

Proračun armiranobetonskog skladišta u riječkoj luci

Delcaro, Paolo

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:071891>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Paolo Delcaro

Proračun armiranobetonskog skladišta u riječkoj luci

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Sveučilišni diplomski studij građevinarstva

Konstrukcije

Betonske i zidane konstrukcije

Paolo Delcaro

0114027921

Proračun armiranobetonskog skladišta u riječkoj luci

Diplomski rad

Rijeka, studeni 2020.

Naziv studija: **Sveučilišni diplomski studij Građevinarstvo**

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Građevinarstvo

Znanstvena grana: Nosive konstrukcije

Tema diplomskog rada

PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI

STRUCTURAL DESIGN OF A REINFORCED CONCRETE WAREHOUSE IN RIJEKA PORT

Kandidat: **PAOLO DELCARO**

Kolegij: **BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1**

Diplomski rad broj: **K-2020-39**

Zadatak:

Analizirati konstrukciju armiranobetonskog skladišta tlocrtnih dimenzija 45,0 x 98,0 m po uzoru na skladište br. 17 izgrađeno u Riječkoj luci 1909. godine. Na osnovu arhivskih nacrti izraditi planove oplata: nastojati usvojiti jednake tlocrtne dimenzije i raspored konstrukcijskih elemenata, pritom neke od posebnosti tadašnje gradnje poput vuta na gredama (koje se danas više ne izvode) izostaviti.

Potrebno je proračunati stropnu i krovnu konstrukciju (sustav roštilja), te grede karakterističnog okvira (izraditi ravninski model). Dimenzioniranje stropne konstrukcije provesti „na ruke“ i pomoću računalnog programa STAAD.Pro. Dimenzioniranje greda okvira provesti za stalnu i potresnu proračunsku situaciju, uz zadovoljenje kriterija proračuna prema sposobnosti nosivosti.

Proračun djelovanja i dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije potrebno je provesti u skladu s važećim normama HRN EN 1990, HRN EN 1991, HRN EN 1992 i HRN EN 1998, te pripadajućim nacionalnim dodacima.

Rad okvirno treba sadržavati: tehnički opis, statički proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije (roštiljna stropna i krovna konstrukcija, grede karakterističnog okvira), nacрте oplate te nacрте armiranja nosivih elemenata s pripadajućim iskazima armature.

Tema rada je uručena: 25. veljače 2020.

Mentor:

doc. dr. sc. Paulo Šćulac,
dipl. ing. građ.

IZJAVA

Diplomski rad sam izradio samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Paolo Delcaro

U Rijeci, 28. listopada 2020.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svim djelatnicima Građevinskog fakulteta na pruženom znanju i pomoći tijekom studija.

Posebna zahvala mentoru doc. dr. sc. Paulu Šćulcu na pomoći, na razumijevanju, te prenesenim znanjima prilikom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem se mojoj obitelji i prijateljima na podršci i razumijevanju tijekom studiranja.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu proveden je proračun armiranobetonskog skladišta tlocrtnih dimenzija 98,0 m x 45,0 m, po uzoru na skladište br. 17 izgrađeno u Riječkoj luci 1909. godine. Skladište se sastoji od suterena, prizemlja i tri etaže, a korisno opterećenje stropa iznosi 1500 kg/m². Osnovni raster stupova iznosi 4,9 x 5,6 m, a kako bi se raspon ploče dodatno smanjio u sredini polja su izvedene sekundarne grede (roštiljni sustav).

Modeli stropne i krovne konstrukcije, te ravninski model poprečnog okvira izrađeni su u računalnom programu STAAD.Pro, a za dio rezultata provedena je usporedba s "proračunom na ruke". Statički proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata građevine provedeno je na temelju osnovne i potresne proračunske kombinacije u skladu s normama HRN EN 1992-1-1 i HRN EN 1998-1. Za sve dimenzionirane elemente izrađeni su i nacrti armature.

Ključne riječi: armiranobetonska okvirna konstrukcija, lučko skladište, roštiljni sustav, potresno djelovanje, dimenzioniranje

SUMMARY

Structural design of a reinforced concrete warehouse with floor plan dimensions 98.0 m x 45.0 m was carried out in this final year project. The dimensions and structural system of the warehouse have been based on the warehouse No. 17 built in the Port of Rijeka in 1909. The warehouse consists of a basement, ground floor and three floors, with imposed load of 1500 kg/m². The basic column grid is set to 4.9 x 5.6 m, but in order to further reduce the span of the slab, secondary beams were inserted in the middle of the field, thus forming a grillage system.

Structural models of the floor and the roof structure have been made in the computer programme STAAD.Pro, as well as the planar model of the transverse frame. For some of the results a comparison was carried out with results obtained by hand. Structural analysis and design of load-bearing members was performed for persistent and seismic design situation in accordance with the currently valid standards HRN EN 1992-1-1 and HRN EN 1998-1. Reinforcement drawings are also provided for all the designed members.

Keywords: reinforced concrete frame structure, port warehouse, grillage system, seismic actions, structural design

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	6
POPIS TABLICA.....	9
1. UVOD	10
1.1. TEHNIČKI OPIS KONSTRUKCIJE.....	10
1.2. PRORAČUN KONSTRUKCIJE	10
1.3. MATERIJAL ZA IZRADU KONSTRUKCIJE	11
2. ANALIZA DJELOVANJA.....	12
2.1. I.KAT	12
2.1.1. Stalna djelovanja	12
2.1.2. Promjenjiva djelovanja.....	12
2.2. KROVNA KONSTRUKCIJA.....	13
2.2.2. Uporabno djelovanje	13
2.2.3. Djelovanje snijega	14
2.2.4. Djelovanje vjetra	15
3. STATIČKI PRORAČUN STROPNE KONSTRUKCIJE I.KATA.....	23
3.1. ANALIZA ROŠTILJNOG STROPA I.KATA	23
3.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE I.KATA	25
3.2.1. Nosivost ploče poz. 311:	25
3.2.2. Oslonac poz. 311-311(x - smjer):.....	26
3.2.3. Oslonac poz. 311-311 (y - smjer):.....	27
3.2.4. Rezultati dobiveni pomoću računalnog programa	28
3.3. PRORAČUN SEKUNDARNIH GREDA (sustav roštilja).....	34
3.3.1. Analiza opterećenja	34
3.3.2. Numeričko rješenje:	38
3.4. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE I. KATA - sekundarne grede	40
3.4.1. Dimenzioniranje sekundarnih greda - 1. slučaj	42
3.4.2. Dimenzioniranje sekundarnih greda - 2. slučaj	47
3.5. PRORAČUN GLAVNIH GREDA UZDUŽNOM SMJERU I.KATA.....	49
3.5.1. Analiza opterećenja	49
3.6. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE I. KATA - glavne grede.....	53
3.6.1. Dimenzioniranje glavnih greda - 1. slučaj	55

3.6.2. Dimenzioniranje glavnih greda - 2. slučaj	59
4. STATIČKI PRORAČUN BALKONA	61
4.1. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	61
4.1.1. Proračun ploče balkona	61
4.1.2. Dimenzioniranje ploče balkona.....	62
4.1.3. Proračun greda balkona.....	63
4.2. PROVJERA REZULTATA- STAAD.Pro	67
4.2.1. Dimenzioniranje greda balkona	69
5. STATIČKI PRORAČUN KROVNE KONSTRUKCIJE	72
5.1. ANALIZA KROVNE KONSTRUKCIJE.....	72
5.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE KROVNE KONSTRUKCIJE	74
5.2.1. Nosivost ploče poz. 510:	74
5.2.2. Oslonac poz. 510-510 (x - smjer):.....	75
5.2.3. Oslonac poz. 510-510 (y - smjer):.....	75
5.2.4. Rezultati dobiveni iz modela u računalnom programu:	77
5.3. PRORAČUN SEKUNDARNIH GREDA (sustav roštilja).....	81
5.3.1. Analiza opterećenja	81
5.3.2. Numeričko rješenje:	83
5.4. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE KROVA - sekundarne grede	84
5.4.1. Dimenzioniranje sekundarnih greda krova - 1. slučaj.....	86
5.4.2. Dimenzioniranje sekundarnih greda krova - 2. slučaj.....	90
5.5. PRORAČUN GLAVNIH GREDA KROVNE KONSTRUKCIJE.....	92
5.5.1. Analiza opterećenja	92
5.6. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE KROVA - glavne grede	94
5.6.1. Dimenzioniranje glavnih greda krova - 1. slučaj	96
5.6.2. Dimenzioniranje glavnih greda krova - 2. slučaj	100
6. STATIČKI PRORAČUN POPREČNE OKVIRNE KONSTRUKCIJE.....	102
6.1. ANALIZA POTRESNOG DJELOVANJA	102
6.1.1. Faktor ponašanja za horizontalna potresna djelovanja.....	103
6.1.2. Proračun prvog perioda vibracije zgrade.....	103
6.2. UKUPNA POTRESNA SILA (BASE SHEAR).....	104
6.2.1. Određivanje težine konstrukcije:.....	105
6.2.2. Raspodjela ukupne poprečne sile po visini zgrade.....	108

6.2.3. Torzijski učinci na konstrukciju	110
6.3. PRORAČUN OKVIRNE KONSTRUKCIJE	111
6.4. DIMENZIONIRANJE GREDA OKVIRA NA SAVIJANJE.....	114
6.4.1. Dimenzioniranje u polju	114
6.4.2. Dimenzioniranje na osloncu	117
6.5. DIMENZIONIRANJE GREDA NA POPREČNE SILE	120
6.5.1. Stalna proračunska kombinacija.....	120
6.5.2. Potresna kombinacija - proračun prema kapacitetu nosivosti	123
6.5.3. Dodatna pravila za osiguranje lokalne duktilnosti prema HRN EN 1998-1	128
7. ISKAZ ARMATURE.....	132
8. ZAKLJUČAK	138
9. LITERATURA	139
10. NACRTNA DOKUMENTACIJA	140

POPIS SLIKA

Slika 1. Karta snježnih područja Republike Hrvatske [1]	14
Slika 2. Prikaz osnovnih brzina vjetra Republike Hrvatske [2]	15
Slika 3. Grafički prikaz faktora izloženosti $c_e(z)$ za $c_0=1$ i $k_T=1,0$ [2]	17
Slika 4. Shema podjele za vertikalne zidove	18
Slika 5. Podjela krovne plohe na zone djelovanja vjetra [2]	19
Slika 6. Podjela krovne plohe na zone djelovanja vjetra [2]	22
Slika 7. Statički sustav roštilja I.kata	23
Slika 8. Shema proračunskih visina armature u ploči	24
Slika 9. Shema dijagrama momenata na osloncu	26
Slika 10. Shema armature u ploči na osloncu	27
Slika 11. Sheme promjenjivog opterećenja na stropnoj konstrukciji (plava boja označava opterećeno polje, a zelena boja neopterećeno polje)	28
Slika 12. Sheme promjenjivog opterećenja na stropnoj konstrukciji (raspodjela opterećenja u obliku šahovske ploče)	29
Slika 13. Momenti savijanja ploče I.kata u poprečnom smjeru - gornja zona	30
Slika 14. Momenti savijanja ploče I.kata u uzdužnom smjeru - gornja zona	30
Slika 15. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče I.kata - gornja zona.....	31
Slika 16. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče I.kata - gornja zona.....	31
Slika 17. Momenti savijanja ploče I.kata u poprečnom smjeru - donja zona	32
Slika 18. Momenti savijanja ploče I.kata u uzdužnom smjeru - donja zona.....	32
Slika 19. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče I.kata - donja zona.....	33
Slika 20. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče I.kata - donja zona	33
Slika 21. Shema djelovanja trokutnog i trapeznog opterećenja	34
Slika 22. Shema djelovanja trokutnog opterećenja ploče	35
Slika 23. Shema djelovanja vlastite težine grede	35
Slika 24. Shema djelovanja trapeznog opterećenja ploče	36
Slika 25. Shema djelovanja vlastite težine grede	36
Slika 26. Shema roštiljne konstrukcije I.kata s opterećenjem.....	37
Slika 27. Vertikalni pomak točke E za duži raspon (2,8 m).....	37
Slika 28. Vertikalni pomak točke E za kraći raspon (2,45 m).....	38
Slika 29. Dijagram momenata savijanja u sekundarnim gredama roštilja	39
Slika 30. Dijagram poprečnih sila u sekundarnim gredama roštilja	39
Slika 31. Model stropne konstrukcije I.kata s označenim sekundarnim gredama(1.i 2. slučaj)	40
Slika 32. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda 1.slučaj	41
Slika 33. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda 1.slučaj	41
Slika 34. Sudjelujuća širina T-presjeka sekundarnih greda I.kata	42
Slika 35. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda 2.slučaj	46
Slika 36. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda 2.slučaj	46
Slika 37. Shema djelovanja vlastite težine glavne grede.....	49
Slika 38. Shema djelovanja trokutnog opterećenja ploče	50

Slika 39. Shema djelovanja reakcije sekundarne grede	50
Slika 40. Shema djelovanja vlastite težine grede	51
Slika 41. Shema djelovanja trapeznog opterećenja ploče	51
Slika 42. Shema djelovanja reakcije sekundarne grede	52
Slika 43. Model stropne konstrukcije I. kata s označenim glavnim gredama (1. i 2.slučaj)....	53
Slika 44. Dijagram momenata savijanja glavnih greda I. kata 1. slučaj.....	54
Slika 45. Dijagram poprečnih sila glavnih greda I. kata 1. slučaj.....	54
Slika 46. Dijagram momenata savijanja glavnih greda I. kata 2. slučaj.....	58
Slika 47. Dijagram poprečnih sila glavnih greda I. kata 2. slučaj.....	58
Slika 48. Shema balkona s uzdužnim i poprečnim gredama.....	61
Slika 49. Shema opterećenja ploče balkona	62
Slika 50. Opterećenje ploče na balkonu	63
Slika 51. Opterećenje vlastite težine uzdužne grede balkona	64
Slika 52. Opterećenje vlastite težine poprečne grede balkona	65
Slika 53. Reakcija od opterećenja ploče balkona	65
Slika 54. Reakcija od vlastite težine uzdužne grede	66
Slika 55. Shema balkona s opterećenjem	67
Slika 56. Momenti savijanja balkona	67
Slika 57. Poprečne sile balkona.....	68
Slika 58. Shema krovne konstrukcije s gredom u sredini raspona.....	72
Slika 59. Momenti savijanja ploče krova u poprečnom smjeru - gornja zona.....	77
Slika 60. Momenti savijanja ploče krova u uzdužnom smjeru - gornja zona	77
Slika 61. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče krova - gornja zona	78
Slika 62. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče krova - gornja zona.....	78
Slika 63. Momenti savijanja ploče krova u poprečnom smjeru - donja zona	79
Slika 64. Momenti savijanja ploče krova u uzdužnom smjeru - donja zona.....	79
Slika 65. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče krova - donja zona.....	80
Slika 66. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče krova - donja zona	80
Slika 67. Dijagram momenata savijanja.....	84
Slika 68. Dijagram poprečnih sila	84
Slika 69. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda krova 1. slučaj.....	85
Slika 70. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda krova 1. slučaj	85
Slika 71. Sudjelujuća širina T- presjeka sekundarnih greda krovne konstrukcije	86
Slika 72. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda krova 2. slučaj.....	89
Slika 73. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda krova 2. slučaj	89
Slika 74. Dijagram momenata savijanja glavnih greda krova 1. slučaj	95
Slika 75. Dijagram poprečnih sila glavnih greda krova 1. slučaj.....	95
Slika 76. Dijagram momenata savijanja glavnih greda krova 2. slučaj	99
Slika 77. Dijagram poprečnih sila glavnih greda krova 2. slučaj.....	99
Slika 78. Raspodjela potresnih sila po visini zgrade	108
Slika 79. Okvir s označenim pozicijama greda	111
Slika 80. Sheme uporabnog opterećenja koje daju najveće vrijednosti momenata savijanja u polju okvira	112

Slika 81. Sheme uporabnog opterećenja koje daju najveće vrijednosti momenata savijanja na osloncima	113
Slika 82. Anvelopa momenata savijanja za stalnu proračunsku situaciju s prikazanim vrijednostima u polju (pola okvira)	114
Slika 83. Anvelopa momenata savijanja s prikazanim vrijednostima na osloncu u gornjoj zoni (pola okvira)	117
Slika 84. Anvelopa momenata savijanja s prikazanim vrijednostima na osloncu u donjoj zoni (pola okvira)	117
Slika 85. Anvelopa poprečnih sila za osnovnu proračunsku kombinaciju.....	120
Slika 86. Određivanje poprečnih sila prema kapacitetu nosivosti [9].....	123

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijent oblika opterećenja snijegom [1]	14
Tablica 2. Kategorija terena i parametri terena [2]	16
Tablica 3. Vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada [2].....	18
Tablica 4. Vrijednost koeficijenta vanjskog tlaka za ravne krovove [2].....	20
Tablica 5. Vrijednosti parametara koji opisuju preporučeni elastični spektar odziva [4].....	102
Tablica6. Proračunski spektar odziva ovisno o prvom periodu konstrukcije [4].....	102
Tablica7. Osnovna vrijednost faktora ponašanja q_0 za sustave pravilne po visini [4].....	103
Tablica 8. Težina suterena.....	105
Tablica 9. Težina prizemlja.....	106
Tablica10. Težina I. kata	106
Tablica 11. Težina II. kata.....	107
Tablica 12. Težina krova.....	107
Tablica 13. Ukupna težina konstrukcije	108
Tablica14. Prikaz opterećenja mjerodavnog okvira (okvir 11).....	111
Tablica15. Potrebna armatura u polju okvira	116
Tablica 16. Vrijednosti momenata savijanja na osloncima (gornja zona)	118
Tablica 17. Potrebna vlačna armatura na osloncima (gornja zona)	118
Tablica 18. Vrijednosti momenata savijanja na osloncima (donja zona).....	119
Tablica 19. Potrebna vlačna armatura na osloncima (donja zona).....	119
Tablica 20. Odabrana vlačna armatura na osloncima.....	119
Tablica 21. Odabrana poprečna armatura za osnovnu proračunsku kombinaciju.....	122
Tabela 22. Odabrana poprečna armatura za poprečnu silu na udaljenosti l_{cr} od oslonca.....	123
Tablica 23. Proračun poprečnih sila prema potresnoj kombinaciji za prvi raspon okvira	125
Tablica 24. Proračun poprečnih sila prema potresnoj kombinaciji za ostale raspone okvira	126
Tablica 25. Poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za prvi raspon okvira	127
Tablica 26. Poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za ostale raspone okvira	128
Tablica 27. Omjer armiranja u vlačnom i tlačnom području	129
Tabela 28. Minimalni omjer armiranja	129
Tablica 29. Omjer armiranja izvan kritičnog područja	130
Tablica 30. Minimalni omjer armiranja izvan kritičnog područja	131
Tablica 31. Odabrana poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za pola grede	131
Tablica 32. Iskaz armature stropne ploče I.kata	132
Tablica 33. Iskaz armature stropne ploče III.kata	132
Tablica 34. Iskaz armature uzdužnih glavnih greda I. i III.kata.....	133
Tablica 35. Iskaz armature sekundarnih greda I. i III.kata.....	134
Tablica 36. Iskaz armature uzdužne grede balkona I.kata	135
Tablica 37. Iskaz armature poprečne glavne grede I.kata	136
Tablica 38. Iskaz armature poprečne glavne grede III.kata	137

1. UVOD

1.1. TEHNIČKI OPIS KONSTRUKCIJE

Ovim projektom obuhvaćen je proračun armiranobetonskog skladišta po uzoru na lučko skladište br. 17 izgrađeno u riječkoj luci 1909. godine. Tlocrtne dimenzije okvirne armiranobetonske konstrukcije usvojene su kao kod izvorne građevine, uz određene male preinake tj. usvojena je deblja ploča na krovu, grede nemaju vute, veće dimenzije stupova na rubu.

Okvirna konstrukcija ima tlocrtne dimenzije 98,77 m x 45,57 m. Visina u sljemenu konstrukcije iznosi 16,75 m, a na rubu konstrukcije 16,25 m. Ukupna visina konstrukcije iznosi 17,65 m, jer su na krovnoj konstrukciji izvedeni parapetni zidovi visine 0,90 m u sljemenu, a 1,35 m na rubu konstrukcije.

Građevina se sastoji od 5 etaža tj. suterena, prizemlja, I.kata, II.kata i III.kata. Stropne konstrukcije imaju 12 otvora: 6 otvora za stubišta i 6 otvora za dizala. Stropne konstrukcije suterena, prizemlja, I. kata i II. kata sastoje se od ploče debljine 10 cm, sekundarnih greda dimenzija 24/45 cm i glavnih greda 32/70 cm. Krovna konstrukcija sastoji se od ploče debljine 10 cm, sekundarnih greda dimenzija 16/38 cm i glavnih greda 24/46 cm. Sekundarne grede postavljene su u sredini raspona glavnih greda za oba smjera, te čine roštiljni sustav.

