

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

Markežić, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:941433>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

DIPLOMSKI RAD

Domagoj Markežić

Split, 2018.

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

Domagoj Markežić

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

Diplomski rad

Split, 2018.

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

Split, Matice hrvatske 15

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

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

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

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

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

Projekt obuhvaća dvije varijante:

- a) Klasičan pristup, u kojem se konstrukcija računa na seizmičke sile koje se s tla prirodno prenose na temelje.
- b) Suvremeni pristup, u kojem se smanjuju potresne sile na konstrukciju pomoću aseizmičkog sloja od prirodnih oblutaka ispod temelja.

Usporediti varijante rješenja konstrukcije zgrade s ekonomskog aspekta.

U Splitu, 21. rujna, 2018.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Jure Radnić

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

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

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

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

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

Sažetak:

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

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

Ključne riječi:

Betonska okvirna konstrukcija, bazna izolacija, aseizmički sloj

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

Abstract:

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

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

Keywords:

Concrete frame construction, base isolation, aseismic layer

SADRŽAJ

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

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

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

1 TEHNIČKI OPIS

1.1 Općenito o konstrukciji i aseizmičkom sloju

Tema ovog diplomskog rada je usporedba projekta klasične osmoetažne zgrade s okvirnom konstrukcijom te konstrukcijom s aseizmičkim slojem prirodnog materijala ispod temelja.

Najveće sile uslijed potresa se javljaju kod krućih konstrukcija s periodom od 0.1 do 1 sekundu, ovisno o potresu, tlu i drugim parametrima.

Cilj aseizmičkog sloja je povećati period krutih konstrukcija te tako smanjiti sile od potresnog djelovanja. Navedenim se osigurava elastično ponašanje konstrukcije kao i smanjenje oštećenja. Energiju potresa potrebno je apsorbirati te disipirati što se kod klasične konstrukcije događa otvaranjem pukotina, razaranjem betona te radom armature. Danas postoji pristup koji omogućava apsorpiranje te trošenje energije pomoću sekundarnih elemenata konstrukcije (seizmička izolacija) uz manja oštećenja same konstrukcije.

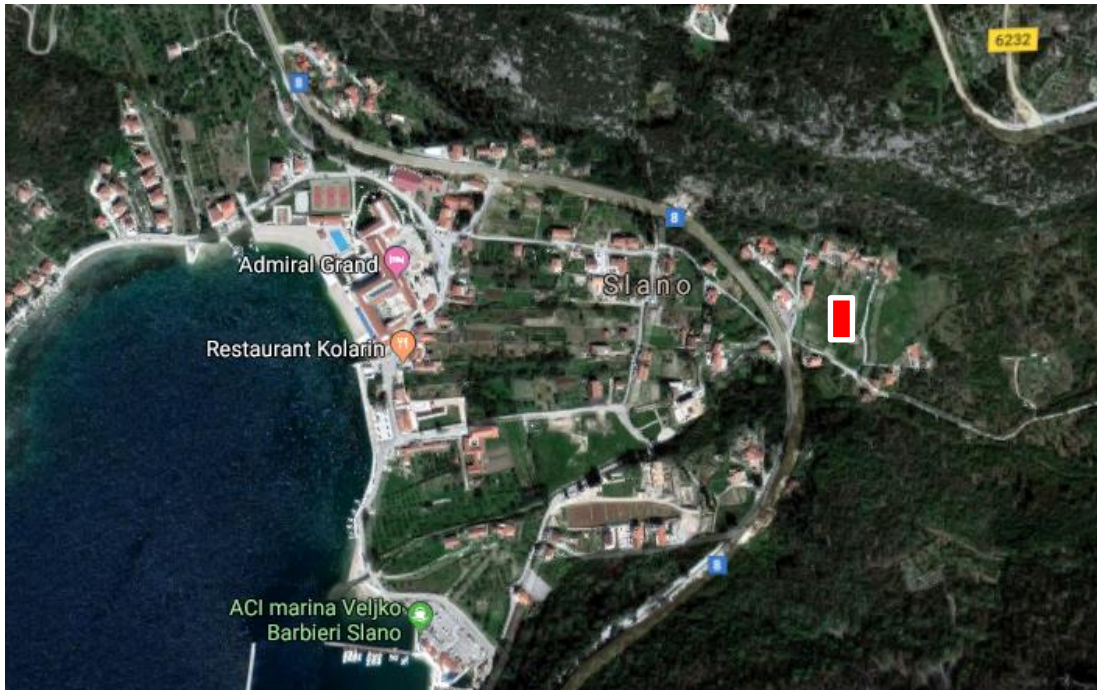
Izolacija koja je promatrana u ovom diplomskom radu je sloj prirodnih oblutaka ispod temelja okvirne konstrukcije.

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

Konstrukcija se sastoji od plošnih i štapnih nosivih elemenata. Proračun je izveden prema EC i nacionalnim normama.

1.2 Lokacija - opće karakteristike

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



Slika 1.1 Satelitska snimka lokacije konstrukcije

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

1.3 Planirani zahvat

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

1.4 Namjena i dimenzije objekta

Namjena građevine je stambena. Objekt broji 8 etaža. Ukupna površina iznosi 15680 m², površina prizemne etaže iznosi 1960 m². Svaka stambena etaža je površine 672m². U nastavku je izrađen projekt klasične AB konstrukcije i konstrukcije s aseizmičkim slojem šljunka. Sile se prenose isključivo preko AB stupova na temelje te u tlo.

Nosivi elementi se projektiraju u skladu s važećim propisima i pravilima struke. Tlocrtne dimenzije promatrane konstrukcije su 28 x 70 m i pravokutnog je oblika.

Nosiva betonska konstrukcija se sastoji od stupova, greda, ploča i temelja koji tvore okvirnu konstrukciju. Prema geotehničkom projektu, objekt se temelji na kvalitetnom tlu A kategorije (stijena). Objekt se nalazi u potresnoj zoni s horizontalnim potresnim ubrzanjem od 0.335g za $T_p = 475$ godina, dok je potresno ubrzanje 0.179g za $T_p = 95$ godina .

Objekt se nalazi na lokaciji koja spada u II. vjetrovnu zonu s referentnom brzinom $v_{ref,0}=30$ 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 priložima.

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 ($\phi_{agr} \leq 32$ 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 ($\phi_{agr} \leq 32$ 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, $\phi_{agr} \leq 32$ mm, te armaturom B 500B u obliku šipki. Zaštitni slojevi betona stupa do armature iznose 5.0 cm. Proračun stupova je napravljen za svaku etažu te prikazan tablično. Armaturni plan stupova je prikazan u prilogu.

1.5.4 Gradiva

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

1.5.5 Beton

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

Treba precizno definirati:

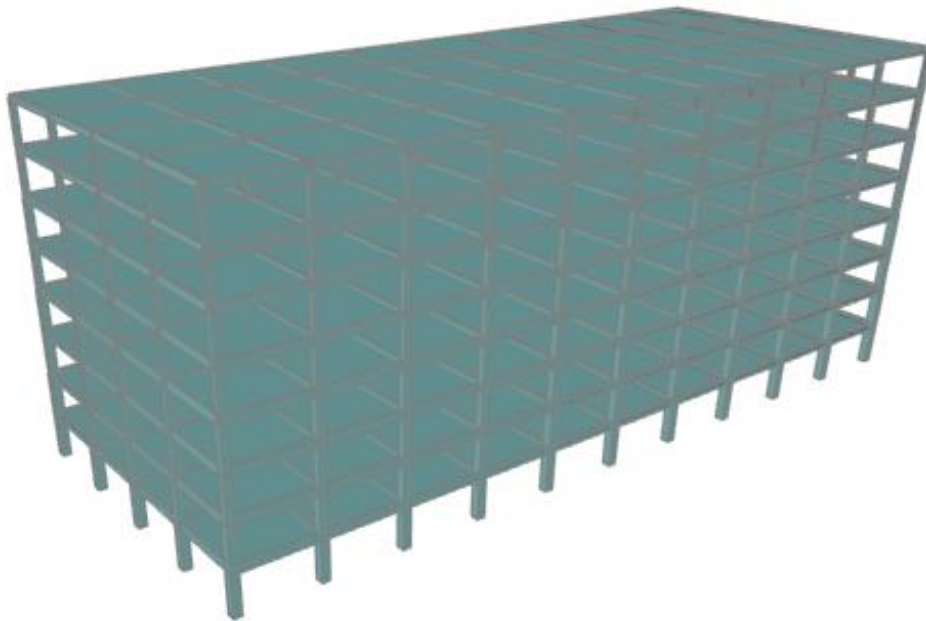
- fizikalno-mehanička svojstva betona
- sastav betona
- vodocementni faktor betona
- dodatke (superplastifikatore, ubrzivače i sl.)
- način proizvodnje, transporta i ugradnje betona
- način zbijanja betona
- njegu betona
- obradu spojnica (nastavaka betoniranja)
- posebne zahtjeve

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

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

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

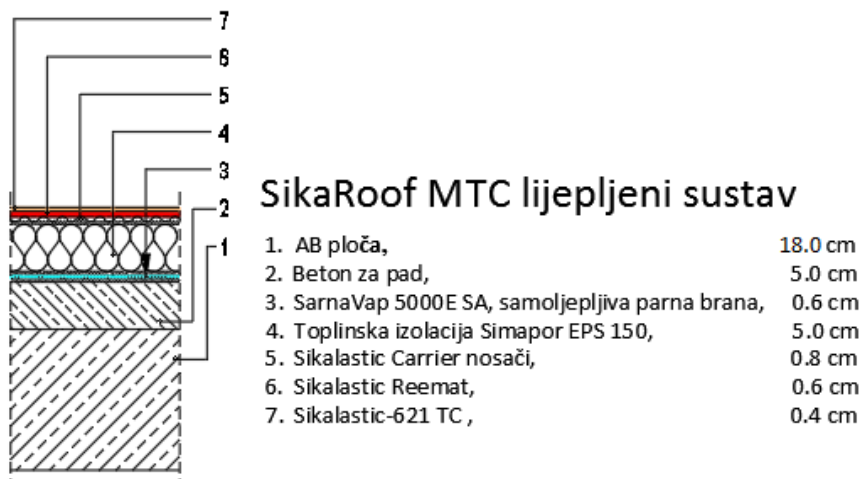
2 ANALIZA OPTEREĆENJA KLASIČNE KONSTRUKCIJE



Slika 2.1 Prikaz računalnog modela konstrukcije

2.1 Opterećenja krovne ploče

2.1.1 Stalno opterećenje krovne ploče



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/m²)

Vlastita težina armirano-betonske ploče izračunata je preko parametara materijala te dimenzija kroz paket SCIA Engineer 18.0. Težina preostalih slojeva Sika pada uzeta je u obzir kao dodatno stalno opterećenje iznosa 1.50 kN/m².

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/m².

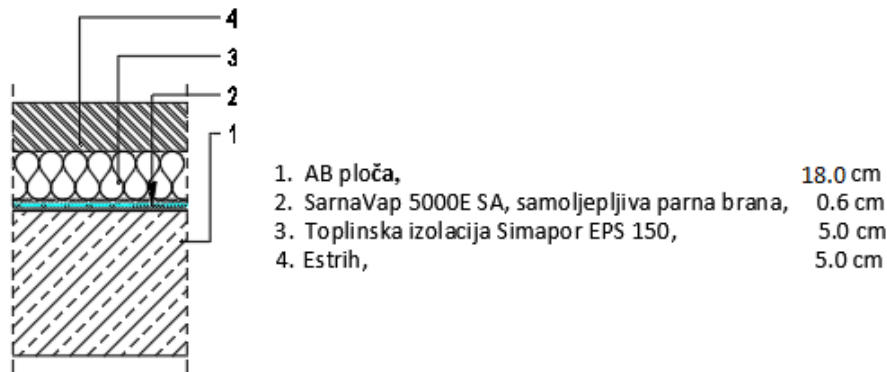
Tablica 2.2 Uporabna opterećenja krova

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

^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: $g = 6.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

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

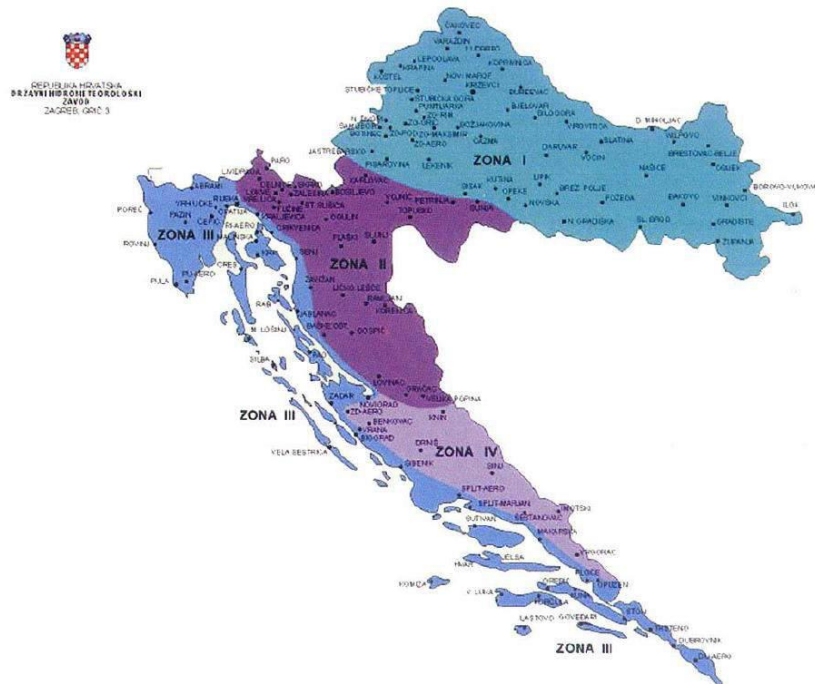
Korisno opterećenje uzima se prema HRN EN 1991-1-1:2012/NA:2012.

Korisno opterećenje iznosi $q=3.0 \text{ kN/m}^2$.

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/m²).



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:

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

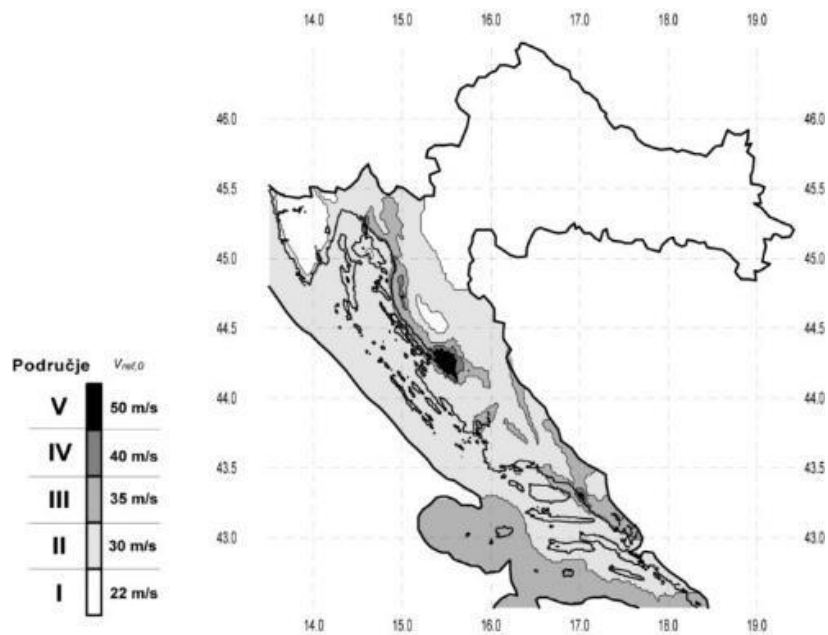
Tablica 2.5 Koeficijent oblika krova

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

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

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

$v_{ref,0}$ - osnovna referentna brzina

Objekt se nalazi u Slanom, II. zoni opterećenja vjetrom: $v_{ref,0}=30$ m/s.

Iznos osnovnih referentnih brzina vjetra korigiramo koeficijentima:

$$C_{dir} = 1.0$$

$$C_{tem} = 1.0$$

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

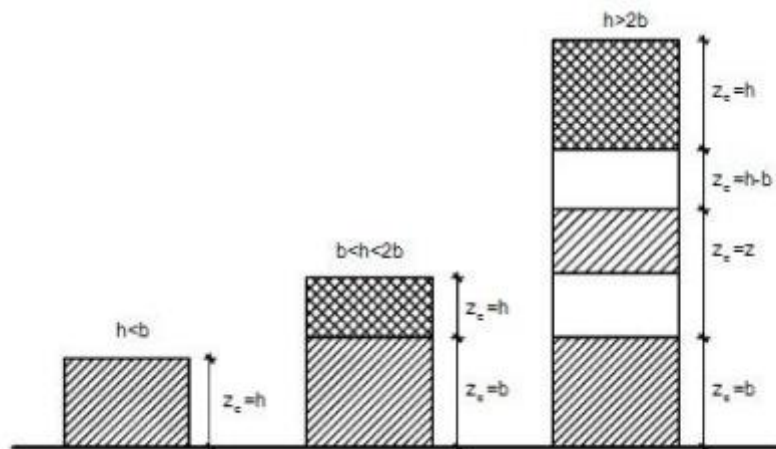
$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.012 \cdot 30 = 30.36 \text{ m/s}$$

$C_{ALT} = 1 + 0.0001 a_s$, 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 |

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

Turbulencija vjetra iznosi:

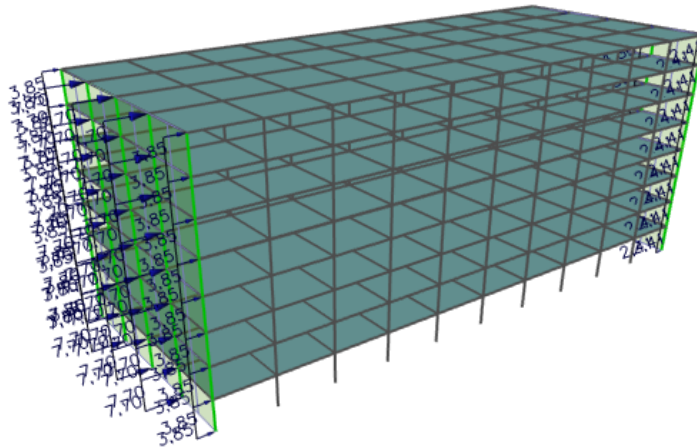
$$l_v(z) = \frac{1.0}{c_0(z) \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \times \ln\left(\frac{28.80}{0.3}\right)} = 0.219$$

Maksimalni tlak brzine vjetra:

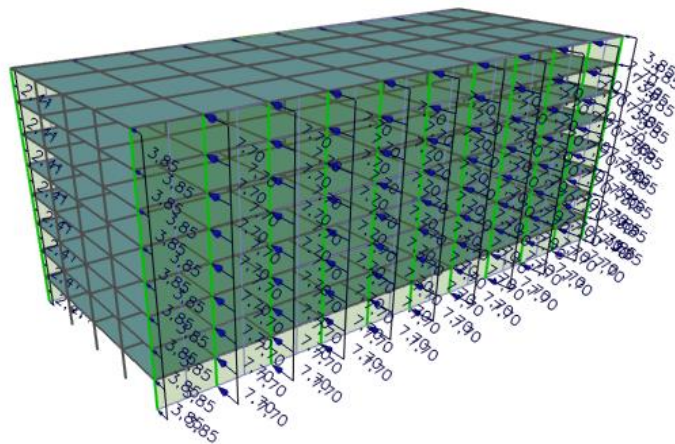
$$q_p(z) = \left[1 + 7 \cdot l_v(z)\right] \cdot \frac{\rho_{ex}}{2} \cdot v_m(z)^2 = \left[1 + 7 \cdot 0.219\right] \cdot \frac{1.23}{2} \cdot 29.78^2 = 1.38 \text{ kN/m}^2$$

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

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



Slika 2.7 Prikaz raspodjele opterećenja vjetrom X smjer



Slika 2.8 Prikaz raspodjele opterećenja vjetrom Y smjer

2.5 Opterećenje potresom

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



Slika 2.9 Prikaz promatranog dijela karte potresnih područja Republike Hrvatske

2.5.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije

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

k_w – faktor prevladavajućeg sloma

Klasa duktilnosti: DCM

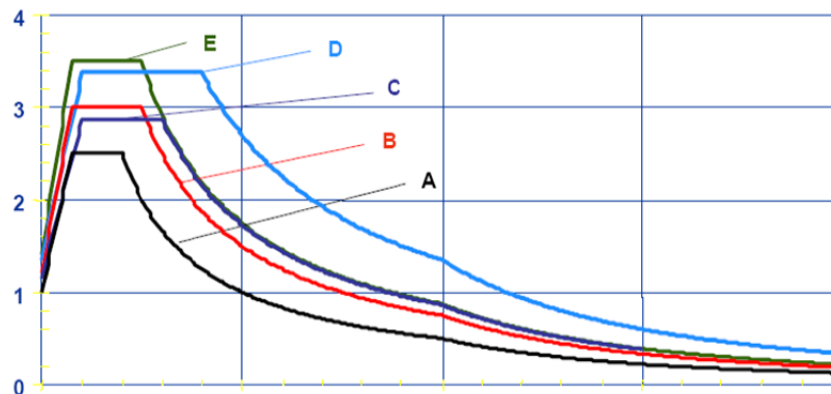
$$\text{Vrsta konstrukcije: okvirni sustav,} \quad q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$$

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

$$q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 3,0 \cdot 1,3 = 3,9$$

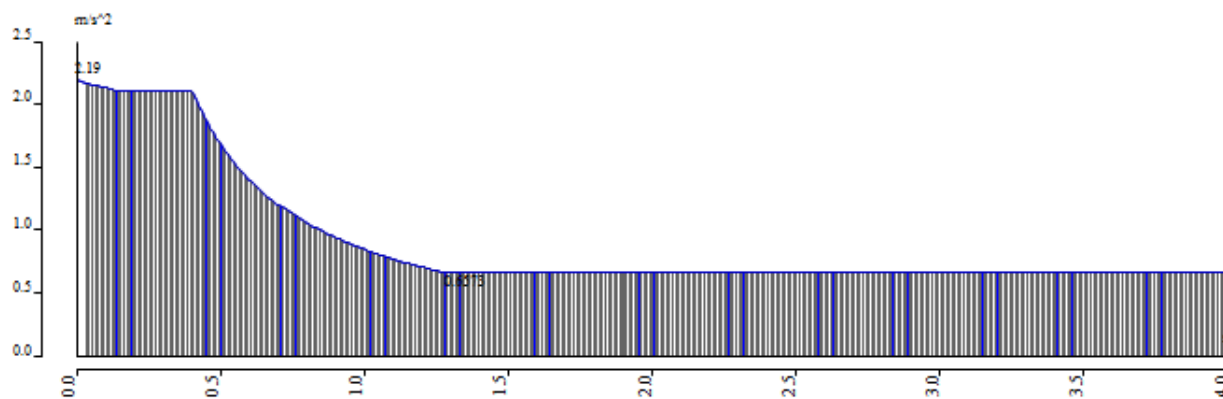
Tablica 2.7 Osnovni faktor ponašanja za različite tipove konstrukcija

| Tip konstrukcije | DCM | DCH |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Okviri sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova | $3,0 \alpha_y/\alpha_1$ | $4,5 \alpha_y/\alpha_1$ |
| Sustav nepovezanih zidova | 3,0 | $4,0 \alpha_y/\alpha_1$ |
| 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. a_g | 0,335 |
| a_g - 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

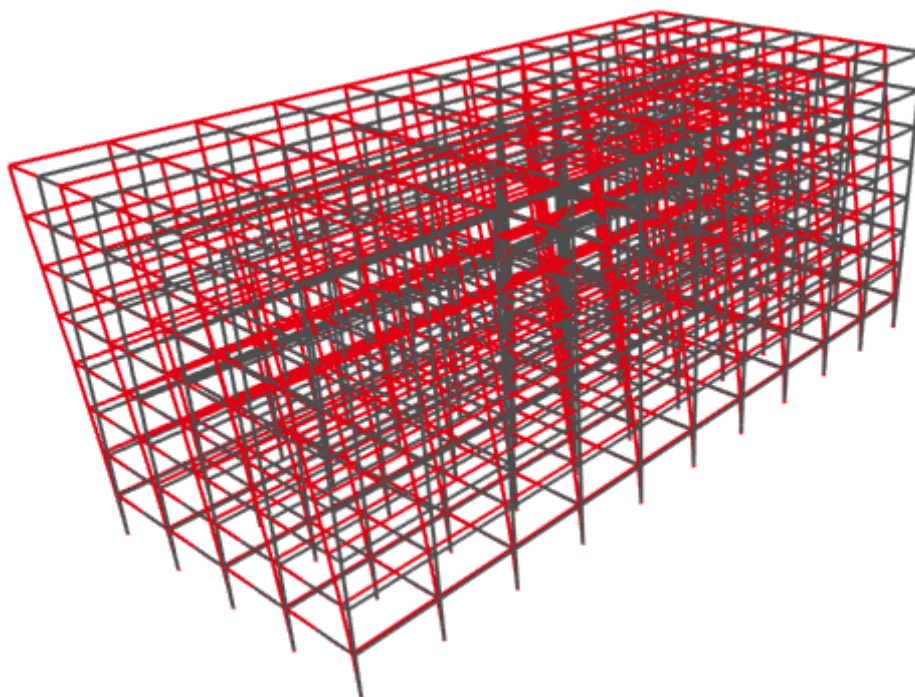
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 2.8 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

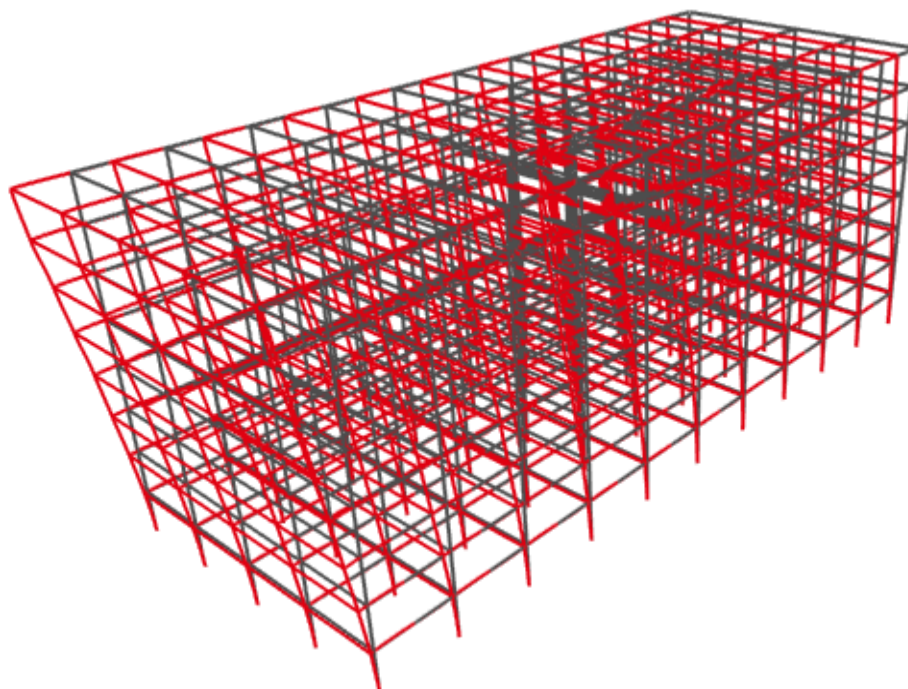
| Mode | Omega [rad/s] | Period [s] | Freq. [Hz] | Wxi / Wxtot | Wyi / Wytot | Wzi / Wztot | Wxi_R / Wxtot_R | Wyi_R / Wytot_R | Wzi_R / Wztot_R |
|------|---------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 4.7851 | 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.

