Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i s aseizmičkim slojem ispod temelja od prirodnih oblutaka

Markežić, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:941433

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

Domagoj Markežić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Domagoj Markežić

Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i s aseizmičkim slojem ispod temelja od prirodnih oblutaka

Diplomski rad

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	Domagoj Markežić
BROJ INDEKSA:	645
KATEDRA:	**Katedra za betonske konstrukcije i mostove**
PREDMET:	Betonske konstrukcije II

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i s aseizmičkim slojem ispod temelja od prirodnih oblutaka

Opis zadatka: Potrebno je izraditi projekt konstrukcije osmoetažne stambene zgrade. Zgrada ima okvirni nosivi sustav. Tlocrtne dimenzije zgrade su 28x70 m.

Zgrada se nalazi u IX. potresnoj zoni s računskim ubrzanjem tla a_g=0.335 m/s^2 i opterećenjem vjetra $v_{ref,o}$=30.0 m/s. Temeljno tlo je tipa A, s računskom graničnom nosivosti σ_{rd}=1 MPa.

Projekt obuhvaća dvije varijante:

a) Klasičan pristup, u kojem se konstrukcija računa na seizmičke sile koje se s tla prirodno prenose na temelje.

b) Suvremeni pristup, u kojem se smanjuju potresne sile na konstrukciju pomoću aseizmičkog sloja od prirodnh oblutaka ispod temelja.

Usporediti varijante rješenja konstrukcije zgrade s ekonomskog aspekta.

U Splitu, 21. rujna, 2018.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Jure Radnić

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Juri Radniću na uloženom trudu i na korisnim savjetima za izradu ovog diplomskog rada.

Hvala i doc. dr. sc. Nikoli Grgiću na pomoći tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se i mojoj obitelji na podršci i strpljenju tijekom studiranja.

Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i s aseizmičkim slojem ispod temelja od prirodnih oblutaka

Sažetak:

U ovom diplomskom radu prikazana je usporedba projektnih rješenja osmoetažne stambene zgrade klasične gradnje i zgrade s aseizmičkim slojem. Kod klasične građevine sile s konstrukcije se prenose na temelje te zatim na tlo, dok se kod građevine sa seizmičkom izolacijom sile prenose s temelja na aseizmički sloj te zatim na tlo.

Seizmička izolacija prirodnim materijalom omogućuje disipaciju potresne energije čime se smanjuju rezne sile unutar konstrukcije. Seizmička izolacija mijenja dinamičke karakteristike konstrukcije. Modeliranje konstrukcije je izvršeno u računalnom programu SCIA Engineer 18.0. Svi nosivi elementi konstrukcije su proračunati prema važećim propisima Eurocodea i nacionalnih dodataka. Za oba projektna rješenja izvršeno je dimenzioniranje svih nosivih elemenata. Ovim radom obuhvaćeni su inženjerski, sigurnosni, uporabni i ekonomski učinci primjene baznih izolacija. Naposljetku su izrađeni armaturni planovi, iskaz količine materijala i troškovnik.

Ključne riječi:

Betonska okvirna konstrukcija, bazna izolacija, aseizmički sloj

Design of the classically built eighth stories residential concrete frame structure building and base isolated building

Abstract:

This thesis shows the comparison of design solutions of a classically built eighth stories residential building and building with aseismic layer. Classical structure transfers the forces from the structure to the foundations and then to soil, while in case of base isolated structure the forces are being transfered from the foundations to aseismic layer beneath.

Base isolation by natural materials enables the dissipation of seismic energy which decreases the forces of the structure. Base isolation changes dynamic characteristics of the structure. Structure modelling has been made in structural analysis software SCIA Engineer 18.0. All of the structural elements were designed according to the valid regulations of Eurocode and national annexes. Deisgn of all structural elements has been carried out for both solutions. This thesis covers the engineering, safety, serviceability and economic impacts of base isolation. Finally reinforcing details with the amount of needed materials and cost estimate have been made.

Keywords:

Concrete frame construction, base isolation, aseismic layer

SADRŽAJ

1 TEHNIČKI OPIS 1
1.1 OPĆENITO O KONSTRUKCIJI I ASEIZMIČKOM SLOJU 1
1.2 LOKACIJA - OPĆE KARAKTERISTIKE 2
1.3 PLANIRANI ZAHVAT 2
1.4 NAMJENA I DIMENZIJE OBJEKTA 3
1.5 NOSIVA KONSTRUKCIJA 4
1.5.1 Betonske ploče 4
1.5.2 Betonske grede 4
1.5.3 Betonski stupovi 4
1.5.4 Gradiva 4
1.5.5 Beton 5
2 ANALIZA OPTEREĆENJA KLASIČNE KONSTRUKCIJE 6
2.1 OPTEREĆENJA KROVNE PLOČE 6
2.1.1 Stalno opterećenje krovne ploče 6
2.1.2 Korisno opterećenje krovne ploče 7
2.2 OPTEREĆENJA MEĐUKATNE KONSTRUKCIJE 8
2.2.1 Stalno opterećenje međukatne konstrukcije 8
2.2.2 Korisno opterećenje međukatne ploče 8
2.3 OPTEREĆENJE SNIJEGOM 9
2.4 OPTEREĆENJE VJETROM 10
2.4.1 Djelovanje vjetra na konstrukciju 11
2.5 OPTEREĆENJE POTRESOM 13
2.5.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije 13
2.5.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije 16
2.5.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda 18
3 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA 19
4 PRIKAZI OPTEREĆENJA I REZULTATI PRORAČUNA 20
4.1 OPTEREĆENJA PLOČA 20
5 DIMENZIONIRANJE 23
5.1 DIMENZIONIRANJE PLOČE NA MOMENT SAVIJANJA 23
5.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija 23
5.1.2 Ploča – krovna konstrukcija 25
5.2 DIMENZIONIRANJE GREDE U UZDUŽNOM SMJERU (X SMJERU) 27
5.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101 27
5.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu 29
5.3 DIMENZIONIRANJE GREDE U POPREČNOM SMJERU (Y SMJERU) 34

5.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102 ... 34
5.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu ... 36
5.4 DIMENZIONIRANJE STUPOVA ... 41
5.4.1 Rezne sile ... 41
5.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu ... 44
5.4.3 Dimenzioniranje stupova ... 45
6 PRORAČUN TEMELJA SAMCA ... 47
6.1 DIMENZIONIRANJE TEMELJA ... 47
6.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca ... 48
6.2 KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TLO - TEMELJ ... 49
6.3 PRORAČUN ARMATURE TEMELJA ... 50
7 TROŠKOVNIK KLASIČNE KONSTRUKCIJE ... 52
8 ANALIZA OPTEREĆENJA KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM ... 53
8.1 OPTEREĆENJE POTRESOM ... 53
8.1.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije ... 54
8.1.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije ... 56
8.1.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda ... 58
9 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA ... 59
10 DIMENZIONIRANJE ... 60
10.1 DIMENZIONIRANJE PLOČE NA MOMENT SAVIJANJA ... 60
10.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija ... 60
10.1.2 Ploča – krovna konstrukcija ... 62
10.2 DIMENZIONIRANJE GREDE U UZDUŽNOM SMJERU (X SMJERU) ... 64
10.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101 ... 64
10.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu ... 66
10.3 DIMENZIONIRANJE GREDE U POPREČNOM SMJERU (Y SMJERU) ... 71
10.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102 ... 71
10.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu ... 73
10.4 DIMENZIONIRANJE STUPOVA ... 78
10.4.1 Rezne sile ... 78
10.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu ... 81
10.4.3 Dimenzioniranje stupova ... 82
11 PRORAČUN TEMELJA SAMCA ISPOD STUPA ... 84
11.1 DIMENZIONIRANJE TEMELJA ... 84
11.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca ... 85

11.2 KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TLO - TEMELJ 86
11.3 PRORAČUN ARMATURE TEMELJA 87
12 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM 89
13 ZAKLJUČAK 90
14 LITERATURA 91
15 GRAFIČKI PRILOZI 92

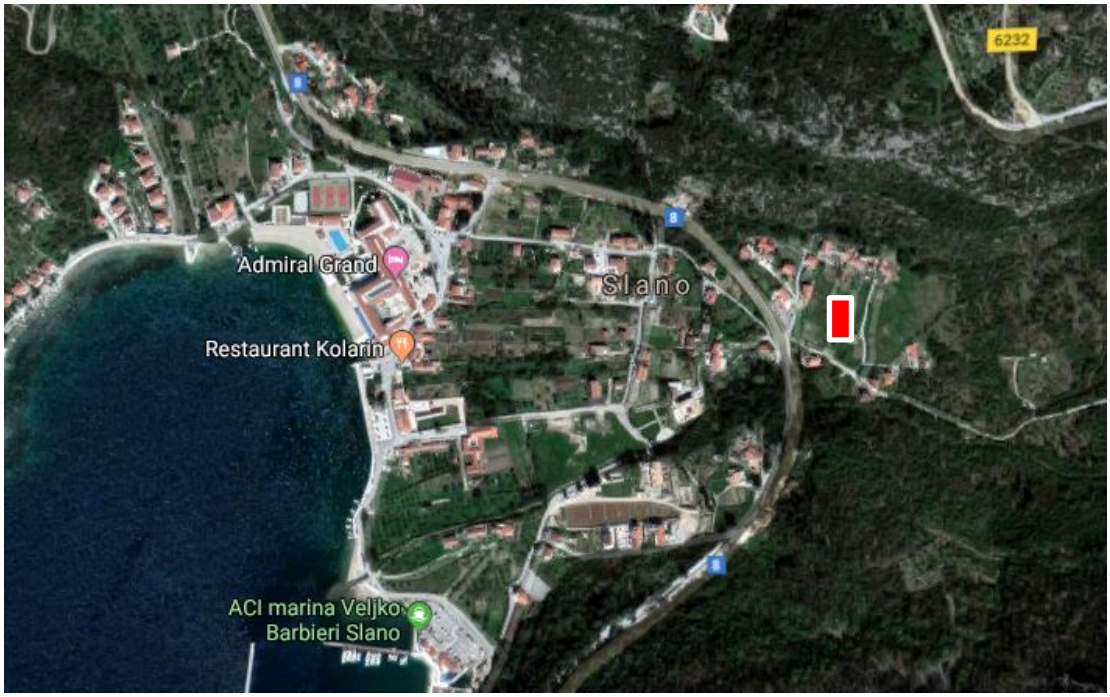
1 TEHNIČKI OPIS

1.1 Općenito o konstrukciji i aseizmičkom sloju

Tema ovog diplomskog rada je usporedba projekta klasične osmoetažne zgrade s okvirnom konstrukcijom te konstrukcijom s aseizmičkim slojem prirodnog materijala ispod temelja.
Najveće sile uslijed potresa se javljaju kod krućih konstrukcija s periodom od 0.1 do 1 sekundu, ovisno o potresu, tlu i drugim parametrima.
Cilj aseizmičkog sloja je povećati period krutih konstrukcija te tako smanjiti sile od potresnog djelovanja. Navedenim se osigurava elastično ponašanje konstrukcije kao i smanjenje oštećenja.
Energiju potresa potrebno je apsorbirati te disipirati što se kod klasične konstrukcije događa otvaranjem pukotina, razaranjem betona te radom armature. Danas postoji pristup koji omogućava apsorbiranje te trošenje energije pomoću sekundarnih elemenata konstrukcije (seizmička izolacija) uz manja oštećenja same konstrukcije.
Izolacija koja je promatrana u ovom diplomskom radu je sloj prirodnih oblutaka ispod temelja okvirne konstrukcije.
Cilj usporedbe varijanti je istražiti konstruktivnu, sigurnosnu i ekonomsku komponentu primjene navedene izolacije.
Konstrukcija se sastoji od plošnih i štapnih nosivih elemenata. Proračun je izveden prema EC i nacionalnim normama.

1.2 Lokacija - opće karakteristike

Objekta se nalazi u južnom dijelu Hrvatske, u naselju Slano, kako je prikazano na sljedećoj slici 1.1.



Slika 1.1 Satelitska snimka lokacije konstrukcije

Lokacija objekta s aseizmičkom slojem šljunka može se primijeniti i na drugim područjima slične potresne aktivnosti.

1.3 Planirani zahvat

Cilj ovog projekta je promijeniti karakteristike i ponašanje klasične konstrukcije tijekom potresa u vidu smanjenja potresnih sila. To se dobiva povećanjem perioda krute konstrukcije. Osnovna ideja bazne izolacije je kako disipirati potresnu energiju aseizmičkim materijalom ispod temelja. U ovom slučaju materijal aseizmičkog sloja je prirodni oblutak. Sloj je debljine 80 cm ispod kojeg je čvrsto tlo tj. stijena. Osim smanjenja sila mijenja se i samo kretanje konstrukcije u potresu. Kod konstrukcije s baznom izolacijom veći dio pomaka od potresa se događa u temeljima te je smanjen međukatni pomak što dovodi i do manje neugodnih osjećaja kod korisnika same građevine.

1.4 Namjena i dimenzije objekta

Namjena građevine je stambena. Objekt broji 8 etaža. Ukupna površina iznosi 15680 m^2, površina prizemne etaže iznosi 1960 m^2 . Svaka stambena etaža je površine 672m^2. U nastavku je izrađen projekt klasične AB konstrukcije i konstrukcije s aseizmičkim slojem šljunka. Sile se prenose isključivo preko AB stupova na temelje te u tlo.
Nosivi elementi se projektiraju u skladu s važećim propisima i pravilima struke. Tlocrtne dimenzije promatrane konstrukcije su 28 x 70 m i pravokutnog je oblika.
Nosiva betonska konstrukcija se sastoji od stupova, greda, ploča i temelja koji tvore okvirnu konstrukciju. Prema geotehničkom projektu, objekt se temelji na kvalitetnom tlu A kategorije (stijena). Objekt se nalazi u potresnoj zoni s horizontalnim potresnim ubrzanjem od 0.335g za T_p = 475 godina, dok je potresno ubrzanje 0.179g za T_p = 95 godina .

Objekt se nalazi na lokaciji koja spada u II. vjetrovnu zonu s referentnom brzinom $v_{ref,o}$=30 m/s.

Sva rješenja i proračuni napravljeni su sukladno važećim propisima i pravilima struke. Promatrani projekt osigurava dostatno pouzdan, siguran, funkcionalan i trajan objekt. Proračunati su svi elementi objekta te prikazana i skica glavne armature. Detaljni armaturni planovi su prikazani u prilozima.

1.5 Nosiva konstrukcija

1.5.1 Betonske ploče

Predviđene AB ploče monolitne gradnje.

Debljina međukatnih AB ploča te ploča krova iznosi 18 cm

AB ploče su izvedene betonom klase C 35/45 ($\varnothing_{agr} \leq 32$ mm), te armaturom B 500B u obliku mreža i šipki. Zaštitni slojevi betona ploče do armature iznose 3.0 cm.

1.5.2 Betonske grede

Betonske AB ploče se oslanjaju na stupove i grede. Ispod AB ploča nalaze se grede dimenzija 70x30cm na prva četiri kata, 60x30 cm na sljedeća dva kata te 50x30 cm na zadnjem katu i na krovu. Sve grede su pravokutne, odnosno T-poprečnog presjeka kada uzmemo u obzir utjecaj AB ploče.

Grede se oslanjaju na AB stupove, što zajedno čini okvirni sustav konstrukcije.

Sve greda izvedene su betonom klase C 35/45 ($\varnothing_{agr} \leq 32$ mm), te armaturom B 500B u obliku šipki. Zaštitni slojevi betona do armature iznose 5.0 cm.

1.5.3 Betonski stupovi

Projektom su predviđeni AB stupovi pravokutnog poprečnog presjeka. Pravokutni presjek stupa je promjenjiv visinski. Presjek stupa se mijenja svako dvije etaže počevši od 70x70, 60x60, 50x50 te zadnje dvije etaže 40x40 cm.

Ukupno konstrukciju čini 55 stupova visine 28.8 m. Stupovi su izvedeni betonom klase C 35/45, $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm, te armaturom B 500B u obliku šipki. Zaštitni slojevi betona stupa do armature iznose 5.0 cm. Proračun stupova je napravljen za svaku etažu te prikazan tablično. Armaturni plan stupova je prikazan u prilogu.

1.5.4 Gradiva

Sva potrebna gradiva za građevinu, te njihovi sastojci, trebaju udovoljiti uvjetima važećih propisa, normi i pravila struke.

1.5.5 Beton

Projekt korištenog betona za sve dijelove konstrukcije treba napraviti Izvoditelj i dati na suglasnost Projektantu.

Treba precizno definirati:

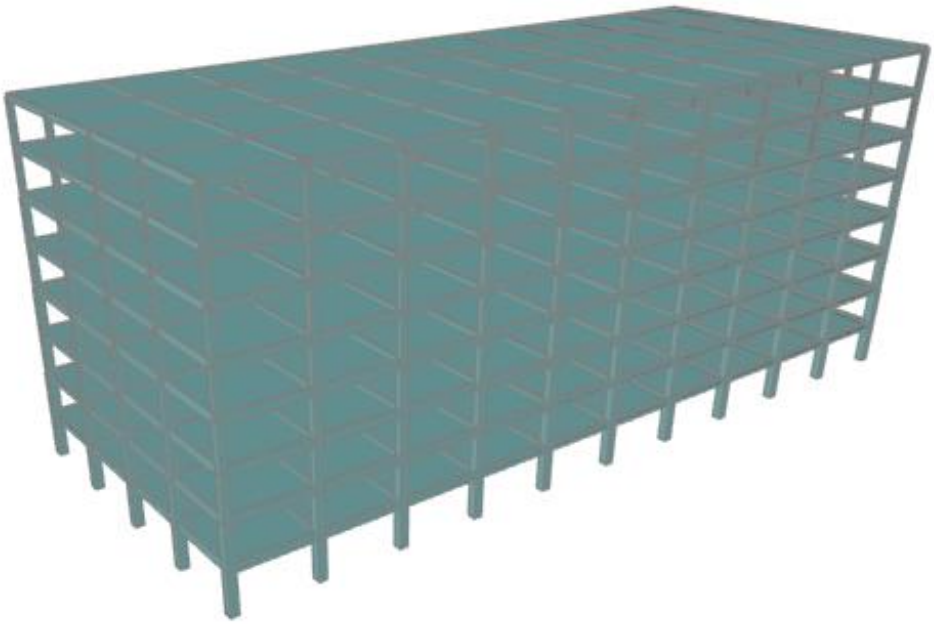
- fizikalno-mehanička svojstva betona
- sastav betona
- vodocementni faktor betona
- dodatke (superplastifikatore, ubrzivače i sl.)
- način proizvodnje, transporta i ugradnje betona
- način zbijanja betona
- njegu betona
- obradu spojnica (nastavaka betoniranja)
- posebne zahtjeve

Rubovi elemenata trebaju biti precizno izvedeni i ravni. Posebno voditi računa o vanjskim plohama betona. Sve plohe građevine trebaju biti ravne, glatke i ujednačene. Nije dopuštena segregacije u betonu.

Posebno se treba brinuti o adekvatnoj njezi betona prvih dva - tri dana da se ne pojave pukotine od skupljanja. Za sve podbetone koristi se beton C 16/20. Za betone klase ≥ C 30/37 koristiti superplastifikator.

Za sve elemente (stupove, grede, ploče) predviđen je beton C 35/45, $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm.

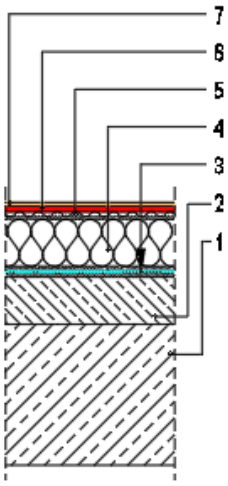
2 ANALIZA OPTEREĆENJA KLASIČNE KONSTRUKCIJE



Slika 2.1 Prikaz računalnog modela konstrukcije

2.1 Opterećenja krovne ploče

2.1.1 Stalno opterećenje krovne ploče



SikaRoof MTC lijepljeni sustav

1. AB ploča,	18.0 cm
2. Beton za pad,	5.0 cm
3. SarnaVap 5000E SA, samoljepljiva parna brana,	0.6 cm
4. Toplinska izolacija Simapor EPS 150,	5.0 cm
5. Sikalastic Carrier nosači,	0.8 cm
6. Sikalastic Reemat,	0.6 cm
7. Sikalastic-621 TC ,	0.4 cm

Slika 2.2 Prikaz slojeva neprohodnog krova i debljine slojeva

Tablica 2.1 Opterećenja slojeva krovne ploče

	g (kN/m^3)
Sikalastic-621	0.16
Sikalastic Reemat	0.02
Sikalastic Carrier	0.02
Toplinska izolacija Simapor	0.25
Parna brana SarnaVap 5000E SA	0.05
Beton za pad	1.00
AB. ploča	4.50

Ukupno stalno opterećenje: g = 6.0 (kN/m^2)

Vlastita težina armirano-betonske ploče izračunata je preko parametara materijala te dimenzija kroz paket SCIA Engineer 18.0. Težina preostalih slojeva Sika poda uzeta je u obzir kao dodatno stalno opterećenje iznosa 1.50 kN/m^2.

2.1.2 Korisno opterećenje krovne ploče

Korisno opterećenje uzeto je prema HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012, tablica 2.2.

Ovisno o nagibu krova korisno opterećenje na krovnoj ploči iznosa je 0.60 kN/m^2.

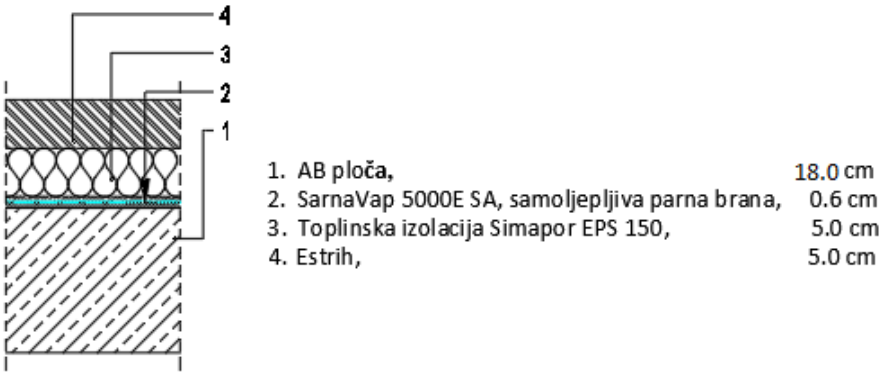
Tablica 2.2 Uporabna opterećenja krova

Krov		q_k [a] [kN/m^2]	Q_k [kN]
Kategorija H	nagib krova ≤ 20°	0,6	1,0
	nagib krova ≥ 40°	0,0	1,0

[a] Za nagibe između 20° i 40° vrijednost q_k može se odrediti linearnom interpolacijom.
NAPOMENA 1: Opterećenje q_k djeluje na ploštini A koja predstavlja cijelu ploštinu krova
NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenja djeluju vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.

2.2 Opterećenja međukatne konstrukcije

2.2.1 Stalno opterećenje međukatne konstrukcije



Slika 2.3 Prikaz slojeva međukatne konstrukcije

Tablica 2.3 Opterećenja slojeva međukatne konstrukcije

	g (kN/m^3)
Estrih	1.20
Toplinska izolacija Simapor	0.25
Parna brana SarnaVap 5000E SA	0.05
AB. ploča	4.50

Ukupno stalno opterećenje: g = 6.0 (kN/m^2)

Vlastita težina armirano-betonske ploče izračunata je preko parametara materijala te dimenzija kroz paket SCIA Engineer 18.0. Težina preostalih slojeva Sika poda uzeta je u obzir kao dodatno stalno opterećenje iznosa 1.50 kN/m^2.

2.2.2 Korisno opterećenje međukatne ploče

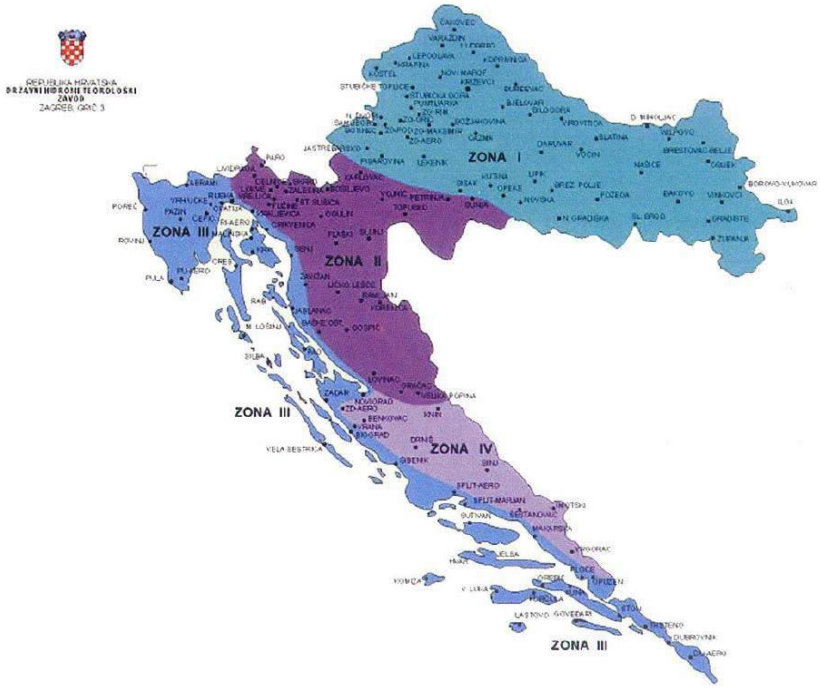
Korisno opterećenje uzima se prema HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012.

Korisno opterećenje iznosi q=3.0 kN/m^2.

2.3 Opterećenje snijegom

Opterećenje snijegom je određeno: HRN EN 1991-1-3:2012, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-3: Opća djelovanja – Opterećenja snijegom, te HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2012: Nacionalnom dodatku za primjenu u Republici Hrvatskoj.

Za lokaciju građevine u Slanom i pripadajuću nadmorsku visinu 35 m n.m., određen je iznos karakterističnog opterećenja s_k = 0.45 (kN/m^2).



Slika 2.4 Karta karakterističnog opterećenja snijegom

Tablica 2.4 Karakteristična opt. snijegom (s_k)

Nadmorska visina [m]	s_k [kN/m^2]			
	I	II	III	IV
100	1,10	1,10	0,45	0,35
200	1,30	1,40	0,80	0,50
300	1,55	1,75	1,20	0,70

Opterećenje snijegom na krovu:

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

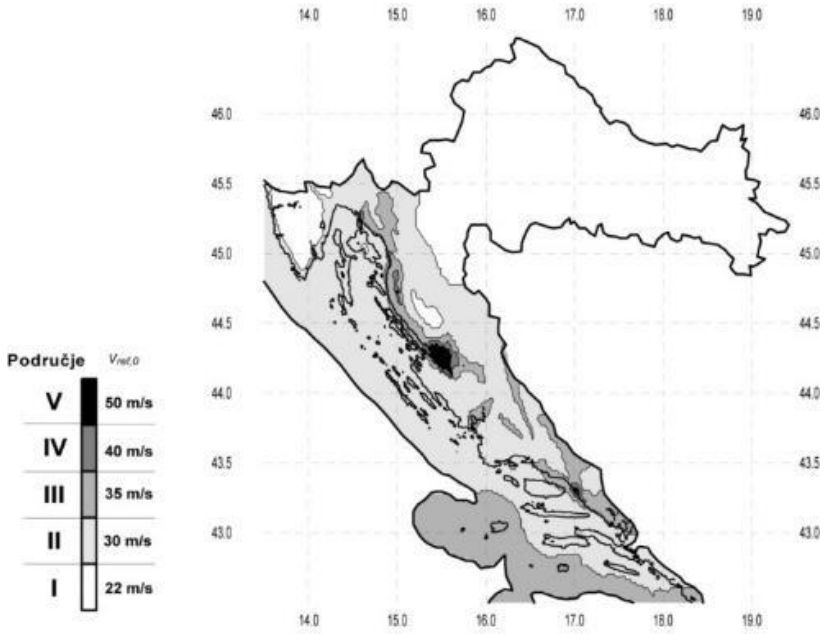
Tablica 2.5 Koeficijent oblika krova

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

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.80 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.45 = 0.36 \ kN/m^2$$

2.4 Opterećenje vjetrom

Opterećenje vjetrom je određeno: HRN EN 1991-1-4:2012, Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije – Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra, te HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012: Nacionalnom dodatku za primjenu u Republici Hrvatskoj.



Slika 2.5 Prikaz opterećenja vjetrom

$v_{ref,o}$ - osnovna referentna brzina

Objekt se nalazi u Slanom, II. zoni opterećenja vjetrom: $v_{ref,o}$=30 m/s.

