Projekt konstrukcije stambeno-poslovne zgrade u Velikoj Gorici

Stepić, Antun

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:063510

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-28**

Repository / Repozitorij:

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

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Antun Stepić

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Antun Stepić

Projekt konstrukcije stambeno-poslovne zgrade u Velikoj Gorici

Diplomski rad

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15.

STUDIJ: SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI

KANDIDAT: Antun Stepić

BROJ INDEKSA: 606

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

PREDMET: Betonske konstrukcije

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Projekt konstrukcije stambeno-poslovne zgrade u Velikoj Gorici

Opis zadatka: Armirano betonska zgrada ima 5 etaža s visinama 2,80 m . Nalazi se u zoni s osnovnom brzinom vjetra od 22 m/s i karakterističnim opterećenjem snijega od 0,88 kN/m^2, te potresnoj zoni s mogućim ubrzanjem tla od 0,2 g. Temeljena je na tlu proračunske nosivosti 0,6 MPa. Vertikalno promjenjivo (korisno) opterećenje iznosi 3,0 kN/m^2. Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore armirano betonske ploče oslonjene na grede i zidove. Vertikalnu nosivu konstrukciju tvore obodni i unutarnji armiranobetonski zidovi. Zidovi su temeljeni na trakastim temeljima. Potrebno je izraditi projekt konstrukcije zgrade (tehnički opis, glavni građevinski nacrti s planovima pozicija, proračun) i planove armature karakterističnog temelja, karakterističnog zida, srednje međukatne konstrukcije, te krovne ploče.

U Splitu, 17.ožujka 2017.

Voditelj diplomskog rada:
Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:

Prof. dr. sc. Veljko Srzić

Projekt konstrukcije stambeno-poslovne zgrade u Velikoj Gorici

Sažetak:

Zadatak ovog diplomskog rada je bio izraditi projekt konstrukcije stambeno-poslovne zgrade u Velikoj Gorici. Nosivu konstrukciju čini sustav greda, zidova i ploča izvedenih monolitno od armiranog betona. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata , karakteristične građevinske nacrte i armaturne planove.

Ključne riječi:

Projekt konstrukcije, tehnički opis, numerički model, opterećenje, proračun, međukatna konstrukcija, zidovi, trakasti temelj, stubište, armatura

Construction of residential and business building project in Velika Gorica

Abstract:

The task of this thesis was to make the construction of residential and business building project in Velika Gorica. Supporting structure makes the system of beams, walls and slabs performed monolithic in reinforced concrete. The project contains a technical description of the construction, calculation of load-bearing structural elements and specific building plans and

Keywords:

Construction project, technical description, numerical model, load, calculation, floor slab, planar frame, walls, belt foundation, staircase, reinforcement

Sadržaj

1 TEHNIČKI OPIS 10
1.1 Opis nosive konstrukcije 11
1.1.1 Temelji 11
1.1.2 Zidovi 11
1.1.3 Grede 11
1.1.4 Međukatne konstrukcije 11
1.2 Osnovna djelovanja i kombinacije 12
1.2.1 Osnovna djelovanja 12
1.2.2 Osnovne kombinacije djelovanja 13
1.3 Konstruktivni materijali 14
1.3.1 Beton 14
1.3.2 Betonski čelik 15
1.4 Pravilnici i norme 15
1.5 Plan kontrole i osiguranja kvalitete 16
1.5.1 Opće napomene 16
1.5.2 Betonski i armirano betonski radovi 16
1.5.3 Ostali radovi i materijali 18
1.5.4 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole 19
1.6 Posebni tehnički uvjeti 21
1.6.1 Oplate i skele 21
1.6.2 Transport i ugradnja betona 22
1.6.3 Betoniranje pri visokim vanjskim temperaturama 23
1.6.4 Betoniranje pri niskim temperaturama 24
1.7 Obaveze izvođača 24
1.8 Uvjeti održavanja i projektirani vijek trajanja 24
1.9 Geometrija 26
2 ANALIZA OPTEREĆENJA 29
2.1 Stalno opterećenje 29
2.1.1 Međukatna konstrukcija 29

2.1.2 Krovna konstrukcija 30
2.1.3 Stubište 31
2.2 Opterećenje snijegom "s_k" 32
2.3 Opterećenje vjetrom 33
2.3.1 Analiza opterećenja vjetrom 34
2.4 Izvanredno djelovanje 40
2.4.1 Seizmičko opterećenje Sx i Sy 40
3 PRIKAZ NUMERIČKOG MODELA 42
3.1 3D render modela 42
3.2 Izometrijski prikaz opterećenja 43
4 MODALNA ANALIZA 46
4.1 Angažirana masa 46
4.2 Grafički prikaz 47
5 PRORAČUN AB PLOČA 49
5.1 Pozicija 300 – ploča 3. kata 49
5.1.1 Prikaz opterećenja 49
5.1.2 Rezultati proračuna 50
5.1.3 Dimenzioniranje 53
5.2 Pozicija 500 – krovna ploča 55
5.2.1 Prikaz opterećenja 55
5.2.2 Rezultati proračuna 56
5.2.3 Dimenzioniranje 61
5.3 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti 63
5.3.1 Proračun pukotina 63
5.3.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba) 68
6 PRORAČUN AB GREDA 71
6.1 Plan pozicija 71
6.2 Dimenzioniranje grede G1 72

6.3 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda i stalne opreme) 72
6.3.2 Dimenzioniranje 73
6.4 Dimenzioniranje grede G2 76
6.4.2 Dimenzioniranje 77
6.5 Dimenzioniranje grede G3 80
6.5.2 Dimenzioniranje 81
6.6 Dimenzioniranje grede G4 84
6.6.2 Dimenzioniranje 85
6.7 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti 88
6.7.1 Proračun pukotina 88
6.7.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba) 91
7 PRORAČUN NOSIVIH ZIDOVA 93
7.1 Plan pozicija 93
7.2 Zid Z1 94
7.2.1 Rezultati proračuna 94
7.2.2 Proračun zida Z1 unutar kritičnoga područja 100
7.3 Zid Z2 104
7.3.1 Rezultati proračuna 104
7.3.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja 110
7.4 Zid Z3 114
7.4.1 Rezultati proračuna 114
7.4.2 Proračun zida Z3 unutar kritičnoga područja 120
7.5 Zid Z4 124
7.5.1 Rezultati proračuna 124
7.5.2 Proračun zida Z4 unutar kritičnoga područja 130
7.6 Zid Z5 134
7.6.1 Rezultati proračuna 134
7.6.2 Proračun zida Z5 unutar kritičnoga područja 140
7.7 Zid Z6 144

7.7.1 Rezultati proračuna 144
7.7.2 Proračun zida Z6 unutar kritičnoga područja 150
7.8 Zid Z7 154
7.8.1 Rezultati proračuna 154
7.8.2 Proračun zida Z7 unutar kritičnoga područja 160
8 PRORAČUN AB STUBIŠTA 164
8.1.1 Rezultati proračuna – moment savijanja 164
8.1.2 Dimenzioniranje 164
9 DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE 165
9.1 Rezultati proračuna 165
9.1.1 Plan pozicija 165
9.1.2 Prikaz naprezanja u tlu od seizimičke kombinacije 165
9.2 Trakasti temelj 166
9.2.1 Kontrola naprezanja u tlu 166
9.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja 166
10 GRAFIČKI PRILOZI 168
10.1 Tlocrt temelja 168
10.2 Tlocrt prizemlja 168
10.3 Tlocrt 1. kata 168
10.4 Tlocrt 2.,3. i 4. kata 168
10.5 Tlocrt krova 168
10.6 Poprečni presjek A-A 168
10.7 Poprečni presjek B-B 168
10.8 Pročelje sjever 168
10.9 Pročelje jug 168
10.10 Pročelje istok 168
10.11 Pročelje zapad 168
11 ARMATURNI NACRTI 169
11.1 Armatura ploče-donja zona-pozicija 100-400 169

11.2 Armatura ploče-gornja zona-pozicija 100-400 169
11.3 Iskaz količine armature za ploče-pozicija 100-400 169
11.4 Armatura ploče-donja zona-pozicija 500 169
11.5 Armatura ploče-gornja zona-pozicija 500 169
11.6 Armaturni nacrt zida Z3 s temeljnom stopom 169
12 LITERATURA 170

1 TEHNIČKI OPIS

Predmet zadatka ovog diplomskog rada je izrada projekta nosive konstrukcije armiranobetonske stambeno-poslovne zgrade. Građevina se koristi kao uredski prostor u prizemlju, a u gornjim katovima nalaze se prostorije za odmor i boravak osoblja. Građevina se sastoji od 5 nadzemnih etaža s visinom katova 2,80 (m). Tlocrtna bruto površina etaže je 162 m^2, tlocrtnih dimenzija gabarita 11,95x13,55 (m), dok je ukupna visina 14,40 m.

Vertikalnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonski stupovi i armirano-betonski zidovi. Međukatnu nosivu konstrukciju čine armirano-betonske ploče. Vertikalna komunikacija je ostvarena dvokrakim stubištima i liftom. Izvodi se od betona klase C30/37 i armira armaturnim mrežama B500B.

Građevina se nalazi u VII. potresnoj zoni (moguće ubrzanje tla je 0,2 g, tj. u kojoj se za povratni period od 500 godina očekuje pojava potresa VII° MCS skale), I. području opterećenja vjetrom (osnovna brzina vjetra je 22 m/s) i području A opterećenja snijegom (opterećenje iznosi 0.88 kN/m^2).

U konstrukciji horizontalne (seizmičke, sile od vjetra) sile preuzimaju većim dijelom zidovi, a dijelom međukatna ploča. Za prilaz na etaže služe unutarnja ab stepeništa, debljine nosive ploče d=18,0 cm.

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

Nosivo tlo je nekoherentno krupno zrnato tlo čija granična nosivost nakon zbijanja

iznosi 600 kPa.

1.1 Opis nosive konstrukcije

1.1.1 Temelji

Računska granična nosivost tla iznosi $\sigma_{R,d}$=0,6 MPa, što je nakon iskopa temelja potrebno utvrditi ispitivanjem. Objekt se temelji na način da se armiranobetonski zidovi temelje na temeljnim trakama. Predviđen je beton C30/37 $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm armiran s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 5 cm.

1.1.2 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.

1.1.3 Grede

Sve grede su izvedene od betona C30/37 i armirane s B-500B. Zaštitni slojevi betona do armature iznose min. 3 cm.

Grede su u sklopu zidova, koji čine okvir za prijenos horizontalnog i vertikalnog opterećenja.

1.1.4 Međukatne konstrukcije

Međukatnu nosivu konstrukciju zgrade tvore križno armirane betonske ploče. Sve AB nosive ploče su debljine 18 cm. Izvode se iz betona klase C30/37 i armiraju armaturnim mrežama B500B.

1.2 Osnovna djelovanja i kombinacije

1.2.1 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 elemenata nosive konstrukcije, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd.
Q1	**Promjenjivo djelovanje**: Stambeni prostori 3.00 kN/m2 Stubište 4.00 kN/m2
Q2	**Snijeg**: područje opterećenja snijegom: A nadmorska visina: ≤ 100 m n.m. karakteristična vrijednost snijega na tlu: s_k=1,10 kN/m2 opterećenje snijegom na krovu: $s=\mu_1 C_e C_t s_k$=0.8*1.0*1.0*0.45= s=0.88 kN/m2
w	**Vjetar:** područje II. $v_{ref,0}$ = 22 m/s koeficijent položaja (h=16,5(m), III. kategorija zemljišta): $c_e(z)$ =2,90 poredbeni tlak: $q_{ref} = \rho_{zraka} * v^2_{ref}/2$=1.25*(22²)/2/1000= q_{ref} = 0.303 kN/m2 koeficijent vanjskog tlaka: $c_{pe} \cong 0.8$ koeficijent unutarnjeg tlaka: $c_{pi} \cong 0.3$ 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: VII. računsko ubrzanje tla: ag=0,2 m/s2 razred tla: C faktor ponašanja: q=3.00 faktor važnosti građevine: γ_I = 1.0

1.2.2 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+Δg)+1.0q**	proračun progiba i pukotina a-b ploča	beton: γ_c=1.5 čelik: γ_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+Δg)+ 1.5q**	proračun ploča, stupova, greda i zidova na vertikalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: γ_c=1.5 čelik: γ_s=1.15
GSN-2	potres: **1.0(g+Δg)+0.3q +1.0S**	proračun zidova i stupova na djelovanje potresa kontrola naprezanja u tlu	beton: γ_c=1.3 čelik: γ_s=1.0
GSN-3	osnovna kombinacija: **1.35(g+Δg)+ 1.5q+1.5*0.6w**	proračun zidova i stupova na horizontalna djelovanja kontrola naprezanja u tlu	beton: γ_c=1.5 čelik: γ_s=1.15

1.3 Konstruktivni materijali

1.3.1 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. Vodit 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 C 30/37 koristiti superplastifikatore.

(i) Zidovi, grede, ploče, stupovi

Za sve nove elemente predviđen je beton C 30/37, ϕagr ϕ 32 mm

1.3.2 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 – 7.0 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.

1.4 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.

1.5 Plan kontrole i osiguranja kvalitete

1.5.1 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.

1.5.2 Betonski i armirano betonski radovi

1.5.2.1 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 očvrsnulog 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.

1.5.2.2 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)
- nHRNEN 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 gredice (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.

1.5.2.3 Prekidi betoniranja

Prekid i nastavci betoniranja konstrukcija moraju biti obrađeni projektom betona.

1.5.3 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.

1.5.4 Norme koje tretiraju radove u ovom programu kontrole

1.5.4.1 Norme za beton – osnovne norme

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)

1.5.4.2 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 očvrsnulog betona – 1. dio: Oblik, dimenzije i drugi zahtjevi za uzorke i kalupe
HRN EN 12390-2	Ispitivanje očvrsnulog betona – 2. dio: Izradba i njegovanje uzoraka za ispitivanje čvrstoće
HRN EN 12390-3	Ispitivanje očvrsnulog betona – 3. dio: Tlačna čvrstoća uzoraka
HRN EN 12390-6	Ispitivanje očvrsnulog betona – 6. dio: Vlačna čvrstoća cijepanjem uzoraka
HRN EN 12390-7	Ispitivanje očvrsnulog betona – 7. dio: Gustoća očvrsnulog betona
HRN EN 12390-8	Ispitivanje očvrsnulog betona – 8. dio: Dubina prodiranja vode pod tlakom
prCEN/TS 12390-9	Ispitivanje očvrsnulog 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 očvrsnulom 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

1.5.4.3 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)
nHRNEN 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 gredice (prEN 10080-6:1999)

1.5.4.4 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

1.5.4.5 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).

1.6 Posebni tehnički uvjeti

1.6.1 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 oplate dokazuju se računski i geodetski se provjeravaju prije betoniranja. Oplata mora biti toliko vodonepropusna da spriječi istjecanje cementnog mlijeka. Ukoliko se za učvršćenje oplate 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 plohama koje će biti izložene protjecanju vode. Ovakav način učvršćenja ne smije se upotrijebiti za vidljive plohe betona.

Žičane spojnice za pridržavanje oplate 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 oplate 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 prianjanja za beton premazom vapnom.

Skidanje oplate se mora izvršiti čim je to provedivo, naročito tamo gdje oplata ne dozvoljava polijevanje betona, ali nakon što je beton dovoljno očvrsnuo. 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 oplate vrši se vizualno, geodetskom kontrolom i ostalom izmjerom. Pregled i prijem gotove skele, oplate i armature vrši nadzorni inženjer. Bez obzira na odobrenu primjenu skela, oplate i armature, izvođač snosi punu odgovornost za sigurnost i kvalitetu radova.

1.6.2 Transport i ugradnja betona

S betoniranjem se može početi samo na osnovi pismene potvrde o preuzimanju podloge, skele, oplate 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.

1.6.3 Betoniranje pri visokim vanjskim 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.

1.6.4 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 2^{h}.

1.7 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.

1.8 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);

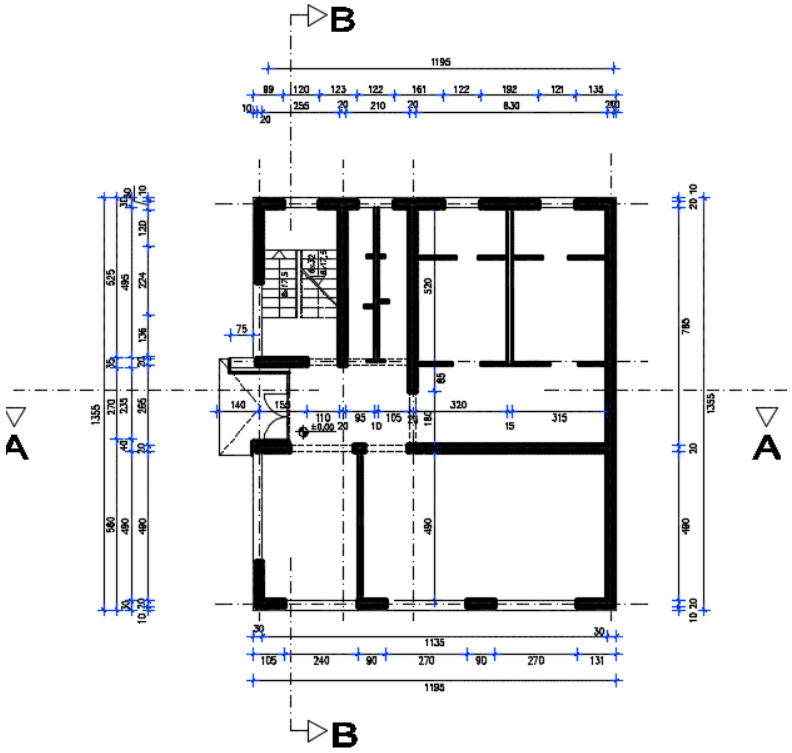
-koroziju armature;

-raspucavanje, nadizanje i otpadanje boje s metalnih elemenata;

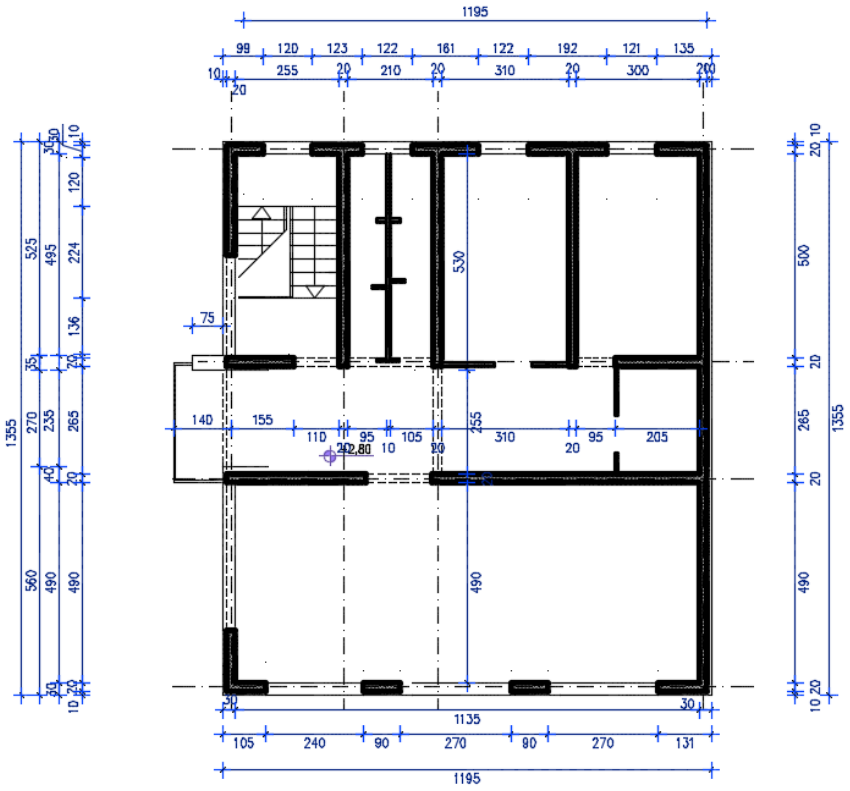
Očekivani vijek trajanja građevine je 50 godina.

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

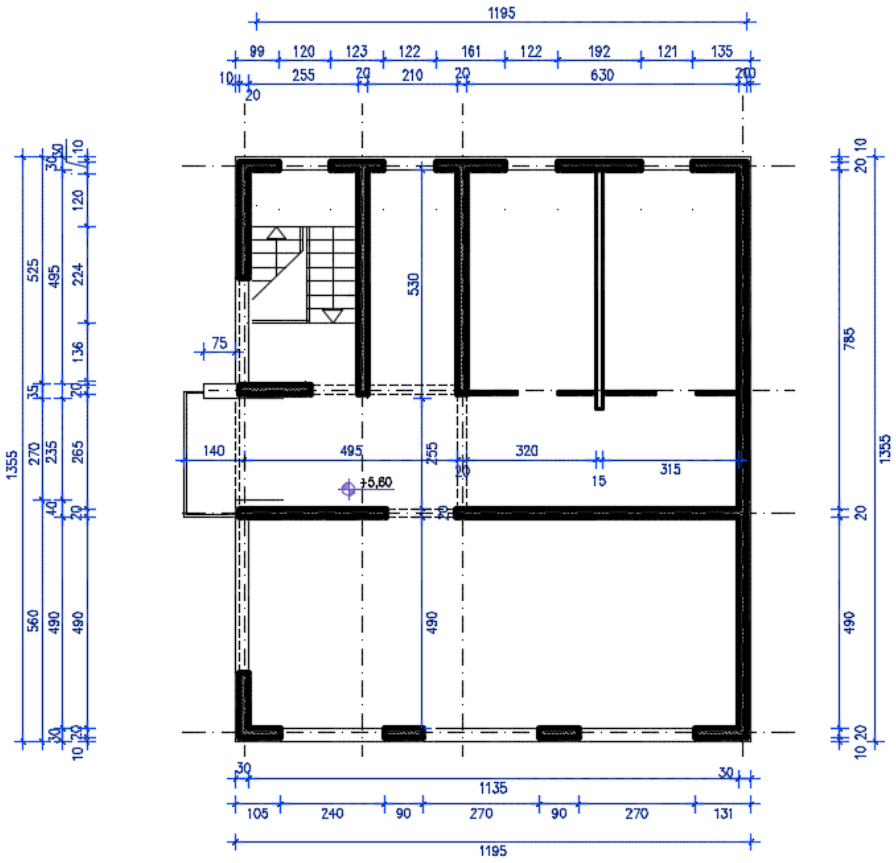
1.9 Geometrija



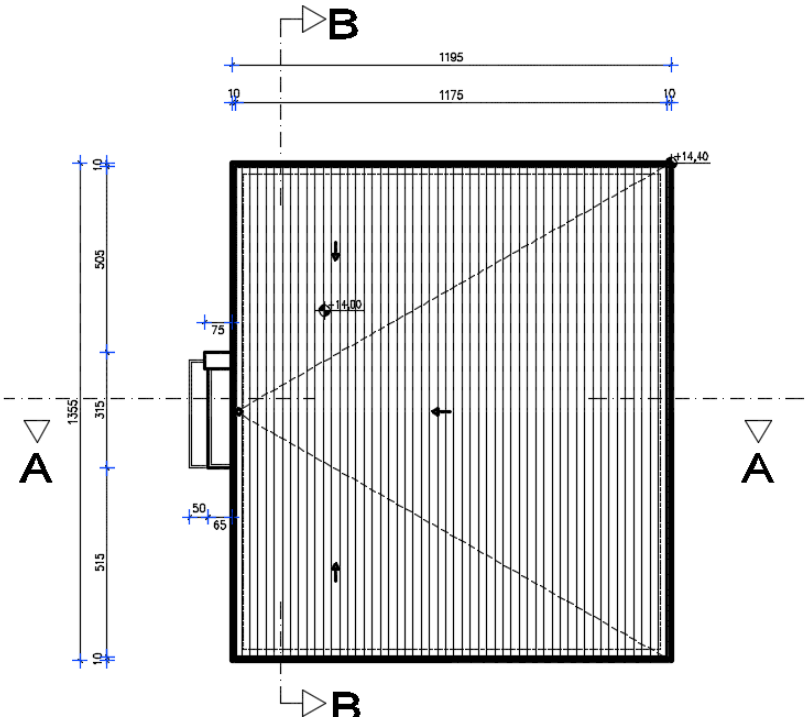
Slika 1: Prikaz tlocrta prizemlja



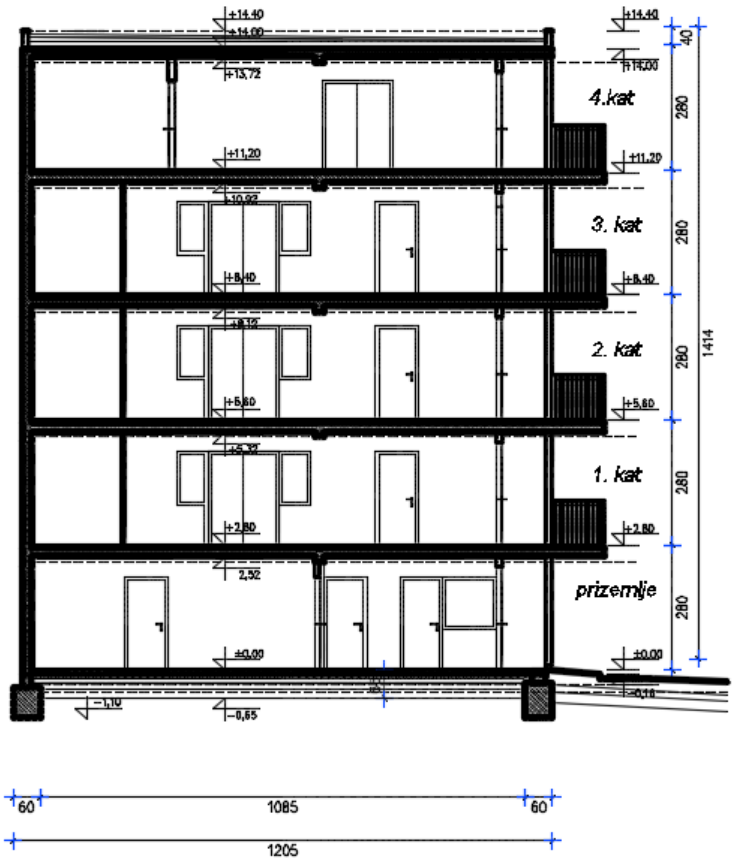
Slika 2: Prikaz tlocrta 1.kata



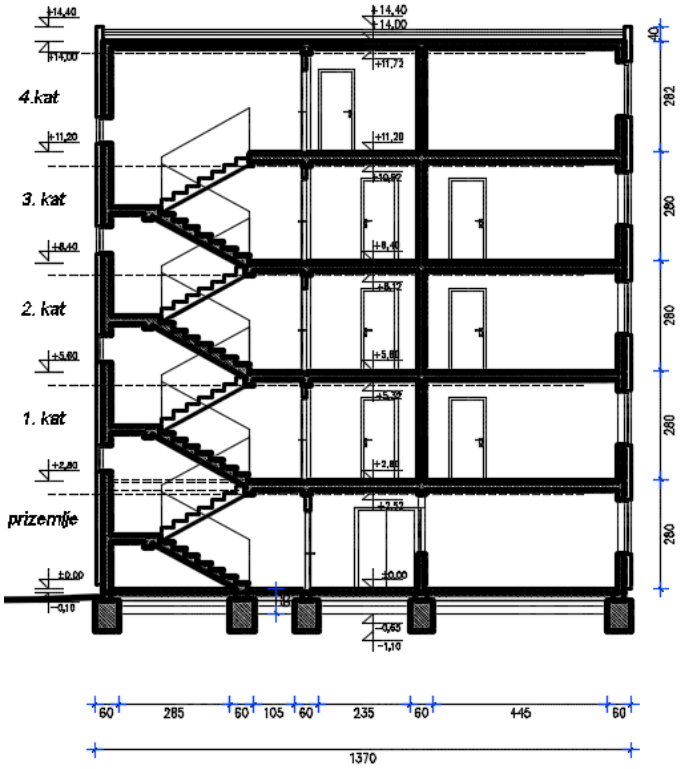
Slika 3: Prikaz tlocrta 2.,3. i 4.. kata



Slika 4: Prikaz tlocrta krova



Slika 5: Presjek A-A



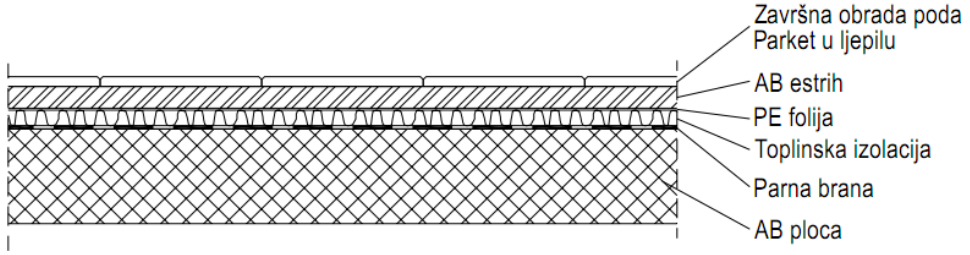
Slika 6: Presjek B-B

2 ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1 Stalno opterećenje

2.1.1 Međukatna konstrukcija

a) Stalno opterećenje:



Slika 7: Presjek pozicije (međukatna)

	d (m)	γ (kN/m3)	d* γ (kN/m^2)
Pregrade	/	/	1,00
Završna obrada - parket	0,02	12,00	0,24
AB estrih	0,05	25,00	1,25
Toplinska izolacija	0,04	5,00	0,20
Hidroizolacija	0,005	20,00	0,10
AB ploča	0,18	25,00	4,5
			7,29

Tablica 1. Opterećenje od slojeva međukatne konstrukcije

b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje etaže određeno je projektom i iznosi:

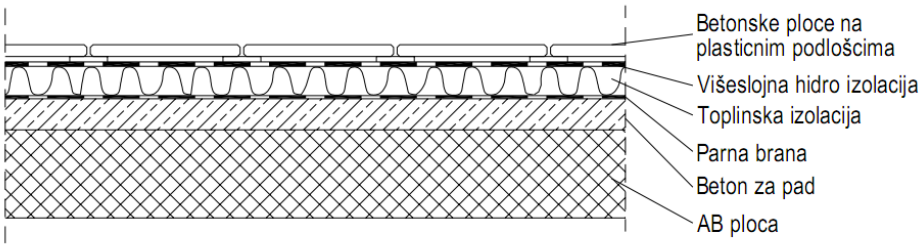
q = 3.0 kN/m2 za unutarnje prostore

q = 4.0 kN/m2 za balkone i terase

2.1.2 Krovna konstrukcija

Ravni neprohodni krov

a) Stalno opterećenje:



Slika 8: Presjek pozicije (krovna)

	d (m)	γ (kN/m3)	d* γ (kN/m^2)
Betonske ploče na plastičnim podloščima	0,05	25,0	1,25
Hidroizolacija + parna brana	0,01	20,0	0,20
Toplinska izolacija	0,08	5,0	0,40
Beton za pad	0,08	24,0	1,92
AB ploča	0,18	25,0	4,5
			8,27

Tablica 2. Opterećenje od slojeva krovne konstrukcije

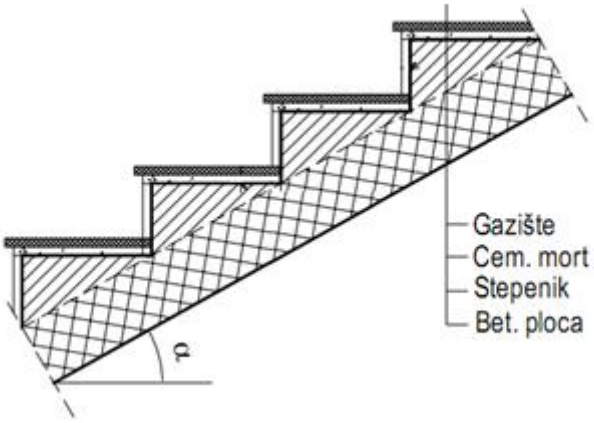
b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje na krovnoj plohi podrazumijeva opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za ravne krovove u područjima male izloženosti iznosi 0.50 kN/m^2, pa za promjenjivo opterećenje neprohodnog ravnog krova uzimamo zamjenjujuću vrijednost:

q = 1,0 kN/m2

2.1.3 Stubište

a) Stalno opterećenje:



Slika 9: Presjek stubišta

	d (m)	γ (kN/m3)	d* γ (kN/m^2)
Završna obrada gazišta - kamene ploče	0,03	28,0	0,84
Cementni mort	0,04	21,0	0,84
Stuba	0,074	25,0	2,12
AB ploča	0,18	25,0	4,5
			8,3

Tablica 5. Opterećenje od slojeva poda stubišta

b) Promjenjivo opterećenje:

Promjenjivo opterećenje stubišta određeno je projektom i iznosi:

q = 4.0 kN/m2

2.2 Opterećenje snijegom "s_k"

Opterećenje snijegom na krovu: $s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

gdje je

C_e - koeficijent izloženosti (uglavnom $C_e = 1$)

C_t - temperaturni koeficijent zbog zagrijavanja zgrade (uglavnom $C_t = 1$)

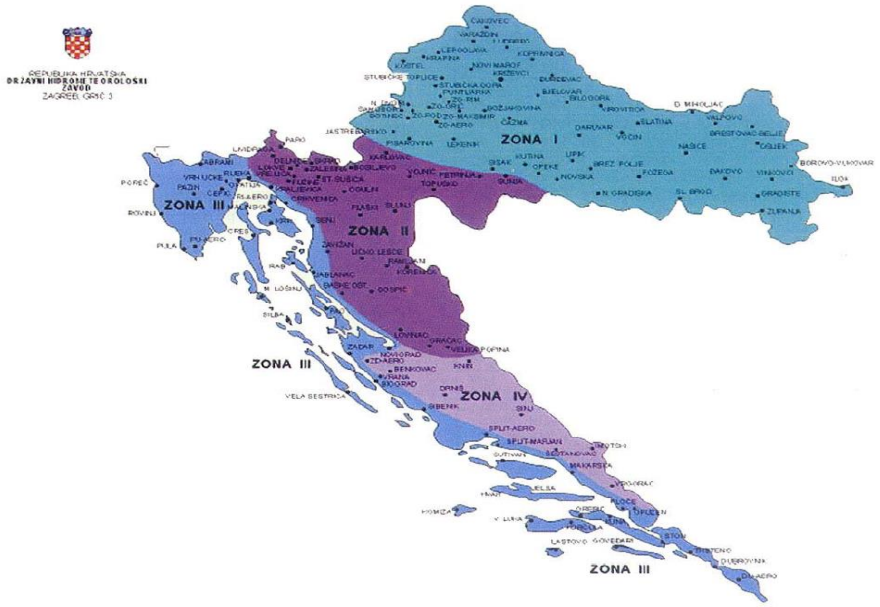
μ_1 - koeficijent oblika opterećenja snijegom na krovu

Kut nagiba krova	$0° \le \alpha \le 30°$	$30° < \alpha < 60°$	$\alpha \ge 60°$
koeficijent oblika μ_1	0,8	0,8 (60 - α) / 30	0,0

Krov nagiba $0° \le \alpha \le 30° \Rightarrow \mu_1 = 0{,}8$

s_k - karakteristično opterećenje snijegom na tlu (kN/m^2)

zona Velika Gorica, područje A (zona I), nadmorska visina do 100 (m)→ $s_k = 1{,}10 \left(kN/m^2\right)$



Slika 10: Klimatske zone karakterističnog opterećenja snijegom s_k

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}10 = 0{,}88 \left(kN/m^2\right)$$

2.3 Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom je promjenljivo slobodno djelovanje. Pojednostavljeni postupak vjetrenog opterećenja može se koristiti za zgrade visine manje od 200 m i znači da se djelovanje vjetra uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje.

Ovdje će biti prikazan pojednostavnjen proračun za stalne konstrukcije.

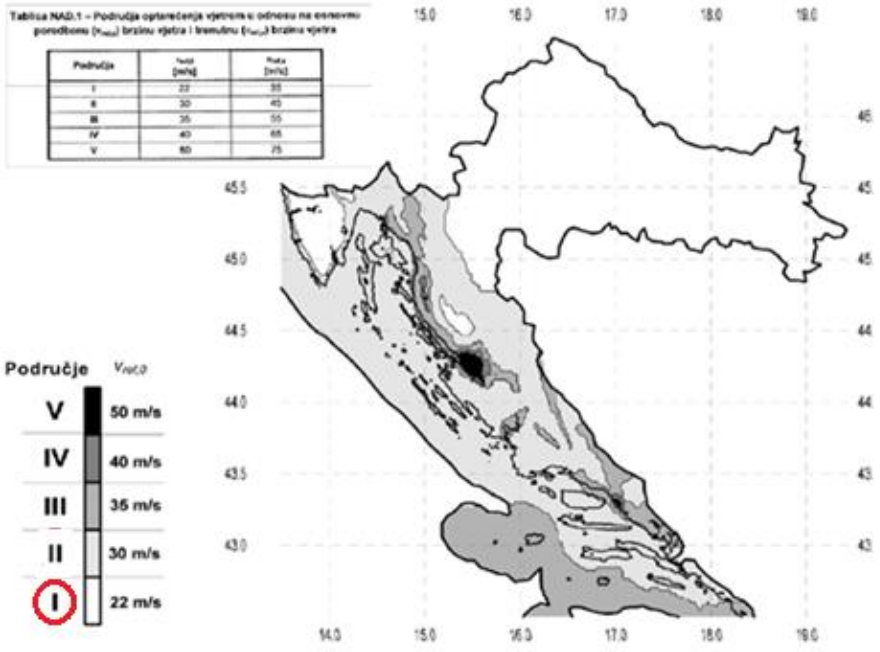
Predmetna građevina se nalazi u Velikoj Gorici, regija P1-zapadna unutrašnjost(od Požeške kotline do zapadne granice Hrvatske), III kategorija zemljišta, na poziciji gdje je uglavnom nezaštićena od djelovanja vjetra (viša od ostalih građevina oko nje). Prema hrvatskim normama (HRN ENV 1991-2-3: 2005). predmetna lokacija je smještena u I područje djelovanja vjetra, te je osnovno djelovanje vjetra $w_0 = 22\ m/s$.

Oznaka regije	Opis regije	Područje opterećenja vjetrom
P1	zapadna unutrašnjost (od Požeške kotline do zapadne granice Hrvatske)	I
P2	istočna unutrašnjost (od Požeške kotline do istočne granice Hrvatske)	I
P3	Gorski Kotar i unutrašnjost Istre	I, II
P4	Lika	I, II
P5	Velebit i planinsko zaleđe južnojadranskog priobalja	II, III, IV, V
P6	obala Istre	II
P7	sjevernojadransko priobalje (od Opatije do Zadra)	II, III, IV
P8	sjevernojadranski otoci (od Krka do Paga)	II, III
	mostovi Krk i Pag	IV
P9	južnojadransko priobalje (južno od Zadra)	II, III
	područje Makarske	V
P10	južnojadranski otoci (južno od Paga)	II, III

Slika 11: Opis regija

	Kategorija zemljišta	k_r	z_0[m]	z_{min}[m]
I.	Otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km otvorene površine u smjeru vjetra i ravnica bez prepreka	0,17	0,01	2
II.	Ograđeno poljoprivredno zemljište gospodarske zgrade, kuće i drveće	0,19	0.05	4
III.	Predgrađa gradova ili industrijska područja i šume	0,22	0,3	8
IV.	Gradska područja u kojima je najmanje 15% površine izgrađeno i čija prosječna visina prelazi 15 m	0,24	1	16

Slika 12: Kategorija zemljišta



Slika 13: Vjetrovna karta Hrvatske

2.3.1 Analiza opterećenja vjetrom

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra: $$q_{ref} = \left(\frac{\rho \cdot w_{ref}^{\ 2}}{2} \right)$$

Gustoća zraka: $$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

Poredbena brzina vjetra: $$w_{ref} = w_{ref,0} \cdot C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT}$$

- *C_{DIR}=1,0 (koef. smjera vjetra); C_{TEM}=1,0 (koef. ovisan o godišnjem dobu)*

Osnovna vrijednost poredbene brzine vjetra:
(područje I.) $$w_{ref} = 22,0 (m/s)$$

Koeficijent nadmorske visine:
(nadmorska visina "a_s" je 0 m) $$C_{ALT} = 1 + 0,001 \cdot a_s = 1 + 0,001 \cdot 0 = 1,0$$

Poredbena brzina vjetra: $$w_{ref} = 22,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 22,0 \ (m/s)$$

Poredbeni tlak srednje brzine vjetra: $$q_{ref} = \left(\frac{1,25 \cdot 22,0^2}{2} \right) = 0,303 \ (kN/m^2)$$

Opterećenje vjetrom (okomito na površinu) definira se prema izrazu:

- Pritisak na vanjske površine $w_{ref} = q_{ref} \cdot c_e(Z_e) \cdot c_{pe}$
- Pritisak na unutarnje površine $w_{ref} = q_{ref} \cdot c_i(Z_i) \cdot c_{pi}$

q_{ref} → referentni pritisak pri srednjoj brzini vjetra
$c_e(Z_e)$ i $c_i(Z_i)$ → koeficijenti izloženosti koji uzimaju u obzir neravnine terena
Z_e i Z_i → referentne visine za lokalni ili unutarnji tlak
c_{pe} i c_{pi} → vanjski i unutarnji koeficijenti pritiska

Koeficijent izloženosti "$c_e(z_e)$"

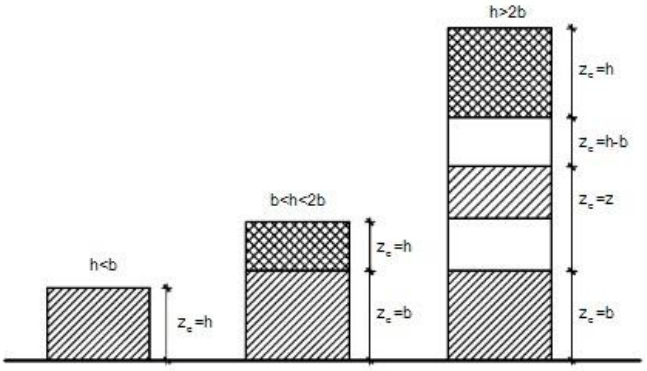
(kategorija zemljišta I, regija P1-zapadna unutrašnjost)

Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,40 m
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

X - smjer b = 11,70 m

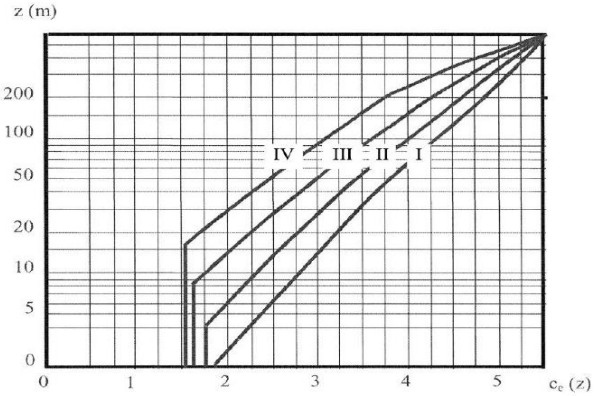
Y - smjer b = 13,65 m

Poredbena visina: h



Slika 14: Poredbena visina z_e u ovisnosti o visini h i širini b

Koeficijenti izloženosti:



Slika 15: Koeficijent izloženosti c_e (z) u ovisnosti o kategoriji terena I do IV i visini z iznad terena

$\Rightarrow c_e(z)_g = 2,8$

$$\Rightarrow c_e(z)_d = 2{,}9$$

$$\Rightarrow q_{ref} = \frac{1{,}25}{2} \cdot 22^2 = 302.5 \left[N/m^2 \right] = 0{,}303 \left[kN/m^2 \right]$$

2.3.1.1 Analiza opterećenja vjetrom u Y smjeru (manja fasada)

Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,40 m

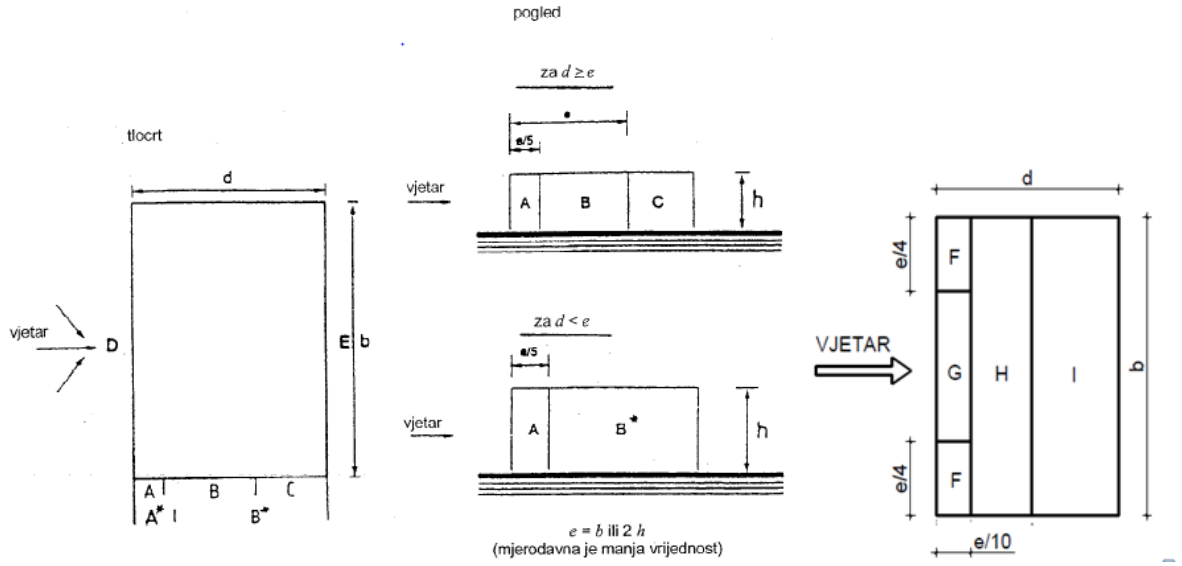
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

X - smjer b = 11,70 m

Poredbena visina: b<h<2b

proračun koeficijenata vanjskog pritiska C_{pe}

- ravni krov



Slika 16: Zone djelovanja vjetra

Područje	F	G	H	I
c_{pe}	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

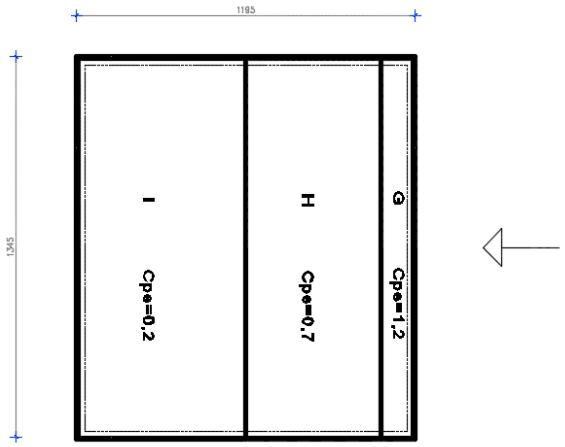
Tablica 7: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu ravnog krova

Područje	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 8: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova

Slika 17: Koeficijent izloženosti c_e (z) u ovisnosti o kategoriji terena I do IV i visini z iznad terena

Koeficijenti vanjskog tlaka "c_{pe}" na krov:



Slika 18: Zone djelovanja koeficijenata vanjskoga tlaka

Tlak vjetra na vanjske površine "w_e"

$$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_{pe}$$

ZONA	D	E	F	G	H	I
qref	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cpe	0,8	-0,3	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
Ce(z)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
We (kN/m2)	0,69	-0,26	-1,57	-1,04	-0,61	-0,17

Tablica 9: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,9

ZONA	A	B	C
qref	0,30	0,30	0,30
Cpe	-1,0	-0,8	-0,5
Ce(z)	2,9	2,9	2,9
We (kN/m2)	-0,87	-0,69	-0,44

Tablica 10: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,9

2.3.1.2 Analiza opterećenja vjetrom u X smjeru (veća fasada)

Visina konstrukcije nad tlom: h = 14,40 m

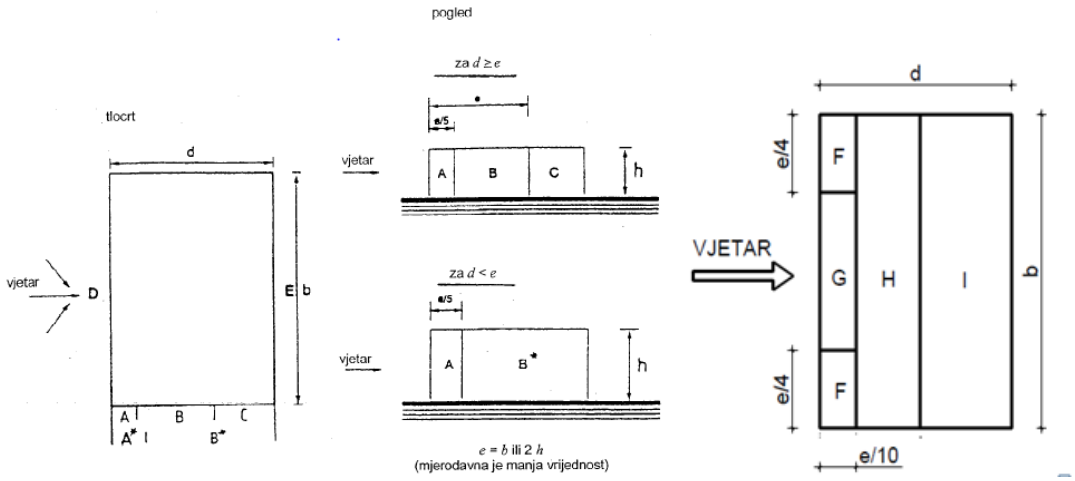
Širina konstrukcije na koju puše vjetar:

Y - smjer b = 13,65 m

Poredbena visina: b<h<2b

proračun koeficijenata vanjskog pritiska C_{pe}

- ravni krov



Slika 19: Zone djelovanja vjetra

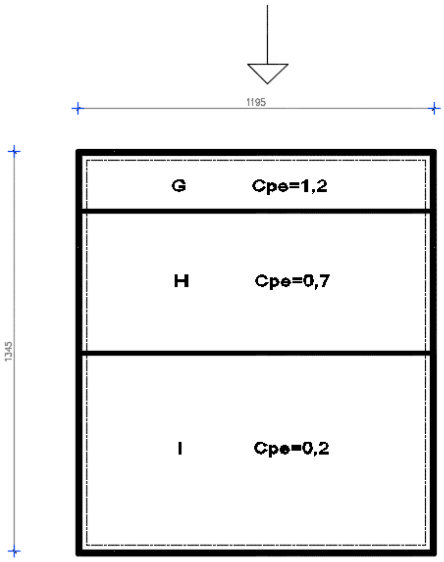
Područje	F	G	H	I
c_{pe}	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2

Tablica 11: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu

Područje	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,3

Tablica 12: koeficijenti vanjskog tlaka za pojedinu zonu vertikalnih zidova

Koeficijenti vanjskog tlaka "c_{pe}" na krov:



Slika 20: Zone djelovanja koeficijenata vanjskoga tlaka

Tlak vjetra na vanjske površine "w_e"

$w_e = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_{pe}$

ZONA	D	E	F	G	H	I
qref	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cpe	0,8	-0,3	-1,8	-1,2	-0,7	-0,2
Ce(z)	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
We (kN/m2)	0,69	-0,26	-1,57	-1,04	-0,61	-0,17

Tablica 13: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,9

ZONA	A	B	C
qref	0,30	0,30	0,30
Cpe	-1,0	-0,8	-0,5
Ce(z)	2,9	2,9	2,9
We (kN/m2)	-0,87	-0,69	-0,44

Tablica 14: Opterećenja vjetrom na konstrukciju za ce(ze) = 2,9

2.4 Izvanredno djelovanje

2.4.1 Seizmičko opterećenje Sx i Sy

Računsko ubrzanje tla očitano je sa Seizmičke karte Republike Hrvatske i iznosi:

$$a_g = 0{,}20 \text{ g.}$$

Klasificiranjem vrste temeljnog tla utvrđeno je da se građevina nalazi na tlu klasa C koja se odnosi na sve materijale koje nije potrebno minirati, nego se mogu kopati izravno, upotrebom pogodnih strojeva - buldožerom, bagerom, ili skreperom.