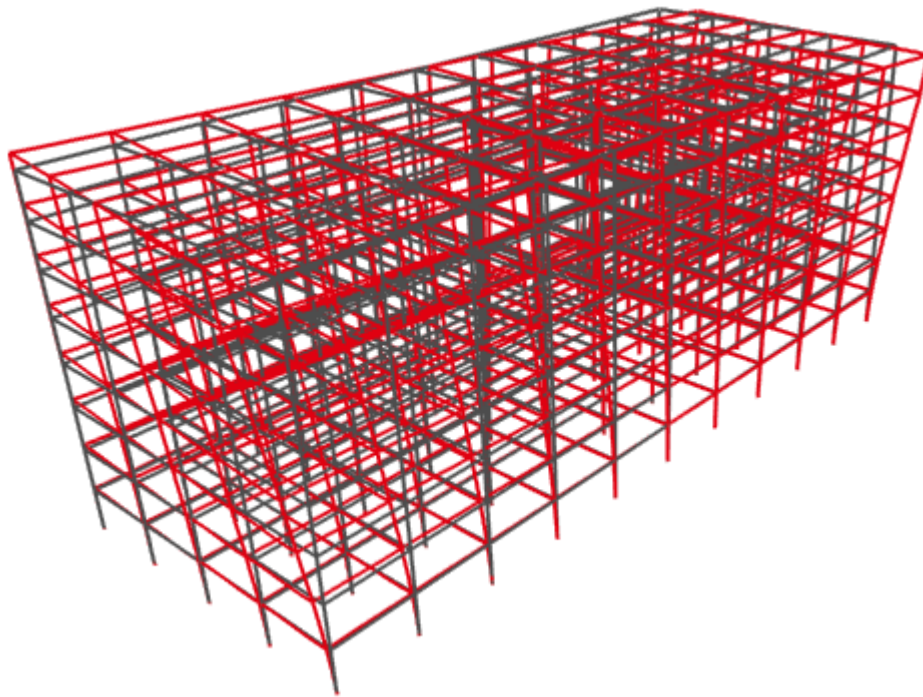
2.5.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 2.13 Prikaz prvog moda konstrukcije

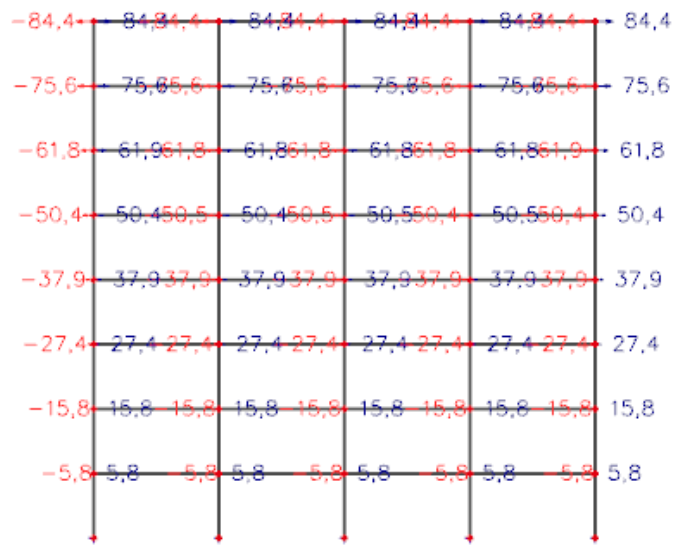


Slika 2.14 Prikaz drugog moda konstrukcije



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

Efekte 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

$v=0.5$

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 | - | - | - | - | - | - | - | Da |
| 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 | |
| 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:

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

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

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

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

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

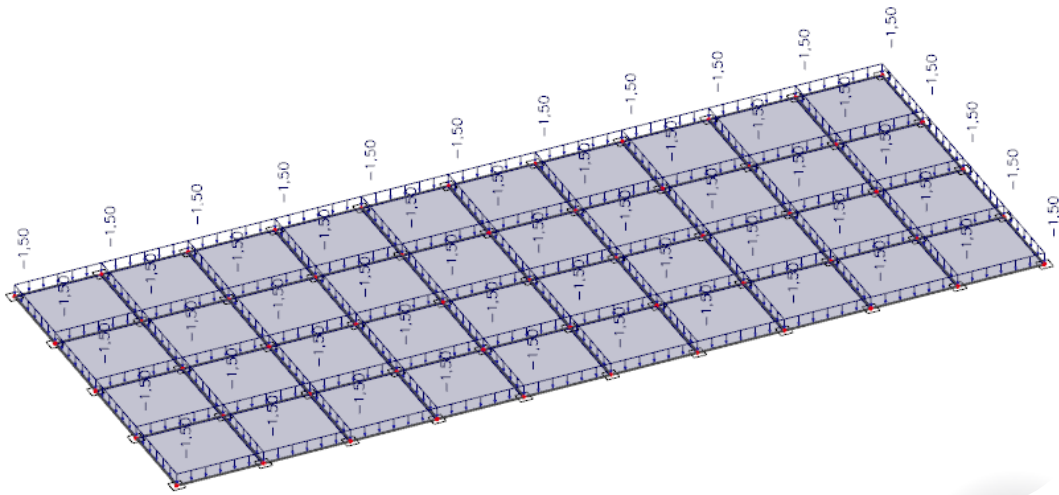
$$K_6 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_y$$

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.

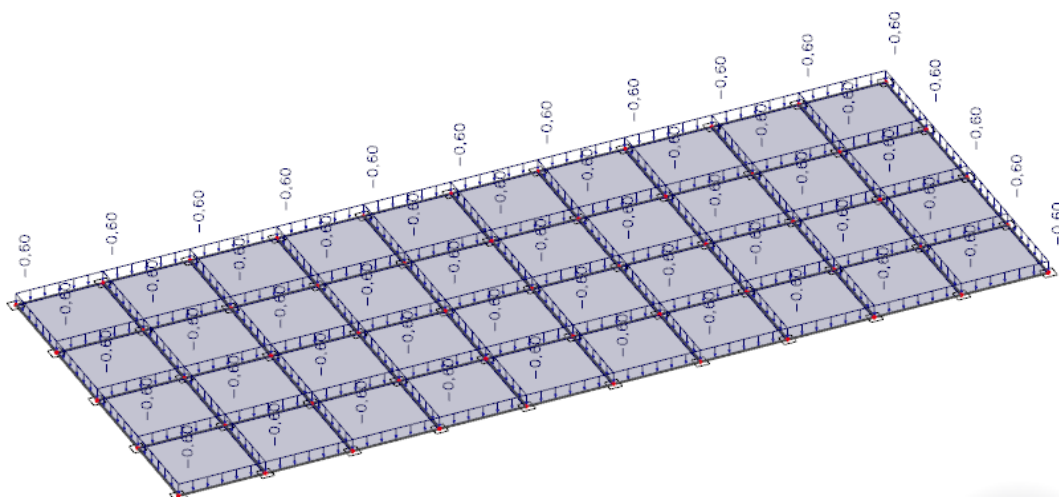
4.1 Opterećenja ploča

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



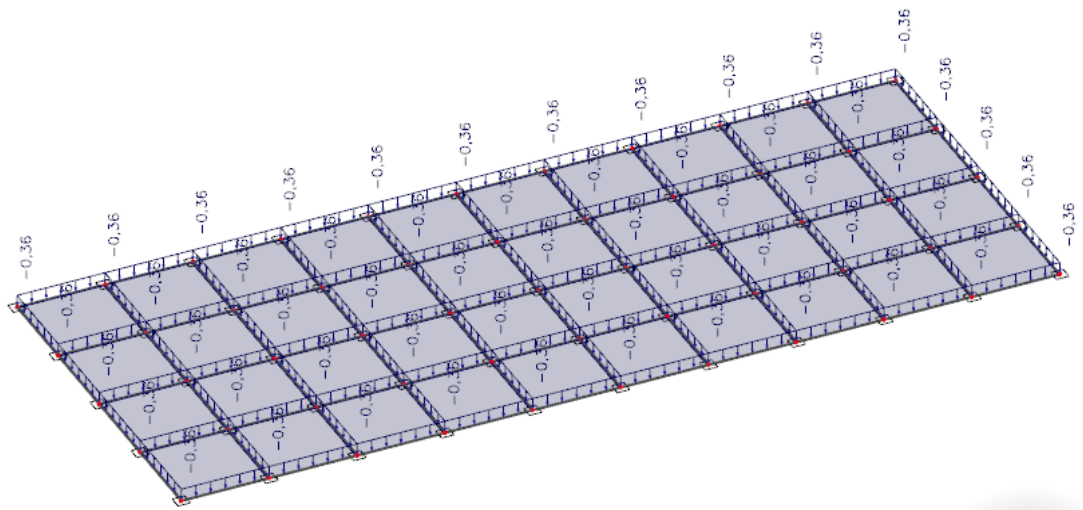
Slika 4.1 Dodatno stalno opterećenje

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



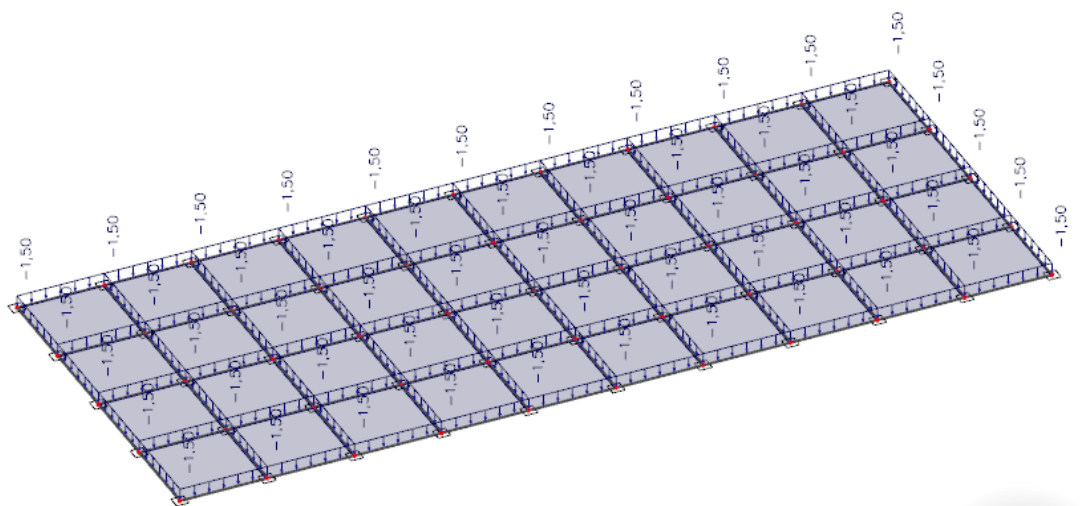
Slika 4.2 Korisno opterećenje

-Krovná ploča – Snijeg $s=0.36 \text{ kN/m}^2$



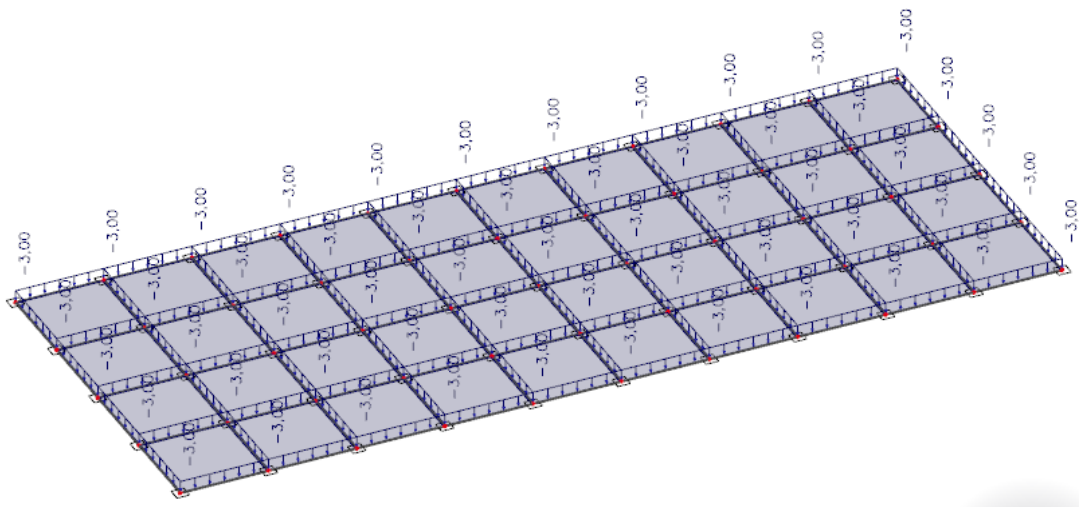
Slika 4.3 Opterećenje snijegom

-Ploče etaža – Dodatno stalno $\Delta g=1.5 \text{ kN/m}^2$



Slika 4.4 Dodatno stalno opterećenje

-Ploče etaža – Korisno $q = 3.0 \text{ kN/m}^2$

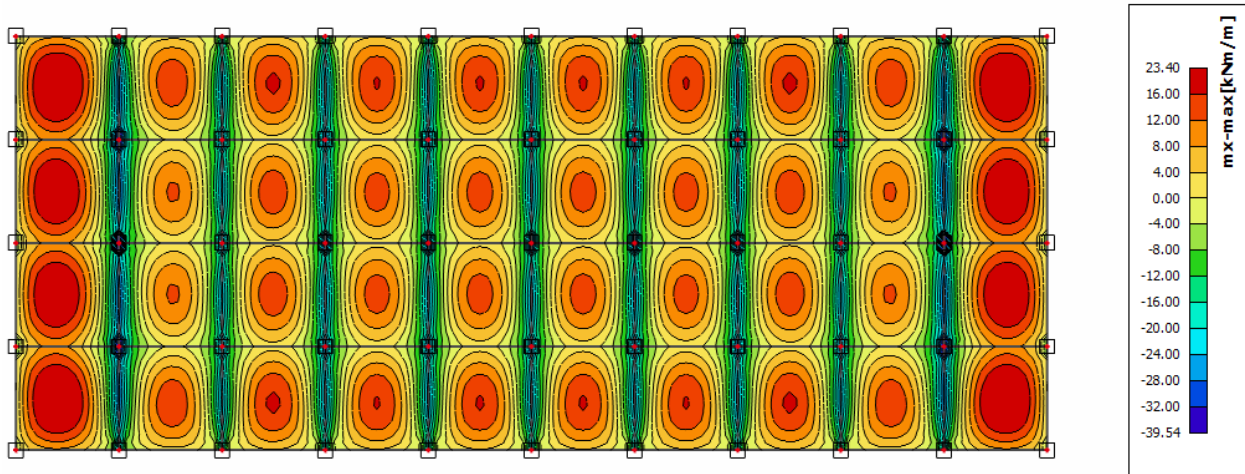


Slika 4.5 Korisno opterećenje

5 DIMENZIONIRANJE

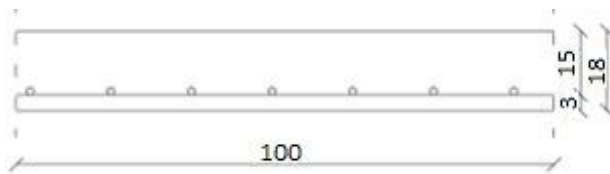
5.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

5.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija



Slika 5.1 Mjerodavni moment za ploče

Polje:



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

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

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

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

$$M_{Ed} = 23.40\ kNm/m'$$

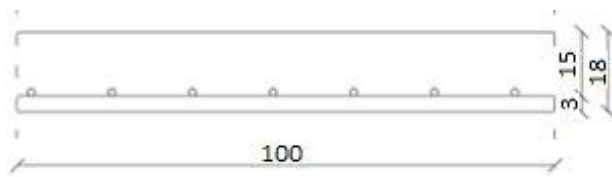
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 23.33} = 0.045$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0\ ‰$ $\varepsilon_{c2} = 1.3\ ‰$ $\zeta = 0.959$ $\xi = 0.115$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{0.959 \cdot 15 \cdot 434.48} = 4.81\ cm^2/m'$$

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

Ležaj:



$$M_{Ed} = 39.54 \text{ kNm/m'}$$

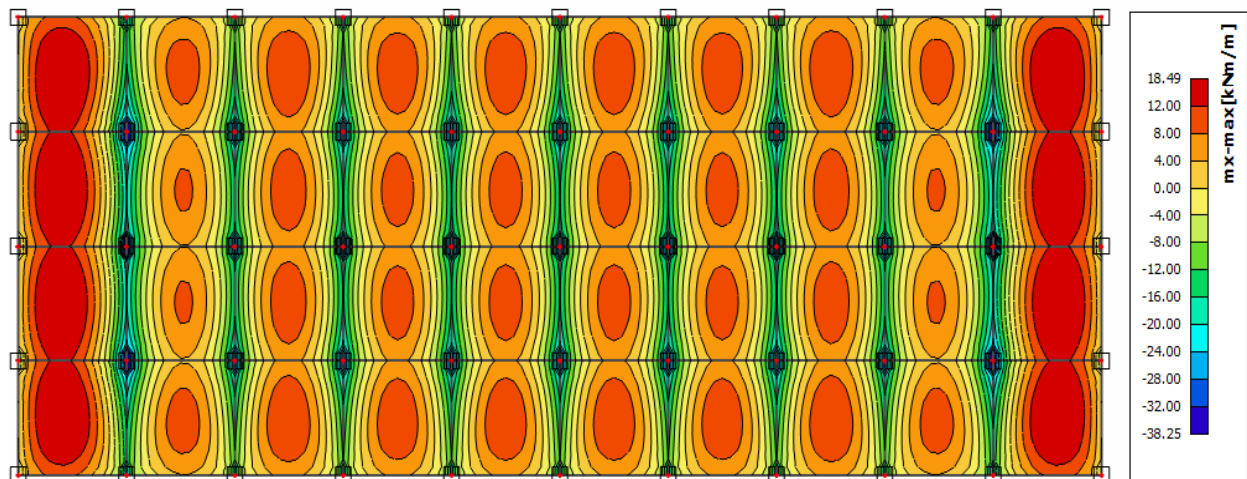
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0\text{‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.8\text{‰}$ $\zeta=0.944$ $\xi=0.082$

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

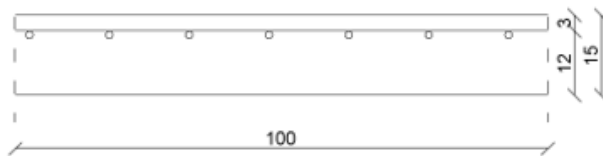
Oabrano: *Q-636* ($A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

5.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 5.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



$$M_{Ed} = 18.49 \text{ kNm/m'}$$

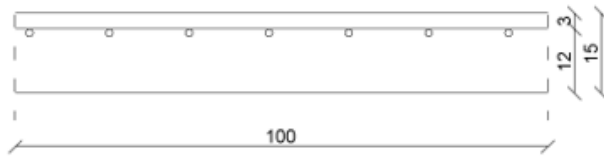
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.1 \text{ ‰}$ $\zeta=0.965$ $\xi=0.099$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{0.965 \cdot 15 \cdot 43.48} = 2.94 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Odobrano: *O-335* ($A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

Ležaj:



$$M_{Ed} = 38.25 \text{ kNm/m'}$$

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

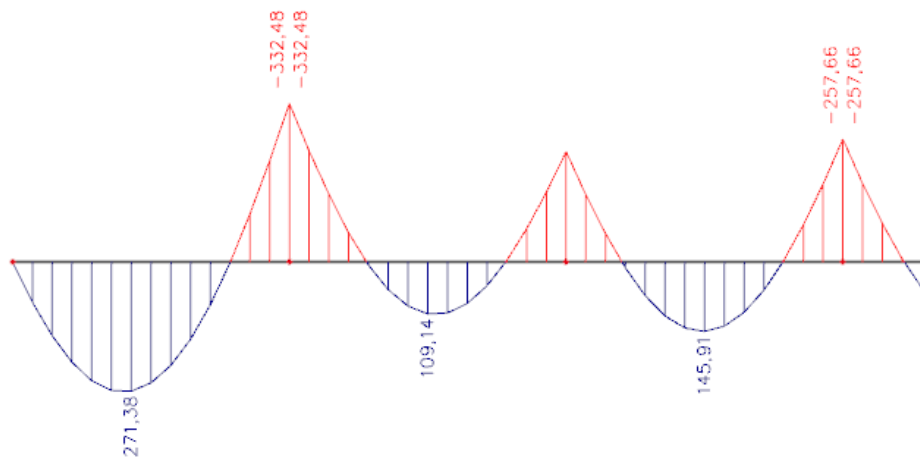
Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.8 \text{ ‰}$ $\zeta=0.944$ $\xi=0.153$

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

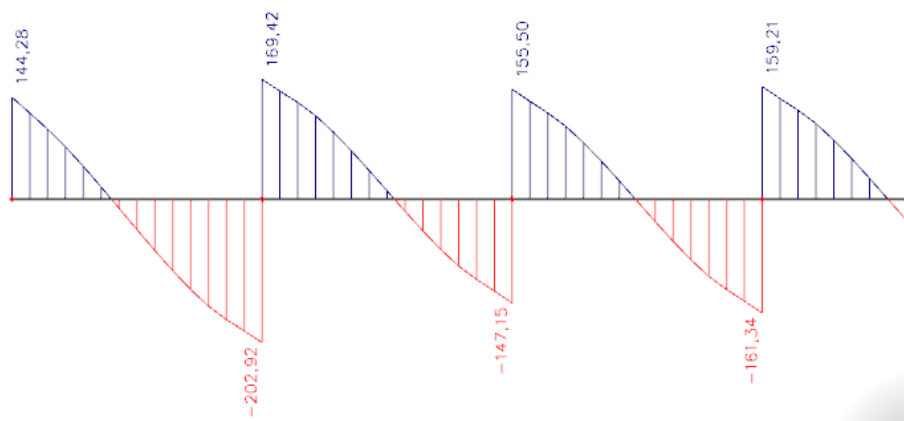
Odabrano: Q-636 ($A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

5.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

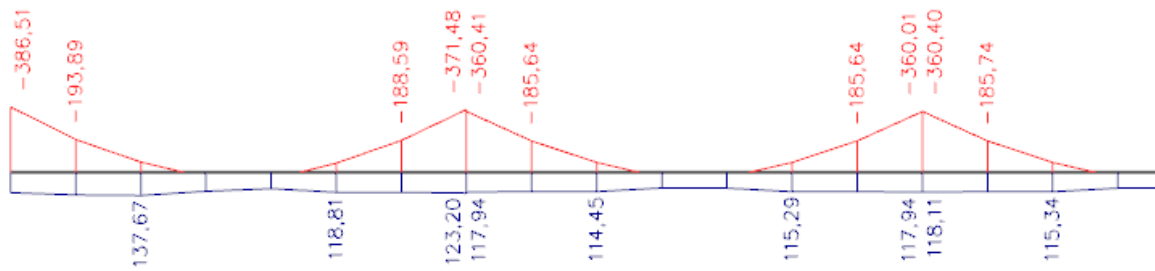
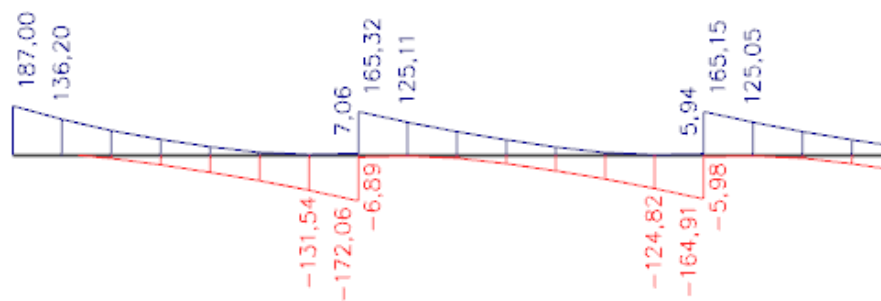
5.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



Slika 5.3 Osnovna kombinacija K1 - M_y



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:

$$M_{\text{ležaj 1}} = -386.51 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ležaj 2}} = -371.48 \text{ kNm}$$

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

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

Proračunska širina pojasnice b_{eff} :

Polje p1:

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

Polje p2:

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

Minimalna armatura:

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

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

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

Odabrano: 2 ϕ 16 ($A_{s1} = 4.02 \text{ cm}^2$)

5.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 101 – polje 1

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 271.38 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$ $\zeta = 0.974$ $\xi = 0.074$

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.86 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 5 \emptyset 16 ($A_{s1} = 10.05 \text{ cm}^2$)

Greda pozicija 101 – polje 2

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 145.91 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=0.6 \text{ ‰}$ $\zeta=0.981$ $\xi=0.057$

Položaj neutralne osi:

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

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

Odabrano: **5 Ø 12** ($A_{s1} = 5.65 \text{ cm}^2$)Greda pozicija 101 – ležaj na stupu L1

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 386.51 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=2.9 \text{ ‰}$ $\zeta=0.910$ $\xi=0.225$

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

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

Greda pozicija 101 – ležaj u sredini L2

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 371.48 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=2.7 \text{ ‰}$ $\zeta=0.916$ $\xi=0.213$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{371.48 \cdot 100}{0.916 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.35 \text{ cm}^2$$

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

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 | K3 | 386.51 | 431.03 | 419.92 | 401.66 | 329.2 | 303.53 | 217.9 | 120.35 |
| As1 | | 15.02853 | 16.05392 | 15.64012 | 14.96002 | 14.49052 | 13.36059 | 11.72281 | 6.474712 |
| Odabrano | | 5Ø20 | 4Ø25 | 5Ø20 | 5Ø20 | 5Ø20 | 5Ø20 | 5Ø20 | 5Ø18 |
| Ležaj 2 | K3 | 371.48 | 397.69 | 374 | 350.87 | 314.21 | 314.21 | 288.79 | 224.22 |
| As1 | | 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 | K1 | 271.38 | 271.38 | 271.38 | 271.38 | 246.72 | 246.72 | 213.87 | 165.28 |
| As1 | | 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 | K1 | 145.91 | 145.91 | 145.91 | 145.91 | 136.03 | 136.03 | 122.01 | 94.46 |
| As1 | | 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

$$V_{Ed} = 187 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

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

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 65 \text{ cm}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

