Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i s aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva

Čubelić, Morena

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:123:942831

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

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

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Morena Čubelić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Morena Čubelić

Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva

Diplomski rad

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT:	Morena Čubelić
BROJ INDEKSA:	646
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 aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva

Opis zadatka: Potrebno je izraditi projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade. Zgrada ima okvirni nosivi sustav. Tlocrtne dimenzije zgrade su 70x28 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}= 1MPa.

Projekt obuhvaća dvije varijante:

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

b) Suvremeni pristup, u kojem se smanjuju potresne sile na građevinu pomoću aseizmičke izolacije od elastomernih ležajeva.

Usporediti varijante rješenja konstrukcije zgrade sa tehničkog, sigurnosnog i ekonomskog aspekta.

U Splitu, 21. rujna, 2018.

Voditelj diplomskog rada:	Predsjednik Povjerenstva za završne i diplomske ispite:
Prof. dr. sc. Jure Radnić	Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Juri Radniću na uloženom trudu i korisnim savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

Hvala i doc. dr. sc. Nikoli Grgiću na korisnim savjetima, vremenu i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Posebno zahvaljujem mojoj obitelji, prijateljima i kolegama na razumijevanju i podršci tijekom studija.

Projekt konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva

Sažetak:

Diplomski rad prikazuje usporedbu rješenja osmoetažne betonske stambene zgrade s klasičnim gradnjom i zgrade s aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva. Kod klasične građevine potresne sile se prenose s konstrukcije na temelje, dok se sile kod aseizmičke izolacije s konstrukcije prenose na elastomerne ležajeve, te preko njih na temelje, zatim na tlo.

Aseizmička izolacija omogućava disipaciju potresne enegije, čime se smanjuju rezne sile unutar konstrukcije. Uporabom elastomernih ležajeva nastojimo povećati uporabni vijek konstrukcije. Zbog usporedbe rješenja klasične gradnje i aseizmičkom izolacijom izvršeno je modeliranje konstrukcija u računalnom programu SCIA Engineer 18.0. Svi nosivi elementi konstrukcije su proračunati prema važećim propisima Eurocodea i pripadnim nacionalnim dodatcima. Za oba slučaja izvršena je analiza opterećenja i dimenzioniranje svih konstruktivnih elemenata na temelju mjerodavnih reznih sila svakog rješenja. Zatim su izrađeni armaturni planovi elemenata konstrukcije, iskaz materijala i troškovnici. Korišteni su tehnički, sigurnosni i ekonomski aspekti za usporedbu rješenja dvije varijante stambene konstrukcije.

Ključne riječi:

Betonska okvirna konstrukcija, klasična gradnja, aseizmička izolacija, elastomerni ležajevi

Design of the classically built eighth stories residential concrete frame structure building and aseismically isolated building with elastomeric bearings

Abstract:

This thesis shows the comparison of solutions of the classicaly built eighth stories residential concrete frame structure building and a building with seismic isolation. Classical structure transfers the forces from the structure to the foundations, while by using the seismic isolation the forces are transfered from the foundation to the seismic layer beneath the foundation.

Seismic isolation enables the dissipation of the earthquake energy, which eases the cutting forces inside of the structure. Elastomeric bearings reduce seismic forces and strive to increase construction utility. Aiming to compare the solutions, the design of the constructions has been made using the software SCIA Engineer 18.0. All of the construction elements were calculated according to the valid regulations of Eurocode and national annexes. The sizing of all of the construction elements has been carried out for both of the solutions. Reinforcing plans with the statement of the material amount have been made. Tehnical, safety and economic aspects are used in order to compare desings of structure of a residental building.

Keywords:

Concrete frame construction, classical construction, seismic isolation, elastomeric bearings

SADRŽAJ

1 TEHNIČKI OPIS 1

1.1 OPĆENITO O KONSTRUKCIJI, DJELOVANJU POTRESA I ASEIZMIČKOJ IZLOACIJI 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) 35
5.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102 35
5.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu 37
5.4 DIMENZIONIRANJE STUPOVA 42
5.4.1 Rezne sile 42
5.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu 45
5.4.3 Dimenzioniranje stupova 46
6 PRORAČUN TEMELJA SAMCA 48
6.1 DIMENZIONIRANJE TEMELJA 48
6.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca 49
6.2 KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TLO - TEMELJ 50
6.3 PRORAČUN ARMATURE TEMELJA 51
7 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE STAMBENE ZGRADE 53
8 ANALIZA OPTEREĆENJA KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM OD ELASTOMERNIH LEŽAJEVA 54
8.1 OPTEREĆENJE SNIJEGOM 54
8.2 OPTEREĆENJE VJETROM 55
8.2.1 Djelovanje vjetra na konstrukciju 55
8.3 OPTEREĆENJE POTRESOM 56
8.3.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije 56
8.3.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije 59
8.3.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda 61
9 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA 62
10 DIMENZIONIRANJE 63
10.1 DIMENZIONIRANJE PLOČE NA MOMENT SAVIJANJA 63
10.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija 63
10.1.2 Ploča – krovna konstrukcija 65
10.2 DIMENZIONIRANJE GREDE U UZDUŽNOM SMJERU (X SMJERU) 67
10.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101 67
10.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu 69

10.3 DIMENZIONIRANJE GREDE U POPREČNOM SMJERU (Y SMJERU) 77
10.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102 77
10.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu 79
10.4 DIMENZIONIRANJE STUPOVA 86
10.4.1 Rezne sile 86
10.4.2 Provjera zahtjeva za dimenzijama poprečnog presjeka stupa i dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu 89
10.4.3 Dimenzioniranje stupova 90
11 DIMENZIONIRANJE ELASTOMERNIH LEŽAJEVA 92
11.1 REZNE SILE 92
11.2 DIMENZIONIRANJE LEŽAJA Ø600 94
12 PRORAČUN TEMELJA SAMCA 96
12.1 DIMENZIONIRANJE TEMELJA 96
12.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca 97
12.2 KONTROLA NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TLO - TEMELJ 98
12.3 PRORAČUN ARMATURE TEMELJA 99
13 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ELASTOMERNIM LEŽAJEVIMA 100
14 ZAKLJUČAK 101
15 LITERATURA 102
16 GRAFIČKI PRILOZI 103

1 TEHNIČKI OPIS

1.1 Općenito o konstrukciji, djelovanju potresa i aseizmičkoj izloaciji

Tema ovog diplomskog rada je projekt konstrukcije osmoetažne zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijantama klasične gradnje i aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva. Potres kao stohastička pojava koju je teško predvidjeti zavisi o geofizičkim i ostalim parametrima lokalnog i globalnog karaktera. Najveće opterećenje potresom (najveće sile) se javljaju kod krutih konstrukcija s periodom od 0.1 do 1 sekundu, ovisno o potresu, tlu te drugim parametrima.

U današnje vrijeme teži se tome da se konstrukcijama omogući aktivna, hibridna i pasivna zaštita tijekom potresa.

Zadatak seizmičke izolacije je ublažiti djelovanje potresa na konstrukciju promjenom njezinih dinamičkih svojstava. Elastomerni ležajevi spadaju u grupu bazne seizmičke izolacije. Oni konstrukciji omogućavaju elastično ponašanje, a samim time i manja oštećenja. Cilj je također i povećati period krutih konstrukcija, te na taj način smanjiti sile od potresnog djelovanja.

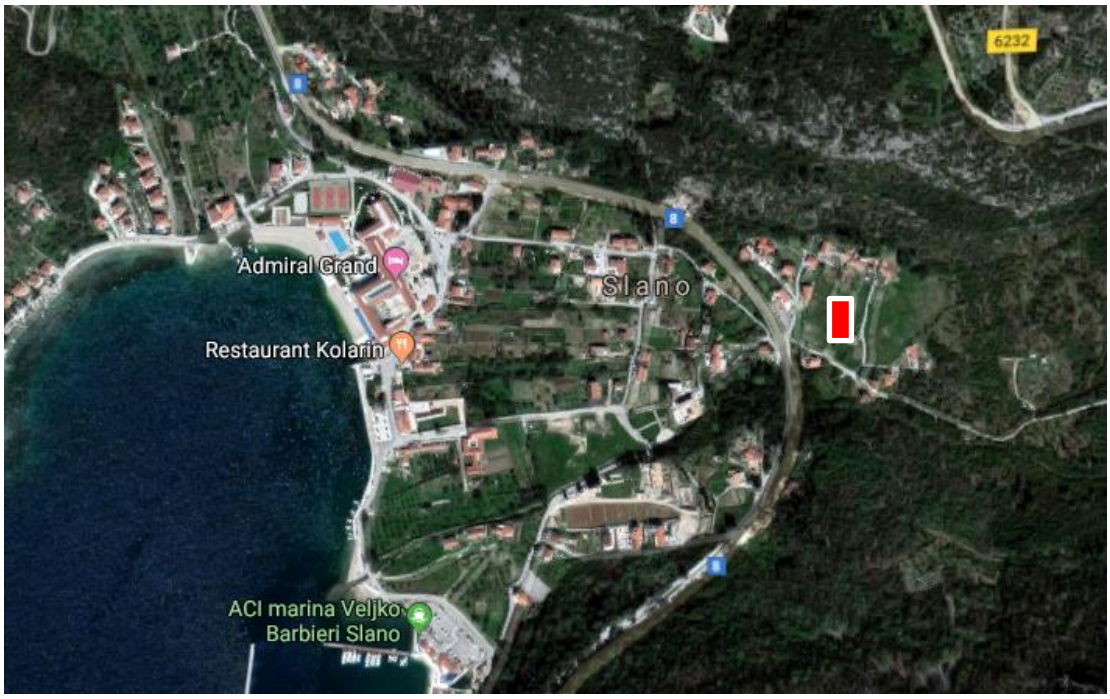
Energiju potresa potrebno je apsorbirati te potrošiti. Kod klasične konstrukcije to se ostvaruje otvaranjem pukotina, razaranjem betona te radom armature. Seizmička izolacija omogućava apsorbiranje te trošenje energije pomoću sekundarnih elemenata konstrukcije (seizmička izolacija).

Cilj usporedbe je istražiti konstruktivnu, sigurnosnu i ekonomsku komponentu primjene navedene izolacije.

Objekt se sastoji od plošnih i štapnih konstruktivnih elemenata. Proračun je izveden prema EC i nacionalnim normama.

1.2 Lokacija - opće karakteristike

Lokacija objekta je u južnom dijelu Hrvatske, točnije u Slanom, 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 ponašanje i karakteristike 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 elastomernim ležajevima ispod stupova. Osim smanjenja sila mijenja se i kretanje konstrukcije u potresu. Kod konstrukcije s baznom izolacijom smanjen je 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 elastomernim ležajevima. 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 betona za sve elemente konstrukcije, tj. za sve betone, treba napraviti Izvoditelj i dostaviti na suglasnost Projektantu.

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

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

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

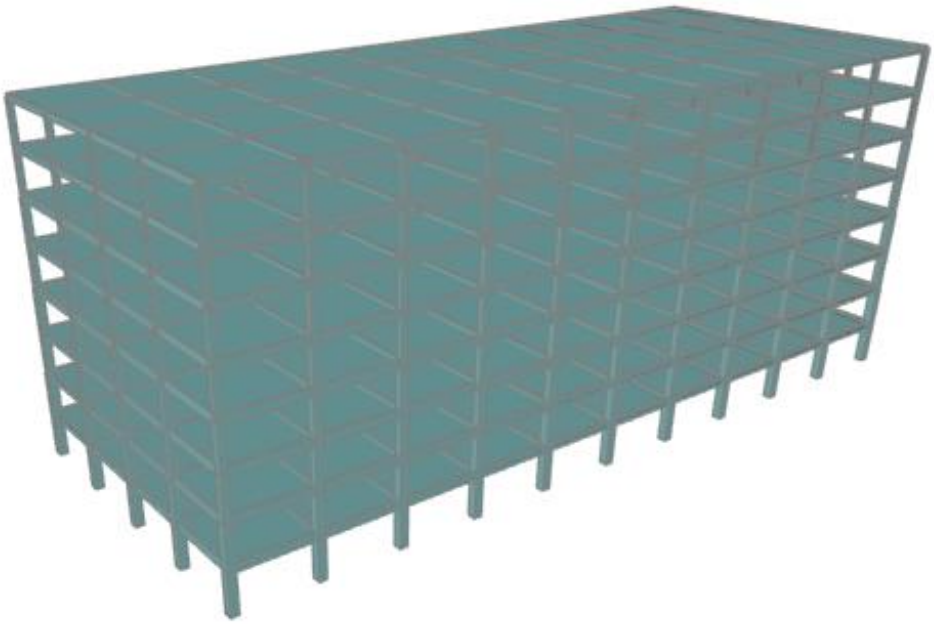
Ivice elemenata trebaju biti precizno izvedene, ravne i u funkciji njihovog estetskog izgleda. U svemu treba poštivati predviđenu geometriju elemenata, te njihov projektirani prostorni položaj. Osobito voditi računa o izgledu vanjskih ploha betona. Sve vidljive plohe betona trebaju biti ravne, glatke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

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

(i) Zidovi, grede, ploče,stupovi

Za sve nove elemente predviđen je beton C 30/37, $\varnothing_{agr} \leq 32$ mm

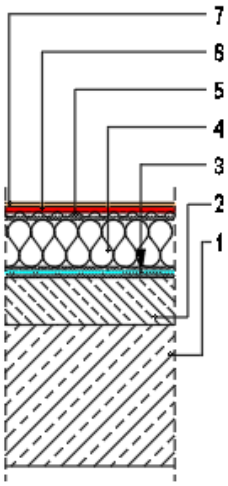
2 ANALIZA OPTEREĆENJA KLASIČNE KONSTRUKCIJE



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.

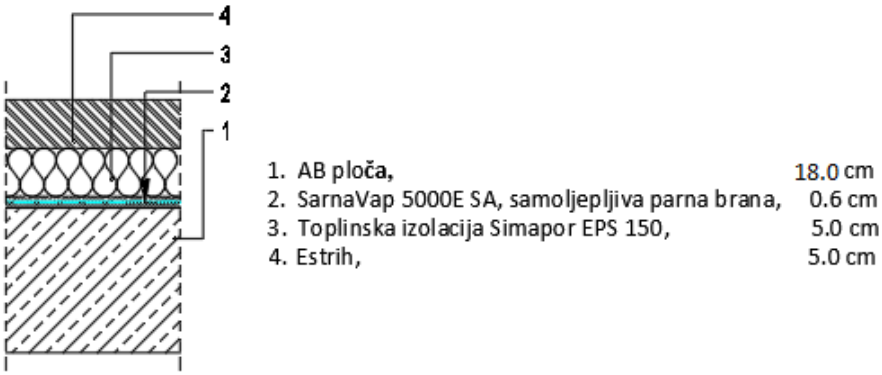
Tablica 2.2 Uporabna opterećenja krova

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

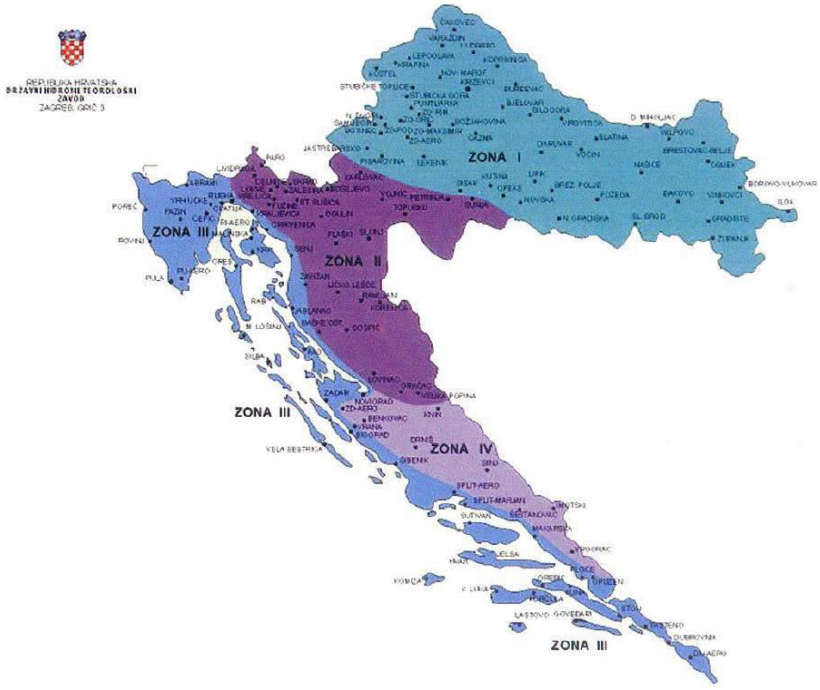
Korisno opterećenje uzima se prema HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012.

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

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

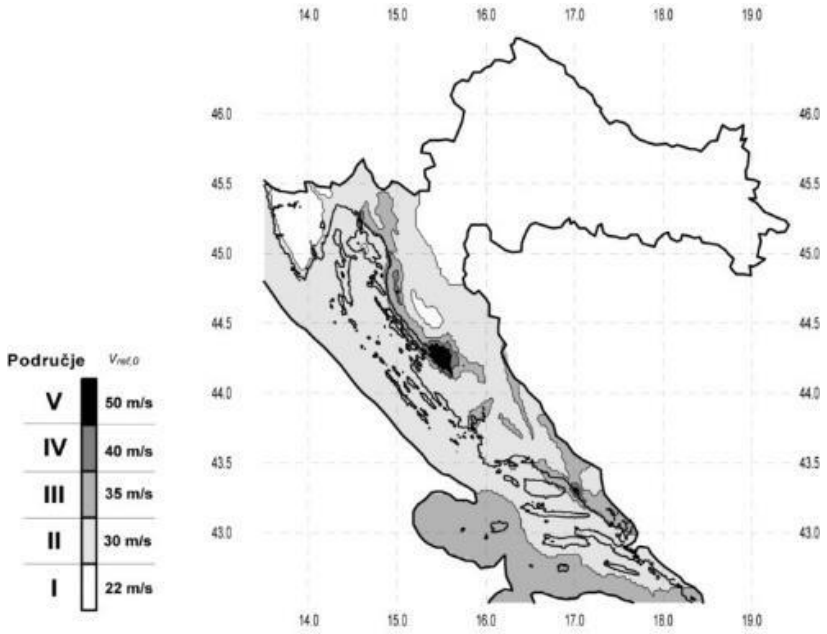
Tablica 2.5 Koeficijent oblika krova

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:

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

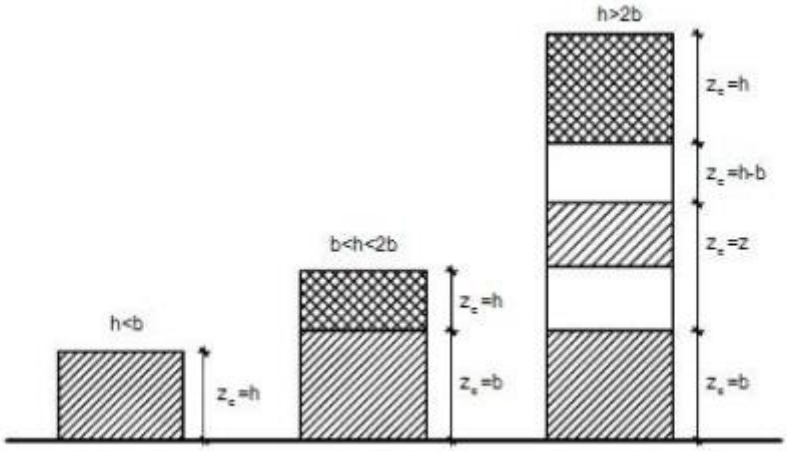
$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.012 \cdot 30 = 30.36 \text{ m/s}$$

$C_{ALT} = 1 + 0.0001\ a_s$, 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:

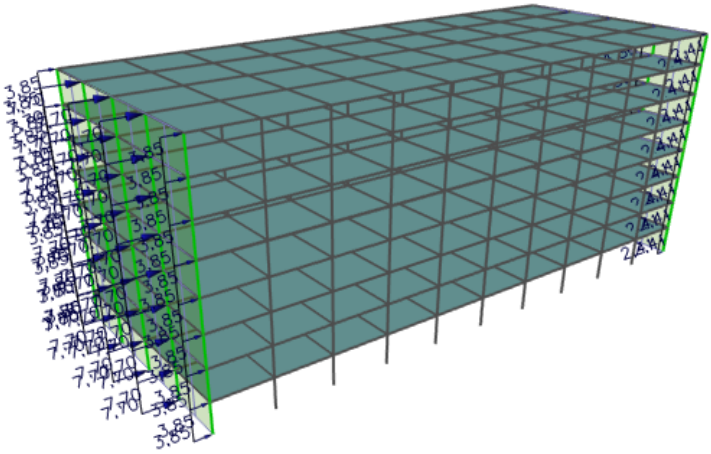
$$l_v(z) = \frac{1.0}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \times \ln\left(\frac{28.80}{0.3}\right)} = 0.219$$

Maksimalni tlak brzine vjetra:

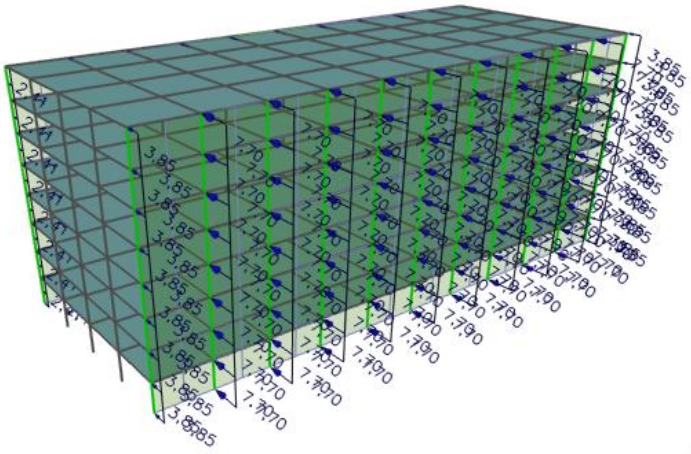
$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot l_v(z)\right] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot v_m(z)^2 = \left[1 + 7 \cdot 0.219\right] \cdot \frac{1.23}{2} \cdot 29.78^2 = 1.38 kN/m^2$$

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

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



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 Slanom, 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

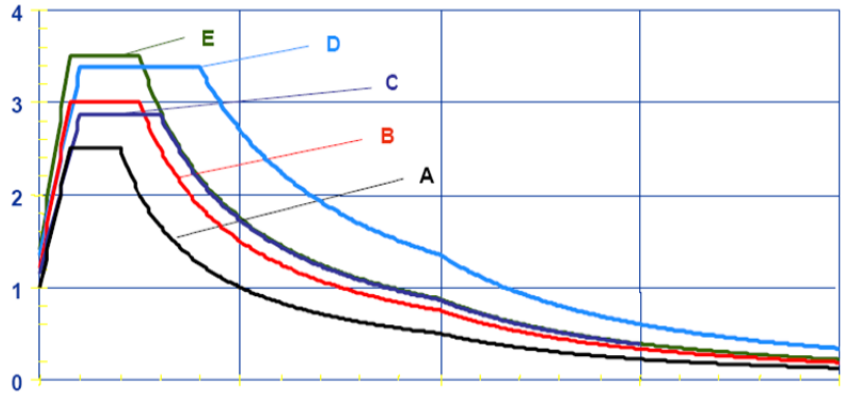
Vrsta konstrukcije: okvirni sustav, $q_0 = 3{,}0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