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je višemodalna spektralna analiza. Konstrukcija je proračunata u dva međusobno okomita horizontalna pravca. Odgovor konstrukcije dobiven je metodom spektra odgovora. Za dobivanje maksimalnog odgovora konstrukcije, tj. Kombinacije maksimalnih pojedinačni doprinosa svakog vlastitog oblika korištena je kombinacija SRSS.

Seizmičko područje: VII zona

Računsko ubrzanje tla: $a_g = 0{,}20g$ $g = 9{,}81 \text{ m/s}^2$

Srednja kategorija duktilnosti DC“M“ (konstrukcije posebno otporne na potres, ne dolazi do krhkog loma pod cikličkim djelovanjem sila potresa u području plastičnih zglobova.

Kategorija tla: C

Faktor značaja: $\gamma = 1.0$ (obične zgrade, stambene)

Faktor ponašanja za horizontalno seizmičko djelovanje:

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w \geq 1{,}5$$

Gdje je:

$q_0 = 4{,}0$ - osnovna vrijednost faktora ponašanja (konstrukcije s zidovima)

$k_d = 0{,}75$ - koeficijent ovisan o klasi duktilnosti (srednja klasa duktilnosti –M)

$k_r = 1{,}0$ - koeficijent pravilnosti konstrukcije (pravilna konstrukcija)

$k_w = 1{,}0$ - koeficijent prevladavajućeg sloma (za okvirni sustav)

$$q = q_0 \cdot k_d \cdot k_r \cdot k_w = 4{,}0 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 = 3{,}0$$

Ulazni projektni spektar odgovora:

Spektar tipa 1 (područje visoke seizmičnosti)

Klasa tla C

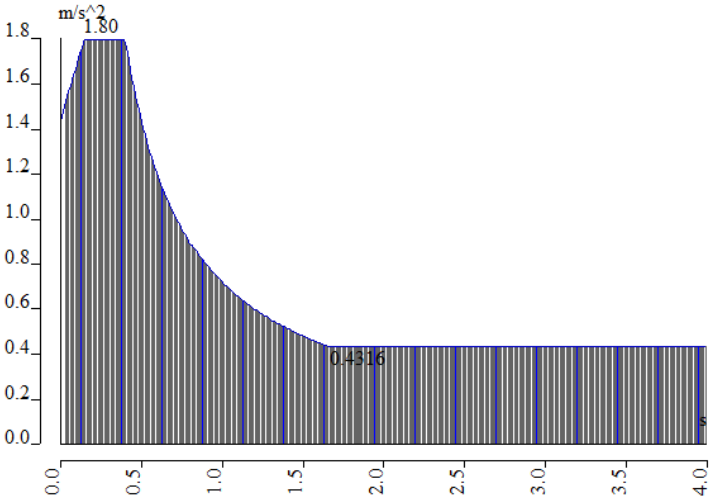
Parametar tla: S = 1,15

Maksimalna normirana vrijednost spektra odziva: $\beta_0 = 2,5$

Granični periodi osciliranja: $T_B = 0,20s$; $T_C = 0,6s$; $T_D = 2,0s$

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

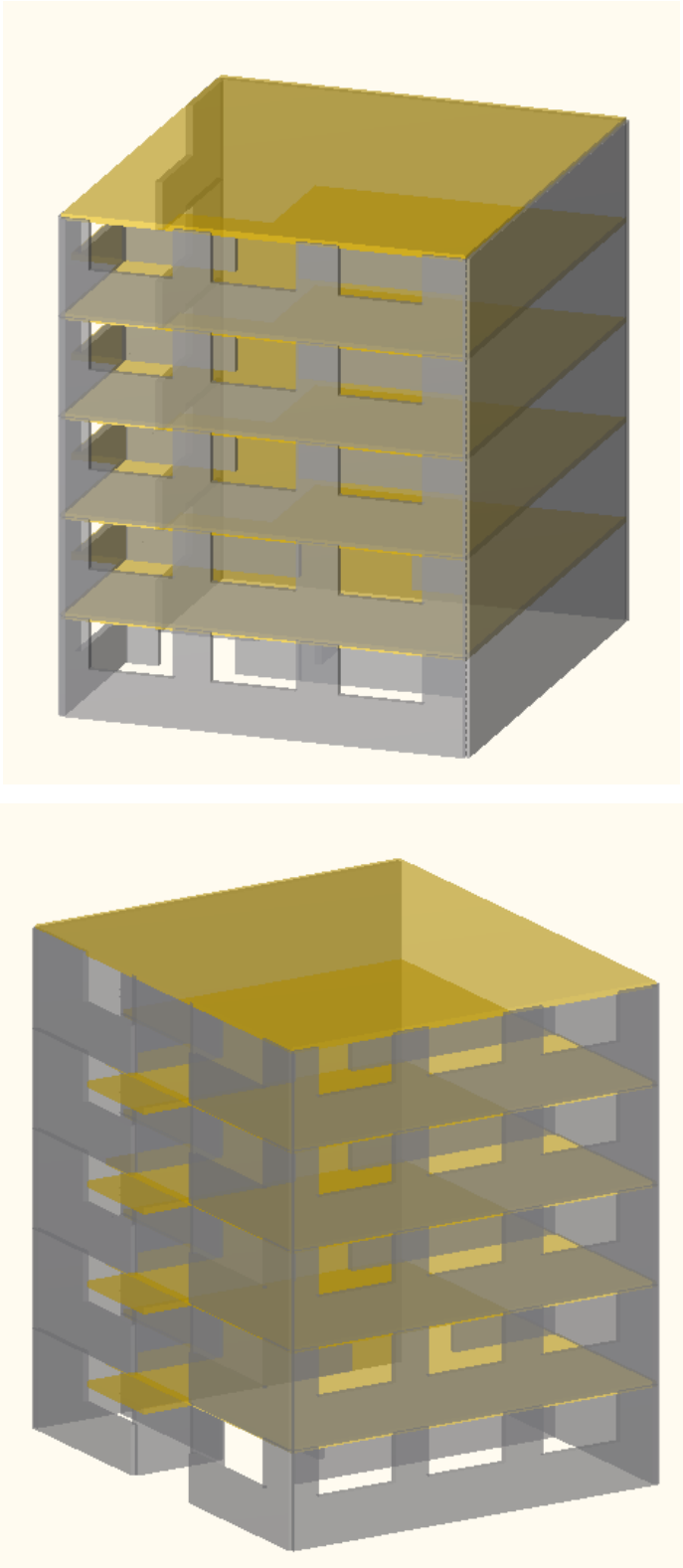
Tablica 15. Kategorije tla s pripadajućim periodima



Slika 21: Ulazni projektni spektar odgovora

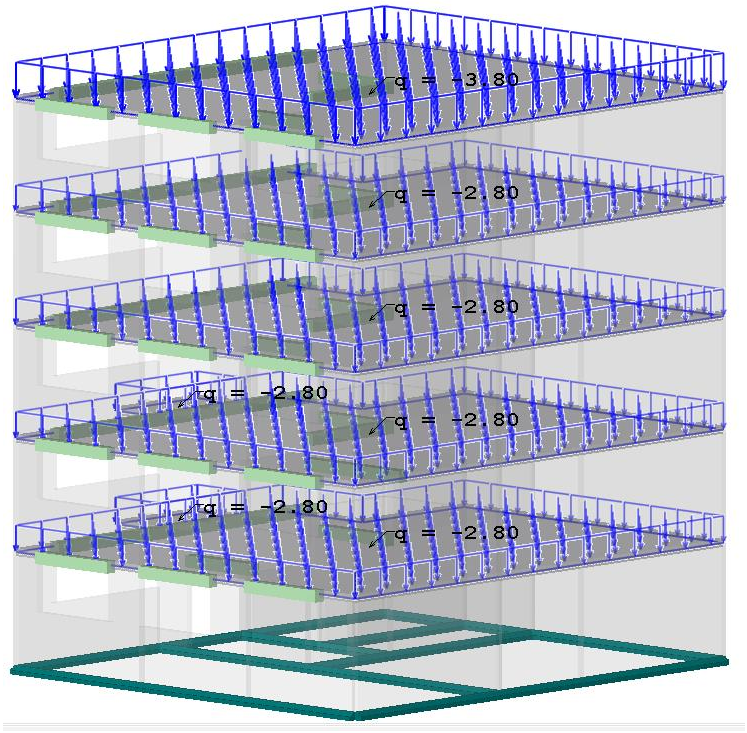
3 PRIKAZ NUMERIČKOG MODELA

3.1 3D render modela

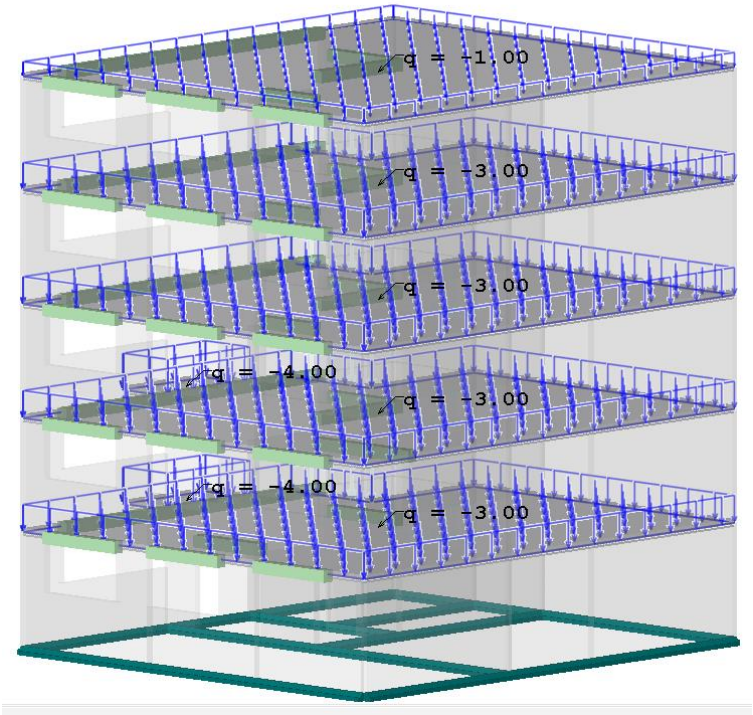


Slika 22: Izometrijski prikaz numeričkog modela

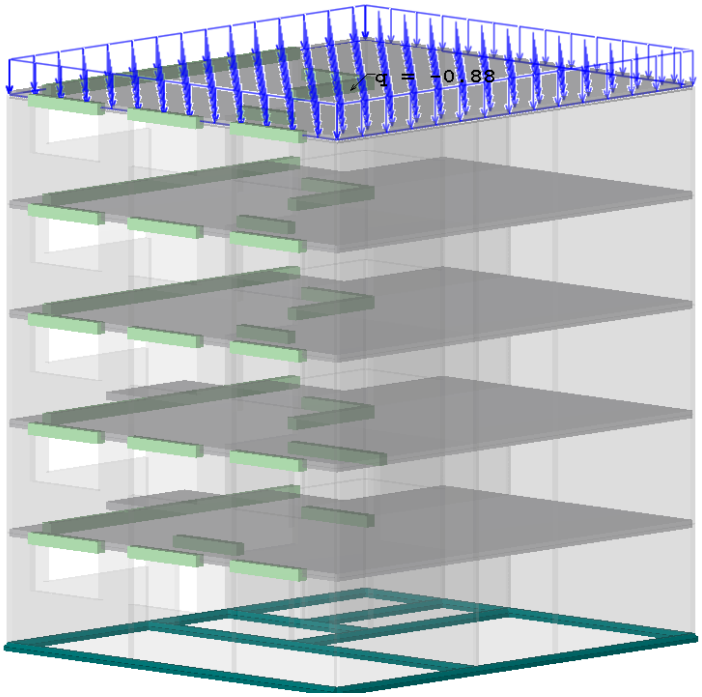
3.2 Izometrijski prikaz opterećenja



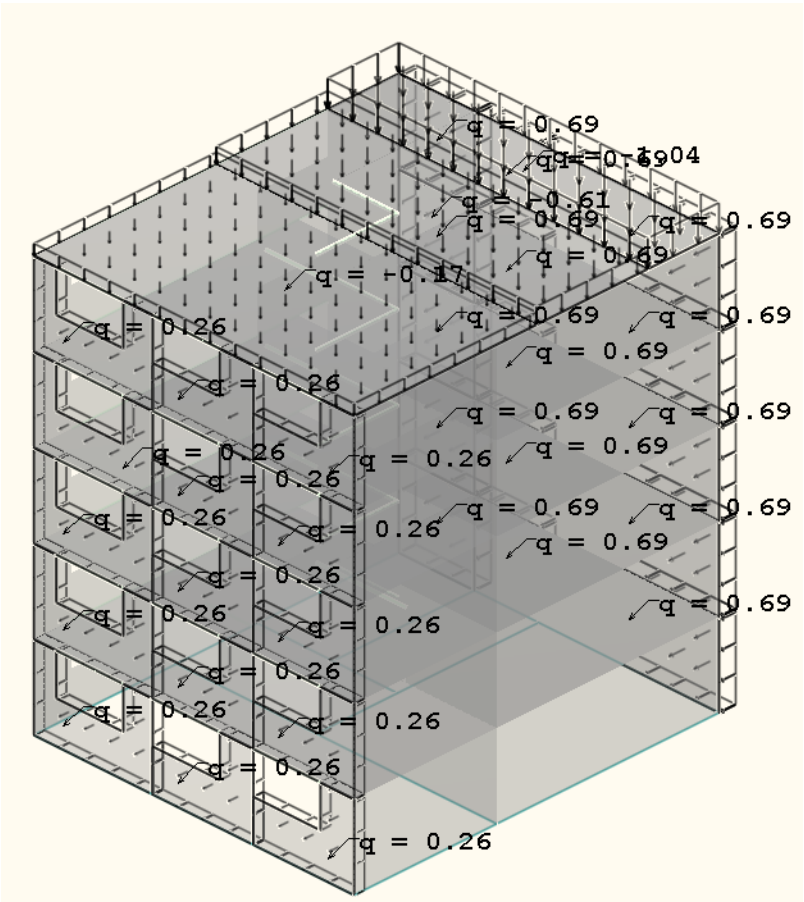
Slika 23: Dodatno stalno opterećenje (dG)



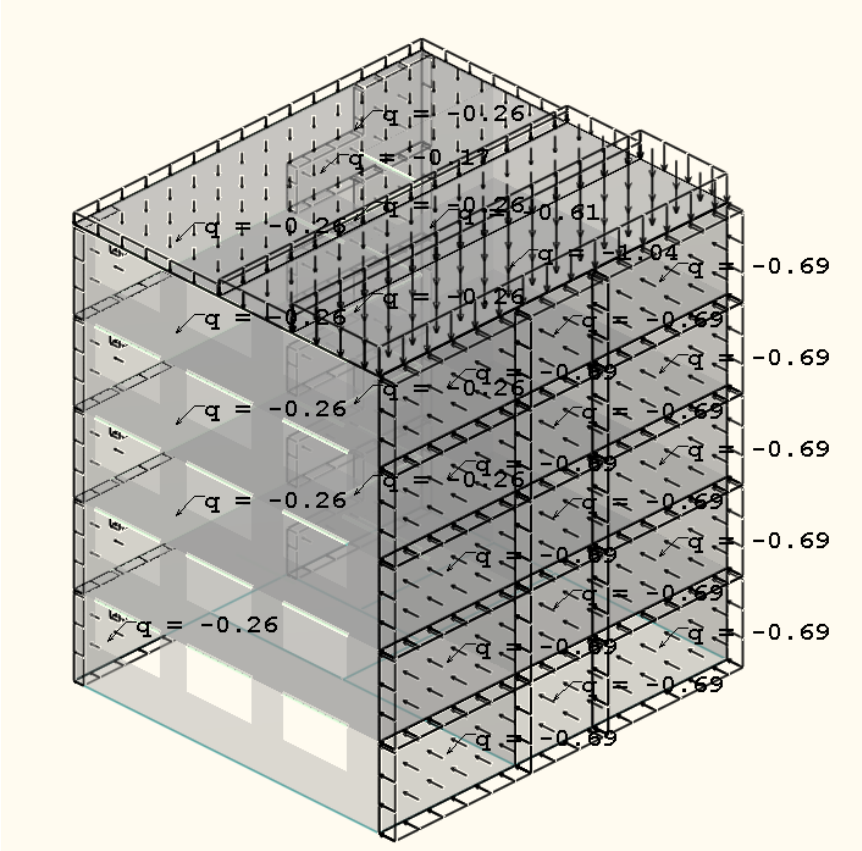
Slika 24: Promjenjivo opterećenje (P)



Slika 25: Snijeg (S)



Slika 26: Vjetar u x smjeru (Wx)



Slika 27: Vjetar u y smjeru (Wy)

4 MODALNA ANALIZA

4.1 Angažirana masa

Faktori participacije – sudjelujuće mase

Raspored masa po visini objekta					
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]	Masa [T]	T/m²
strop 4.kat	14.00	5.62	6.87	189.34	1.27
strop 3.kat	11.20	5.83	6.60	243.19	1.74
strop 2.kat	8.40	5.79	6.70	243.93	1.75
pod 2.kat	5.60	5.74	6.64	247.94	1.72
pod 1.kat	2.80	5.67	6.58	248.71	1.73
pod priz	0.00	6.39	7.61	47.96	
Ukupno:	7.79	5.76	6.71	1221.06	

Položaj centara krutosti po visini objekta (približna metoda)			
Nivo	Z [m]	X [m]	Y [m]
strop 4.kat	14.00	7.58	8.46
strop 3.kat	11.20	6.24	7.75
strop 2.kat	8.40	6.24	7.75
pod 2.kat	5.60	6.24	7.75
pod 1.kat	2.80	6.21	8.02
pod priz	0.00	5.30	7.16

Ekscentricitet po visini objekta (približna metoda)			
Nivo	Z [m]	eox [m]	eoy [m]
strop 4.kat	14.00	1.95	1.59
strop 3.kat	11.20	0.40	1.15
strop 2.kat	8.40	0.44	1.04
pod 2.kat	5.60	0.50	1.11
pod 1.kat	2.80	0.55	1.44
pod priz	0.00	1.09	0.45

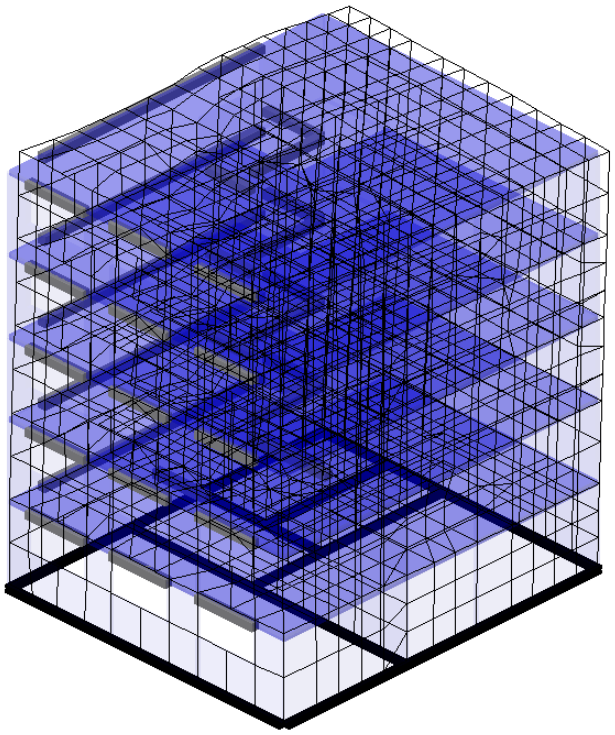
Tablica 16. *Raspored masa po visini objekta i položaj centra krutosti*

Nº	T [s]	f [Hz]	GPO [°]	FUα [%]	FUα+90° [%]	FU Z[%]	max razm.
1	0.101075	9.893604	112.70	9.93	56.78	0.00	6.58
2	0.081232	12.310488	23.01	67.12	12.11	0.00	3.99
3	0.051995	19.232599	179.20	2.23	6.99	0.00	3.75
4	0.032117	31.136435	109.15	1.67	15.33	0.00	7.76
5	0.028680	34.867676	18.29	12.89	1.56	0.00	12.30
6	0.023819	41.982574	*	0.08	0.23	0.00	45.99
7	0.021940	45.577984	*	0.38	0.04	0.00	39.99
8	0.020320	49.213272	112.50	0.02	1.60	0.00	17.92
9	0.020045	49.888447	91.88	0.02	2.83	0.00	8.51
10	0.019229	52.005642	*	0.04	0.07	0.00	33.86
11	0.018016	55.505863	179.27	3.22	0.01	0.00	12.76
12	0.016981	58.890366	*	0.00	0.01	0.00	47.89
13	0.016850	59.345837	*	0.03	0.60	0.00	6.51
14	0.016702	59.872669	*	0.00	0.21	0.00	12.79
15	0.016642	60.090599	*	0.13	0.02	0.00	23.96
16	0.015902	62.886421	*	0.09	0.00	0.00	32.76
17	0.015238	65.627556	*	0.02	0.04	0.00	9.53
18	0.015187	65.846794	*	0.15	0.06	0.00	25.50
19	0.014685	68.095772	*	0.41	0.05	0.00	15.12
20	0.014366	69.609642	*	0.31	0.07	0.00	18.99
			suma:	98.74	98.61		

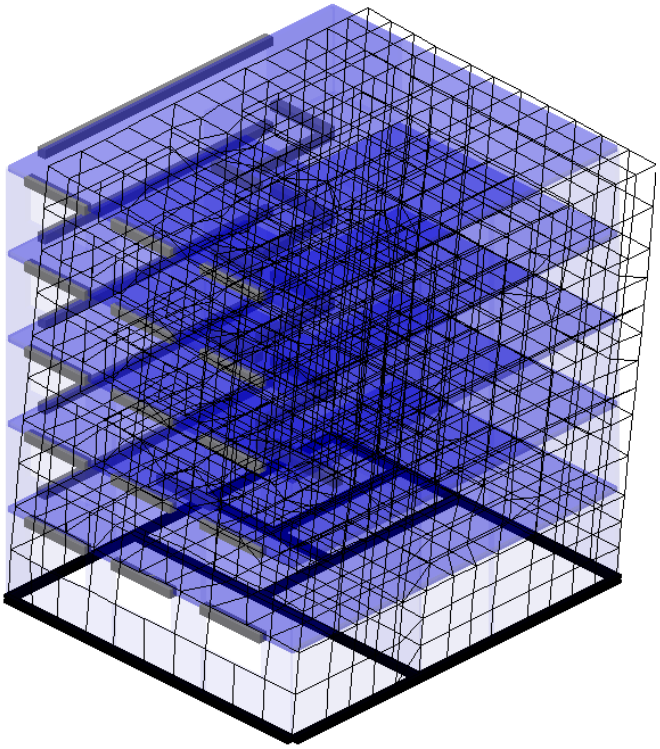
Tablica 17. Faktori participacije sudjelujuće mase

smjer x=98.74%;smjer y=98.61%

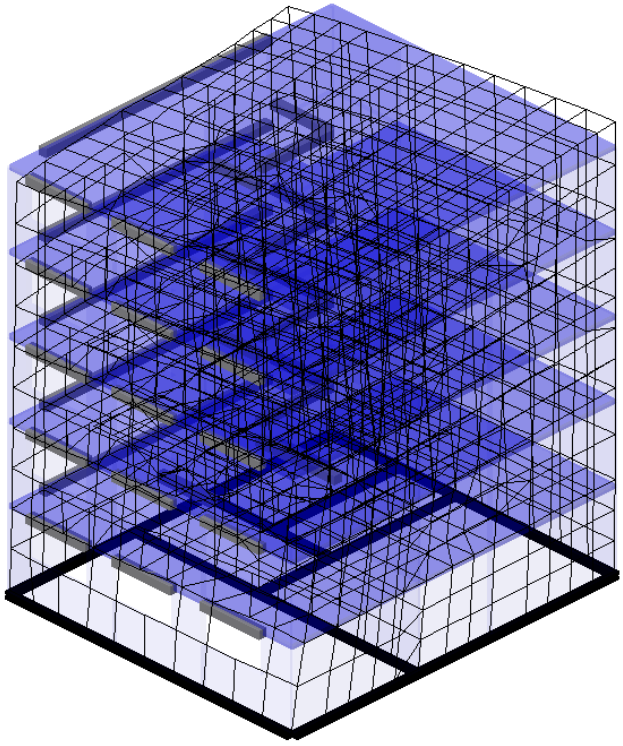
4.2 Grafički prikaz



Slika 28: PRVI TON – translacija X smjer-T=0,101(s)



Slika 29: DRUGI TON – translacija Y smjer-T=0,081(s)

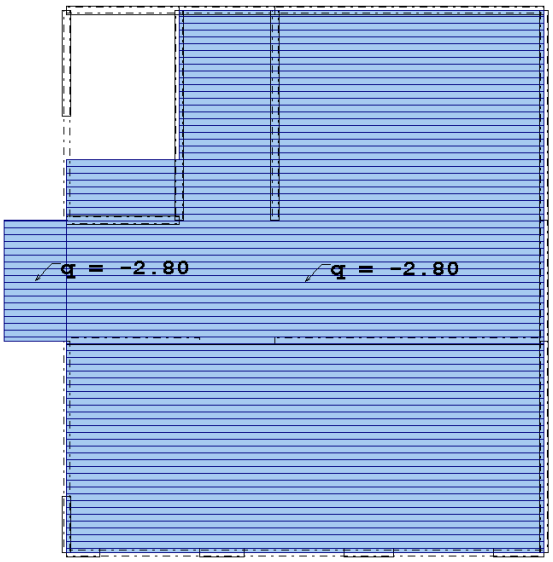


Slika 30: TREĆI TON – rotacija –T=0,052(s)

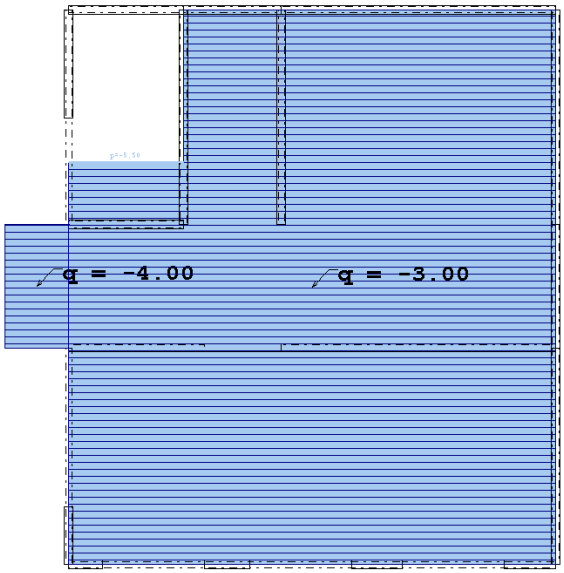
5 PRORAČUN AB PLOČA

5.1 Pozicija 300 – ploča 3. kata

5.1.1 Prikaz opterećenja



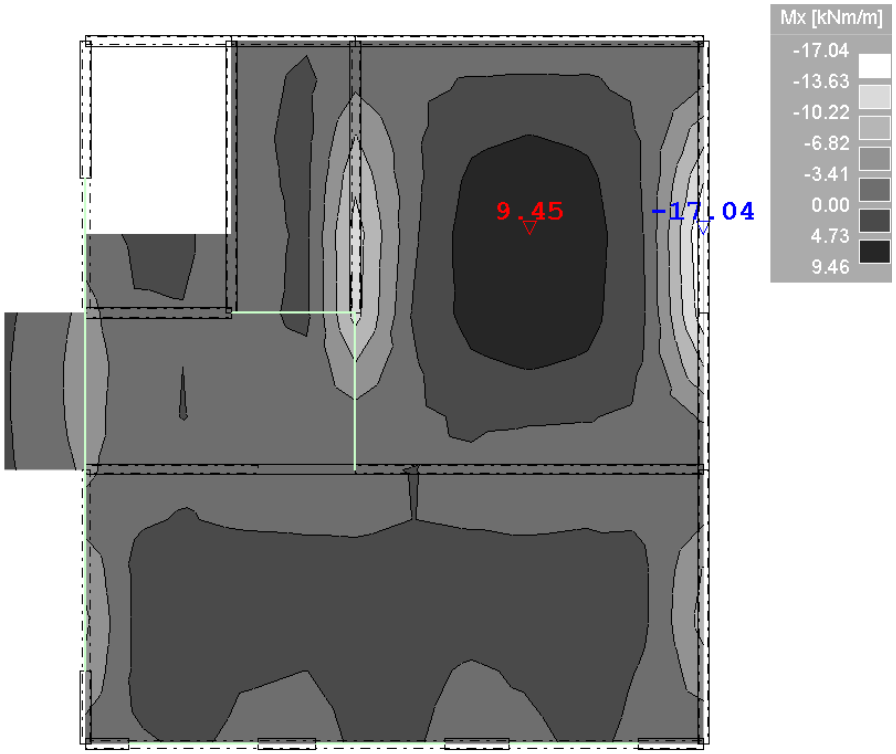
Slika 31: POZ300 Stalno+Dodatno stalno



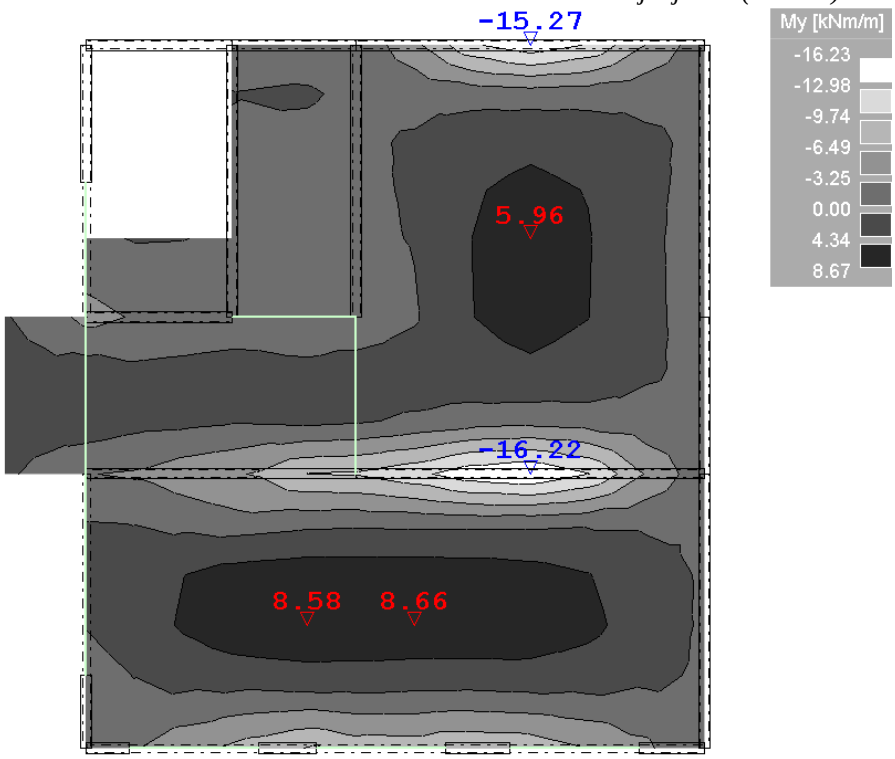
Slika 32: POZ300 Pokretno opterećenje

5.1.2 Rezultati proračuna

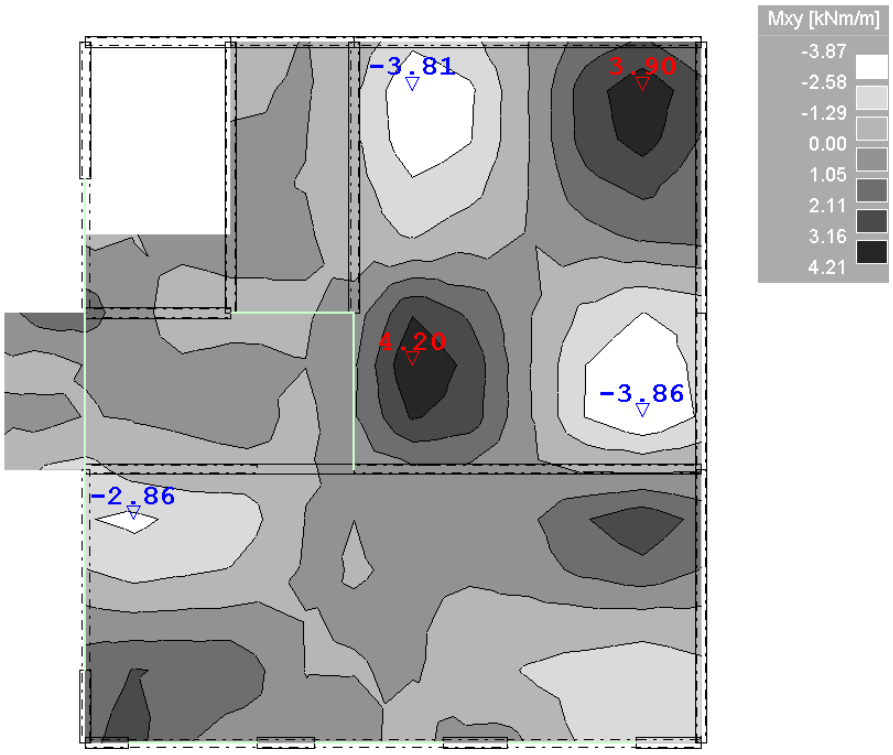
5.1.2.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)



Slika 33: POZ300 Moment savijanja Mx (kNm/m')

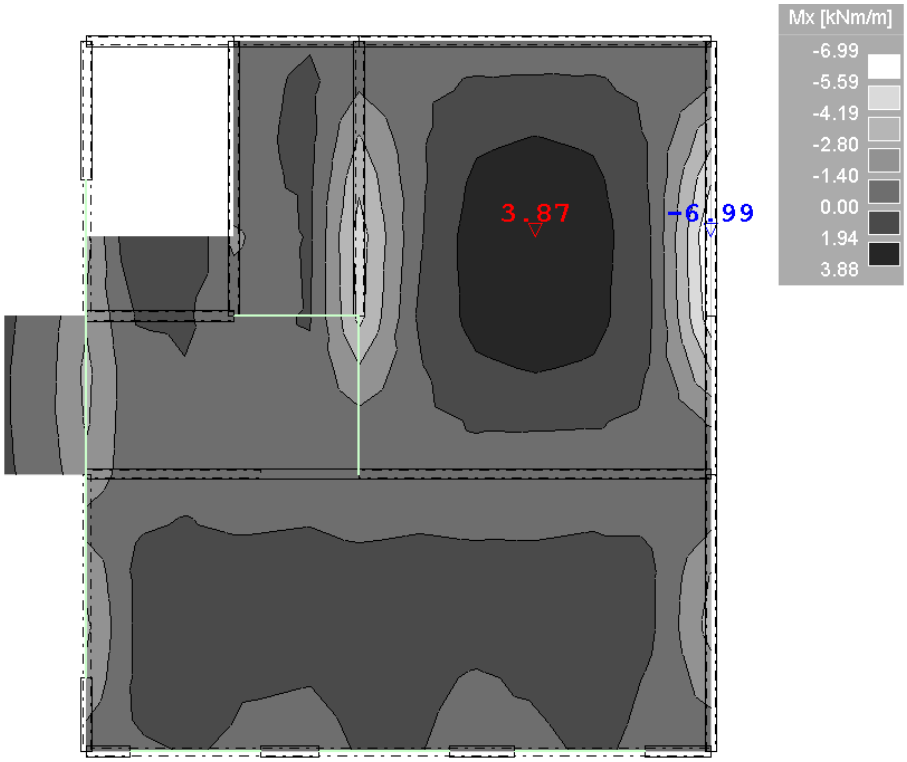


Slika 34: POZ300 Moment savijanja My (kNm/m')

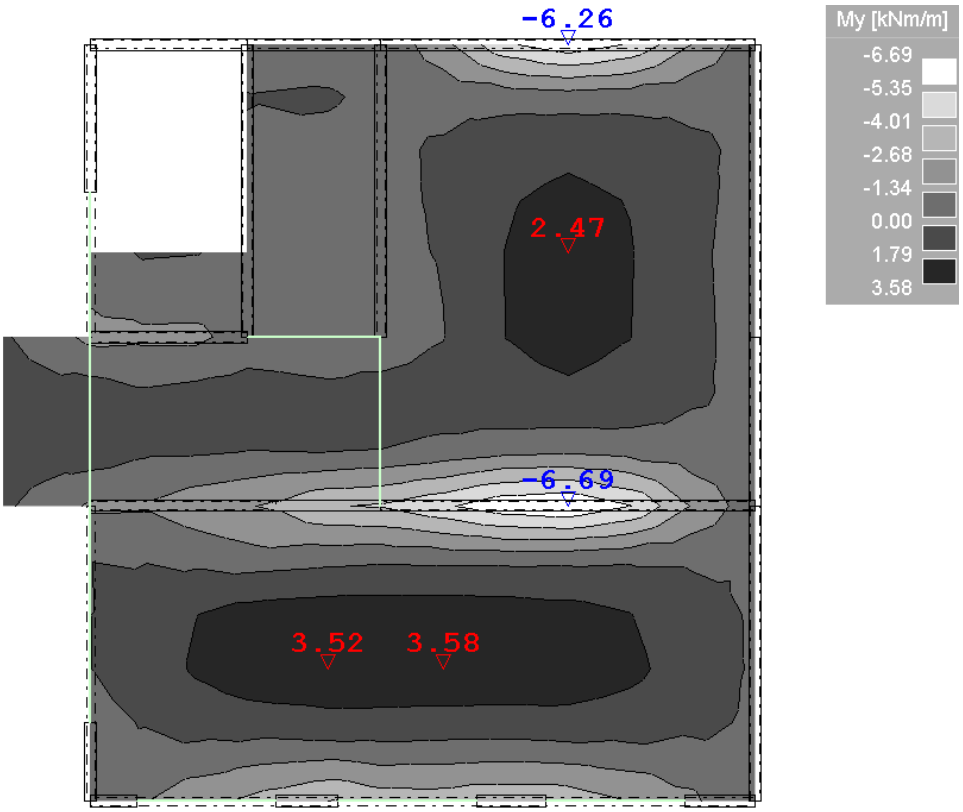


Slika 35: POZ300 Moment Mxy (kNm/m')

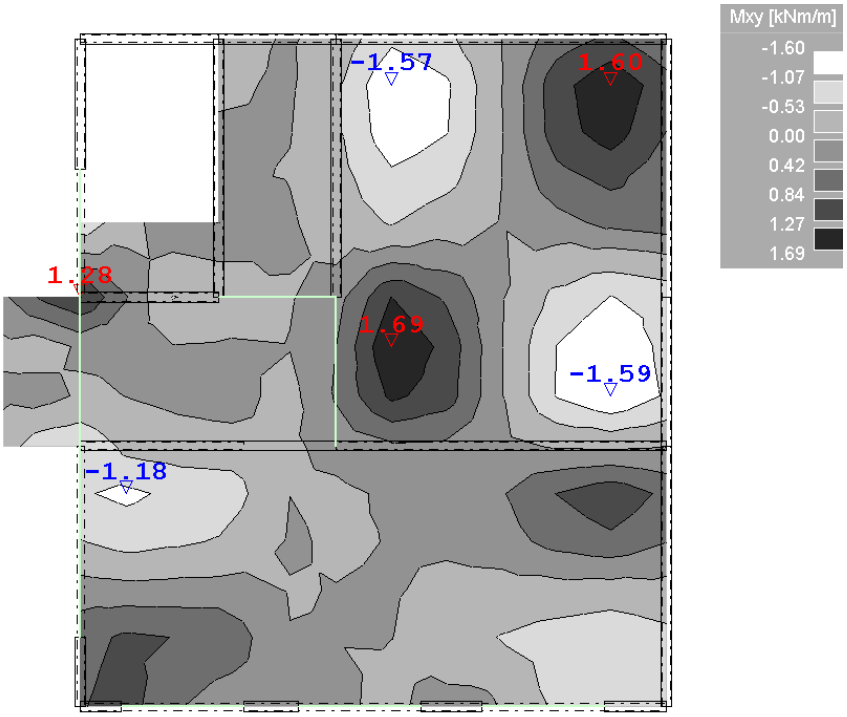
5.1.2.2 Q – pokretno



Slika 36: POZ300 Moment savijanja Mx (kNm/m')



Slika 37: POZ300 Moment savijanja My (kNm/m')



Slika 38: POZ300 Moment Mxy (kNm/m')

5.1.3 Dimenzioniranje

Beton C30/37

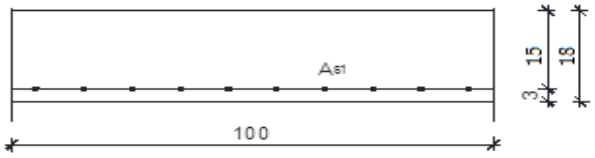
C30/37→ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0N/mm^2 = 2,0kN/cm^2$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$h_{pl}=18cm$; $d_1 = 3cm$; $d=15cm$



Slika 39: Presjek ploče u polju

POLJE

Mjerodavna kombinacija:

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

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 9,45 + 1.5 \cdot 3,85 = 18,53kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1853}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,041$$

Očitano:

$\varepsilon_{s1} = 10‰$ $\zeta = 0,962$

$\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1853}{0,962 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,95cm^2$ - armaturu je potrebno povećati za 20% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 3,54cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,26 \cdot \left(\frac{2,9}{500}\right) \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 15 = 2,25cm^2$

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

LEŽAJ

Mjerodavna kombinacija:

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

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 16,22 + 1.5 \cdot 6,69 = 31,93 kNm / m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3193}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,071$$

Očitano:

$\varepsilon_{s1} = 10 ‰$ $\zeta = 0,947$

$\varepsilon_{c2} = -1,7 ‰$ $\xi = 0,145$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3193}{0,947 \cdot 15 \cdot 43,48} = 5,17 cm^2$ - armaturu je potrebno umanjiti za 15-20%:

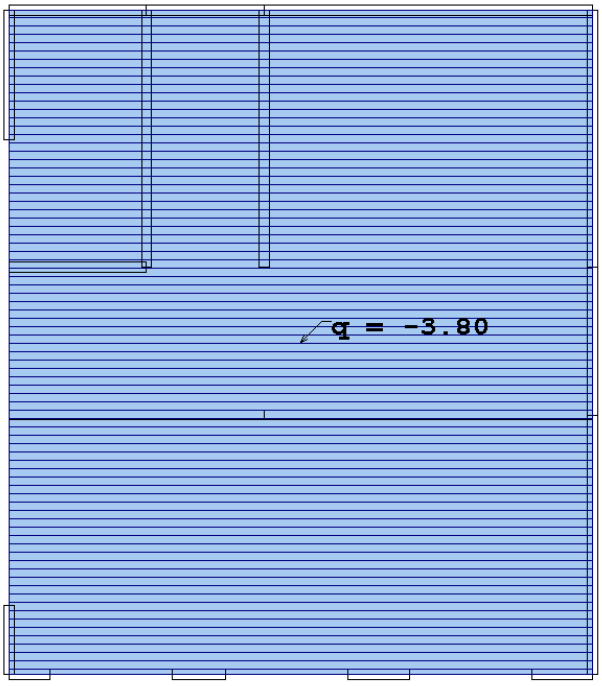
$A_{s1} = 4,39 cm^2$

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

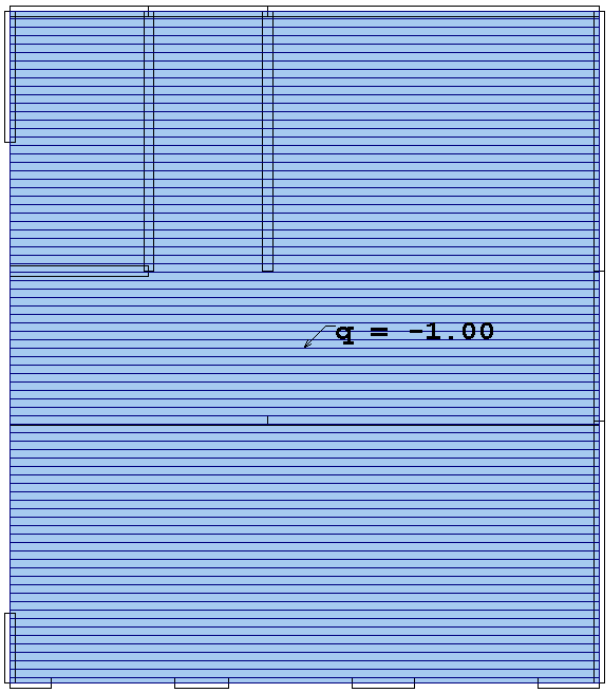
Odabrano: Q -503 A_{s1} = 5,03 cm^2

5.2 Pozicija 500 – krovna ploča

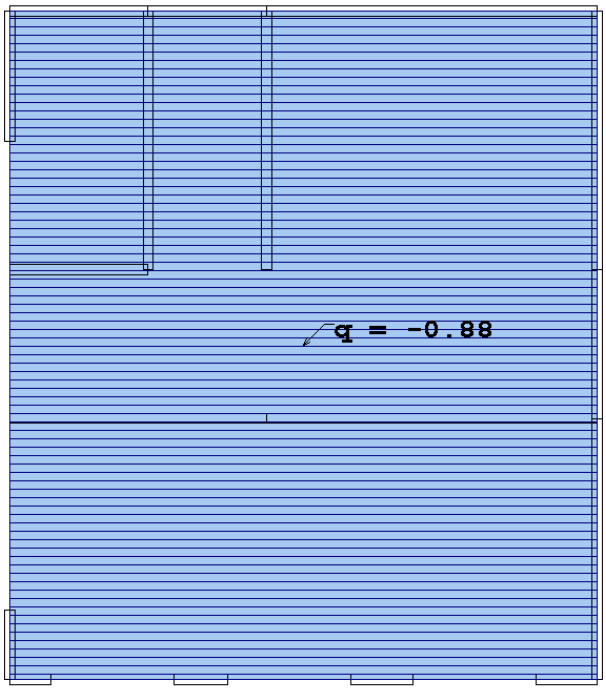
5.2.1 Prikaz opterećenja



Slika 40: POZ500 Dodatno stalno



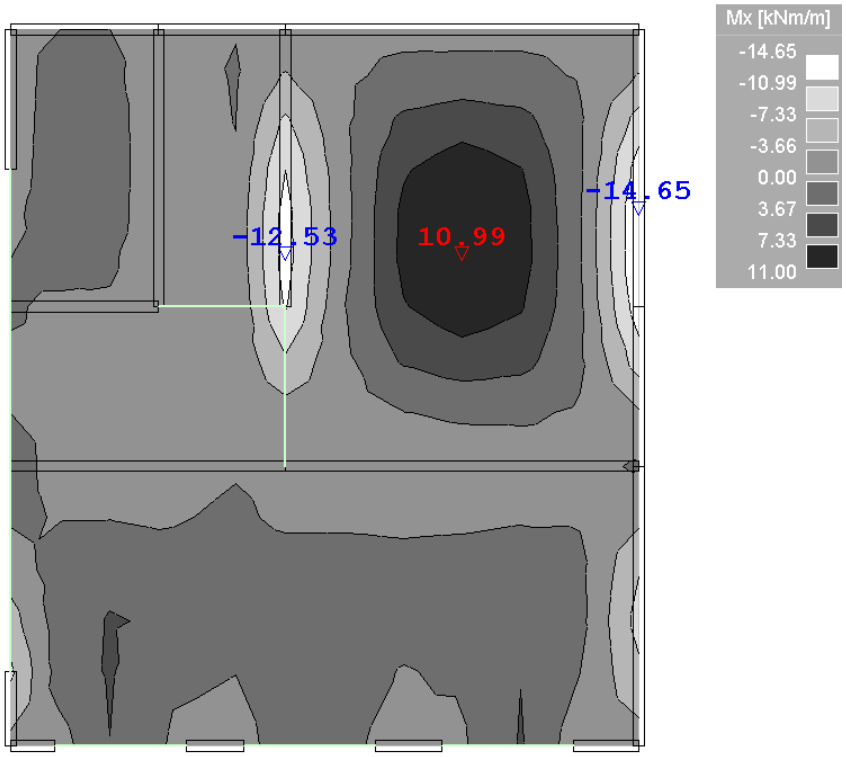
Slika 41: POZ500 Opterećenje korisno



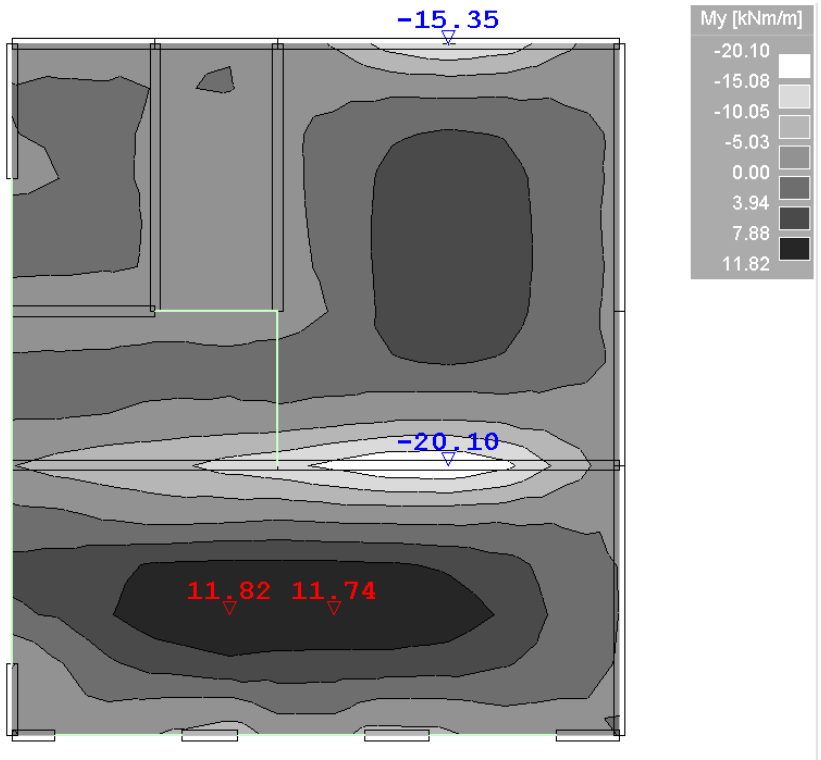
Slika 42: POZ500 Opterećenje snijegom

5.2.2 Rezultati proračuna

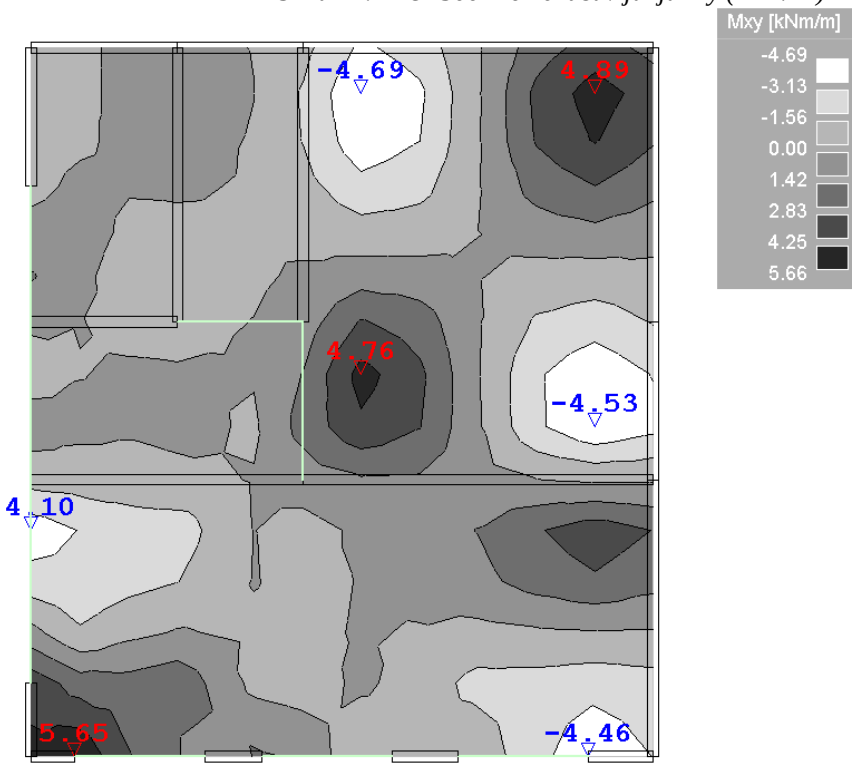
5.2.2.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda, stalne opreme i sl.)