Iznos osnovnih referentnih brzina vjetra korigiramo koeficijentima:

$$C_{dir} = 1.0$$
$$C_{tem} = 1.0$$
$$C_{alt} = 1.0 + 0.0001 \cdot a_s$$

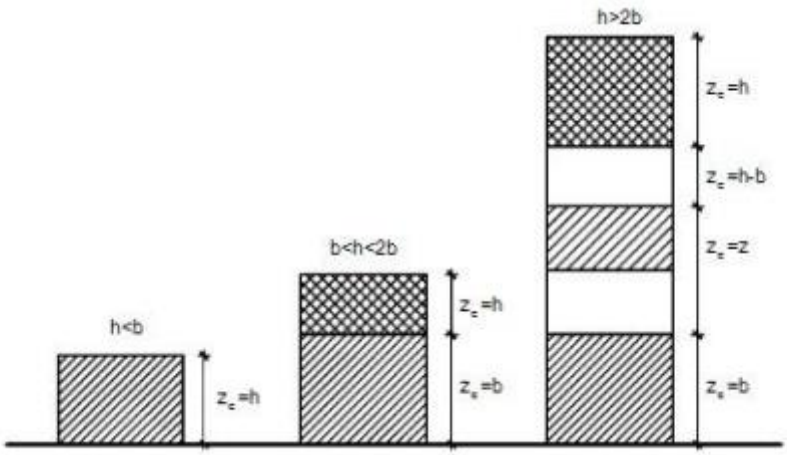
$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.012 \cdot 30 = 30.36 \text{ m/s}$$

$C_{ALT} = 1 + 0.0001\ a_s$, gdje je a_s = nadmorska visina građevine (m). Objekt se nalazi na visini 35 m n.m.

$C_{ALT} = 1 + 0.0001 \cdot 35 = 1.0035$

2.4.1 Djelovanje vjetra na konstrukciju

Mjerodavna visina objekta je $z_c = h$.



Slika 2.6 Referentna visina ovisno o h i b

Srednju brzinu vjetra dobijemo iz izraza:

$$v_m(z) = v_b \cdot c_r(z) \cdot c_0(z)$$

$$c_r(z) = \left[k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0} \right) \right]$$

$$c_r(z) = \left[0.215 \times \ln\left(\frac{28.8}{0.3} \right) \right] = 0.981$$

$c_0(z)$ - koeficijent topografije iznosi 1.0

Tablica 2.6 Kategorije terena

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

$$v_m(z) = v_{ref} \cdot c_r(z) \cdot c_0(z) = 30.36 \cdot 0.981 \cdot 1.0 = 29.78\, m/s$$

Turbulencija vjetra iznosi:

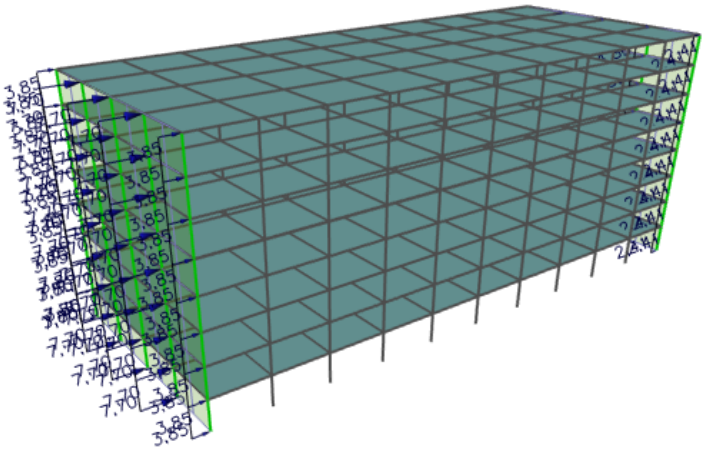
$$l_v(z) = \frac{1.0}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \times \ln\left(\frac{28.80}{0.3}\right)} = 0.219$$

Maksimalni tlak brzine vjetra:

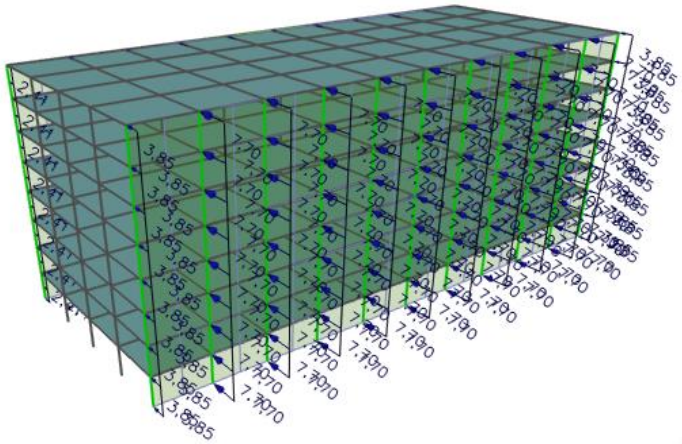
$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot l_v(z)\right] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m(z)^2 = \left[1 + 7 \cdot 0.219\right] \cdot \frac{1.23}{2} \cdot 29.78^2 = 1.38 kN/m^2$$

$$w_{1,e} = 0.8 \cdot q_p(z) = 0.8 \cdot 1.38 = 1.1 kN/m^2$$

$$w_{2,e} = 0.5 \cdot q_p(z) = 0.5 \cdot 1.38 = 0.69 kN/m^2$$



Slika 2.7 Prikaz raspodjele opterećenja vjetrom X smjer



Slika 2.8 Prikaz raspodjele opterećenja vjetrom Y smjer

2.5 Opterećenje potresom

Opterećenje potresom je određeno: HRN EN 1998-1:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – Dio 1: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, te HRN EN 1998-1:2011/NA:2011: Nacionalnom dodatku za primjenu u Republici Hrvatskoj. Za lokaciju objekta u naselju Slano prikazan je iznos horizontalnih vršnih ubrzanja temeljnog tla tipa A (a_{gR}) za povratno razdoblje od 95 i 475 godina.

Slika 2.9 Prikaz promatranog dijela karte potresnih područja Republike Hrvatske

2.5.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije

$q = q_0 \cdot k_w \geq 1{,}5$, q_0 – osnovni faktor ponašanja

k_w – faktor prevladavajućeg sloma

Klasa duktilnosti: DCM

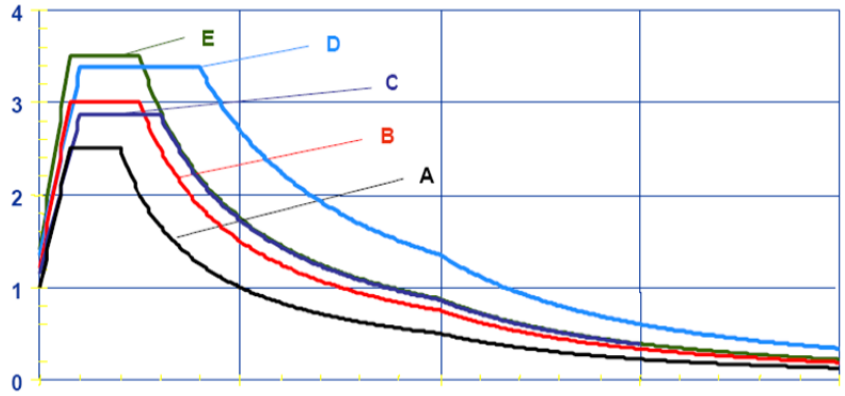
Vrsta konstrukcije: okvirni sustav, $q_0 = 3{,}0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

Za okvirni sustav više katova i s više polja: $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.3$

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 3.0 \cdot 1.3 = 3.9$$

Tablica 2.7 Osnovni faktor ponašanja za različite tipove konstrukcija

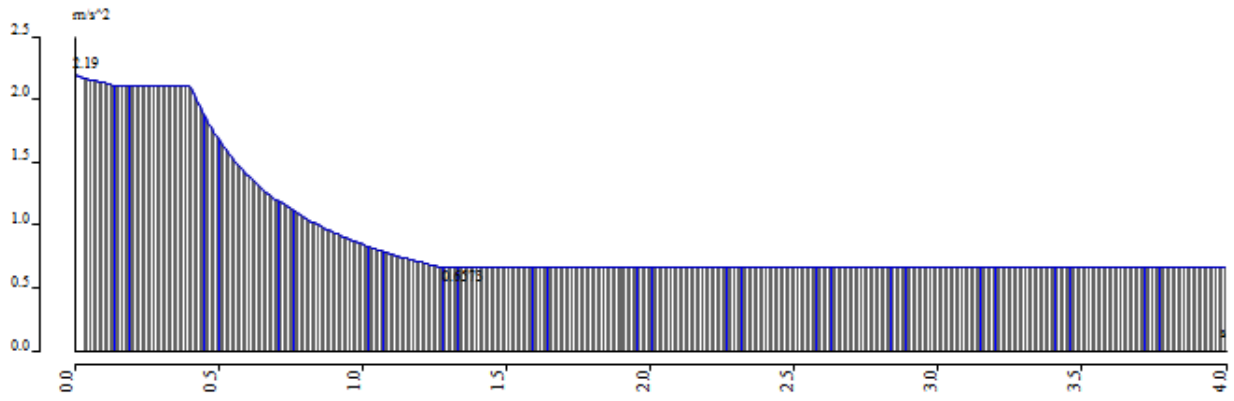
Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0



Slika 2.10 Elastični spektar odgovora, Tip 1, područje visoke seizmičnosti M > 5.5

coeff accel. ag	0,335
ag - design acceleration [m/s^2]	3,286
q - behaviour factor	3,900
beta	0,200
S, Tb, Tc, Td manually?	Yes
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,000
Tb	0,150
Tc	0,400
Td	2,000
Note	NA not supported

Slika 2.11 Prikaz parametara za seizmičku analizu



Slika 2.12 Prikaz spektra odziva

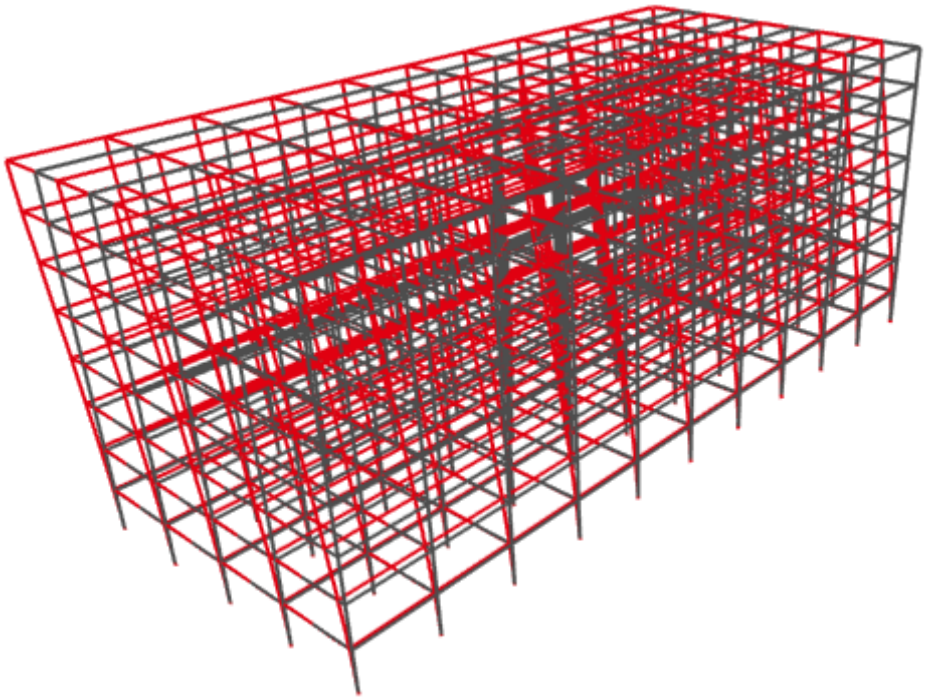
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 2.8 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

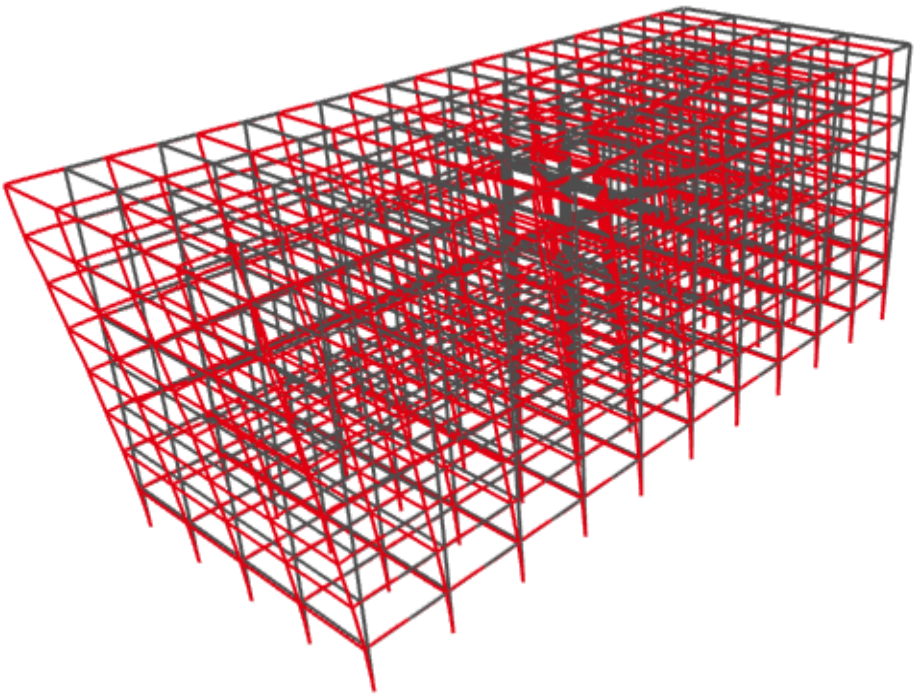
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	4.7851	1.3131	0.7616	0.0000	0.7165	0.0000	0.1377	0.0000	0.0000
2	4.9730	1.2635	0.7915	0.7168	0.0000	0.0000	0.0000	0.0386	0.0000
3	5.2392	1.1993	0.8338	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7142
4	12.1596	0.5167	1.9353	0.0000	0.1359	0.0000	0.1570	0.0000	0.0000
5	12.5134	0.5021	1.9916	0.1363	0.0000	0.0000	0.0000	0.0438	0.0000
6	13.2432	0.4744	2.1077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1362
7	20.9382	0.3001	3.3324	0.0000	0.0527	0.0000	0.0587	0.0000	0.0000
8	21.4604	0.2928	3.4155	0.0529	0.0000	0.0000	0.0000	0.0169	0.0000
9	22.7906	0.2757	3.6272	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0529
10	30.7565	0.2043	4.8951	0.0000	0.0226	0.0000	0.0337	0.0000	0.0000
				0.9060	0.9277	0.0000	0.3871	0.0993	0.9034

Ukupna aktivirana masa konstrukcije u X smjeru iznosi 90.6 % dok u Y smjeru iznosi 92.77 %. Kao što vidimo u tablici 2.8 zadovoljen je uvjet aktivacije preko 90 % ukupne mase konstrukcije.

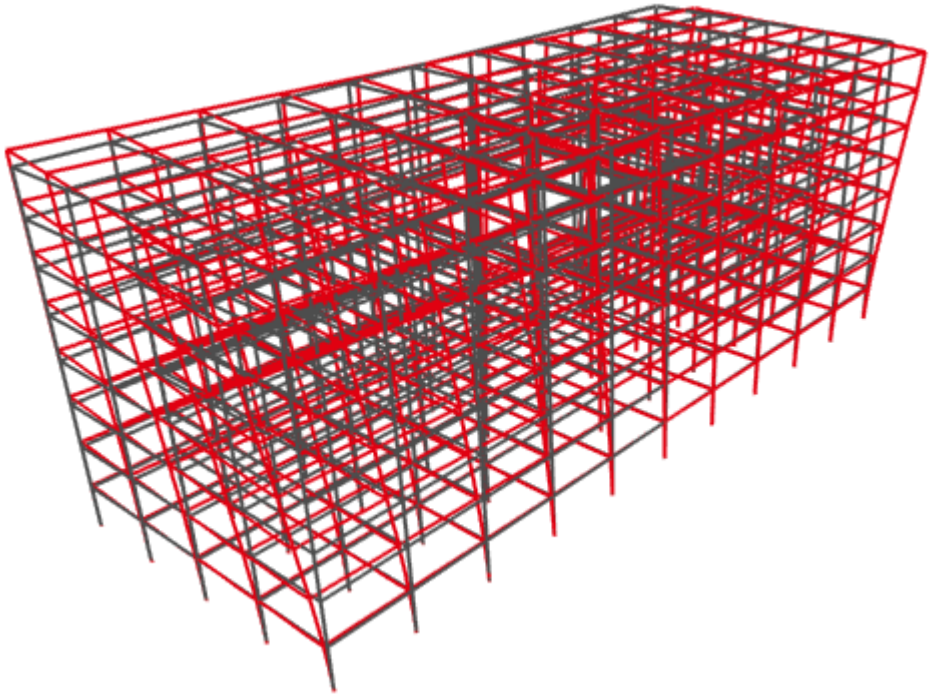
2.5.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 2.13 Prikaz prvog moda konstrukcije

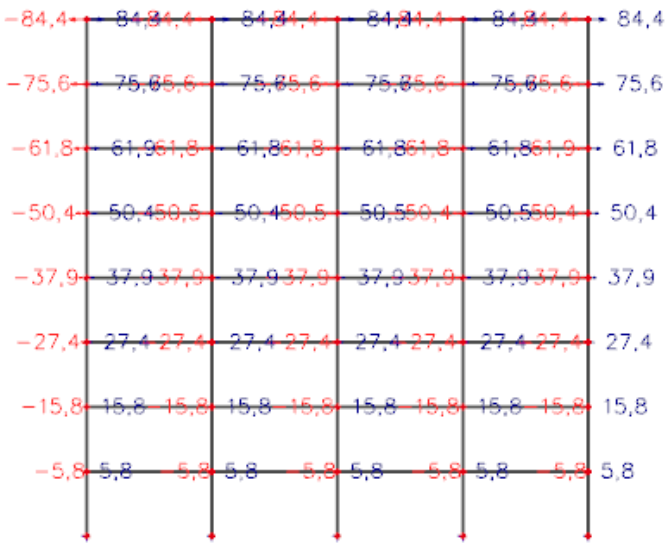


Slika 2.14 Prikaz drugog moda konstrukcije



Slika 2.15 Prikaz trećeg moda konstrukcije

2.5.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda



Slika 2.16 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru Y od seizmičke kombinacije K4

Efekti drugog reda se ne uzimaju u obzir ako vrijedi:

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0.10$$

Θ – koeficijent osjetljivosti na međukatni pomak

P_{tot} – ukupno gravitacijsko opterećenje u potresnoj kombinaciji

d_r – međukatni pomak (mm)

V_{tot} – ukupna poprečna sila kata u potresnoj kombinaciji

h – visina kata

ν=0.5

Tablica 2.9 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda

kat	de	der	dr	dr*v	Ptot	Vtot	h	Θ	Zadovoljen uvjet dr*v<0.005*h
8	84.4	-	-	-	-	-	-	-	
7	75.6	8.8	8.8	4.4	14401	6075	3600	0.005795	
6	61.9	13.7	13.7	6.85	29191	9562	3600	0.011618	
5	50.4	11.5	11.5	5.75	44684	11579	3600	0.012328	
4	37.9	12.5	12.5	6.25	60395	13498	3600	0.015536	Da
3	27.4	10.5	10.5	5.25	76850	15178	3600	0.014768	
2	15.8	11.6	11.6	5.8	93587	17044	3600	0.017693	
1	5.8	10	10	5	110632	18780	3600	0.016364	
0	0	5.8	5.8	2.9	127992	19655	3600	0.010491	

3 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

Kombinacije opterećenja konstrukcije su određene: HRN EN 1992-1-1:2004, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade.

Kombinacije opterećenja modela:

$$K_1 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q$$

$$K_2 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot S$$

$$K_3 = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g \ + 0.3 \cdot q + 1.0 \cdot P_x + 0.3 \cdot P_y$$

$$K_4 = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g \ + 0.3 \cdot q + 0.3 \cdot P_x + 1.0 \cdot P_y$$

$$K_5 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$$

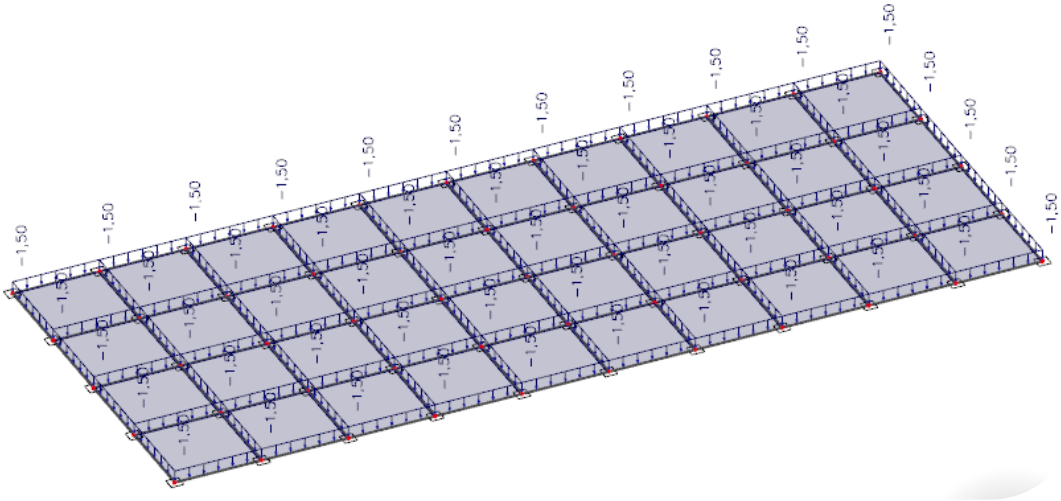
$$K_6 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$$

4 PRIKAZI OPTEREĆENJA I REZULTATI PRORAČUNA

Proračuni su provedeni sukladno svim važećim normama. Za proračun su korišteni računski modeli na bazi metode konačnih elemenata. Proračun reznih sila je napravljen prema teoriji elastičnosti, a dimenzioniranja prema krajnjim graničnim stanjima.

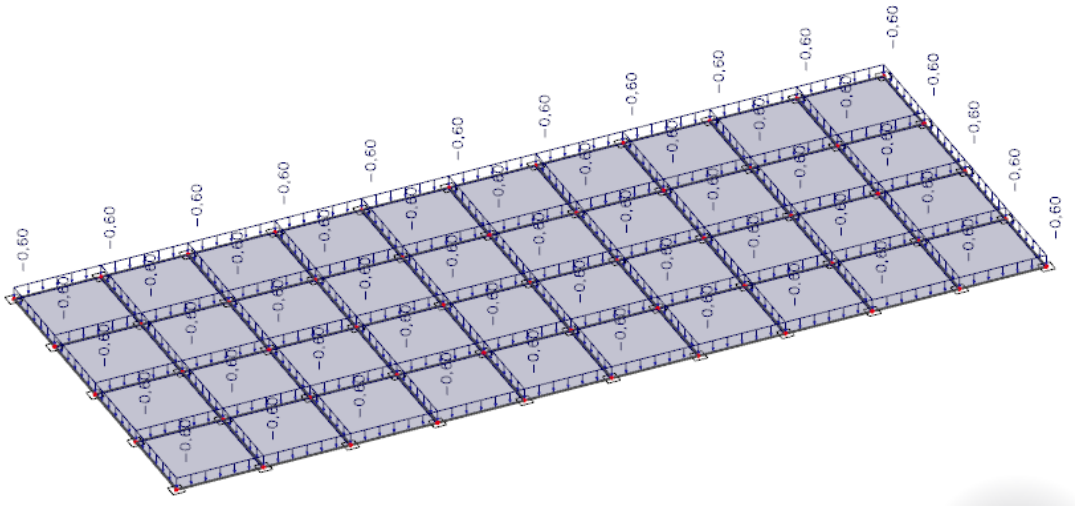
4.1 Opterećenja ploča

- Krovna ploča – Dodatno stalno $\Delta g=1.5\ kN/m^2$



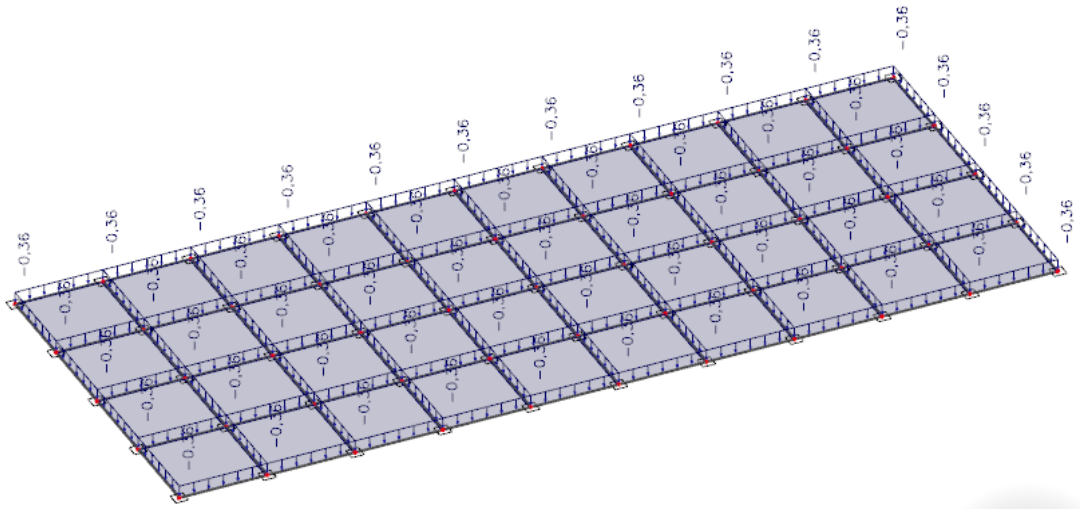
Slika 4.1 Dodatno stalno opterećenje

-Krovna ploča – Korisno $q=0.6\ kN/m^2$



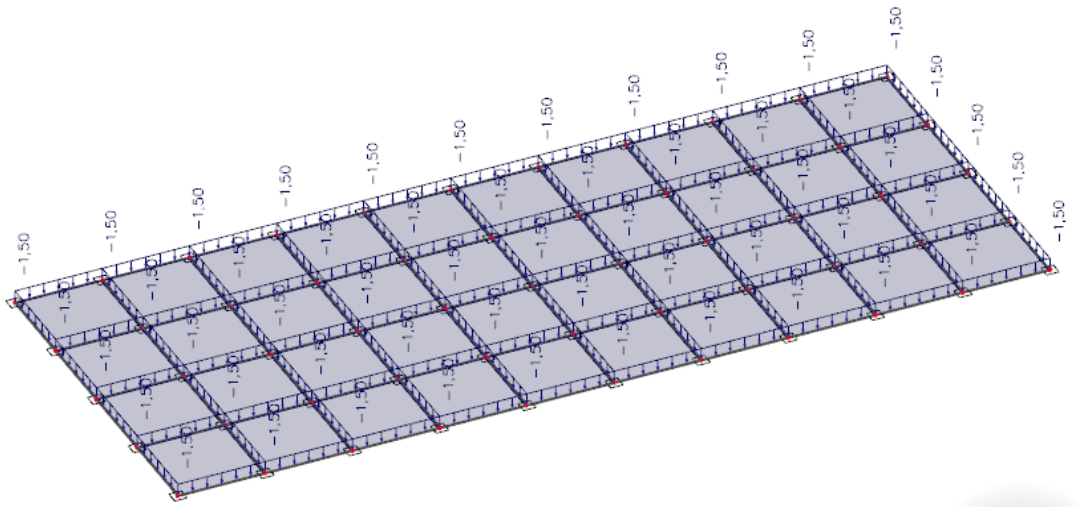
Slika 4.2 Korisno opterećenje

-Krovna ploča – Snijeg s=0.36 kN/m²



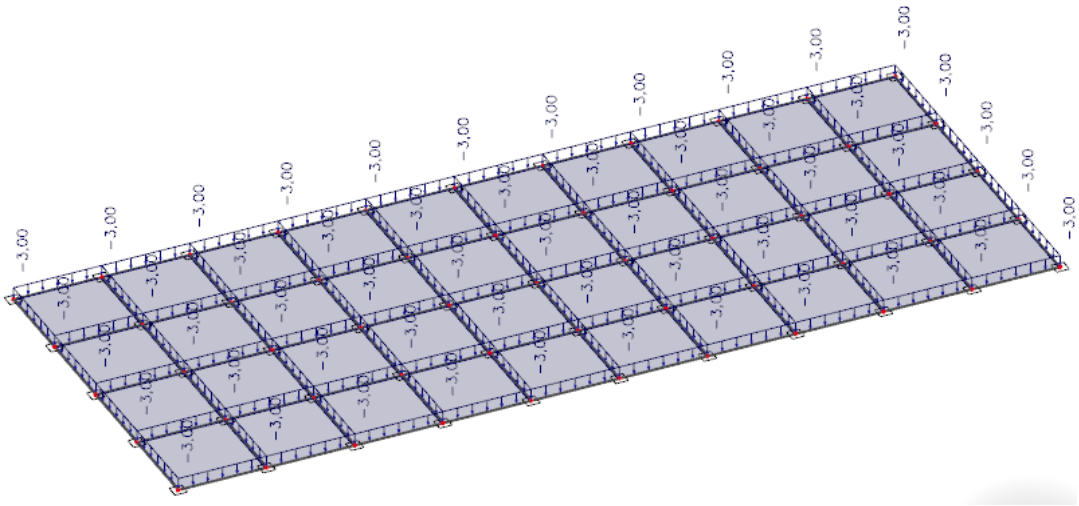
Slika 4.3 Opterećenje snijegom

-Ploče etaža – Dodatno stalno Δg=1.5 kN/m²



Slika 4.4 Dodatno stalno opterećenje

<u>-Ploče etaža – Korisno</u> q =3.0 kN/m²

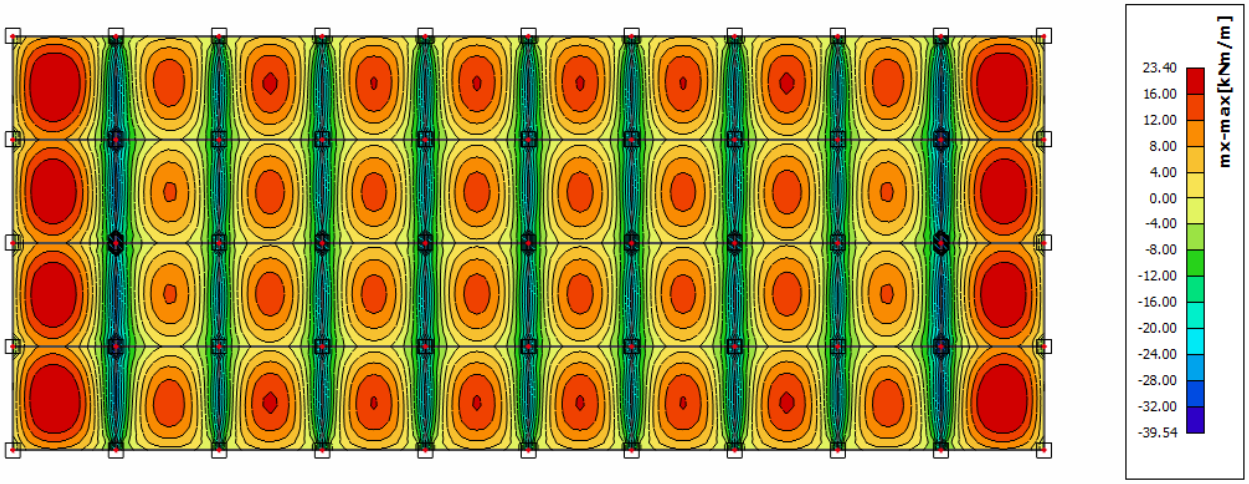


Slika 4.5 Korisno opterećenje

5 DIMENZIONIRANJE

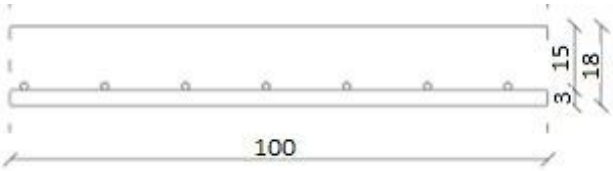
5.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