→ potrebna računaska armatura

$$V_{Ed} = 187.0 \text{ kN} \geq V_{Rd,c}^{\min} = \left[v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.92 \text{ kN}$$

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

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

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

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

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

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

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

$$\rho_{min} = 0.0013$$

Potrebna računaska 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** ($A_{sw}=0.79 cm^2$)

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

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

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{187} = 21.49cm$$

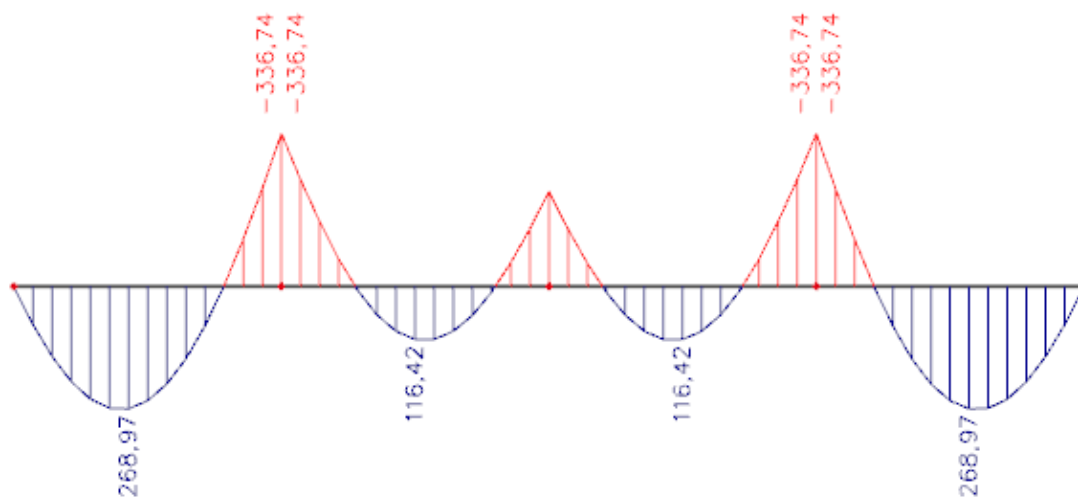
Postaviti spone **Ø10/20** ($A_{sw}=0.79 cm^2$)

Tablica 5.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

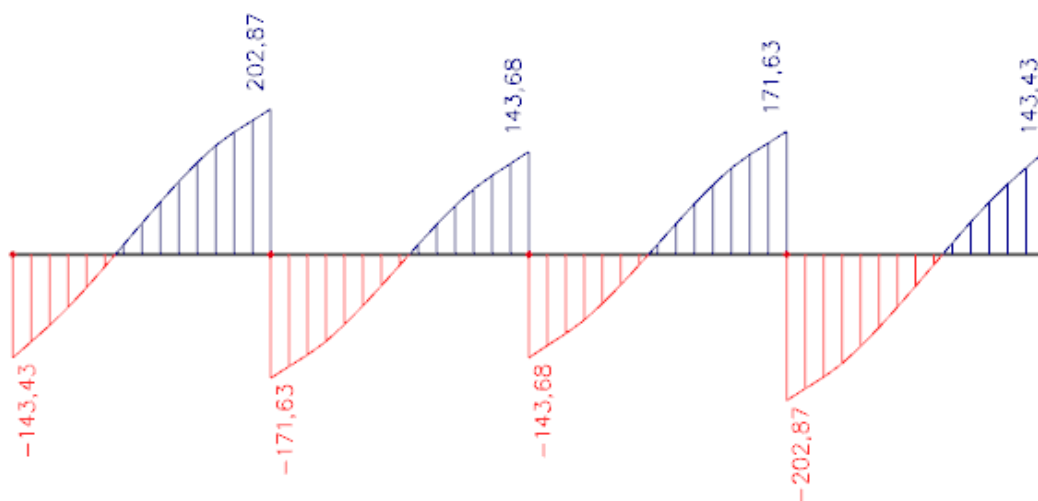
| POZICIJA 101 X-Poprečna sila | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| V_{Ed} | 187 | 288 | 197.19 | 191.21 | 172.05 | 163 | 134.04 | 90.69 |
| $V_{Rd,c}$ | 106.5468 | 106.5468 | 106.5468 | 106.5468 | 90.15494 | 90.15494 | 78.51303 | 78.51303 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$ | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da |
| $V_{Rd,c}^{Min}$ | 77.91736 | 77.91736 | 77.91736 | 77.91736 | 69.14583 | 69.14583 | 60.32684 | 60.32684 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}^{Min}$ | 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)

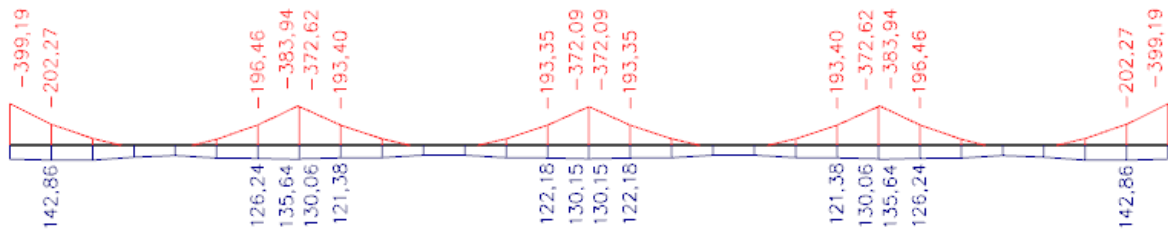
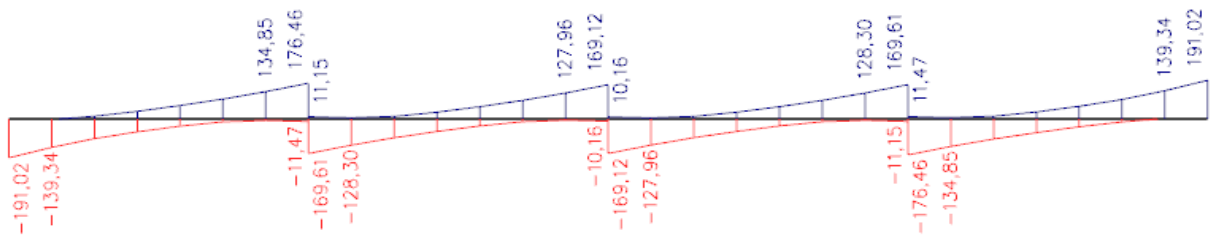
5.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



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:

$$M_{\text{ležaj 1}} = -399.19 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ležaj 2}} = -383.94 \text{ kNm}$$

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

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

Proračunska širina pojasnice b_{eff} :

Polje p1:

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

Polje p2:

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

5.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 102 – polje 1

Maksimalno opterećenje:

$$M_{Ed} = 268.97 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$ $\zeta = 0.974$ $\xi = 0.074$

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.77 \text{ cm}^2$$

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

Greda pozicija 102 – polje 2

Maksimalno opterećenje:

$$M_{Ed} = 116.42 \text{ kNm}$$

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

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

Položaj neutralne osi:

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

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

Odabrano: **5 Ø 12** ($A_{S1} = 5.65 \text{ cm}^2$)Greda pozicija 102 – ležaj na stupu L1

-Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 399.19 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=3.0 \text{ ‰}$ $\zeta=0.907$ $\xi=0.231$

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

Odabrano: **5 Ø 20** ($A_{S1} = 15.71 \text{ cm}^2$)

Greda pozicija 102 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 383.94 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=2.9 \text{ ‰}$ $\zeta=0.910$ $\xi=0.225$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{383.94 \cdot 100}{0.910 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.92 \text{ cm}^2/m'$$

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

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 | K4 | 399.19 | 449.44 | 439.97 | 420.45 | 341.35 | 313.63 | 221.93 | 124.39 |
| As1 | | 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 | K4 | 383.94 | 415.09 | 392.4 | 367.54 | 317.8 | 317.8 | 291.55 | 226.35 |
| As1 | | 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 | K1 | 141.77 | 141.77 | 141.77 | 141.77 | 131.99 | 131.99 | 111.99 | 91.44 |
| As1 | | 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 | K1 | 119.09 | 119.09 | 119.09 | 119.09 | 105.69 | 105.69 | 86.4 | 63.39 |
| As1 | | 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

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

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

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

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 65 \text{ cm}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

→ potrebna računaska armatura

$$V_{Ed} = 191.02 \text{ kN} \geq V_{Rd,c}^{\min} = \left[v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.91 \text{ kN}$$

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

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

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

$$V_{Ed} = 191.02 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 1173.73 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\rho_{min} = 0.0013$$

Potrebna računaska 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** ($A_{sw}=0.79 cm^2$)

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

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

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{191.02} = 21.04 cm$$

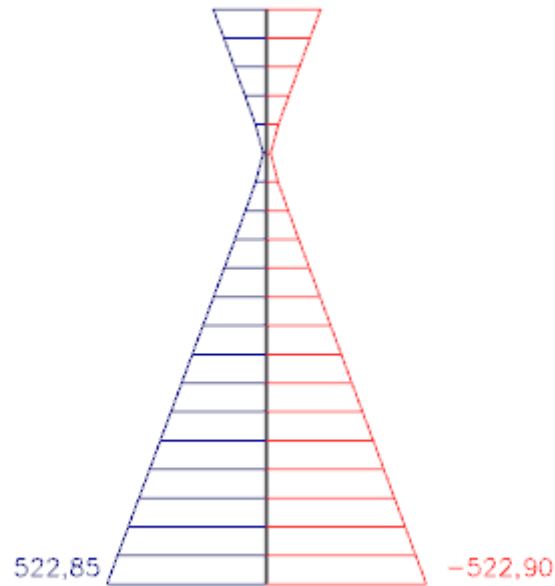
Postaviti spone **Ø10/20** ($A_{sw}=0.79 cm^2$).

Tablica 5.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu

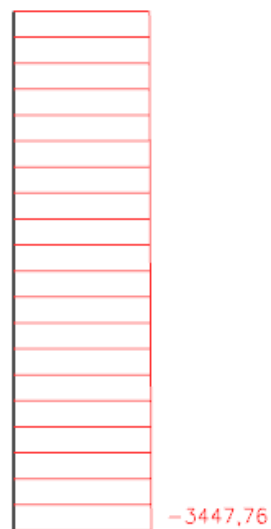
| POZICIJA 102 Y-Poprečna sila | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| V_{Ed} | 191.02 | 206.72 | 203.5 | 197.09 | 176.34 | 166.51 | 135.71 | 92.22 |
| $V_{Rd,c}$ | 106.5468 | 106.5468 | 106.5468 | 106.5468 | 90.15494 | 90.15494 | 78.51303 | 78.51303 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$ | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da |
| $V_{Rd,c}^{Min}$ | 77.91736 | 77.91736 | 77.91736 | 77.91736 | 69.14583 | 69.14583 | 60.32684 | 60.32684 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}^{Min}$ | 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 |
| $V_{ed,max}/V_{Rd,max}$ | 0.162746 | 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 |
| $V_{Rd,s} \leq V_{Ed}$ | 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. | | | | | | | | |

5.4 Dimenzioniranje stupova

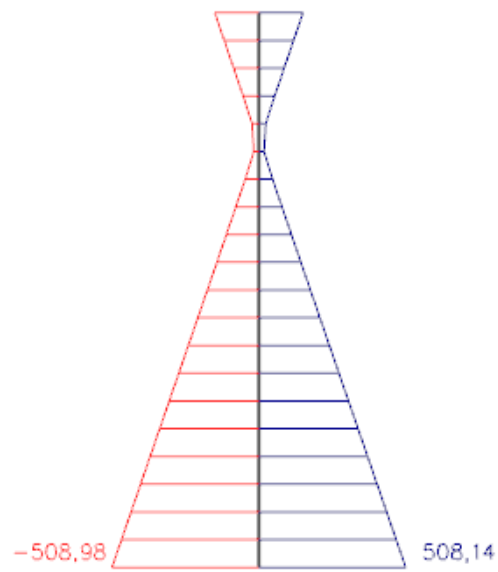
5.4.1 Rezne sile



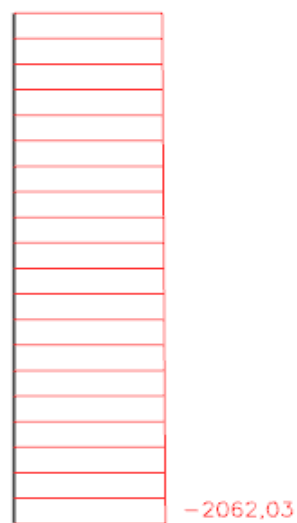
Slika 5.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z



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:

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

Pripadni moment je:

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

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

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

Pripadna uzdužna sila je:

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

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:

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

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

$$A = a^2 = 70^2 = 4900 \text{ cm}^2$$

$$C 35/45 \Rightarrow f_{ck} = 35,0 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35,0}{1,5} = 23,33 \text{ MPa}$$

$$B 500B \Rightarrow f_{yk} = 500,0 \text{ MPa} \Rightarrow$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,48 \text{ MPa}$$

Maksimalna uzdužna sila iz uobičajenih kombinacija:

$$N_{Ed} = -5828,50 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0,65 \cdot f_{cd}} = \frac{5828,50}{0,65 \cdot 23,33} = 3848,47 \text{ cm}^2 < A = 4900 \text{ cm}^2$$

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

$$\text{Minimalna armatura: } A_{s1,\min} = 0,01 \cdot A_c = 0,01 \cdot 4900 = 49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Maksimalna armatura: } A_{s1,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 4900 = 196 \text{ cm}^2$$

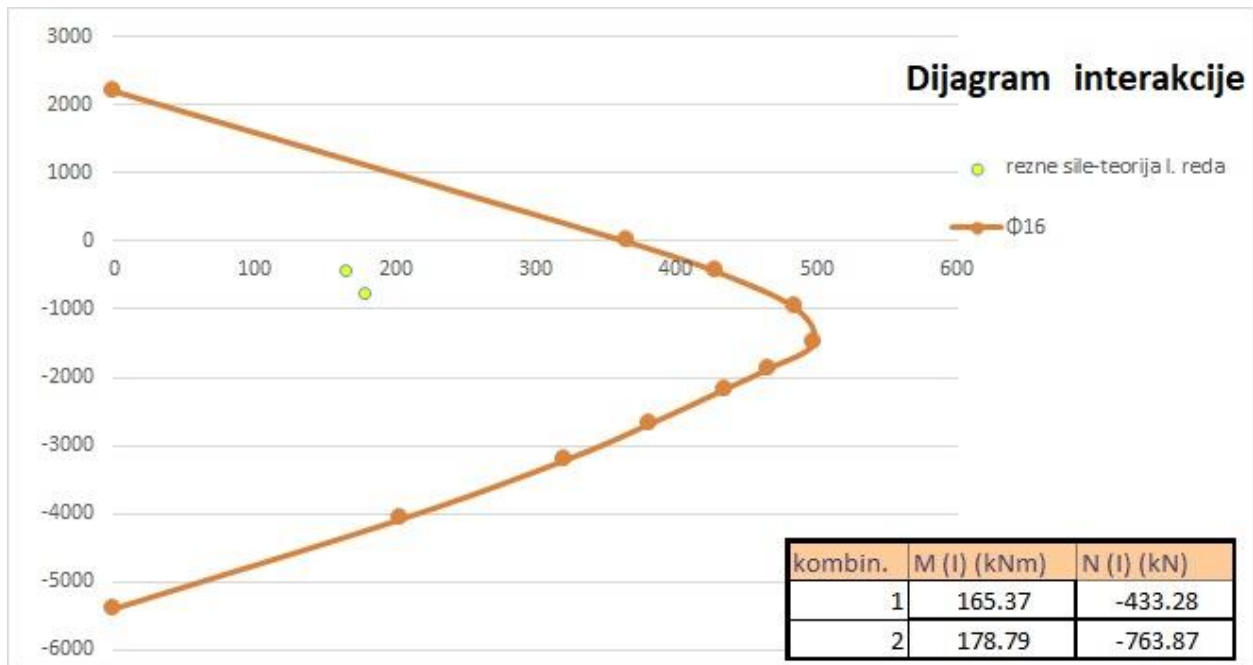
Odabrana armatura: Ø18 ($A_s=50,8 \text{ cm}^2$)

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

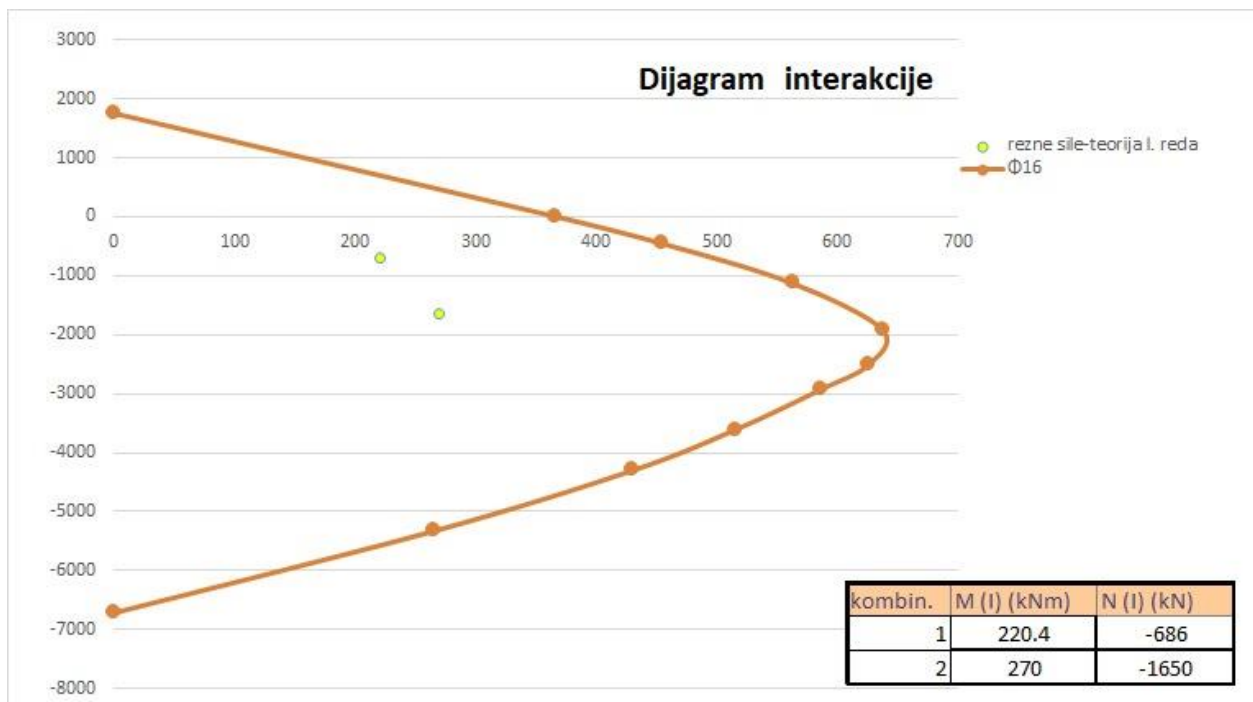
Odabrano: Ø10/10.

5.4.3 Dimenzioniranje stupova

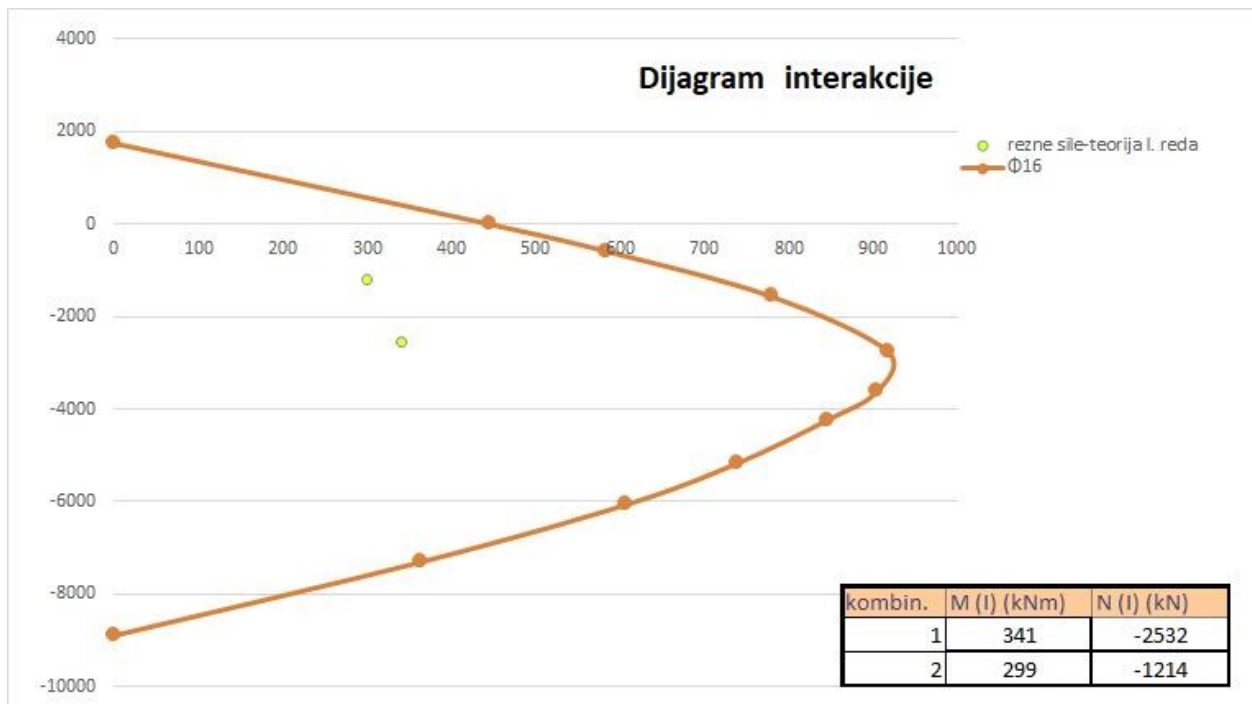
U nastavku je prikazana odabrana armatura za stupove. Za dimenzioniranje stupova je korišten software Aspalathos Section Design te Microsoft Excel za prikaz rezultata.



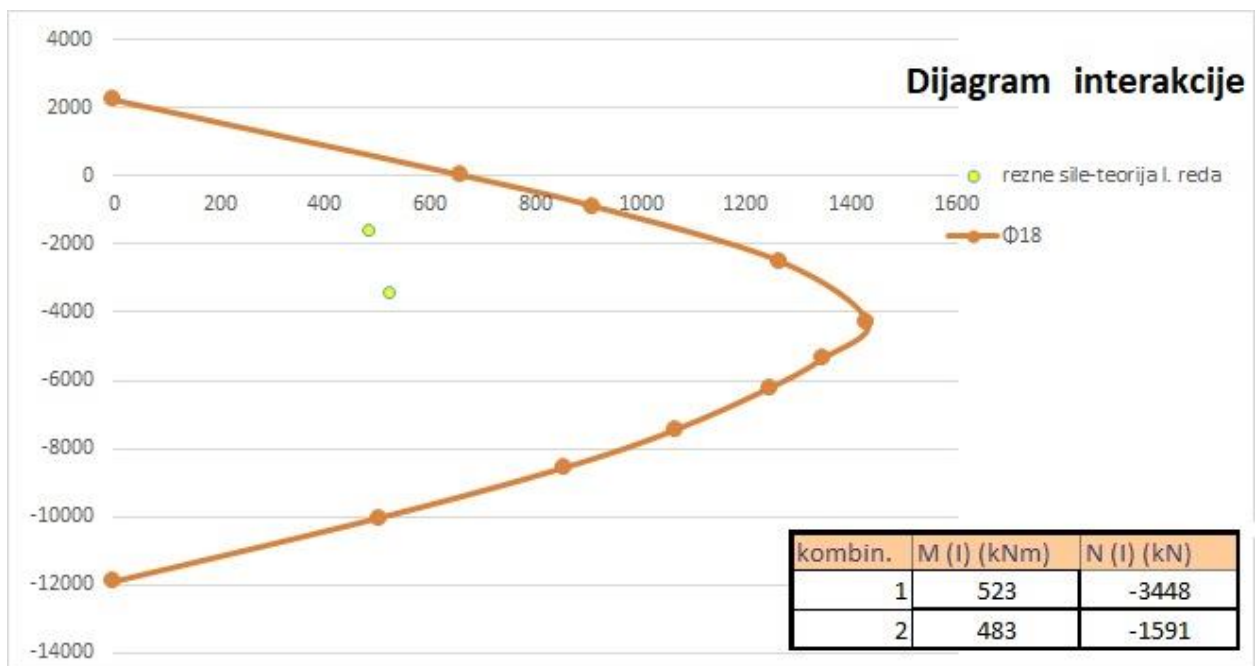
Slika 5.15 Dijagram interakcije za stup dimenzija 40x40 (cm)



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



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



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

6 PRORAČUN TEMELJA SAMCA

6.1 Dimenzioniranje temelja

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

1. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

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

2. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

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

3. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

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

4. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

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

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

Mjerodavne sile na spoju temelj - stup:

- 2. kombinacija: $N_{max} = 5828.50 \text{ kN}$
 $M_{pripadno} = 267.72 \text{ kNm}$
- 4. kombinacija: $M_{max} = 508.98 \text{ kNm}$
 $N_{pripadno} = 2062.03 \text{ kN}$

6.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca

Temelj je centrično opterećen te zato odabiremo kvadratni poprečni presjek.