Slika 43: POZ500 Moment savijanja Mx (kNm/m')

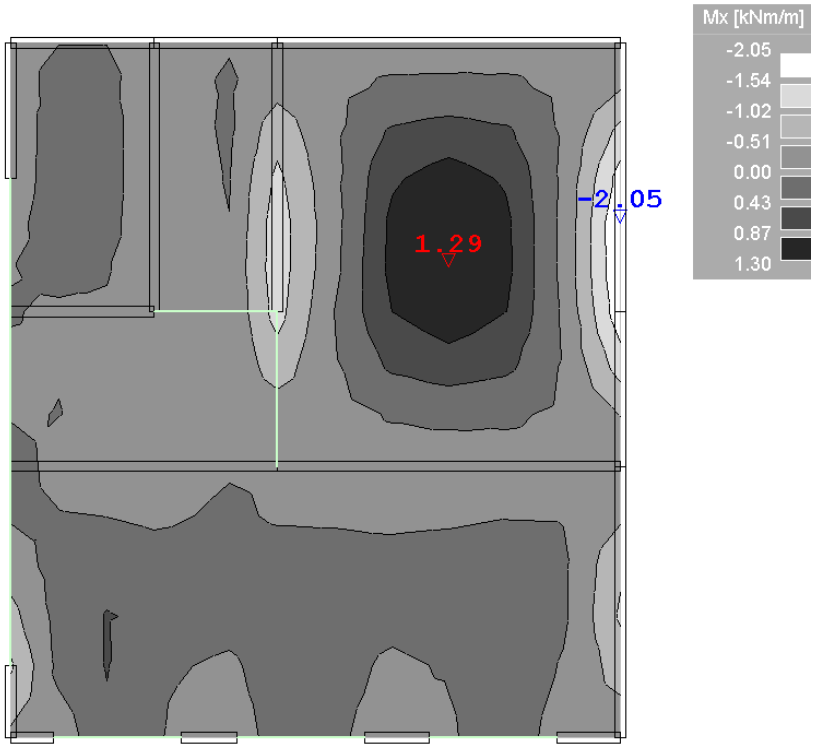


Slika 44: POZ500 Moment savijanja My (kNm/m')

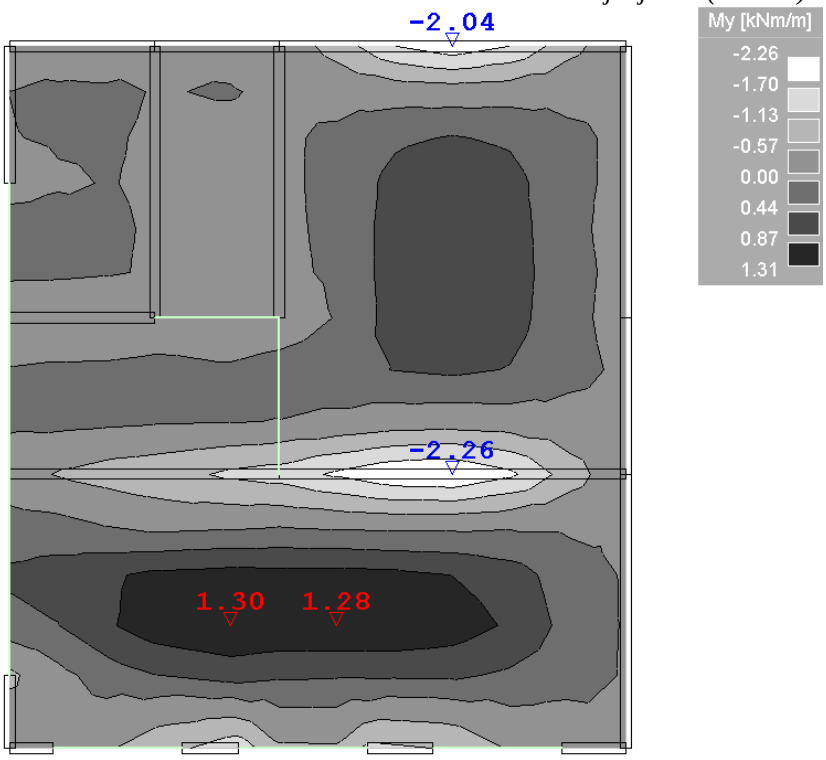


Slika 45: POZ500 Moment Mxy (kNm/m')

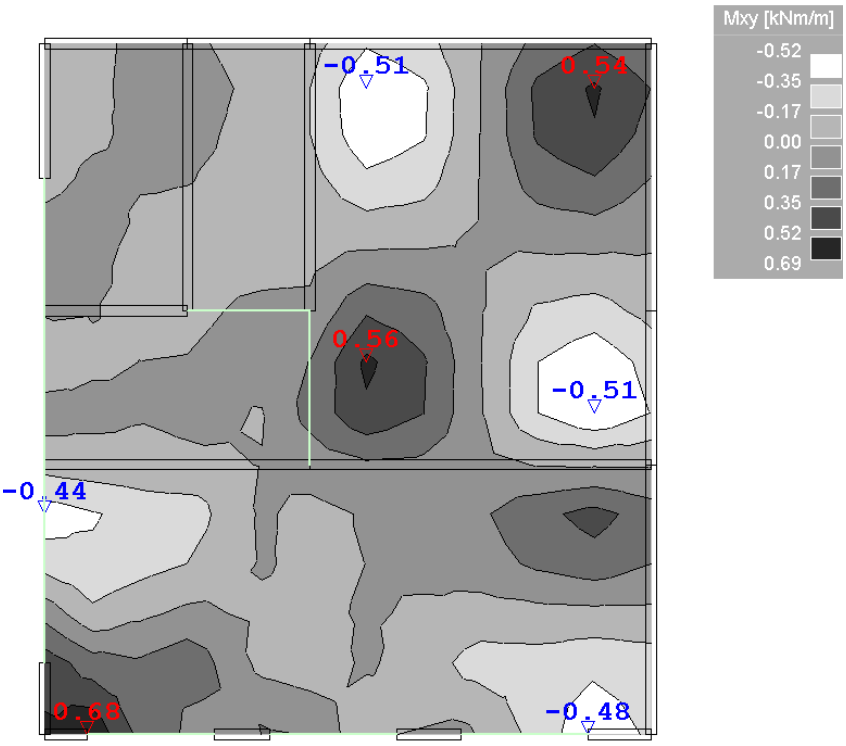
5.2.2.2 Q – pokretno



Slika 46: POZ500 Moment savijanja Mx (kNm/m')

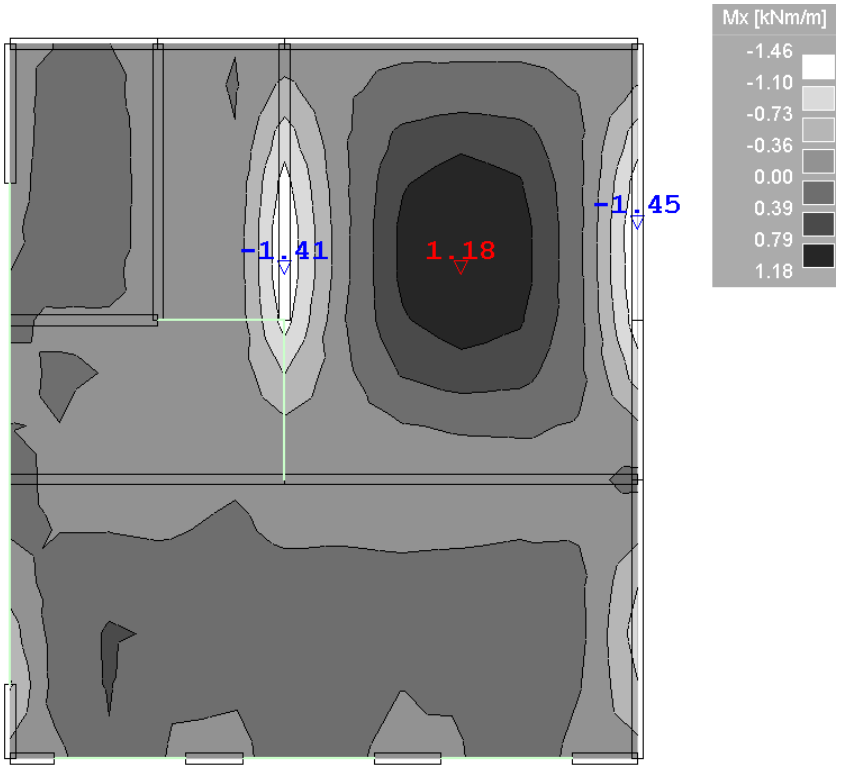


Slika 47: POZ500 Moment savijanja My (kNm/m')

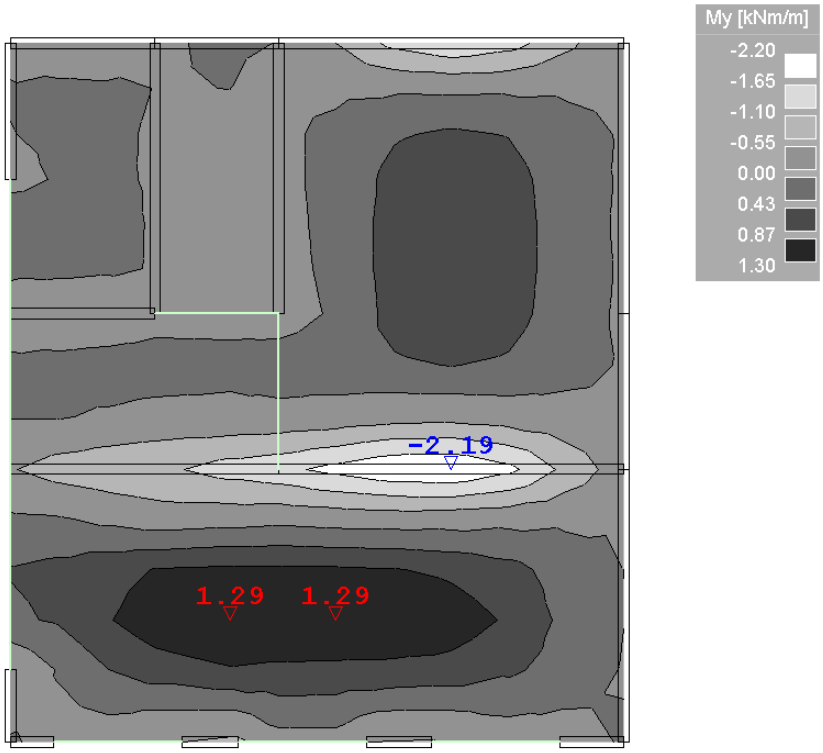


Slika 48: POZ500 Moment Mxy (kNm/m')

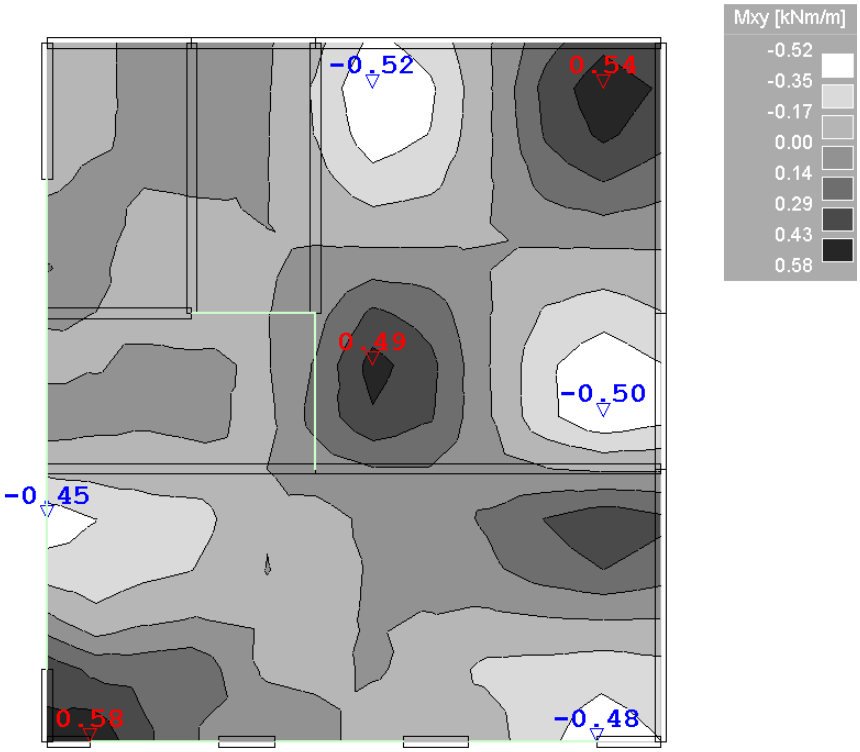
5.2.2.3 Sn - snijeg



Slika 49: POZ500 Moment savijanja Mx (kNm/m')



Slika 50: POZ500 Moment savijanja My (kNm/m')



Slika 51: POZ500 Moment savijanja Mxy (kNm/m')

5.2.3 Dimenzioniranje

Beton C30/37

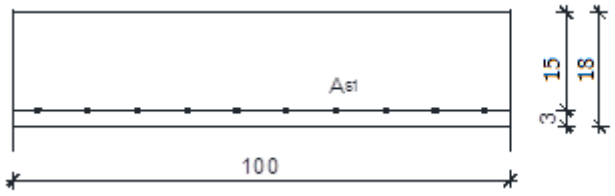
C30/37→ $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30,0}{1,5} = 20,0N/mm^2 = 2,0kN/cm^2$

Armatura B500B

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

Debljina ploče:

$h_{pl} = 18cm$; $d_1 = 3cm$; $d = 15cm$



Slika 52: Presjek ploče u polju

POLJE

Mjerodavna kombinacija:

$GSN = 1,35 \cdot (G + dG) + 1,5 \cdot Sn + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q$

$M_{Ed} = 1.35 \cdot 10,99 + 1.5 \cdot 1,18 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 2,26 = 18,64kNm/m'$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1864}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,042$$

Očitano:

$\varepsilon_{s1} = 10‰$ $\zeta = 0,962$

$\varepsilon_{c2} = -1,2‰$ $\xi = 0,107$

Potrebna površina armature:

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1864}{0,962 \cdot 15 \cdot 43,48} = 2,97cm^2$ - armaturu je potrebno povećati za 20% jer proračunski nisu uzete šahovske kombinacije pokretnog opterećenja: $A_{s1} = 3,56cm^2$

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

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

LEŽAJ

Mjerodavna kombinacija:

$$GSN = 1,35 \cdot (G + dG) + 1,5 \cdot Sn + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q$$

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 20,10 + 1.5 \cdot 2,19 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 2,09 = 32,30 kNm / m'$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3230}{100 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,071$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10\,{}^{o}/_{oo} \quad \zeta = 0,947$$
$$\varepsilon_{c2} = -1,7\,{}^{o}/_{oo} \quad \xi = 0,145$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3230}{0,947 \cdot 15 \cdot 43,48} = 5,23 cm^2$$ - armaturu je potrebno umanjiti za 15-20%:

$$A_{s1} = 4,45 cm^2$$

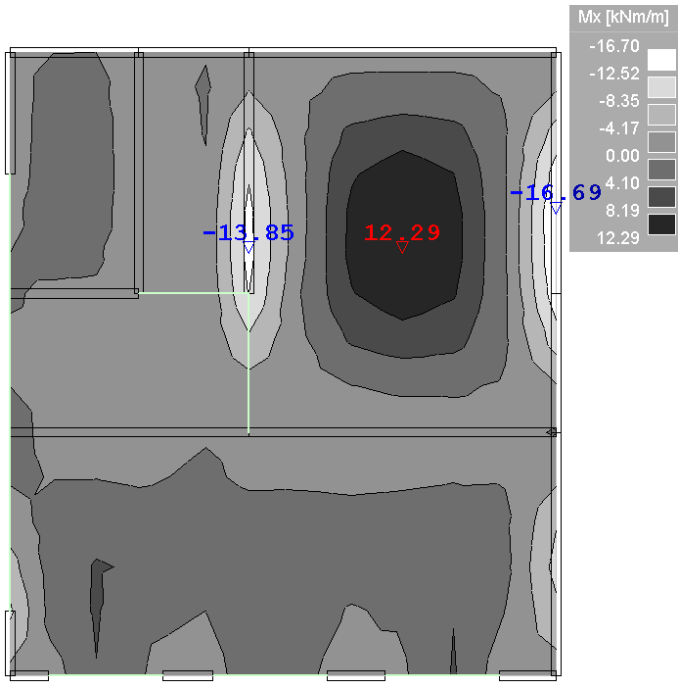
Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = 0,15\% \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 100 \cdot 15 = 2,25 cm^2$

Odabrano: Q -503 (A_{s1} = 5,03 cm^2)

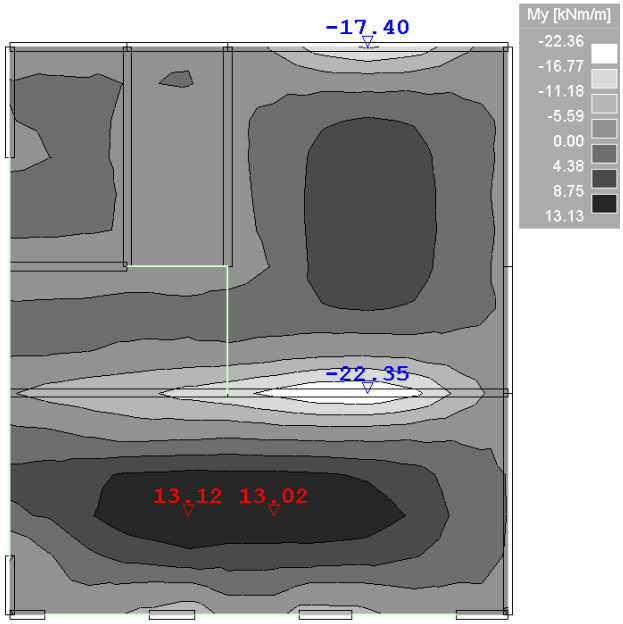
5.3 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti

5.3.1 Proračun pukotina

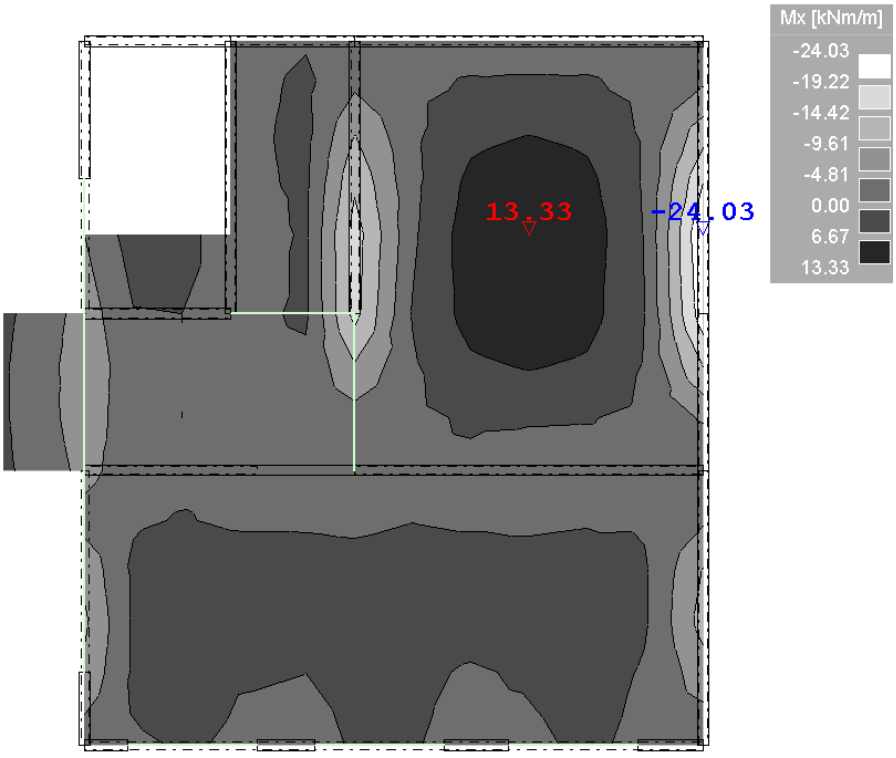
Mjerodavni momenti u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja (1,0·g + 1,0·Δg + 1,0·q).



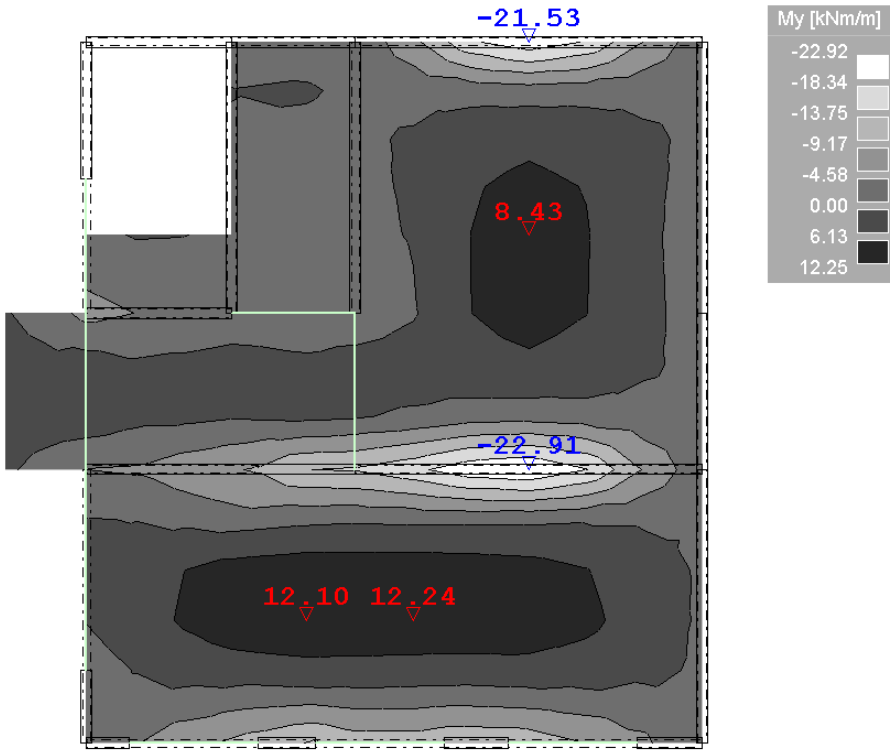
Slika 53: Prikaz momenta savijanja Mx GSU polje



Slika 54: Prikaz momenta savijanja My GSU polje



Slika 55: Prikaz momenta savijanja Mx GSU ležaj



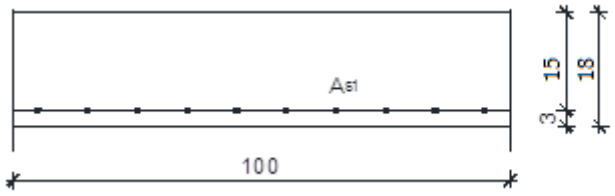
Slika 56: Prikaz momenta savijanja My GSU ležaj

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0{,}3$ mm (EC-2 – uobičajena sredina)

Proračunska vrijednost širine pukotine: (EC-2): $w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \leq w_g$

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment u polju: M_{Ed} =13,30 kNm

Armatura ploče donja zona: **Q-385** ($A_{s1} = 3{,}85\ \mathrm{cm}^2/\mathrm{m}$)



b=100 (cm); h=18 (cm); d_1=3 (cm); d=15 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = f_{ctm} = 2,9 MPa

k_t = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

E_s = 200 GPa

E_{cm} = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32{,}0} = 6{,}25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6{,}25 \cdot 3{,}85}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6{,}25 \cdot 3{,}85}}\right) = 2{,}46\,(cm)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \dfrac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{13{,}30 \cdot 100}{\left(15 - \dfrac{2{,}46}{3}\right) \cdot 3{,}85} = 24{,}36\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 243{,}6\,(MPa)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2{,}5 \cdot d} = \frac{3{,}85}{100 \cdot 2{,}5 \cdot 3} = 0.00513$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{243{,}6 - 0.4 \dfrac{2{,}9}{0.00513}\left(1 + 6{,}25 \cdot 0.00513\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{243{,}6}{200000.00} \quad \rightarrow$$

$$\frac{10,23}{200000.00} \geq \frac{146,16}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{146,16}{200000.00} = 0,000731$$

Srednji razmak pukotina:

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

k_1=0,8 – rebrasta armatura; k_2=0,5 – savijanje; Φ=10 *(mm), k_3 =3.4, k_4=0.425, c=30 mm*

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \frac{7}{0.00513} = 102 + 231,96 = 333,96 (mm)$$

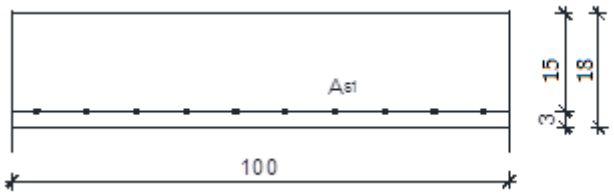
Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 333,96 \cdot 0.000731 = 0.24 (mm) < 0.3 (mm)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

Maksimalni eksploatacijski (radni) moment na ležaju: M_{Ed} = 22,91 kNm

Armatura ploče donja zona: **Q-503**, preklop ≥ 40 cm.



b=100 (cm); h=18 (cm);d_1=3 (cm);d=15 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = f_{ctm} = 2,9 MPa

k_t = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

E_s = 200 GPa

E_{cm} = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,77\,(cm)$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{22,91 \cdot 100}{\left(15 - \frac{2,77}{3} \right) \cdot 5,03} = 32,36 \left(\frac{kN}{cm^2} \right) = 323,6\,(MPa)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{5,03}{100 \cdot 2,5 \cdot 3} = 0.006707$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{323,6 - 0.4 \frac{2,9}{0.006707} (1 + 6,25 \cdot 0.006707)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{323,6}{200000.00} \quad \rightarrow$$

$$\frac{143,39}{200000.00} \geq \frac{194,16}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{194,16}{200000.00} = 0,000971$$

Srednji razmak pukotina:

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

k_1=0,8 – rebrasta armatura; k_2=0,5 – savijanje; Φ=10 *(mm)*, k_3 =3.4, k_4=0.425, *c=30 mm*

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \frac{7}{0.006707} = 279,43\,(mm)$$

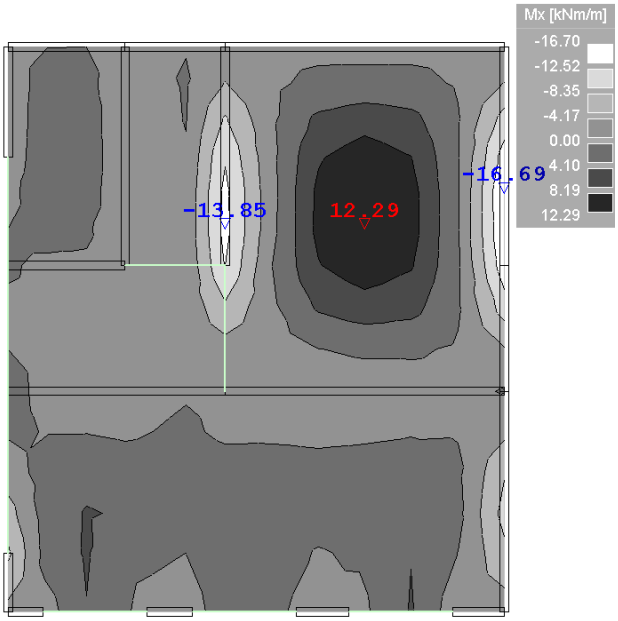
Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 279,43 \cdot 0.000971 = 0.27\,(mm) < 0.3\,(mm)$$

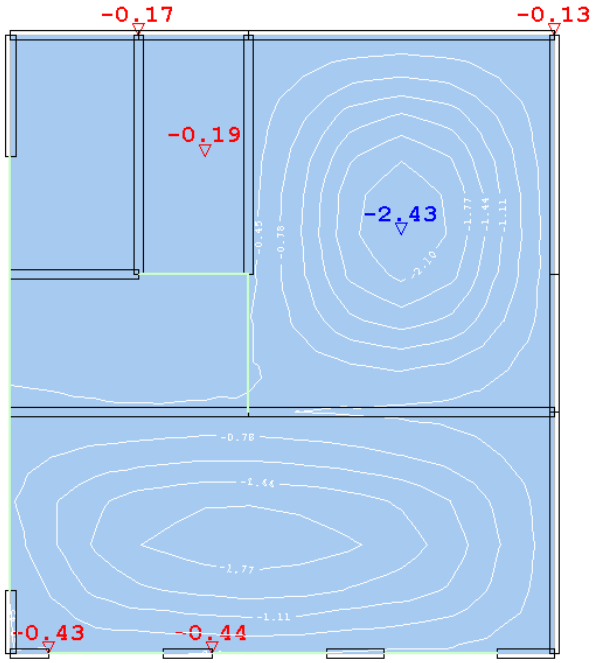
Odabrana armatura zadovoljava u pogledu širine pukotina!

5.3.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba)

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja $Med = 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 1,0 \cdot q$



Slika 57: Prikaz momenta savijanja Mx



Slika 58: Kontrola progiba za ploču krova; Ec=32GPa; l=620 cm

Granični progib: $v_{\lim} = \frac{L}{250} = \frac{620}{250} = 2,48\ cm$

Beton: C 30/37; f_{ck}=30.0 MPa

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000\ MPa$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot \left(f_{ck} \right)^{2/3} = 0.3 \cdot \left(30.0\right)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

Čelik: B500B; E_s=200.0 GPa

$$\alpha_{eI} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32} = 6,25 \qquad \nu_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = \left|M_{l1} + M_{l2}\right| / \left|M_p\right| = \left|13,85 + 16,69\right| / 12,29 = 2,48$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot \left(1 - 0.1 \cdot \beta\right) = 0.104 \cdot \left(1 - 0.1 \cdot 2,48\right) = 0.0782$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$= \frac{100 \cdot 18^3}{12} + 6,25 \cdot \left[5,03 \cdot \left(\frac{18}{2} - 3 \right)^2 + 0,0 \cdot \left(\frac{18}{2} - 3 \right)^2 \right] =$$

$$= 48600,00 + 1131,75 = 49731,75\ cm^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 12,29\ kNm$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 32\ GN/m^2 = 3200.0\ kN/cm^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{12,29 \cdot 100}{3200 \cdot 49731,75} = 0.0000077\ \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6,25 \cdot 5,03}{100} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15}{6,25 \cdot 5,03}} \right) = 2,77\ cm$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2} \right)^2 + \alpha_{eI} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(d - x \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(x - d_2 \right)^2 \right]$$

$$= \frac{100 \cdot 2,77^3}{12} + \left(100 \cdot 2,77\right) \cdot \left(\frac{2,77}{2} \right)^2 + 6,25 \cdot \left[5,03 \cdot \left(15 - 2,77\right)^2 + 0,0 \cdot \left(2,77 - 3\right)^2 \right]$$

$$= 5410,66\ cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{12,29 \cdot 100}{3200 \cdot 5410,66} = 0,0000709 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0.3 \cdot \left(f_{ck} \right)^{2/3} \quad ; \quad f_{ck} = 30.0 \; MPa$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot \left(f_{ck} \right)^{2/3} = 0.3 \cdot \left(30.0 \right)^{2/3} = 2,9 \; MPa$$

$$M_{cr} = 0.29 \cdot \frac{100 \cdot 18^2}{6} = 1566,00 \; kNcm = 15,66 \; kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_s} = \frac{1566}{\left(15 - \frac{2,77}{3} \right) \cdot 5,03} = 22,12 \frac{kN}{cm^2} = 221,2 \; MPa$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3} \right) \cdot A_{s1}} = \frac{12,10 \cdot 100}{\left(15 - \frac{2,77}{3} \right) \cdot 5,03} 17,08 \frac{kN}{cm^2} = 170,8 \; MPa$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.0000077 \; \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000709 \; \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 = 0 - koeficjent \; raspodijele$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + \left(1 - \zeta \right) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0.0 \cdot 0.0000077 + \left(1 - 0.0 \right) \cdot 0,0000709 = 0,0000709 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.05741$$

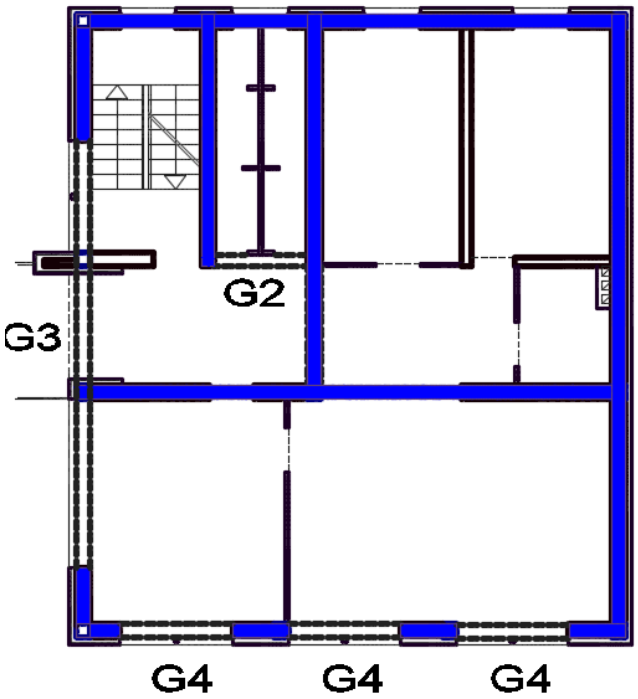
$$L = 620,0 \; cm$$

$$v_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.05741 \cdot 620^2 \cdot 0.0000709 = 1,56 \; cm < v_{\lim} = 2,48 \; cm$$

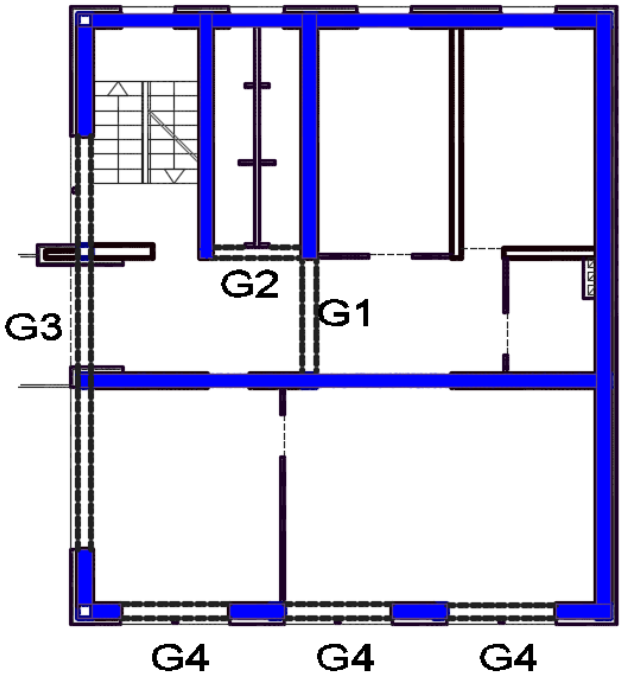
Odabrane dimenzije ploče i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

6 PRORAČUN AB GREDA

6.1 Plan pozicija



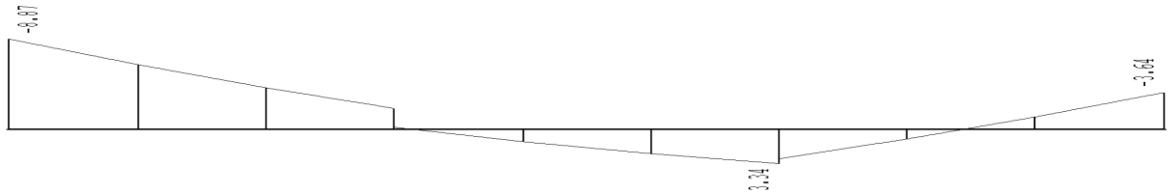
Slika 59: POZ100 Plan pozicija greda – strop 1.kata



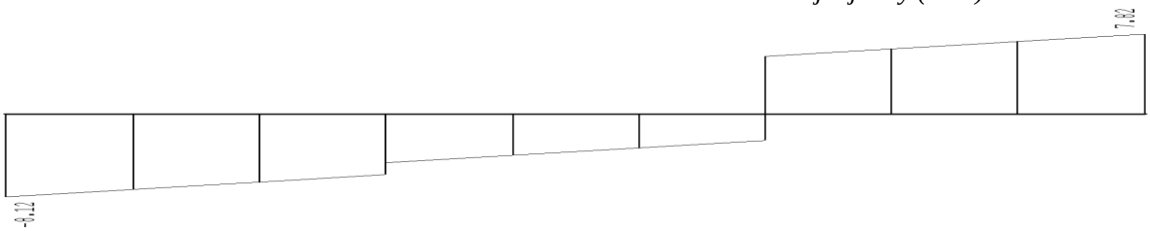
Slika 60: POZ500Plan pozicija greda – strop 4.kata

6.2 Dimenzioniranje grede G1

6.3 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda i stalne opreme)

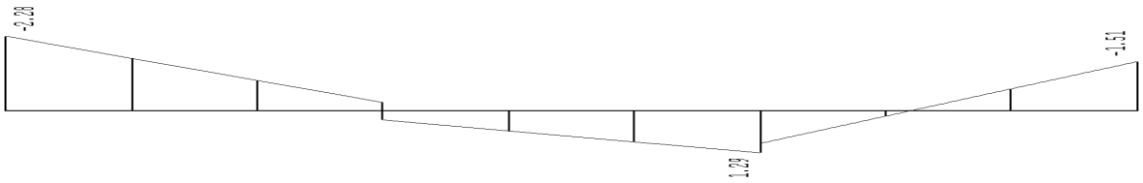


Slika 61: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)

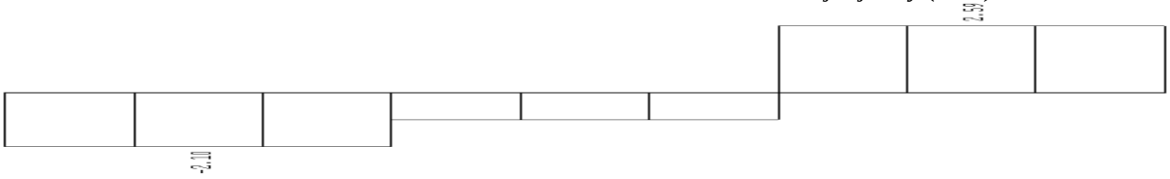


Slika 62: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)

6.3.1.1 Q – pokretno

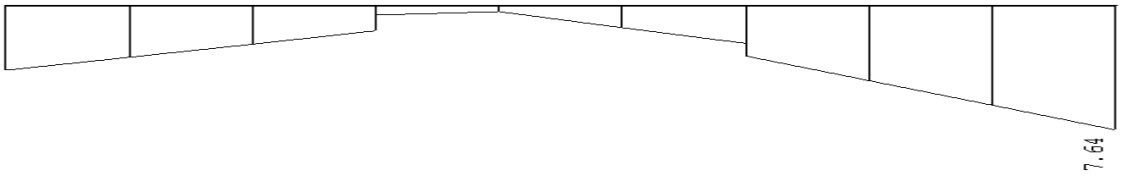


Slika 63: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)

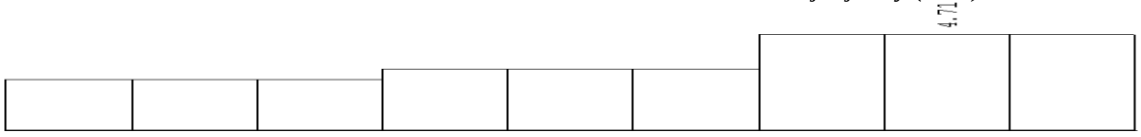


Slika 64: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)

6.3.1.2 Sy– potres u smjeru Y

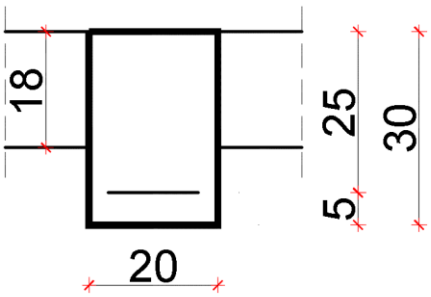


Slika 65: GREDA G1- Moment savijanja My (kNm)



Slika 66: GREDA G1- Poprečna sila Vz (kN)

6.3.2 Dimenzioniranje



Mjerodavna kombinacija opterećenja:

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot (G + dG) + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Sy$$

Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm
h = 30,0 cm
d_1 = 5,0 cm
d = h – d_1 = 25,0 cm

Materijal:

Beton C30/37

f_{ck} = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$
f_{cd} = 20,0 MPa (uobičajena kombinacija)

Čelik B500B

f_{yk} = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$
f_{yd} = 434,8 MPa (uobičajena kombinacija)

<u>Proračun armature za najveći moment u polju</u>

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 3,34 + 1.5 \cdot 1,29 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 7,64 = 13,32 kNm/m$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13,32 \cdot 100}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,054 \rightarrow 0,054$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0$ ‰ $\varepsilon_{s2} = 1,4$‰ $\xi = 0,123$ $\zeta = 0,956$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1332}{0,956 \cdot 25 \cdot 43,5} = 1,28 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 *Φ* 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 8,87 + 1.5 \cdot 2,28 = 15,39 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1539}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,062 \rightarrow 0,065$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 1,6‰$ $\xi = 0,138$ $\zeta = 0,950$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1539}{0,950 \cdot 25 \cdot 43,5} = 1,49 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,\min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot 7,82 + 1.5 \cdot 2,59 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 4,71 = 18,68 kN$$

C 30/37 τ_{rd}= 0,34 N/mm^2 = 0,034 kN/cm^2 – računska posmična čvrstoća

$$\rho_{\min} = 0,0011$$

A_{s1} = 3,08 cm^2
A_{s2} = 3,08 cm^2

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1.89 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.89$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 6,08 cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,08}{600} = 0.01$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.89 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 250 = 35236 N = 35,24 kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,89^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.50$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,50 \cdot 200 \cdot 250 = 25000,00N = 25,00kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 250,0 = 2750000N = 275,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 18,68kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.15 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.15 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 30.0\,cm\} = \min\{0,8 \cdot 25 = 20; 30.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 20.0\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

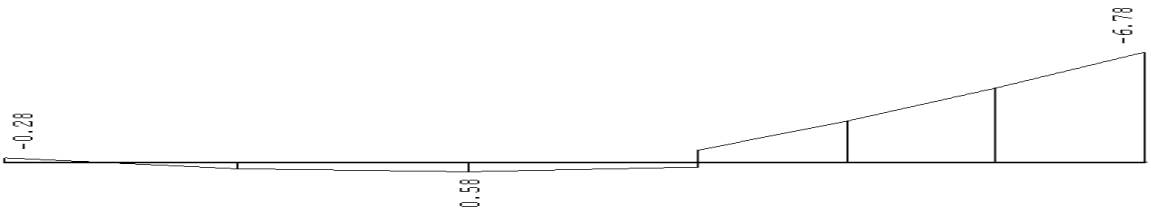
$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

Odabrane spone ∅8 (A_{sw}=0.5 cm^2):

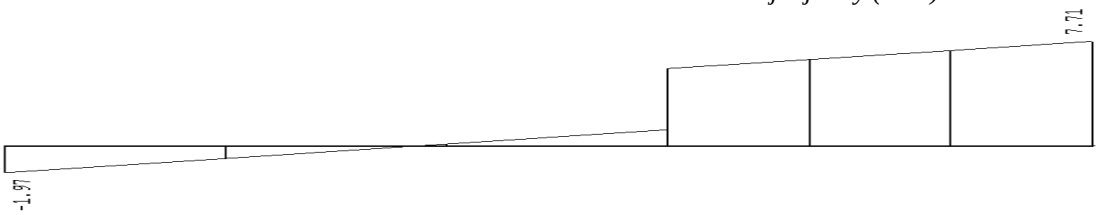
Odabrane spone ∅8/20, B500B

6.4 Dimenzioniranje grede G2

6.4.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda i stalne opreme)



Slika 67: GREDA G2- Moment savijanja My (kNm)



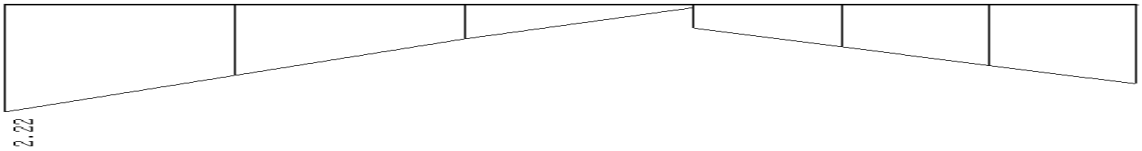
Slika 68: GREDA G2- Poprečna sila Vz (kN)

6.4.1.2 Q – pokretno

Slika 69: GREDA G2- Moment savijanja My (kNm)

Slika 70: GREDA G2- Poprečna sila Vz (kN)

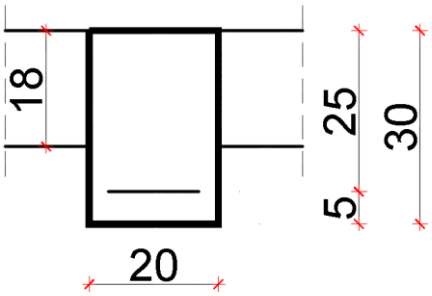
6.4.1.3 Sx – potres u smjeru X



Slika 71: GREDA G2- Moment savijanja My (kNm)

Slika 72: GREDA G2- Poprečna sila Vz (kN)

6.4.2 Dimenzioniranje



Mjerodavna kombinacija opterećenja:

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot (G + dG) + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Sx$$

Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm
h = 30,0 cm
d_1 = 5,0 cm
d = h – d_1 = 25,0 cm

Materijal:

Beton C30/37

f_{ck} = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$
f_{cd} = 20,0 MPa (uobičajena kombinacija)

Čelik B500B

f_{yk} = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$
f_{yd} = 434,8 MPa (uobičajena kombinacija)

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 0,58 + 1.5 \cdot 0,14 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 2,22 = 2,99 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2,99 \cdot 100}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,012 \rightarrow 0,013$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0$ ‰ $\varepsilon_{s2} = 0,6$‰ $\xi = 0,057$ $\zeta = 0,981$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{299}{0,981 \cdot 25 \cdot 43,5} = 0,28 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 6,78 + 1.5 \cdot 2,66 = 13,14 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1314}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,052 \rightarrow 0,054$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 1,4‰$ $\xi = 0,123$ $\zeta = 0,956$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1314}{0,956 \cdot 25 \cdot 43,5} = 1,26 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,\min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot 7,71 + 1.5 \cdot 2,56 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 1,62 = 15,71 kN$$

C 30/37 τ_{rd}= 0,34 N/mm^2 = 0,034 kN/cm^2 – računska posmična čvrstoća

$$\rho_{\min} = 0,0011$$

A_{s1} = 3,08 cm^2
A_{s2} = 3,08 cm^2

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1.89 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.89$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 6,08 cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,08}{600} = 0.01$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.89 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 250 = 35236 N = 35,24 kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,89^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.50$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,50 \cdot 200 \cdot 250 = 25000,00N = 25,00kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 250,0 = 2750000N = 275,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 15,71kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.15 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.15 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 30.0\,cm\} = \min\{0,8 \cdot 25 = 20; 30.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 15.0\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

Odabrane spone ∅8 (A_{sw}=0.5 cm^2):

Odabrane spone ∅8/20, B500B

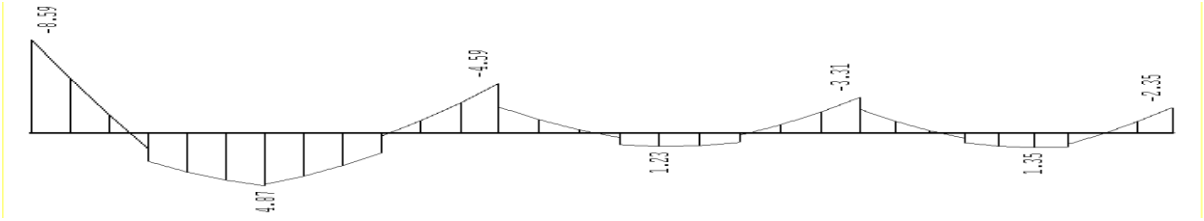
Odabrane spone zadovoljavaju na cijelom nosaču osim kod ležaja:

$$s_{pot} = \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 25}{15,71} = 69,19cm$$

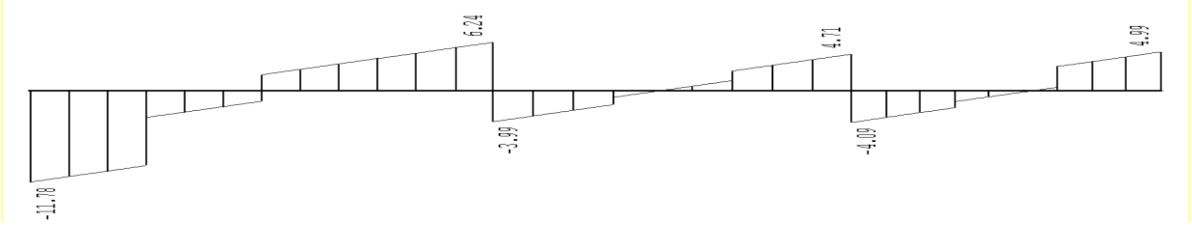
Odabrane spone ∅8/20, B500B

6.5 Dimenzioniranje grede G3

6.5.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda i stalne opreme)

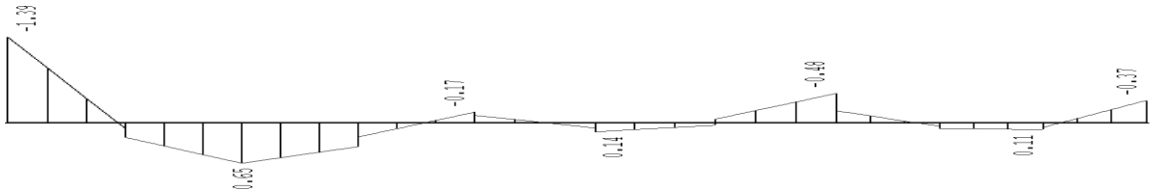


Slika 73: GREDA G3- Moment savijanja My (kNm)

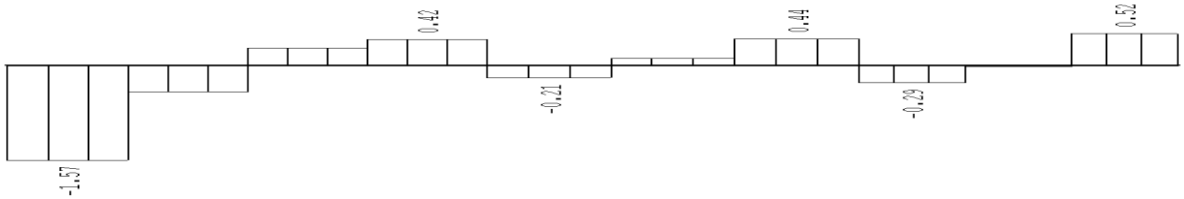


Slika 74: GREDA G3- Poprečna sila Vz (kN)