Stupovi su kvadratnog poprečnog presjeka koji je promjenjiv po visini konstrukcije: dimenzija stupova u podrumu iznosi 77 cm, u prizemlju 67 cm, na I.katu 55 cm, na II.katu 40 cm te na III.katu 32 cm. Osni razmak između stupova u podrumu u uzdužnom smjeru iznosi 490 cm, a u poprečnom smjeru iznosi 560 cm. Zbog promjenjivog poprečnog presjeka stupova na ostalim katovima razlikuje se osni razmak stupova u prvom polju u oba smjera konstrukcije.

Svaka etaža ima pregradne zidove debljine 15 cm koji imaju ulogu podijele skladišnog prostora na 5 manjih skladišta. Na svakom katu izvedeni su uzdužni nosivi zidovi debljine 20 cm, na mjestima gdje se nalaze otvori za stubišta i dizala. Između vanjskih stupova izvedeni su parapetni zidovi od opeke debljine 25 cm na koje se oslanjaju staklene stijene.

U uzdužnom smjeru okvirne konstrukcije na I., II. i III.katu predviđeni su balkoni. Balkoni imaju ploču debljine 10 cm, uzdužne grede dimenzija 24/32 cm i poprečne grede 32/32 cm. Na balkonima je predviđeno postavljanje metalne ograde.

1.2. PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Analiza djelovanja provedena je prema HRN EN 1991 i HRN EN 1998, te pripadajućim nacionalnim dodacima. Dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije skladišta provedeno je prema HRN EN 1992, te HRN EN 1998.

Modeli stropne i krovne konstrukcije, te model okvira izrađeni su u računalnom programu STAAD.Pro, a za dio rezultata provedena je usporedba s " proračunom na ruke ".

U ovom projektnom zadatku izrađena su 2 modela stropne konstrukcije, odnosno model stropa I.kata i model krovne konstrukcije. Na temelju modela stropne konstrukcije I.kata proračunate su uzdužne glavne grede, uzdužne i poprečne sekundarne grede, te ploče prvih 4 etaža tj. suterena, prizemlja, I.kata i II. kata. Model krovne konstrukcije izrađen je za proračun uzdužnih glavnih greda, uzdužnih i poprečnih sekundarnih greda, te ploče krovne konstrukcije.

Za proračun poprečnih glavnih greda svih etaža izrađen je ravninski model okvirne konstrukcije. U modelu okvira razmatraju se različite kombinacije opterećenja tj. kombinacije opterećenja za stalne proračunske kombinacije i potresne proračunske kombinacije. Za proračun greda u polju mjerodavna je osnovna proračunska kombinacija, dok je za proračun greda na osloncu mjerodavna potresna proračunska kombinacija.

1.3. MATERIJAL ZA IZRADU KONSTRUKCIJE

U proračunu konstrukcije korišten je beton razreda C35/45, čija je proračunska tlačna čvrstoća $f_{cd} = 23,3$ MPa. Za armiranje je korišten čelik B 450C, čija je proračunska granica popuštanja $f_{yd} = 391,3$ MPa.

2. ANALIZA DJELOVANJA

2.1. I.KAT

2.1.1. Stalna djelovanja

Vlastita težina ploče i slojeva:

- cementna glazura 5cm	$0,05 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3 = 1,20 \text{ kN/m}^2$	
- AB ploča 10 cm	$0,10 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,50 \text{ kN/m}^2$	
- podgled 1,5 cm	$0,015 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 0,27 \text{ kN/m}^2$	
ukupno		$g = 4,0 \text{ kN/m}^2$

Vlastita težina uzdužnih parapetnih zidova (visina zida $h = 1,50 \text{ m}$, širina zida $b = 0,25 \text{ m}$):

$$g^x = 1,50 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 16 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{6,0 \text{ kN/m}'}$$

Vlastita težina poprečnih parapetnih zidova (visina zida $h = 1,50 \text{ m}$, širina zida $b = 0,25 \text{ m}$):

$$g^y = 1,50 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 16 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{6,0 \text{ kN/m}'}$$

Vlastita težina greda:

- glavne grede 32/70 cm	$0,32 \text{ m} \cdot 0,60 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{4,8 \text{ kN/m}'}$	
- sekundarne grede 24/45 cm	$0,24 \text{ m} \cdot 0,35 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{2,1 \text{ kN/m}'}$	

2.1.2. Promjenjiva djelovanja

Uporabno djelovanje usvojeno je jednake vrijednost kao kod izvornog skladišta br. 17 iz 1909. godine u iznosu od $q = \mathbf{15 \text{ kN/m}^2}$.

Međukatne ploče odnosno ploče suterena, prizemlja i II. kata izvedene su na isti način kao ploča I.kata. Dimenzije greda suterena, prizemlja i II. kata jednake su gredama I.kata odnosno glavne grede 32/70 cm, a sekundarne grede 24/45 cm.

2.2. KROVNA KONSTRUKCIJA

2.2.1. Stalna djelovanja

Vlastita težina ploče i slojeva:

- hidroizolacija

- cementni namaz 2 cm $0,02 \text{ m} \cdot 23 \text{ kN/m}^3 = 0,46 \text{ kN/m}^2$

- lagani beton u padu 8 cm $0,08 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 = 1,6 \text{ kN/m}^2$

- ekspanzirani polistiren 5 cm $0,05 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ kN/m}^3 = 0,01 \text{ kN/m}^2$

- AB ploča 10 cm $0,10 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,5 \text{ kN/m}^2$

- podgled 1,5 cm $0,015 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3 = 0,27 \text{ kN/m}^2$

ukupno $g = 5,34 \text{ kN/m}^2$

Vlastita težina uzdužnih parapetnih zidova (visina zida $h = 1,35 \text{ m}$, širina zida $b = 0,25 \text{ m}$):

$$g^x = 1,35 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 16 \text{ kN/m}^3 = 5,40 \text{ kN/m}'$$

Vlastita težina poprečnih parapetnih zidova (visina zida $h = (0,9+1,35)/2=1,13 \text{ m}$, širina zida $b = 0,25 \text{ m}$):

$$g^y = 1,13 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 16 \text{ kN/m}^3 = 4,52 \text{ kN/m}'$$

Vlastita težina greda:

- glavne grede 24/46 cm $0,24 \text{ m} \cdot 0,36 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,16 \text{ kN/m}'$

- sekundarne grede 16/38 cm $0,16 \text{ m} \cdot 0,28 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 1,12 \text{ kN/m}'$

2.2.2. Uporabno djelovanje

Krov je neprohodni, te je usvojena vrijednost promjenjivog opterećenja od $q = 0,6 \text{ kN/m}^2$ (neprohodni krov kategorije H).

2.2.3. Djelovanje snijega

Analiza djelovanja snijega provedena je sukladno normi HRN EN 1991-1-3:2012 i pripadnom Nacionalnom dodatku HRN EN 1991-1-3:2012/NA:2014 [1].



Slika 1. Karta snježnih područja Republike Hrvatske [1]

Konstrukcija se nalazi u Rijeci, te dio je glavnih lučkih građevina. Geografski smještaj određuje sljedeće karakteristike bitne za određivanje opterećenja snijegom:

Zona: I područje - priobalje i otoci

Nadmorska visina: <50 m.n.m.

Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu: $S_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$

Koeficijent izloženosti: $C_e = 1,0$

Toplinski koeficijent: $C_t = 1,0$

Koeficijent oblika opterećenja snijegom za kut $\alpha = 1^\circ$: $\mu_1(1^\circ) = 0,8$

Tablica 1. Koeficijent oblika opterećenja snijegom [1]

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	--

Opterećenje snijegom na krovu:

$$S_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = \mathbf{0,4 \text{ kN/m}^2}$$

2.2.4. Djelovanje vjetra

Analiza djelovanja vjetra provedena je sukladno normi HRN RN 1991-1-4:2012 i pripadnom nacionalnom dodatku HRN EN 1991-1-4:2012/ NA:2014 [2].



Slika 2. Prikaz osnovnih brzina vjetra Republike Hrvatske [2]

Konstrukcija se nalazi u Rijeci, te je dio glavnih lučkih građevina. Geografski smještaj određuje sljedeće karakteristike bitne za određivanje opterećenja vjetrom:

Kategorija terena: II

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra: $V_{b,0} = 30 \text{ m/s}$

Faktor smjera vjetra: $C_{dir} = 1,0$

Faktor godišnjeg doba: $C_{season} = 1,0$

Gustoća zraka: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Osnovna brzina vjetra:

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30 = 30 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra brzine V_b :

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30^2 = 562,5 \text{ N/m}^2 = 0,563 \text{ kN/m}^2$$

Srednja brzina vjetra:

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot V_b$$

Faktor hrapavosti terena određuje se prema tablici 2:

Tablica 2. Kategorija terena i parametri terena [2]

	Kategorija terena	Z_0 (mm)	Z_{min} (mm)
0	More ili priobalna područja izložena otvorenom moru	0,003	1
I	Jezeri ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5
IV	Područja s najmanje 15% površine pokrivenih zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10

Za kategoriju terena II: $z_0 = 0,05$ m; $z_{min} = 2,0$ m te $z_{max} = 200$ m.

$z = 16,75$ m - visina sljemena

1. slučaj: $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

$2,0$ m $\leq 16,75$ m ≤ 200 m

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

$$c_r(z) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{16,75}{0,05}\right) = 1,10$$

Faktor orografije: $c_0(z) = 1,0$

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot V_b = 1,10 \cdot 1,0 \cdot 30,0 = 33,14 \text{ m/s}$$

Intenzitet turbulencije $I_v(z)$:

1. slučaj: $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

$2,0$ m $\leq 16,75$ m ≤ 200 m

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{16,75}{0,05}\right)} = 0,17$$

Tlak pri vršnog brzini $q_p(z)$:

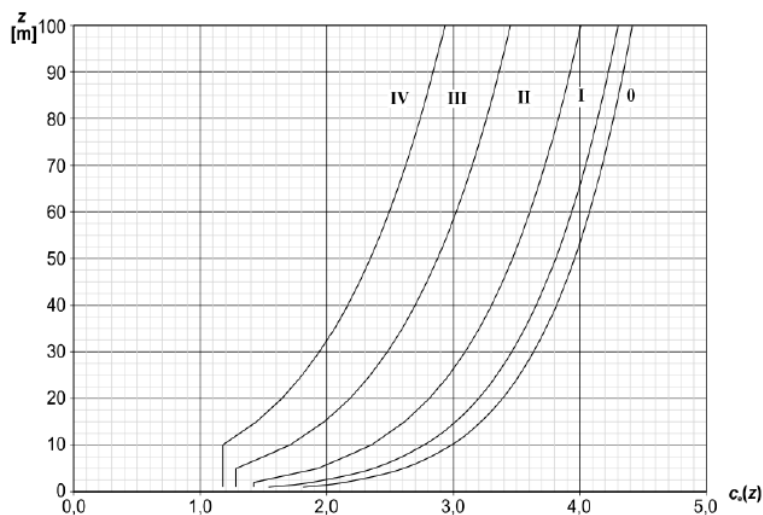
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_p$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,17] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 33,14^2 \cdot 10^{-3} = 1,51 \text{ kN/m}^2$$

Koeficijent izloženosti:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

$$c_e(16,75) = \frac{1,51}{0,56} = 2,69$$



Slika 3. Grafički prikaz faktora izloženosti $c_e(z)$ za $c_0=1$ i $k_I=1,0$ [2]

Pritisak vjetra:

1. vanjski pritisak vjetra $W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$

2. unutarnji pritisak vjetra $W_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$

SLUČAJ I - Vanjski transverzalni pritisak ($\theta = 0^\circ$)

visina sljemena $h = 16,75 \text{ m}$

površina na koju djeluje vjetar $b = 98,77 \text{ m}$

Koeficijent pritiska na vertikalne zidove

$$e = \min(b; 2h) = \min(98,77; 33,50) = 33,50 \text{ m}$$

dubina hale $d = 45,57 \text{ m}$

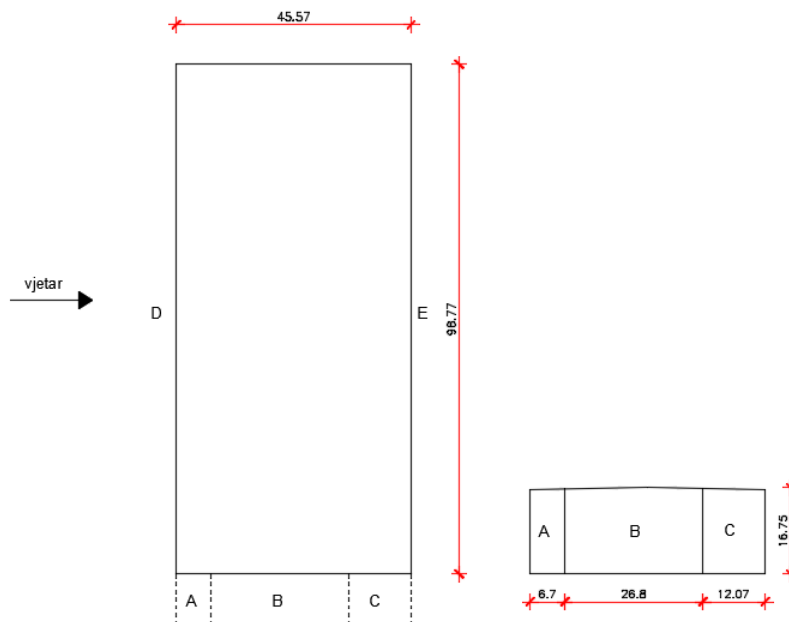
$e < d \rightarrow$ podjela na zone A, B, C, D i E

$$\frac{h}{d} = \frac{16,75}{45,57} = 0,36 \rightarrow 0,25 \leq \frac{h}{d} \leq 1$$

Tablica 3. Vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za vertikalne zidove tlocrtno pravokutnih zgrada [2]

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

NAPOMENA: Za pojedinačne zgrade na otvorenom terenu u područjima u zavjetrini mogu nastupiti i veće sile.
 Međuvrijednosti se smiju linearno interpolirati.
 Za zgrade čiji je omjer $h/d > 5$, ukupno opterećenje vjetrom smije se temeljiti na odredbama iz točaka od 7.6 do 7.8 i 7.9.2.



Slika 4. Shema podjele za vertikalne zidove

$$\text{Površina A} = 661,76 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -1,2$$

$$\text{Površina B} = 2647,0 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -0,8$$

$$\text{Površina C} = 1192,15 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -0,5$$

Površina D = 1654,40 m² > 10 m² → c_{pe} = + 0,71

Površina E = 1654,40 m² > 10 m² → c_{pe} = - 0,33

Pritisak vjetra na vertikalne zidove:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$W_e^A = 1,51 \cdot (-1,2) = -1,81 \text{ kN/m}^2$$

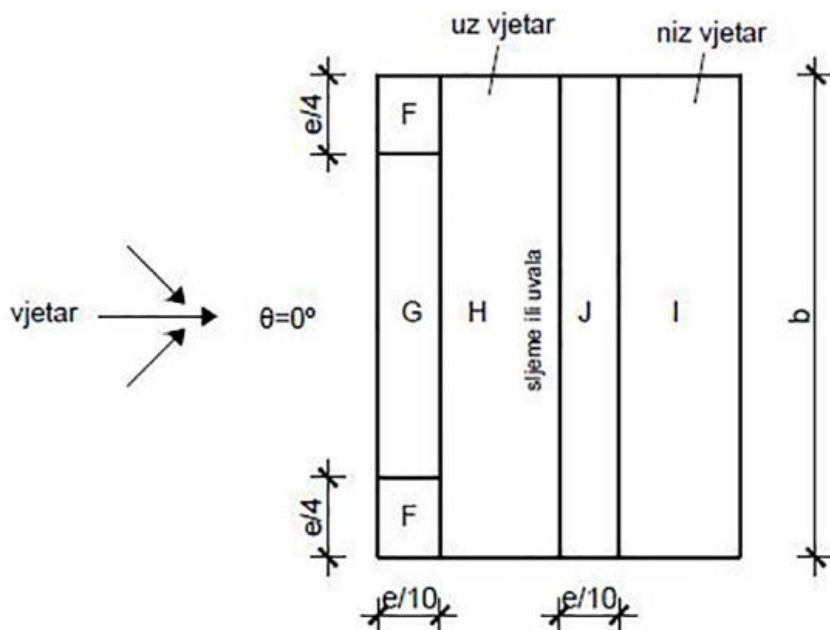
$$W_e^B = 1,51 \cdot (-0,8) = -1,20 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^C = 1,51 \cdot (-0,5) = -0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^D = 1,51 \cdot (+0,71) = +1,07 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^E = 1,51 \cdot (-0,33) = -0,50 \text{ kN/m}^2$$

Vanjski pritisak na krovnu plohu ($\theta = 0^\circ$)



Slika 5. Podjela krovne plohe na zone djelovanja vjetra [2]

visina sljemena h = 16,75 m

površina na koju djeluje vjetar b = 98,77 m

Koeficijent pritiska za krovnu plohu

$$e = \min(b; 2h) = \min(98,77; 33,50) = 33,50 \text{ m}$$

podjela na zone F, G, H i I

Tablica 4. Vrijednost koeficijenta vanjskog tlaka za ravne krovove [2]

Tip krova		Područje							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Oštre strehe		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
S parapetom	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Zakrivljene strehe	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Mansardne strehe	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

Krov s parapetom $h_p/h = 0,9/16,75 = 0,05$

Površina F = 56,11 m² → $c_{pe} = -1,4$

Površina G = 274,77 m² → $c_{pe} = -0,9$

Površina H = 1323,52 m² → $c_{pe} = -0,7$

Površina I = 2846,55 m² → $c_{pe} = \pm 0,2$

Pritisak vjetra na ravne krovove:

$$W_e^F = 1,51 \cdot (-1,4) = -2,11 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^G = 1,51 \cdot (-0,9) = -1,36 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^H = 1,51 \cdot (-0,7) = -1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^I = 1,51 \cdot (\pm 0,2) = \pm 0,30 \text{ kN/m}^2$$

SLUČAJ II - Vanjski longitudinalni pritisak ($\theta = 90^\circ$)

visina sljemena $h = 16,75 \text{ m}$

površina na koju djeluje vjetar $b = 45,57 \text{ m}$

Koeficijent pritiska na vertikalne zidove

$$e = \min(b; 2h) = \min(45,57; 33,50) = 33,50 \text{ m}$$

dubina hale $d = 98,77 \text{ m}$

$e < d \rightarrow$ podjela na zone A, B, C, D i E

$$\frac{h}{d} = \frac{16,75}{98,77} = 0,16 \rightarrow 0,25 \geq \frac{h}{d}$$

$$\text{Površina A} = 305,32 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = - 1,2 \quad (\text{Tablica 3.})$$

$$\text{Površina B} = 1221,28 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = - 0,8$$

$$\text{Površina C} = 2974,35 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = - 0,5$$

$$\text{Površina D} = 763,30 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = + 0,7$$

$$\text{Površina E} = 763,30 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = - 0,3$$

Pritisak vjetra na vertikalne zidove:

$$W_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$W_e^A = 1,51 \cdot (-1,2) = -1,81 \text{ kN/m}^2$$

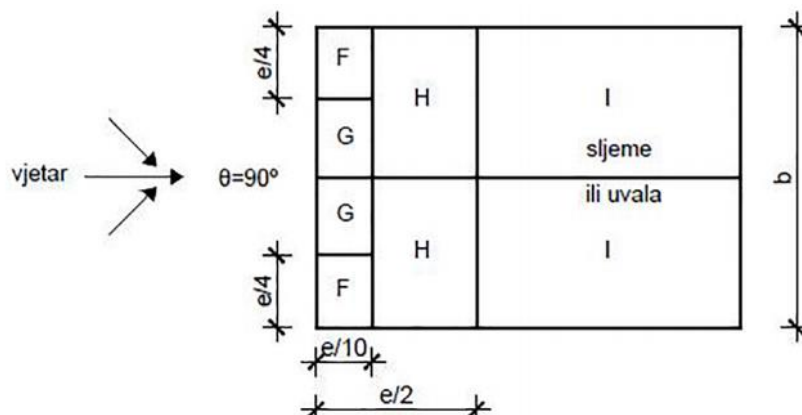
$$W_e^B = 1,51 \cdot (-0,8) = -1,20 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^C = 1,51 \cdot (-0,5) = -0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^D = 1,51 \cdot (+0,7) = +1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^E = 1,51 \cdot (-0,3) = -0,45 \text{ kN/m}^2$$

Vanjski pritisak na krovnu plohu ($\theta = 90^\circ$)



Slika 6. Podjela krovne plohe na zone djelovanja vjetra [2]

visina sljemena $h = 16,75$ m

površina na koju djeluje vjetar $b = 45,57$ m

Koeficijent pritiska za krovnu plohu: $e = \min(b; 2h) = \min(45,57; 33,50) = 33,50$ m

podjela na zone F, G, H i I

Krov s parapetom $h_p/h = 0,9/16,75 = 0,05$ (Tablica 4.)

