

Projekt konstrukcije poslovne zgrade u Trogiru

Bukurov, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:123:457328>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I
GEODEZIJE**

DIPLOMSKI RAD

Luka Bukurov

Split, 2018

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I
GEODEZIJE

Luka Bukurov

Projekt konstrukcije poslovne zgrade u
Trogiru

Diplomski rad

Split, 2018

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT: **Luka Bukurov**
BROJ INDEKSA: **0547**
KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**
PREDMET: **Betonske konstrukcije**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Projekt konstrukcije poslovne zgrade u Trogiru

Opis zadatka: Armirano betonska zgrada ima 5 nadzemnih etaža s visinama 3,15 m i jednu podzemnu etažu visine 3,20 m. Nalazi se u zoni s osnovnom brzinom vjetra od 30 m/s i karakterističnim opterećenjem snijega od $0,36 \text{ kN/m}^2$, te potresnoj zoni s mogućim ubrzanjem tla od 0,22 g. Temeljena je na tlu s dopuštenim naprezanjem od 0,5 MPa. Vertikalno promjenjivo (korisno) opterećenje iznosi $2,0 \text{ kN/m}^2$. Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirano betonske ploče oslonjene na grede, stupove i zidove. Vertikalnu nosivu konstrukciju tvore obodni i unutarnji armiranobetonski zidovi i stupovi. Potrebno je izraditi projekt konstrukcije zgrade (tehnički opis, glavni građevinski nacrti s planovima pozicija, proračun) i planove armature temelja, karakterističnog zida, karakterističnog okvira s gredom i stupovima, međukatne konstrukcije, te krovne ploče.

U Splitu, 5. ožujka 2018.

Voditelj diplomskog rada:

Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Projekt konstrukcije poslovne zgrade u Trogiru

Sažetak:

U radu je prikazan projekt konstrukcije poslovne zgrade u Trogiru. Građevina se sastoji od 5 katova , te ukopane garaže tlocrtne površine 355 m².

Građevina je izvedena u armiranom betonu, sve monolitne izvedbe s armirano betonskim zidovima, stupovima, gredama i armirano betonskim pločama kao međukatnom konstrukcijom. Projekt sadrži: tehnički opis konstrukcije, opće i posebne tehničke uvjete, plan kontrole i osiguranja kvalitete, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata i karakteristične građevinske nacрте i armaturne planove.

Ključne riječi:

poslovna građevina, projekt konstrukcije

**Structural design of the residential-buisness building
in Trogir****Abstract:**

Structural design of the buisness building, which is positioned in Trogir, is presented in this work. The building is consist of 5 uperground stories, and underground garage, layout area of 355m².

Building is made of reinforced concrete elements: walls, columns, beams and ceiling slabs, all casting in site. The work include tehcnical description of the structure, general and particular conditions of civil engineering works, control plan and quality assurance plan, calcuation of the main structural elements as well as characteristic structural plans and reinforcement plans.

Keywords:

business building, project of reinforced structure

Sadržaj

1 TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE	7
1.1. Općenito (projektni zadatak).....	7
1.2. Namjena građevine	8
1.3. Opis nosive konstrukcije.....	12
1.4. Osnovna djelovanja i kombinacije.....	13
1.5. Konstruktivni materijali	15
1.6. Pravilnici i norme.....	16
1.7. Plan kontrole i osiguranja kvalitete.....	17
1.8. Posebni tehnički uvjeti	22
1.9. Obaveze izvođača	25
1.10. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja	25
2 ANALIZA OPTEREĆENJA	26
2.1. Ploča krova – pozicija 600	26
2.2. Ploče 2. i 3. kata – pozicija 300 i 400	27
2.3. Kolna ploča garaže –pozicija 000	28
2.4. Stubišta i podesti	29
2.5. Snijeg	30
2.6. Vjetar.....	30
2.7. Potres.....	37
3 NUMERIČKI MODEL	41
4 DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE	44
4.1. Proračun ploče prizemlja (pozicija 100).....	44
4.2. Proračun ploče krova te ploča stanova (pozicija 200, 300, 400, 500 i 600)....	55
4.3. Proračun greda - greda 40x40 cm (polje i ležajevi).....	68
5 DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE	79
5.1. Proračun stupova 40/40 – pozicija S1.....	79
5.2. Proračun zidova AB jezgre	82

6 PRORAČUN TEMELJNE PLOČE	95
6.1. Proračun koeficijenta reakcije podloge.....	95
6.2. Prikaz naprezanja	95
6.3. Rezultati proračuna	96
6.4. Proračun temeljne ploče.....	99
7 PRORAČUN STUBIŠTA.....	100
8 GRAFIČKI PRILOZI	101
8.1. Tlocrt podruma.....	101
8.2. Tlocrt prizemlja.....	101
8.3. Tlocrt 1. kata	101
8.4. Tlocrt krova.....	101
8.5. Poprečni presjek A-A.....	101
8.6. Poprečni presjek B-B	101
8.7. Južno pročelje	101
8.8. Istočno pročelje	101
8.9. Sjeverno pročelje.....	101
8.10. Zapadno pročelje.....	101
9 ARMATURNI NACRTI	102
9.1. Armaturni nacrt temeljne ploče, pozicija 000, donja zona	102
9.2. Armaturni nacrt temeljne ploče, pozicija 000, gornja zona	102
9.3. Armaturni nacrt međukatne ploče, pozicija 100, donja zona	102
9.4. Armaturni nacrt međukatne ploče, pozicija 100, gornja zona	102
9.5. Armaturni nacrt krovne ploče, pozicija 200, donja zona	102
9.6. Armaturni nacrt krovne ploče, pozicija 200, gornja zona.....	102
9.7. Armaturni nacrt okvira u podrumu	102
9.8. Armaturni nacrt karakterističnog zida	102
10 LITERATURA	103

1 TEHNIČKI OPIS PRORAČUNA KONSTRUKCIJE

1.1. Općenito (projektni zadatak)

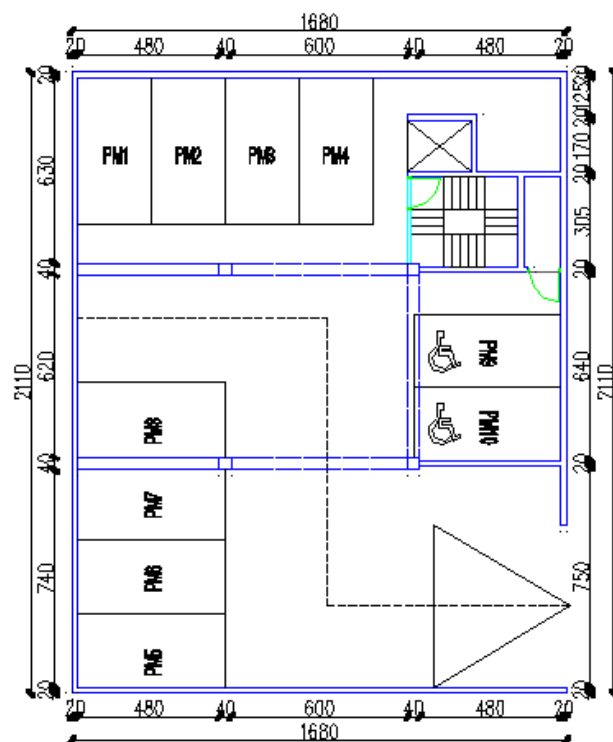
Zadatak ovog diplomskog rada je izrada projekta nosive konstrukcije armiranobetonske zgrade. Građevina se sastoji od 5 nadzemnih etaža s visinom katova 3,15 m, te podzemnom garažom visine 3,20 m. Tlocrtna bruto površina etaže je 355 m², tlocrtnih dimenzija gabarita 16,80 x 21,10 (m), dok je ukupna visina 17,05 m.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski stupovi i armirano-betonski zidovi. Međukatnu nosivu konstrukciju čine grede i armirano-betonske ploče. Vertikalna komunikacija je ostvarena s dva dvokraka stubišta (glavno i servisno) i liftom. Izvodi se od betona klase C30/37 i armira armaturnim mrežama B500B.

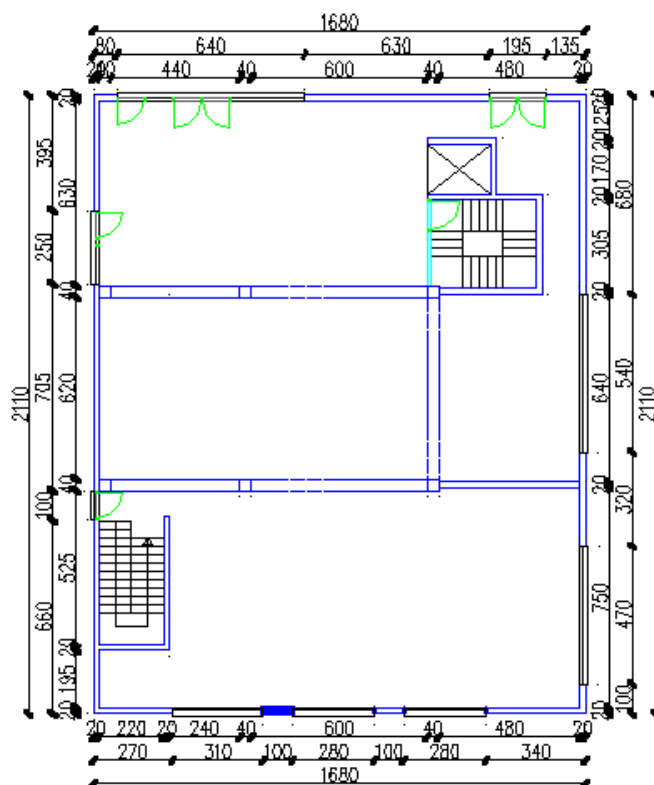
Građevina se nalazi u IX. potresnoj zoni (moguće ubrzanje tla je 0.221g prema seizmičkoj karti Hrvatske, tj. u kojoj se za povratni period od 475 godina očekuje pojava potresa IX° MCS skale), III. području opterećenja vjetrom (osnovna brzina vjetra je 35 m/s) i području C opterećenja snijegom (opterećenje iznosi 0.36 kN/m²).

U konstrukciji horizontalne (seizmičke, sile od vjetra) sile preuzimaju zidovi. Za prilaz na etaže služe unutarnja ab stubišta, debljine nosive ploče $d=15.0$ cm.

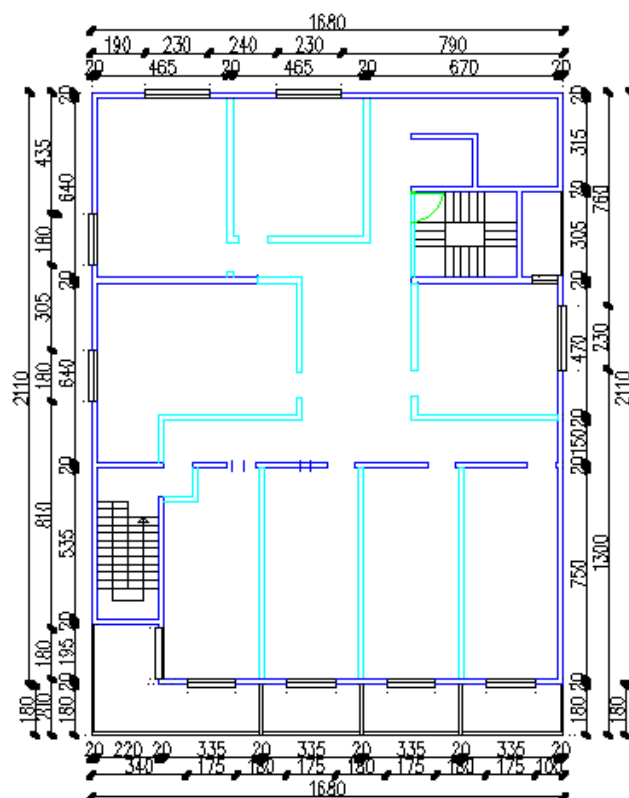
U proračunu su dane osnovne dimenzije i armatura za pojedine konstruktivne elemente. Elementi koji nisu računati armiraju se konstruktivno ($\geq 0.1\%$ površine betonskog presjeka).



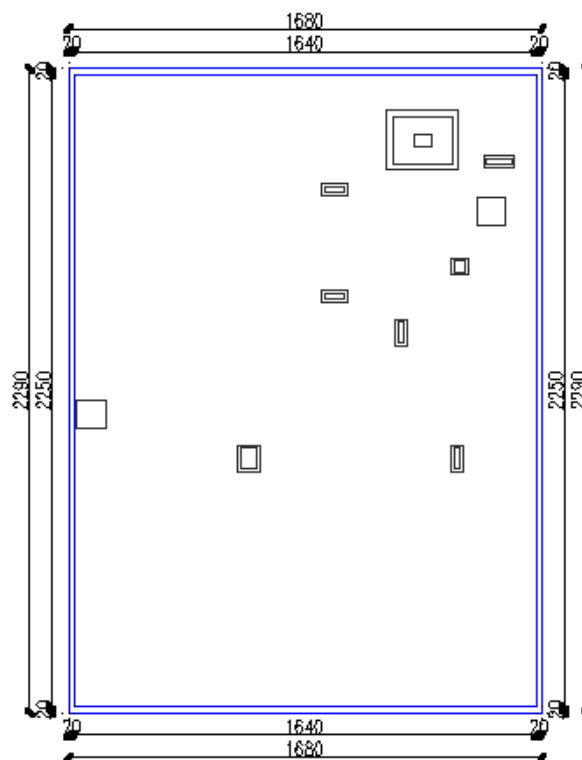
Slika 1.3. Tlocrt podruma (građe)



Slika 1.4. Tlocrt prizemlja



Slika 1.5. Tlocrt ostalih etaža (4 kata)



Slika 1.6. Tlocrt krovšta

Kolni prilaz na građevinsku parcelu je s istočne strane, rampa za ulaz u garažu nalazi se također sa istočne strane objekta. Ulaz u objekt se nalazi sa sjeverne strane, dok je s zapadne strane predviđen ulaz za osoblje hotela.

Okolni teren zgrade prikladno će se hortikulturalno urediti. Svi infrastrukturni priključci izvest će se prema posebnim zahtjevima komunalnih i javnih poduzeća ili stručnih službi grada i županije.

1.3. Opis nosive konstrukcije

1.3.1. Temelji

Računska granična nosivost tla iznosi $\sigma_{R,d}=0,5$ MPa, što je nakon iskopa temelja potrebno utvrditi ispitivanjem. Zbog veće količine podzemnih voda koje protječu u blizini zgrade za vrijeme kišnih perioda, predviđena je temeljna ploča debljine 60 cm. Beton C30/37 $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm armiran s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 5 cm.

1.3.2. Zidovi

Svi zidovi su izvedeni od betona C30/37 i armirani s B-500B, sa potrebnim hidro-termičkim slojevima, debljine 20 cm. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm. Točan položaj betonskih zidova dan je u prilogima. Sve ostale vertikalne pregrade izvedene su kao lagane pregrade, zidane porobetonским blokovima (npr. Ytong) ili šupljom opekom i nisu tretirane ovim proračunom, osim kao dodatno opterećenje na pločama.

1.3.3. Stupovi

Stupovi su kvadratnog poprečnog presjeka. Stupovi se izvode iz betona klase C30/37 i armiraju armaturnim šipkama B500B.

1.3.4. Međukatne konstrukcije

Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirane betonske ploče. Sve AB nosive ploče su debljine 25 cm. Izvode se iz betona klase C30/37 i armiraju armaturnim mrežama B500B.

Betonska ploča izvodi se lijevanjem na licu mjesta u oplati. U proračunu su dane osnovne dimenzije i količine armature za pojedine konstruktivne elemente uglavnom kroz skice armature.

1.4. Osnovna djelovanja i kombinacije

1.4.1. Osnovna djelovanja

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

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
G	Stalno djelovanje. Vlastita težina AB elemenata nosive konstrukcije.
dG	Dodatno stalno djelovanje. Težina obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd.
Q1	Promjenjivo djelovanje: Stambeni prostori 2.00 kN/m ² Garaža 2.50 kN/m ²
Q2	Snijeg: područje opterećenja snijegom: C nadmorska visina: ≤ 100 m.n.m. karakteristična vrijednost snijega na tlu: s _k =0.45 kN/m ² opterećenje snijegom na krovu: $s=\mu_1 C_e C_{t,s_k}=0.8*1.0*1.0*0.50=$ s=0.36 kN/m ²
w	Vjetar: područje II. V _{ref,0} = 35 m/s koeficijent položaja (h=17,05(m), III. kategorija zemljišta): c _e (z) =3.14 poredbeni tlak: $q_{ref}=\rho_{zraka} * v_{ref}^2/2=1.25*(35^2)/2/1000=$ koeficijent vanjskog tlaka: c _{pe} ≅ 0.8 koeficijent unutarnjeg tlaka: c _{pi} ≅ 0.3 tlak vjetra na vanjske vertikalne površine: $w_e=q_{ref} * c_e(z) * c_{pe}$ tlak vjetra na unutarnje vertikalne površine: $w_i=q_{ref} * c_e(z) * c_{pi}$
S	Potres: seizmička zona: IX. računsko ubrzanje: a _g =0,221 m/s ² razred tla: A faktor ponašanja: q=2,25 faktor važnosti građevine: γ _I = 1.0

1.4.2. Osnovne kombinacije djelovanja

Granično stanje uporabljivosti

Oznaka kombinacije	Parcijalni faktor za opterećenje	Koristi se za:	Parcijalni faktor za materijale
GSU-1	osnovna kombinacija: $1.0(g+\Delta g)+1.0q$	proračun progiba i pukotina a-b ploča	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$

Granično stanje nosivosti

Oznaka kombinacije	Parcijalni faktor za opterećenje	Koristi se za:	Parcijalni faktor za materijale
GSN-1	osnovna kombinacija: $1.35(g+\Delta g)+1.5q$	proračun ploča, stupova i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$
GSN-2	potres: $1.0(g+\Delta g)+0.3q+1.0S$	proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu	beton: $\gamma_c=1.3$ čelik: $\gamma_s=1.0$
GSN-3	vjetar: $1.35(g+\Delta g)+1.5\cdot 0,6q+1.5w$	proračun zidova i stupova na djelovanje vjetra	beton: $\gamma_c=1.5$ čelik: $\gamma_s=1.15$

1.5. Konstruktivni materijali

1.5.1. Beton

Projekt betona za sve konstruktivne elemente, odnosno za sve betone, treba izraditi Izvoditelj i dostaviti ga na suglasnost Projektantu. Projekt betona treba izraditi stručna osoba, detaljno i sveobuhvatno.

U njemu treba precizno definirati za svaki element, odnosno za svaki različiti beton:

- fizikalno-mehanička svojstva (kakvoću)
- sastav (mješavinu)
- vodocementni faktor (konzistenciju)
- dodatke (superplastifikatori, ubrzivači, dodaci za prionjivost, dodaci za bubrenje i sl.)
- način proizvodnje, transporta i ugradnje
- način zbijanja (vibriranja)
- njegu
- obradu spojnica (nastavci betoniranja)
- posebne zahtjeve, specifičnosti i sl.

U nastavku će se dati okvirne smjernice i zahtjevi koje treba uvažiti projekt betona, odnosno koje treba poštivati Izvoditelj.

Ivice elemenata trebaju biti precizno izvedene, ravne i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke i ujednačene boje. Nije dopuštena pojava segregacije u betonu. U slučaju eventualne segregacije, nisu dopuštena "krpanja" cementnim mortom. Sanacije takvih ploha treba obaviti stručno, prema posebnim rješenjima. Voditi računa o adekvatnoj ugradnji i njezi betona.

Osobito treba voditi računa o adekvatnoj njezi betona prvih 2-3 dana da se ne pojave štetne pukotine od skupljanja. Nisu propisani posebni zahtjevi na otpornost betona na mraz i vodo/zrako-propusnost. Oni su posredno obuhvaćeni kroz zahtijevanu kakvoću (čvrstoću) betona. U načelu se koriste uobičajeni beton C 30/37. Za sve podbetone (podloge) koristi se beton C 12/15. Za betone C30/37 koristiti superplastifikatore.

(i) Zidovi, grede, ploče, stupovi

Za sve nove elemente predviđen je beton C 30/37, $\phi_{\text{agr}} \phi 32 \text{ mm}$

1.5.2. Betonski čelik

Kao armatura koristi se betonski čelik B500B (prema TPBK) za sve elemente, u obliku šipki ili mreža. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 3.0 – 5.0 cm.

Veličinu zaštitnog sloja osigurati dostatnim brojem kvalitetnih razmačnika (distancera). Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, te dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona presudni su za trajnost objekta. U potpunosti poštivati projektirani raspored i položaj armaturnih šipki, koje trebaju biti nepomične kod betoniranja. Sva uporabljena armatura treba imati odgovarajuće ateste o kakvoći.

1.6. Pravilnici i norme

Prilikom izrade predmetne projektne dokumentacije primijenjeni su sljedeći pravilnici i normativi:

- Zakon o prostornom uređenju i gradnji (N.N. 76/07)
- Tehnički propis za betonske konstrukcije (N.N. 101/05; 74/06; 85/06; 64/07)
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata (Sl. list 15/90)
- Zakon o zaštiti od požara (N.N. 58/93; 107/07)
- Zakon o zaštiti na radu (N.N. 59/96; 94/96; 114/03; 86/08)
- EN 1991 Eurokod 1 Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije
- EN 1992 Eurokod 2 Proračun betonskih konstrukcija
- EN 1998 Eurokod 8 Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje

Sva opterećenja uzeta prema:

- HRN ENV 1991-2-1 stalno i uporabno opterećenje
- HRN ENV 1991-2-4 opterećenje vjetrom
- HRN ENV 1998-1-1 potresno opterećenje

Svi ostali podaci i detalji relevantni za predmetni objekt dani su kroz projektna rješenja. Na osnovi ovog projekta potrebno je izraditi izvedbeni projekt sa svim relevantnim detaljima i dati ga na usvajanje projektantu ovog projekta. Također, za sve izmjene i dopune konzultirati projektanta.

1.7. Plan kontrole i osiguranja kvalitete

1.7.1. Opće napomene

Predmetni je projekt izrađen sukladno Zakonu o građenju (N.N. br. 173/03), kojim su propisana tehnička svojstva bitna za građevinu.

Sve radove trebaju obavljati za to stručno osposobljene osobe, uz stalni stručni nadzor. Prije prelaska na iduću fazu radova, nužno je odobrenje nadzornog inženjera. Za svako odstupanje od projekta, te u slučaju nepredviđenih okolnosti, potrebna je konzultacija Projektanta. Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kvalitete. Svi upotrijebljeni materijali i svi izvedeni radovi trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Za vrijeme izvođenja radova potrebna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor, te povremeni projektantski nadzor.

1.7.2. Betonski i armirano betonski radovi

1.8.2.1. Beton

Sve komponente betona (agregat, cement, voda, dodaci), te beton kao materijal, trebaju udovoljavati zahtjevima važećih normi, propisa i pravila struke. Izvoditelj je dužan izraditi projekt betona u skladu s projektom konstrukcije i dostaviti ga na suglasnost projektantu objekta.

Kontrola kvalitete betona sastoji se od kontrole proizvodnje i kontrole suglasnosti s uvjetima projekta konstrukcije i projekta betona.

Betonski radovi moraju se izvoditi prema projektu konstrukcije i projektu betona, a u svemu sukladno s: Tehnički propis za betonske konstrukcije, te svim pratećim normativima

Kod projektiranog betona u projektu mora biti specificiran razred tlačne čvrstoće (marka betona) i to kao karakteristična vrijednost 95%-tne vjerojatnosti s kriterijima sukladnosti prema normi HRN EN 206-1.

Sastavni materijali od kojih se beton proizvodi, ili koji mu se pri proizvodnji dodaju, moraju ispunjavati zahtjeve normi na koje upućuje norma HRN EN 206-1 i zahtjeve prema Tehničkom propisu za betonske konstrukcije.

Zahtjevi za isporuku betona i informacije proizvođača betona korisniku moraju sadržavati podatke prema normi HRN EN 206-1.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava svježeg betona provodi se prema normama niza HRN EN 12350, a ispitivanje svojstava očvrslulog betona prema normama niza HRN EN 12390.

Eventualna vremenski ubrzana proizvodnja betonskih elemenata, u cilju ubrzanja građenja, dopuštena je samo uz poseban projekt tehnologije izvođenja i dokaz zahtijevanih svojstava prethodnim ispitivanjima.

Za svako odstupanje od projekta, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti Projektanta i Investitora.

Nužna je njega ugrađenog betona da se ne pojave štetne pukotine, a u svemu prema projektu betona, važećim propisima i pravilima struke.

1.8.2.2. Betonski čelik

Betonski čelik treba udovoljavati zahtjevima važećih propisa. Za čelik za armiranje primjenjuju se norme:

- nHRN EN 10080-1 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
- nHRN EN 10080-2 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
- nHRN EN 10080-3 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
- nHRN EN 10080-4 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
- nHRN EN 10080-5 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
- nHRN EN 10080-6 Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za grede (prEN 10080-6:1999).

Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje provodi se prema odredbama Dodataka ZA norme nHRN EN 10080-1 i odredbama posebnog propisa.

Uzimanje uzoraka, priprema ispitnih uzoraka i ispitivanje svojstava čelika za armiranje odnosno čelika za prednapinjanje, provodi se prema normama nizova nHRN EN 10080, odnosno nHRN EN 10138, i prema normama niza HRN EN ISO 15630 i prema normi HRN EN 10002-1.

Preklopi se izvode prema odredbama priznatim tehničkim pravilima iz Priloga H Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, odnosno prema normi HRN ENV 1992-1-1:2004.

Sva armatura je iz čelika B 500B u obliku šipki ili mreža. Osobito poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

1.8.2.3. Prekidi betoniranja

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

1.7.3. Ostali radovi i materijali

Svi materijali i proizvodi koji se ugrađuju u objekt trebaju biti kvalitetni i trajni, uz zadovoljenje svih važećih normi, propisa i pravila struke. Za sve se upotrijebljene materijale provode tekuća i kontrolna ispitivanja, odnosno prilažu atesti isporučitelja. Izvedba svih radova treba biti ispravna, kvalitetna i pod stalnim stručnim nadzorom. Za svako odstupanje primijenjenog gradiva ili gotovog proizvoda od projekta, potrebna je suglasnost Projektanta i Investitora.

Za vrijeme izvođenja radova potreban je stalni tehnički nadzor. Preporuča se stalni kvalificirani nadzor građevinske struke koji će moći realizirati sve postavke iz ovog proračuna.

1.7.4. Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole

1.7.4.1 Norme za beton

HRN EN 206-1:2002	Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000)
HRN EN 206-1/A1:2004	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/A1:2004)
nHRN EN 206-1/A2	Beton – 1. dio: Specifikacija, svojstva, proizvodnja i sukladnost (EN 206-1:2000/prA2:2004)

1.7.4.2 Norme za beton – ostale norme

HRN EN 12350-1	Ispitivanje svježeg betona – 1. dio: Uzorkovanje
HRN EN 12350-2	Ispitivanje svježeg betona – 2. dio: Ispitivanje slijeganjem
HRN EN 12350-3	Ispitivanje svježeg betona – 3. dio: VeBe ispitivanje
HRN EN 12350-4	Ispitivanje svježeg betona – 4. dio: Stupanj zbijenosti
HRN EN 12350-5	Ispitivanje svježeg betona – 5. dio: Ispitivanje rasprostiranjem
HRN EN 12350-6	Ispitivanje svježeg betona – 6. dio: Gustoća
HRN EN 12350-7	Ispitivanje svježeg betona – 7. dio: Sadržaj pora – Tlačne metode
HRN EN 12390-1	Ispitivanje očvrstnalog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrstnalog betona – 2. dio: Izrada i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrstnalog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrstnalog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrstnalog betona – 7. dio: Gustoća očvrstnalog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrstnalog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCEN/TS 12390-9	Ispitivanje očvrstnalog betona – 9. dio: otpornost na smrzavanje ljuštenjem
ISO 2859-1	Plan uzorkovanja za atributni nadzor – 1. dio: Plan uzorkovanja indeksiran prihvatljivim nivoom kvalitete (AQL) za nadzor količine po količine
ISO 3951	Postupci uzorkovanja i karta nadzora s varijablama nesukladnosti
HRN U.M1.057	Granulometrijski sastav mješavina agregata za beton
HRN U.M1.016	Beton. Ispitivanje otpornosti na djelovanje mraza
HRN EN 480-11	Dodaci betonu, mortu i injekcijskim smjesama – Metode ispitivanja – 11. dio: Utvrđivanje karakteristika zračnih pora u očvrstlom betonu
HRN EN12504-1	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 1. dio: Izvađeni uzorci – Uzimanje, pregled i ispitivanje tlačne čvrstoće
HRN EN 12504-2	Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje veličine odskoka
HRN EN 12504-3	Ispitivanje betona u konstrukciji – 3. dio: Određivanje sile čupanja
HRN EN 12504-4	Ispitivanje betona u konstrukciji – 4. dio: Određivanje brzine ultrazvuka
prEN 13791:2003	Ocjena tlačne čvrstoće betona u konstrukcijama ili u konstrukcijskim elementima

1.7.4.3 Norme za čelik za armiranje – osnovne norme

nHRN EN 10080-1	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 1. dio: Opći zahtjevi (prEN 10080-1:1999)
nHRN EN 10080-2	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 2. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda A (prEN 10080-2:1999)
nHRN EN 10080-3	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 3. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda B (prEN 10080-3:1999)
nHRN EN 10080-4	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 4. dio: Tehnički uvjeti isporuke čelika razreda C (prEN 10080-4:1999)
nHRN EN 10080-5	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 5. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih armaturnih mreža (prEN 10080-5:1999)
nHRN EN 10080-6	Čelik za armiranje betona – Zavarljivi armaturni čelik – 6. dio: Tehnički uvjeti isporuke zavarenih rešetki za grede (prEN 10080-6:1999)

1.7.4.4 Norme za čelik za armiranje – ostale norme

HRN EN 10020	Definicije i razredba vrsta čelika
HRN EN 10025	Toplovaljani proizvodi od nelegiranih konstrukcijskih čelika – Tehnički uvjeti isporuke
HRN EN 10027-1	Sustavi označivanja čelika – 1. dio: Nazivi čelika, glavni simboli
HRN EN 10027-2	Sustavi označivanja čelika – 2. dio: Brojčani sustav
EN 10079	Definicije čeličnih proizvoda
HRN EN 10204	Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (uključuje dopunu A1:1995)
prEN ISO 17660	Zavarivanje čelika za armiranje
HRN EN 287-1	Provjera osposobljenosti zavarivača – Zavarivanje taljenjem – 1. dio: Čelici
HRN EN 719	Koordinacija zavarivanja – Zadaci i odgovornosti
HRN EN 729-3	Zahtjevi za kakvoću zavarivanja – Zavarivanje taljenjem metalnih materijala – 3. dio: Standardni zahtjevi za kakvoću
HRN EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci – Nomenklatura postupaka i referentni brojevi
HRN EN ISO 377	Čelik i čelični proizvodi – Položaj i priprema uzoraka i ispitnih uzoraka za mehanička ispitivanja
HRN EN 10002-1	Metalni materijali – Vlačni pokus – 1. dio: Metoda ispitivanja (pri sobnoj temperaturi)
HRN EN ISO 15630-1	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 1. dio: Armaturne šipke i žice
HRN EN ISO 15630-2	Čelik za armiranje i prednapinjanje betona – Ispitne metode – 2. dio: Zavarene mreže

1.7.4.5 Ostale norme

ENV 1992-1-1	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1. dio: Opća pravila i pravila za zgrade
ENV 1992-1-2	Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-2 dio: Opća pravila – Projektiranje konstrukcije na požar

Ovlaštene organizacije i institucije za atestiranje su na listi u Glasniku Zavoda kojeg izdaje Državni zavod za normizaciju i graditeljstvo.