6.5.1.2 Q – pokretno

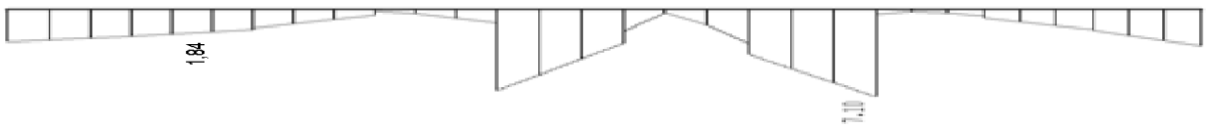


Slika 75: GREDA G3- Moment savijanja My (kNm)

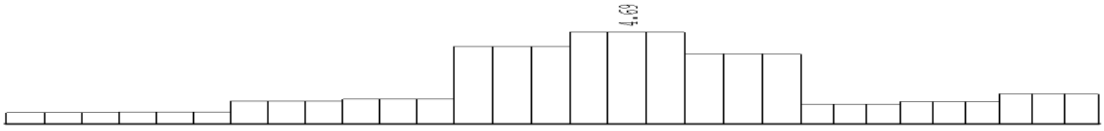


Slika 76: GREDA G3- Poprečna sila Vz (kN)

6.5.1.3 Sy – potres u smjeru Y

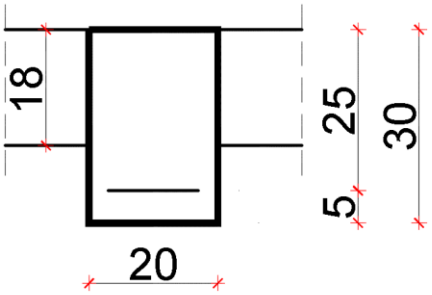


Slika 77: GREDA G3- Moment savijanja My (kNm)



Slika 78: GREDA G3- Poprečna sila Vz (kN)

6.5.2 Dimenzioniranje



Mjerodavna kombinacija opterećenja:

$M_{Ed} = 1.35 \cdot (G + dG) + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Sy$

Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm
h = 30,0 cm
d_1 = 5,0 cm
d = h – d_1 = 25,0 cm

Materijal:

Beton C30/37

f_{ck} = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$
f_{cd} = 20,0 MPa (uobičajena kombinacija)

Čelik B500B

f_{yk} = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$
f_{yd} = 434,8 MPa (uobičajena kombinacija)

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 4,87 + 1.5 \cdot 0,65 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 1,84 = 9,21 kNm/m$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{9,21 \cdot 100}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,037$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰ \quad \varepsilon_{s2} = 1,1‰ \quad \xi = 0,099 \quad \zeta = 0,965$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{921}{0,965 \cdot 25 \cdot 43,5} = 0,88 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 8,59 + 1.5 \cdot 1,39 = 13,68 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1368}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,054$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰$ $\varepsilon_{s2} = 1,4‰$ $\xi = 0,123$ $\zeta = 0,956$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1368}{0,956 \cdot 25 \cdot 43,5} = 1,32 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot 11,78 + 1.5 \cdot 1,57 = 18,26 kN$$

C 30/37 τ_{rd}= 0,34 N/mm^2 = 0,034 kN/cm^2 – računska posmična čvrstoća

$$\rho_{\min} = 0,0011$$

A_{s1} = 3,08 cm^2
A_{s2} = 3,08 cm^2

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1.89 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.89$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 6,08 cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,08}{600} = 0.01$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.89 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 250 = 35236 N = 35,24 kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,89^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.50$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,50 \cdot 200 \cdot 250 = 25000,00N = 25,00kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 250,0 = 2750000N = 275,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 18,26kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.15 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.15 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 15.0\,cm\} = \min\{0,8 \cdot 25 = 20; 15.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 20.0\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

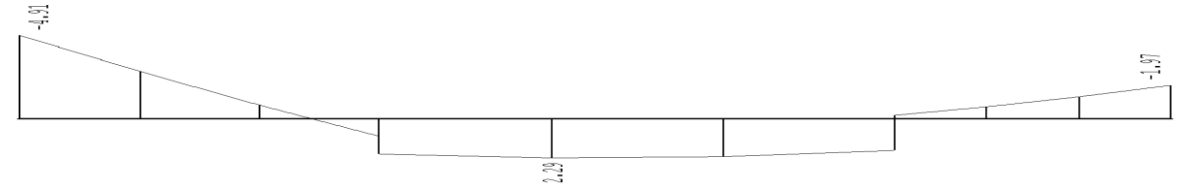
$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

Odabrane spone ∅8 (A_{sw}=0.5 cm^2):

Odabrane spone ∅8/20, B500B

6.6 Dimenzioniranje grede G4

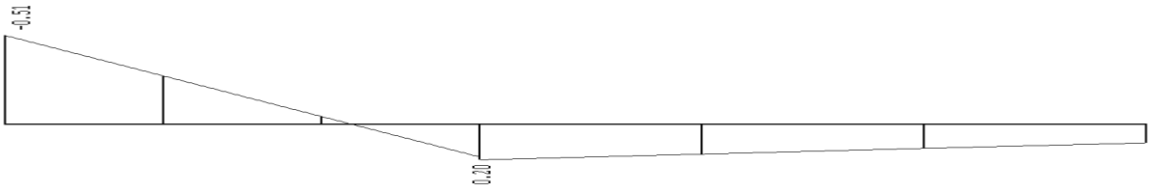
6.6.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)+ dG – dodatno stalno (težina slojeva poda i stalne opreme)



Slika 79: GREDA G4- Moment savijanja My (kNm)

Slika 80: GREDA G4- Poprečna sila Vz (kN)

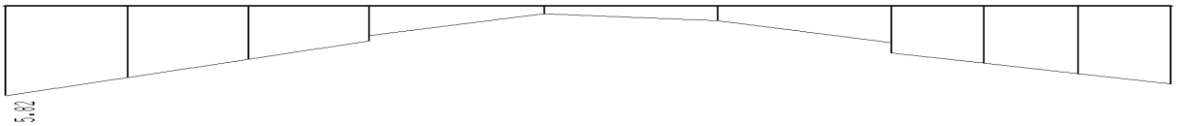
6.6.1.2 Q – pokretno



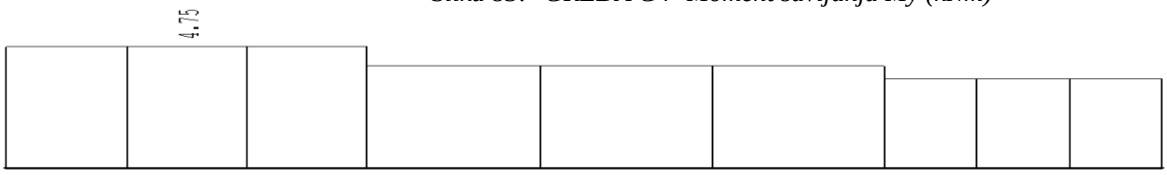
Slika 81: GREDA G4- Moment savijanja My (kNm)

Slika 82: GREDA G4- Poprečna sila Vz (kN)

6.6.1.3 Sy – potres u smjeru Y



Slika 83: GREDA G4- Moment savijanja My (kNm)

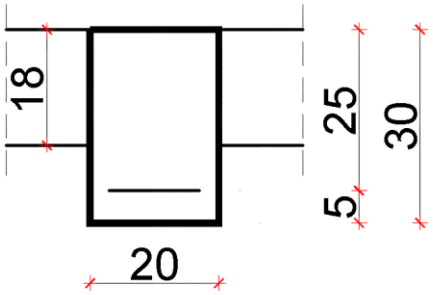


Slika 84: GREDA G4- Poprečna sila Vz (kN)

6.6.2 Dimenzioniranje

Mjerodavna kombinacija opterećenja:

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot (G + dG) + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Sy$$



Dimenzije elementa:

b = 20,0 cm
h = 30,0 cm
d_1 = 5,0 cm
d = h – d_1 = 25,0 cm

Materijal:

Beton C30/37

f_{ck} = 30,0 MPa

$f_{cd} = f_{ck} \div \gamma_c = 30,0 \div 1,5$
f_{cd} = 20,0 MPa (uobičajena kombinacija)

Čelik B500B

f_{yk} = 500,0 MPa

$f_{yd} = f_{yk} \div \gamma_s = 500,0 \div 1,15$
f_{yd} = 434,8 MPa (uobičajena kombinacija)

Proračun armature za najveći moment u polju

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 2,29 + 1.5 \cdot 0,2 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0 = 3,39 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{3,39 \cdot 100}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,014 \rightarrow 0,017$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0$ ‰ $\varepsilon_{s2} = 0,7$‰ $\xi = 0,065$ $\zeta = 0,977$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{339}{0,977 \cdot 25 \cdot 43,5} = 0,32 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 *Φ* 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveći moment nad ležajem

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot 4,91 + 1.5 \cdot 0,51 = 7,39 kNm/m'$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{739}{20 \cdot 25^2 \cdot 2,0} = 0,029 \rightarrow 0,031$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰\ \ \varepsilon_{s2} = 1,0‰\ \ \xi = 0,091\ \ \zeta = 0,968$

Potrebna površina armature: $A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{739}{0,968 \cdot 25 \cdot 43,5} = 0,70 cm^2$

Minimalna površina armature: $A_{s1,\min} = \frac{0,6}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,06}{43,48} \cdot 20 \cdot 25 = 0,67 cm^2$

Odabrana armatura: **2 Φ 14** (A_{s1}= 3,08 cm^2)

Proračun armature za najveću poprečnu silu

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot 8,75 + 1.5 \cdot 0,7 = 12,86 kN$$

C 30/37 τ_{rd}= 0,34 N/mm^2 = 0,034 kN/cm^2 – računska posmična čvrstoća

$$\rho_{\min} = 0,0011$$

A_{s1} = 3,08 cm^2
A_{s2} = 3,08 cm^2

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{250}} = 1.89 < 2.0 \quad \Rightarrow \quad k = 1.89$$

$$k_1 = 0.15$$

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

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

$$\sum A_s = 6,08 cm^2 \qquad \rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{6,08}{600} = 0.01$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.89 \cdot \left(100 \cdot 0.01 \cdot 30\right)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 200 \cdot 250 = 35236 N = 35,24 kN$$

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

$$k_1 = 0.15$$

$$\nu_{\min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 1,89^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0.50$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0,50 \cdot 200 \cdot 250 = 25000,00N = 25,00kN$$

Zadovoljeno!

Dio poprečne sile koje mogu preuzeti tlačne dijagonale:

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

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0.55$$

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot 0.55 \cdot 200 \cdot 200 \cdot 250,0 = 2750000N = 275,0kN$$

Maksimalna poprečna sila:

$$V_{Ed,\max} = V_{Ed,a} = 18,68kN$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 0.15 \quad \Rightarrow \quad V_{Ed,\max} = 0.15 V_{Rd,\max}$$

$$s_{w,\max} = \min\{0.8 \cdot d; 30.0\,cm\} = \min\{0,8 \cdot 25 = 20; 30.0\} \quad \Rightarrow \quad s_{w,\max} = 20.0\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0011 \quad (C30/37)$$

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0011 \cdot 15 \cdot 20}{2} = 0.165cm^2$$

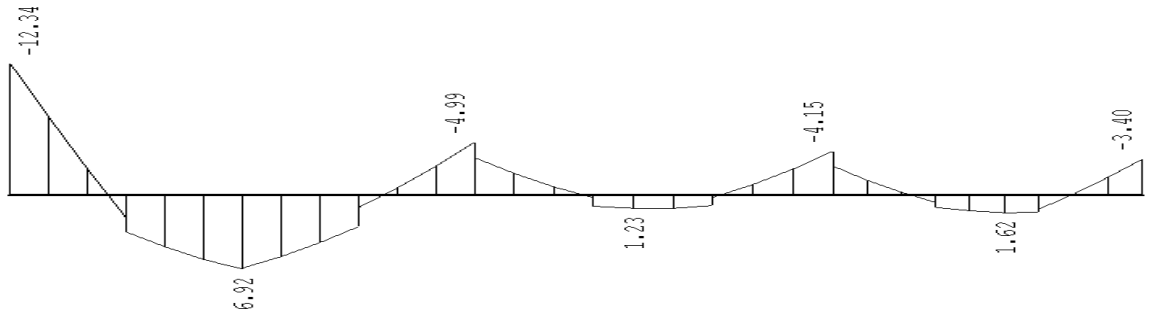
Odabrane spone ∅8 (A_{sw}=0.5 cm^2):

Odabrane spone ∅8/20, B500B

6.7 Kontrola graničnog stanja uporabljivosti

6.7.1 Proračun pukotina

Najveći moment u polju: $M_{Ed} = 1,0 \cdot M_{g+\Delta g} + 1,0 \cdot M_q = 6,92\ kNm$



Slika 85: Prikaz momenta savijanja u gredi POZ100 G3 - GSU

Granično stanje širina pukotina biti će zadovoljeno ako vrijedi:

$$w_k < w_g$$

Granična vrijednost širine pukotine: $w_g = 0,3$ mm (EC-2 – uobičajena sredina)

vlačna armatura za polje je **2 Φ 14** (A_{s1}=3,08 cm^2)

b=20 (cm); h=30 (cm); d=25 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = f_{ctm} = 2,9 MPa

k_t = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

E_s = 200 GPa

E_{cm} = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2 \cdot 20 \cdot 25}{6,25 \cdot 3,08}}\right) = 6,04\,cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d-\frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{6,92 \cdot 100}{\left(25-\frac{6,04}{3}\right) \cdot 3,08} = 9,77\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 97,7\left(MPa\right)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0.012$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{97,7 - 0.4\frac{2,9}{0.012}\left(1+6,25 \cdot 0.012\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{97,7}{200000.00} \quad \rightarrow \frac{58,62}{200000.00} \geq \frac{6,21}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{58,62}{200000.00} = 0,00029$$

Srednji razmak pukotina:

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

k_1=0,8 – rebrasta armatura; k_2=0,5 – savijanje; Φ=14 *(mm)*, k_3 =3.4, k_4=0.425, *c=30 mm*

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425\frac{14}{0.025} = 111,52\left(mm\right)$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 111,52 \cdot 0.00029 = 0.03\left(mm\right) < 0.3\left(mm\right)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

Najveći moment na ležaju: $M_{sd} = 1,0 \cdot M_{g+\Delta g} + 1,0 \cdot M_q = 12,34\,kNm$

vlačna armatura za ležaj je 2Φ14 (A_s=3,08 cm^2)

b=20 (cm); h=30 (cm); d=25 (cm)

Prognoza širine pukotina:

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

Proračun srednje deformacije armature:

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

$f_{ct,eff}$ = efektivna vlačna čvrstoća betona, može se uzeti = f_{ctm} = 2,9 MPa

k_t = 0.4 (dugotrajno opterećenje)

E_s = 200 GPa, E_{cm} = 32,0 GPa (iz tablice)

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32,0} = 6,25$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2 \cdot 20 \cdot 25}{6,25 \cdot 3,08}}\right) = 6,04\ cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d-\frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{12,34 \cdot 100}{\left(25-\frac{6,04}{3}\right) \cdot 3,08} = 17,43\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 174,3\left(MPa\right)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{A_s}{b \cdot 2,5 \cdot d} = \frac{3,08}{20 \cdot 2,5 \cdot 5} = 0.012$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{174,3 - 0.4\frac{2,9}{0.012}\left(1+6,25 \cdot 0.012\right)}{200000.00} \geq 0.6 \cdot \frac{174,3}{200000.00} \rightarrow \frac{104,58}{200000.00} \geq \frac{70,38}{200000.00}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{70,38}{200000.00} = 0,00035$$

Srednji razmak pukotina:

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

k_1=0,8 – rebrasta armatura; k_2=0,5 – savijanje; Φ=14 *(mm)*, k_3 =3.4, k_4=0.425, *c=30 mm*

ρ_r - djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom

$$s_{r,\max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425\frac{14}{0.025} = 111,52\left(mm\right)$$

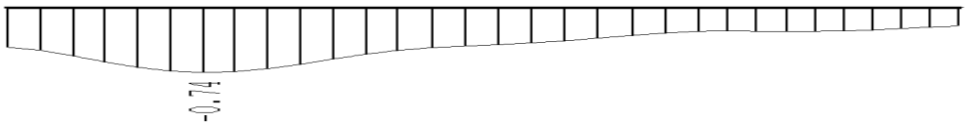
Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 111,52 \cdot 0.00035 = 0.04\left(mm\right) < 0.3\left(mm\right)$$

Provjera za pukotine zadovoljava!

6.7.2 Kontrola graničnog stanja deformacija (progiba)

Mjerodavni kratkotrajni progibi u ploči su dobiveni kroz numerički model. Koriste se rezultati od kratkotrajnog djelovanja i radne kombinacije opterećenja $M_{Ed} = 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 1,0 \cdot q$



Slika 86: Kontrola progiba grede; l=570 cm

Granični progib: $\nu_{\lim} = \frac{L}{250} = \frac{570}{250} = 1,26\ cm$

Beton: C 30/37; f_{ck}=30.0 MPa

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{30 + 8} \approx 32000\ MPa$$

$$f_{ct,m} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (30.0)^{2/3} = 2,9\ MPa$$

Čelik: B500B; E_s=200.0 GPa

$$\alpha_{eI} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{32} = 6,25 \qquad \nu_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$$

$$\beta = |M_{l1} + M_{l2}| / |M_p| = |12,34 + 4,99| / 6,92 = 2,50$$

$$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0.1 \cdot \beta) = 0.104 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2,50) = 0.078$$

Srednja zakrivljenost u neraspucanom stanju:

$$I_I = \frac{bh^3}{12} + \alpha_{eI} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2 \right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right)^2 \right]$$

$$= \frac{20 \cdot 30^3}{12} + 6,25 \cdot \left[3,08 \cdot \left(\frac{30}{2} - 3 \right)^2 + 3,08 \cdot \left(\frac{30}{2} - 3 \right)^2 \right] =$$

$$= 50544,00\ cm^4$$

$$M_{Ed} = M_p = 6,92\ kNm$$

$$E_{c,eff} = E_{cm} = 32\ GN/m^2 = 3200.0\ kN/cm^2$$

$$\frac{1}{r_I} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_I} = \frac{6,92 \cdot 100}{3200 \cdot 50544,00} = 0.00000428\ \frac{1}{cm}$$

$$x = \frac{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}{b}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2bd}{\alpha_{eI} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{6,25 \cdot 3,08}{20}\left(-1+\sqrt{1+\frac{2 \cdot 20 \cdot 25}{6,25 \cdot 3,08}}\right) = 6,04\ cm$$

Srednja zakrivljenost u raspucanom stanju:

$$I_{II} = \frac{bx^3}{12} + bx \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{eI} \cdot \left[A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2\right]$$

$$= \frac{20 \cdot 6,04^3}{12} + (20 \cdot 6,04) \cdot \left(\frac{6,04}{2}\right)^2 + 6,25 \cdot \left[3,08 \cdot (25-6,04)^2 + 3,08 \cdot (6,04-5)^2\right]$$

$$= 8409,83\ cm^4$$

$$\frac{1}{r_{II}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{II}} = \frac{6,92 \cdot 100}{3200 \cdot 8409,83} = 0,0000257 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \quad ; \quad M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} \quad ; \quad f_{ctm} \approx 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} \quad ; \quad f_{ck} = 30.0\ MPa$$

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

$$M_{cr} = 0.29 \cdot \frac{20 \cdot 30^2}{6} = 870\ kNcm = 8,70\ kNm$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{870}{\left(25 - \frac{6,04}{3}\right) \cdot 3,08} = 12,28 \frac{kN}{cm^2} = 122,8\ MPa$$

$$\sigma_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{6,92 \cdot 100}{\left(25 - \frac{5,06}{3}\right) \cdot 3,08} = 9,77 \frac{kN}{cm^2} = 97,7\ MPa$$

$$\frac{1}{r_I} = 0.00000428 \frac{1}{cm}$$

$$\frac{1}{r_{II}} = 0,0000257 \frac{1}{cm}$$

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 0,9275 - koeficjent\ raspodijele$$

$$\frac{1}{r_m} = \zeta \cdot \frac{1}{r_I} + (1-\zeta) \cdot \frac{1}{r_{II}} = 0.9275 \cdot 0.00000428 \quad + (1-0.9275) \cdot 0,0000257 = 0.00000583 \frac{1}{cm}$$

$$k = 0.0709$$

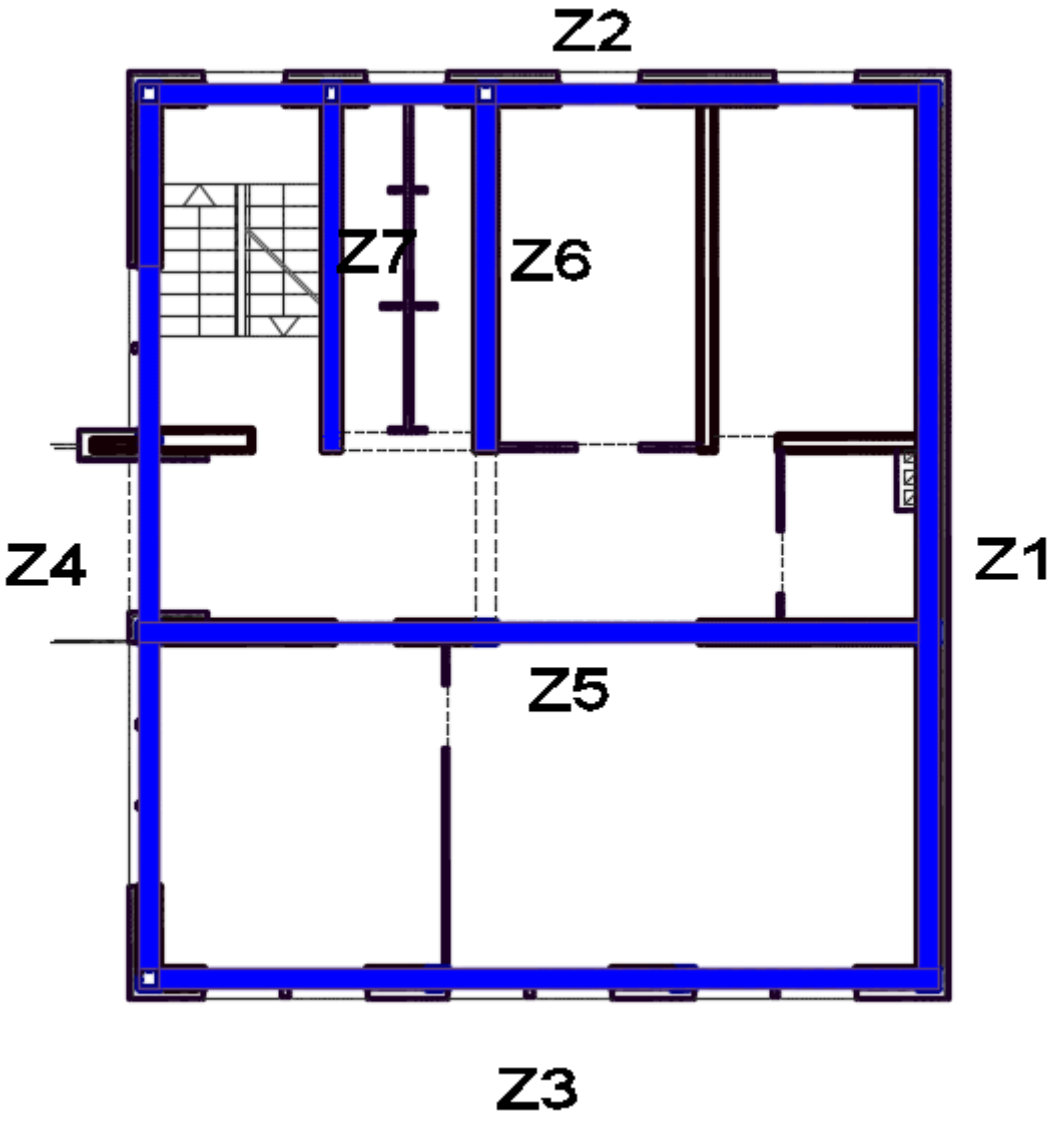
$$L = 570,0\ cm$$

$$\nu_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0.0709 \cdot 570^2 \cdot 0.00000583 = 0,13\ cm < \nu_{\lim} = 1,26\ cm$$

Odabrane dimenzije grede i armature zadovoljavaju u pogledu progiba!

7 PRORAČUN NOSIVIH ZIDOVA

7.1 Plan pozicija

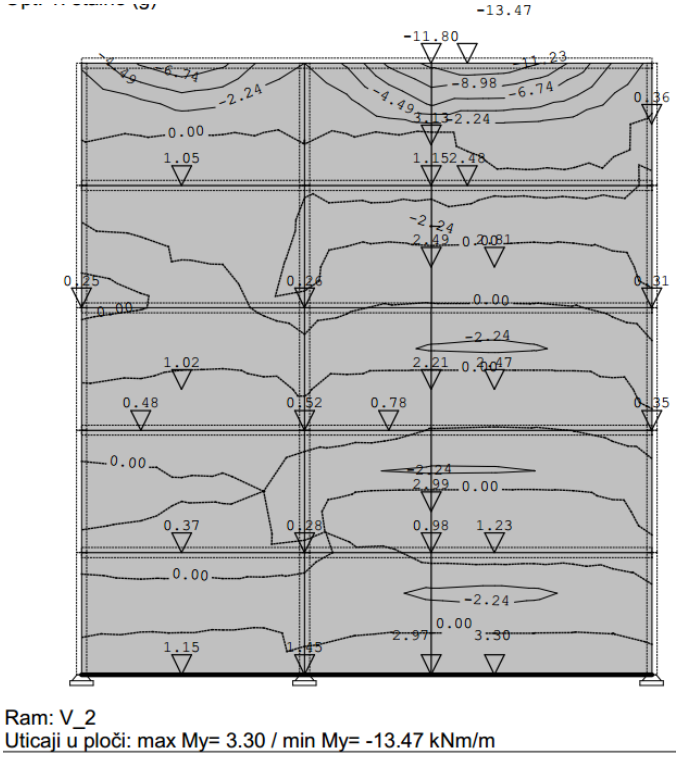


Slika 87: Plan pozicija ZIDOVA

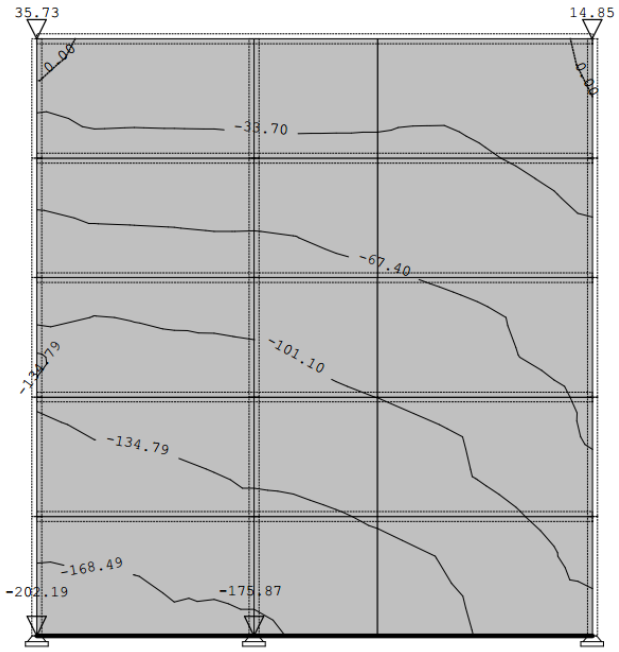
7.2 Zid Z1

7.2.1 Rezultati proračuna

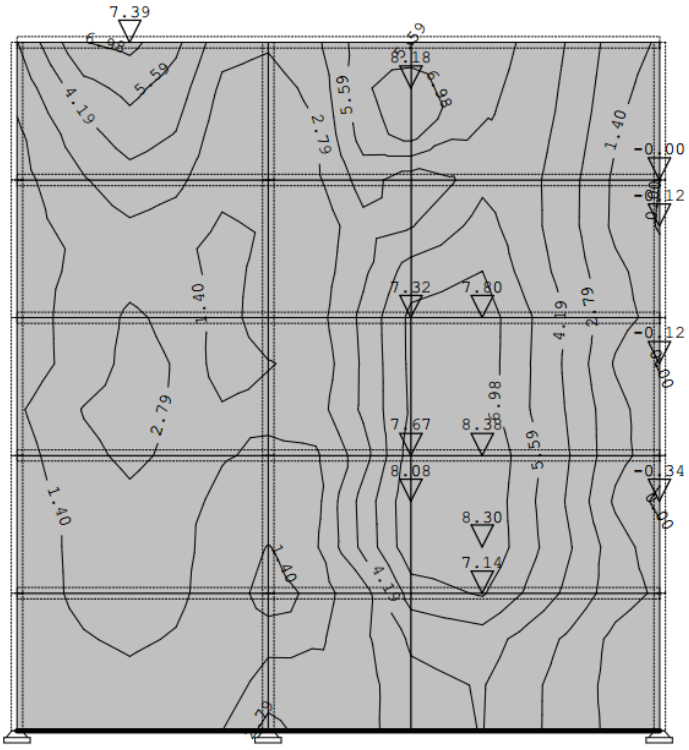
7.2.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 88: Dijagram momenata Mz

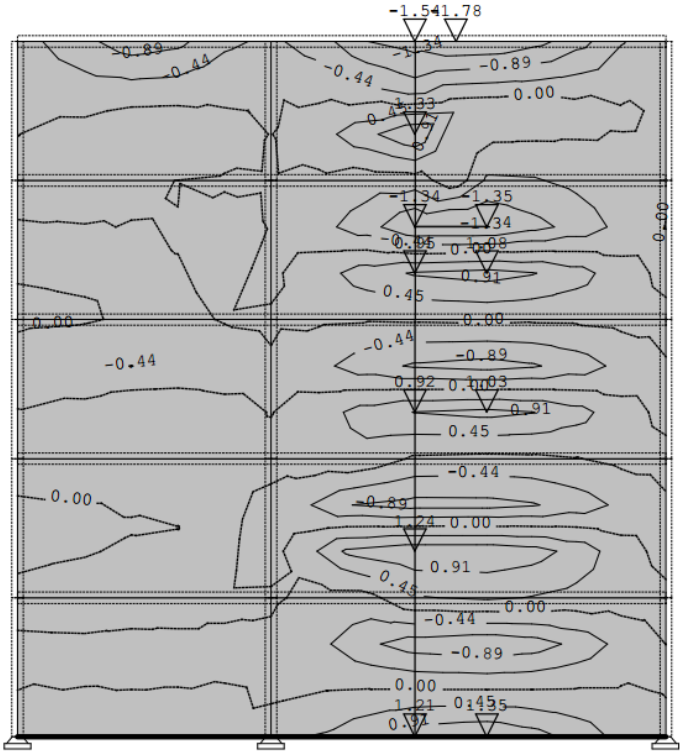


Slika 89: Dijagram normalnih sila N

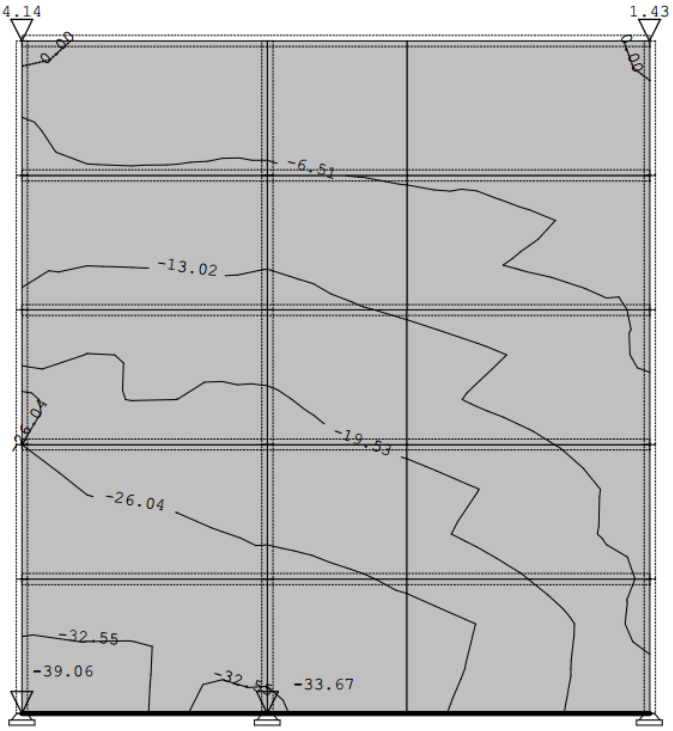


Slika 90: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.2.1.2 Q – pokretno

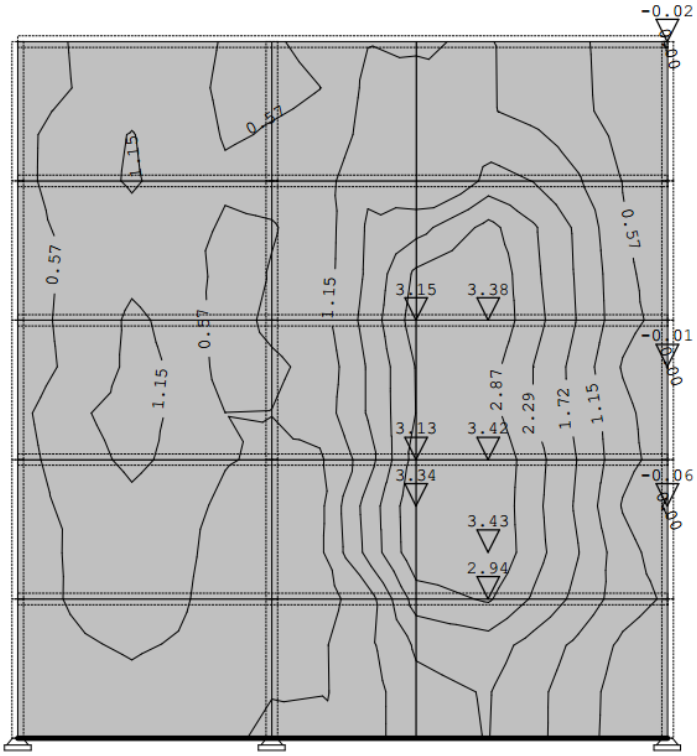


Slika 91: Dijagram momenata Mz



Ram: V_2
Uticaji u ploči: max Ny= 4.14 / min Ny= -39.06 kN/m

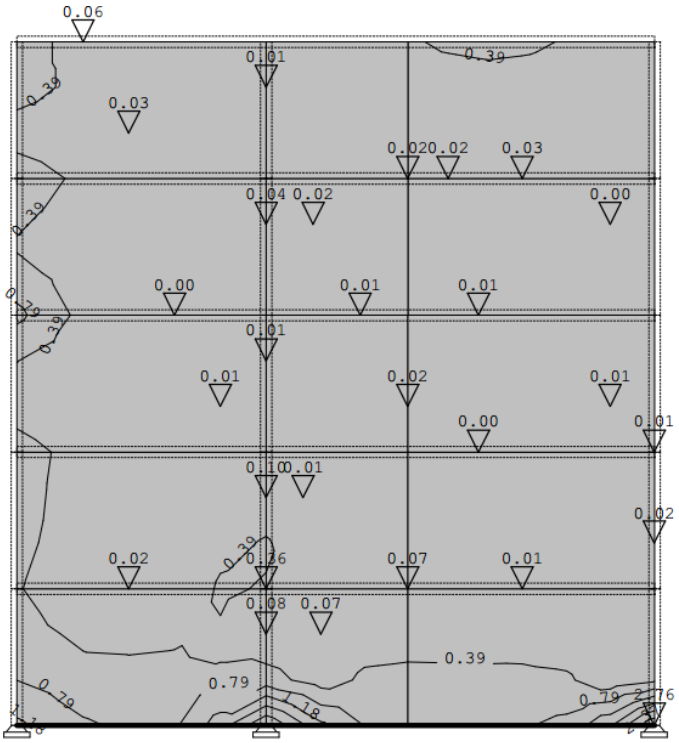
Slika 92: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_2
Uticaji u ploči: max Tz.v= 3.43 / min Tz.v= -0.06 kN/m

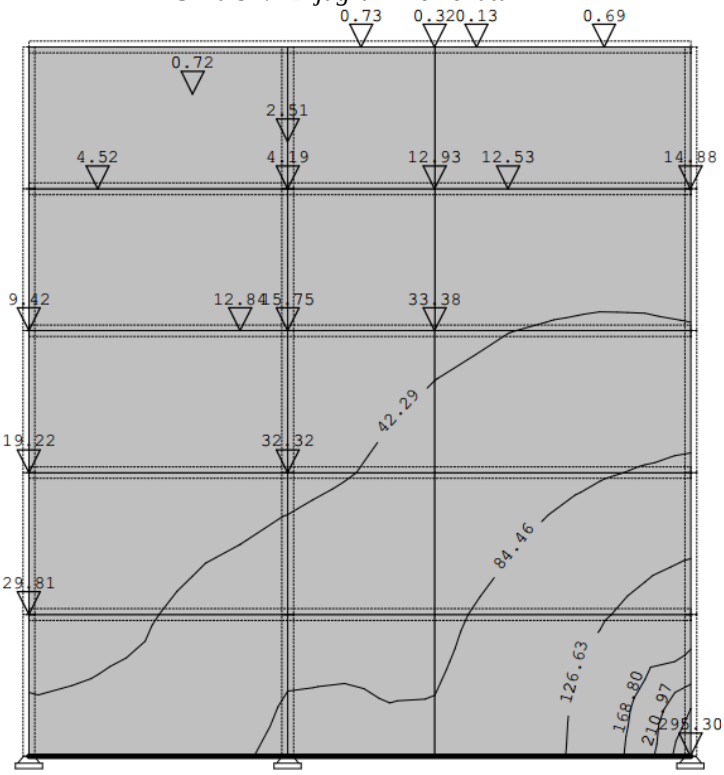
Slika 93: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.2.1.3 Sx – potres u smjeru X



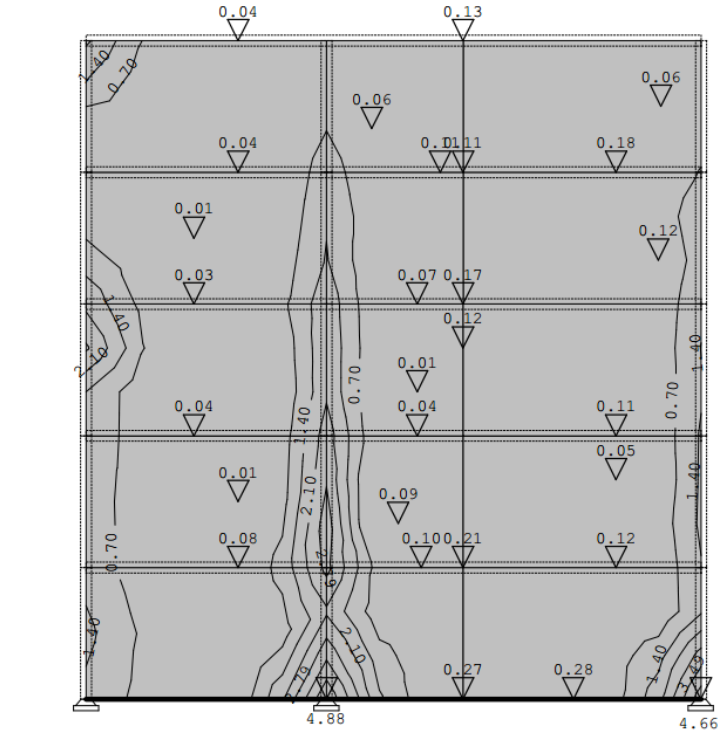
Ram: V_2
Uticaji u ploči: max My= 2.76 / min My= 0.00 kNm/m

Slika 94: Dijagram momenata Mz



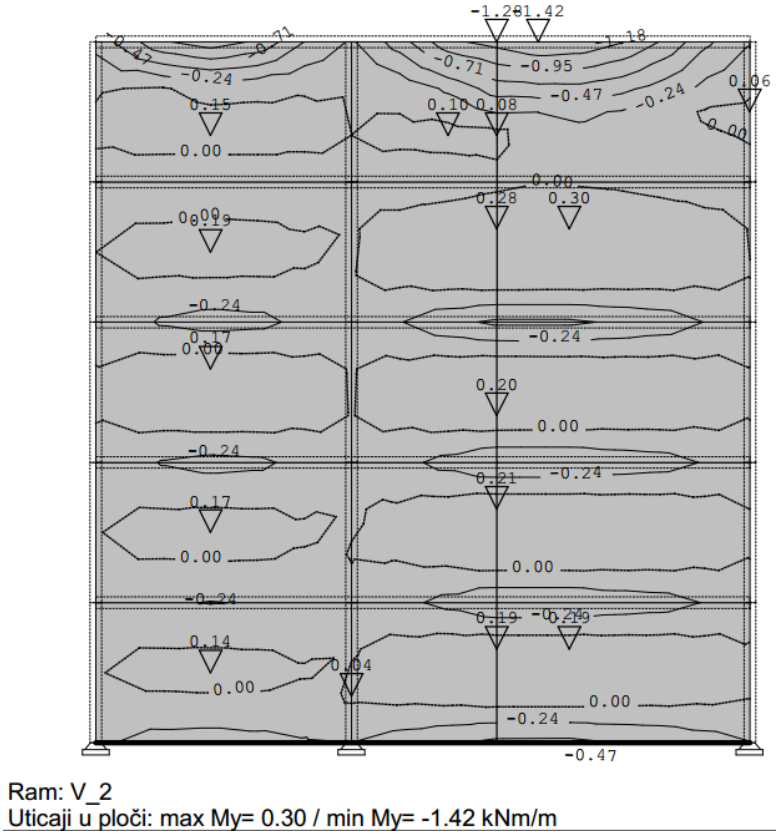
Ram: V_2
Uticaji u ploči: max Ny= 295.30 / min Ny= 0.13 kN/m

Slika 95: Dijagram normalnih sila N

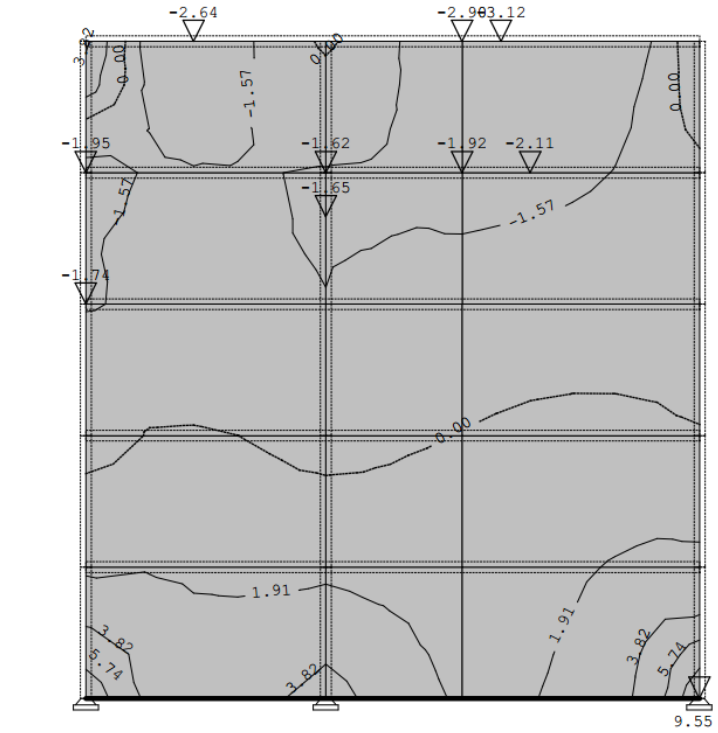


Slika 96: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.2.1.4 Wy – vjetar u smjeru Y

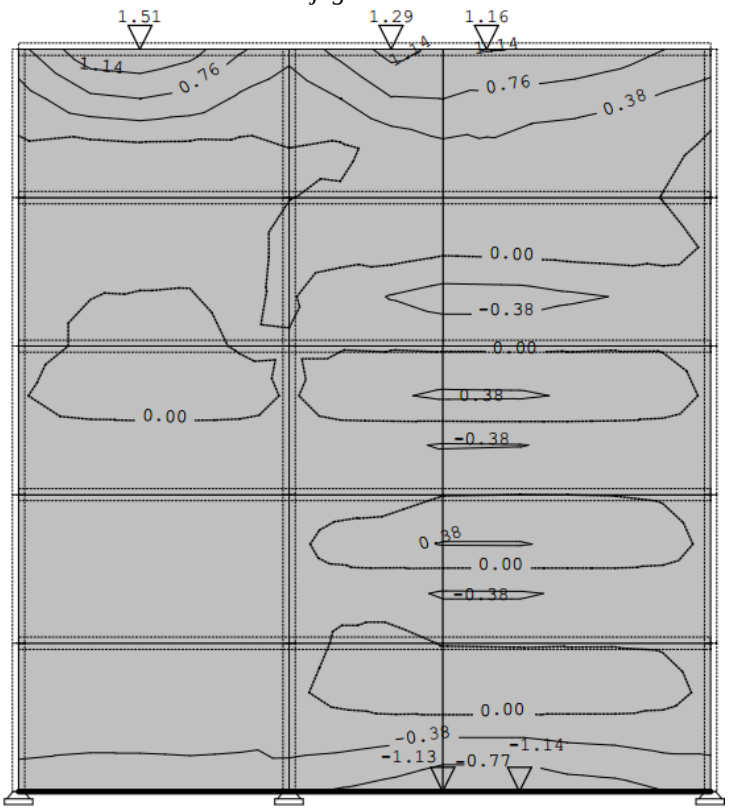


Slika 97: Dijagram momenata Mz



Ram: V_2
Uticaji u ploči: max Ny= 9.55 / min Ny= -3.12 kN/m

Slika 98: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_2
Uticaji u ploči: max Tz,y= 1.51 / min Tz,y= -1.14 kN/m

Slika 99: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.2.2 Proračun zida Z1 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 510cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$$d = L_w - d_y = 490,0cm$$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 5,1 = 2,75 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(510,0cm; 233,0cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1020,0cm; 620,0cm)$$

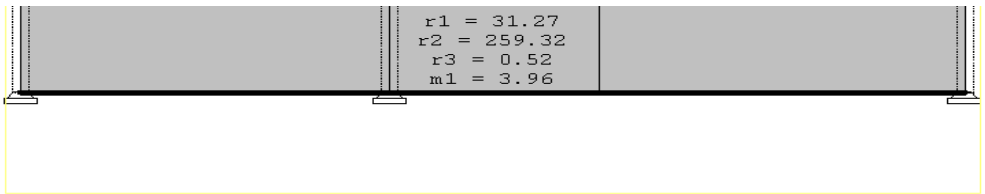
$$h_{cr} = 510,0cm$$

Proračunske kombinacije:

$$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$$

$$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija: $K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$



Ram: V_2
Reakcije oslonaca

Slika 100: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 3,96 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 259,32 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 0,52 \mathrm{kN}$$

7.2.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 3,96 + 259,32 \cdot \left(4,9 - \frac{5,1}{2} \right) = 613,36 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{61336}{20 \cdot 490^2 \cdot 2,0} = 0,007$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,987$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,4 \text{‰} \qquad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{61336}{0,987 \cdot 490 \cdot 43,48} - \frac{529,32}{43,48} = -3,05 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 490 = 14,70 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.2.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 0,52 \cdot 3,0 = 1,56 kN$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{Rd2} = 34496 \left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{Rd2} = 43120 \left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{3,96}{0,52 \cdot 510} = 0,0015 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{wd} = 980,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{cd} = 346,54 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

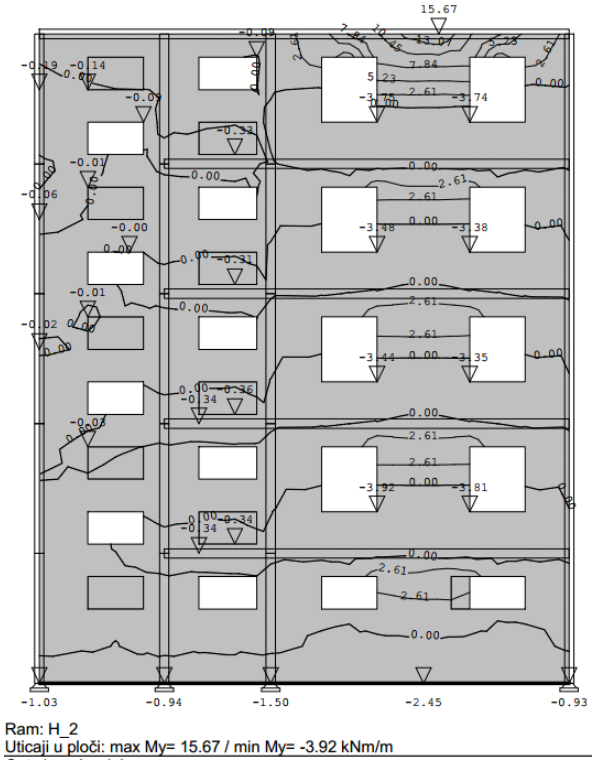
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 980,00 + 346,54 = 1326,54 \left(kN \right)$$

$V_{Rd3} = 613,28 \left(kN \right) > V_{Ed} = 0,52 \left(kN \right) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

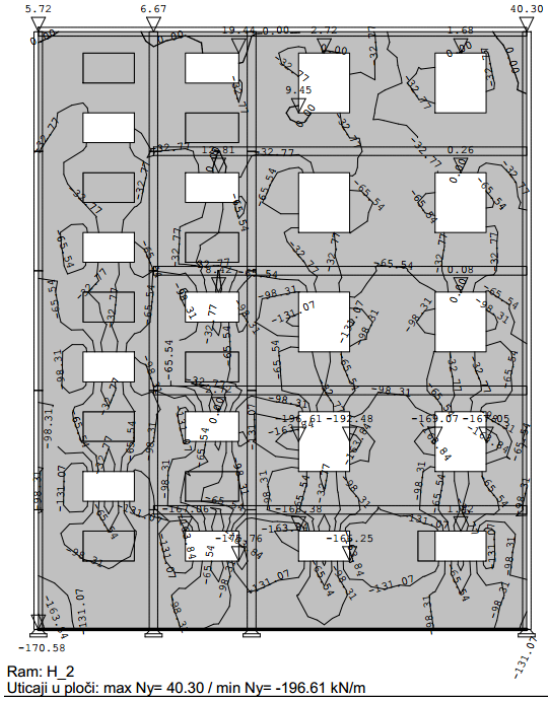
7.3 Zid Z2

7.3.1 Rezultati proračuna

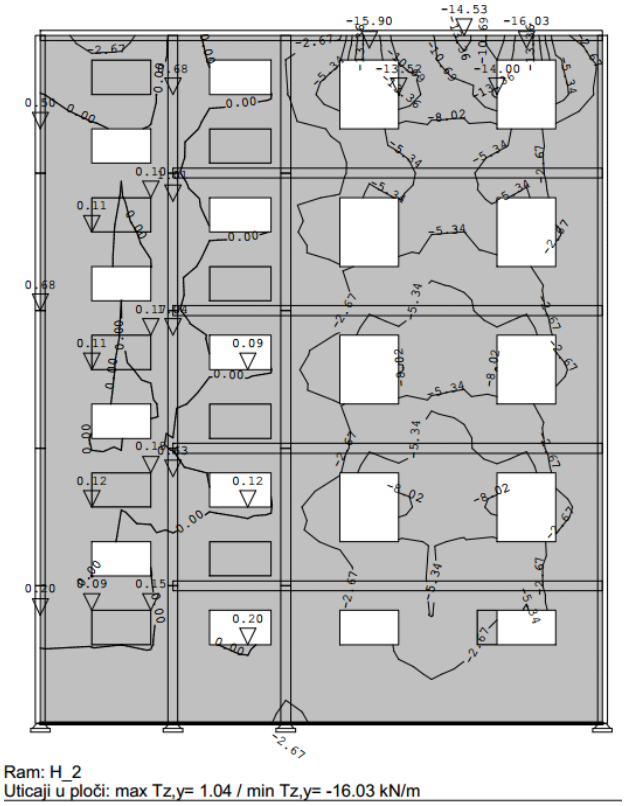
7.3.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 101: Dijagram momenata Mz