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

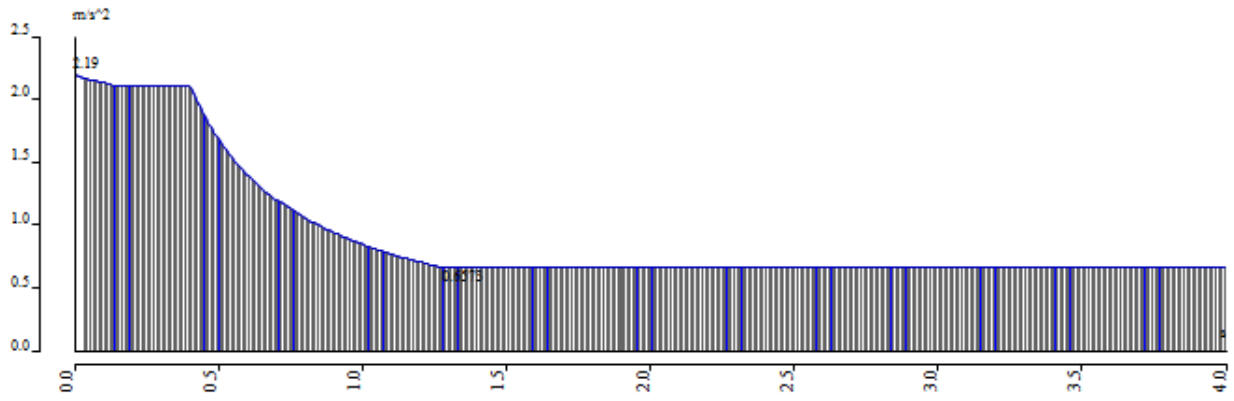
Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0



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

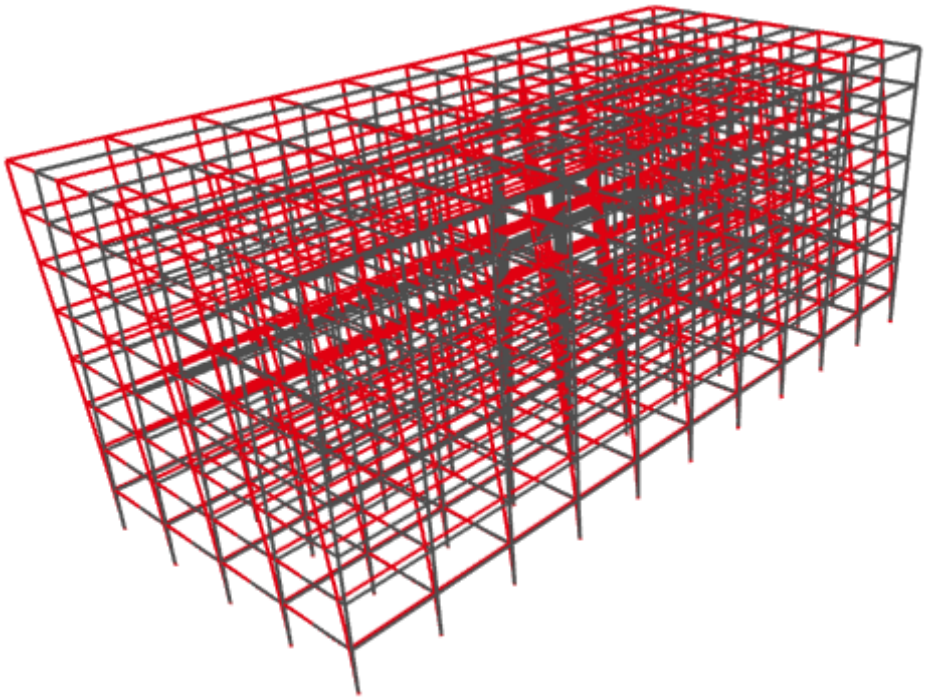
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 2.8 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

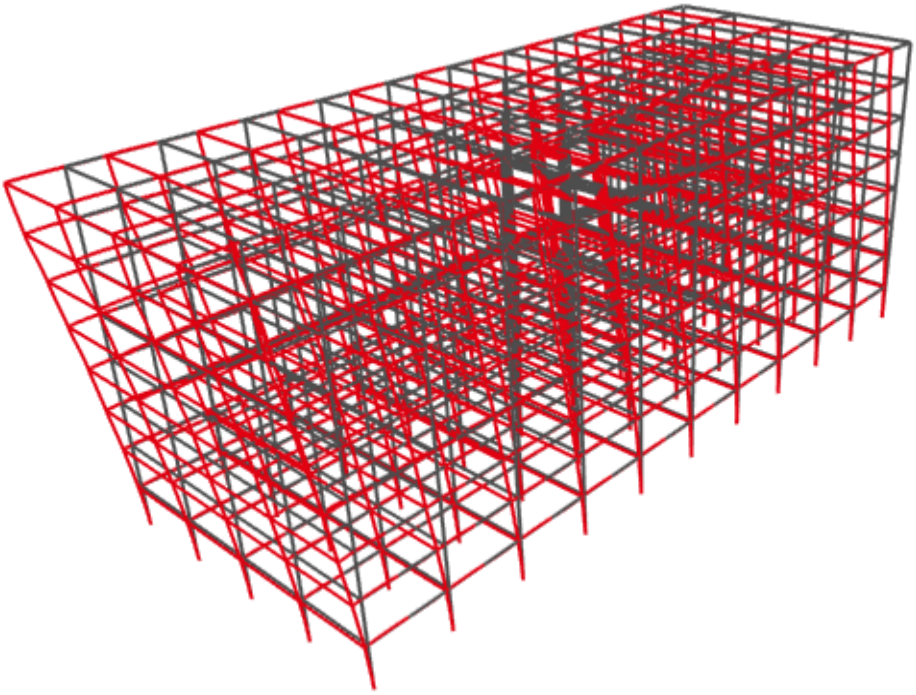
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	4.7851	1.3131	0.7616	0.0000	0.7165	0.0000	0.1377	0.0000	0.0000
2	4.9730	1.2635	0.7915	0.7168	0.0000	0.0000	0.0000	0.0386	0.0000
3	5.2392	1.1993	0.8338	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	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.

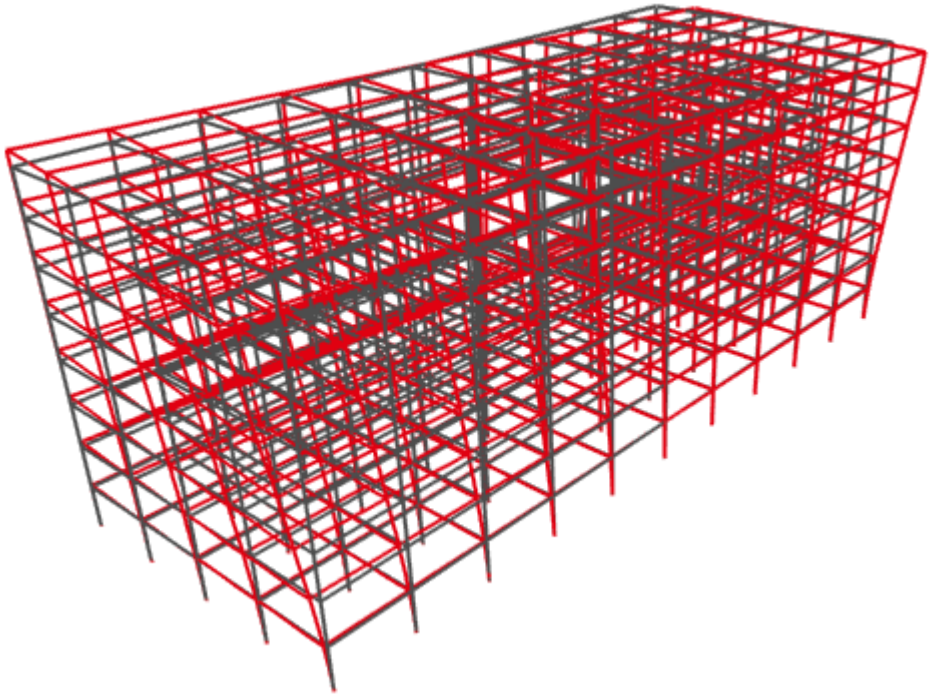
2.5.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 2.13 Prikaz prvog moda konstrukcije

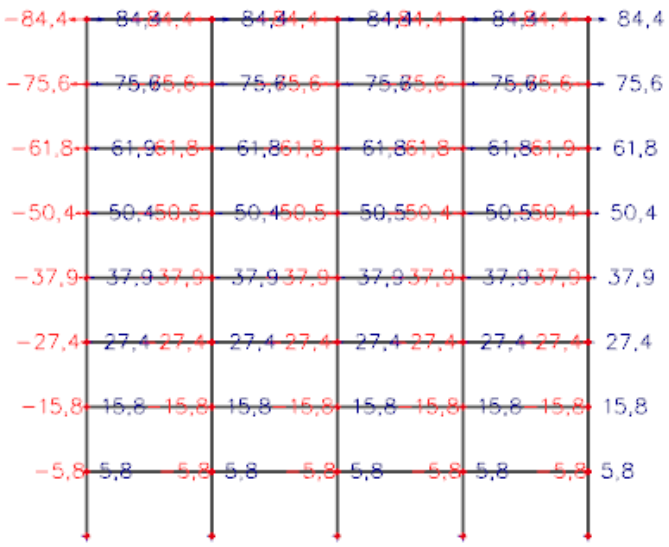


Slika 2.14 Prikaz drugog moda konstrukcije



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:

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

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

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

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

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

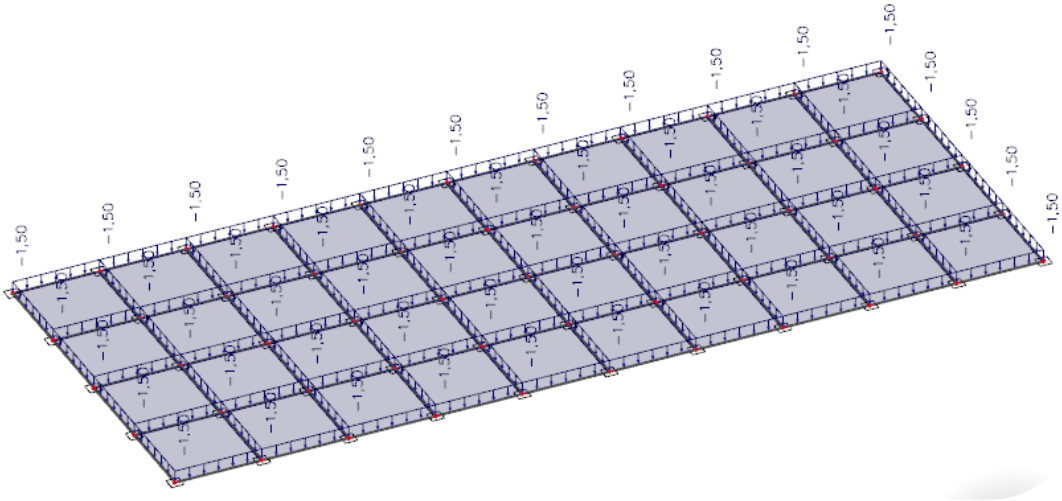
$$K_6 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$$

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.

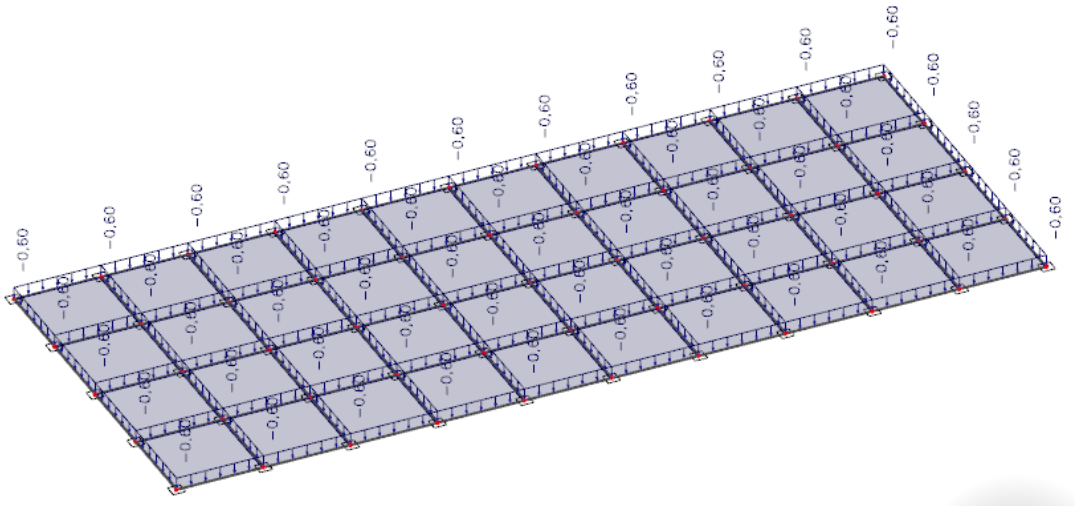
4.1 Opterećenja ploča

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



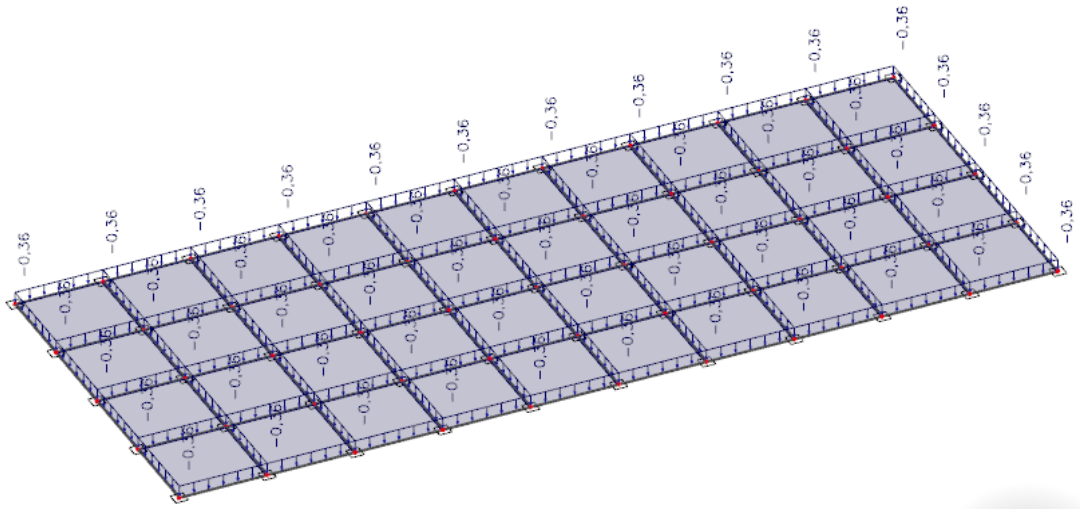
Slika 4.1 Dodatno stalno opterećenje

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



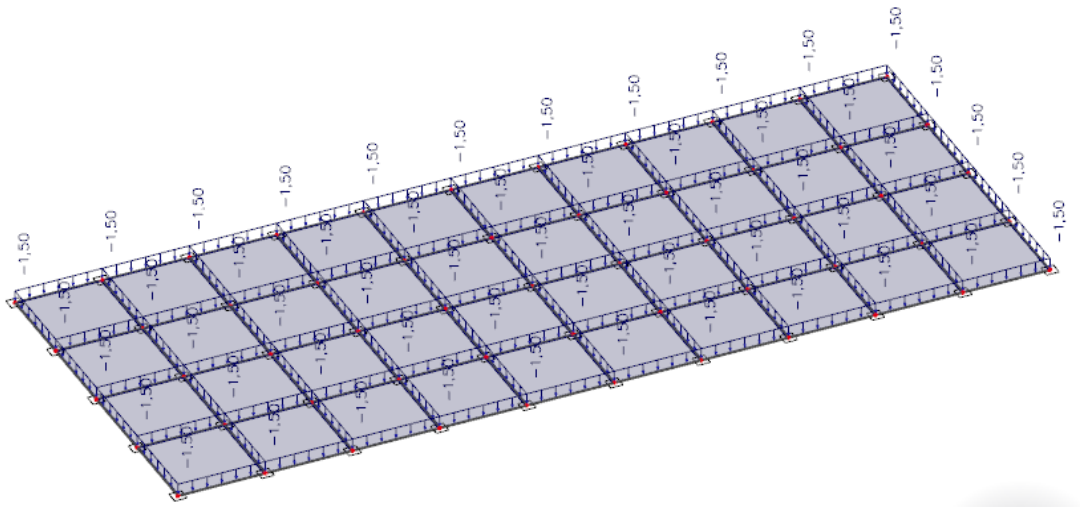
Slika 4.2 Korisno opterećenje

-Krovna ploča – Snijeg s=0.36 kN/m²



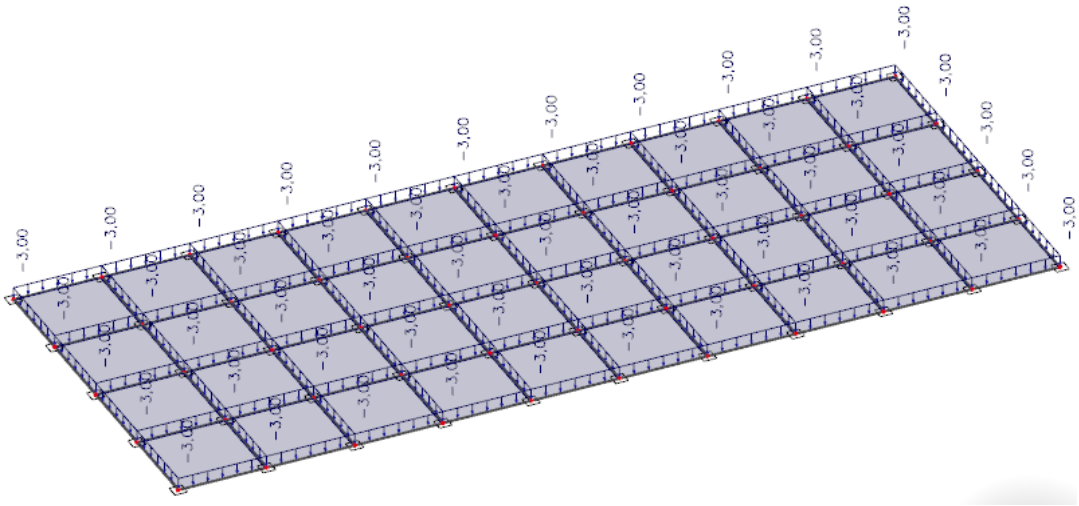
Slika 4.3 Opterećenje snijegom

-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

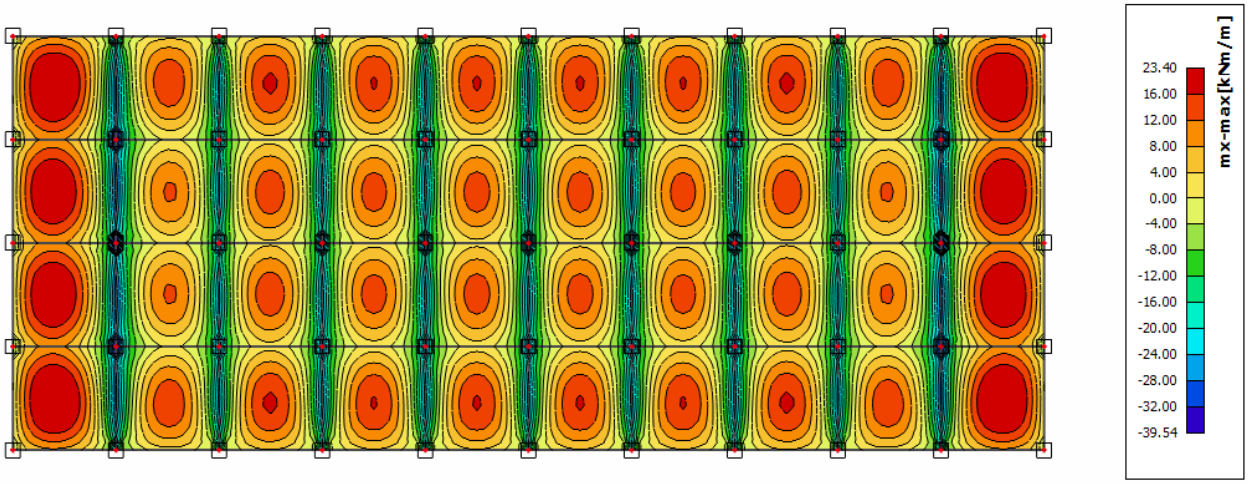


Slika 4.5 Korisno opterećenje

5 DIMENZIONIRANJE

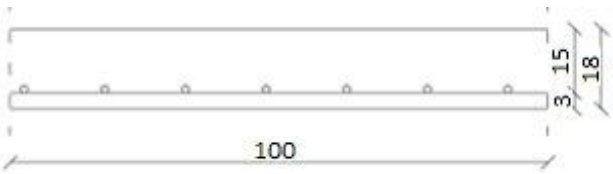
5.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

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'

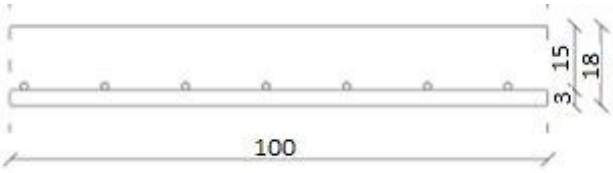
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.045$$

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'

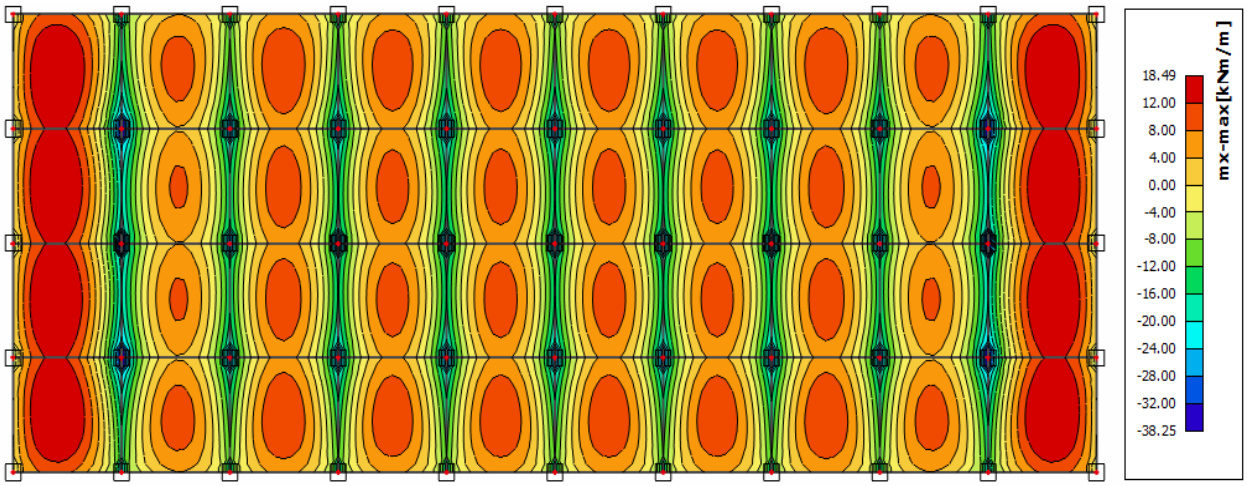
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

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

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

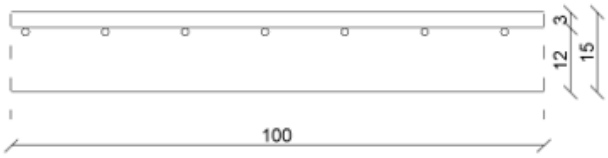
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

5.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 5.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



M_{Ed} = 18.49 kNm/m'

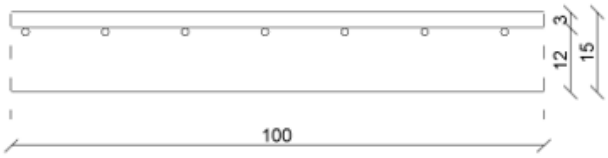
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

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'

