pritisku.

$$w(x) = q(x)/K \quad (10.1)$$

Gdje je:

$q(x)$ – dodirno naprezanje

K – koeficijent reakcije tla ($\text{kN/m}^2/\text{m}$)

Nedostaci Winkler-ovog modela:

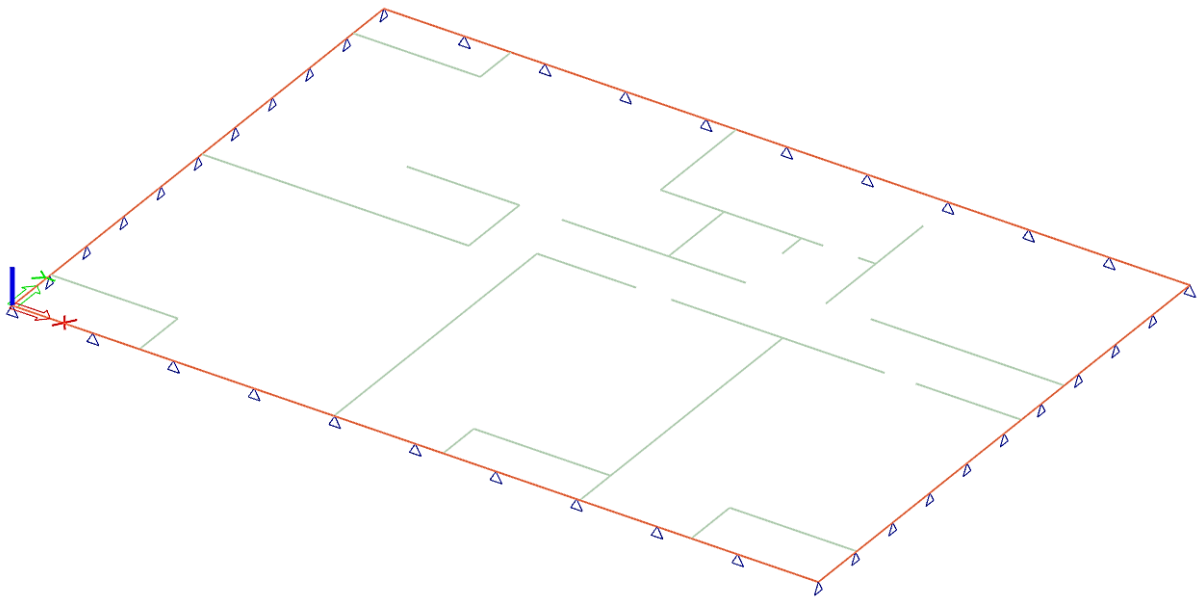
- Opterećenje skraćuje samo one opruge na kojima ploča izravno leži što znači da se zanemaruje međusobni utjecaj

- Na tlo se može prenijeti tlak i vlak bez obzira na to da tlo nema sposobnost preuzimanja vlačnih naprezanja
- Samo određivanje koeficijenta K koji ovisi o intenzitetu opterećenja, krutosti ploče, svojstvima materijala ploče, svojstvima tla ispod ploče itd.

Koeficijent reakcije podloge K je odnos između dodirnog naprezanja q koji predstavlja odgovor tla na vanjsko opterećenje i slijeganja w . Što se dobije tako da se K izrazi iz jednadžbe 10.1.

$$K = q(x)/w(x) \quad (10.2)$$

Međusobno djelovanje konstrukcija-tlo u računalom programu je modelirano pomoću naredbe „surface (el. foundation)“ koja koristi Winkler-ovu analogiju.



Slika 10.2 Grafički prikaz modela temeljne ploče

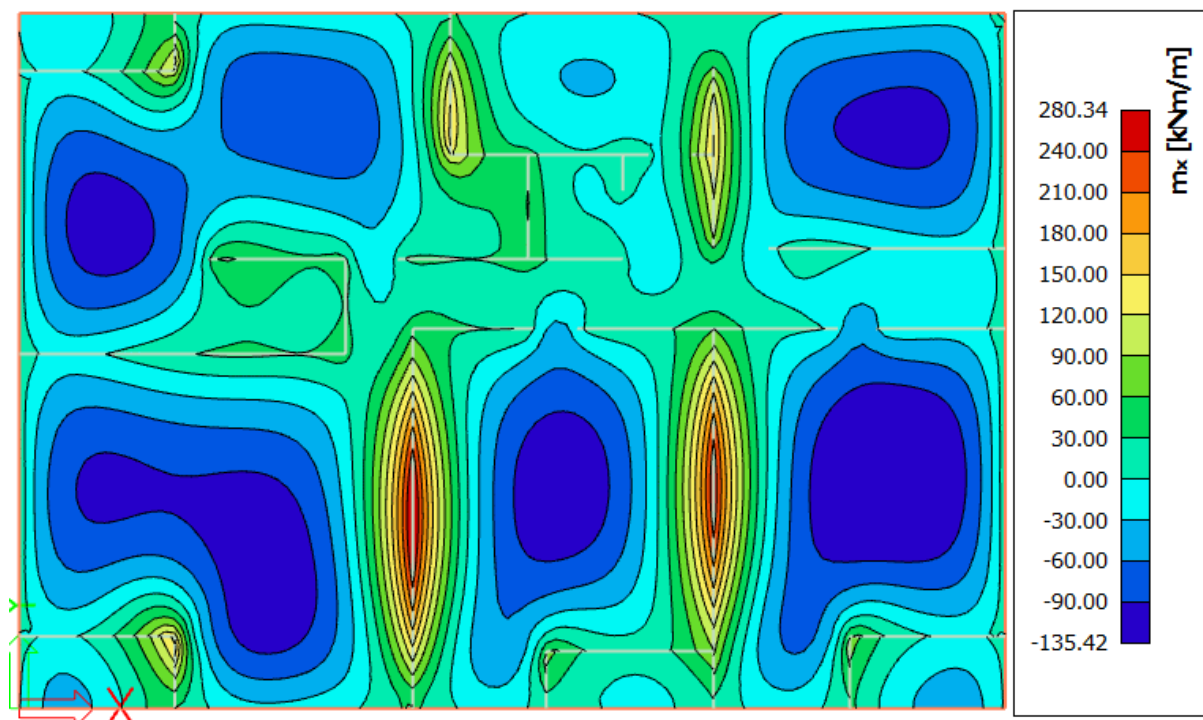
Koeficijent K ovisi o elastičnim svojstvima podloge. Stoga će se prilikom zadavanja modela u računalnom programu definirati krutosti tla. Krutost tla je 50 MN/m^3 .

Name	Sub1
Decription	
C1x [MN/m ³]	5,0000e+01
C1y [MN/m ³]	5,0000e+01
C1z	Flexible
Stiffness [MN/m ³]	5,0000e+01
C2x [MN/m]	3,0000e+01
C2y [MN/m]	3,0000e+01

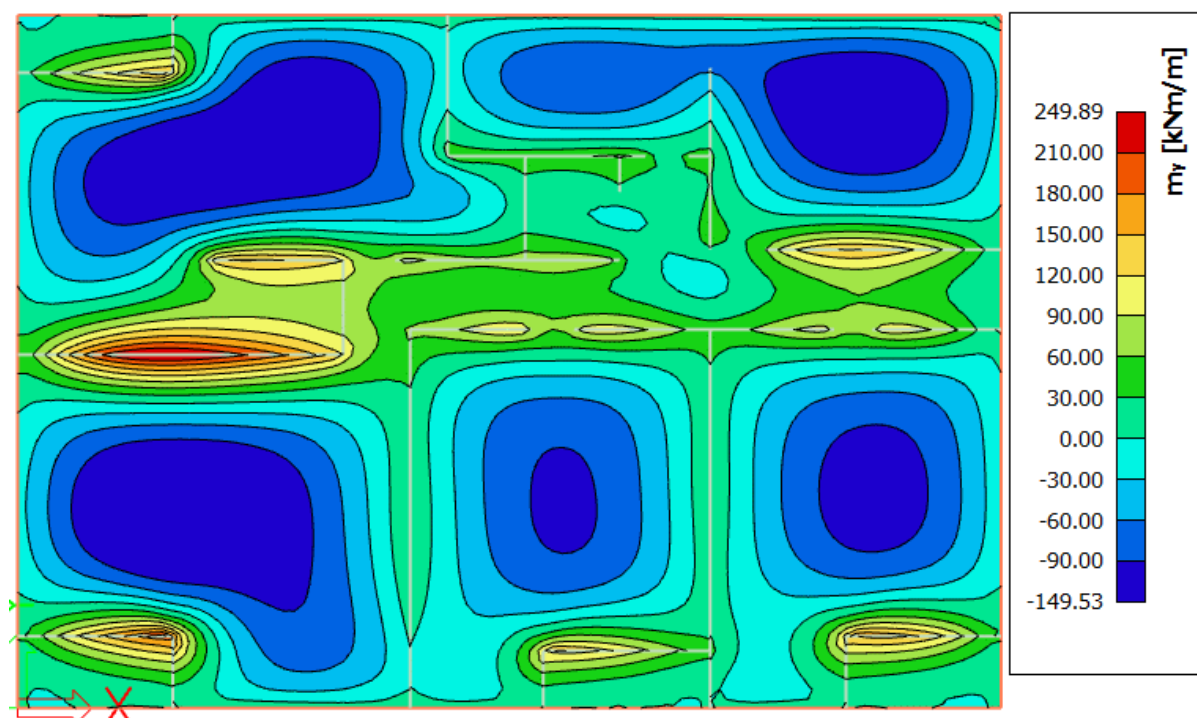
Slika 10.3 Prikaz krutosti tla

10.2 Prikaz rezultata

Momenti savijanja $M_{Ed,x}$ i $M_{Ed,y}$ za kombinaciju opterećenja GSN-1

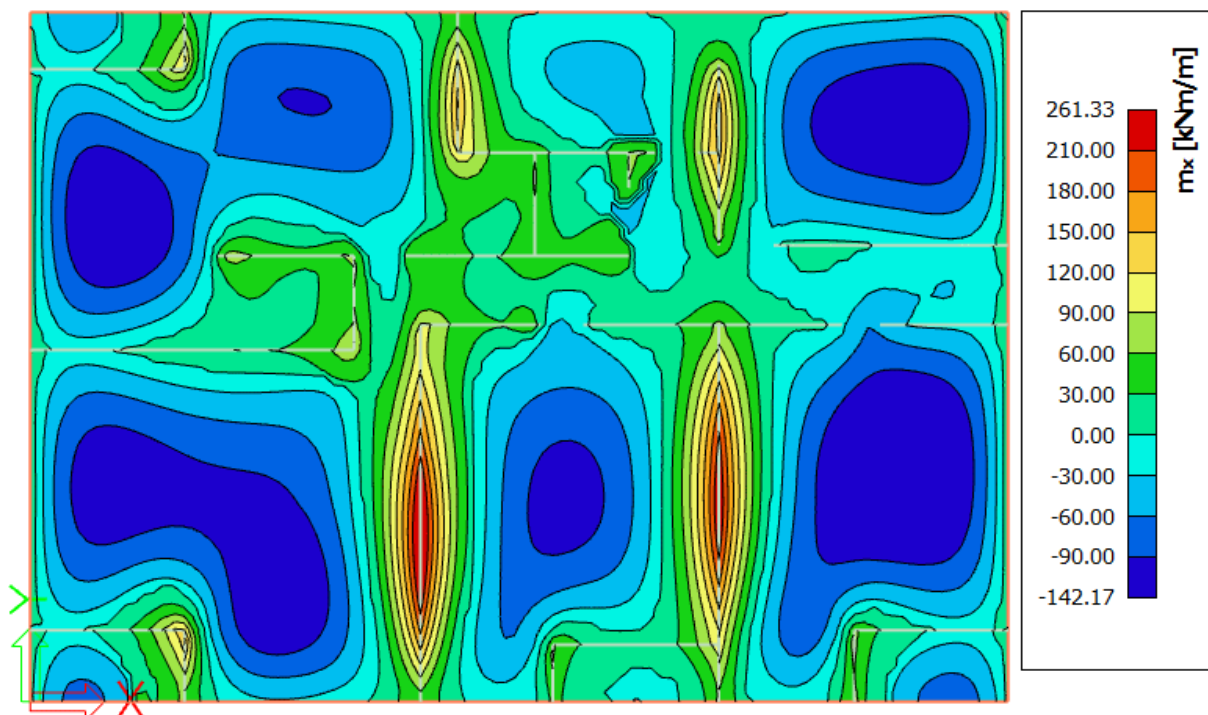


Slika 10.4 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN-1

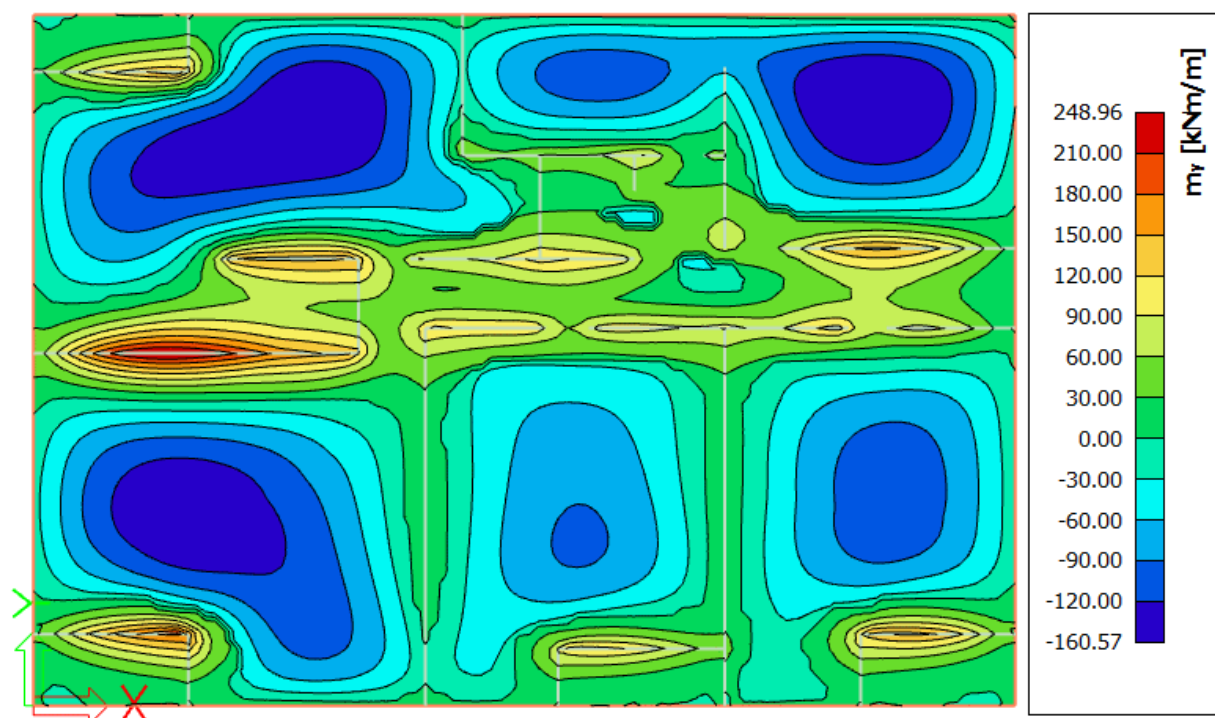


Slika 10.5 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1

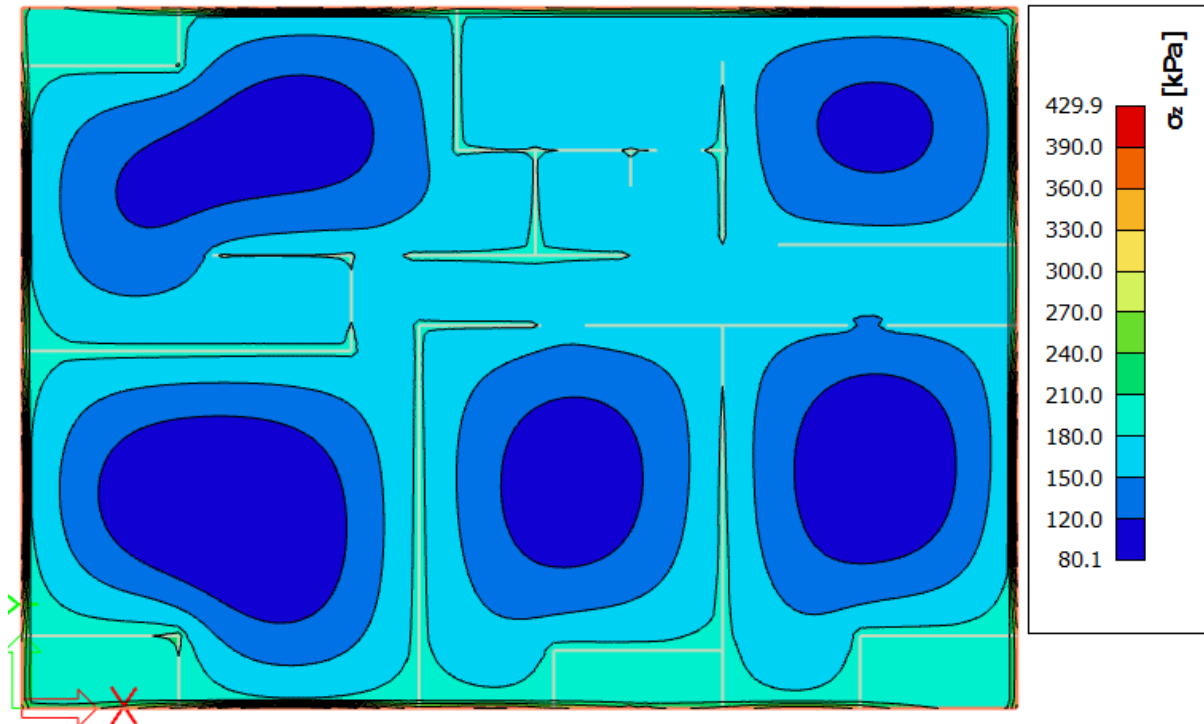
Momenti savijanja $M_{Ed,x}$ i $M_{Ed,y}$ za anvelopu potresnog opterećenja ANV-potres



Slika 10.6 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za ANV-potres



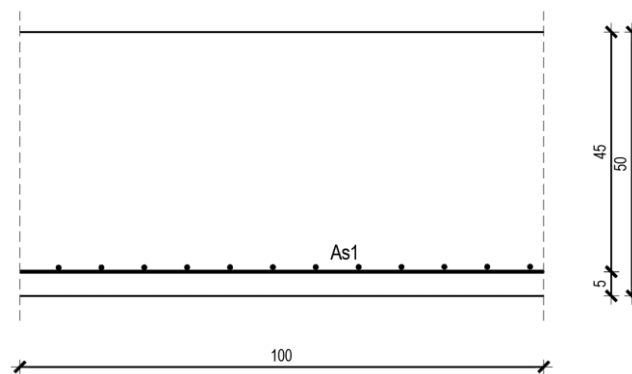
Slika 10.7 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za ANV-potres



Slika 10.8 Kontaktne naprezanja u smjeru z σ_z (kPa) za GSN-1

Na slici 10.8 vidimo da se ispod vanjskih zidova javljaju najveća kontaktna naprezanja, odnosno javljaju se velike koncentracije naprezanja po njihovoj duljini. Dozvoljena naprezanja koje tlo može preuzeti nisu prekoračena.

10.3 Dimenzioniranje temeljne ploče



Slika 10.9 Poprečni presjek temeljne ploče

$h=50$ cm
zaštitni sloj: $a=3,0$ cm; $d=45,0$ cm

Beton: C 30/37
 $f_{ck}=30,0$ MPa; $E_{cm}=31,0$ GPa

Armatura: B 500B
 $f_y=500,0$ MPa

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (10.3)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,45^2 \cdot 30,0/1,5 \cdot 1000 = 643,95 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (10.4)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 45,0 = 6,75 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (10.5)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{45,0}{50,0} = 5,4 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (10.6)$$

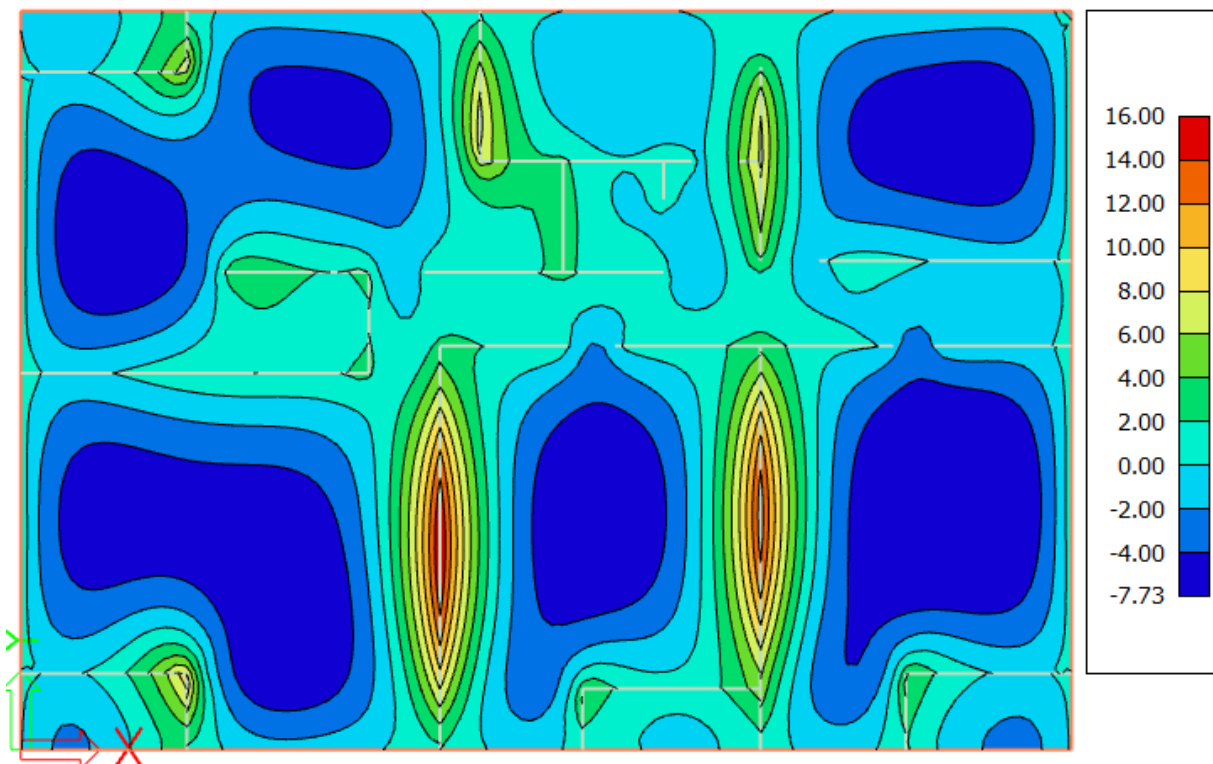
$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 45 \cdot \frac{20,0}{434,8} = 64,17 \text{ cm}^2/m$$

Za proračun armature usvaja se $\zeta \approx 0,9$, potrebna armatura:

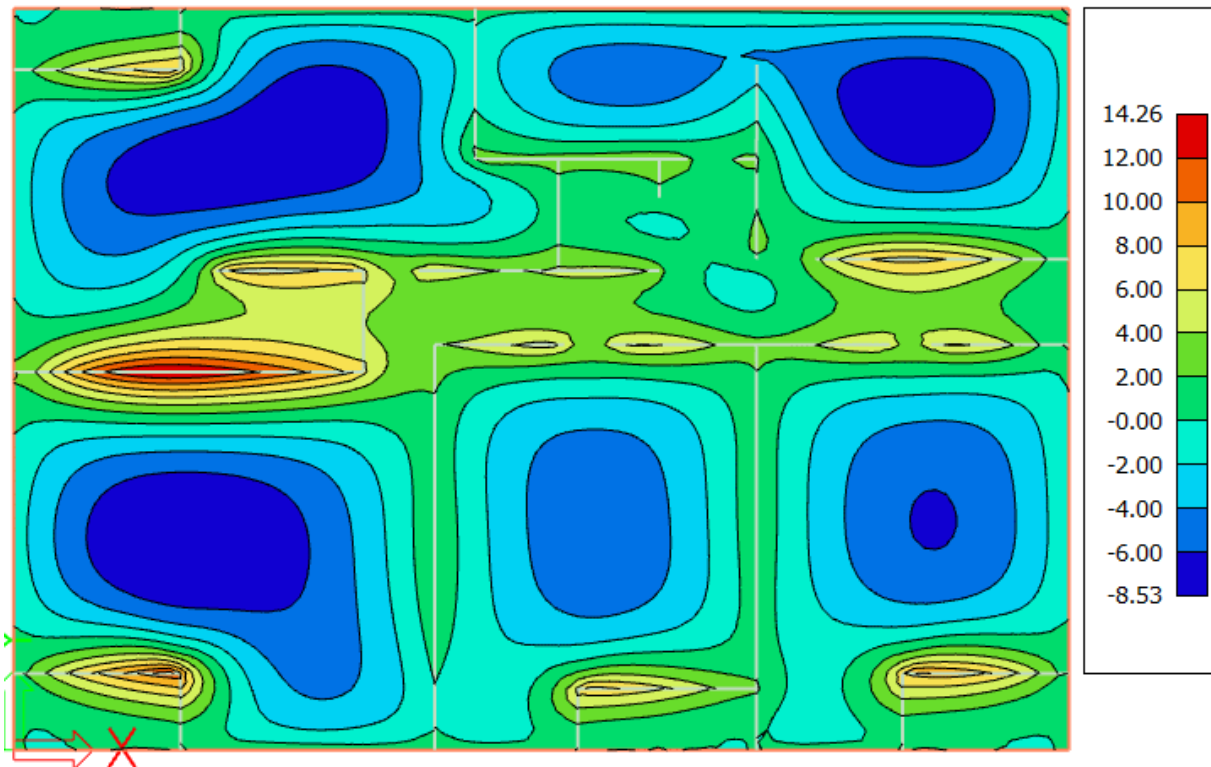
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (10.7)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 45,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,057$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature za x i y smjer.