5.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija



Slika 5.1 Mjerodavni moment za ploče

Polje:



$$C\,35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35.0}{1.5} = 23.33\ MPa$$

$$B500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.48\ MPa$$

M_{Ed} =23.40 kNm/m'

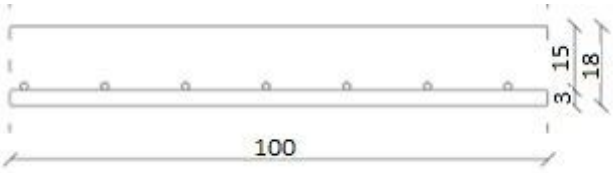
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.045$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.3 ‰ ζ=0.959 ξ=0.115

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{0.959 \cdot 15 \cdot 43.48} = 4.81\ cm^2/m'$$

Odabrano: Q-503 (A_{s1} = 5.03 cm^2/m')

Ležaj:



M_{Ed} = 39.54 kNm/m'

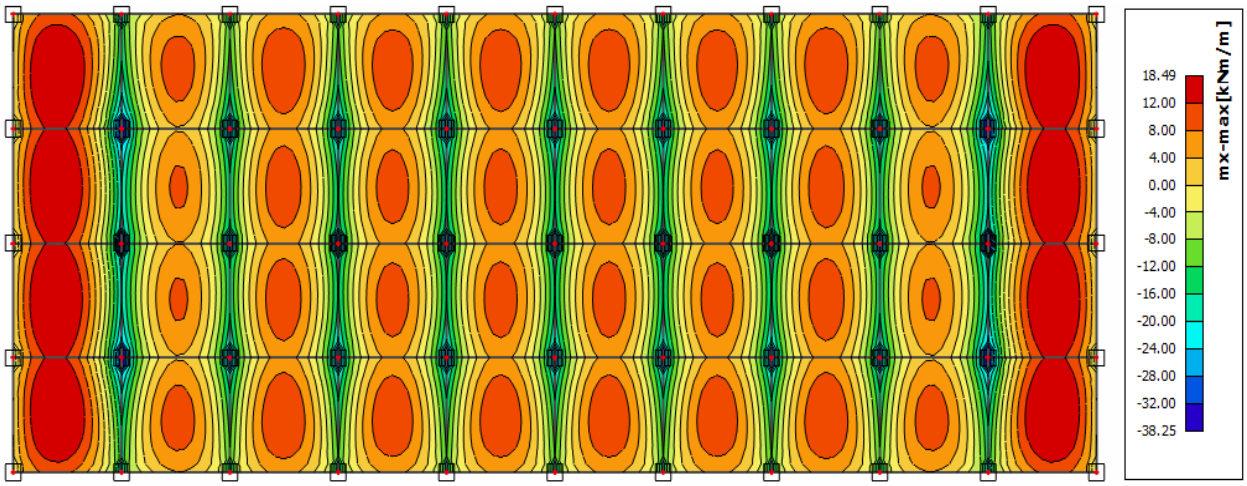
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8‰ ζ=0.944 ξ=0.082

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{0.944 \cdot 15 \cdot 43.48} = 6.33\ cm^2/m'$$

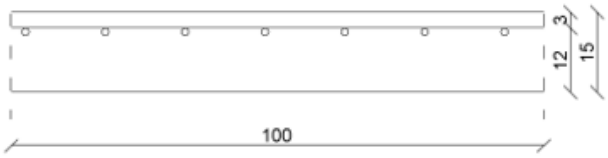
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

5.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 5.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



M_{Ed} = 18.49 kNm/m'

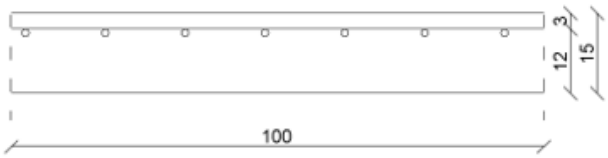
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.1 ‰ ζ=0.965 ξ=0.099

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{0.965 \cdot 15 \cdot 43.48} = 2.94\ cm^2/m'$$

Odabrano: Q-335 (A_{s1} = 3.35 cm^2/m')

Ležaj:



M_{Ed} = 38.25 kNm/m'

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{38.25 \ \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.073$$

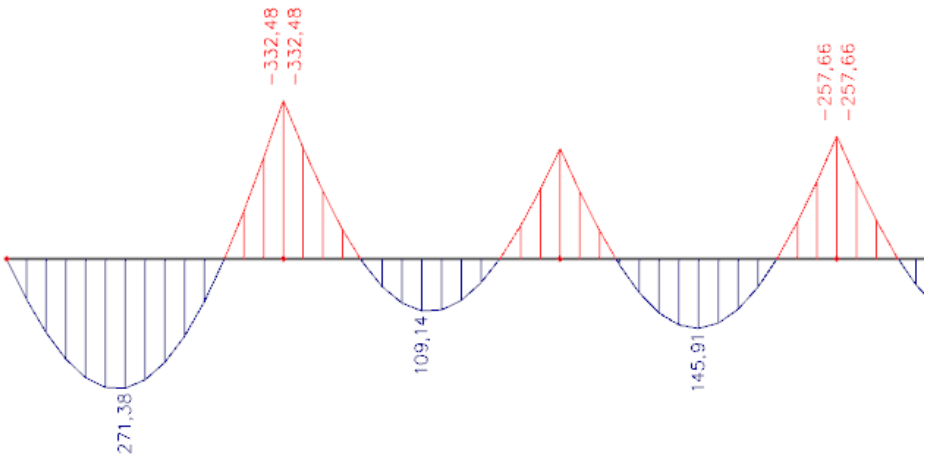
Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8 ‰ ζ=0.944 ξ=0.153

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{38.25 \ \cdot 100}{0.944 \cdot 15 \cdot 43.48} = 6.21 \ cm^2/m'$$

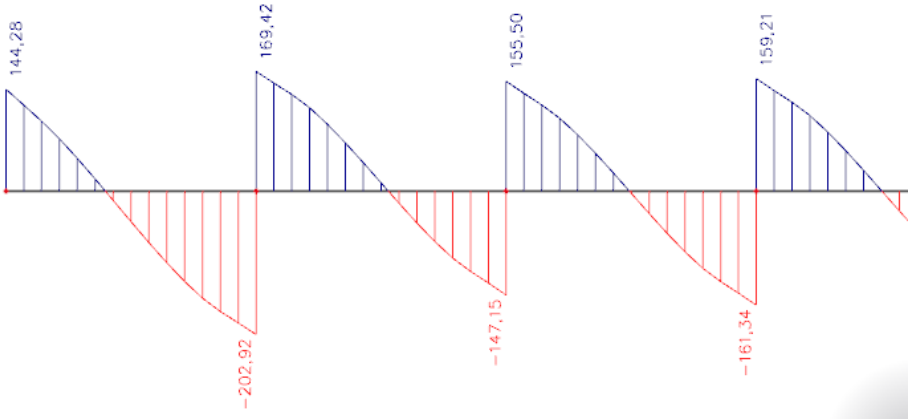
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

5.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

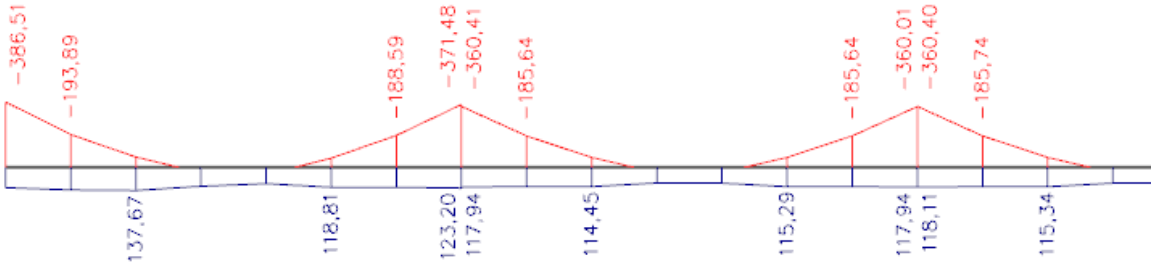
5.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



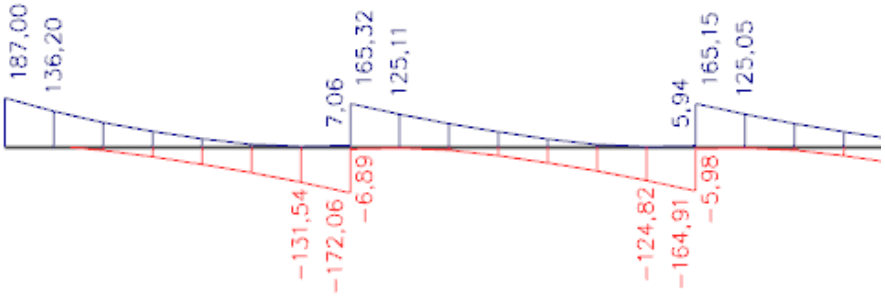
Slika 5.3 Osnovna kombinacija K1 - My



Slika 5.4 Osnovna kombinacija K1 - V_z



Slika 5.5 Potresna kombinacija K3 - M_y



Slika 5.6 Potresna kombinacija K3 - V_z

Mjerodavne rezne sile:

$M_{ležaj\ 1}$ = -386.51 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -371.48 *kNm*

$M_{polje\ 1}$ = 271.38 *kNm*

$M_{polje\ 2}$ = 145.91 *kNm*

Proračunska širina pojasnice b_{eff}:

Polje p1:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.85 \cdot 700}{5} = 149\,cm < 700\,cm$

Polje p2:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.70 \cdot 700}{5} = 128\,cm < 700\,cm$

Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{43.48} \cdot 30 \cdot 65 \geq 0.0013 \cdot 30 \cdot 65$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 3.73\,cm^2 \geq 2.535\,cm^2$$

Odabrano: **2 ϕ 16 (A_{s1} = 4.02 cm^2)**

5.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 101 – polje 1

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 271.38kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{149 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.018$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.8 ‰ ζ=0.974 ξ=0.074

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18\,cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.86\,cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 16 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

Greda pozicija 101 – polje 2

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 145.91 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{145.91 \cdot 100}{128 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.011$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.6‰ ζ=0.981 ξ=0.057

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.057 \cdot 65 = 3.71 \leq h_f = 18\ cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{145.91 \cdot 100}{0.981 \cdot 65 \cdot 43.48} = 5.26\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 12 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

Greda pozicija 101 – ležaj na stupu L1

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 386.51kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{386.51 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.130$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=2.9 ‰ ζ=0.910 ξ=0.225

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{386.51 \cdot 100}{0.910 \cdot 65 \cdot 43.48} = 15.02\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Greda pozicija 101 – ležaj u sredini L2

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 371.48 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{371.48 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.125$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=2.7 ‰ ζ=0.916 ξ=0.213

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{371.48 \cdot 100}{0.916 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.35\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Tablica 5.1 Dimenzioniranje greda na moment savijanja

POZICIJA 101 X-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinacija**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		386.51	431.03	419.92	401.66	329.2	303.53	217.9	120.35
As1	**K3**	15.02853	16.05392	15.64012	14.96002	14.49052	13.36059	11.72281	6.474712
Odabrano		5Ø20	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		371.48	397.69	374	350.87	314.21	314.21	288.79	224.22
As1	**K3**	14.10922	14.21368	14.21409	13.79434	14.59907	14.59907	16.39976	12.73297
Odabrano		5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20
Polje 1		271.38	271.38	271.38	271.38	246.72	246.72	213.87	165.28
As1	**K1**	9.858617	10.66921	9.78827	10.66921	11.4633	11.4633	12.14522	9.385896
Odabrano		5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16
Polje 2		145.91	145.91	145.91	145.91	136.03	136.03	122.01	94.46
As1	**K1**	5.262755	5.736403	5.24671	5.736403	6.320333	6.320333	6.928686	5.36418
Odabrano		5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12
Napomena: Za ležaj 2 uzeta je K1 za zadnje četiri etaže.									

Dimenzioniranje na poprečnu silu 101 – ležaj na stupu 1

$V_{Ed} = 187\,kN$

$N_{Ed} = 0.0\,kN$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1.55 \le 2$$

$b_w = 30\,cm \quad d = 65\,cm$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 20}{30 \cdot 70} = \frac{15.71}{30 \cdot 70} = 0.007243$$

$k_1 = 0.15$

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

$$187\,kN \ge V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.007243 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 650 = 106.55\,kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 187.0\,kN \ge V^{\min}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.92\,kN$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.55^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 650 \cdot 23.3 = 1173.73\,kN$$

$$V_{Ed} = 187.0\,kN \le V_{Rd,\max} = 1173.73\,kN$$

$$\nu = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{35}{250} \right] = 0.516 \ge 0.5$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 187/1173.73 \approx 0.159 \Rightarrow V_{Ed} = 0.159 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min\left(0.75 \cdot d; 30cm\right) = \min\left(0.75 \cdot 65 = 48.75; 30\right) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0013$$

Potrebna računska poprečna armatura!

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.495\,cm^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** (A_{sw}=0.79 cm^2)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8MPa = 43.48\,kN/cm^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 65) \cdot 43.5 \cdot 2 = 134.02$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{187} = 21.49\,cm$$

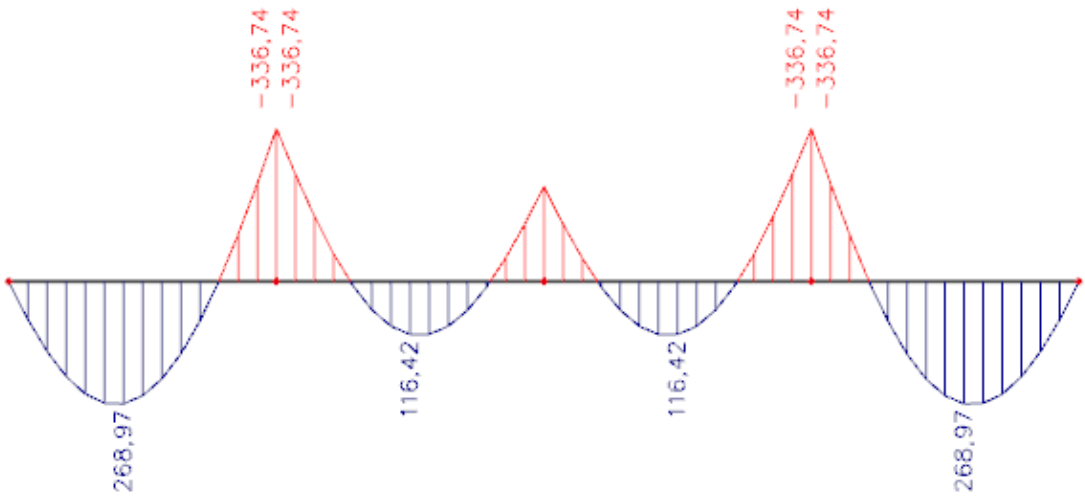
Postaviti spone **Ø10/20** (A_{sw}=0.79 cm^2)

Tablica 5.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

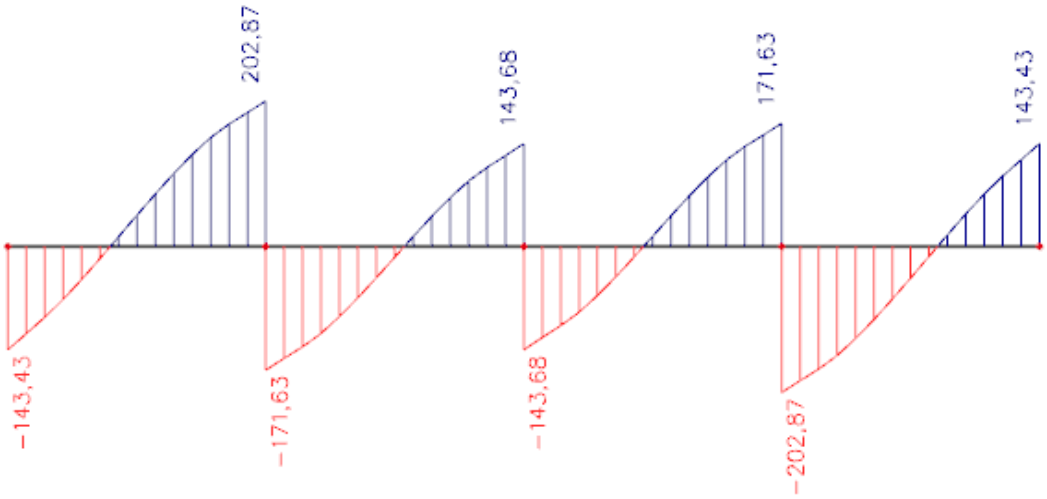
POZICIJA 101 X-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**187**	**288**	**197.19**	**191.21**	**172.05**	**163**	**134.04**	**90.69**
$V_{Rd,c}$	106.5468	106.5468	106.5468	106.5468	90.15494	90.15494	78.51303	78.51303
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	77.91736	77.91736	77.91736	77.91736	69.14583	69.14583	60.32684	60.32684
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}^{Min}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Rd,max}$(kN)	1173.732	1173.732	1173.732	1173.732	993.1581	993.1581	812.5839	812.5839
$V_{Ed} \le V_{Rd,max}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Ed,max}/V_{Rd,max}$	0.159321	0.245371	0.168003	0.162908	0.173235	0.164123	0.164955	0.111607
S_{max} (cm)	30	30	30	30	30	30	30	30
$A_{s,min}$	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495
Odabrano	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30
$V_{Rd,s}$	134.0235	134.0235	134.0235	134.0235	113.4045	113.4045	92.7855	92.7855
$V_{Rd,s} \le V_{Ed}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Ne
S obzirom da je $V_{Rd,s} \le V_{ed,}$ na svakoj etaži osim zadnjoj, treba progustiti spone na Ø10/20.								

5.3 Dimenzioniranje grede u poprečnom smjeru (Y smjeru)

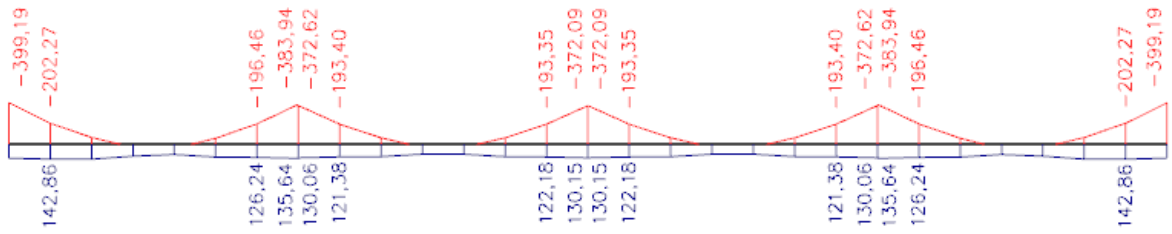
5.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



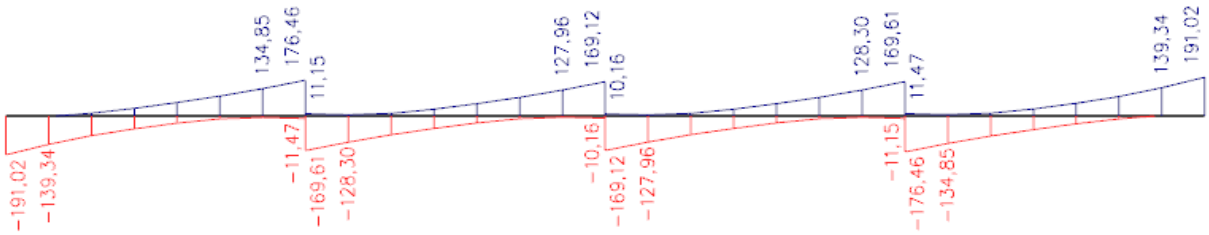
Slika 5.7 Osnovna kombinacija K1 - M_y



Slika 5.8 Osnovna kombinacija K1 - V_z



Slika 5.9 Potresna kombinacija K4 - M_y



Slika 5.10 Potresna kombinacija K4 - V_z

Mjerodavne rezne sile:

$M_{ležaj\ 1}$ = -399.19 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -383.94 *kNm*

$M_{polje\ 1}$ = 268.97 *kNm*

$M_{polje\ 2}$ = 116.42 *kNm*

Proračunska širina pojasnice b_{eff}:

Polje p1:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.85 \cdot 700}{5} = 149\,cm < 700\,cm$

Polje p2:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.70 \cdot 700}{5} = 128\,cm < 700\,cm$

5.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 102 – polje 1

Maksimalno opterećenje:

M_{Ed} = 268.97 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{149 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.018$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.8 ‰ ζ=0.974 ξ=0.074

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18\,cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.77\,cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 16 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

Greda pozicija 102 – polje 2

Maksimalno opterećenje:

M_{Ed} = 116.42 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{116.42 \cdot 100}{128 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.009$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.5‰ ζ=0.984 ξ=0.048

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.048 \cdot 65 = 3.12 \leq h_f = 18\ cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{116.42 \cdot 100}{0.984 \cdot 65 \cdot 43.48} = 4.17\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 12 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

Greda pozicija 102 – ležaj na stupu L1

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 399.19 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{399.19 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.135$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.0 ‰ ζ=0.907 ξ=0.231

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{399.19 \cdot 100}{0.907 \cdot 65 \cdot 43.48} = 15.32\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Greda pozicija 102 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 383.94 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{383.94 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.130$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=2.9 ‰ ζ=0.910 ξ=0.225

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{383.94 \cdot 100}{0.910 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.92\ cm^2/m'$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Tablica 5.3 Dimenzioniranje grede na moment savijanja

POZICIJA 102 Y-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinacija**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		399.19	449.44	439.97	420.45	341.35	313.63	221.93	124.39
As1	**K4**	15.31954	17.66958	17.29727	16.52985	15.86007	14.57212	12.60293	7.063841
Odabrano		5Ø20	4Ø25	4Ø25	5Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		383.94	415.09	392.4	367.54	317.8	317.8	291.55	226.35
As1	**K4**	15.09447	16.31913	15.42708	14.44971	14.76587	14.76587	16.5565	12.85393
Odabrano		5Ø20	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20
Polje 1		141.77	141.77	141.77	141.77	131.99	131.99	111.99	91.44
As1	**K1**	5.150181	5.280291	5.280291	5.280291	5.809854	5.809854	6.024952	4.919382
Odabrano		5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16
Polje 2		119.09	119.09	119.09	119.09	105.69	105.69	86.4	63.39
As1	**K1**	4.269286	4.435563	4.435563	4.435563	4.652197	4.652197	4.648235	3.41032
Odabrano		5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12
Napomena: Za ležaj 2 uzeta je K1 za zadnje četiri etaže.									

Dimenzioniranje na poprečnu silu 102 – ležaj na stupu L1

$V_{Ed} = 191.02\,kN$ kN

$N_{Ed} = 0.0$ kN

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1.55 \le 2$$

$$b_w = 30\,cm \qquad d = 65\,cm$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 20}{30 \cdot 70} = \frac{15.71}{30 \cdot 70} = 0.007243$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$191.02\,kN \ge V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.007243 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 650 = 106.54\,kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 191.02\,kN \ge V^{\min}{}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.91\,kN$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.55^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 650 \cdot 23.3 = 1173.73\,kN$$

$$V_{Ed} = 191.02\,kN \le V_{Rd,\max} = 1173.73\,KN$$

$$\nu = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{35}{250} \right] = 0.516 \ge 0.5$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 191.02 / 1173.73 \approx 0.162 \Rightarrow V_{Ed} = 0.162 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min\left(0.75 \cdot d; 30cm\right) = \min\left(0.75 \cdot 65 = 48.75; 30\right) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0013$$

Potrebna računska poprečna armatura!

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.585\,cm^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** (A_{sw}=0.79 cm^2)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8MPa = 43.48\,kN/cm^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 65) \cdot 43.5 \cdot 2 = 133.96$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{191.02} = 21.04\,cm$$

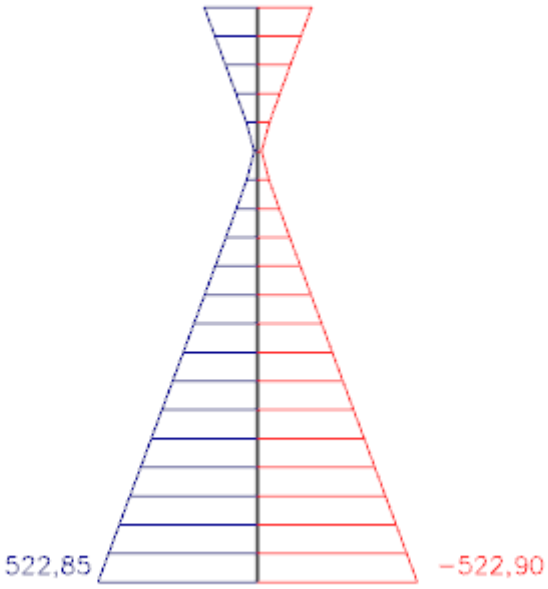
Postaviti spone **Ø10/20** (A_{sw}=0.79 cm^2).

Tablica 5.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu

POZICIJA 102 Y-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	191.02	206.72	203.5	197.09	176.34	166.51	135.71	92.22
$V_{Rd,c}$	106.5468	106.5468	106.5468	106.5468	90.15494	90.15494	78.51303	78.51303
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	77.91736	77.91736	77.91736	77.91736	69.14583	69.14583	60.32684	60.32684
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}^{Min}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Rd,max}$(kN)	1173.732	1173.732	1173.732	1173.732	993.1581	993.1581	812.5839	812.5839
$V_{Ed} \le V_{Rd,max}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{ed,max}/V_{Rd,max}$	0.162746	0.176122	0.173379	0.167917	0.177555	0.167657	0.16701	0.11349
S_{max} (cm)	30	30	30	30	30	30	30	30
$A_{s,min}$	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495
Odabrano	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30
$V_{Rd,s}$	134.0235	134.0235	134.0235	134.0235	113.4045	113.4045	92.7855	92.7855
$V_{Rd,s} \le V_{Ed}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Ne
S obzirom da je $V_{Rd,s} \le V_{ed,}$ na svakoj etaži osim zadnjoj, treba progustiti spone na Ø10/20.								