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

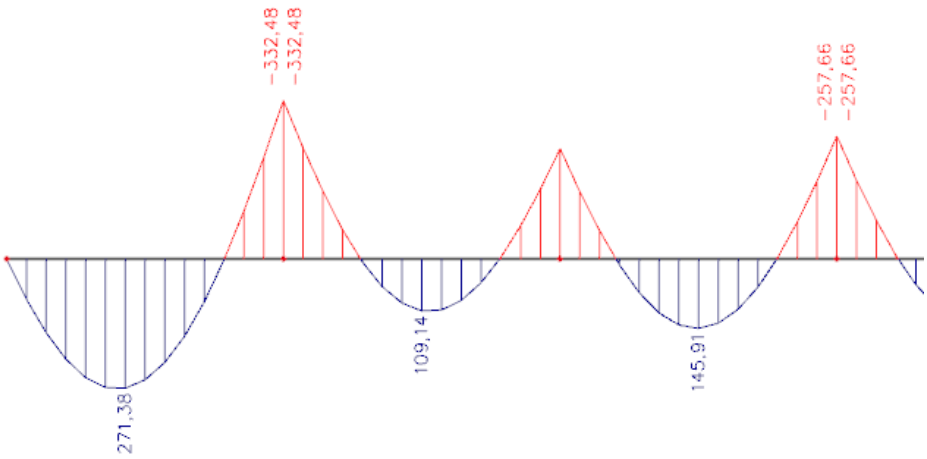
Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8 ‰ ζ=0.944 ξ=0.153

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

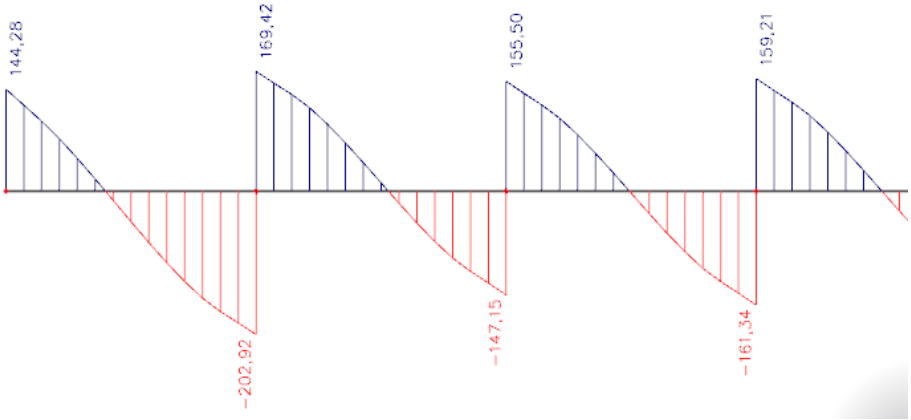
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

5.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

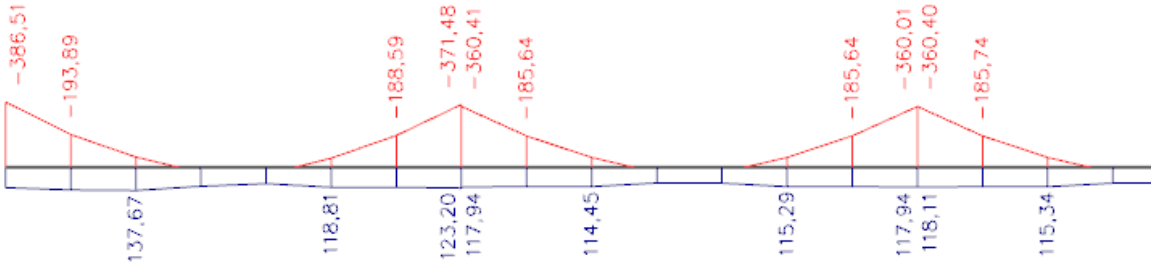
5.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



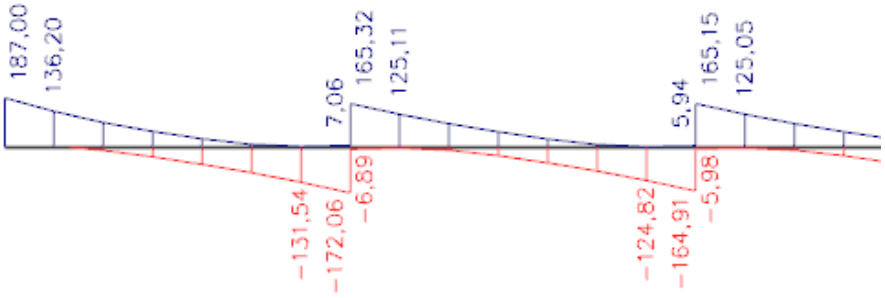
Slika 5.3 Osnovna kombinacija K1 - My



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:

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

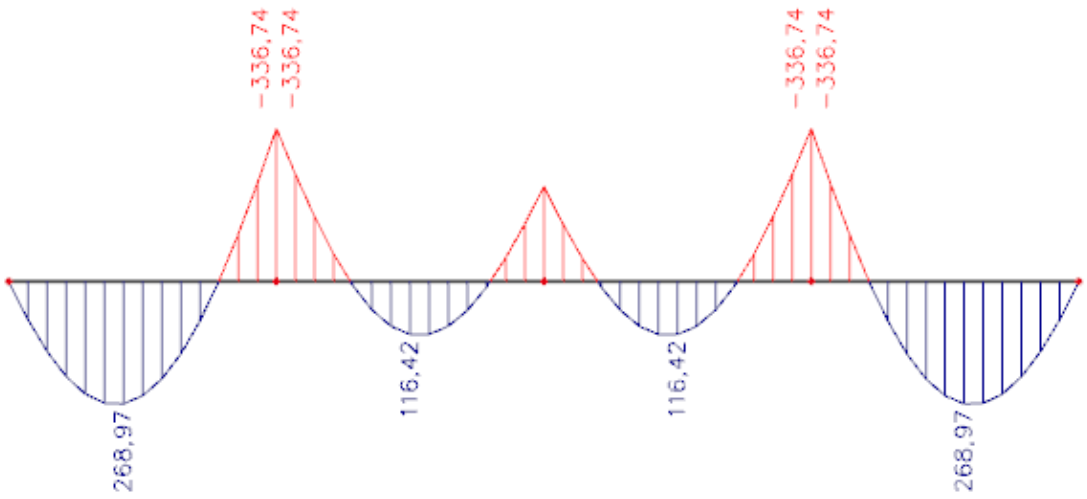
Postaviti spone **Ø10/20** (A_{sw}=0.79 cm^2)

Tablica 5.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

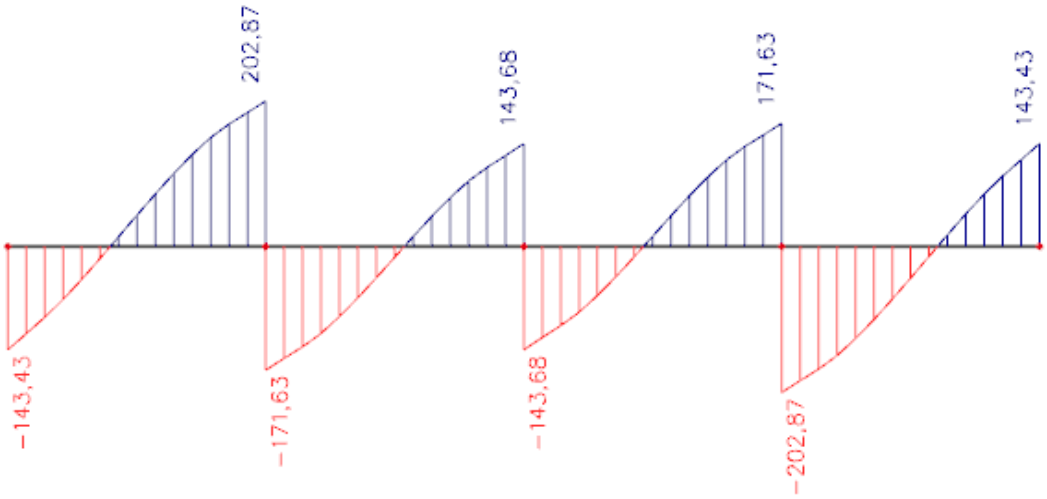
POZICIJA 101 X-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**187**	**288**	**197.19**	**191.21**	**172.05**	**163**	**134.04**	**90.69**
$V_{Rd,c}$	106.5468	106.5468	106.5468	106.5468	90.15494	90.15494	78.51303	78.51303
$V_{Ed} \geq V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	77.91736	77.91736	77.91736	77.91736	69.14583	69.14583	60.32684	60.32684
$V_{Ed} \geq V_{Rdc}^{Min}$	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
$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$	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
$V_{Rd,s} \leq V_{Ed}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Ne
S obzirom da je $V_{Rd,s} \leq V_{ed,}$ na svakoj etaži osim zadnjoj, treba progustiti spone na Ø10/20.								

5.3 Dimenzioniranje grede u poprečnom smjeru (Y smjeru)

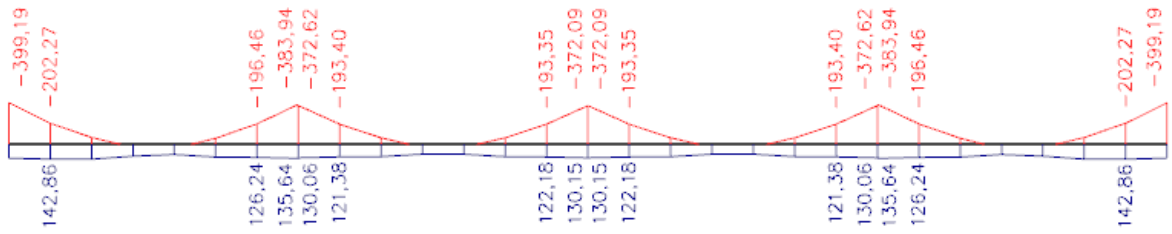
5.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



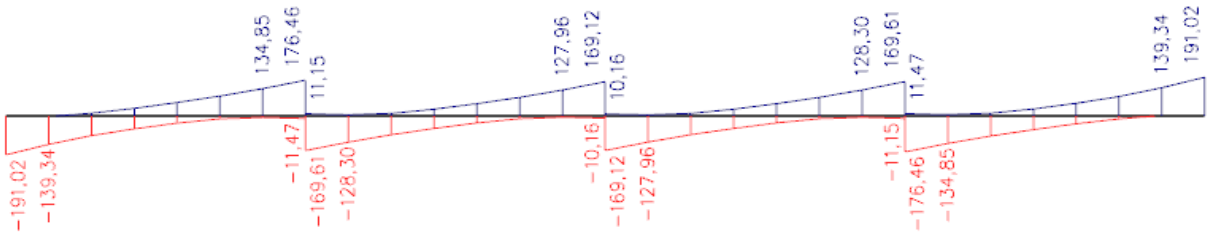
Slika 5.7 Osnovna kombinacija K1 - M_y



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:

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

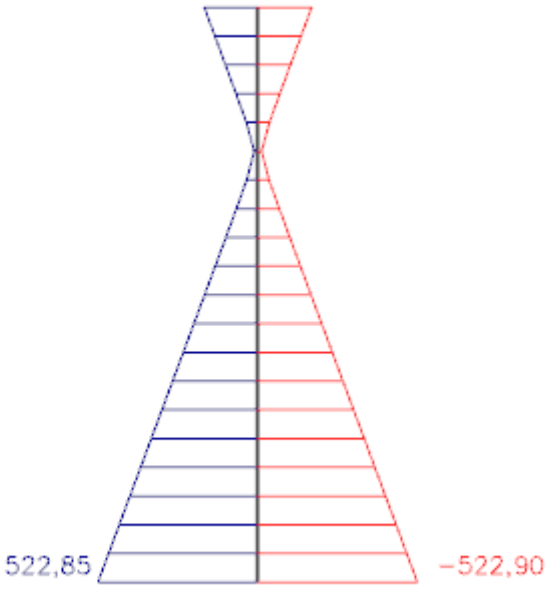
Postaviti spone **Ø10/20** (A_{sw}=0.79 cm^2)

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.								

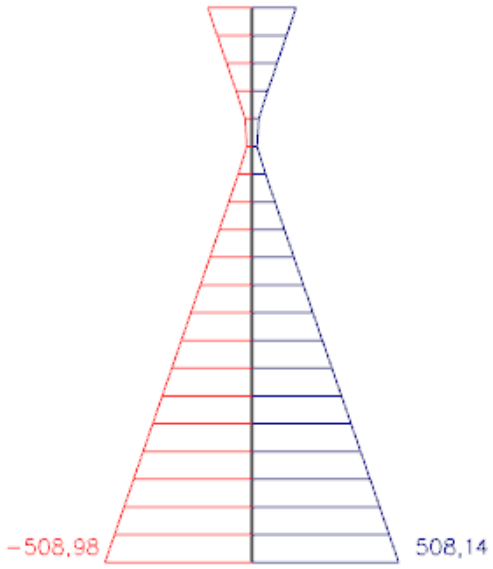
5.4 Dimenzioniranje stupova

5.4.1 Rezne sile

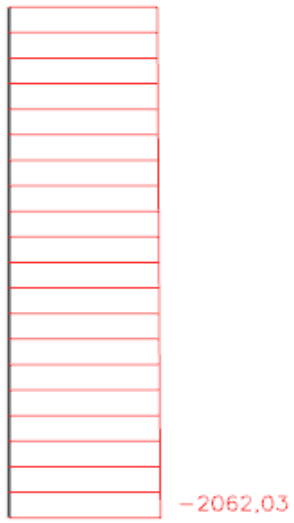


Slika 5.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z

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:

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

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

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

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

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

$$B\,500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

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

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

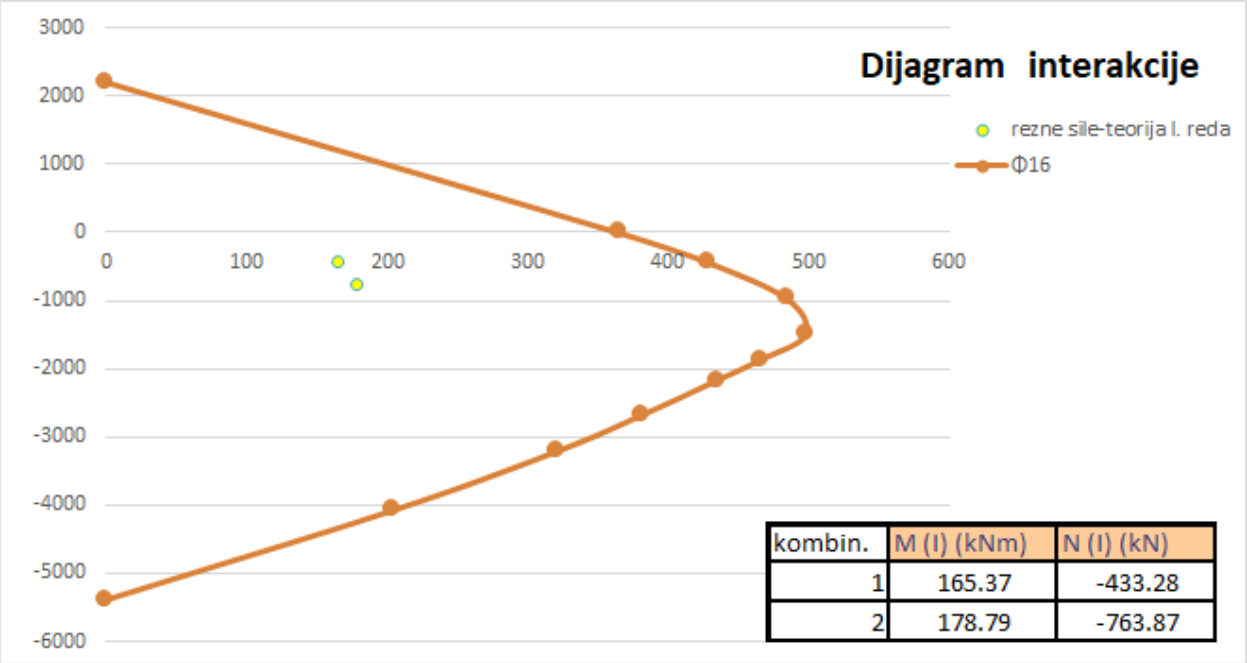
Odabrana armatura: ∅18 (A_s=50.8 cm^2)

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

Odabrano: **Ø10/10**

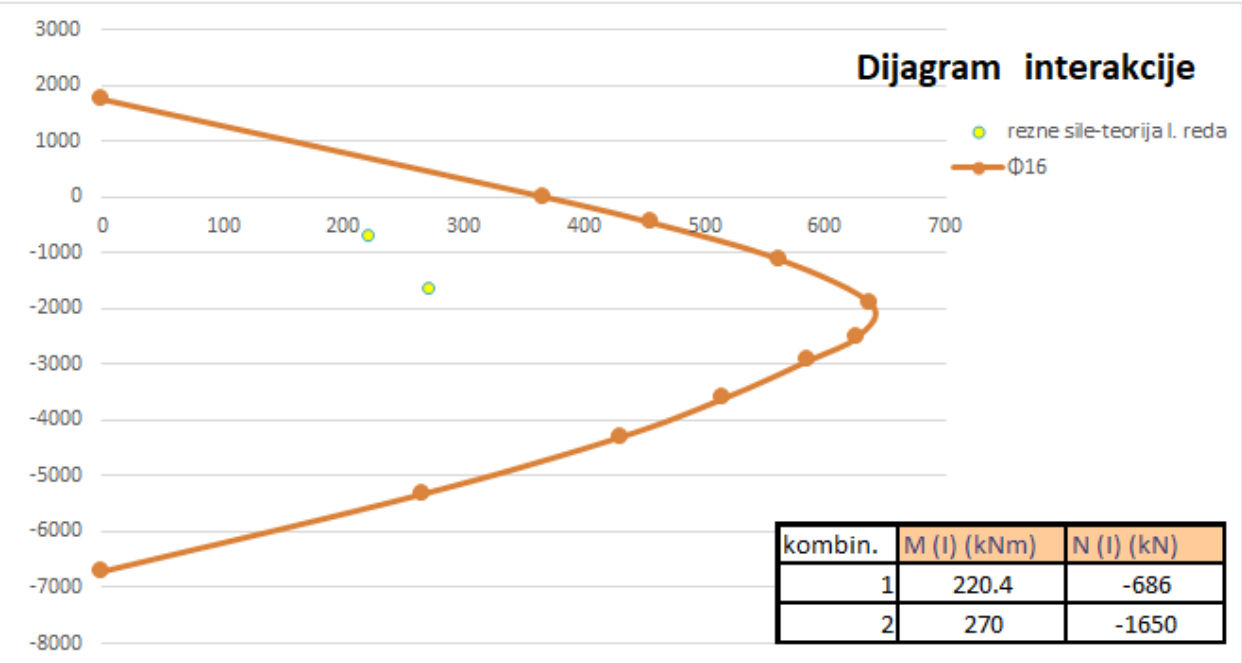
5.4.3 Dimenzioniranje stupova

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



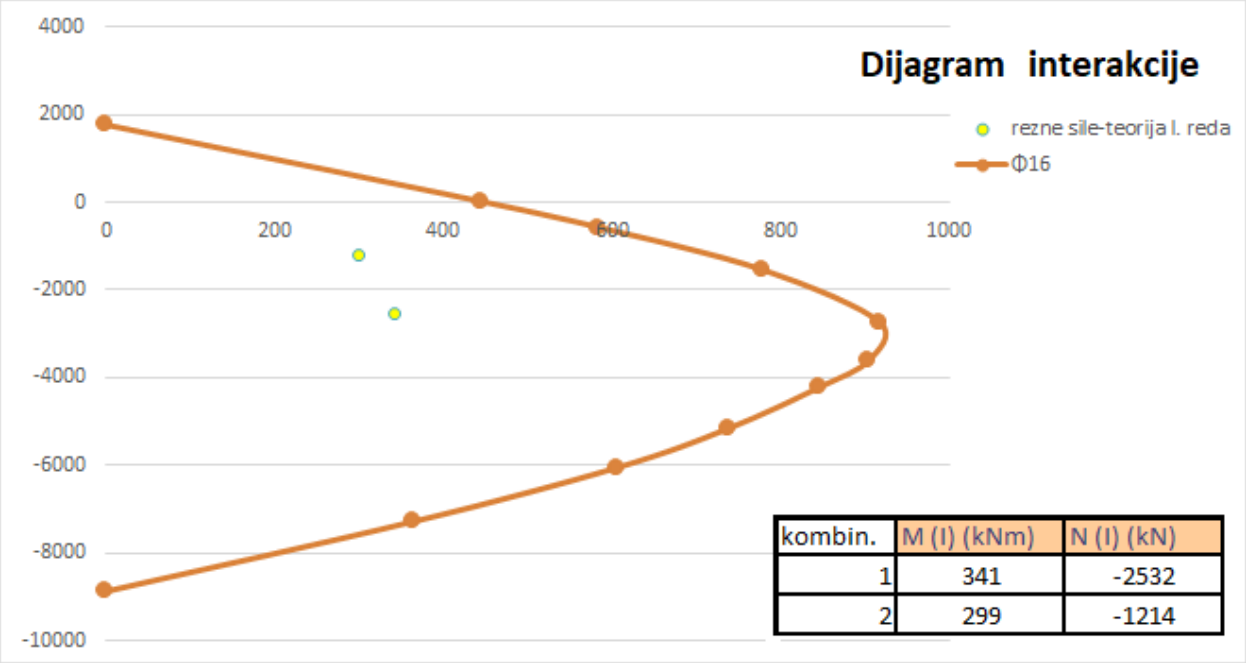
kombin.	M (I) (kNm)	N (I) (kN)
1	165.37	-433.28
2	178.79	-763.87

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

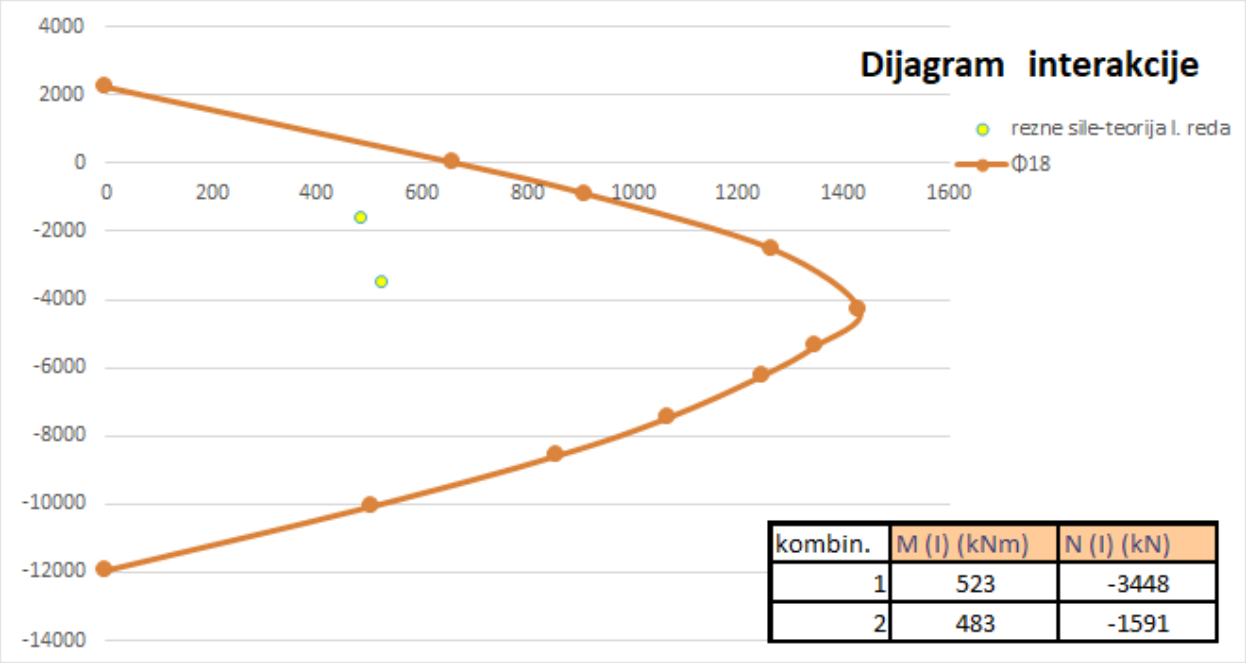


kombin.	M (I) (kNm)	N (I) (kN)
1	220.4	-686
2	270	-1650

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: $\sigma_{dop} = 1.0\ MN/m^2$