Izvoditelj je dužan osiguravati dokaze o kvaliteti radova i ugrađenih proizvoda i opreme prema Zakonu i prema zahtjevima iz projekta (članak 20. Zakona o prostornom uređenju i gradnji NN. 76/07), te u tom smislu mora čuvati dokumentaciju o ispitivanju ugrađenog materijala, proizvoda i opreme prema programu ispitivanja iz glavnog projekta.

Nadzorni inženjer dužan je voditi računa da je kvaliteta radova, ugrađenih proizvoda i opreme u skladu sa zahtjevima projekta te da je kvaliteta dokazana propisanim ispitivanjima i dokumentima (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji). Nadzorni inženjer dužan je da za tehnički pregled priredi završno izvješće o izvedbi građevine (članak 185. Zakona o prostornom uređenju i gradnji).

1.8. Posebni tehnički uvjeti

1.8.1. Oplate i skele

Skele i oplate moraju imati takvu sigurnost i krutost da bez slijeganja i štetnih deformacija mogu primiti opterećenja i utjecaje koji nastaju tijekom izvedbe radova. Skela i oplata moraju biti izvedeni tako da se osigurava puna sigurnost radnika i sredstava rada kao i sigurnost prolaznika, prometa, susjednih objekata i okoline uopće.

Materijali za izradu skela i oplata moraju biti propisane kvalitete. Nadzorni inženjer treba odobriti oplatu prije početka betoniranja. Kod izrade projekta oplate mora se uzeti u obzir kompaktiranje pomoću vibratora na oplati tamo gdje je to potrebno. Oplata mora sadržavati sve otvore i detalje prikazane u nacrtima, odnosno tražene od nadzornog inženjera.

Oplata odnosno skela treba osigurati da se beton ne onečisti. Obje moraju biti dovoljno čvrste i krute da odole pritiscima kod ugradnje i vibriranja i da spriječe ispupčenja. Nadzorni inženjer će, tamo gdje mu se čini potrebno, tražiti proračunski dokaz stabilnosti i progibanja. Nadvišenja oplata dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodotijesna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplata rabe metalne šipke od kojih dio ostaje ugrađen u betonu, kraj stalno ugrađenog dijela ne smije biti bliži površini od 5 cm. Šupljina koja ostaje nakon uklanjanja šipke mora se dobro ispuniti, naročito ako se radi o plohamo koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplata ne smiju prolaziti kroz vanjske plohe gdje bi bile vidljive.

Radne reške moraju biti, gdje god je moguće, horizontalne ili vertikalne i moraju biti na istoj visini zadržavajući kontinuitet. Pristup oplati i skeli radi čišćenja, kontrole i preuzimanja, mora biti osiguran. Oplata mora biti tako izrađena, naročito za nosače i konstrukcije izložene proticanju vode, da se skidanje može obaviti lako i bez oštećenja rubova i površine.

Površina oplata mora biti očišćena od inkrustacija i sveg materijala koji bi mogao štetno djelovati na izložene vanjske plohe. Kad se oplata premazuje uljem, mora se spriječiti prljanje betona i armature. Oplata, ukoliko je drvena, mora prije betoniranja biti natopljena vodom na svim površinama koje će doći u dodir s betonom i zaštićena od prijanjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplata se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrstnuo. Svi popravci betona trebaju se izvršiti na predviđen način i to što je prije moguće. Oplata se mora skidati prema određenom redoslijedu, pažljivo i stručno, da se izbjegnu oštećenja. Moraju se poduzeti mjere predostrožnosti za slučaj neplaniranog kolapsa. Nadzorni inženjer će odrediti kad se mora, odnosno može, skidati oplata. Sve skele (za oplatu, pomoćne i fasadne) moraju se izvesti od zdravoga drva ili čeličnih cijevi potrebnih dimenzija.

Sve skele moraju biti stabilne, ukrućene dijagonalno u poprečnom i uzdužnom smislu, te solidno vezane sponama i kliještima. Mosnice i ograde trebaju biti također dovoljno ukrućene. Skelama treba dati nadvišenje koje se određuje iskustveno u ovisnosti o građevini ili proračunski.

Nadzorni inženjer mora zabraniti izradu i primjenu oplata i skela koje prema njegovom mišljenju ne bi mogle osigurati traženu kvalitetu lica gotovog betona ili su neprihvatljive kvalitete ili sigurnosti. Prijem gotove skele ili oplata vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplata i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplata i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

1.8.2. Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplata i armature te po odobrenju programa betoniranja od nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati prema unaprijed izrađenom programu i izabranom sistemu. Vrijeme transporta i drugih

manipulacija sa svježim betonom ne smije biti duže od onog koje je utvrđeno u toku prethodnih ispitivanja (promjena konzistencije s vremenom pri raznim temperaturama). Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju smjese betona. U slučaju transporta betona auto-miješalicama, poslije pražnjenja auto-miješalice treba oprati bubanj, a prije punjenja treba provjeriti je li ispražnjena sva voda iz bubnja. Zabranjeno je korigiranje sadržaja vode u gotovom svježem betonu bez prisustva tehnologa za beton. Dozvoljena visina slobodnog pada betona je 1,0 m. Nije dozvoljeno transportiranje betona po kosinama. Sloj betona koji se ugrađuje mora vibriranjem biti dobro spojen s prethodnim donjim slojem betona. Ako dođe do prekida betoniranja, prije nastavka betoniranja površina donjeg sloja betona mora biti dobro očišćena ispuhivanjem i ispiranjem. Beton treba ubaciti što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Smije se vibrirati samo oplatom ukliješten beton. Nije dozvoljeno transportiranje betona pomoću pervibratora.

Ugrađeni beton ne smije imati temperaturu veću od 45 °C u periodu od 3 dana nakon ugradnje.

1.8.3. Betoniranje pri visokim temperaturama

Za vrijeme visokih dnevnih temperatura (oko 30 °C), kada postoje poteškoće s održavanjem dozvoljene temperature svježeg betona, početak radova na betoniranju treba pomaknuti prema hladnijem dijelu dana (noć, jutro). Vrijeme od spravljanja betona do ugradnje treba biti što kraće, kako bi se izbjegli problemi pri pražnjenju transportnih sredstava i ugradnji zbog smanjenja obradivosti. U uvjetima vrućeg vremena najpogodnije je njegovanje vodom. Njegovanje treba početi čim beton počne očvršćivati. Ako je intenzitet isparavanja blizu kritične granice, površina se može finim raspršivanjem vode održavati vlažnom, bez opasnosti od ispiranja. Ukoliko se u svježem betonu pojave pukotine, treba ih zatvoriti revibriranjem. Voda koja se upotrebljava za njegovanje ne smije biti mnogo hladnija od betona, kako razlike između temperature betona na površini i unutar jezgre ne bi prouzročile pojavu pukotina. Stoga je efikasan način njegovanja pokrivanje betona materijalima koji vodu upijaju i zadržavaju (juta, spužvasti materijal i sl.) te dodatno prekrivanje plastičnom folijom. Prekrivanje povoljno djeluje i na utjecaj razlika temperatura noć – dan.

1.8.4. Betoniranje pri niskim temperaturama

Betoniranje pri temperaturama nižim od +5 °C moguće je uz pridržavanje mjera za zimsko betoniranje. Da bi se omogućio normalni tok procesa stvrdnjavanja i spriječilo smrzavanje, odmah poslije ugradnje, beton se toplinski zaštićuje prekrivanjem otvorenih površina izolacijskim materijalima i izolacijom čeličnih oplata. Toplinska izolacija betona mora biti takva da osigura postizanje najmanje 50 % projektirane čvrstoće na pritisak prije nego što beton bude izložen

djelovanju mraza. Pri temperaturama zraka nižim od +5 °C, temperatura svježeg betona mjeri se najmanje jedanput u toku 2h.

1.9. Obaveze izvođača

Izvođač je dužan na svoj trošak otkloniti sve nedostatke koji se ukažu u dogovorenom roku.

Investitor može priznati samo količine materijala koje su ugrađene.

Sav neispravan ili nepropisan materijal ne smije se ugrađivati i mora se ukloniti s gradilišta. Po završetku svih radova izvođenja, treba izvršiti tehnički pregled i sastaviti zapisnik o nedostacima. Garantni rok za ispravnost ugrađenih materijala i izvršenih radova regulira se ugovorom o izvođenju radova. Za vrijeme garantnog roka izvođač je dužan da na poziv investitora otkloni sve nedostatke koje se u toku garantnog roka pojave.

Izvođač ne smije vršiti bušenja armirano betonskih konstrukcija bez prethodnog odobrenja i uputa nadzornog organa, što treba unijeti u građevinski dnevnik.

Izvođač je dužan nabaviti sve ateste za sav ugrađeni materijal.

Izvođač radova je obavezan da korisniku preda upute za rukovanje ugrađenom opremom.

1.10. Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja

Građevina ne zahtijeva poseban tretman održavanja. Tehnološkim mjerama, koje su navedene u ovom projektu pokušalo se dobiti što kvalitetniju i trajniju konstrukciju. U tom smislu neophodno je poštovati mjere za postizanje kvalitete materijala i konstrukcija, kao i posebne tehničke uvjete. U cilju održavanja konstrukcije te povećanja njenog vijeka trajanja, potrebno je povremeno vršiti vizualne kontrole (najmanje jednom godišnje).

Posebnu pažnju obratiti na:

- pukotine u ab konstrukciji;
- veće deformacije (progibe) ab elemenata;
- moguće otpadanje dijelova konstrukcije (raspucavanje i otpadanje komada betona);
- koroziiju armature;
- raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata;

Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

Preduvjet za postizanje očekivanog vijeka trajanja je pravilno održavanje u skladu s prethodno navedenim zahtjevima te zakonima i pravilima struke.

2 ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1. Ploča krova – pozicija 600

a) *Stalno opterećenje:*

Uključeno je kroz numerički model.

b) *Dodatno stalno opterećenje:*

Tablica 2.1 Karakteristični iznosi opterećenja slojeva ploče:

	$d(\text{m})$	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$d \times \gamma$
Betonske ploče na plastičnim podlošcima	0.03	20,0	0,66
Hidroizolacija+parnabrana	0.01	18.0	0.18
Toplinska izolacija	0.08	3.0	0.24
Betonzapad	0.03	20.0	0.60
Gips kartonske ploče	0.015	12.0	0.18

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 1,86 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

c) *Pokretno opterećenje:*

$$q = 1.0 \text{ kN/m}^2$$

2.2. Međukatne ploče – pozicija 100, 200, 300, 400 i 500

a) *Stalno opterećenje:*

Uključeno je kroz numerički model.

b) *Dodatno stalno opterećenje:*

Tablica 2.2 Karakteristični iznosi opterećenja slojeva ploče:

	$d(m)$	$\gamma(kN/m^3)$	$d \times \gamma$
Završni sloj	0.01	23.0	0.23
AB estrih	0.05	20.0	1.00
Hidroizolacija+parna brana	0.001	2.40	0.024
Toplinska izolacija	0.01	0,42	0.05
Kamena vuna	0,05	5,50	0,055
Gips kartonske ploče	0.015	12.0	0.18

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 1,54 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

c) *Pokretno opterećenje:*

$q = 2.0 \text{ kN/m}^2$ - stambeni prostori

$q = 4.0 \text{ kN/m}^2$ - balkoni

2.3. Kolna ploča garaže –pozicija 000

a) *Stalno opterećenje:*

Uključeno je kroz numerički model.

b) *Dodatno stalno opterećenje:*

Tablica 2.5 Karakteristični iznosi opterećenja slojeva ploče:

	$d(m)$	$\gamma(kN/m^3)$	$d \times \gamma$
ABestrih	0.08	25.0	2.00
Hidroizolacija + parna brana	0.01	18.0	0.18

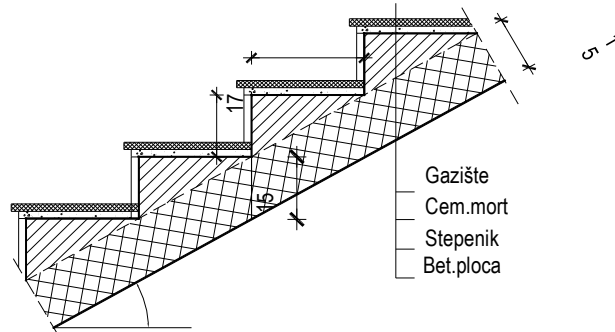
Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 2.18 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

c) *Pokretno opterećenje:*

$$q = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

2.4. Stubišta i podesti

a) *Stalno opterećenje:*



Slika 8.1. Presjek stubišta

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{\dot{s}} = \frac{17}{28} = 0,607$$

$$\alpha = 32.00^\circ$$

Tablica 2.6 Karakteristični iznosi opterećenja slojeva ploče:

	$d(\text{m})$	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$d \times \gamma$
Vlastita težina	0.15	25.0	3.75
Završna obrada gazišta	0.02	28.0	0.56
Cementni namaz	0.01	20.0	0.20
Stuba	0.08	24.0	1.92

Dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 6.43 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

b) *Pokretno opterećenje:*

$$q = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

2.5. Snijeg

Opterećenje snijegom na krovu:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

μ_i - koeficijent oblika za opterećenje snijegom

ravni krov - $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ $\mu_1 = \mu_2 = 0.8$

S_k - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u (kN/m²)

C_e - koef. Izloženosti $\Rightarrow C_e = 1.0$

C_t - toplinski koef. $\Rightarrow C_t = 1.0$



Slika 2.1. Karta područja opterećenja snijegom

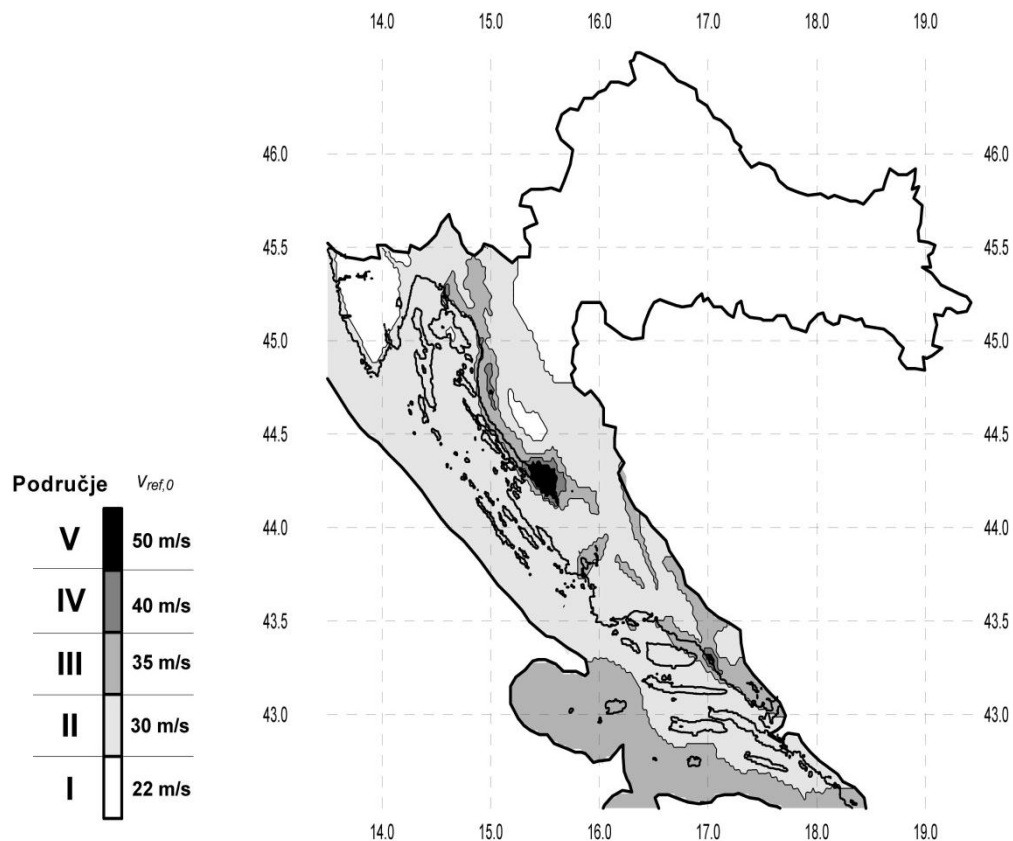
Split $\Rightarrow$ zona III (do 100 m. n. v.)

$$s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,45 = 0,36 \text{ kN/m}^2$$

2.6. Vjetar

Opterećenje vjetrom definirano je Eurokodom 1991-1-4 – Djelovanje vjetra (Eurocode 1: Actions on structures - General actions - Part 1-4: Wind actions).

Predmetna građevina se nalazi u Trogiru te je uglavnom zaštićena od djelovanja vjetra (ostale građevine je okružuju).

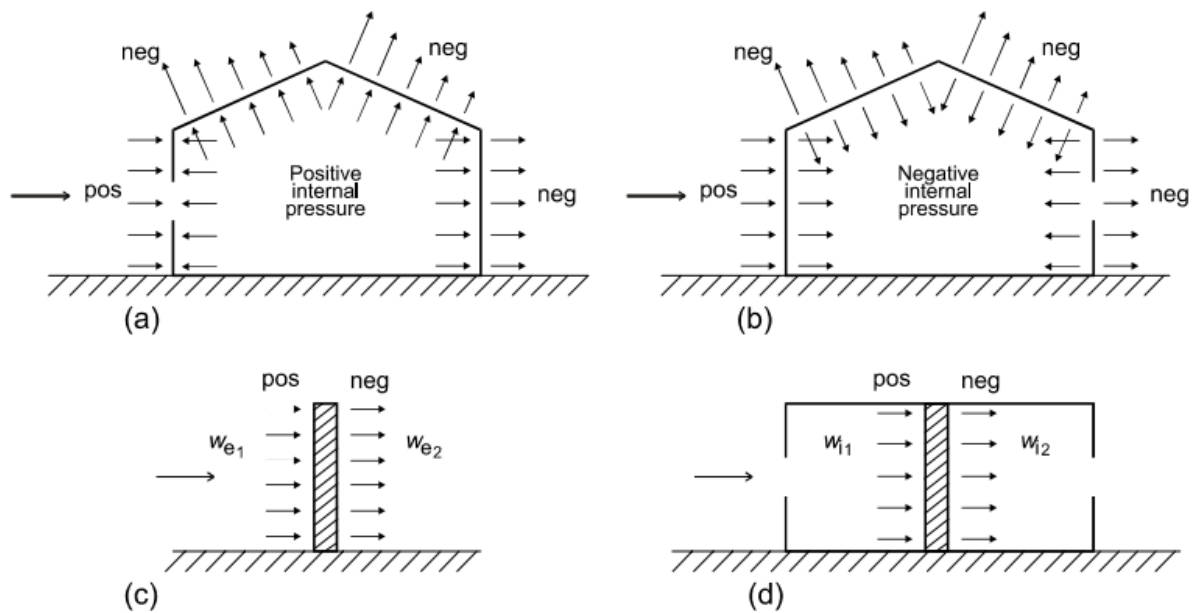


Slika 2.2. Karta područja opterećenja vjetrom

Prema navedenim normama, predmetna građevina je smještena u III. područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra:

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

$$v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.01 \cdot 35.0 = 35.35 \text{ m/s}$$



Slika 2.3. Sheme rasporeda untrašnjeg i vanjskog tlaka

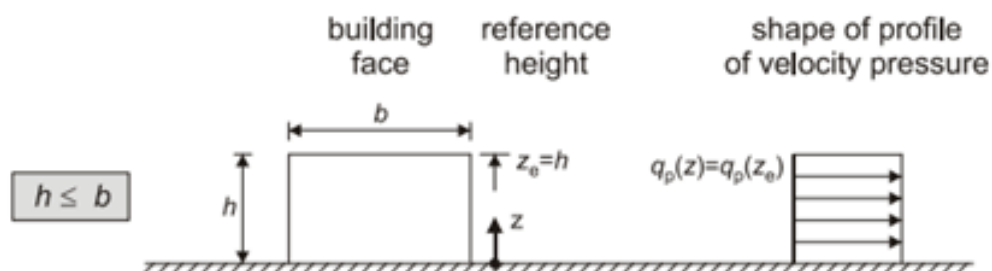
Tablica 2.7 Tablica za određivanje koef. K_r , z_0 , Z_{min} :

Kategorija terena	Opis	K_r	z_0 [m]	Z_{min} [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

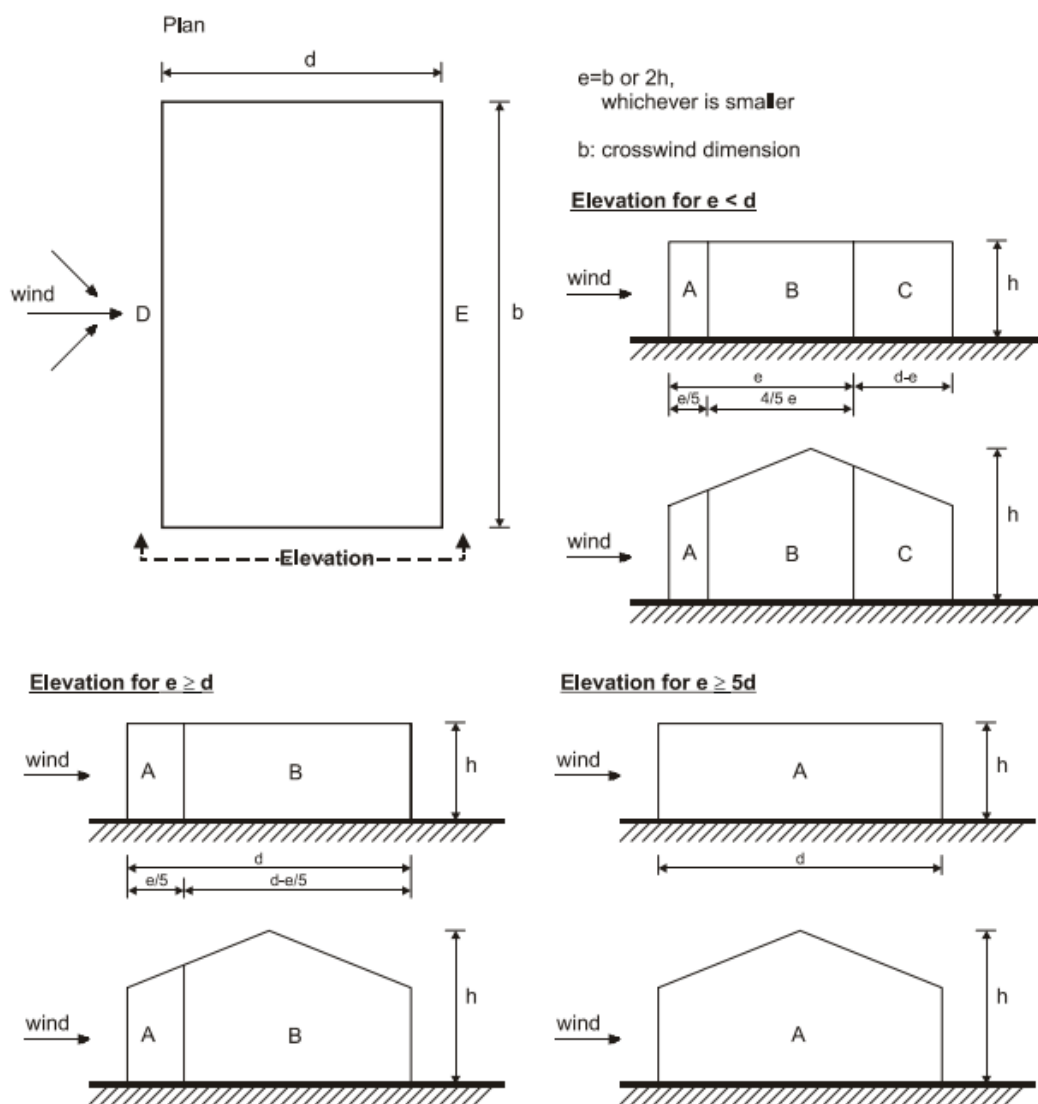
$$z_0 = 1.00 \text{ m}$$

$$K_r = 0.234$$

$$Z_{min} = 10 \text{ m}$$



Slika 2.4. Raspored opterećenja vjetrom s obzirom na odnos visine i širine površine na koju djeluje



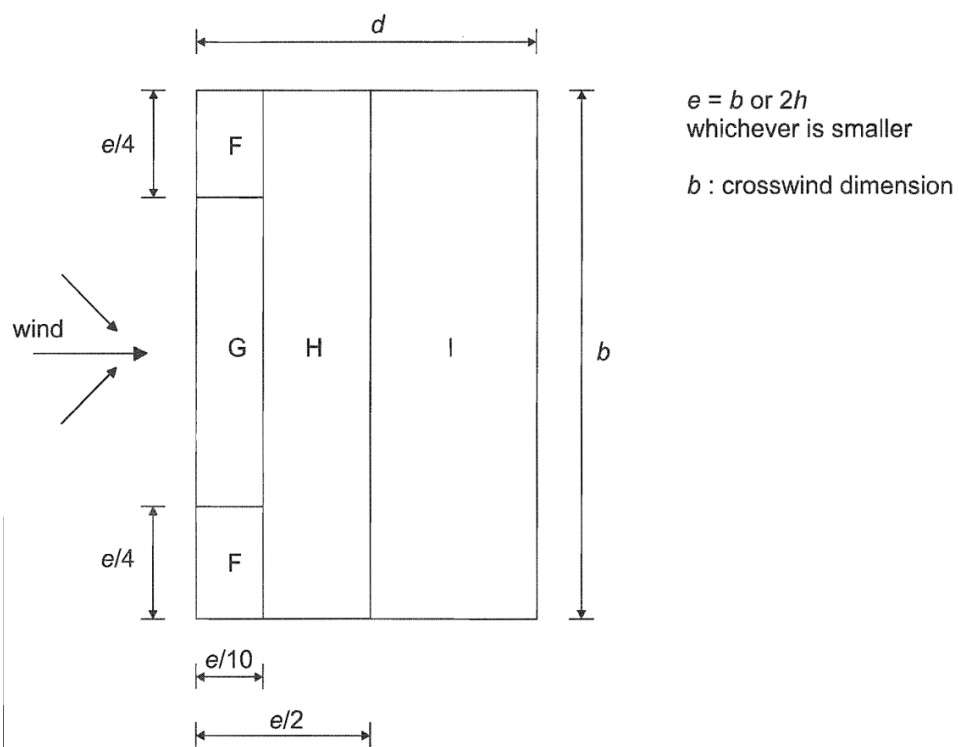
Slika 2.5. Područja djelovanja vanjskog tlaka za vertikalne zgrade s pravokutnim tlocrtom

Tablica 2.8 Koeficijenti vanjskog tlaka za vertikalne zidove zgrada s pravokutnim tlocrtom po područjima:

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

Koeficijent unutarnjeg tlaka: $c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe}$

Djelovanje vjetra na krov:



Slika 2.6. Područja djelovanja vanjskog tlaka na krov zgrade s pravokutnim tlocrtom

a) Vjetar smjer x:

Djelovanje vjetra na visini 17,05 m iznad tla:

$$c_r(z) = [k_r \cdot \ln(z/z_0)] = [0.234 \cdot \ln(17,05/1.0)] = 0.663$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v = 0.663 \cdot 1.0 \cdot 35.35 = 23,43 \text{ m/s}$$

$$l_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1.0 \cdot \ln(17,05/1.0)} = 0.352$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0.352] \cdot \frac{1.25}{2} \cdot 23,43^2 = 1.18 \text{ kN/m}^2$$

Tablica 2.9 Analiza sila vjetra – smjer x:

Područje	$q_p(z)$	C_e	$w_e[\text{kN/m}^2]$	C_i	$w_i[\text{kN/m}^2]$
A	1.18	-1.2	-1.24	0.75	0.93
B	1.18	-0.8	-0.82	0.75	0.62
C	1.18	-0.5	-0.51	0.75	0.39
D	1.18	0.8	0.82	0.75	0.62
E	1.18	-0.5	-0.51	0.75	0.39
za visinu Z = 17,05m					
F	1.18	-1.6	-1.65		
G	1.18	-1.1	-1.13		
H	1.18	-0.7	-0.72		
I	1.18	-0.2	-0.21		
Krov (Z = 17,05m)					

b) Vjetar smjer y:

Djelovanje vjetra na visini 17,05 m iznad tla:

$$c_r(z) = [k_r \cdot \ln(z/z_0)] = [0.234 \cdot \ln(17,05/1.0)] = 0.663$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v = 0.663 \cdot 1.0 \cdot 35.35 = 23,43 \text{ m/s}$$

$$l_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1.0 \cdot \ln(17,05/1.0)} = 0.352$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0.395] \cdot \frac{1.25}{2} \cdot 23,43^2 = 1.18 \text{ kN/m}^2$$

$$q_b = \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_b^2(z)$$

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

Tablica 2.10 Analiza sila vjetra – smjer y:

Područje	$q_p(z)$	C_e	w_e [kN/m ²]	C_i	w_i [kN/m ²]
A	1.18	-1.2	-1.24	0.75	0.93
B	1.18	-0.8	-0.82	0.75	0.62
D	1.18	0.8	0.82	0.75	0.62
E	1.18	-0.5	-0.51	0.75	0.39
za visinu Z = 17,05m					

2.7. Potres

Potresne sile proračunate su pojednostavljenim postupkom proračuna. Građevina je smještena u zoni za koju je usvojeno projektno ubrzanje tla je $a = 0.221g$.

Pretpostavlja se klasa ponašanja: DCM (medium ductility).

$$\alpha = a_g/g = 0.221$$

$$S = 1.00$$

$$\beta_0 = 2.5$$

$$T_B = 0.10$$

$$T_C = 0.40$$

$$T_D = 3.0$$

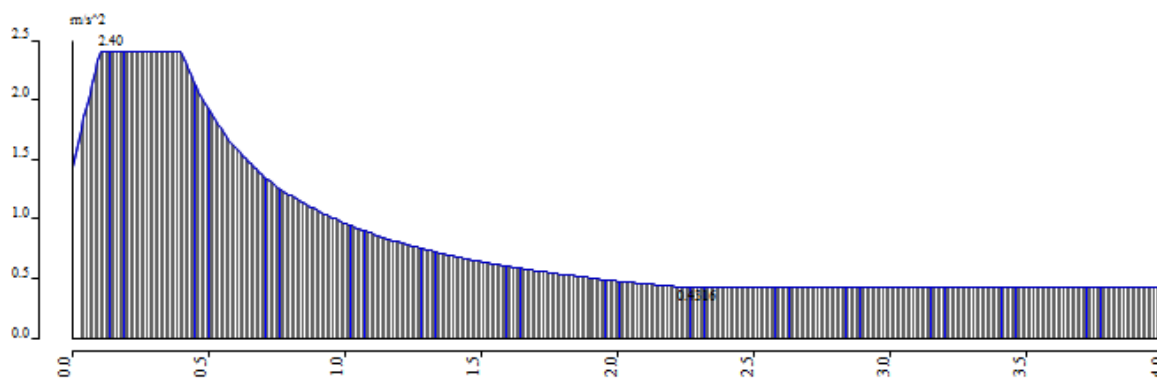
$$\text{Faktor ponašanja } q: q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 3.0 \cdot 0.75 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 2.25$$

q_0 - osnovna vrijednost faktora ponašanja; $q_0 = 3.0$

k_d - faktor klase duktilnosti; uzima se srednja klasa duktilnosti (M); $k_d = 0.75$

k_r - faktor pravilnosti konstrukcije; $k_r = 1.00$ - pravilna kons. ili 0.8 za nepravilnu kons.

k_w - faktor loma, $k_w = 1.0$ - okvirni sustav



Slika 2.7. Normirani računski spektar odgovora

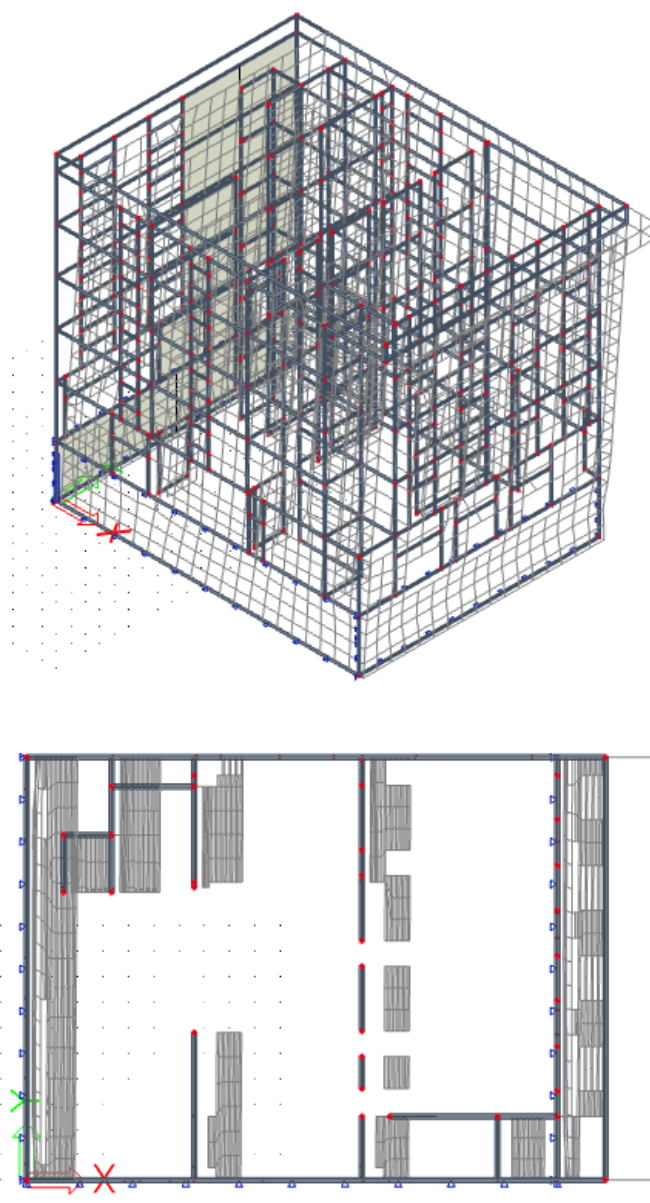
Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje) i 30% pokretnog opterećenja. Broj oblika (modova) osciliranja kojima je suma djelotvornih modalnih masa u X smjeru 99.03%, a u Y smjeru 99.72% ukupne mase konstrukcije, iznosi 10. Kako ukupna aktivacija mase u oba smjera mora biti preko 95% prema EC-8, potrebno je u kombinacijama faktorirati potresne sile.