Površina F = $56,11 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -1,4$

Površina G = $96,55 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -0,9$

Površina H = $610,64 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -0,7$

Površina I = $3737,65 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = \pm 0,2$

Pritisak vjetra na ravne krovove:

$$W_e^F = 1,51 \cdot (-1,4) = -2,11 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^G = 1,51 \cdot (-0,9) = -1,36 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^H = 1,51 \cdot (-0,7) = -1,06 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e^I = 1,51 \cdot (\pm 0,2) = \pm 0,30 \text{ kN/m}^2$$

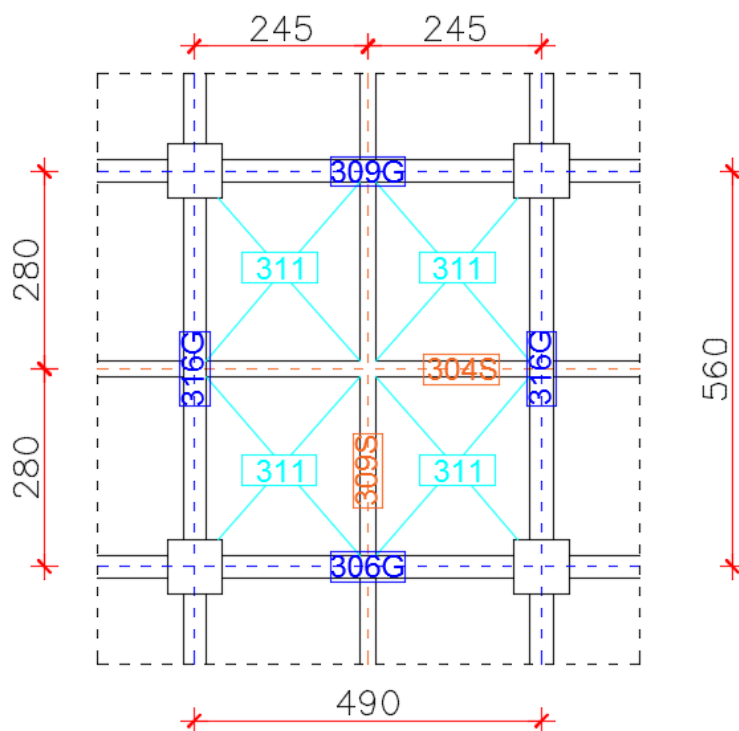
Djelovanje vjetra na krov je odizučee (djeluje povoljno), pa neće biti mjerodavno za proračun.

Za vertikalne zidove mjerodavna je potresna kombinacija, stoga se djelovanje vjetra zanemaruje.

3. STATIČKI PRORAČUN STROPNE KONSTRUKCIJE I.KATA

3.1. ANALIZA ROŠTILJNOG STROPA I.KATA

Strop I.kata sastavljen je od glavnih greda dimenzija 32/70 cm, sekundarnih greda 24/45 cm i ploče debljine 10 cm. U sredini raspona nalaze se sekundarne grede koje se križaju, te se na taj način ostvaruje statički sustav tzv. roštilj. Dulji raspon I.kata iznosi 560 cm, a kraći raspon iznosi 490 cm. Poprečni presjek glavnih i sekundarnih greda jednak je za oba smjera konstrukcije.



Slika 7. Statički sustav roštilja I.kata

Određivanje visine ploče **poz. 311:**

$$h_p = \frac{l}{30} = \frac{245}{30} = 8,17 \text{ cm}$$

- odabrano $h_p = 10 \text{ cm}$

Provjera visine sekundarnih greda **poz.304s i 309s:**

$h = 45 \text{ cm}$ visina sekundarnih greda

$$h_g = \frac{\text{raspon}}{15} = \frac{560}{15} = 37,13 \text{ cm} < 45 \text{ cm}$$

Proračunska opterećenja

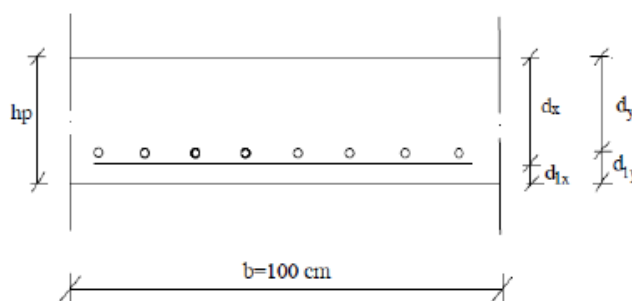
- stalno $g = 4,0 \text{ kN/m}^2$

- uporabno $q = 15 \text{ kN/m}^2$

$$q'_{ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q \cdot \frac{1}{2} = 1,35 \cdot 4,0 + 1,5 \cdot 15 \cdot \frac{1}{2} = 16,65 \text{ kN/m}^2$$

$$q''_{ed} = \gamma_Q \cdot q \cdot \frac{1}{2} = 1,5 \cdot 15 \cdot \frac{1}{2} = 11,25 \text{ kN/m}^2$$

Proračunske visine armature:



Slika 8. Shema proračunskih visina armature u ploči

Proračunske visine armature:

- za razred izloženosti XC1 i razred konstrukcije S4:

$$d_{1x} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 2,5 + \frac{1}{2} = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_{1y} = d_{1x} + \phi = 3,0 + 1 = 4,0 \text{ cm}$$

$$d_x = h_p - d_{1x} = 10 - 3,0 = 7,0 \text{ cm}$$

$$d_y = h_p - d_{1y} = 10 - 4,0 = 6,0 \text{ cm}$$

3.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE I.KATA

3.2.1. Nosivost ploče poz. 311:

$$\lambda = \frac{l \text{ duži raspon}}{l \text{ kraćii raspon}} = \frac{280}{245} = 1,14$$

$\lambda = 1,14 < 2$ - ploča nosiva u 2 smjera.

Za proračun momenata koristimo Loserove tablice po Marcusu. Za ploču poz. 311 vrijedi kombinacija slučaja 6 i slučaja 1 (promjenjivo opterećenje u najnepovoljnijem položaju).

za $\lambda = 1,15 \rightarrow$ interpolacija $\lambda = 1,10$ i $\lambda = 1,20$

$$\varphi_{1x} = 21,12 \quad \varphi_{1y} = 36,86$$

$$\varphi_{6x} = 43,84 \quad \varphi_{6y} = 76,64 \quad \kappa_x = 0,63$$

Proračunska tlačna čvrstoća betona C35/45:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{35}{1,5} = 2,33 \text{ kN/m}^2$$

Proračunska granica popuštanja čelika za armiranje B 450C:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1,15} = 39,13 \text{ kN/m}^2$$

Momenti savijanja u polju za smjer x ($l_x = 2,45$ m):

$$M_{Edx} = \left(\frac{q'_{ed}}{\varphi_{6x}} + \frac{q''_{ed}}{\varphi_{1x}} \right) \cdot l_x^2 = \left(\frac{16,65}{43,84} + \frac{11,25}{21,12} \right) \cdot 2,45^2 = 5,48 \text{ kNm/m}'$$

Potrebna armature u polju za smjer x:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{548}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,048 \quad \zeta = 0,974$$

$$A_{s1x} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} = \frac{548}{0,974 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 2,05 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d_x = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 100 \cdot 7,0 = 1,29 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Momenti savijanja u polju za smjer y ($l_y = 2,80$ m):

$$M_{Edx} = \left(\frac{q'_{ed}}{\varphi_{6y}} + \frac{q''_{ed}}{\varphi_{1y}} \right) \cdot l_y^2 = \left(\frac{16,65}{76,64} + \frac{11,25}{36,86} \right) \cdot 2,80^2 = 4,10 \text{ kNm/m'}$$

Potrebna armature u polju za smjer y:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d_y^2 \cdot f_{cd}} = \frac{410}{100 \cdot 6,0^2 \cdot 2,33} = 0,049 \quad \zeta = 0,974$$

$$A_{s1y} = \frac{M_{Eds}}{\zeta \cdot d_y \cdot f_{yd}} = \frac{410}{0,974 \cdot 6,0 \cdot 39,13} = 1,79 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Odabir armature za ploču **poz. 311**:

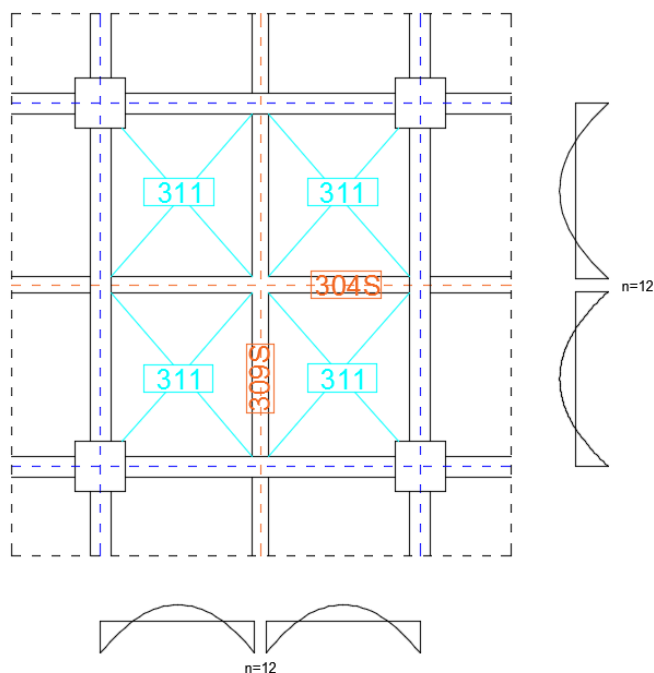
- smjer x $\rightarrow \phi 6/13$ cm (2,17 cm²/m')

- smjer y $\rightarrow \phi 6/13$ cm (2,17 cm²/m')

3.2.2.Oslonac poz. 311-311(x - smjer):

$$q_{ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot 4,0 + 1,5 \cdot 15 = 27,90 \text{ kN/m}^2$$

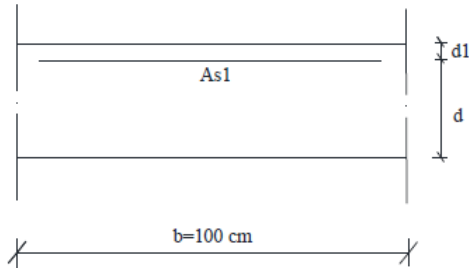
$$\kappa_x = 0,63 \quad q_{ed}' = \kappa_x \cdot q_{ed} = 0,63 \cdot 27,90 = 17,58 \text{ kN/m}^2$$



Slika 9. Shema dijagrama momenata na osloncu

Moment savijanja na osloncu za smjer x:

$$M_{Edx} = -\frac{1}{n} \cdot q'_{ed} \cdot l_x^2 = -\frac{1}{12} \cdot 17,58 \cdot 2,45^2 = 8,79 \text{ kNm/m'}$$



Slika 10. Shema armature u ploči na osloncu

Potrebna armatura na osloncu za smjer x:

$$\mu_{Eds} = \frac{879}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,077 \quad \zeta = 0,957$$

$$A_{s1x} = \frac{879}{0,957 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

3.2.3. Oslonac poz. 311-311 (y - smjer):

$$\kappa_y = 1 - \kappa_x = 1 - 0,63 = 0,37$$

$$q_{ed'} = \kappa_y \cdot q_{ed} = 0,37 \cdot 27,90 = 10,32 \text{ kN/m}^2$$

Moment savijanja na osloncu za smjer y:

$$M_{Edy} = -\frac{1}{n} \cdot q'_{ed} \cdot l_y^2 = -\frac{1}{12} \cdot 10,32 \cdot 2,80^2 = 6,74 \text{ kNm/m'}$$

Potrebna armature na osloncu za smjer y:

$$\mu_{Eds} = \frac{674}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,059 \quad \zeta = 0,968$$

$$A_{s1y} = \frac{674}{0,968 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 2,54 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Odabir armature za oslonac **poz. 311-311:**

- smjer x → **φ8/15 cm (3,35 cm²/m')**

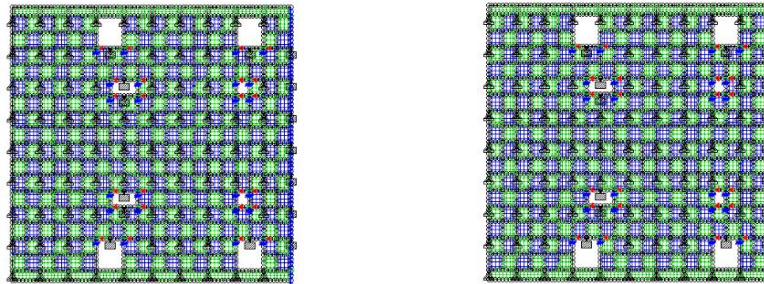
- smjer y → **φ8/15 cm (3,35 cm²/m')**

3.2.4. Rezultati dobiveni pomoću računalnog programa

Dimenzioniranje ploče provedeno je također i korištenjem računalnog programa STAAD.Pro. Napravljen je model ploče stropne konstrukcije za polovicu zgrade (zbog simetrije). Promjenjivo opterećenje od 15 kN/m^2 postavljeno je u najnepovoljniji položaj kako bi dobili najveće momente savijanja na polju i na osloncu, a sheme opterećenja prikazane su na slici 11.



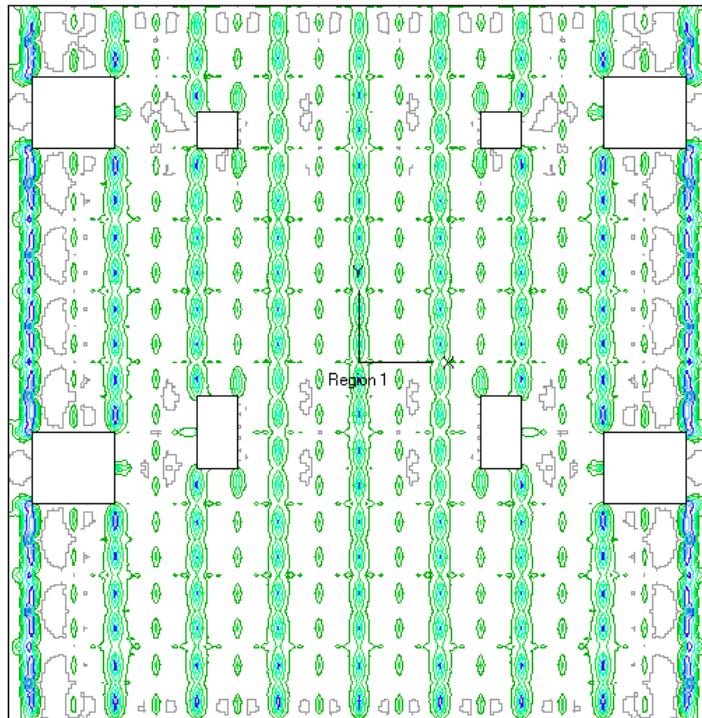
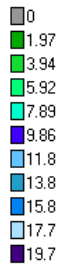
Slika 11. Sheme promjenjivog opterećenja na stropnoj konstrukciji (plava boja označava opterećeno polje, a zelena boja neopterećeno polje)



Slika 12. Sheme promjenjivog opterećenja na stropnoj konstrukciji (raspodjela opterećenja u obliku šahovske ploče)

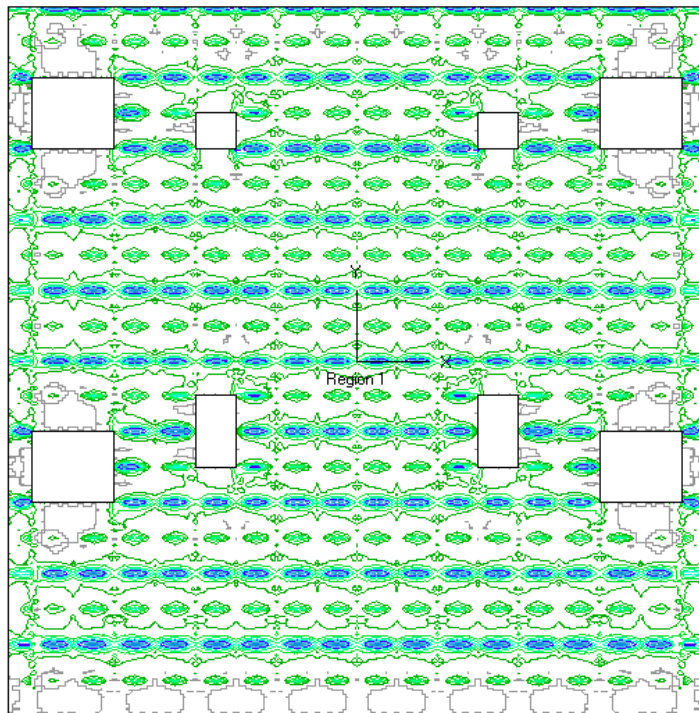
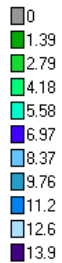
GORNJA ZONA - Momenti savijanja

D. Moment
Hogging X
kN-m/m



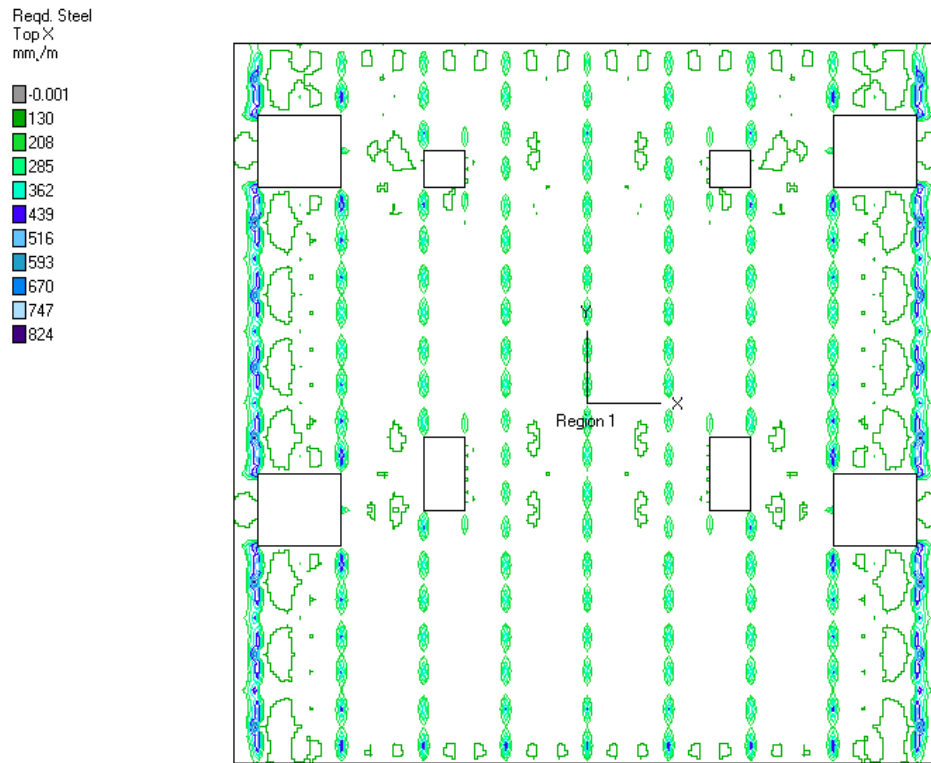
Slika 13. Momenti savijanja ploče I.kata u poprečnom smjeru - gornja zona