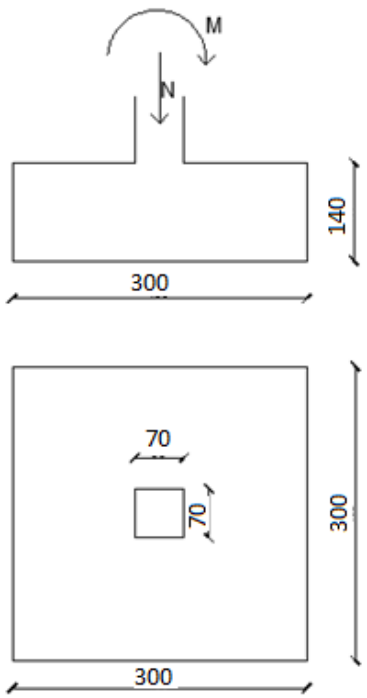
Širina i duljina temelja: $a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78\ m$

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**

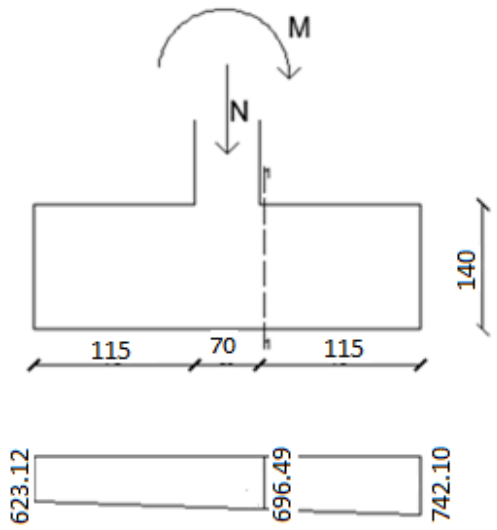
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

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

- **2. kombinacija**

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

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

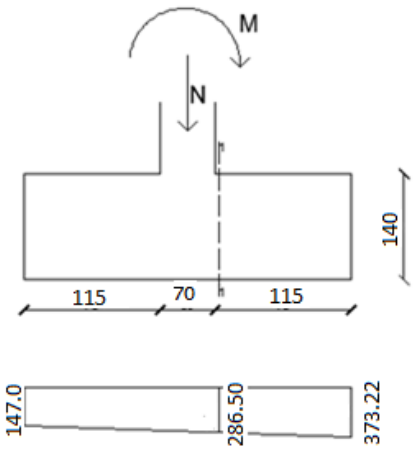


Slika 6.2 Naprezanje ispod temelja – 1. kombinacija

- **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: C35/45 → $f_{ck} = 25\ MPa$ → $f_{cd} = \frac{25}{1.5} = 16.67\ MPa = 1.66\ kN/cm^2$

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

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1539.02 \cdot 100}{300 \cdot 133^2 \cdot 1.66} = 0.012$$

<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> **Ø 16/20 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

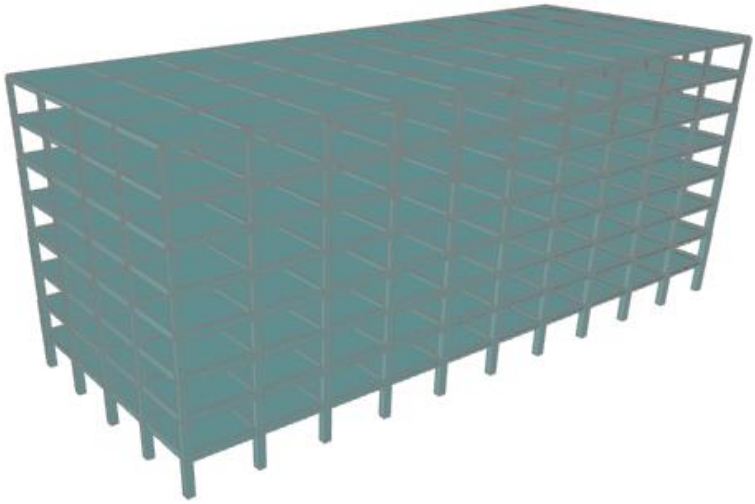
Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: **Ø 12/20 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

7 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE STAMBENE ZGRADE

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 ASEIZMIČKOM IZOLACIJOM OD ELASTOMERNIH LEŽAJEVA



Slika 8.1 Prikaz računalnog modela konstrukcije

8.1 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).

Opterećenje snijegom na krovu

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

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

8.2 Opterećenje vjetrom

8.2.1 Djelovanje vjetra na konstrukciju

Mjerodavna visina objekta je $z_c = h$.

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

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

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

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

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:

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

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

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

8.3 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

8.3.1 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

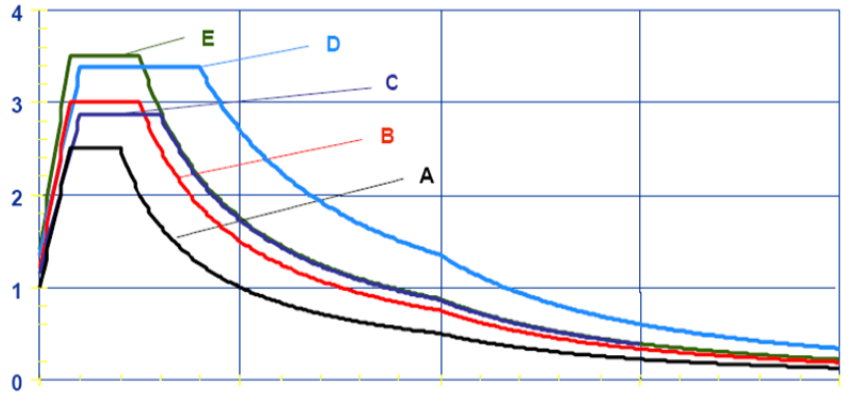
Vrsta konstrukcije: okvirni sustav, $q_0 = 3{,}0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

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

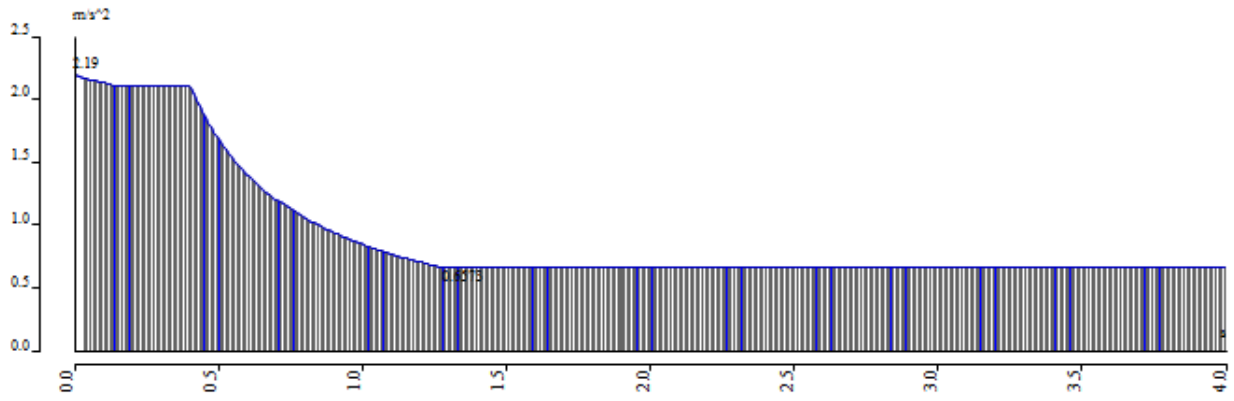
Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0



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

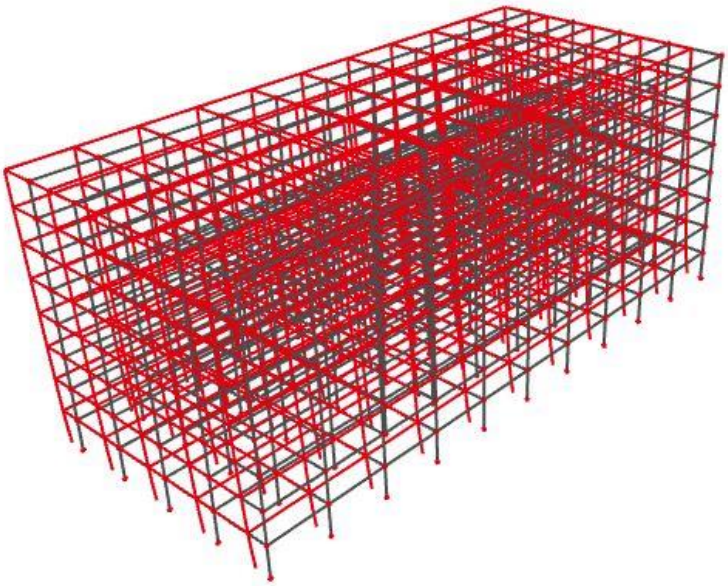
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 8.2 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

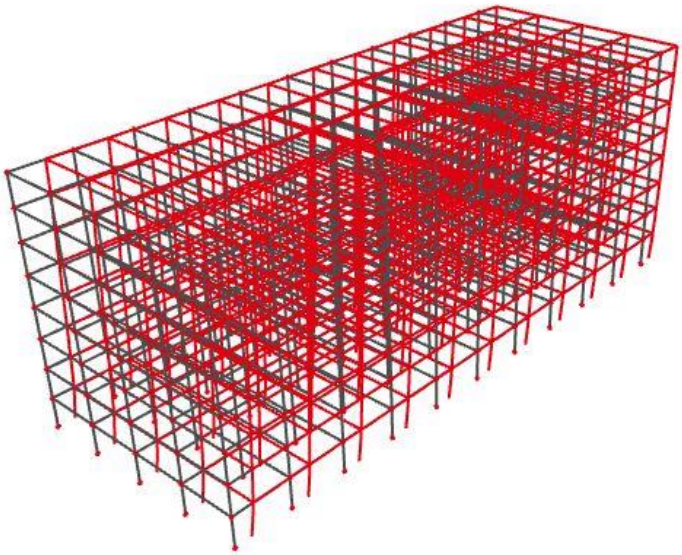
Mode	Omega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	Wxi / Wxtot	Wyi / Wytot	Wzi / Wztot	Wxi_R / Wxtot_R	Wyi_R / Wytot_R	Wzi_R / Wztot_R
1	2.9653	2.1189	0.4719	0.0000	0.9752	0.0000	0.0121	0.0000	0.0000
2	3.0148	2.0841	0.4798	0.9780	0.0000	0.0000	0.0000	0.0030	0.0000
3	3.2426	1.9377	0.5161	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9756
4	9.4340	0.6660	1.5015	0.0000	0.0213	0.0000	0.4278	0.0000	0.0000
5	9.7248	0.6461	1.5478	0.0189	0.0000	0.0000	0.0000	0.1204	0.0000
6	10.3271	0.6084	1.6436	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0208
7	17.9102	0.3508	2.8505	0.0000	0.0024	0.0000	0.0346	0.0000	0.0000
8	18.4000	0.3415	2.9284	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0000
9	19.5478	0.3214	3.1111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024
10	27.5147	0.2284	4.3791	0.0000	0.0006	0.0000	0.0122	0.0000	0.0000
				0.9990	0.9995	0.0000	0.4867	0.1334	0.9988

Ukupna aktivirana masa konstrukcije u X smjeru iznosi 99.9 % dok u Y smjeru iznosi 99.9%. Kao što vidimo u tablici 7.2 zadovoljen je uvjet aktivacije preko 90 % ukupne mase konstrukcije.

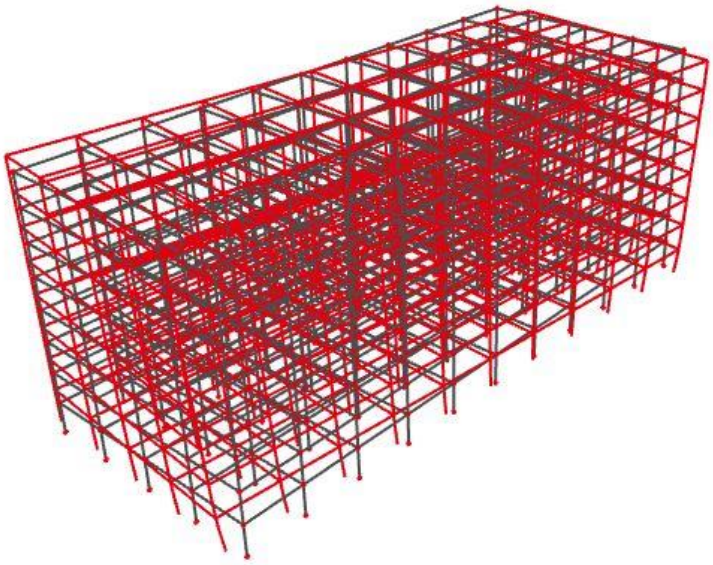
8.3.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 8.6 Prikaz prvog moda konstrukcije

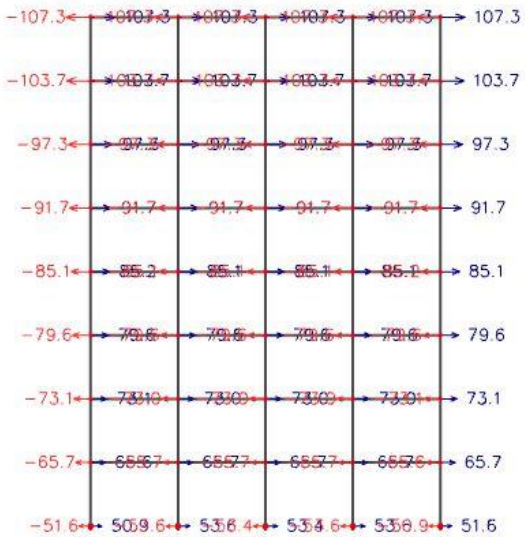


Slika 8.7 Prikaz drugog moda konstrukcije



Slika 8.8 Prikaz trećeg moda konstrukcije

8.3.3 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 dr*v<0.005*h
8	107.3	-	-	-	-	-	-	-	
7	103.7	3.6	3.6	1.8	14885	2294	3600	0.006489	
6	97.3	6.4	6.4	3.2	30159	4480	3600	0.011968	
5	91.7	5.6	5.6	2.8	46136	6303	3600	0.011386	
4	85.1	6.6	6.6	3.3	62331	7985	3600	0.014311	da
3	79.6	5.5	5.5	2.75	79278	9558	3600	0.012672	
2	73.1	6.5	6.5	3.25	96491	11083	3600	0.01572	
1	65.7	7.4	7.4	3.7	114021	12561	3600	0.018659	
0	51.6	14.1	14.1	7.05	131865	14002	3600	0.036886	

9 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

Analiza opterećenja jednaka je onoj za klasičnu konstrukciju i prikazana je u prvom dijelu proračuna.

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 :

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

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

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

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

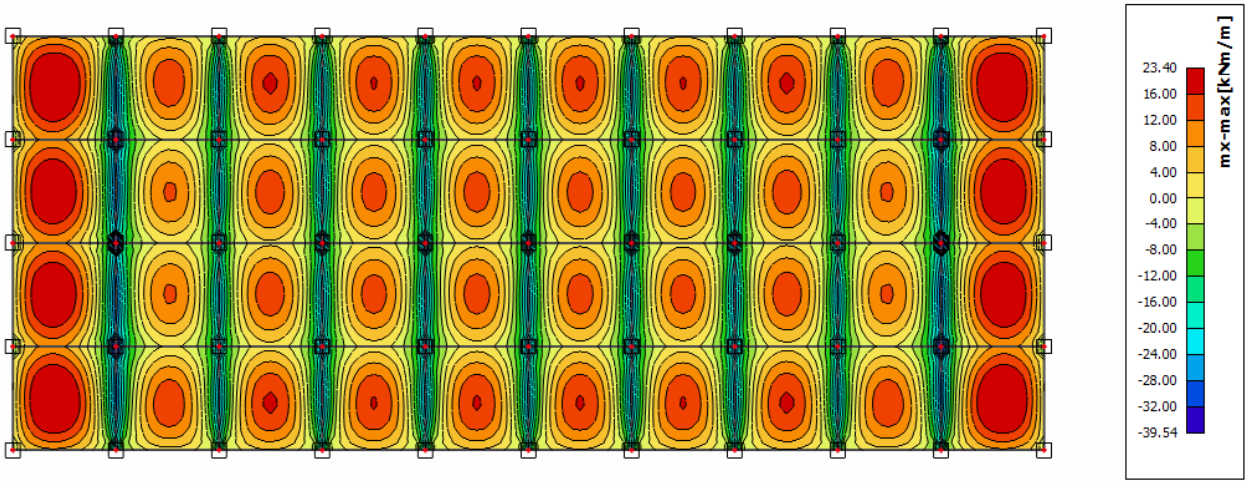
$$K_5 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g \ + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$$

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

10 DIMENZIONIRANJE

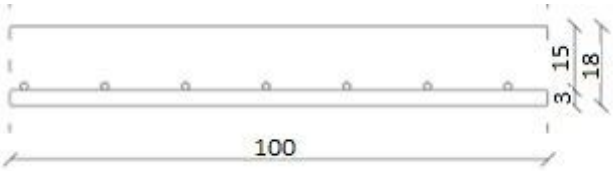
10.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

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'

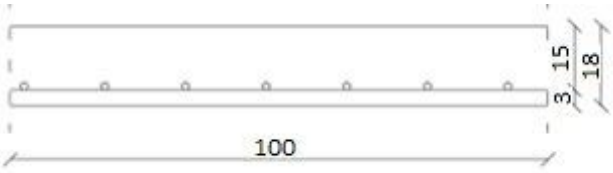
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.045$$

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'

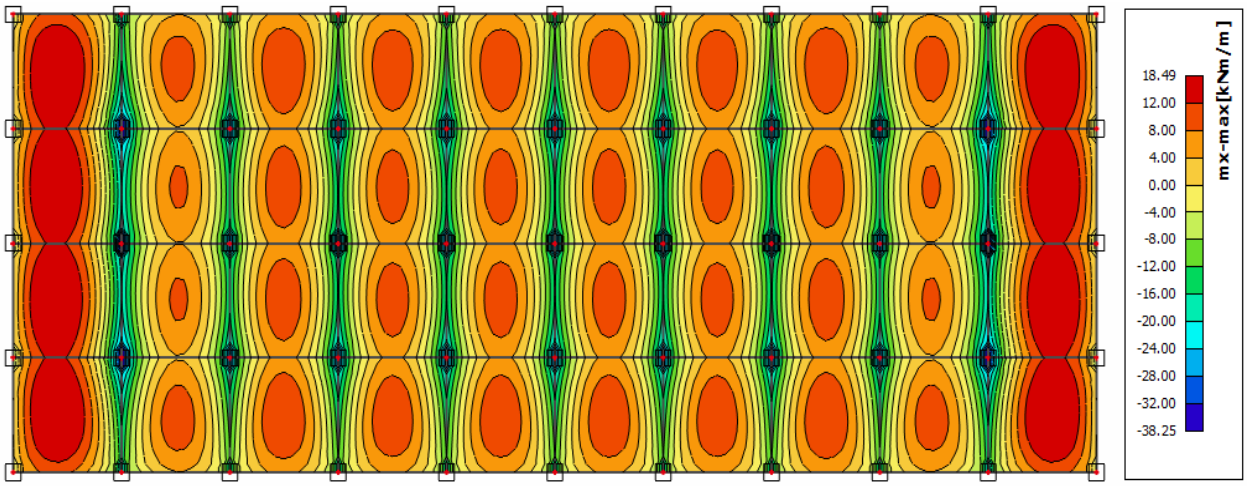
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

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

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

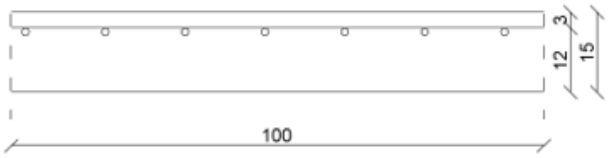
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

10.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 10.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



M_{Ed} = 18.49 kNm/m'

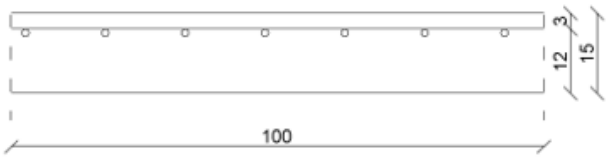
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

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'

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

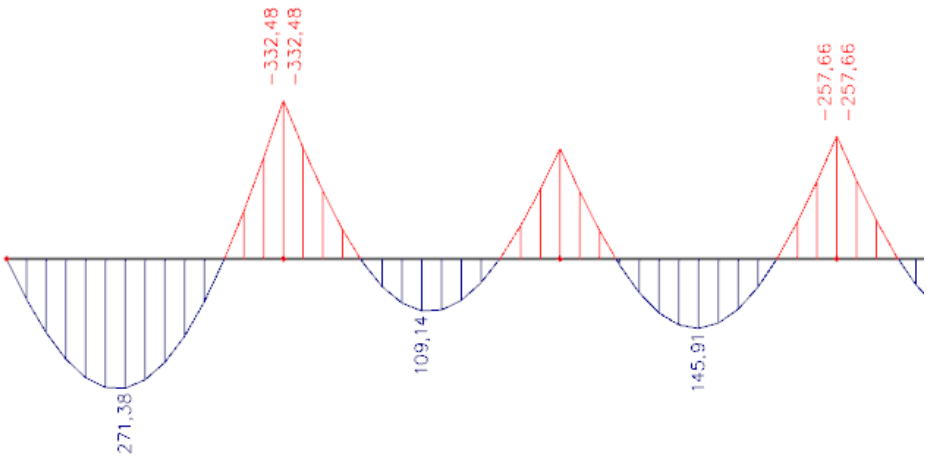
Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=1.8 ‰ ζ=0.944 ξ=0.153

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

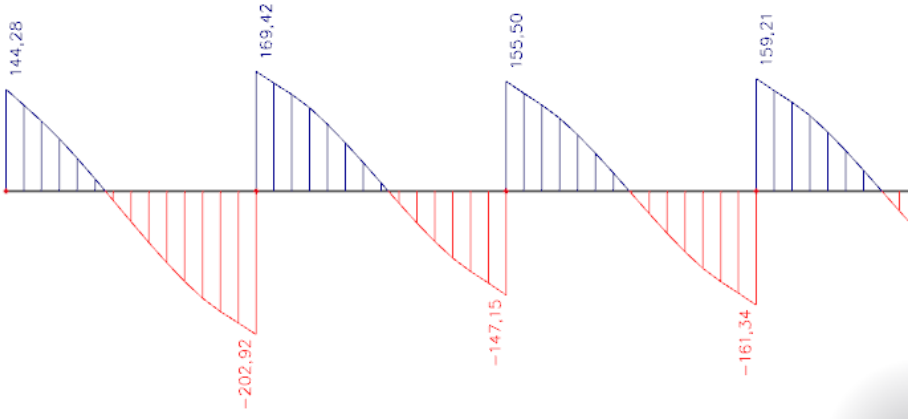
Odabrano: Q-636 (A_{s1} = 6.36 cm^2/m')

10.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

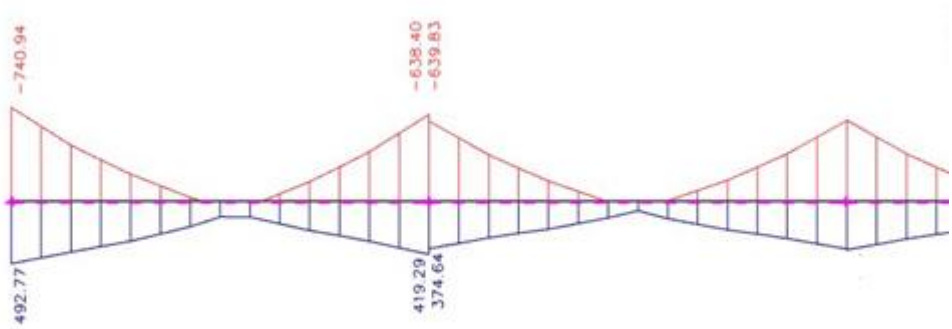
10.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