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

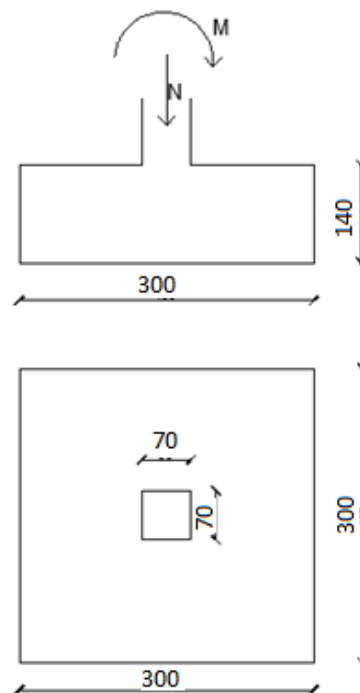
$$\text{Širina i duljina temelja: } a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78 \text{ m}$$

Usvojene dimenzije temelja: $a = 3 \text{ m}$

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

Usvojena visina temelja: $v = 140 \text{ cm}$

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



Slika 6.1 Dimenzije temelja

6.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi tlo - temelj

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

$$A = 3.0 \cdot 3.0 = 9.0 \text{ m}^2$$

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

- **2. kombinacija**

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

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

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

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

- **4. kombinacija**

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

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

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

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

6.3 Proračun armature temelja

- **Momenti u presjeku 1-1**

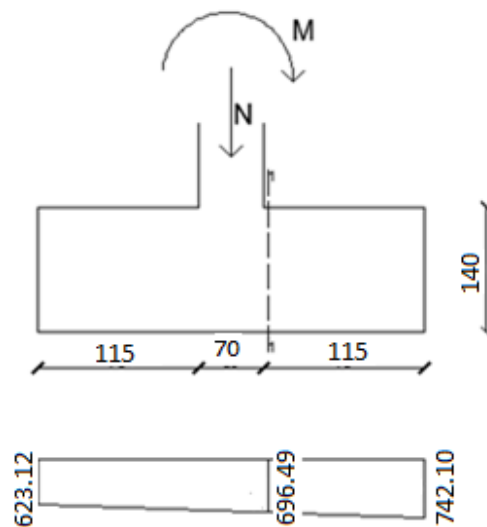
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

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

- **2. kombinacija**

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

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

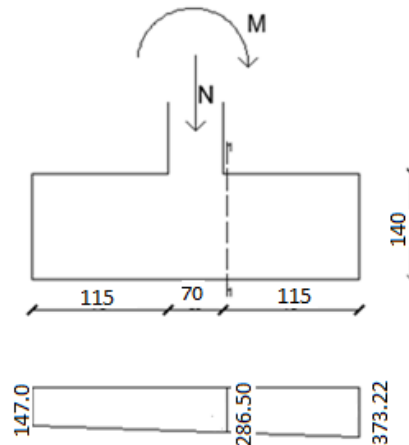


Slika 6.2 Naprezanje ispod temelja – 1. kombinacija

- **4. kombinacija**

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

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



Slika 6.3 Naprezanja ispod temelja – 2. kombinacija

Mjerodavni moment za proračun armature:

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

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

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

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

$$\text{Očitano: } \varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{c2} = 0.6 \text{ ‰}, \quad \xi = 0.057, \quad \zeta = 0.981$$

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

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

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

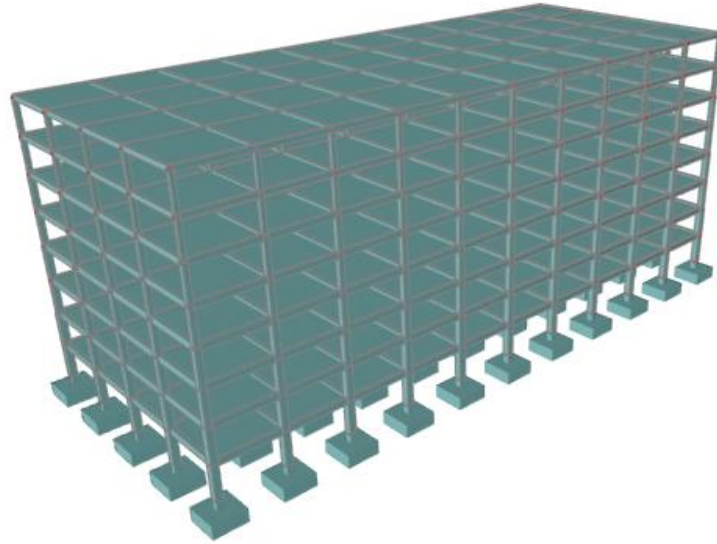
Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: Ø12/20 ($A_{s1} = 5.65 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

7 TROŠKOVNIK KLASIČNE KONSTRUKCIJE

Tablica 7.1 Troškovnik konstrukcije stambene zgrade

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

8 ANALIZA OPTEREĆENJA KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM



Slika 8.1 Prikaz računalnog modela konstrukcije s aseizmičkim slojem šljunka

8.1 Opterećenje potresom

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



Slika 8.2 Prikaz promatranog dijela karte potresnih područja Republike Hrvatske

8.1.1 Faktor ponašanja okvirne konstrukcije

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

k_w – faktor prevladavajućeg sloma

Klasa duktilnosti: DCM

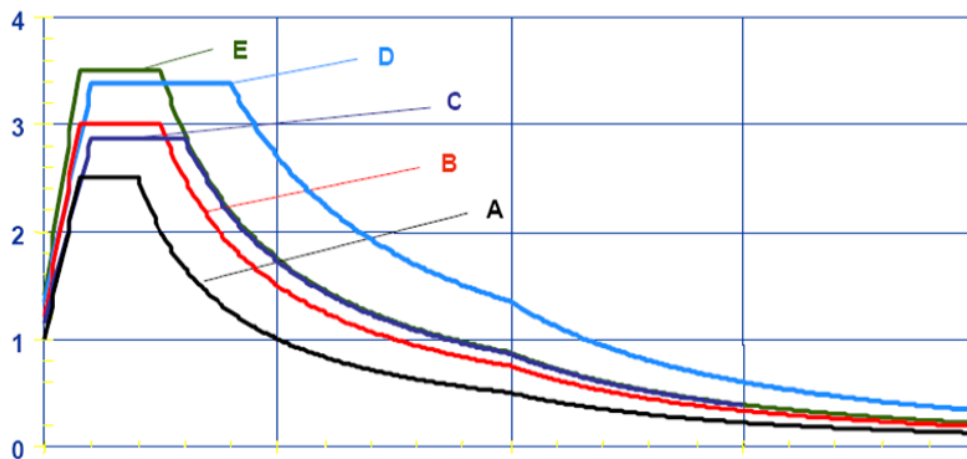
Vrsta konstrukcije: okvirni sustav, $q_0 = 3,0 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1}$

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

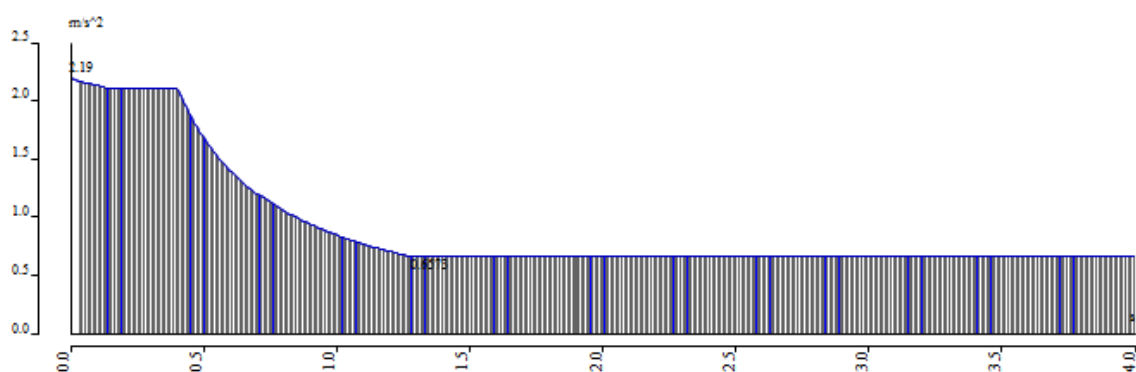
| Tip konstrukcije | DCM | DCH |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova | $3,0 \alpha_u/\alpha_1$ | $4,5 \alpha_u/\alpha_1$ |
| Sustav nepovezanih zidova | 3,0 | $4,0 \alpha_u/\alpha_1$ |
| Torzijski savitljiv sustav | 2,0 | 3,0 |
| 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 | type1 |
| Direction | Horizontal |
| Direction factor | 1 |
| S - soil factor | 1,000 |
| Tb | 0,150 |
| Tc | 0,400 |
| Td | 2,000 |
| Note | NA not supported |

Slika 8.4 Prikaz parametara za seizmičku analizu



Slika 8.5 Prikaz spektra odziva

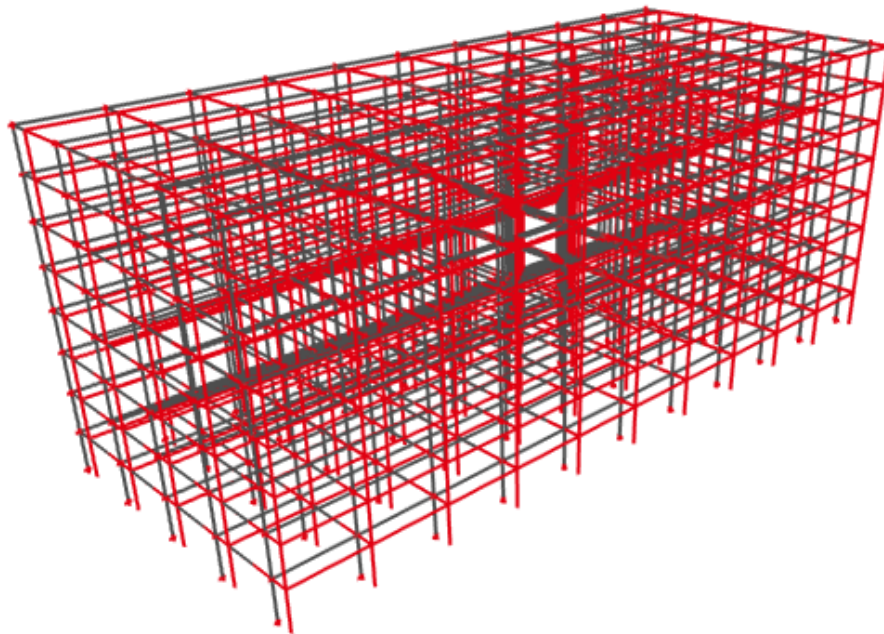
Prema HRN EN 1998-1:2011, suma svih upotrebljenih vlastitih oblika moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase. Izračunato je ukupno prvih 10 vlastitih oblika.

Tablica 8.2 Prirodni modovi konstrukcije i sudjelujuće mase

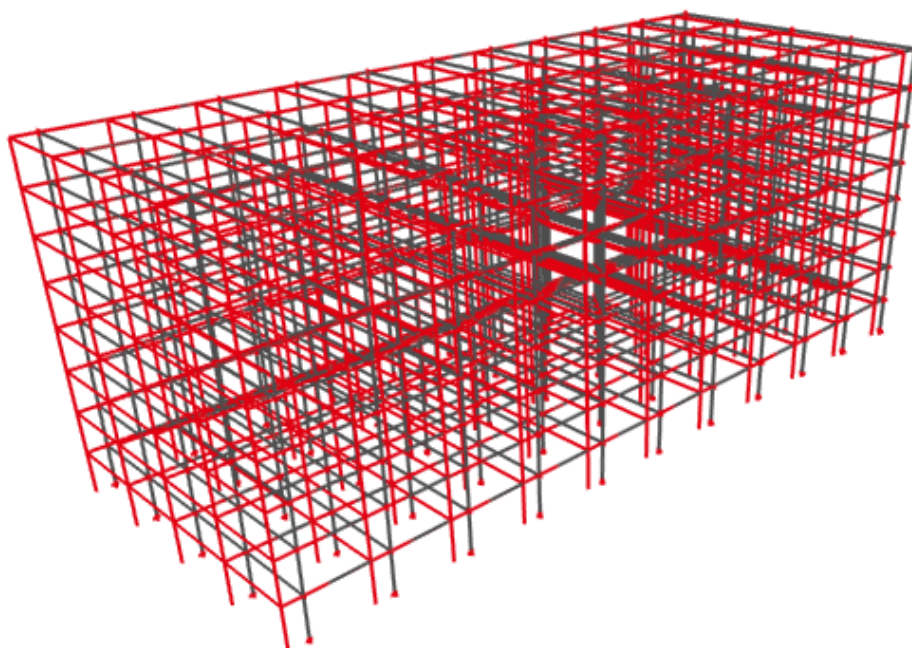
| Mode | Omega [rad/s] | Period [s] | Freq. [Hz] | Wxi / Wxtot | Wyi / Wytot | Wzi / Wztot | Wxi_R / Wxtot_R | Wyi_R / Wytot_R | Wzi_R / Wztot_R |
|------|---------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 1.8187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

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

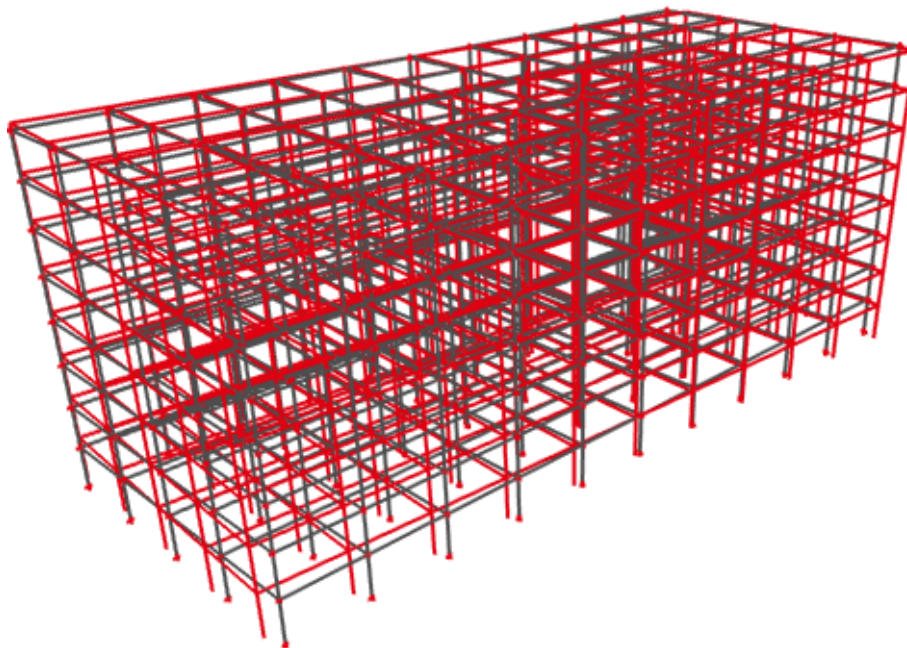
8.1.2 Prikaz vlastitih oblika (prirodnih modova) konstrukcije



Slika 8.6 Prikaz prvog moda konstrukcije

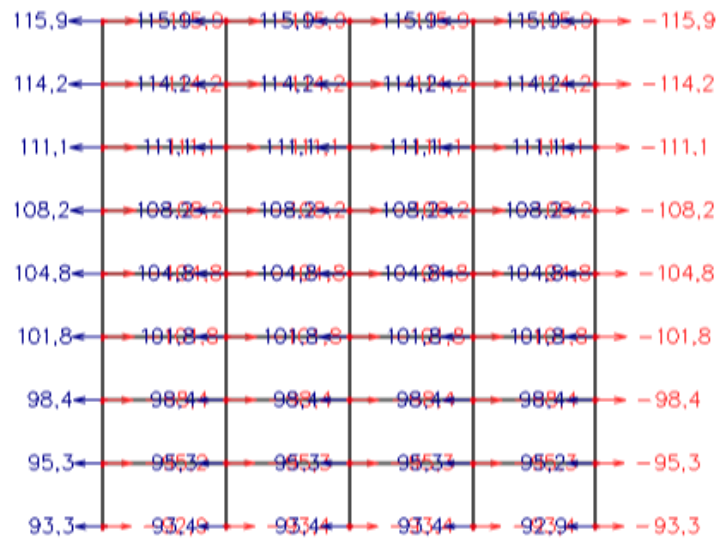


Slika 8.7 Prikaz drugog moda konstrukcije



Slika 8.8 Prikaz trećeg moda konstrukcije

8.1.3 Provjera učinaka prema teoriji drugog reda



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

Efekte 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

$\nu=0.5$

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 | 115.9 | - | - | - | - | - | - | - | da |
| 7 | 114.2 | 1.7 | 1.7 | 0.85 | 14885 | 703 | 3600 | 0.009999 | |
| 6 | 111.1 | 3.1 | 3.1 | 1.55 | 30159 | 1509 | 3600 | 0.01721 | |
| 5 | 108.2 | 2.9 | 2.9 | 1.45 | 46136 | 2326 | 3600 | 0.015978 | |
| 4 | 104.8 | 3.4 | 3.4 | 1.7 | 62331 | 3136 | 3600 | 0.018772 | |
| 3 | 101.8 | 3 | 3 | 1.5 | 79278 | 3955 | 3600 | 0.016704 | |
| 2 | 98.4 | 3.4 | 3.4 | 1.7 | 96491 | 4766 | 3600 | 0.019121 | |
| 1 | 95.3 | 3.1 | 3.1 | 1.55 | 114021 | 5571 | 3600 | 0.017624 | |
| 0 | 93.3 | 2 | 2 | 1 | 131865 | 6368 | 3600 | 0.011504 | |

9 KOMBINACIJE OPTEREĆENJA

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

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

Kombinacije opterećenja modela :

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

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

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

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

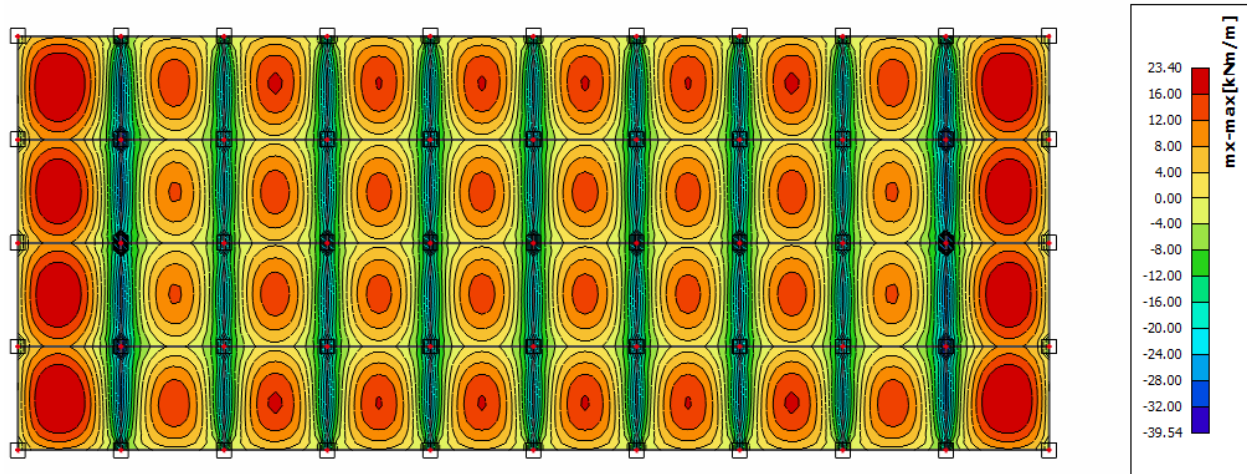
$$K_5 = 1.35 \cdot g + 1.35 \cdot \Delta g + 1.5 \cdot q + 1.5 \cdot W_x$$

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

10 DIMENZIONIRANJE

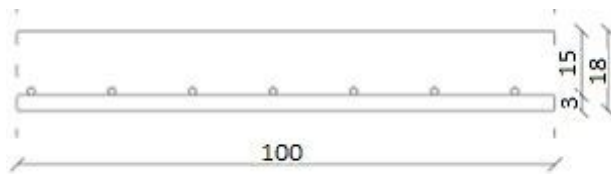
10.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja

10.1.1 Ploča – međukatna konstrukcija



Slika 10.1 Mjerodavni moment za ploče

Polje:



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

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

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

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

$$M_{Ed} = 23.40\ kNm/m'$$

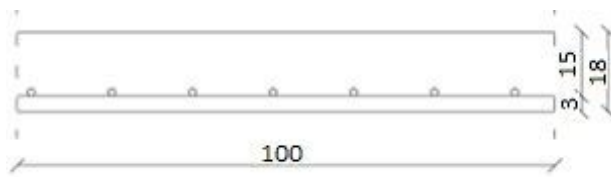
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 23.33} = 0.045$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0\ ‰$ $\varepsilon_{c2} = 1.3\ ‰$ $\zeta = 0.959$ $\xi = 0.115$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{23.40 \cdot 100}{0.959 \cdot 15 \cdot 434.48} = 4.81\ cm^2/m'$$

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

Ležaj:



$$M_{Ed} = 39.54 \text{ kNm/m'}$$

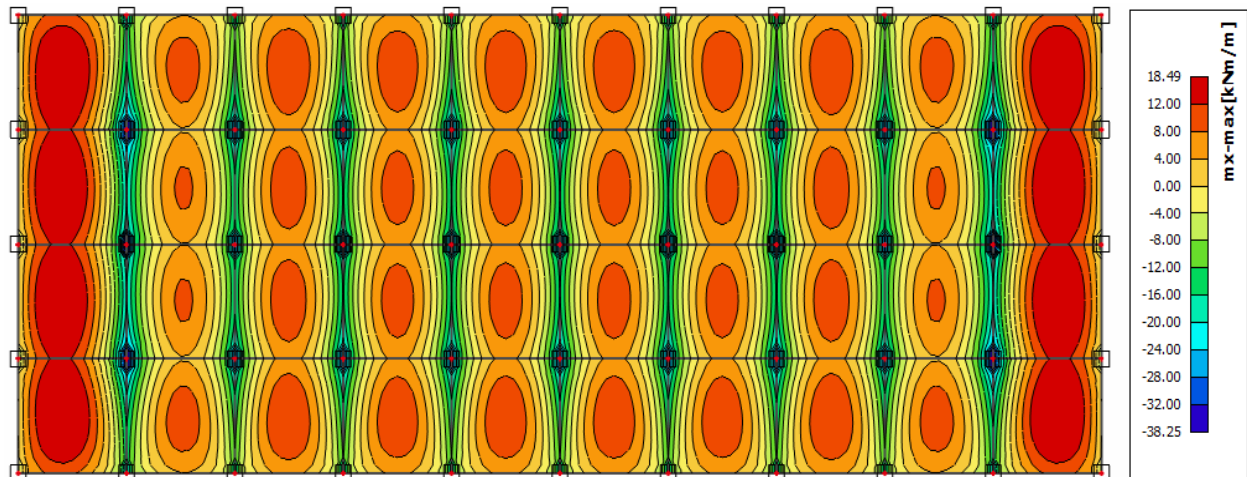
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.54 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.0744$$

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0\text{‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.8\text{‰}$ $\zeta=0.944$ $\xi=0.082$

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

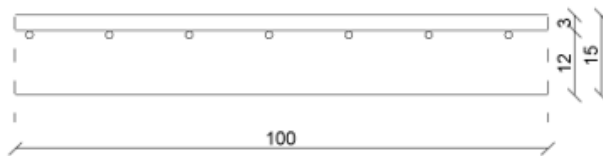
Oabrano: *Q-636* ($A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

10.1.2 Ploča – krovna konstrukcija



Slika 10.2 Mjerodavni moment za krovnu ploču

Polje:



$$M_{Ed} = 18.49 \text{ kNm/m'}$$

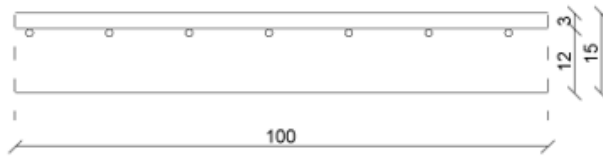
$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{100 \cdot 15^2 \cdot 2.33} = 0.035$$

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.1 \text{ ‰}$ $\zeta=0.965$ $\xi=0.099$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{18.49 \cdot 100}{0.965 \cdot 15 \cdot 43.48} = 2.94 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Odobrano: $Q-335$ ($A_{s1} = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

Ležaj:



$$M_{Ed} = 38.25 \text{ kNm/m'}$$

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

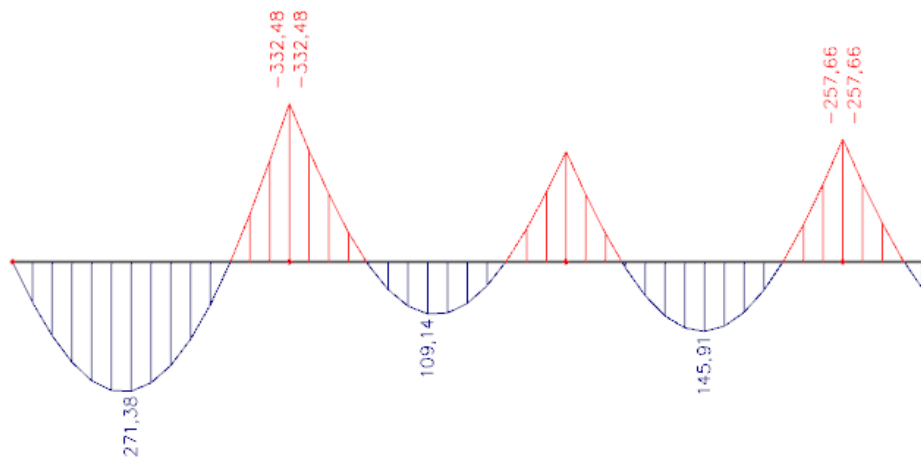
Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=1.8 \text{ ‰}$ $\zeta=0.944$ $\xi=0.153$

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

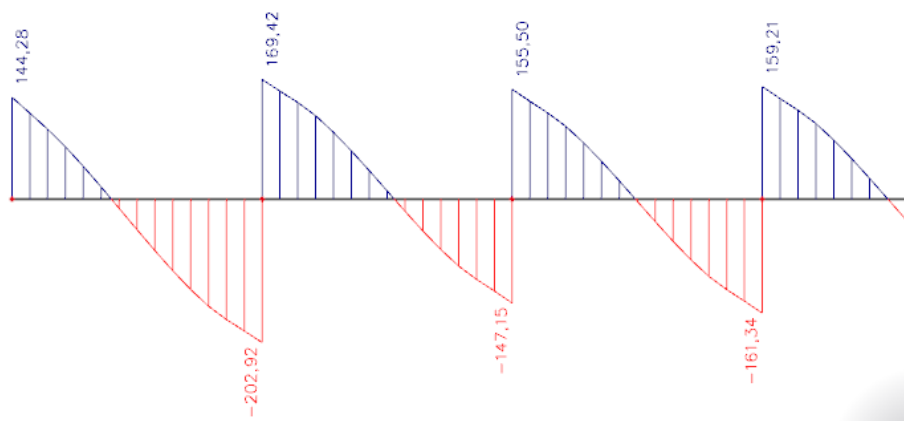
Oabrano: Q-636 ($A_{s1} = 6.36 \text{ cm}^2/\text{m'}$)

10.2 Dimenzioniranje grede u uzdužnom smjeru (X smjeru)

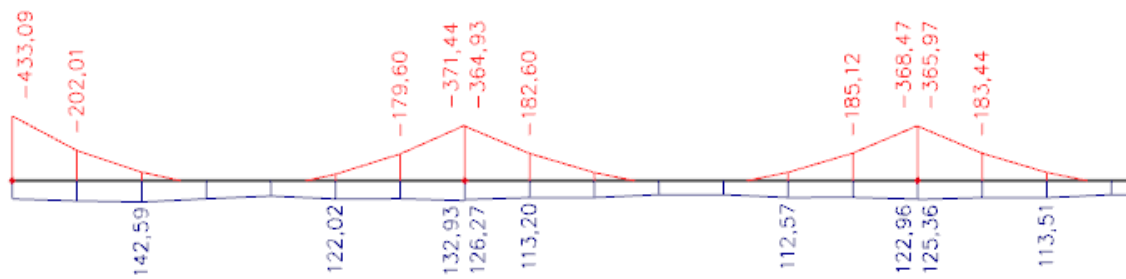
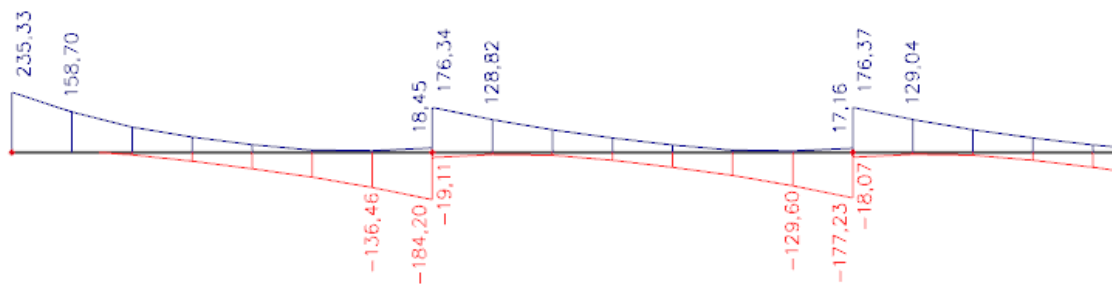
10.2.1 Rezne sile u gredama pozicije 101



Slika 10.3 Osnovna kombinacija K1 - M_y



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:

$$M_{\text{ležaj 1}} = -433.09 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ležaj 2}} = -371.44 \text{ kNm}$$

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

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

Proračunska širina pojasnice b_{eff} :

Polje p1:

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

Polje p2:

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

Minimalna armatura:

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

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

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

Odabrano: 2 ϕ 16 ($A_{s1} = 4.02 \text{ cm}^2$)

10.2.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 101 – polje 1

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 271.38 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$ $\zeta = 0.974$ $\xi = 0.074$

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{271.38 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.86 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 5 \emptyset 16 ($A_{s1} = 10.05 \text{ cm}^2$)

Greda pozicija 101 – polje 2

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 145.91 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=0.6 \text{ ‰}$ $\zeta=0.981$ $\xi=0.057$

Položaj neutralne osi:

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

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

Odabrano: **5 Ø 12 (A_{s1} = 5.65 cm²)**Greda pozicija 101 – ležaj na stupu L1

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 433.09 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=3.2 \text{ ‰}$ $\zeta=0.901$ $\xi=0.242$

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

Odabrano: **4 Ø 25 (A_{s1} = 19.63 cm²)**

Greda pozicija 101 – ležaj u sredini L2

Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 371.44 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=2.7 \text{ ‰}$ $\zeta=0.916$ $\xi=0.213$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{371.44 \cdot 100}{0.916 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.34 \text{ cm}^2$$

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

Tablica 10.1 Dimenzioniranje greda na moment savijanja

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

Napomena: Za ležaj 2 uzeta je K1 za zadnje dvije etaže.