Tablica 2.11 Aktivirana masa pri djelovanju potresa

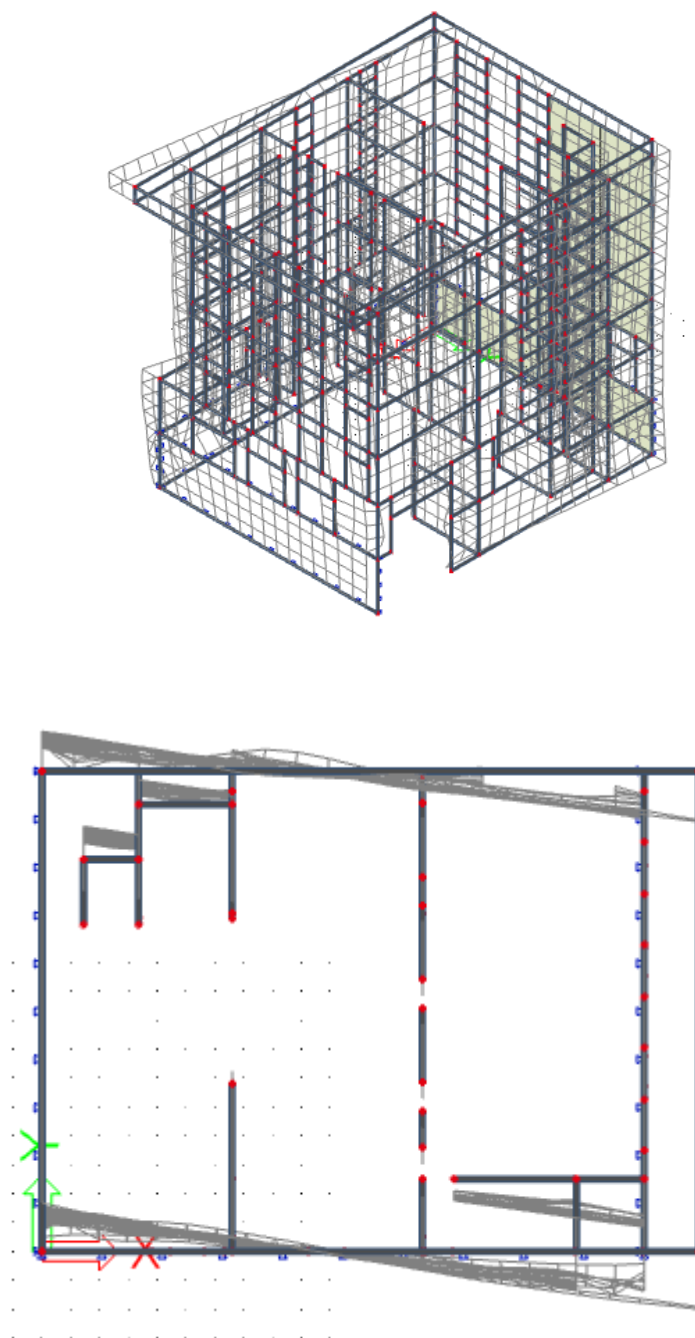
Modal participation factors

Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot R	Wyi_R / Wytot R	Wzi_R / Wztot R
1	13.6169	0.4614	2.1672	0.0000	0.7651	0.0000	0.2238	0.0000	0.0049
2	16.4389	0.3822	2.6163	0.7042	0.0000	0.0010	0.0001	0.2845	0.0009
3	19.0892	0.3291	3.0381	0.0002	0.0043	0.0001	0.0000	0.0010	0.9891
4	31.7347	0.1980	5.0507	0.0001	0.2232	0.0110	0.7551	0.0003	0.0000
5	35.4628	0.1772	5.6441	0.2541	0.0010	0.1283	0.0009	0.5872	0.0005
6	39.9932	0.1571	6.3651	0.0309	0.0023	0.8148	0.0079	0.1095	0.0000
7	69.3023	0.0907	11.0298	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	72.6113	0.0865	11.5565	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	75.2400	0.0835	11.9748	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
10	76.7585	0.0819	12.2165	0.0006	0.0012	0.0003	0.0013	0.0001	0.0002
				0.9903	0.9972	0.9556	0.9892	0.9827	0.9956

Na sljedećim grafičkim priložima prikazano je nekoliko karakterističnih vlastitih oblika (modova) nastalih uslijed djelovanja potresa.



Slika 2.8.. Prvi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju, $T = 0.4614$ s



Slika 2.9.. Drugi vlastiti vektor od djelovanja potresa na konstrukciju, $T = 0.3822$ s

3 NUMERIČKI MODEL

Numerički model je izrađen u računalnom program Scia Engineer 2018. Za potrebe proračuna izrađen je prostorni štapno-pločasti model prikazan u nastavku. Modelom su obuhvaćene sve grede, ploče, stupovi i armirano-betonski zidovi. Zidovi su armirano-betonski, debljine 20 cm, modelirani kao 2D elementi. Međukatne konstrukcije su pune armirano-betonske ploče debljine 25 cm, modelirane kao pločasti elementi. Grede imaju pravokutni poprečni presjek 40x40cm, dok su stupovi pravokutnog poprečnog presjeka 40x40cm. Stupovi su modelirani kao štapni elementi.

Model je opterećen stalnim opterećenjem (vlastita težina konstrukcije i nekonstruktivnih elemenata), te korisnim opterećenjem, pri čemu su sva opterećenja zadana kao raspodijeljena opterećenja po pločama. Korisno opterećenje je uvećano za 20%, jer nije vršeno postavljanje u najnepovoljnije položaje. Model je također opterećen silom vjetra, koja je simulirana površinskim opterećenjem.

Za potrebe analize na potres izvršena je višemodalna spektralna analiza na modelu. Proračun konstrukcije izvršen je metodom spektra odgovora.

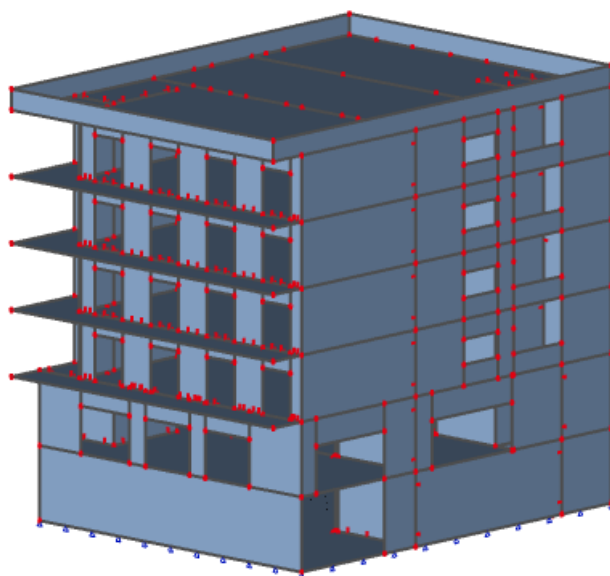
Rezultati numeričkog proračuna su prikazani za pojedinačne slučajeve opterećenja, kao i za računsko (granično, ultimativno) opterećenje. Uobičajena kombinacija opterećenja se dobiva kao kombinacija stalnog, pokretnog, opterećenja vjetrom i potresnog opterećenja, prema izrazima:

Za GSN:

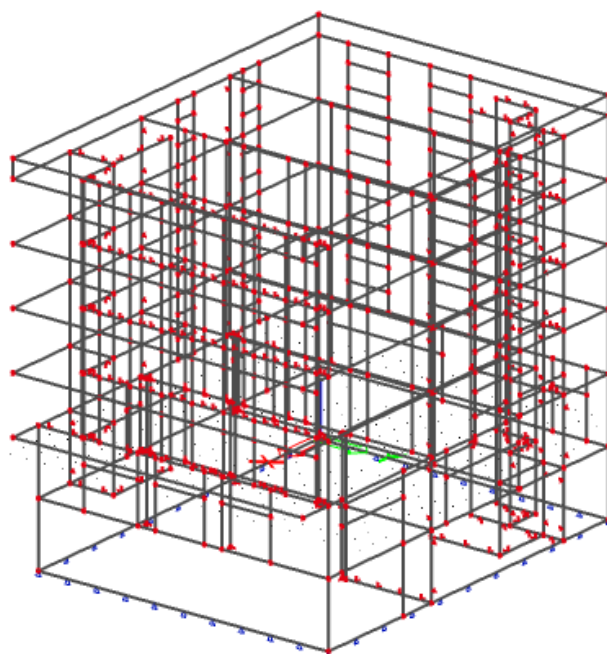
- a) $1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q$
- b) $1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot 0.6s$
- c) $1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot (0.6 \cdot w + 0.6 \cdot s)$
- d) $1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot w$
- e) $1.35 \cdot g + 1.5 \cdot w + 1.5 \cdot 0.6 \cdot q$
- f) $1.0 \cdot g + 0.3 \cdot q + 1.0S_x$
- g) $1.0 \cdot g + 0.3 \cdot q + 1.0S_y$

Za GSU:

a) $1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q$

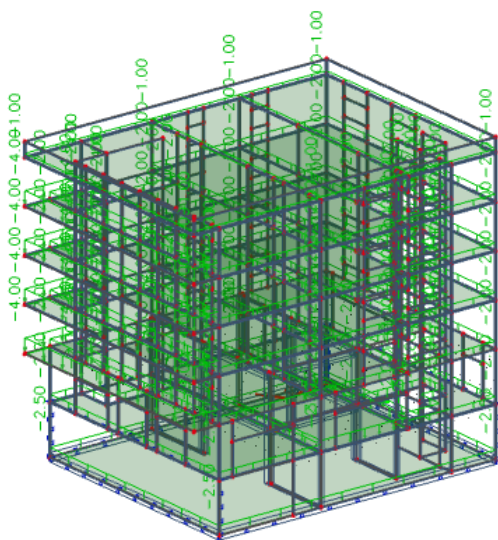


Slika 3.1. Renderirani prikaz modela zgrade-aksonometrija

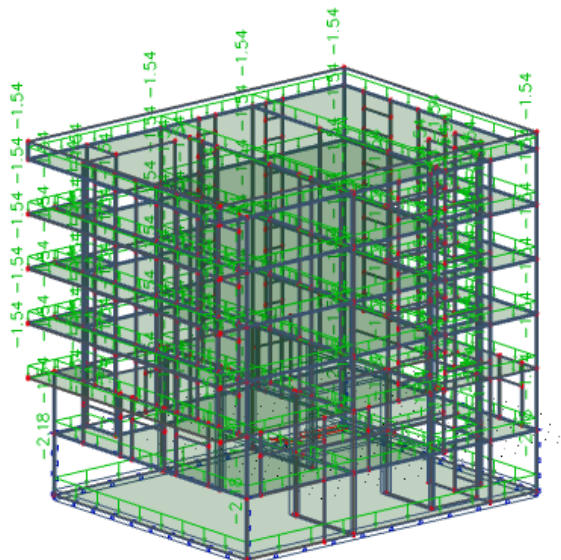


Slika 3.2. Model za proračun zgrade-aksonometrija

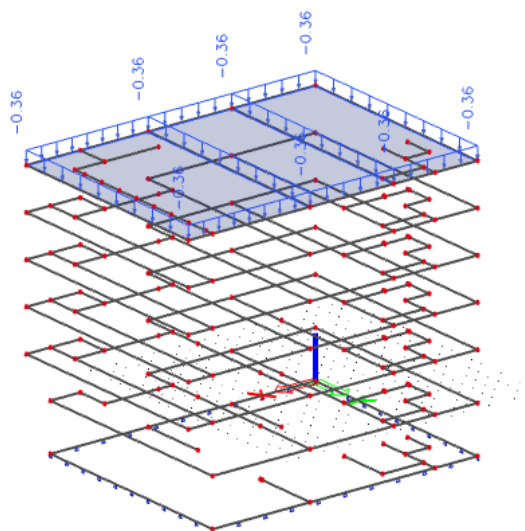
3.1. Izometrijski prikaz opterećenja



Slika 3.3. Promjenjivo opterećenje



Slika 3.4. Dodatno stalno opterećenje



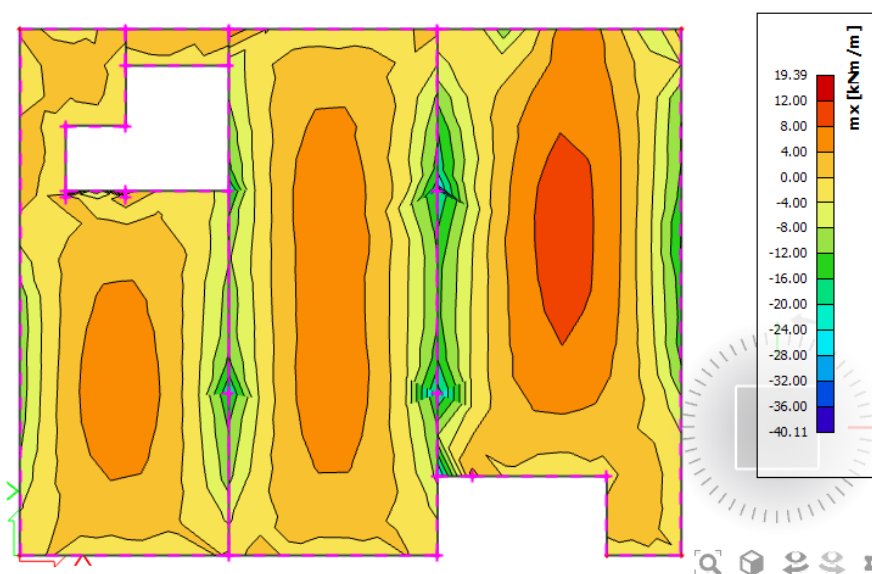
Slika 3.3. Opterećenje snijegom

4 DIMENZIONIRANJE HORIZONTALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

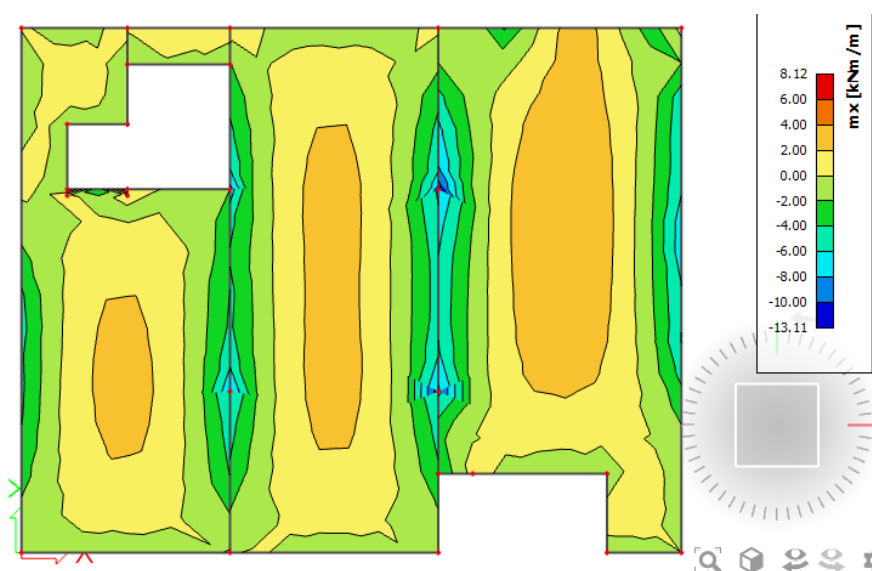
4.1. Proračun ploče prizemlja (pozicija 100)

4.1.1. Rezultati proračuna

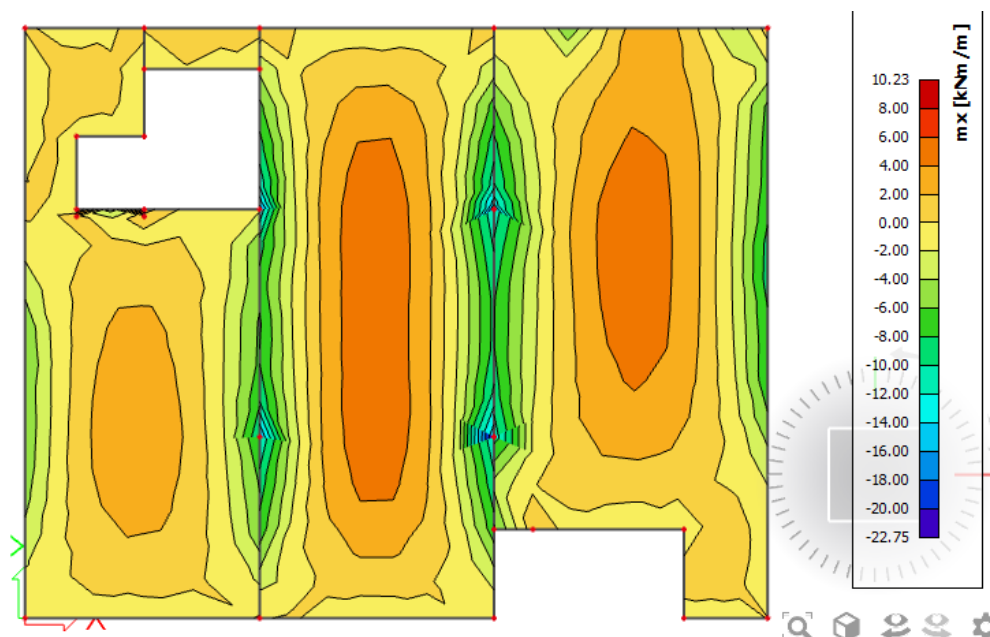
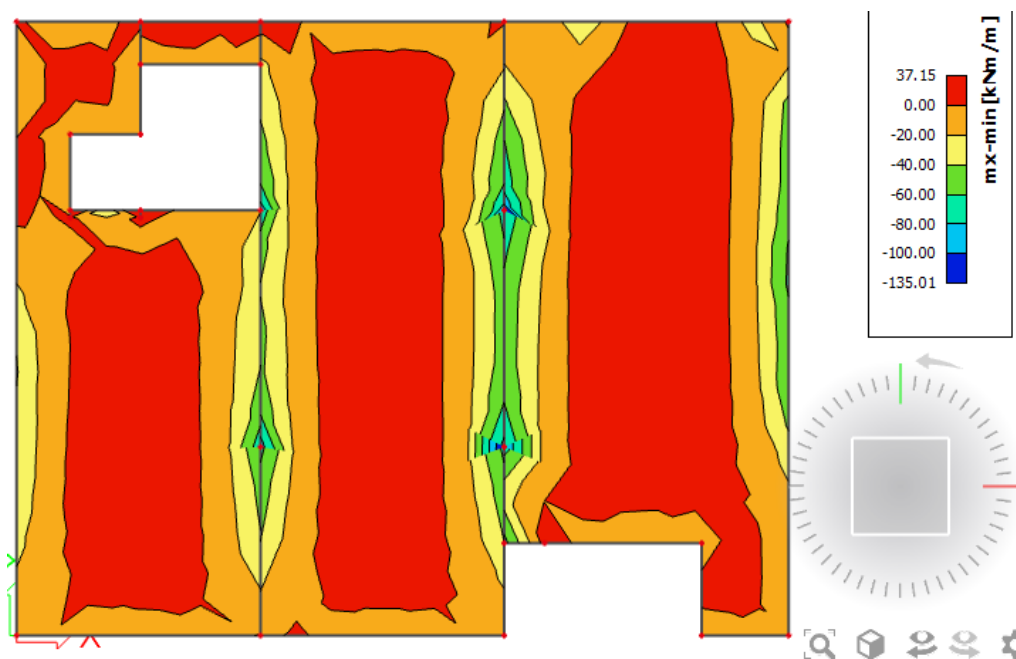
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije.

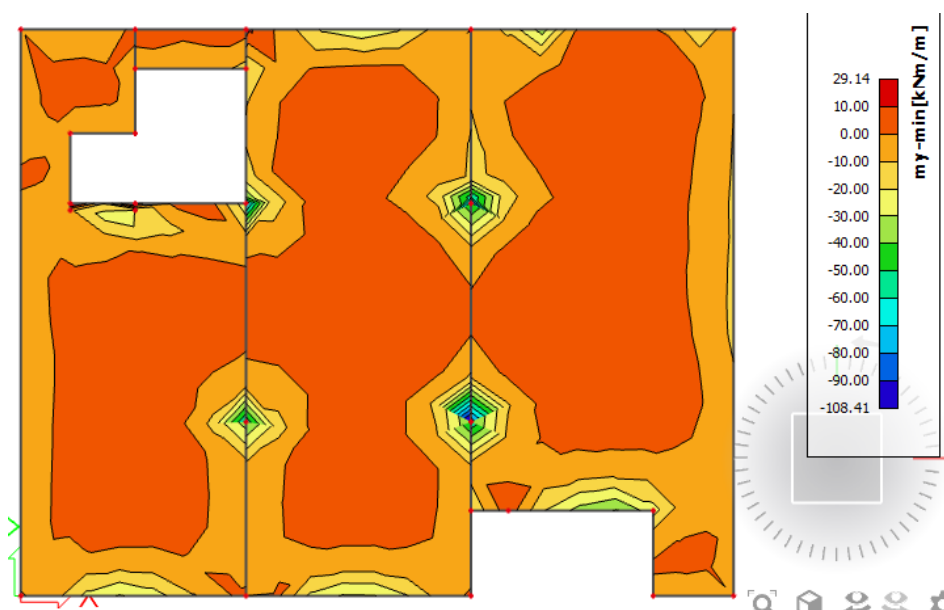


Slika 4.1. Maximalni moment savijanja M_x za opterećenje vlastitom težinom G_0 za ploču prizemlja

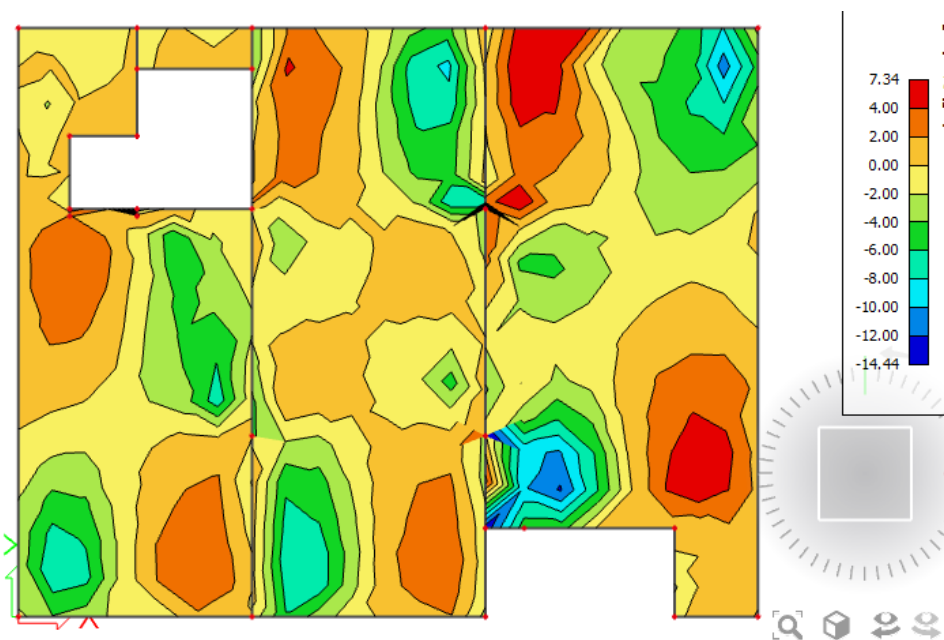


Slika 4.2. Maximalni moment savijanja M_x za dodatno stalno opterećenje G_1 za ploču prizemlja

Slika 4.3. Maximalni moment savijanja M_x za pokretno opterećenje Q za ploču prizemljaSlika 4.4. Maximalni moment savijanja M_x za kombinaciju $1,35G+1,5Q$ za ploču prizemlja



Slika 4.5. Maximalni moment savijanja M_y za kombinaciju 1,35G+1,5Q za ploču prizemlja



Slika 4.6. Moment savijanja M_{xy} za kombinaciju 1,35G+1,5Q za ploču prizemlja

4.1.2. Proračun ploča na savijanje

Beton C30/37

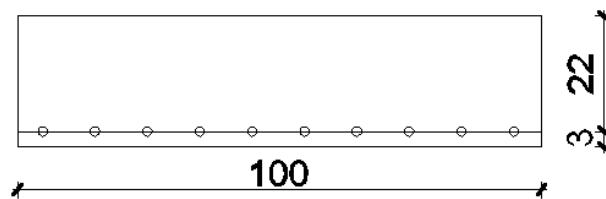
$$C30/37 \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 25 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 22 \text{ cm}$$



Slika 4.7. Skica armature ploče u polju

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

POLJE

$$M_{Ed} = 37,15 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3715}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,040$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{0}{00}, \varepsilon_{c2} = 1,1 \frac{0}{00}$$

$$\zeta = 0,965, \xi = 0,107$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3715}{0,965 \cdot 22 \cdot 43,48} = 4,21 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina armature: } A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 25 = 3,75 \text{ cm}^2$$

Odabrano: Q-524 ($A_{s1} = 5,24 \text{ cm}^2$)

LEŽAJ

$$M_{Ed} = 108,41 \text{ Nm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10841}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,157$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,3 \frac{o}{oo}$$

$$\zeta = 0,931, \xi = 0,18$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10841}{0,931 \cdot 22 \cdot 43,48} = 9,34 \text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%:}$$

$$A_{s1} = 7,47 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 25 = 3,75 \text{ cm}^2$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

4.1.3. Kontrola pukotina

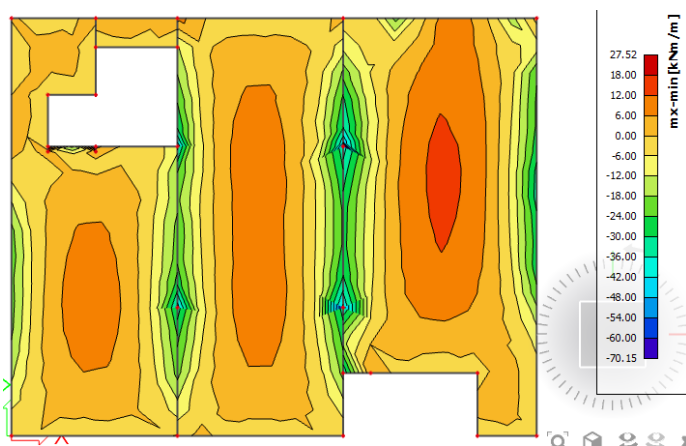
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$(e = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q).$$

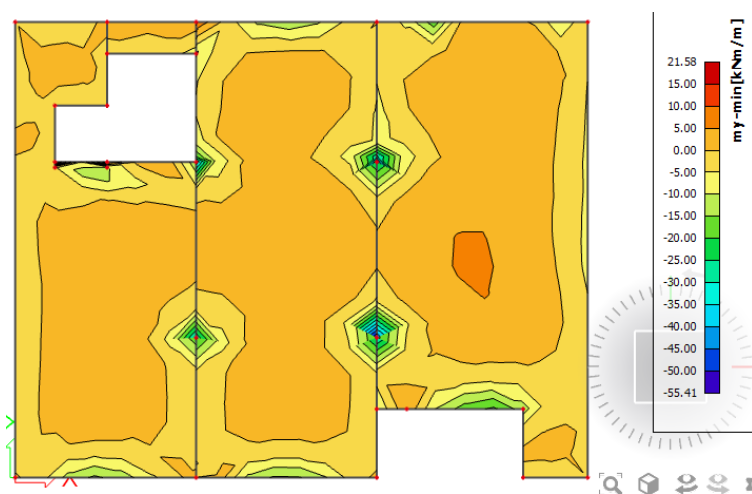
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0.3 \text{ mm}$ (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{sm}) \leq w_g$$



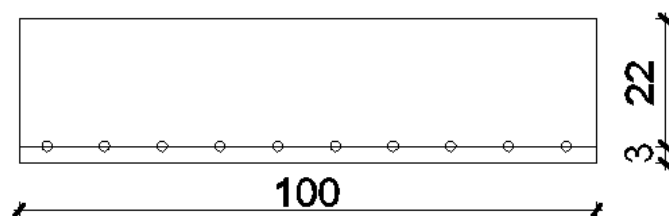
Slika 4.8. Maximalni moment savijanja Mx za kombinaciju 1,0G+1,0Q za ploču prizemlja



Slika 4.9. Moment savijanja My za kombinaciju 1,0G+1,0Q za ploču prizemlja

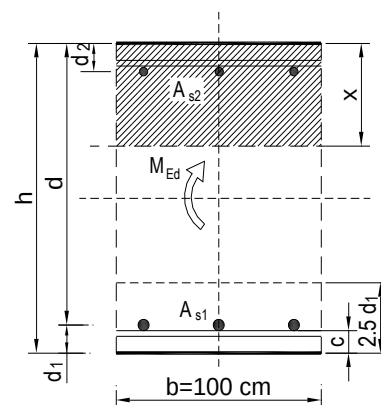
Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed}=27,52 \text{ kNm}$

Skica armature u polju:



Slika 4.10. Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m^2	$f_{ctm} =$	2.90 MN/m^2	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	5.24 cm^2	$A_{s2} =$	0.00 cm^2	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m^2	$E_{cm} =$	32.80 GN/m^2	$e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	27.5 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	251.86 MN/m^2				
$x =$	3.44 cm	$r_{p,eff} =$	0.0070		
$(e_{sm}-e_{cm}) =$	0.000395	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000756		
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	345.32 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm}-e_{cm}) =$	0.261 mm	$< w_g$			

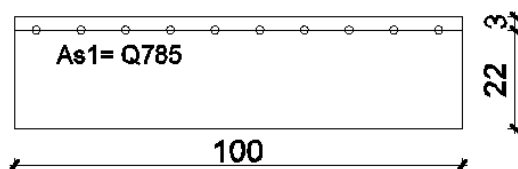


→ Pukotine zadovoljavaju!