D. Moment
Hogging Y
kN-m/m

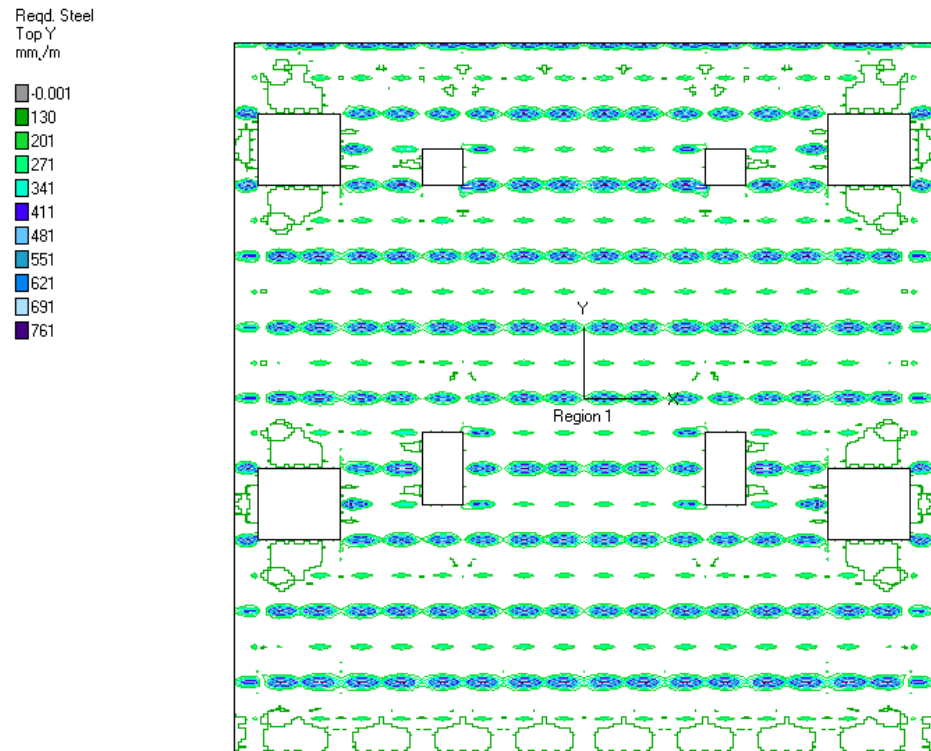


Slika 14. Momenti savijanja ploče I.kata u uzdužnom smjeru - gornja zona

GORNJA ZONA - Armatura



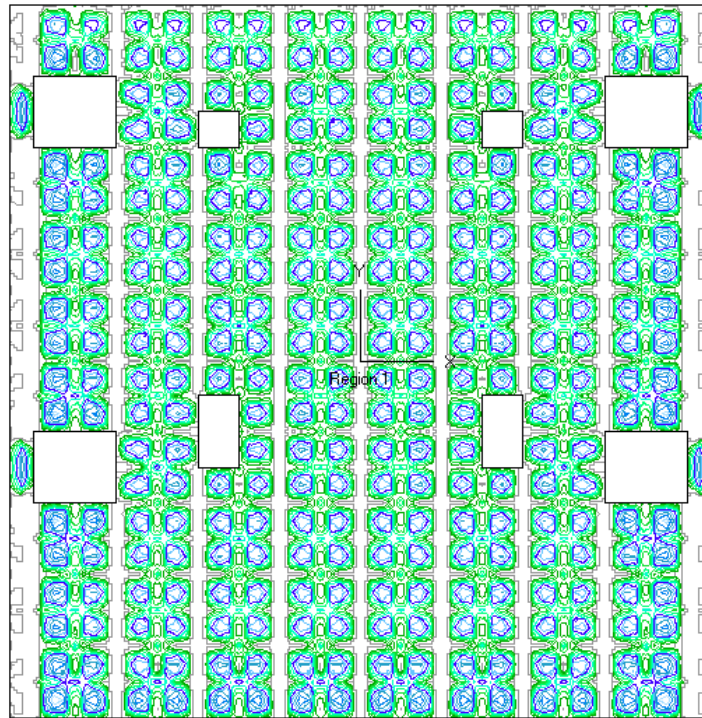
Slika 15. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče I.kata - gornja zona



Slika 16. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče I.kata - gornja zona

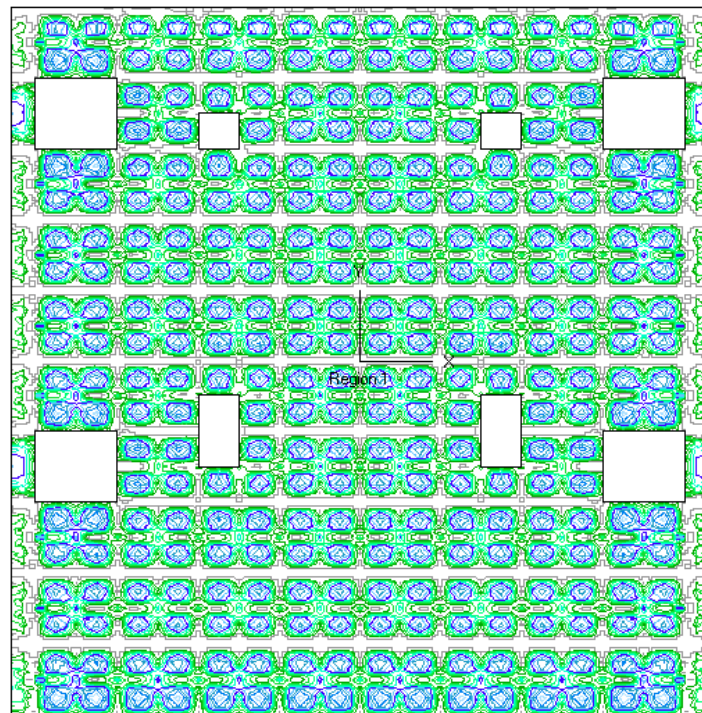
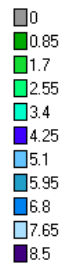
DONJA ZONA - Momenti savijanja

D. Moment
Sagging X
kN-m/m



Slika 17. Momenti savijanja ploče I.kata u poprečnom smjeru - donja zona

D. Moment
Sagging Y
kN-m/m

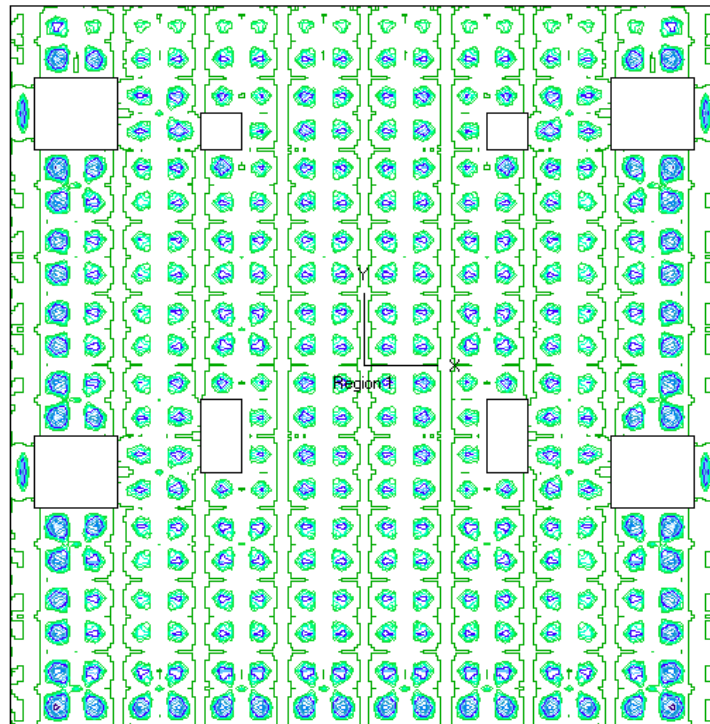


Slika 18. Momenti savijanja ploče I.kata u uzdužnom smjeru - donja zona

DONJA ZONA - Armatura

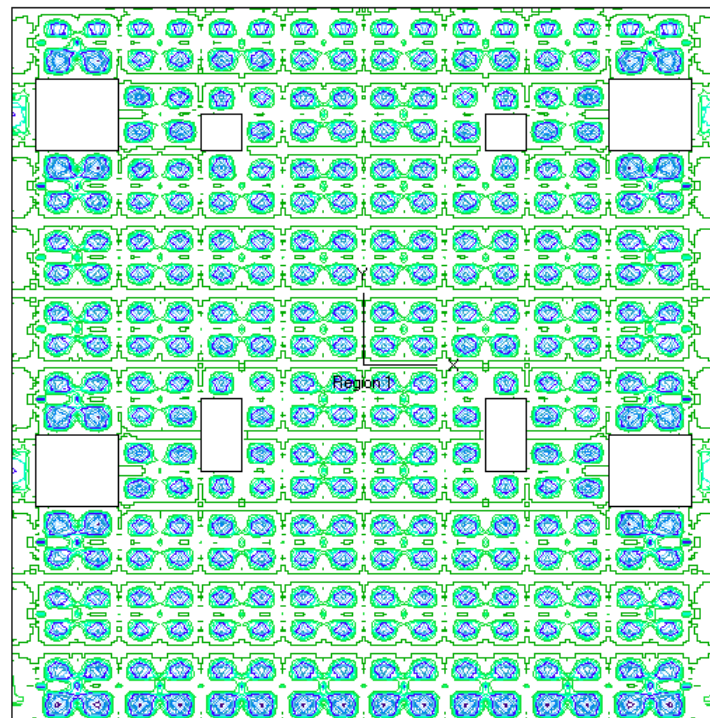
LUČKO SKLADIŠTE 17

Reqd. Steel
Bottom X
mm/m



Slika 19. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče I.kata - donja zona

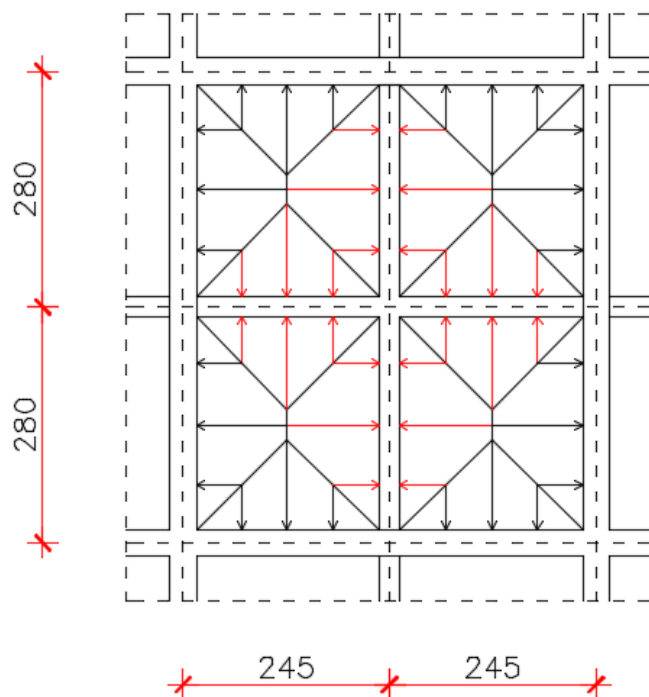
Reqd. Steel
Bottom Y
mm/m



Slika 20. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče I.kata - donja zona

3.3. PRORAČUN SEKUNDARNIH GREDA (sustav roštilja)

Vrijednosti reznih sila u sekundarnim gredama roštilja dobivene su metodom pomaka. Na grede djeluju sljedeća opterećenja: trokutno ili trapezno opterećenje koje se prenosi s ploče, te kontinuirano opterećenje vlastite težine grede. Trokutno opterećenje preuzimaju grede kraćeg raspona ($l = 2,45$ m), dok trapezno opterećenje preuzimaju grede dužeg raspona ($l = 2,80$ m).



Slika 21. Shema djelovanja trokutnog i trapeznog opterećenja

3.3.1. Analiza opterećenja

Trokutno opterećenje ploče

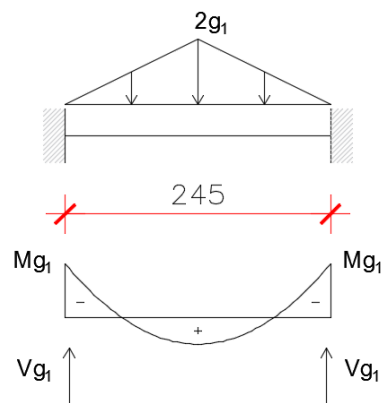
$$g_1 = q_{ed} \cdot \frac{l_x}{2} = 27,9 \cdot \frac{2,45}{2} = 34,18 \text{ kN/m'}$$

$$2g_1 = 2 \cdot 34,18 = \mathbf{68,36 \text{ kN/m'}}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{g1} = \frac{5 \cdot l^2 \cdot 2g_1}{96} = \frac{5 \cdot 2,45^2 \cdot 68,36}{96} = 21,37 \text{ kNm}$$

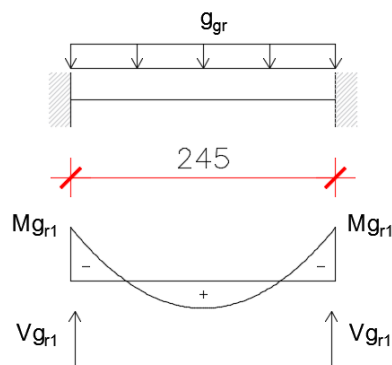
$$V_{g1} = \frac{1}{4} \cdot 2g_1 \cdot \frac{2,45}{4} = \frac{2,45}{4} \cdot 68,36 = 41,87 \text{ kN}$$



Slika 22. Shema djelovanja trokutnog opterećenja ploče

Stalno od vlastite težine grede 304s

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 2,1 = 2,84 \text{ kN/m'}$$



Slika 23. Shema djelovanja vlastite težine grede

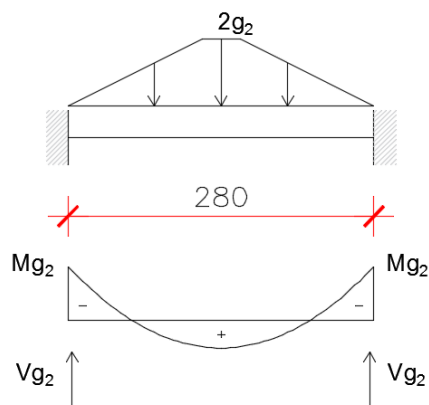
Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{2,84 \cdot 2,45^2}{12} = 1,42 \text{ kNm}$$

$$V_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{2,84 \cdot 2,45}{2} = 3,48 \text{ kN}$$

Trapezno opterećenje ploče

$$2g_2 = 2g_1 = 68,36 \text{ kN/m'}$$



Slika 24. Shema djelovanja trapeznog opterećenja ploče

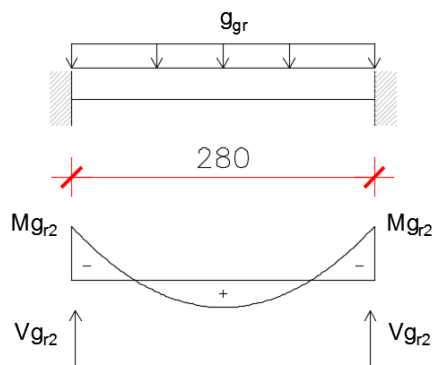
Vrijednosti momenata i reakcije: (STAAD.Pro)

$$M_{g2} = 31,40 \text{ kNm}$$

$$V_{g2} = 54,10 \text{ kN}$$

Stalno od vlastite težine grede 309s

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 2,1 = 2,84 \text{ kN/m'}$$

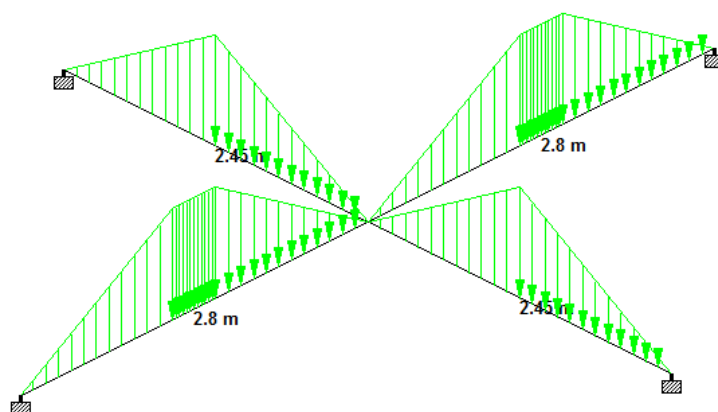


Slika 25. Shema djelovanja vlastite težine grede

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{2,84 \cdot 2,80^2}{12} = 1,86 \text{ kNm}$$

$$V_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{2,84 \cdot 2,80}{2} = 3,98 \text{ kN}$$



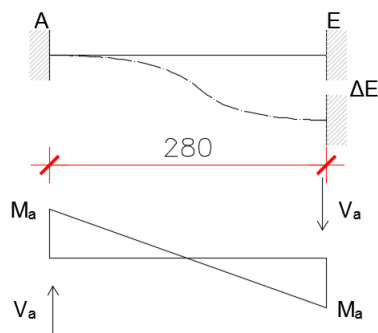
Slika 26. Shema roštiljne konstrukcije I.kata s opterećenjem

Roštiljna konstrukcija sastoji se od 4 grede: grede A-E i E-B su jednake, te njihova duljina iznosi 2,80 m; dok štapovi C-E i E-D imaju duljinu od 2,45 m. Numeričko rješenje statičkog sustava roštilja dobiva se iz pomaka točke E, što je zajednička točka svim gredama.

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_a = M_b = \frac{6}{l^2} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,80^2} \cdot \Delta E$$

$$V_a = V_b = \frac{6}{l^3} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,80^3} \cdot \Delta E$$

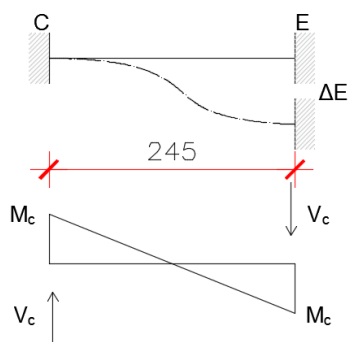


Slika 27. Vertikalni pomak točke E za duži raspon (2,8 m)

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_c = M_d = \frac{6}{l^2} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,45^2} \cdot \Delta E$$

$$V_c = V_d = \frac{6}{l^3} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,45^3} \cdot \Delta E$$



Slika 28. Vertikalni pomak točke E za kraći raspon (2,45 m)

Iz uvjeta ravnoteže slijedi:

$$\sum F_z = 0$$

$$2V_c - 2V_{g1} - 2V_{gr1} + 2V_a - 2V_{g2} - 2V_{gr2} = 0$$

$$2 \cdot \frac{12}{2,45^3} \Delta E - 2 \cdot 41,87 - 2 \cdot 3,48 + 2 \cdot \frac{12}{2,80^3} \Delta E - 2 \cdot 54,10 - 2 \cdot 3,98 = 0$$

$$\Delta E = 75,91$$

3.3.2. Numeričko rješenje:

Zbrajanjem dijagrama momenata savijanja dobivaju se sljedeća rješenja:

$$M_{cc} = -M_{g1} - M_{gr1} - M_c = -21,37 - 1,42 - \frac{6}{2,45^2} \Delta E = -98,67 \text{ kNm}$$

$$M_{aa} = -M_{g2} - M_{gr2} - M_a = -31,4 - 1,86 - \frac{6}{2,80^2} \Delta E = -91,35 \text{ kNm}$$

$$M_e = -M_{g1} - M_{gr1} + M_c = -21,37 - 1,42 + \frac{6}{2,45^2} \Delta E = 53,08 \text{ kNm}$$

$$M_e = -M_{g2} - M_{gr2} + M_a = -31,4 - 1,86 + \frac{6}{2,80^2} \Delta E = 24,83 \text{ kNm}$$

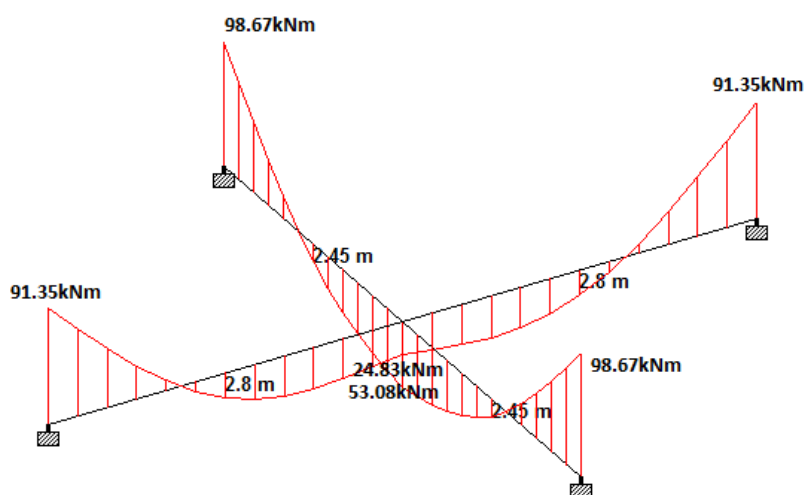
Zbrajanjem dijagrama poprečnih sila dobivaju se sljedeća rješenja:

$$V_{cc} = V_{g1} + V_{gr1} + V_c = 41,87 + 3,48 + \frac{12}{2,45^3} \Delta E = 107,29 \text{ kN}$$