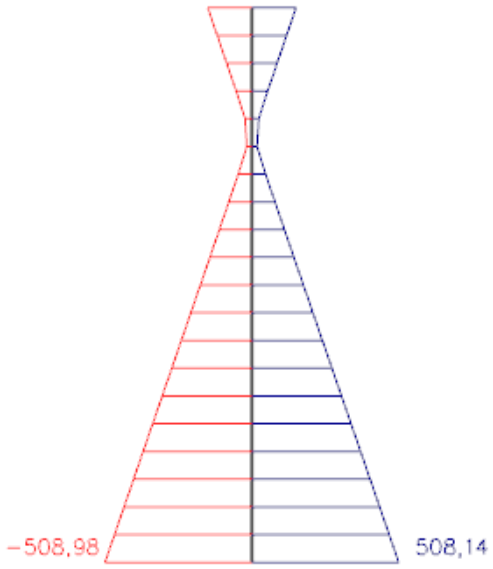
5.4 Dimenzioniranje stupova

5.4.1 Rezne sile

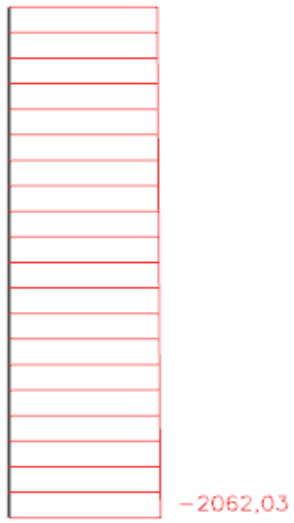


Slika 5.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z

Slika 5.12 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – N



Slika 5.13 Potresna kombinacija K4 (krajnji stup) – M_z



Slika 5.14 Potresna kombinacija K4 (krajnji stup) – N

Rezne sile u karakterističnom stupu:

Uzdužna sila u srednjem stupu dobivena prema proračunu na potresnu kombinaciju K4:

$$\mathrm{N} = -3447.76\ \mathrm{kN}$$

Pripadni moment je:

$$\mathrm{M} = 522.90\ \mathrm{kNm}$$

Maksimalni moment u krajnjem stupu dobiven prema proračunu na potresnu kombinaciju K4:

$$\mathrm{M} = 508.98\ \mathrm{kNm}$$

Pripadna uzdužna sila je:

$$\mathrm{N} = -2062.03\ \mathrm{kN}$$

5.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Stup opterećen potresnim silama, prema EC-8 treba zadovoljiti sljedeći uvjet:

$$\nu_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{cd}} \leq 0{,}65 \text{(Razred duktilnosti M)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{cd}} \leq 0{,}65 \Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0.65 \cdot f_{cd}}$$

$$A = a^2 = 70^2 = 4900\, cm^2$$

$$C\,35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35.0}{1.5} = 23.33\ MPa$$

$$B500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.48\ MPa$$

Maksimalna uzdužna sila iz uobičajenih kombinacija:

$$N_{Ed} = -5828.50\ kN$$

$$\Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0{,}65 \cdot f_{cd}} = \frac{5828.50}{0.65 \cdot 2.33} = 3848.47\, cm^2 < A = 4900\, cm^2$$

Površina poprečnog presjeka stupa je veća od minimalno potrebne, pa je usvojen stup dimenzija 70x70 (cm).

Minimalna armatura: $A_{s1,\min} = 0.01 \cdot A_c = 0.01 \cdot 4900 = 49\, cm^2$

Maksimalna armatura: $A_{s1,\max} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 4900 = 196\, cm^2$

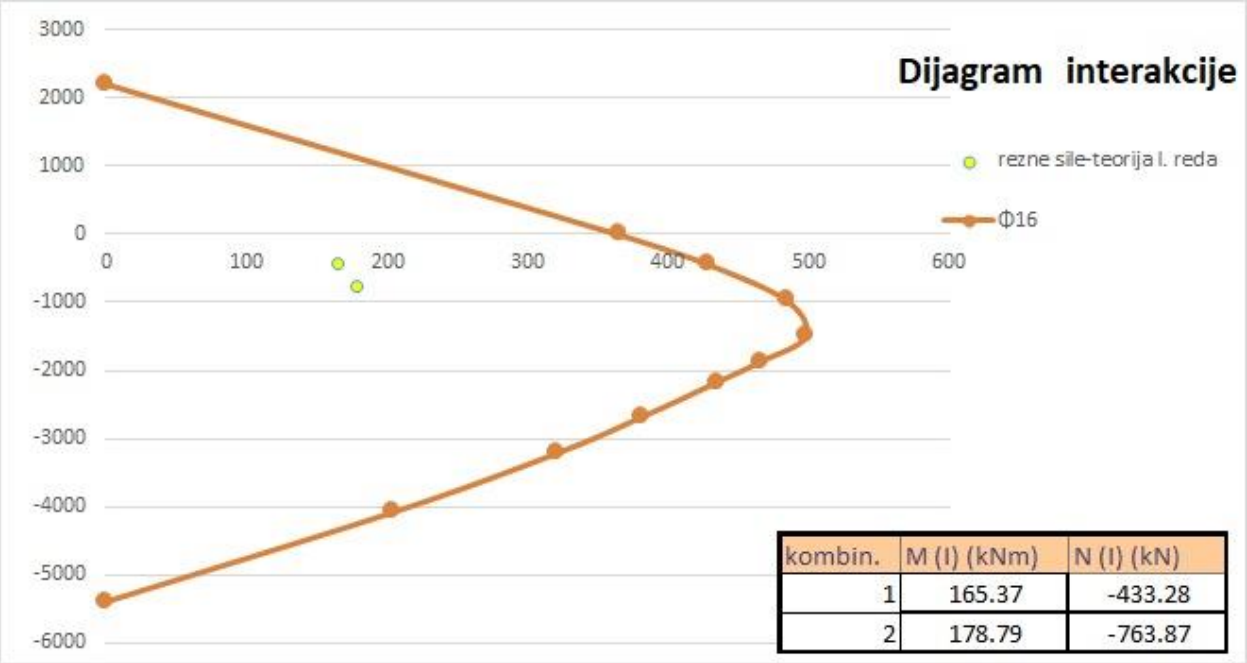
Odabrana armatura: ∅18 (A_s=50.8 cm^2)

Maksimalni razmak spona iznosi $e_w = 15\, cm$ ... (za stupove razreda duktilnosti M)

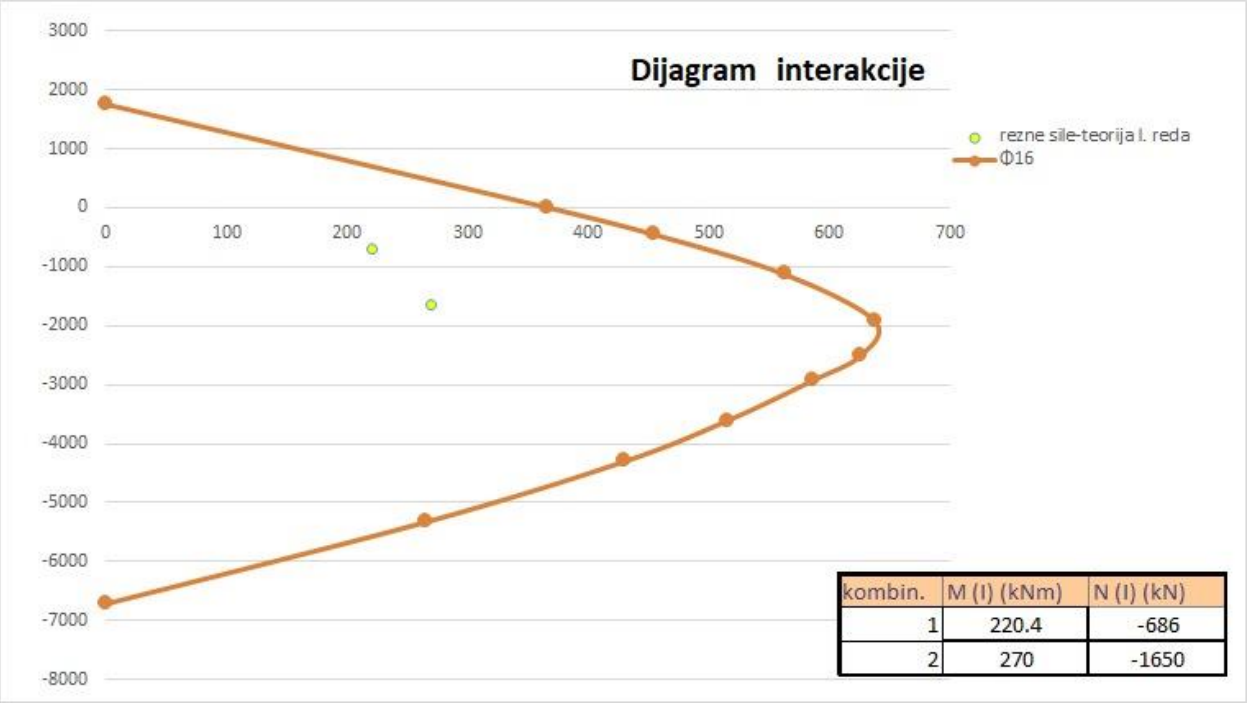
Odabrano: **Ø10/10**.

5.4.3 Dimenzioniranje stupova

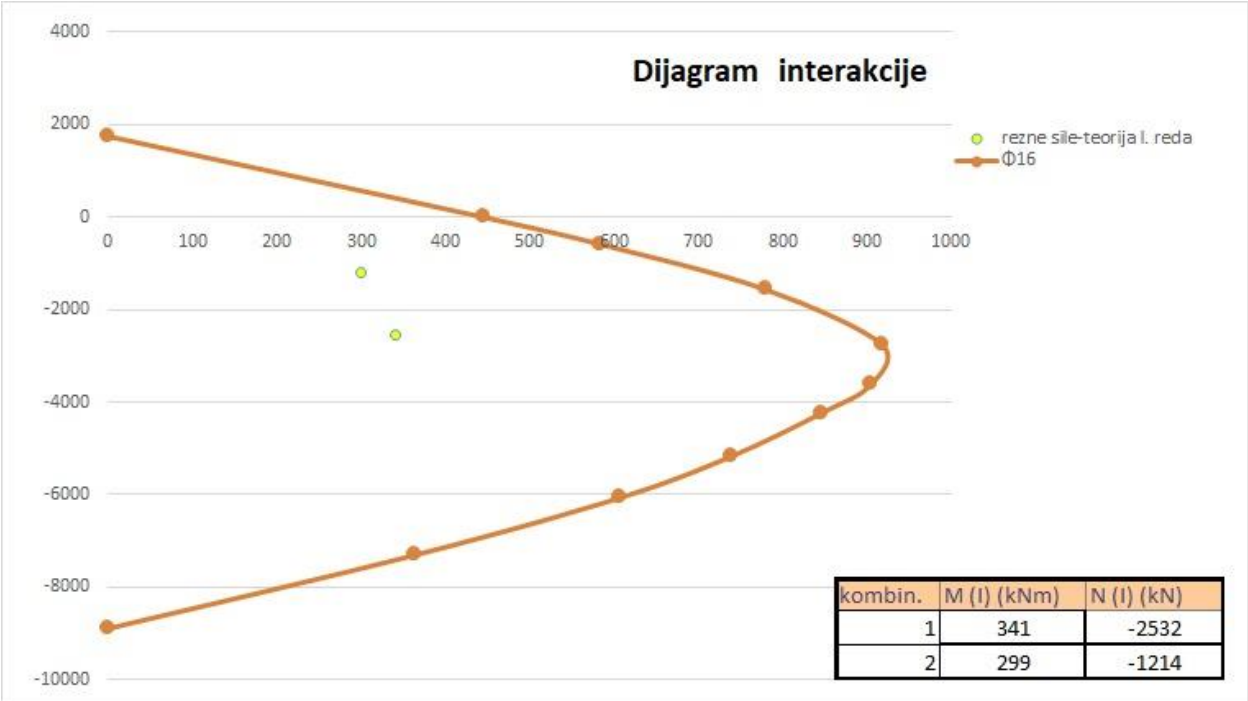
U nastavku je prikazana odabrana armatura za stupove. Za dimenzioniranje stupova je korišten software Aspalathos Section Design te Microsoft Excel za prikaz rezultata.



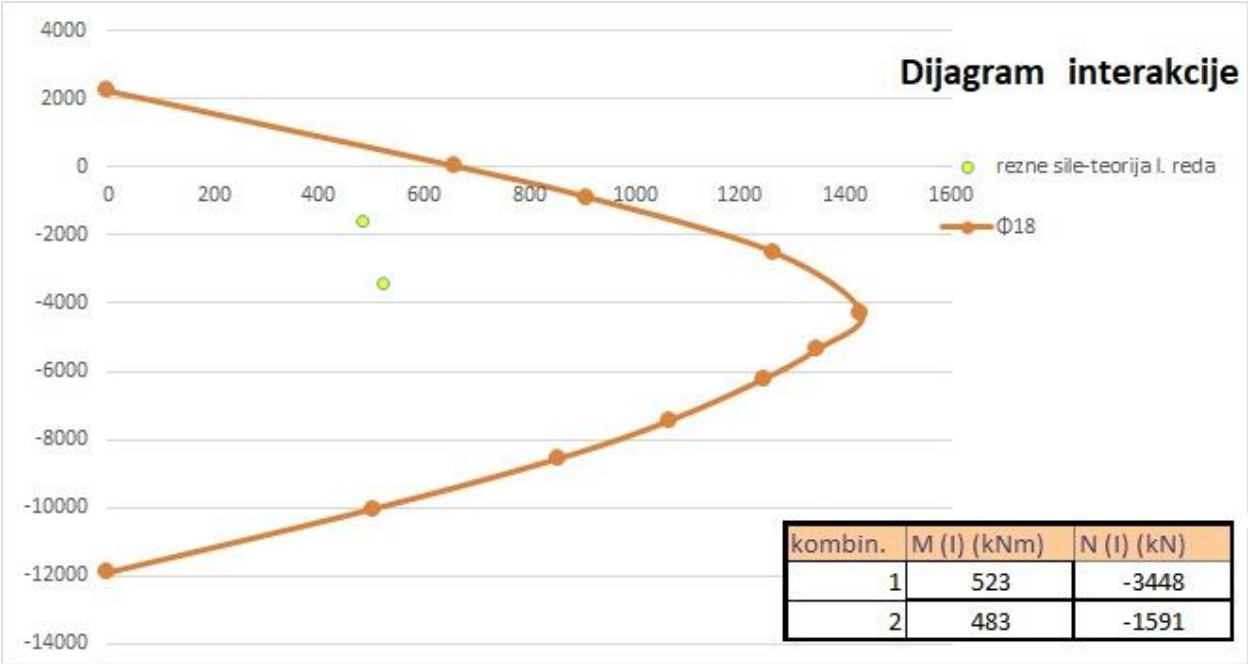
Slika 5.15 Dijagram interakcije za stup dimenzija 40x40 (cm)



Slika 5.16 Dijagram interakcije za stup dimenzija 50x50 (cm)



Slika 5.17 Dijagram interakcije za stup dimenzija 60x60 (cm)



Slika 5.18 Dijagram interakcije za stup dimenzija 70x70 (cm)

6 PRORAČUN TEMELJA SAMCA

6.1 Dimenzioniranje temelja

Za dobivanje reznih sila na spoju temelj - stup korištene su sljedeće mjerodavne kombinacije opterećenja:

1. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

$1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$

2. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

$1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$

3. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

$1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g + 0.3 \cdot q + 1.0 \cdot P_x + 0.3 \cdot P_y$

4. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

$1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g + 0.3 \cdot q + 0.3 \cdot P_x + 1.0 \cdot P_y$

Iz navedenih kombinacija dobiveni su mjerodavni parovi maksimalnih uzdužnih sila i pripadnih momenata od kojih odabiremo dva para sila mjerodavna za dimenzioniranje temelja samaca.

Mjerodavne sile na spoju temelj - stup:

- 2. kombinacija: $N_{max} = 5828.50\ kN$
  $M_{pripadno} = 267.72\ kNm$

- 4. kombinacija: $M_{max} = 508.98\ kNm$
  $N_{pripadno} = 2062.03\ kN$

6.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca

Temelj je centrično opterećen te zato odabiremo kvadratni poprečni presjek.

Dopuštena naprezanja u tlu: $\sigma_{dop} = 1.0\ MN/m^2$

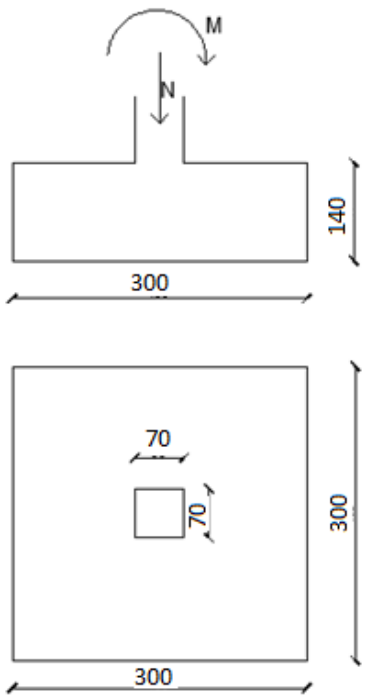
Širina i duljina temelja: $a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78\ m$

Usvojene dimenzije temelja: $a = 3\ m$

Visina temelja: $v = 2 \cdot a_{stup} = 2 \cdot 0.70 = 1.4\ m = 140\ cm$

Usvojena visina temelja: $v = 140\ cm$

Težina temelja: $N_t = 3.0 \cdot 3.0 \cdot 1.4 \cdot 25 = 315\ kN$



Slika 6.1 Dimenzije temelja

6.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi tlo - temelj

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = 3.0 \cdot 3.0 = 9.0\ m^2$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{3.0 \cdot 3.0^2}{6} = 4.5\ m^3$$

- **2. kombinacija**

$$N_{max} = 5828.50\ kN \qquad \rightarrow \qquad N_{Ed} = N_{max} + N_t = 5828.50 + 315 = 6143.5\ kN$$

$$M_{pripadno} = 267.72\ kNm$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{6143.5}{9.0} \pm \frac{267.72}{4.5} = 682.61 \pm 59.49$$

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= 742.10\ kN/m^2 \\ \sigma_2 &= 623.12\ kN/m^2 \end{aligned}\right\} < \sigma_{t,dop} = 1000\ kN/m^2$$

- **4. kombinacija**

$$M_{max} = 508.98\ kNm$$

$$N_{pripadno} = 2062.03\ kN \qquad \rightarrow \qquad N_{Ed} = N_{prip} + N_t = 2062.03 + 315 = 2341.02 kN$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{2341.03}{9.0} \pm \frac{508.98}{4.5} = 260.11 \pm 113.11$$

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 &= 373.22\ kN/m^2 \\ \sigma_2 &= 147.0\ kN/m^2 \end{aligned}\right\} < \sigma_{t,dop} = 1000\ kN/m^2$$

6.3 Proračun armature temelja

- **Momenti u presjeku 1-1**

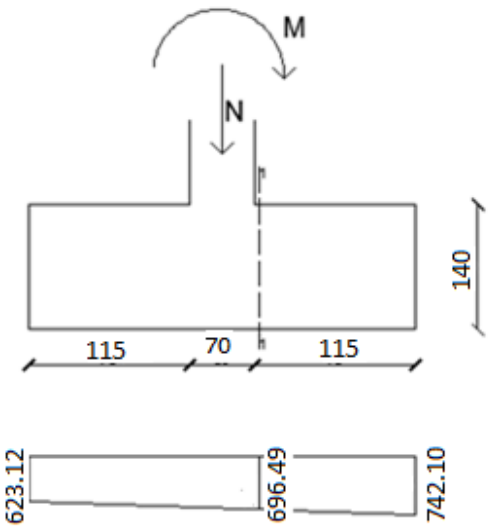
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)$$

- **2. kombinacija**

$$\sigma_{1-1} = 742.10 - \frac{1.150}{3.0} \cdot (742.10 - 623.12) = 696.49 \text{ kPa}$$

$$M_{1-1} = 696.49 \cdot 1.15 \cdot 3.0 \cdot \frac{1.15}{2} + (742.10 - 696.49) \cdot \frac{1.15 \cdot 3.0}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.15 = 1539.02 \text{ kNm}$$

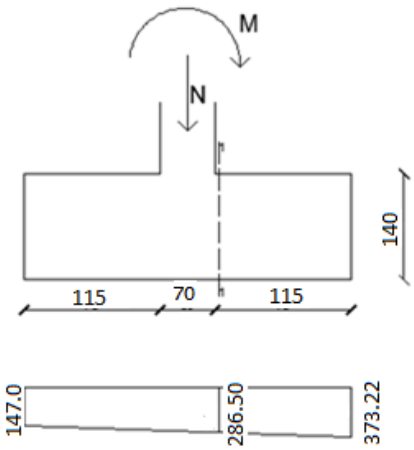


Slika 6.2 Naprezanje ispod temelja – 1. kombinacija

- **4. kombinacija**

$$\sigma_{1-1} = 373.22 - \frac{1.15}{3.0} \cdot (373.22 - 147.0) = 286.50\ kPa$$

$$M_{1-1} = 286.50 \cdot \frac{1.15}{2} \cdot 3.0 \cdot 1.15 + (373.22 - 286.5) \cdot \frac{1.15 \cdot 3.0}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.15 = 683.03\ kNm$$



Slika 6.3 Naprezanja ispod temelja – 2. kombinacija

Mjerodavni moment za proračun armature:

$$M_{Ed}^{1-1} = (M^{1-1})_{max} = 1539.02\ kNm$$

Klasa betona: C25/30 → $f_{ck} = 25\ MPa$ → $f_{cd} = \frac{25}{1.5} = 16.67\ MPa = 1.66\ kN/cm^2$

Armatura: B500B → $f_{yk} = 500\ MPa$ → $f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.78\ MPa = 43.48\ kN/cm^2$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1539.02 \cdot 100}{300 \cdot 133^2 \cdot 2.33} = 0.012$$

<u>*Očitano:*</u> $\varepsilon_{s1} = 10.0$ ‰, $\varepsilon_{c2} = 0.6$ ‰, $\xi = 0.057$, ζ=0.981

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d_y} = \frac{1539.02 \cdot 100}{43.48 \cdot 0.981 \cdot 133} = 27.13\ cm^2$$

$A'_{s1} = A_{s1}/a = 27.13/3.0 = 9.05\ cm^2/m'$

<u>*Odabrano:*</u> **Ø16/20** ($A_{s1} = 10.05\ cm^2/m'$)

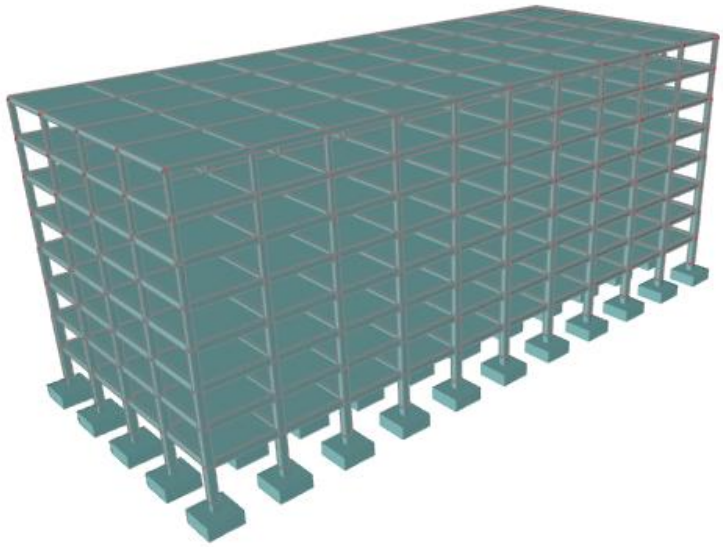
Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: **Ø12/20** ($A_{s1} = 5.65\ cm^2/m'$)

7 TROŠKOVNIK KLASIČNE KONSTRUKCIJE

Tablica 7.1 Troškovnik konstrukcije stambene zgrade

TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE STAMBENE ZGRADE					
R.Br.	**Opis stavke**	**MJ**	**Količina**	**Cijena/MJ**	**Iznos**
1	**ZEMLJANI RADOVI**				
1.1	Iskop za temelje u tlu kategorije A	m^3	819.25	90.00 kn	73,732.50 kn
				Zemljani radovi ukupno	73,732.50 kn
2	**BETONSKI I ARMIRANO BETONSKI RADOVI**				
2.1	Podbeton ispod temelja C16/20	m^3	79.28	650.00 kn	51,532.00 kn
2.2	Beton temelja C25/30	m^3	693.00	900.00 kn	623,700.00 kn
2.3	Beton ploča C35/40	m^3	3402.00	1,500.00 kn	5,103,000.00 kn
2.4	Beton greda C35/40	m^3	987.00	1,800.00 kn	1,776,600.00 kn
2.5	Beton stupa C35/40	m^3	479.16	1,800.00 kn	862,488.00 kn
				Betonski radovi ukupno	8,417,320.00 kn
2.6	Armatura temelja B500B	kg	24801.15	7.30 kn	181,048.40 kn
2.7	Armatura ploča B500B	kg	254810.48	7.30 kn	1,860,116.50 kn
2.8	Armatura greda B500B	kg	132319.84	7.30 kn	965,934.83 kn
2.9	Armatura stupova B500B	kg	128377.15	7.30 kn	937,153.20 kn
				Armirački radovi ukupno	3,944,252.93 kn
			UKUPNO (BRUTO):		12,435,305.43 kn
			PDV (25%):		3,108,826.36 kn
			UKUPNO (NETO):		15,544,131.78 kn

8 ANALIZA OPTEREĆENJA KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM



Slika 8.1 Prikaz računalnog modela konstrukcije s aseizmičkim slojem šljunka

8.1 Opterećenje potresom

Opterećenje potresom je određeno: HRN EN 1998-1:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – Dio 1: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, te HRN EN 1998-1:2011/NA:2011: Nacionalnom dodatku za primjenu u Republici Hrvatskoj. Za lokaciju objekta u Slanom, prikazan je iznos horizontalnih vršnih ubrzanja temeljnog tla tipa A (a_{gR}) za povratno razdoblje od 95 i 475 godina.