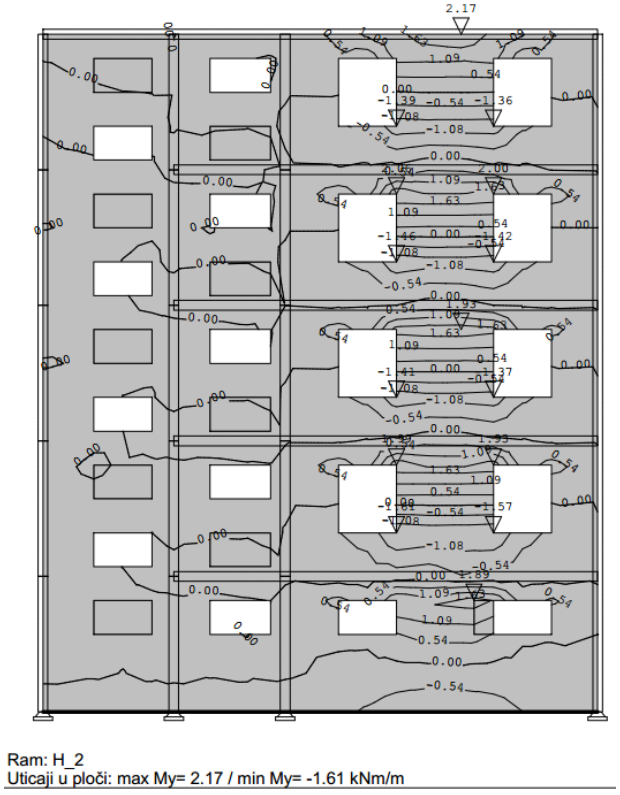


Slika 102: Dijagram normalnih sila N

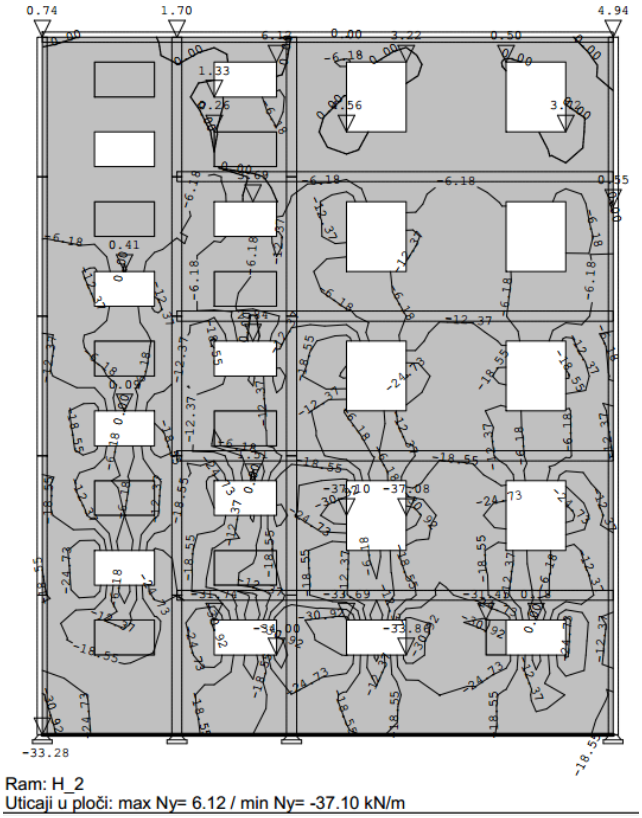


Slika 103: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

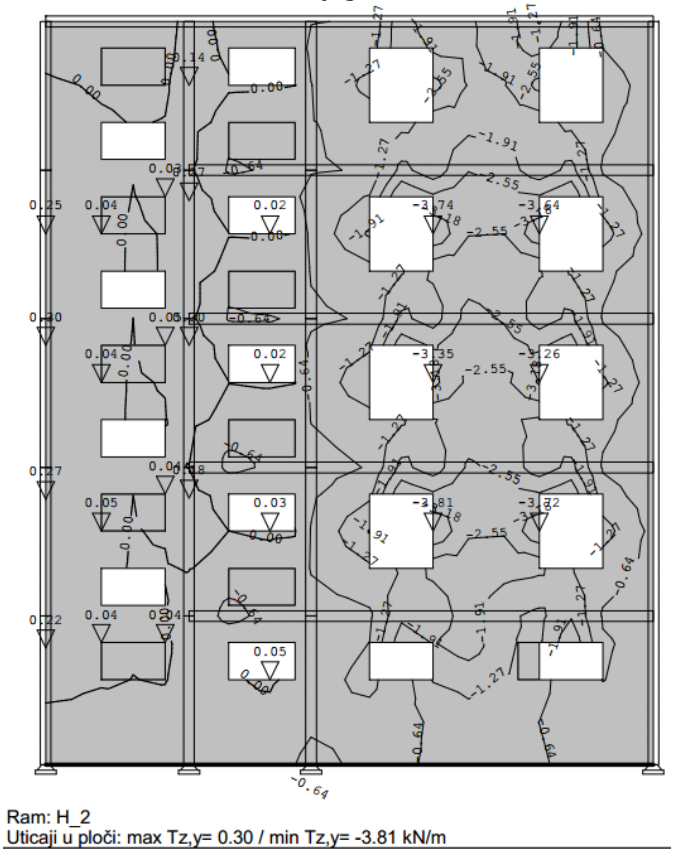
7.3.1.2 Q – pokretno



Slika 104: Dijagram momenata Mz

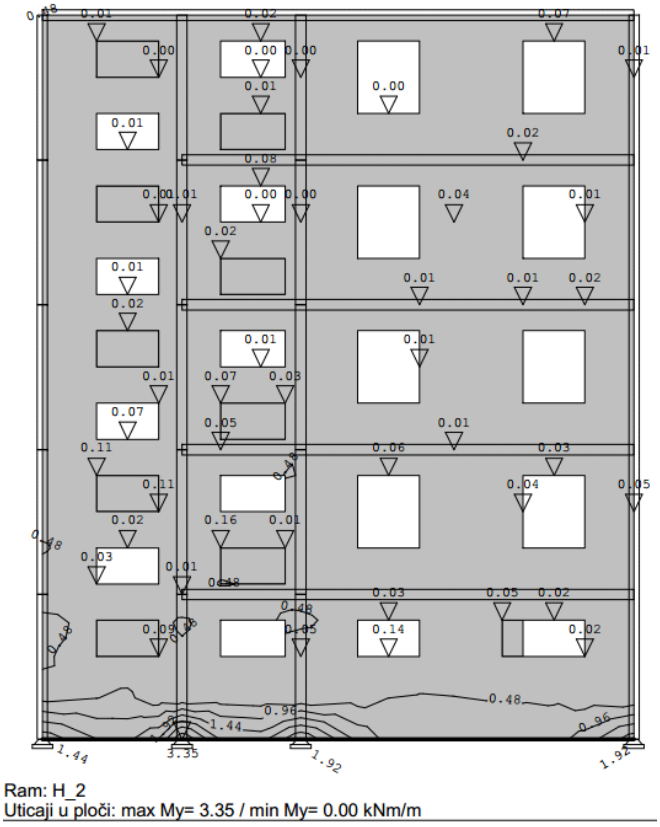


Slika 105: Dijagram normalnih sila N

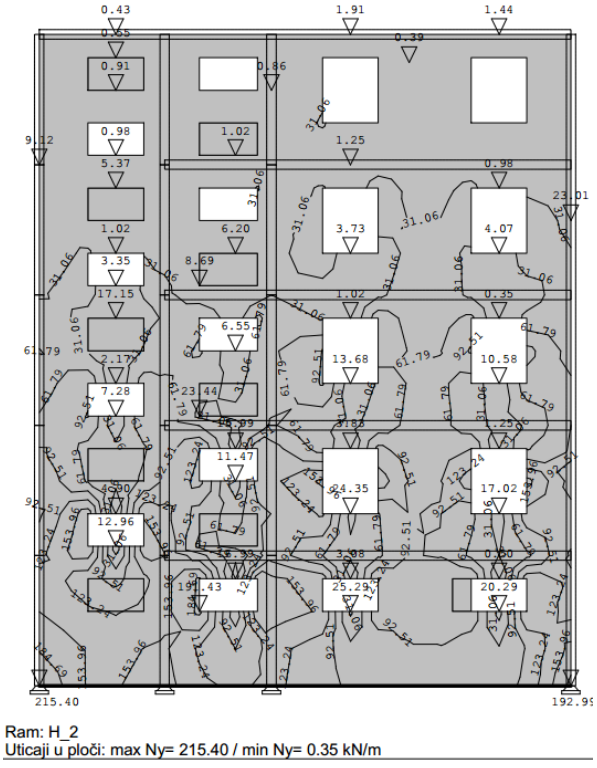


Slika 106: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

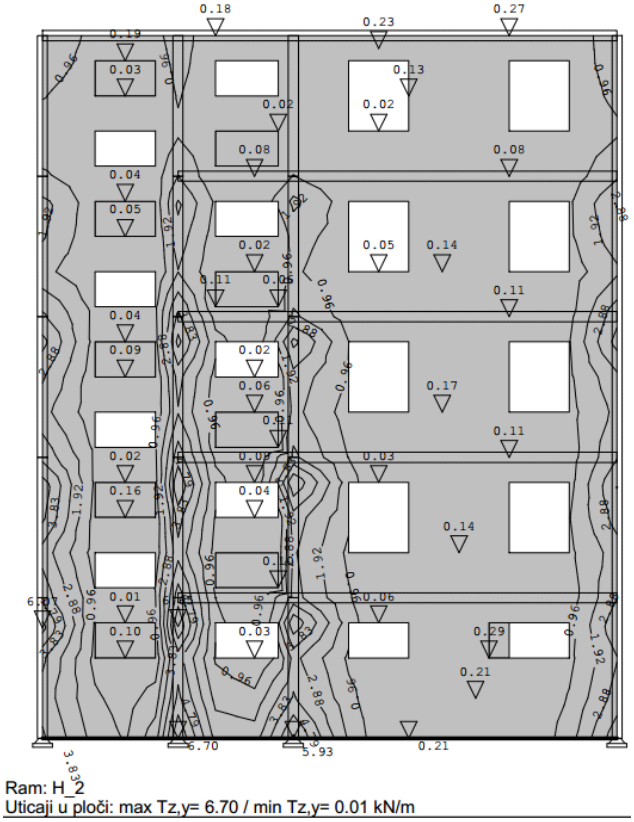
7.3.1.3 Sy – potres u smjeru Y



Slika 107: Dijagram momenata Mz

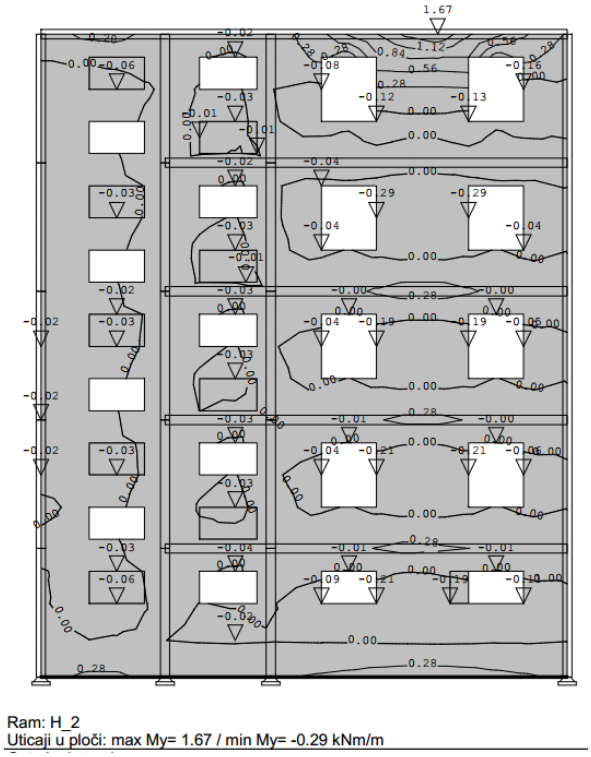


Slika 108: Dijagram normalnih sila N

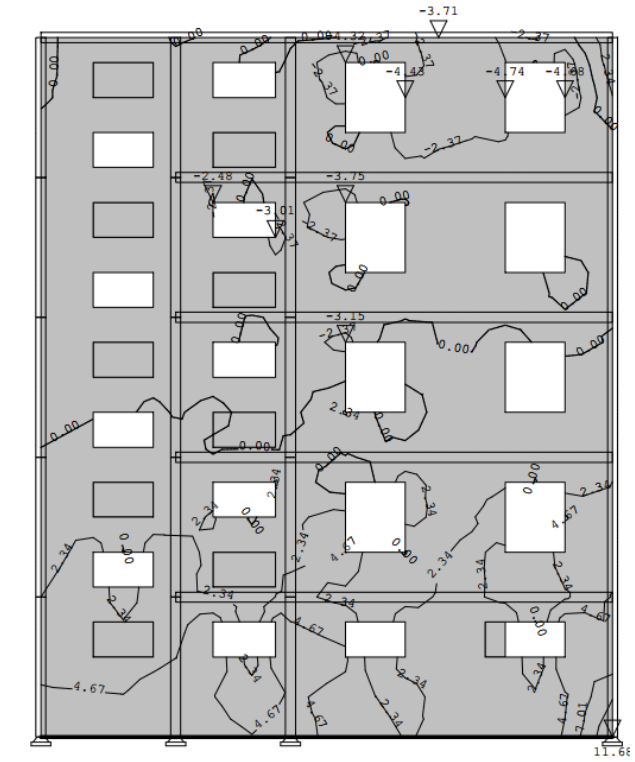


Slika 109: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

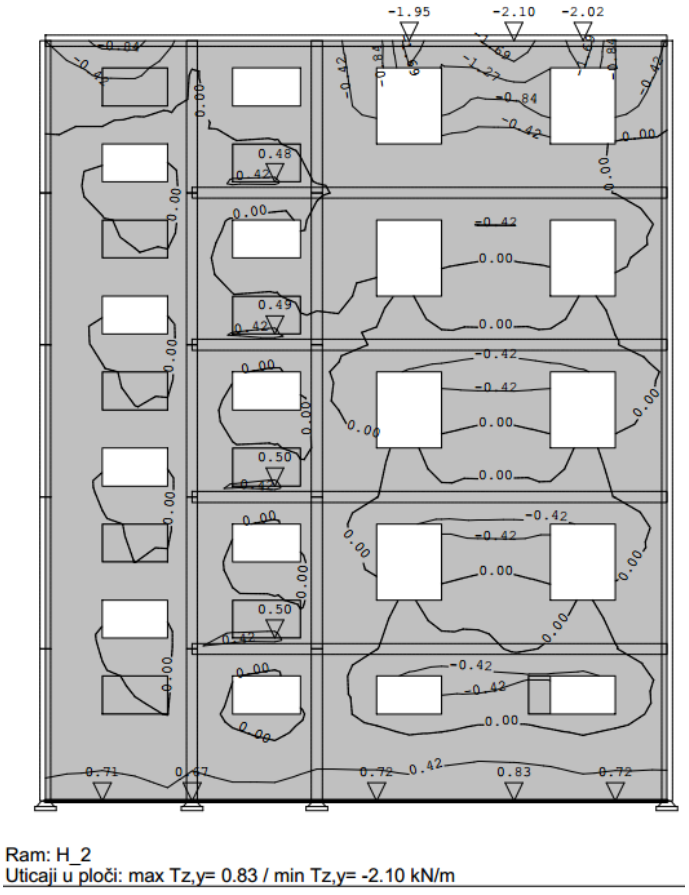
7.3.1.4 Wx – vjetar u smjeru X



Slika 110: Dijagram momenata Mz



Slika 111: Dijagram normalnih sila N



Slika 112: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.3.2 Proračun zida unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 645cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$d = L_w - d_y = 625,0cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 6,25 = 2,24 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(625,0cm; 233,3cm)$

$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1250,0cm; 620,0cm)$

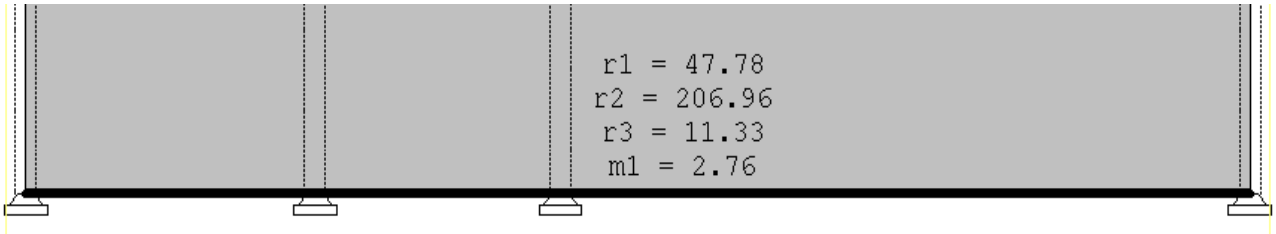
$h_{cr} = 625,0cm$

Proračunske kombinacije:

$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$

$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$

Kritična kombinacija: K_2



Slika 113: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 2,76 \mathrm{kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 206,96 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 11,33 \mathrm{kN}$$

7.3.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 2,76 + 206,96 \cdot \left(6,25 - \frac{6,45}{2} \right) = 628,81 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{62881}{20 \cdot 625^2 \cdot 2,0} = 0,003$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \quad \zeta = 0,990$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,3 \text{‰} \quad \xi = 0,029$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{62881}{0,990 \cdot 625 \cdot 43,48} - \frac{206,96}{43,48} = -2,24 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 625 = 18,75 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.3.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 11,33 \cdot 3,0 = 4,50kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 625$$

$$V_{Rd2} = 44000\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 625$$

$$V_{Rd2} = 55000\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{2,76}{11,33 \cdot 645} = 0,0004 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{wd} = 960,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{cd} = 339,46 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

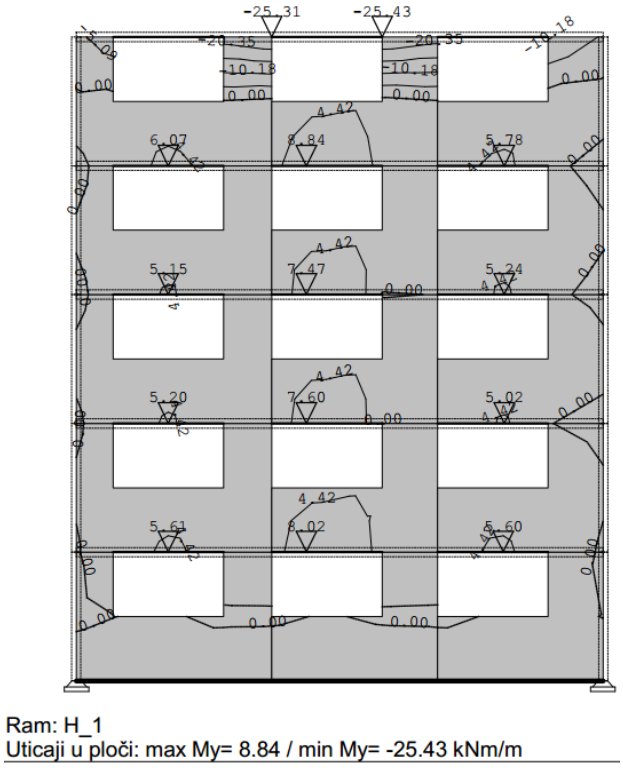
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 960,00 + 339,46 = 1299,46 \left(kN \right)$$

$$V_{Rd3} = 1299,46 \left(kN \right) > V_{Ed} = 126,65 \left(kN \right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

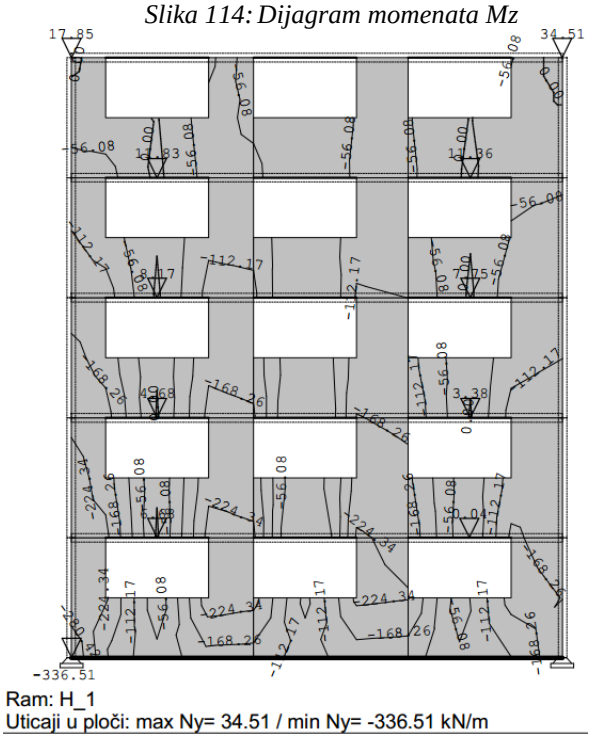
7.4 Zid Z3

7.4.1 Rezultati proračuna

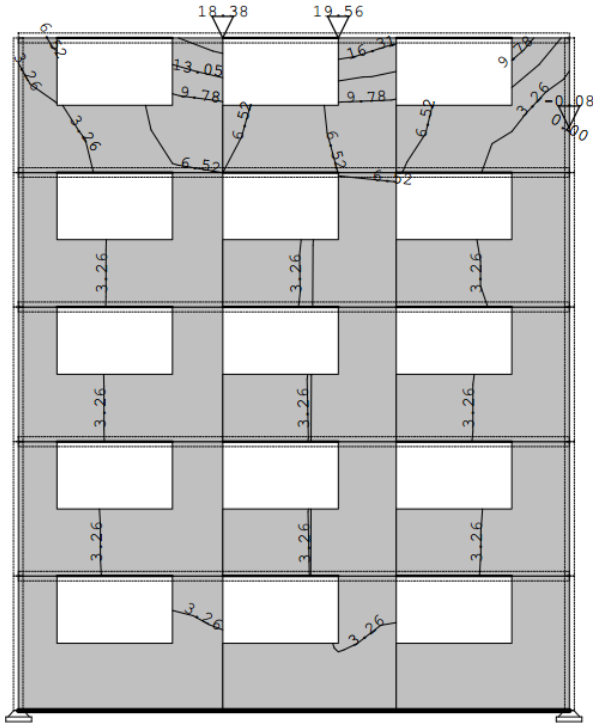
7.4.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 114: Dijagram momenata Mz



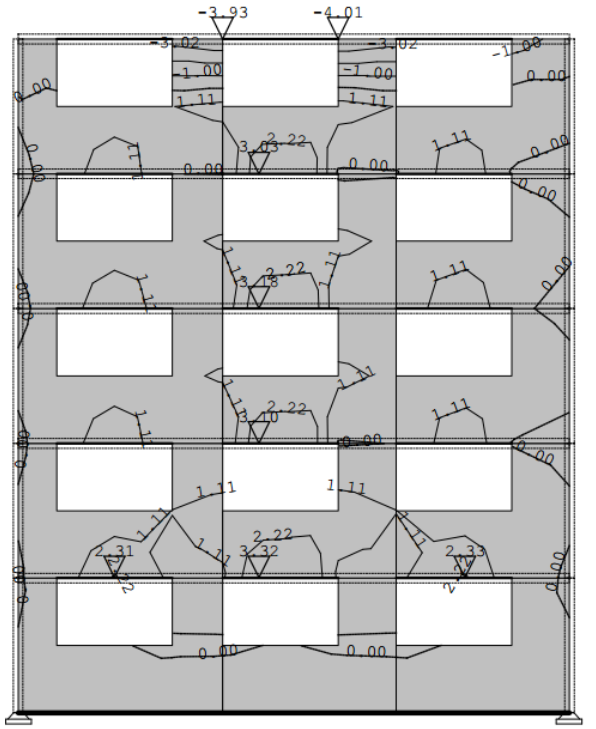
Slika 115: Dijagram normalnih sila N



Ram: H_1
Uticaji u ploči: max Tz,y= 19.56 / min Tz,y= -0.08 kN/m

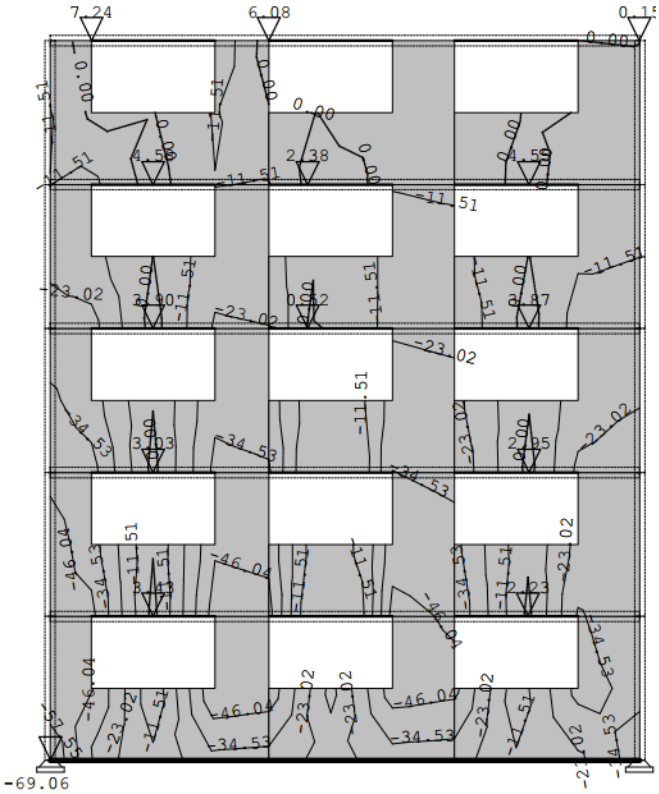
Slika 116: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.4.1.2 Q – pokretno

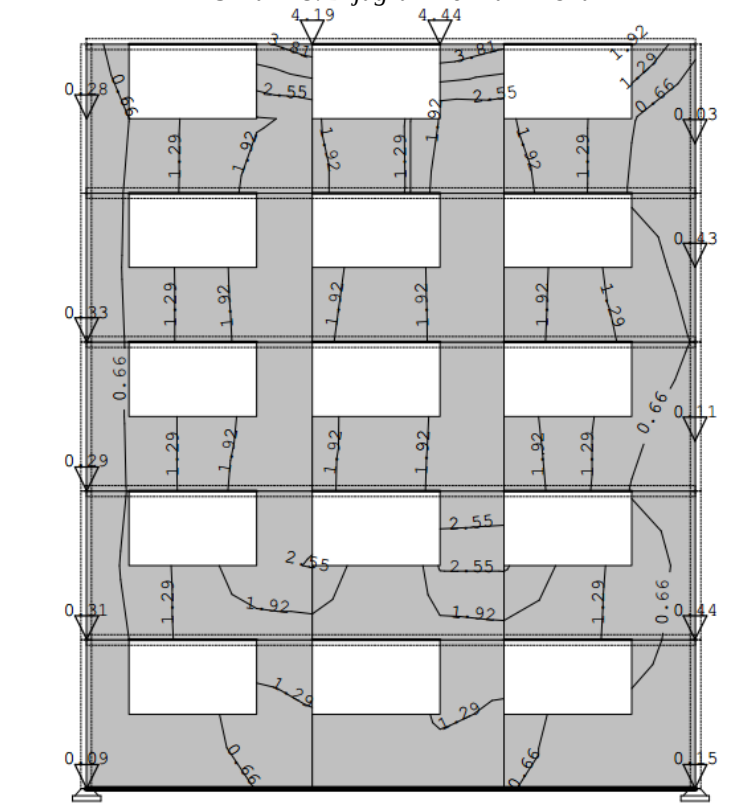


Ram: H_1
Uticaji u ploči: max My= 3.32 / min My= -4.01 kNm/m

Slika 117: Dijagram momenata Mz

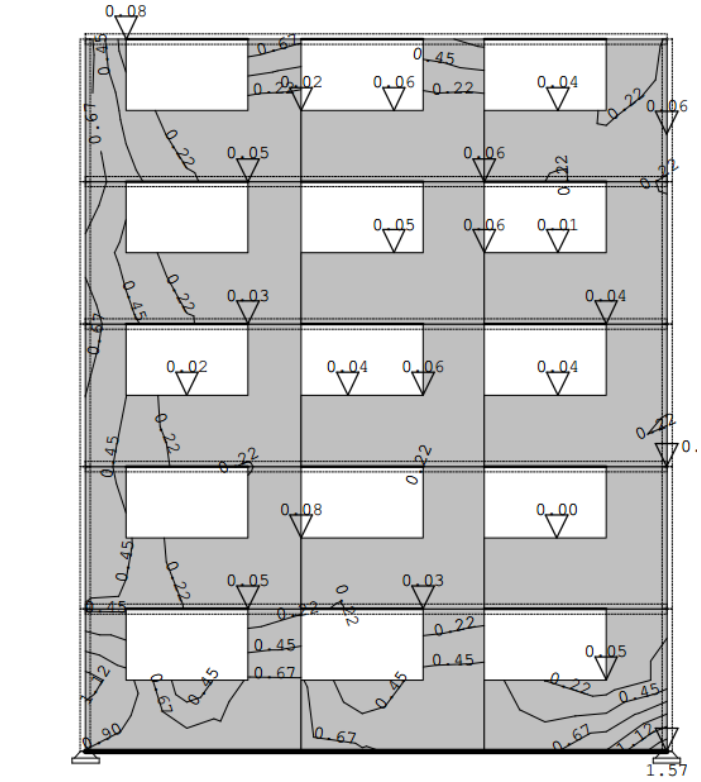


Slika 118: Dijagram normalnih sila N

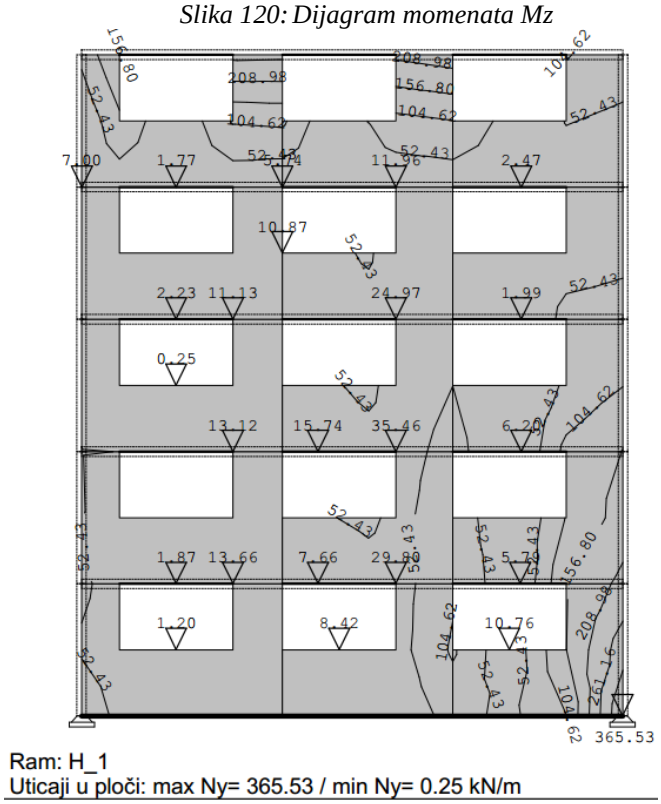


Slika 119: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

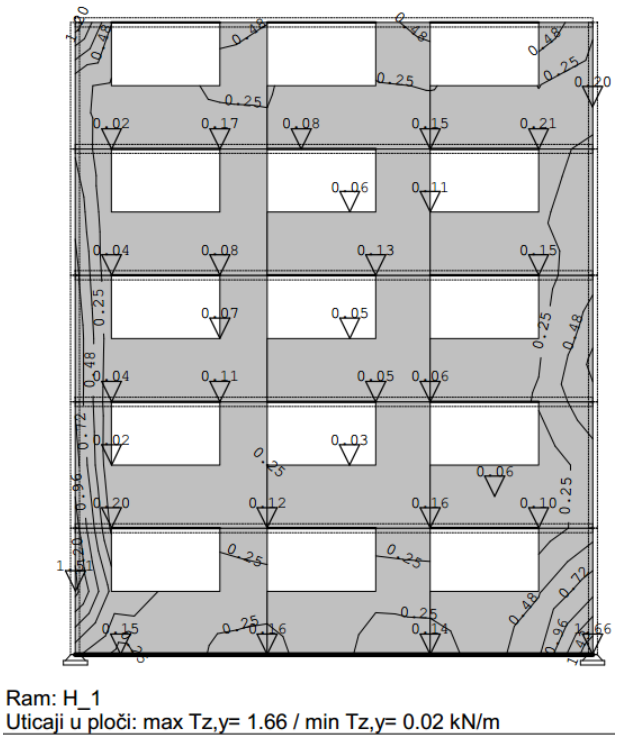
7.4.1.3 Sy – potres u smjeru Y



Slika 120: Dijagram momenata Mz

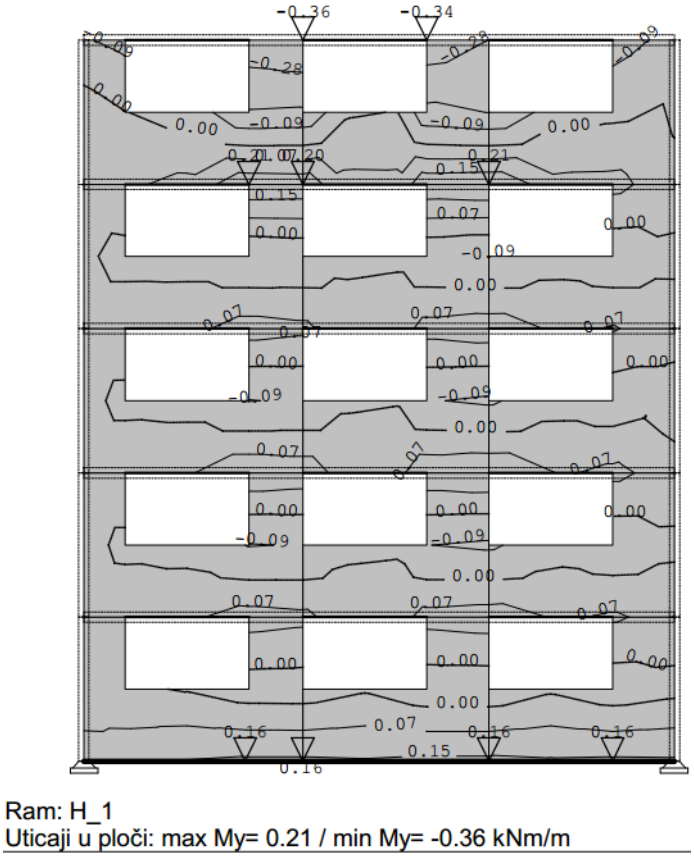


Slika 121: Dijagram normalnih sila N

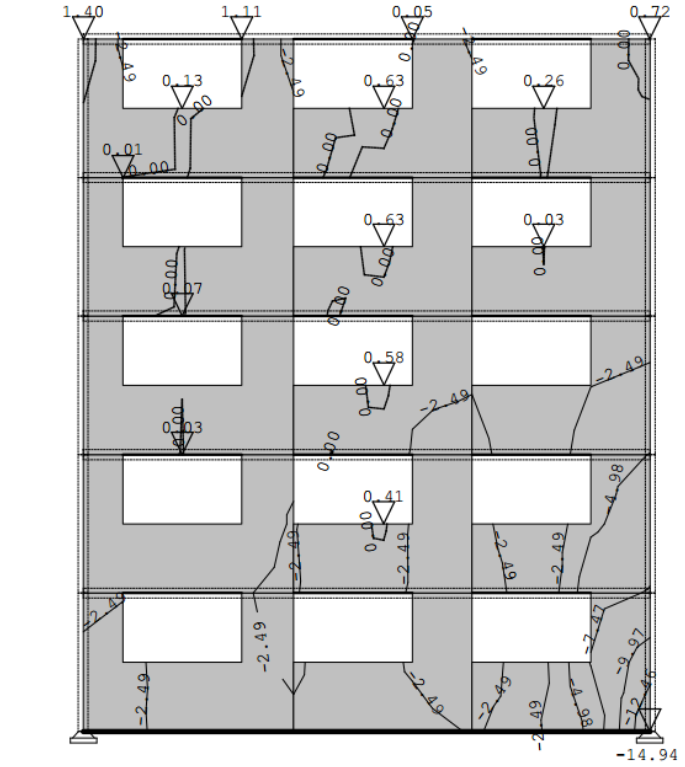


Slika 122: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

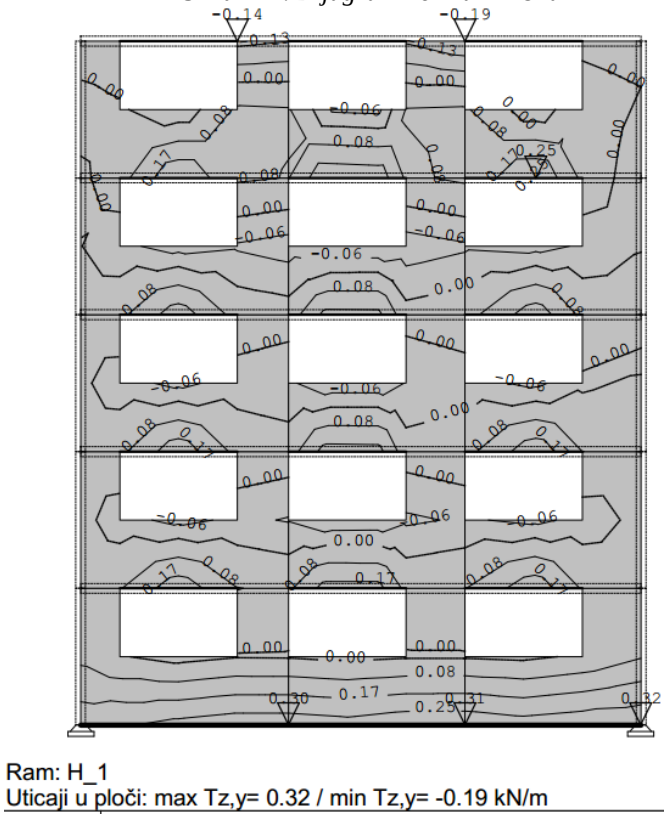
7.4.1.4 Wx – vjetar u smjeru X



Slika 123: Dijagram momenata Mz



Slika 124: Dijagram normalnih sila N



Slika 125: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.4.2 Proračun zida Z3 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 645cm$

$H_w = 14{,}0m$

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

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

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

$$d = L_w - d_y = 625{,}0cm$$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14{,}0 / 6{,}25 = 2{,}24 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(625{,}0cm; 233{,}3cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1250{,}0cm; 620{,}0cm)$$

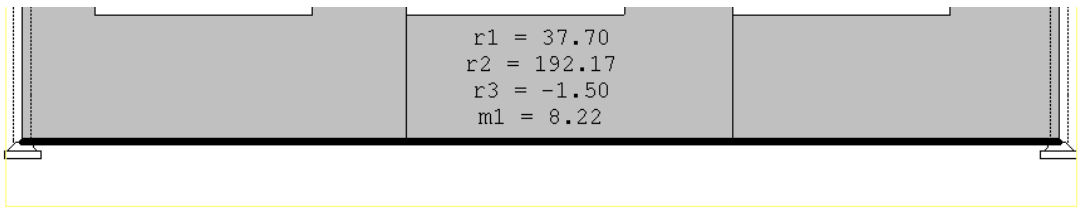
$$h_{cr} = 625{,}0cm$$

Proračunske kombinacije:

$$K_1 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$$

$$K_2 = 1{,}0 \cdot g + 0{,}3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija: K_2



Ram: H_1
Reakcije oslonaca

Slika 126: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 8,22 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 192,17 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 1,50 \mathrm{kN}$$

7.4.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 8,22 + 192,17 \cdot \left(6,25 - \frac{6,45}{2} \right) = 589,53 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{58932}{20 \cdot 625^2 \cdot 2,0} = 0,003$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,990$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,3 \text{‰} \qquad \xi = 0,029$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{58932}{0,990 \cdot 625 \cdot 43,48} - \frac{192,17}{43,48} = -2,23 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 625 = 18,75 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.4.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 1,50 \cdot 3,0 = 4,50 kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 625$$

$$V_{Rd2} = 44000\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 625$$

$$V_{Rd2} = 55000\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$ zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{8,22}{1,50 \cdot 645} = 0,0084 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{wd} = 960,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{cd} = 339,46 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

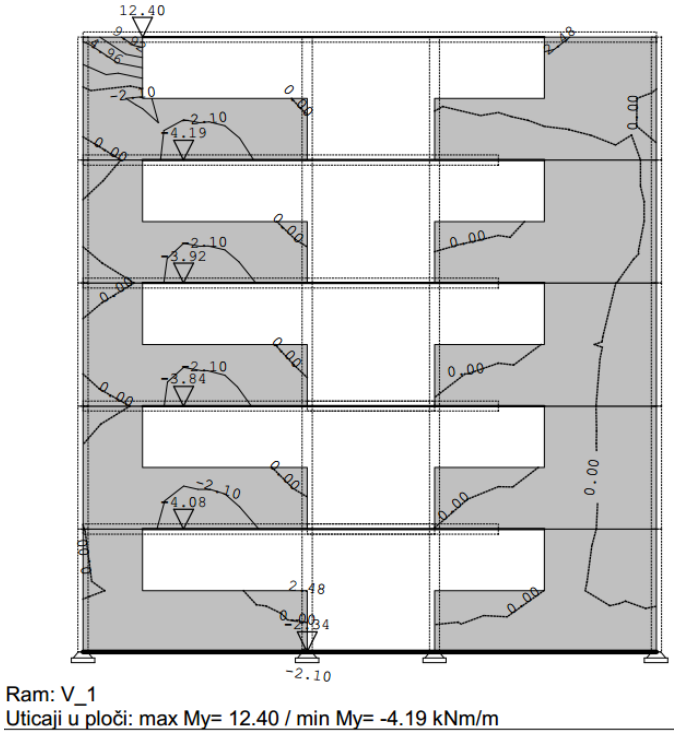
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 960,00 + 339,46 = 1299,46 \left(kN \right)$$

$$V_{Rd3} = 1299,46 \left(kN \right) > V_{Ed} = 126,65 \left(kN \right) \rightarrow \text{odabrana armatura zadovoljava!}$$

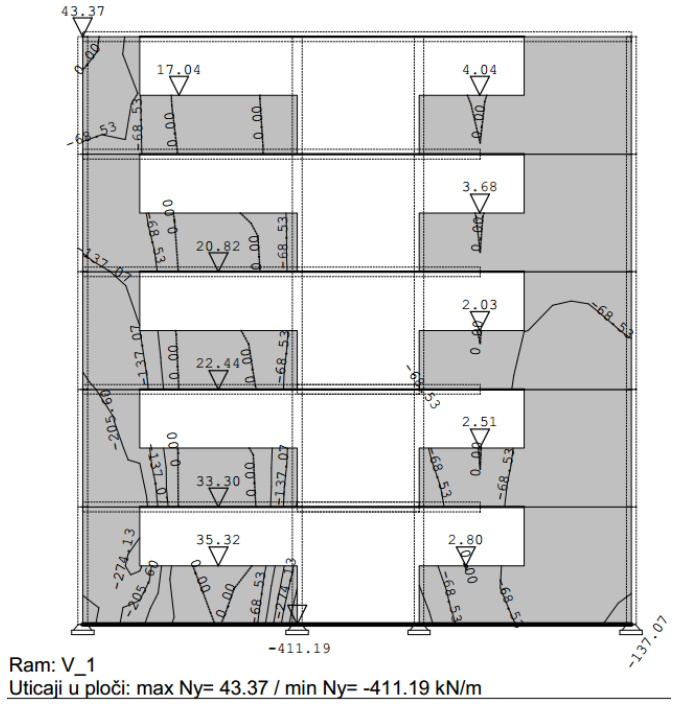
7.5 Zid Z4

7.5.1 Rezultati proračuna

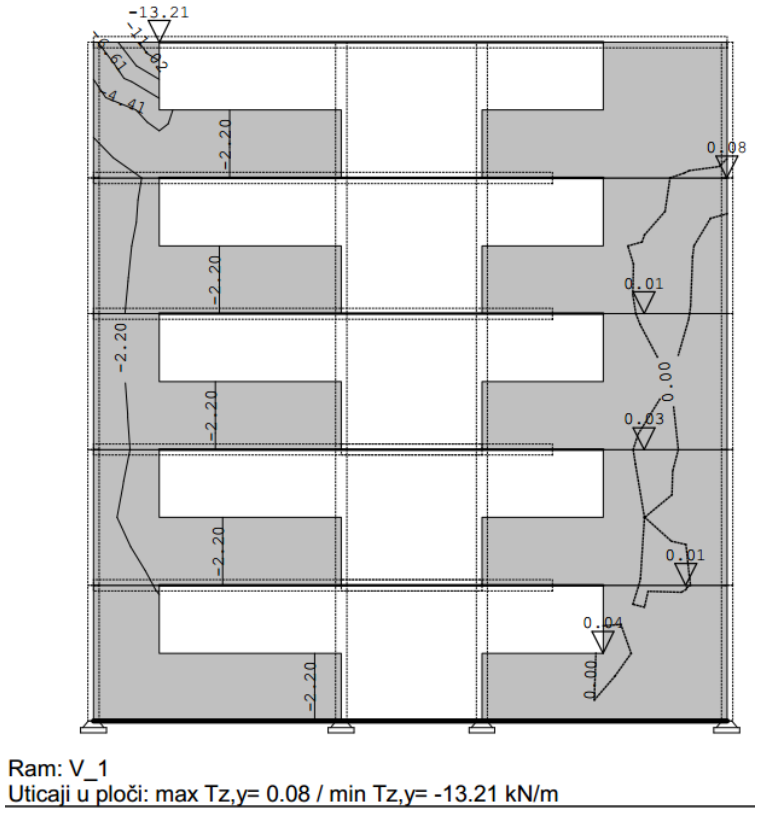
7.5.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 127: Dijagram momenata Mz



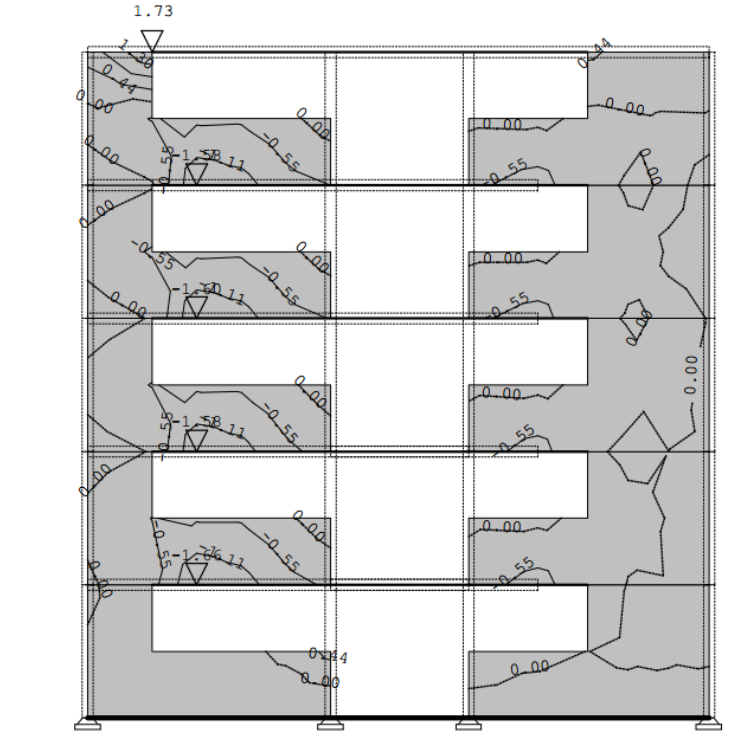
Slika 128: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_1
Uticaji u ploči: max Tz,y= 0.08 / min Tz,y= -13.21 kN/m

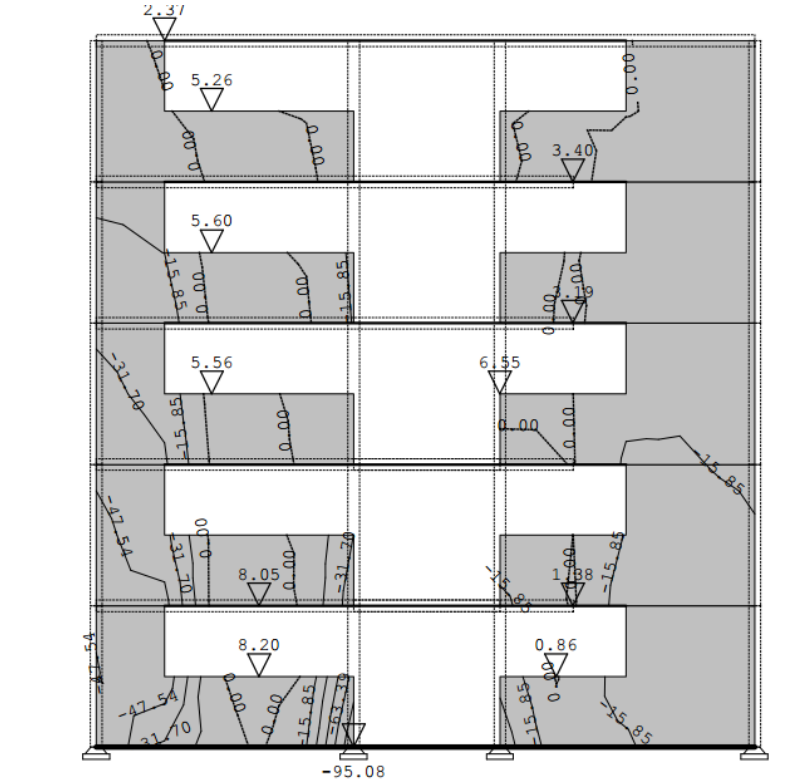
Slika 129: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.5.1.2 Q – pokretno



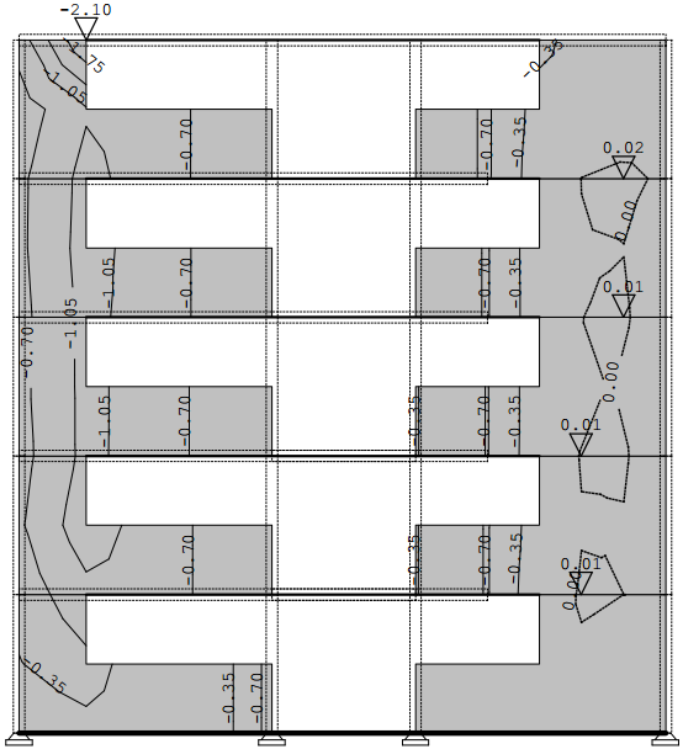
Ram: V_1
Uticaji u ploči: max My= 1.73 / min My= -1.66 kNm/m