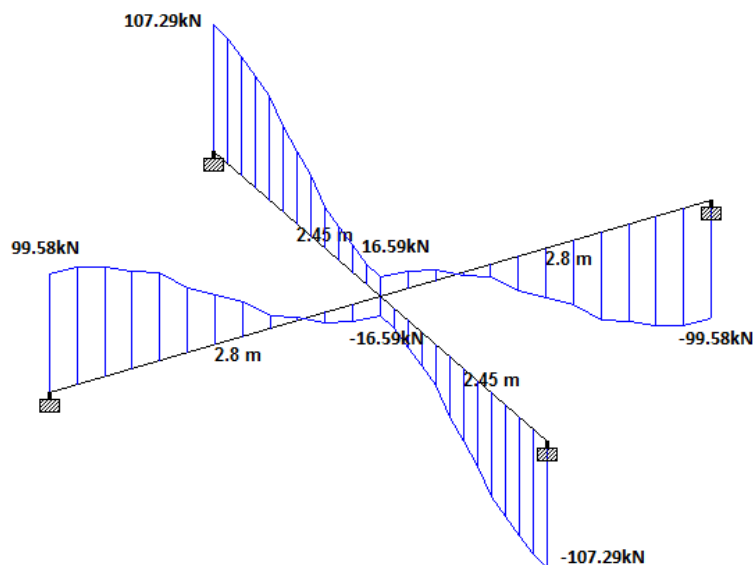
$$V_{aa} = V_{g2} + V_{gr2} + V_a = 54,1 + 3,98 + \frac{12}{2,80^3} \Delta E = 99,58 \text{ kN}$$

$$V_e = V_{g1} + V_{gr1} - V_c = 41,87 + 3,48 - \frac{12}{2,45^3} \Delta E = -16,59 \text{ kN}$$

$$V_e = V_{g2} + V_{gr2} - V_a = 54,1 + 3,98 - \frac{12}{2,80^3} \Delta E = 16,59 \text{ kN}$$



Slika 29. Dijagram momenata savijanja u sekundarnim gredama roštilja



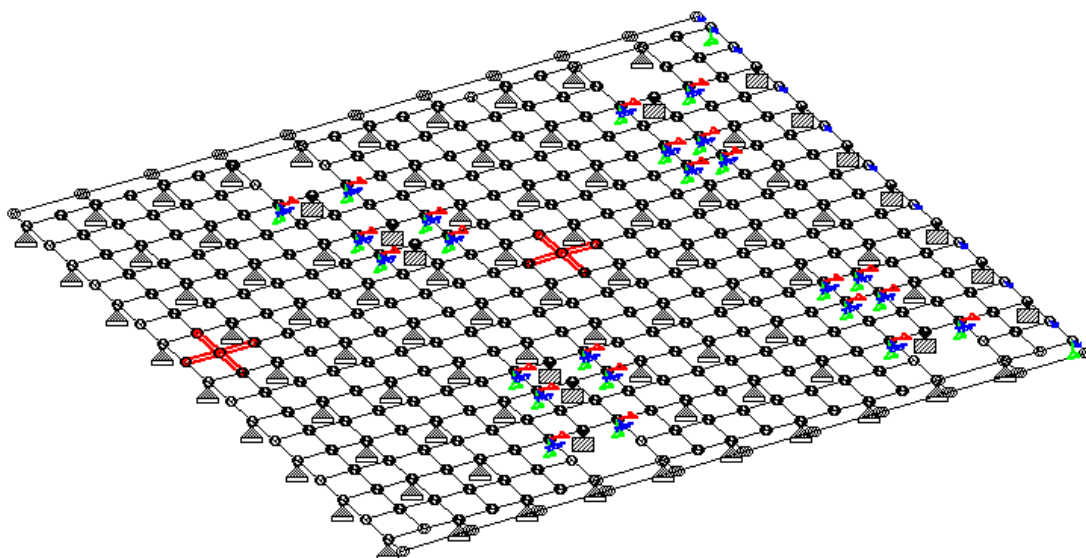
Slika 30. Dijagram poprečnih sila u sekundarnim gredama roštilja

3.4.MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE I. KATA - sekundarne grede

U računalnom programu STAAD.Pro napravljen je model stropne konstrukcije I.kata.Model stropne konstrukcije I.kata izveden je za polovicu konstrukcije, jer je konstrukcija simetrična.U modelu su korišteni različiti oslonci: u blizini otvora stubišta i dizala postavljeni su upeti oslonci; u osi simetrije konstrukcije postavljeni su oslonci u kojima se javlja moment oko osi z (os simetrije); dok su na pozicijama većinu stupova postavljeni nepokretni oslonci.Moment torzije isključen je u svim elementima, jer se kod ovakvih sustava on uravnotežuje.

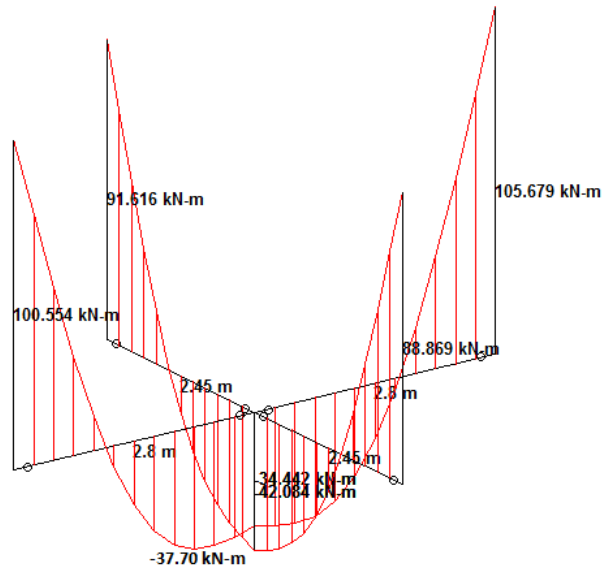
Za dimenzioniranje sekundarnih greda I.kata promatraju se 2 slučaja:

1. **SLUČAJ** - sekundarne grede se nalaze u srednjem polju stropne konstrukcije
2. **SLUČAJ** - sekundarne grede se nalazeu rubnom polju stropne konstrukcije

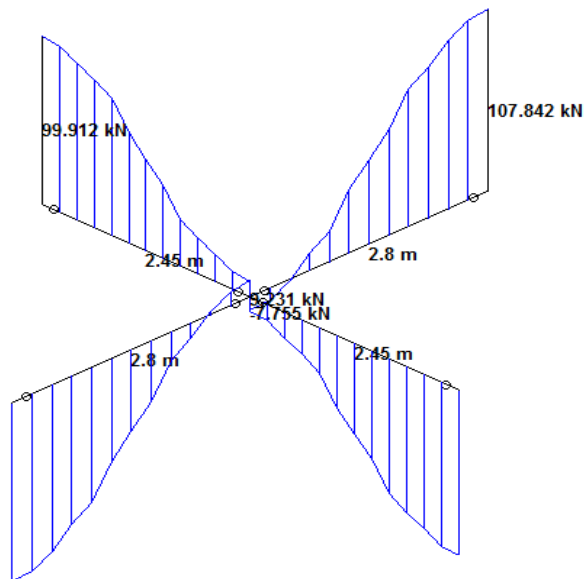


Slika 31. Model stropne konstrukcije I.kata s označenim sekundarnim gredama(1.i 2. slučaj)

1. SLUČAJ-sekundarne grede se nalaze u srednjem polju stropne konstrukcije



Slika 32. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda 1.slučaj



Slika 33. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda 1.slučaj

3.4.1. Dimenzioniranje sekundarnih greda - 1. slučaj

Sekundarne grede dimenzioniraju se za 2 slučaja tj. za rubno i srednje polje stropne konstrukcije. Dimenzioniraju se na stalnu proračunsku kombinaciju.

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff}i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \text{ i } b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 245 = 171,5 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{280 - 24}{2} = 128 \text{ cm}$$

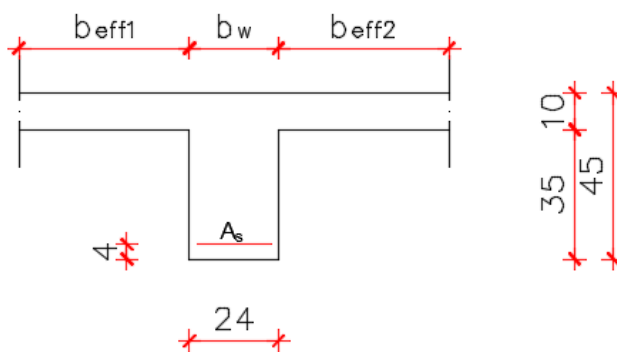
$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 128 + 0,1 \cdot 171,5 \leq 0,2 \cdot 171,5$$

$$b_{\text{eff}1} = 42,75 \text{ cm} \leq 34,3 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 128 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}1} = 34,3 \text{ cm}; b_w = 24 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 34,3 + 24 = \mathbf{93 \text{ cm}}$$



Slika 34. Sudjelujuća širina T-presjeka sekundarnih greda I.kata

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 45 - 5 = 40 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 37,70 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{3770}{93 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,010$$

$$\zeta = 0,995 \quad \xi = 0,012$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,012 \cdot 40 = 0,48 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{3770}{0,995 \cdot 40 \cdot 39,13} = 2,42 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 24 \cdot 40 = 1,77 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2φ14 (3,08 cm²/m')**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -105,68 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{10568}{24 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,118 \quad \zeta = 0,935$$

$$A_{s1} = \frac{10568}{0,935 \cdot 40 \cdot 39,13} = 7,22 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **5φ14 (7,70 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 107,84 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot u_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 40 = 36 \text{ cm} \quad \alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0,52$$

$$V_{Rd,max} = 1,0 \cdot 24 \cdot 36 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 514,83 \text{ kN}$$

$$107,84 \text{ kN} < 514,83 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- koeficijent armiranja $\rho_{wmin} = 0,0011$

- najveći uzdužni razmak spona ($\phi 8, A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \text{ m} = 2$):

$$s_{l,max} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{wmin} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 24} = 37,88 \text{ cm}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

$$\frac{107,84}{514,83} = 0,21 < 0,30$$

$$s_{l,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 40 = 30 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

Odabrana minimalna armatura **$\phi 8/30 \text{ cm m}=2$**

Poprečna sila V_{Rds}^{min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{min} = \frac{A_{sw} \cdot m}{s_{l,max}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta = \frac{0,5 \cdot 2}{30} \cdot 36 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 56,35 \text{ kN}$$

$107,84 \text{ kN} > 56,35 \text{ kN}$ – potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{107,84} = 15,68 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 15 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura **$\phi 8/15 \text{ cm m}=2$**

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{min}$$

$$107,84 - \frac{68,36}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 2,84 \cdot \lambda = 56,35$$

$$27,90\lambda^2 + 2,84\lambda - 51,49 = 0$$

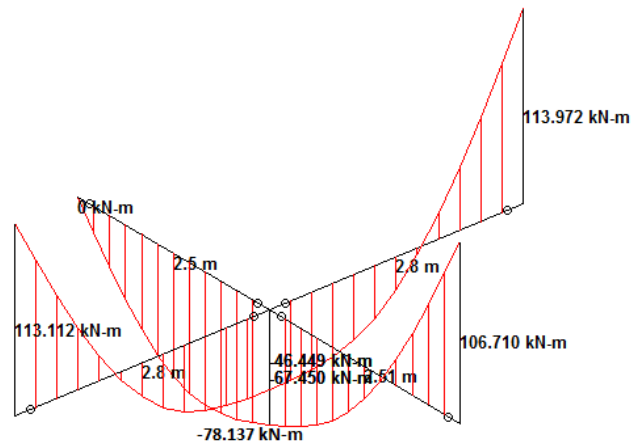
Pomoću kvadratne jednadžbe dobijemo duljinu potrebne poprečne armature $\lambda=1,30m$.

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

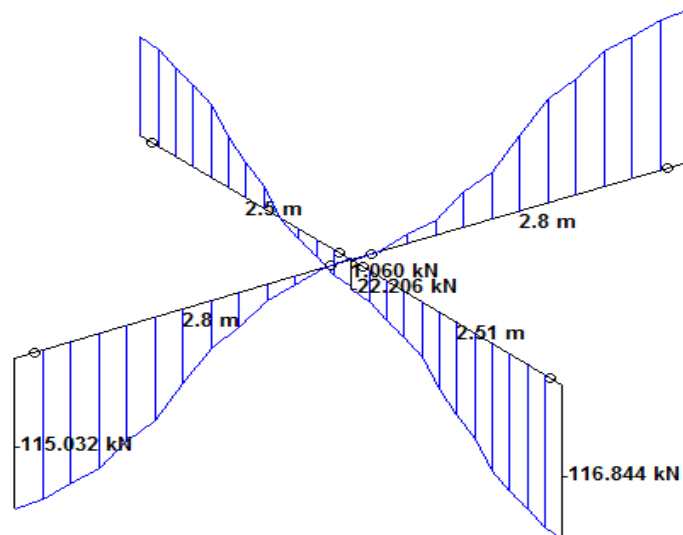
$ctg=1,0$

$$s = \frac{2 \cdot A_{sw} \cdot m \cdot f_{yd}}{b_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 39,13}{24 \cdot 1 \cdot 0,52 \cdot 2,33} = 2,69 \text{ cm} < 15 \text{ cm}$$

2. SLUČAJ- sekundarne grede se nalaze u rubnom polju stropne konstrukcije



Slika 35. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda 2.slučaj



Slika 36. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda 2.slučaj

3.4.2. Dimenzioniranje sekundarnih greda - 2. slučaj

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 78,14 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{7814}{93 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,023$$

$$\zeta = 0,985 \quad \xi = 0,037$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,037 \cdot 40 = 1,48 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{7814}{0,985 \cdot 40 \cdot 39,13} = 5,07 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 1,77 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2φ12+2φ14 (5,34 cm²/m')**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -113,97 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{11397}{24 \cdot 40^2 \cdot 2,33} = 0,127 \quad \zeta = 0,929$$

$$A_{s1} = \frac{11397}{0,929 \cdot 40 \cdot 39,13} = 7,84 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **4φ16 (8,04 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 116,84 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$116,84 \text{ kN} < 514,83 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- odabrana minimalna armatura $\phi 8/30 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$116,84 \text{ kN} > 56,35 \text{ kN}$ – potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 36 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{116,84} = 14,5 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 14 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/14 \text{ cm } m=2$

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{\min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{\min}$$

$$116,84 - \frac{68,36}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 2,84 \cdot \lambda = 56,35$$

$$27,90\lambda^2 + 2,84\lambda - 60,49 = 0$$

Rješenjem kvadratne jednačbe dobivamo duljinu na kojoj je potrebno postaviti gušće spone $\lambda = 1,42 \text{ m}$.

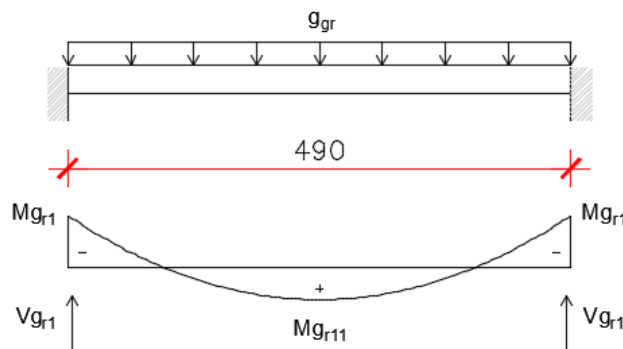
3.5. PRORAČUN GLAVNIH GREDAU UZDUŽNOM SMJERU LKATA

Glavne grede roštilja preuzimaju opterećenja ploče, opterećenja sekundarnih greda i vlastitu težinu, te prenose ih na stupove. Grede u uzdužnom smjeru, odnosno kraćem smjeru imaju oznake 306G i 309G, te njihova dužina iznosi 490 cm. Grede u poprečnom smjeru, odnosno dužem smjeru imaju oznaku 316G, te njihova dužina iznosi 560 cm.

3.5.1. Analiza opterećenja

Stalno od vlastite težine grede 306G i 309G

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 4,8 = 6,48 \text{ kN/m'}$$



Slika 37. Shema djelovanja vlastite težine glavne grede

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{6,48 \cdot 4,9^2}{12} = 12,96 \text{ kNm}$$

$$M_{gr11} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{24} = \frac{6,48 \cdot 4,9^2}{24} = 6,48 \text{ kNm}$$

$$V_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{6,48 \cdot 4,90}{2} = 15,88 \text{ kN}$$

Trokutno opterećenje ploče

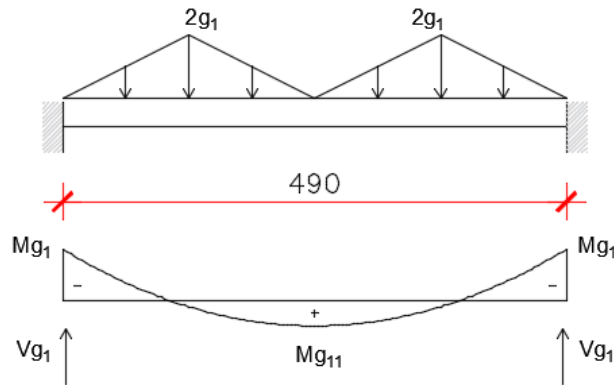
$$2g_1 = 2 \cdot 34,18 = 68,36 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:(STAAD.Pro)

$$M_{g1} = 72,67 \text{ kNm}$$

$$M_{g11} = 29,92 \text{ kNm}$$

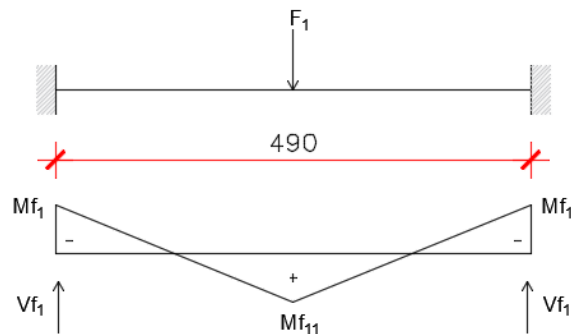
$$V_{g1} = 83,74 \text{ kN}$$



Slika 38. Shema djelovanja trokutnog opterećenja ploče

Reakcija sekundarne grede 309s

$$F_1 = 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 99,58 = 199,16 \text{ kN}$$



Slika 39. Shema djelovanja reakcije sekundarne grede

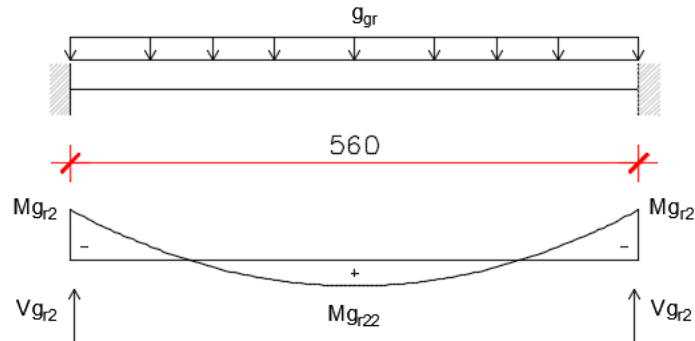
Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{f1} = M_{f11} = \frac{F_1 \cdot l}{8} = \frac{199,16 \cdot 4,9}{8} = 121,99 \text{ kNm}$$

$$V_{f1} = \frac{F_1}{2} = \frac{199,16}{2} = 99,58 \text{ kN}$$

Stalno od vlastite težine grede 316G

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 4,8 = 6,48 \text{ kN/m'}$$



Slika 40. Shema djelovanja vlastite težine grede

Vrijednosti momenata i reakcije:

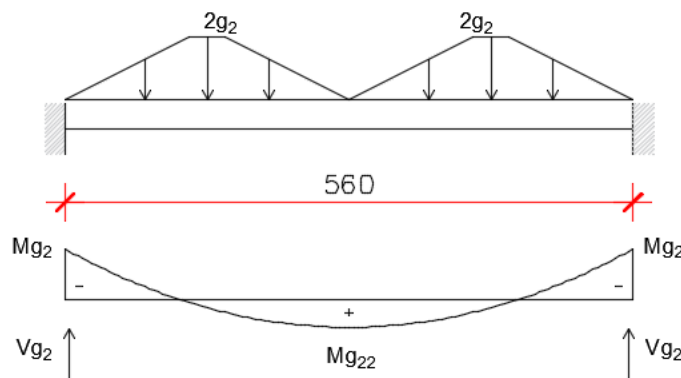
$$M_{g_r2} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{6,48 \cdot 5,6^2}{12} = 16,93 \text{ kNm}$$

$$M_{g_r22} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{24} = \frac{6,48 \cdot 5,6^2}{24} = 8,47 \text{ kNm}$$

$$V_{g_r2} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{6,48 \cdot 5,60}{2} = 18,14 \text{ kN}$$

Trapezno opterećenje ploče

$$2g_2 = 2g_1 = 68,36 \text{ kN/m'}$$



Slika 41. Shema djelovanja trapeznog opterećenja ploče

Vrijednosti momenata i reakcije:(STAAD.Pro)