Slika 8.2 Prikaz promatranog dijela karte potresnih područja Republike Hrvatske

8.1.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije

$q = q_0 \cdot k_w \geq 1{,}5$, q_0 – osnovni faktor ponašanja

k_w – faktor prevladavajućeg sloma

Klasa duktilnosti: DCM

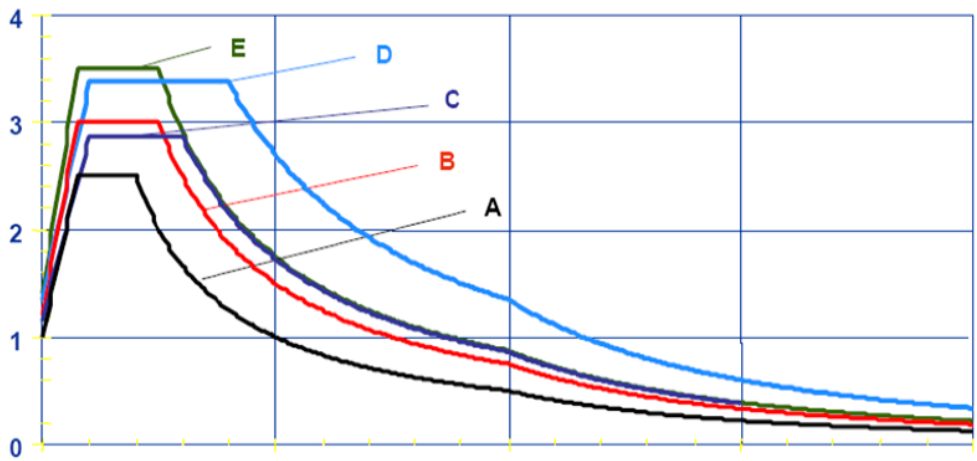
Vrsta konstrukcije: okvirni sustav, $q_0 = 3{,}0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

Za okvirni sustav više katova i s više polja: $\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.3$

$$q_0 = 3.0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 3.0 \cdot 1.3 = 3.9$$

Tablica 8.1 Osnovni faktor ponašanja za različite tipove konstrukcija

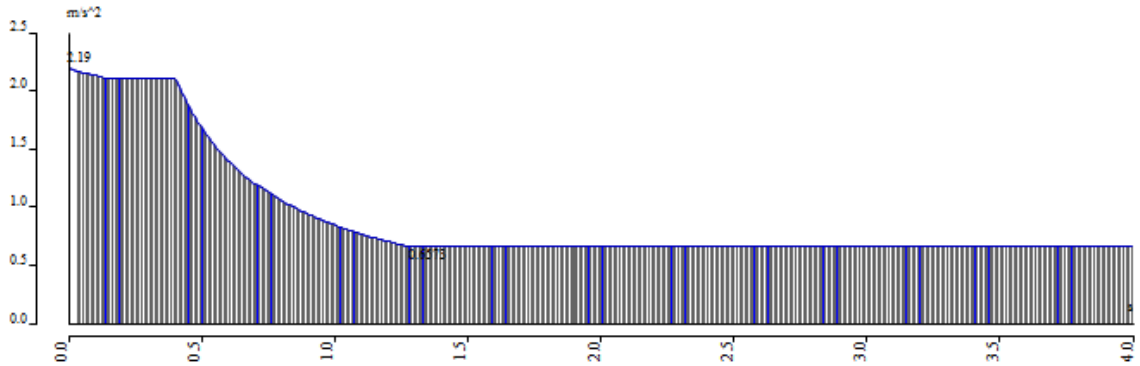
Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0



Slika 8.3 Elastični spektar odgovora, Tip 1, područje visoke seizmičnosti M > 5.5

coeff accel. ag	0,335
ag - design acceleration [m/s^2]	3,286
q - behaviour factor	3,900
beta	0,200
S, Tb, Tc, Td manually?	Yes
Subsoil type	A
Spectrum type	type 1
Direction	Horizontal
Direction factor	1
S - soil factor	1,000
Tb	0,150
Tc	0,400
Td	2,000
Note	NA not supported

Slika 8.4 Prikaz parametara za seizmičku analizu



Slika 8.5 Prikaz spektra odziva

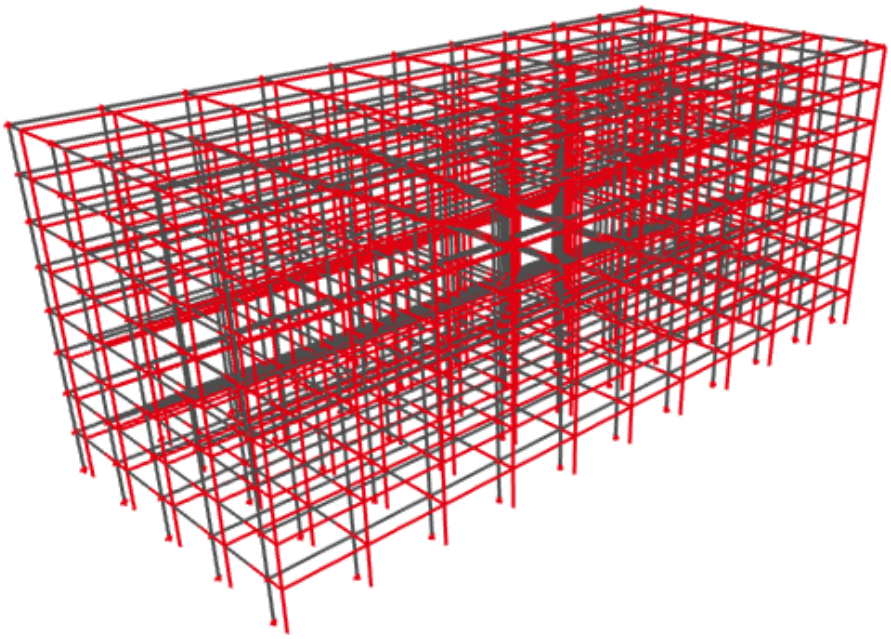
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 8.2 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

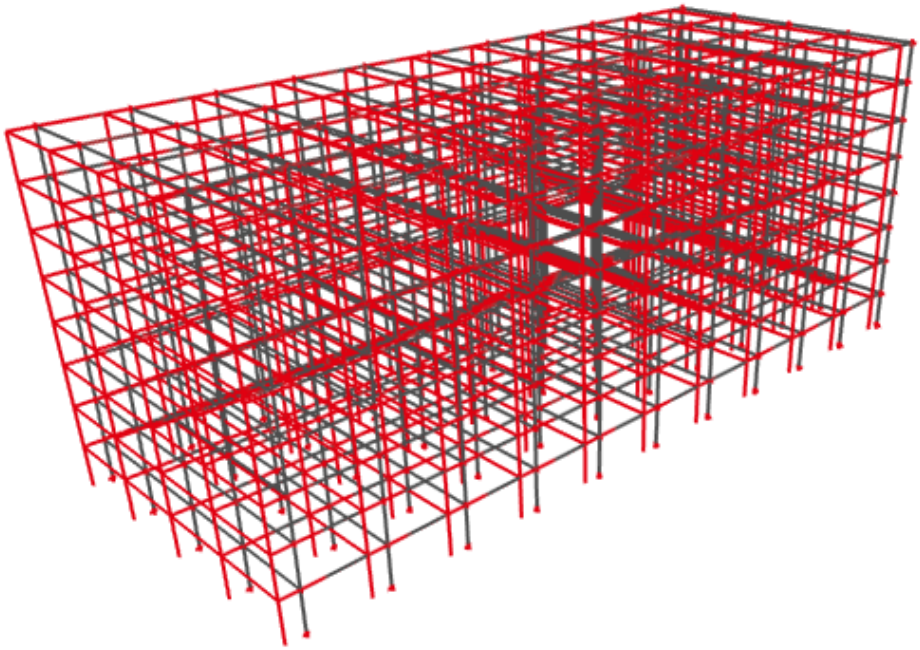
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	1.8187	3.4548	0.2895	0.0000	0.9957	0.0000	0.0021	0.0000	0.0000
2	1.8276	3.4379	0.2909	0.9964	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
3	2.1267	2.9544	0.3385	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9944
4	8.1240	0.7734	1.2930	0.0000	0.0039	0.0000	0.4575	0.0000	0.0000
5	8.4263	0.7457	1.3411	0.0033	0.0000	0.0000	0.0000	0.1282	0.0000
6	8.9196	0.7044	1.4196	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051
7	16.1207	0.3898	2.5657	0.0000	0.0003	0.0000	0.0237	0.0000	0.0000
8	16.6167	0.3781	2.6446	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0070	0.0000
9	17.5714	0.3576	2.7966	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
10	25.3342	0.2480	4.0321	0.0000	0.0001	0.0000	0.0084	0.0000	0.0000
				0.9999	1.0000	0.0000	0.4917	0.1358	0.9999

Ukupna aktivirana masa konstrukcije u X smjeru iznosi 99.99 % dok u Y smjeru iznosi 100 %. Kao što vidimo u tablici 7.2 zadovoljen je uvjet aktivacije preko 90 % ukupne mase konstrukcije.

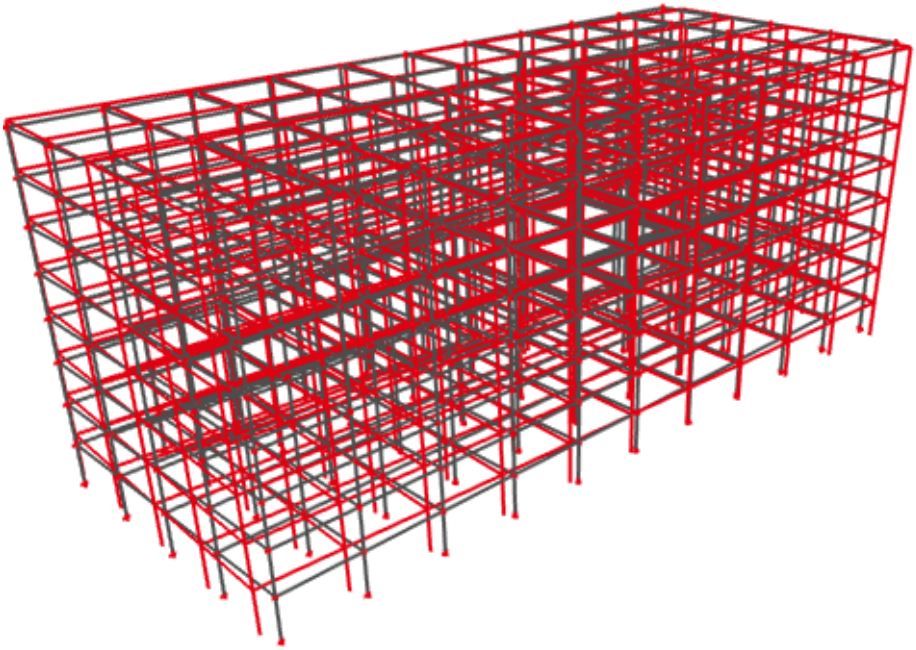
8.1.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 8.6 Prikaz prvog moda konstrukcije

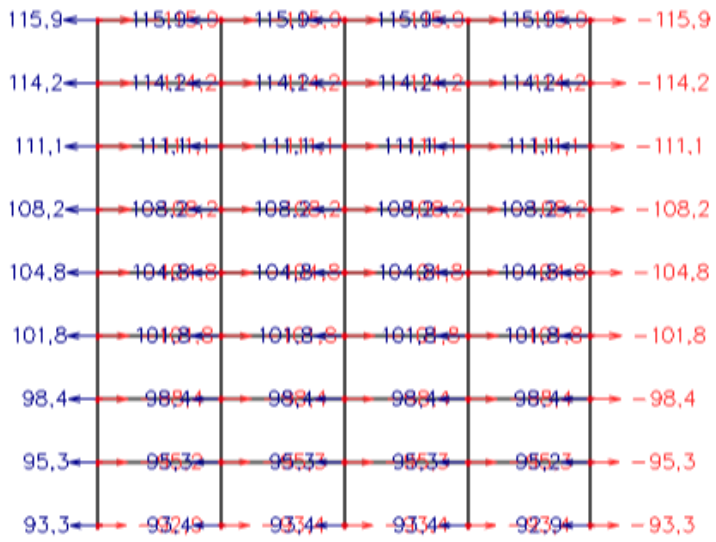


Slika 8.7 Prikaz drugog moda konstrukcije



Slika 8.8 Prikaz trećeg moda konstrukcije

8.1.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda



Slika 8.9 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru Y od seizmičke kombinacije K4

Efekti drugog reda se ne uzimaju u obzir ako vrijedi:

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0.10$$

Θ – koeficijent osjetljivosti na međukatni pomak

P_{tot} – ukupno gravitacijsko opterećenje u potresnoj kombinaciji

d_r – međukatni pomak (mm)

V_{tot} – ukupna poprečna sila kata u potresnoj kombinaciji

h – visina kata

ν=0.5

Tablica 8.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda

kat	de	der	dr	dr*v	Ptot	Vtot	h	Θ	Zadovoljen uvjet
8	115.9	-	-	-	-	-	-	-	**dr*v<0.005*h**
7	114.2	1.7	1.7	0.85	14885	703	3600	0.009999	da
6	111.1	3.1	3.1	1.55	30159	1509	3600	0.01721	
5	108.2	2.9	2.9	1.45	46136	2326	3600	0.015978	
4	104.8	3.4	3.4	1.7	62331	3136	3600	0.018772	
3	101.8	3	3	1.5	79278	3955	3600	0.016704	
2	98.4	3.4	3.4	1.7	96491	4766	3600	0.019121	
1	95.3	3.1	3.1	1.55	114021	5571	3600	0.017624	
0	93.3	2	2	1	131865	6368	3600	0.011504	

9 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

Analiza opterećenja je identična onoj za klasičnu konstrukciju te je prikazana u prvom dijelu proračuna klasične konstrukcije.

Kombinacije opterećenja konstrukcije su određene: HRN EN 1992-1-1:2004, Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade.

Kombinacije opterećenja modela :

$$K_1 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q$$

$$K_2 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot S$$

$$K_3 = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g \ + 0.3 \cdot q + 1.0 \cdot P_x + 0.3 \cdot P_y$$

$$K_4 = 1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g \ + 0.3 \cdot q + 0.3 \cdot P_x + 1.0 \cdot P_y$$

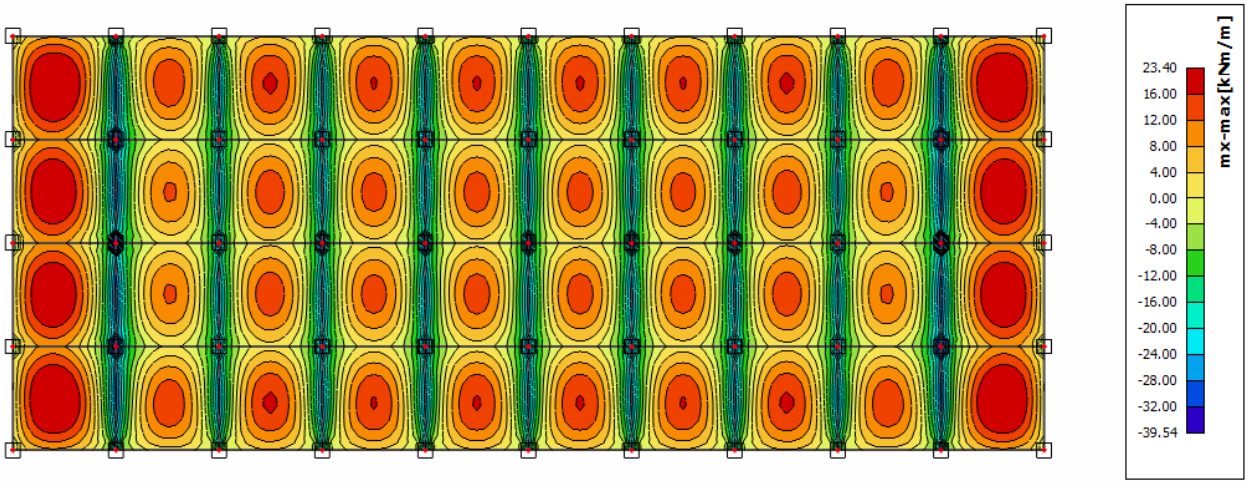
$$K_5 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$$

$$K_6 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$$

10 DIMENZIONIRANJE

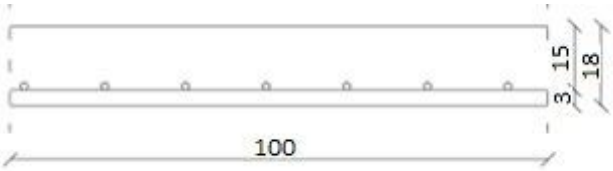
10.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

10.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija



Slika 10.1 Mjerodavni moment za ploče

Polje:



$$C\,35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35.0}{1.5} = 23.33\ MPa$$

$$B500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.48\ MPa$$

M_{Ed} =23.40 kNm/m'

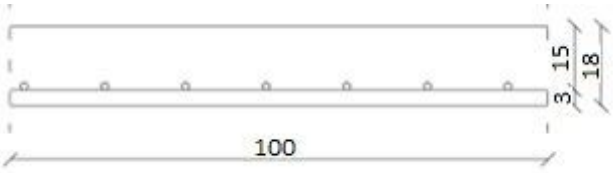
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.045$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.3 ‰ ζ=0.959 ξ=0.115

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{0.959 \cdot 15 \cdot 43.48} = 4.81\ cm^2/m'$$

Odabrano: Q-503 (A_{s1} = 5.03 cm^2/m')

Ležaj:



M_{Ed} = 39.54 kNm/m'

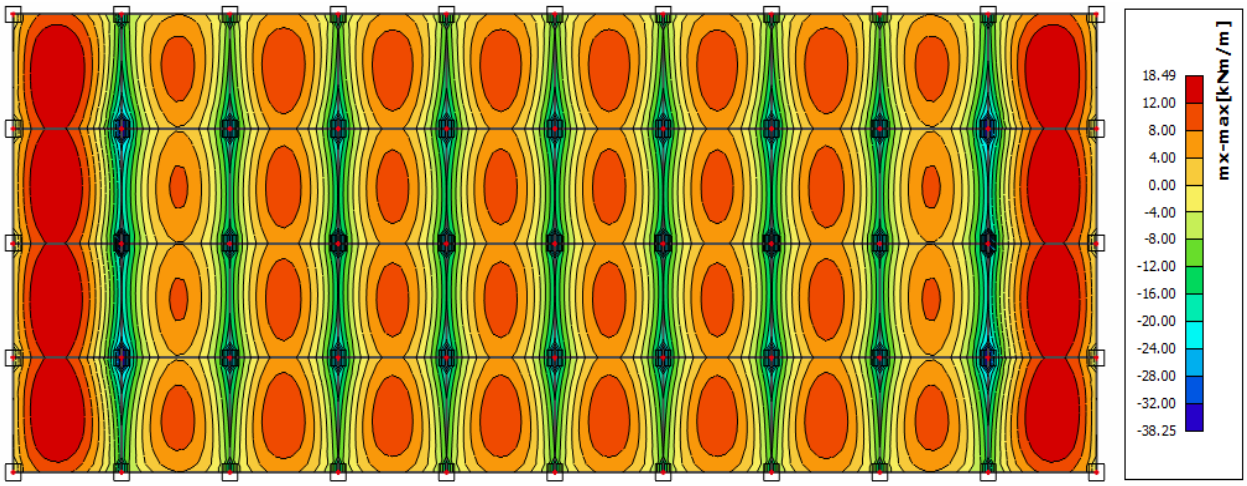
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8‰ ζ=0.944 ξ=0.082

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{0.944 \cdot 15 \cdot 43.48} = 6.33\ cm^2/m'$$

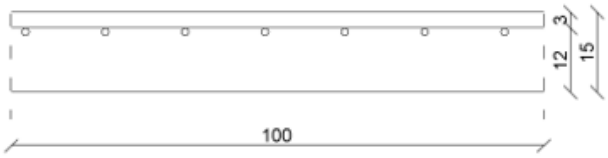
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

10.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 10.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



M_{Ed} = 18.49 kNm/m'

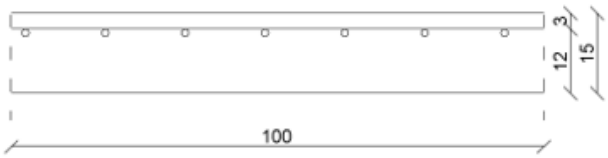
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.1 ‰ ζ=0.965 ξ=0.099

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{0.965 \cdot 15 \cdot 43.48} = 2.94\ cm^2/m'$$

Odabrano: Q-335 (A_{s1} = 3.35 cm^2/m')

Ležaj:



M_{Ed} = 38.25 kNm/m'

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{38.25 \ \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.073$$

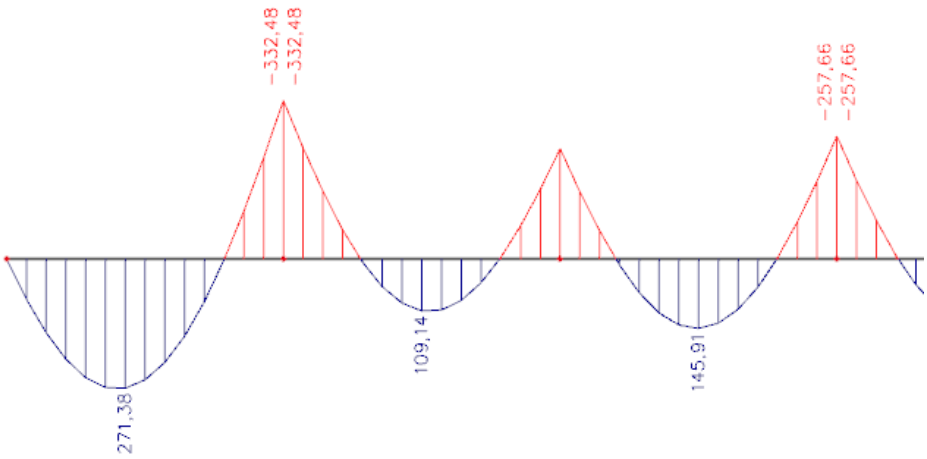
Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8 ‰ ζ=0.944 ξ=0.153

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{38.25 \ \cdot 100}{0.944 \cdot 15 \cdot 43.48} = 6.21 \ cm^2/m'$$

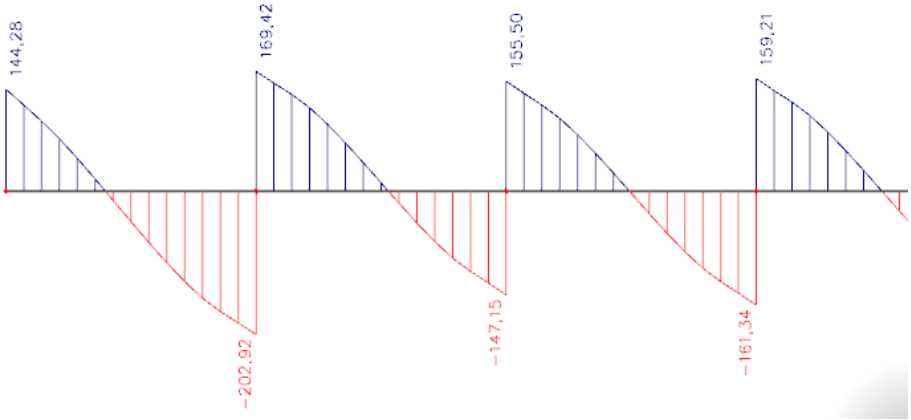
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

10.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

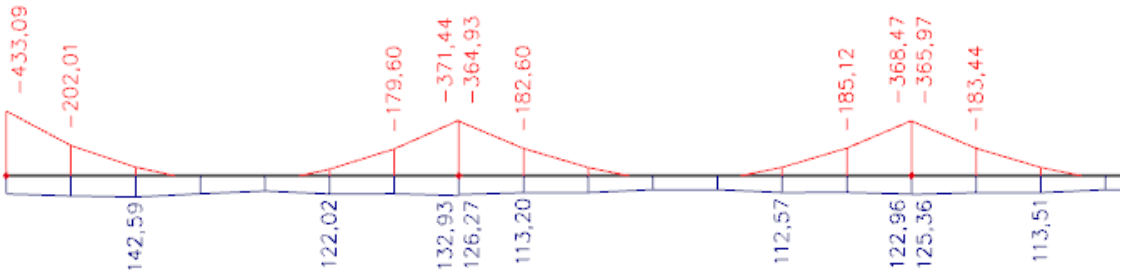
10.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



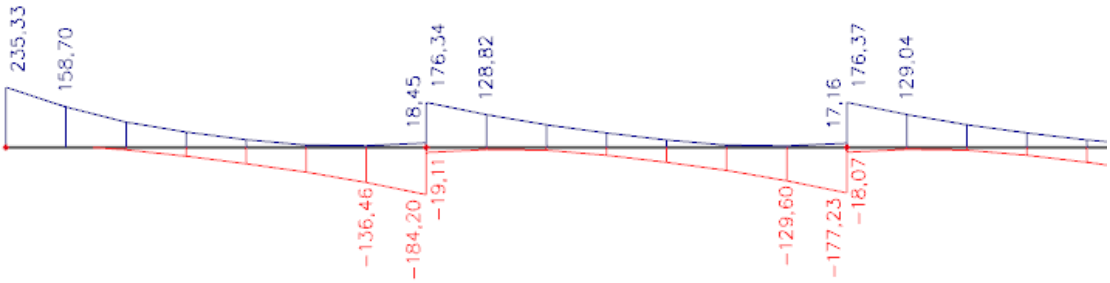
Slika 10.3 Osnovna kombinacija K1 - My



Slika 10.4 Osnovna kombinacija K1 - V_z



Slika 10.5 Potresna kombinacija K3 - M_y



Slika 10.6 Potresna kombinacija K3 - V_z

Mjerodavne rezne sile:

$M_{ležaj\ 1}$ = -433.09 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -371.44 *kNm*

$M_{polje\ 1}$ = 271.38 *kNm*

$M_{polje\ 2}$ = 145.91 *kNm*

Proračunska širina pojasnice b_{eff}:

Polje p1:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.85 \cdot 700}{5} = 149\,cm < 700\,cm$

Polje p2:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.70 \cdot 700}{5} = 128\,cm < 700\,cm$

Minimalna armatura:

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0.0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{43.48} \cdot 30 \cdot 65 \geq 0.0013 \cdot 30 \cdot 65$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 3.73\,cm^2 \geq 2.535\,cm^2$$

Odabrano: **2 ϕ 16 (A_{s1} = 4.02 cm^2)**

10.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 101 – polje 1

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 271.38kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{149 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.018$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.8 ‰ ζ=0.974 ξ=0.074

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18\,cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.86\,cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 16 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

Greda pozicija 101 – polje 2

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 145.91 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{145.91 \cdot 100}{128 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.011$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.6‰ ζ=0.981 ξ=0.057

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.057 \cdot 65 = 3.71 \leq h_f = 18\ cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{145.91 \cdot 100}{0.981 \cdot 65 \cdot 43.48} = 5.26\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 12 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

Greda pozicija 101 – ležaj na stupu L1

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 433.09kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{433.09 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.146$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.2 ‰ ζ=0.901 ξ=0.242

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{433.09 \cdot 100}{0.901 \cdot 65 \cdot 43.48} = 17.0\ cm^2$$

Odabrano: **4 Ø 25 (A_{s1} = 19.63 cm^2)**

Greda pozicija 101 – ležaj u sredini L2

Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 371.44 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{371.44 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.125$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=2.7 ‰ ζ=0.916 ξ=0.213

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{371.44 \cdot 100}{0.916 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.34\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Tablica 10.1 Dimenzioniranje greda na moment savijanja

POZICIJA 101 X-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinac**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		433.09	465.24	438.05	401.25	312.17	268.48	217.1	127.43
As1	**K3**	17.00789	18.29076	17.20268	14.94475	13.7409	10.5552	11.67977	6.855609
Odabrano		4Ø25	4Ø25	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		371.44	387.36	354.06	316.4	314.21	314.21	288.79	224.22
As1	**K3**	14.34796	14.42741	13.18713	12.43916	13.8307	13.8307	15.53662	12.06282
Odabrano		5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20
Polje 1		271.38	271.38	271.38	271.38	246.72	246.72	213.87	165.28
As1	**K1**	10.10768	10.10768	10.10768	10.10768	10.85997	10.85997	11.506	8.891902
Odabrano		5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16
Polje 2		145.91	145.91	145.91	145.91	136.03	136.03	122.01	94.46
As1	**K1**	5.434487	5.434487	5.434487	5.434487	5.987684	5.987684	6.564018	5.081855
Odabrano		5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12
Napomena: Za ležaj 2 uzeta je K1 za zadnje dvije etaže.									

Dimenzioniranje na poprečnu silu 101 – ležaj na stupu 1

$V_{Ed} = 235.33 kN$

$N_{Ed} = 0.0 kN$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1.55 \leq 2$$

$b_w = 30 cm \quad d = 65 cm$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 20}{30 \cdot 70} = \frac{15.71}{30 \cdot 70} = 0.007243$$

$k_1 = 0.15$

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

$$235.33 kN \geq V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.007243 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 650 = 106.55 kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 235.33 kN \geq V^{\min}{}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.92 kN$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.55^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 650 \cdot 23.3 = 1173.73 kN$$

$$V_{Ed} = 235.33 kN \leq V_{Rd,\max} = 1173.73 kN$$

$$\nu = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{35}{250} \right] = 0.516 \geq 0.5$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 235.33/1173.73 \approx 0.200 \Rightarrow V_{Ed} = 0.200 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min(0.75 \cdot d; 30cm) = \min(0.75 \cdot 65 = 48.75; 30) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0013$$

Potrebna računska poprečna armatura!

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.495\,cm^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** (A_{sw}=0.79 cm^2)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8MPa = 43.48\,kN/cm^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 65) \cdot 43.5 \cdot 2 = 134.02$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{235.33} = 18.79\,cm$$

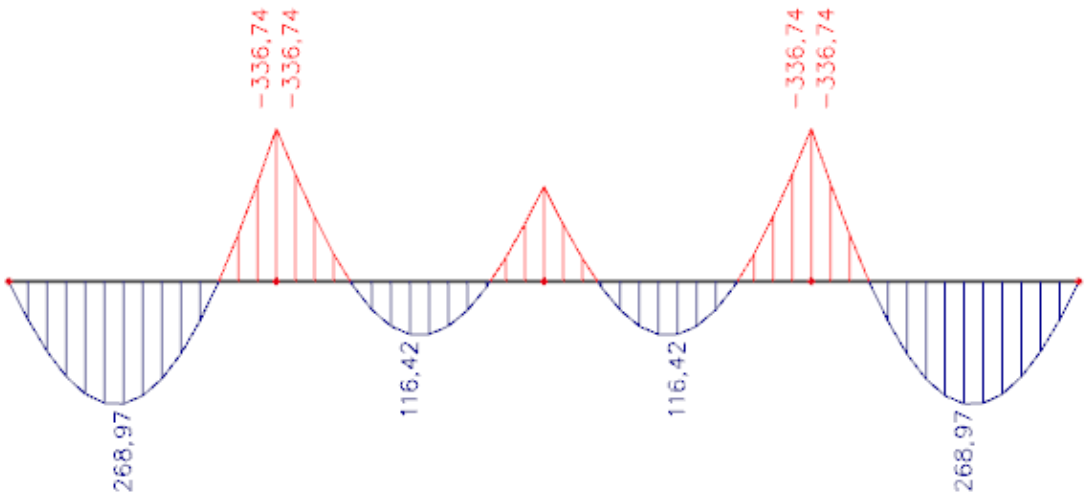
Postaviti spone **Ø10/15** (A_{sw}=0.79 cm^2).