Slika 130: Dijagram momenata Mz



Ram: V_1
Uticaji u ploči: max Ny= 8.20 / min Ny= -95.08 kN/m

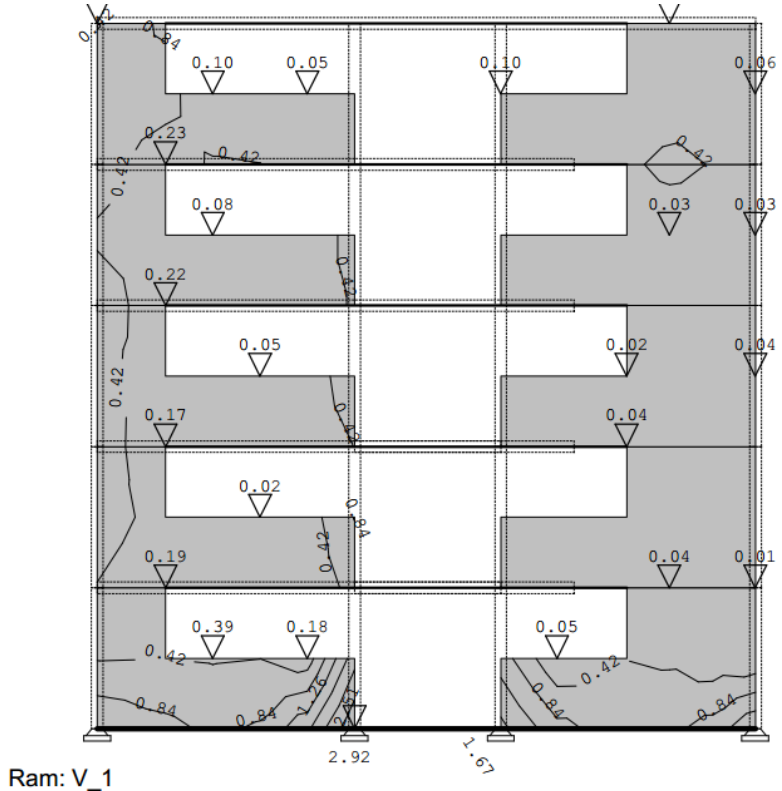
Slika 131: Dijagram normalnih sila N



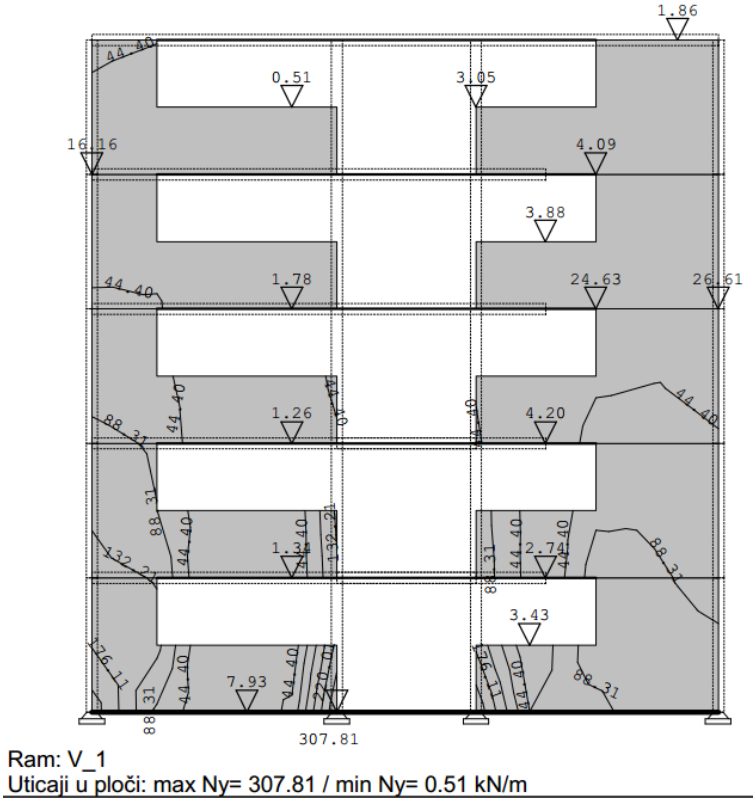
Ram: V_1
Uticaji u ploči: max Tz,y= 0.02 / min Tz,y= -2.10 kN/m

Slika 132: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

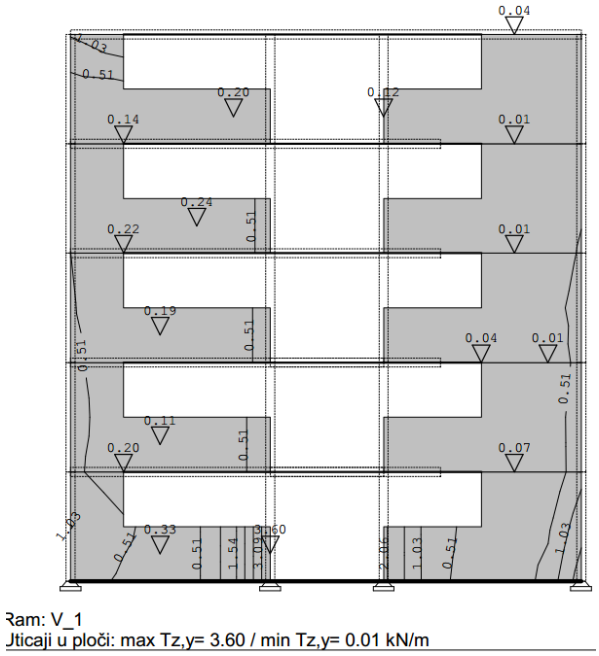
7.5.1.3 Sx – potres u smjeru X



Slika 133: Dijagram momenata Mz

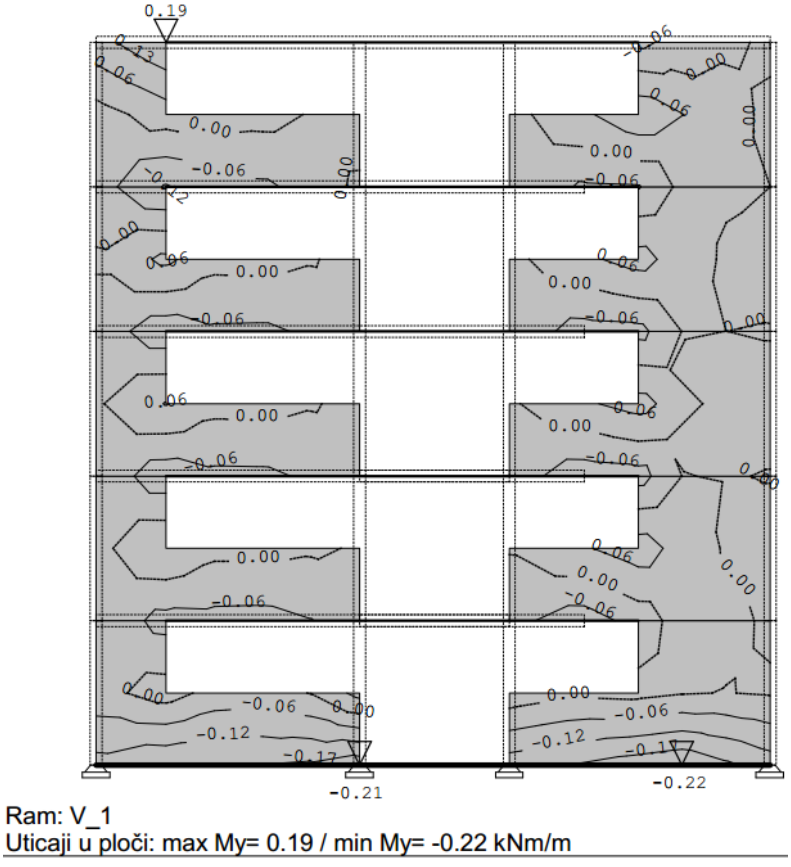


Slika 134: Dijagram normalnih sila N

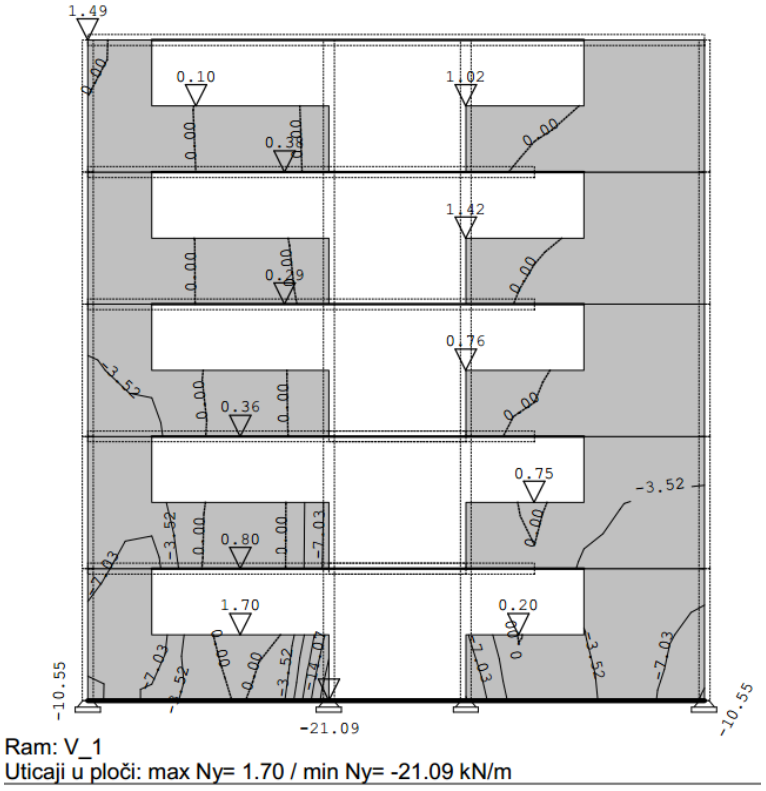


Slika 135: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

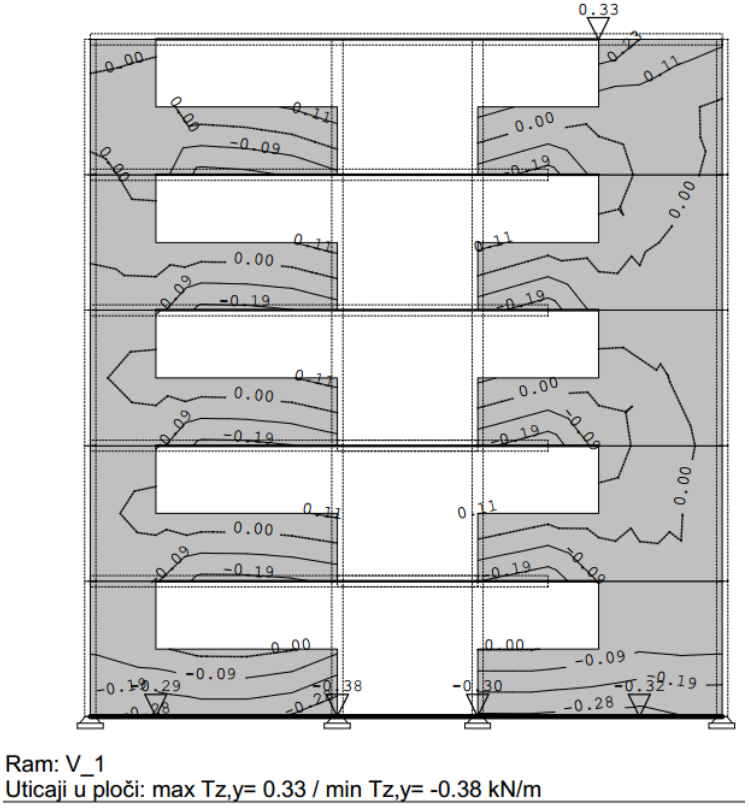
7.5.1.4 Wy – vjetar u smjeru Y



Slika 136: Dijagram momenata Mz



Slika 137: Dijagram normalnih sila N



Slika 138: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.5.2 Proračun zida Z4 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 425cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$$d = L_w - d_y = 405,0cm$$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 4,25 = 3,29 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(425,0cm; 233,0cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (850,0cm; 620,0cm)$$

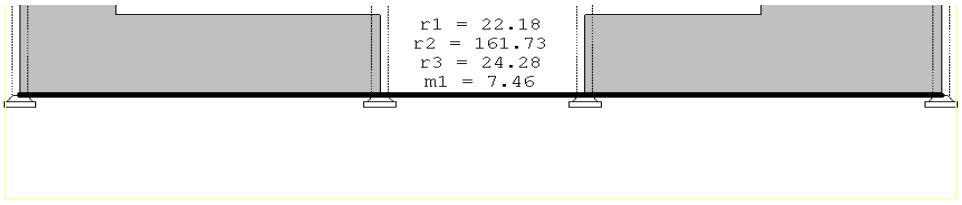
$$h_{cr} = 425,0cm$$

Proračunske kombinacije:

$$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$$

$$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija: $K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$



Ram: V_1
Reakcije oslonaca

Slika 139: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 7,46 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 161,73 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 24,28 \mathrm{kN}$$

7.5.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 7,46 + 161,73 \cdot \left(4,05 - \frac{4,25}{2} \right) = 318,79 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{31879}{20 \cdot 405^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,987$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,4 \text{‰} \qquad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{31879}{0,987 \cdot 405 \cdot 43,48} - \frac{161,73}{43,48} = -1,89 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 405 = 12,15 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.5.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 24,28 \cdot 3,0 = 72,84kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 405$$

$$V_{Rd2} = 28512\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 405$$

$$V_{Rd2} = 35640\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$ zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{7,46}{24,28 \cdot 425} = 0,001 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{wd} = 460,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{cd} = 153,28 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

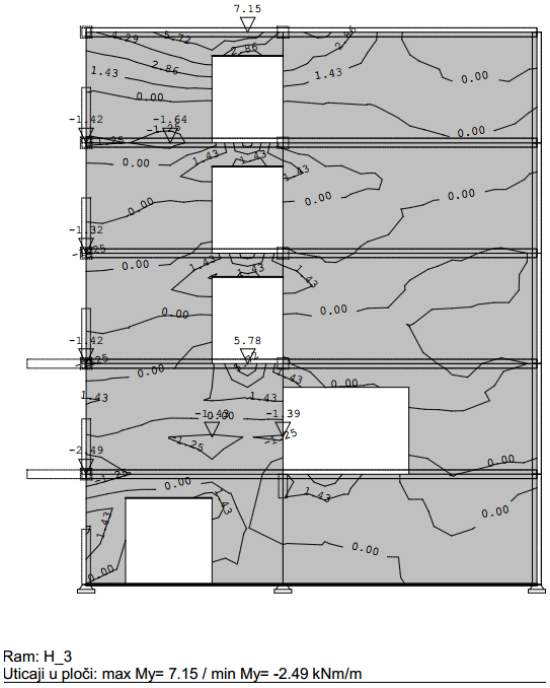
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 460,00 + 153,28 = 613,28 \left(kN \right)$$

$V_{Rd3} = 613,28 \left(kN \right) > V_{Ed} = 24,28 \left(kN \right) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

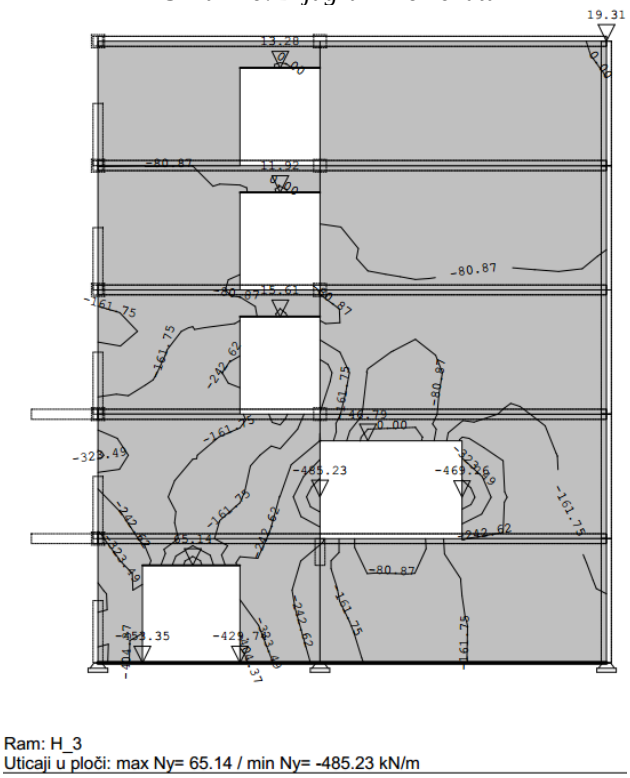
7.6 Zid Z5

7.6.1 Rezultati proračuna

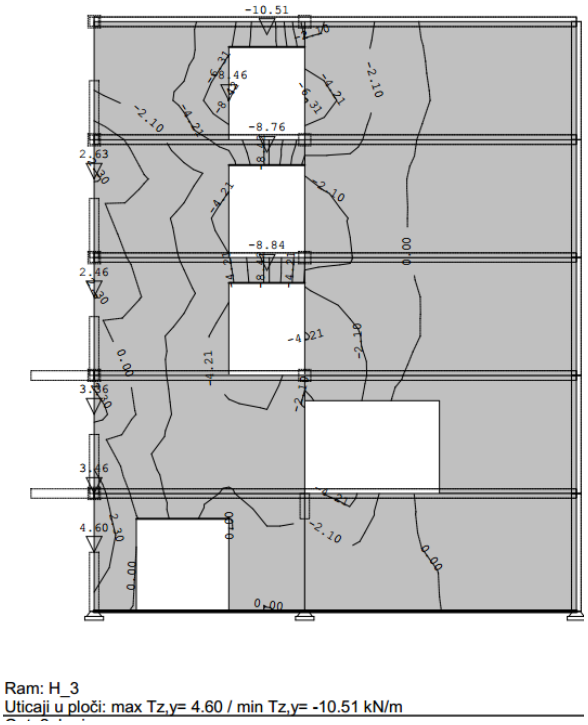
7.6.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 140: Dijagram momenata Mz

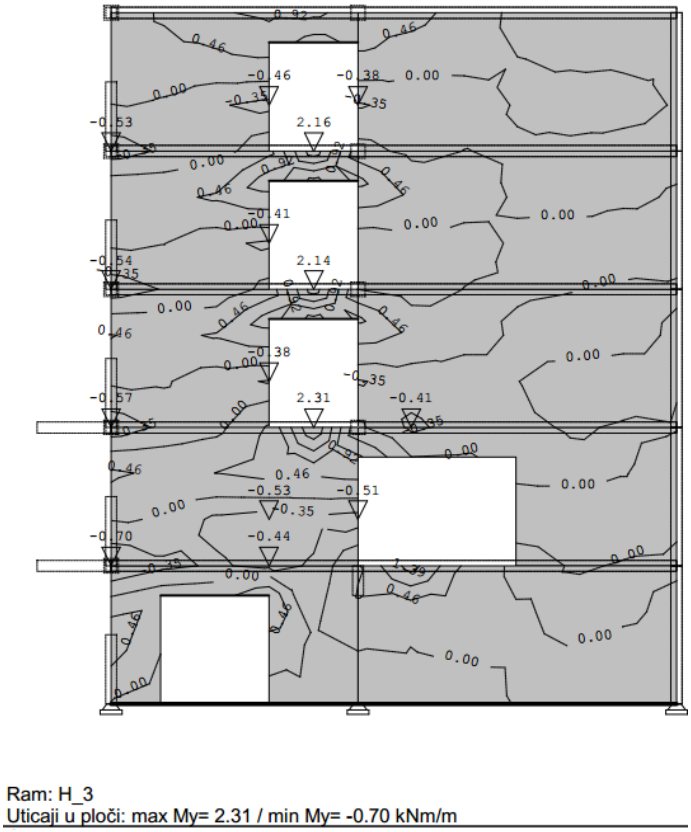


Slika 141: Dijagram normalnih sila N

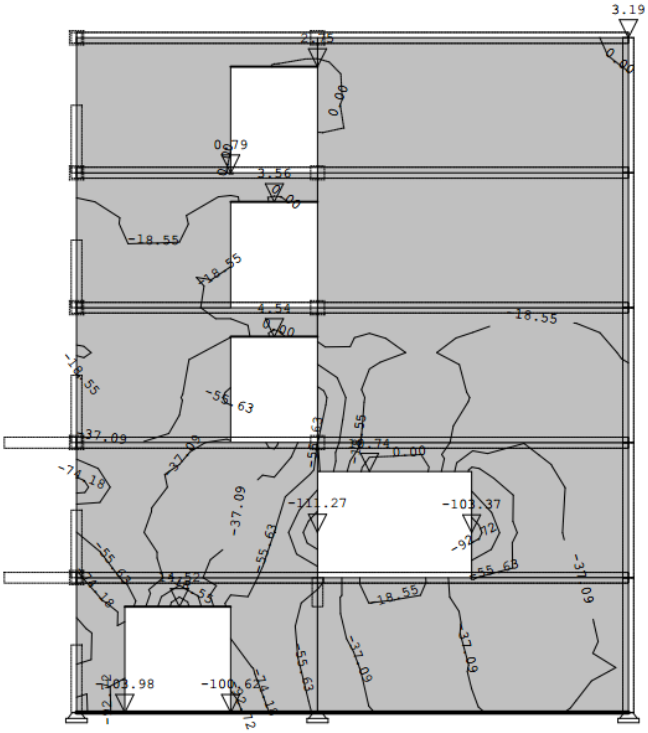


Slika 142: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

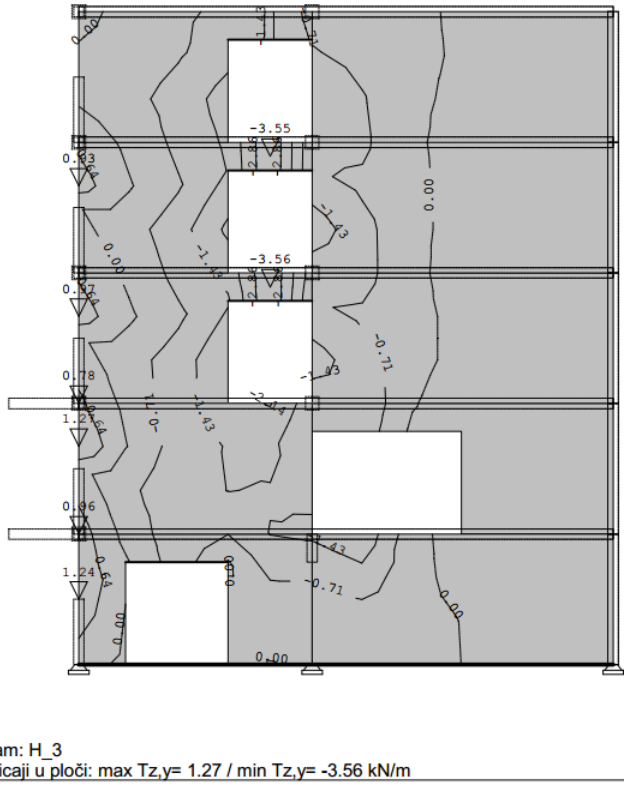
7.6.1.2 Q – pokretno



Slika 143: Dijagram momenata Mz

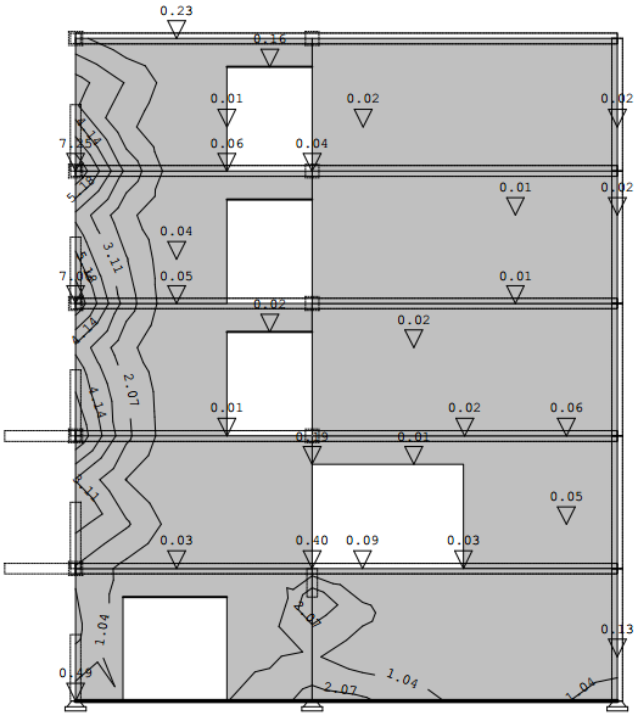


Slika 144: Dijagram normalnih sila N



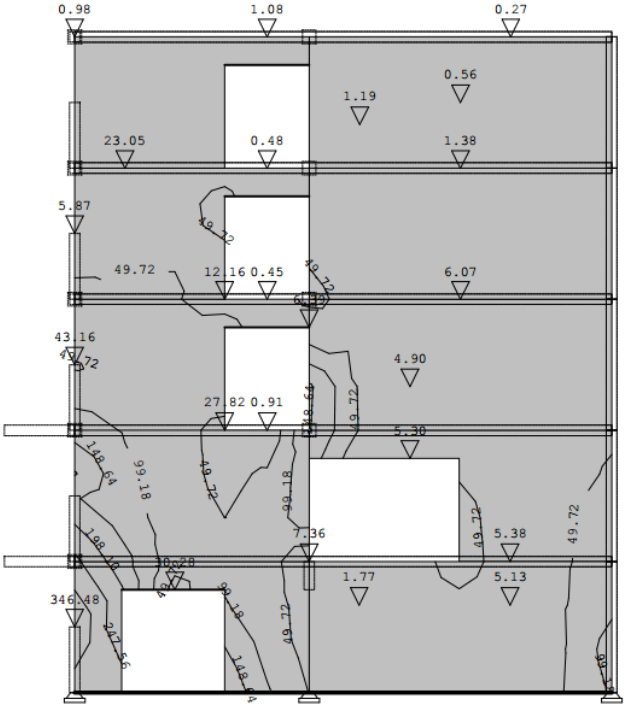
Slika 145: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.6.1.3 Sy – potres u smjeru Y



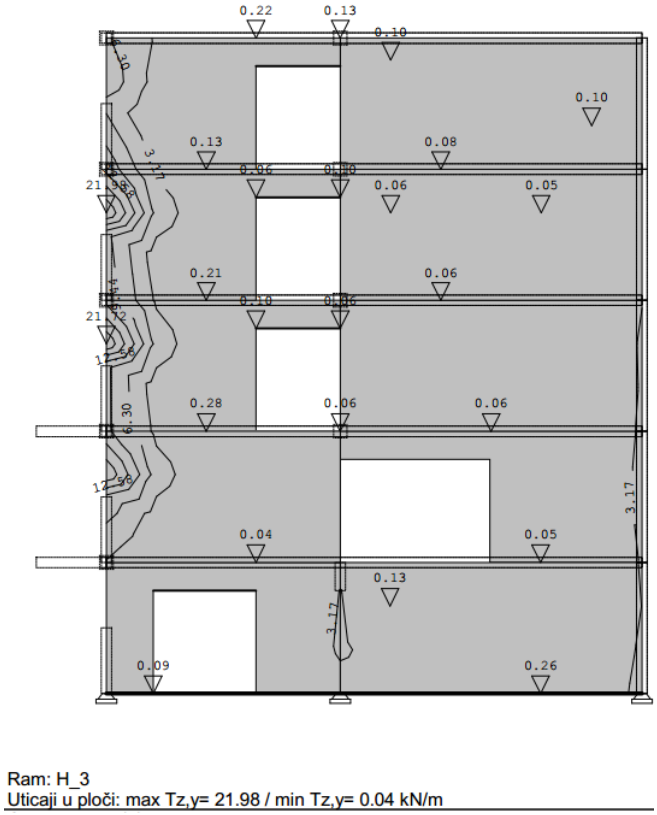
Ram: H_3
Uticaji u ploči: max My= 7.25 / min My= 0.01 kNm/m

Slika 146: Dijagram momenata Mz



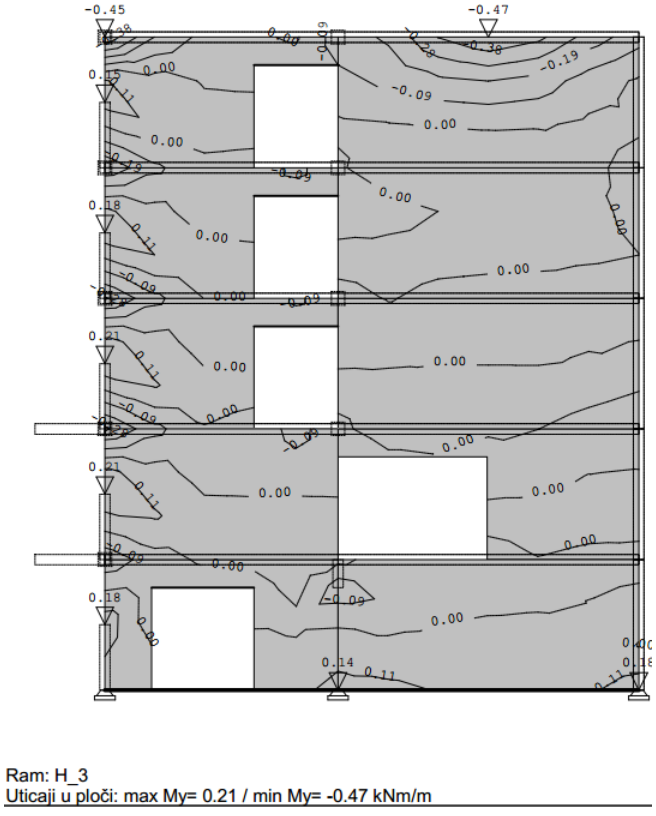
Ram: H_3
Uticaji u ploči: max Ny= 346.48 / min Ny= 0.27 kN/m

Slika 147: Dijagram normalnih sila N

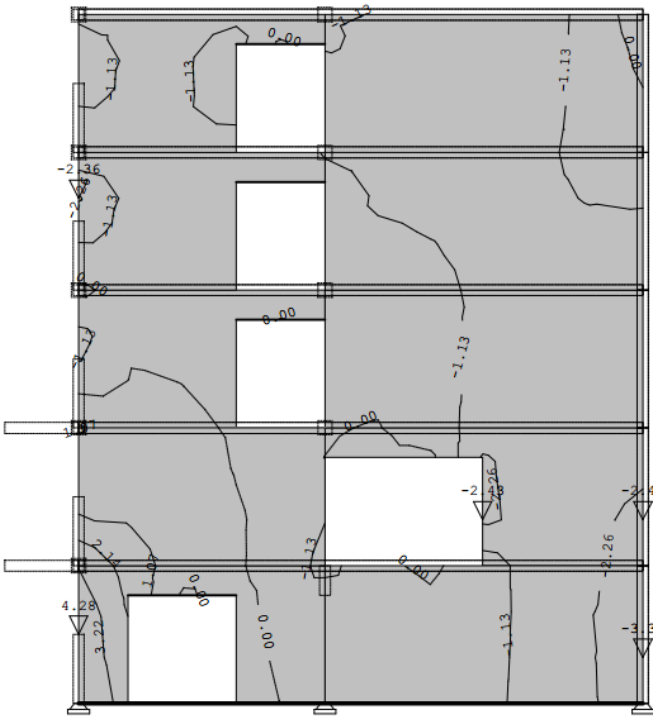


Slika 148: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.6.1.4 Wx – vjetar u smjeru X

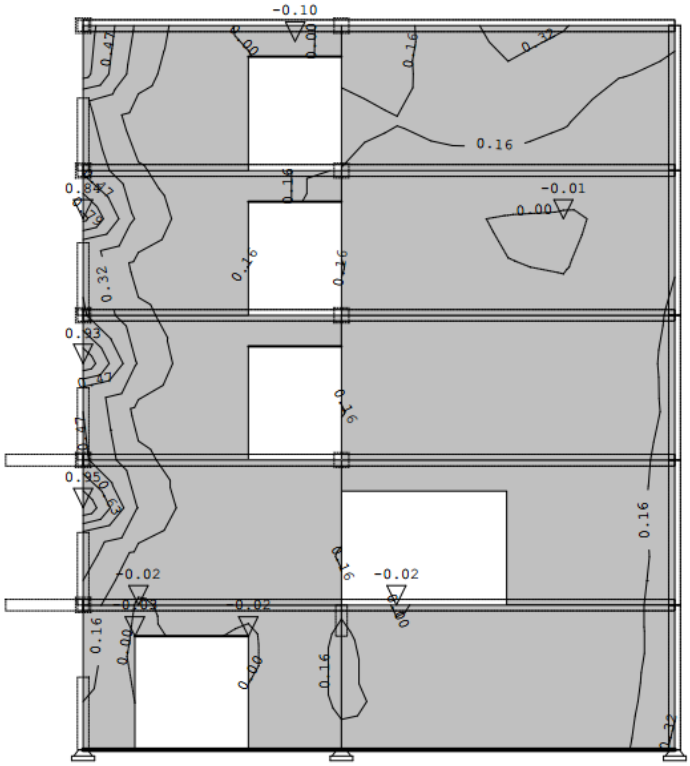


Slika 149: Dijagram momenata Mz



Ram: H_3
Uticaji u ploči: max Ny= 4.28 / min Ny= -3.38 kN/m

Slika 150: Dijagram normalnih sila N



Ram: H_3
Uticaji u ploči: max Tz,y= 0.95 / min Tz,y= -0.10 kN/m

Slika 151: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.6.2 Proračun zida Z5 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 510cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$$d = L_w - d_y = 490,0cm$$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 5,1 = 2,74 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(510,0cm; 233,0cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1020,0cm; 620,0cm)$$

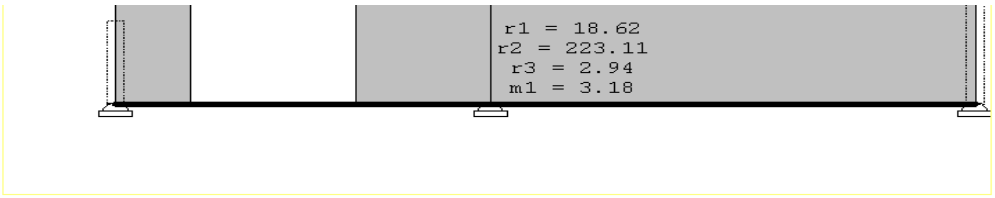
$$h_{cr} = 510,0cm$$

Proračunske kombinacije:

$$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$$

$$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija: $K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$



Ram: H_3
Reakcije oslonaca

Slika 152: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 3,18 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 223,11 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 2,94 \mathrm{kN}$$

7.6.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 3,18 + 223,11 \cdot \left(4,9 - \frac{5,1}{2} \right) = 527,48 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{52748}{20 \cdot 490^2 \cdot 2,0} = 0,006$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,987$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,4 \text{‰} \qquad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{52748}{0,987 \cdot 230 \cdot 43,48} - \frac{223,11}{43,48} = 0,21 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 490 = 14,70 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.6.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 2,94 \cdot 3,0 = 804,36kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{Rd2} = 34496\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 490$$

$$V_{Rd2} = 43120\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{3,18}{2,94 \cdot 510} = 0,002 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{wd} = 460,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{cd} = 153,28 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

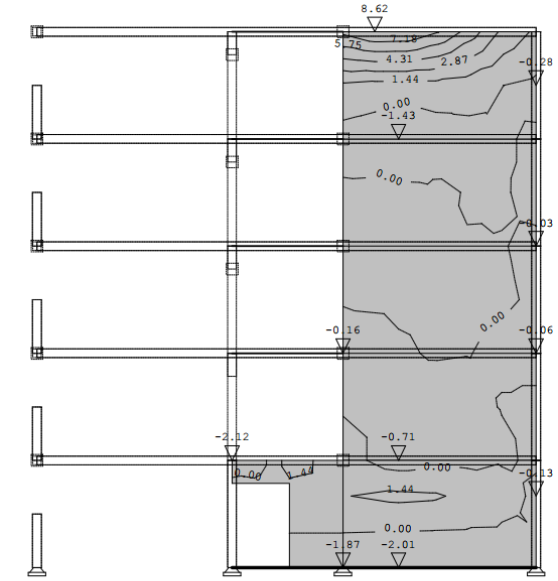
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 460,00 + 153,28 = 613,28 \left(kN \right)$$

$V_{Rd3} = 613,28 \left(kN \right) > V_{Ed} = 2,94 \left(kN \right) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

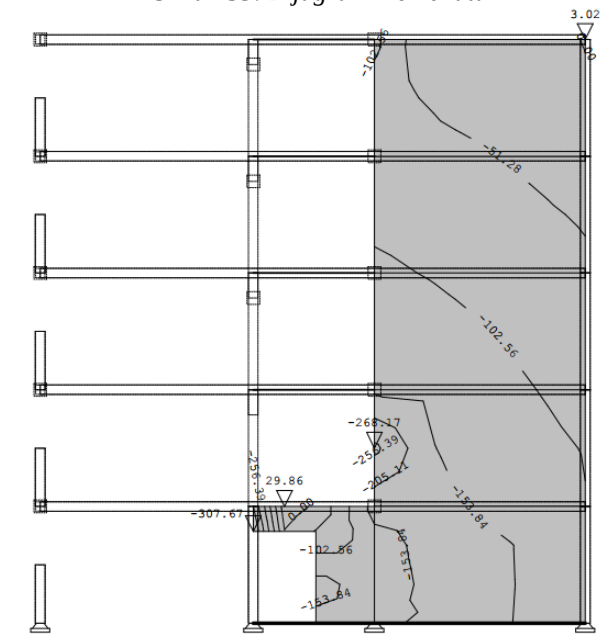
7.7 Zid Z6

7.7.1 Rezultati proračuna

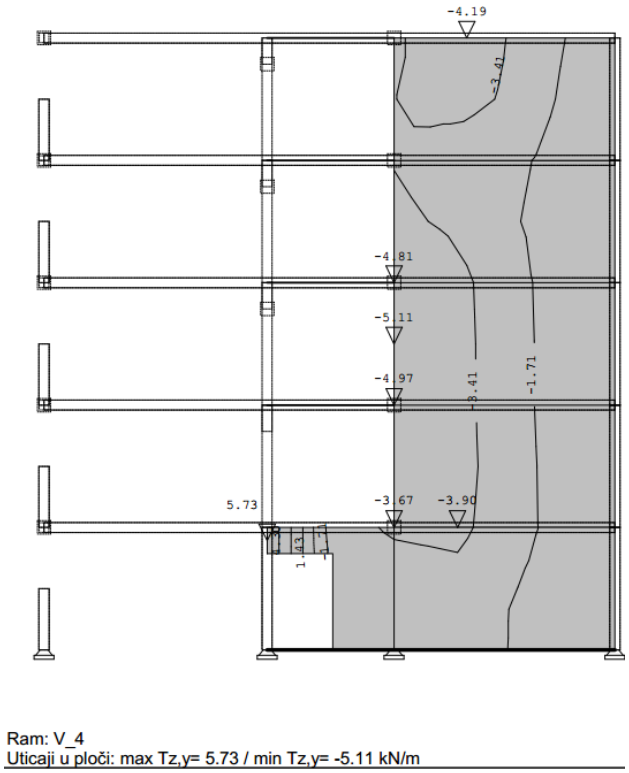
7.7.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



Slika 153: Dijagram momenata Mz

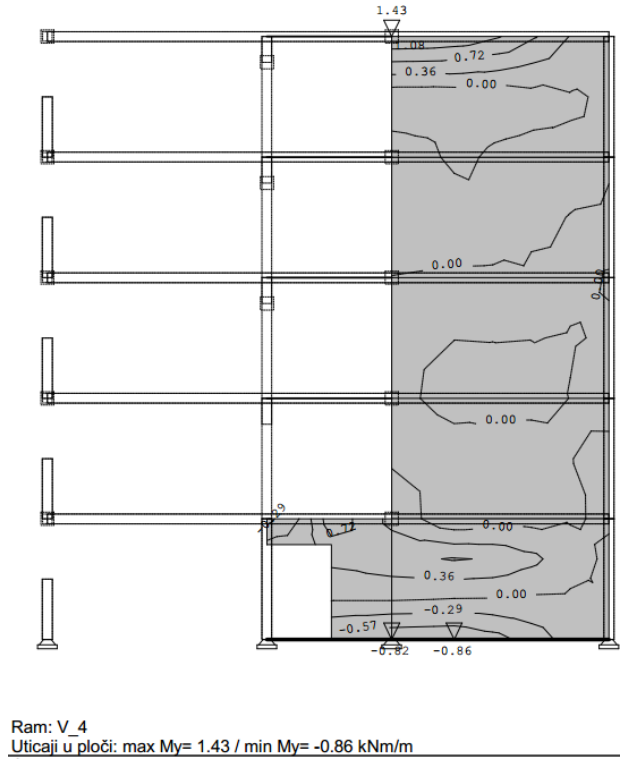


Slika 154: Dijagram normalnih sila N

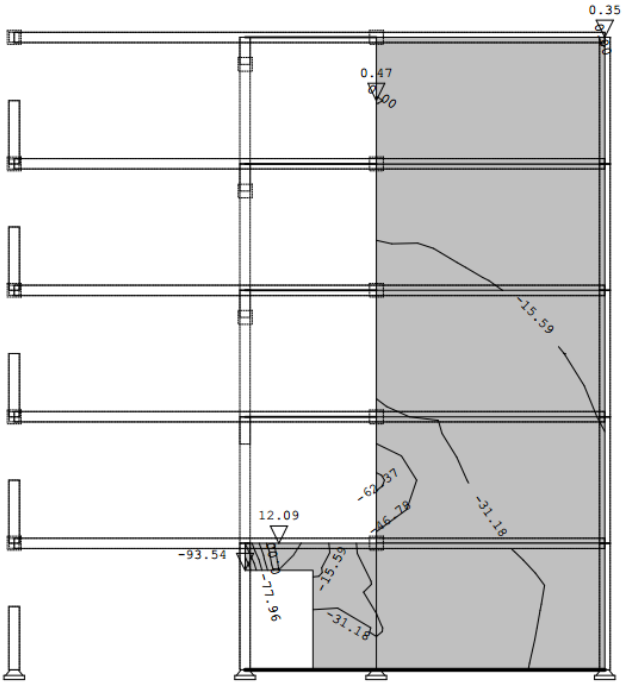


Slika 155: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.7.1.2 Q – pokretno

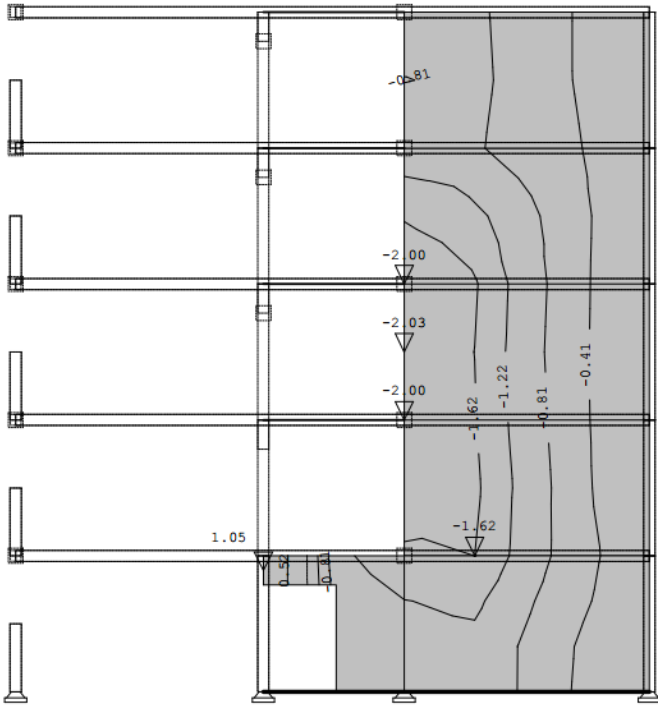


Slika 156: Dijagram momenata Mz



Ram: V_4
Uticaji u ploči: max Ny= 12.09 / min Ny= -93.54 kN/m

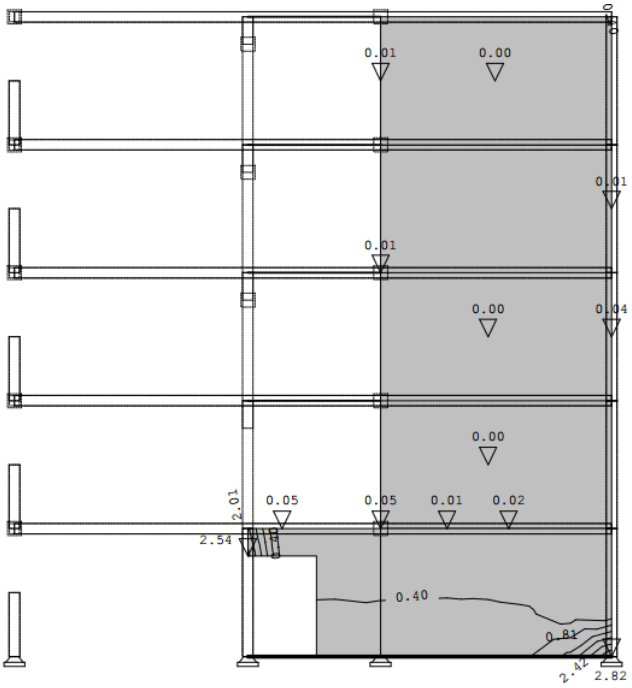
Slika 157: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_4
Uticaji u ploči: max Tz,y= 1.05 / min Tz,y= -2.03 kN/m

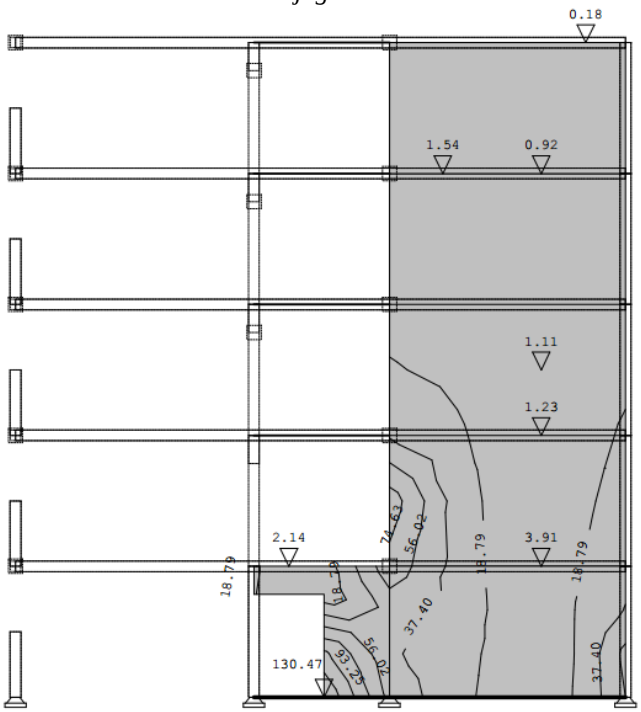
Slika 158: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.7.1.3 Sx – potres u smjeru X



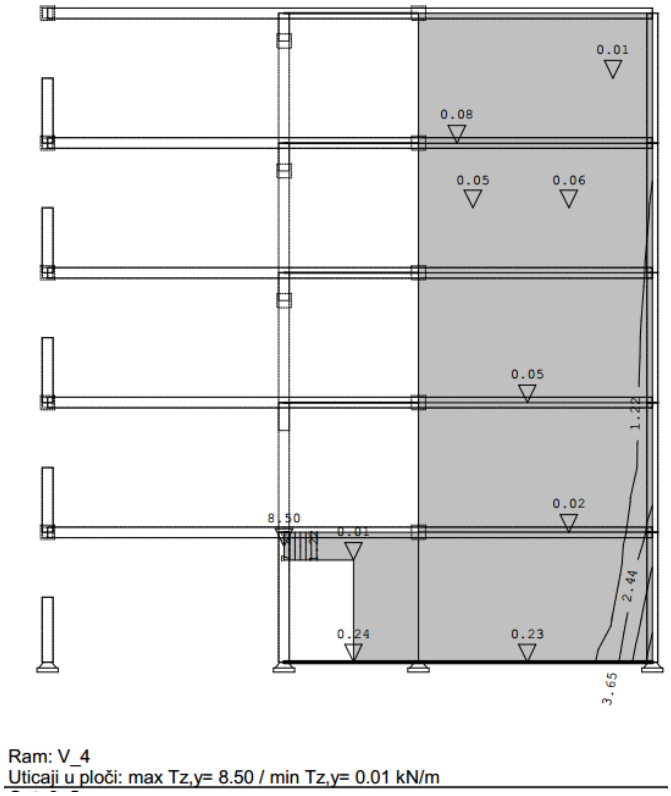
Ram: V_4
Uticaji u ploči: max My= 2.82 / min My= 0.00 kNm/m

Slika 159: Dijagram momenata Mz



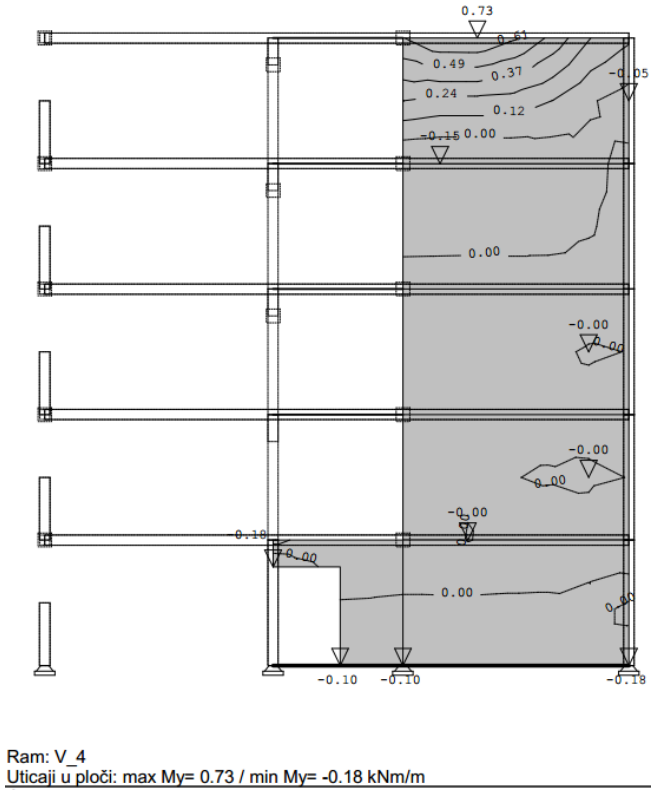
Ram: V_4
Uticaji u ploči: max Ny= 130.47 / min Ny= 0.18 kN/m

Slika 160: Dijagram normalnih sila N

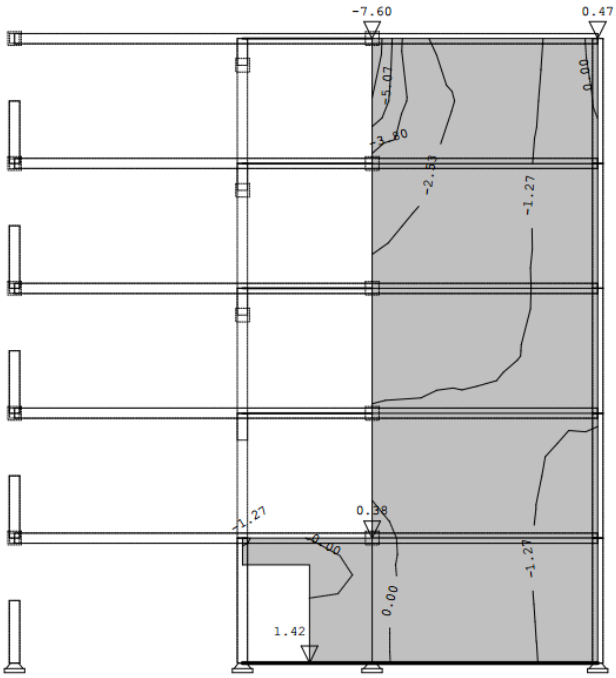


Slika 161: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.7.1.4 Wy – vjetar u smjeru Y