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 70,15 \text{ kNm}$

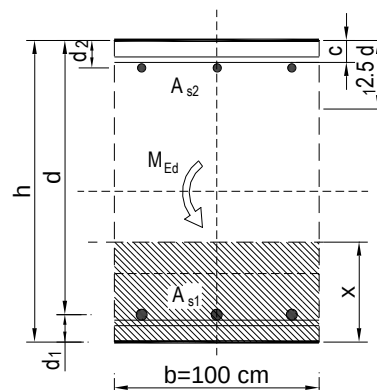
Armatura ploče gornja zona: **Q-785**

Skica armature na ležaju:



Slika 4.11. Skica armature ploče na ležaju

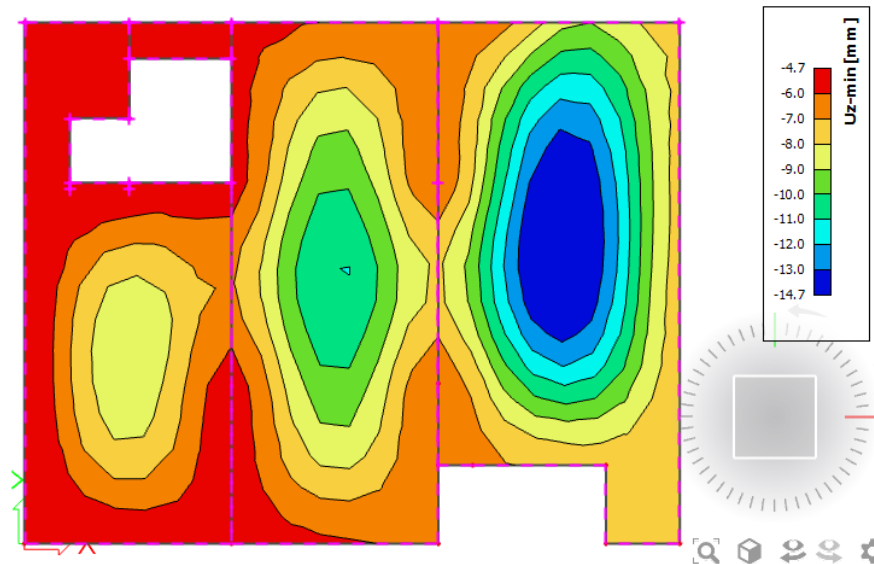
$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m ²	$f_{ctm} =$	2.90 MN/m ²	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	7.85 cm ²	$A_{s2} =$	0.00 cm ²	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m ²	$E_{cm} =$	32.80 GN/m ²	$e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	70.2 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	433.35 MN/m ²				
$x =$	4.14 cm	$r_{p,eff} =$	0.0105		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.001578	$>$	$0.6 \cdot s_s / E_s =$	0.001300	
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	264.42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.270 mm	$<$	w_g		



Pukotine zadovoljavaju!

4.1.4. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja ($q = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot p$).



Slika 4.12. Maximalni progib za kombinaciju 1,0G+1,0Q za ploču 1.kata

Granična vrijednost progiba ploče u polju: $f_{p,dop} = \frac{l_g}{400} = \frac{770}{400} = 1,925 \text{ cm}$

Granični progib:

$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$M_{Ed} = 27,50 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = 5,3$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1\beta) = 0.049$$

koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$l = 770 \text{ cm}$ raspon elementa

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

r_{tot} ukupna zakrivljenost elementa

r_m zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

r_{csm} zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}} \approx 32000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{32000} = 6,25 \quad \text{omjer modula elastičnosti čelika i betona}$$

$$I_I = I_p + \alpha_e \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \quad \text{moment tromosti za neraspucano stanje}$$

$$I_I = 66666 + 6,25 \cdot \left[5,24 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 + 0,00 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 \right] = 1540,44 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{27,50}{3200 \cdot 1540,44} = 0,00057 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = 3,48 \text{ cm} \quad \text{položaj neutralne osi}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \quad \text{moment tromosti za raspucalo stanje}$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 3,48^3}{12} + 100 \cdot 3,48 \cdot \left(\frac{3,48}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [5,24 \cdot (22 - 3,48)^2 + 0,00 \cdot (3,48 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 11935,16 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{27,50 \cdot 100}{3200 \cdot 11935,16} = 0,000061 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} \quad ; \quad f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot (30,0)^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = 0,29 \cdot \frac{100 \cdot 25^2}{6} = 3020,33 \text{ kNcm} = 30,20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{30,20}{\left(22 - \frac{3,48}{3}\right) \cdot 5,24} = 28,44 \frac{kN}{cm^2} = 284,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{sd}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{2750}{\left(22 - \frac{3,48}{3}\right) \cdot 5,24} = 25,90 \frac{kN}{cm^2} = 259,0 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00057 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,000061 \frac{1}{cm}$$

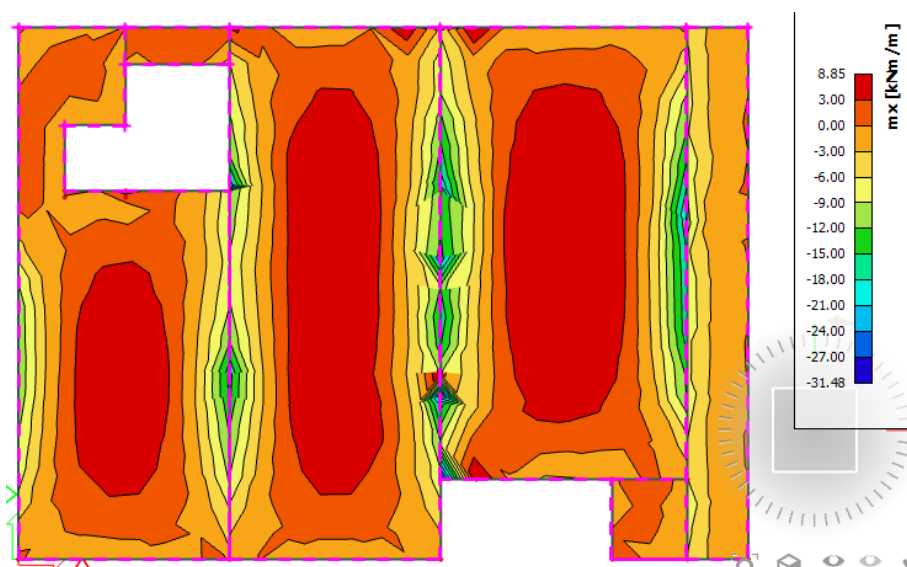
$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,049 \cdot 770^2 \cdot 0,000061 = 1,63 \text{ cm} < v_{lim} = 1,925 \text{ cm}$$

Odabrane dimezije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

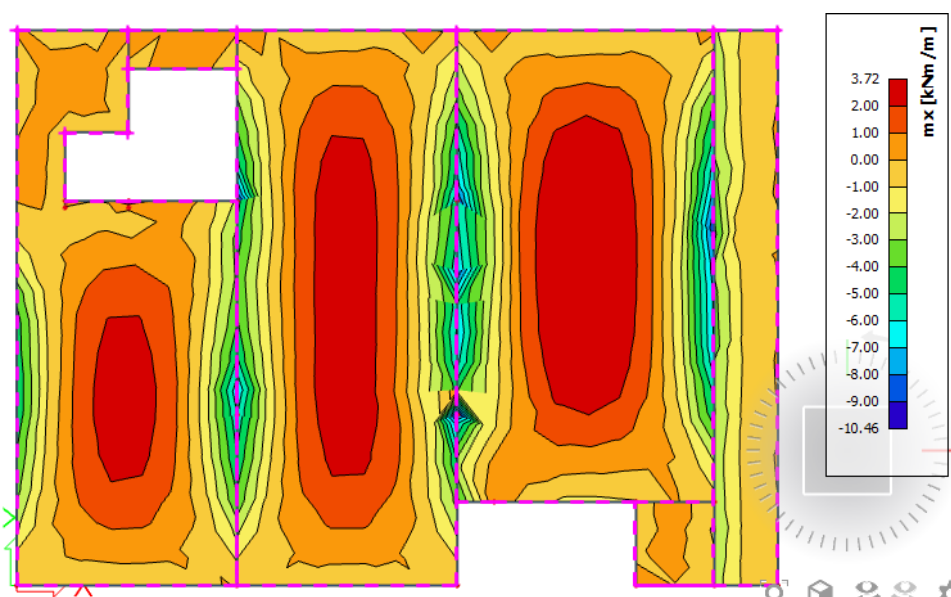
4.2. Proračun ploče krova te ploča stanova (pozicija 200, 300, 400, 500 i 600)

4.2.1. Rezultati proračuna

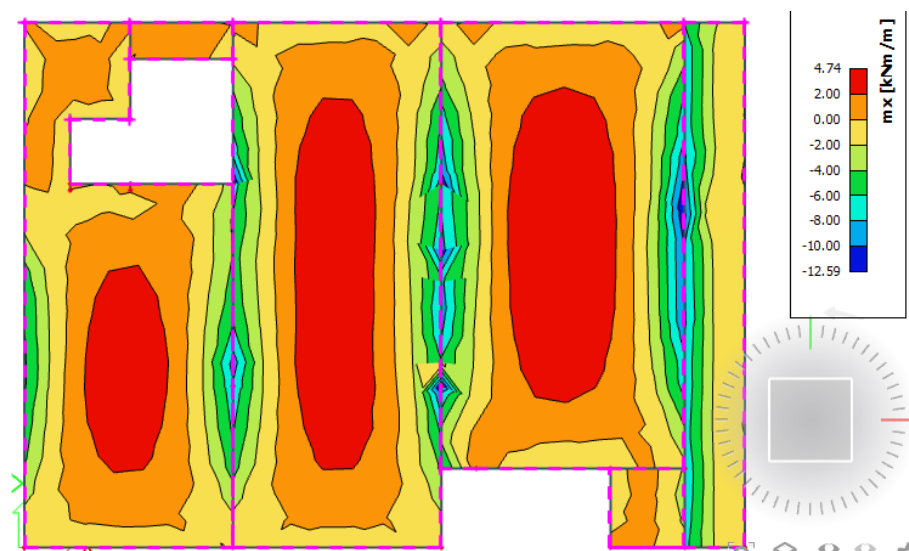
Proračun je proveden za više kombinacija, dok je prikazan samo rezultat kritične kombinacije.



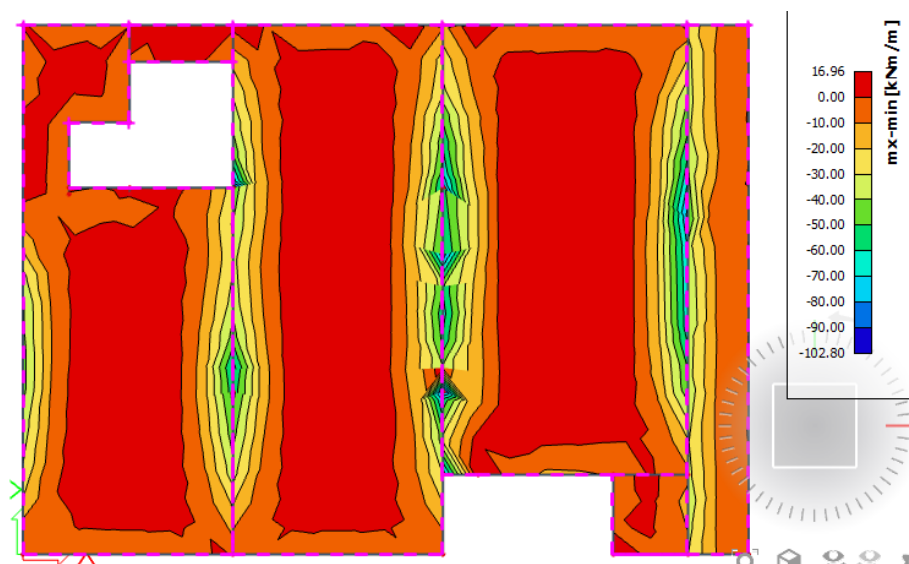
Slika 4.23. Maximalni moment savijanja M_x za opterećenje vlastitom težinom G_0 za ploču 2.kata



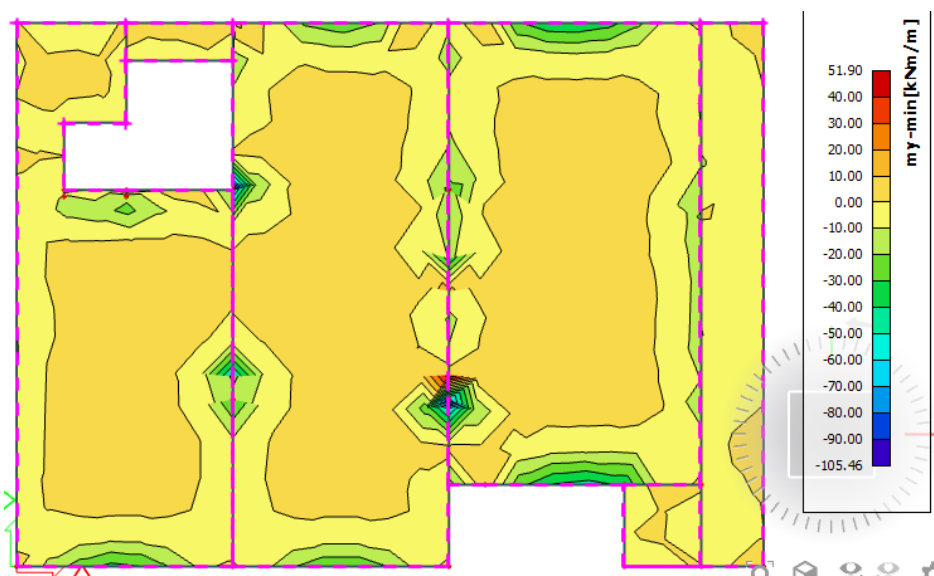
Slika 4.34. Maximalni moment savijanja M_x za dodatno stalno opterećenje G_1 za ploču 2.kata



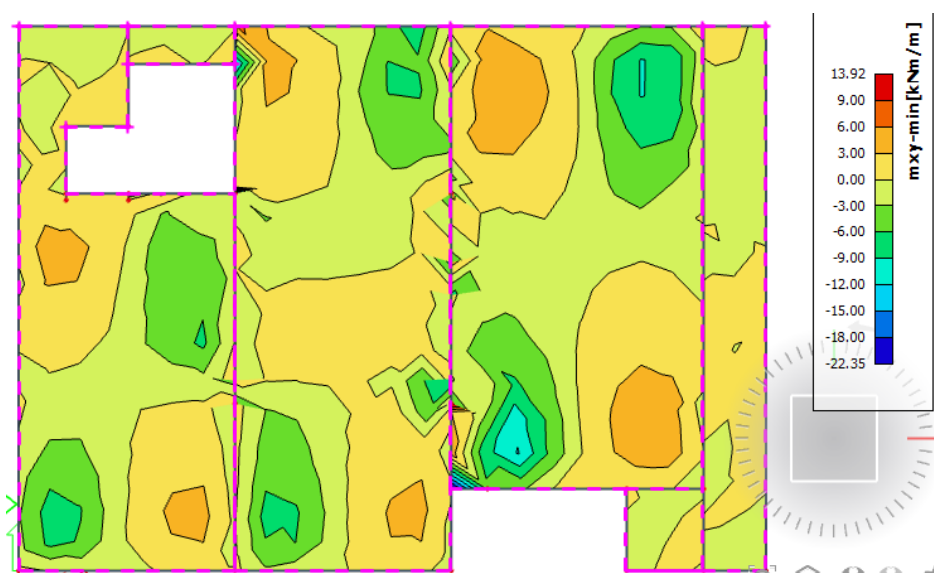
Slika 4.45. Maximalni moment savijanja M_x za pokretno opterećenje Q za ploču 2.kata



Slika 4.16. Maximalni moment savijanja M_x za kombinaciju $1,35G+1,5Q$ za ploču 2.kata



Slika 4.17. Moment savijanja My za kombinaciju 1,35G+1,5Q za ploču 2.kata



Slika 4.18. Moment savijanja Mxy za kombinaciju 1,35G+1,5Q za ploču 2.kata

4.2.2. Proračun ploče na savijanje

Beton C30/37

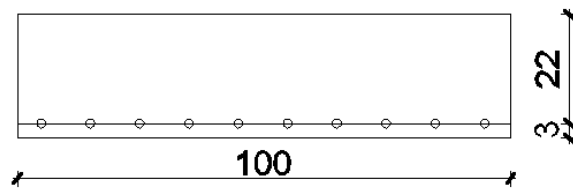
$$C30/37 \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

Debljina ploče:

$$h_{pl} = 25 \text{ cm}; \quad d_1 = 3 \text{ cm}; \quad d = 22 \text{ cm}$$



Slika 4.19. Skica armature ploče u polju

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN1 = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q$$

POLJE

$$M_{Ed} = 16,96 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1696}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,017$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,1 \frac{o}{oo}$$

$$\zeta = 0,978, \xi = 0,065$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1696}{0,978 \cdot 22 \cdot 43,48} = 1,81 \text{ cm}^2$$

- armaturu je potrebno povećati za 25% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 25 = 3,75 \text{ cm}^2$

Odabrano: Q-385 ($A_{s1} = 3,85 \text{ cm}^2$)

LEŽAJ

$$M_{Ed} = 102,80 \text{ kNm/m}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{10280}{100 \cdot 22^2 \cdot 2,0} = 0,106$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,3 \frac{o}{oo}$$

$$\zeta = 0,928, \xi = 0,187$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{10280}{0,928 \cdot 22 \cdot 43,48} = 9,67 \text{ cm}^2 - \text{armaturu je potrebno umanjiti za 15-20\%:}$$

$$A_{s1} = 7,25 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 25 = 3,75 \text{ cm}^2$

Odabrano: Q -785 A_{s1} = 7,85 cm²

4.2.3. Kontrola pukotina

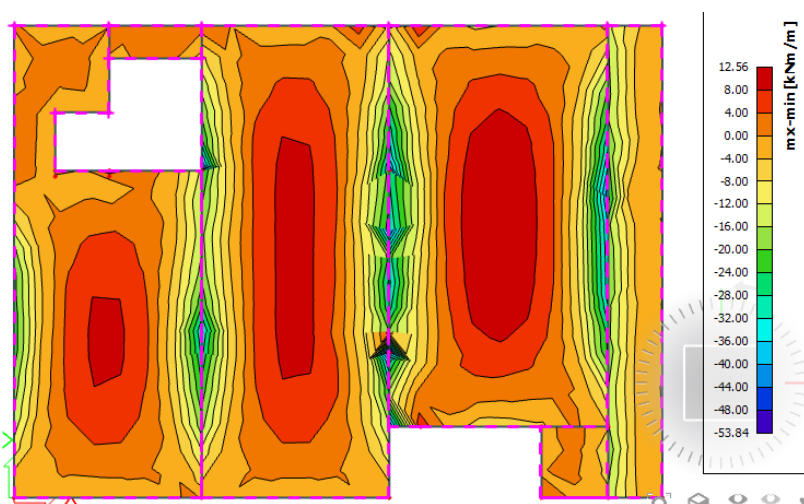
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$(e = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q).$$

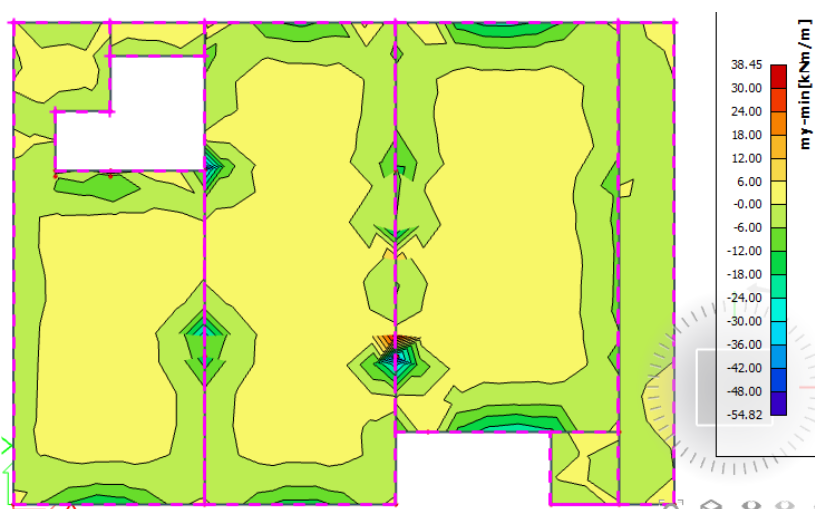
Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0.3 \text{ mm}$ (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{sm}) \leq w_g$$



Slika 4.20. Maximalni moment savijanja M_x za kombinaciju 1,0G+1,0Q+ za ploču 2.kata

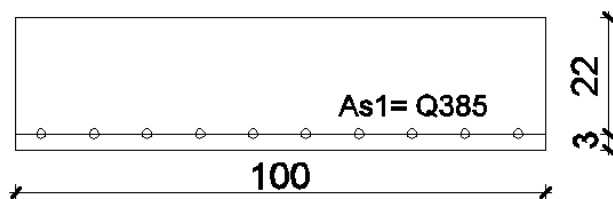


Slika 4.21. Maximalni moment savijanja M_y za kombinaciju 1,0G+1,0Q+ za ploču 2.kata

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed}=12,96 \text{ kNm}$

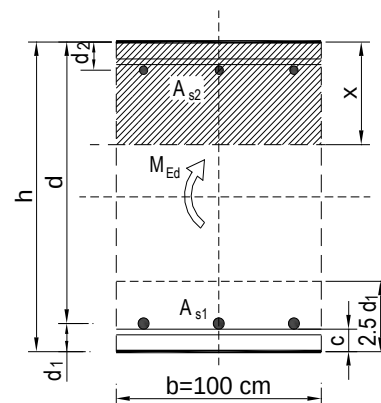
Armatura ploče donja zona: **Q-385**

Skica armature u polju:



Slika 4.22. Skica armature ploče u polju

$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m^2	$f_{cm} =$	2.90 MN/m^2	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	3.85 cm^2	$A_{s2} =$	0.00 cm^2	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m^2	$E_{cm} =$	32.80 GN/m^2	$e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	13.0 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	227.13 MN/m^2				
$x =$	2.99 cm	$r_{p,eff} =$	0.0051		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	-0.000028	$< 0.6 \cdot s_s/E_s =$	0.000681		
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	433.17 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.295 mm	$< w_g$			

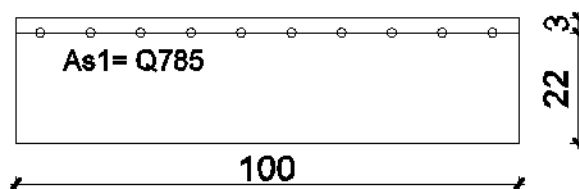


→ Pukotine zadovoljavaju!

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed} = 53,84 \text{ kNm}$

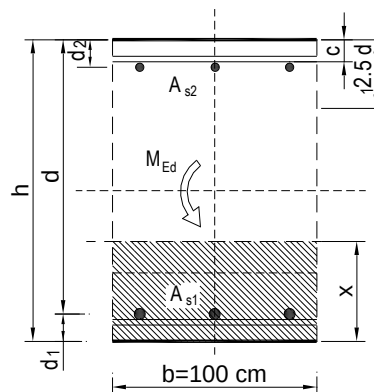
Armatura ploče gornja zona: **Q-785**

Skica armature na ležaju:



Slika 4.23. Skica armature ploče na ležaju

$b =$	100.0 cm	$d =$	22.0 cm	$h =$	25.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m ²	$f_{ctm} =$	2.90 MN/m ²	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	7.85 cm ²	$A_{s2} =$	0.00 cm ²	$d_1 = d_2 =$	3.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m ²	$E_{cm} =$	32.80 GN/m ²	$e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	53.84 kNm	$k_t =$	0.40		
$s_s =$	332.59 MN/m ²				
$x =$	4.14 cm	$r_{p,eff} =$	0.0105		
$(e_{sm} - e_{cm}) =$	0.001074	$>$	$0.6 \cdot s_s / E_s =$	0.000998	
$\emptyset =$	10.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	264.42 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (e_{sm} - e_{cm}) =$	0.284 mm	$<$	w_g		

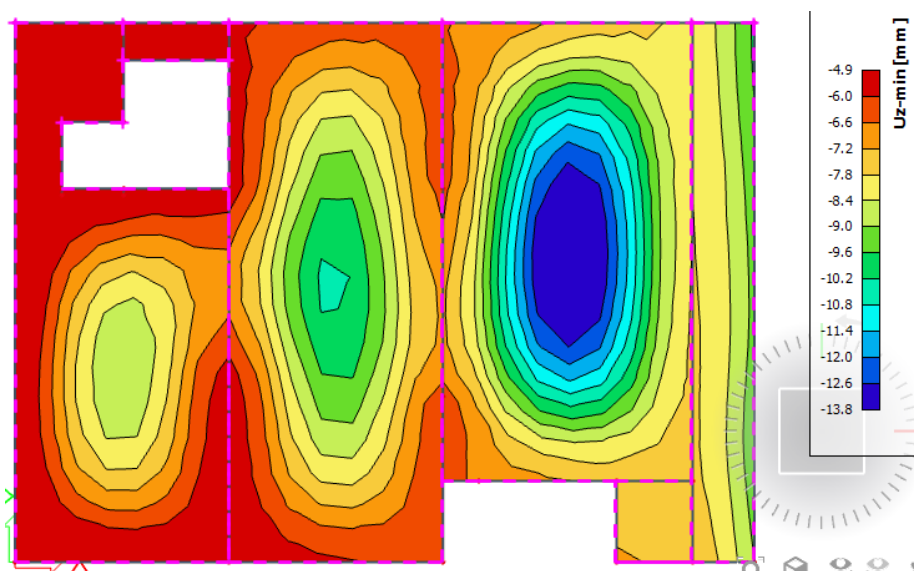


Pukotine zadovoljavaju!

4.2.4. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja.

$$Med = 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 1,0 \cdot q$$



Slika 4.24. Maximalni progib za kombinaciju 1,0G+1,0Q za ploču 2.kata

$$\text{Granična vrijednost progiba ploče u polju: } f_{p,dop} = \frac{l_g}{400} = \frac{770}{400} = 1.925 \text{ cm}$$

Granični progib:

$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$M_{Ed} = 12,96 \text{ kNm}$$

$$\beta = \frac{|M_{l1} + M_{l2}|}{|M_p|} = 5,3$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1\beta) = 0.049$$

koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$$l = 770 \text{ cm} \quad \text{raspon elementa}$$

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

r_{tot} ukupna zakrivljenost elementa

r_m zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

r_{csm} zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}} \approx 32000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{32000} = 6,25 \quad \text{omjer modula elastičnosti čelika i betona}$$

$$I_I = I_p + \alpha_e \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \quad \text{moment tromosti za neraspucano stanje}$$

$$I_I = 66666 + 6,25 \cdot \left[5,24 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 + 0,00 \cdot \left(\frac{25}{2} - 3 \right)^2 \right] = 1540,44 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{1296}{3200 \cdot 1540,44} = 0,00026 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = 3,48 \text{ cm} \quad \text{položaj neutralne osi}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \quad \text{moment tromosti za raspucalo stanje}$$

$$I_{II} = \frac{100 \cdot 3,648}{12} + 100 \cdot 3,48 \cdot \left(\frac{3,48}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [5,24 \cdot (17 - 3,48)^2 + 0,00 \cdot (3,48 - 3)^2]$$

$$I_{II} = 11935,16 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{1296}{3200 \cdot 11935,16} = 0,000033 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} \quad ; \quad f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0.3 \cdot (30.0)^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 25^2}{6} = 3020,33 \text{ kNcm} = 30,20 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{3020}{\left(22 - \frac{3,48}{3}\right) \cdot 5,24} = 28,44 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 284,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{sd}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{1296}{\left(22 - \frac{3,48}{3}\right) \cdot 5,03} = 12,20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 122,0 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,00026 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,000033 \frac{1}{\text{cm}}$$

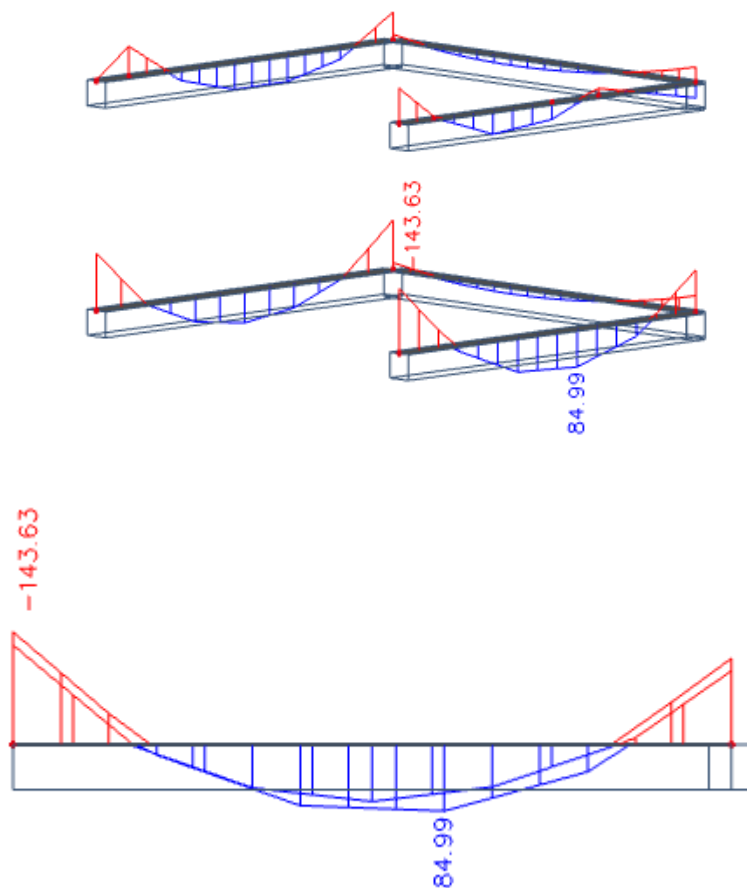
$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.049 \cdot 770^2 \cdot 0.000033 = 0.95 \text{ cm} < v_{lim} = 1.925 \text{ cm}$$

Odabrane dimezije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

Iz estetskih razloga svim pločama pri izradi dati nadvišenje od 1.0 cm u sredini.