Tablica 10.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

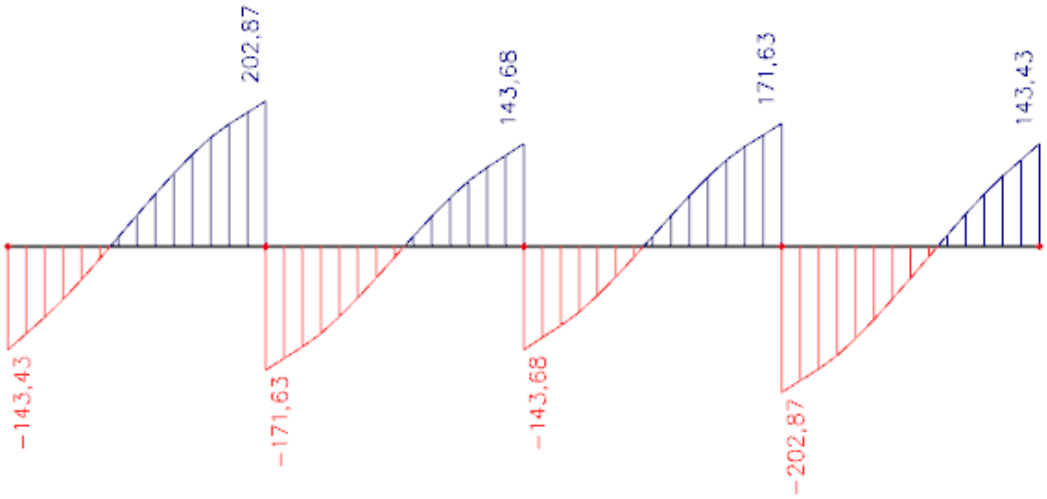
POZICIJA 101 X-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**235.33**	**247.46**	**236.95**	**222.94**	**193.5**	**175.01**	**137.41**	**94.73**
$V_{Rd,c}$	116.5606	116.5606	116.5606	116.5606	101.0192	101.0192	93.06317	93.06317
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	87.30718	87.30718	87.30718	87.30718	77.91736	77.91736	69.14583	69.14583
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}^{Mi}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Rd,max}$(kN	1354.307	1354.307	1354.307	1354.307	1173.732	1173.732	993.1581	993.1581
$V_{Ed} \le V_{Rd,ma}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Ed,max}/V_R$	0.173764	0.182721	0.17496	0.164616	0.164859	0.149106	0.138357	0.095383
S_{max} (cm)	30	30	30	30	30	30	30	30
$A_{s,min}$	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495
Odabrano	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30
$V_{Rd,s}$	154.6425	154.6425	154.6425	154.6425	134.0235	134.0235	113.4045	113.4045
$V_{Rd,s} \le V_{Ed}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
S obzirom da je $V_{Rd,s} \le V_{ed,}$ na svakoj etaži treba progustiti spone na Ø10/15.								

10.3 Dimenzioniranje grede u poprečnom smjeru (Y smjeru)

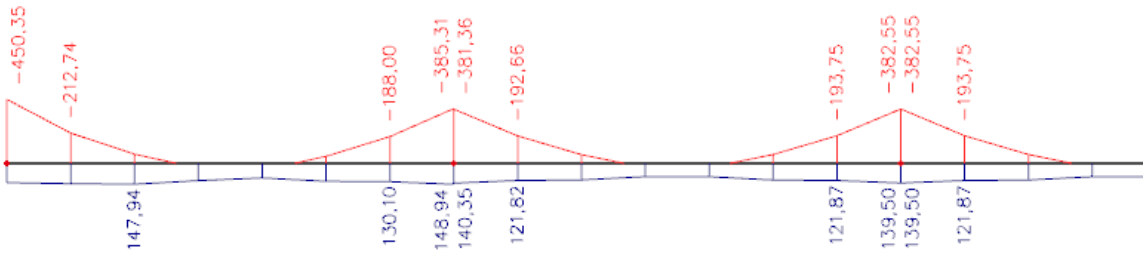
10.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



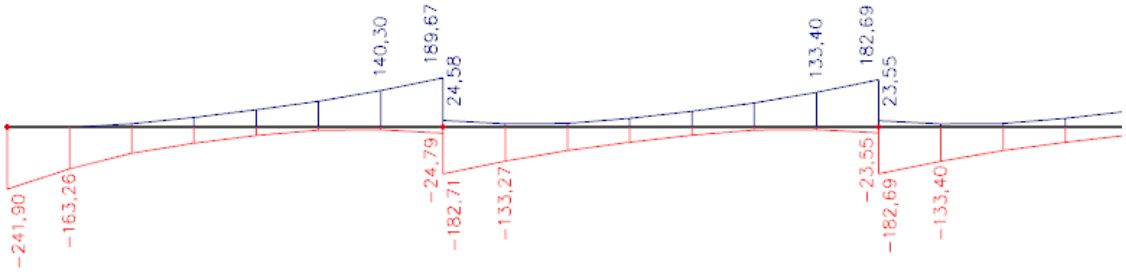
Slika 10.7 Osnovna kombinacija K1 - M_y



Slika 10.8 Osnovna kombinacija K1 - V_z



Slika 10.9 Potresna kombinacija K4 - M_y



Slika 10.10 Potresna kombinacija K4 - V_z

Mjerodavne rezne sile:

$M_{ležaj\ 1}$ = -450.35 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -385.31 *kNm*

$M_{polje\ 1}$ = 268.97 *kNm*

$M_{polje\ 2}$ = 116.42 *kNm*

Proračunska širina pojasnice b_{eff}:

Polje p1:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.85 \cdot 700}{5} = 149\,cm < 700\,cm$

Polje p2:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \quad \Rightarrow \quad b_{eff} = 30 + \frac{0.70 \cdot 700}{5} = 128\,cm < 700\,cm$

10.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 102 – polje 1

Maksimalno opterećenje:

M_{Ed} = 268.97 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{149 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.018$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.8 ‰ ζ=0.974 ξ=0.074

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18\,cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.77\,cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 16 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

Greda pozicija 102 – polje 2

Maksimalno opterećenje:

M_{Ed} = 116.42 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{116.42 \cdot 100}{128 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.009$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=0.5‰ ζ=0.984 ξ=0.048

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.048 \cdot 65 = 3.12 \leq h_f = 18\ cm$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{116.42 \cdot 100}{0.984 \cdot 65 \cdot 43.48} = 4.17\ cm^2$$

Odabrano: **5 Ø 12 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

Greda pozicija 102 – ležaj na stupu L1

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 450.35 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{450.35 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.152$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.3 ‰ ζ=0.898 ξ=0.248

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{450.35 \cdot 100}{0.898 \cdot 65 \cdot 43.48} = 17.74\ cm^2$$

Odabrano: **4 Ø 25 (A_{s1} = 19.63 cm^2)**

Greda pozicija 102 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 385.31 kNm

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{385.31 \cdot 100}{30 \cdot 65^2 \cdot 2.33} = 0.130$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=2.9 ‰ ζ=0.910 ξ=0.225

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{385.31 \cdot 100}{0.910 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.92\ cm^2/m'$$

Odabrano: **5 Ø 20 (A_{s1} = 15.71 cm^2)**

Tablica 10.3 Dimenzioniranje grede na moment savijanja

POZICIJA 102 Y-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinac**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		450.35	492.16	462.71	422.98	325.88	279.24	217.18	127.97
As1	**K3**	17.74479	19.34911	18.19129	15.75409	14.34438	12.29141	11.68407	6.88466
Odabrano		4Ø25	4Ø25	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		385.31	398.76	376.63	335.74	317.8	317.8	291.55	226.35
As1	**K3**	14.98187	14.85201	14.02776	12.5048	13.98872	13.98872	15.6851	12.17741
Odabrano		5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø20
Polje 1		268.97	268.97	268.97	268.97	244.53	244.53	211.98	163.82
As1	**K1**	10.01792	10.01792	10.01792	10.01792	10.76357	10.76357	11.40432	8.813355
Odabrano		5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16	5Ø16
Polje 2		116.42	116.42	116.42	116.42	110.14	110.14	100.68	78
As1	**K1**	4.336118	4.336118	4.336118	4.336118	4.848074	4.848074	5.416485	4.196323
Odabrano		5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12	5Ø12
Napomena: Za ležaj 2 uzeta je K1 za zadnje dvije etaže.									

Dimenzioniranje na poprečnu silu 102 – ležaj na stupu L1

$V_{Ed} = 241.9\,kN$ kN

$N_{Ed} = 0.0$ kN

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1.55 \le 2$$

$$b_w = 30\,cm \qquad d = 65\,cm$$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 20}{30 \cdot 70} = \frac{15.71}{30 \cdot 70} = 0.007243$$

$$k_1 = 0.15$$

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

$$241.9\,kN \ge V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.007243 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 650 = 106.54\,kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 241.9\,kN \ge V^{\min}{}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.91\,kN$$

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.55^{\frac{3}{2}} \cdot 35^{\frac{1}{2}} = 0.399$$

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 650 \cdot 23.3 = 1173.73\,kN$$

$$V_{Ed} = 241.9\,kN \le V_{Rd,\max} = 1173.73\,KN$$

$$\nu = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \cdot \left[1 - \frac{35}{250} \right] = 0.516 \ge 0.5$$

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 241.9/1173.73 \approx 0.206 \Rightarrow V_{Ed} = 0.206 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min(0.75 \cdot d; 30cm) = \min(0.75 \cdot 65 = 48.75; 30) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

$$\rho_{\min} = 0.0013$$

Potrebna računska poprečna armatura!

$$A_{sw,\min} = \frac{\rho_{\min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0.585\,cm^2$$

Odabrane minimalne spone: **Ø10/30** (A_{sw}=0.79 cm^2)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B500B \Rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8MPa = 43.48\,kN/cm^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 65) \cdot 43.5 \cdot 2 = 133.96$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{241.9} = 16.61\,cm$$

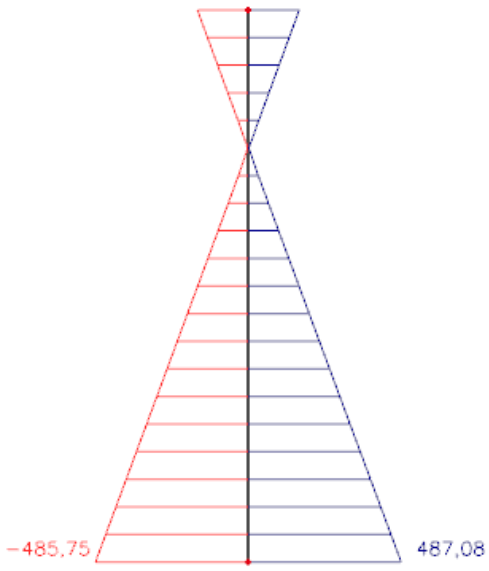
Postaviti spone **Ø10/15** (A_{sw}=0.79 cm^2).

Tablica 10.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu

POZICIJA 102 Y-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**241.9**	**257.73**	**246.31**	**231.16**	**199.38**	**179.6**	**139.88**	**96.17**
$V_{Rd,c}$	145.7267	145.7267	145.7267	145.7267	126.2965	126.2965	94.07195	94.07195
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	87.30718	87.30718	87.30718	87.30718	77.91736	77.91736	69.14583	69.14583
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}^{Mi}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Rd,max}$(kN	1354.307	1354.307	1354.307	1354.307	1173.732	1173.732	993.1581	993.1581
$V_{Ed} \le V_{Rd,ma}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
$V_{Ed,max}/V_{R}$	0.178615	0.190304	0.181872	0.170685	0.169868	0.153016	0.140844	0.096833
S_{max} (cm)	30	30	30	30	30	30	30	30
$A_{s,min}$	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495	0.495
Odabrano	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30	Ø10/30
$V_{Rd,s}$	154.6425	154.6425	154.6425	154.6425	134.0235	134.0235	113.4045	113.4045
$V_{Rd,s} \le V_{Ed}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
S obzirom da je $V_{Rd,s} \le V_{ed,}$ na svakoj etaži treba progustiti spone na Ø10/15.								

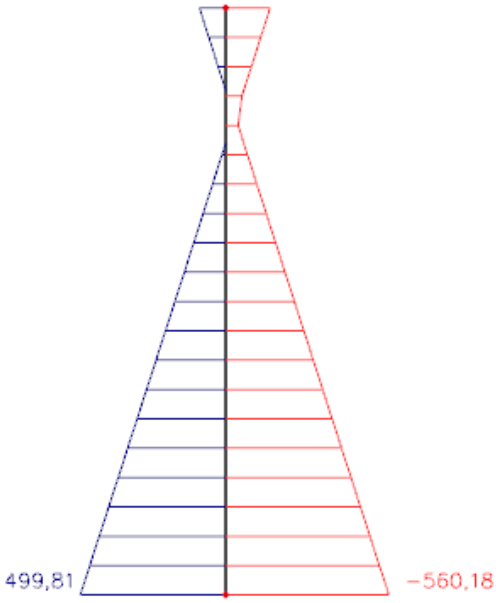
10.4 Dimenzioniranje stupova

10.4.1 Rezne sile

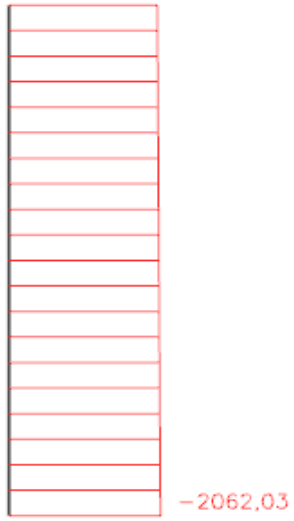


Slika 10.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z

Slika 10.12 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – N



Slika 10.13 Potresna kombinacija K4 (krajnji stup) – M_z



Slika 10.14 Potresna kombinacija K4 (krajnji stup) – N

Rezne sile u karakterističnom stupu:

Uzdužna sila u srednjem stupu dobivena prema proračunu na potresnu kombinaciju K4:

$$\mathrm{N} = -3447.76\ \mathrm{kN}$$

Pripadni moment je:

$$\mathrm{M} = 487.08\ \mathrm{kNm}$$

Maksimalni moment u krajnjem stupu dobiven prema proračunu na potresnu kombinaciju K4:

$$\mathrm{M} = 560.18\ \mathrm{kNm}$$

Pripadna uzdužna sila je:

$$\mathrm{N} = -2062.03\ \mathrm{kN}$$

10.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Stup opterećen potresnim silama, prema EC-8 treba zadovoljiti sljedeći uvjet:

$$\nu_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{cd}} \leq 0{,}65 \text{(Razred duktilnosti M)}$$

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{cd}} \leq 0{,}65 \Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0.65 \cdot f_{cd}}$$

$$A = a^2 = 70^2 = 4900\, cm^2$$

$$C\,35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35.0}{1.5} = 23.33\ MPa$$

$$B500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.0}{1.15} = 434.48\ MPa$$

Maksimalna uzdužna sila iz uobičajenih kombinacija:

$$N_{Ed} = -5828.50\ kN$$

$$\Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0{,}65 \cdot f_{cd}} = \frac{5828.50}{0.65 \cdot 2.33} = 3848.47\, cm^2 < A = 4900\, cm^2$$

Površina poprečnog presjeka stupa je veća od minimalno potrebne, pa je usvojen stup dimenzija 70x70 (cm).

Minimalna armatura: $A_{s1,\min} = 0.01 \cdot A_c = 0.01 \cdot 4900 = 49\, cm^2$

Maksimalna armatura: $A_{s1,\max} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 4900 = 196\, cm^2$

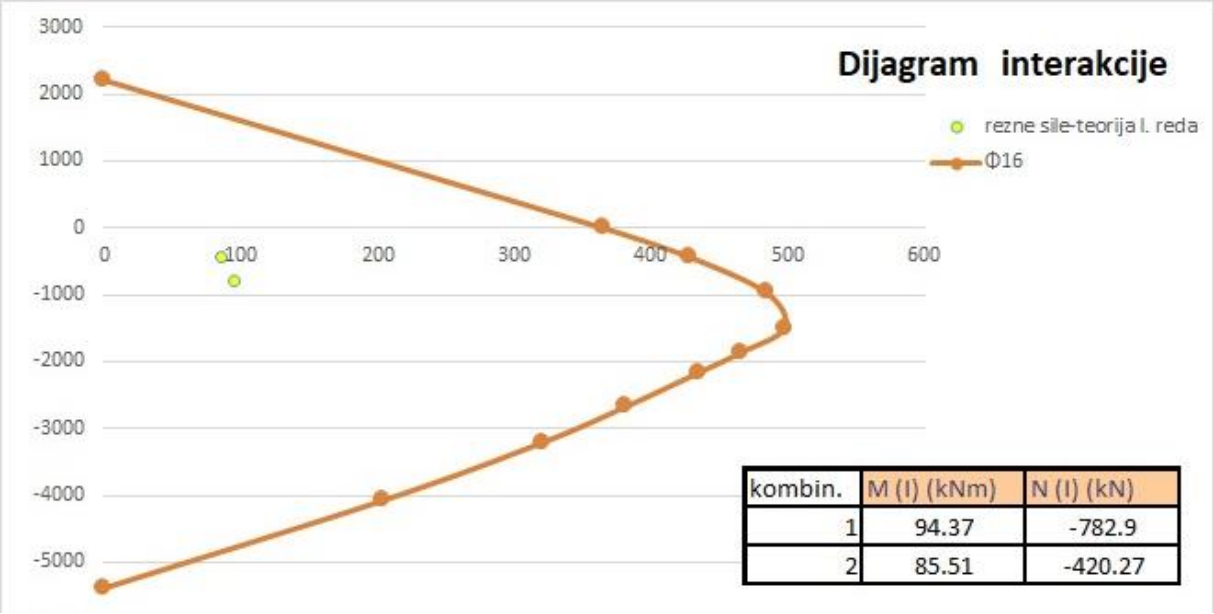
Odabrana armatura: ∅18 (A_s=50.8 cm^2)

Maksimalni razmak spona iznosi $e_w = 15\, cm$ ... (za stupove razreda duktilnosti M)

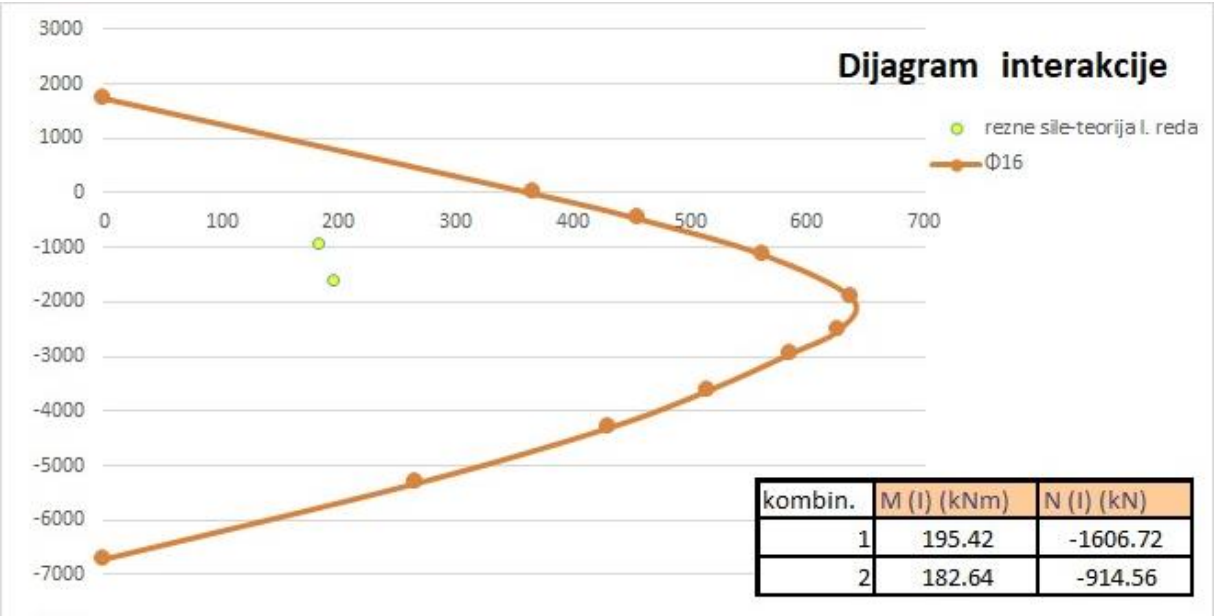
Odabrano: **Ø10/10**.

10.4.3 Dimenzioniranje stupova

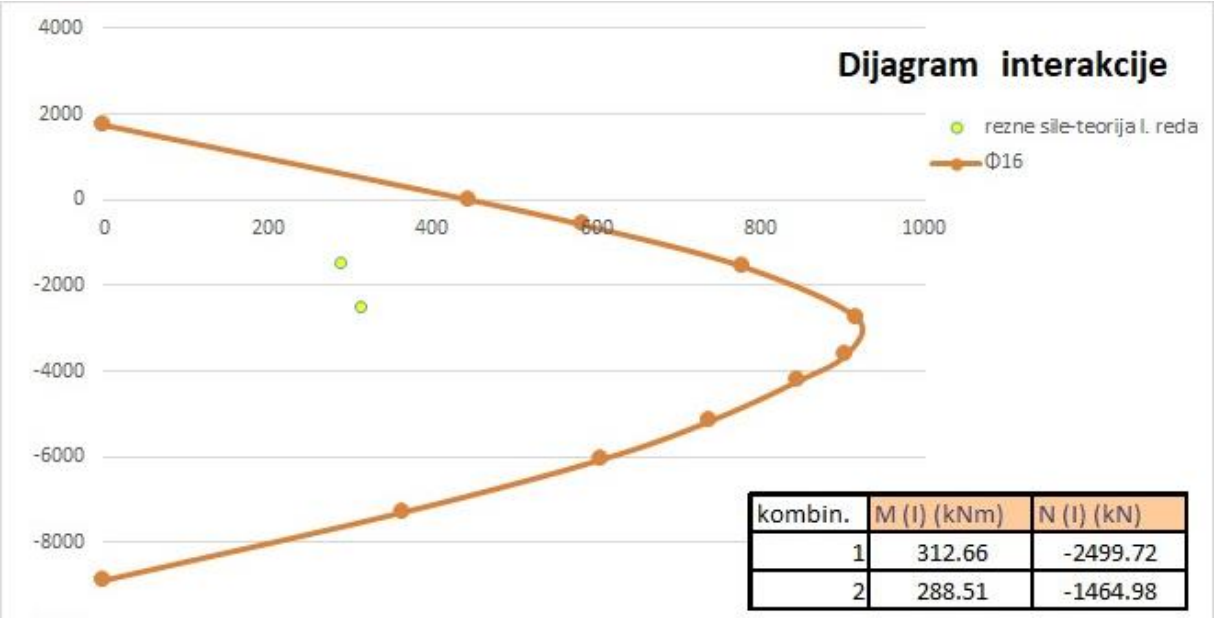
U nastavku je prikazana odabrana armatura za stupove. Za dimenzioniranje stupova je korišten software Aspalathos Section Design te Microsoft Excel za prikaz rezultata.



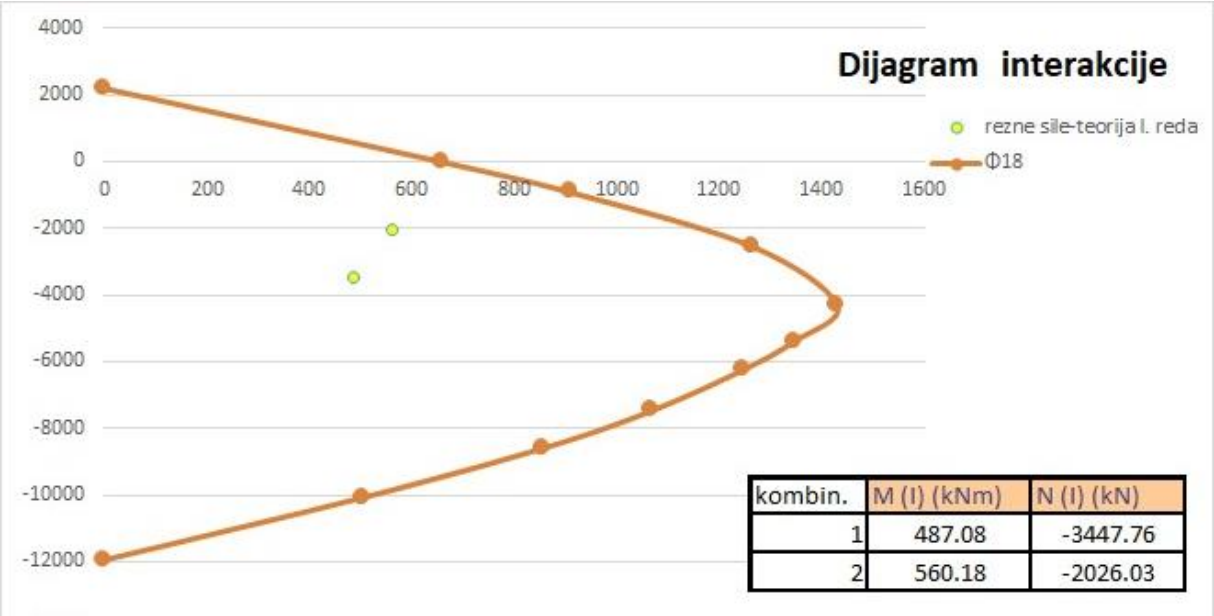
Slika 10.15 Dijagram interakcije za stup dimenzija 40x40 (cm)



Slika 10.16 Dijagram interakcije za stup dimenzija 50x50 (cm)



Slika 10.17 Dijagram interakcije za stup dimenzija 60x60 (cm)



Slika 10.18 Dijagram interakcije za stup dimenzija 70x70 (cm)

11 PRORAČUN TEMELJA SAMCA ISPOD STUPA

11.1 Dimenzioniranje temelja

Za dobivanje reznih sila na spoju temelj - stup korištene su sljedeće mjerodavne kombinacije opterećenja:

1. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

$$1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$$

2. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

$$1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$$

3. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

$$1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g + 0.3 \cdot q + 1.0 \cdot P_x + 0.3 \cdot P_y$$

4. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

$$1.0 \cdot g + 1.0 \cdot \Delta g + 0.3 \cdot q + 0.3 \cdot P_x + 1.0 \cdot P_y$$

Iz navedenih kombinacija dobiveni su mjerodavni parovi maksimalnih uzdužnih sila i pripadnih momenata od kojih odabiremo dva para sila mjerodavna za dimenzioniranje temelja samaca.

Mjerodavne sile na spoju temelj - stup:

- 2. kombinacija: $N_{max} = 5828.50\ kN$
  $M_{pripadno} = 281.44\ kNm$

- 4. kombinacija: $M_{max} = 560.18\ kNm$
  $N_{pripadno} = 2062.03\ kN$

11.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca

Temelj je centrično opterećen te zato odabiremo kvadratni poprečni presjek.