Slika 10.10 Armatura u temeljnoj ploči smjer $A_{s,x-x}$ (cm^2/m) za GSN-1



Slika 10.11 Armatura u temeljnoj ploči smjer $A_s, y-y$ (cm^2/m) za GSN-1

Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju $8,53 \text{ cm}^2 * 1.25 = 10,66 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju $16,00 \text{ cm}^2 * 0.85 = 13,6 \text{ cm}^2$

ODABRANA ARMATURA

Polje Q-785 + preklop 70 cm ($10,35 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Ležaj Q-785 + $\Phi 12/20$ ($7,85 + 6,78 = 14,63 \text{ cm}^2/\text{m}$) / vidjeti u grafičkom prilogu

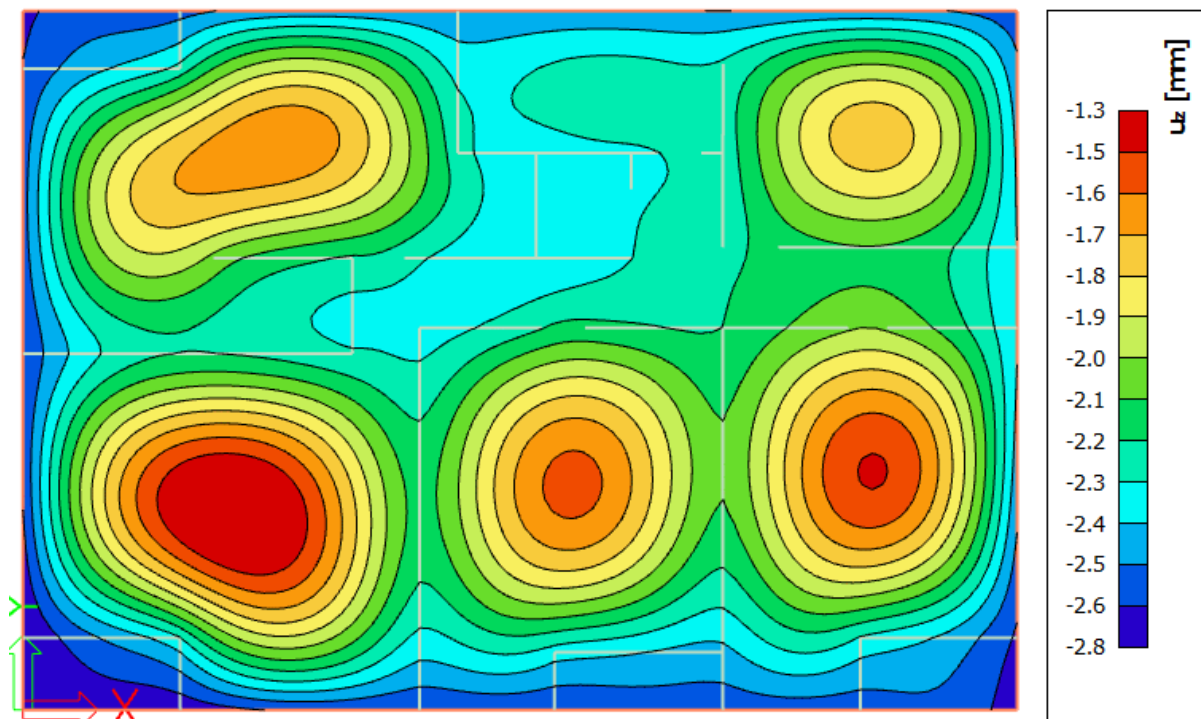
Napomena: Armatura polja je smještena u gornjoj zoni ploče, dok je armatura ležaja smještena u donjoj zoni ploče.

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

Armaturni planovi temeljne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim prilogima.

10.4 Kontrola progiba i pukotina temeljne ploče

10.4.1 Kontrola progiba

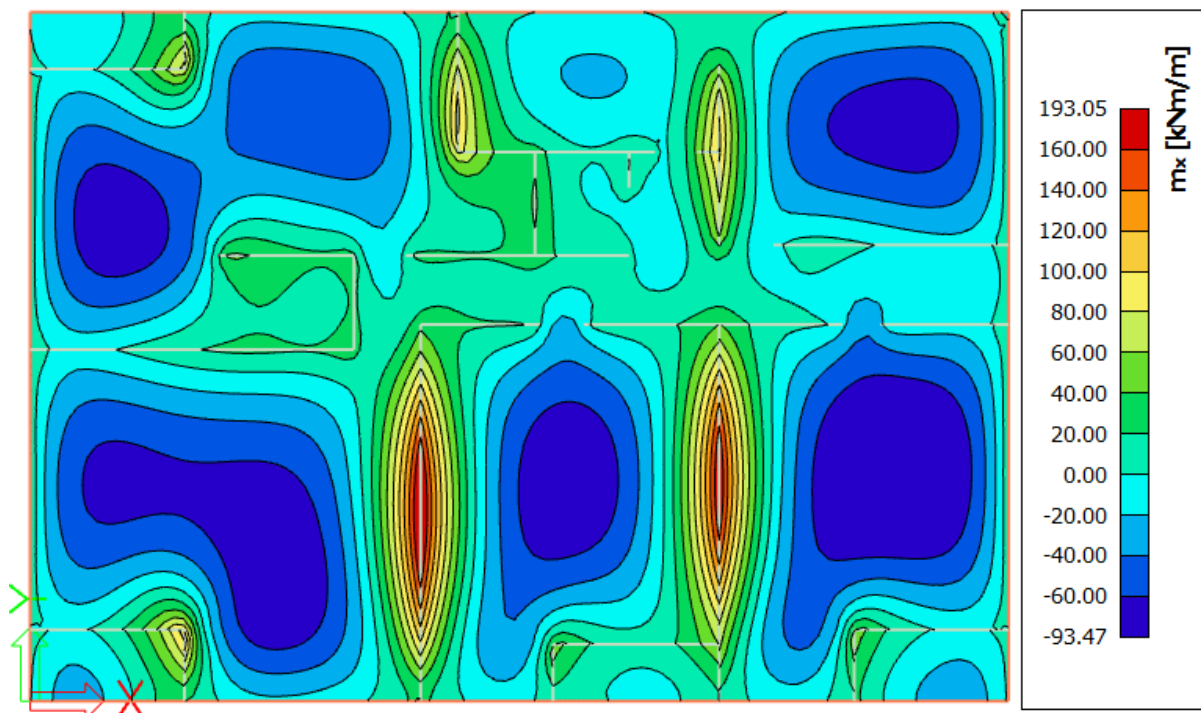
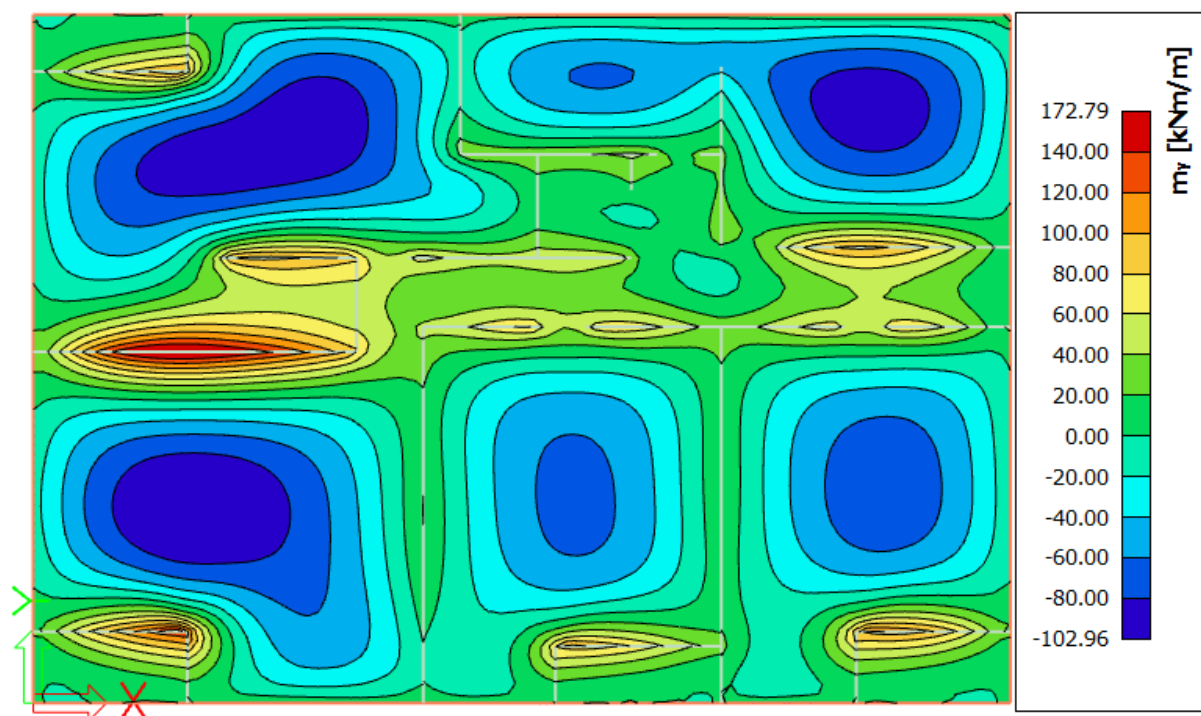


Slika 10.12 Progib temeljne ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosa je 2,8 mm

Sa slike 10.12 vidimo da je postignuto ravnomjerno slijeganje temeljnog tla, na taj način izbjegnuta je pojava diferencijalnog slijeganja.

10.4.2 Kontrola pukotina

Slika 10.13 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSU-1Slika 10.14 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSU-1

Računska širina pukotine prema HRN EN 1992-1-1:2013; Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

Mjerodavni moment za polje: $M=102,96 \text{ kNm/m}$

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (10.8)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (10.9)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (10.10)$$

$$x = \frac{6,36 \cdot 10,35}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 45,0}{6,36 \cdot 10,35}} \right) = 7,07 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (10.11)$$

$$\sigma_s = \frac{10296}{\left(45,0 - \frac{7,07}{3}\right) \cdot 10,35} = 23,32 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 233,28 \text{ MPa}$$

Za C 30/37 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-785 + \text{prekolop } 70 \text{ cm} = 10,35 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

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

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 6,36 \quad (10.12)$$

α_e – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (10.13)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{10,35}{100 \cdot \left(\frac{50-7,07}{3}\right)} = 0,0072$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{233,28 - 0,4 \frac{2,9}{0,0072} (1 + 6,36 \cdot 0,0072)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{233,28}{210000}$$

$$0,00031 \geq 0,000667$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000667$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [mm] \quad (10.14)$$

$$\phi = 10,0 \text{ mm}$$

$c = 30 \text{ mm}$ – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,0072} = 338,11 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (10.8)$$

$$w_k = 338,11 \cdot 0,000667 = 0,23 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj: $M=193,05 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{6,36 \cdot 14,63}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 45,0}{6,36 \cdot 14,63}} \right) = 8,26 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{19305}{\left(45,0 - \frac{8,26}{3}\right) \cdot 14,63} = 31,23 \frac{kN}{cm^2} = 312,35 \text{ MPa}$$

Za C 30/37 $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-785 + \Phi 12/20 (7,85 + 6,78 = 14,63 \text{ cm}^2/\text{m})$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33\,000 \text{ MPa}$ – modul elastičnosti betona

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

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{33} = 6,36$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{14,63}{100 \cdot \left(\frac{50-8,26}{3}\right)} = 0,0105$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{312,35 - 0,4 \frac{2,9}{0,0105} (1 + 6,36 \cdot 0,0105)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{312,35}{210000}$$

$$0,00092 \geq 0,00089$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00092$$

Srednji razmak pukotina:

$$\varnothing = 10,0 \text{ mm}$$

$c = 30 \text{ mm}$ – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$ – Savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,0105} = 263,9 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (10.8)$$

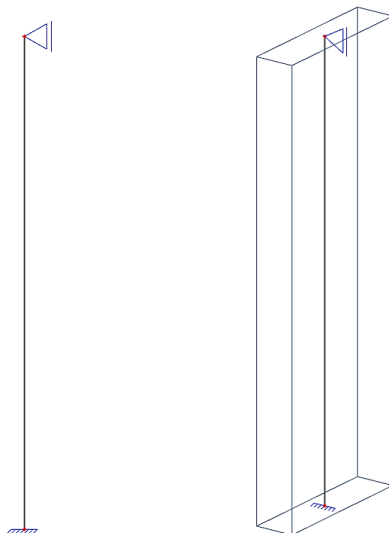
$$w_k = 263,9 \cdot 0,00092 = 0,24 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

11. PRORAČUN ZASUTOG ZIDA

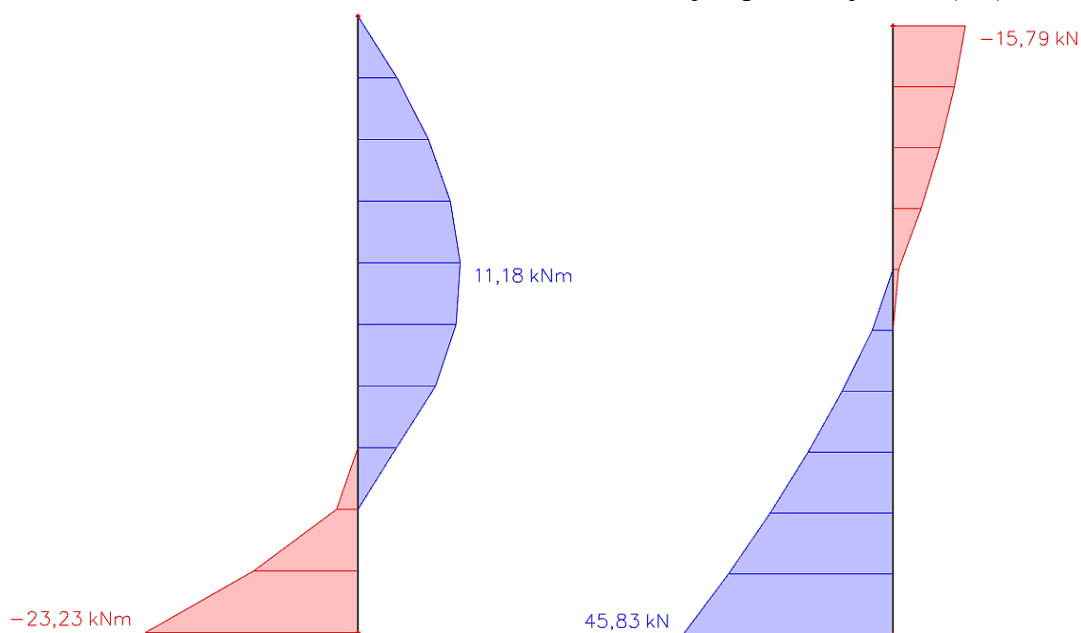
11.1 Prikaz modela i rezultata

U nastavku će se prikazati model zasutog zida i rezultati unutarnjih sila. Zid je modeliran kao linijski element koji je upet u donjem dijelu, a u gornjem klizno oslonjen (pogledati sliku 11.1). Budući da se analiza vrši po metru dužnom dimenzije poprečnog presjeka zida su $0,25 \times 1,0$ m. Za sve podrumске zidove unutarnje i vanjske je upotrijebljen beton klase C30/37.



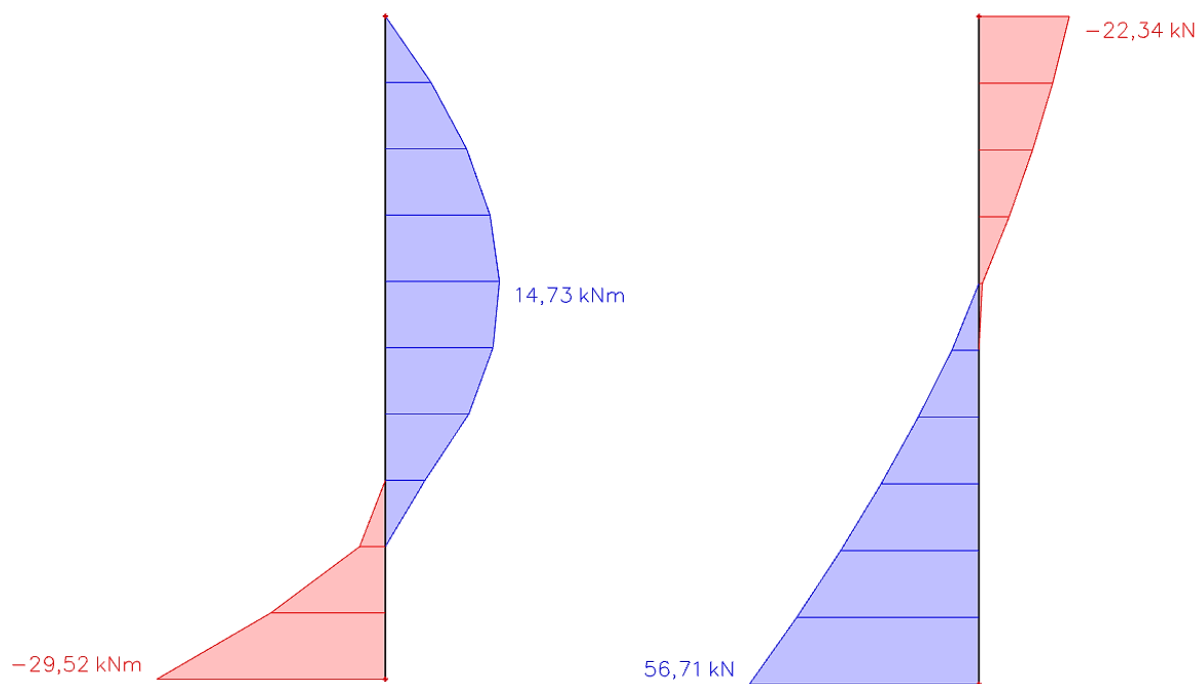
Slika 11.1 Prikaz modela zasutog zida; lijevo-ravninski pogled ; desno-izometrijski pogled

Moment savijanja $M_{Ed,y}$ i poprečne sile $V_{Ed,z}$ za kombinaciju opterećenja GSN(ZZ)-1



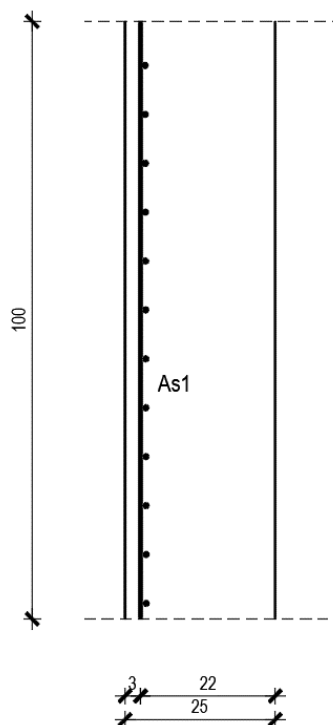
Slika 11.2 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm)(lijevo); Poprečne sile $V_{Ed,z}$ (kN)(desno) za GSN(ZZ)-1

Moment savijanja $M_{Ed,y}$ i poprečne sile $V_{Ed,z}$ za kombinaciju opterećenja GSN(ZZ)-2



Slika 11.3 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm)(lijevo); Poprečne sile $V_{Ed,z}$ (kN)(desno) za GSN(ZZ)-2

11.2 Dimenzioniranje zida



Slika 11.4 Poprečni presjek zida

h=25,0 cm
zaštitni sloj: a=2,5 cm; d=21,0 cm

Beton: C 30/37

Armatura: B 500B

$f_{ck}=30,0$ MPa; $E_{cm}=31,0$ GPa

$f_y=500,0$ MPa

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (11.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,21^2 \cdot 30,0/1,5 \cdot 1000 = 140,23 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (11.2)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 21,0 = 3,15 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (11.3)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{21,0}{50,0} = 2,52 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (11.4)$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 21 \cdot \frac{20,0}{434,8} = 29,94 \text{ cm}^2/m$$

Za proračun armature usvaja se $\zeta \approx 0,9$, potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (11.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 21,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,13$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (11.6)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (11.7)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{210}} = 1,98 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,98$$

$$k_1 = 0,15; \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0$$

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{3,85}{21,0 \cdot 100} = 0,0018 \quad (11.8)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,98 \cdot (100 \cdot 0,0018 \cdot 30,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 1000 \cdot 210$$

$$V_{Rd,c} = 87,54 \text{ kN/m}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (11.9)$$

$$k_1 = 0,15$$

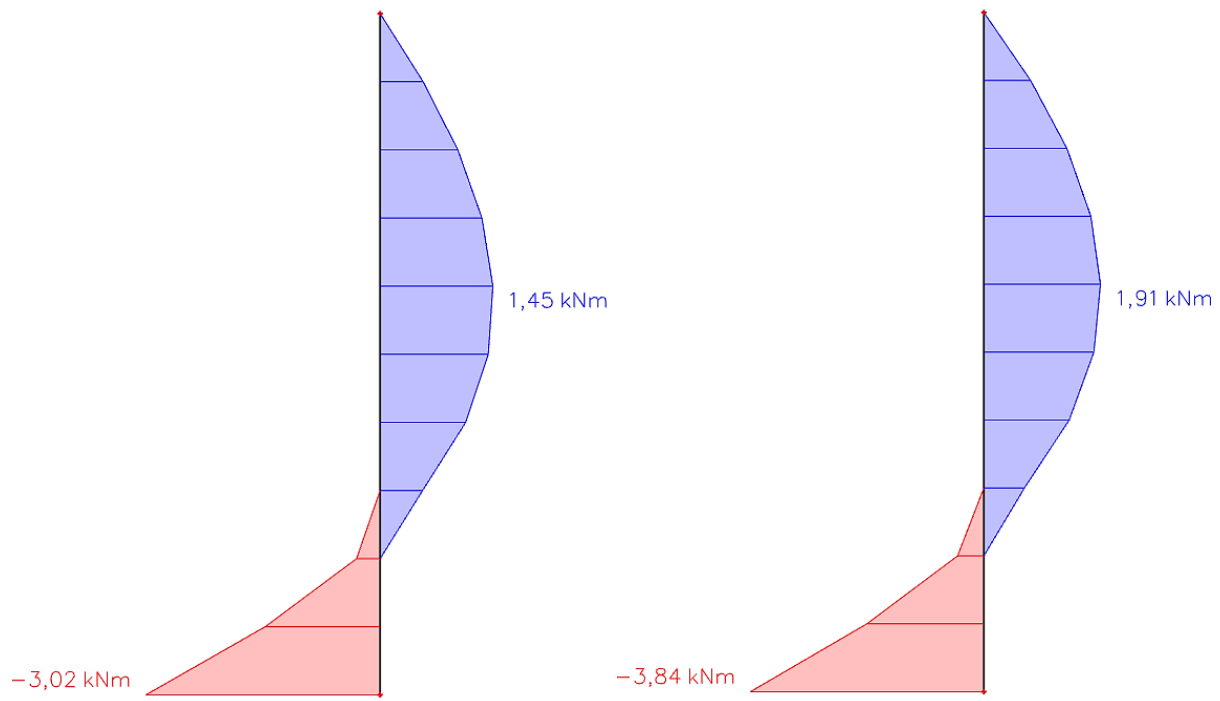
$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot 1,98^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,534 \quad (11.10)$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd}/A_c = 0,0$$

$$V_{Rd,c,min} = 0,534 \cdot 1000 \cdot 210 = 112,16 \text{ kN/m}$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature



Slika 11.5 Armatura zida A_s (cm^2) za GSN(ZZ)-1 (lijevo)
Armatura zida A_s (cm^2) za GSN(ZZ)-2 (desno)

Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju $1,91 \text{ cm}^2 \cdot 1,25 = 2,39 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju $3,84 \text{ cm}^2 \cdot 0,85 = 3,26 \text{ cm}^2$

ODABRANA ARMATURA

Polje Q-335 ($3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Ležaj $\Phi 12/20$ ($6,78 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Armatureni plan zasutog zida prikazat će se preko detalja spoja vanjskog zida i temeljne ploče koji je priložen u grafičkim priložima.

12. PRORAČUN FIZIKALNIH SVOJSTAVA ZGRADE

Fizika zgrade kao znanstvena disciplina građevinarstva istražuje fizikalne pojave (toplina, vlaga, zvuk i požar) na građevinskim objektima.