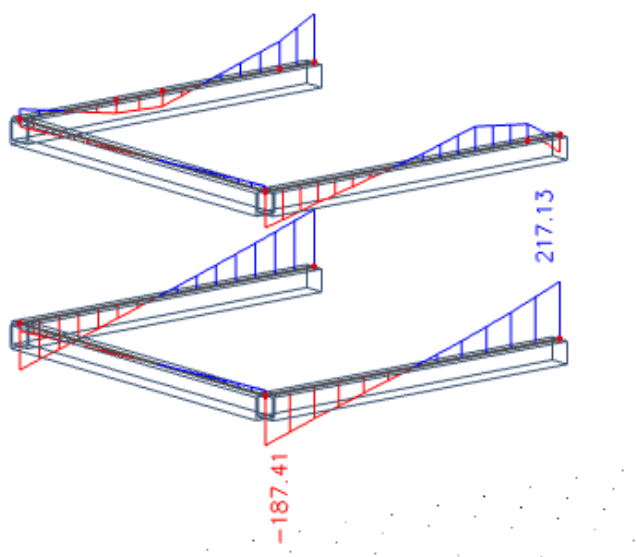
4.3. Proračun greda - greda 40x40 cm (polje i ležajevi)

4.3.1. Rezultati proračuna



Slika 4.25. Maximalni moment savijanja M_y za kombinaciju $1,35G+1,5Q+1,5\cdot0,6W$

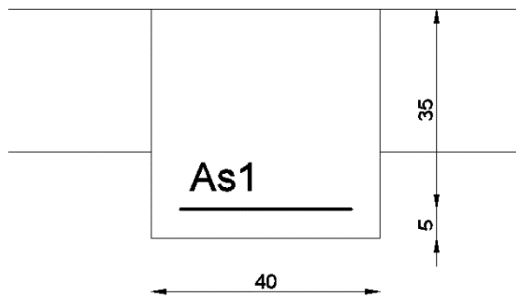
za grede 40x40cm



Slika 4.26. Maximalna poprečna sila V_z za kombinaciju $1,35G+1,5Q+1,5\cdot0,6W$

za grede $40\times40\text{cm}$

4.3.2. Proračun greda 40x40cm na savijanje



Dimenzije elementa:

$$b = 40.0 \text{ cm}$$

$$h = 40.0 \text{ cm}$$

$$h_p = 35.0 \text{ cm}$$

$$d_1 = 5.0 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 35.0 \text{ cm}$$

$$C 30/37 \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1.5} = 20.0 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = 2.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$B 500B \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun armature za najveći moment u polju:

$$M_{Ed} = 84,99 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{84,99 \cdot 100}{40 \cdot 35^2 \cdot 2,0} = 0,086$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 1,1 \text{ ‰} \quad \xi = 0,160 \quad \zeta = 0,940$$

$$\text{Potrebna površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{8499}{0,940 \cdot 35 \cdot 43,48} = 5,94 \text{ cm}^2$$

$$\text{Minimalna površina armature: } A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 40 \cdot 35 = 1,93 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **4 Φ 14** ($A_{s1} = 6,16 \text{ cm}^2$)

Proračun armature za najveći moment na ležaju:

$$M_{Ed} = 143,63 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{143,63 \cdot 100}{40 \cdot 35^2 \cdot 2,0} = 0,146$$

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰} \quad \varepsilon_{s2} = 1,9 \text{ ‰} \quad \xi = 0,163 \quad \zeta = 0,901$$

$$\text{Potrebna površina armature: } A_{s1} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14363}{0,901 \cdot 35 \cdot 43,48} = 10,47 \text{ cm}^2$$

Odabrana armatura: **7 Φ 14** ($A_{s1} = 10,78 \text{ cm}^2$)

Proračun greda na poprečnu silu - greda 40x40 cm

C 30/37 $f_{cd}=30/1.5=20.0$ MPa Računske poprečne sile: $V_{Ed,max}= 217,13$ kN	$V_{Rd,C} = [C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ uz uvjet $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ gdje je $C_{Rdc} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$ $b_w = 40.0\text{cm}$ $d = 35.0\text{cm}$ $k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{350}} = 1.75 \leq 2$ $k_1 = 0.15$ $\rho_l = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{16,94}{1400} = 0.012 < 0.02$ $\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = 0.0\text{MPa} \leq 0.2f_{cd} = 4.0\text{ MPa}$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.440$ $V_{Rd,C} = [0.12 \cdot 1.75 \cdot (100 \cdot 0.012 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0] \cdot 400 \cdot 350$ $= 97,07\text{kN}$ $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})b_w \cdot d = (0.440 + 0.15 \cdot 0.0) \cdot 400 \cdot 350$ $= 61,60\text{ kN}$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$ $v = 0.6 \cdot (1 - \frac{f_{ck}}{400}) = 0.6 \cdot (1 - \frac{30}{400}) = 0.555$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.555 \cdot 30.00 \cdot 400 \cdot 350 = 1165,5\text{kN}$ $\frac{V_{Ed}}{V_{Rd2}} \approx \frac{217,13}{1165,5} = 0.18$ $s_{w,max} = \min\{0.55 \cdot d ; 3\text{ }0\text{cm}\} = \min\{25 ; 3\text{ }0.0\} \rightarrow s_{w,max} = 24\text{cm}$ $A_{sw} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 24 \cdot 40}{2} = 0.52\text{cm}^2$ $s_w = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Es}} = \frac{2 \cdot 0.52 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 35}{217,13} = 6,56\text{cm}$ Odabrane minimalne spone: Ø10/20 cm ($A_{sw}=0.79\text{ cm}^2$) Spone na ležajevima: Ø10/10 cm ($A_{sw}=0.79\text{ cm}^2$)
--	--

4.3.3. Kontrola pukotina

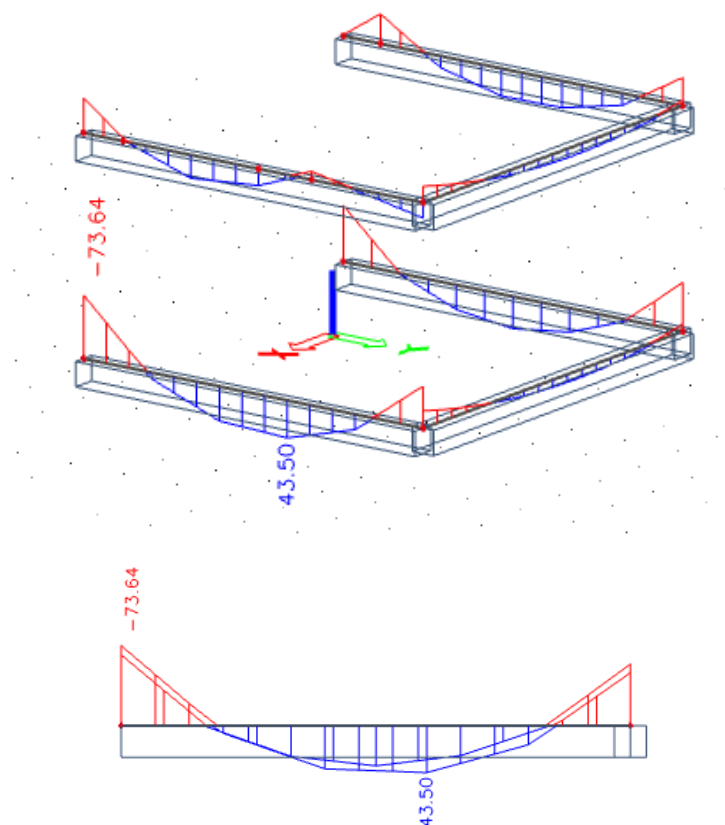
Mjerodavni momenti u gredama 40x40cm su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$(e = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot q).$$

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0.3 \text{ mm}$ (EC-2)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2):

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{sm}) \leq w_g$$

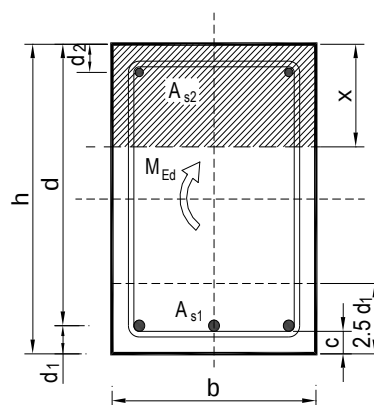


Slika 4.27. Maximalni moment savijanja M_y za kombinaciju 1,0G+1,0Q za grede 40x40

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: $M_{Ed}=43,50 \text{ kNm}$

Armatura grede **4Ø14** $A_{s1} = 6,16 \text{ cm}^2$

$b =$	40.0 cm	$d =$	35.0 cm	$h =$	40.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m ²	$f_{ctm} =$	2.90 MN/m ²	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	6.16 cm ²	$A_{s2} =$	0.00 cm ²	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m ²	$E_{cm} =$	32.80 GN/m ²	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	43.5 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	216.67 MN/m ²				
$x =$	7.22 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0123		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.000578	$< 0.6 \cdot \sigma_s / E_s =$	0.000650		
$\emptyset =$	16.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	322.78 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.210 mm	$<$	w_g		

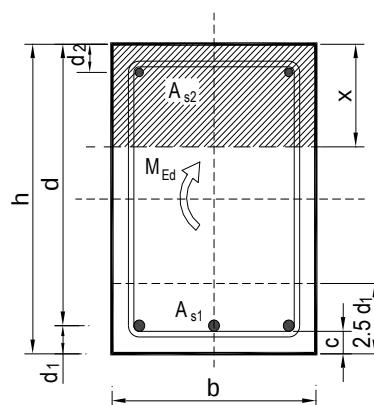


→ Pukotine zadovoljavaju!

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: $M_{Ed}=73,64 \text{ kNm}$

Armatura grede **7Ø14** $A_{s1} = 10,78 \text{ cm}^2$

$b =$	40.0 cm	$d =$	35.0 cm	$h =$	40.0 cm
$f_{ck} =$	30.0 MN/m ²	$f_{ctm} =$	2.90 MN/m ²	$w_g =$	0.30 mm
$A_{s1} =$	10.78 cm ²	$A_{s2} =$	0.00 cm ²	$d_1 = d_2 =$	5.0 cm
$E_s =$	200.00 GN/m ²	$E_{cm} =$	32.80 GN/m ²	$\alpha_e = E_s/E_{cm} =$	6.10
$M_{Ed} =$	73.6 kNm	$k_t =$	0.40		
$\sigma_s =$	213.94 MN/m ²				
$x =$	9.21 cm	$\rho_{p,eff} =$	0.0216		
$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.000766	$>$	$0.6 \cdot \sigma_s/E_s =$	0.000642	
$\emptyset =$	18.0 mm	$c =$	3.00 cm		
$k_1 =$	0.8	$k_2 =$	0.50		
$k_3 =$	3.4	$k_4 =$	0.43		
$s_{r,max} =$	243.93 mm				
$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) =$	0.187 mm	$<$	w_g		

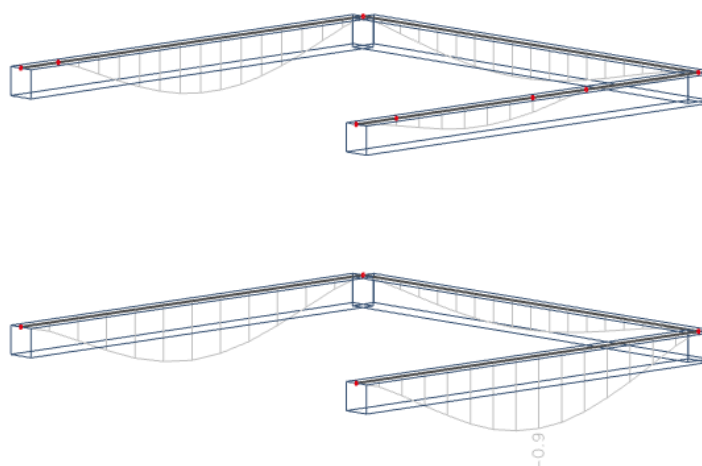


→ Pukotine zadovoljavaju!

4.3.4. Kontrola progiba

Progibi ploča su također dobiveni kroz numerički model. Također se koriste rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja

$$(q = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot p).$$



Slika 4.28. Maximalni progib Uz za grede 40x40 u garaži i prizemlju

Granična vrijednost progiba grede u polju: $f_{p,dop} = \frac{l_g}{250} = \frac{640}{250} = 2.56 \text{ cm}$

Granični progib:

$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$M_{Ed} = 43,50 \text{ kNm}$$

$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1\beta) = 0.1$ koeficijent ovisan o statičkom sustavu i opterećenju

$l = 640 \text{ cm}$ raspon elementa

$$\frac{1}{r_{tot}} = \frac{1}{r_m} + \frac{1}{r_{csm}}$$

r_{tot} ukupna zakrivljenost elementa

r_m zakrivljenost zbog opterećenja i puzanja

r_{csm} zakrivljenost zbog skupljanja

$$E_{cm} = 9500 \cdot (f_{ck} + 8)^{\frac{1}{3}} = 9500 \cdot (30 + 8)^{\frac{1}{3}} \approx 32000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti betona}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{modul elastičnosti čelika}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000}{32000} = 6,25 \quad \text{omjer modula elastičnosti čelika i betona}$$

$$I_I = I_p + \alpha_e \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right] \quad \text{moment tromosti za neraspucano stanje}$$

$$I_I = 260416,7 + 6,25 \cdot \left[6,16 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 + 10,78 \cdot \left(\frac{40}{2} - 5 \right)^2 \right] = 284238,57 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{4350}{3200 \cdot 284238,57} = 0,000004 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = 7,30 \text{ cm} \quad \text{položaj neutralne osi}$$

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b \cdot x \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_e \cdot [A_{s1} \cdot (d - x)^2 + A_{s2} \cdot (x - d_2)^2] \quad \text{moment tromosti za raspucalo stanje}$$

$$I_{II} = \frac{40 \cdot 7,3^3}{12} + 25 \cdot 7,3 \cdot \left(\frac{7,3}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot [6,16 \cdot (35 - 7,3)^2 + 10,78 \cdot (7,3 - 5)^2]$$

$$I_{II} = 33625,15 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{4350}{3200 \cdot 33625,15} = 0,00004 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} \quad ; \quad f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot (30,0)^{\frac{2}{3}} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$M_{cr} = 0,29 \cdot \frac{40 \cdot 40^2}{6} = 3093,33 \text{ kNcm} = 30,93 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{3093}{\left(35 - \frac{7,3}{3} \right) \cdot 6,16} = 16,01 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 160,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{sd}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{4350}{\left(35 - \frac{7,3}{3}\right) \cdot 6,16} = 21,68 \frac{kN}{cm^2} = 216,80 MPa$$

$$\frac{1}{r_I} = 0,000004 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,00004 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \quad \text{koeficijent raspodjele}$$

$\beta_1 = 1$ koeficijent koji uzima u obzir vrstu armature

$\beta_2 = 0,5$ koeficijent koji uzima u obzir trajanje opterećenja

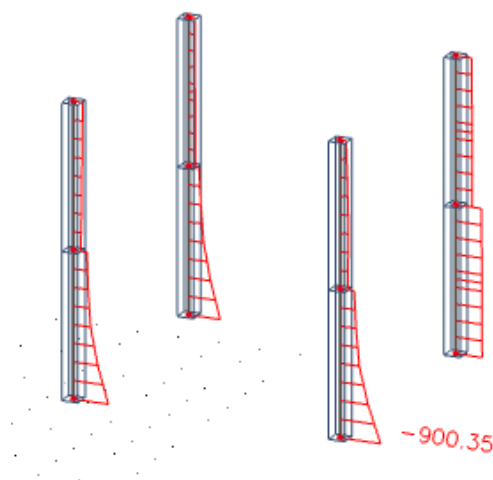
$$v_{tot} = k \cdot l^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0,1 \cdot 640^2 \cdot 0,00004 = 1,63 \text{ cm} < v_{lim} = 2,22 \text{ cm}$$

Odabrane dimezije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

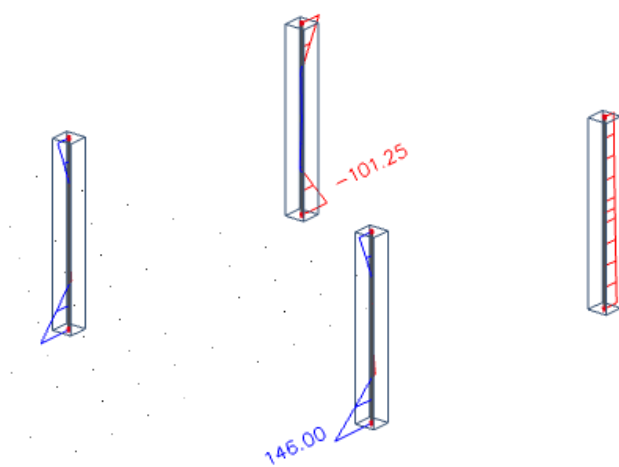
5 DIMENZIONIRANJE VERTIKALNIH ELEMENATA KONSTRUKCIJE

5.1. Proračun stupova 40/40 – pozicija S1

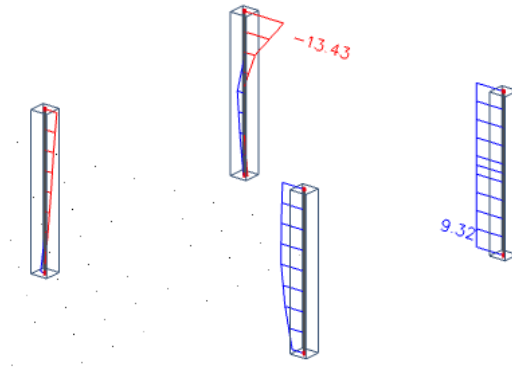
5.1.1. Rezultati proračuna



Slika 5.1. Maximalna uzdužna sila N za stalno djelovanje za stupove 40/40 u prizemlju



Slika 5.2. Maximalni moment savijanja M za kombinaciju $1,35G+1,5Q+1,5\cdot 0,6W_y$ za stupove 40/40 u prizemlju



Slika 5.3. Maximalna poprečna sila V za kombinaciju 1,35G+1,5Q+1,5·0,6Wy za stupove 40/40 u prizemlju

-Mjerodavne rezne sile:

$$M_{Ed} = 146,00 \text{ kNm}$$

$$N = 900,35 \text{ kN}$$

5.1.2. Dimenzioniranje stupa

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$

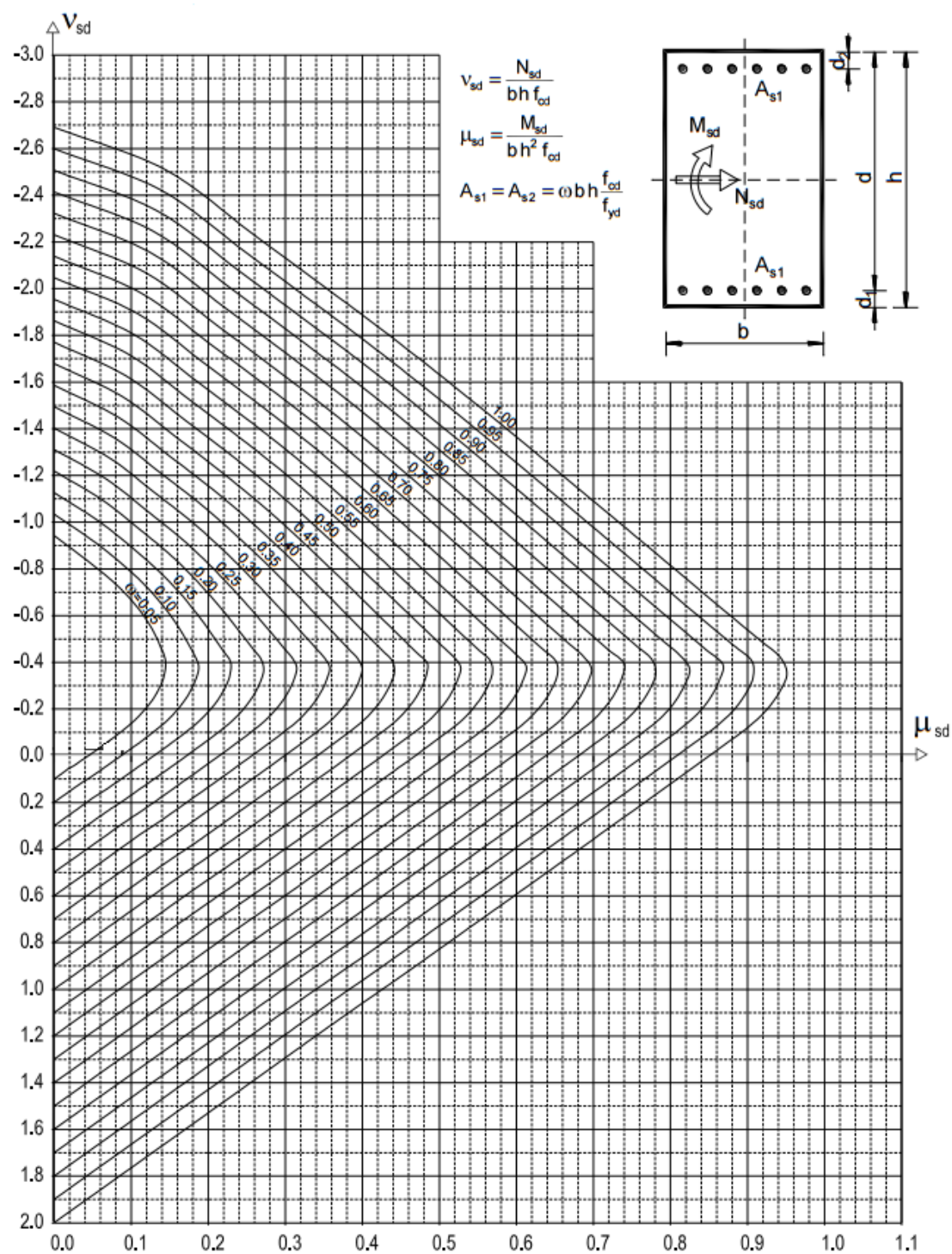
Dimenzije stupa:

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$d_1 = 3 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 37 \text{ cm}$$



Slika 5.4. Dijagram interakcije za dimenzioniranje stupova pravokutnog poprečnog presjeka

$$v_{sd} = \frac{N_{sd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-900,35}{40 \cdot 40 \cdot 2,0} = -0,281$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{146 \cdot 100}{40 \cdot 40^2 \cdot 2,0} = 0,114$$

Očitano iz dijagrama interakcije:

$$\omega_{k3} = 0,10$$

$$A_s = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,10 \cdot 40 \cdot 40 \cdot \frac{2,0}{43,48} = 7,35 \text{ cm}^2$$

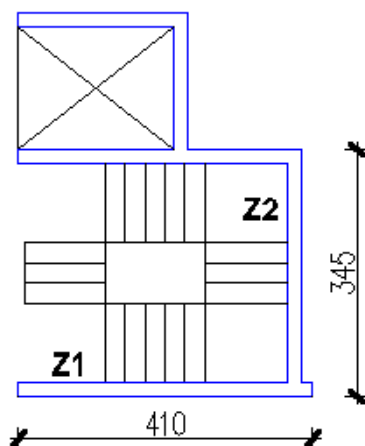
Odabrana armatura: 4Φ16→A_{s1}=8,04 cm²

Proračun stupova na poprečnu silu

C 30/37 $f_{cd}=30/1.5=20.0$ MPa Računska poprečna sile: $V_{Ed}=4.61$ kN $N_{Ed}=96.83$ kN	$V_{Rd,C} = [C_{Rd} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ uz uvjet $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$ gdje je $C_{Rdc} = 0,18/\gamma_c = 0,18/1,5 = 0,12$ $k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{370}} = 1,73 \leq 2$ $k_1 = 0.15$ $\rho_l = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{6.16}{1600} = 0.003 < 0.02$ $\sigma_{cp} = \frac{N}{A_c} = \frac{2526,34}{1600} = 1,57 MPa$ $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.54$ $V_{Rd,C} = [0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.012 \cdot 30)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.19] \cdot 400 \cdot 370 = 32.84 kN$ $V_{Rd,c} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) b_w \cdot d$ $= (0.54 + 0.15 \cdot 0.19) \cdot 400 \cdot 370 = 84,13 kN$ Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale: $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$ $v = 0.6 \cdot (1 - \frac{f_{ck}}{400}) = 0.6 \cdot (1 - \frac{30}{400}) = 0.53$ $V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.53 \cdot 30.00 \cdot 400 \cdot 370 = 1176,6 kN$ $\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \approx \frac{900,35}{1176,6} = 0,76$ $s_{w,max} = \min\{0.75 \cdot d ; 30 cm\} = \min\{15.00 ; 30.0\}$ $\rightarrow s_{w,max} = 15 cm$ $A_{sw} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 12 \cdot 40}{2} = 0.26 cm^2$ $s_w = 0.6 \cdot s_{w,max} = 0.6 \cdot 15.0 = 9 cm$ Odabrane minimalne spone: Ø8/15 cm ($A_{sw}=0.5$ cm²) Spone na ležajevima: Ø8/10 cm ($A_{sw}=0.5$ cm²)
---	---

5.2. Proračun zidova AB jezgre

5.2.1. Plan pozicija



Slika 5.6. Plan pozicije zidova AB jezgre

5.2.2. Dimenzioniranje AB zidova

Kombinacije opterećenja:

$$K_{1,2} = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_{x,y}$$

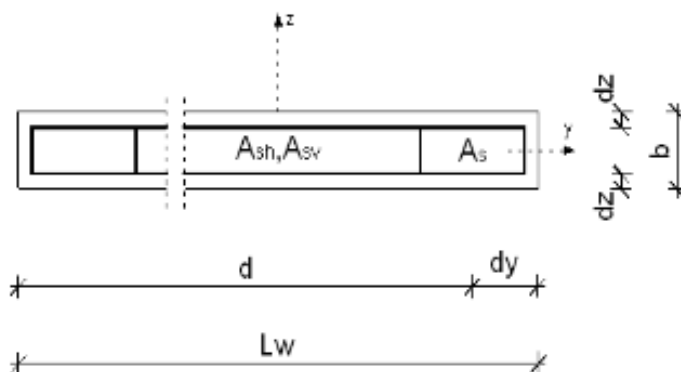
$$K_{3,4} = 1,0 \cdot g + 0,9 \cdot q + 1,5 \cdot W_{x,y}$$

Beton C30/37

$$C30/37 \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0 \text{ N/mm}^2 = 2,0 \text{ kN/cm}^2$$

Armatura B500B

$$B500B \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,48 \text{ kN/cm}^2$$



Slika 5.7. Poprečni presjek zida

5.2.2.1 Zid Z1

Dimenzije elementa:

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

$$L_w = 410\text{cm}$$

$$H_w = 17,05\text{m}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 2,5\text{cm}(XCI)$$

$$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv}/2 \approx 4,0\text{cm}$$

$$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi/2 + 15 \approx 20,0\text{cm}$$

$$d = L_w - d_y = 390,0\text{cm}$$

Vitkost zidova:

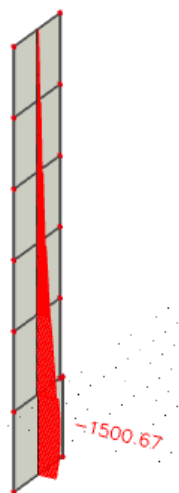
$$H_w / L_w = 17,05 / 4,10 = 4,15 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

Visina kritične zone:

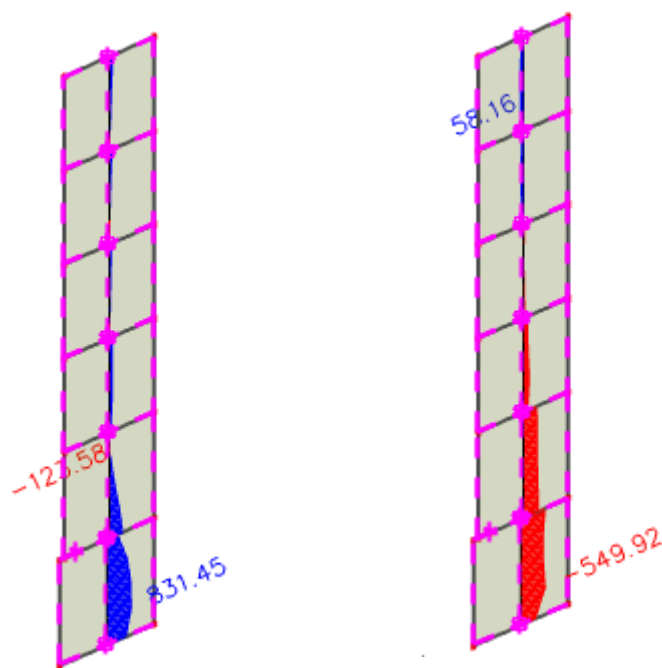
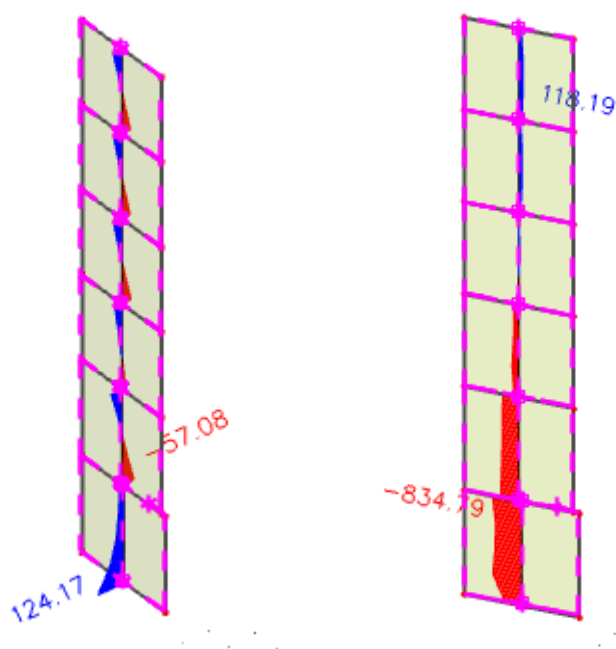
$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(410,0\text{cm}; 2\,53,3\text{cm})$$

$$h_{cr} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (820,0\text{cm}; 360,0\text{cm})$$

$$h_{cr} = 360,0\text{cm}$$



Slika 5.8. Uzdužna sila N od stalnog djelovanja

Slika 5.9. Moment M_z i poprečna sila V_y za kombinaciju $1,35G+0,9Q+1,5W_x$ Slika 5.10. Moment M_z i poprečna sila V_y za kombinaciju $1,35G+0,3Q+1,5S_x$

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 831,45 \text{ (kNm)}$$

$$N_{Ed} = 1500,67 \text{ (kN)}$$

$$V_{Ed} = 834,79 \text{ (kN)}$$

Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$M_{Eds} = 831,45 + 1500,67 \cdot \left(4,1 - \frac{3,20}{2}\right) = 4583,12 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{4583,12 \cdot 100}{20 \cdot 410^2 \cdot 2,0} = 0,068$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,2 \frac{o}{oo}$$

$$\zeta = 0,950, \xi = 0,138$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{4583,12 \cdot 100}{0,950 \cdot 410 \cdot 43,48} - \frac{1500,67}{43,48} = -7,45 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1} < 0,00 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida.

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 410 = 12,30 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **5Φ18- A_{s1} = 12,72 cm²**

Dokaz nosivosti na poprečnu silu

$$V_{sd,y} = V_{Ed,y} \cdot \varepsilon$$

- $V_{Ed,y}$ - računski poprečna sila
- $V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila
- ε - korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor _p onašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y} \cdot q = 834,89 \cdot 3,0 = 2504,67 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 390$$

$$V_{Rd2} = 27456,0 \text{ (kN)}$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 410$$

$$V_{Rd2} = 36080,0 \text{ (kN)}$$

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2} \rightarrow \text{zadovoljeno}$$

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{831,45}{2504,67 \cdot 410} = 0,0008 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalni promjer šipke armature mreže ≥ 8 mm.