Dimenzioniranje na poprečnu silu 101 – ležaj na stupu 1

$$V_{Ed} = 235.33 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

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

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 65 \text{ cm}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

→ potrebna računaska armatura

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

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

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

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

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

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

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

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

$$\rho_{min} = 0.0013$$

Potrebna računaska 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: $\emptyset 10/30$ ($A_{sw}=0.79 cm^2$)

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

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

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{235.33} = 18.79 cm$$

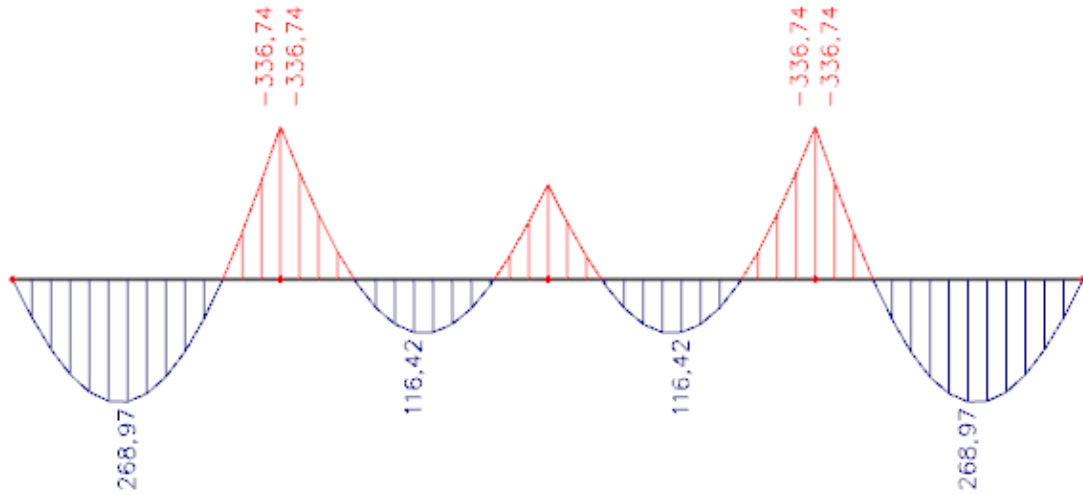
Postaviti spone $\emptyset 10/15$ ($A_{sw}=0.79 cm^2$).

Tablica 10.2 Dimenzioniranje greda na poprečnu silu

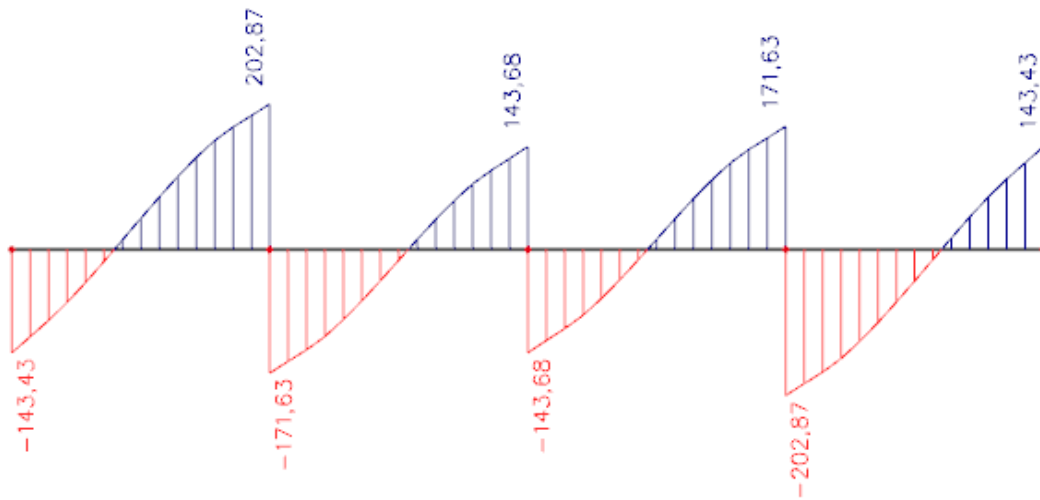
| POZICIJA 101 X-Poprečna sila | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| V_{Ed} | 235.33 | 247.46 | 236.95 | 222.94 | 193.5 | 175.01 | 137.41 | 94.73 |
| $V_{Rd,c}$ | 116.5606 | 116.5606 | 116.5606 | 116.5606 | 101.0192 | 101.0192 | 93.06317 | 93.06317 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd,c}$ | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da |
| V_{Rd}^{Min} | 87.30718 | 87.30718 | 87.30718 | 87.30718 | 77.91736 | 77.91736 | 69.14583 | 69.14583 |
| $V_{Ed} \geq V_{Rd}^{Mi}$ | 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 |
| $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$ | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da |
| $V_{Ed,max}/V_R$ | 0.173764 | 0.182721 | 0.17496 | 0.164616 | 0.164859 | 0.149106 | 0.138357 | 0.095383 |
| $s_{max}(cm)$ | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| $A_{s,min}$ | 0.495 | 0.495 | 0.495 | 0.495 | 0.495 | 0.495 | 0.495 | 0.495 |
| Odabrano | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ | $\emptyset 10/30$ |
| $V_{Rd,s}$ | 154.6425 | 154.6425 | 154.6425 | 154.6425 | 134.0235 | 134.0235 | 113.4045 | 113.4045 |
| $V_{Rd,s} \leq V_{Ed}$ | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da | Da |
| S obzirom da je $V_{Rd,s} \leq V_{Ed}$, na svakoj etaži treba progustiti spone na $\emptyset 10/15$. | | | | | | | | |

10.3 Dimenzioniranje grede u poprečnom smjeru (Y smjeru)

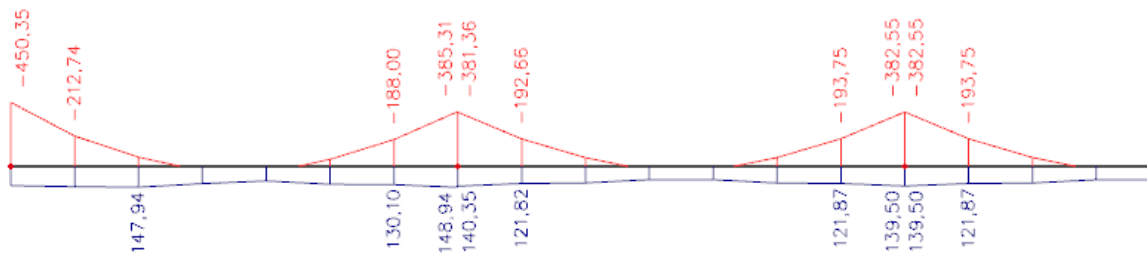
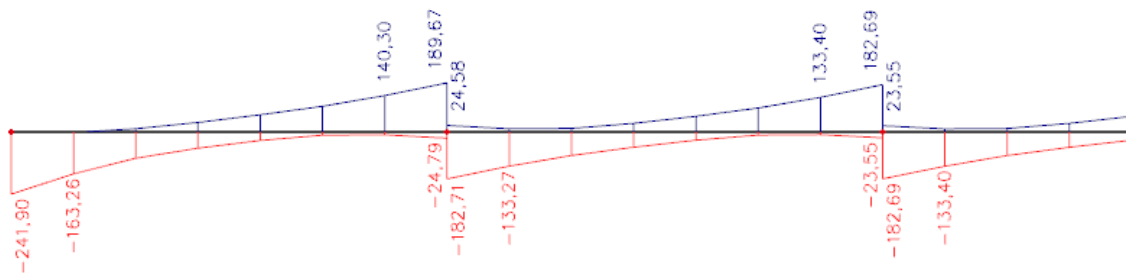
10.3.1 Rezne sile u gredama pozicije 102



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:

$$M_{\text{ležaj 1}} = -450,35 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ležaj 2}} = -385,31 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{polje 1}} = 268,97 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{polje 2}} = 116,42 \text{ kNm}$$

Proračunska širina pojasnice b_{eff} :

Polje p1:

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

Polje p2:

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

10.3.2 Dimenzioniranje na moment savijanja i poprečnu silu

Greda pozicija 102 – polje 1

Maksimalno opterećenje:

$$M_{Ed} = 268.97 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$ $\zeta = 0.974$ $\xi = 0.074$

Položaj neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0.074 \cdot 65 = 4.81 \leq h_f = 18 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{268.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 65 \cdot 43.48} = 9.77 \text{ cm}^2$$

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

Greda pozicija 102 – polje 2

Maksimalno opterećenje:

$$M_{Ed} = 116.42 \text{ kNm}$$

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

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

Položaj neutralne osi:

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

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

Odabrano: **5 Ø 12** ($A_{S1} = 5.65 \text{ cm}^2$)Greda pozicija 102 – ležaj na stupu L1

-Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 450.35 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=3.3 \text{ ‰}$ $\zeta=0.898$ $\xi=0.248$

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

Odabrano: **4 Ø 25** ($A_{S1} = 19.63 \text{ cm}^2$)

Greda pozicija 102 – ležaj u sredini L2

-Maksimalno opterećenje :

$$M_{Ed} = 385.31 \text{ kNm}$$

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

Očitano: $\varepsilon_{s1}=10.0 \text{ ‰}$ $\varepsilon_{c2}=2.9 \text{ ‰}$ $\zeta=0.910$ $\xi=0.225$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{385.31 \cdot 100}{0.910 \cdot 65 \cdot 43.48} = 14.92 \text{ cm}^2/m'$$

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

Tablica 10.3 Dimenzioniranje grede na moment savijanja

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

Dimenzioniranje na poprečnu silu 102 – ležaj na stupu L1

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

$$N_{Ed} = 0.0 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju preuzima beton i uzdužna armatura:

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

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

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

$$b_w = 30 \text{ cm} \quad d = 65 \text{ cm}$$

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

→ potrebna računaska armatura

$$V_{Ed} = 241.9 \text{ kN} \geq V_{Rd,c}^{\min} = \left[v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d = 77.91 \text{ kN}$$

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

Nosivost tlačnih dijagonala:

Uvjet:

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

$$V_{Ed} = 241.9 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 1173.73 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\rho_{min} = 0.0013$$

Potrebna računaska 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** ($A_{sw}=0.79 cm^2$)

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

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

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

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.79 \cdot 43.48 \cdot 0.9 \cdot 65}{241.9} = 16.61 cm$$

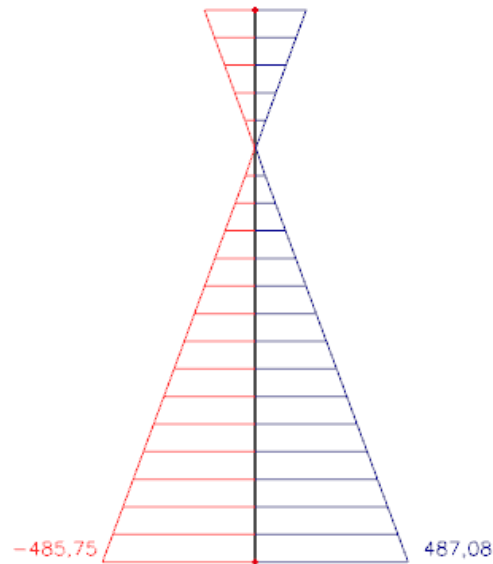
Postaviti spone **Ø10/15** ($A_{sw}=0.79 cm^2$).

Tablica 10.4 Dimenzioniranje na poprečnu silu

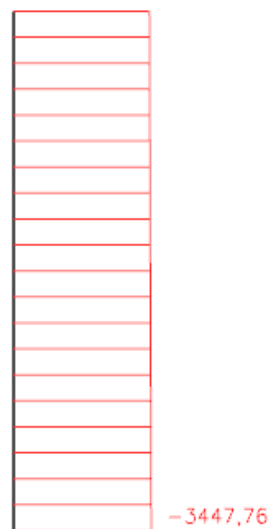
| POZICIJA 102 Y-Poprečna sila | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| V_{Ed} | 241.9 | 257.73 | 246.31 | 231.16 | 199.38 | 179.6 | 139.88 | 96.17 |
| $V_{Rd,c}$ | 145.7267 | 145.7267 | 145.7267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

10.4 Dimenzioniranje stupova

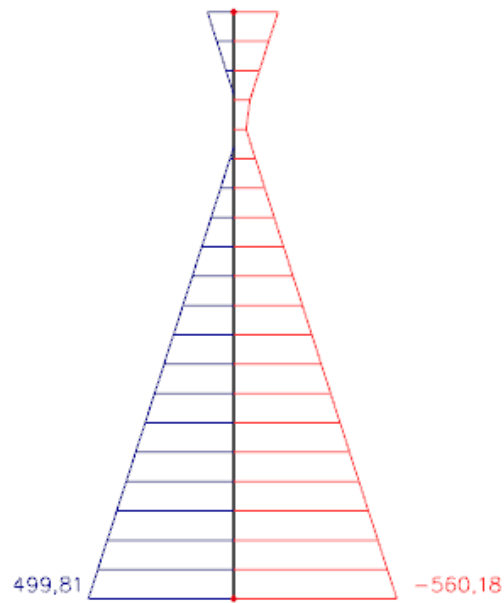
10.4.1 Rezne sile



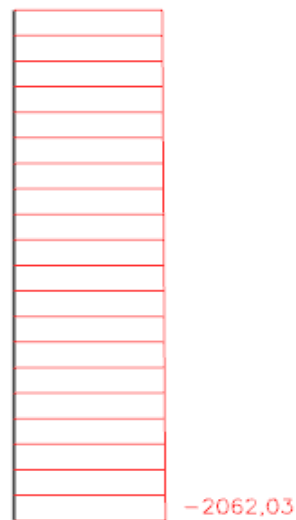
Slika 10.11 Potresna kombinacija K4 (srednji stup) – M_z



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:

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

Pripadni moment je:

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

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

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

Pripadna uzdužna sila je:

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

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:

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

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

$$A = a^2 = 70^2 = 4900 \text{ cm}^2$$

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

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

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

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

Maksimalna uzdužna sila iz uobičajenih kombinacija:

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

$$\Rightarrow A \geq \frac{N_{Ed}}{0,65 \cdot f_{cd}} = \frac{5828.50}{0,65 \cdot 23.33} = 3848.47 \text{ cm}^2 < A = 4900 \text{ cm}^2$$

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

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

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

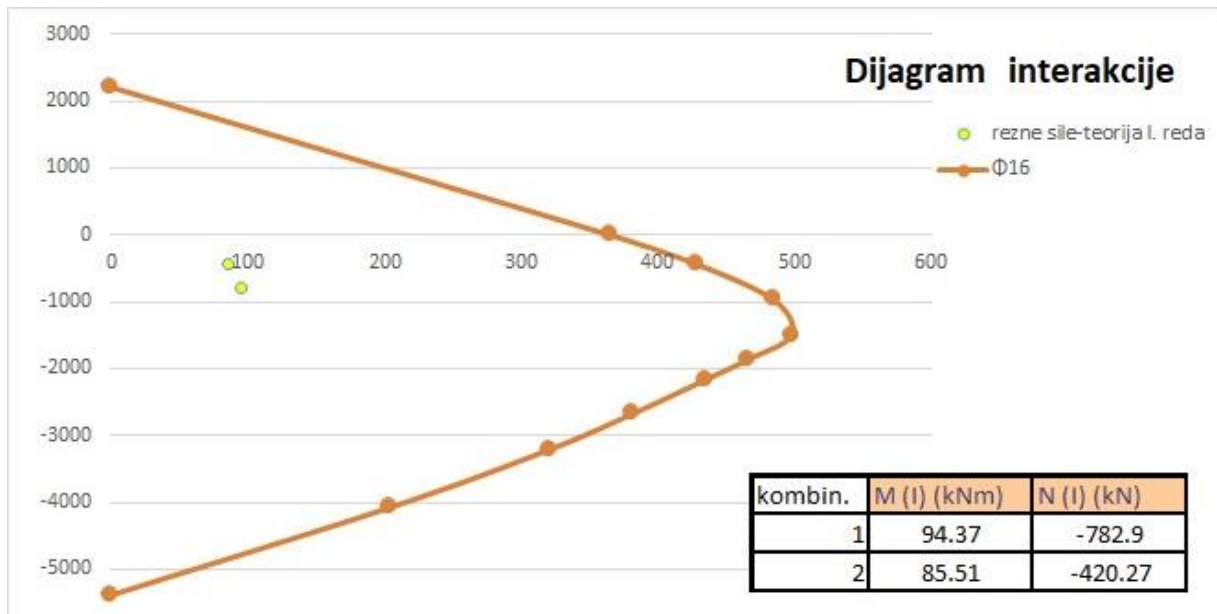
Odabrana armatura: Ø18 ($A_s = 50.8 \text{ cm}^2$)

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

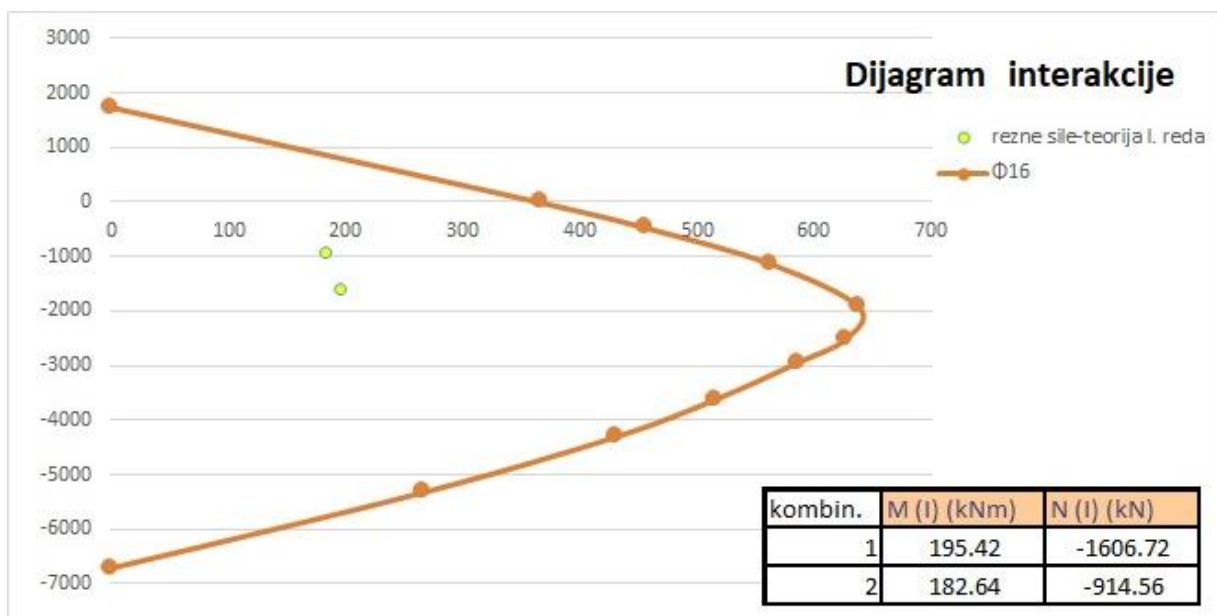
Odabrano: Ø10/10.

10.4.3 Dimenzioniranje stupova

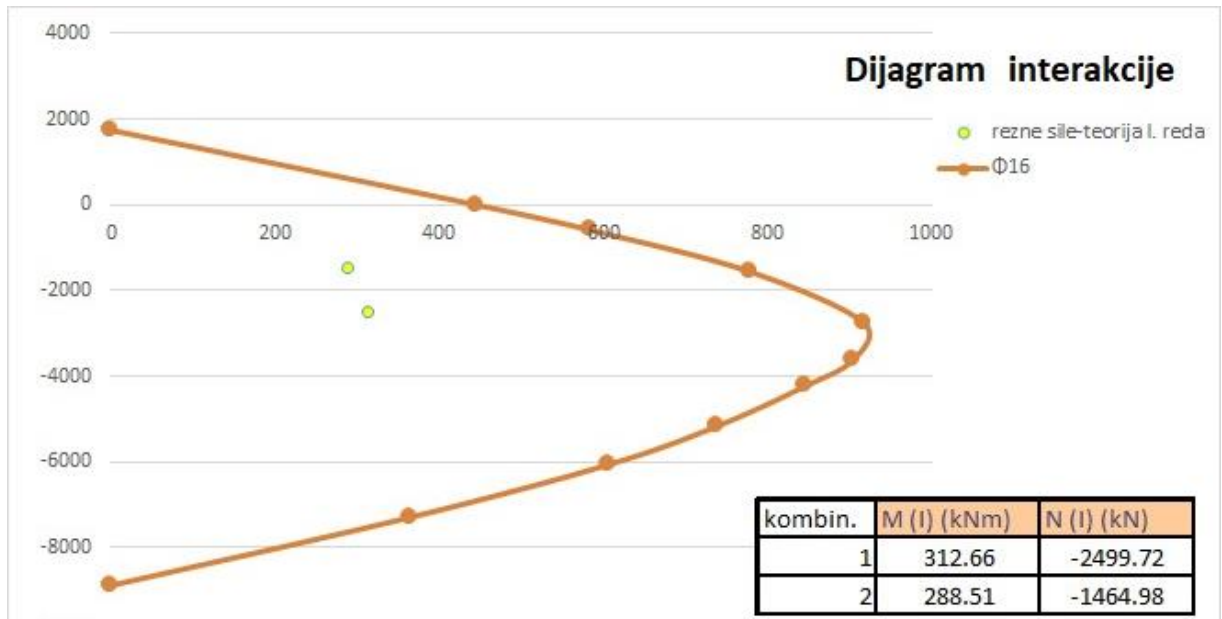
U nastavku je prikazana odabrana armatura za stupove. Za dimenzioniranje stupova je korišten software Aspalathos Section Design te Microsoft Excel za prikaz rezultata.



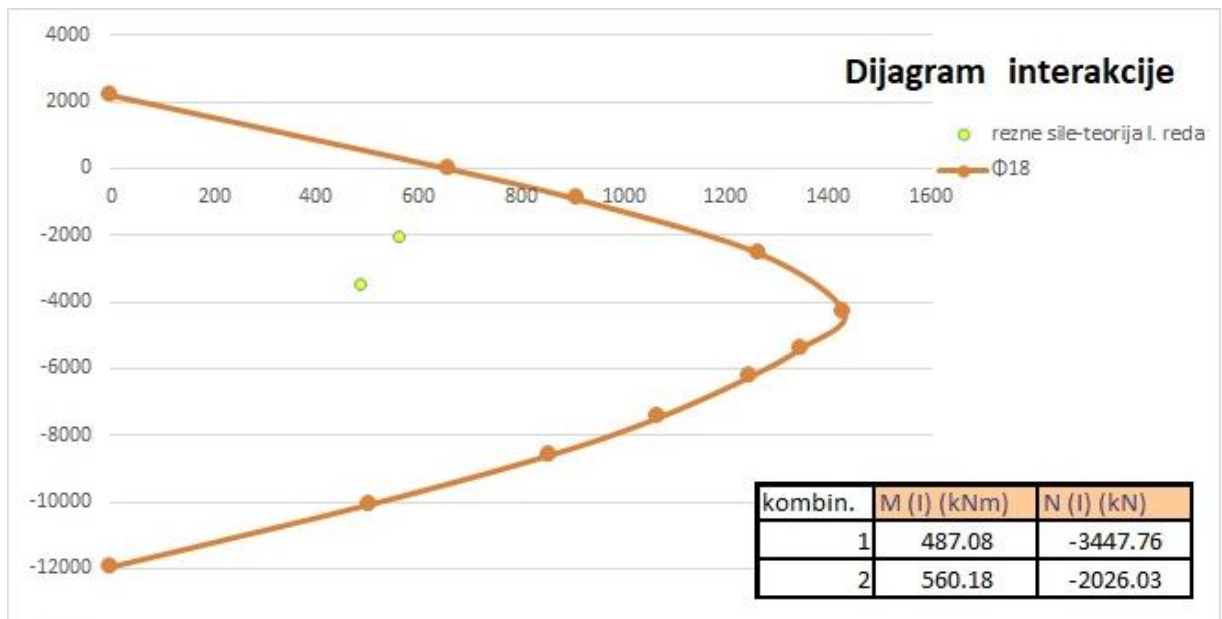
Slika 10.15 Dijagram interakcije za stup dimenzija 40x40 (cm)



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



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



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

11 PRORAČUN TEMELJA SAMCA ISPOD STUPA

11.1 Dimenzioniranje temelja

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

1. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

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

2. kombinacija opterećenja (osnovna kombinacija)

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

3. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

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

4. kombinacija opterećenja (potresna kombinacija)

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

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

Mjerodavne sile na spoju temelj - stup:

- 2. kombinacija: $N_{max} = 5828.50 \text{ kN}$
 $M_{pripadno} = 281.44 \text{ kNm}$
- 4. kombinacija: $M_{max} = 560.18 \text{ kNm}$
 $N_{pripadno} = 2062.03 \text{ kN}$

11.1.1 Preliminarno određivanje dimenzija temelja samca

Temelj je centrično opterećen te zato odabiremo kvadratni poprečni presjek.