Osnovna područja kojima se fizika zgrade bavi:

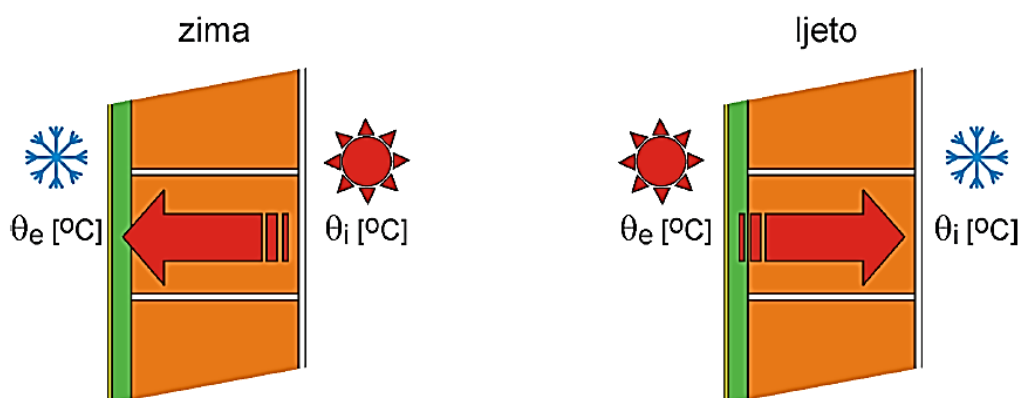
- Toplinska zaštita
- Toplinska stabilnost i ljetna toplinska zaštita
- Difuzija vodene pare
- Zaštita od zračne, udarne buke i vibracija
- Akustika

Mjerama toplinske zaštite potrebno je umanjiti neželjeni toplinski tok. Difuzija vodne pare nastaje kada se čestice vodene pare kreću s područja veće koncentracije prema području manje koncentracije vodene pare sve do uspostave ravnoteže. Za građevne konstrukcije štetan je utjecaj pojave kondenzacije vodene pare.

Toplina se prenosi na tri načina:

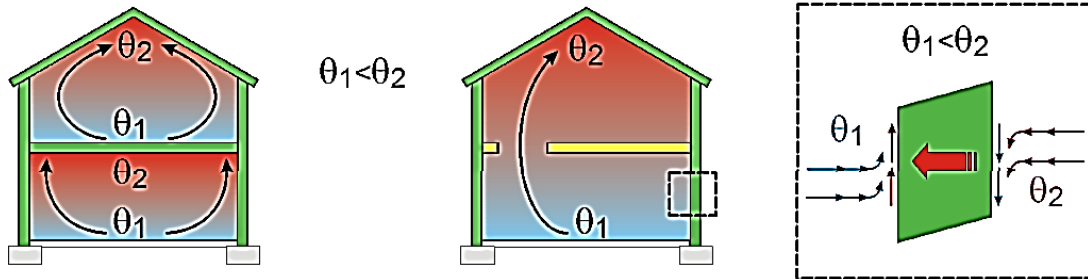
- Kondukcija
- Konvekcija
- Radijacija

Kondukcija je provođenje odnosno prijenos toplinske energije između tijela u dodiru. Odvija se iz područja s višom temperaturom prema području s nižom temperaturom. U krutim tijelima prijenos topline se odvija vibracijom molekula u kristalnoj strukturi, u tekućinama i plinovima prijenos se odvija sudarom i difuzijom molekula pri slobodnom gibanju.



Slika 12.1 Kondukcija topline za ljetno i zimsko razdoblje

Konvekcija je usmjereno strujanje zraka odnosno fluida u kojem se topliji fluid giba prema hladnijem te pritom predaje toplinu okolini.



Slika 12.2 Konvekcija topline

Radijacija (zračenje) je prijelaz topline putem elektromagnetskog zračenja. Određeni dio energije zračenja koji dođe do građevine se apsorbira, jedan dio se reflektira, a ostali dio prođe kroz propusne površine.

$$E = E \cdot a + E \cdot r + E \cdot t \quad (12.1)$$

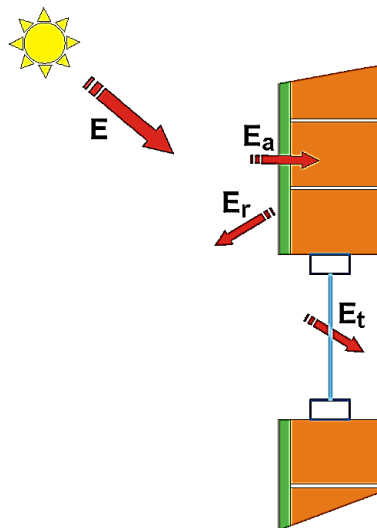
Gdje je:

E – ukupna energija zračenja

a – koeficijent apsorpcije

r – koeficijent refleksije

t – koeficijent transparentnosti ili propusnosti



Slika 12.3 Radijacija topline

Osnovni pojmovi vezani za građevinsku fiziku su: toplinska provodljivost, toplinska propustljivost, toplinski otpor, i koeficijent prolaska topline.

Toplinska provodljivost λ je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m^2 i debljine 1 m pri razlici temperature od 1 K .

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot (T_1 - T_2)} \cdot \frac{d}{t} \quad (\text{W/mK}) \quad (12.2)$$

Toplinska propustljivost ovisi o: poroznosti, vlažnosti i temperaturi.

Toplinska propustljivost je omjer toplinske provodljivosti i debljine sloja u smjeru toplinskog toka.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \quad (W/m^2K) \quad (12.3)$$

Toplinski otpor je recipročna vrijednost toplinske propustljivosti.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (m^2K/W) \quad (12.4)$$

Koeficijent prolaska topline je količina topline koja u jedinici vremena prođe okomito kroz sloj materijala površine 1 m^2 pri razlici temperature od 1 K .

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (12.5)$$

Gdje je R_T ukupan otpor pregrade.

$$U = 1/(R_{si} + \Sigma R_1 + R_{se}) \quad (W/m^2K) \quad (12.6)$$

$R_{si} = 1/\alpha_i$ - unutarnji plošni otpor prijelaza topline; $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R_{se} = 1/\alpha_e$ - vanjski plošni otpor prijelaza topline; $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

α_i – koeficijent unutarnjeg prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa unutarnjeg zraka na jediničnu površinu pregrade pri razlici temperature unutarnjeg zraka i površine pregrade od 1 K .

α_e – koeficijent vanjskog prijelaza topline je jednak količini topline koja u jedinici vremena prijeđe sa vanjske površine pregrade na vanjski zrak pri razlici temperature vanjske pregrade i vanjskog zraka od 1 K .

α_i i α_e se utvrđuju eksperimentalno.

U ovoj cjelini diplomskog rada proračunati su toplinski gubici i difuzija vodne pare predmetne građevine. Proračun fizike zgrade napravljen je pomoću računalnog programa KI Expert Plus. KI Expert Plus je namijenjen projektantima fizike zgrade i usklađen je s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/2015), algoritmom za proračun potrebne za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790 te najnovijim Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju („Narodne novine“ broj 88/17)

12.1 Podaci o lokaciji objekta

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

Klimatološki podaci lokacije objekta:

Lokacija: Split

Referentna postaja: Split, Marjan

Tablica 12.1 Klimatološki podaci za lokaciju Split

	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

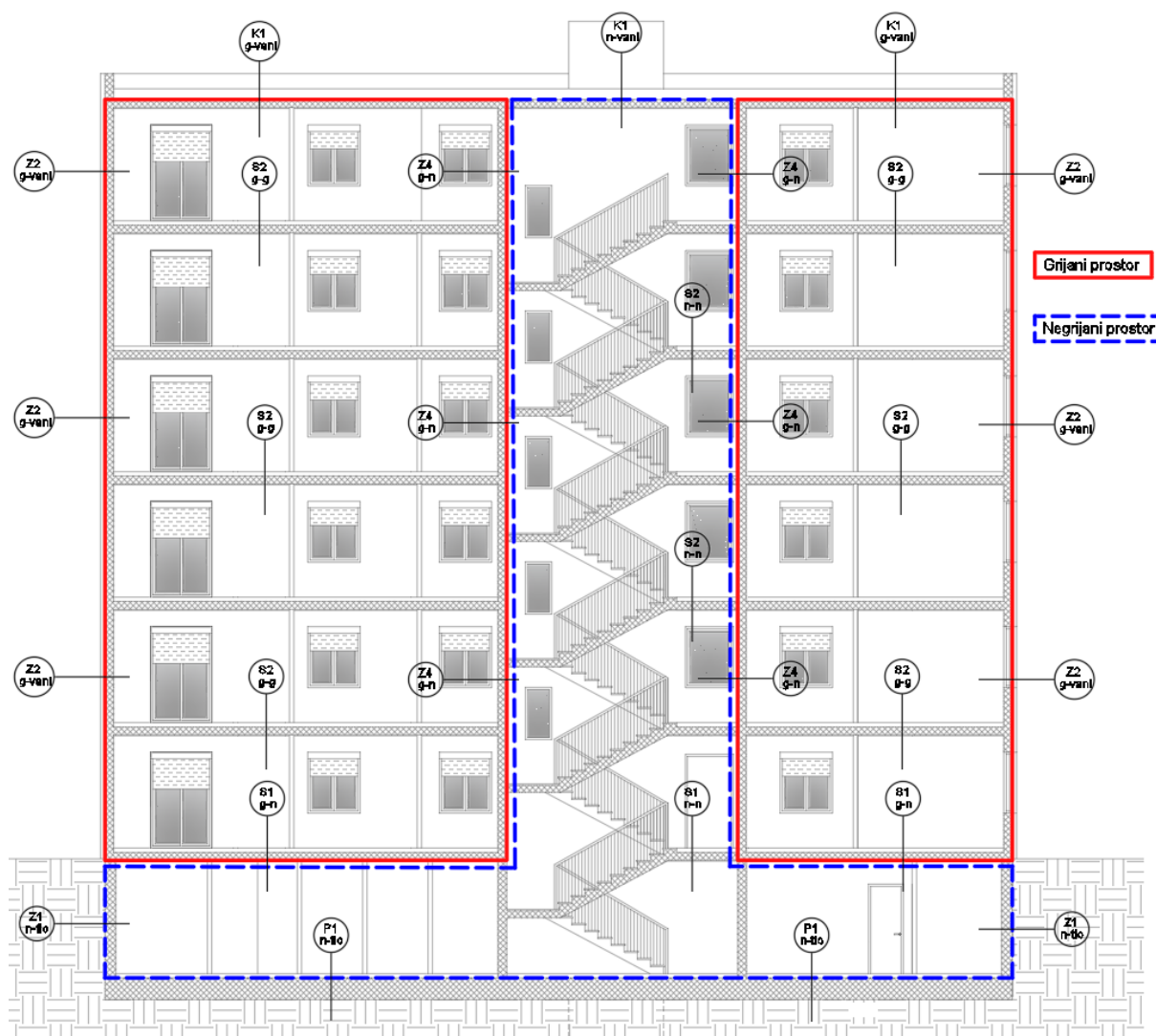
	Brzina vjetra (m/s)												
m	3,5	5	4,7	4,2	3,5	3	3,1	3	3,3	3,9	4,7	4,7	4

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

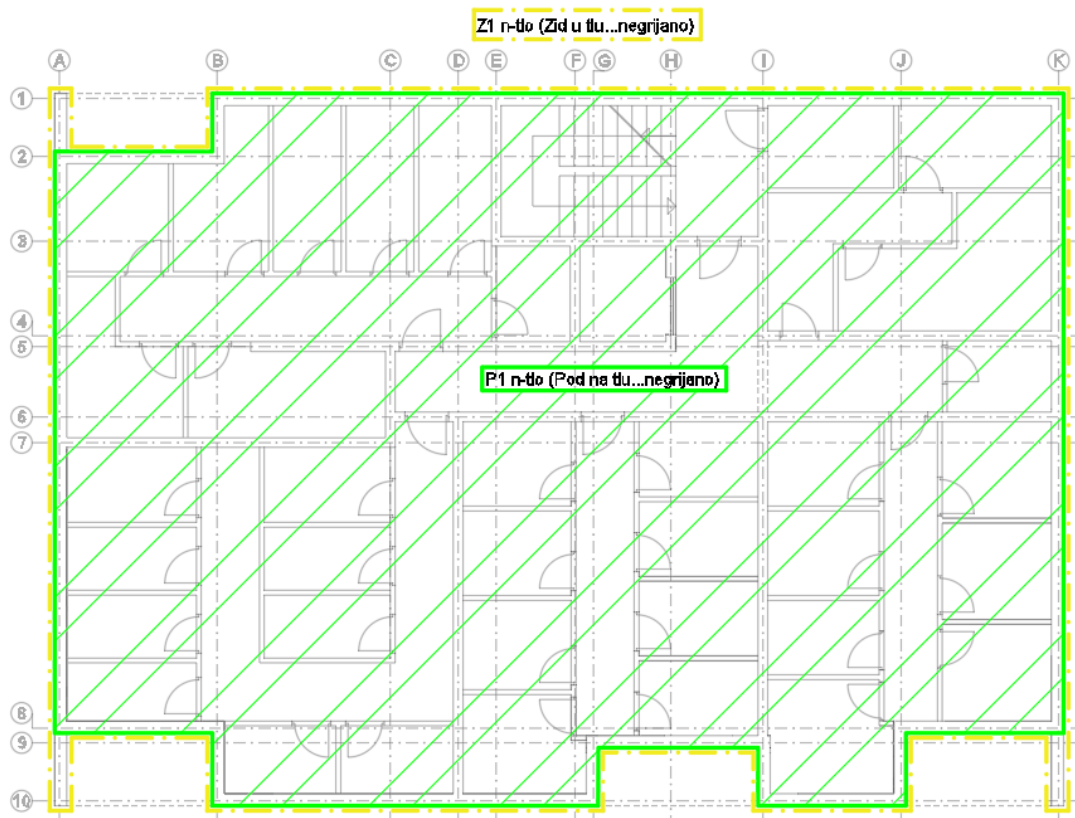
Tablica 12.2 Globalno sunčevo zračenje po mjesecima

Orientacija	[°]	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

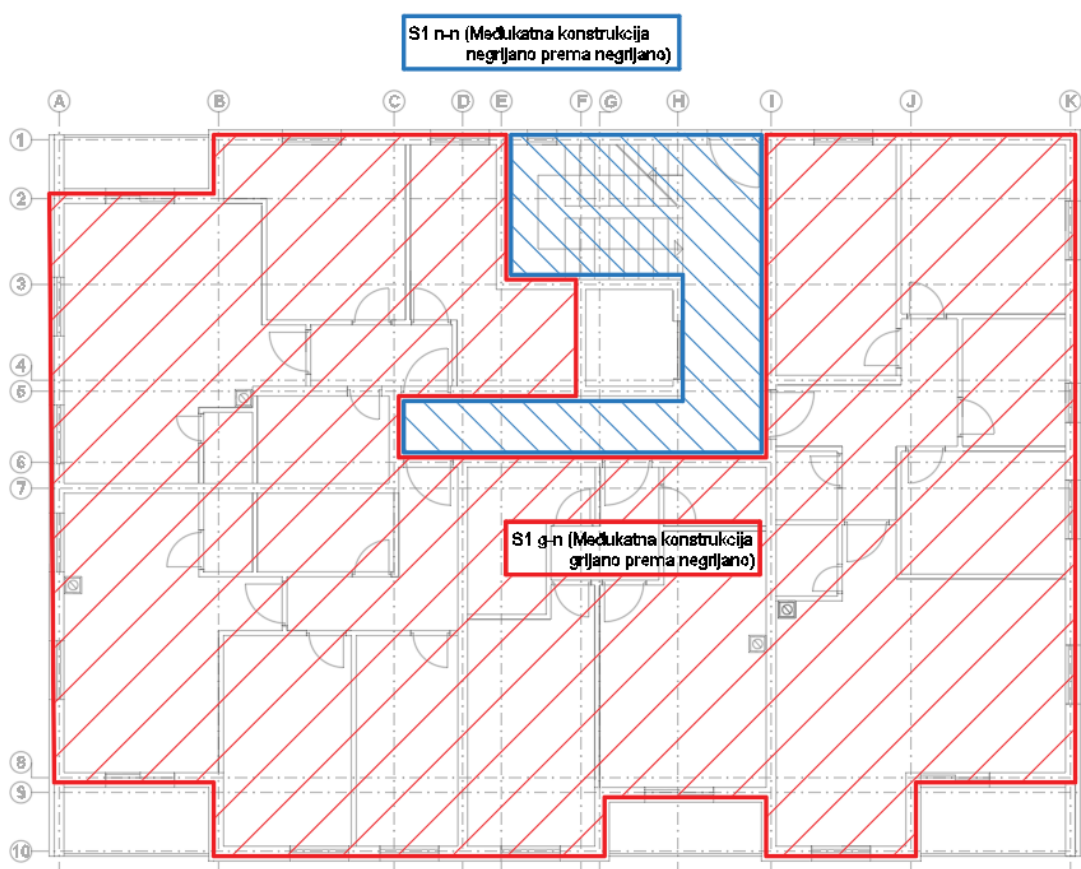
12.2 Nacrti sa ucrtanim oznakama građevnih dijelova zgrade



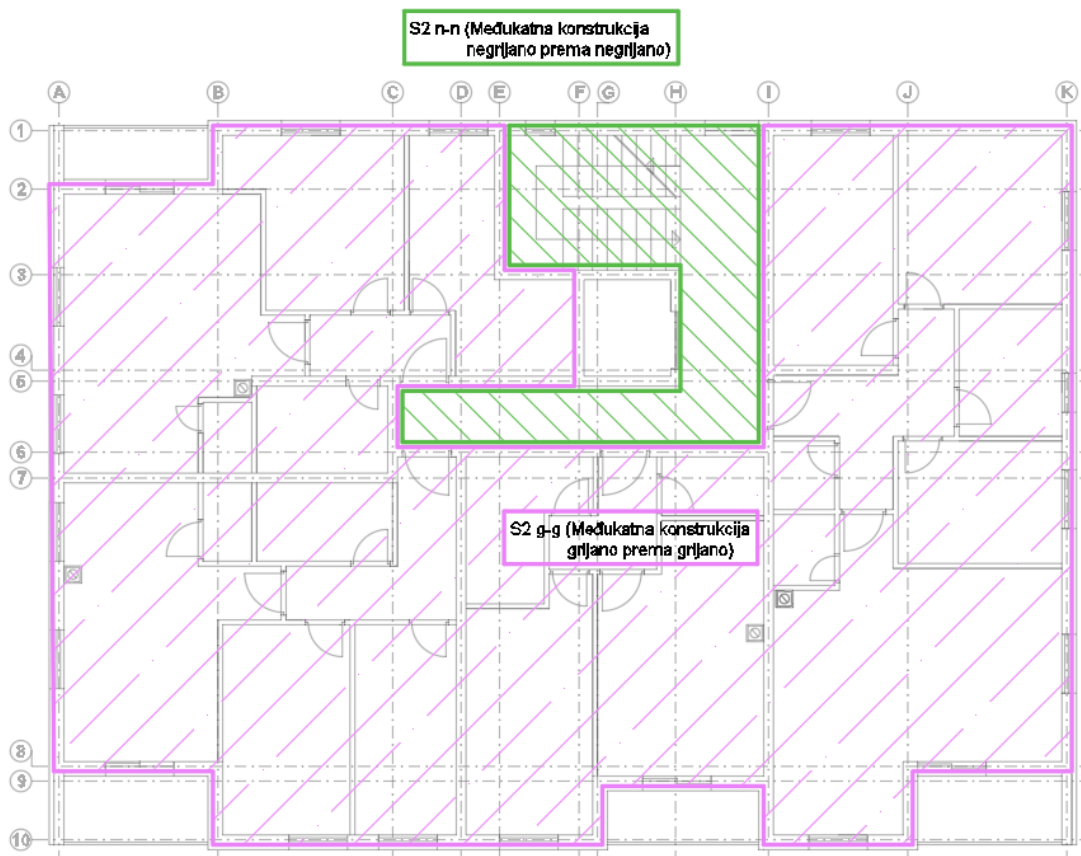
Slika 12.4 Presjek zgrade sa ucrtanom granicom grijanog/negrijanog prostora



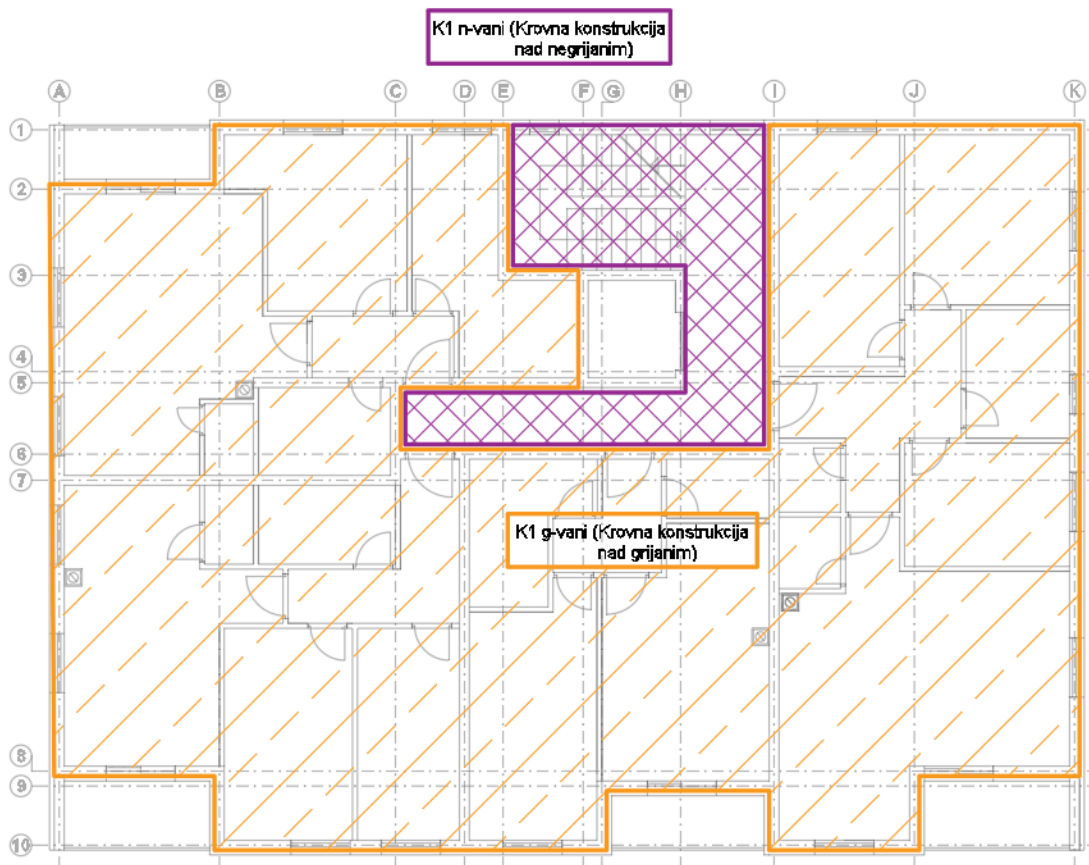
Slika 12.5 Tlocrt sa ucrtanim oznakama i granicama građevnih dijelova zgrade (podrum)



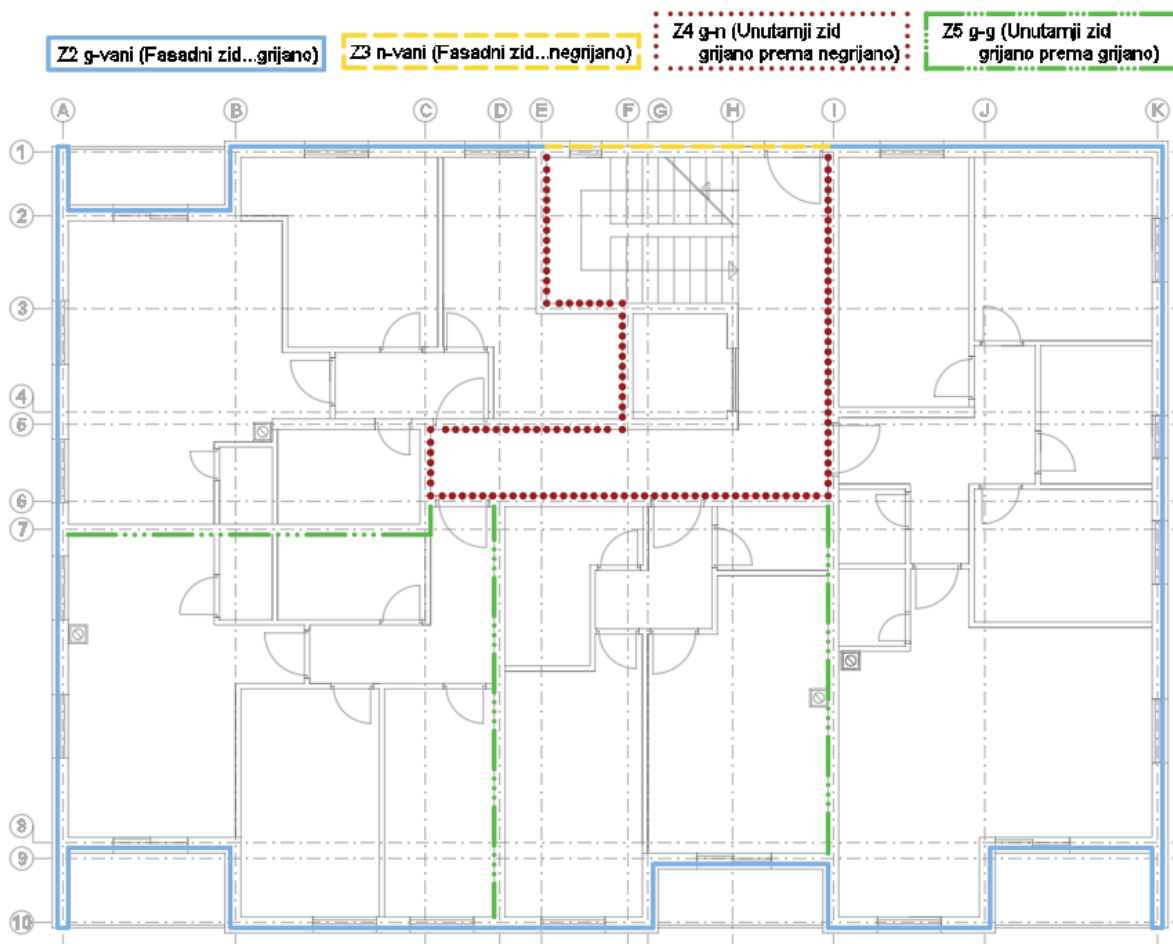
Slika 12.6 Tlocrt sa ucrtanim oznakama i granicama građevnih dijelova zgrade-prizemlje