Usvojena obostrana armatura: **Q-335 ($A_{s1}=6,70 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\Phi 8 / 15 \text{ cm}$)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{6,70}{20 \cdot 100} = 0,00335$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00335 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 390$$

$$V_{wd} = 1045,20(kN)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00335) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 390$$

$$V_{cd} = 283,02(kN)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 1045,20 + 283,02 = 1328,22(kN)$$

$$V_{Rd3} = 1631,19(kN) > V_{Sd,y} = 834,79(kN)$$

5.2.2.2 Zid Z2

Dimenzije elementa:

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

$$L_w = 345\text{cm}$$

$$H_w = 17,05\text{m}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 2,5\text{cm}(XCI)$$

$$d_z = c_{nom} + \phi_{sh} + \phi_{sv}/2 \approx 4,0\text{cm}$$

$$d_y = c_{nom} + \phi_v + \phi/2 + 15 \approx 20,0\text{cm}$$

$$d = L_w - d_y = 325,0\text{cm}$$

Vitkost zidova:

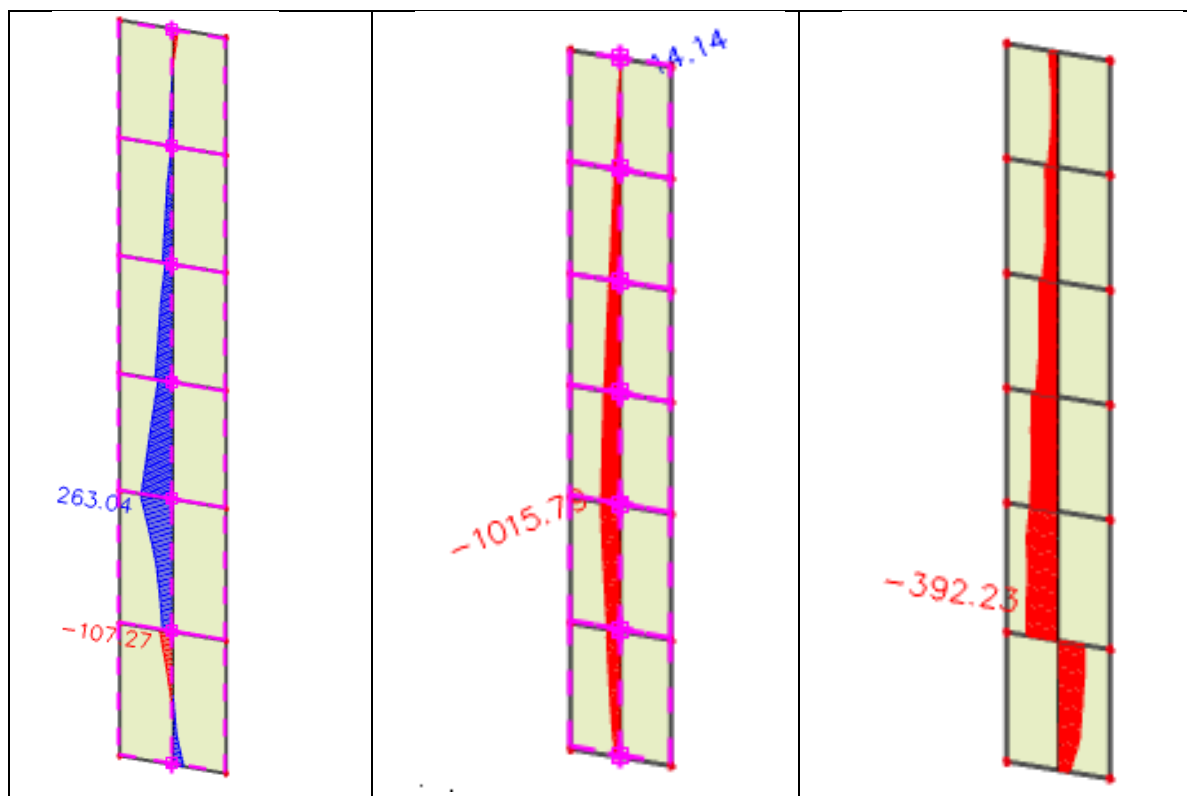
$$H_w / L_w = 17,05 / 3,45 = 4,94 > 2 \rightarrow \text{zid je vitak}$$

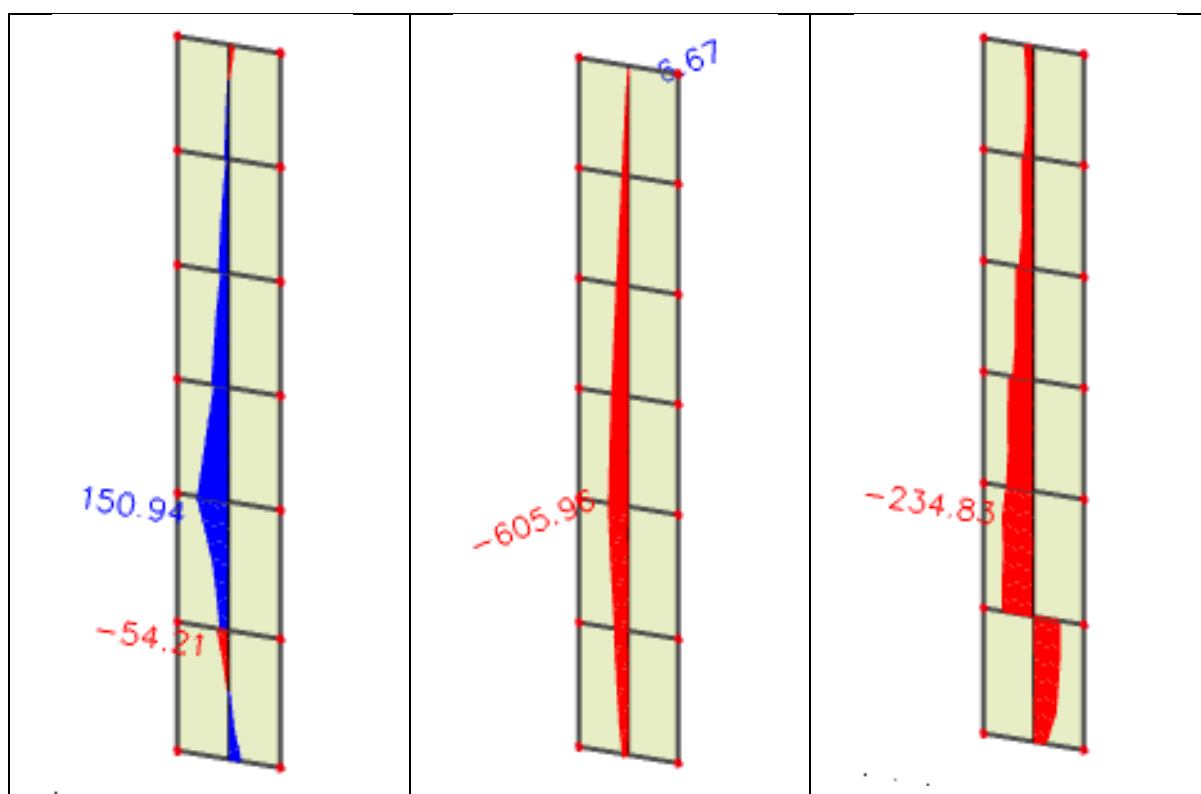
Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(345,0\text{cm}; 284\text{cm})$$

$$h_{cr} \leq (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \leq (690,0\text{cm}; 568,0\text{cm})$$

$$h_{cr} = 568,0\text{cm}$$



Slika 5.11. Moment M_z , uzdužna sila N i poprečna sila V_y za kombinaciju $1,35G+0,9Q+1,5W_y$ Slika 5.12. Moment M_z , uzdužna sila N i poprečna sila V_y za kombinaciju $1,35G+0,3Q+1,5S_y$

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 263,04 \text{ (kNm)}$$

$$N_{Ed} = 1015,78 \text{ (kN)}$$

$$V_{Ed} = 392,23 \text{ (kN)}$$

Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2}\right)$$

$$M_{Eds} = 263,04 + 1015,78 \cdot \left(3,25 - \frac{5,68}{2}\right) = 679,50 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{67950}{20 \cdot 325^2 \cdot 2,0} = 0,016$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,1 \frac{o}{oo}$$

$$\zeta = 0,978, \xi = 0,065$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{679,50}{0,978 \cdot 325 \cdot 43,48} - \frac{1015,78}{43,48} = -23,31 \text{ cm}^2 \rightarrow A_{s1} < 0,00 \text{ cm}^2$$

Potrebna minimalna površina uzdužne vlačne armature u rubovima zida.

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 325 = 9,75 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **4Φ18- A_{s1} = 10,18 cm²**

Dokaz nosivosti na poprečnu silu

$$V_{sd,y} = V_{Ed,y} \cdot \varepsilon$$

- $V_{Ed,y}$ - računski poprečna sila
- $V_{Ed,y}$ - korigirana poprečna sila
- ε - korekcijski koeficijent

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor _p onašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y} \cdot q = 392,23 \cdot 3,0 = 1176,69 \text{ kN}$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2}$$

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 325$$

$$V_{Rd2} = 22880,0 (\text{kN})$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 325$$

$$V_{Rd2} = 28600,0 (\text{kN})$$

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd2} \rightarrow \text{zadovoljeno}$$

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

$$V_{Ed,y} \leq V_{Rd3}$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{sd}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{263,04}{1176,69 \cdot 325} = 0,0006 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,min} = A_{sh,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Minimalni promjer šipke armature mreže ≥ 8 mm.

Usvojena obostrana armatura: **Q-335 ($A_{s1}=6,70 \text{ cm}^2/\text{m}$; $\Phi 8 / 15 \text{ cm}$)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{6,70}{20 \cdot 100} = 0,00335$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,00335 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 325$$

$$V_{wd} = 871,0(kN)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot (1,20 + 40 \cdot \rho_v) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot (1,20 + 40 \cdot 0,00335) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 325$$

$$V_{cd} = 335,85(kN)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

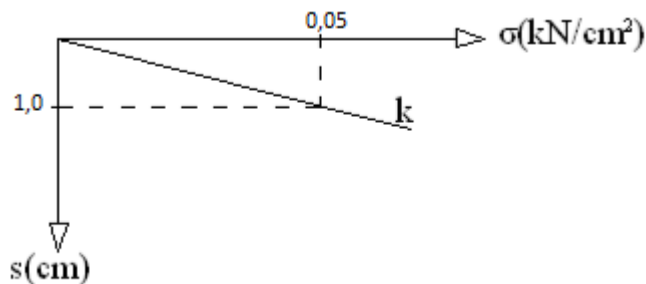
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 871 + 335,85 = 1206,85(kN)$$

$$V_{Rd3} = 1206,85(kN) > V_{Ed,y} = 1176,69(kN)$$

6 PRORAČUN TEMELJNE PLOČE

6.1. Proračun koeficijenta reakcije podloge

Koeficijent posteljice tla određen je preko dopuštenog naprezanja u tlu i dopuštenog slijeganja.



Slika 6.1. Dijagram odnosa naprezanja u tlu i slijeganja

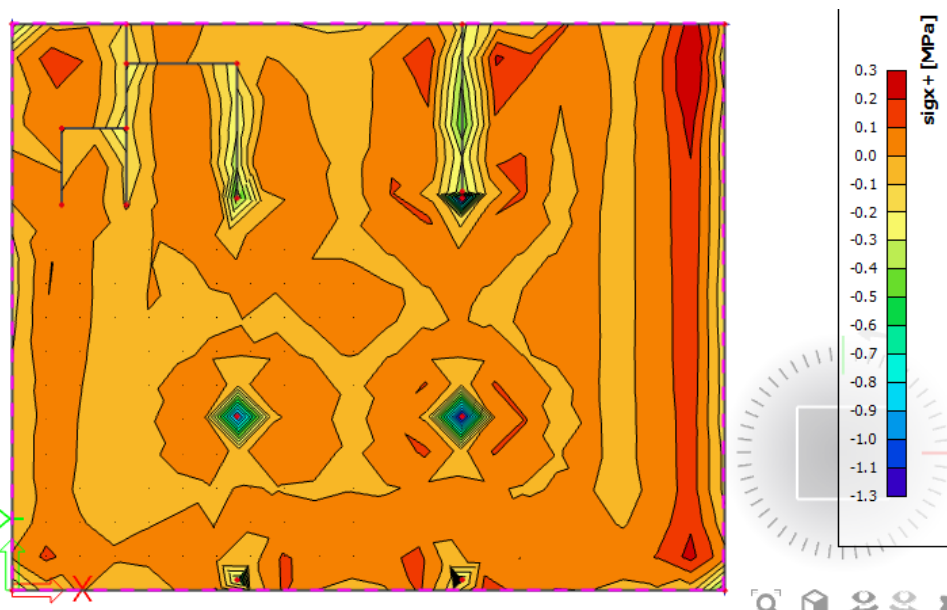
$$\sigma_{dop} = 0,05 \text{ kN/cm}^2 = 500 \text{ kN/m}^2 = 500 \text{ kPa} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$k_s = \frac{\sigma_{dop}}{s} = \frac{0,05 (\text{kN/cm}^2)}{1,0 (\text{cm})} = 0,05 \text{ kN/cm}^3 = 50000 \text{ kN/m}^3 = 50 \text{ MN/m}^3$$

6.2. Prikaz naprezanja

Uobičajena kombinacija:

$$K = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q$$



Slika 6.2.. Prikaz max. naprezanja temeljne ploče

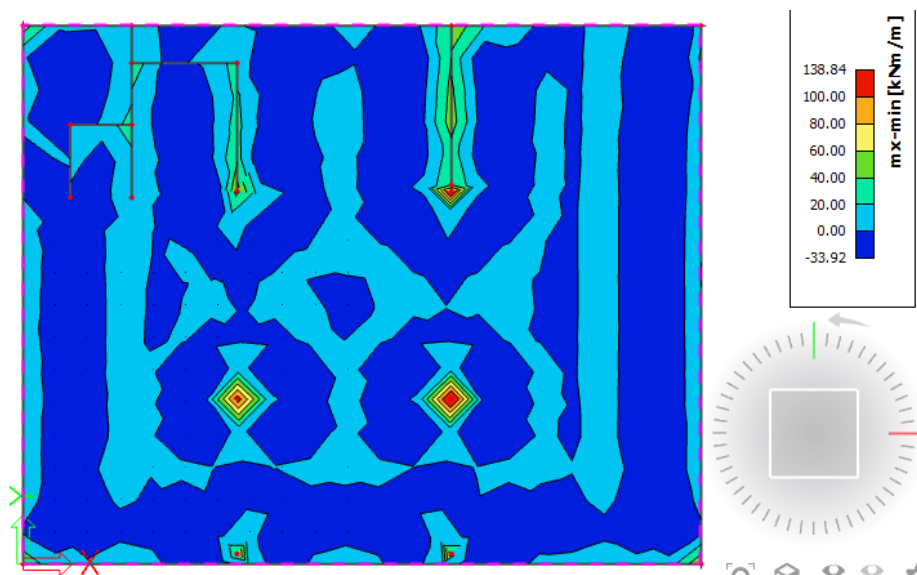
6.3. Rezultati proračuna

Uobičajena kombinacija:

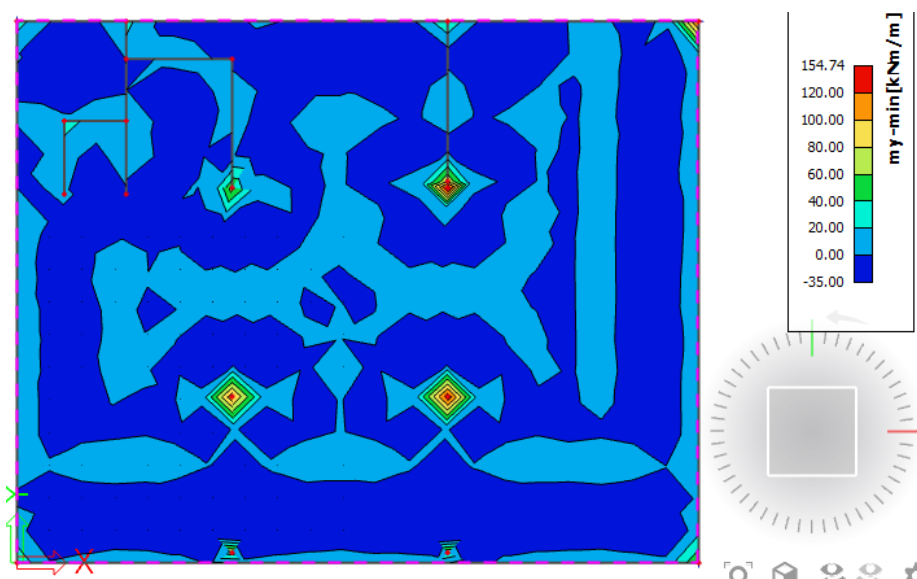
$$GSN1 = 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q$$

Seizmičke kombinacije:

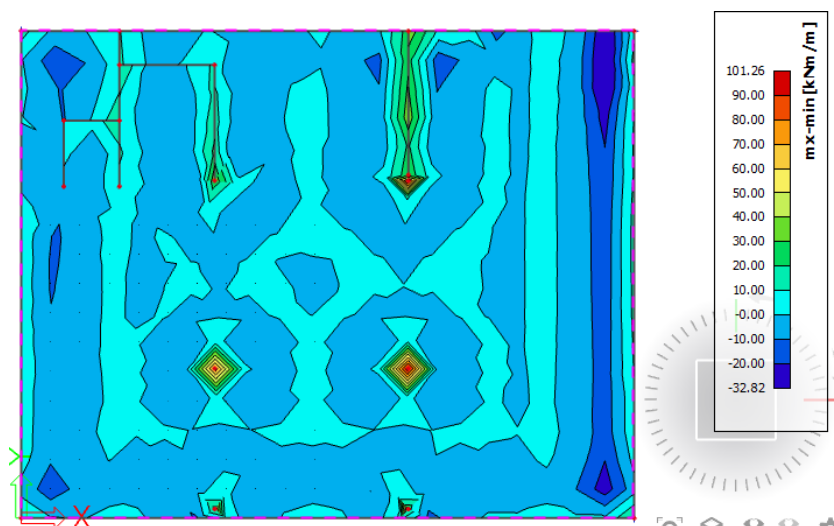
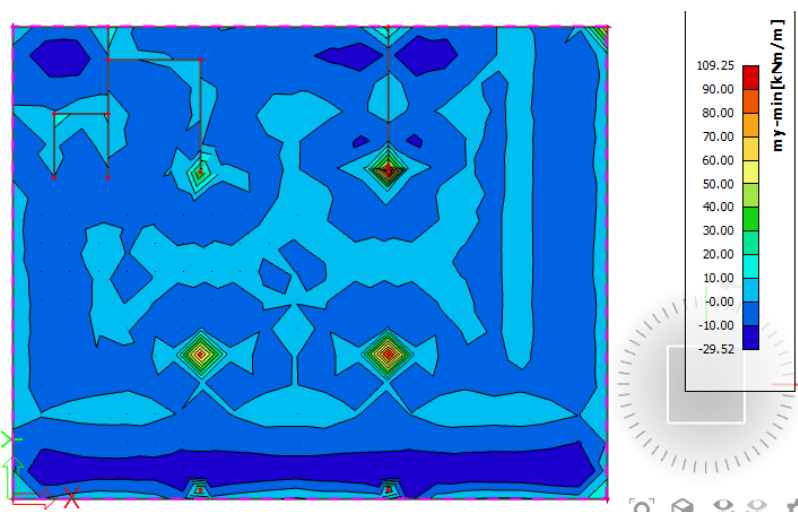
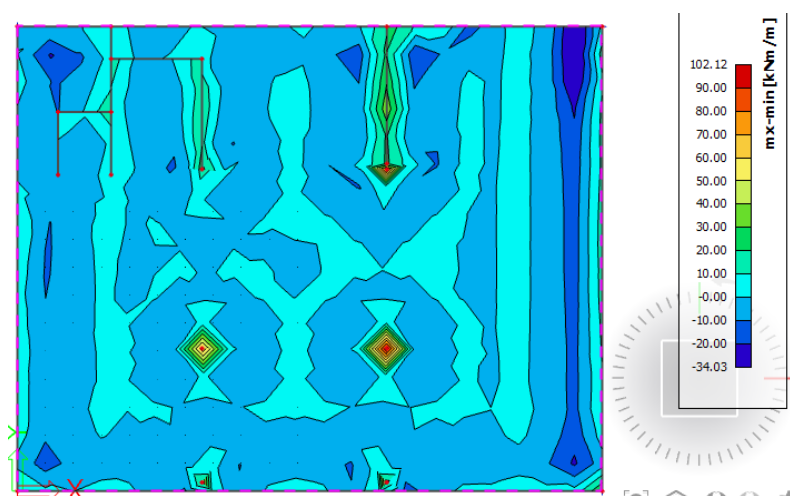
$$POTx = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x \quad POTy = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

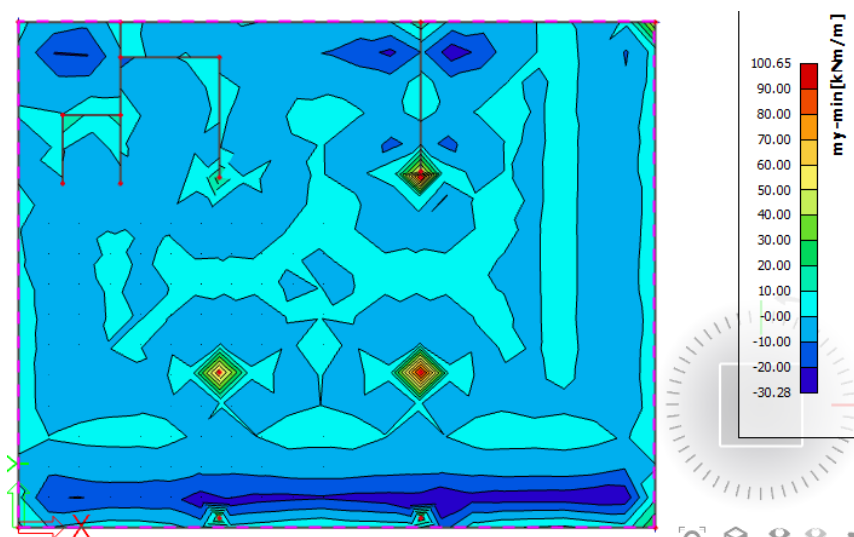


Slika 6.3. Moment savijanja M_x za kombinaciju GSN1

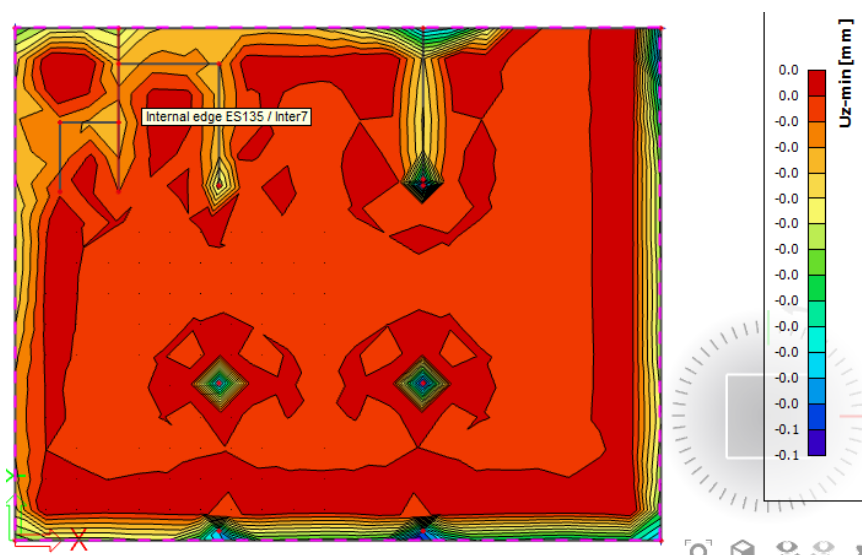


Slika 6.4. Moment savijanja M_y za kombinaciju GSN1

Slika 6.5. Moment savijanja M_x za kombinaciju POTxSlika 6.6. Moment savijanja M_y za kombinaciju POTxSlika 6.7. Moment savijanja M_x za kombinaciju POTy



Slika 6.8. Moment savijanja M_y za kombinaciju POTy



Slika 6.9. Slijeganje temeljne ploče Uz usljed djelovanja stalnog i promjenjivog opterećenja

6.4. Proračun temeljne ploče

Odabrane dimenzije ploče:

$$h = 60\text{cm}$$

$$d = h - d_1 = 60 - 10 = 50\text{cm}$$

Beton C30/37

$$\text{C30/37} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0\text{N/mm}^2 = 2,0\text{kN/cm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,3} = 23,1\text{N/mm}^2 = 2,31\text{kN/cm}^2$$

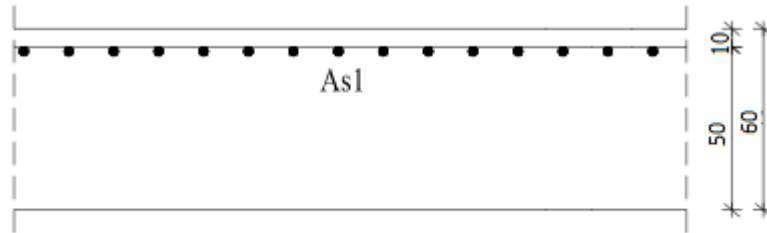
$$\tau_{rd} = 0,34\text{N/mm}^2 = 0,034\text{kN/cm}^2$$

Armatura B500B

$$\text{B500B} \rightarrow f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78\text{N/mm}^2 = 43,48\text{kN/cm}^2$$

$$f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,0} = 500,0\text{N/mm}^2 = 50,0\text{kN/cm}^2$$

6.4.1. Dimenzioniranje temeljne ploče u polju (gornja zona)



Slika 6.10. Skica armature u gornjoj zoni

Mjerodavna kombinacija GSN1:

Moment savijanja: $M_{Ed} = 35,00 \text{ kNm}$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3500}{100 \cdot 50^2 \cdot 2,3} = 0,0$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 0,9 \frac{o}{oo} \zeta = 0,984, \xi = 0,048$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3500}{0,984 \cdot 50 \cdot 50,0} = 1,42 \text{ cm}^2$$

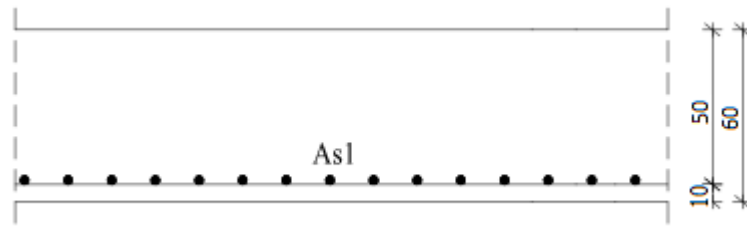
Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 50 = 7,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,odab} = \mathbf{Q-785} = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$$

6.4.2. Dimenzioniranje temeljne ploče (donja zona)



Slika 6.11. Skica armature u donjoj zoni

Mjerodavna kombinacija GSN1:

Moment savijanja: $M_{Ed} = 138,84 \text{ kNm}$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13884}{100 \cdot 50^2 \cdot 2,3} = 0,024$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \frac{o}{oo}, \varepsilon_{c2} = 1,4 \frac{o}{oo} \zeta = 0,971, \xi = 0,083$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13884}{0,971 \cdot 50 \cdot 50,0} = 5,71 \text{ cm}^2$$

Minimalna površina armature:

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 50 = 7,5 \text{ cm}^2 / m$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,odab} = \mathbf{Q-785} = 7,85 \text{ cm}^2$$

7 PRORAČUN STUBIŠTA

Stubišta u objektu su predviđena kao klasično armirani betonski elementi.

Debljina ploče stubišta je 15 cm.

Stubišta se izgrade kao monolitni elementi lijevani u jednostranoj oplati na licu mjesta. Za sve elemente predviđen je beton C 30/37, $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm, te armatura B 500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3.0 cm.

Vidljivo je da je za sva stubišta krak isti i iznosi 260 cm.

Proračun stubišta:

$$q_{st} = 1.35 \cdot g + 1.5 \cdot q = 1.35 \cdot 6.43 + 1.5 \cdot 3.0 = 13.18 \frac{kN}{m^2}$$

$$M_u \approx \frac{q_{st} \cdot l^2}{8} = \frac{13.18 \cdot 2.70^2}{8} = 12.01 \text{ kNm}$$

Dimenzioniranje:

C 30/35 $f_{cd}=30/1.5=20.0 \text{ MPa}$ a $M_{Ed}=12.01 \text{ kNm}$	~				
	b	100,00	cm		
	h	15,00	cm		C 30/37
	d₁ (d₂)	3,00	cm	f_{cd}	2,00 kN/cm ²
	d	12,00	cm	f_{yd}	43,48 kN/cm ²
	M_{ed}	11,99	kNm	Jednostruko armiranje	
	N_{ED}	0,00	kN	w	0,027
	e_{s1}	10,0	‰	r	0,100 %
	e_{c2}	1,2	‰	x	0,083
	M_{sds}	12,01	kNm	z	0,971
	M_{Rd,lim}	45,79	kNm	A_{s1}	2,37 cm ²
	m_{sd}	0,042		A_{s2}	0,00 cm ²
				A_{s,min}	1,50 cm ²
	Odabrana armatura: Q-283 (A_s=2.83 cm²/m)				