Dopuštena naprezanja u tlu (prirodni materijal): $\sigma_{dop} = 0.6\ MN/m^2$

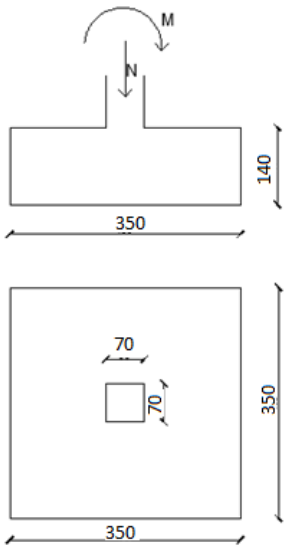
Širina i duljina temelja: $a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78\ m$

Usvojene dimenzije temelja: $a = 3.5\ m$

Visina temelja: $v = 2 \cdot a_{stup} = 2 \cdot 0.70 = 1.4\ m = 140\ cm$

Usvojena visina temelja: $v = 140\ cm$

Težina temelja: $N_t = 3.5 \cdot 3.5 \cdot 1.4 \cdot 25 = 428.75\ kN$



Slika 11.1 Dimenzije temelja

11.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi tlo - temelj

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = 3.5 \cdot 3.5 = 12.25\ m^2$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{3.5 \cdot 3.5^2}{6} = 7.14\ m^3$$

- **2. kombinacija**

$N_{max} = 5828.50\ kN \quad \rightarrow \quad N_{Ed} = N_{max} + N_t = 5828.50 + 428.75 = 6257.25\ kN$

$M_{pripadno} = 281.44\ kNm$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{6257.25}{12.25} \pm \frac{281.44}{7.14} = 510.80 \pm 39.42$$

$$\left.\begin{array}{l} \sigma_1 = 550.22\ kN/m^2 \\ \sigma_2 = 471.38\ kN/m^2 \end{array}\right\} < \sigma_{t,dop} = 600\ kN/m^2$$

- **4. kombinacija**

$M_{max} = 560.18\ kNm$

$N_{pripadno} = 2062.03\ kN \quad \rightarrow \quad N_{Ed} = N_{prip} + N_t = 2062.03 + 428.75 = 2490.78\ kN$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{2490.78}{12.25} \pm \frac{560.18}{7.14} = 203.33 \pm 78.46$$

$$\left.\begin{array}{l} \sigma_1 = 281.79\ kN/m^2 \\ \sigma_2 = 124.87\ kN/m^2 \end{array}\right\} < \sigma_{t,dop} = 600\ kN/m^2$$

11.3 Proračun armature temelja

Momenti u presjeku 1-1

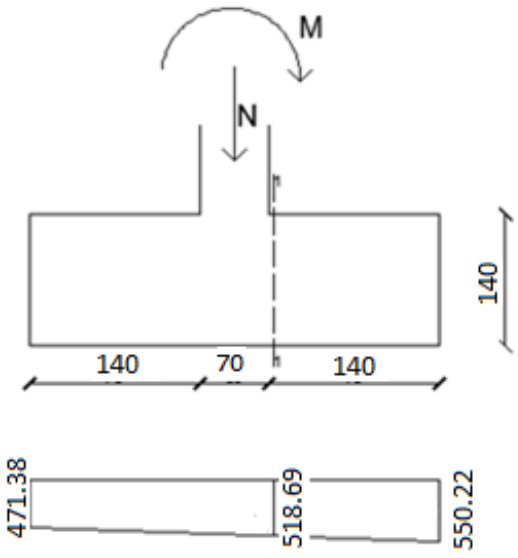
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)$$

- **2. kombinacija**

$$\sigma_{1-1} = 550.22 - \frac{1.40}{3.5} \cdot (550.22 - 471.38) = 518.69 \text{ kPa}$$

$$M_{1-1} = 518.69 \cdot 1.4 \cdot 3.5 \cdot \frac{1.40}{2} + (550.22 - 518.69) \cdot \frac{1.40 \cdot 3.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.40 = 1851.21 \text{ kNm}$$

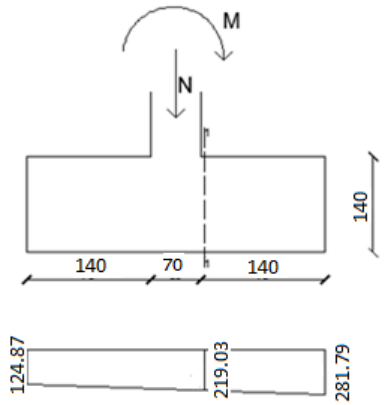


Slika 11.2 Naprezanje ispod temelja – 1. kombinacija

- **4. kombinacija**

$$\sigma_{1-1} = 281.79 - \frac{1.40}{3.5} \cdot (281.79 - 124.87) = 219.03\ kPa$$

$$M_{1-1} = 219.03 \cdot \frac{1.40}{2} \cdot 3.5 \cdot 1.40 + (281.79 - 219.03) \cdot \frac{1.40 \cdot 3.5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.40 = 894.79\ kNm$$



Slika 11.3 Naprezanja ispod temelja – 2. kombinacija

Mjerodavni moment za proračun armature:

$$M_{Ed}^{1-1} = (M^{1-1})_{max} = 1851.21\ kNm$$

Klasa betona: C25/30 → $f_{ck} = 25\ MPa$ → $f_{cd} = \frac{25}{1,5} = 16.67\ MPa = 1.66\ kN/cm^2$

Armatura: B500B → $f_{yk} = 500\ MPa$ → $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434.78\ MPa = 43.48\ kN/cm^2$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1851.21 \cdot 100}{350 \cdot 133^2 \cdot 1.66} = 0.018$$

<u>*Očitano:*</u> $\varepsilon_{s1} = 10.0$ ‰, $\varepsilon_{c2} = 0.8$ ‰, $\xi = 0.074$, ζ=0.974

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d_y} = \frac{1851.21 \cdot 100}{43.48 \cdot 0.974 \cdot 133} = 32.87\ cm^2/m'$$

$A'_{s1} = A_{s1}/a = 32.87/3.5 = 9.39\ cm^2/m'$

<u>*Odabrano:*</u> **Ø16/20** ($A_{s1} = 10.05\ cm^2/m'$)

Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: **Ø12/20** ($A_{s1} = 5.65\ cm^2/m'$)

12 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM

Tablica 12.1 Troškovnik konstrukcije s aseizmičkim slojem

TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM					
R.Br.	**Opis stavke**	**MJ**	**Količina**	**Cijena/MJ**	**Iznos**
1	**ZEMLJANI RADOVI**				
1.1	Iskop za temelje u tlu kategorije A	m^3	1296.65	90.00 kn	116,698.50 kn
				Zemljani radovi ukupno	116,698.50 kn
2	**BETONSKI I ARMIRANO BETONSKI RADOVI**				
2.1	Podbeton ispod temelja C16/20	m^3	125.50	650.00 kn	81,575.00 kn
2.2	Beton temelja C25/30	m^3	943.25	900.00 kn	848,925.00 kn
2.3	Beton ploča C35/40	m^3	3402.00	1,500.00 kn	5,103,000.00 kn
2.4	Beton greda C35/40	m^3	987.00	1,800.00 kn	1,776,600.00 kn
2.5	Beton stupa C35/40	m^3	479.16	1,800.00 kn	862,488.00 kn
				Betonski radovi ukupno	8,672,588.00 kn
2.6	Armatura temelja B500B	kg	28924.50	7.30 kn	211,148.85 kn
2.7	Armatura ploča B500B	kg	254810.48	7.30 kn	1,860,116.50 kn
2.8	Armatura greda B500B	kg	135661.10	7.30 kn	990,326.03 kn
2.9	Armatura stupova B500B	kg	128377.15	7.30 kn	937,153.20 kn
				Armirački radovi ukupno	3,998,744.58 kn
3	**OSTALI RADOVI**				
3.1	Aseizmički materijal ispod temelja	m^3	669.24	150.00 kn	100,386.00 kn
				Ostali radovi ukupno	100,386.00 kn
			UKUPNO (BRUTO):		12,888,417.08 kn
			PDV (25%):		3,222,104.27 kn
			UKUPNO (NETO):		16,110,521.35 kn

13 ZAKLJUČAK

Bazna izolacija je relativno nova metoda ublažavanja učinaka potresa na konstrukciju. Koristi se često kod povijesnih građevina zbog njihove velike krutosti konstrukcije i važnosti. U zadnje vrijeme se sve češće koristi u područjima visoke seizmičnosti i za ostale građevine. Uglavnom se radi o skupim i zahtjevnim zahvatima izoliranja. Ideja diplomskog rada je ispitati isplativost relativno jeftine izolacije prirodnim materijalom.

Vršila se usporedba osmoetažne stambene betonske zgrade s okvirnim nosivim sustavom te zgrade s aseizmičkim slojem ispod temelja od prirodnih oblutaka. Aseizmička izolacija je debljine 80 cm. Razmatrala se otpornost, racionalnost i sama uporabljivost građevine što uključuje i psihološke učinke potresa na ljude. Obje konstrukcije imaju istu računsku otpornost jer su proračunate prema istim normama i propisima.

Kako je okvirna konstrukcija klasične gradnje imala relativno velike periode koji su bili na rubu granice konstantnog dijela spektra odziva nije se moglo dogoditi veliko smanjenje potresnih sila koje djeluju na građevinu s aseizmičkim slojem prirodnog materijala. Međutim aseizmičkim slojem smanjeni su međukatni pomaci što omogućuje veću fleksibilnost s odabirom krtih materijala za fasadu (npr. staklo). Također psihološki učinci potresa na ljude kod zgrade s aseizmičkim slojem su puno povoljniji.

S gledišta ekonomičnosti, zgrada s aseizmičkim slojem je skuplja 3.65 % u odnosu na zgradu klasične gradnje. Pošto je cijena konstrukcije samo dio ukupne cijene gotove građevine ovaj postotak je još manji.

Kod krućijih okvirnih konstrukcija, manjeg perioda od ove, baznom izolacijom bi se znatnije smanjile potresne sile te došlo do uštede pri odabiru potrebnih dimenzija i armature elemenata. Također, kao što je već spomenuto, smanjili bi se međukatni pomaci te psihološki utjecaj na ljude pri potresu bi bio povoljniji.

14 LITERATURA

[1] EN 1991: Eurocode 1

[2] EN 1992: Eurocode 2

[3] EN 1991: Eurocode 3

[4] Radnić J., Harapin A.: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta, Split, 2007.

[5] SCIA Engineer 18.0 – Manual

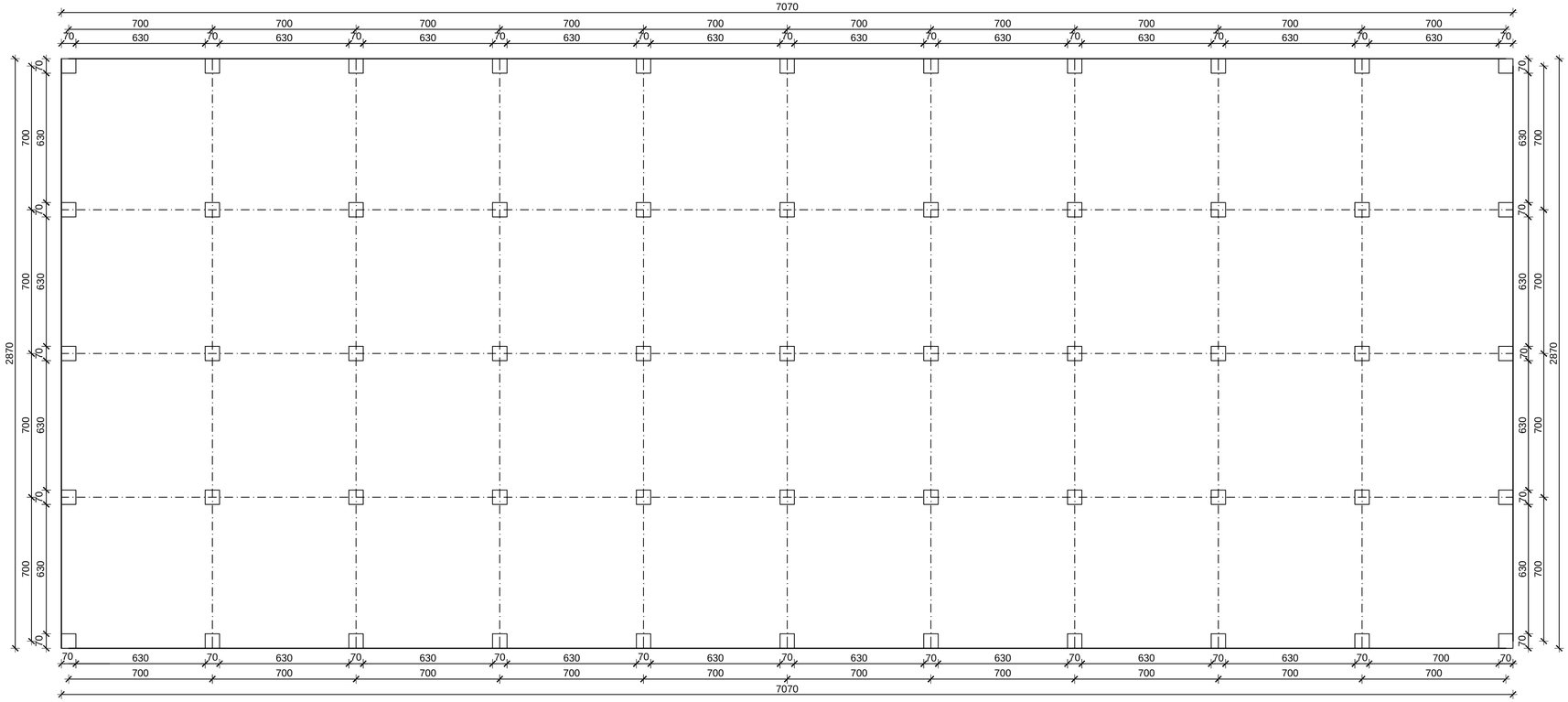
[6] Sika Hrvatska – stručni članci

[7] Ante Mihanović: Dinamika konstrukcija, Split, 1995.

15 GRAFIČKI PRILOZI

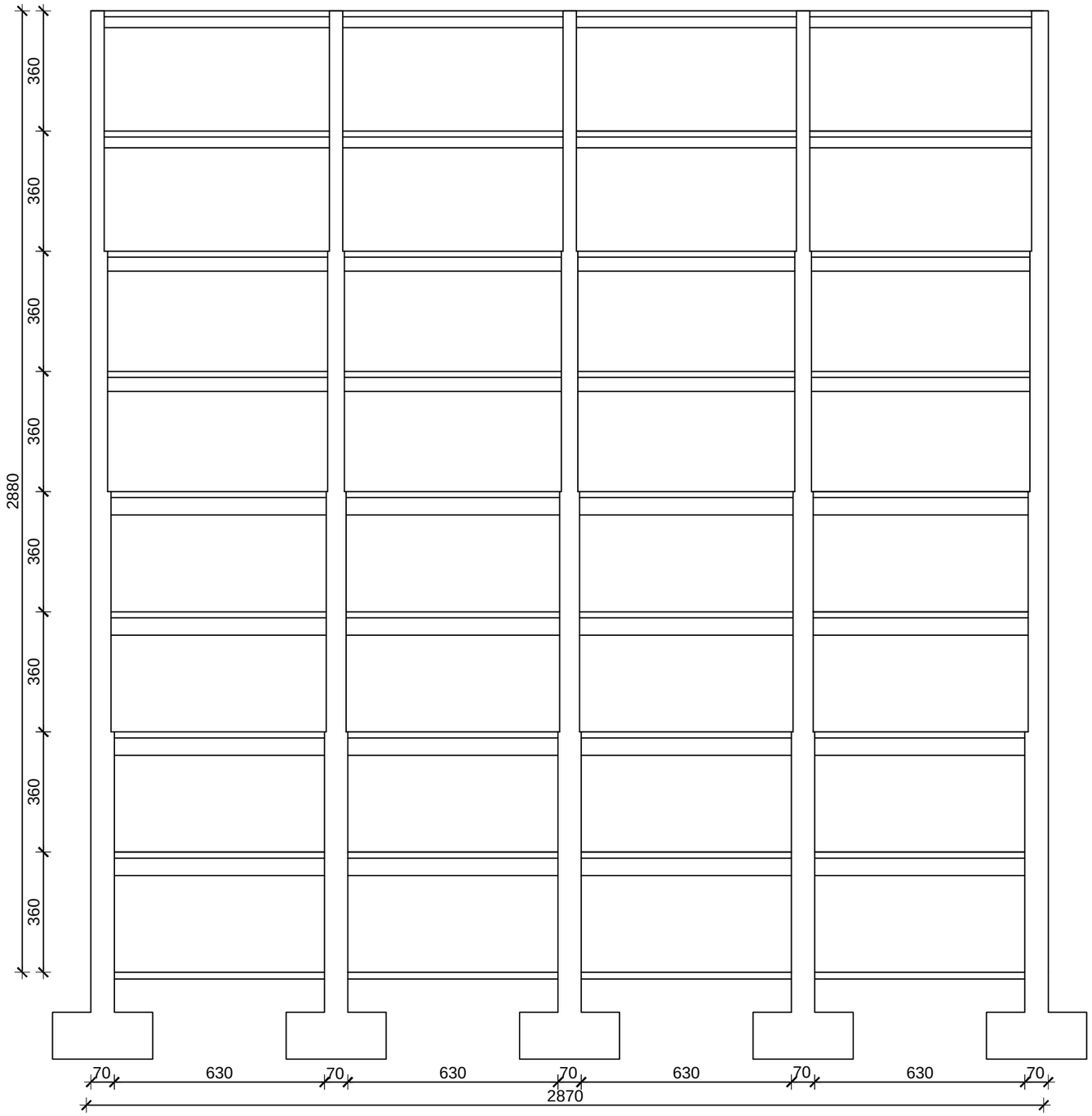
1. Tlocrt konstrukcije M 1:150
2. Presjek konstrukcije M 1:150
3. Plan armature ploče-donja zona-međukatna konstrukcija M 1:150
4. Plan armature ploče-gornja zona-međukatne i krovne konstrukcije M 1:150
5. Plan armature ploče-donja zona-krovna konstrukcija M 1:150
6. Plan armature karakteristične uzdužne grede M 1:50, M 1:25
7. Plan armature karakteristične poprečne grede M 1:50, M 1:25
8. Plan armature karakterističnog stupa M 1:50, M 1:25
9. Plan armature temelja M 1:25
10. Plan armature karakteristične uzdužne grede suvremene gradnje M 1:50, M 1:25
11. Plan armature karakteristične poprečne grede suvremene gradnje M 1:50, M 1:25
12. Plan armature temelja suvremena gradnja M 1:25

TLOCRT KONSTRUKCIJE



SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	DIPLOMSKI RAD		
	ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE	
	STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR Prof. dr.sc. Jure Radnić
	SADRŽAJ	Tlocrt konstrukcije	MJERILO 1:150
	DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA 1

PRESJEK KONSTRUKCIJE
1-1

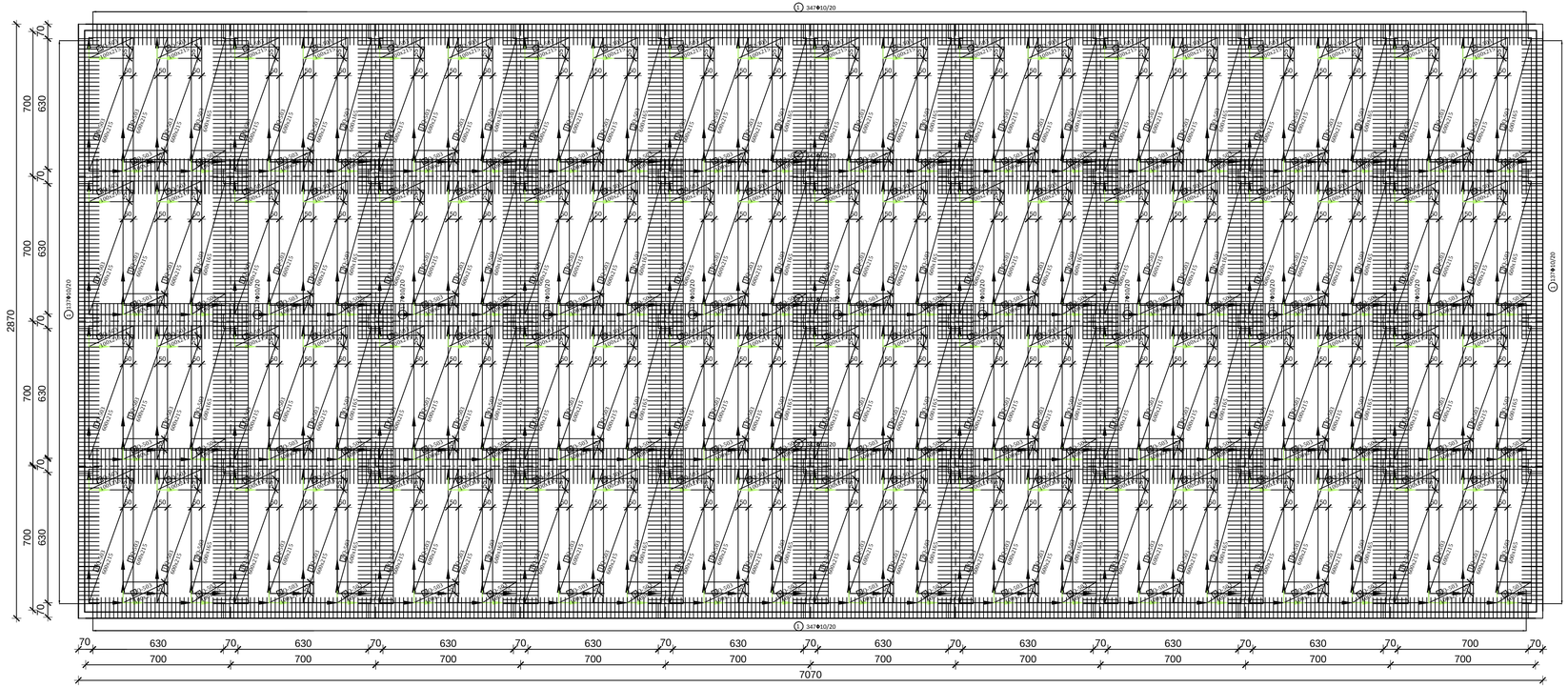


SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE
STUDENT Domagoj Markežić	MENTOR Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ Presjek konstrukcije	MJERILO 1:150
DATUM RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA 2

PLAN ARMATURE PLOČE - DONJA ZONA
MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-503	100	600x215	120	8.03	12430.4
2	Q-503	100	600x165	40	8.03	3179.88
3	Q-503	100	100x215	120	8.03	2071.7
4	Q-503	100	100x165	40	8.03	529.98
					UKUPNO: (KG)...	18211.96

ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	30 100	10	0.649	968	130	816.70
2	170	10	0.649	2274	170	2508.9
					UKUPNO: (KG)...	3325.6

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature ploče-donja zona-međukatna konstrukcija	MJERILO	1:150
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	3

PLAN ARMATURE PLOČE - GORNJA ZONA
KROVNA I MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA

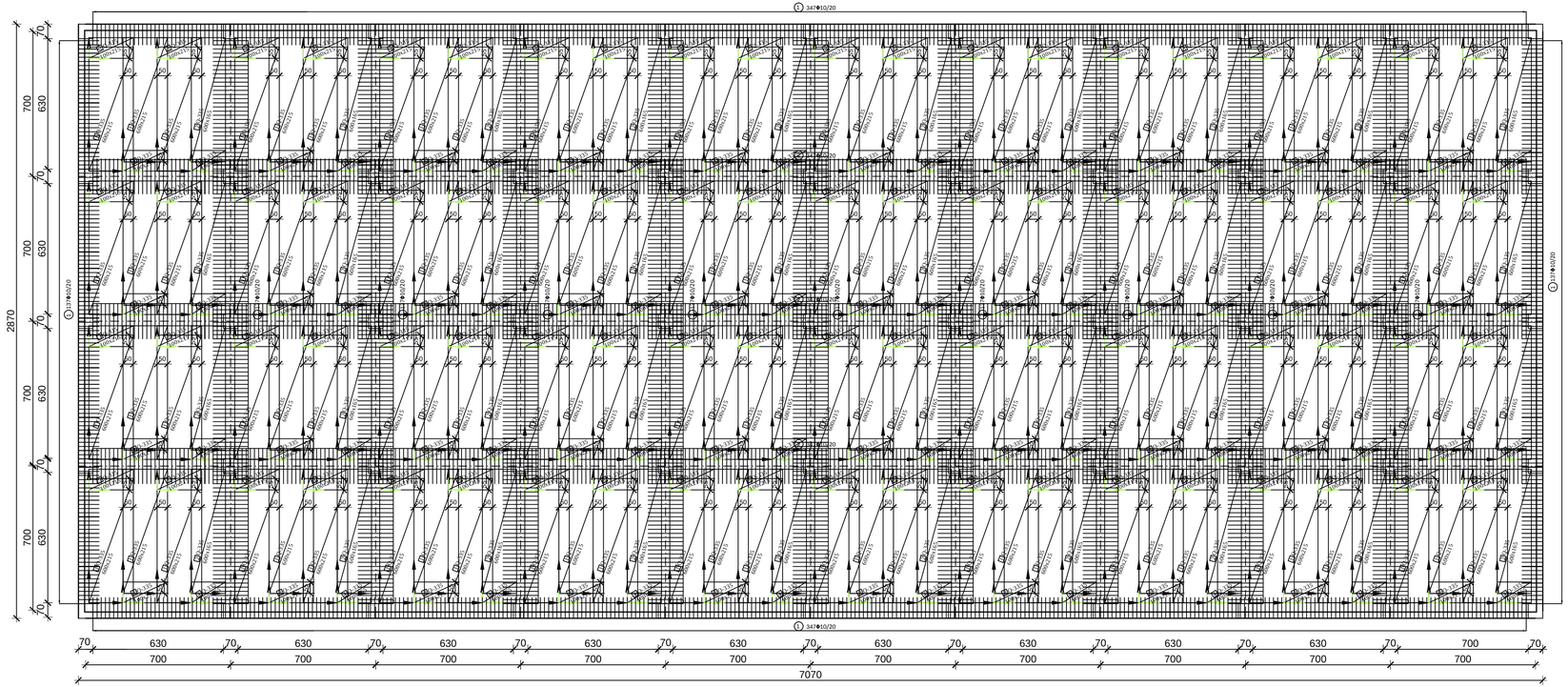
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-636	300 / 300	300x215	55	10.08	3575.9
2	R-636	100 / 100	100x215	76	5.95	972.23
3	R-636	300 / 300	300x215	156	5.95	5986.89
4	R-636	300 / 300	300x100	24	5.95	428.4
					UKUPNO:	(KG)... 10963.42

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	ZADATAK	DIPLOMSKI RAD PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE	
	STUDENT Domagoj Markežić	MENTOR Prof. dr.sc. Jure Radnić	
	SADRŽAJ Plan armature-gornja zona-krovna i međukatna konstrukcija	PLJERILO 1:150	
	DATUM RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA 4	

PLAN ARMATURE PLOČE - DONJA ZONA

KROVNA KONSTRUKCIJA



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-335	100 / 100	600x215	120	5.45	8436.6
2	Q-335	100 / 100	600x165	40	5.45	2812.2
3	Q-335	100 / 100	100x215	120	5.45	1406.1
4	Q-335	100 / 100	100x165	40	5.45	359.7
					UKUPNO: (KG)...	13014.6

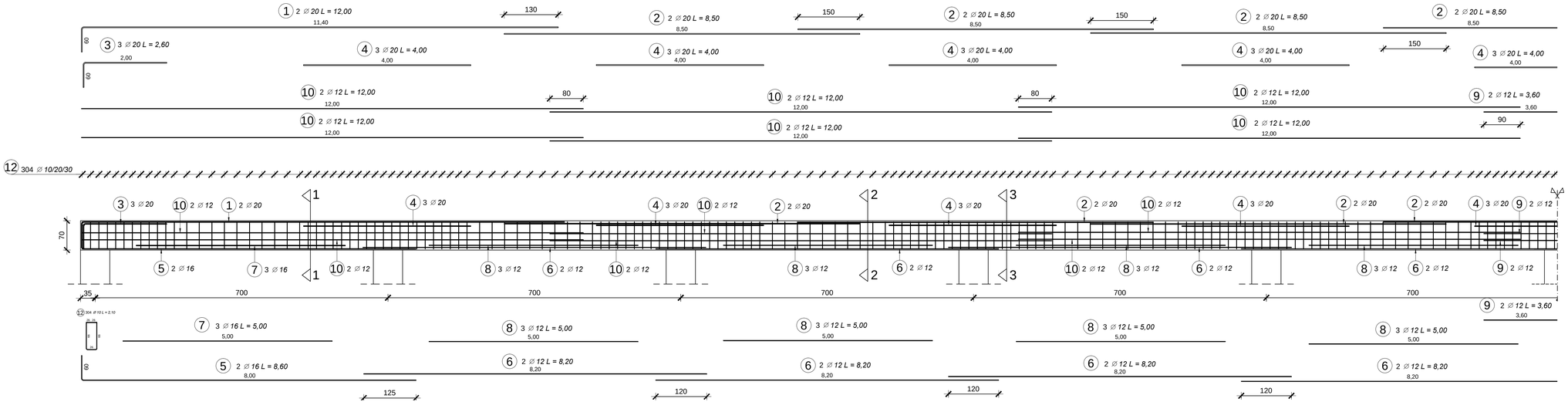
ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	30 / 100	10	0.649	968	130	816.70
2	170	10	0.649	2274	170	2508.9
					UKUPNO: (KG)...	3325.6

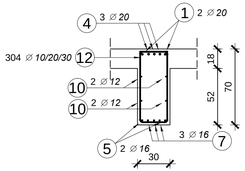
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZADATAK	DIPLOMSKI RAD
	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE
STUDENT	Domagoj Markežić
MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature-donja zona-krovna konstrukcija
MJERILO	1:150
DATUM	RUJAN, 2018.
BROJ PRILOGA	5

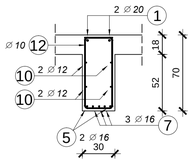
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE



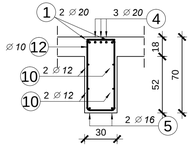
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	20	11,40	a = 90	4	12,00	48,0
2	20	8,50		12	8,50	102,0
3	20	2,00	a = 90	6	2,60	15,6
4	20	4,00		27	4,00	108,0
5	16	8,00	a = 90	4	8,60	34,4
6	12	8,20		16	8,20	131,2
7	16	5,00		6	5,00	30,0
8	12	5,00		24	5,00	120,0
9	12	3,60		4	3,60	14,4
10	12	12,00		24	12,00	288,0
12	10	26 a 26 b 26 c 26 d 10	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	304	2,10	638,4