Slika 12.7 Tlocrt sa ucrtanim oznakama i granicama građevnih dijelova zgrade (katovi)



Slika 12.8 Tlocrt sa ucrtanim oznakama i granicama građevnih dijelova zgrade (krov)



Slika 12.9 Tlocrt sa ucrtanim oznakama i granicama građevnih dijelova zgrade (zidovi)

12.3 Opći podaci višestambene zgrade

Tablica 12.3 Potrebni uvjeti koje zgrada mora zadovoljiti

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

Tablica 12.4 Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m ²]	2789,20
Obujam grijanog dijela zgrade – V _e [m ³]	4442,21
Obujam grijanog zraka – V [m ³]	3553,77
Faktor oblika zgrade - f ₀ [m ⁻¹]	0,63
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A _K [m ²]	1414,26
Proračunska korisna površina grijanog dijela zgrade – A _K ']	1414,26
Ukupna ploština pročelja – A _{uk} [m ²]	1575,48
Ukupna ploština prozora – A _{wuk} [m ²]	252,02

12.3.1 Građevni dijelovi zgrade, slojevi i obrada

Vanjski zidovi - Z2 g-vani

Tablica 12.5 Slojevi zida Z2 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Silikatna žbuka	1,000	0,900	60,00	0,60	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	231,32	
				Zapad	225,08	
				Jug	280,89	
				Sjever	230,04	

Vanjski zidovi - Z3 n-vani

Tablica 12.6 Slojevi zida Z3 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	8,000	0,034	1,00	0,08	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Silikatna žbuka	1,000	0,900	60,00	0,60	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	84,43	

Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z4 g-n

Tablica 12.7 Slojevi zida Z4 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
4	Mineralna vuna (MW)	5,000	0,034	1,00	0,05	25,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					387,46	

Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika - Z5 g-g

Tablica 12.8 Slojevi zida Z5 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Knauf DIAMANT gips-kartonska ploča tip DFH2IR	1,000	0,270	4,00	0,04	1000,00
2	Knauf Insulation ploča za pregradne zidove AKUSTIK	4,000	0,037	1,10	0,04	16,00
3	Armirani beton	20,000	2,600	110,00	22,00	2500,00
4	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					373,08	

Zidovi prema tlu - Z1 n-tlo

Tablica 12.9 Slojevi zida Z1 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	25,000	2,600	110,00	27,50	2500,00
3	Bitumenska traka s uloškom od Al folije	0,500	160,000	3000000,00	500,00	1600,00
4	Ekstrudirana polistir. pjena	6,000	0,033	80,00	4,80	28,00
5	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)	0,200	0,200	500000,00	200,00	1200,00
6	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	20,000	0,810	3,00	0,60	1700,00
Definirana ploština [m ²]:					270,17	

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika - S2 g-g

Tablica 12.10 Slojevi stropa S2 sa karakteristikama i površinama

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	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,037	60,00	2,40	21,00
4	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
5	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					254,69	

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika - S2 n-n

Tablica 12.11 Slojevi stropa S2 sa karakteristikama i površinama

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	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,037	60,00	2,40	21,00
4	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
5	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					17,01	

Podovi na tlu - P1 n-tlo

Tablica 12.12 Slojevi poda P1 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
3	Ekstrudirana polistir. pjena	6,000	0,033	80,00	4,80	28,00
4	Armirani beton	50,000	2,600	110,00	55,00	2500,00
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	0,640	0,230	50000,00	320,00	1100,00
6	Beton	5,000	2,000	100,00	5,00	2400,00
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	15,000	0,810	3,00	0,45	1700,00
Definirana ploština [m ²]:					288,31	

Stropovi prema negrijanim prostorijama - S1 g-n

Tablica 12.13 Slojevi stropa S1 sa karakteristikama i površinama

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	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	3,000	0,036	1,10	0,03	130,00
4	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Mineralna vuna (MW)	3,000	0,034	1,00	0,03	25,00
7	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
8	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					254,59	

Stropovi prema negrijanim prostorijama - S1 n-n

Tablica 12.14 Slojevi stropa S1 sa karakteristikama i površinama

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	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	0,500	334000,00	15,00	980,00
3	Knauf Insulation podna ploča NaturBoard TPT	3,000	0,036	1,10	0,03	130,00
4	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
6	Mineralna vuna (MW)	3,000	0,034	1,00	0,03	25,00
7	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
8	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					17,01	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1 g-vani

Tablica 12.15 Slojevi krova K1 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
3	Beton s laganim agregatom	5,000	1,350	100,00	5,00	2000,00
4	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne	0,020	0,500	1000000,00	20,00	500,00
5	Ekstrudirana polistir. pjena	14,000	0,033	80,00	11,20	28,00
6	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	0,200	1000,00	1,25	900,00
7	Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,150	0,260	90000,00	135,00	1600,00
8	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	0,200	1000,00	1,25	900,00
9	Betonske ploče	2,000	2,000	100,00	2,00	2400,00
Definirana ploština [m ²]:					254,69	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1 n-vani

Tablica 12.16 Slojevi krova K1 sa karakteristikama i površinama

R.b.	Materijal	d [cm]	λ	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	Armirani beton	18,000	2,600	110,00	19,80	2500,00
3	Beton s laganim agregatom	5,000	1,350	100,00	5,00	2000,00
4	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne	0,020	0,500	1000000,00	20,00	500,00
5	Ekstrudirana polistir. pjena	14,000	0,033	80,00	11,20	28,00
6	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	0,200	1000,00	1,25	900,00
7	Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,150	0,260	90000,00	135,00	1600,00
8	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	0,200	1000,00	1,25	900,00
9	Betonske ploče	2,000	2,000	100,00	2,00	2400,00
Definirana ploština [m ²]:					17,01	

Napomena: Ukoliko se namjerava iz bilo kojeg razloga mijenjati projektirani toplinsko izolacijski materijal, ugrađeni materijal ne smije biti slabije kvalitete od projektom predviđenog niti po jednom od bitnih parametara (koeficijent toplinske provodljivosti, paropropusnost, klasa gorivosti,...).

12.3.2 Otvori (prozirni i neprozirni elementi) zgrade

Tablica 12.17 Popis vrata i prozora

Naziv otvora	Uw [W/m ² K]	Orijentacija	Aw [m ²]	n
P1 140x140	1,40	Istok	1,96	18,00
	1,40	Zapad	1,96	24,00
	1,40	Jug	1,96	18,00
P1 140x140 S	1,40	Sjever	1,96	18,00
P2 140x120	1,40	Jug	1,68	6,00
P3 80x80	1,40	Istok	0,64	6,00
P4 110x140	1,40	Sjever	1,54	5,00
P5 60x120	1,40	Sjever	0,72	5,00
V1 balkonska vrata 140x220	1,40	Jug	3,08	18,00
V1 S balkonska vrata 140x220	1,40	Sjever	3,08	6,00
V2 Ulazna vrata 110x215	2,00	Sjever	2,36	1,00
V3 Vrata od stanova 100x205	2,00	Istok	2,05	4,00

12.3.3 Zaštita od prekomjernog sunčevog zračenja za ljetni period

Tablica 12.18 Podaci o definiranoj prostoriji s najvećim udjelom ostakljenja u površini pročelja

Naziv prostorije	Orijentacija	A [m ²]	A _g [m ²]	f	g _{tot} f	max	Zadovoljava
dnevni boravak	Jug	8,78	2,46	0,28	0,07	0,20	Da

Tablica 12.19 Podaci o otvorima koji su uzeti u obzir prilikom navedenog proračuna

Naziv prostorije	Naziv otvora	f _c	A _g [m ²]	g _⊥	n
dnevni boravak	V1 balkonska vrata 140x220	0,30	2,46	0,87	1

12.3.4 Sustav grijanja

Tablica 12.20 Podaci o sustavu grijanja i vremenu rada sustava

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

12.4 Proračun i ocjena fizikalnih svojstava zgrade u odnosu na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu

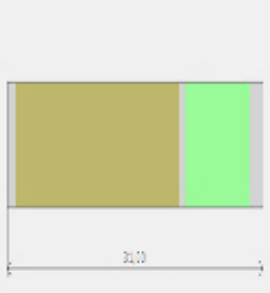
12.4.1 Proračun građevnih dijelova zgrade

Tablica 12.21 Popis građevnih dijelova sa pripadajućim svojstvima

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]
Z2 g-vani	737,29	0,38	0,45
Z2 g-vani S	230,04	0,38	0,45
Z3 n-vani	84,43	0,38	0,45
Z4 g-n	387,46	0,54	0,60
Z5 g-g	373,08	0,68	0,80
Z1 n-tlo	270,17	0,49	0,50
S2 g-g	254,69	0,68	0,80
S2 n-n	17,01	0,68	0,80
P1 n-tlo	288,31	0,45	0,50
S1 g-n	254,59	0,51	0,60
S1 n-n	17,01	0,51	0,60
K1 g-vani	254,69	0,22	0,30
K1 n-vani	17,01	0,22	0,30

Vanjski zidovi - Z2 g-vani

Tablica 12.22 Opći podaci o građevnom dijelu Z2 g-vani

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd} [m ²]	A _I	A _Z	A _S	A _J	A _{SI}	A _{SZ}	A _{JI}	A _{JZ}	
	737,29	231,32	225,08	0,00	280,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0,39 ≤ 0,91			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			554,50 ≥ 100 kg/m ² U = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA				
Slojevi građevnog dijela u smjeru				d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]			
1	Vapneno-cementna žbuka			1,000	1800,00	1,000	0,010			
2	Armirani beton			20,000	2500,00	2,600	0,077			
3	Polimerno-cementno ljepilo			0,500	1650,00	0,900	0,006			
4	Mineralna vuna (MW)			8,000	25,00	0,034	2,353			
5	Polimerno-cementno ljepilo			0,500	1650,00	0,900	0,006			
6	Silikatna žbuka			1,000	1800,00	0,900	0,011			

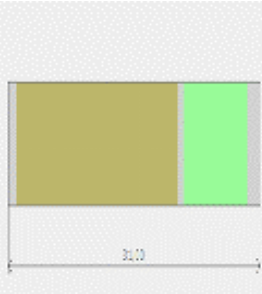
$R_{si} = 0,130$; $R_{se} = 0,040$; $R_T = 2,632$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U $[W/m^2K] = 0,38$	$U = 0,38 \leq U_{max} = 0,45$	ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 554,50 [kg/m ²]	$554,50 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,38 \leq 0,45$	ZADOVOLJAVA

Tablica 12.23 Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na zidu Z2 g-vani

Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu				
Naziv otvora	fR _{si}	fR _{si,max}	Θ _{min}	OK
P1 140x140	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA
P2 140x120	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA
P3 80x80	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA
V1 balkonska vrata 140x220	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA

Vanjski zidovi - Z2 g-vani S

Tablica 12.24 Opći podaci o građevnom dijelu Z2 g-vani S

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd} [m ²]	A _I	A _Z	A _S	A _J	A _{SI}	A _{SZ}	A _{JI}	A _{JZ}	
	230,04	0,00	0,00	230,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,91$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$554,50 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA				

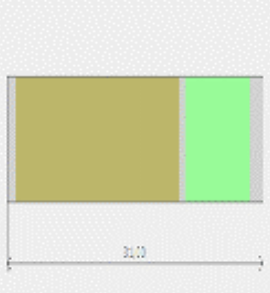
Napomena: Slojevi zida Z2 g-vani S su isti kao i kod zida Z2 g-vani pa je time plošni toplinski otpor unutarnje i vanjske površine zida zadovoljen odnosno zadovoljen je ukupni toplinski otpor zida i koeficijent prolaska topline.

Tablica 12.25 Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na zidu Z2 g-vani S

Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu				
Naziv otvora	fR _{si}	fR _{si,max}	Θ _{min}	OK
P1 140x140 S	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA
V1 S balkonska vrata 140x220	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA

Vanjski zidovi - Z3 n-vani

Tablica 12.26 Opći podaci o građevnom dijelu Z3 n-vani

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	84,43	0,00	0,00	84,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,38 ≤ 0,45			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,91$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$554,50 \geq 100$ kg/m ² $U = 0,38 \leq 0,45$			ZADOVOLJAVA				


Napomena: Slojevi zida Z3 n-vani S su isti kao i kod zida Z2 g-vani pa je time plošni toplinski otpor unutarnje i vanjske površine zida zadovoljen odnosno zadovoljen je ukupni toplinski otpor zida i koeficijent prolaska topline.

Tablica 12.27 Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na zidu Z3 n-vani

Ocjena opasnosti od kondenzacije na okvirima otvora koji se nalaze na ovom građevnom dijelu				
Naziv otvora	fR_{si}	$fR_{si, max}$	Θ_{min}	OK
P4 110x140	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA
P5 60x120	0,82	0,39	1,0	ZADOVOLJAVA

Zidovi prema negrijanim prostorijama - Z4 g-n

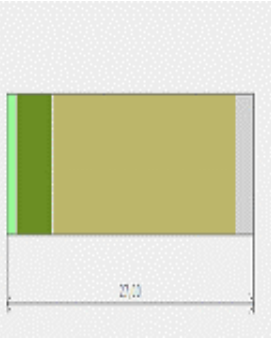
Tablica 12.28 Opći podaci o građevnom dijelu Z4 g-n

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	387,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,54 ≤ 0,60			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,39 \leq 0,86$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1800,00	1,000	0,010
2	Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077
3	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
4	Mineralna vuna (MW)	5,000	25,00	0,034	1,471
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1800,00	1,000	0,010
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,130$
					$R_T = 1,839$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,54		$U = 0,54 \leq U_{max} = 0,60$		ZADOVOLJAVA	

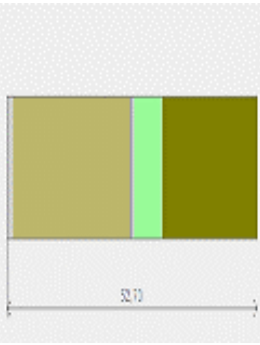
Zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika - Z5 g-g

Tablica 12.29 Opći podaci o građevnom dijelu Z5 g-g

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	373,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = $0,68 \leq 0,80$				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]					
1	Knauf DIAMANT gips-kartonska	1,000	1000,00	0,270	0,037					
2	Knauf Insulation ploča za pregradne	4,000	16,00	0,037	1,081					
3	Armirani beton	20,000	2500,00	2,600	0,077					
4	Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020					
						$R_{si} = 0,130$				
						$R_{se} = 0,130$				
						$R_T = 1,475$				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,68		$U = 0,68 \leq U_{max} = 0,80$		ZADOVOLJAVA						

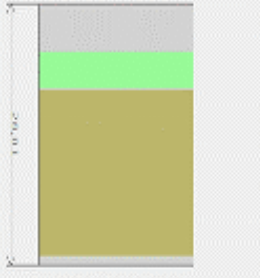
Zidovi prema tlu - Z1 n-tlo

Tablica 12.30 Opći podaci o građevnom dijelu Z1 n-tlo

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	270,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,49 ≤ 0,50			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,00 \leq 0,86$			ZADOVOLJAVA			
Slojevi građevnog dijela u smjeru		d[cm]		ρ[kg/m³]		λ[W/mK]		R[m²K/W]		
1	Vapneno-cementna žbuka		1,000		1800,00		1,000		0,010	
2	Armirani beton		25,000		2500,00		2,600		0,096	
3	Bitumenska traka s uloškom od Al folije		0,500		1600,00		160,000		0,000	
4	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)		6,000		28,00		0,033		1,818	
5	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)		0,200		1200,00		0,200		-	
6	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)		20,000		1700,00		0,810		-	
								$R_{si} = 0,130$		
								$R_{se} = 0,00$		
								$R_T = 2,054$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,49			$U = 0,49 \leq U_{max} = 0,50$			ZADOVOLJAVA				

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika - S2 g-g

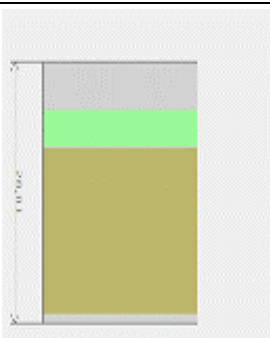
Tablica 12.31 Opći podaci o građevnom dijelu S2 g-g

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	254,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,68 ≤ 0,80			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]
1	Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
2	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	980,00	0,500	0,000
3	Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	21,00	0,037	1,081
4	Armirani beton	18,000	2500,00	2,600	0,069
5	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1800,00	1,000	0,010
					$R_{si} = 0,170$
					$R_{se} = 0,100$
					$R_T = 1,462$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,68		$U = 0,68 \leq U_{max} = 0,80$		ZADOVOLJAVA	

Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika - S2 n-n

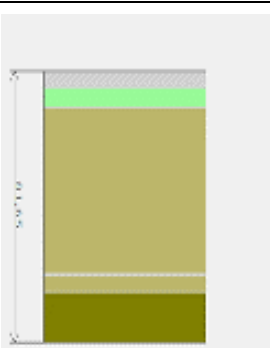
Tablica 12.32 Opći podaci o građevnom dijelu S2 n-n

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	17,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = $0,68 \leq 0,80$			ZADOVOLJAVA			

Napomena: Slojevi stropa S2 n-n su isti kao i kod stropa S2 g-g pa je time plošni toplinski otpor unutarnje i vanjske površine stropa zadovoljen odnosno zadovoljen je ukupni toplinski otpor stropa i koeficijent prolaska topline

Podovi na tlu - P1 n-tlo

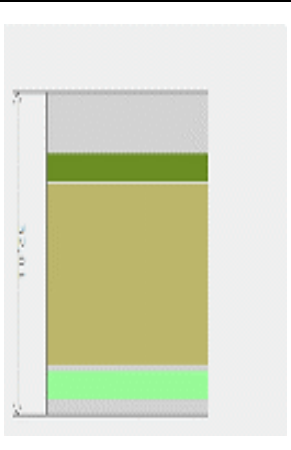
Tablica 12.33 Opći podaci o građevnom dijelu P1 n-tlo

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	288,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = $0,45 \leq 0,50$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,00 \leq 0,89$			ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]
1	Cementni estrih	5,000	2000,00	1,600	0,031
2	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	980,00	0,500	0,000
3	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	6,000	28,00	0,033	1,818
4	Armirani beton	50,000	2500,00	2,600	0,192
5	Bitum. traka s uloškom stakl. voala	0,640	1100,00	0,230	0,028
6	Beton	5,000	2400,00	2,000	-
7	Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	15,000	1700,00	0,810	-
					R _{si} = 0,170
					R _{se} = 0,100
					R_T = 2,240
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,45		U = 0,45 ≤ U _{max} = 0,50		ZADOVOLJAVA	

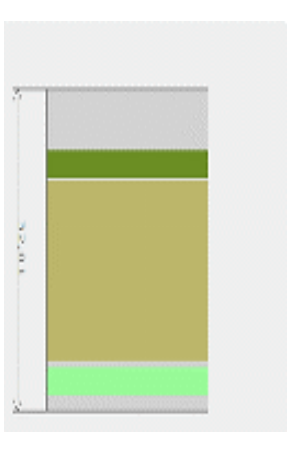
Stropovi prema negrijanim prostorijama - S1 g-n

Tablica 12.34 Opći podaci o građevnom dijelu S1 g-n

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd} [m ²]	A _I	A _Z	A _S	A _J	A _{SI}	A _{SZ}	A _{JII}	A _{JZ}	
	254,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,47 ≤ 0,60			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			fR _{si} = 0,39 ≤ 0,88			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA			
	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]					
1	Cementni estrih	6,000	2000,00	1,600	0,038					
2	Polietilenska folija 0,15 mm	0,015	980,00	0,500	0,000					
3	Knauf Insulation podna ploča	3,000	130,00	0,036	0,833					
4	Armirani beton	18,000	2500,00	2,600	0,069					
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006					
6	Mineralna vuna (MW)	3,000	25,00	0,034	0,882					
7	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006					
8	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1800,00	1,000	0,010					
						R _{si} = 0,170				
						R _{se} = 0,100				
						R_T = 2,114				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,47		U = 0,47 ≤ U _{max} = 0,60			ZADOVOLJAVA					

Stropovi prema negrijanim prostorijama - S1 n-n

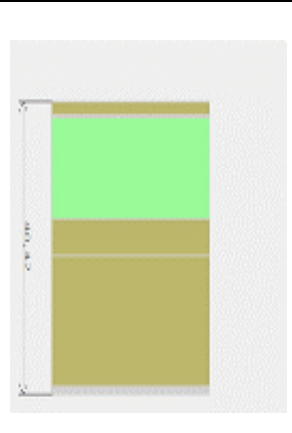
Tablica 12.35 Opći podaci o građevnom dijelu S1 n-n

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	17,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,47 ≤ 0,60				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,39 \leq 0,88$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		

Napomena: Slojevi stropa S1 n-n n su isti kao i kod stropa S1 g-n pa je time plošni toplinski otpor unutarnje i vanjske površine stropa zadovoljen odnosno zadovoljen je ukupni toplinski otpor stropa i koeficijent prolaska topline

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1 g-vani

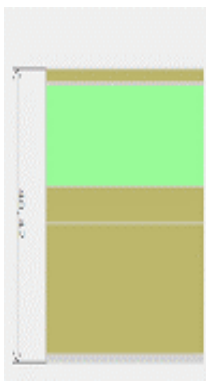
Tablica 12.36 Opći podaci o građevnom dijelu K1 g-vani

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m ²]	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	254,69	0,00	0,00	0,00	280,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,22 ≤ 0,30				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,39 \leq 0,94$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:			$624,67 \geq 100$ kg/m ² $U = 0,22 \leq 0,30$				ZADOVOLJAVA			

	Slojevi građevnog dijela u smjeru	d[cm]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	R[m ² K/W]
1	Vapneno-cementna žbuka	1,000	1800,00	1,000	0,010
2	Armirani beton	18,000	2500,00	2,600	0,069
3	Beton s laganim agregatom	5,000	2000,00	1,350	0,037
4	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,020	500,00	0,500	0,000
5	Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	14,000	28,00	0,033	4,242
6	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	900,00	0,200	0,006
7	Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,150	1600,00	0,260	0,006
8	Geotekstil 150-200 g/m ²	0,125	900,00	0,200	-
9	Betonske ploče	2,000	2400,00	2,000	-
					R _{si} = 0,100
					R _{se} = 0,040
					R _T = 4,511
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,22		U = 0,22 ≤ U _{max} = 0,30		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 624,67 [kg/m ²]		624,67 ≥ 100 kg/m ² U = 0,22 ≤ 0,30		ZADOVOLJAVA	

Ravni krovovi iznad grijanog prostora - K1 n-vani

Tablica 12.37 Opći podaci o građevnom dijelu K1 n-vani

Opći podaci o građevnom dijelu									
	A _{gd} [m ²]	A _I	A _Z	A _S	A _J	A _{SI}	A _{SZ}	A _{Ji}	A _{JZ}
	17,01	0,00	0,00	0,00	280,89	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplinska zaštita:				U [W/m ² K] = 0,22 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\varphi_{si} \leq 0,8$)				fR _{si} = 0,39 ≤ 0,94			ZADOVOLJAVA		
Unutarnja kondenzacija:				ΣM _{a,god} = 0,00			ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:				624,67 ≥ 100 kg/m ² U = 0,22 ≤ 0,30			ZADOVOLJAVA		

Napomena: Slojevi krova K1 n-vani su isti kao i kod krova K1 g-vani pa je time plošni toplinski otpor unutarnje i vanjske površine krova zadovoljen odnosno zadovoljen je ukupni toplinski otpor stropa i koeficijent prolaska topline

12.4.2 Vanjski otvori (HRN EN ISO 10077-1:2000)

Tablica 12.38 Podaci o otvorima na istočnom pročelju zgrade

Istok														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ² K]
P1 140x140	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,55	0,39	1,57	1,96	18,00	1,40
P3 80x80	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,30	0,27	0,13	0,51	0,64	6,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

Tablica 12.39 Podaci o otvorima na zapadnom pročelju zgrade

Zapad														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ² K]
P1 140x140	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,55	0,39	1,57	1,96	24,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 153; Velj = 207; Ožu = 304; Tra = 360; Svi = 440; Lip = 480; Srp = 504; Kol = 447; Ruj = 358; Lis = 284; Stu = 165; Pro = 130

Tablica 12.40 Podaci o otvorima na južnom pročelju zgrade

Jug														
Naziv	M.o.	N.p. [°]	F _{hor}	F _{ov}	F _{Fin}	F _{sh,ob}	g _⊥	F _{sh,gl}	A _{Sol} [m ²]	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ² K]
P1 140x140	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,30	0,55	0,39	1,57	1,96	18,00	1,40
P2 140x120	P	90 ⁽¹⁾	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,30	0,64	0,34	1,34	1,68	6,00	1,40
V1 balkonska vrata 140x220	P	90 ⁽¹⁾	1,00	0,90	0,94	0,85	0,87	0,30	1,18	0,62	2,46	3,08	18,00	1,40

⁽¹⁾ Količina sunčevog zračenja [MJ/m²]: Sij = 335; Velj = 376; Ožu = 398; Tra = 339; Svi = 330; Lip = 316; Srp = 342; Kol = 376; Ruj = 418; Lis = 476; Stu = 347; Pro = 298

Tablica 12.41 Podaci o otvorima na sjevernom pročelju zgrade

Sjever						
Naziv	M.o.	A _f [m ²]	A _g [m ²]	A _w [m ²]	n	U _w [W/m ² K]
P1 140x140 S	P	0,39	1,57	1,96	18,00	1,40
P4 110x140	P	0,31	1,23	1,54	5,00	1,40
P5 60x120	P	0,14	0,58	0,72	5,00	1,40
V1 S balkonska vrata 140x220	P	0,62	2,46	3,08	6,00	1,40
V2 Ulazna vrata 110x215	P	2,36	0,00	2,36	1,00	2,00
V3 Vrata od stanova 100x205	D	2,05	0,00	2,05	4,00	2,00

Korištene oznake u tablicama 12.38, 12.39, 12.40, 12.41

M.o. - Materijal okvira (D – Drvo, P – PVC, M - Metal, M2 – Metal s prekinutim topl. mostom, B – Beton)

N.p. - Nagib plohe

12.4.3 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 $UTM = 0,05 W/(m^2K)$.