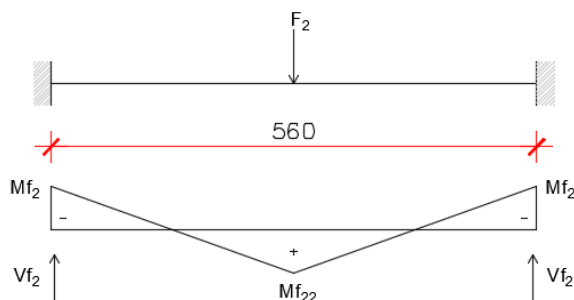
$$M_{g2} = 106,67 \text{ kNm}$$

$$M_{g22} = 44,06 \text{ kNm}$$

$$V_{g2} = 107,67 \text{ kN}$$

Reakcija sekundarne grede 304s

$$F_2 = 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 107,29 = 214,58 \text{ kN}$$



Slika 42. Shema djelovanja reakcije sekundarne grede

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{f2} = M_{f22} = \frac{F_2 \cdot l}{8} = \frac{214,58 \cdot 5,6}{8} = 150,20 \text{ kNm}$$

$$V_{f2} = \frac{F_2}{2} = \frac{214,58}{2} = 107,29 \text{ kN}$$

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih momenata savijanja dobivaju se sljedeća rješenja:

$$M_{polje}^{490} = M_{gr11} + M_{g11} + M_{f11} = 158,39 \text{ kNm}$$

$$M_{oslonac}^{490} = M_{gr1} + M_{g1} + M_{f1} = -207,62 \text{ kNm}$$

$$M_{polje}^{560} = M_{gr22} + M_{g22} + M_{f22} = 202,73 \text{ kNm}$$

$$M_{oslonac}^{560} = M_{gr2} + M_{g2} + M_{f2} = -273,0 \text{ kNm}$$

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih poprečnih sila dobivaju se sljedeća rješenja:

$$V_{oslonac}^{490} = V_{gr1} + V_{g1} + V_{f1} = 199,2 \text{ kN}$$

$$V_{oslonac}^{560} = V_{gr2} + V_{g2} + V_{f2} = 233,1 \text{ kN}$$

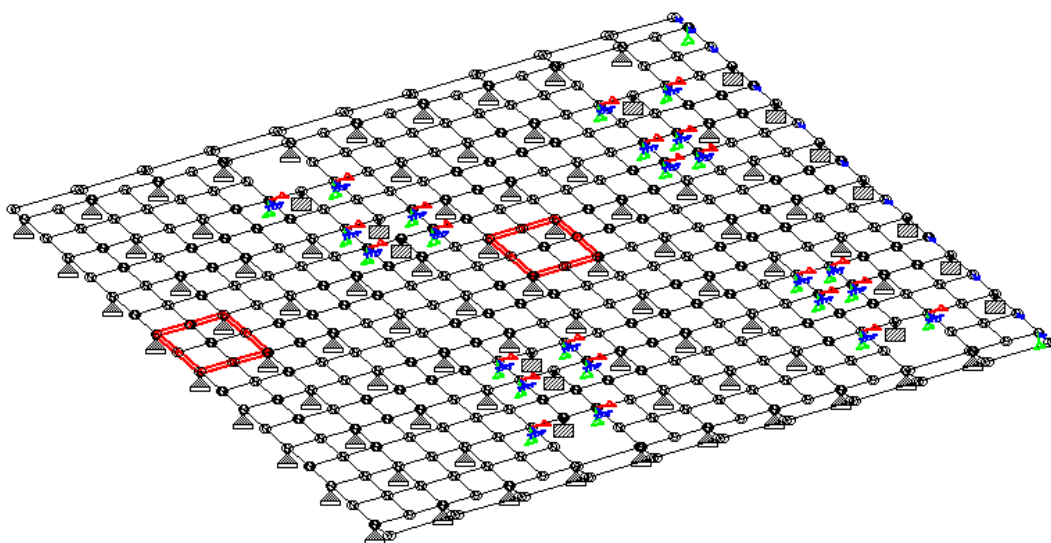
3.6. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE I. KATA - glavne grede

Promatraju se 2 slučaja:

1.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u srednjem polju stropne konstrukcije

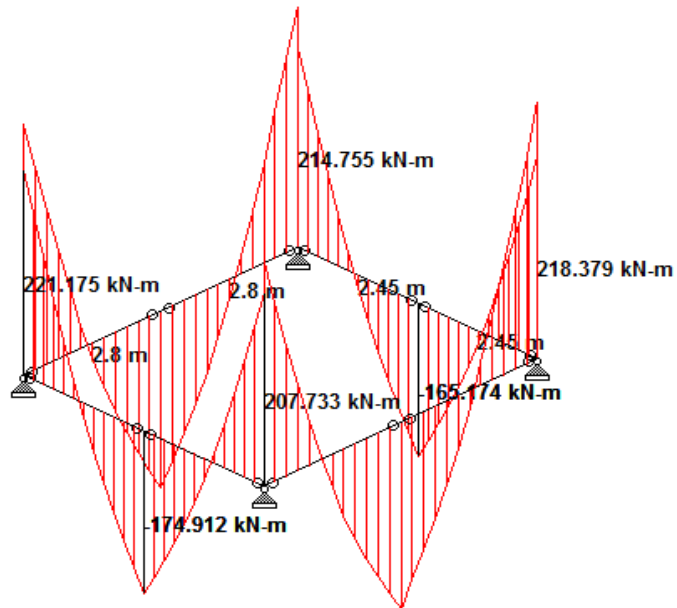
2.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u rubnom polju stropne konstrukcije

Uzdužne glavne grede dimenzioniraju se na temelju ova 2 slučaja, a poprečne glavne grede dimenzionirat će se prema modelu okvirne konstrukcije.

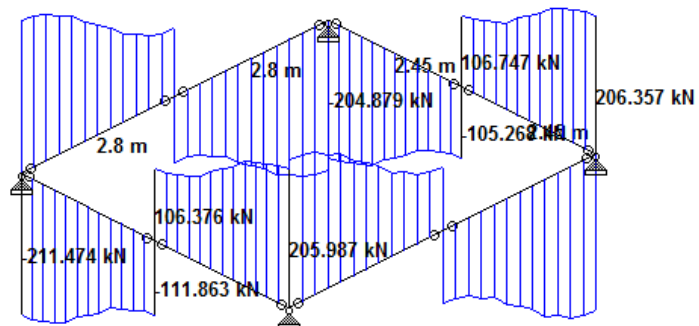


Slika 43. Model stropne konstrukcije I. kata s označenim glavnim gredama (1. i 2.slučaj)

1.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u srednjem polju stropne konstrukcije



Slika 44. Dijagram momenata savijanja glavnih greda I. kata 1. slučaj



Slika 45. Dijagram poprečnih sila glavnih greda I. kata 1. slučaj

3.6.1. Dimenzioniranje glavnih greda - 1. slučaj

Glavne grede roštilja 306G, 309G i 316G dimenzioniraju se prema najvećim momentima savijanja.

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka za gredu 306G i 309G ($l=490$ cm):

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff}i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \text{ i } b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 490 = 343 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{560 - 32}{2} = 264 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 264 + 0,1 \cdot 343 \leq 0,2 \cdot 343$$

$$b_{\text{eff}1} = 87,1 \text{ cm} \leq 68,6 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 264 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}1} = 68,6 \text{ cm}; b_w = 32 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 68,6 + 32 = \mathbf{169 \text{ cm}}$$

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 174,91 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{17491}{169 \cdot 65^2 \cdot 2,33} = 0,010$$

$$\zeta = 0,995 \quad \xi = 0,012$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,012 \cdot 65 = 0,78 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{17491}{0,995 \cdot 65 \cdot 39,13} = 6,91 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 32 \cdot 65 = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano $2\phi 14+2\phi 16$ (7,10 cm²/m')

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -221,18 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{22118}{32 \cdot 65^2 \cdot 2,33} = 0,070 \quad \zeta = 0,962$$

$$A_{s1} = \frac{22118}{0,962 \cdot 65 \cdot 39,13} = 9,04 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano $6\phi 14$ (9,24 cm²/m')

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 211,47 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 65 = 58,5 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,\max} = 1,0 \cdot 32 \cdot 58,5 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 1115,47 \text{ kN}$$

$$211,47 \text{ kN} < 1115,47 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- najveći uzudžni razmak spona:

$$s_{l,\max} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{w\min} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 32} = 28,41 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad m = 2$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

$$\frac{211,47}{1115,47} = 0,19 < 0,30$$

$$s_{l,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 65 = 48,75 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

Odabrana minimalna armatura $\phi 8/28 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{min} = \frac{A_{sw} \cdot m}{s_{l,max}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot ctg\theta$$

$$V_{Rds}^{min} = \frac{0,5 \cdot 2}{28} \cdot 58,5 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 98,10 \text{ kN}$$

211,47 kN > 98,10 kN – potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot ctg\theta}{V_{Ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 58,5 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{211,47} = 12,99 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 13 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/13 \text{ cm } m=2$

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{min}$$

$$211,47 - \frac{68,36}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 6,48 \cdot \lambda = 98,1$$

$$27,90\lambda^2 + 6,48\lambda - 113,37 = 0$$

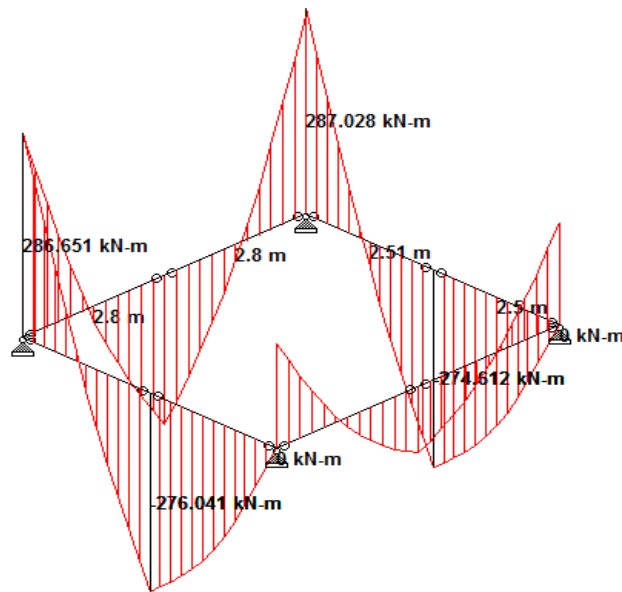
Pomoću kvadratne jednačbe dobijemo duljinu potrebne poprečne armature $\lambda = 1,96 \text{ m}$.

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

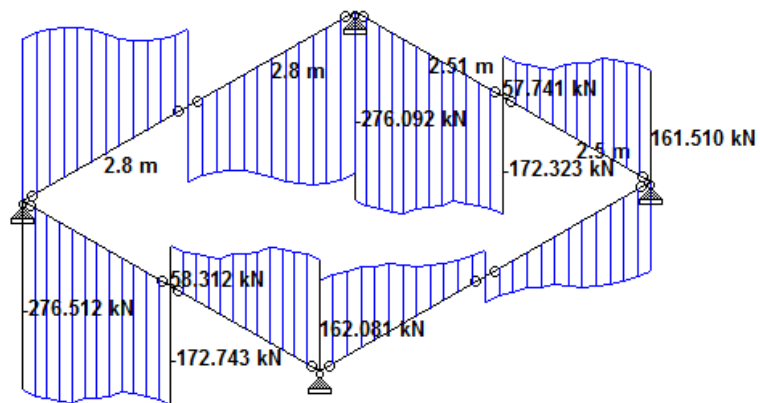
$ctg=1,0$

$$s = \frac{2 \cdot A_{sw} \cdot m \cdot f_{yd}}{b_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 39,13}{32 \cdot 1 \cdot 0,52 \cdot 2,33} = 2,02 \text{ cm} < 13 \text{ cm}$$

2.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u rubnom polju stropne konstrukcije



Slika 46. Dijagram momenata savijanja glavnih greda I. kata 2. slučaj



Slika 47. Dijagram poprečnih sila glavnih greda I. kata 2. slučaj

3.6.2. Dimenzioniranje glavnih greda - 2. slučaj

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 276,04 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{27604}{169 \cdot 65^2 \cdot 2,33} = 0,017$$

$$\zeta = 0,990 \quad \xi = 0,025$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,025 \cdot 65 = 1,63 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{27604}{0,990 \cdot 65 \cdot 39,13} = 10,96 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 3,85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **6φ16 (12,06 cm²/m')**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -286,65 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{28665}{32 \cdot 65^2 \cdot 2,33} = 0,091 \quad \zeta = 0,950$$

$$A_{s1} = \frac{28665}{0,950 \cdot 65 \cdot 39,13} = 11,68 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **6φ16 (12,06 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 276,51 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$276,51 \text{ kN} < 1115,47 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- odabrana minimalna armatura $\phi 8/28 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = 98,1 \text{ kN}$$

276,51 kN > 98,1 kN - potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 58,5 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{276,51} = 9,93 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 10 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/10 \text{ cm } m=2$

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{\min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{\min}$$

$$276,51 - \frac{68,36}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 6,48 \cdot \lambda = 98,1$$

$$27,90\lambda^2 + 6,48\lambda - 178,41 = 0$$

Pomoću kvadratne jednadžbe dobijemo duljinu potrebne poprečne armature $\lambda = 2,45 \text{ m}$.

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

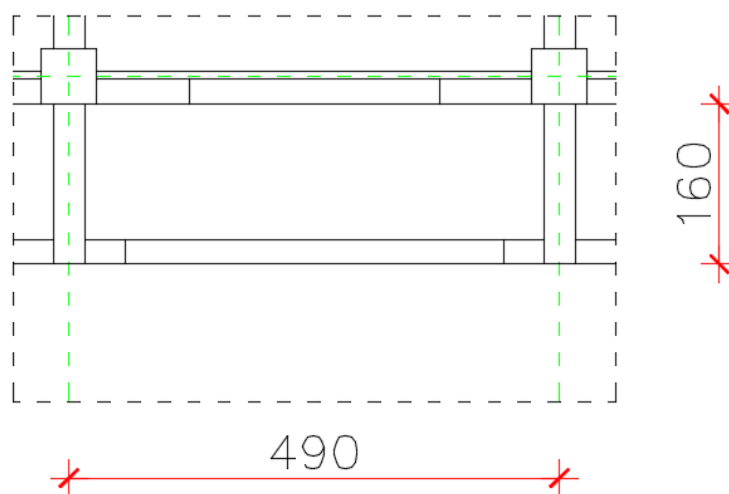
$ctg=1,0$

$$s = 2,02 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$$

4. STATIČKI PRORAČUN BALKONA

4.1. ANALIZA OPTEREĆENJA

Balkoni su previđeni za 3 etaže tj. na I. katu, II. katu i III. katu. U uzdužnom smjeru konstrukcije dužina balkona iznosi 4,90 m, a u poprečnom smjeru 1,60 m. Prisutno je stalno opterećenje koje iznosi $g = 4,0 \text{ kN/m}^2$ i uporabno opterećenje $q = 15 \text{ kN/m}^2$. Uzdužne grede dužine 4,90 m imaju poprečni presjek 24/32 cm, a poprečne grede dužine 1,60 m imaju poprečni presjek 32/32 cm.



Slika 48. Shema balkona s uzdužnim i poprečnim gredama

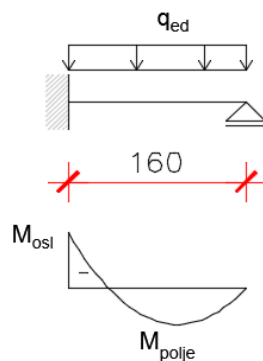
$$\lambda = \frac{l \text{ duži raspon}}{l \text{ kraćii raspon}} = \frac{490}{160} = 3,06$$

$$\lambda = 3,06 > 2 - \text{ploča nosiva u 1 smjeru.}$$

4.1.1. Proračun ploče balkona

$$q_{ed} = \gamma_g \cdot g + \gamma_q \cdot q = 1,35 \cdot 4 + 1,5 \cdot 15 = 27,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ed} = 27,9 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 27,90 \text{ kN/m}'$$



Slika 49. Shema opterećenja ploče balkona

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S2:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \frac{\phi}{2} = 2,5 + \frac{1}{2} = 3,0 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 10 - 3,0 = 7,0 \text{ cm}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{\text{polje}} = \frac{3}{128} \cdot q_{\text{ed}} \cdot l^2 = \frac{3}{128} \cdot 27,90 \cdot 1,60^2 = 1,67 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{osl}} = \frac{q_{\text{ed}} \cdot l^2}{8} = \frac{27,90 \cdot 1,6^2}{8} = 8,93 \text{ kNm}$$

4.1.2. Dimenzioniranje ploče balkona

Dimenzioniranje u polju

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{167}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,015 \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s1} = \frac{167}{0,990 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 0,62 \text{ cm}^2/\text{m}' < A_{s\text{min}} = 1,29 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano $\phi 6/15$ (1,89 cm²/m')

Dimenzioniranje na osloncu

$$\mu_{Eds} = \frac{893}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,78 \quad \zeta = 0,957$$

$$A_{s1} = \frac{893}{0,957 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 3,40 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

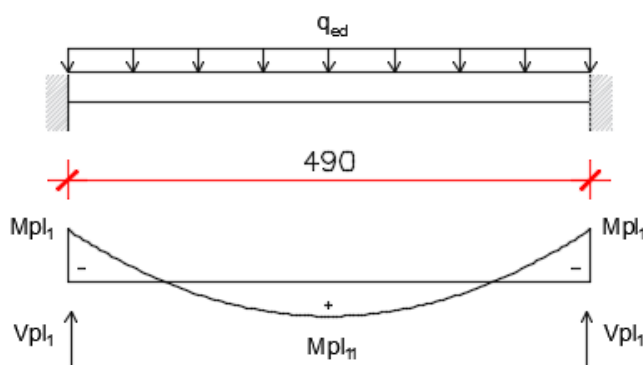
Odabrano $\phi 8/14$ (3,59 cm²/m')

4.1.3. Proračun greda balkona

Opterećenje ploče

$$q_{ed} = 1,35 \cdot 4 + 1,5 \cdot 15 = 27,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ed} = 27,9 \cdot 0,8 = 22,32 \text{ kN/m}'$$



Slika 50. Opterećenje ploče na balkonu

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_{pl1} = \frac{q_{ed} \cdot l^2}{12} = \frac{22,32 \cdot 4,9^2}{12} = 44,66 \text{ kNm}$$

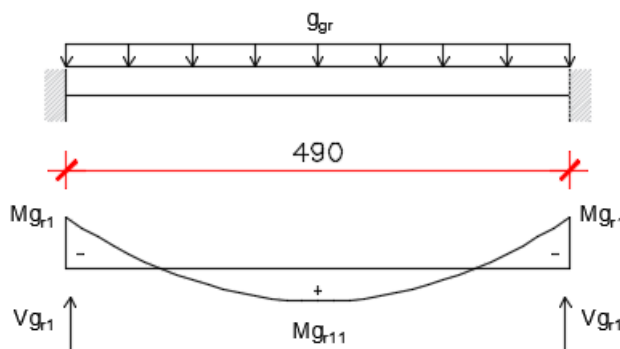
$$M_{pl11} = \frac{q_{ed} \cdot l^2}{24} = \frac{22,32 \cdot 4,9^2}{24} = 22,32 \text{ kNm}$$

$$V_{pl1} = \frac{q_{ed} \cdot l}{2} = \frac{22,32 \cdot 4,90}{2} = 54,68 \text{ kN}$$

Vlastita težina uzdužne grede (l = 490 cm)

$$g_{gr} = 0,22 \cdot 0,24 \cdot 25 = 1,32 \text{ kN/m'}$$

$$g_{gr} = \gamma_g \cdot 1,32 = 1,35 \cdot 1,32 = \mathbf{1,78 \text{ kN/m'}}$$



Slika 51. Opterećenje vlastite težine uzdužne grede balkona

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{1,78 \cdot 4,9^2}{12} = 3,56 \text{ kNm}$$

$$M_{gr11} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{24} = \frac{1,78 \cdot 4,9^2}{24} = 1,78 \text{ kNm}$$

$$V_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{1,78 \cdot 4,90}{2} = 4,36 \text{ kN}$$

Vlastita težina poprečne grede (l = 160 cm)