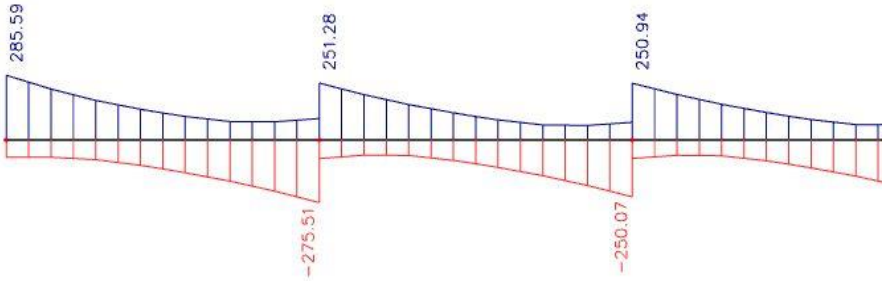
Slika 10.3 Osnovna kombinacija K1 - My



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:

$M_{ležaj\ 1}$ = -740.94 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -639.83 *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:

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

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{43.48} \cdot 30 \cdot 75 \geq 0.0013 \cdot 30 \cdot 75$$

$$\Rightarrow A_{s,\min} = 4.31 cm^2 \geq 2.925 cm^2$$

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} = 740.94 kNm (dvostruko armiranje)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{740.94 \cdot 100}{30 \cdot 75^2 \cdot 2.33} = 0.188$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.5 ‰ ζ=0.892 ξ=0.159

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 75^2 \cdot 2.33 = 625.17\ \text{kNm}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Rd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{625.17 \cdot 100}{0.892 \cdot 75 \cdot 43.48} + \frac{(740.94 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48}$$

$$= 21.1 + 2.41 = 23.51\ cm^2/m'$$

$$x = \xi_{lim} \cdot d = 0.259 \cdot 75 = 19.28\ cm$$

$$\frac{\varepsilon_{c2}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} \rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{x - d_2}{x} \cdot \varepsilon_{c2} = \frac{19.28 - 5.0}{19.28} \cdot 3.5 = 2.59‰$$

$$\varepsilon_{v(B500)} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434.8}{200000} \cdot 1000(‰) = 2.17‰$$

$\varepsilon_{s2} \geq \varepsilon_v \rightarrow f_{s2} = f_{yd}$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed-}M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(740.94 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48} = 2.41\ cm^2$$

$$A_{S1} = 23.51\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{4\ \phi\ 28}\ (A_S = 24.63\ \ cm^2)$$

$$A_{S2} = 2.41\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{2\ \phi\ 16}\ (A_S = 4.02\ \ cm^2)$$

Površina A_{S2} pokrivena konstruktivnom armaturom u tlačnoj zoni **2 ϕ 16** ($A_S = 4.02\ \ cm^2$)**.**

Greda pozicija 101 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 639.83 kNm (dvostruko armiranje)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{639.83 \cdot 100}{30 \cdot 75^2 \cdot 2.33} = 0.162$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.5 ‰ ζ=0.892 ξ=0.159

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 75^2 \cdot 2.33 = 625.17 \text{ kNm}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Rd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed-}M_{Rd})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{625.17 \cdot 100}{0.892 \cdot 75 \cdot 43.48} + \frac{(639.83 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48}$$

$$= 21.1 + 0.48 = 21.58\ cm^2/m'$$

$$x = \xi_{lim} \cdot d = 0.259 \cdot 75 = 19.28\ cm$$

$$\frac{\varepsilon_{c2}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} \rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{x - d_2}{x} \cdot \varepsilon_{c2} = \frac{19.28 - 5.0}{19.28} \cdot 3.5 = 2.59‰$$

$$\varepsilon_{v(B500)} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434.8}{200000} \cdot 1000(‰) = 2.17‰$$

$$\varepsilon_{s2} \geq \varepsilon_v \rightarrow f_{s2} = f_{yd}$$

$$A_{S2} = \frac{M_{Ed-}M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(639.83 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48} = 0.48\ cm^2$$

$$A_{S1} = 21.1\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{4\ \phi\ 28}\ (A_S = 24.63\ \ cm^2)$$

$$A_{S2} = 0.48\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{2\ \phi\ 16}\ (A_S = 4.02\ \ cm^2)$$

Površina A_{S2} pokrivena konstruktivnom armaturom u tlačnoj zoni **2 ϕ 16** ($A_S = 4.02\ \ cm^2$)**.**

Tablica 10.1 Dimenzioniranje greda na moment savijanja

POZICIJA 101 X-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinacija**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		740.94	540.17	478	432.28	344.18	289.73	197.11	99.06
As1	**K3**	23.91711	18.40506	16.28676	14.72895	13.53132	11.39064	9.15828	4.602604
Odabrano		4Ø28	4Ø25	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		639.83	497.95	419.45	377.4	302.84	262.24	209.86	156.52
As1	**K3**	21.07483	16.96651	14.2918	12.85904	11.90605	10.30988	9.750681	7.272356
Odabrano		4Ø28	4Ø25	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**	8.483167	9.246652	9.246652	9.246652	9.699715	9.699715	9.936996	7.67937
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**	4.547149	4.971549	4.971549	4.971549	5.347974	5.347974	5.668925	4.388875
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

$V_{Ed} = 285.59\,kN$ kN

$N_{Ed} = 0.0$ kN

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1.52 \le 2$$

$b_w = 30\,cm \qquad d = 75\,cm$

$b_w = 30\,cm \;\; d = 75\,cm$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 25 + 4\varphi 14}{30 \cdot 80} = \frac{30.70}{30 \cdot 80} = 0.01279$$

$k_1 = 0.15$

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

$$285.59\,kN \ge V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.01279 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 750 = 145.73\,kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 285.59\,kN \ge V^{\min}{}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 87.31\,kN$$

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

-Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 750 \cdot 23.3 = 1354.31\,kN$$

$$V_{Ed} = 285.54\,kN \le V_{Rd,\max} = 1354.31\,kN$$

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

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 285.59 / 1354.31 \approx 0.159 \Rightarrow V_{Ed} = 0.159 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min\left(0.75 \cdot d; 30cm\right) = \min\left(0.75 \cdot 75 = 56.25; 30\right) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

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

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)

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

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 75) \cdot 43.5 \cdot 2 = 154.64$$

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 75}{285.54} = 16.24\,cm$$

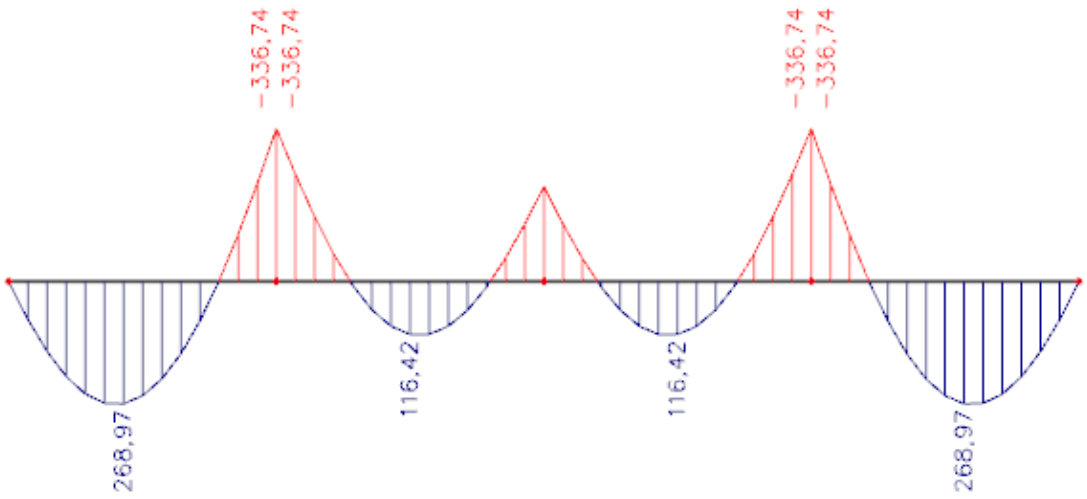
Postaviti spone **Ø10/15** (A_{sw}=0.79 cm^2)

Tablica 10.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

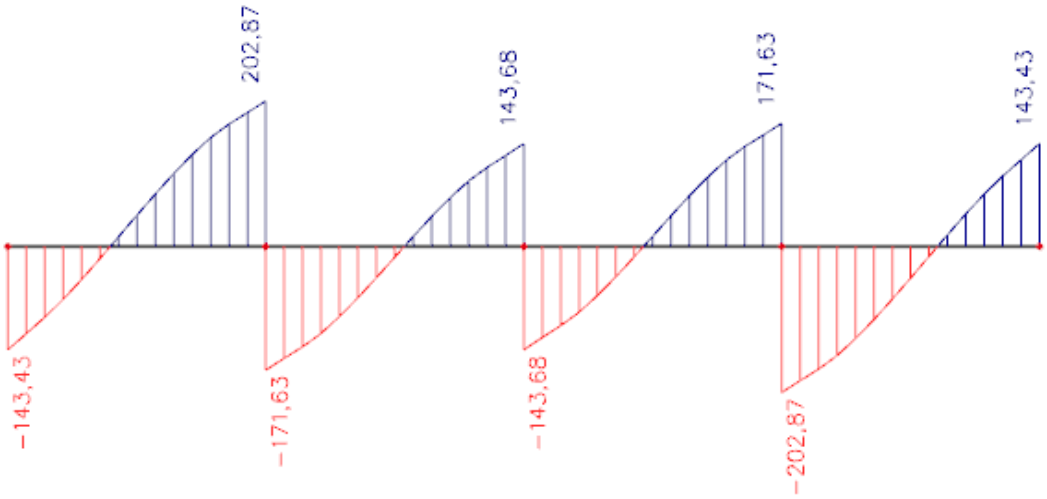
POZICIJA 101 X-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**285.59**	**229.67**	**210.43**	**197.16**	**173.1**	**156.63**	**149.62**	**115.16**
$V_{Rd,c}$	145.7267	145.7267	145.7267	145.7267	126.2965	126.2965	93.06317	93.06317
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	87.30718	87.30718	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
$V_{Ed,max}/V_R$	0.210875	0.169585	0.155378	0.14558	0.147478	0.133446	0.150651	0.115953
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)

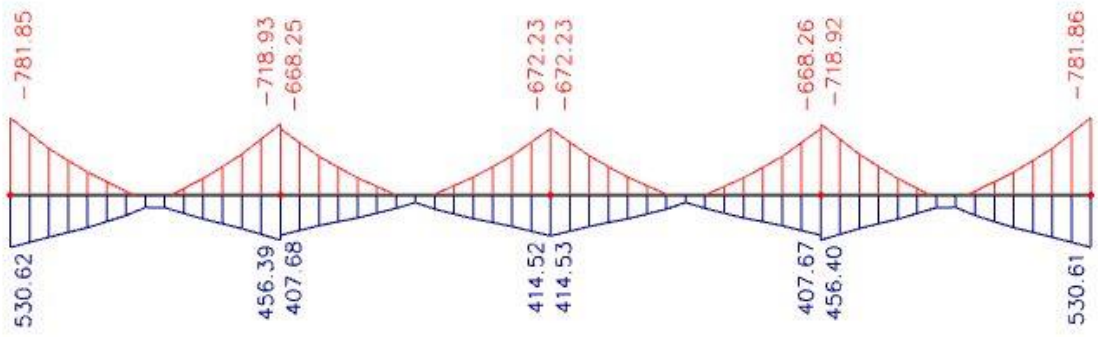
10.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



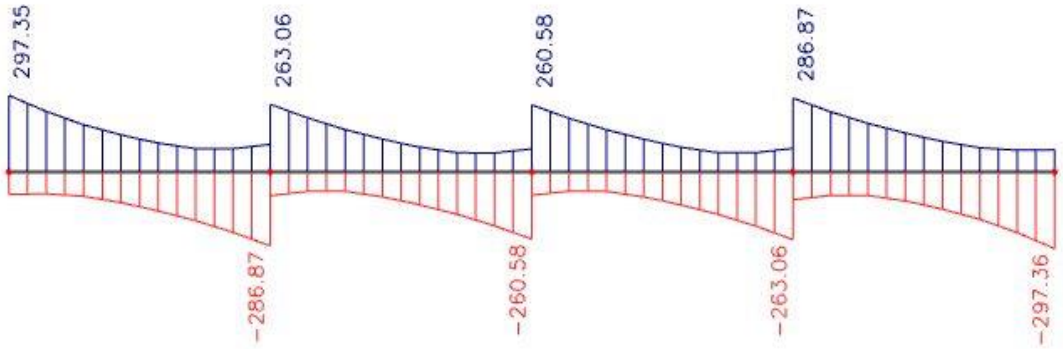
Slika 10.7 Osnovna kombinacija K1 - M_y



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:

$M_{ležaj\ 1}$ = -781.85 *kNm*

$M_{ležaj\ 2}$ = -718.93 *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} =781.86 kNm (dvostruko armiranje)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{781.86 \cdot 100}{30 \cdot 75^2 \cdot 2.33} = 0.198$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.5 ‰ ζ=0.892 ξ=0.159

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 75^2 \cdot 2.33 = 625.17\ \text{kNm}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Rd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed} - M_{Rd})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{625.17 \cdot 100}{0.892 \cdot 75 \cdot 43.48} + \frac{(781.86 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48}$$

$$= 21.1 + 3.43 = 24.53\ cm^2/m'$$

$$x = \xi_{lim} \cdot d = 0.259 \cdot 75 = 19.28\ cm$$

$$\frac{\varepsilon_{c2}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} \rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{x - d_2}{x} \cdot \varepsilon_{c2} = \frac{19.28 - 5.0}{19.28} \cdot 3.5 = 2.59‰$$

$$\varepsilon_{v(B500)} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434.8}{200000} \cdot 1000(‰) = 2.17‰$$

$\varepsilon_{s2} \geq \varepsilon_v \rightarrow f_{s2} = f_{yd}$

$$A_{S2} = \frac{M_{Ed-}M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(781.86 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48} = 3.43\ cm^2$$

$$A_{S1} = 24.53\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{4\ \phi\ 28}\ (A_S = 24.63\ cm^2)$$

$$A_{S2} = 3.43\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{2\ \phi\ 16}\ (A_S = 4.02\ \ cm^2)$$

Površina A_{S2} pokrivena konstruktivnom armaturom u tlačnoj zoni **2 ϕ 16** ($A_S = 4.02\ \ cm^2$)**.**

Greda pozicija 102 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

M_{Ed} = 718.92 kNm (dvostruko armiranje)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{718.92 \cdot 100}{30 \cdot 75^2 \cdot 2.33} = 0.182$$

Očitano: ε_{s1}=10.0 ‰ ε_{c2}=3.5 ‰ ζ=0.892 ξ=0.159

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 30 \cdot 75^2 \cdot 2.33 = 625.17 \text{ kNm}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Rd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{(M_{Ed-}M_{Rd})}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{625.17 \cdot 100}{0.892 \cdot 75 \cdot 43.48} + \frac{(718.92 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48}$$

$$= 21.1 + 1.97 = 23.07\ cm^2/m'$$

$$x = \xi_{lim} \cdot d = 0.259 \cdot 75 = 19.28\ cm$$

$$\frac{\varepsilon_{c2}}{x} = \frac{\varepsilon_{s2}}{x - d_2} \rightarrow \varepsilon_{s2} = \frac{x - d_2}{x} \cdot \varepsilon_{c2} = \frac{19.28 - 5.0}{19.28} \cdot 3.5 = 2.59‰$$

$$\varepsilon_{v(B500)} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434.8}{200000} \cdot 1000(‰) = 2.17‰$$

$$\varepsilon_{s2} \geq \varepsilon_v \rightarrow f_{s2} = f_{yd}$$

$$A_{S1} = \frac{M_{Ed-}M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}} = \frac{(718.92 - 625.17) \cdot 100}{(75 - 5) \cdot 43.48} = 1.97\ cm^2$$

$$A_{S1} = 23.07\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{4\ \phi\ 28}\ (A_S = 24.63\ \ cm^2)$$

$$A_{S2} = 1.97\ cm^2 \rightarrow Odabrano: \mathbf{2\ \phi\ 16}\ (A_S = 4.02\ \ cm^2)$$

Površina A_{S2} pokrivena konstruktivnom armaturom u tlačnoj zoni **2 ϕ 16** ($A_S = 4.02\ \ cm^2$)**.**

Tablica 10.3 Dimenzioniranje grede na moment savijanja

POZICIJA 102 Y-Moment savijanja									
Presjek	**Kombinacija**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ležaj 1		781.86	585.71	509.77	459.42	362.57	304.34	204.45	103.13
As1	**K3**	24.46539	19.95673	17.36925	15.65368	14.25432	11.96503	9.499317	4.791707
Odabrano		4Ø28	4Ø25	4Ø25	5Ø20	5Ø20	5Ø20	5Ø18	5Ø18
Ležaj 2		718.92	535.44	441.69	391.09	311.8	265.36	205.06	150.58
As1	**K3**	23.67991	18.24389	15.04958	13.3255	12.25831	10.43254	9.527659	6.996367
Odabrano		4Ø28	4Ø25	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**	8.382199	9.164537	9.164537	9.164537	9.613615	9.613615	9.849182	7.611534
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**	3.639216	3.966745	3.966745	3.966745	4.330117	4.330117	4.677873	3.624097
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

$V_{Ed} = 297.36\,kN$

$N_{Ed} = 0.0\,kN$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1.52 \le 2$$

$b_w = 30\,cm \quad d = 75\,cm$

$$\rho_l = \frac{A_s}{A_c} = \frac{5\varphi 25 + 4\varphi 14}{30 \cdot 80} = \frac{30.70}{30 \cdot 80} = 0.01279$$

$k_1 = 0.15$

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

$$297.36\,kN \ge V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.55 \cdot (100 \cdot 0.01279 \cdot 35)^{\frac{1}{3}} + 0.15 \cdot 0 \right] \cdot 300 \cdot 750 = 145.73\,kN$$

→ potrebna računska armatura

$$V_{Ed} = 297.36\,kN \ge V^{\min}{}_{Rd,c} = \left[\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 87.31\,kN$$

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

-Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0.5 \cdot 0.516 \cdot 300 \cdot 750 \cdot 23.3 = 1354.31\,kN$$

$$V_{Ed} = 297.36\,kN \le V_{Rd,\max} = 1354.31\,kN$$

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

$$V_{Ed,\max} / V_{Rd,\max} = 297.36 / 1354.31 \approx 0.159 \Rightarrow V_{Ed} = 0.159 V_{Rd,\max}$$

$$s_{\max} = \min\left(0.75 \cdot d; 30cm\right) = \min\left(0.75 \cdot 75 = 56.25; 30\right) \Rightarrow s_{\max} = 30\,cm$$

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

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)

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

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 75) \cdot 43.5 \cdot 2 = 154.64$$

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \le \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 75}{297.36} = 15.59\,cm$$

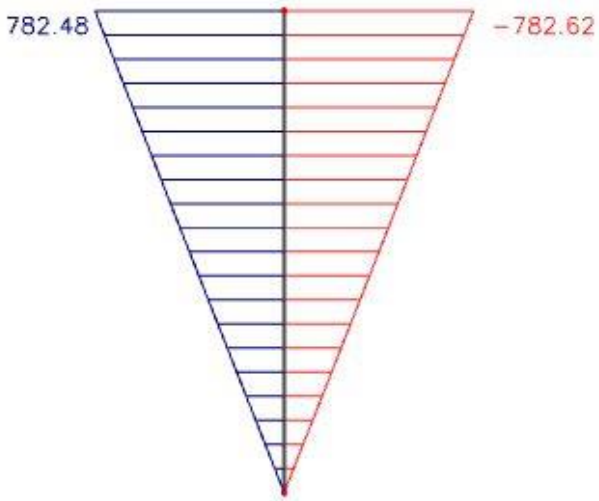
Postaviti spone **Ø10/15** (A_{sw}=0.79 cm^2)

Tablica 10.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu

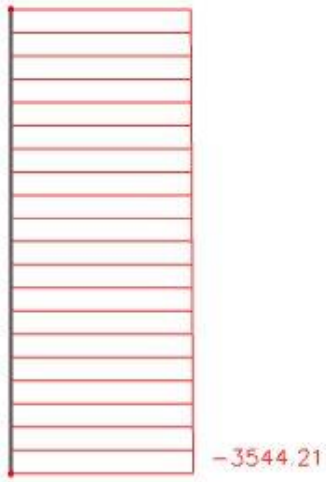
POZICIJA 102 Y-Poprečna sila								
	1	2	3	4	5	6	7	8
V_{Ed}	**297.36**	**242.94**	**219.57**	**204.91**	**178.79**	**160.91**	**169.65**	**115.35**
$V_{Rd,c}$	145.7267	145.7267	145.7267	145.7267	126.2965	126.2965	93.06317	93.06317
$V_{Ed} \ge V_{Rdc}$	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da
V_{Rdc}^{Min}	87.30718	87.30718	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
$V_{Ed,max}/V_R$	0.219566	0.179383	0.162127	0.151303	0.152326	0.137093	0.170819	0.116145
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

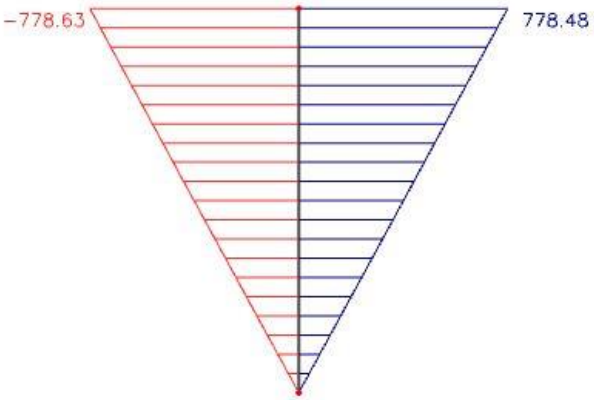
10.4.1 Rezne sile



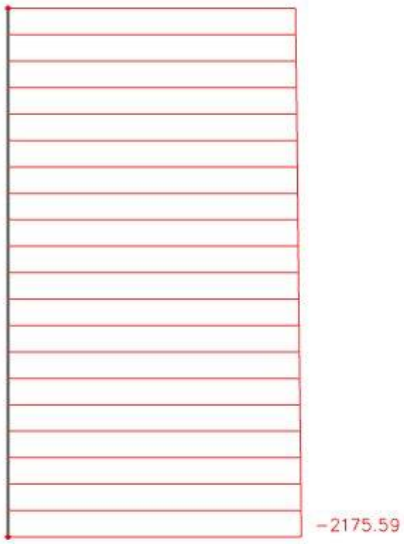
Slika 10.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z



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:

$$\mathrm{N} = -3544.21\ \mathrm{kN}$$

Pripadni moment je:

$$\mathrm{M} = 782.62\ \mathrm{kNm}$$

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

$$\mathrm{M} = 778.62\ \mathrm{kNm}$$

Pripadna uzdužna sila je:

$$\mathrm{N} = -2175.59\ \mathrm{kN}$$

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:

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

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

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

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

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

$$B\,500B \Rightarrow f_{yk} = 500.0\ MPa \quad \Rightarrow$$

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

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

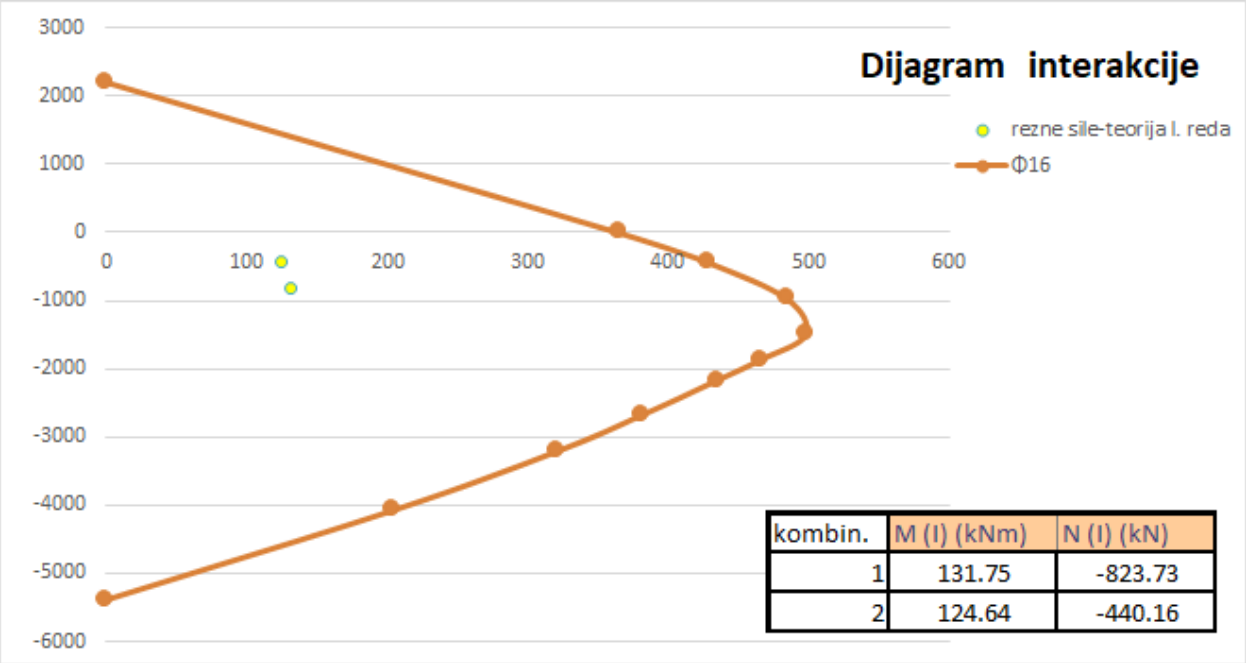
Odabrana armatura: ∅18 (A_s=50.8 cm^2)

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

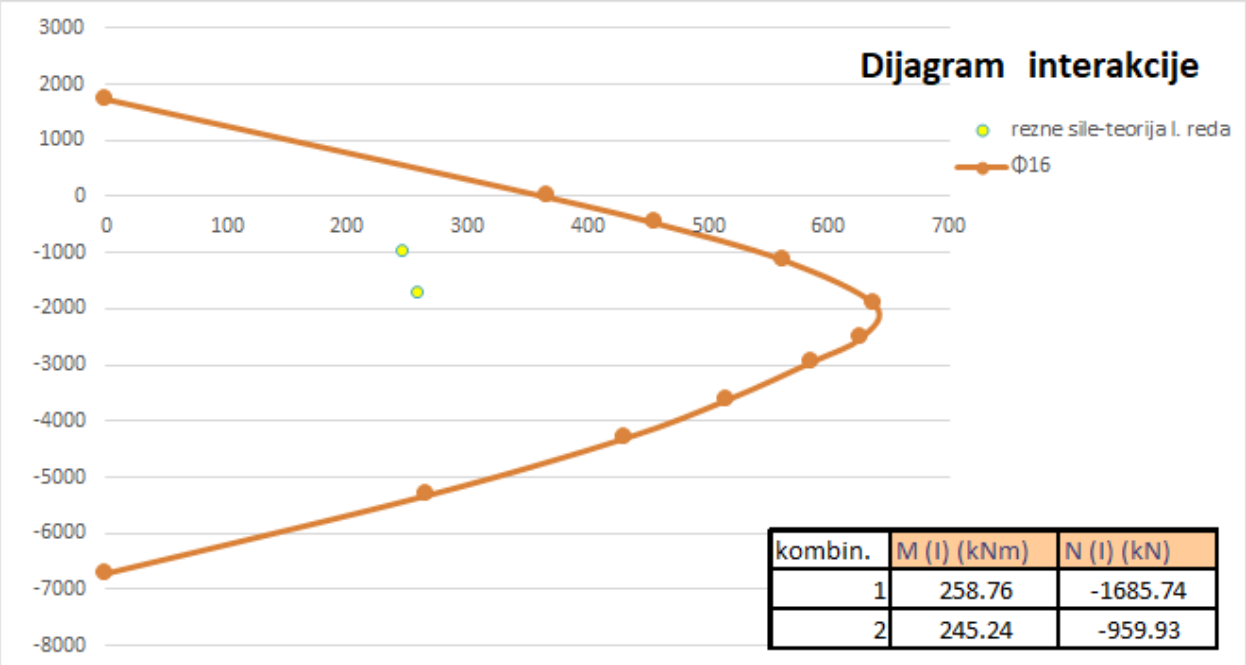
Odabrano: **Ø10/10**.

10.4.3 Dimenzioniranje stupova

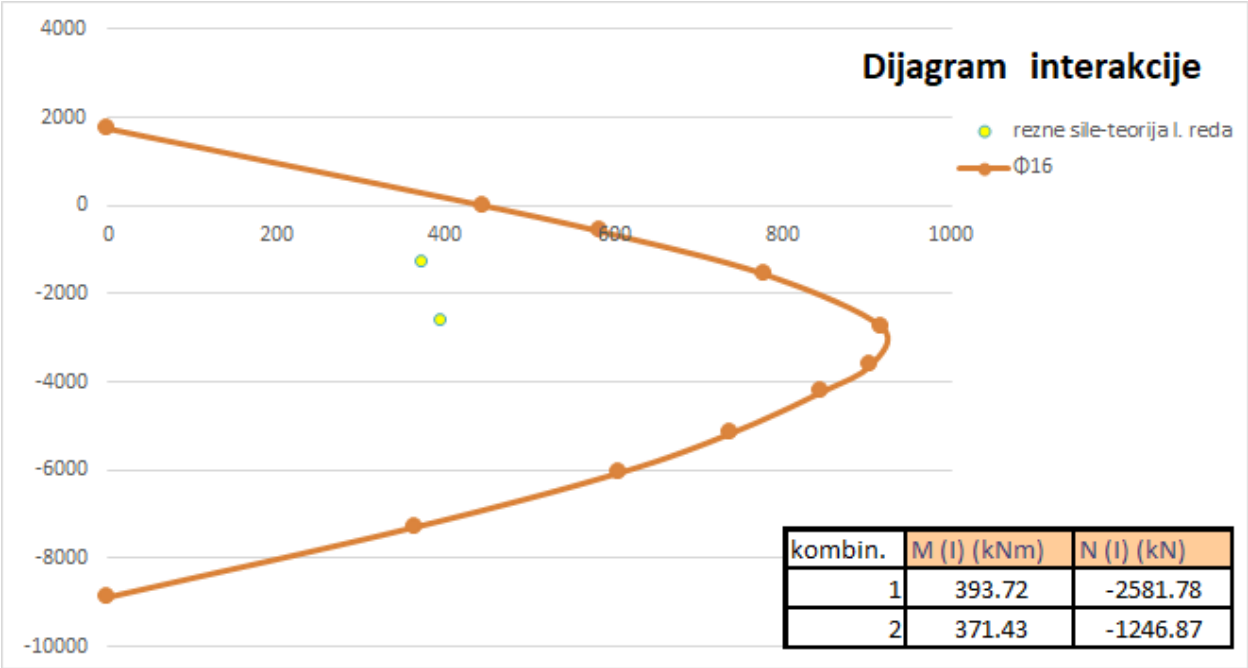
U nastavku je prikazana odabrana armatura za stupove. Za dimenzioniranje stupova je korišten software Aspalathos Section Design te Microsoft Excel za prikaz rezultata.



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

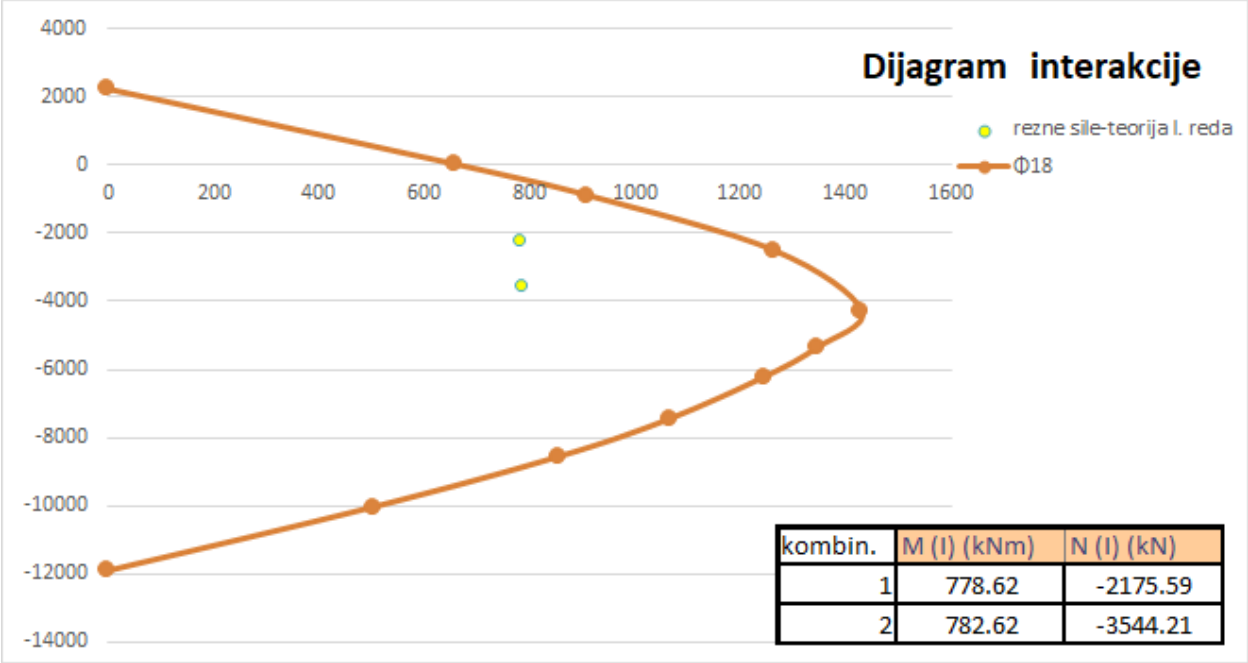


Slika 10.16 Dijagram interakcije za stup dimenzija 50x50 (cm)



kombin.	M (I) (kNm)	N (I) (kN)
1	393.72	-2581.78
2	371.43	-1246.87

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



kombin.	M (I) (kNm)	N (I) (kN)
1	778.62	-2175.59
2	782.62	-3544.21

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

11 DIMENZIONIRANJE ELASTOMERNIH LEŽAJEVA

11.1 Rezne sile

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

1335.92	2347.91	2342.17	2336.69	2336.86	2336.89	2336.86	2336.69	2342.17	2347.91	1335.92
2346.35	4222.96	4221.94	4211.59	4211.81	4211.88	4211.81	4211.59	4221.94	4222.96	2346.35
2346.22	4232.48	4231.85	4220.55	4220.79	4220.88	4220.79	4220.55	4231.85	4232.48	2346.22
2346.35	4222.96	4221.94	4211.59	4211.81	4211.88	4211.81	4211.59	4221.94	4222.96	2346.36
1335.91	2347.90	2342.17	2336.69	2336.86	2336.89	2336.86	2336.69	2342.17	2347.90	1335.92

Slika 11.1 Reakcije u elastomernim ležajevima

Elastomerni ležajevi su simulirani posebnim štapnim elementima koji imaju samo aksijalnu krutost, dok su im savojna i posmična krutost jednaka nuli. Svaki set ležajeva ispod temelja simuliran je sa po tri štapa u svakome smjeru, pri čemu vertikalni štap simulira sumarnu krutost to jest površinu ležaja u vertikalnom smjeru, a horizontalni ukupnu krutost ležaja u horizontalnom smjeru.

Pri tome su korišteni sljedeći izrazi za izračun materijalnih karakteristika u horizontalnom i vertikalnom smjeru:

$$G = 1.2 \text{ Mpa}$$

$$E_H = G$$

$$E_v = \frac{3}{8} \cdot G \cdot (\phi / t)^2$$

Gdje su:

G – modul posmika

E – modul elastičnosti

E_v – vertikalni

E_H – horizontalni

f – promjer elastomernog. ležaja

t – debljina sloja elastomera

Elastomerni ležaj **Ø600/90mm**

$$A_t = \frac{d^2 \cdot \Pi}{4} = \frac{0.6^2 \cdot \Pi}{4} = 0.283\ m^2$$

$$G = 1.2\ MPa$$

$$E_H = G = 1.2\ MPa$$

$$E_V = \frac{3}{8} \cdot G \cdot (Ø \cdot t)^2 = \frac{3}{8} \cdot 1.2 \cdot (600 \cdot t)^2 =$$

Proračun ležajeva provodi se u dvije faze:

-Proračun potrebne površine ležajeva

-Proračun potrebne visine ležajeva

11.2 Dimenzioniranje ležaja Ø600

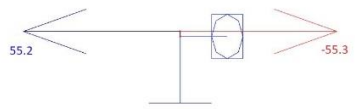
-Proračun potrebne površine ležajeva ovisan je o ukupnoj sili koju ležaj mora primiti.

$R_{max} = 4231.85$ kN

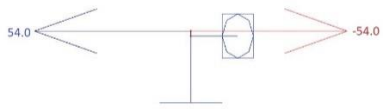
4241	600	35,0	70	0,6%	50	3
		45,5	90	0,8%	65	4
		56,0	110	1,0%	80	5
		66,5	130	1,2%	95	6
		77,0	150	1,4%	110	7
		86,5	170	1,6%	125	8
		93,3	190	1,8%	140	9
		99,5	210	2,0%	155	10
		104,8	230	2,2%	170	11

Odabran ležaj Ø600

-Proračun potrebne visine ležajeva ovisan je o pomaku na ležajevima.



Slika 11.2 Pomaci ležajeva (mm) smjer x



Slika 11.3 Pomaci ležajeva (mm) smjer y

Odabrana visina ležajeva: 90 mm

Tablica 11.1 Proračun elastomernog ležaja

Podaci o ležaju				
ϕ	60	cm	- promjer ležaja	
hef	5	cm	- ukupna visina neoprena (efektivna visina ležaja)	
t	1.7	cm	- debljina sloja elastomera	
G	1.2	Mpa	- modul posmika	
Eh	1.2	Mpa	- horizontalni modul elastičnosti	
Ev	560.55	Mpa	- vertikalni modul elastičnosti	
A	0.2827	m^2	- površina ležaja	
I	0.0064	m^4	- moment inercije ležaja	
Podaci o opterećenju				
Nsd	4231.85	kN	- sila od vertikalnog opterećenja	
Ukupna proračunska dilatacija smicanja				
$d_{x\text{-}potr}$	5.53	cm	- pomak od potresa (x smjer)	
$d_{x\text{-}u}$	5.53	cm	- ukupni pomak x smjera	
$d_{y\text{-}potr}$	5.40	cm	- pomak od potresa (y smjer)	
d_{Ed}	7.73	cm	- ukupni pomak	
δ	2.88	rad	- zaokret	
Ar	0.236	m^2	- efektivna površina elastomera	
σ_e	17.89	Mpa	- naprezanje u elastomernom ležaju	
S	8.82			
ε_c	2.53			
Dilatacija smicanja usljed poprečnog pomaka				
d_{Ed}	7.73	cm	- ukupni pomak	
ε_s	1.55	cm	- deformacija (< 2)	
Ukupna proračunska dilatacija				
ε_{ba}	4.08			
Stabilnost ležaja				
	12.00		- stabilnost (> 4)	
Pričvršćivanje ležaja				
k_f	0.6	- koeficijent		
$V_{ED\text{-}x}$	215.9	- sila u ležaju od potresa u X smjeru		
$V_{ED\text{-}y}$	217.1	- sila u ležaju od potresa u Y smjeru		
V_{ED}	306.22	- ukupna sila u ležaju od potresa		
V_{ED} / N_E	0.072	<	0.134	$0.1+k_f/\sigma_e$

12 PRORAČUN TEMELJA SAMCA

12.1 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 mjerodavne maksimalne uzdužne sile. Momenti su zanemarivo mali zbog elastomernih ležajeva ispod stupova.

Mjerodavne sile na spoju ležaj-stup:

- $N_{max} = 5871.98\ kN$

12.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca

Temelj je centrično opterećen te zato odabiremo kvadratni poprečni presjek.

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

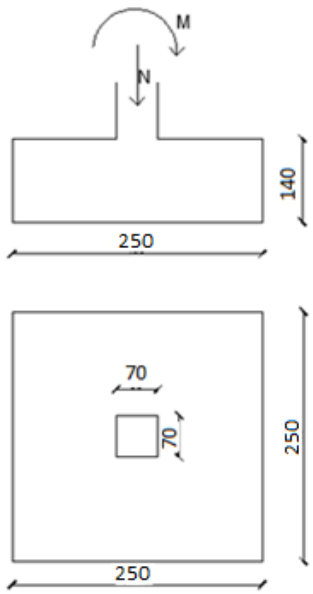
Širina i duljina temelja: $a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78\ m$

Usvojene dimenzije temelja: $a = 2.5\ m$

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

Usvojena visina temelja: $v = 140\ cm$

Težina temelja: $N_t = 2.5 \cdot 2.5 \cdot 1.4 \cdot 25 = 218.75\ kN$



Slika 12.1 Dimenzije temelja

12.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi tlo - temelj

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

$A = 2.5 \cdot 2.5 = 6.25\ m^2$

$$N_{max} = 5871.98\ kN \rightarrow N_{Ed} = N_{max} + N_t = 5871.98 + 218.75 = 6090.73\ kN$$

$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} = \frac{6090.73}{6.25} = 974.52$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 974.52\ kN/m^2 < \sigma_{t,dop=1000\ kN/m^2}$$

Iskoristivost: $\frac{974.52}{1000} = 97.45\%$

12.3 Proračun armature temelja

- **Momenti u presjeku 1-1**

$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2}$$

$$\sigma_{1-1} = \sigma_1$$

$$\sigma_{1-1} = 974.52 \text{ kPa}$$

$$M_{1-1} = 974.52 \cdot 0.9 \cdot 2.5 \cdot \frac{0.9}{2} = 986.70 \text{ kNm}$$

Mjerodavni moment za proračun armature:

$M_{Ed}^{1-1} = (M^{1-1})_{max} = 986.70\ kNm$

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

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

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{986.70 \cdot 100}{250 \cdot 133^2 \cdot 1.66} = 0.009$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0$ ‰, $\varepsilon_{c2} = 0.5$ ‰, $\xi = 0.048$, ζ=0.984

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d_y} = \frac{986.70 \cdot 100}{43.48 \cdot 0.984 \cdot 133} = 17.34\ cm^2/m'$$

$A'_{s1} = A_{s1}/a = 17.34/3.0 = 5.78\ cm^2/m'$

<u>*Odabrano:*</u> **Ø 16/20 (A_{s1} = 10.05 cm^2)**

Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: **Ø 12/20 (A_{s1} = 5.65 cm^2)**

13 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ELASTOMERNIM LEŽAJEVIMA

Tablica 13.1 Troškovnik konstrukcije s elastomernim ležajevima

TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKOM IZOLACIJOM					
R.Br.	**Opis stavke**	**MJ**	**Količina**	**Cijena/MJ**	**Iznos**
1	**ZEMLJANI RADOVI**				
1.1	Iskop za temelje u tlu kategorije A	m^3	576.29	90.00 kn	51,866.10 kn
				Zemljani radovi ukupno	51,866.10 kn
2	**BETONSKI I ARMIRANO BETONSKI RADOVI**				
2.1	Podbeton ispod temelja C16/20	m^3	55.77	650.00 kn	36,250.50 kn
2.2	Beton temelja C25/30	m^3	481.25	900.00 kn	433,125.00 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	1138.92	1,800.00 kn	2,050,056.00 kn
2.5	Beton stupa C35/40	m^3	479.16	1,800.00 kn	862,488.00 kn
				Betonski radovi ukupno	8,484,919.50 kn
2.6	Armatura temelja B500B	kg	23430.93	7.30 kn	171,045.79 kn
2.7	Armatura ploča B500B	kg	254810.48	7.30 kn	1,860,116.50 kn
2.8	Armatura greda B500B	kg	139752.48	7.30 kn	1,020,193.10 kn
2.9	Armatura stupova B500B	kg	128377.15	7.30 kn	937,153.20 kn
				Armirački radovi ukupno	3,988,508.59 kn
3	**OSTALI RADOVI**				
3.1	Elastomerni ležajevi Φ600	kom.	55	2,400.00 kn	132,000.00 kn
				Ostali radovi ukupno	132,000.00 kn
			UKUPNO (BRUTO):		12,657,294.19 kn
			PDV (25%):		3,164,323.55 kn
			UKUPNO (NETO):		15,821,617.74 kn

14 ZAKLJUČAK

Usporedbom projekta konstrukcije osmoetažne betonske stambene zgrade s okvirnim nosivim sustavom u varijanti klasične gradnje i aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva došli smo do određenih gledišta ekonomičnosti, sigurnosti, otpornosti i uporabne vrijednosti konstrukcije.

Što se tiče ekonomskog aspekta klasična konstrukcija ima manju cijenu od konstrukcije s aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva. Ukupna cijena svih radova (zemljanih, betonskih i armiranobetonskih) kod klasične konstrukcije je 15,544,131.78 kn. Cijena konstrukcije s aseizmičkom izolacijom je 15,821,617.74 kn. Druga konstrukcija je skuplja jer se uz sve radove kao i kod klasične konstrukcije trebaju obaviti dodatni radovi koji podrazumijevaju ugradnju i cijenu samih elastomernih ležajeva. Razlika u cijeni je 277,485.96 kn, dakle izraženo u postotku 1.75% je veća cijena konstrukcije s aseizičkom izolacijom od elastomernih ležajeva.

S gledišta sigurnosti i otpornosti projektnih rješenja na potresna djelovanja prema važećim propisima i standardima obje konstrukcije zadovoljavaju.

Kod konstrukcije s aseizmičkom izolacijom od elastomernih ležajeva uporabna vrijednost je veća nego kod klasične konstrukcije, zbog manjih pomaka pri potresu i smanjenih vibracija. Zbog toga se kod suvremenog načina građenja javlja i veći psihološki osjećaj sigurnosti korisnika pri potresu.

Na temelju projekta može se zaključiti da su oba slučaja podjednako povoljna. Iako za građevine nepovoljnijeg tipa konstrukcije primjena aseizmičke izolacije mogla biti sveukupno povoljnija i racionalnija nego kod klasične konstrukcije. Jer povećanjem krutosti konstrukcije smanjujemo utjecaj potresnog djelovanja na konstrukcije.