12.4.4 Koeficijenti transmisijskih gubitaka

Tablica 12.42 Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijskih gubitaka	
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	863,002
Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	113,530
Koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	216,121
Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
Ukupni koeficijent transmisijske izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	1192,653

Tablica 12.43 Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Naziv građevnog dijela	$(U + 0,05) \cdot A$
Z2 g-vani	316,981
Z2 g-vani S	98,900
Z3 n-vani	36,299
K1 g-vani	69,193
K1 n-vani	4,621

Napomena: U tablici 12.43 je popis građevnih dijelova koji ulaze u proračun H_D

Tablica 12.44 Gubici topline kroz vanjske otvore

Naziv otvora	n	A _w	U _w	H _D
P1 140x140	60,00	1,96	1,40	164,64
P1 140x140	18,00	1,96	1,40	49,39
P2 140x120	6,00	1,68	1,40	14,11
P3 80x80	6,00	0,64	1,40	5,38
P4 110x140	5,00	1,54	1,40	10,78
V1 balkonska vrata 140x220	18,00	3,08	1,40	77,62
P5 60x120	5,00	0,72	1,40	5,04
V1 S balkonska vrata 140x220	6,00	3,08	1,40	25,87
V2 Ulazna vrata 110x215	1,00	2,36	2,00	4,72
V3 Vrata od stanova 100x205	4,00	2,05	2,00	16,40

Napomena: U tablici 12.44 je popis otvora koji se nalaze na vanjskom omotaču zgrade

Tablica 12.45 Gubici kroz pod na tlu

Gubitak	A	P	w	z	U _f	U _{bf}	U _{bw}	U _w	U'	h	n	V	U	ψ _g	H _g
	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m]		[m ³]	[W/m ² K]	[W/mK]	[W/mK]
G1	270,17	81,82	52,70	-	0,47	0,21	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	783,49	0,24	0,60	113,53

Tablica 12.46 Gubici topline kroz negrijane prostore

R.b.	G.g.d.	G.o.	Z.	V [m ³]	n _{ue}	b	H _U
1	(1)	(a)	*	1334,07	1,00	0,57	216,12

(1) S1 g-n, Z4 g-n, K1 n-vani, Z3 n-vani

(a) V3 Vrata od stanova 100x205, P5 60x120, V2 Ulazna vrata 110x215, P4 110x140

* Svi spojevi dobro zabrtvljeni, predviđeni manji otvori za ventilaciju.

Korištene oznake u tablici 12.46

G.g.d. - Granični građevni dijelovi

G.o. - Granični otvori

Z. – Zrakopropusnost

12.4.5 Proračun toplinskih gubitaka i dobitaka

Tablica 12.47 Potrebni podaci za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje

Potrebni podaci	Oznaka	Vrijednost	Mjerna jedinica
Oplošje grijanog dijela zgrade	A	2789,20	[m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	V _e	4442,21	[m ³]
Obujam grijanog zraka (Propis o uštedi energije i toplinskoj zaštiti, čl.4, st.11)	V	3553,77	[m ³]
Faktor oblika zgrade	f ₀	0,63	[m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade	A _K	1414,26	[m ²]
Proračunska ploština korisne površine grijanog	A _{K'}	1414,26	[m ²]
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama	A _f	1528,14	[m ²]
Ukupna ploština pročelja	A _{uk}	1575,48	[m ²]
Ukupna ploština prozora	A _{wuk}	252,02	[m ²]

Tablica 12.48 Toplinski gubici transmisijom

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
<p>H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu H_{g,avg} - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi</p>	
H _{Tr} - Koeficijent transmisijske izmjene topline	1192,653 [W/K]

Tablica 12.49 Toplinski gubici provjetranjem

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	A = 1414,26 [m ²]
Neto volumen zone	V = 3553,77 [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]

Način grijanja: sustav s prekidom rada noći.

Unutarnja projektna temperatura grijanja: 20,00 °C

Tablica 12.50 Ukupni toplinski gubici po mjesecima

Mjesec	Toplinski gubici hlađenja [kWh]	Toplinski gubici grijanja [kWh]	Koef. topl. gubitka za hlađenje [W/K]	Koef. topl. gubitka za grijanje [W/K]
Siječanj	18425,97	13782,41	1567,47	1569,89
Veljača	16487,89	12289,31	1563,19	1563,60
Ožujak	15045,53	10395,99	1555,58	1552,57
Travanj	10615,35	6134,73	1550,59	1546,83
Svibanj	5415,50	48,03	1733,07	322,81
Lipanj	348,90	0,00	4845,58	1512,19
Srpanj	0,00	0,00	851,31	1457,30
Kolovož	0,00	0,00	1505,38	1514,91
Rujan	4679,45	0,00	2310,84	1561,94
Listopad	7686,36	3012,42	1541,00	1497,30
Studeni	12708,83	8206,68	1561,47	1560,50
Prosinac	17409,58	12777,17	1570,91	1576,16
Σ	108823,37	66646,73		

Tablica 12.51 Solarni dobici topline po mjesecima

Solarni toplinski dobici [kWh]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{sol,k}$	3215	3660	4353	5058	3195	3313	3529	3437	3252	4749	3325	3117
$Q_{sol,u,l}$	-1	0	1	2	3	4	4	3	2	1	-1	-1
Q_{sol}	3214	3660	4354	5060	3198	3317	3533	3440	3254	4749	3324	3116

Napomena: Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu. Otvori su prikazani u točki 12.4.2. ove cjeline. Građevni dijelovi su prikazani pod točkom 12.4.1 ove cjeline.

Tablica 12.52 Unutarnji dobici topline po mjesecima

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{int}	5261,05	4751,91	5261,05	5091,34	5261,05	5091,34	5261,05	5261,05	5091,34	5261,05	5091,34	5261,05

Tablica 12.53 Ukupni dobici topline

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	$Q_{\text{int}} = 61.944,59$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{\text{sol}} = 44.218,53$ [kWh]

Tablica 12.54 Ukupni dobici topline po mjesecima

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	30509,47	8474,85
Veljača	30282,32	8411,76
Ožujak	34615,86	9615,52
Travanj	36544,78	10151,33
Svibanj	30453,39	8459,28
Lipanj	30269,58	8408,22
Srpanj	31657,08	8793,63
Kolovoz	31322,36	8700,66
Rujan	30042,62	8345,17
Listopad	36036,51	10010,14
Studeni	30296,79	8415,77
Prosinac	30156,45	8376,79
Σ	382187,22	106163,12

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

Tablica 12.55 Potrebna energija za grijanje po mjesecima

Mjesec	$Q_{H,\text{tr}}$	$Q_{H,\text{ve}}$	$Q_{H,\text{ht}}$ [kWh]	$Q_{H,\text{sol}}$	$Q_{H,\text{int}}$	$Q_{H,\text{gn}}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,\text{gn}}$	$\alpha_{\text{red},H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,\text{nd}}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	9740	4042	13782	3214	5261	8475	0,61	0,988	0,91	31,00	5079
Veljača	8703	3586	12289	3660	4752	8412	0,68	0,979	0,90	28,00	3757
Ožujak	7442	2954	10396	4354	5261	9616	0,92	0,910	0,87	25,00	723
Travanj	4500	1635	6135	5060	5091	10151	1,65	0,598	0,77	0,00	0
Svibanj	- 212	- 260	- 472	3198	5261	8459	1000,00	0,001	0,71	0,00	0
Lipanj	-	- 1.707	- 4246	3317	5091	8408	1000,00	0,001	0,71	0,00	0
Srpanj	-	- 2.748	- 7156	3533	5261	8794	1000,00	0,001	0,71	0,00	0
Kolovoz	-	- 2.640	- 7199	3440	5261	8701	1000,00	0,001	0,71	0,00	0
Rujan	- 633	- 703	- 1335	3254	5091	8345	1000,00	0,001	0,71	0,00	0
Listopad	2277	735	3012	4749	5261	10010	3,32	0,301	0,71	0,00	0
Studeni	5861	2346	8207	3324	5091	8416	1,03	0,867	0,86	16,00	68
Prosinac	9041	3736	12777	3116	5261	8377	0,66	0,983	0,91	31,00	4194
UKUPNO											13821

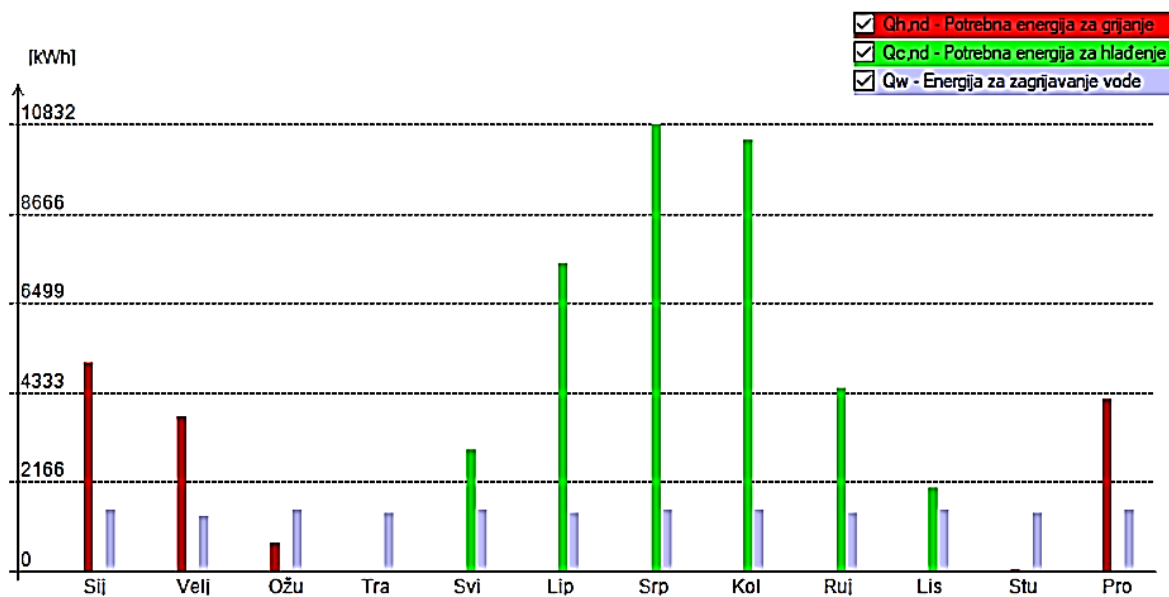
Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja $\theta_{\text{int,set,C}} = 24,00 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Tablica 12.56 Potrebna energija za hlađenje po mjesecima

Mjesec	$Q_{C,\text{tr}}$	$Q_{C,\text{ve}}$	$Q_{C,\text{ht}}$ [kWh]	$Q_{C,\text{sol}}$	$Q_{C,\text{int}}$	$Q_{C,\text{gn}}$ [kWh]	γ_C	$\eta_{C,\text{ls}}$	$\alpha_{\text{red,C}}$	$Q_{C,\text{nd}}$ [kWh]
MJESEČNO										
Siječanj	12950	5476	18426	3214	5261	8475	0,46	0,459	1,00	0
Veljača	11607	4881	16488	3660	4752	8412	0,51	0,508	1,00	0
Ožujak	10657	4388	15046	4354	5261	9616	0,64	0,630	1,00	0
Travanj	7593	3023	10615	5060	5091	10151	0,96	0,858	1,00	0
Svibanj	4242	1174	5416	3198	5261	8459	1,56	0,985	1,00	2963
Lipanj	29	- 320	- 291	3317	5091	8408	1000,00	1,000	1,00	7497
Srpanj	- 333	- 1.314	- 1647	3533	5261	8794	1000,00	1,000	1,00	10832
Kolovoz	- 1468	- 1.206	- 2674	3440	5261	8701	1000,00	1,000	1,00	10475
Rujan	3994	685	4679	3254	5091	8345	1,78	0,993	1,00	4442
Listopad	5517	2169	7686	4749	5261	10010	1,30	0,961	1,00	2040
Studeni	8975	3734	12709	3324	5091	8416	0,66	0,651	1,00	0
Prosinac	12239	5170	17410	3116	5261	8377	0,48	0,480	1,00	0
UKUPNO										38249

Tablica 12.57 Potrebna energija za zagrijavanje vode

Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - d_g	131,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja - d_{ng}	234,00 dan
Ploština korisne površine grijanog dijela zone - A_k	1414,26 m ²
Tip zgrade: Stambena zgrada s 3 i manje stambene jedinice	
Specifična toplinska energija potrebna za pripremu PTV - $Q_{w,A,a}$	12,50 kWh/m ² a
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja) - $Q_{w,g}$	6344,80 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone grijanja) - Q	11333,45 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - Q_w	17678,25 kWh



Tablica 12.10 Graf potrošnje energije po mjesecima

12.4.7 Rezultati proračuna

U tablici 12.57 su prikazani rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više.

Tablica 12.58 Rezultati proračuna

Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 2789,20 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 4442,21 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,63 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 1414,26 \text{ [m}^2\text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 1414,26 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 13820,95 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 9,77 \text{ (max} = 35,49) \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 0,43 \text{ (max} = 0,69) \text{ [W/m}^2\text{K]}$

12.5 Iskaznica energetskih svojstava zgrade

Tablica 12.59 Tablica energetskih svojstava zgrade

OPIS ZGRADE		
Naziv zgrade ili dijela zgrade	Zona 1	
Vrsta zgrade	Višestambena	
Namjena zgrade	Stanovanje	
Mjesec i godina izrade projekta	Lipanj 2020. godine	
Oplošje grijanog dijela zgrade A (m ²)	2789,20	
Obujam grijanog dijela zgrade V_e (m ³)	4442,21	
Faktor oblika zgrade f_o (m ⁻¹)	0,63	
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_K (m ²)	1414,26	
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]	13820,95	
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	35,49	9,77
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ [kWh/a]	38249,19	
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje po jedinici ploštine korisne površine grijanog dijela zgrade $Q''_{C,nd}$ [kWh/(m ² a)]	<i>najveća dopuštena</i>	<i>izračunata</i>
	50,00	27,05
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H_{tr,adj}$ [W/(m ² K)]	<i>najveći dopušteni</i>	<i>izračunata</i>
	0,69	0,43

12.6 Primijenjeni propisi i norme

HRN EN 410:2011

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje svjetlosnih i sunčanih značajka ostakljenja (EN 410:2011)

HRN EN 673:2011

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U vrijednost) -- Proračunska metoda (EN 673:2011)

HRN EN ISO 6946:2008

Građevni dijelovi i građevni dijelovi zgrade -- Toplinski otpor i koeficijent prolaska topline -- Metoda proračuna (ISO 6946:2007; EN ISO 6946:2007)

HRN EN ISO 9836:2011

Standardi za svojstva zgrada -- Definiranje i proračun površina i prostora (ISO 9836:2011)

HRN EN ISO 10077-1:2008

Toplinska svojstva prozora, vrata i zaslona -- Proračun koeficijenta prolaska topline -- 1. dio: Općenito (ISO 10077-1:2006; EN ISO 10077-1:2006)

HRN EN ISO 10077-1:2008/Ispr.1:2010

Toplinska svojstva prozora, vrata i zaslona -- Proračun koeficijenta prolaska topline -- 1. dio: Općenito (ISO 10077-1:2006/Cor 1:2009; EN ISO 10077-1:2006/AC:2009)

HRN EN ISO 10211:2008

Toplinski mostovi u zgradarstvu -- Toplinski tokovi i površinske temperature -- Detaljni proračuni (ISO 10211:2007; EN ISO 10211:2007)

HRN EN ISO 10456:2008

Građevni materijali i proizvodi -- Svojstva s obzirom na toplinu i vlagu -- Tablične projektne vrijednosti i postupci određivanja nazivnih i projektnih toplinskih vrijednosti (ISO 10456:2007; EN ISO 10456:2007)

HRN EN 12464-1:2012

Svjetlo i rasvjeta -- Rasvjeta radnih mjesta -- 1. dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1:2011)

HRN EN 12524:2002

Građevni materijali i proizvodi -- Svojstva s obzirom na toplinu i vlagu -- Tablice projektnih vrijednosti (EN 12524:2000)

HRN EN 12831:2004

Sustavi grijanja u građevinama -- Postupak proračuna normiranoga toplinskog opterećenja (EN 12831:2003)

HRN EN ISO 13370:2008

Toplinske značajke zgrada -- Prijenos topline preko tla -- Metode proračuna (ISO 13370:2007; EN ISO 13370:2007)

HRN EN 13779:2008

Ventilacija u nestambenim zgradama -- Zahtjevi za sustave ventilacije i klimatizacije (EN 13779:2007)

HRN EN ISO 13788:2002

Značajke građevnih dijelova i građevnih dijelova zgrada s obzirom na toplinu i vlagu -- Temperatura unutarnje površine kojom se izbjegava kritična vlažnost površine i unutarnja kondenzacija -- Metode proračuna (ISO 13788:2001; EN ISO 13788:2001)

HRN EN ISO 13789:2008

Toplinske značajke zgrada -- Koeficijenti prijelaza topline transmisijom i ventilacijom -- Metoda proračuna (ISO 13789:2007; EN ISO 13789:2007)

HRN EN ISO 13790:2008

Energetska svojstva zgrada -- Proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora (EN ISO 13790:2008)

HRN EN ISO 14683:2008

Toplinski mostovi u zgradarstvu -- Linearni koeficijent prolaska topline -- Pojednostavljena metoda i utvrđene vrijednosti (ISO 14683:2007; EN ISO 14683:2007)

HRN EN 15193:2008

Energijska svojstva zgrade -- Energijski zahtjevi za rasvjetu (EN 15193:2007)

HRN EN 15193:2008/Ispr.1:2011

Energijska svojstva zgrade -- Energijski zahtjevi za rasvjetu (EN 15193:2007/AC:2010)

HRN EN 15232:2012

Energijske značajke zgrada -- Utjecaj automatizacije zgrada, nadzor i upravljanje zgradama (EN 15232:2012)

HRN EN 15251:2008

Ulazni mikroklimatski parametri za projektiranje i ocjenjivanje energijskih značajka zgrada koji se odnose na kvalitetu zraka, toplinsku lagodnost, osvjetljenje i akustiku (EN 15251:2007)

HRN EN 674:2012

Staklo u graditeljstvu -- Određivanje koeficijenta prolaska topline (U-vrijednost) -- Metoda sa zaštićenom vrućom pločom (EN 674:2011)

HRN EN 1026:2001

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Metoda ispitivanja (EN 1026:2000)

HRN EN 12207:2001

Prozori i vrata -- Propusnost zraka -- Razredba (EN 12207:1999)

HRN EN ISO 12412-2:2004

Toplinske značajke prozora, vrata i zaslona -- Određivanje koeficijenta prolaska topline metodom vruće komore -- 2. dio: Okviri (EN 12412-2:2003)

HRN EN ISO 12567-1:2011

Toplinske značajke prozora i vrata -- Određivanje prolaza topline metodom vruće komore -- 1. dio: Prozori i vrata u cjelini (ISO 12567-1:2010+Cor 1:2010; EN ISO 12567-1:2010+AC:2010)

HRN EN 13829:2002

Toplinske značajke zgrada -- Određivanje propusnosti zraka kod zgrada -- Metoda razlike tlakova (ISO 9972:1996, preinačena; EN 13829:2000)

Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ("Narodne novine" broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18)

Zakon o gradnji ("Narodne novine" broj 153/13, 20/17, 39/19)

Zakon o građevnim proizvodima („Narodne novine“ broj 76/13, 30/14, 130/17)

Zakon o energetske učinkovitosti („Narodne novine" broj 127/14)

Tehnički propis za prozore i vrata („Narodne novine" broj 69/06)

Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju ("Narodne novine" broj 88/17)

Pravilnik o sustavnom gospodarenju energijom u javnom sektoru ("Narodne novine" broj 18/15, 06/16)

Pravilnik o kontroli energetske certifikata zgrade i izvješća o redovitom pregledu sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi ("Narodne novine" broj 73/15)

Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetske certifikacije, energetske preglede zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi ("Narodne novine" broj 73/15, 133/15)

Pravilnik o otpornosti na požar i drugim zahtjevima koje građevine moraju zadovoljiti u slučaju požara ("Narodne novine" broj 29/13; 87/15)

Meteorološki podaci – primjenjuju se od 1. siječnja 2016

Metodologija provođenja energetske preglede građevina (kolovoz 2017)

Algoritam za izračun energetske svojstva zgrada (objavljen 15. svibnja 2017. - u obveznoj primjeni od 30. rujna 2017.)

- Faktori primarne energije i emisija CO₂ (u primjeni od 30. rujna 2017.)
- Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790
- Algoritam za određivanje energetske zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama (Sustavi grijanja prostora i pripreme potrošne tople vode)
- Algoritam za određivanje energetske zahtjeva i učinkovitost termotehničkih sustava u zgradama (Sustavi kogeneracije, sustavi daljinskog grijanja, fotonaponski sustavi)
- Algoritam za određivanje energetske učinkovitosti sustava rasvjete u zgradama (Energetske zahtjevi za rasvjetu)
- Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade

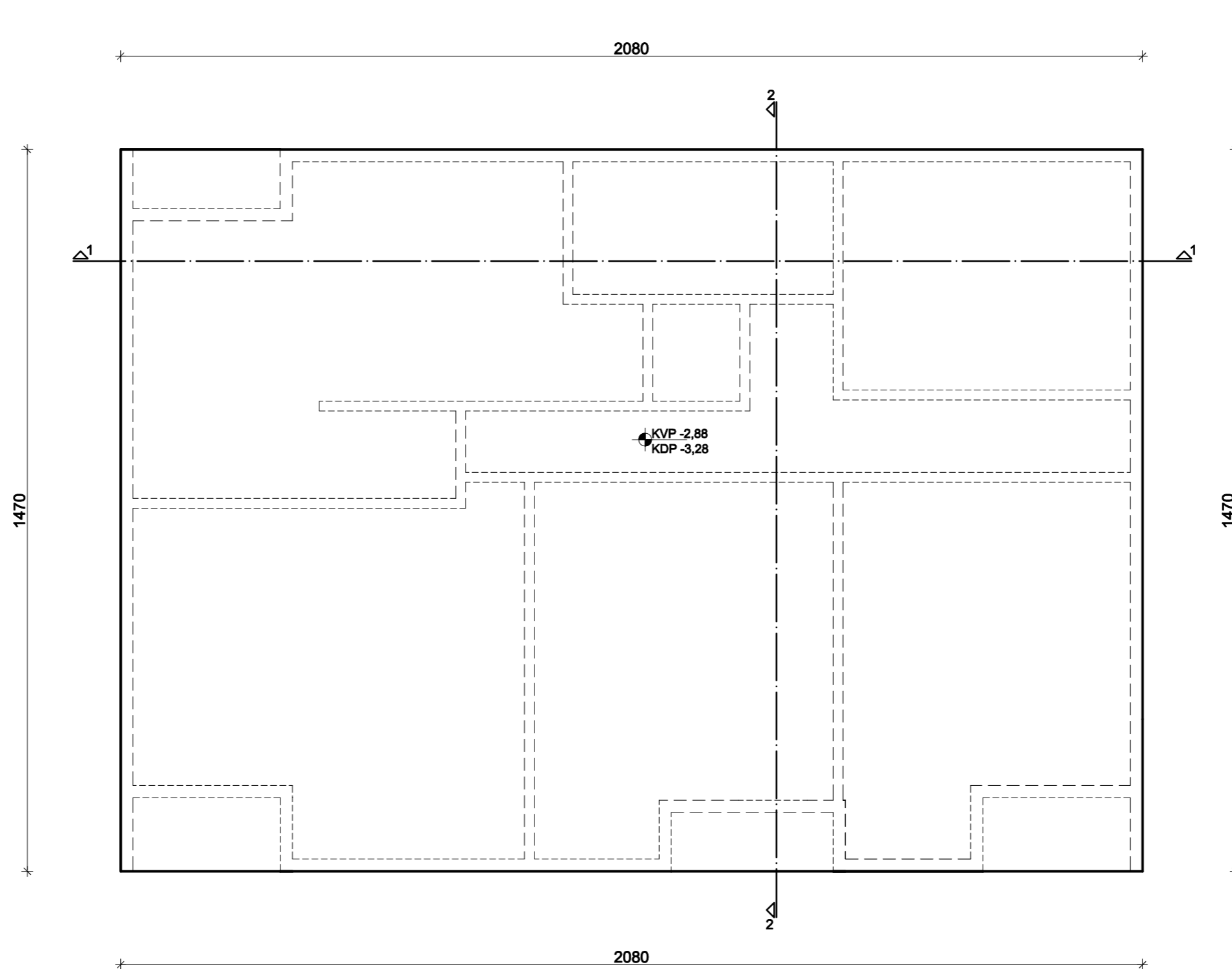
13. LITERATURA


- A. Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta – zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split, studeni 2015
- J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006
- I. Tomičić: Betonske konstrukcije - 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995
- A. Mihanović: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – vježbe, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- Ž. Nikolić : Dinamički modeli potresnog inženjerstva – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- T. Roje-Bonacci: Mehanika tla, 4. izd. u suglasju s Eurokod 7, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split 2017
- P. Mišćević, N. Štambuk Cvitanović: Mehanika tla i temeljenje – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2016
- T. Roje-Bonacci, P. Mišćević: Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- B. Trogrlić: Fizika zgrade – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2019
- EN 1990:2008 Eurokod - Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008 + A1:2005 + AC:2008).
- EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije (EN 1991:2002)
- EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1- 1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004 + AC:2008)
- EN 1997-2:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
- EN 1998:2008 Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004)
- SCIA Engineer 19.1
- KI Expert Plus