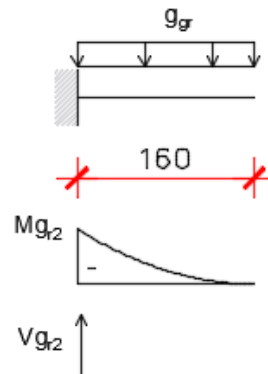
$$g_{gr} = 0,22 \cdot 0,32 \cdot 25 = 1,76 \text{ kN/m'}$$

$$g_{gr} = \gamma_g \cdot 1,76 = 1,35 \cdot 1,76 = \mathbf{2,38 \text{ kN/m'}}$$

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{2} = \frac{2,38 \cdot 1,6^2}{2} = 3,05 \text{ kNm}$$

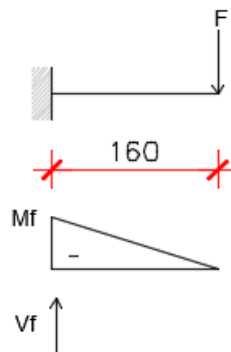
$$V_{gr2} = g_{gr} \cdot l = 2,38 \cdot 1,60 = 3,81 \text{ kN}$$



Slika 52. Opterećenje vlastite težine poprečne grede balkona

Reakcija od opterećenja ploče

$$F = 2 \cdot V_{pl1} = 2 \cdot 54,68 = 109,36 \text{ kN}$$



Slika 53. Reakcija od opterećenja ploče balkona

Vrijednosti momenata savijanja i reakcije:

$$M_f = F \cdot l = 109,36 \cdot 1,60 = 174,98 \text{ kNm}$$

$$V_f = F = 109,36 \text{ kN}$$

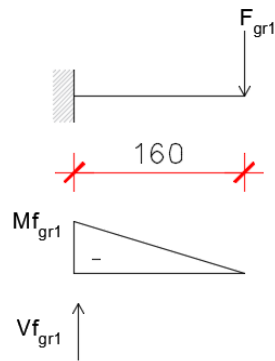
Reakcija od vlastite težine uzdužne grede

$$F_{gr1} = 2 \cdot V_{gr1} = 2 \cdot 4,36 = 8,72 \text{ kN}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{fgr1} = F_{gr1} \cdot l = 8,72 \cdot 1,60 = 13,95 \text{ kNm}$$

$$V_{fgr1} = F_{gr1} = 8,72 \text{ kN}$$



Slika 54. Reakcija od vlastite težine uzdužne grede

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih momenata savijanja dobivaju se sljedeća rješenja:

$$M_{polje}^{490} = M_{pl11} + M_{gr11} = 24,10 \text{ kNm}$$

$$M_{oslonac}^{490} = M_{pl1} + M_{gr1} = -24,22 \text{ kNm}$$

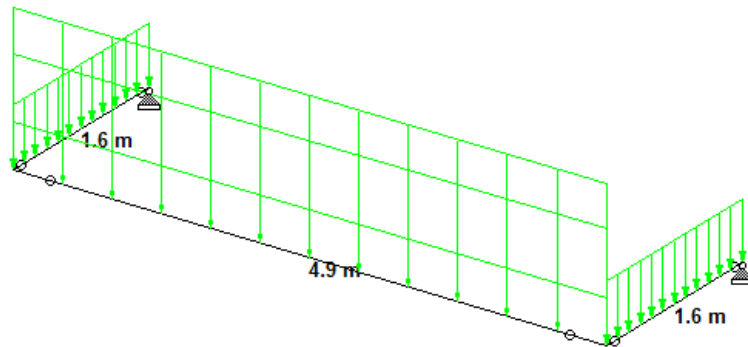
$$M_{oslonac}^{160} = M_{gr2} + M_f + M_{fgr1} = -191,98 \text{ kNm}$$

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih poprečnih sila dobivaju se sljedeća rješenja:

$$V_{oslonac}^{490} = V_{pl1} + V_{gr1} = 59,04 \text{ kN}$$

$$V_{oslonac}^{160} = V_{gr2} + V_f + V_{fgr1} = 121,89 \text{ kN}$$

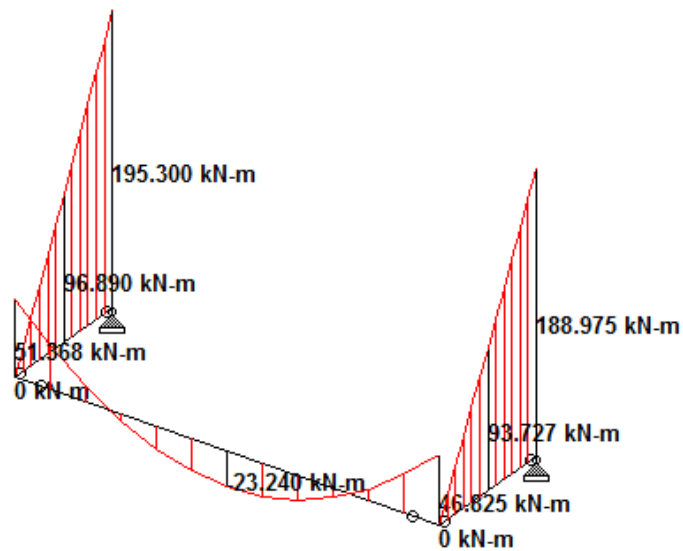
4.2. PROVJERA REZULTATA- STAAD.Pro



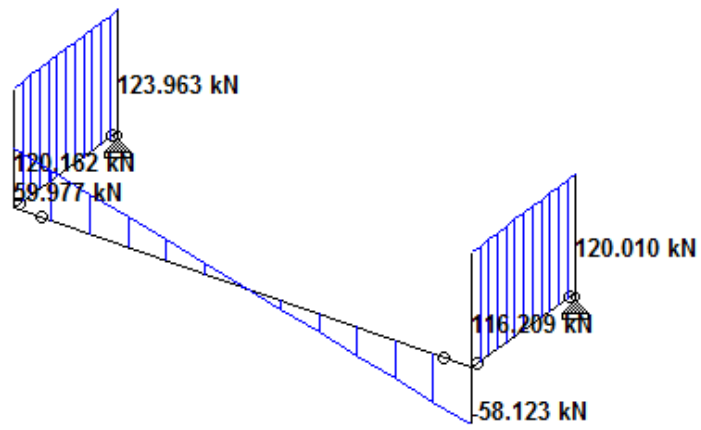
Slika 55. Shema balkona s opterećenjem

Ploča balkona nosiva je u jednom smjeru, tj. u kraćem smjeru konstrukcije. Balkoni su previđeni samo u uzdužnom smjeru konstrukcije. Na rubovima balkona predviđeno je postavljanje lagane metalne ograde visine 1,20 m.

Vrijednosti momenata savijanja i poprečnih sila:



Slika 56. Momenti savijanja balkona



Slika 57. Poprečne sile balkona

4.2.1. Dimenzioniranje greda balkona

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka uzdužne gredu ($l=490$ cm):

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff}i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 490 = 343 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{160 - 24}{2} = 68 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 68 + 0,1 \cdot 343 \leq 0,2 \cdot 343$$

$$b_{\text{eff}1} = 47,9 \text{ cm} \leq 68,6 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 68 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}1} = 48 \text{ cm}; b_w = 24 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 48 + 24 = \mathbf{72 \text{ cm}}$$

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 32 - 5 = 27 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje uzdužne grede u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 23,24 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{2324}{72 \cdot 27^2 \cdot 2,33} = 0,019 \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s1} = \frac{2324}{0,990 \cdot 27 \cdot 39,13} = 2,22 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 24 \cdot 27 = 1,19 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano $2\phi 12$ ($2,26 \text{ cm}^2/\text{m}'$)

Dimenzioniranje uzdužne grede na osloncu:

$$M_{Ed} = -51,37 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{5137}{24 \cdot 27^2 \cdot 2,33} = 0,126 \quad \zeta = 0,931$$

$$A_{s1} = \frac{5137}{0,931 \cdot 27 \cdot 39,13} = 5,22 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2 ϕ 12+2 ϕ 14 (5,34 cm²/m')**

Dimenzioniranje poprečne grede:

$$M_{Ed} = -195,30 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{19530}{32 \cdot 27^2 \cdot 2,33} = 0,359 > \mu_{Rds,lim} = 0,296$$

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rds,lim} \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0,296 \cdot 32 \cdot 27^2 \cdot 2,33 = 16088,86 \text{ kNcm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}}$$

$$A_{s1} = \frac{16088,86}{0,813 \cdot 27 \cdot 39,13} + \frac{19530 - 16088,86}{(27 - 5) \cdot 39,13} = 18,73 + 4,0 = 22,73 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s2} = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano: u gornjoj zoni **8 ϕ 20 (25,13 cm²/m')**

u donjoj zoni **2 ϕ 16 (4,02 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 123,96 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$$z = 0,9 \cdot 27 = 24,3 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 1,0 \cdot 32 \cdot 24,3 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 463,35 \text{ kN}$$

$$123,96 \text{ kN} < 463,35 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- najveći uzudžni razmak spona:

$$s_{l_{\max}} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{w\min} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 32} = 28,41 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad m = 2$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,\max}} < 0,30$$

$$\frac{123,96}{463,35} = 0,27 < 0,30$$

$$s_{l_{\max}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 27 = 20,25 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 20 \text{ cm}$$

Odabrana minimalna armatura $\phi 8/20 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = \frac{0,5 \cdot 2}{20} \cdot 24,3 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 57,05 \text{ kN}$$

$123,96 \text{ kN} > 57,05 \text{ kN}$ - potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 24,3 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{123,96} = 9,20 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 9 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/9 \text{ cm } m=2$

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

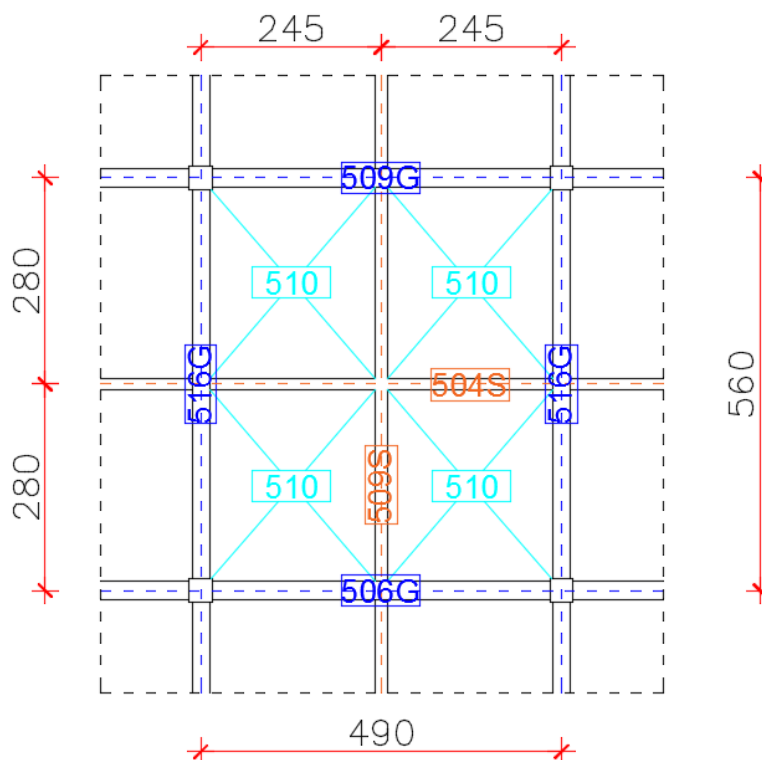
$\text{ctg}=1,0$

$$s = \frac{2 \cdot A_{sw} \cdot m \cdot f_{yd}}{b_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 39,13}{32 \cdot 1 \cdot 0,52 \cdot 2,33} = 2,01 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

5. STATIČKI PRORAČU KROVNE KONSTRUKCIJE

5.1. ANALIZA KROVNE KONSTRUKCIJE

Krovna konstrukcija sastavljena je od glavnih greda dimenzija 24/46 cm, sekundarnih greda 16/38 cm i ploče debljine 10 cm. U sredini raspona nalaze se sekundarne grede koje se križaju, te na taj način ostvaruje se statički sustav tzv. roštilj. Radi se o neprohodnoj krovnoj konstrukciji. Dulji raspon krova iznosi 560 cm, a kraći raspon iznosi 490 cm. Poprečni presjek glavnih i sekundarnih greda jednak je za oba smjera konstrukcije.



Slika 58. Shema krovne konstrukcije s gredom u sredini raspona

Određivanje visine ploče **poz. 510:**

$$h_p = \frac{l}{30} = \frac{245}{30} = 8,17 \text{ cm}$$

- odabrano $h_p = 10 \text{ cm}$

Provjera visine sekundarnih greda **poz.504s i 509s:**

$h = 38 \text{ cm}$ visina sekundarnih greda

$$h_g = \frac{\text{raspon}}{15} = \frac{560}{15} = 37,13 \text{ cm} < 38 \text{ cm}$$

Proračunska opterećenja

Mjerodavno je uporabno opterećenje za neprohodne krovove kategorije H ($q = 0,6 \text{ kN/m}^2$), jer je vrijednost snijega manja ($q = 0,4 \text{ kN/m}^2$), a vjetar djeluje povoljno tj. nema pritiska na krovnu konstrukciju.

- stalno $g = 5,34 \text{ kN/m}^2$

- uporabno $q = 0,6 \text{ kN/m}^2$

$$q_{ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1,35 \cdot 5,34 + 1,5 \cdot 0,6 = \mathbf{8,10 \text{ kN/m}^2}$$

Proračunske visine armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S2:

$$d_{1x} = c_{nom} + \frac{\phi}{2} = 2,5 + \frac{1}{2} = 3,0 \text{ cm}$$

$$d_{1y} = d_{1x} + \phi = 3,0 + 1 = 4,0 \text{ cm}$$

$$d_x = h_p - d_{1x} = 10 - 3,0 = 7,0 \text{ cm}$$

$$d_y = h_p - d_{1y} = 10 - 4,0 = 6,0 \text{ cm}$$

5.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE KROVNE KONSTRUKCIJE

5.2.1. Nosivost ploče poz. 510:

$$\lambda = \frac{l \text{ duži raspon}}{l \text{ kraćii raspon}} = \frac{280}{245} = 1,14$$

$$\lambda = 1,14 < 2 - \text{ploča nosiva u 2 smjera.}$$

Za proračun momenata savijanja koristimo Loserove tablice po Marcusu. Za ploču poz. 510 vrijedi slučaj 6.

za $\lambda = 1,15 \rightarrow$ interpolacija $\lambda = 1,10$ i $\lambda = 1,20$

$$\varphi_{6x} = 43,84 \quad \varphi_{6y} = 76,64 \quad \kappa_x = 0,63$$

Momenti savijanja u polju za smjer x ($l_x = 2,45$ m):

$$M_{Edx} = \left(\frac{q_{ed}}{\varphi_{6x}} \right) \cdot l_x^2 = \left(\frac{8,10}{43,84} \right) \cdot 2,45^2 = 1,11 \text{ kNm/m'}$$

Izračun potrebne armature u polju za smjer x:

$$\mu_{Eds} = \frac{111}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,010 \quad \zeta = 0,995$$

$$A_{s1x} = \frac{111}{0,995 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 0,41 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Minimalna armatura za smjer x:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 100 \cdot 7,0 = 1,29 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Mjerodavna je minimalna armatura!

Momenti savijanja u polju za smjer y ($l_y = 2,80$ m):

$$M_{Edx} = \left(\frac{q_{ed}}{\varphi_{6y}} \right) \cdot l_y^2 = \left(\frac{8,10}{76,64} \right) \cdot 2,80^2 = 0,83 \text{ kNm/m'}$$

Izračun potrebne armature u polju za smjer y:

$$\mu_{Eds} = \frac{83}{100 \cdot 6,0^2 \cdot 2,33} = 0,010 \quad \zeta = 0,995$$

$$A_{s1y} = \frac{83}{0,995 \cdot 6,0 \cdot 39,13} = 0,36 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Minimalna armatura za smjer y:

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 100 \cdot 6,0 = 1,11 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Mjerodavna je minimalna armatura!

Odabir armature za ploču **poz. 510**:

- smjer x → **φ6/15 cm (1,89 cm²/m')**

- smjer y → **φ6/15 cm (1,89 cm²/m')**

5.2.2. Oslonac poz. 510-510 (x - smjer):

$$\kappa_x = 0,63 \quad q_{ed}' = \kappa_x \cdot q_{ed}$$

$$q_{ed}' = 0,63 \cdot 8,10 = \mathbf{5,10 \text{ kN/m}^2}$$

Moment savijanja na osloncu za smjer x:

$$M_{Edx} = -\frac{1}{n} \cdot q_{ed}' \cdot l_x^2 = -\frac{1}{12} \cdot 5,10 \cdot 2,45^2 = 2,55 \text{ kNm/m}'$$

Izračun potrebne armature na osloncu za smjer x:

$$\mu_{Eds} = \frac{255}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,022 \quad \zeta = 0,985$$

$$A_{s1x} = \frac{255}{0,985 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 0,95 \text{ cm}^2/\text{m}' < A_{s\min} = 1,29 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

5.2.3. Oslonac poz. 510-510 (y - smjer):

$$\kappa_y = 1 - \kappa_x = 1 - 0,63 = 0,37$$

$$q_{ed}' = \kappa_y \cdot q_{ed} = 0,37 \cdot 8,10 = \mathbf{3,0 \text{ kN/m}^2}$$

Moment savijanja na osloncu za smjer y:

$$M_{Edy} = -\frac{1}{n} \cdot q_{ed}' \cdot l_y^2 = -\frac{1}{12} \cdot 3,0 \cdot 2,80^2 = 1,96 \text{ kNm/m}'$$

Izračun potrebne armature na osloncu za smjer y:

$$\mu_{Eds} = \frac{196}{100 \cdot 7,0^2 \cdot 2,33} = 0,017 \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s1y} = \frac{196}{0,990 \cdot 7,0 \cdot 39,13} = 0,72 \text{ cm}^2/\text{m}' < A_{s\text{min}} = 1,11 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

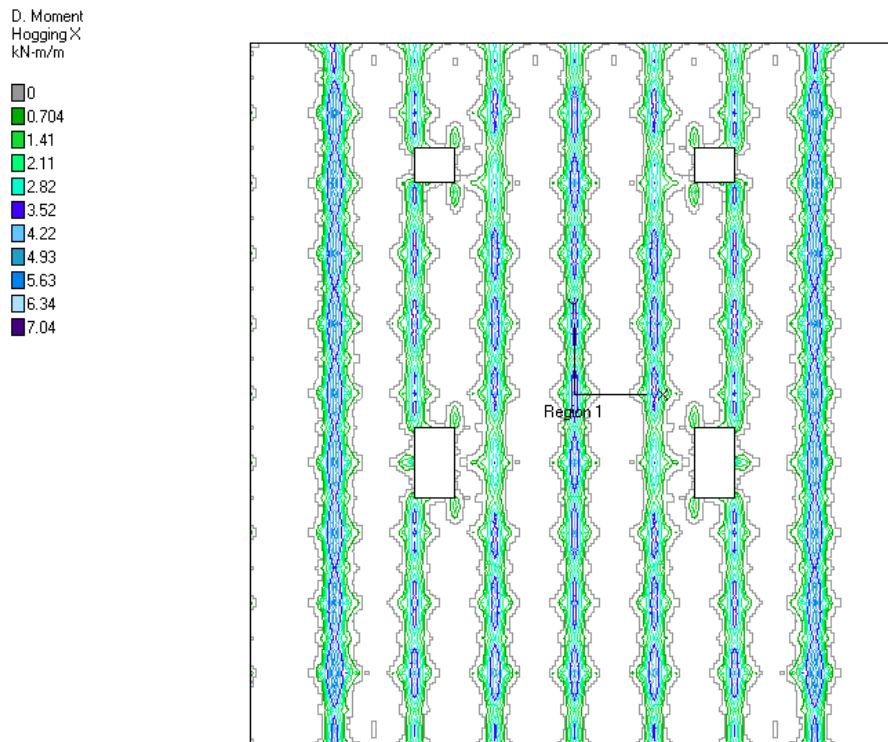
Odabir armature za oslonac **poz. 510-510:**