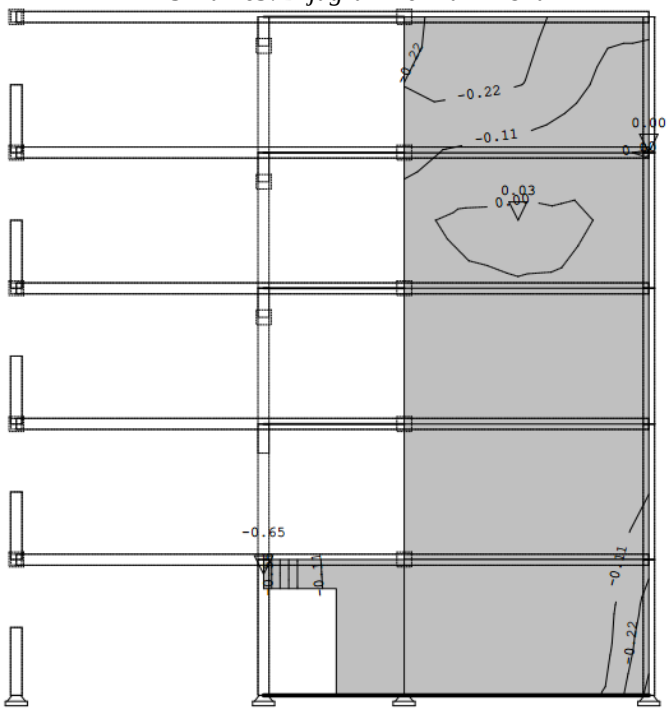


Slika 162: Dijagram momenata Mz



Ram: V_4
Uticaji u pločama: max Ny= 1.42 / min Ny= -7.60 kN/m

Slika 163: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_4
Uticaji u pločama: max Tz,y= 0.03 / min Tz,y= -0.65 kN/m

Slika 164: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.7.2 Proračun zida Z6 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 500cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$$d = L_w - d_y = 480,0cm$$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 5,0 = 2,8 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(500,0cm; 233,0cm)$$

$$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1000,0cm; 620,0cm)$$

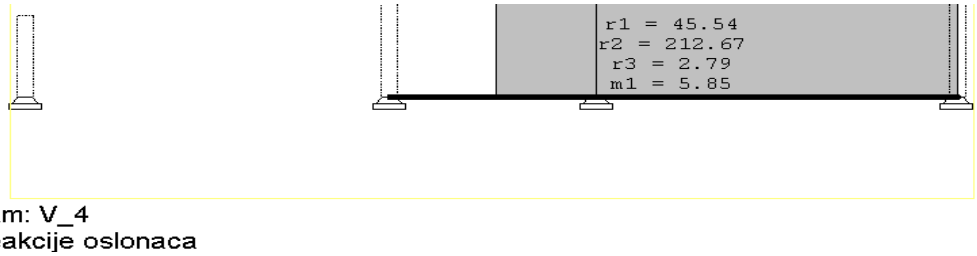
$$h_{cr} = 500,0cm$$

Proračunske kombinacije:

$$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$$

$$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$$

Kritična kombinacija: $K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$



Slika 165: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 5,85 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 212,67 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 2,79 \mathrm{kN}$$

7.7.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 5,85 + 212,67 \cdot \left(4,8 - \frac{5,0}{2} \right) = 494,99 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{49499}{20 \cdot 480^2 \cdot 2,0} = 0,005$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,987$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,4 \text{‰} \qquad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{49499}{0,987 \cdot 480 \cdot 43,48} - \frac{212,67}{43,48} = -2,48 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 480 = 14,40 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.7.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 2,79 \cdot 3,0 = 8,37kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{Rd2} = 33792\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{Rd2} = 42240\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$ zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{5,85}{2,79 \cdot 500} = 0,004 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{wd} = 460,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{cd} = 153,28 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

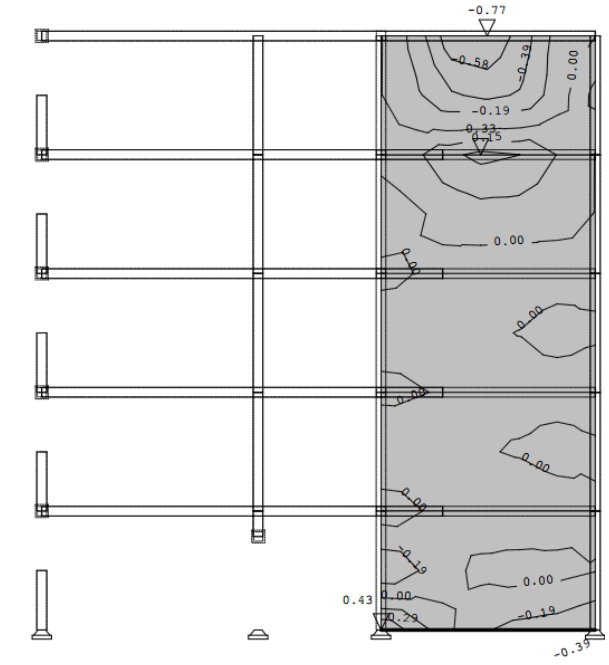
$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 460,00 + 153,28 = 613,28 \left(kN \right)$$

$V_{Rd3} = 613,28 \left(kN \right) > V_{Ed} = 2,79 \left(kN \right) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

7.8 Zid Z7

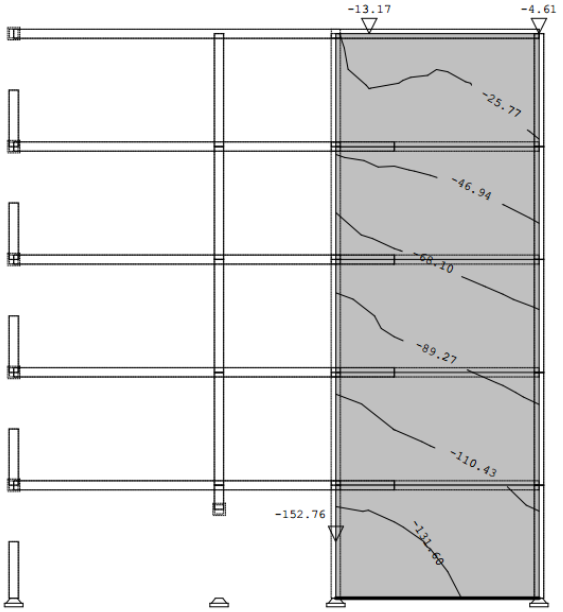
7.8.1 Rezultati proračuna

7.8.1.1 G – stalno (vlastita težina AB konstrukcije)



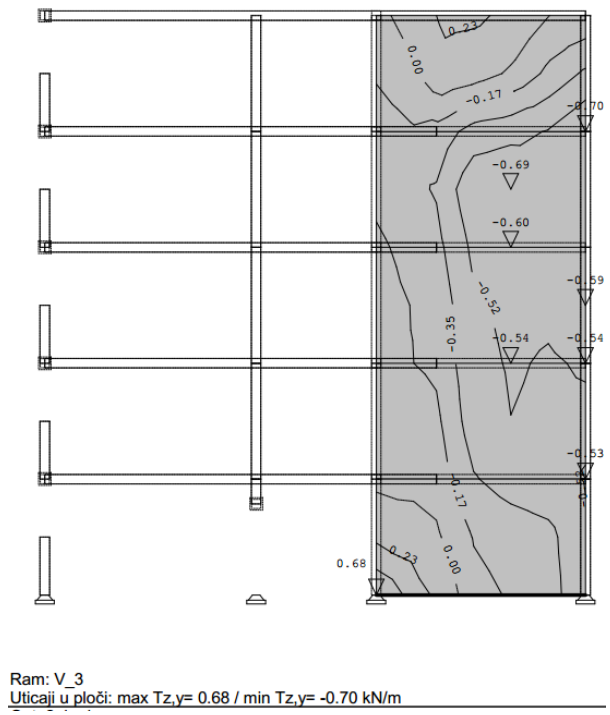
Ram: V_3
Uticaji u ploči: max My= 0.43 / min My= -0.77 kNm/m

Slika 166: Dijagram momenata Mz



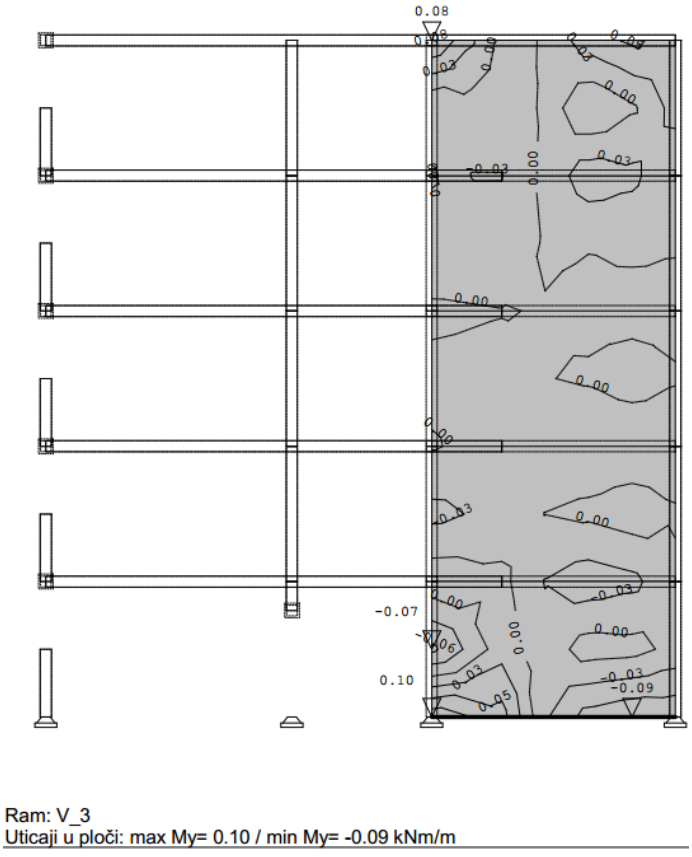
Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Ny= -4.61 / min Ny= -152.76 kN/m

Slika 167: Dijagram normalnih sila N

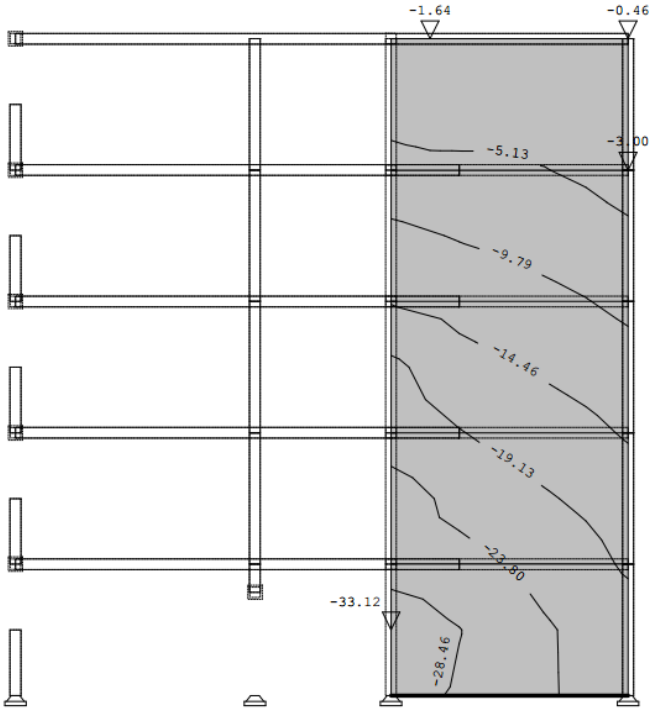


Slika 168: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.8.1.2 Q – pokretno

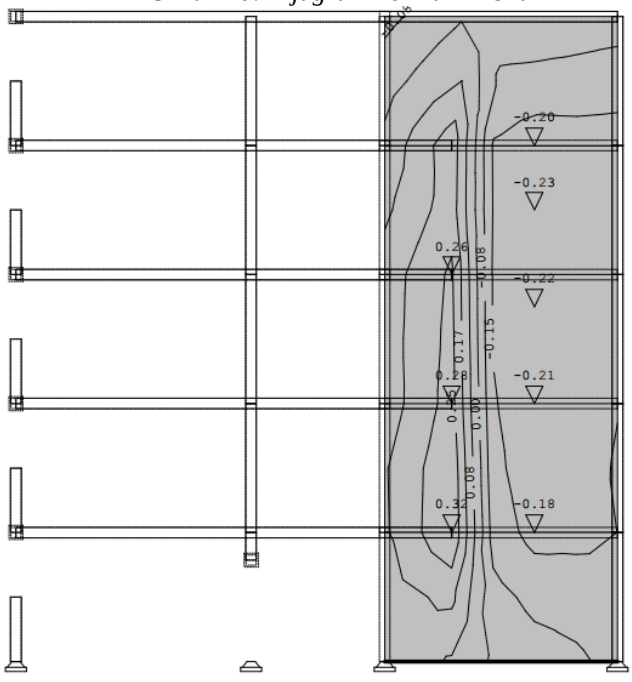


Slika 169: Dijagram momenata Mz



Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Ny= -0.46 / min Ny= -33.12 kN/m

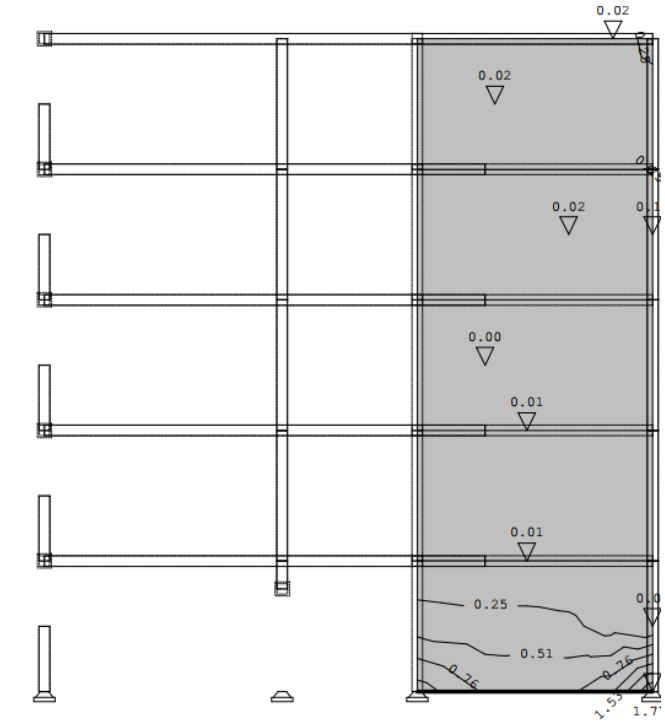
Slika 170: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Tz,y= 0.32 / min Tz,y= -0.23 kN/m

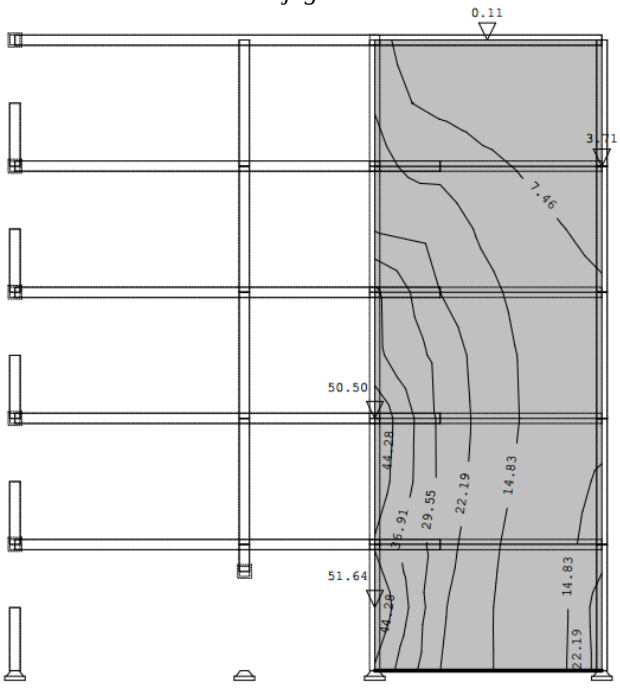
Slika 171: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.8.1.3 Sx – potres u smjeru X



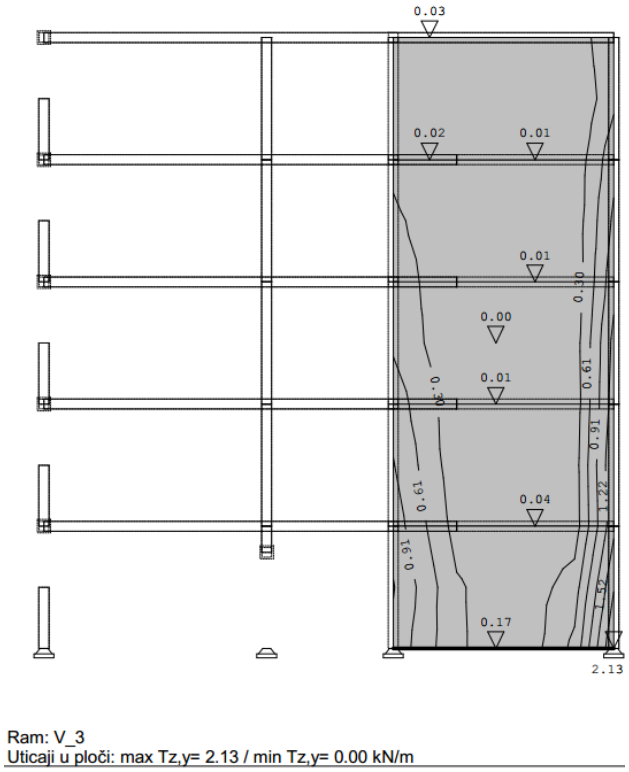
Ram: V_3
Uticaji u ploči: max My= 1.77 / min My= 0.00 kNm/m

Slika 172: Dijagram momenata Mz



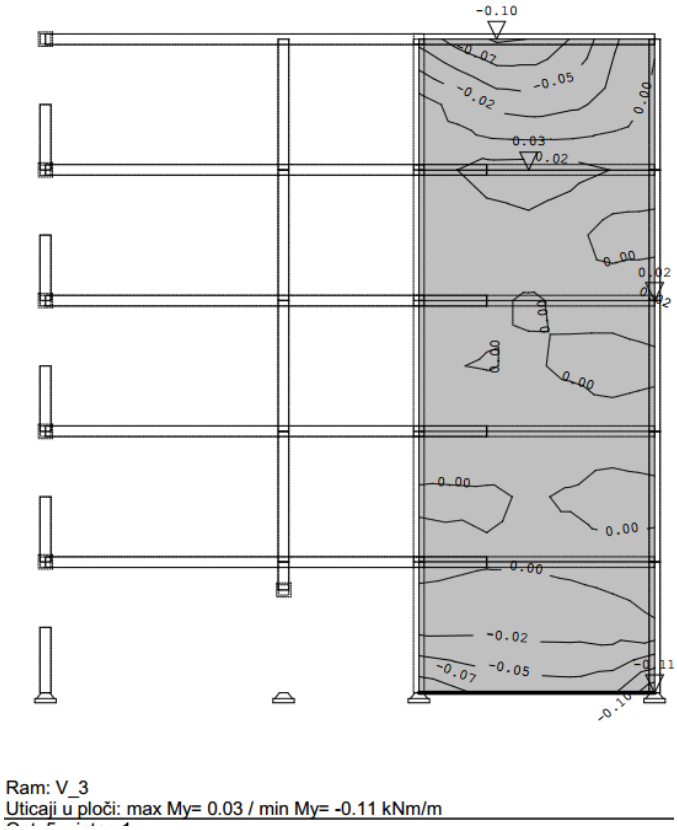
Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Ny= 51.64 / min Ny= 0.11 kNm/m

Slika 173: Dijagram normalnih sila N

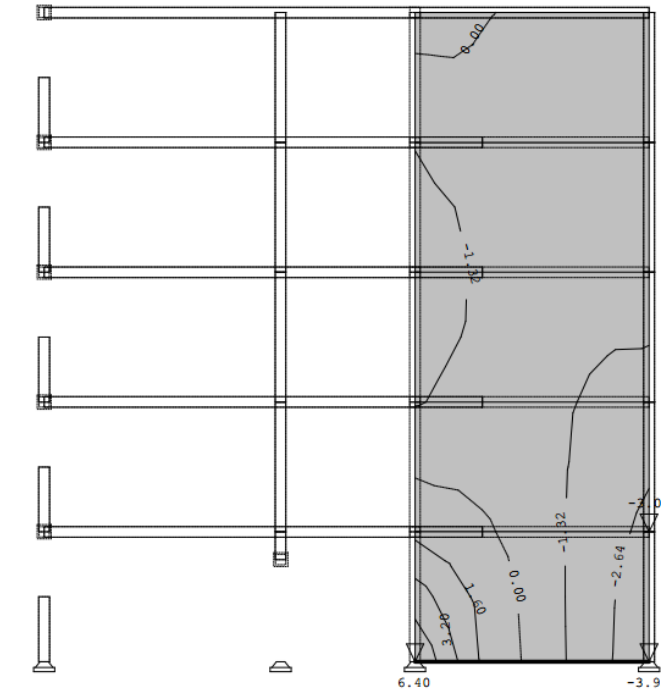


Slika 174: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.8.1.4 Wy – vjetar u smjeru Y

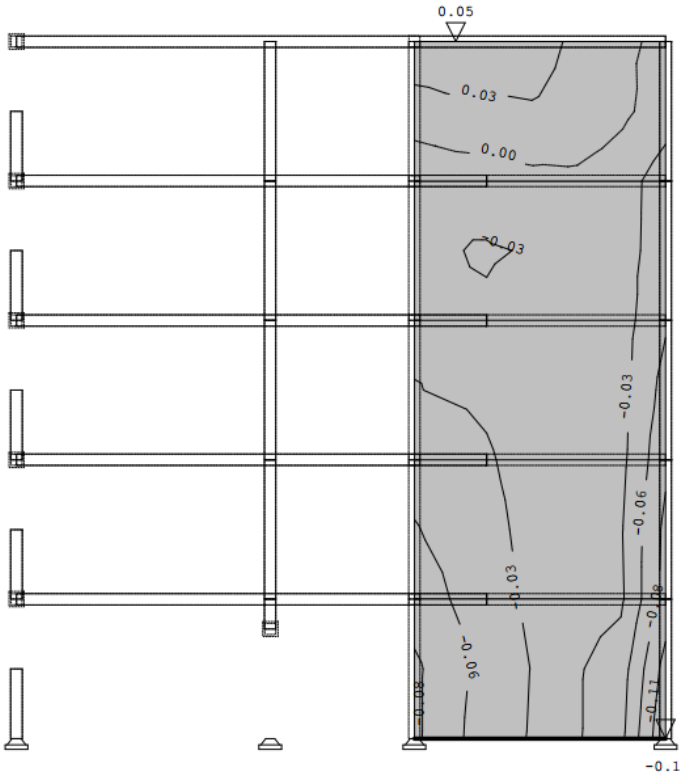


Slika 175: Dijagram momenata Mz



Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Ny= 6.40 / min Ny= -3.95 kN/m

Slika 176: Dijagram normalnih sila N



Ram: V_3
Uticaji u ploči: max Tz,y= 0.05 / min Tz,y= -0.14 kN/m

Slika 177: Dijagram normalnih poprečnih sila Vy

7.8.2 Proračun zida Z7 unutar kritičnoga područja

Dimenzije elementa:

$b = 20cm$

$L_w = 500cm$

$H_w = 14,0m$

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

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

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

$d = L_w - d_y = 480,0cm$

Vitkost zidova:

$H_w / L_w = 14,0 / 5,0 = 2,8 > 2 \rightarrow$ zid je vitak

Visina kritične zone:

$h_{cr} = \max(L_w; H_w / 6) = \max(500,0cm; 233,0cm)$

$h_{cr} \le (2 \cdot L_w; 2 \cdot h_s) \le (1000,0cm; 620,0cm)$

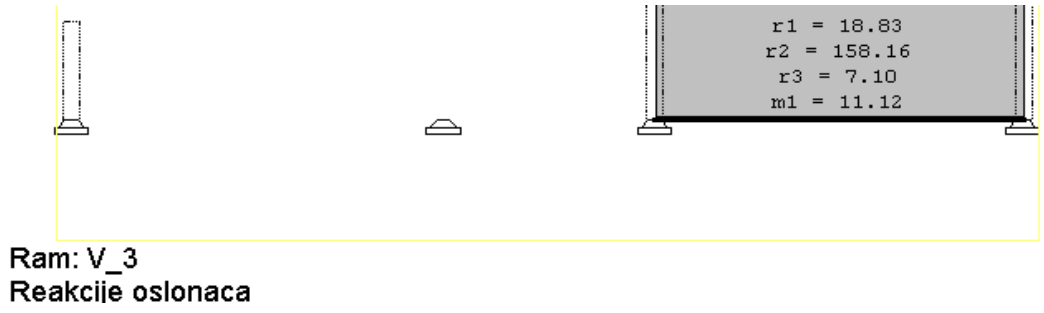
$h_{cr} = 500,0cm$

Proračunske kombinacije:

$K_1 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_x$

$K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$

Kritična kombinacija: $K_2 = 1,0 \cdot g + 0,3 \cdot q + 1.0 \cdot S_y$



Slika 178: Reakcije oslonca

Proračunske rezne sile:

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 11,12 \text{ kNm}$$
$$N_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 158,16 \mathrm{kN}$$
$$V_{Ed} = 1,0 \cdot (g) + 0,3 \cdot (\mathrm{q}) + 1 \cdot (\mathrm{S}) = 7,10 \mathrm{kN}$$

7.8.2.1 Dokaz nosivosti na uzdužnu silu i moment savijanja

Računski moment savijanja:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right)$$
$$M_{Eds} = 11,20 + 158,16 \cdot \left(4,8 - \frac{5,0}{2} \right) = 374,88 kNm$$

Bezdimenzionalna vrijednost momenta savijanja:

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{37488}{20 \cdot 480^2 \cdot 2,0} = 0,004$$

Očitano:

$$\varepsilon_{s1} = 10 \text{‰} \qquad \zeta = 0,987$$
$$\varepsilon_{c2} = -0,4 \text{‰} \qquad \xi = 0,038$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{37488}{0,987 \cdot 480 \cdot 43,48} - \frac{158,16}{43,48} = -1,18 cm^2$$

Minimalna površina vlačne armature:

$$A_{s1,\min} = 0,0015 \cdot b \cdot d = 0,0015 \cdot 20 \cdot 480 = 14,40 cm^2$$

Odabrano: **6Φ20- A_{s1} =18,85cm^2**

7.8.2.2 Dokaz nosivosti na poprečnu silu

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

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

$\varepsilon = q = 3,0 \rightarrow$ faktor ponašanja

$V_{Ed,y} = V_{Ed,y}' \cdot q = 7,10 \cdot 3,0 = 21,30kN$

Nosivost tlačnih dijagonala:

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

U kritičnoj zoni:

$$V_{Rd2} = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,4 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{Rd2} = 33792\left(kN\right)$$

Izvan kritične zone:

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{f_{ck}}{200}\right) \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,5 \cdot \left(0,7 - \frac{30}{200}\right) \cdot 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,8 \cdot 480$$

$$V_{Rd2} = 42240\left(kN\right)$$

$V_{Ed} \leq V_{Rd2} \rightarrow$zadovoljeno

Nosivost vlačnih dijagonala hrpta:

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

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

Koeficijent smicanja:

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot L_w} = \frac{11,12}{7,10 \cdot 480} = 0,003 < 0,3 \rightarrow \alpha_s = 0,3$$

Minimalna površina vertikalne i horizontalne armature:

$$A_{sv,\min} = A_{sh,\min} = 0,002 \cdot b \cdot d = 0,002 \cdot 20 \cdot 100 = 4,0 cm^2 / m´$$

Usvojena obostrana armatura: **Q-257 (A_{s1}=2,57 cm^2/m; As=5,14 cm^2/m)**

Koeficijent armiranja vertikalnom i horizontalnom armaturom:

$$\rho_v = \rho_h = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{5,14}{20 \cdot 100} = 0,0025$$

$$V_{wd} = \rho_v \cdot f_{yk} \cdot b \cdot 0,8 \cdot d = 0,0025 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

$$V_{wd} = 460,00 \left(kN \right)$$

Nosivost betona i odabrane uzdužne armature:

$$V_{cd} = \tau_{Rd} \cdot \left(1,20 + 40 \cdot \rho_v \right) \cdot b_w \cdot z = 0,034 \cdot \left(1,20 + 40 \cdot 0,0025 \right) \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 230$$

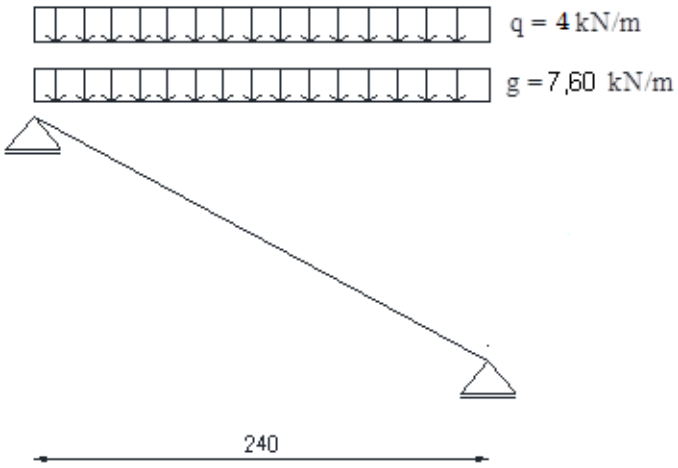
$$V_{cd} = 153,28 \left(kN \right)$$

Ukupna nosivost vlačnih dijagonala hrpta :

$$V_{Rd3} = V_{wd} + V_{cd} = 460,00 + 153,28 = 613,28 \left(kN \right)$$

$V_{Rd3} = 613,28 \left(kN \right) > V_{Ed} = 7,10 \left(kN \right) \rightarrow$ odabrana armatura zadovoljava!

8 PRORAČUN AB STUBIŠTA



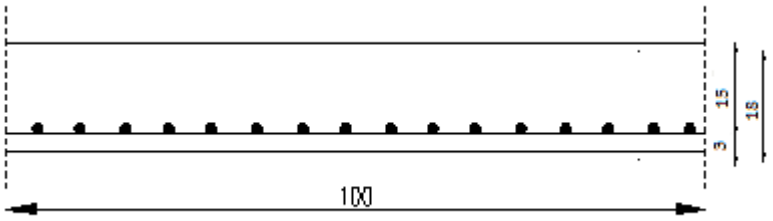
Slika 179: Skica kraka stubišta

8.1.1 Rezultati proračuna – moment savijanja

q_S=1,35·g+1,5·q=16,26 (kN/m')

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{16,26 \cdot 2,40^2}{8} = 11,71\,kNm$$

8.1.2 Dimenzioniranje



$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{11,71}{125 \cdot 15^2 \cdot 2,0} = 0,021$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10,0\ ‰ \quad \varepsilon_{s2} = 1,3‰ \quad \xi = 0,061 \quad \zeta = 0,978$

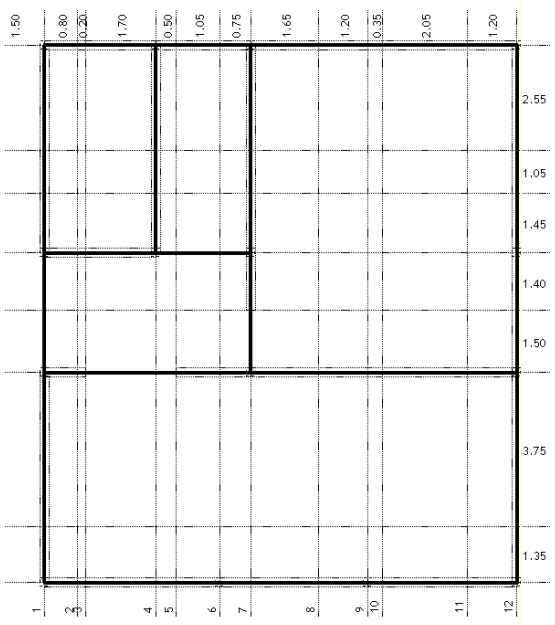
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1171}{0,978 \cdot 15 \cdot 43,5} = 1,83 cm^2$$

Odabrana armatura: **Q-335 (A_{s1}=3,35 cm^2)**

9 DIMENZIONIRANJE TEMELJNE TRAKE

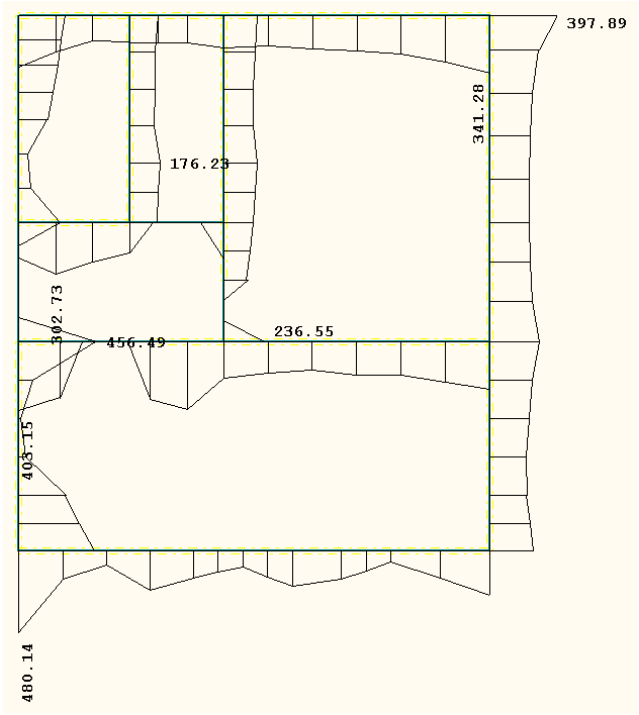
9.1 Rezultati proračuna

9.1.1 Plan pozicija



Slika 180: Plan pozicija temeljne trake

9.1.2 Prikaz naprezanja u tlu od seizmičke kombinacije



Slika 181: Prikaz naprezanja u tlu

9.2 Trakasti temelj

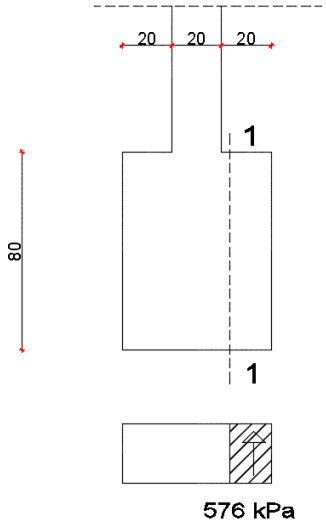
9.2.1 Kontrola naprezanja u tlu

Dimenzije temeljne trake: 100 x 80 x 60 cm.
Težina temelja: $N_{temelj} = 1,0m \cdot 0,8m \cdot 0,6m \cdot 25 kN/m^3 = 12\ kN$

Geometrijske karakteristike: $A_{temelj} = 1,0 \cdot 0,5 = 0,5m^2 \quad \sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{12}{0,6} = 20$

Izvanredna kombinacija: $\sigma_1 = \sigma_2 = 480 \cdot 1,2 = 576,0\ kN/m' < 600\ kN/m'$

9.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja



Slika 182: Prikaz naprezanja u tlu

Moment u presjeku 1-1:

$$M_{1-1} = \frac{576,0 \cdot 0,15^2}{2} = 6,48\ (kNm/m')$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,48 \cdot 100}{100 \cdot 75^2 \cdot 2,00} = 0,001 \Rightarrow \zeta = 0,993$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6,48 \cdot 100}{0,993 \cdot 75 \cdot 43,48} = 0,20\ (cm^2/m')$$

$$A_{s1,min} = 0,0015 \cdot A_c = 0,0015 \cdot 80 \cdot 60 = 7,3 (cm^2/m')$$

Odabrana armatura: **A_{s1}= 4ϕ16 = 8,04** (cm^2/m')

A_{s2}= ϕ10/ 15 cm

Proračun proboja temeljne trake- proračun se ne provodi ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$r_{crit} \geq (a - b_w)/2 \quad \rightarrow r_{crit} = d = 75 > (60 - 20)/2 = 20$$

Izvršeno je dimenzioniranje najopterećenijeg dijela temeljne trake. Rezultati zahtijevaju minimalnu armaturu. Minimalna armatura je usvojena i za ostale dijelove temeljne trake.

10 GRAFIČKI PRILOZI

10.1 Tlocrt temelja

10.2 Tlocrt prizemlja

10.3 Tlocrt 1. kata

10.4 Tlocrt 2.,3. i 4. kata

10.5 Tlocrt krova

10.6 Poprečni presjek A-A

10.7 Poprečni presjek B-B

10.8 Fasada sjever

10.9 Fasada jug

10.10 Fasada istok

10.11 Fasada zapad

11 ARMATURNI NACRTI

11.1 Armatura ploče-donja zona-pozicija 100-400

11.2 Armatura ploče-gornja zona-pozicija 100-400

11.3 Iskaz količine armature za ploče-pozicija 100-400

11.4 Armatura ploče-donja zona-pozicija 500

11.5 Armatura ploče-gornja zona-pozicija 500

11.6 Armaturni nacrt zida Z3 s temeljnom stopom

12 LITERATURA

[1] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije-priručnik.

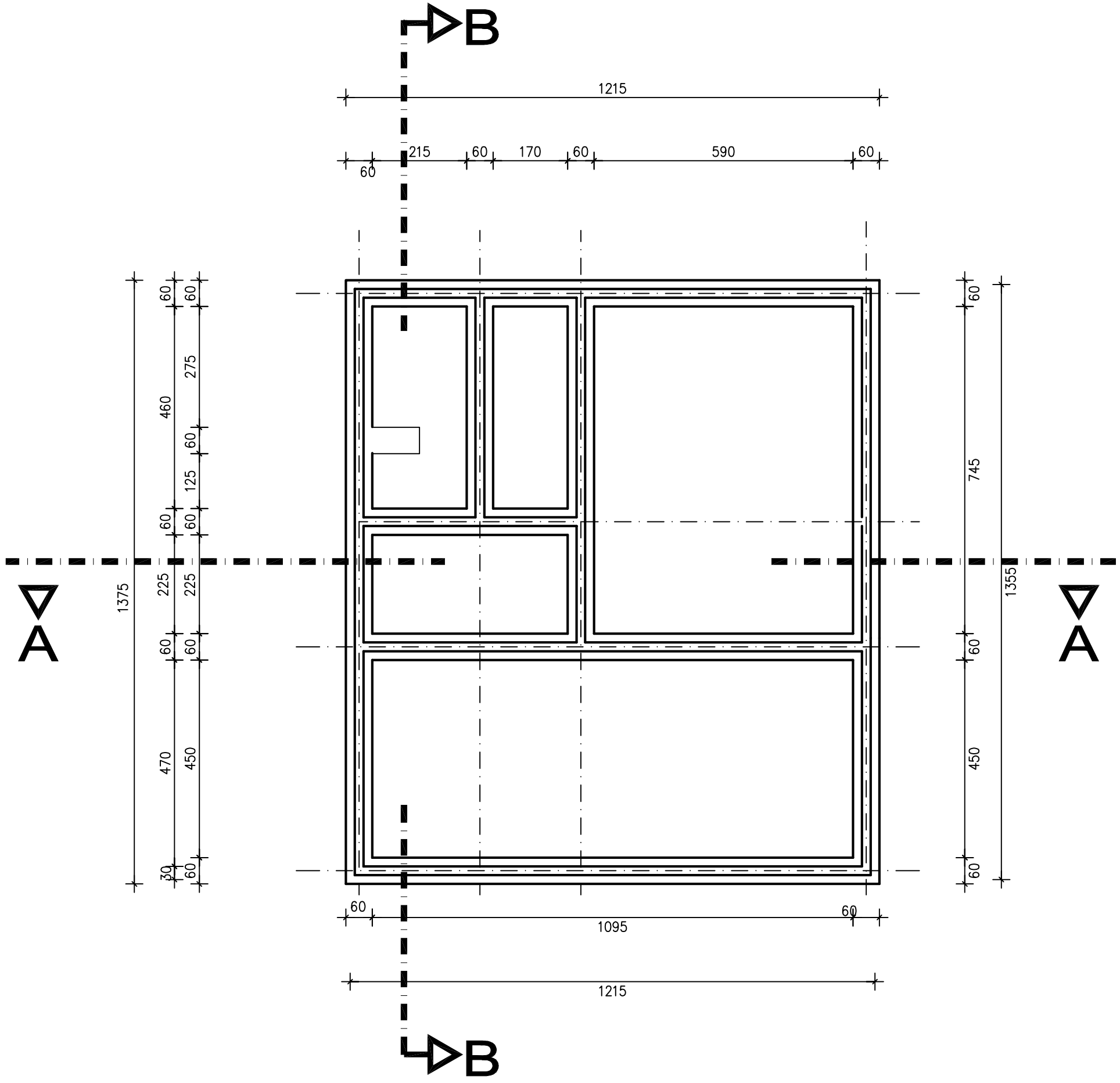
[2] Radnić J., Harapin A. OSNOVE BETONSKIH KONSTRUKCIJA-Interna skripta, Split, 2007.

[3] Tomičić, I. BETONSKE KONSTRUKCIJE, treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Zagreb, 1996.

[4] Harapin, A. DIMENZIONIRANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA PREMA TPBK (EC2)

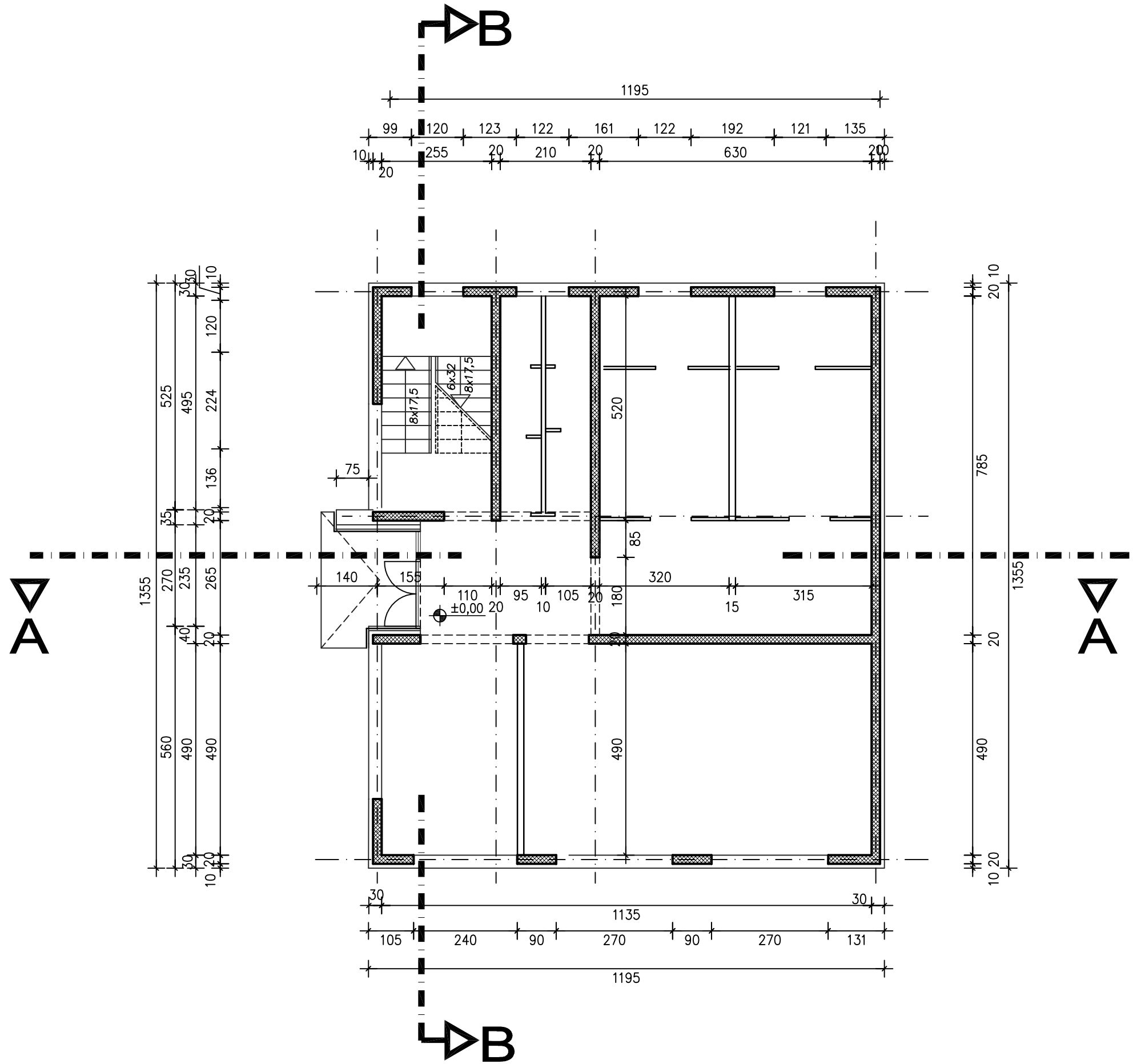
[5] EN 1992 Eurokod 2, Proračun betonskih konstrukcija, CEN-Belgija 2004.

[6] EN 1998 Eurokod 8, Projektiranje konstrukcija na potresno opterećenje, CEN-Belgija, 2004.