14. GRAFIČKI PRILOZI

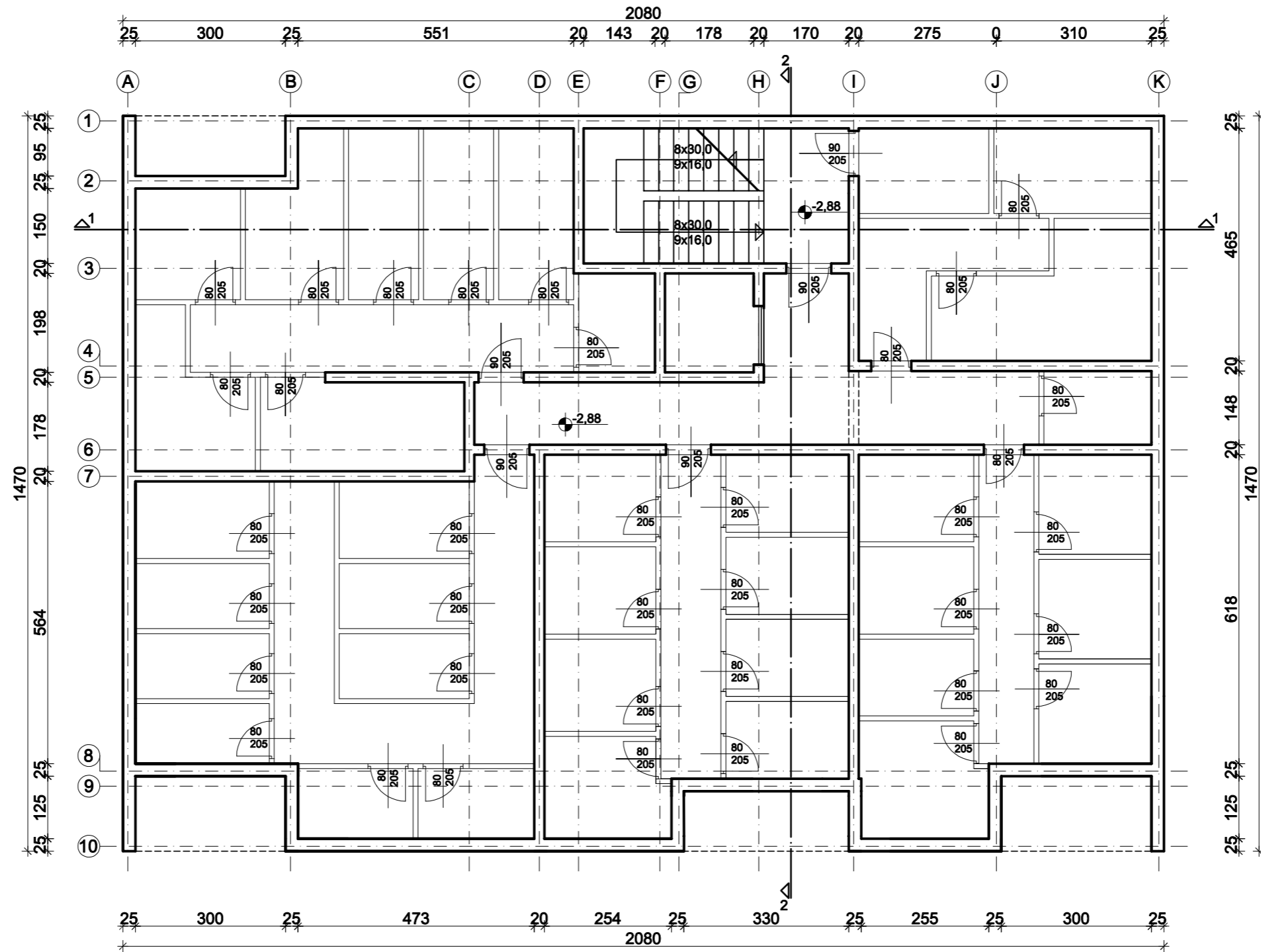
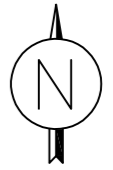
- Prilog 1 – Tlocrt temeljne ploče M 1:100
- Prilog 2 – Tlocrt podruma M 1:100
- Prilog 3 – Tlocrt prizemlja M 1:100
- Prilog 4 – Tlocrt 1,2,3,4,5 kata M 1:100
- Prilog 5 – Tlocrt krova M 1:100
- Prilog 6 – Presjek 1-1 M 1:100
- Prilog 7 – Presjek 2-2 M 1:100
- Prilog 8 – Sjeverno pročelje M 1:100
- Prilog 9 – Južno pročelje M 1:100
- Prilog 10 – Istočno pročelje M 1:100
- Prilog 11 – Zapadno pročelje M 1:100
- Prilog 12 – Armatura temeljne ploče - donja zona M 1:100
- Prilog 13 – Armatura temeljne ploče - gornja zona M 1:100
- Prilog 14 – Armatura međukatne ploče - donja zona M 1:100
- Prilog 15 – Armatura međukatne ploče - gornja zona M 1:100
- Prilog 16 – Armatura krovne ploče - donja zona M 1:100
- Prilog 17 – Armatura krovne ploče - gornja zona M 1:100
- Prilog 18 – Armatura stubišta M 1:20
- Prilog 19 – Detalj armiranja rubnog područja zida M 1:10
- Prilog 20 – Detalj spoja vanjskog zida i temeljne ploče M 1:10


TLOCRT TEMELJNE PLOČE M 1 : 100



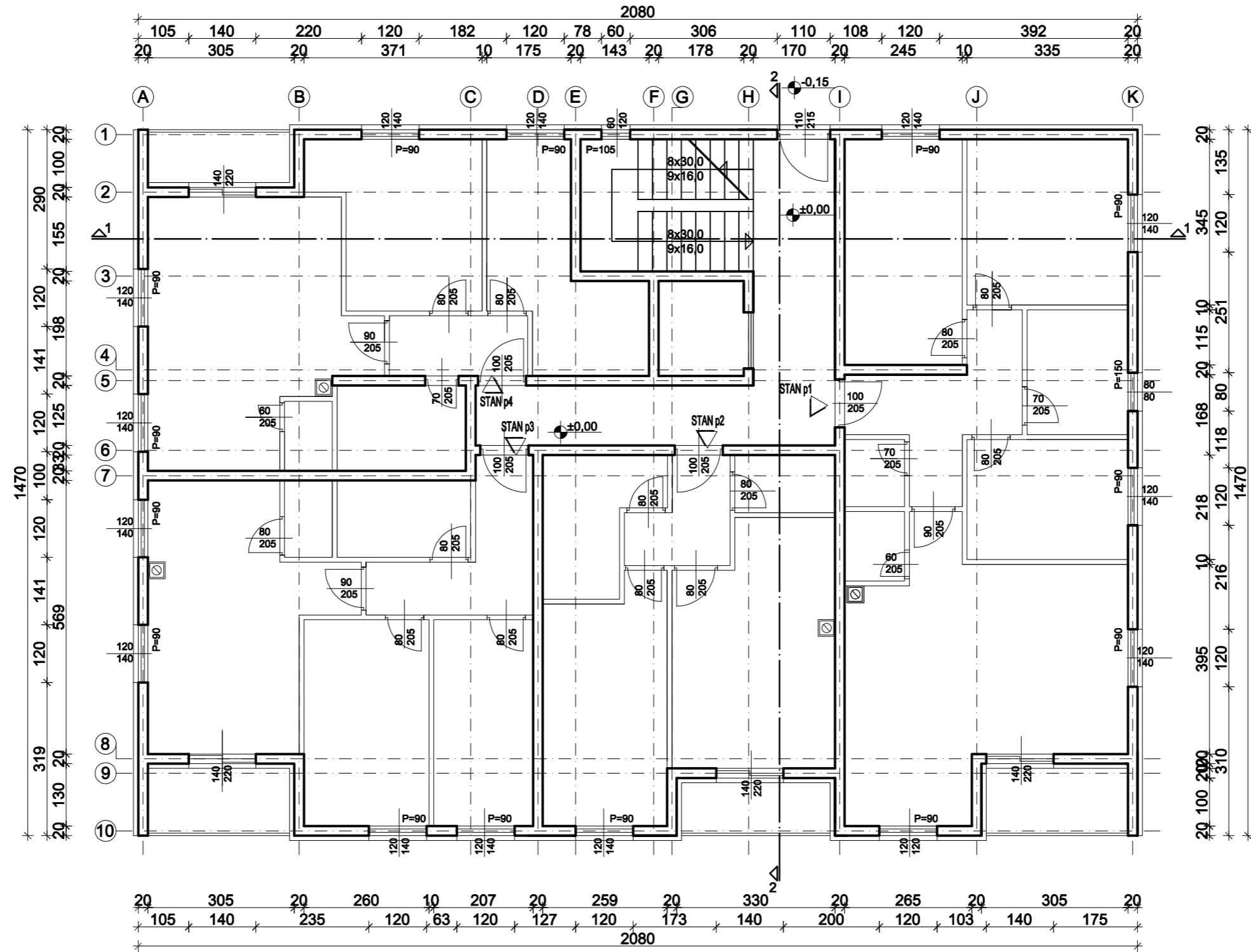
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt temeljne ploče	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	1

TLOCRT PODRUMA M 1 : 100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt podruma	MJERILO
DATUM	2020	BROJ PRILOGA	2

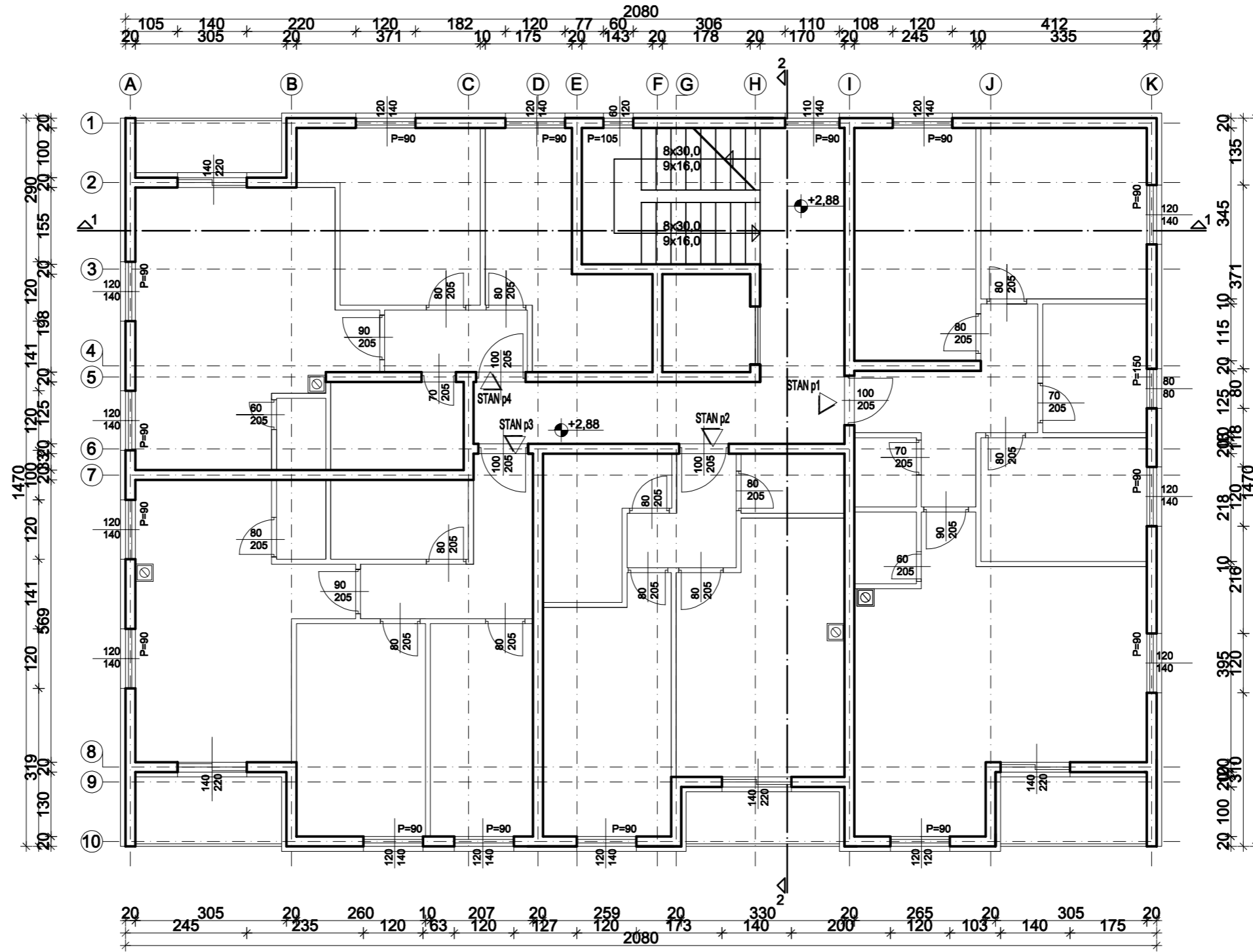
TLOCRT PRIZEMLJA M 1 : 100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Tlocrt prizemlja	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	3

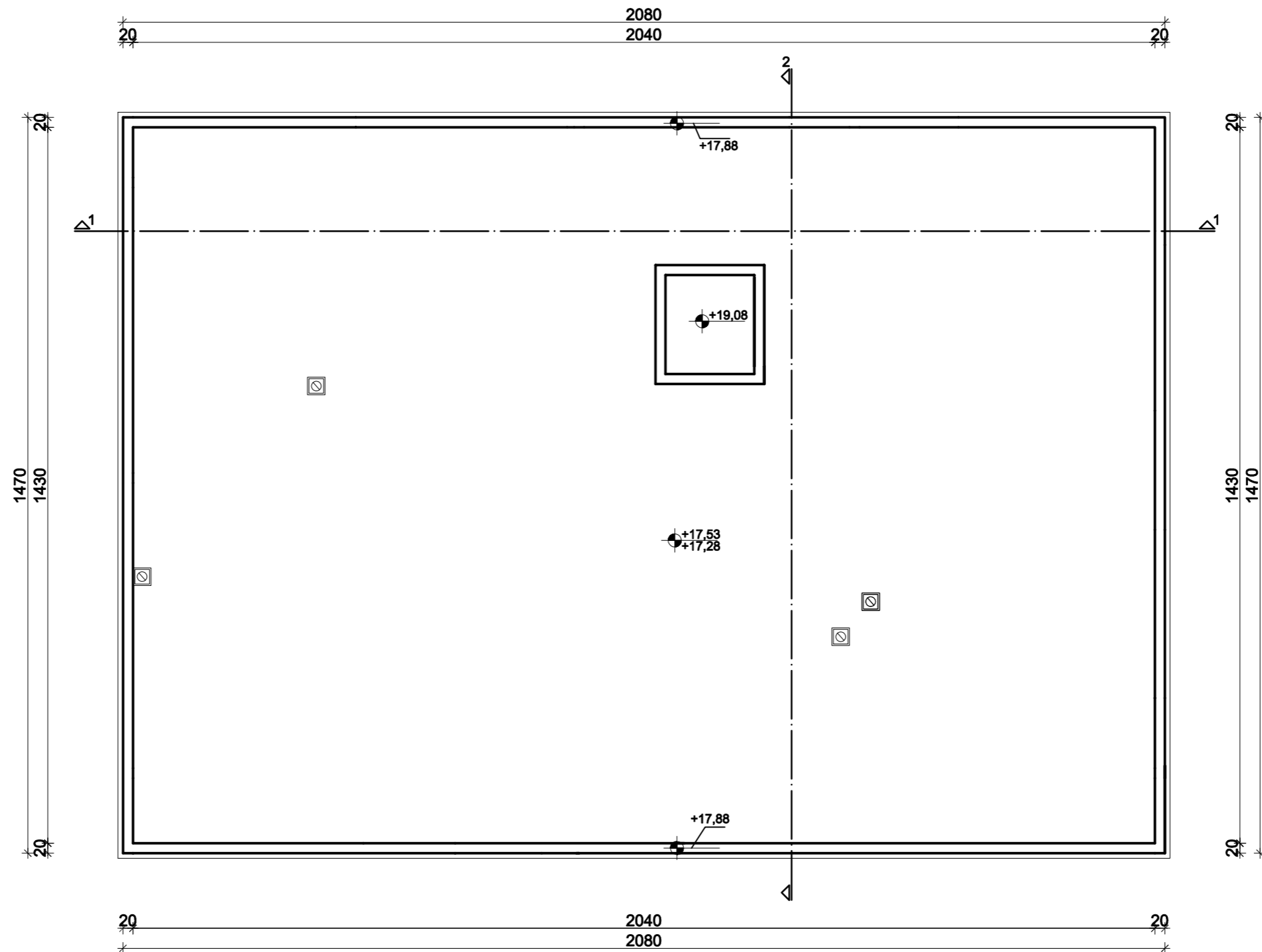
TLOCRT 1,2,3,4,5 KATA M 1 : 100




SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

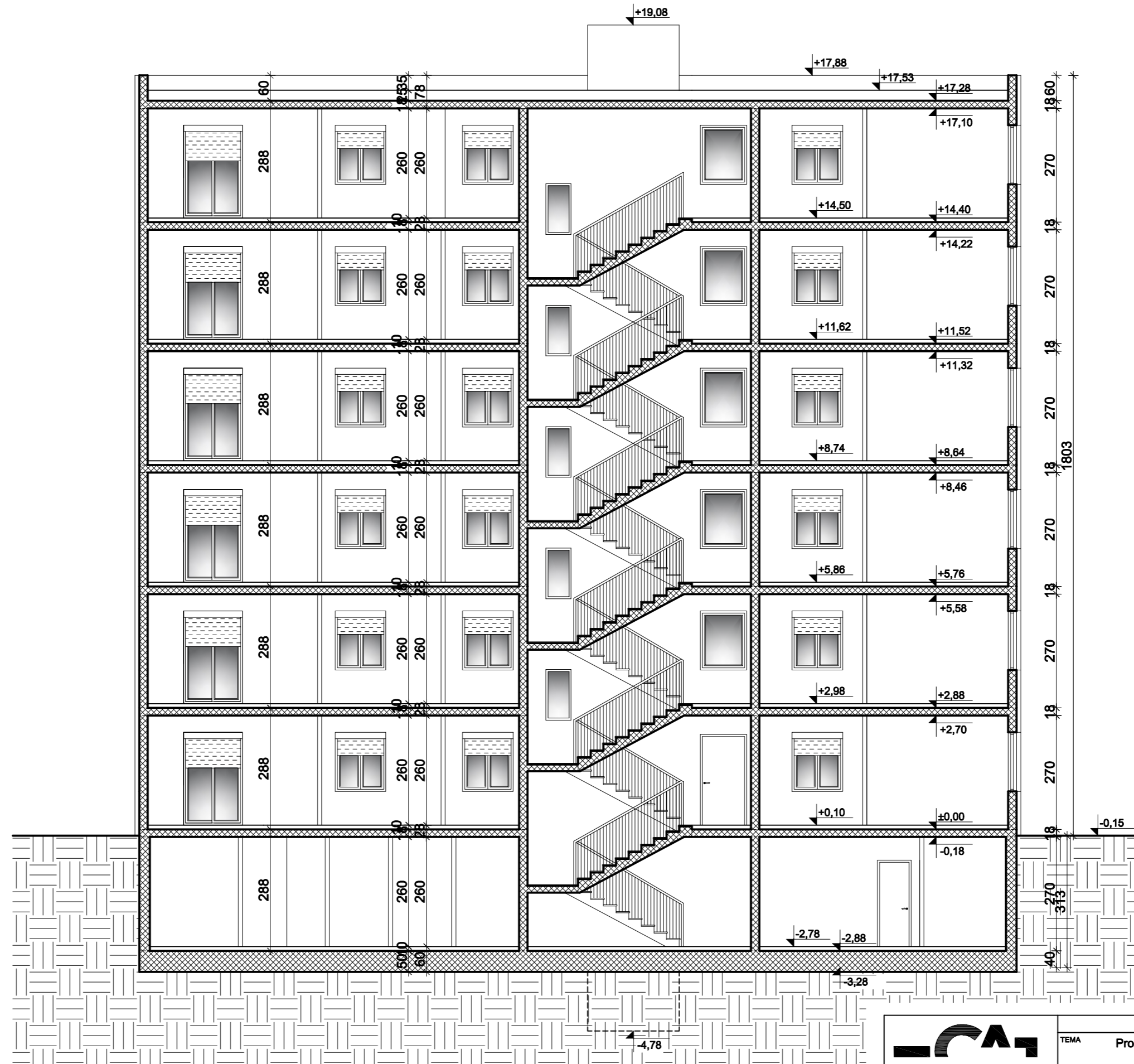
Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Tlocrt 1,2,3,4,5 kata	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	4

TLOCRT KROVA M 1 : 100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt krova	MJERILO BROJ PRILOGA
DATUM	Srpanj, 2020		

PRESJEK 1-1 M 1 : 100

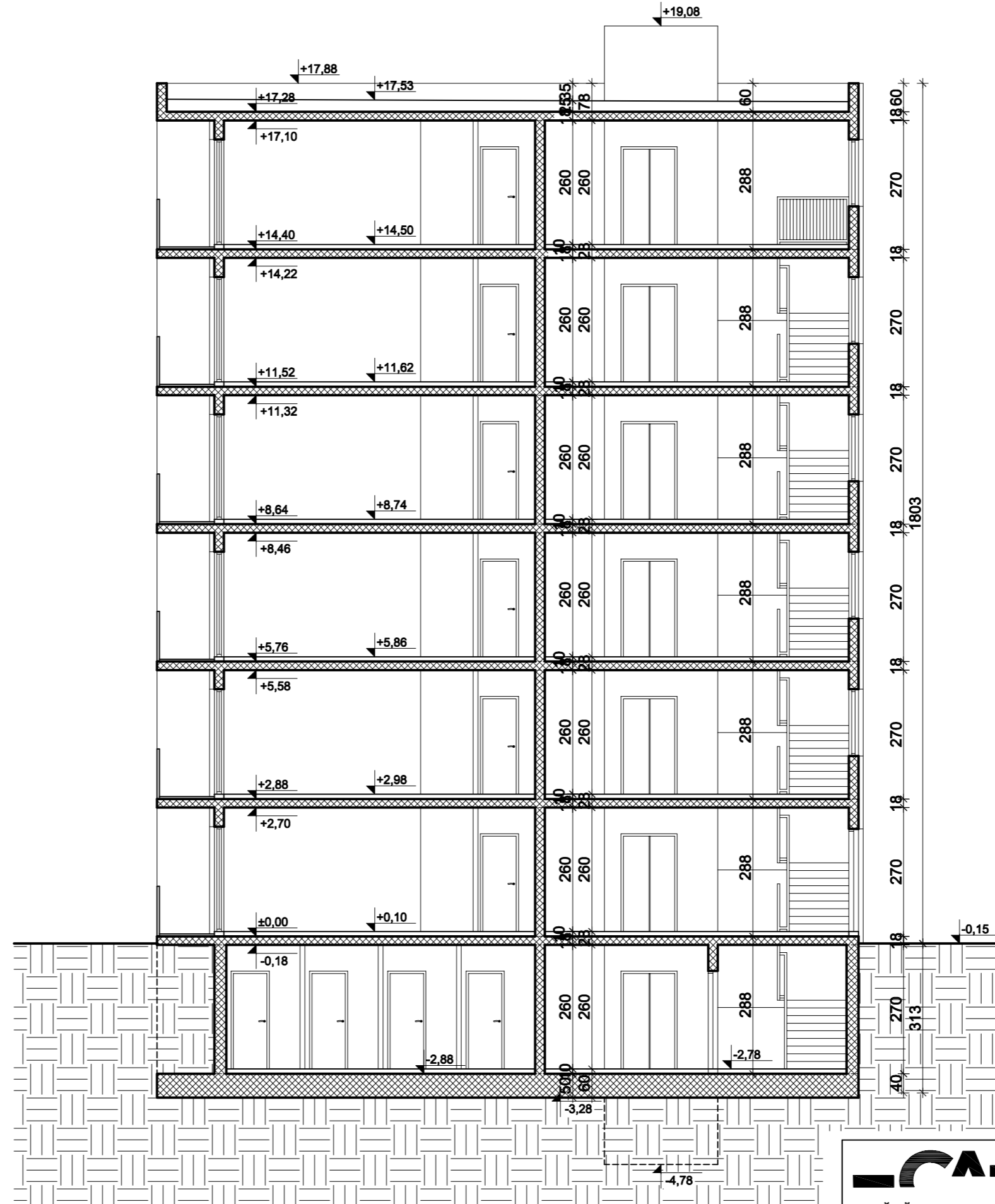


SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Diplomski rad

TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Presjek 1-1	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	6