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

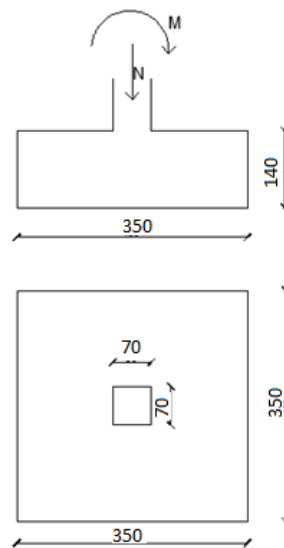
$$\text{Širina i duljina temelja: } a = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}^*}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0.45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} = 0.70 \cdot \sqrt{\frac{0.45 \cdot 35}{1.0}} = 2.78 \text{ m}$$

Usvojene dimenzije temelja: $a = 3.5 \text{ m}$

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

Usvojena visina temelja: $v = 140 \text{ cm}$

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



Slika 11.1 Dimenzije temelja

11.2 Kontrola naprezanja na dodirnoj plohi tlo - temelj

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

$$A = 3.5 \cdot 3.5 = 12.25 \text{ m}^2$$

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

- **2. kombinacija**

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

$$M_{pripadno} = 281.44 \text{ kNm}$$

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

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

- **4. kombinacija**

$$M_{max} = 560.18 \text{ kNm}$$

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

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

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

11.3 Proračun armature temelja

Momenti u presjeku 1-1

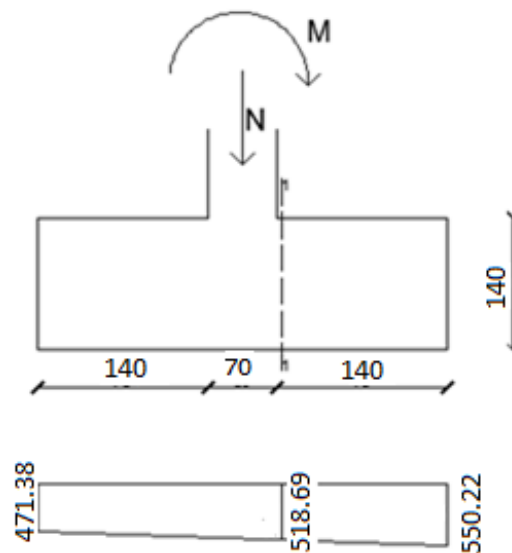
$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot a \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1 \cdot a}{2} \cdot \frac{2}{3} b_1$$

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

- 2. kombinacija

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

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

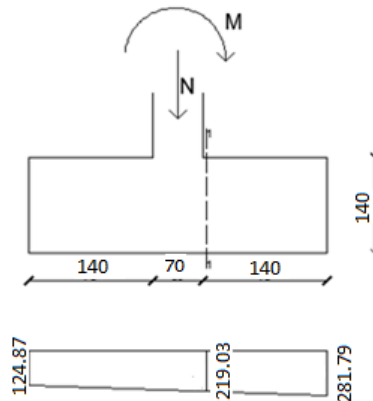


Slika 11.2 Naprezanje ispod temelja – 1. kombinacija

- **4. kombinacija**

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

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



Slika 11.3 Naprezanja ispod temelja – 2. kombinacija

Mjerodavni moment za proračun armature:

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

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

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

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

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$, $\xi = 0.074$, $\zeta = 0.974$

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

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

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

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

12 TROŠKOVNIK KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM

Tablica 12.1 Troškovnik konstrukcije s aseizmičkim slojem

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

13 ZAKLJUČAK

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

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

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

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

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

14 LITERATURA

[1] EN 1991: Eurocode 1

[2] EN 1992: Eurocode 2

[3] EN 1991: Eurocode 3

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

[5] SCIA Engineer 18.0 – Manual

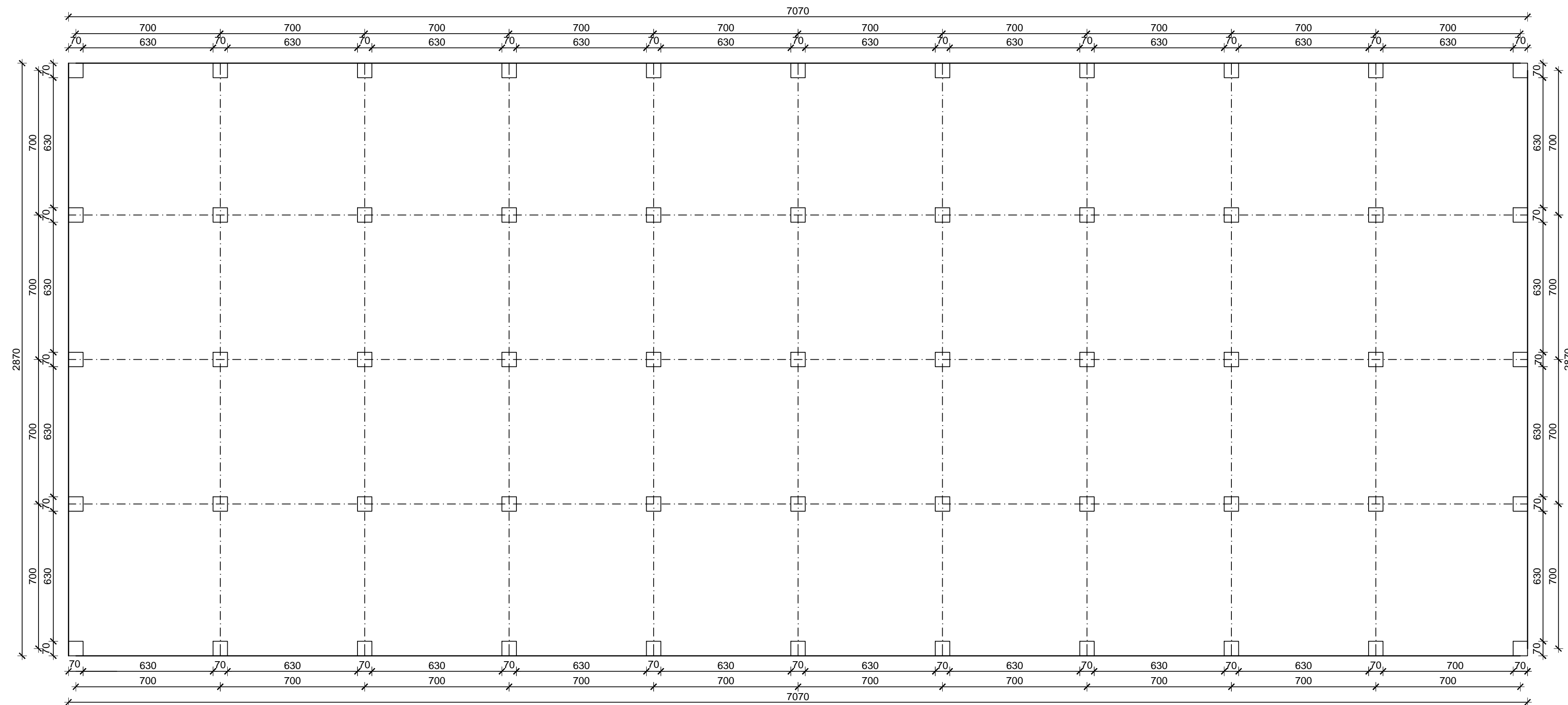
[6] Sika Hrvatska – stručni članci

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

15 GRAFIČKI PRILOZI

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

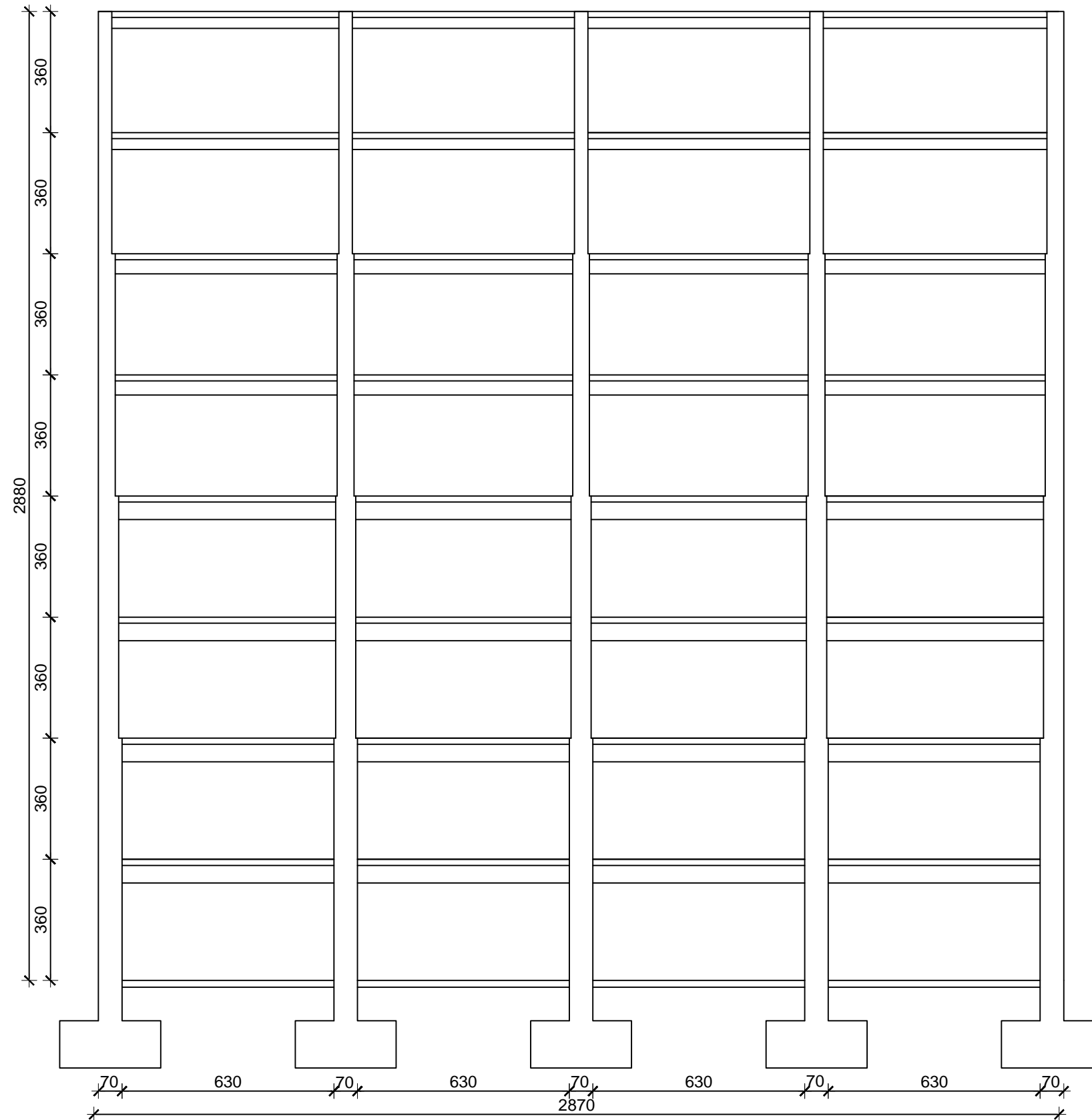
TLOCRT KONSTRUKCIJE



| | | | | |
|--|---|---------------------|--------------|--------------------------|
|  <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p> | DIPLOMSKI RAD | | | |
| | ZADATAK PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE | | | |
| | STUDENT | Domagoj Markežić | MENTOR | Prof. dr.sc. Jure Radnić |
| | SAOPREDAJ | Tlocrt konstrukcije | MJERILO | 1:150 |
| | datum | RUJAN, 2018. | BROJ PRILOGA | 1 |

PRESJEK KONSTRUKCIJE

1-1

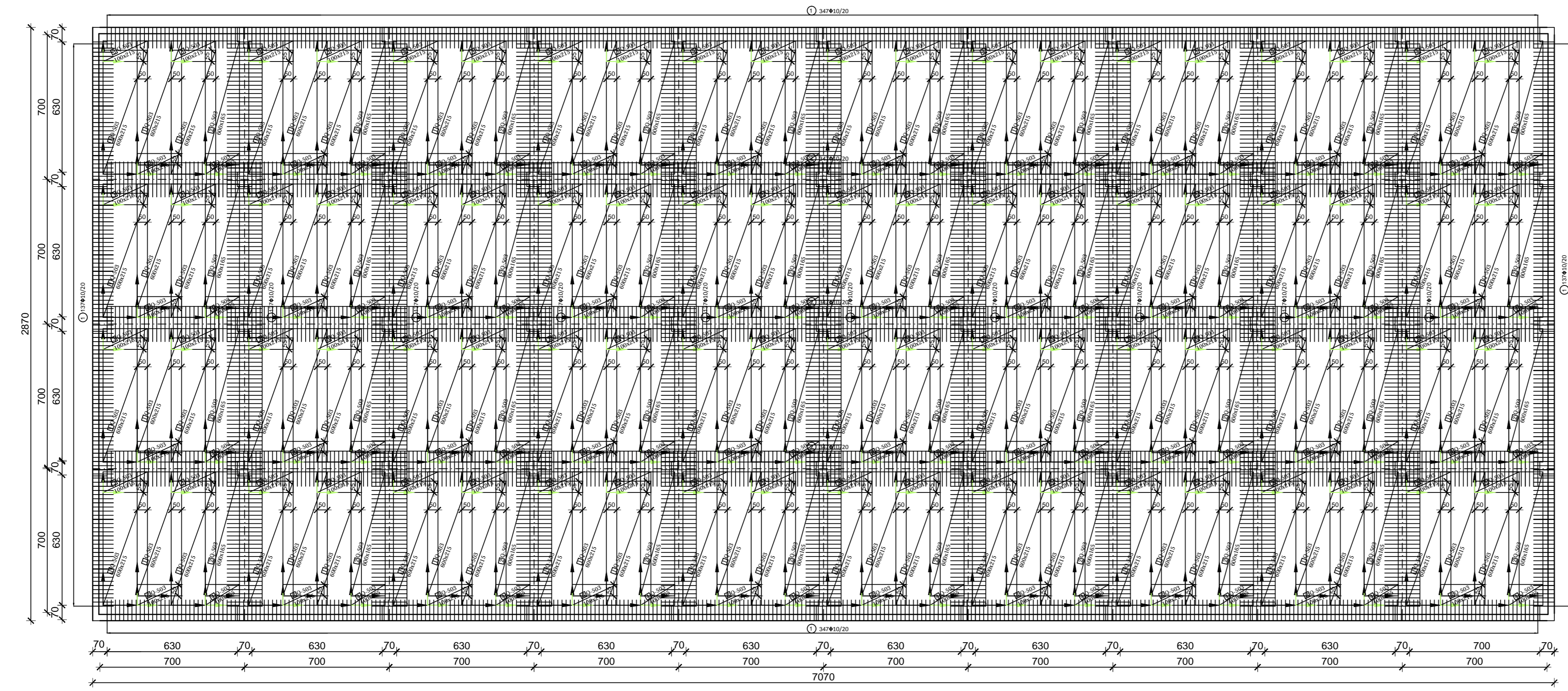


SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

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

PLAN ARMATURE PLOČE - DONJA ZONA MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA



**ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B**

| POZ. | TIP MREŽE | OBLIK | DIMENZIJE (cm) | KOM. | MASA (kg/m ²) | UKUPNA MASA |
|-----------------|-----------|-------|----------------|------|---------------------------|-------------|
| 1 | Q-503 | | 600x215 | 120 | 8.03 | 12430.4 |
| 2 | Q-503 | | 600x165 | 40 | 8.03 | 3179.88 |
| 3 | Q-503 | | 100x215 | 120 | 8.03 | 2071.7 |
| 4 | Q-503 | | 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 | | 10 | 0.649 | 968 | 130 | 816.70 |
| 2 | | 10 | 0.649 | 2274 | 170 | 2508.9 |
| UKUPNO: (KG)... | | | | | | 3325.6 |

UCA

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

STUDENT: Domagoj Markežić

MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

SADRŽAJ: Plan armature ploče-donja zona-međukatna konstrukcija

MIKRO: 1:150

BRJ PRILOGA: 3

DATAJ: RUJAN, 2018.

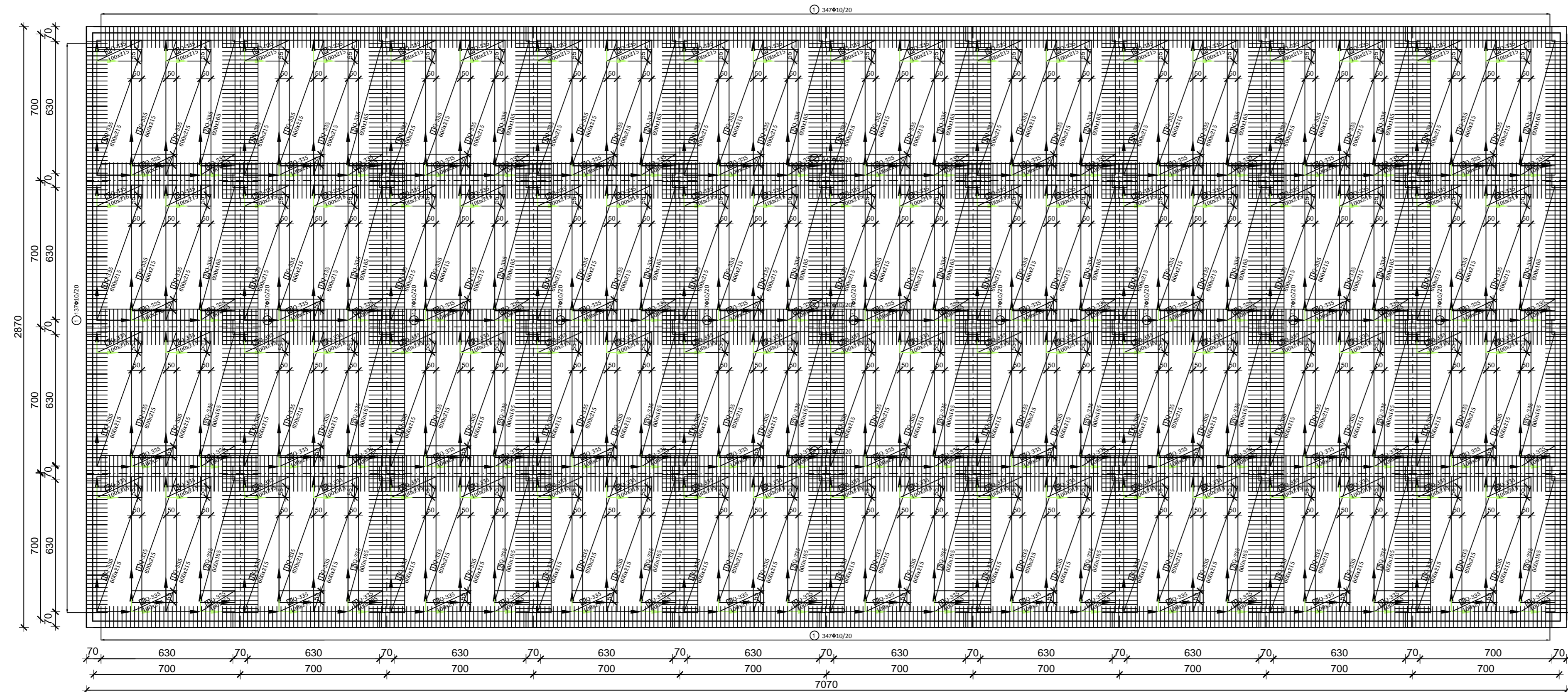
PLAN ARMATURE PLOČE - GORNJA ZONA KROVNA I MEĐUKATNA KONSTRUKCIJA



| ISKAZ MREŽASTE ARMATURE Čelik B500B | | | | | | |
|--|-----------|-------|----------------|------|---------------------------|-------------|
| POZ. | TIP MREŽE | OBLIK | DIMENZIJE (cm) | KOM. | MASA (kg/m ²) | UKUPNA MASA |
| 1 | Q-636 | | 300x215 | 55 | 10.08 | 3575.9 |
| 2 | R-636 | | 100x215 | 76 | 5.95 | 972.23 |
| 3 | R-636 | | 300x215 | 156 | 5.95 | 5986.89 |
| 4 | R-636 | | 300x100 | 24 | 5.95 | 428.4 |
| UKUPNO: (KG)... | | | | | | 10963.42 |

| DIPLOMSKI RAD | | | |
|---------------|---|-------------|--------------------------|
| ZADATAK | PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE | | |
| STUDENT | Domagoj Markežić | MENTOR | Prof. dr.sc. Jure Radnić |
| SADRŽAJ | Plan armature-gornja zona-krovna i međukatna konstrukcija | MJERILO | 1:150 |
| DATUM | RUJAN, 2018. | BRJ PRILOGA | 4 |

PLAN ARMATURE PLOČE - DONJA ZONA KROVNA KONSTRUKCIJA



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

| POZ. | TIP MREŽE | OBLIK | DIMENZIJE (cm) | KOM. | MASA (kg/m ²) | UKUPNA MASA |
|-----------------|-----------|-------|----------------|------|---------------------------|-------------|
| 1 | Q-335 | | 600x215 | 120 | 5.45 | 8436.6 |
| 2 | Q-335 | | 600x165 | 40 | 5.45 | 2812.2 |
| 3 | Q-335 | | 100x215 | 120 | 5.45 | 1406.1 |
| 4 | Q-335 | | 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 | | 10 | 0.649 | 968 | 130 | 816.70 |
| 2 | | 10 | 0.649 | 2274 | 170 | 2508.9 |
| UKUPNO: (KG)... | | | | | | 3325.6 |

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

STUDENT: Domagoj Markežić

SADRŽAJ: Plan armature-donja zona-krovnja konstrukcija

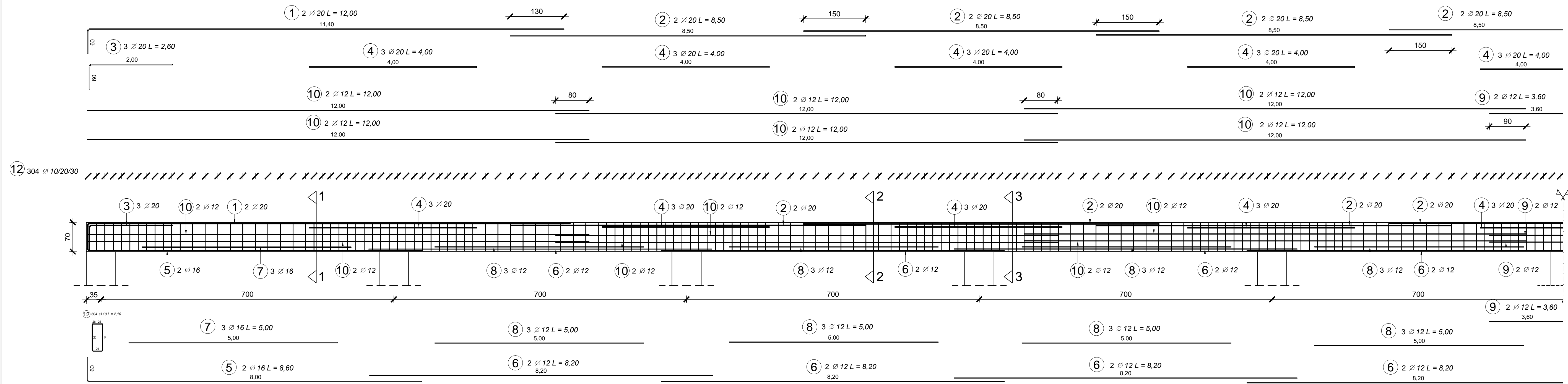
MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

MJERILO: 1:150

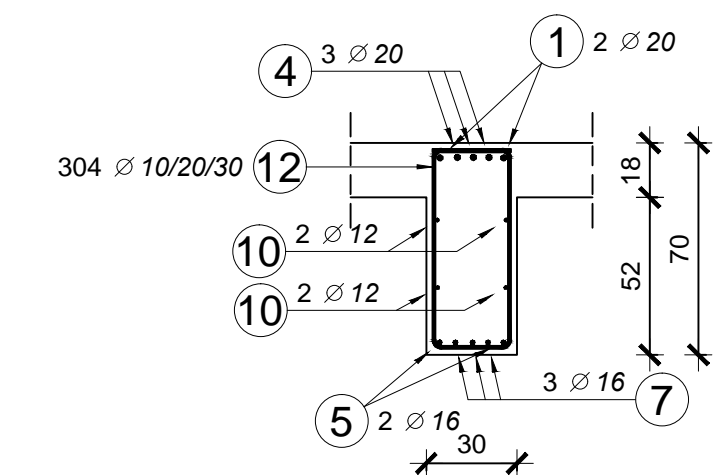
BRJ PRILOGA: 5

RUJAN, 2018.