15 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

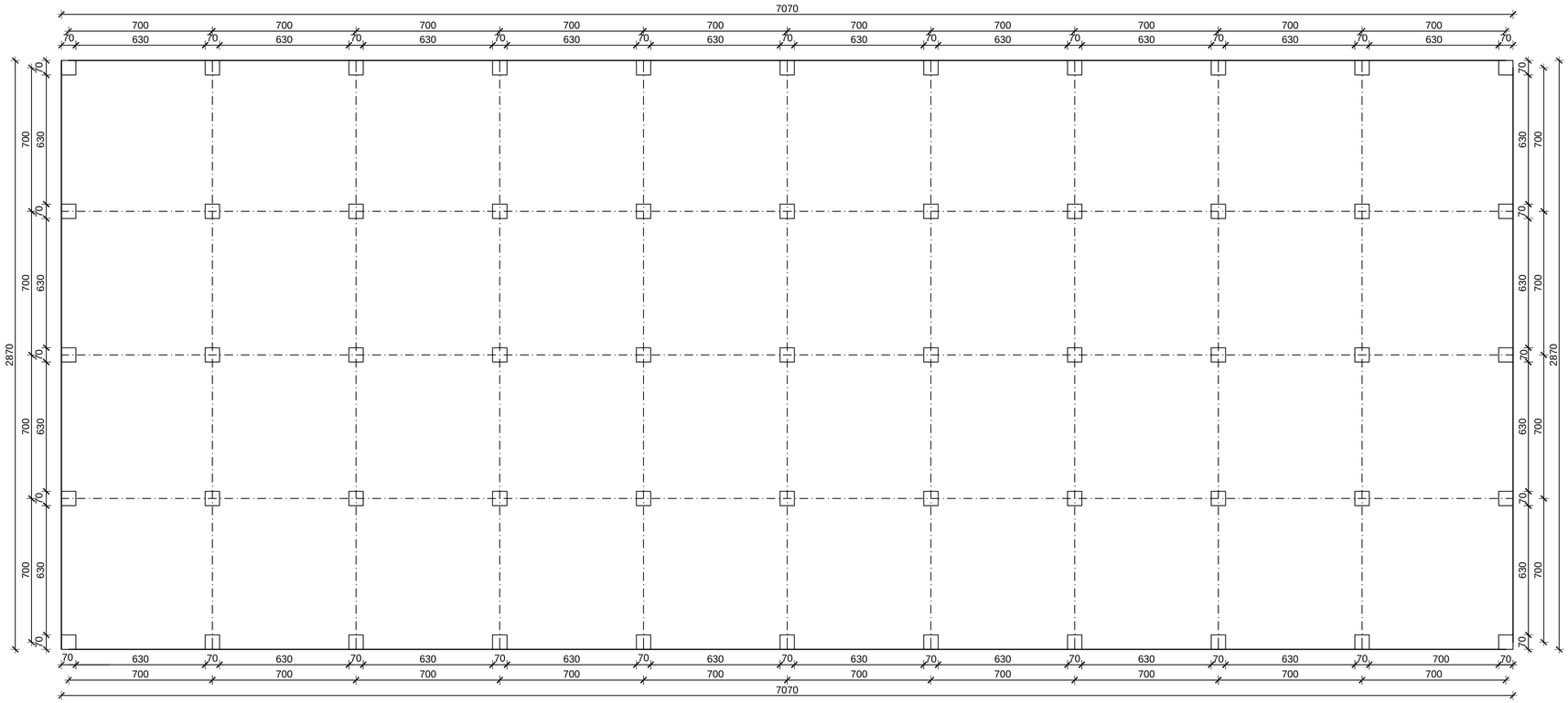
[6] Sika Hrvatska – stručni članci

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

16 GRAFIČKI PRILOZI

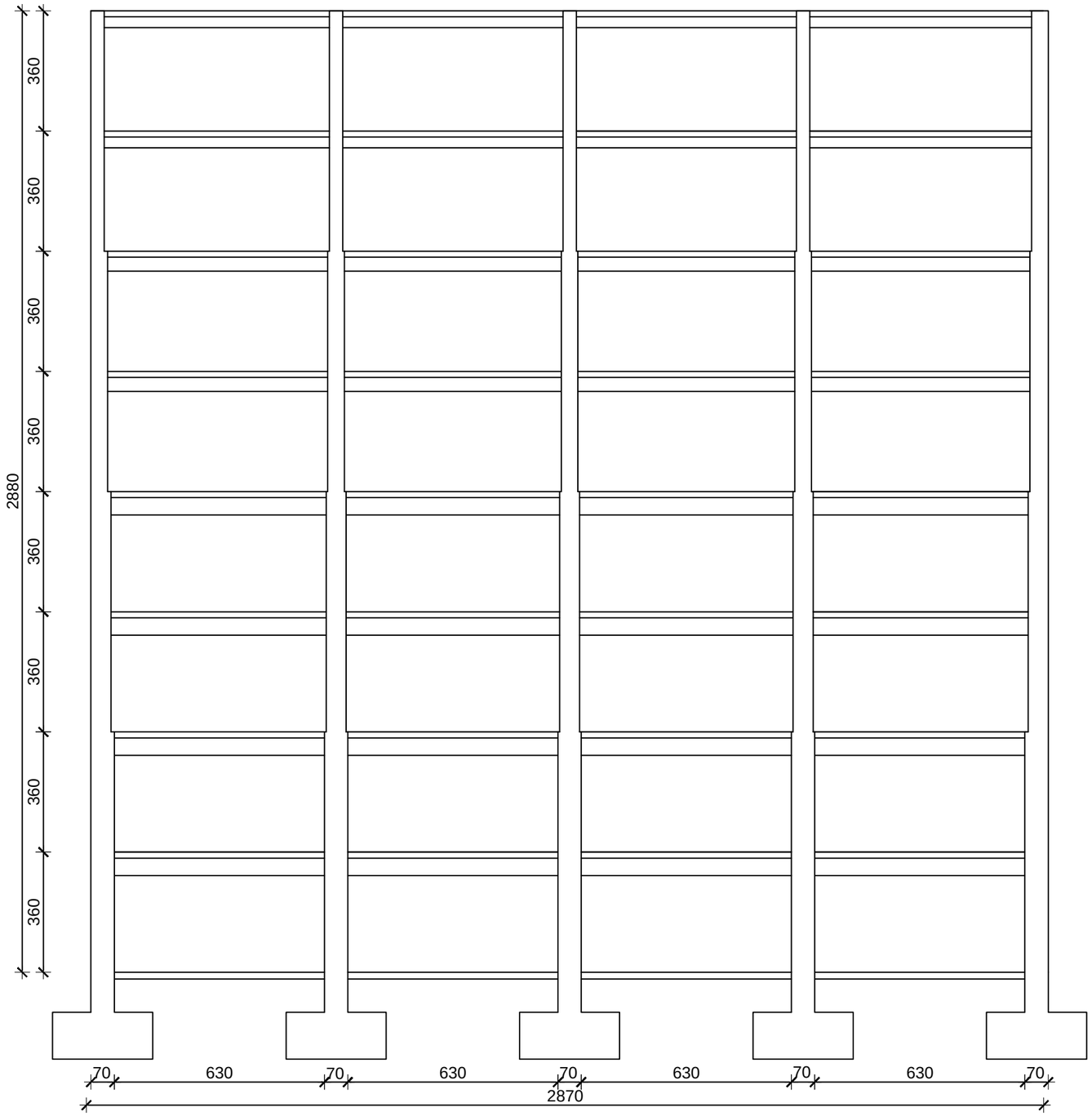
1. Tlocrt konstrukcije M 1:150
2. Presjek konstrukcije M 1:150
3. Plan armature ploče-donja zona-međukatna konstrukcija M 1:150
4. Plan armature ploče-gornja zona-međukatne i krovne konstrukcije M 1:150
5. Plan armature ploče-donja zona-krovna konstrukcija M 1:150
6. Plan armature karakteristične uzdužne 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 stupa suvremene gradnje M 1:50, M 1:25
13. 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	Morena Čubelić	MENTOR Prof. dr.sc. Jure Radnić
	SADRŽAJ	Tlocrt konstrukcije	MJERILO 1:150
	DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA 1

PRESJEK KONSTRUKCIJE
1-1

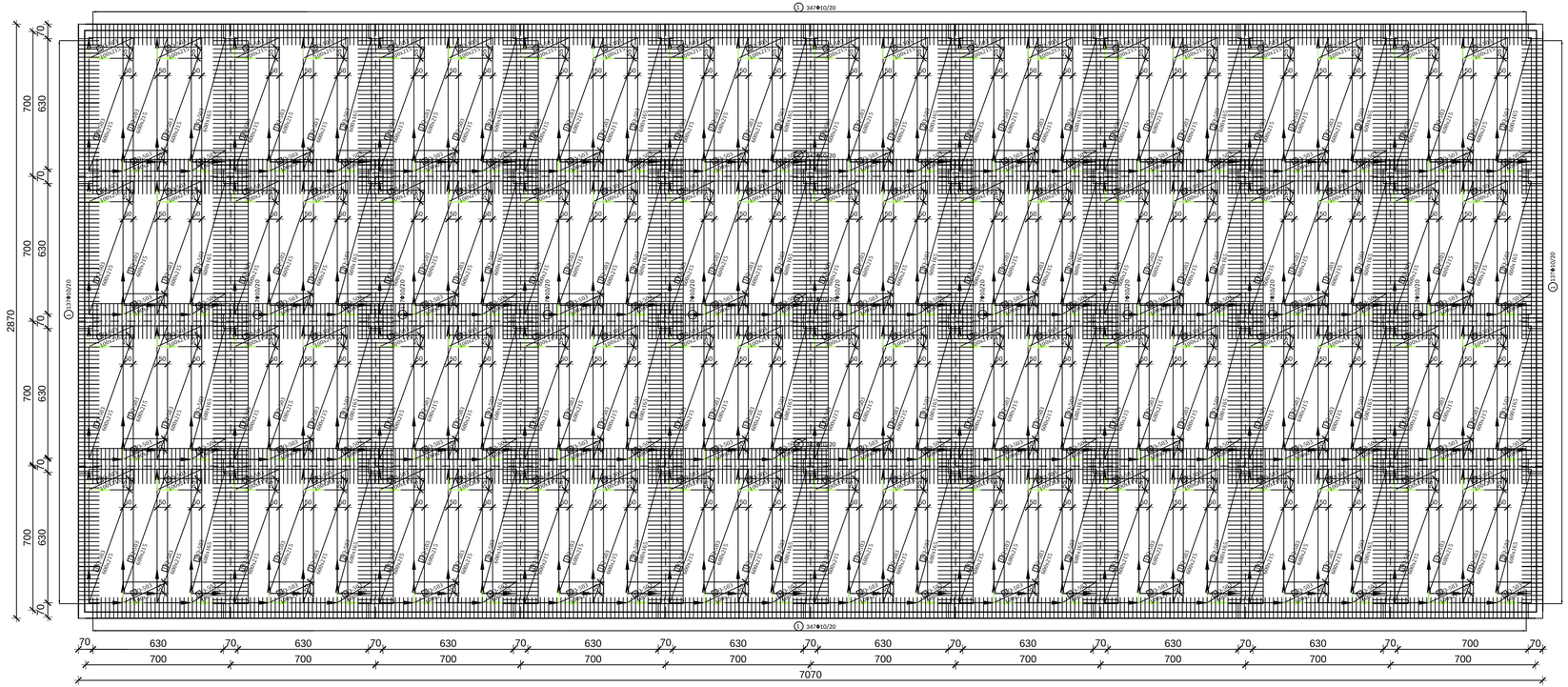


SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	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	Morena Čubelić
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

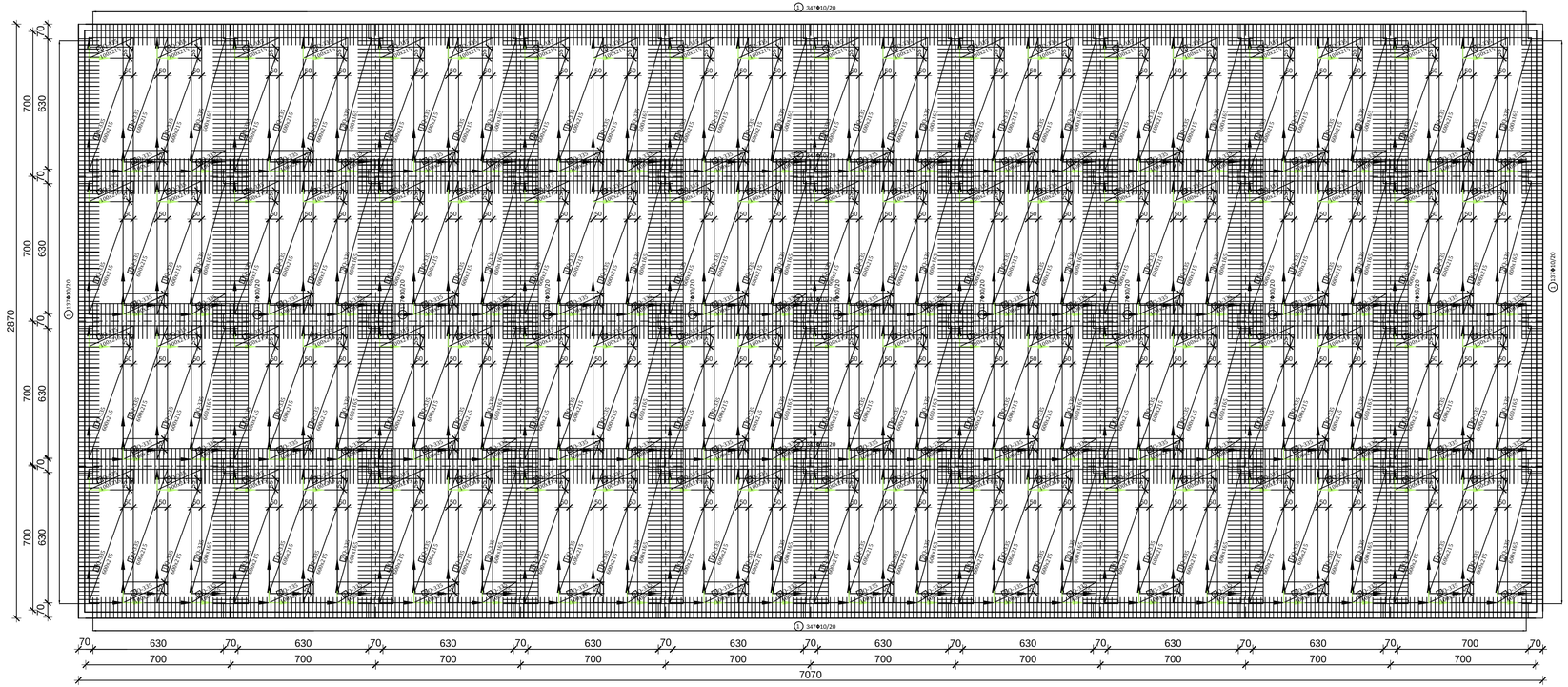
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	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	600x215	120	5.45	8436.6
2	Q-335	100	600x165	40	5.45	2812.2
3	Q-335	100	100x215	120	5.45	1406.1
4	Q-335	100	100x165	40	5.45	359.7
					UKUPNO: (KG)...	13014.6

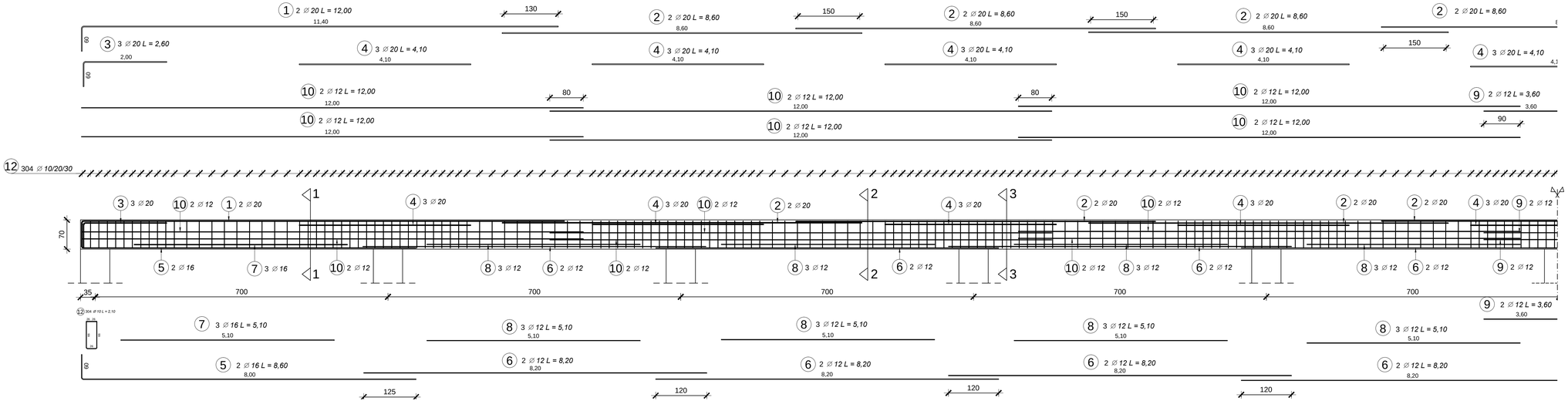
ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

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

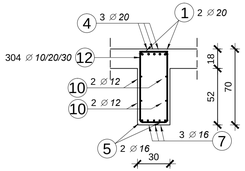
SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

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

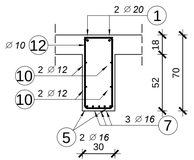
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE



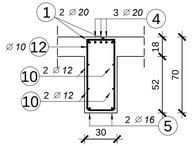
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3

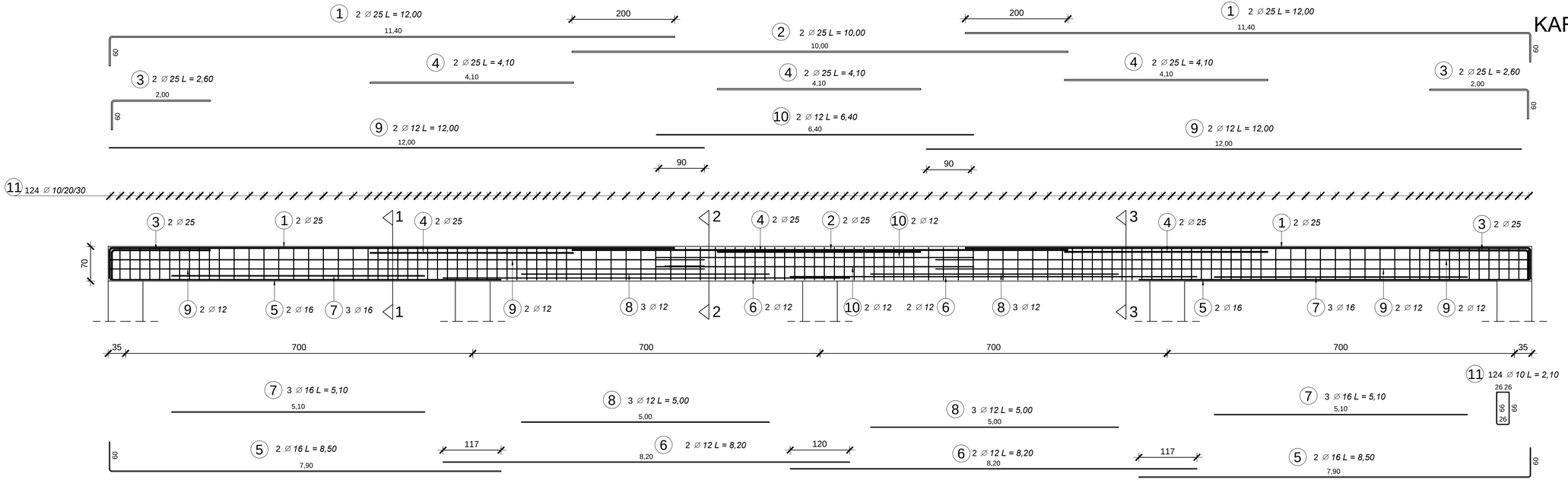


Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	20	12, 4, 11.40	a = 90	4	12.00	48.0
2	20	8.60		12	8.60	103.2
3	20	12, 4, 2.00	a = 90	6	2.60	15.6
4	20	4.10		27	4.10	110.7
5	16	12, 8.00	a = 90	4	8.60	34.4
6	12	8.20		16	8.20	131.2
7	16	5.10		6	5.10	30.6
8	12	5.10		24	5.10	122.4
9	12	3.60		4	3.60	14.4
10	12	12.00		24	12.00	288.0

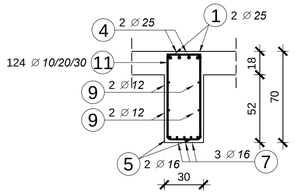
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 20
(kg/m)	0.617	0.888	1.580	2.470
Ukupna duljina (m)	638.40	556.00	65.00	277.47
Ukupna masa (kg)	393.9	493.7	102.7	685.4
Ukupno: (kg)	1675.672			

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		DIPLOMSKI RAD	
	ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE	
	STUDENT: Morena Čubelić	MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić	
	SADRŽAJ: Plan armature karakteristične grede LTO	MJERILO: 150, 125	
	DATUM: RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA: 6	

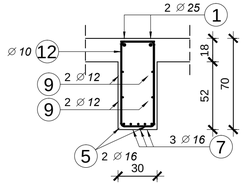
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE



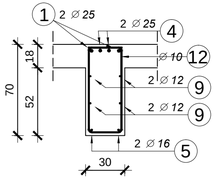
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



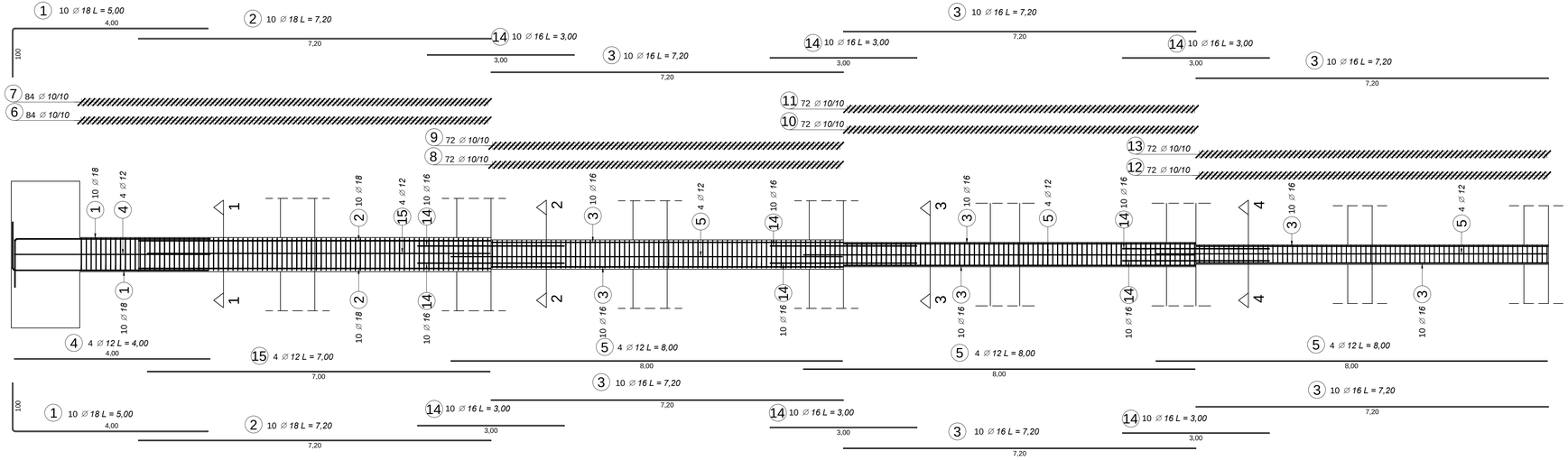
Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	25	11,40 a 60	a = 90	4	12.00	48.0
2	25	10,00		2	10.00	20.0
3	25	2,00 a 60	a = 90	4	2.60	10.4
4	25	4,10		6	4.10	24.6
5	16	7,90 a 60	a = 90	4	8.50	34.0
6	12	8,20		4	8.20	32.8
7	16	5,10		6	5.10	30.6
8	12	5,00		6	5.00	30.0
9	12	12,00		8	12.00	96.0
10	12	6,40		4	6.40	25.6
11	10	26 a b c d 66 26	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	124	2.10	260.4

BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 25
(kg/m)	0.617	0.888	1.580	3.850
Ukupna duljina (m)	260.40	184.40	64.60	102.98
Ukupna masa (kg)	160.7	163.7	102.1	396.5
Ukupno: (kg)	822.955			

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične poprečne grede P70	MJERILO	150, 1:25
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	7

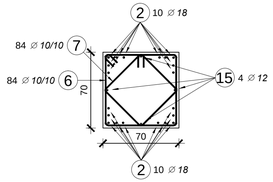


Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Dep)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	18	100 / 400	a = 90	20	5,00	100,0
2	18	7,20		20	7,20	144,0
3	16	7,20		60	7,20	432,0
4	12	4,00		4	4,00	16,0
5	12	8,00		12	8,00	96,0
6	10	c 40 / 40 b / 40 a / 40 56	a = 90 b = 90 c = 90	84	2,88	241,9
7	10	c 35 / 35 b / 35 a / 35 49	a = 90 b = 90 c = 90	84	2,18	183,1
8	10	c 40 / 40 b / 40 a / 40 56	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,48	178,6
9	10	c 30 / 30 b / 30 a / 30 42	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,90	136,8
10	10	c 35 / 35 b / 35 a / 35 49	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,08	149,8
11	10	c 25 / 25 b / 25 a / 25 35	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,62	116,6
12	10	c 24 / 24 b / 24 a / 24 36	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,68	121,0
13	10	c 20 / 20 b / 20 a / 20 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

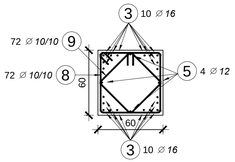
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNOG STUPA