PRESJEK 2-2 M 1 : 100




SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

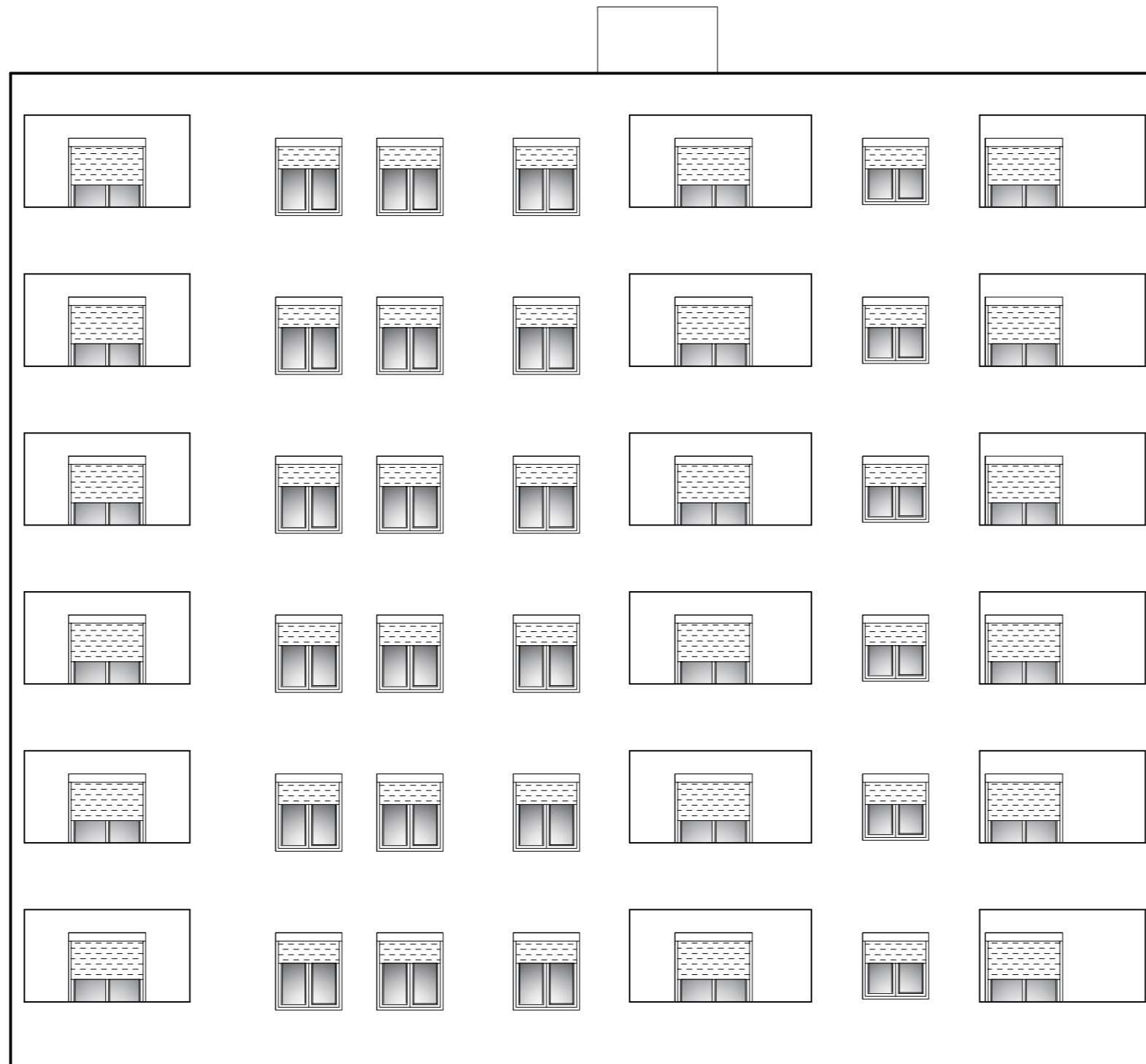
Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Presjek 2-2	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	7


SJEVERNO PROČELJE M 1 : 100



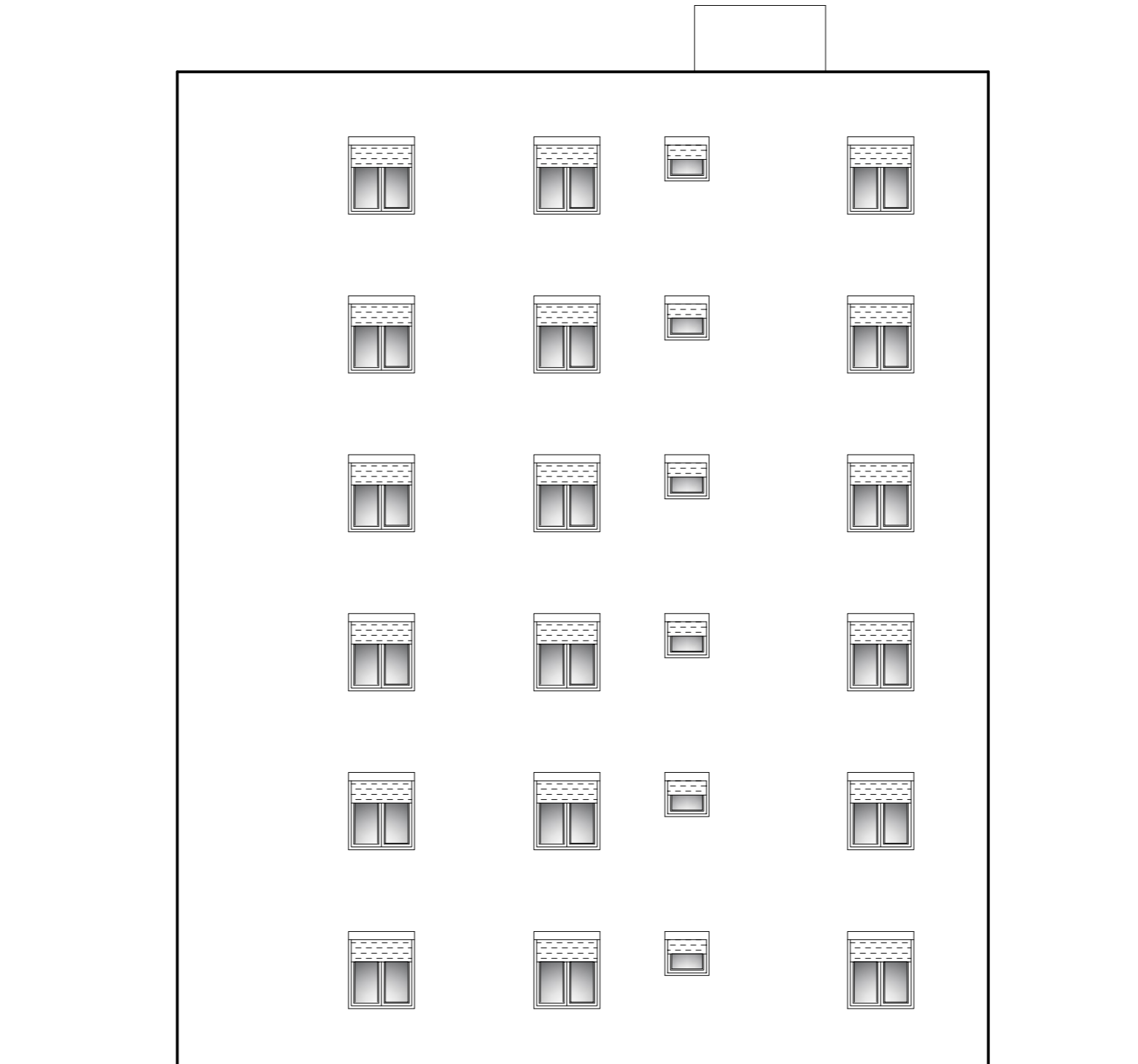
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Sjeverno pročelje	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	8


JUŽNO PROČELJE M 1 : 100



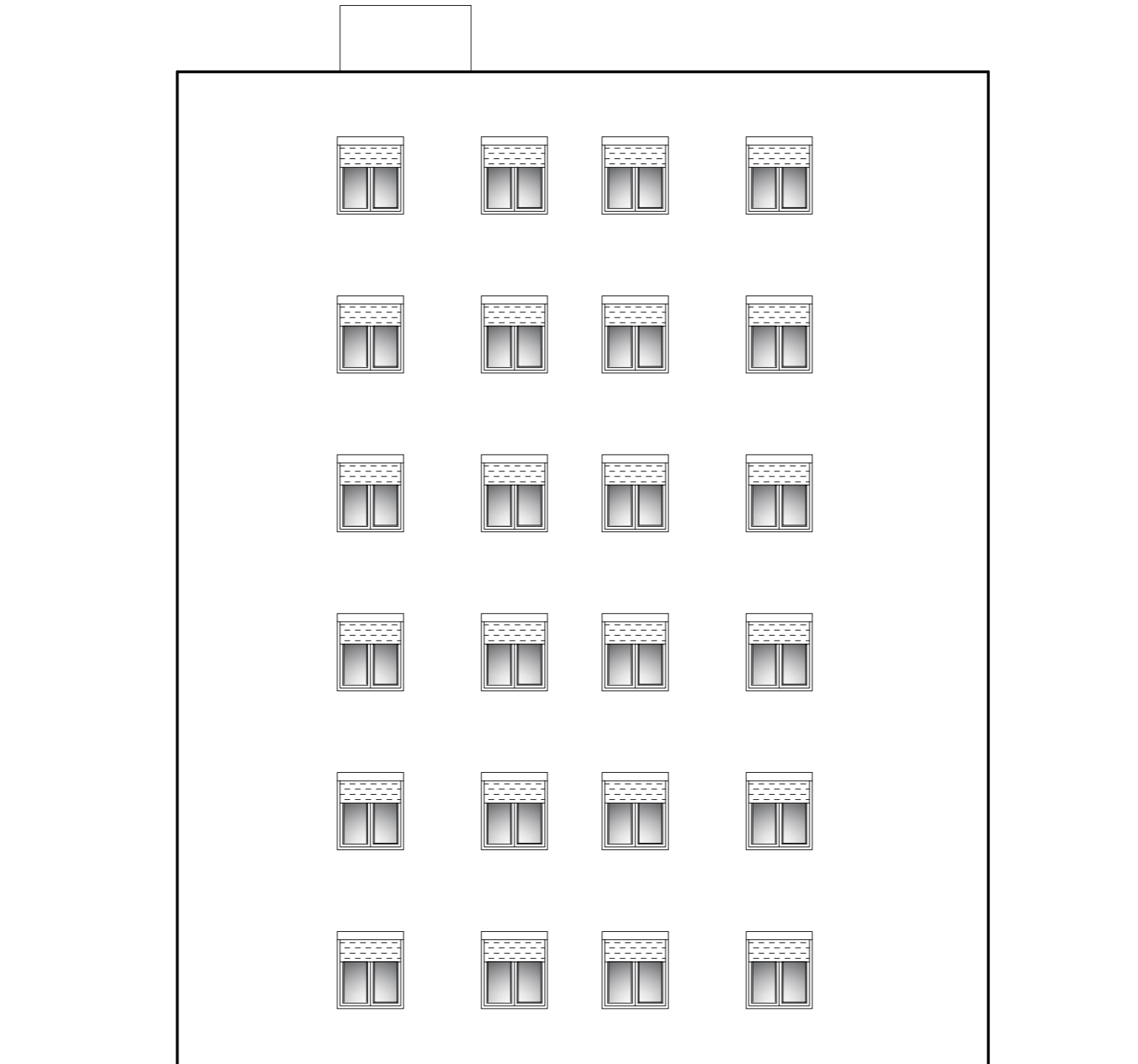
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Južno pročelje	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	9


ISTOČNO PROČELJE M 1 : 100



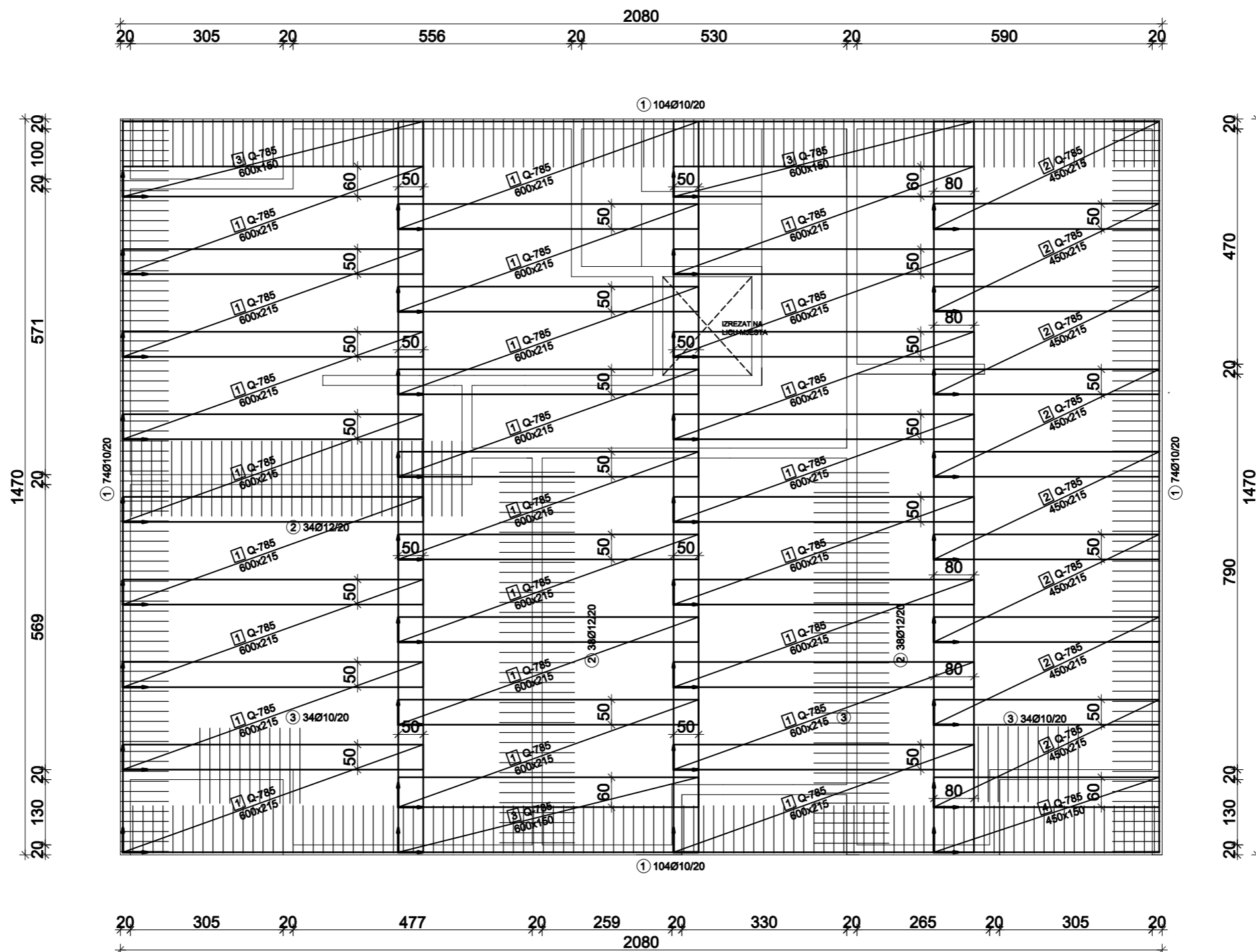
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Istočno pročelje	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	10

ZAPADNO PROČELJE M 1 : 100



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Zapadno pročelje	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	11

ARMATURA TEMELJNE PLOČE - DONJA ZONA M 1 : 100

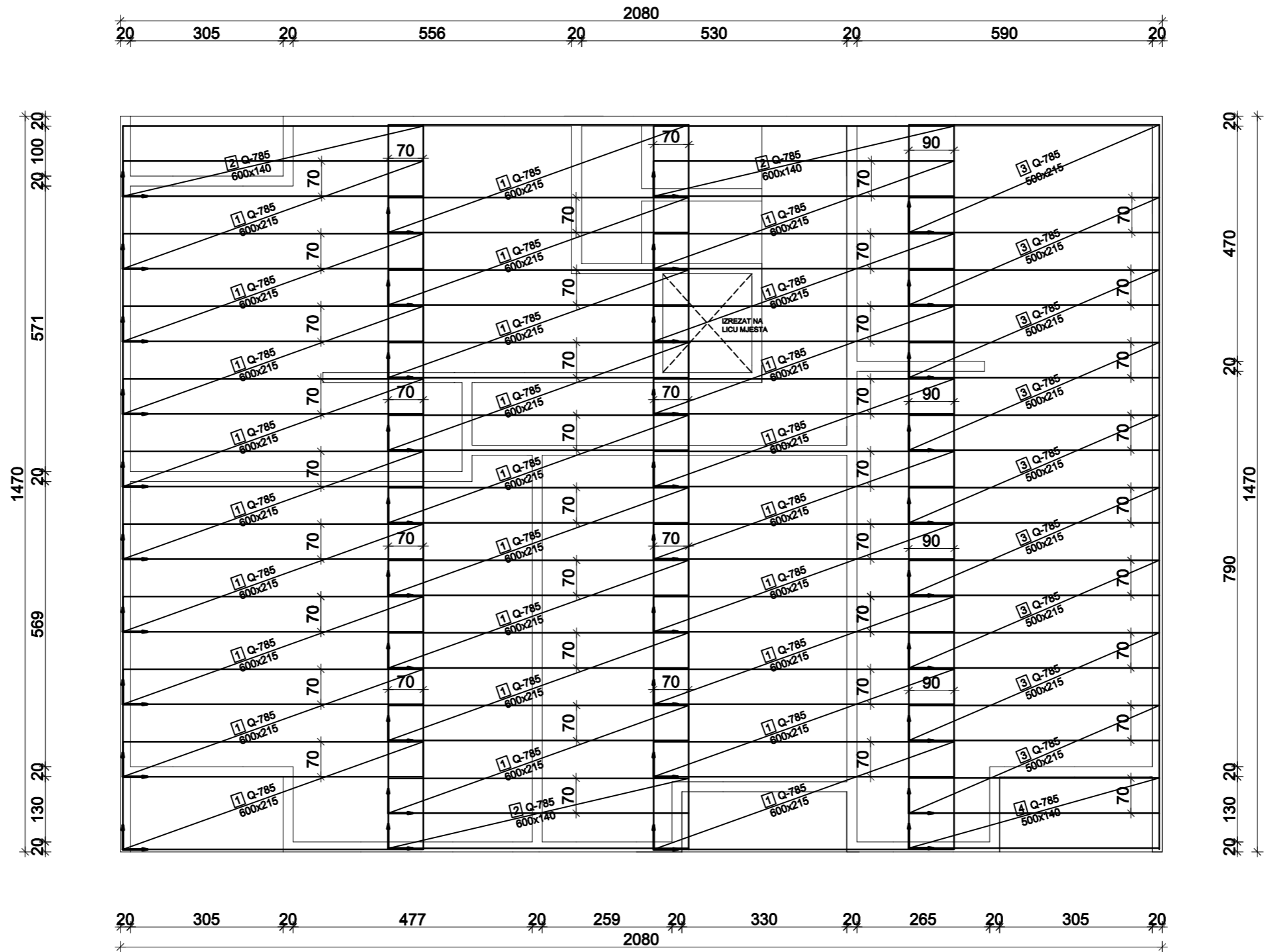


- ① $\text{Ø}10 \text{ l}=240$
- ② $\text{Ø}12 \text{ l}=150$
- ③ $\text{Ø}10 \text{ l}=150$

CA
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Armatura temeljne ploče - donja zona	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	12

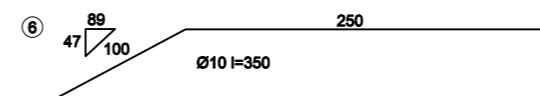
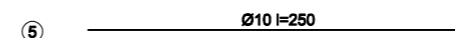
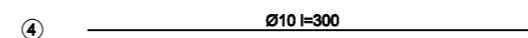
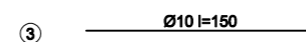
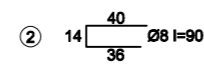
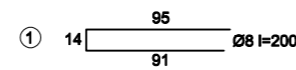
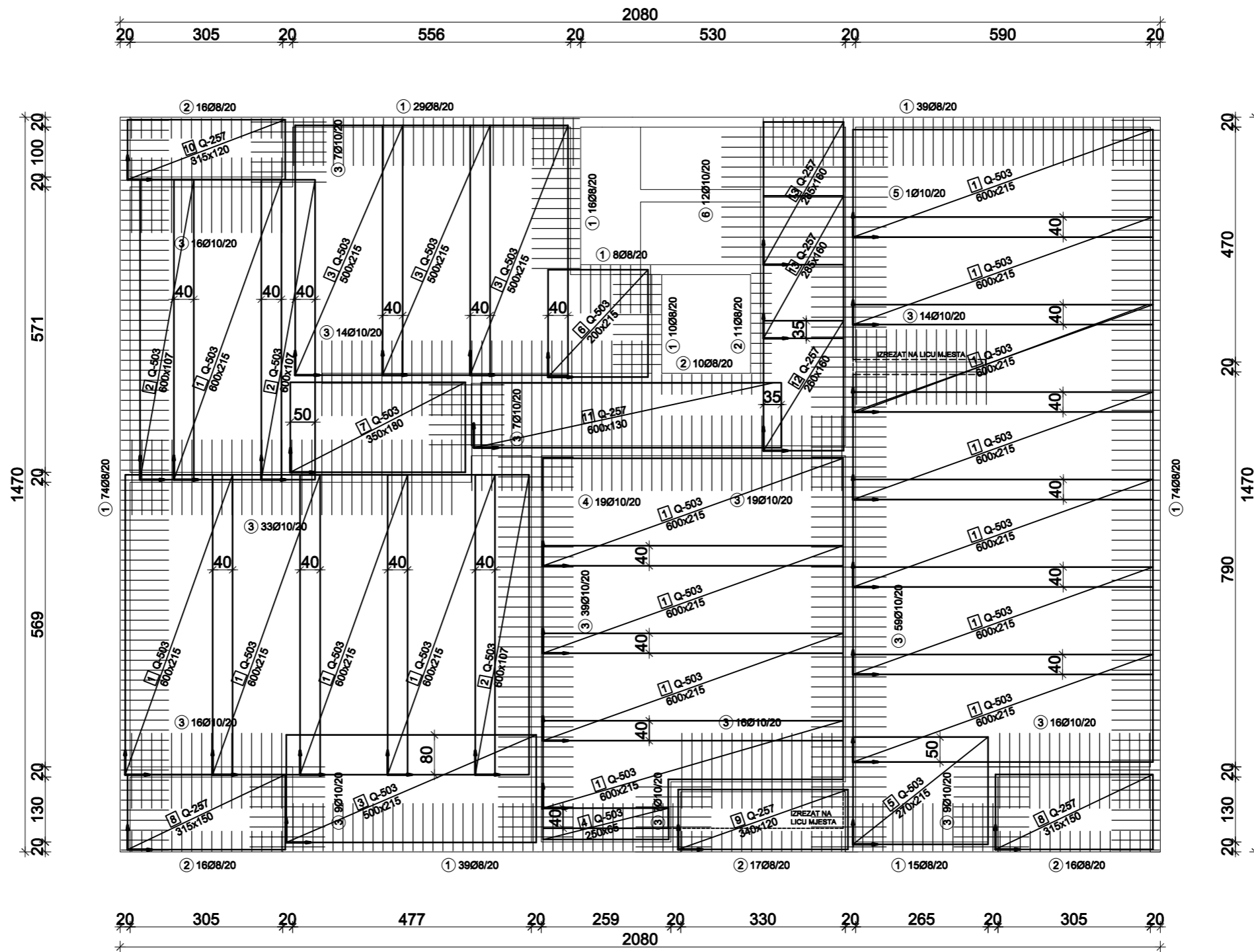
ARMATURA TEMELJNE PLOČE - GORNJA ZONA M 1 : 100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