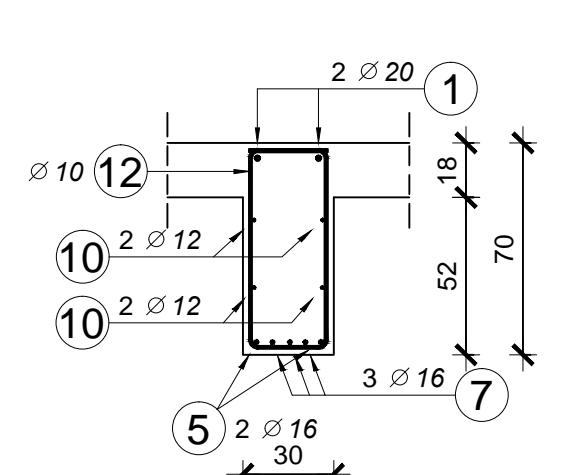
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE



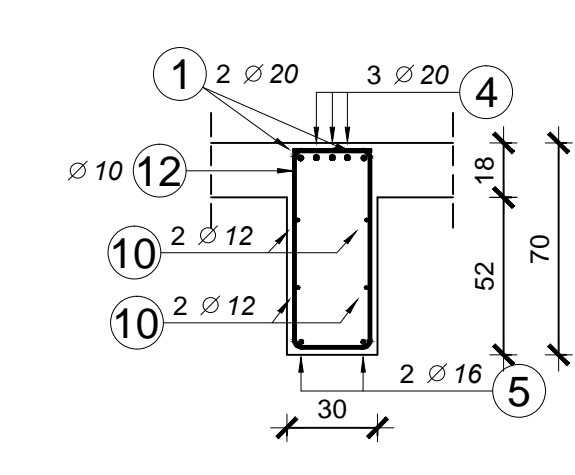
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



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

| | $\varnothing 10$ | $\varnothing 12$ | $\varnothing 16$ | $\varnothing 20$ |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Bst500B | | | | |
| (kg/m) | 0,617 | 0,888 | 1,580 | 2,470 |
| Ukupna duljina (m) | 638,40 | 553,60 | 64,40 | 273,57 |
| Ukupna masa (kg) | 393,9 | 491,6 | 101,8 | 675,7 |
| Ukupno: (kg) | 1662,959 | | | |

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

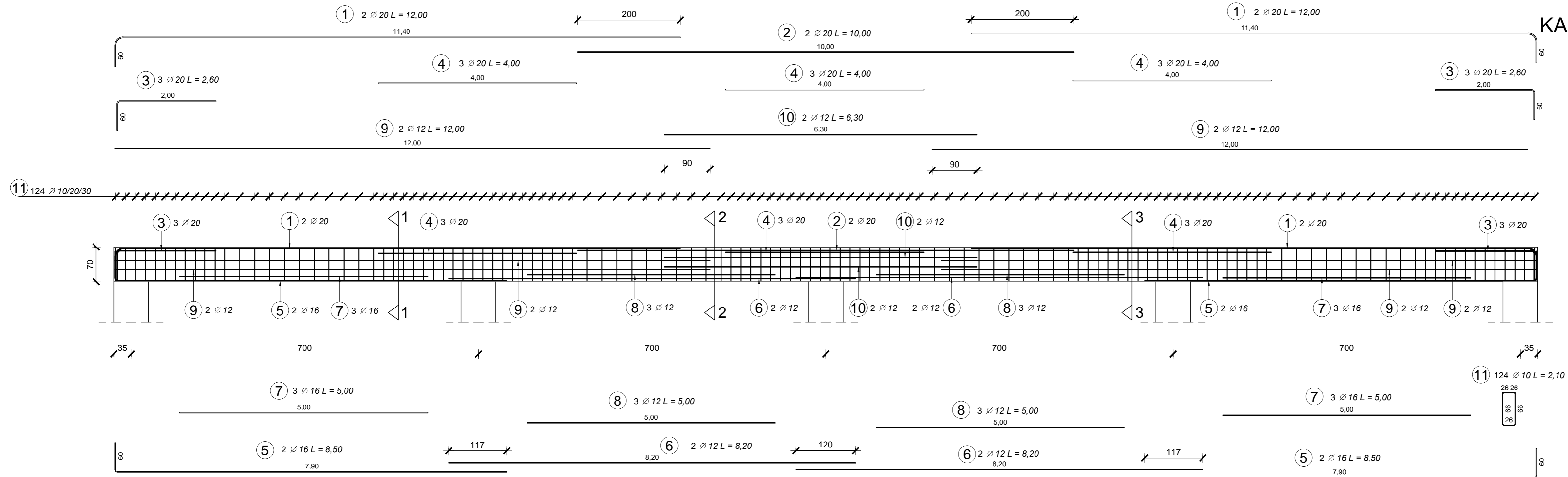
ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

STUDENT: Domagoj Markežić MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

SADRŽAJ: Plan armature karakteristične grede Mjerilo: 1:50, 1:25

datum: RUJAN, 2018. Broj priloga: 6

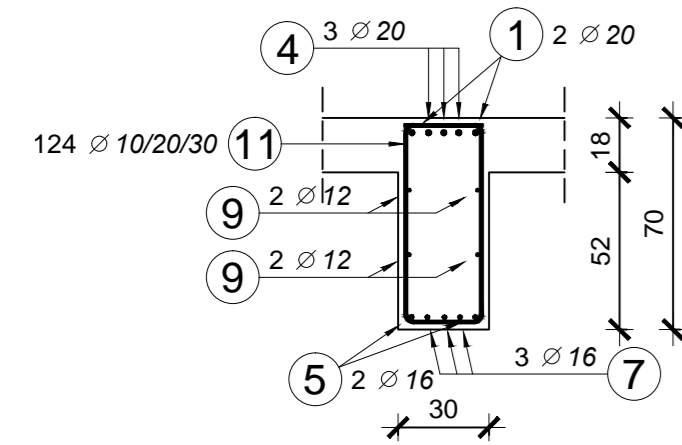
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE



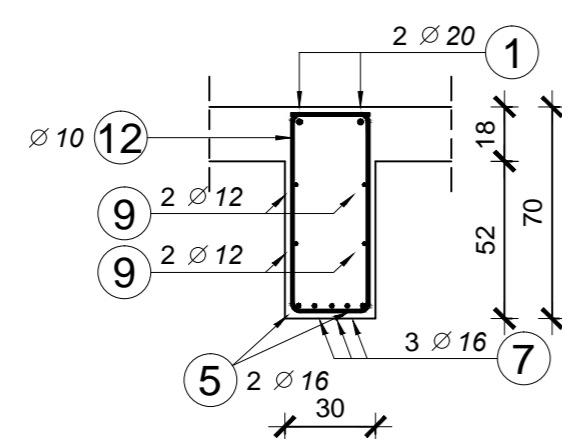
| Poz. | Ø | Simbol (cm) | Kutevi savijanja (Deg) | Broj kom. | L (m) | Ukupno (m) |
|------|----|-------------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|
| 1 | 20 | | a = 90 | 4 | 12,00 | 48,0 |
| 2 | 20 | | | 2 | 10,00 | 20,0 |
| 3 | 20 | | a = 90 | 6 | 2,60 | 15,6 |
|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

| Bst500B | Ø 10 | Ø 12 | Ø 16 | Ø 20 |
|--------------------|---------|--------|-------|--------|
| (kg/m) | 0,617 | 0,888 | 1,580 | 2,470 |
| Ukupna duljina (m) | 260,40 | 184,00 | 64,00 | 119,57 |
| Ukupna masa (kg) | 160,7 | 163,4 | 101,1 | 295,3 |
| Ukupno: (kg) | 720,517 | | | |

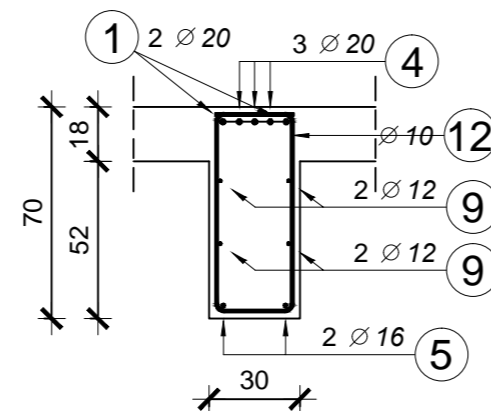
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



DIPLOMSKI RAD

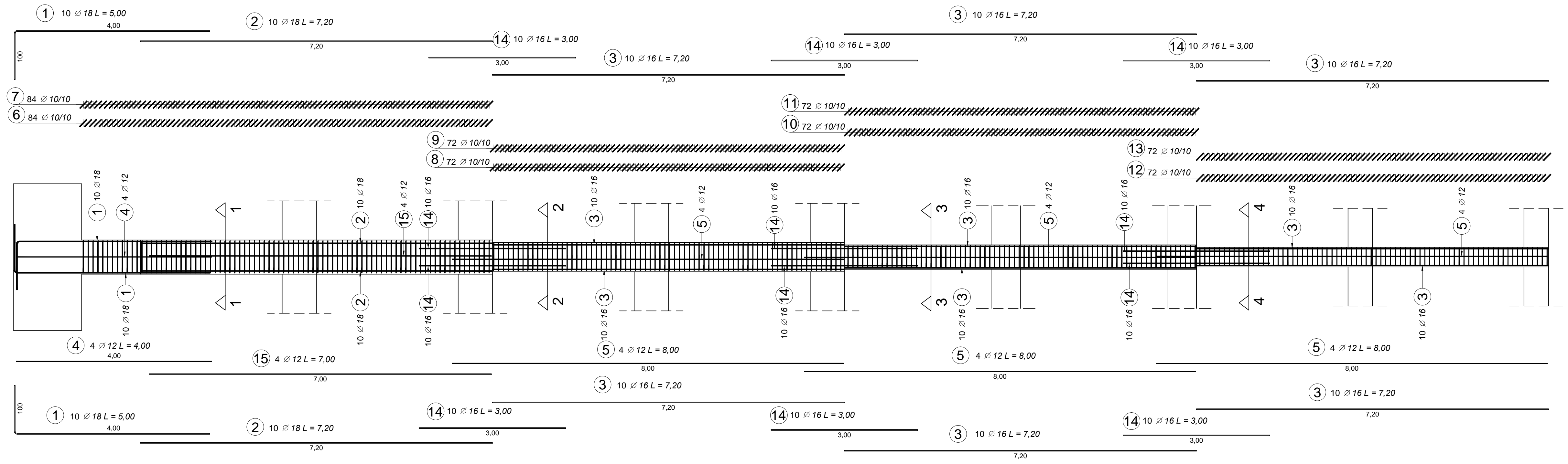
ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

STUDENT: Domagoj Markežić MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

SADRŽAJ: Plan armature karakteristične poprečne grede MJEŠKO: 1:50, 1:25

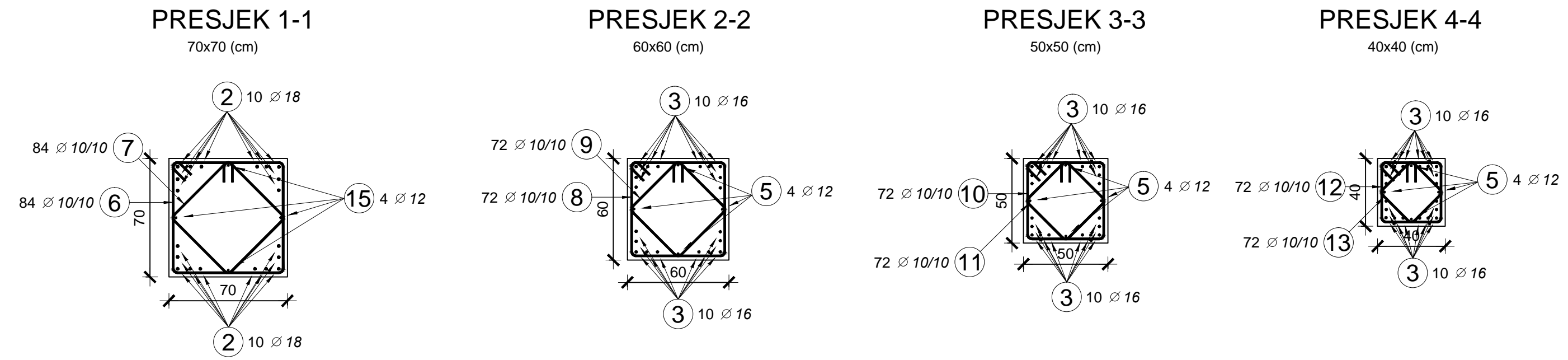
DATUM: RUJAN, 2018. BROJ PRILOGA: 7

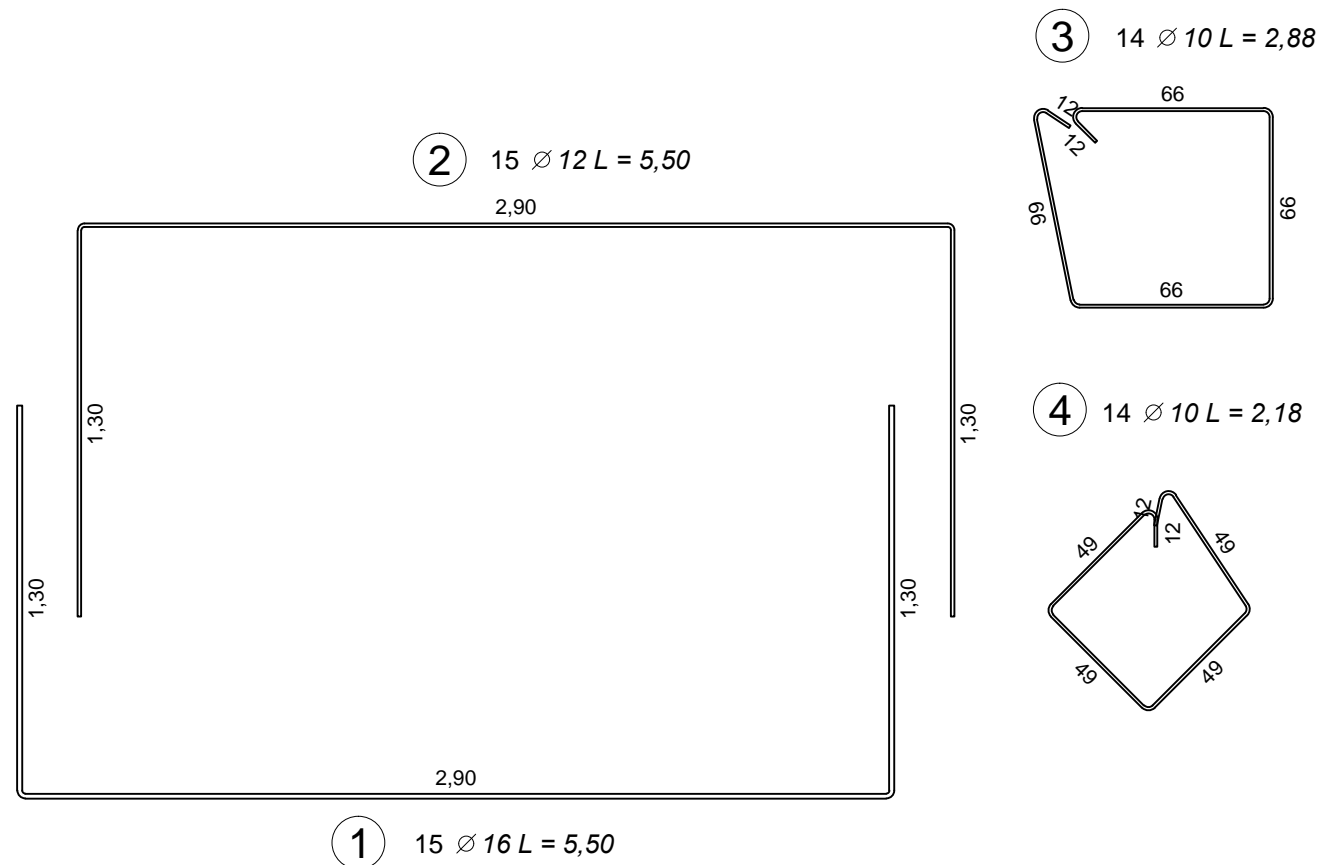
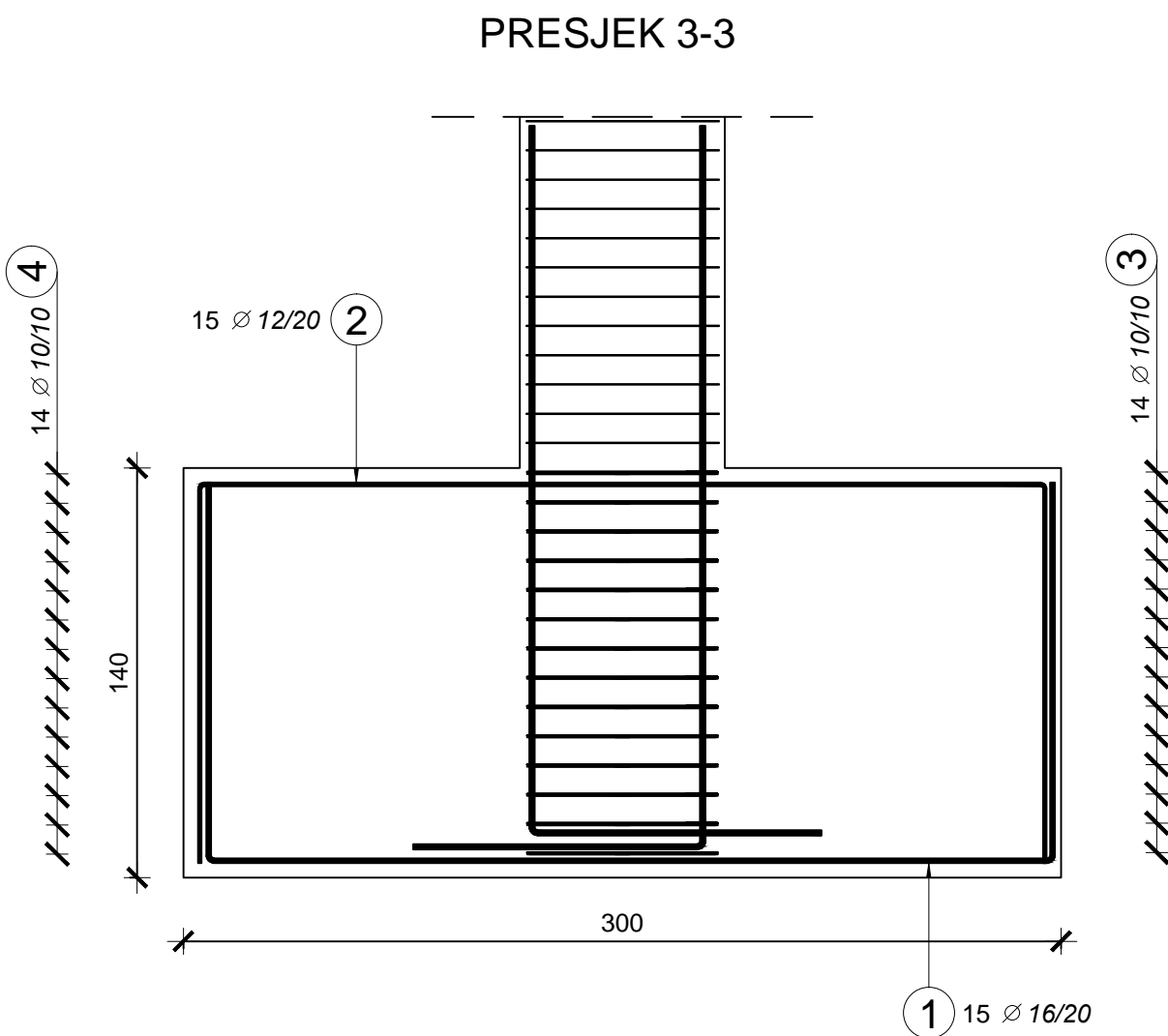
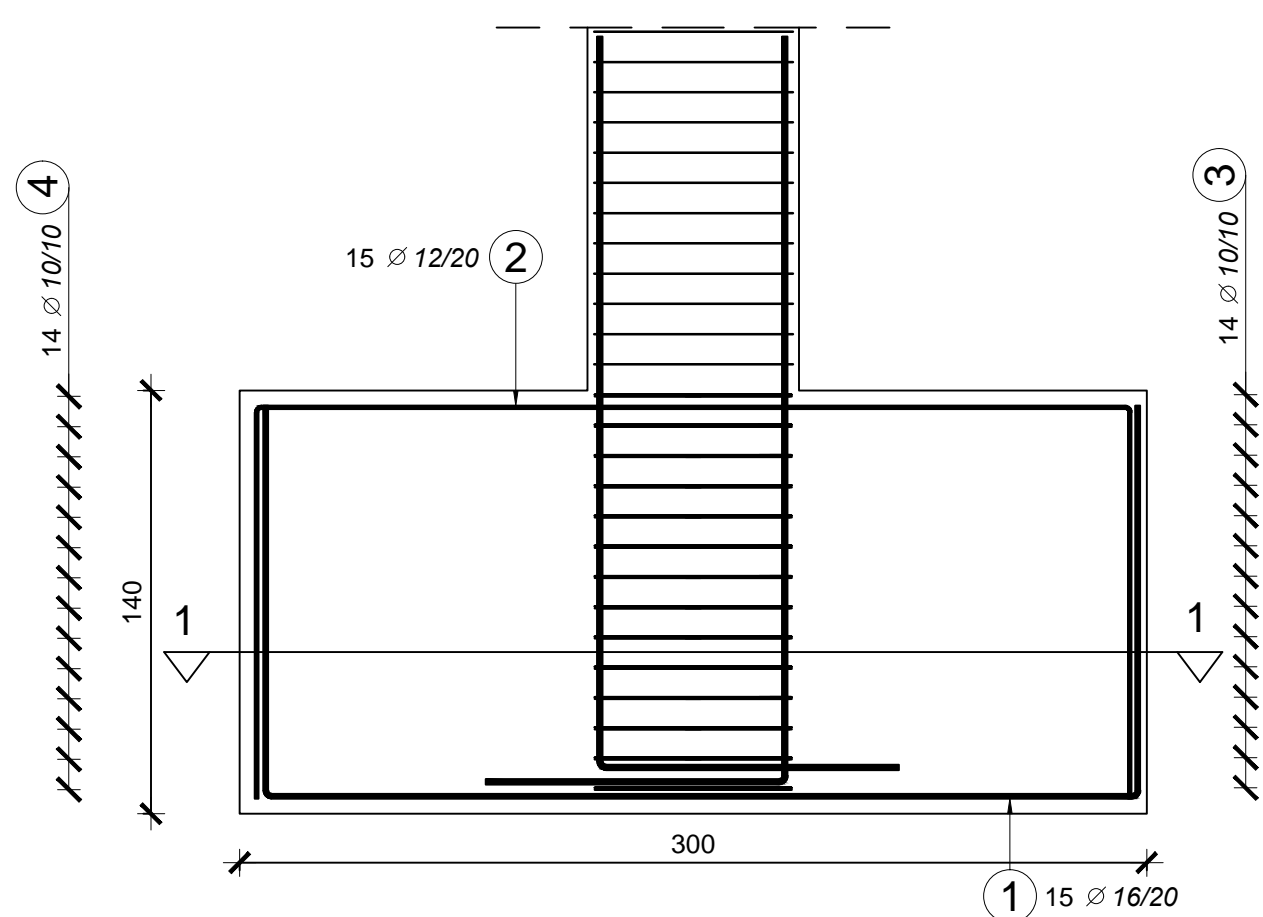
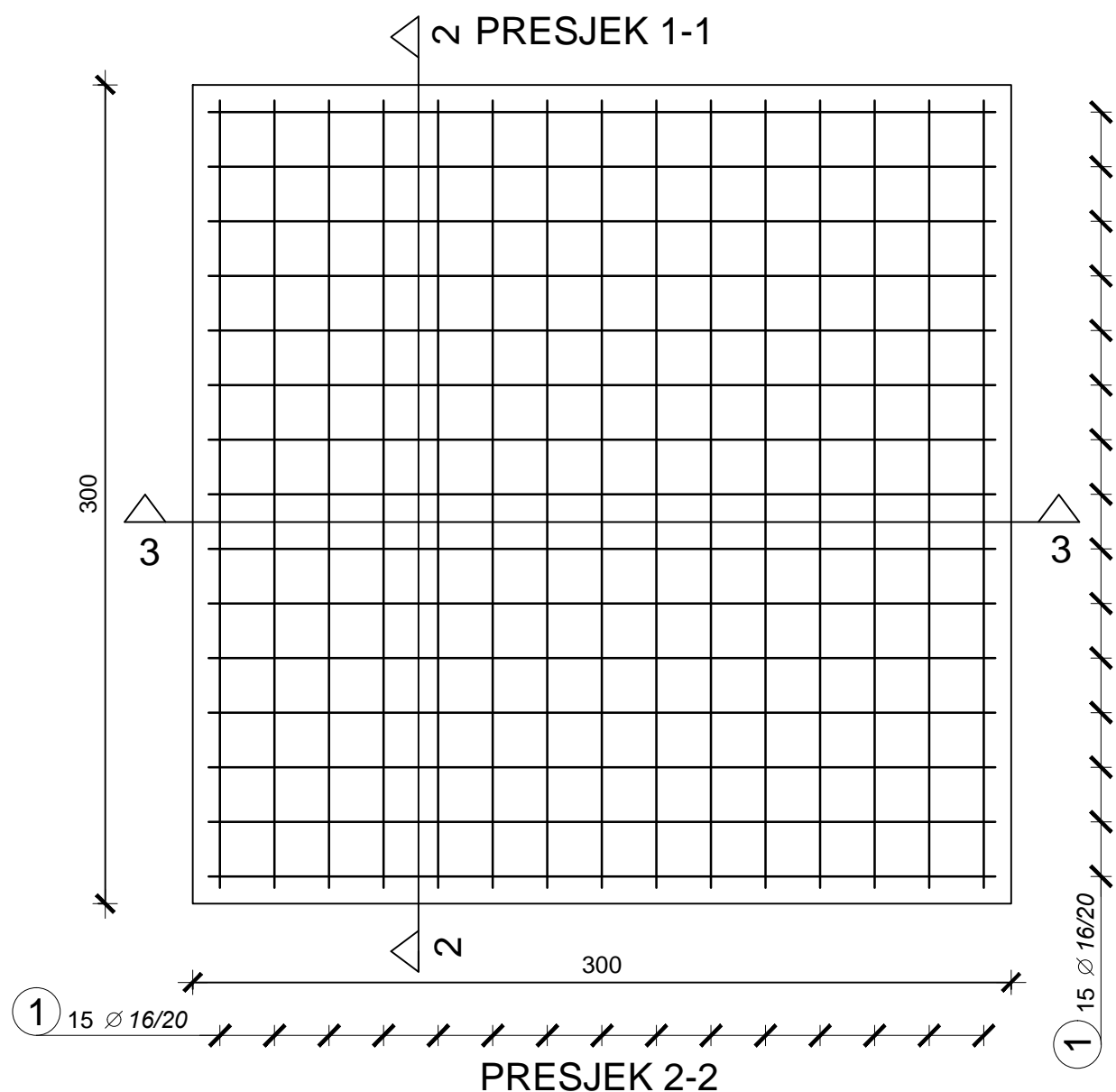
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNOG STUPA



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

| BSt500B | Ø 10 | Ø 12 | Ø 16 | Ø 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 | | | |