BSt500B	∅ 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			

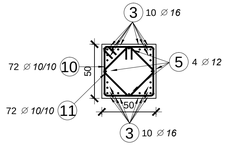
PRESJEK 1-1
70x70 (cm)



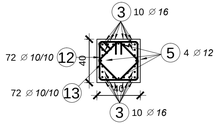
PRESJEK 2-2
60x60 (cm)



PRESJEK 3-3
50x50 (cm)



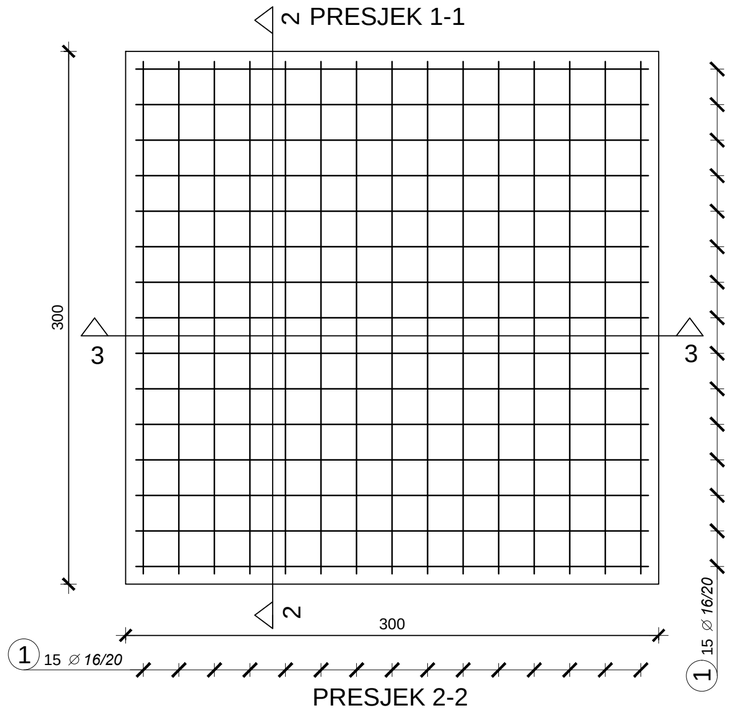
PRESJEK 4-4
40x40 (cm)

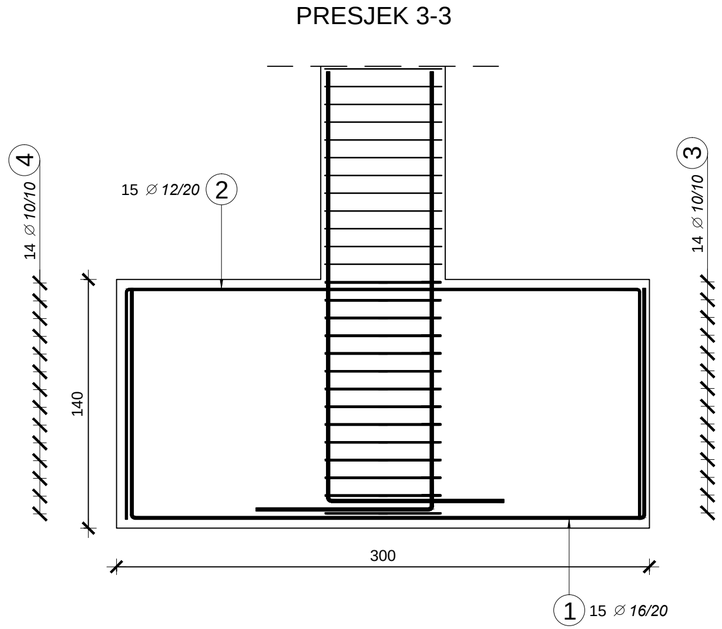


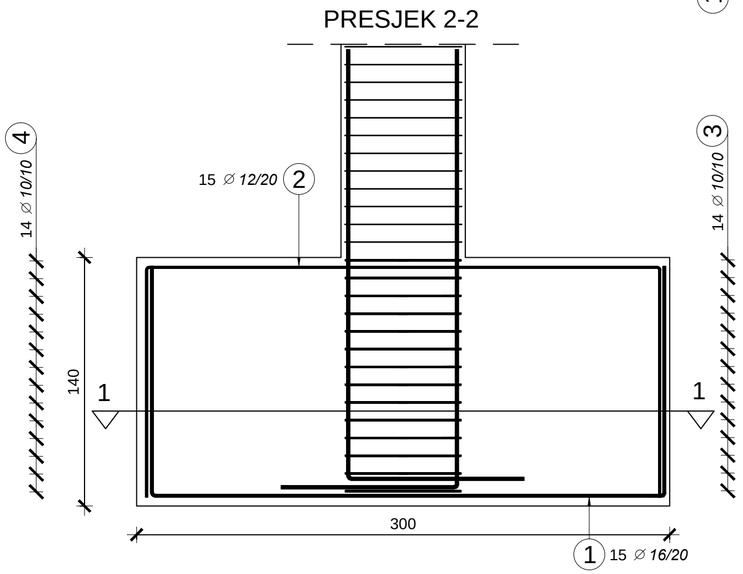
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

		DIPLOMSKI RAD	
ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakterističnog stupa	M.BROJ	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	8

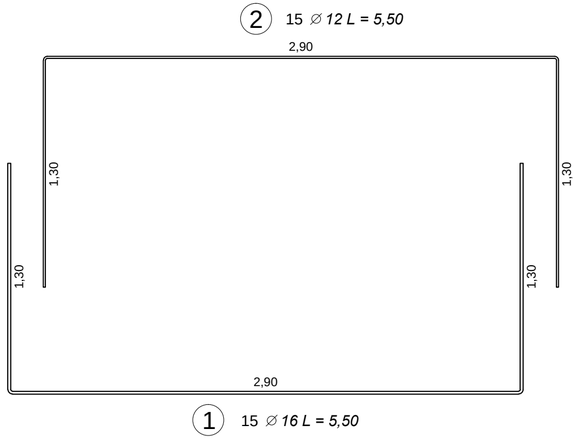
PLAN ARMATURE TEMELJA

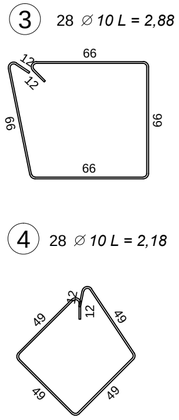






Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	16	1,30 b a 1,30 2,90	a = 90 b = 90	30	5,50	165,0
2	12	1,30 b a 1,30 2,90	a = 90 b = 90	30	5,50	165,0
3	10	c 66 12 b a 66 66	a = 90 b = 90	28	2,88	80,6
4	10	c 49 12 b a 49 49	a = 90 b = 90 c = 90	28	2,18	61,0





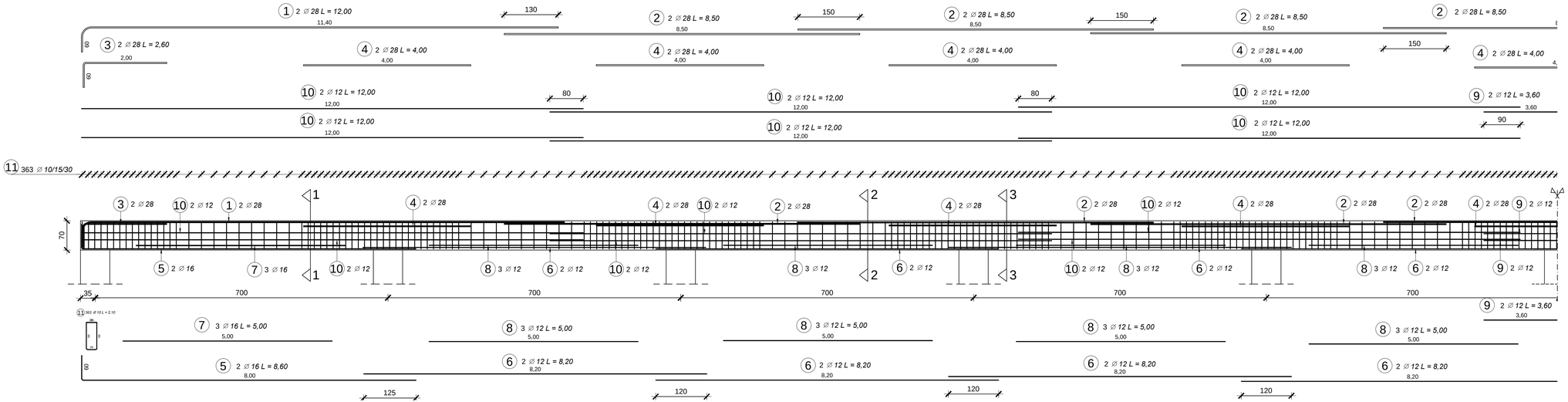
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16
(kg/m)	0,617	0,888	1,580
Ukupna duljina (m)	141,68	165,00	165,00
Ukupna masa (kg)	87,4	146,5	260,7
Ukupno: (kg)	494,637		

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

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

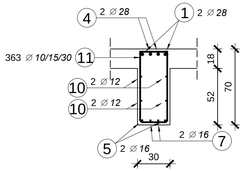
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE SUVREMENE GRADNJE



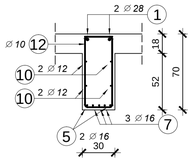
Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	28	11.40	a = 90	4	12.00	48.0
2	28	8.50		12	8.50	102.0
3	28	2.00	a = 90	4	2.60	10.4
4	28	4.00		18	4.00	72.0
5	16	8.00	a = 90	4	8.60	34.4
6	12	8.20		16	8.20	131.2
7	16	5.00		6	5.00	30.0
8	12	5.00		24	5.00	120.0
9	12	3.60		4	3.60	14.4
10	12	12.00		24	12.00	288.0

BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 28
(kg/m)	0.617	0.888	1.580	4.830
Ukupna duljina (m)	762.30	553.60	64.40	232.38
Ukupna masa (kg)	470.3	491.6	101.8	1122.4
Ukupno: (kg)	2186.083			

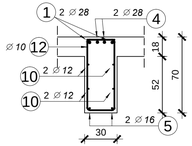
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



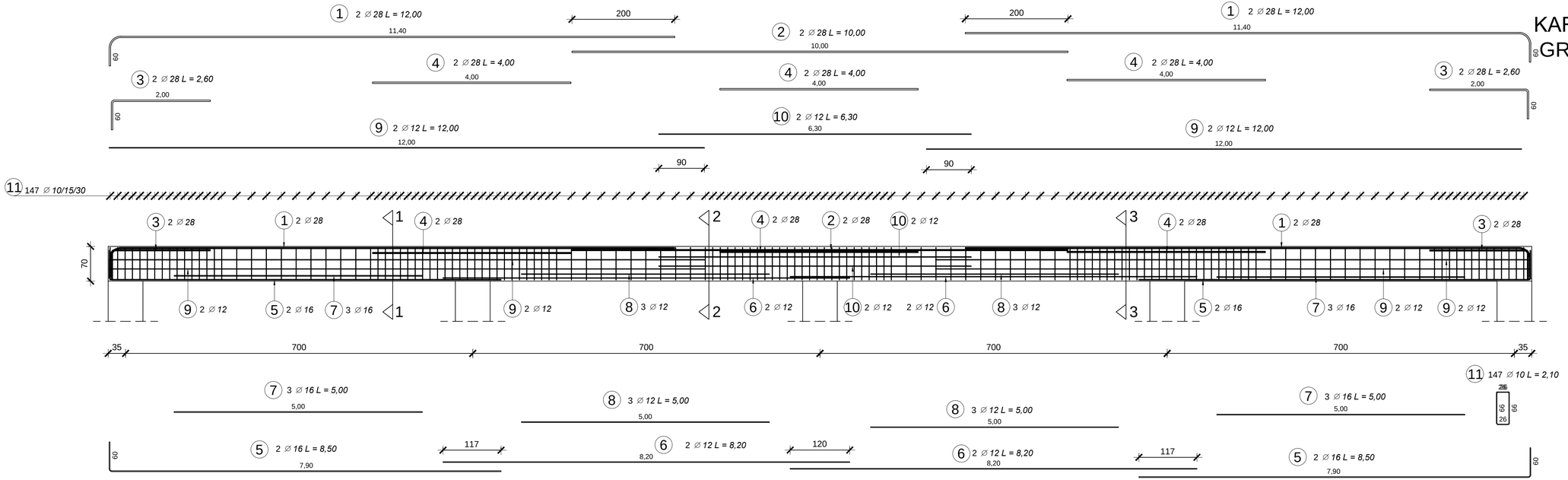
PRESJEK 3-3



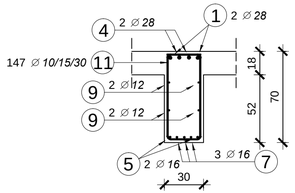
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

		DIPLOMSKI RAD	
ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakteristične grede	MJERILO	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	10

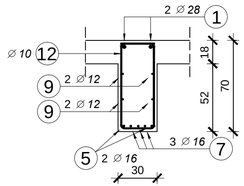
PLAN ARMATURE
KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE SUVREMENE GRADNJE



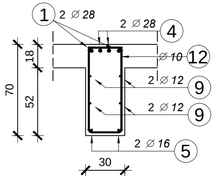
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	28	11,40 a 90	a = 90	4	12.00	48.0
2	28	10,00		2	10.00	20.0
3	28	2,00 a 90	a = 90	4	2.60	10.4
4	28	4,00		6	4.00	24.0
5	16	7,90 a 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 90 b 90 c 90 d 90	a = 90 b = 90 c = 90 d = 90	147	2.10	308.7

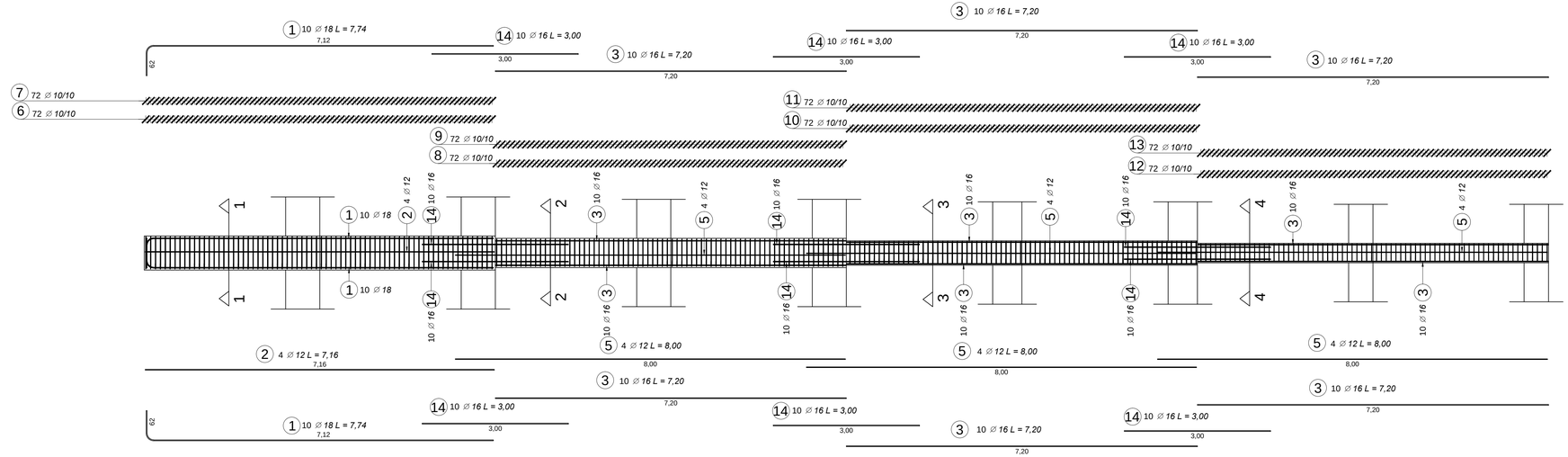
BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 28
(kg/m)	0.617	0.888	1.580	4.830
Ukupna duljina (m)	308.70	184.00	64.00	102.38
Ukupna masa (kg)	190.5	163.4	101.1	494.5

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

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

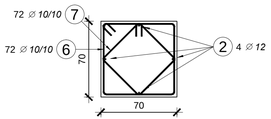
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNOG STUPA SUVREMENE GRADNJE



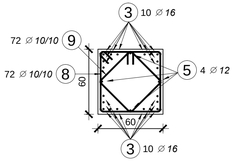
Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	18	7,12 / 22 / 4	a = 90	20	7,74	154,8
2	12	7,16		4	7,16	28,6
3	16	7,20		60	7,20	432,0
5	12	8,00		12	8,00	96,0
6	10	c 66 / 48 b 66 / 48 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,88	207,4
7	10	c 49 / 45 b 49 / 45 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,18	157,0
8	10	c 56 / 38 b 56 / 38 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,48	178,6
9	10	c 42 / 42 b 42 / 42 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,90	136,8
10	10	c 46 / 48 b 46 / 48 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	2,08	149,8
11	10	c 35 / 35 b 35 / 35 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,62	116,6
12	10	c 36 / 36 b 36 / 36 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,68	121,0
13	10	c 28 / 28 b 28 / 28 a	a = 90 b = 90 c = 90	72	1,34	96,5
14	16	3,00		60	3,00	180,0

BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16	∅ 18
(kg/m)	0,617	0,888	1,580	1,998
Ukupna duljina (m)	1163,52	124,64	612,00	154,80
Ukupna masa (kg)	717,9	110,7	967,0	309,3
Ukupno: (kg)	2104,823			

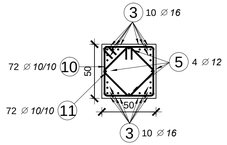
PRESJEK 1-1
70x70 (cm)



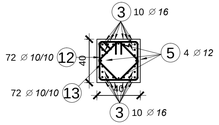
PRESJEK 2-2
60x60 (cm)



PRESJEK 3-3
50x50 (cm)



PRESJEK 4-4
40x40 (cm)

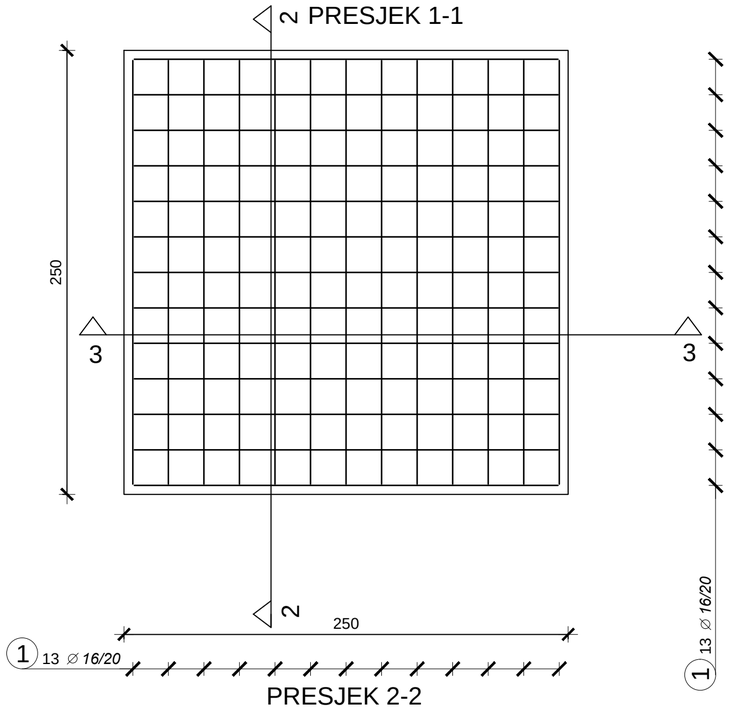


SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

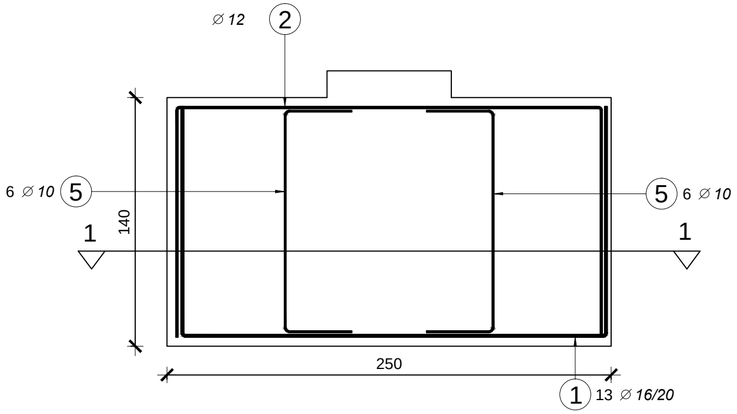
DIPLOMSKI RAD

ZADATAK	PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE		
STUDENT	Morena Čubelić	MENTOR	Prof. dr.sc. Jure Radnić
SADRŽAJ	Plan armature karakterističnog stupa	MJERILO	150, 125
DATUM	RUJAN, 2018.	BROJ PRILOGA	12

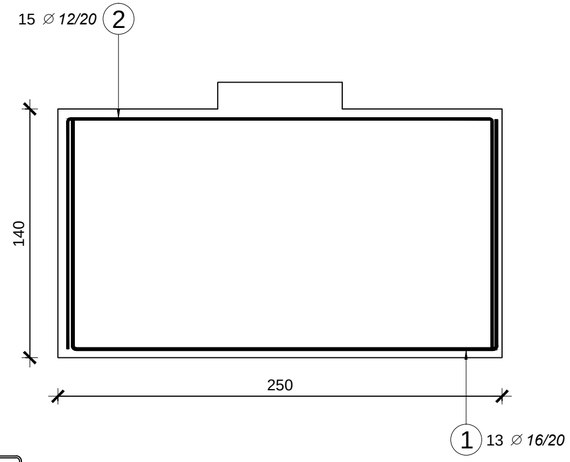
PLAN ARMATURE TEMELJA SUVREMENE GRADNJE

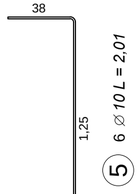


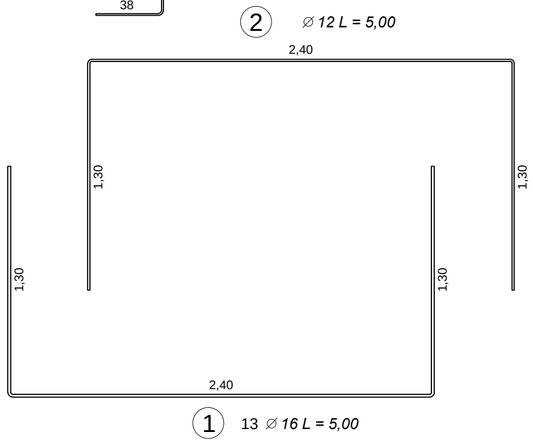
PRESJEK 2-2

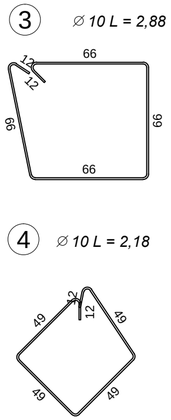


PRESJEK 3-3









Poz.	Φ	Simbol (cm)	Kutevi savijanja (Deg)	Broj kom.	L (m)	Ukupno (m)
1	16	1,30; 2,40; 1,30 (a, b)	a = 90 b = 90	26	5,00	130,0
2	12	1,30; 2,40 (a, b)	a = 90 b = 90	16	5,00	80,0
3	10	66; 66; 66 (a, b, c)	a = 90 b = 90	1	2,88	2,9
4	10	49; 49; 49 (a, b, c)	a = 90 b = 90 c = 90	1	2,18	2,2
5	10	38; 1,25; 38 (a, b)	a = 90 b = 90	12	2,01	24,1

BSt500B	∅ 10	∅ 12	∅ 16
(kg/m)	0,617	0,888	1,580
Ukupna duljina (m)	29,18	80,00	130,00
Ukupna masa (kg)	18,0	71,0	205,4
Ukupno: (kg)	294,444		

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

STUDENT: Morena Čubelić | MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

SADRŽAJ: Plan armature temelja | MJERILO: 1:25

DATUM: RUJAN, 2018. | BROJ PRILOGA: 13