8 GRAFIČKI PRILOZI

8.1. Tlocrt podruma

8.2. Tlocrt prizemlja

8.3. Tlocrt katova

8.4. Tlocrt krova

8.5. Poprečni presjek A-A

8.6. Poprečni presjek B-B

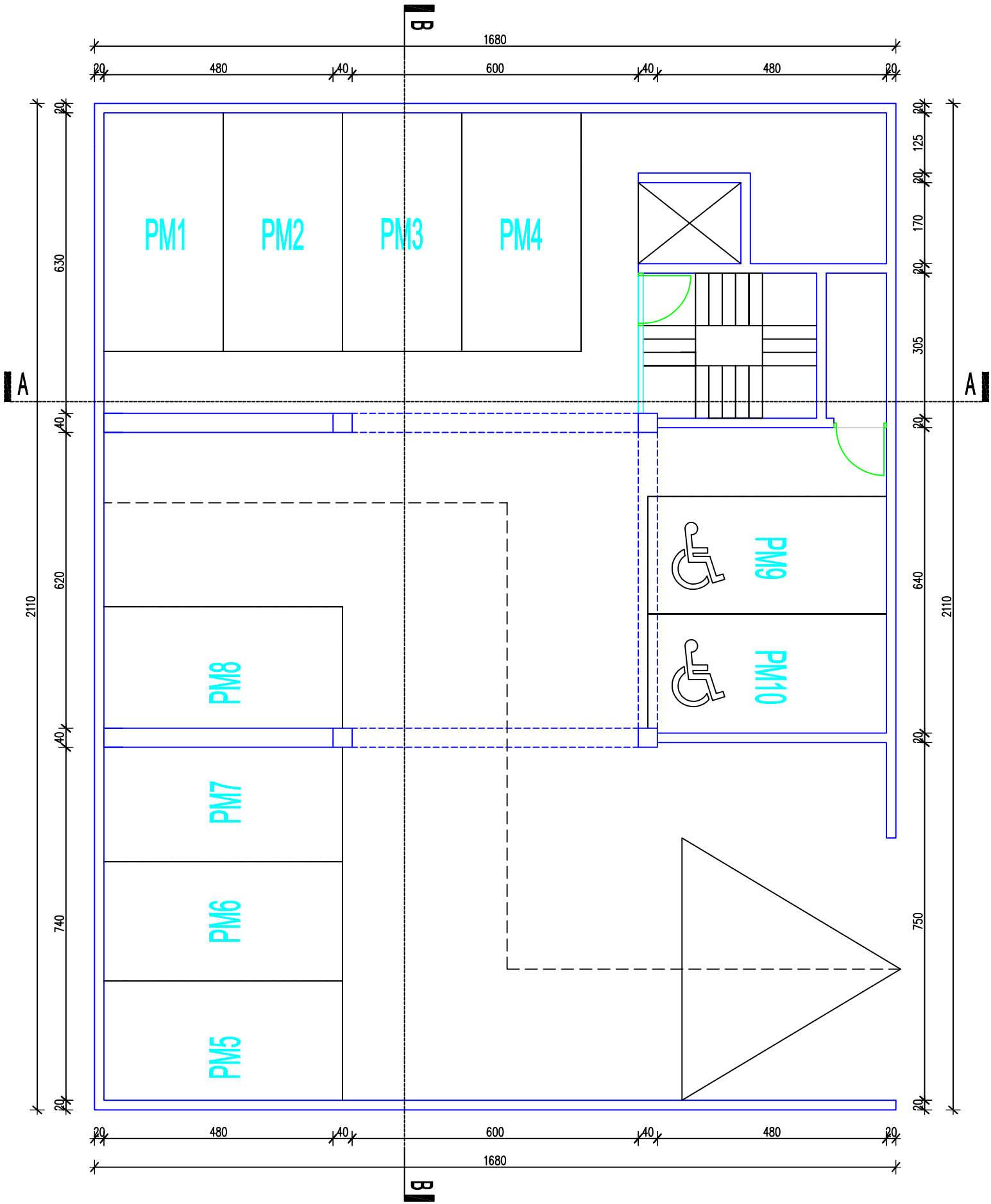
8.7. Južno pročelje

8.8. Zapadno pročelje

8.9. Sjeverno pročelje

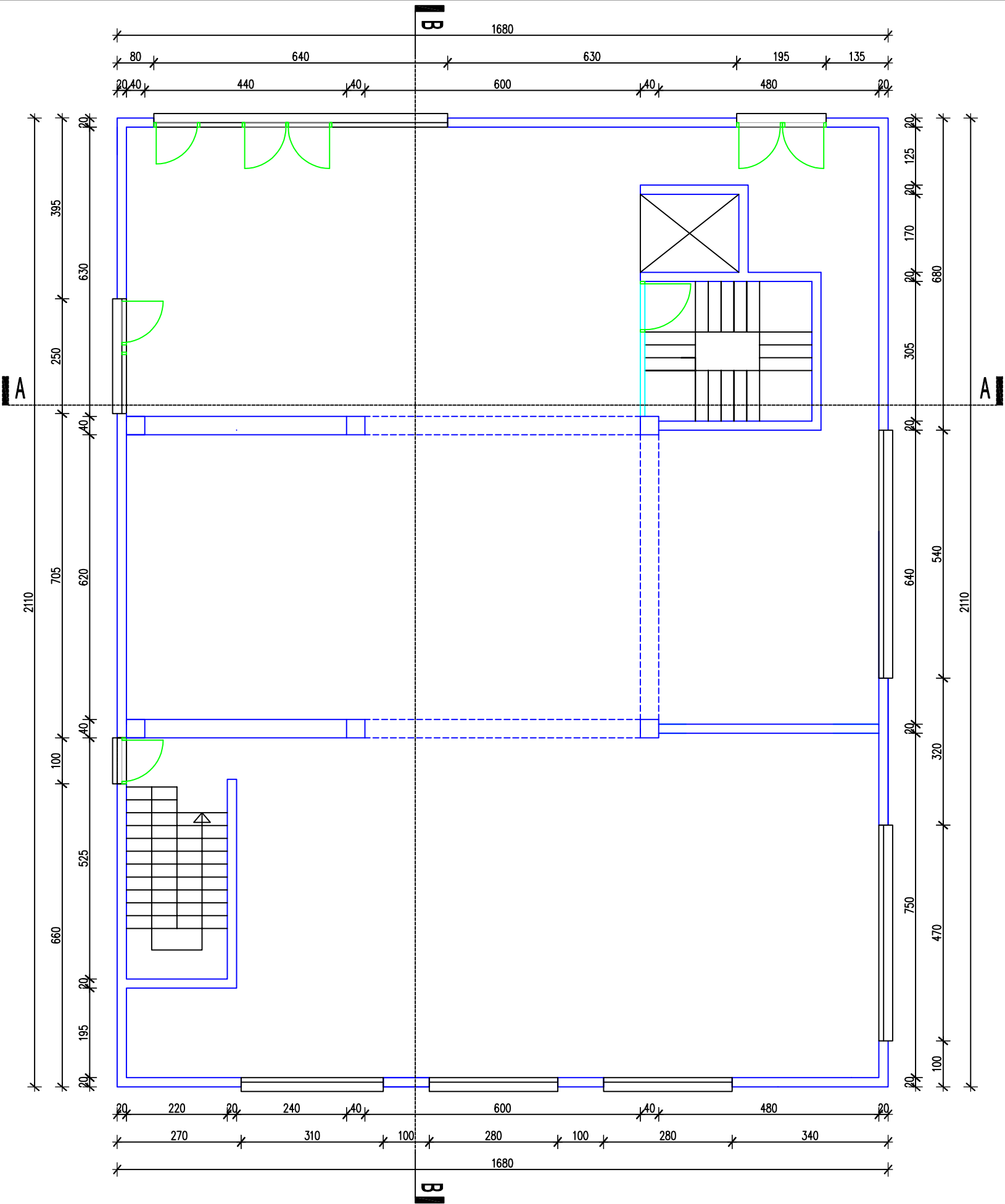
8.10. Istočno pročelje

TLOCRT GARAŽE
MJ 1:100



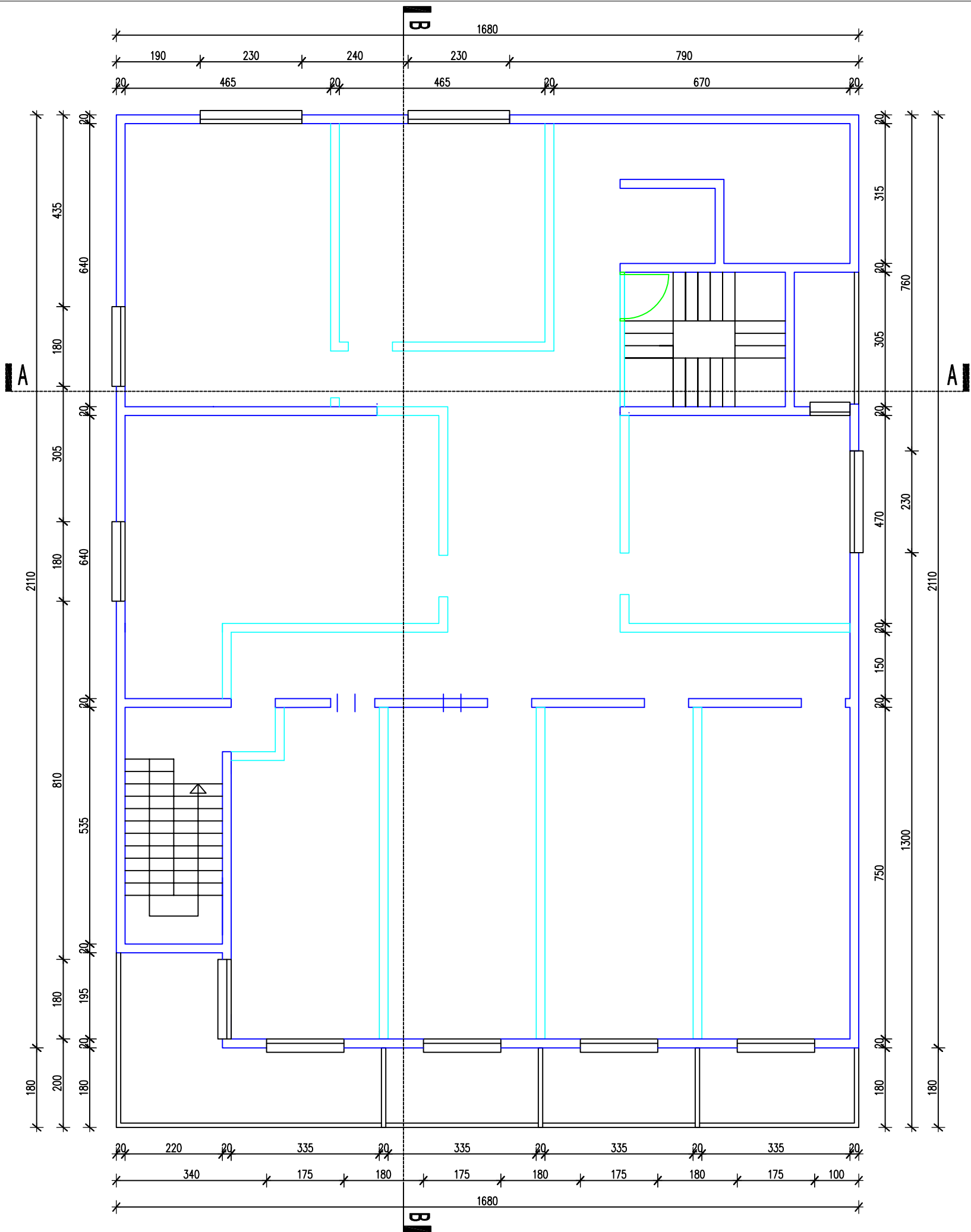
PREDMET:	Diplomski rad	 FACULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	TLOCRT PODRUMA (GARAŽE)	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić	MAŠTALO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.1

TLOCRT PRIZEMLJA
MJ 1:100



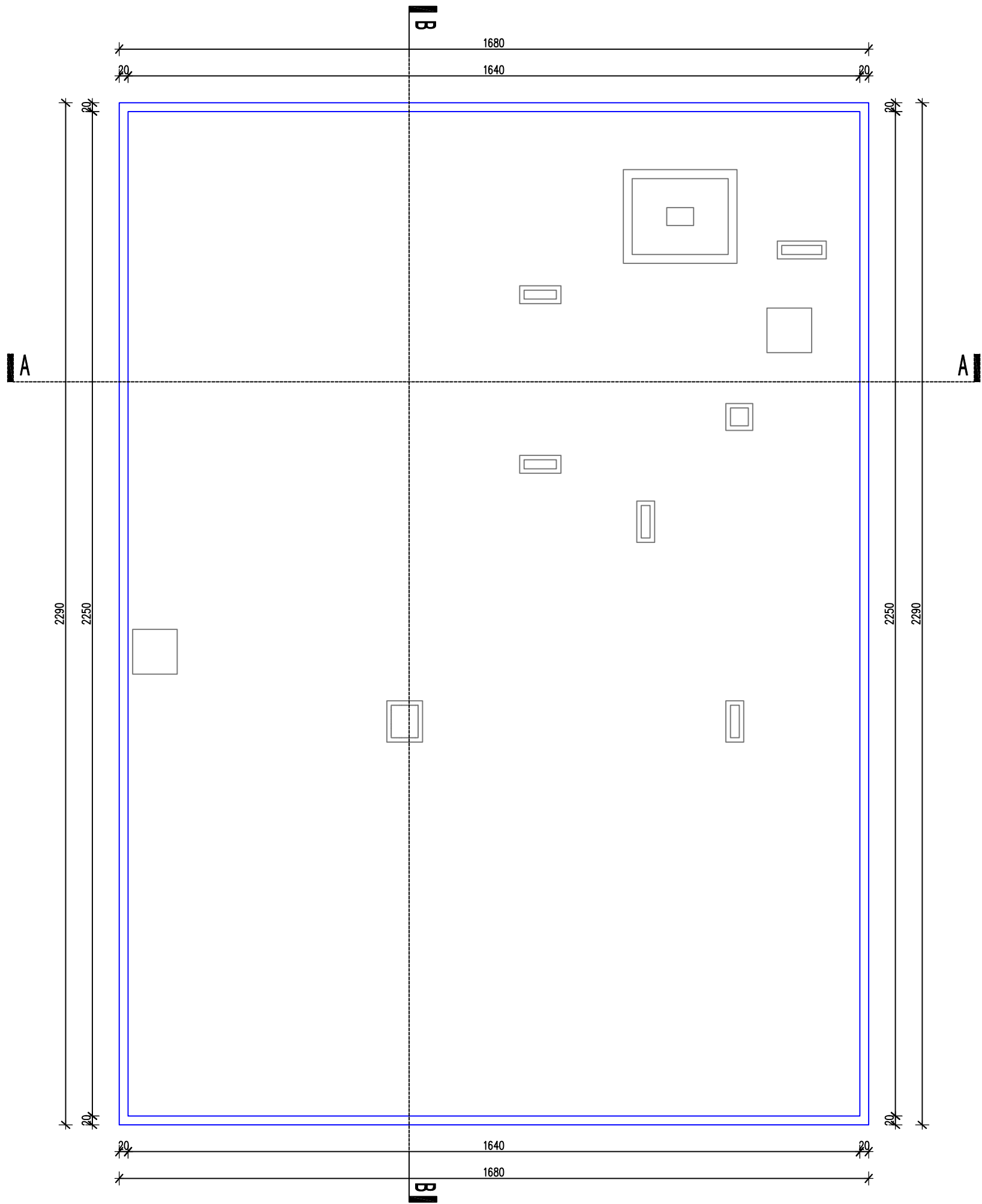
PREDMET:	Diplomski rad	 FACULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	TLOCRT PRIZEMLJA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MAŠTALO: 1:100 DATUM: rujan 2018.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BROJ PRILOGA: 8.2

TLOCRT 1.,2.,3. I 4. KATA
MJ 1:100



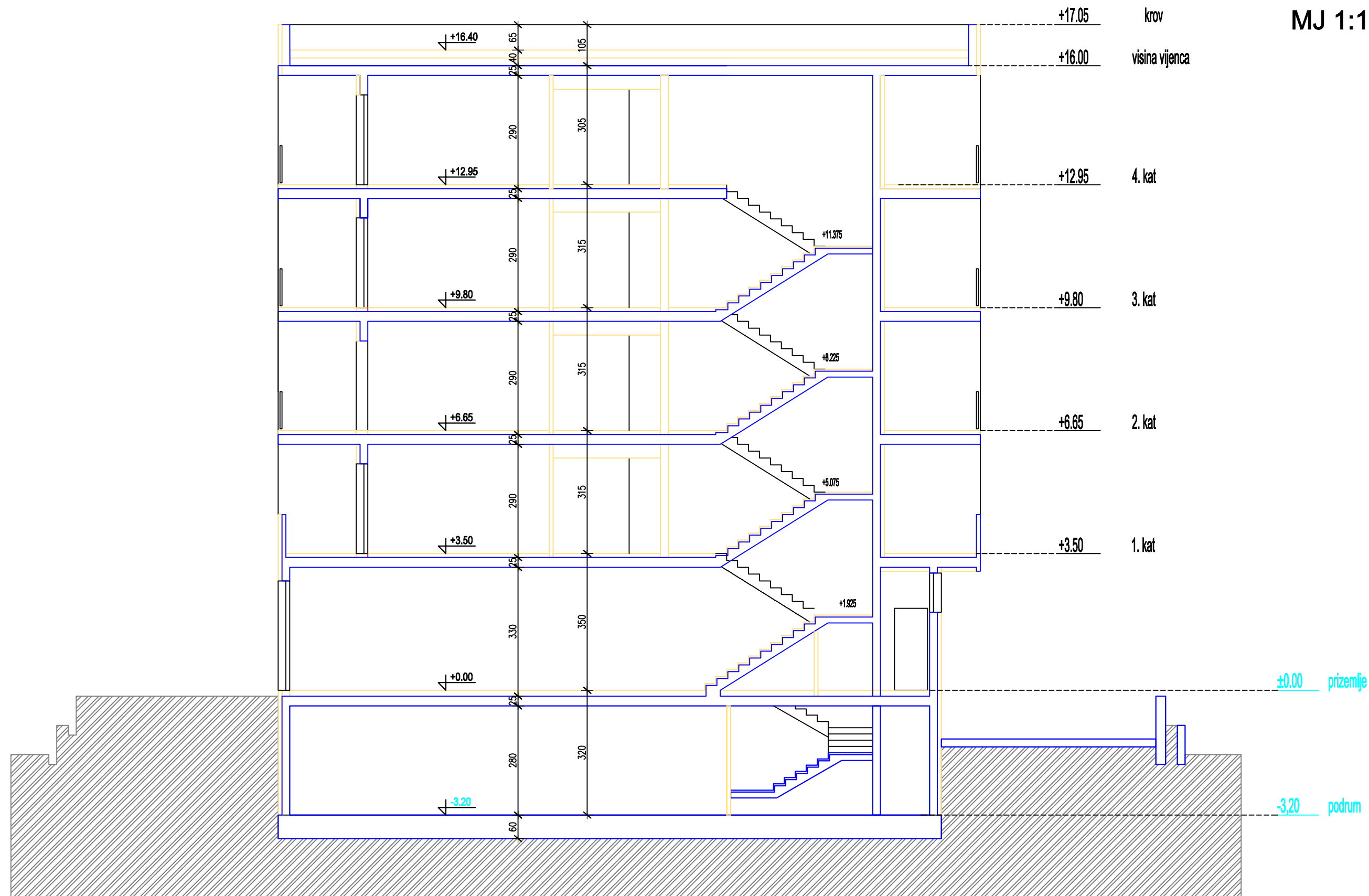
PREDMET:	Diplomski rad	 FAKULTET GRAĐEVINARSTVA I ARHITEKTURE UNIVERZITET U ZAGREBU POSREDOVANJE U PROMETU NEPOKRETNOSTI POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	TLOCRT 1.,2.,3. I 4. KATA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MAŠKLO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.3

TLOCRT KROVA
MJ 1:100

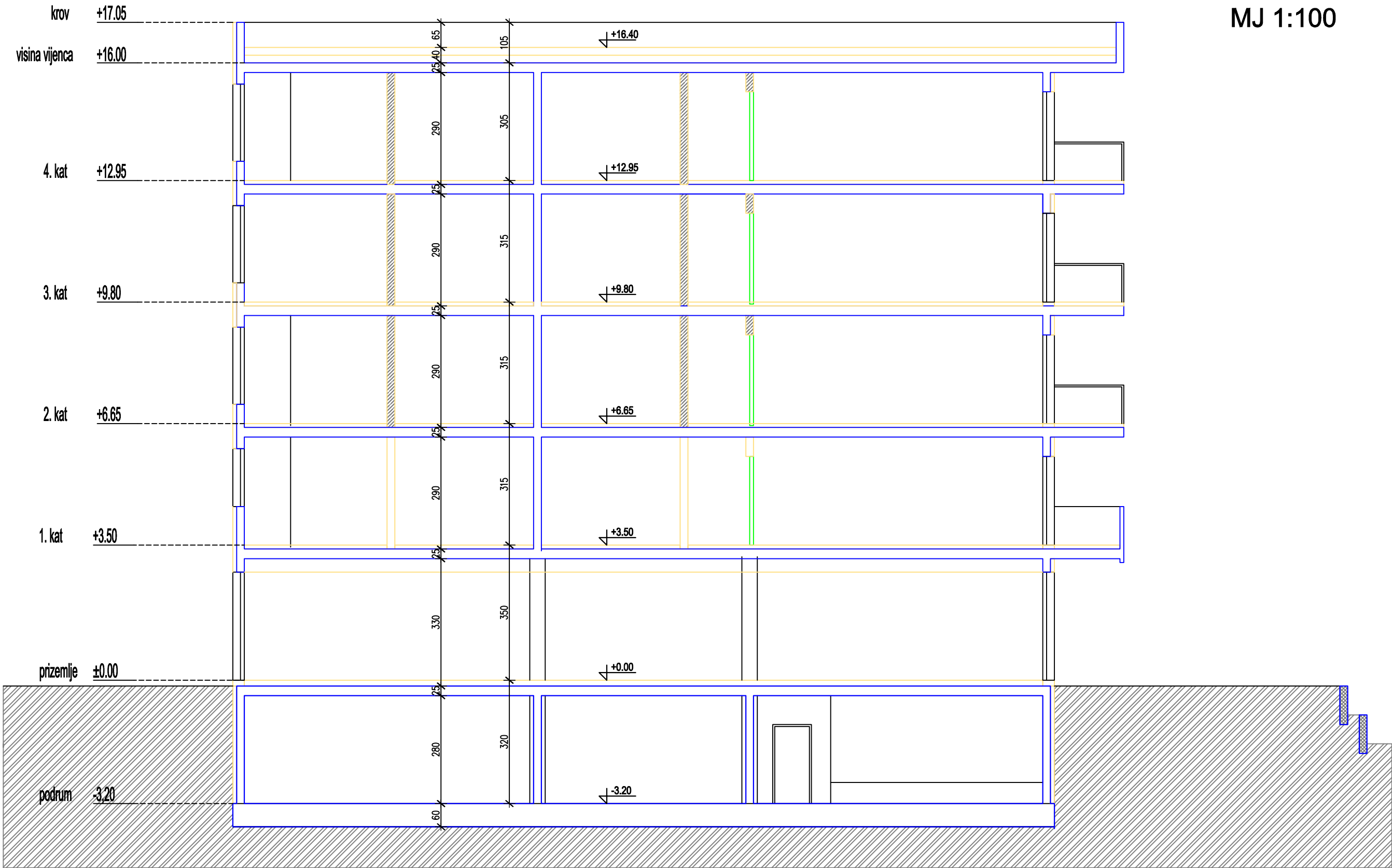


PREDMET:	Diplomski rad	 Fakultet građevinarstva i arhitekture UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VISTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	TLOCRT KROVA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić	MAŠBROJ: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.4

PROJEKTOVALAČ:	Ekoprojekt Ltd	REPUBLIKA SRBIJA MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU
KATEGORIJA:	Kateđra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekat konstrukcije	
SADRŽAJ:	PRESJEK A-A	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Metašan	
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DNEVA: 1:100 DATUM: rujan 2017 BRLO PROJEKTA: 05

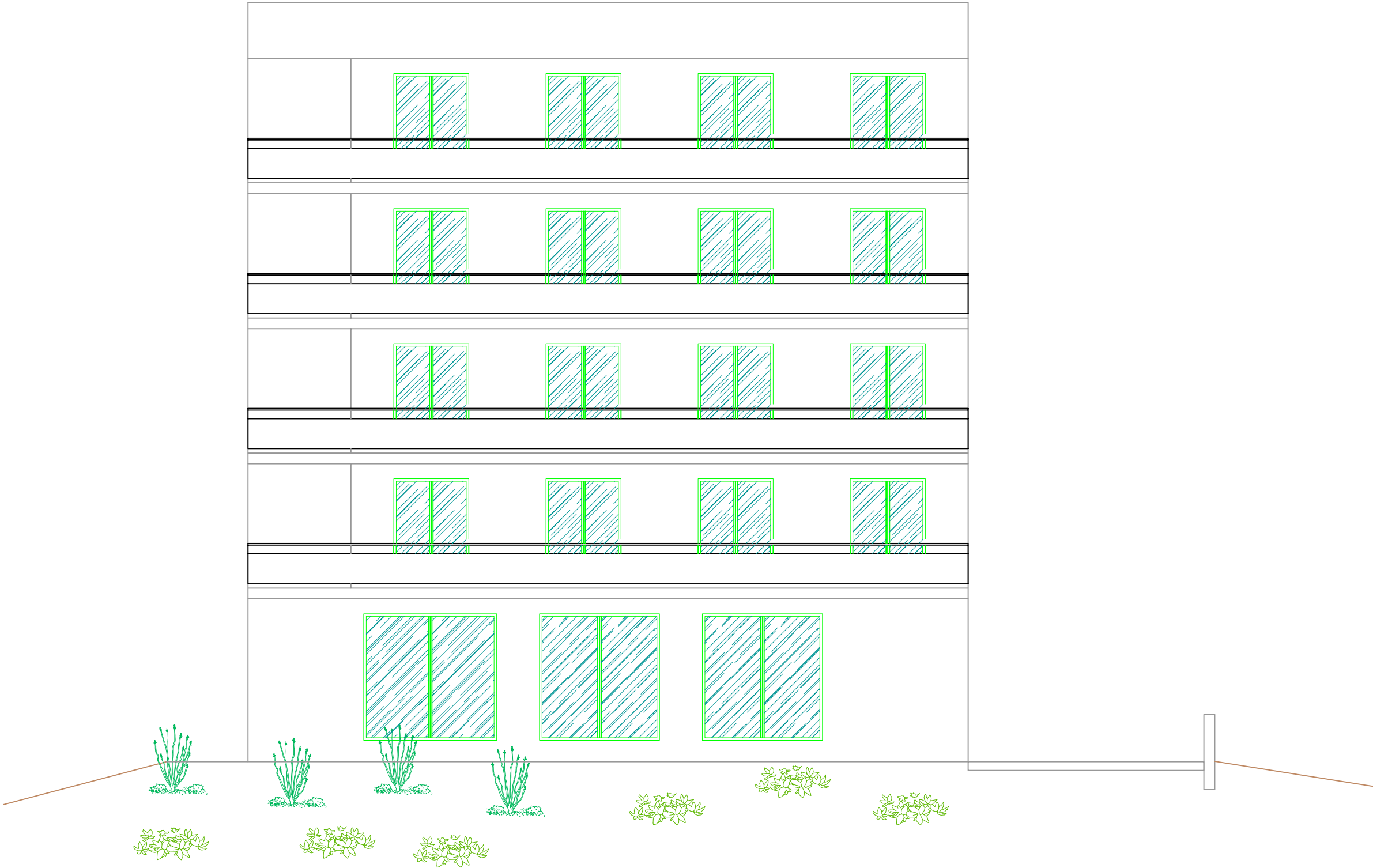


PRESJEK B-B
MJ 1:100



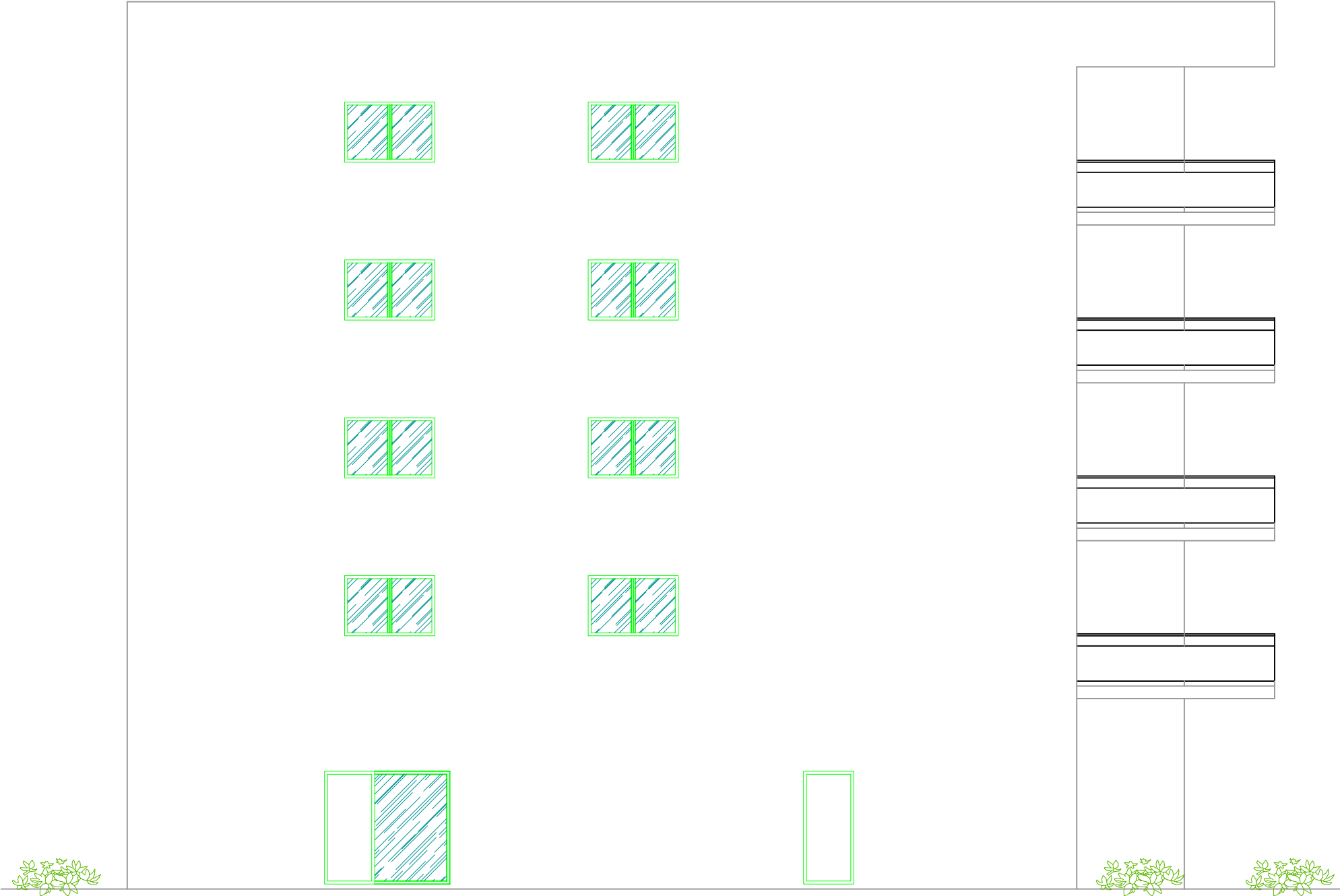
PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	PRESJEK B-B	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠTALO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.6

JUŽNO PROČELJE
MJ 1:100



PREDMET:	Diplomski rad	 Fakultet arhitekture UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	JUŽNO PROČELJE	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić	MAŠBLOK: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.7

ZAPADNO PROČELJE
MJ 1:100



PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ZAPADNO PROČELJE	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić	MAŠBLOK: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.8



SJEVERNO PROČELJE
MJ 1:100



PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	SJEVERNO PROČELJE	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠBLOK: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 8.9



ISTOČNO PROČELJE
MJ 1:100

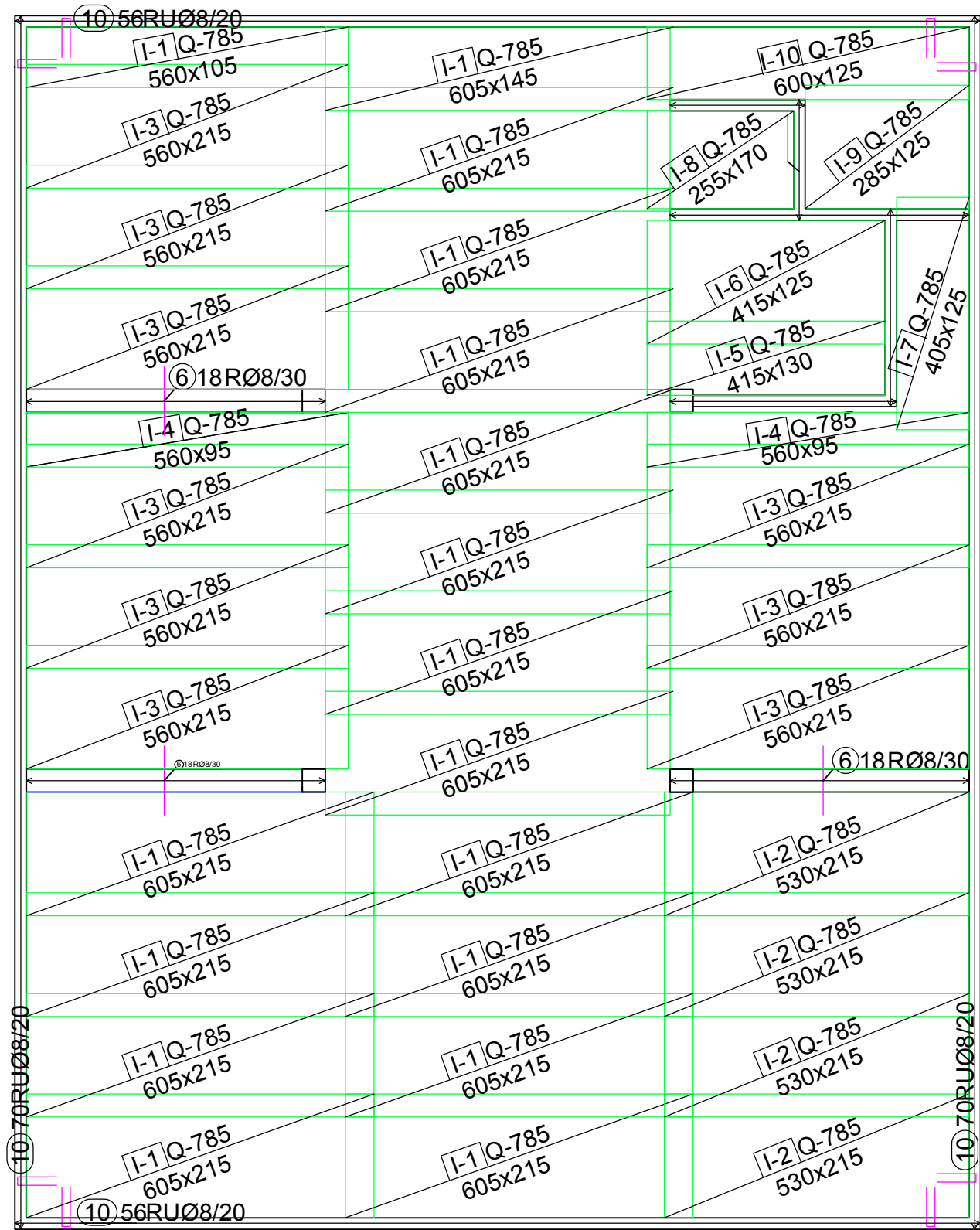


PREDMET:	Diplomski rad	 FACULTET ARHITEKTURE I GRAĐEVINARSTVA UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ISTOČNO PROČELJE	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić	MAŠBLOK: 1:100 DATUM: rujan 2018.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BROJ PRILOGA: 8.10