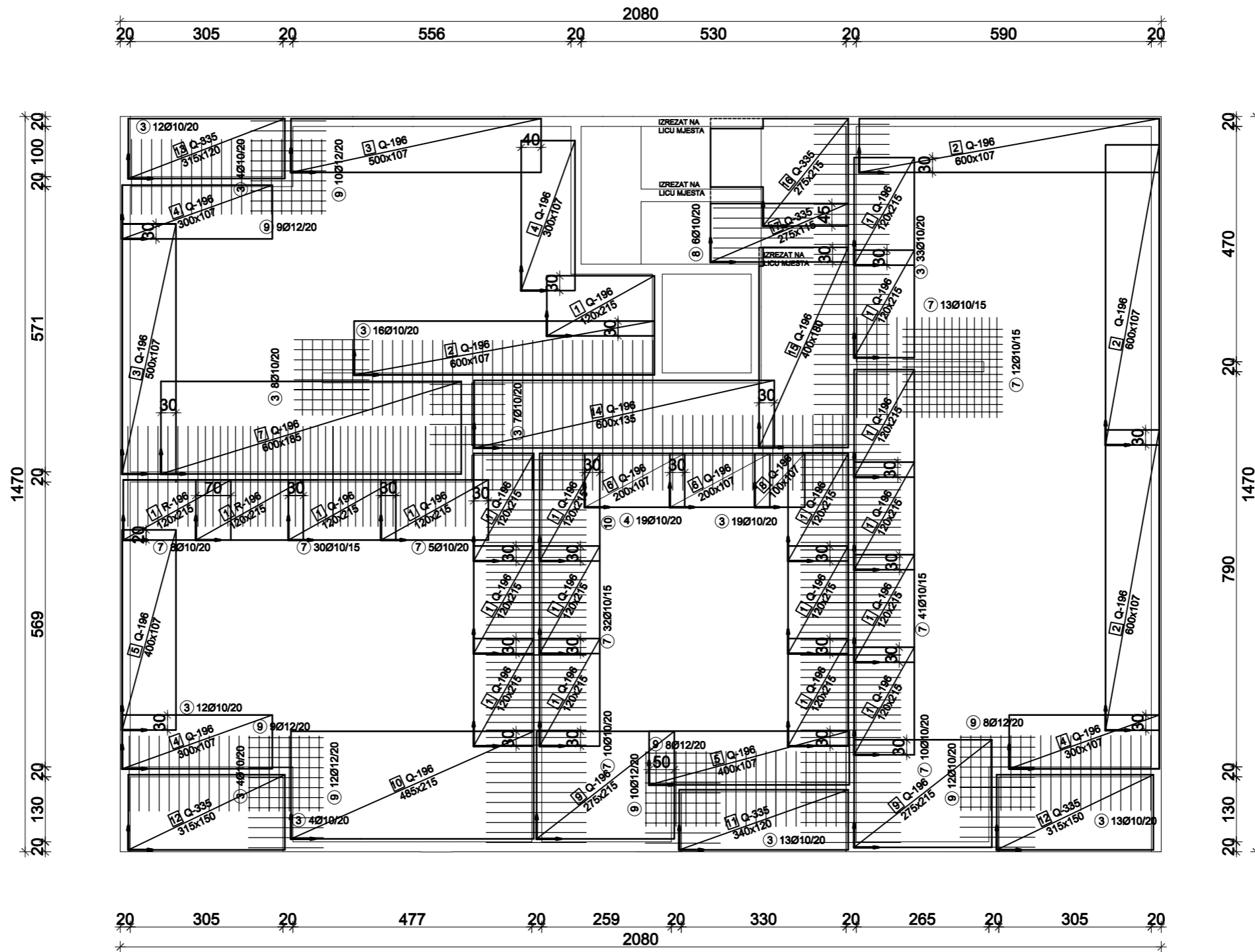
Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Armatura temeljne ploče - gornja zona	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	13

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE - DONJA ZONA M 1 : 100



Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Armatura međukatne ploče - donja zona	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	14

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE - GORNJA ZONA M 1 : 100



② ———— Ø10 l=150

⑧ $\frac{89}{47} \frac{100}{100}$
————— Ø10 l=200

④ ———— Ø10 l=300

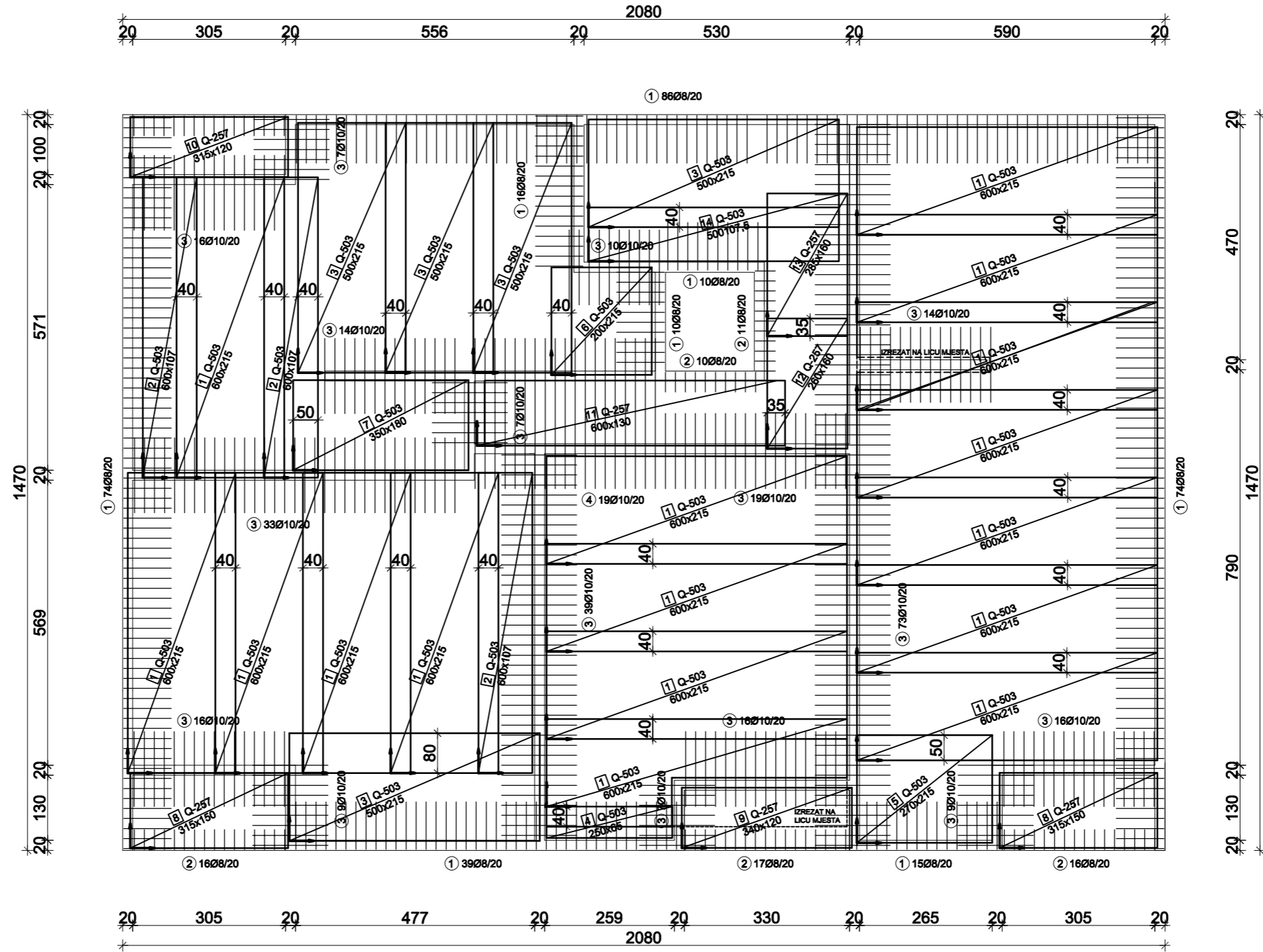
⑨ ———— Ø12 l=150

⑦ ———— Ø10 l=200



Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Armatura međukatne ploče - gornja zona	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	15

ARMATURA KROVNE PLOČE - DONJA ZONA M 1 : 100



① 14 $\frac{95}{91}$ Ø8 l=200

③ ————— Ø10 l=150

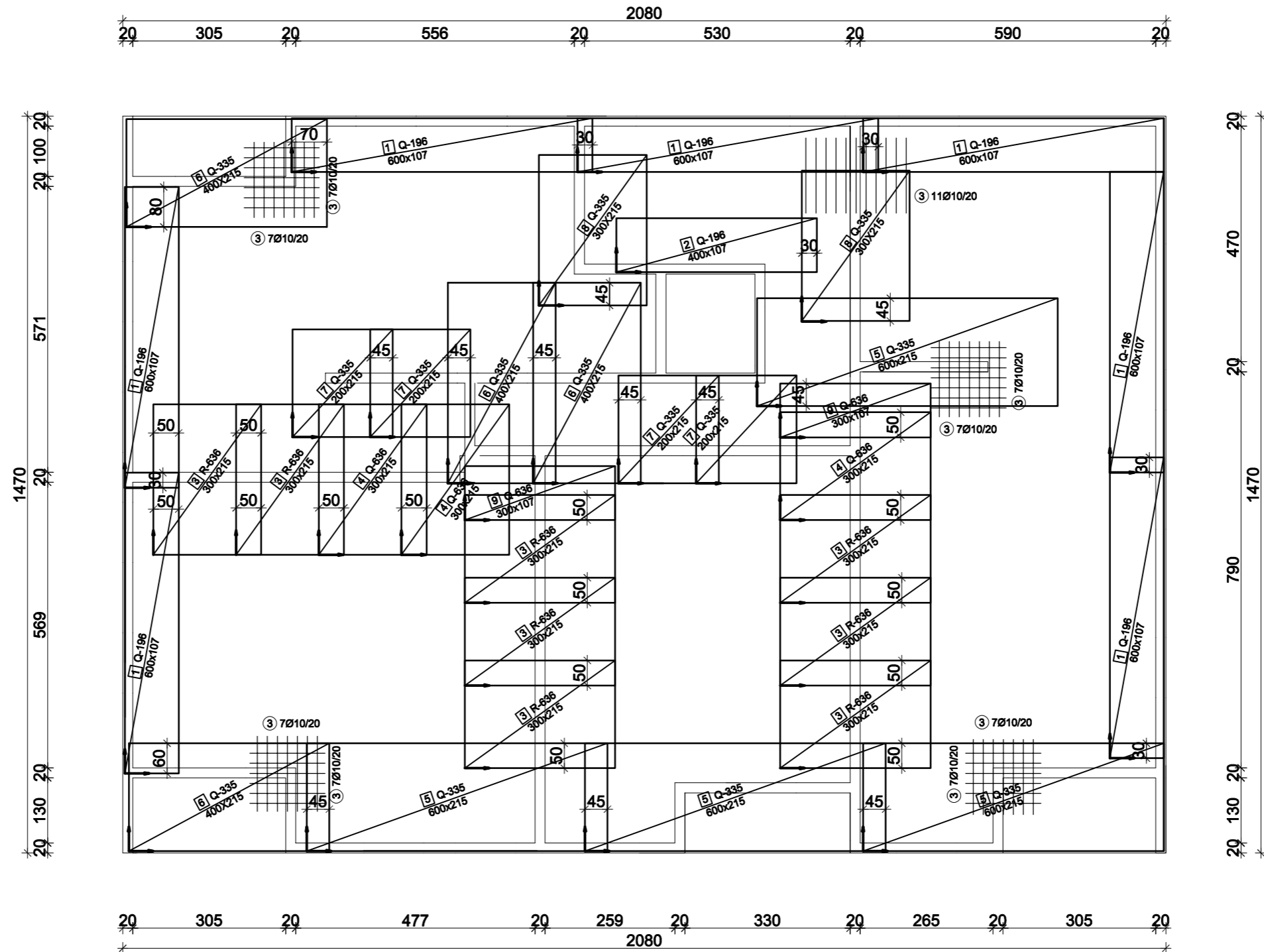
② 14 $\frac{40}{36}$ Ø8 l=90

④ ————— Ø10 l=300

Diplomski rad	
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade
STUDENT	Duje Pavić
SADRŽAJ	Armatura krovne ploče - donja zona
DATUM	Srpanj, 2020
MJERILO	1:100
BROJ PRILOGA	16



ARMATURA KROVNE PLOČE - GORNJA ZONA M 1 : 100

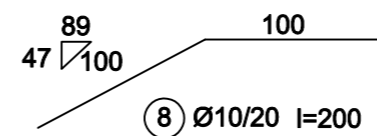
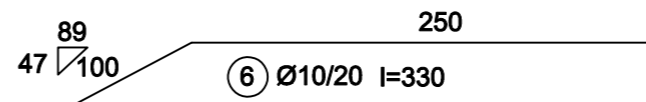
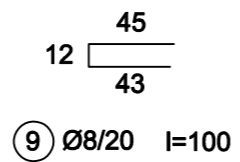
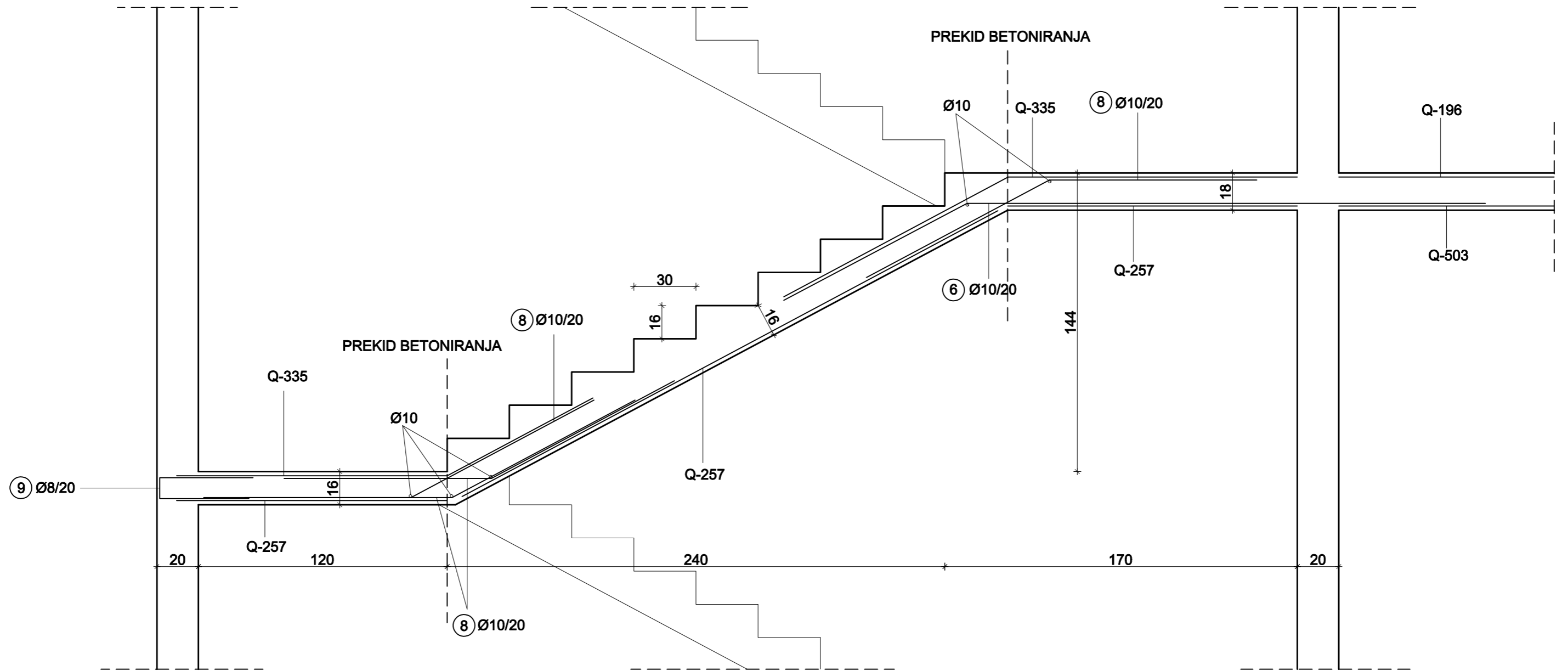



③ ————— Ø10 l=150



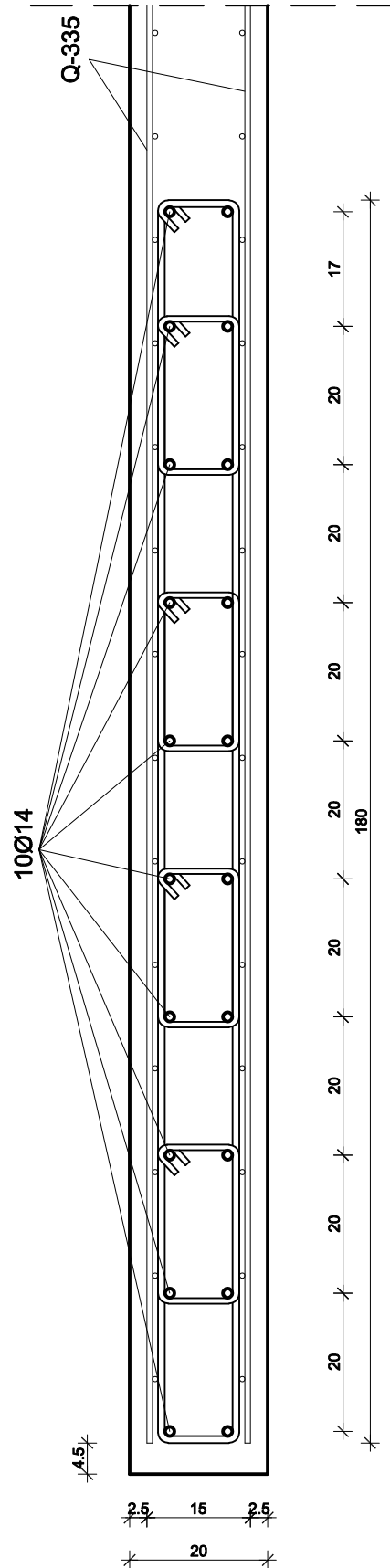
Diplomski rad			
TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade		
STUDENT	Duje Pavić		
SADRŽAJ	Armatura krovne ploče - gornja zona	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	17

ARMATURA STUBIŠTA M 1 : 20



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Armatura stubišta	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	18

DETALJ ARMIRANJA RUBNOG PODRUČJA ZIDA M 1 : 10



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
 ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Diplomski rad

TEMA Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade

STUDENT Duje Pavić

SADRŽAJ Detalj armiranja rubnog područja zida

MJERILO 1:10

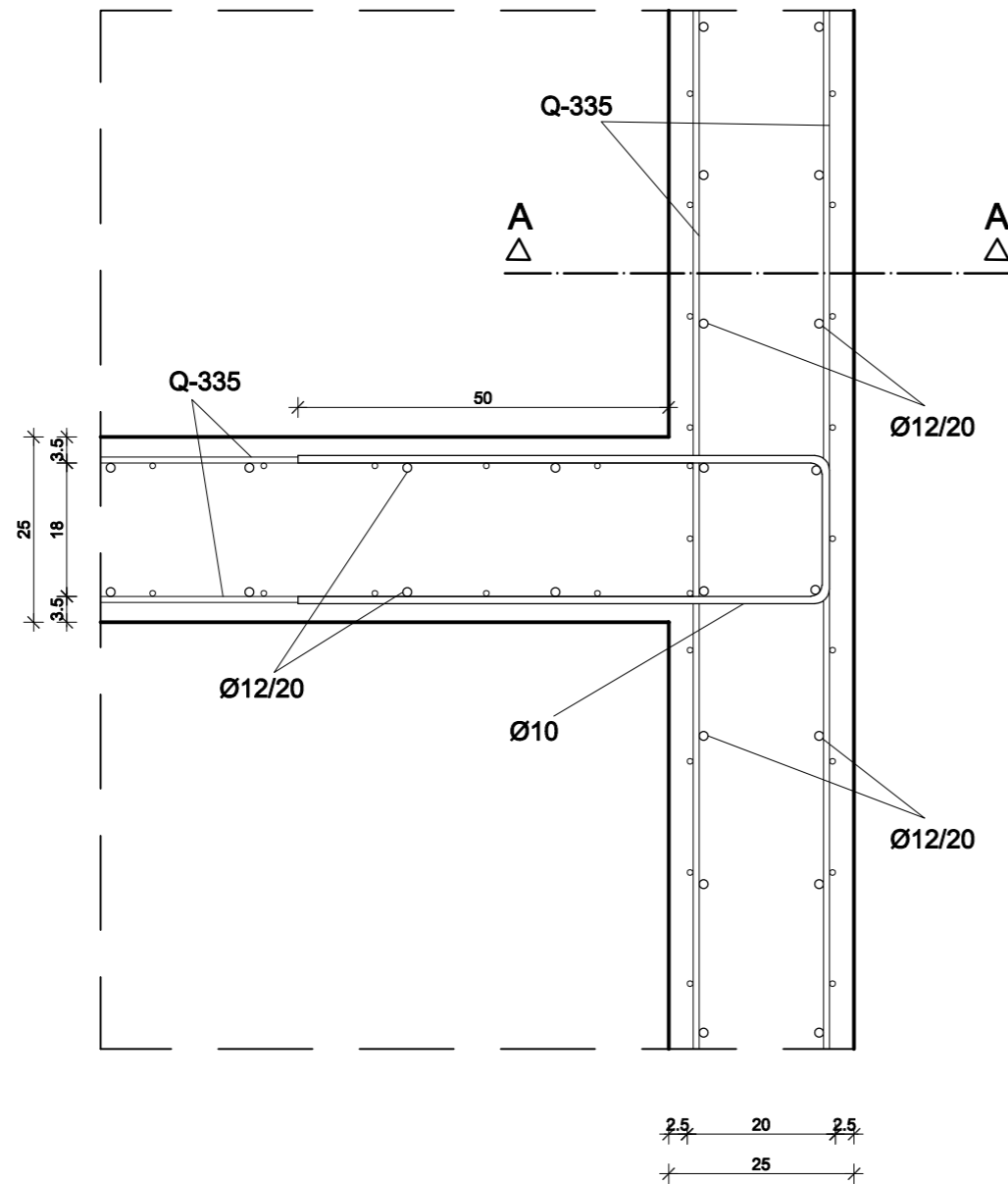
BROJ PRILOGA

19

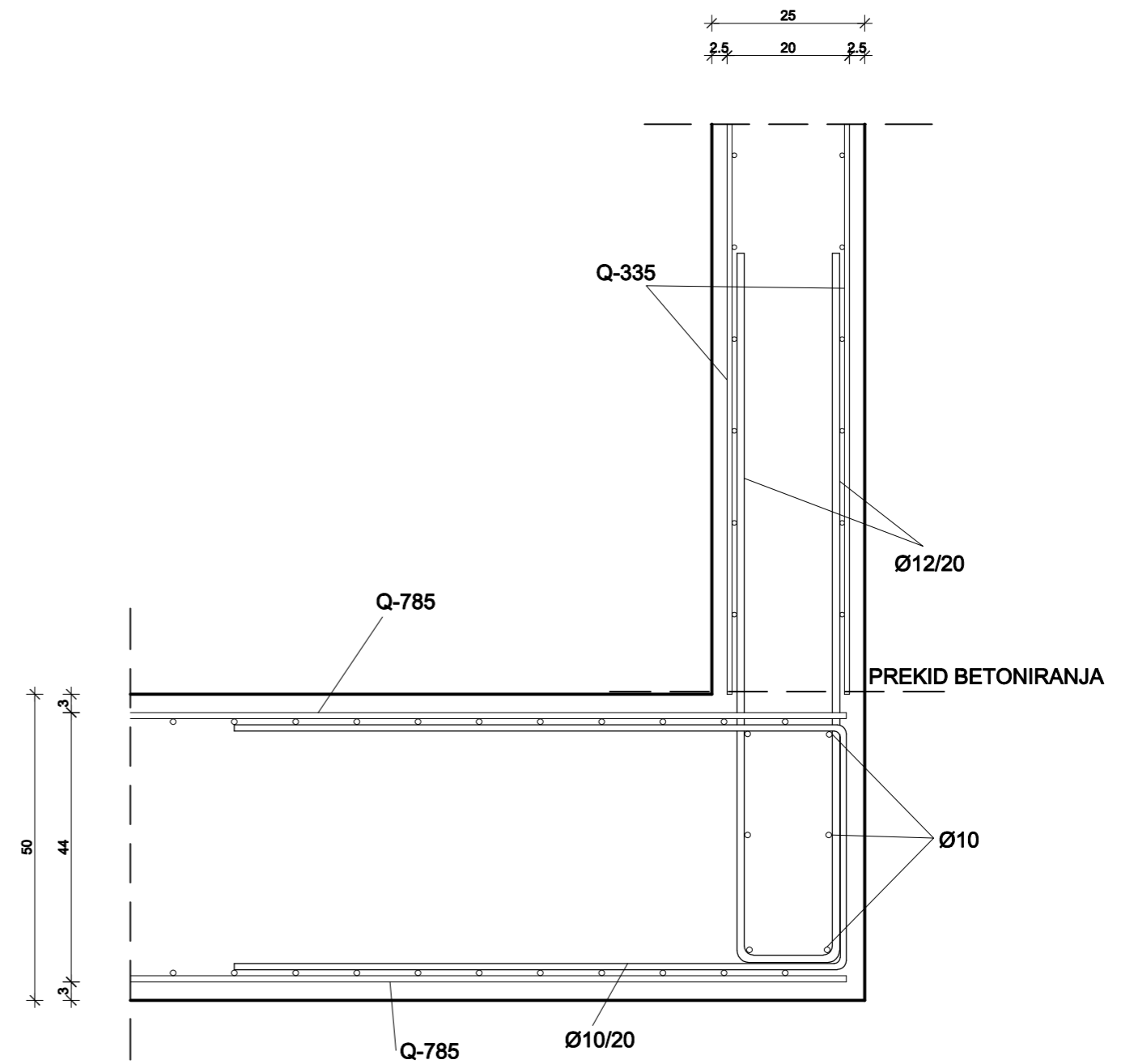
DATUM Srpanj, 2020


DETALJ SPOJA VANJSKOG ZIDA I TEMELJNE PLOČE M 1 : 10

TLOCRT



PRESJEK A-A



 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Proračun nosive konstrukcije i fizikalnih svojstava armiranobetonske stambene zgrade	
	STUDENT	Duje Pavić	
	SADRŽAJ	Detalj spoja vanjskog zida i temeljne ploče	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2020	BROJ PRILOGA	20