PLAN ARMATURE TEMELJA

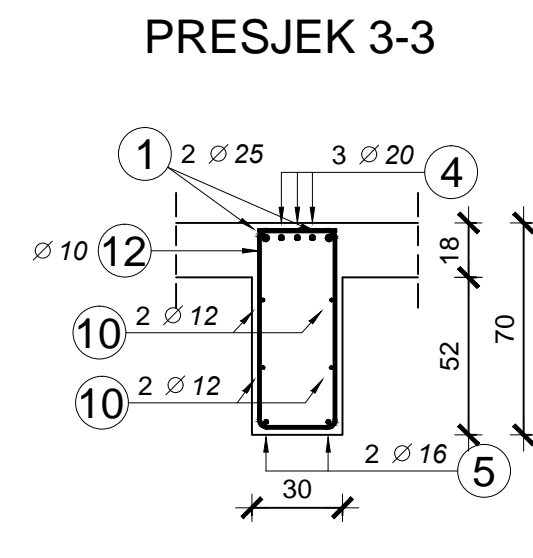
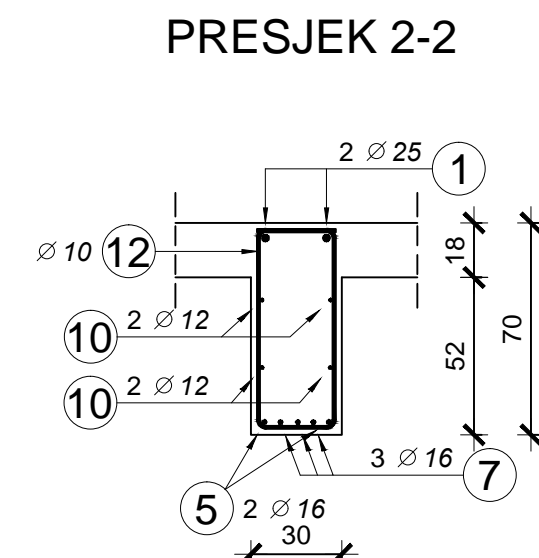
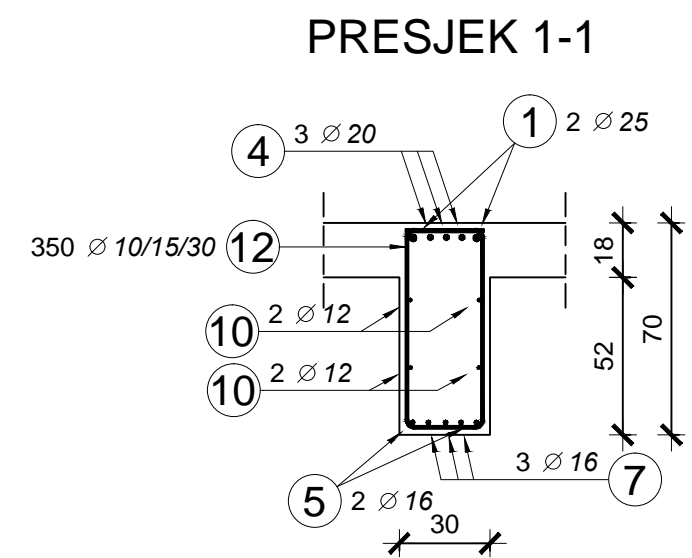
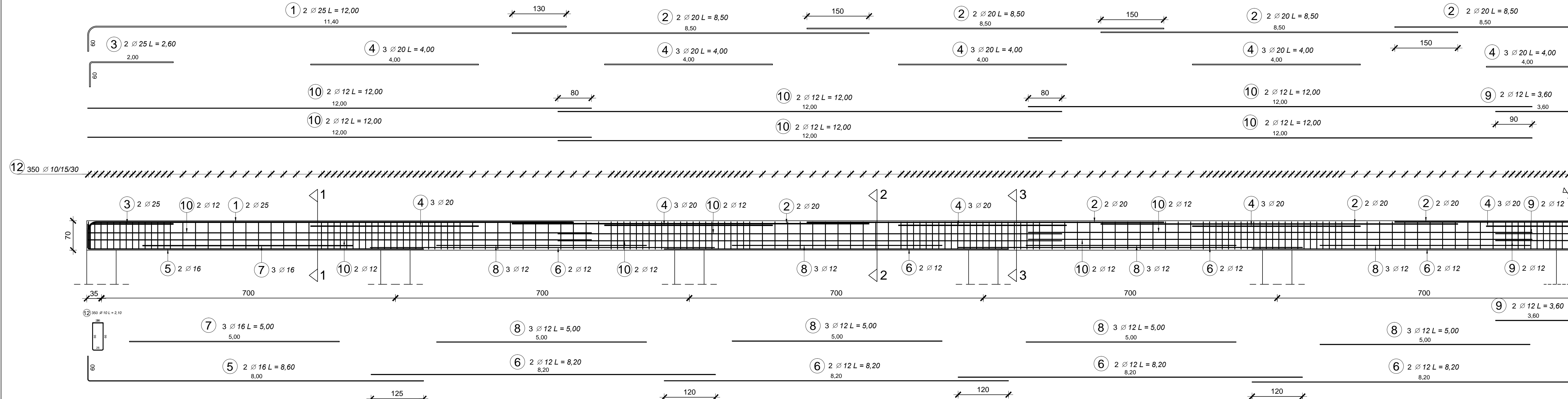
| Poz. | Ø | Simbol (cm) | Kutevi savijanja (Deg) | Broj | L (m) | Ukupno (m) |
|------|----|-------------|----------------------------|------|-------|------------|
| | | | | kom. | | |
| 1 | 16 | | a = 90 b = 90 | 30 | 5,50 | 165,0 |
| 2 | 12 | | a = 90 b = 90 | 30 | 5,50 | 165,0 |
| 3 | 10 | | a =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

| BS500B | Ø 10 | Ø 12 | Ø 16 |
|--------------------|---------|--------|--------|
| (kg/m) | 0,617 | 0,888 | 1,580 |
| Ukupna duljina (m) | 70,84 | 165,00 | 165,00 |
| Ukupna masa (kg) | 43,7 | 146,5 | 260,7 |
| Ukupno: (kg) | 450,928 | | |

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

SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE UZDUŽNE GREDE

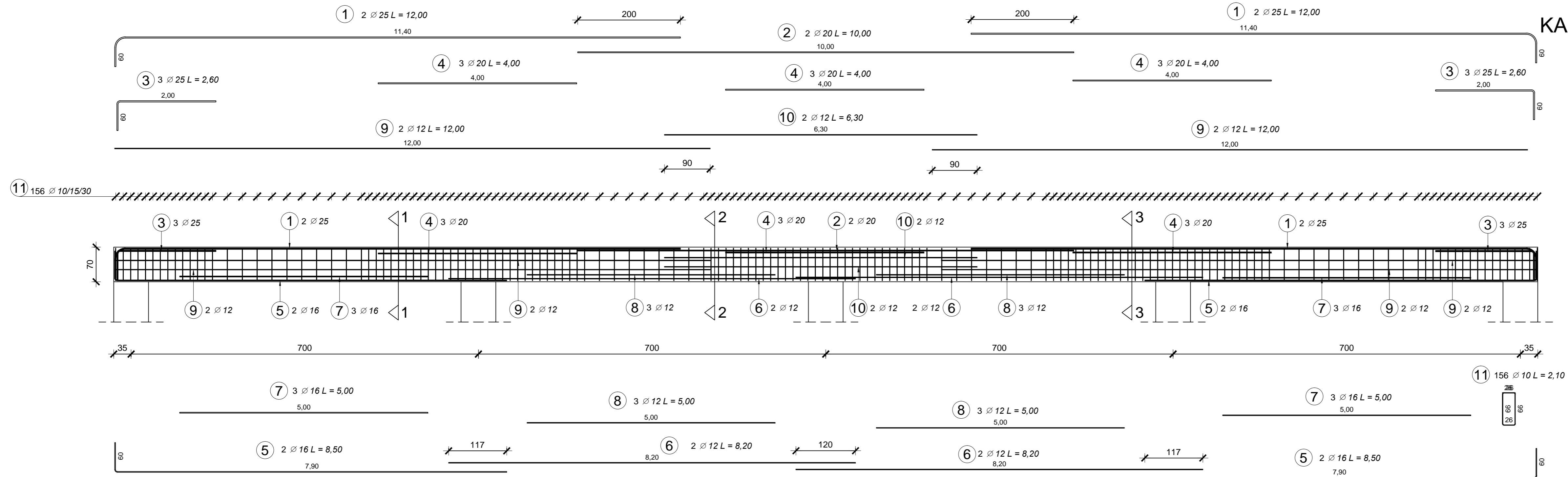


| Poz. | φ | Simbol (cm) | Kutevi savijanja (Deg) | Broj kom. | L (m) | Ukupno (m) |
|------|----|-------------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|
| 1 | 25 | | a = 90 | 4 | 12,00 | 48,0 |
| 2 | 20 | | | 12 | 8,50 | 102,0 |
| 3 | 25 | | a = 90 | 4 | 2,60 | 10,4 |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

| | BS1500B | φ 10 | φ 12 | φ 16 | φ 20 | φ 25 |
|-------------------|---------|----------|-------|--------|-------|-------|
| (kg/m) | | 0,617 | 0,888 | 1,580 | 2,470 | 3,850 |
| Ukupna dužina (m) | 735,00 | 553,60 | 64,40 | 210,00 | 58,38 | |
| Ukupna masa (kg) | 453,5 | 491,6 | 101,8 | 518,7 | 224,8 | |
| Ukupno: (kg) | | 1790,307 | | | | |

| DIPLOMSKI RAD | | | |
|---------------|---|---------------|--------------------------|
| ZADATAK | PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM | | |
| STUDENT | Domagoj Markežić | MENTOR | Prof. dr.sc. Jure Radnić |
| SADRŽAJ | Plan armature karakteristične uzdužne grede | MSERLO | 150, 125 |
| DATUM | RUJAN, 2018. | BROJ PREGLEDA | 10 |

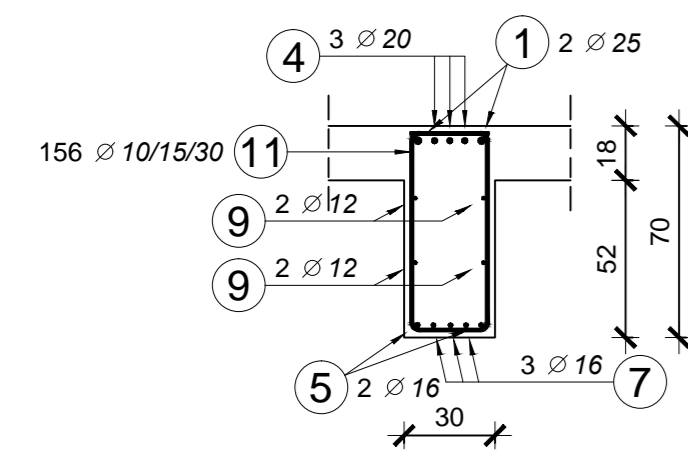
PLAN ARMATURE KARAKTERISTIČNE POPREČNE GREDE



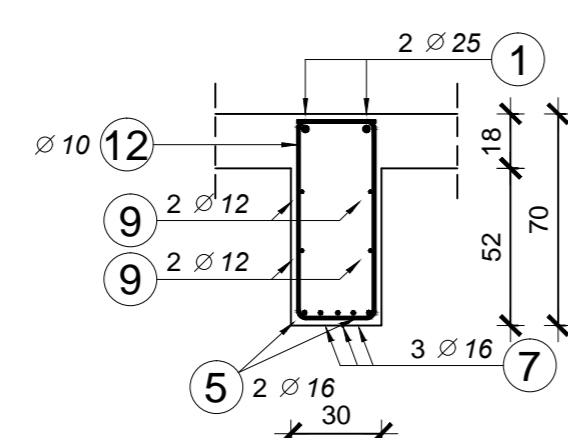
| Poz. | Ø | Simbol (cm) | Kutevi savijanja (Deg) | Broj kom. | L (m) | Ukupno (m) |
|------|----|-------------|--------------------------------------|-----------|-------|------------|
| 1 | 25 | | a = 90 | 4 | 12,00 | 48,0 |
| 2 | 20 | | | 2 | 10,00 | 20,0 |
| 3 | 25 | | a = 90 | 6 | 2,60 | 15,6 |
|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

| BS1500B | Ø 10 | Ø 12 | Ø 16 | Ø 20 | Ø 25 |
|-------------------|---------|--------|-------|-------|-------|
| (kg/m) | 0,617 | 0,888 | 1,580 | 2,470 | 3,850 |
| Ukupna dužina (m) | 327,60 | 184,00 | 64,00 | 56,00 | 63,57 |
| Ukupna masa (kg) | 202,1 | 163,4 | 101,1 | 138,3 | 244,7 |
| Ukupno: (kg) | 849,706 | | | | |

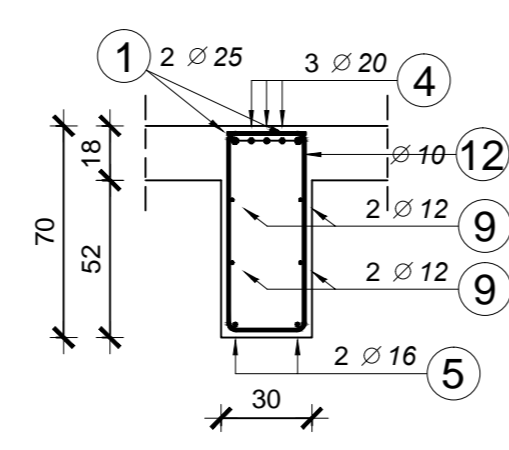
PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



PRESJEK 3-3



SVEUČILIŠTE U SPLITU,
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

ZADATAK: PROJEKTIRANJE OKVIRNE KONSTRUKCIJE S ASEIZMIČKIM SLOJEM

STUDENT: Domagoj Markežić

MENTOR: Prof. dr.sc. Jure Radnić

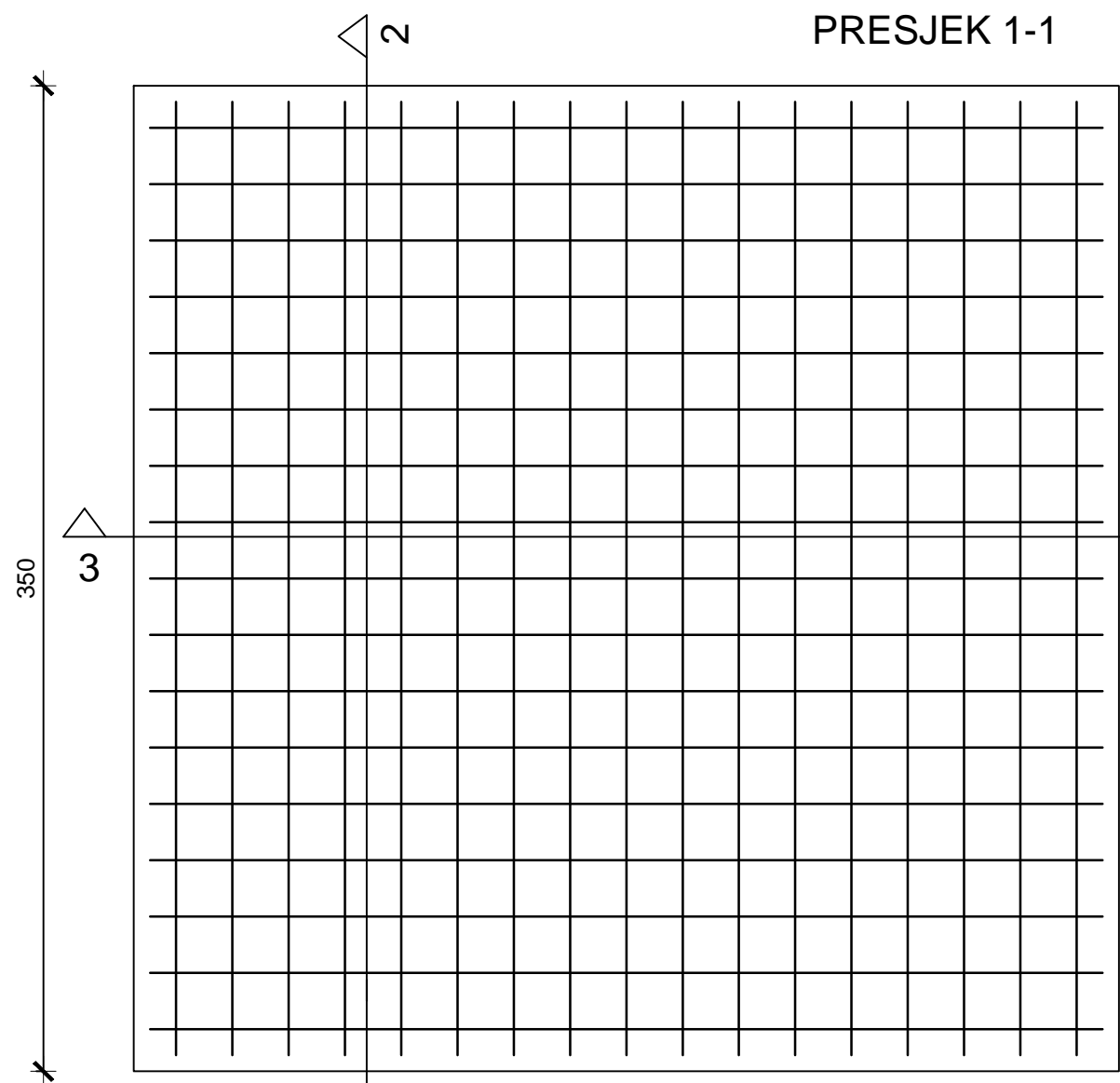
SADRŽAJ: Plan armature karakteristične poprečne grede

MJERILO: 1:50, 1:25

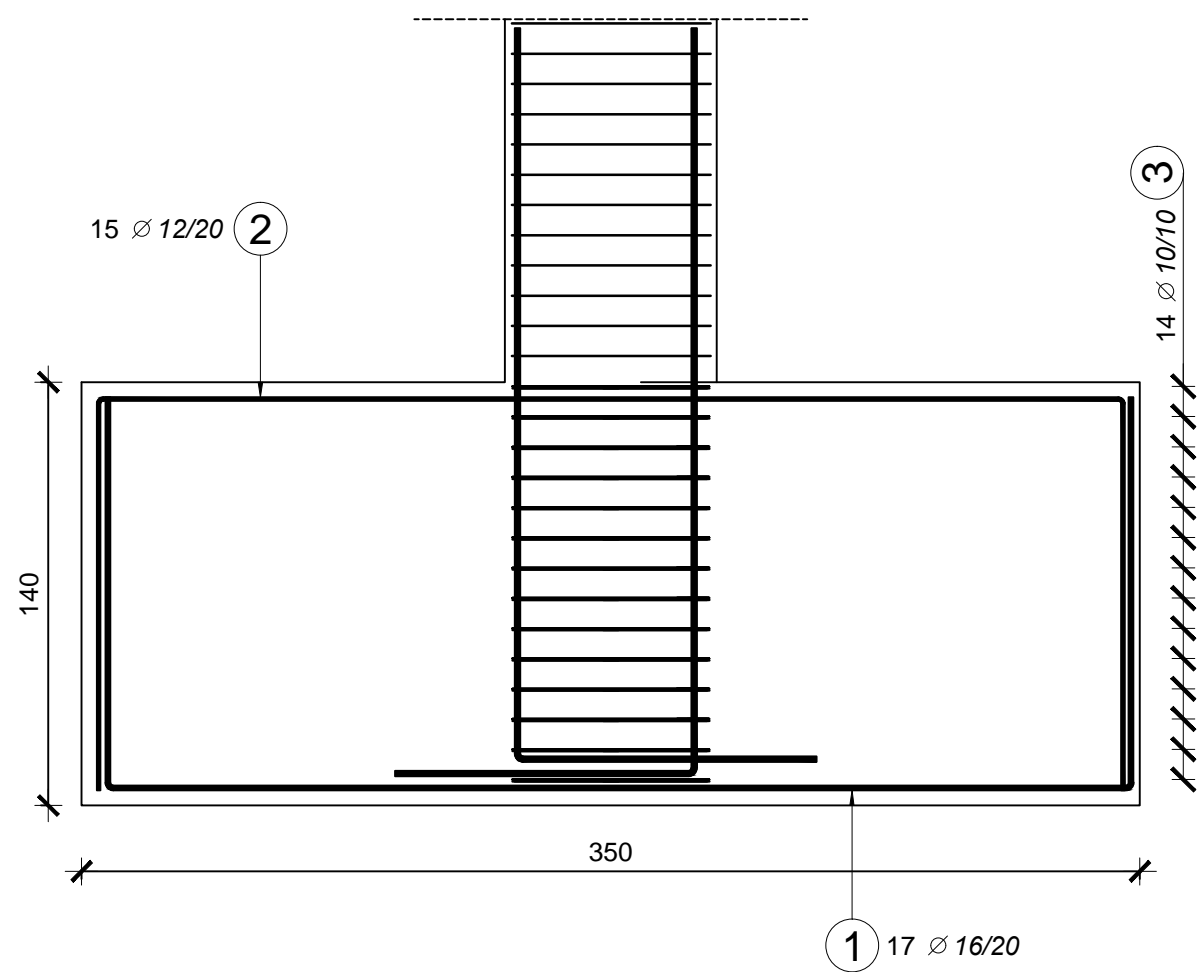
DATUM: RUJAN, 2018.

BROJ PRILOGA: 11

PRESJEK 1-1



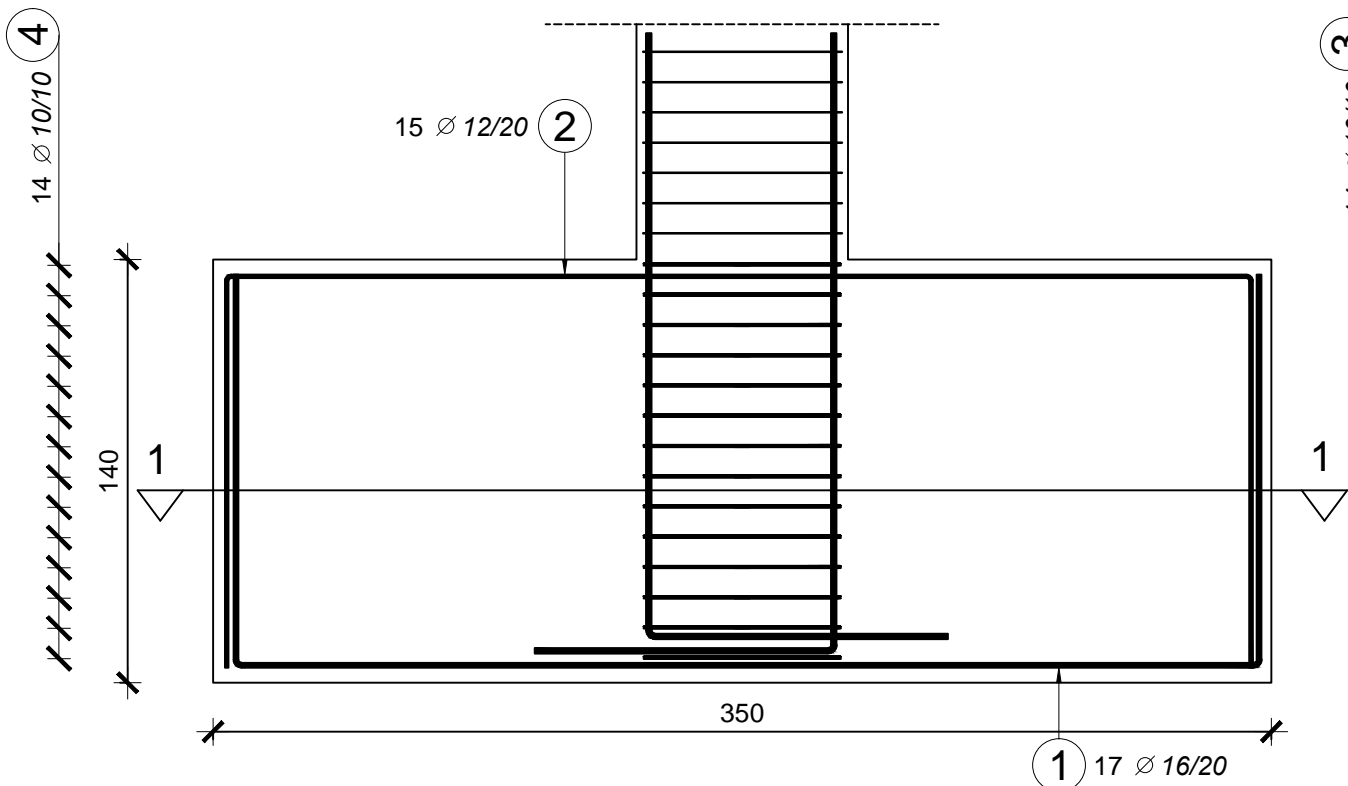
PRESJEK 3-3



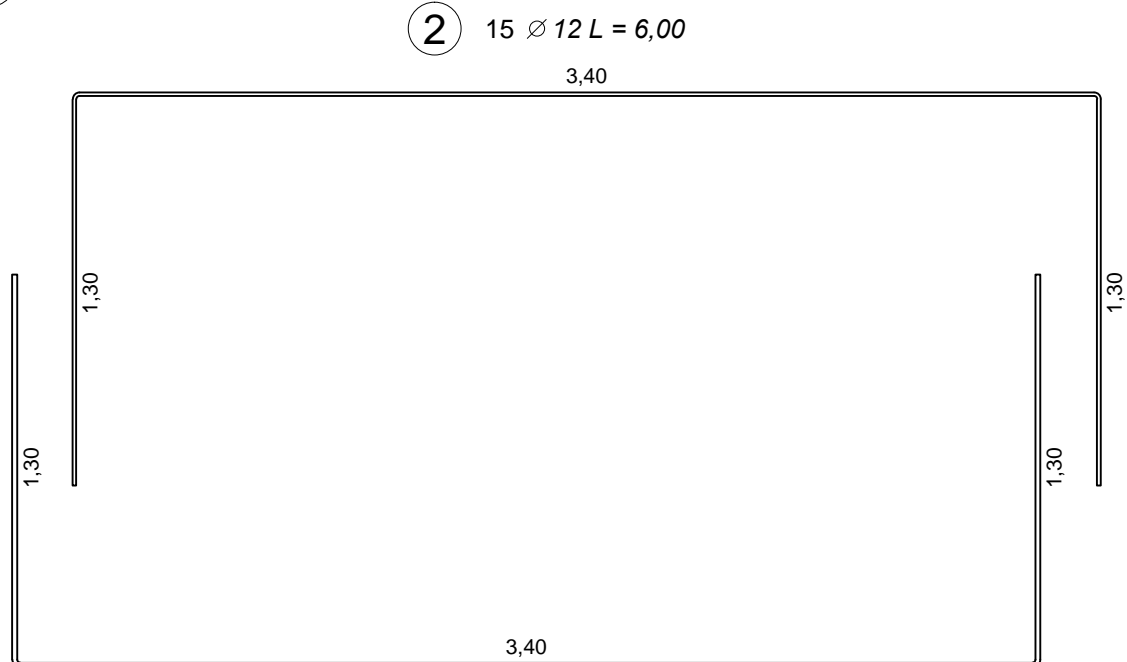
PLAN ARMATURE TEMELJA

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

PRESJEK 2-2

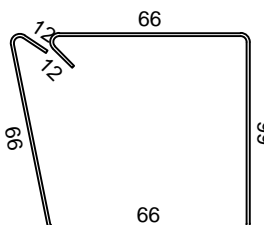


2 15 Ø 12 L = 6,00

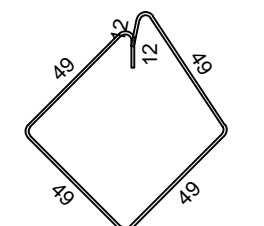


1 17 Ø 16 L = 6,00

3 14 Ø 10 L = 2,88



4 14 Ø 10 L = 2,18



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



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