9 ARMATURNI NACRTI

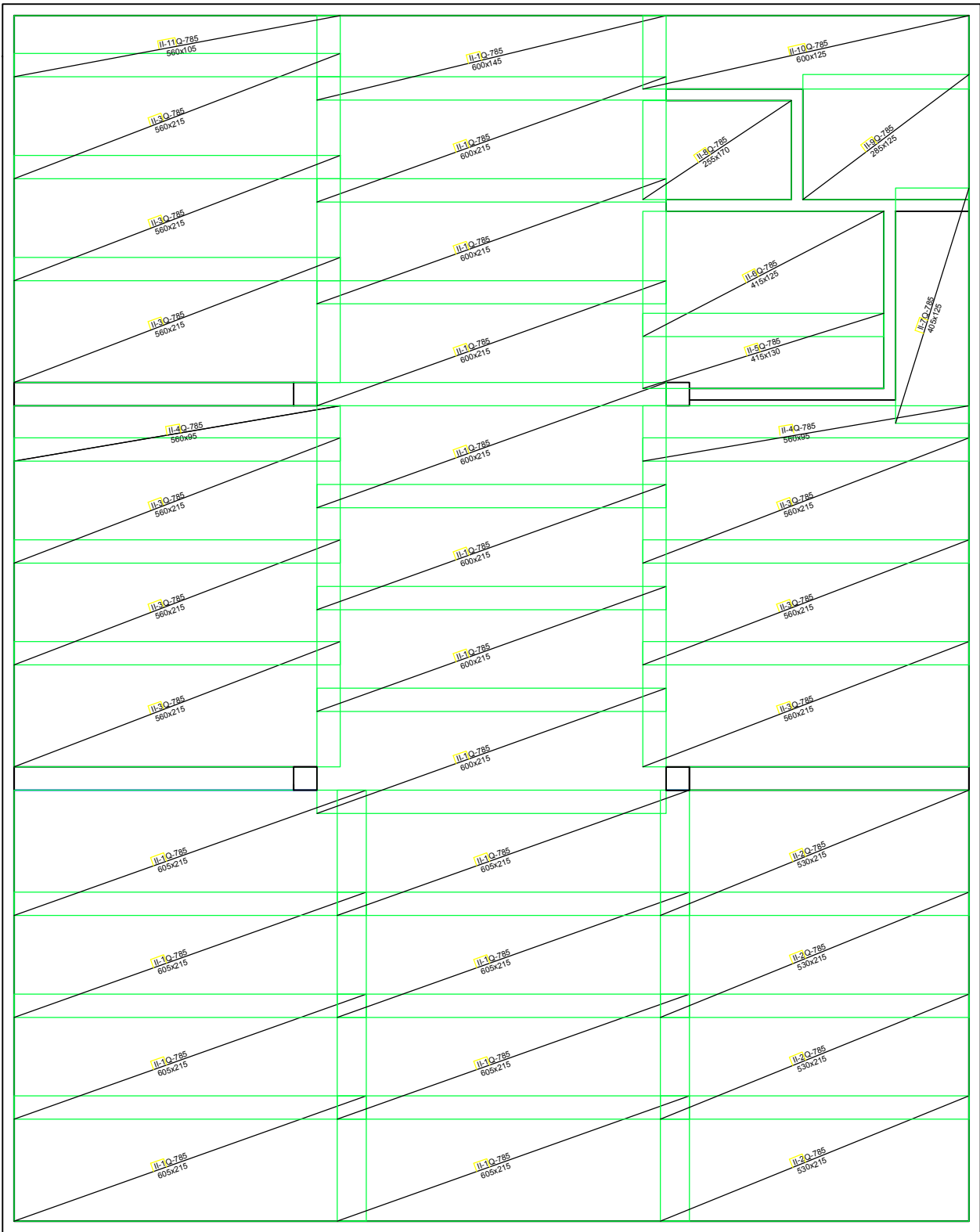
- 9.1. Armaturni nacrt međukatne ploče, pozicija 200, donja zona**
- 9.2. Armaturni nacrt međukatne ploče, pozicija 200, gornja zona**
- 9.3. Armaturni nacrt krovne ploče, pozicija 500, donja zona**
- 9.4. Armaturni nacrt krovne ploče, pozicija 500, gornja zona**
- 9.5. Armaturni nacrt okvira u podrumu**
- 9.6. Armaturni nacrt temeljne ploče, pozicija 000, donja zona**
- 9.7. Armaturni nacrt temeljne ploče, pozicija 000, gornja zona**

ARMATURA PLOČE
POZICIJA 000,
(TEMELJNA PLOČA)
DONJA ZONA
M 1:100

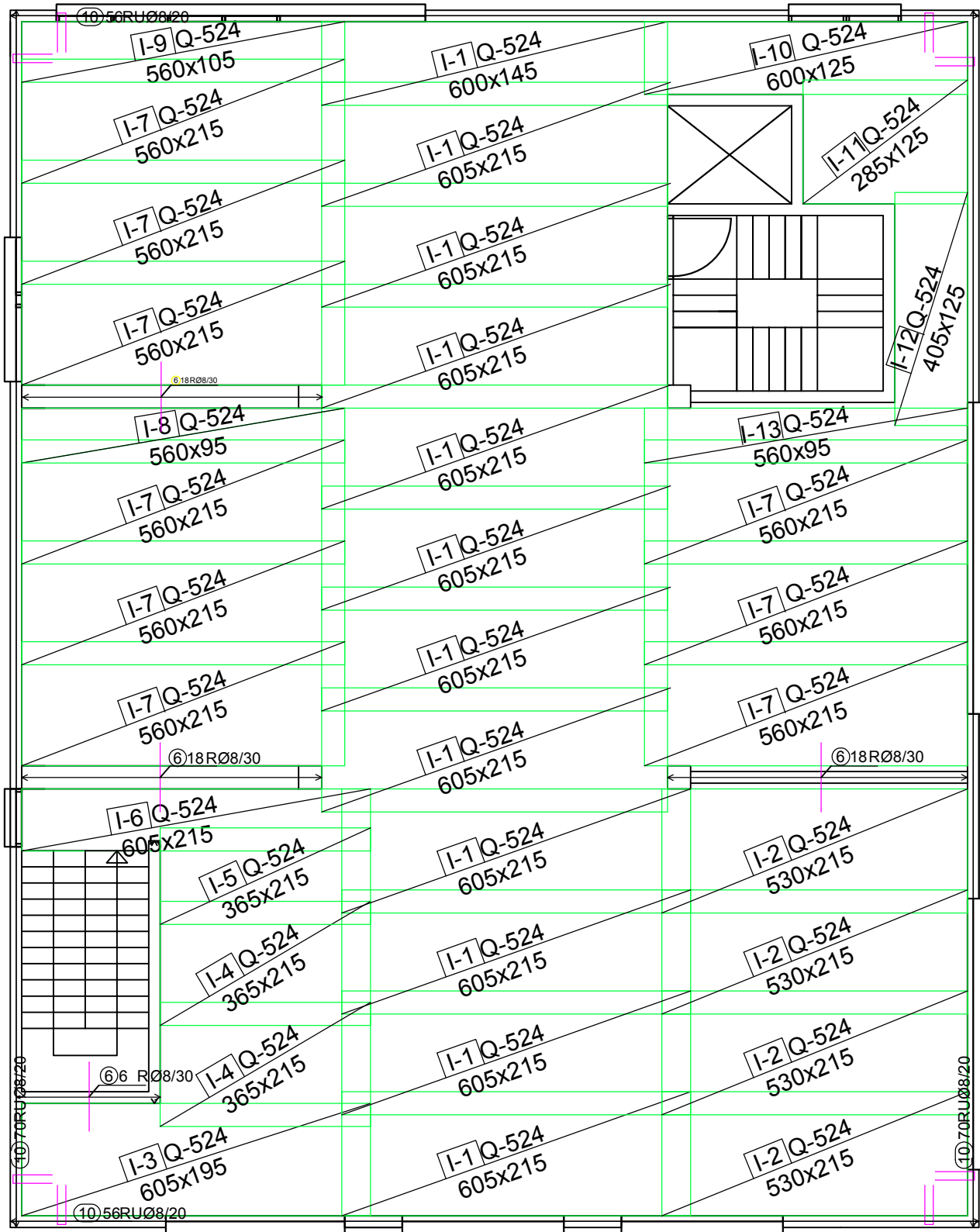


PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 000-donje zona	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠTALO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BR. IZLOŽAKA: 9.1

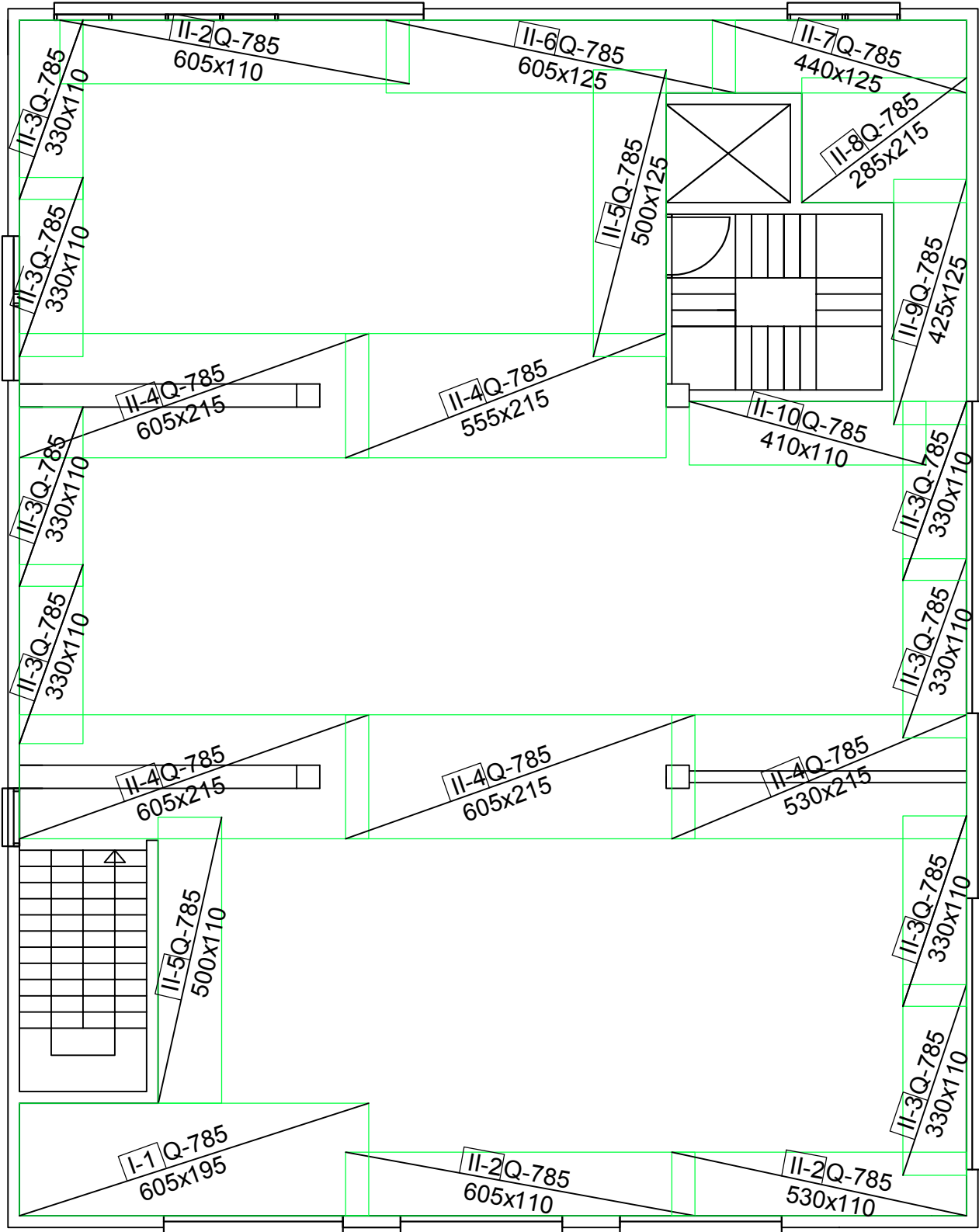
ARMATURA PLOČE
POZICIJA 000,
(TEMELJNA PLOČA)
GORNJA ZONA
M 1:100



PREDMET:	Diplomski rad	 Fakultet građevinarstva i arhitekture UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 000-gornja zona	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠTALO: 1:100 DATUM: rujan 2018.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BROJ PRILOGA: 9.2

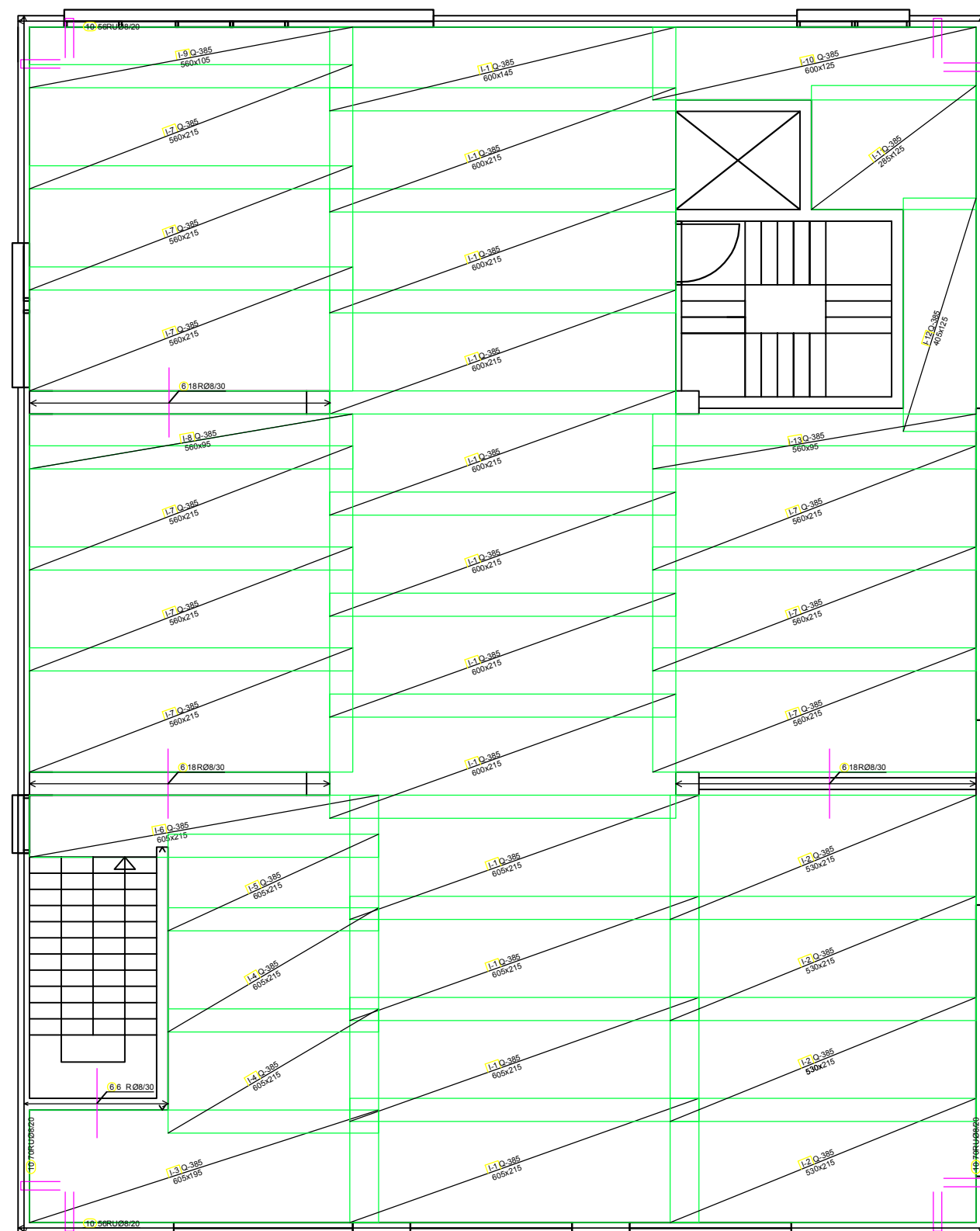


PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
BADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 100-donje zona	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠTALO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 9.3



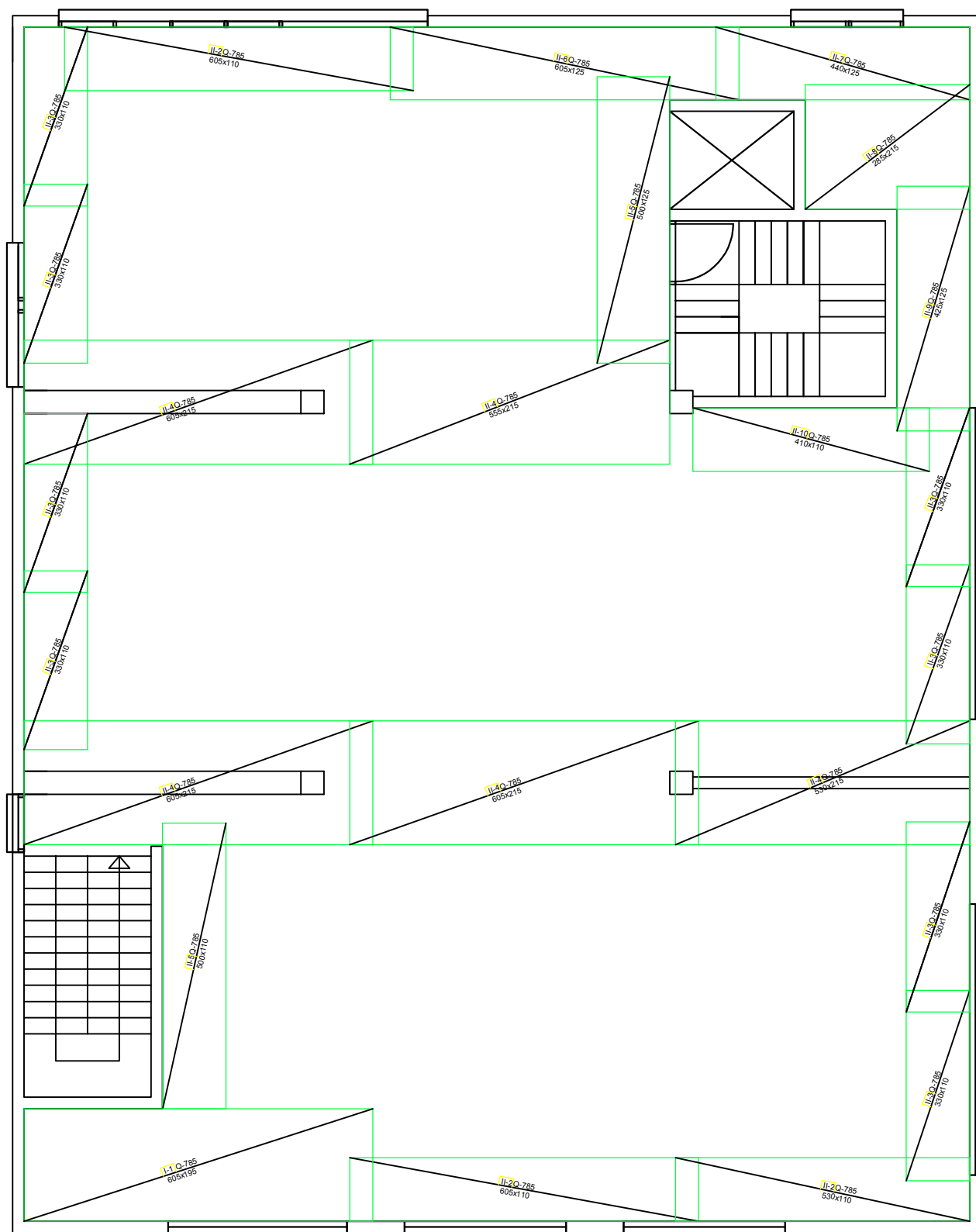
PREDMET:	Diplomski rad	 Fakultet građevinarstva i arhitekture UNIVERZITET U ZAGREBU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 100-gornja zona	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matašan	MAŠTALO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	DATA: rujan 2018.
		BROJ PLOHA: 9.4

ARMATURA PLOČE
POZICIJA 200,
DONJA ZONA
M 1:100



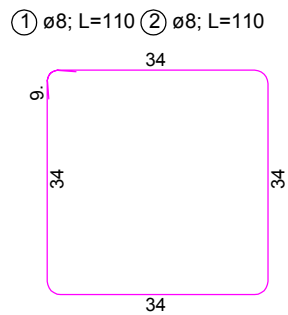
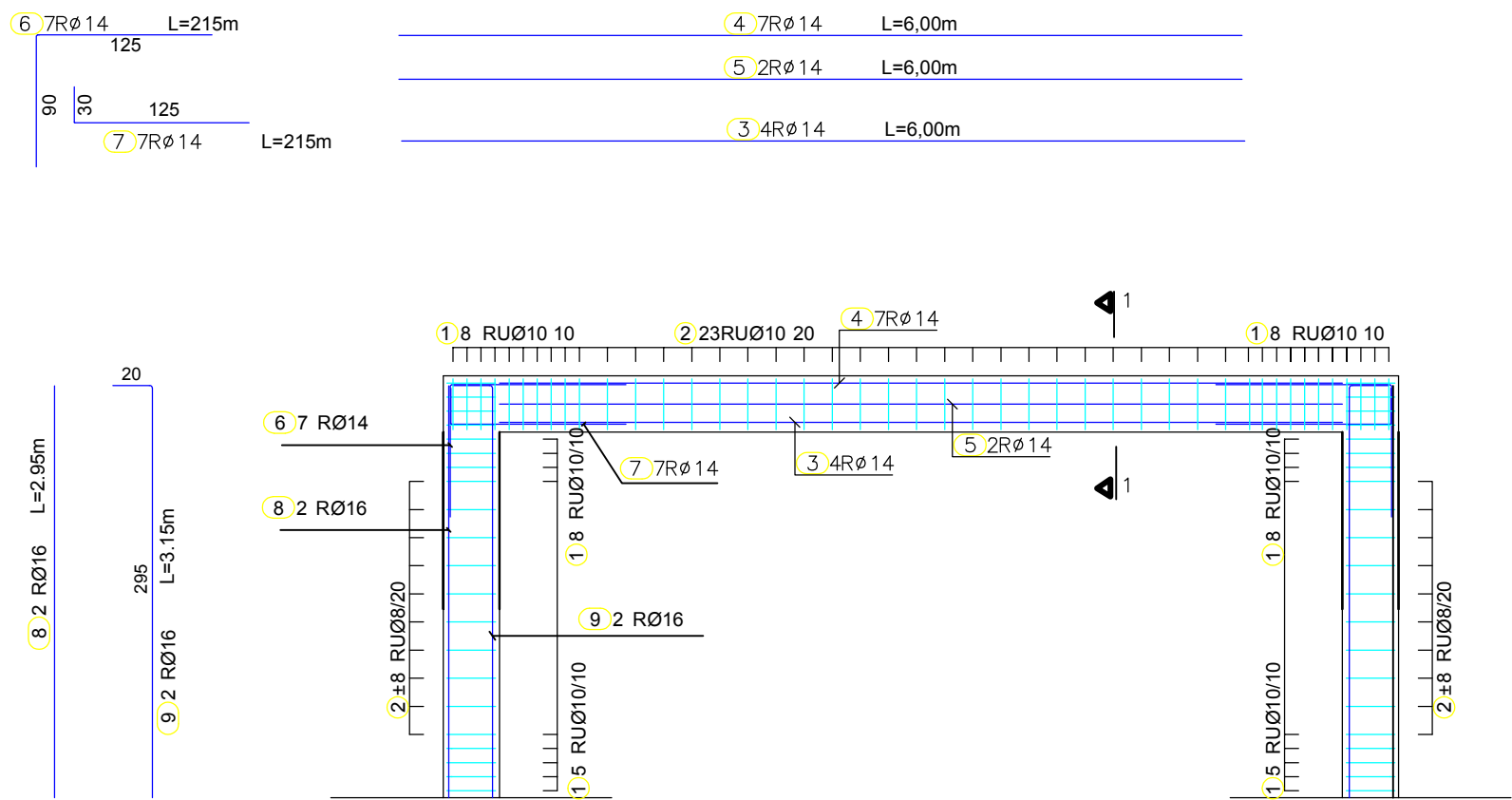
PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	 UNIVERZITET U NOVI SADI FAKULTET INŽINJERINGA POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU
VRSTA PROJEKTA:	Projekti konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 200-dor-dne zona	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MIENLOZ 1:100 DATUM: rujan 2011.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BRLO PRILOGA: 9.5

ARMATURA PLOČE
POZICIJA 200,
GORNJA ZONA
M 1:100

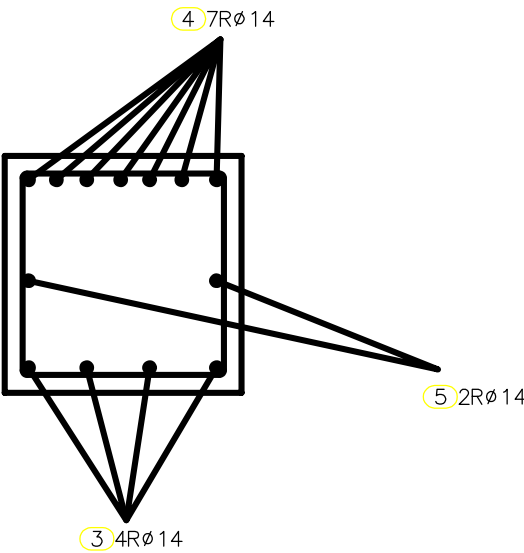


PREDMET:	Diplomski rad	 UNIVERZITET U ZAGREBU FAKULTET MEHANIČKIH INŽENJERSTVA I MAŠINSTVA POSREDOVANJE U PROMETU NEPOKRETNOSTI I POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove		
VRSTA PROJEKTA :	Projekti konstrukcije		
SADRŽAJ:	ARMATURA PLOČE POZICIJA 200-gornje zona		
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešić		MIJESLO: 1:100
STUDENT:	Luka Bukurov, 547		DATUM: rujan 2018.
		BROJ PRILOGA: 06	

ARMATURNI NACRT
OKVIRA S
KARAKTERISTIČNOM
GREDOM I STUPOVIMA
M 1:50

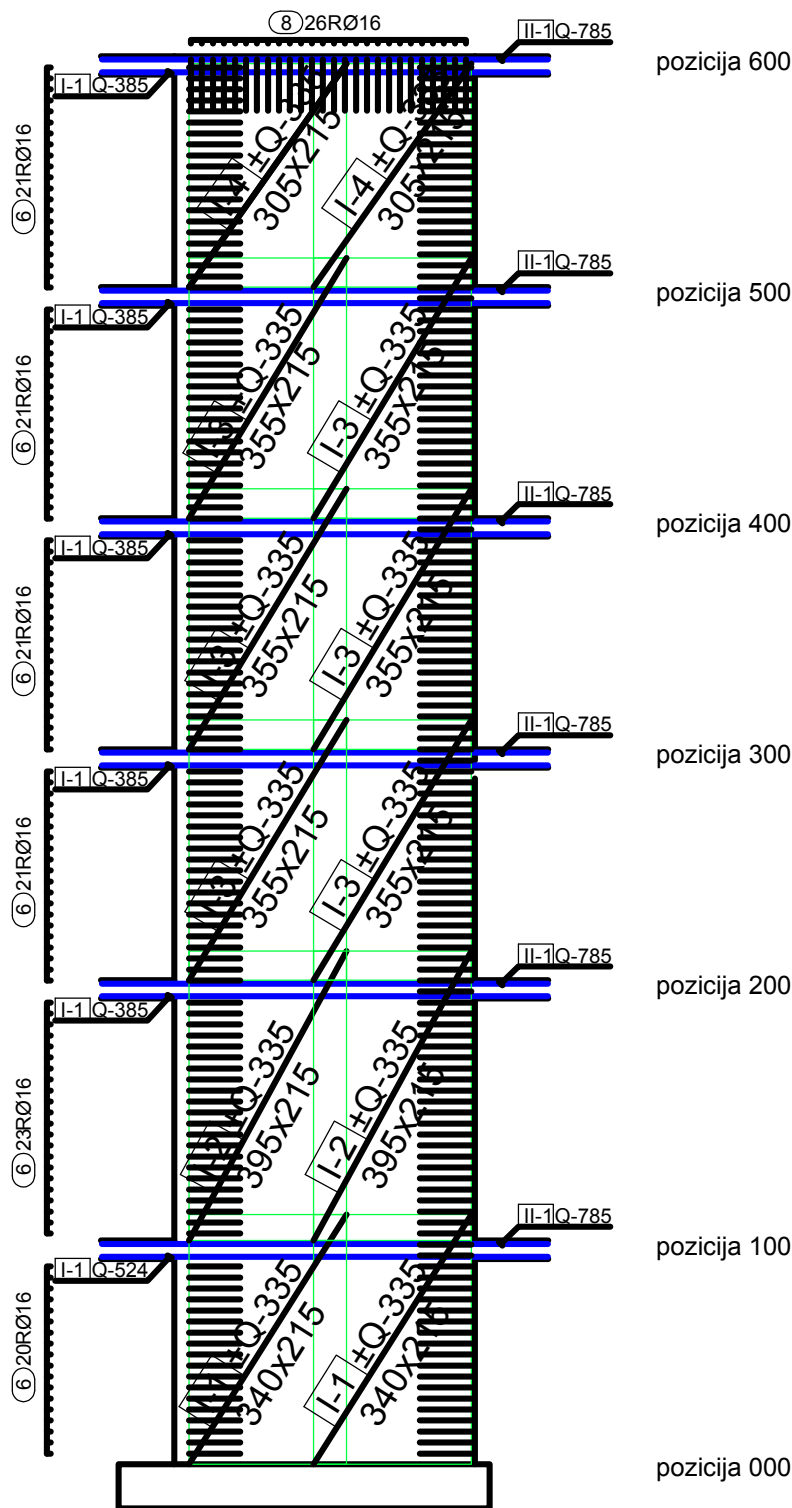


PP 1—1



PREDMET:	Diplomski rad	 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3148463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 486117
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA :	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURNI NACRT KAR. OKVIRA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:50
		DATUM: srpanj 2018.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BROJ PRILOGA: 9.7

ARMATURNI NACRT
KARAKTERISTIČNOG
ZIDA UZ STUBIŠTE
M 1:100



PREDMET:	Diplomski rad	 POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU POSREDOVANJE U PROMETU
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	ARMATURNI NACRT KARAKTERISTIČNOG ZIDA	
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	SKUPNOST 1:100 DATA rujun 2016.
STUDENT:	Luka Bukurov, 547	BRČUJ PRELODA: 9.8

10 LITERATURA

- [1] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.
- [2] Radnić J., Harapin A. OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA-Interna skripta, Split, 2007.
- [3] Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.
- [4] Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)
- [5] EN 1992 Eurokod 2, Proračun betonskih konstrukcija, CEN-Belgija 2004.
- [6] EN 1998 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje, CEN-Belgija, 2004.