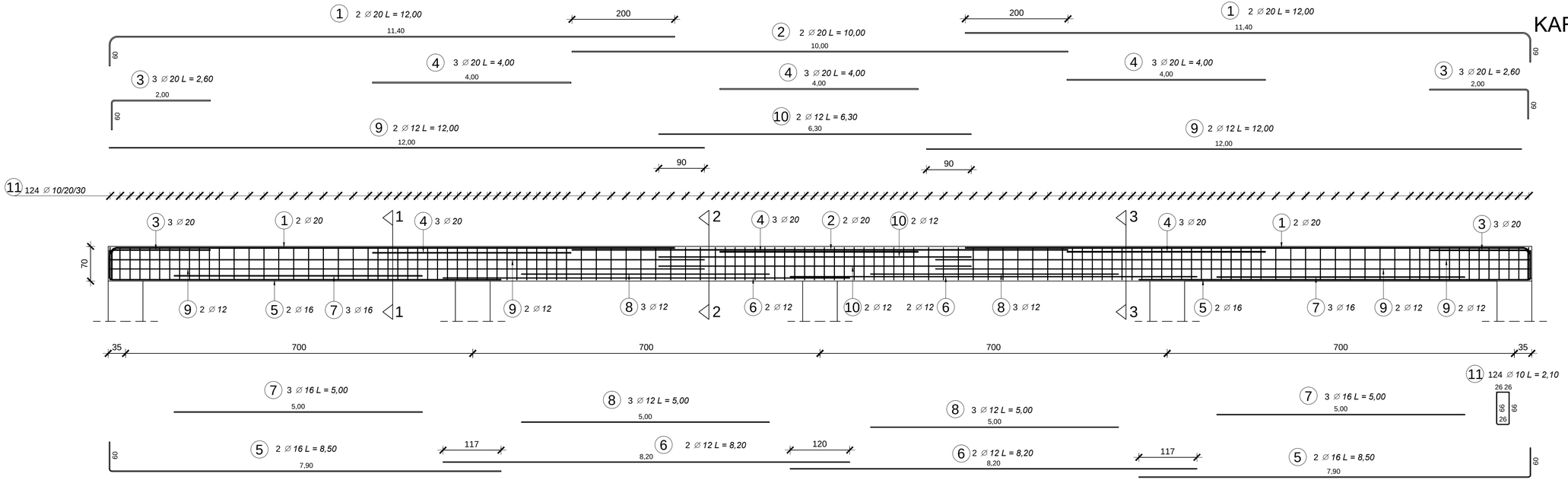
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 20
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	2,470
Ukupna duljina (m)	638,40	553,60	64,40	273,57
Ukupna masa (kg)	393,9	491,6	101,8	675,7
Ukupno: (kg)	1662,959			

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

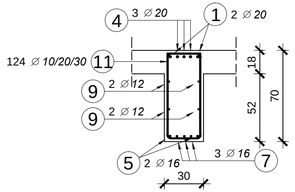
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične grede	MJERILO	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	6

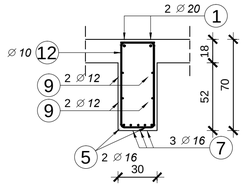
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE



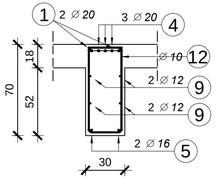
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



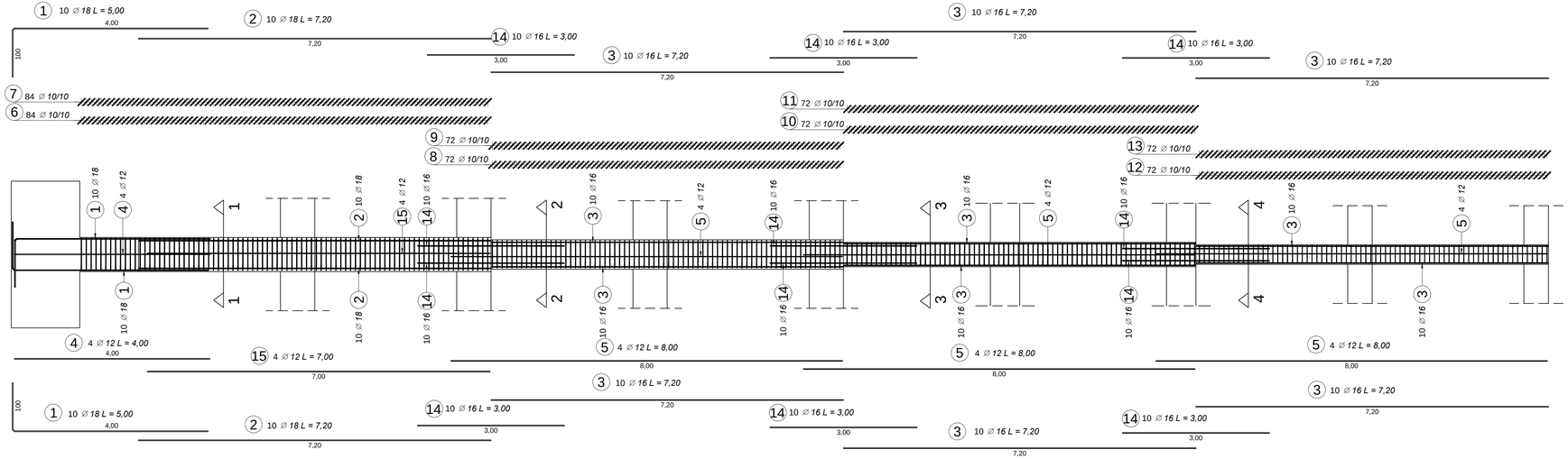
Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	20	11,40 a 60	a = 90	4	12,00	48,0
2	20	10,00		2	10,00	20,0
3	20	2,00 a 60	a = 90	6	2,60	15,6
4	20	4,00		9	4,00	36,0
5	16	7,90 a 60	a = 90	4	8,50	34,0
6	12	8,20		4	8,20	32,8
7	16	5,00		6	5,00	30,0
8	12	5,00		6	5,00	30,0
9	12	12,00		8	12,00	96,0
10	12	6,30		4	6,30	25,2
11	10	26 a 26 b 66 c 66 d 26	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	124	2,10	260,4

BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 20
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	2,470
Ukupna duljina (m)	260,40	184,00	64,00	119,57
Ukupna masa (kg)	160,7	163,4	101,1	295,3
Ukupno: (kg)	720,517			

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične poprečne grede	MJERILO	1:50, 1:25
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	7

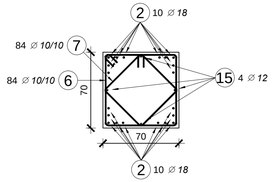


Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	18	100 / 4,00	a = 90	20	5,00	100,0
2	18	7,20		20	7,20	144,0
3	16	7,20		60	7,20	432,0
4	12	4,00		4	4,00	16,0
5	12	8,00		12	8,00	96,0
6	10	c 48, 48, b, a, 56	a = 90 b = 90 c = 90	84	2,88	241,9
7	10	c 49, 49, b, a, 49	a = 90 b = 90 c = 90	84	2,18	183,1
8	10	c 56, 56, b, a, 56	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,48	178,6
9	10	c 42, 42, b, a, 42	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,90	136,8
10	10	c 49, 49, b, a, 49	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,08	149,8
11	10	c 35, 35, b, a, 35	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,62	116,6
12	10	c 35, 35, b, a, 35	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,68	121,0
13	10	c 28, 28, b, a, 28	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,34	96,5
14	16	3,00		60	3,00	180,0
15	12	7,00		4	7,00	28,0

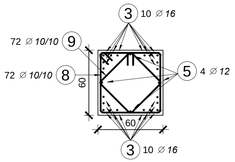
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNOG STUPA

B5r500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 18
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	1,998
Ukupna duljina (m)	1224,24	139,98	612,00	244,00
Ukupna masa (kg)	755,4	124,3	967,0	487,5
Ukupno: (kg)	2334,130			

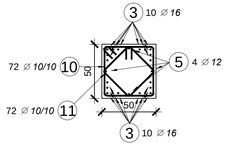
PRESJEK 1-1
70x70 (cm)



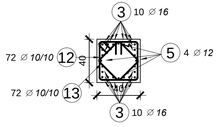
PRESJEK 2-2
60x60 (cm)



PRESJEK 3-3
50x50 (cm)



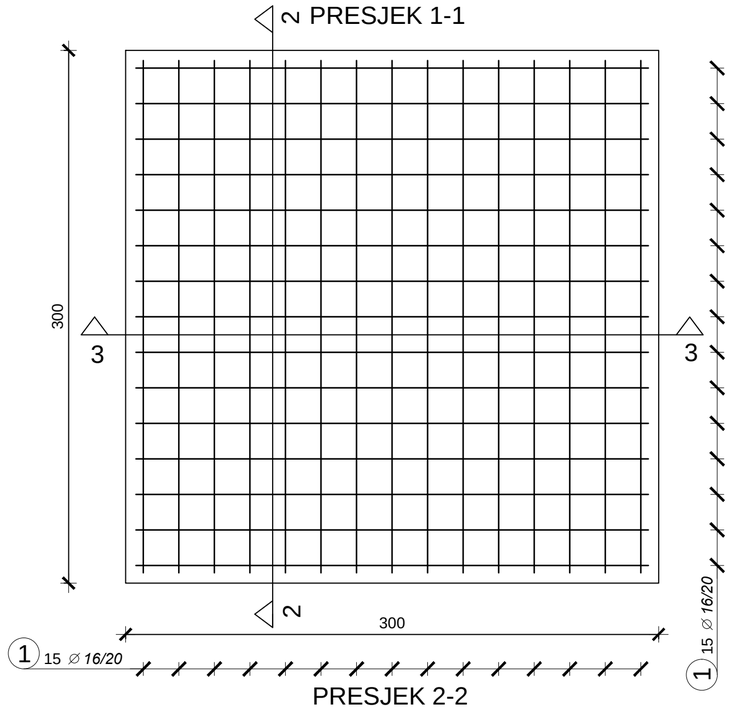
PRESJEK 4-4
40x40 (cm)

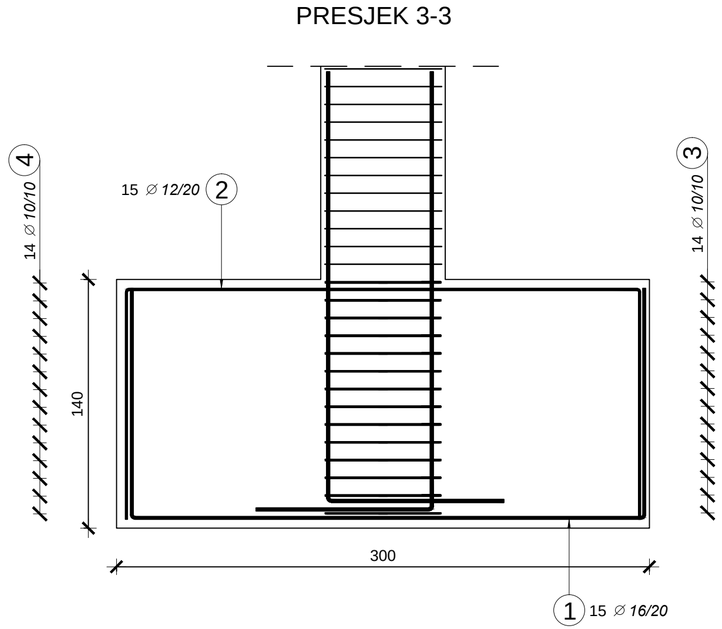


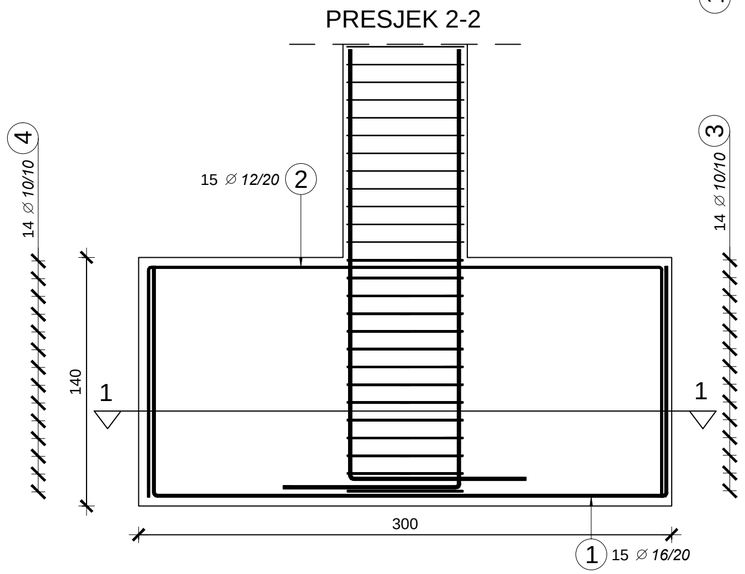
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

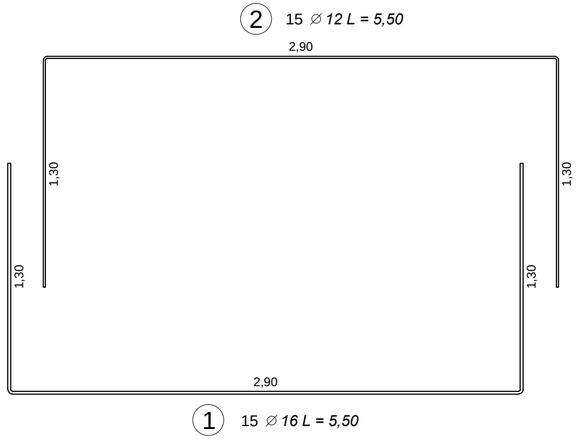
ZADATAK	DIPLOMSKI RAD
STUDENT	Domagoj Markežić
MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakterističnog stupa
PLANIRANI	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.
BROJ PRILOGA	8

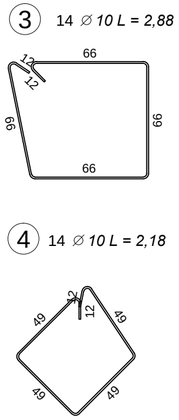
PLAN ARMATURE TEMELJA











Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	16	1,30 b a 1,30 2,90	a = 90 b = 90	30	5,50	165,0
2	12	1,30 b a 1,30 2,90	a = 90 b = 90	30	5,50	165,0
3	10	c 66 12 b a 66 66	a = 90 b = 90	14	2,88	40,3
4	10	c 49 12 b a 49 49	a = 90 b = 90 c = 90	14	2,18	30,5

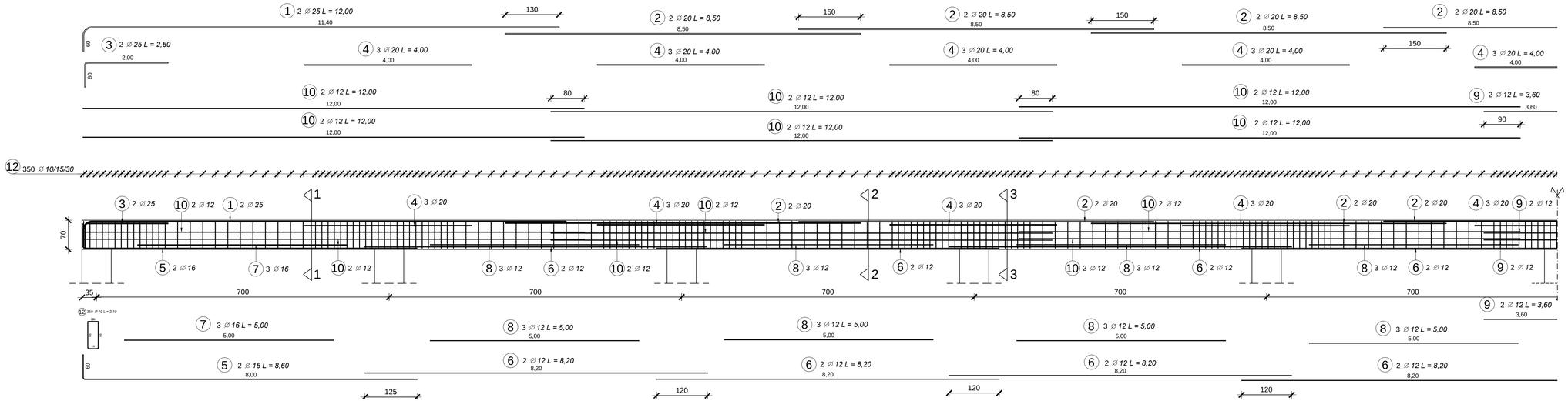
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16
(kg/m)	0,617	0,888	1,580
Ukupna duljina (m)	70,84	165,00	165,00
Ukupna masa (kg)	43,7	146,5	260,7
Ukupno: (kg)	450,928		

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

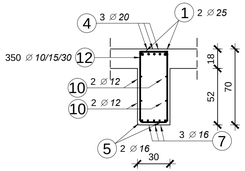
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature temelja	MJERILO	1:25
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	9

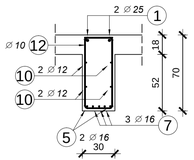
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE



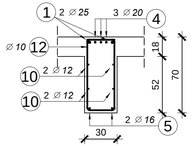
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	25	12 / 4 / 11,40	a = 90	4	12,00	48,0
2	20	8,50		12	8,50	102,0
3	25	2,00 / 26	a = 90	4	2,60	10,4
4	20	4,00		27	4,00	108,0
5	16	8,00 / 12	a = 90	4	8,60	34,4
6	12	8,20		16	8,20	131,2
7	16	5,00		6	5,00	30,0
8	12	5,00		24	5,00	120,0
9	12	3,60		4	3,60	14,4
10	12	12,00		24	12,00	288,0
12	10	26 / 26 / 26 / 26 / 26 / 26 / 26 / 26	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	350	2,10	735,0

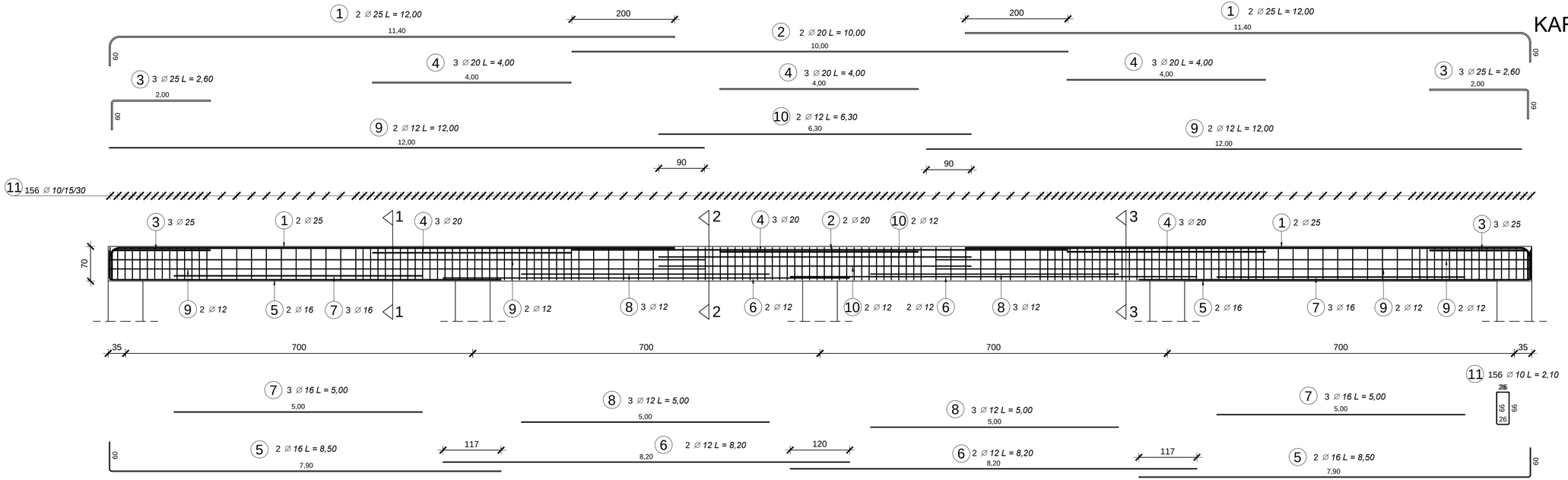
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 20	∅ 25
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	2,470	3,850
Ukupna duljina (m)	735,00	553,60	64,40	210,00	58,38
Ukupna masa (kg)	453,5	491,6	101,8	518,7	224,8
Ukupno: (kg)	1790,307				

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

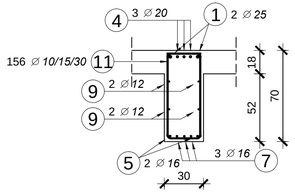
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE S SEIZMIČKIM SLOJEM		
STUDENT	Domagoj Marković	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične uzdužne grede	MJERILO	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	10

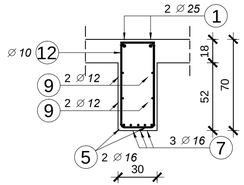
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE



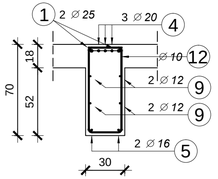
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	25	11,40	a = 90	4	12,00	48,0
2	20	10,00		2	10,00	20,0
3	25	2,00	a = 90	6	2,60	15,6
4	20	4,00		9	4,00	36,0
5	16	7,90	a = 90	4	8,50	34,0
6	12	8,20		4	8,20	32,8
7	16	5,00		6	5,00	30,0
8	12	5,00		6	5,00	30,0
9	12	12,00		8	12,00	96,0
10	12	6,30		4	6,30	25,2
11	10	26 a b c d 66	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	156	2,10	327,6

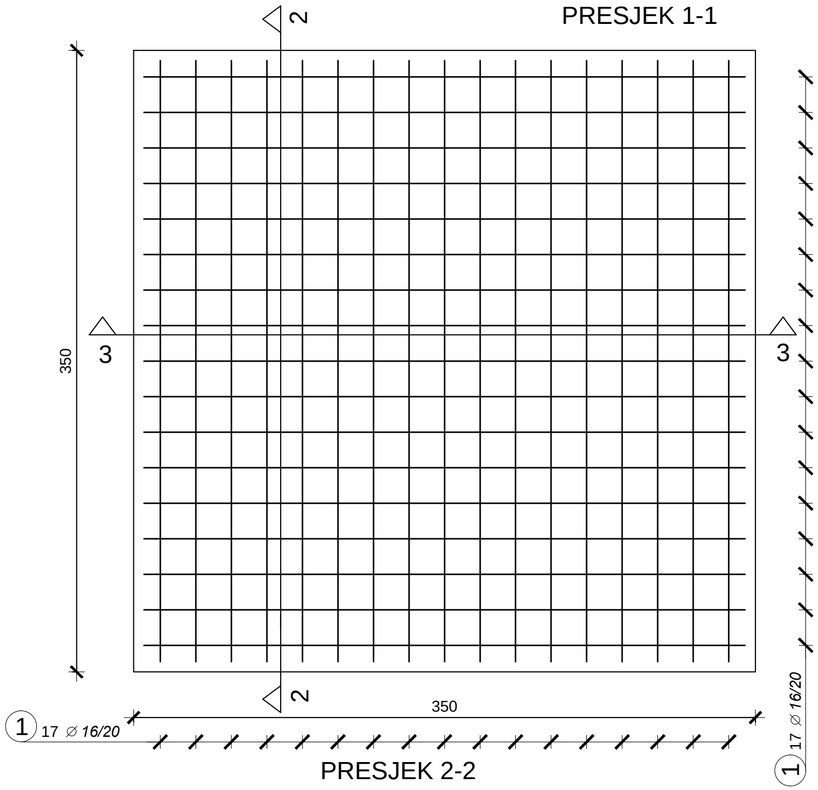
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 20	∅ 25
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	2,470	3,850
Ukupna duljina (m)	327,60	184,00	64,00	56,00	63,57
Ukupna masa (kg)	202,1	163,4	101,1	138,3	244,7
Ukupno: (kg)	849,706				

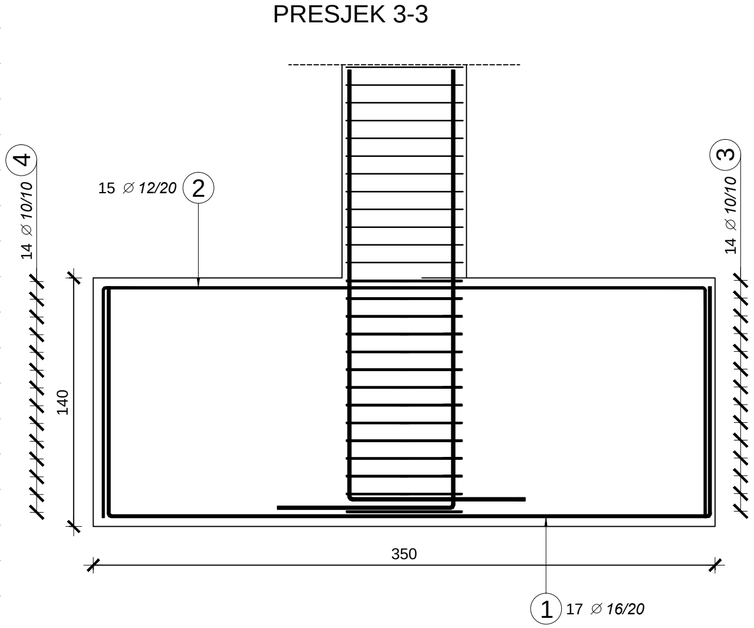
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

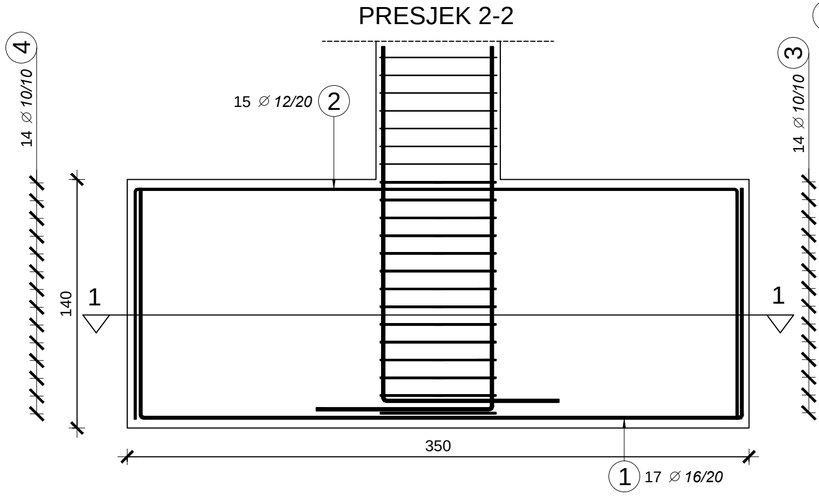
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične poprečne grede	MJERILO	1:50, 1:25
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	11

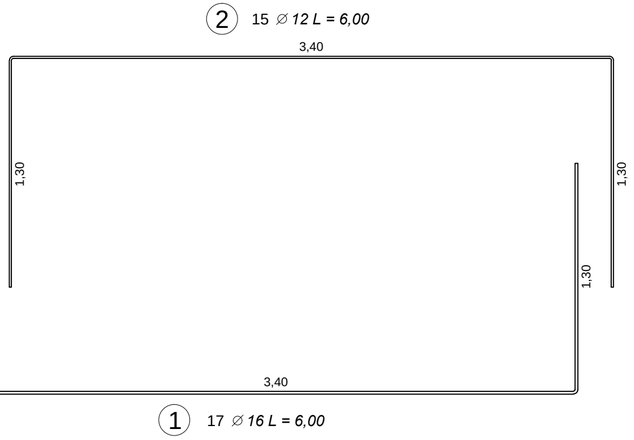
PLAN ARMATURE TEMELJA

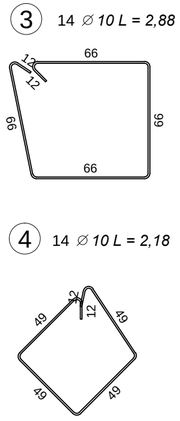






Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	16	1,30 b a 1,30 3,40	a = 90 b = 90	34	6,00	204,0
2	12	1,30 b a 1,30 3,40	a = 90 b = 90	30	6,00	180,0
3	10	66 c 66 a 66 66	a = 90 b = 90 c = 90	14	2,88	40,3
4	10	49 c 49 a 49 49	a = 90 b = 90 c = 90	14	2,18	30,5





BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16
(kg/m)	0,617	0,888	1,580
Ukupna duljina (m)	70,84	180,00	204,00
Ukupna masa (kg)	43,7	159,8	322,3
Ukupno: (kg)	525,868		

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM		
STUDENT	Domagoj Markežić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature temelja	MJERILO	1:25
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	12