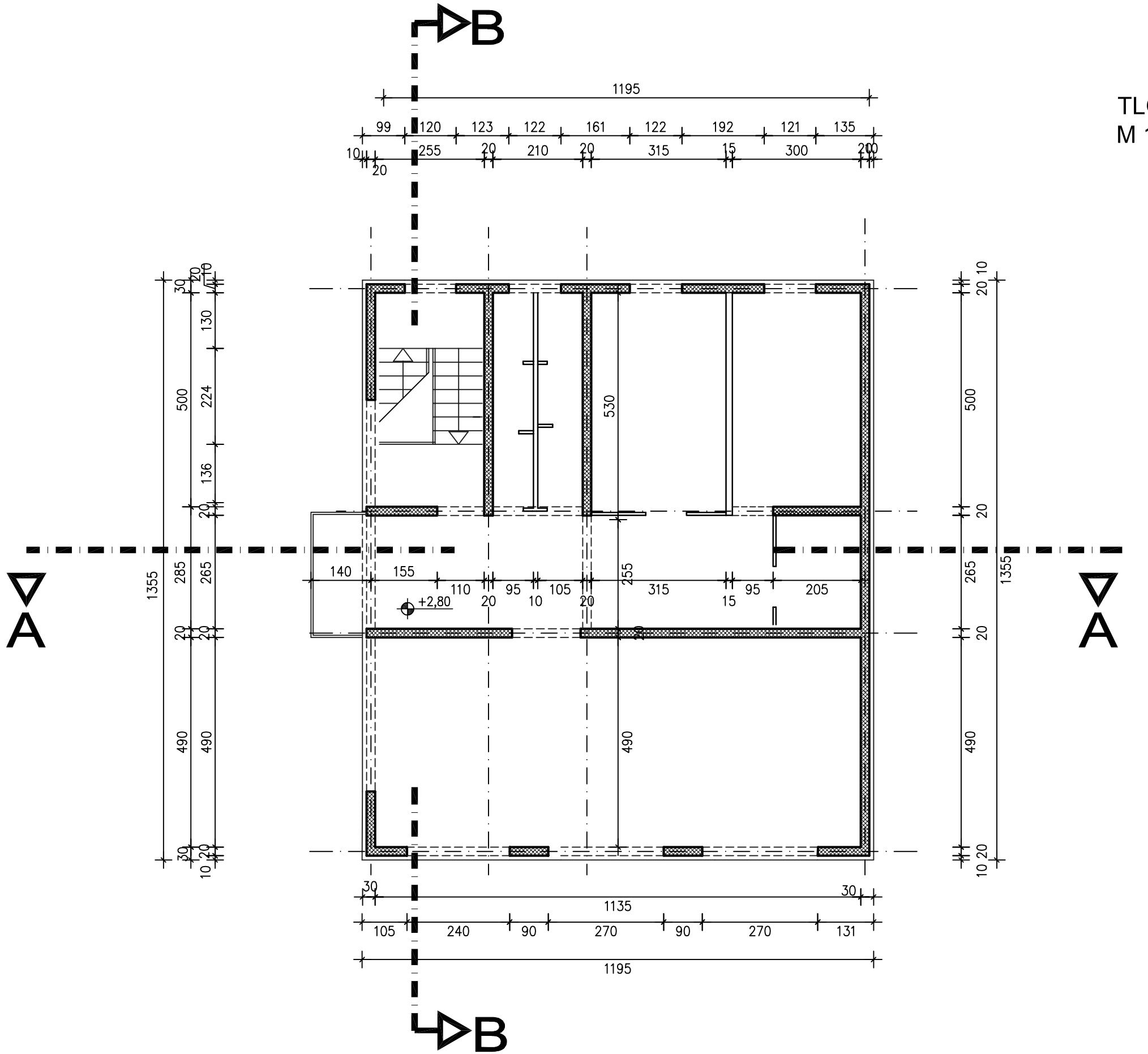
TLOCRT TEMELJA
M 1:100

PREDMET: Diplomski rad		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove		
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije		
SADRŽAJ: TLOCRT TEMELJA		
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100	
	DATUM: lipanj 2017.	
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.1	



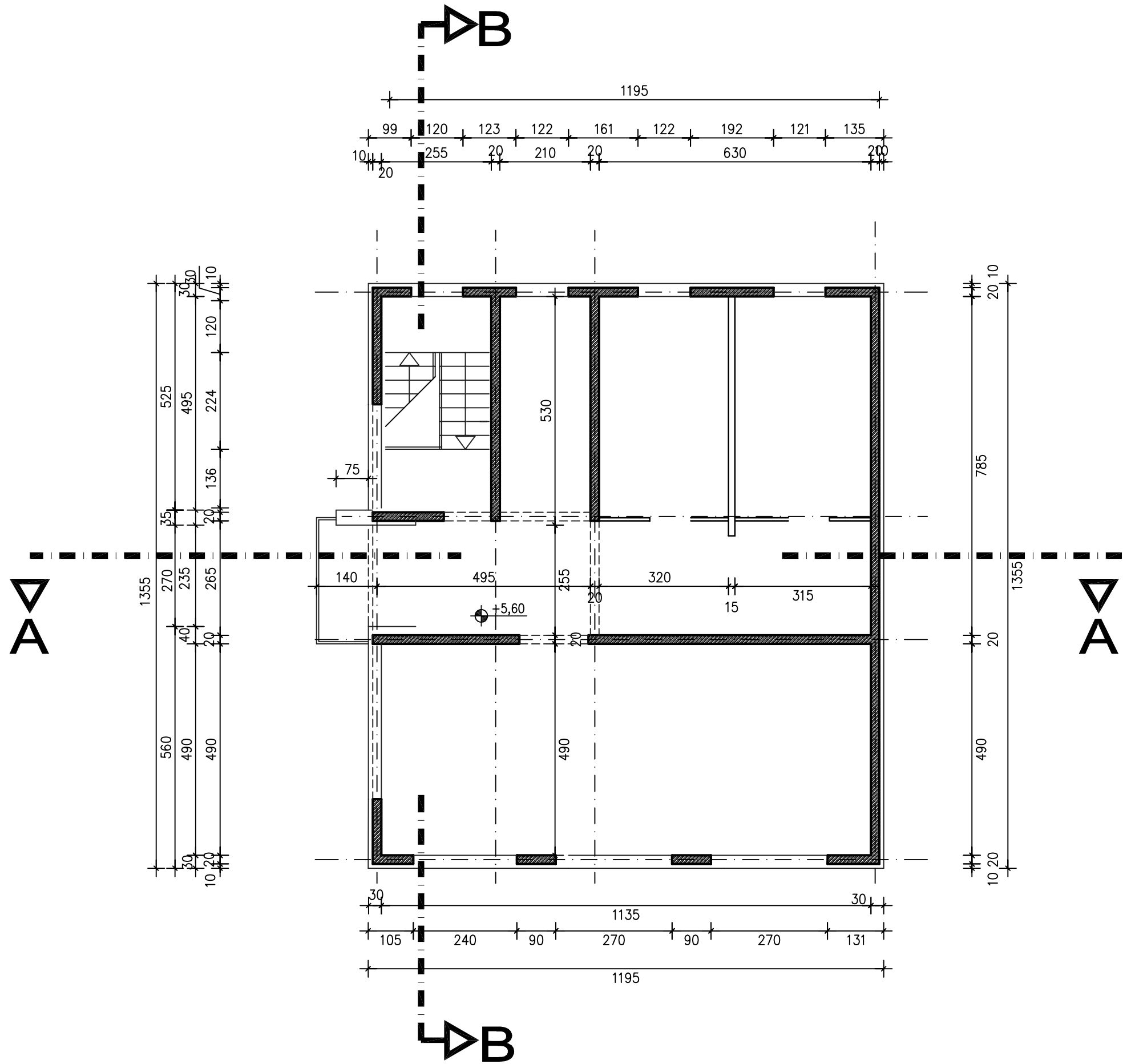
TLOCRT PRIZEMLJA
M 1:100

PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149483; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: TLOCRT PRIZEMLJA	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.2



TLOCRT 1.KATA
M 1:100

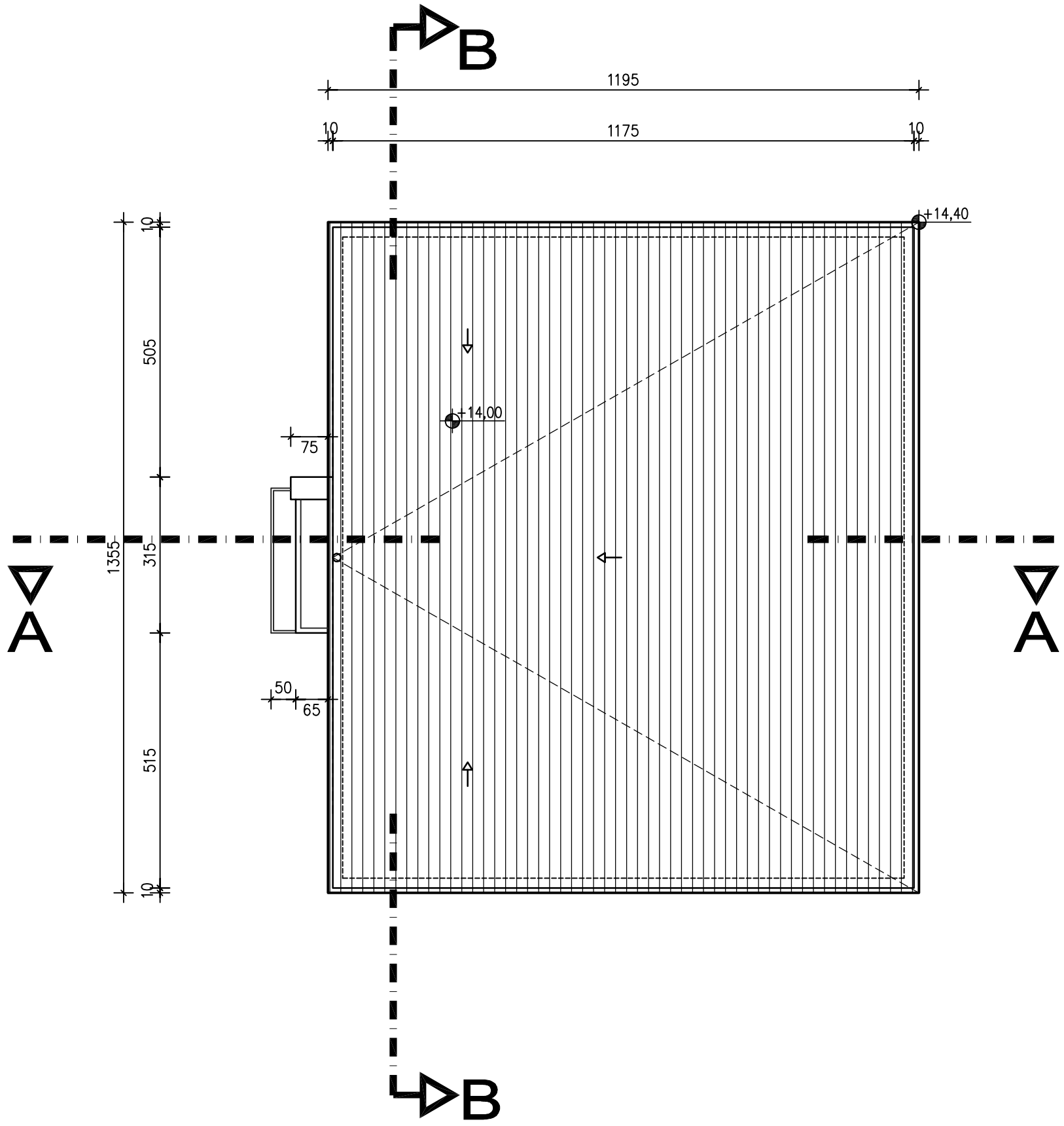
PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: TLOCRT 1.KATA	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.3



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

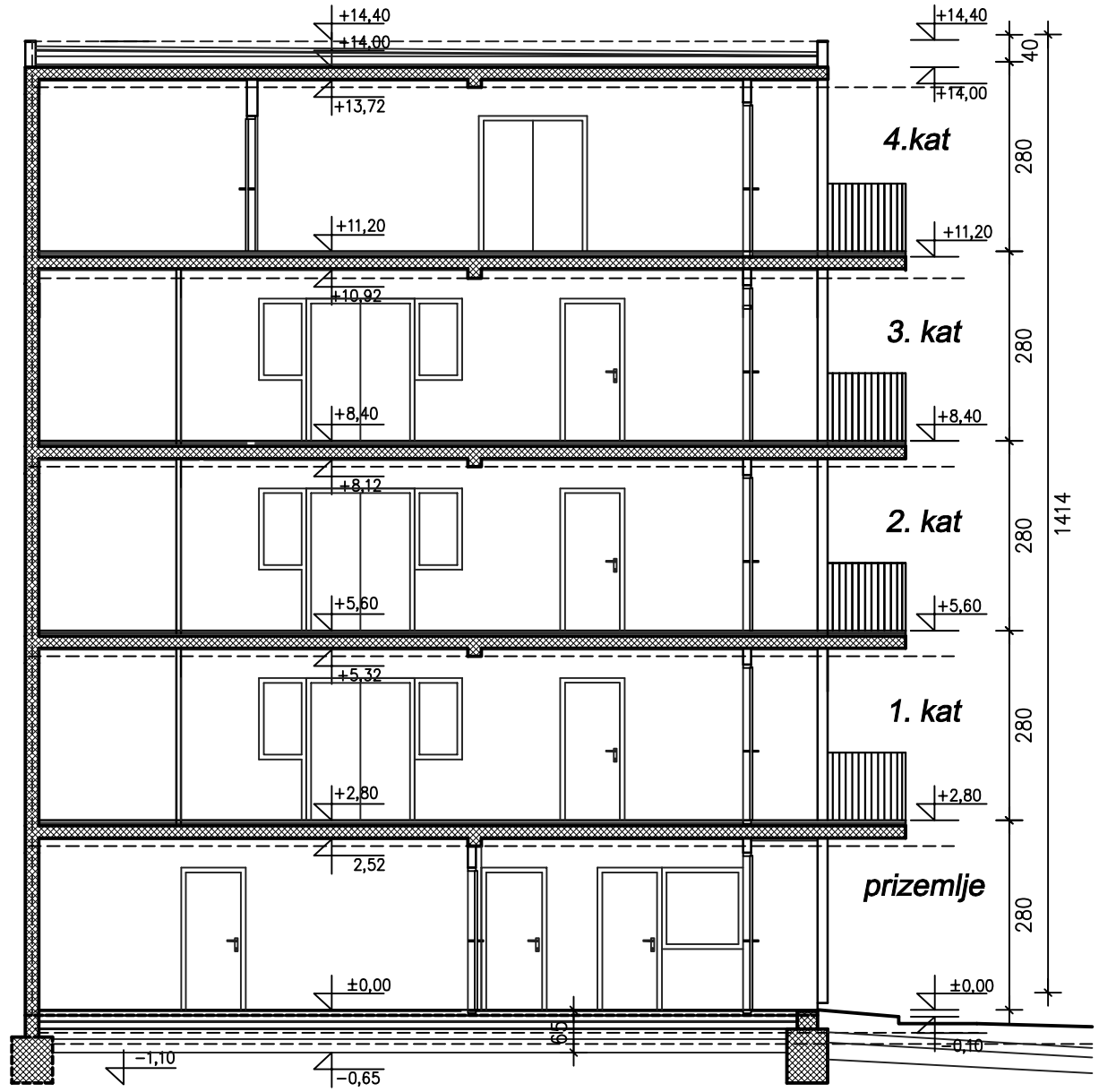
PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149403; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: TLOCRT (2,3,4).KATA	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.4

TLOCRT KROVA
M 1:100



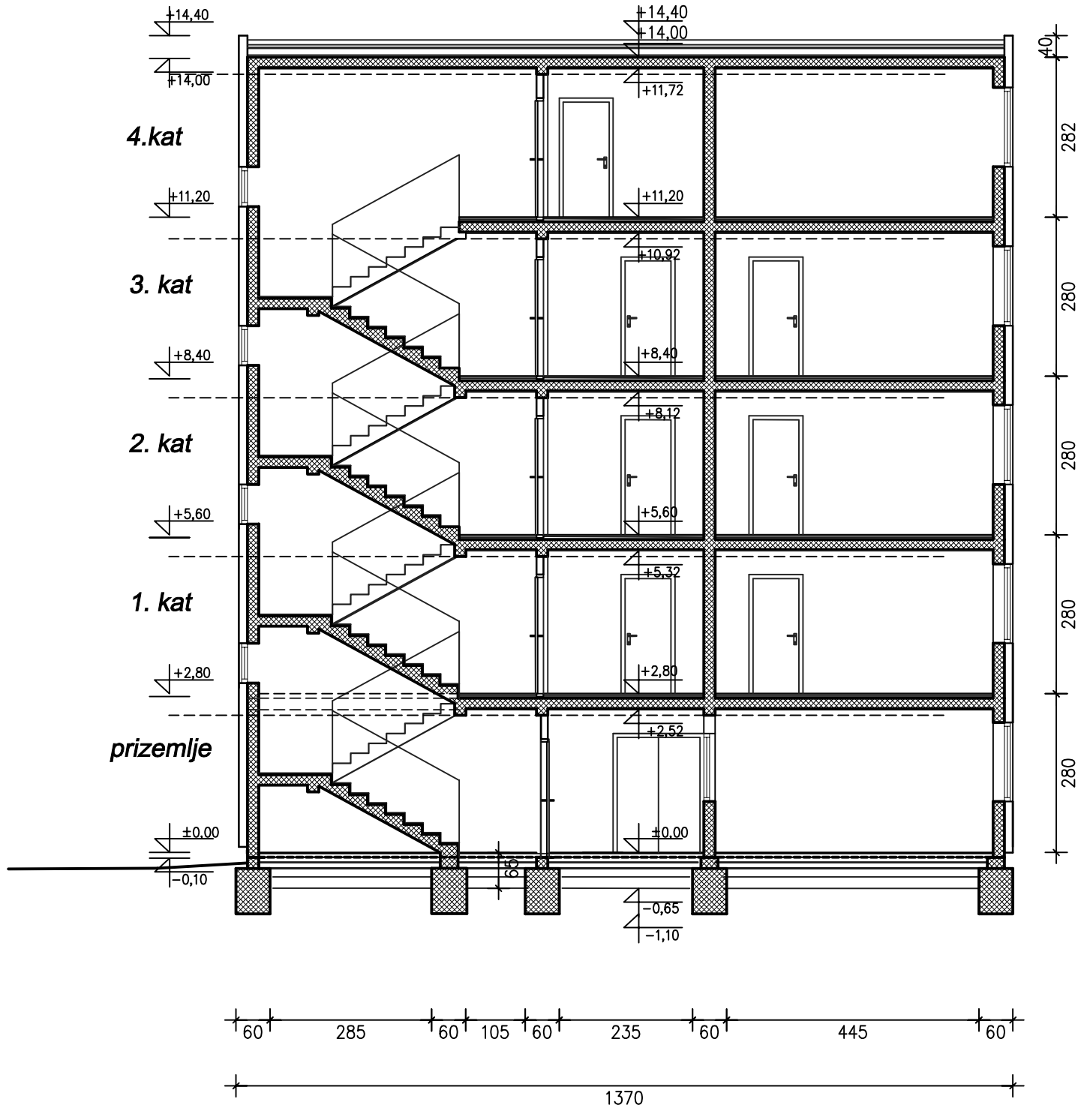
PREDMET: Diplomski rad		
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije		
SADRŽAJ: TLOCRT KROVA		
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100	
	DATUM: lipanj 2017.	
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.5	

PRESJEK A-A
M 1:100



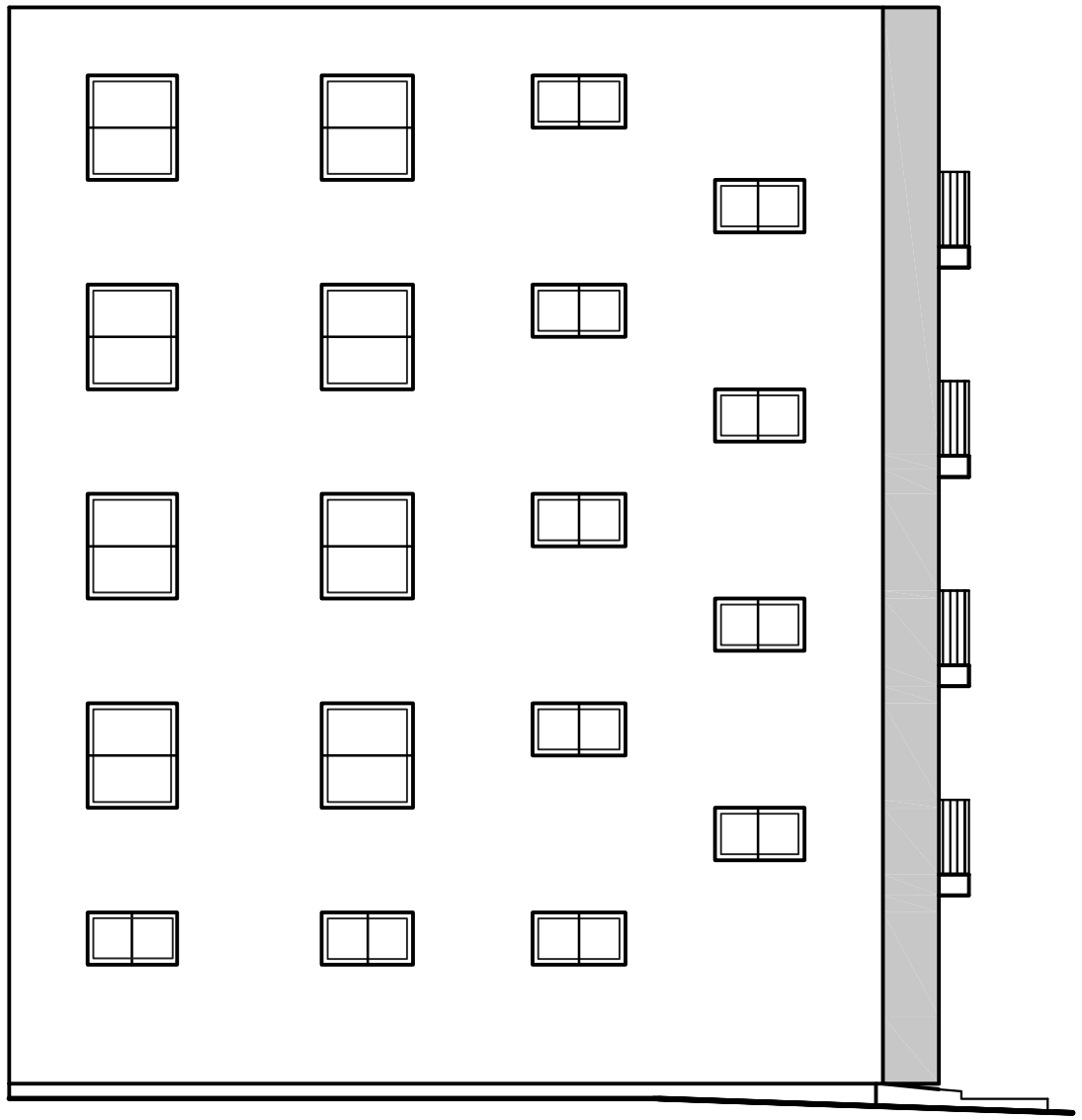
PREDMET:	Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	PRESJEK A-A	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan		MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606		BROJ PRILOGA: 10.6

PRESJEK B-B
M 1:100



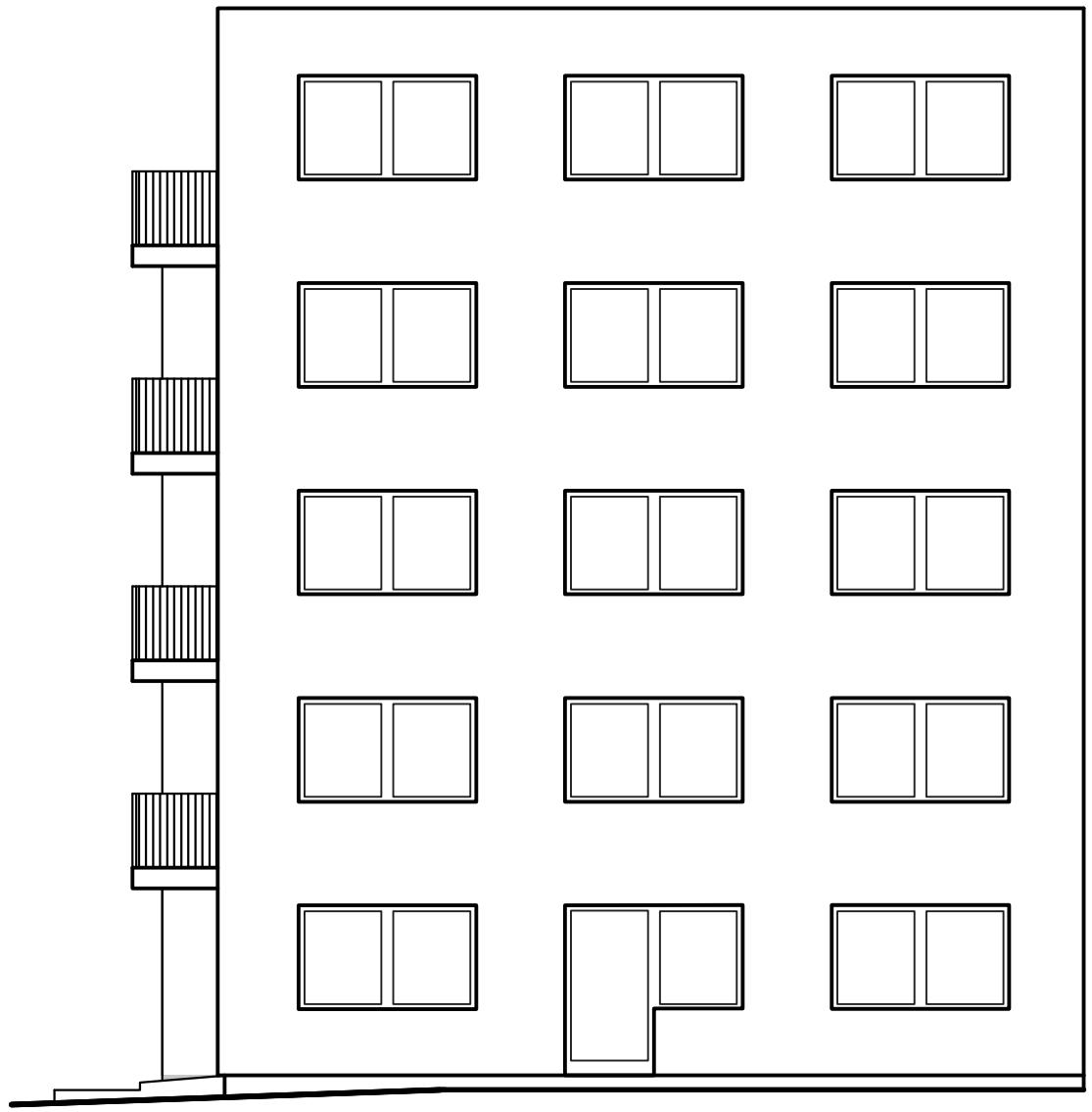
PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: PRESJEK B-B	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.7

FASADA SJEVER
M 1:100



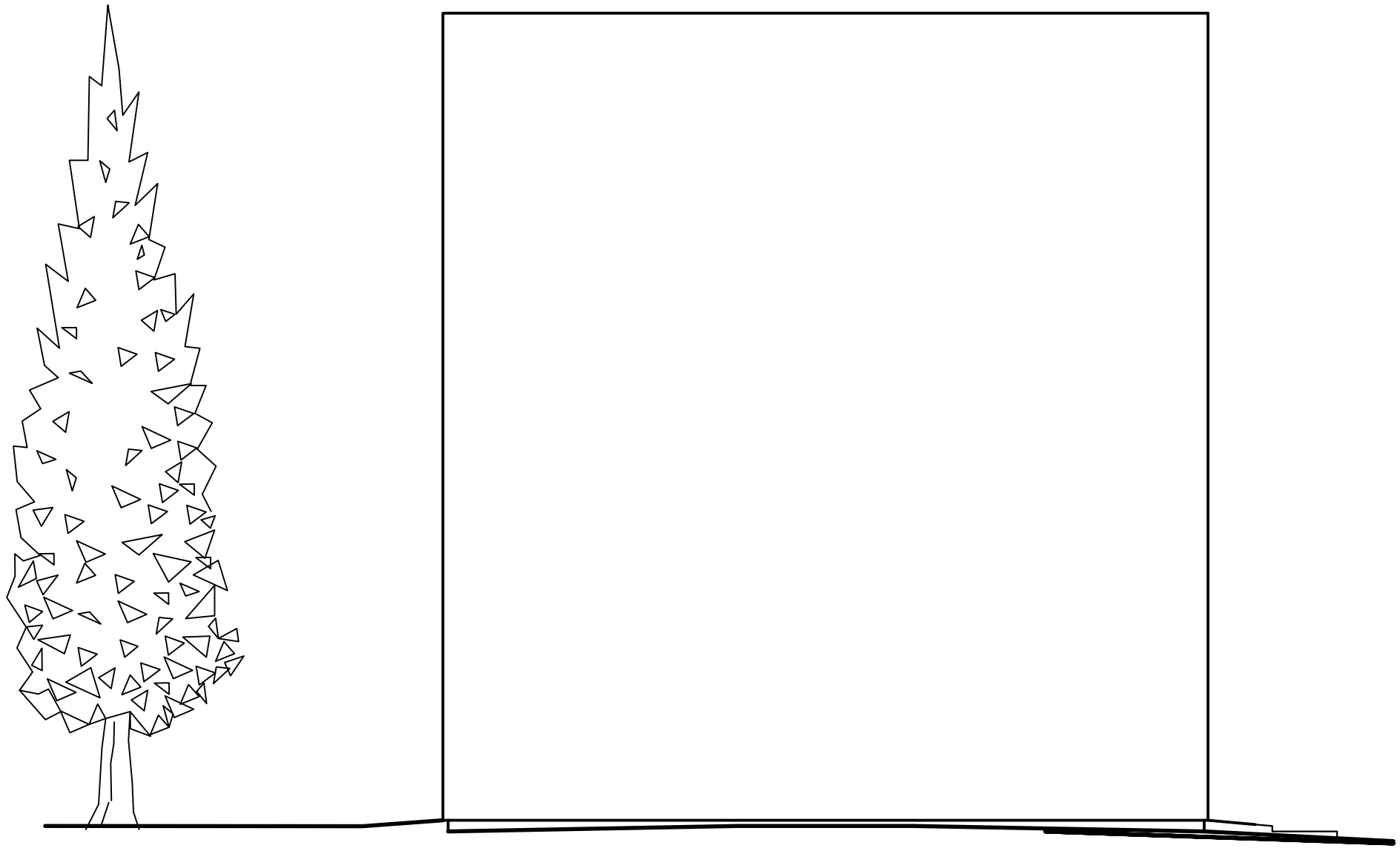
PREDMET: Diplomski rad		
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove		
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149403; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
SADRŽAJ: FASADA SJEVER		
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100	
	DATUM: lipanj 2017.	
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.8	

FASADA JUG
M 1:100



PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: FASADA JUG	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.9

FASADA ISTOK
M 1:100

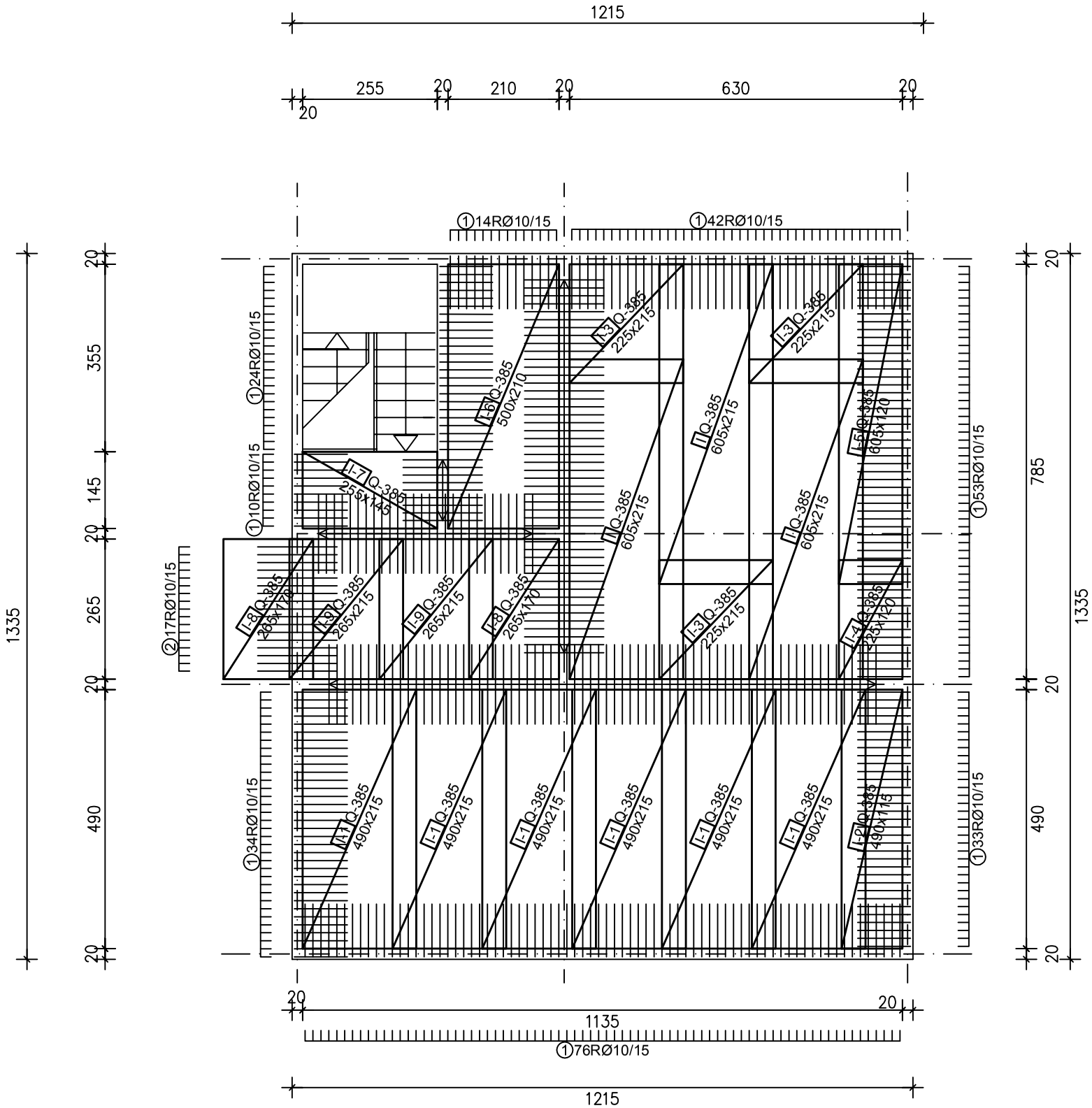


PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: FASADA ISTOK	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 10.10

FASADA ZAPAD
M 1:100

PREDMET:	Diplomski rad	
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ:	FASADA ZAPAD	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan		MJERILO: 1:100
		DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606		BROJ PRILOGA: 10.11

ARMATURA PLOČE-DONJA ZONA-POZICIJA 100-400
M 1:100



Šipke - specifikacija

ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]	Napomena
1	100 / 15 / 100	10	2.15	286	614.90	
2	150	10	1.50	172	258.00	

Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
10	872.90	0.65	566.51
Ukupno			566.51

PREDMET: Diplomski rad

KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove

VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15
MB 3146485; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117

SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE-DONJA ZONA-POZICIJA 100-400

MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan

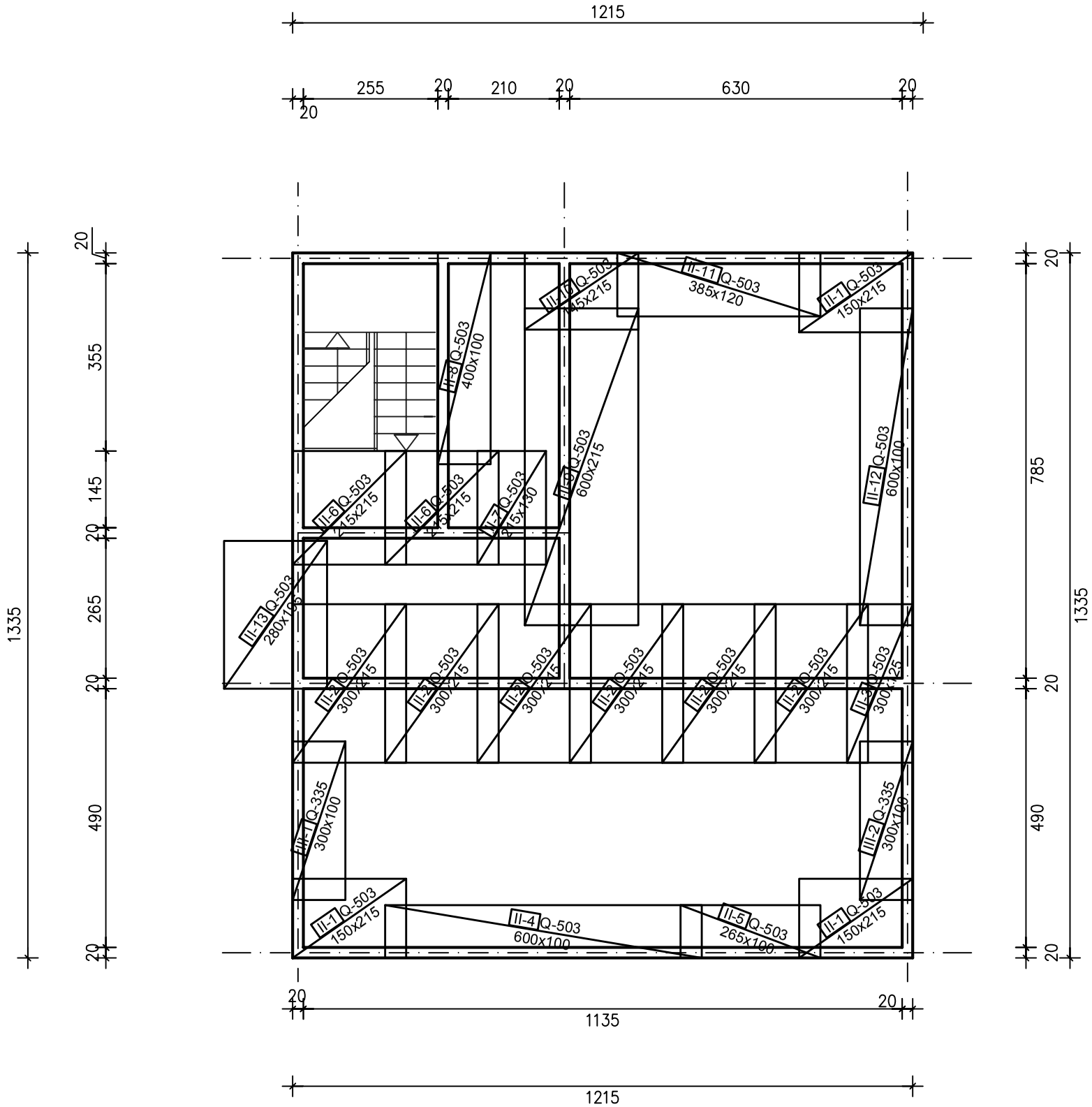
STUDENT: Antun Stepić, 606

MJERILO: 1:100

DATUM: lipanj 2017.

BROJ PRILOGA: 11.1

ARMATURA PLOČE-GORNJA ZONA-POZICIJA 100-400
M 1:100



PREDMET: Diplomski rad	
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149483; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE-GORNJA ZONA-POZICIJA 100-400	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 11.2

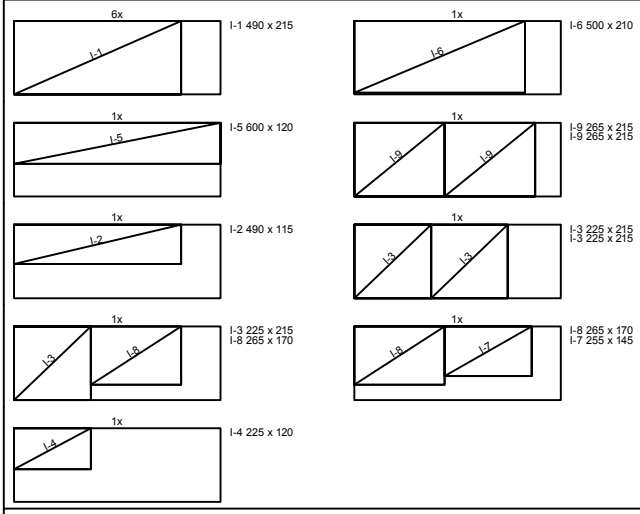
ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČE-POZICIJA 100-400

Mreže - specifikacija

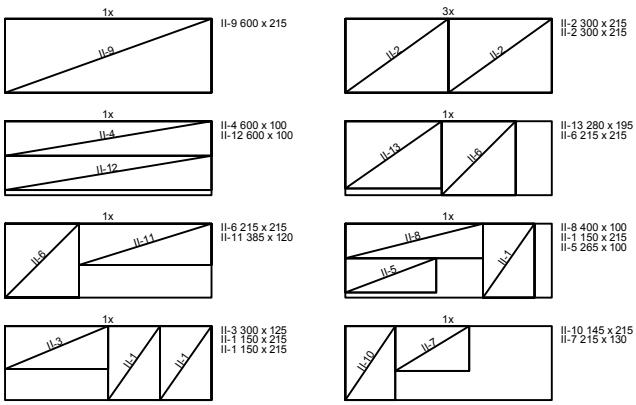
Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m2]	Ukupna težina [kg]	Napomena
11 (1 kom)							
I	Q-385	215	600	3	5.94	231.79	
I-1	Q-385	215	490	6	5.94	375.47	
I-2	Q-385	115	490	1	5.94	33.43	
I-3	Q-385	215	225	3	5.94	86.20	
I-4	Q-385	120	225	1	5.94	16.04	
I-5	Q-385	120	605	1	5.94	43.12	
I-6	Q-385	210	500	1	5.94	62.37	
I-7	Q-385	145	255	1	5.94	21.94	
I-8	Q-385	170	265	2	5.94	53.52	
I-9	Q-385	215	265	2	5.94	67.69	
II-1	Q-503	215	150	3	7.90	76.43	
II-2	Q-503	215	300	6	7.90	305.73	
II-3	Q-503	125	300	1	7.90	29.56	
II-4	Q-503	100	600	1	7.90	47.40	
II-5	Q-503	100	265	1	7.90	20.91	
II-6	Q-503	215	215	2	7.90	73.04	
II-7	Q-503	130	215	1	7.90	22.07	
II-8	Q-503	100	400	1	7.90	31.56	
II-9	Q-503	215	600	1	7.90	101.91	
II-10	Q-503	215	145	1	7.90	24.63	
II-11	Q-503	120	385	1	7.90	36.48	
II-12	Q-503	100	600	1	7.90	47.34	
II-13	Q-503	195	280	1	7.90	43.13	
III-1	Q-335	100	300	1	5.26	15.78	
III-2	Q-335	100	300	1	5.26	15.76	
Ukupno						1883.30	

Mreže - plan sječenja

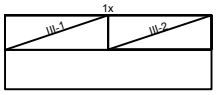
Q-385 (605 cm x 215 cm)



Q-503 (600 cm x 215 cm)

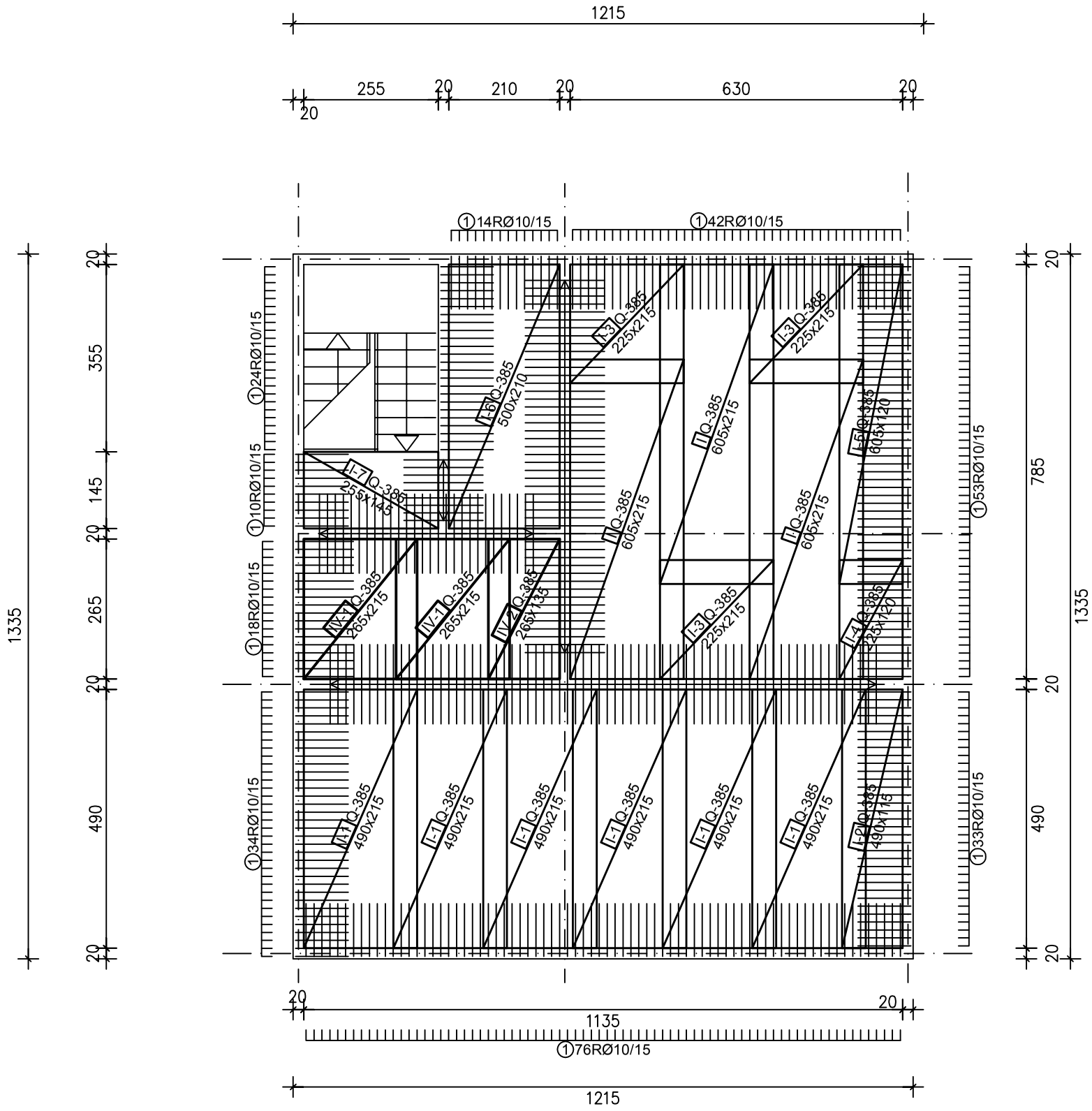


Q-335 (600 cm x 215 cm)



PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE, 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: ISKAZ KOLIČINE ARMATURE ZA PLOČE-POZICIJA 100-400	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO:
STUDENT: Antun Stepić, 606	DATUM: lipanj 2017.

ARMATURA PLOČE-DONJA ZONA-POZICIJA 500
M 1:100

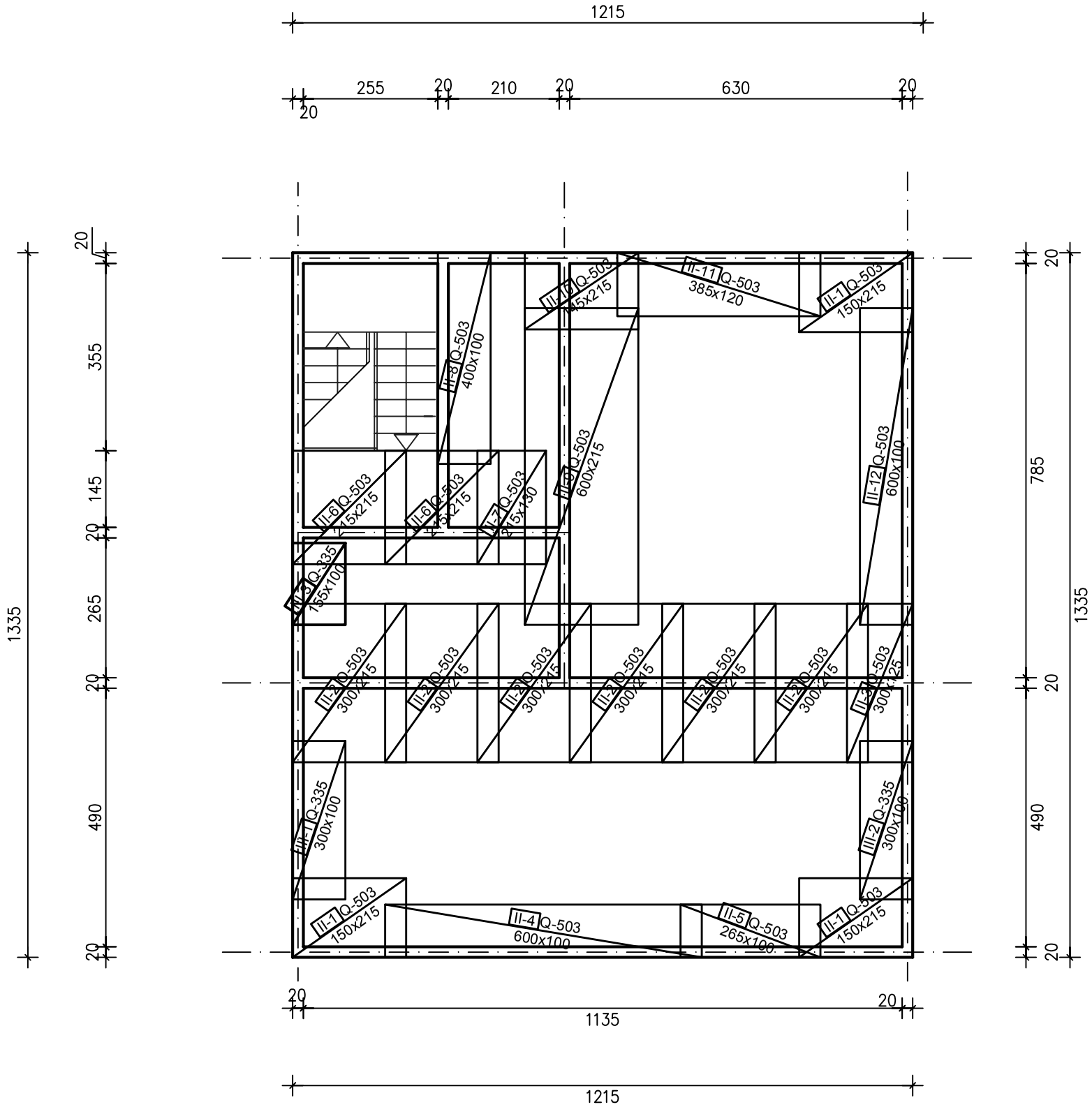


Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]	Napomena
1	100 / 15 / 100	10	2.15	304	653.6	
2	150	10	1.50	155	232.5	

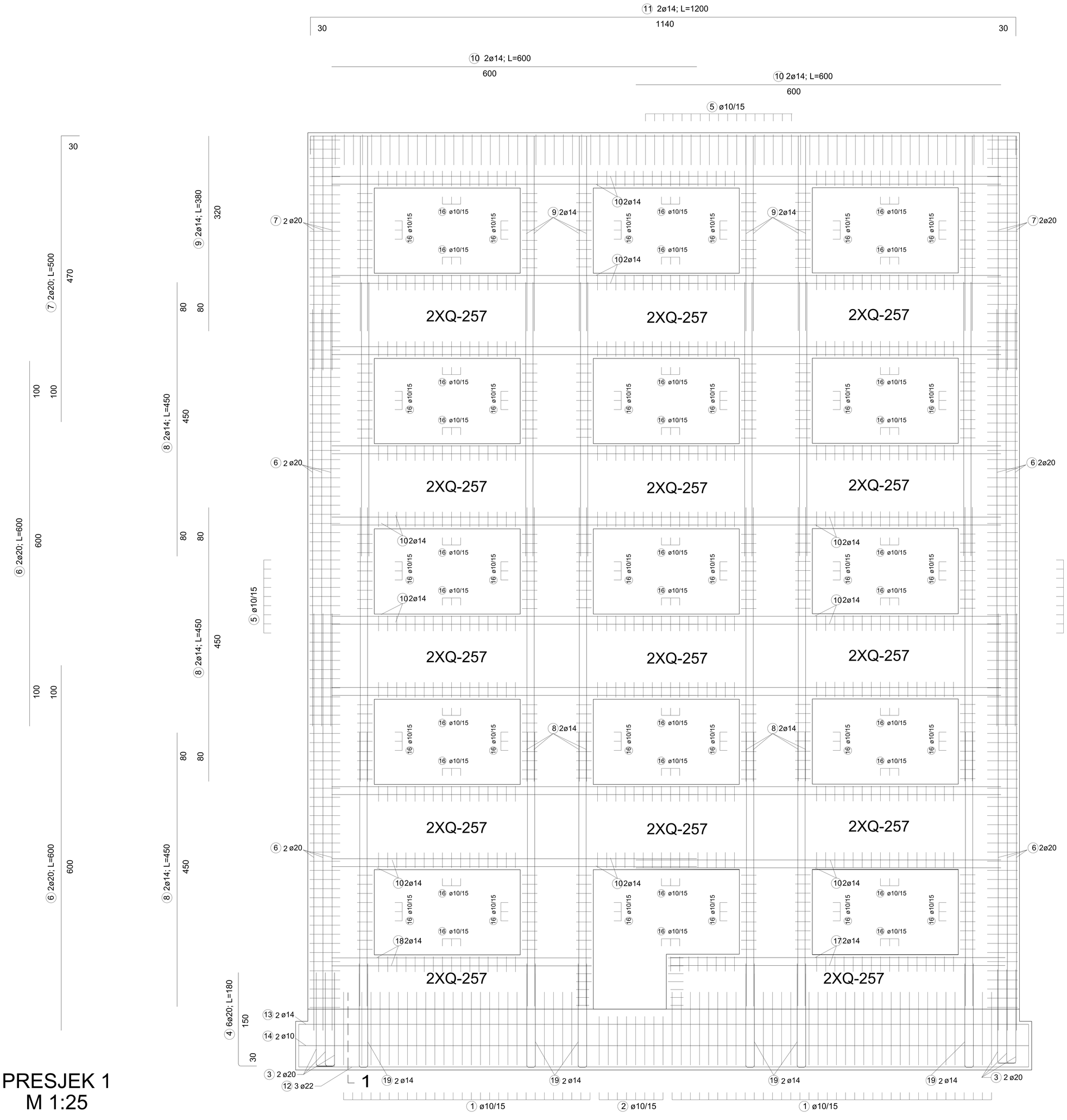
Šipke - rekapitulacija			
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
10	886.1	0.65	575.96
Ukupno			575.96

PREDMET: Diplomski rad		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3140483; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove		
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije		
SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE-DONJA ZONA-POZICIJA 500		
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100	
	DATUM: lipanj 2017.	
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 11.4	

ARMATURA PLOČE-GORNJA ZONA-POZICIJA 500
M 1:100

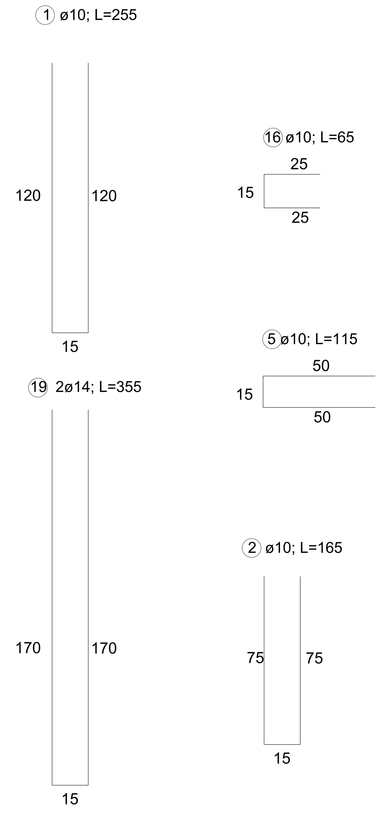


PREDMET: Diplomski rad	SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149483; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117
KATEDRA: Katedra za betonske konstrukcije i mostove	
VRSTA PROJEKTA: Projekt konstrukcije	
SADRŽAJ: ARMATURA PLOČE-GORNJA ZONA-POZICIJA 500	
MENTOR: Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO: 1:100
	DATUM: lipanj 2017.
STUDENT: Antun Stepić, 606	BROJ PRILOGA: 11.5



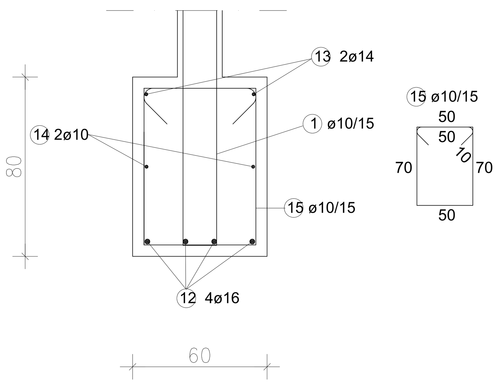
Distanceri- 4ø6/m2

Q-257
Q-196 -Preklop≥ 40cm



ARMATURNI NACRT ZIDA Z3 S TEMELJNOM STOPOM M 1:50

PRESJEK 1 M 1:25



PREDMET:	Diplomski rad		
KATEDRA:	Katedra za betonske konstrukcije i mostove		
VRSTA PROJEKTA:	Projekt konstrukcije		
		SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15 MB 3149463; tel: + 385 (0)21 303333; fax: + 385 (0)21 465117	
SADRŽAJ:	ARMATURNI NACRT ZIDA Z3 S TEMELJNOM STOPOM		
MENTOR:	Prof.dr.sc. Domagoj Matešan	MJERILO:	1:50
		DATUM:	lipanj 2017.
STUDENT:	Antun Stepić,606	BROJ PRILOGA:	11.6