- smjer x → **φ6/15 cm (1,89 cm²/m')**

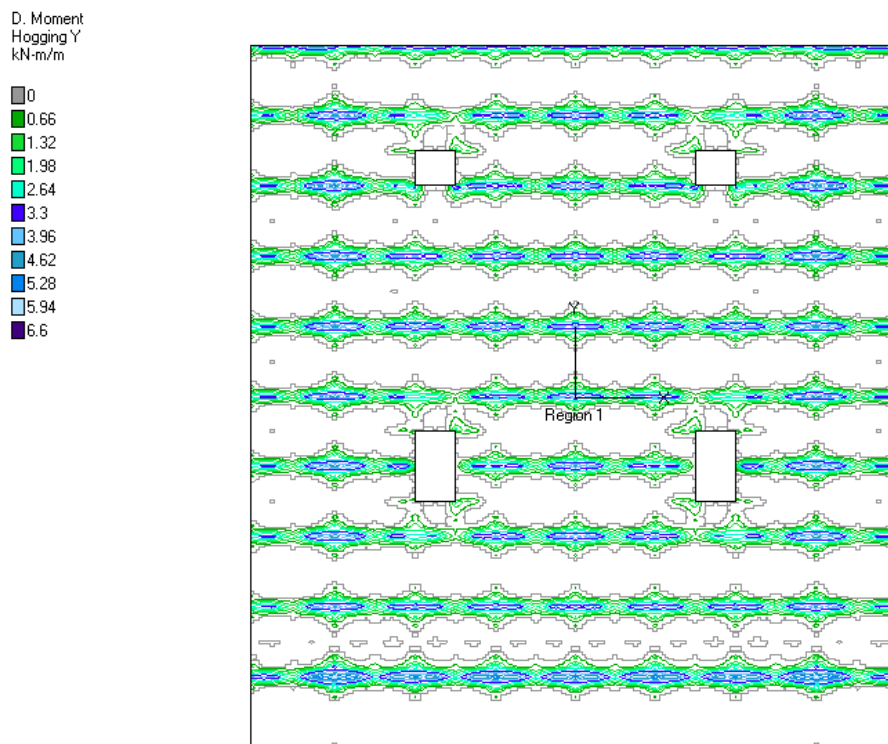
- smjer y → **φ6/15 cm (1,89 cm²/m')**

5.2.4. Rezultati dobiveni iz modela u računalnom programu:

GORNJA ZONA - Momenti savijanja



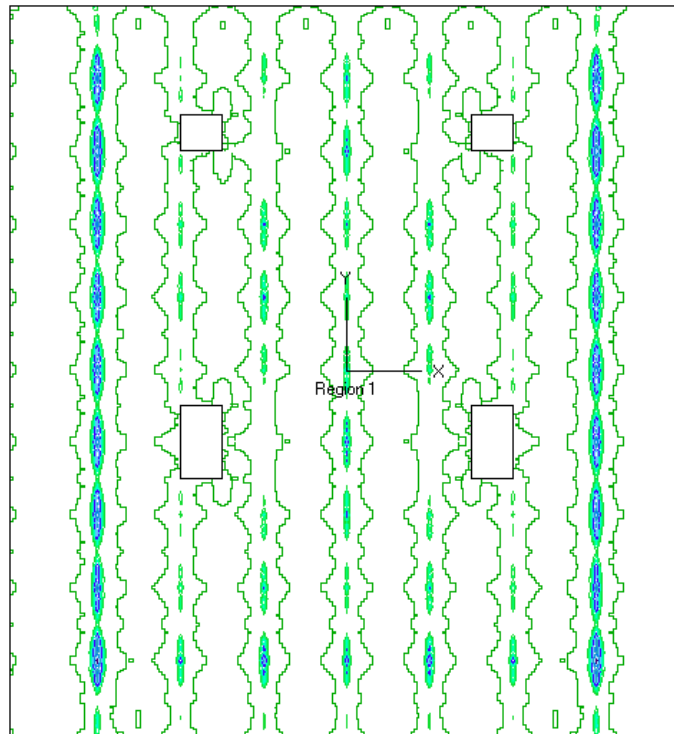
Slika 59. Momenti savijanja ploče krova u poprečnom smjeru - gornja zona



Slika 60. Momenti savijanja ploče krova u uzdužnom smjeru - gornja zona

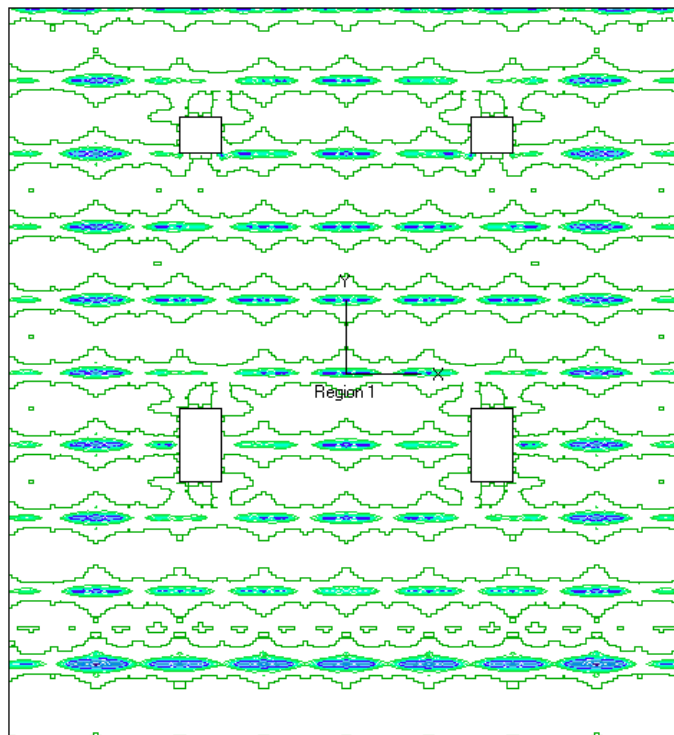
GORNJA ZONA - Armatura

Reqd. Steel
Top X
mm/m



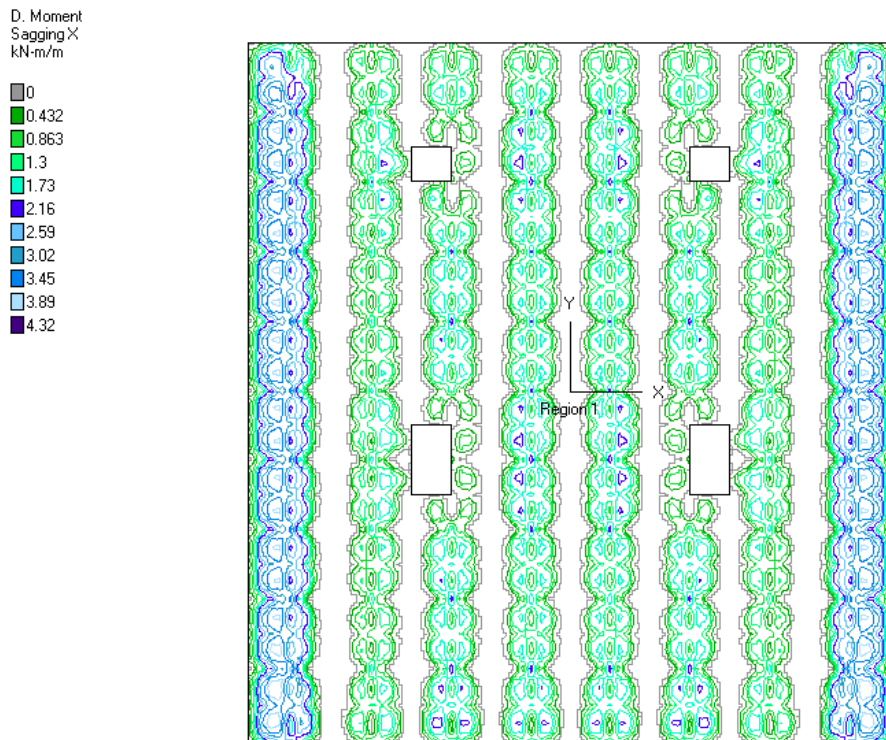
Slika 61. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče krova - gornja zona

Reqd. Steel
Top Y
mm/m

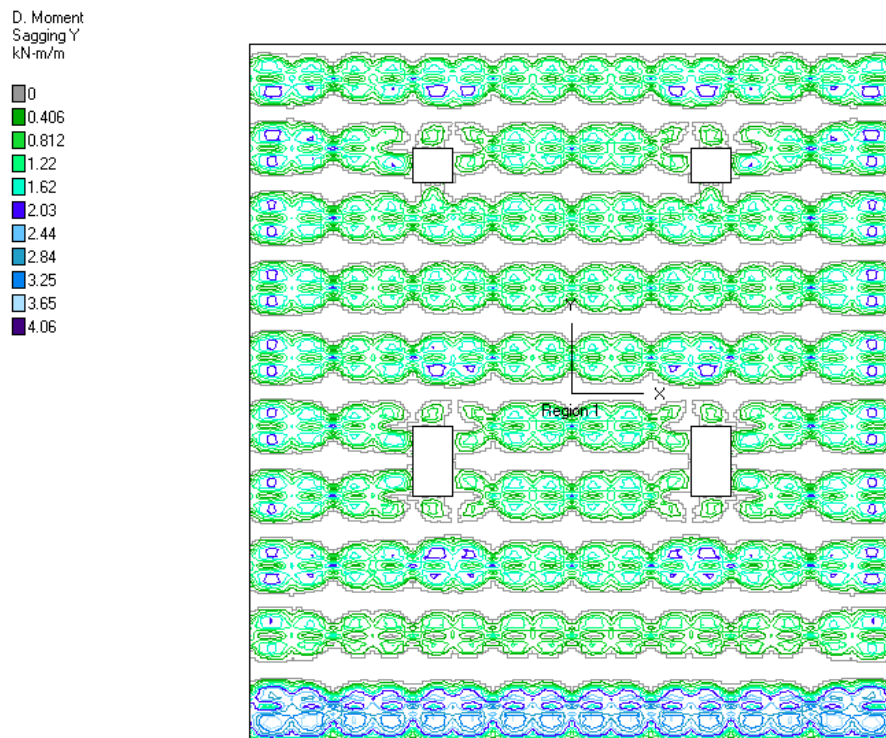


Slika 62. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče krova - gornja zona

DONJA ZONA - Momenti savijanja



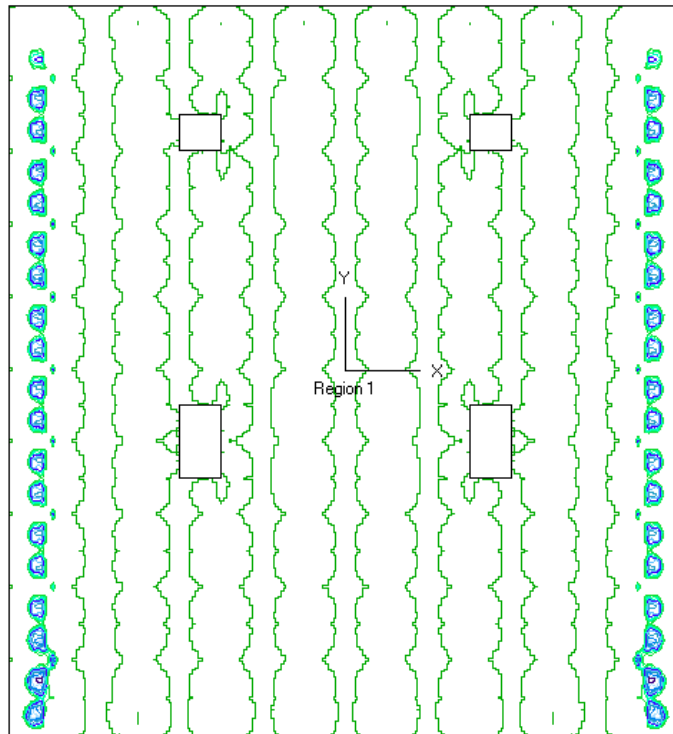
Slika 63. Momenti savijanja ploče krova u poprečnom smjeru - donja zona



Slika 64. Momenti savijanja ploče krova u uzdužnom smjeru - donja zona

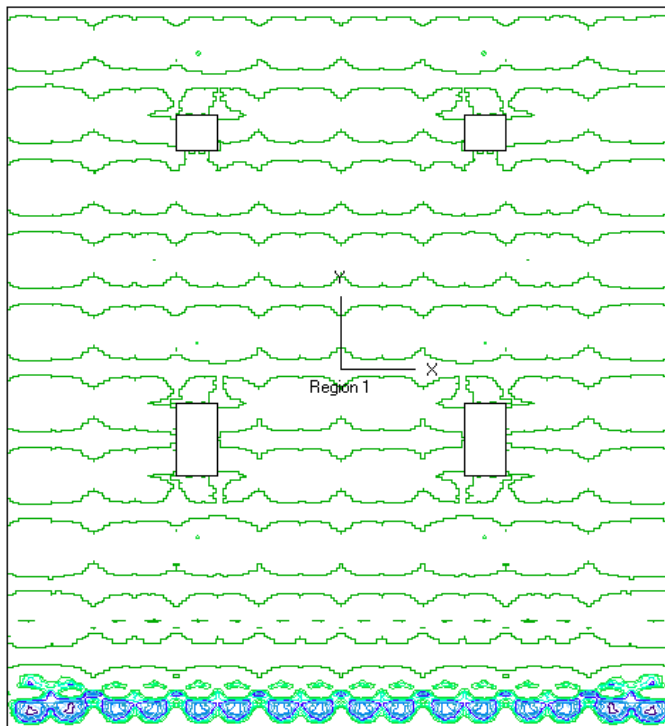
DONJA ZONA - Armatura

Reqd. Steel
Bottom X
mm/m



Slika 65. Potrebna armatura u poprečnom smjeru ploče krova - donja zona

Reqd. Steel
Bottom Y
mm/m



Slika 66. Potrebna armatura u uzdužnom smjeru ploče krova - donja zona

5.3. PRORAČUN SEKUNDARNIH GREDA (sustav roštilja)

Vrijednosti reznih sila u sekundarnim gredama krovne konstrukcije dobivene su metodom pomaka na isti način kao kod pozicije suterena. Sekundarne grede krovne konstrukcije su manjih dimenzija (16/38 cm) jer su znatno manje opterećene tj. jer se radi o neprohodnom krovu. Podjela i prijenos opterećenja je jednaka kao za poziciju suterena.

5.3.1. Analiza opterećenja

Trokutno opterećenje ploče

$$g_1 = q_{ed} \cdot \frac{l_x}{2} = 8,10 \cdot \frac{2,45}{2} = 9,92 \text{ kN/m'}$$

$$2g_1 = 2 \cdot 9,92 = \mathbf{19,84 \text{ kN/m'}}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{g1} = \frac{5 \cdot l^2 \cdot 2g_1}{96} = \frac{5 \cdot 2,45^2 \cdot 19,84}{96} = 6,20 \text{ kNm}$$

$$V_{g1} = \frac{1}{4} \cdot 2g_1 \cdot \frac{2,45}{4} = \frac{2,45}{4} \cdot 19,84 = 12,15 \text{ kN}$$

Stalno od vlastite težine grede 504s

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 1,12 = 1,51 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{1,51 \cdot 2,45^2}{12} = 0,76 \text{ kNm}$$

$$V_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{1,51 \cdot 2,45}{2} = 1,85 \text{ kN}$$

Trapezno opterećenje ploče

$$2g_2 = 2g_1 = \mathbf{19,84 \text{ kN/m'}}$$

Vrijednosti momenata i reakcije: (STAAD.Pro)

$$M_{g2} = 9,10 \text{ kNm}$$

$$V_{g2} = 15,63 \text{ kN}$$

Stalno od vlastite težine grede 509s

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 1,12 = 1,51 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{1,51 \cdot 2,80^2}{12} = 0,99 \text{ kNm}$$

$$V_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{1,51 \cdot 2,80}{2} = 2,11 \text{ kN}$$

Roštiljnu konstrukciju krova dijeli se na grede poput roštiljne konstrukcije I. kata, odnosno grede A-E i E-B duljine 2,80 m i grede C-E i E-D duljine 2,45 m. Rješenje se dobiva metodom pomaka točke E.

Vrijednosti momenata i reakcije za duži raspon:

$$M_a = M_b = \frac{6}{l^2} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,80^2} \cdot \Delta E$$

$$V_a = V_b = \frac{6}{l^3} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,80^3} \cdot \Delta E$$

Vrijednosti momenata i reakcije za kraći raspon:

$$M_c = M_d = \frac{6}{l^2} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,45^2} \cdot \Delta E$$

$$V_c = V_d = \frac{6}{l^3} \cdot \Delta E = \frac{6}{2,45^3} \cdot \Delta E$$

Iz uvjeta ravnoteže vertikalnih sila slijedi:

$$\sum F_z = 0$$

$$2V_c - 2V_{g1} - 2V_{gr1} + 2V_a - 2V_{g2} - 2V_{gr2} = 0$$

$$2 \cdot \frac{12}{2,45^3} \Delta E - 2 \cdot 12,15 - 2 \cdot 1,85 + 2 \cdot \frac{12}{2,80^3} \Delta E - 2 \cdot 15,63 - 2 \cdot 2,11 = 0$$

$$\Delta E = 23,30$$

5.3.2. Numeričko rješenje:

Zbrajanjem dijagrama momenata savijanja dobivaju se sljedeća rješenja:

$$M_{cc} = -M_{g1} - M_{gr1} - M_c = -6,20 - 0,76 - \frac{6}{2,45^2} \Delta E = -30,25 \text{ kNm}$$

$$M_{aa} = -M_{g2} - M_{gr2} - M_a = -9,10 - 0,99 - \frac{6}{2,80^2} \Delta E = -27,92 \text{ kNm}$$

$$M_e = -M_{g1} - M_{gr1} + M_c = -6,20 - 0,76 + \frac{6}{2,45^2} \Delta E = 16,33 \text{ kNm}$$

$$M_e = -M_{g2} - M_{gr2} + M_a = -9,10 - 0,99 + \frac{6}{2,80^2} \Delta E = 7,74 \text{ kNm}$$

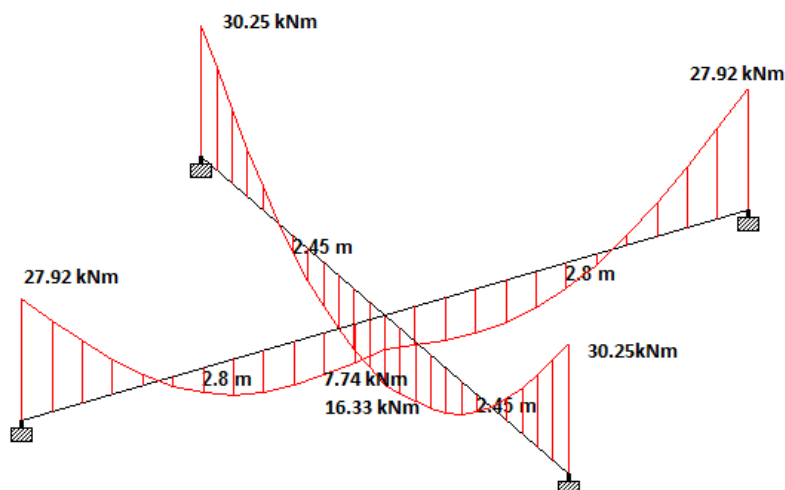
Zbrajanjem dijagrama poprečnih sila dobivaju se sljedeća rješenja:

$$V_{cc} = V_{g1} + V_{gr1} + V_c = 12,15 + 1,85 + \frac{12}{2,45^3} \Delta E = 33,01 \text{ kN}$$

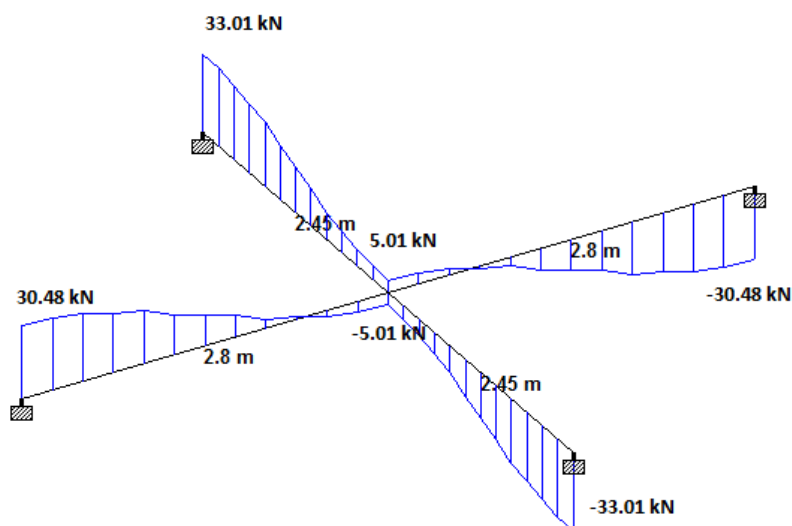
$$V_{aa} = V_{g2} + V_{gr2} + V_a = 15,63 + 2,11 + \frac{12}{2,80^3} \Delta E = 30,48 \text{ kN}$$

$$V_e = V_{g1} + V_{gr1} - V_c = 12,15 + 1,85 - \frac{12}{2,45^3} \Delta E = -5,01 \text{ kN}$$

$$V_e = V_{g2} + V_{gr2} - V_a = 15,63 + 2,11 - \frac{12}{2,80^3} \Delta E = 5,01 \text{ kN}$$



Slika 67. Dijagram momenata savijanja



Slika 68. Dijagram poprečnih sila

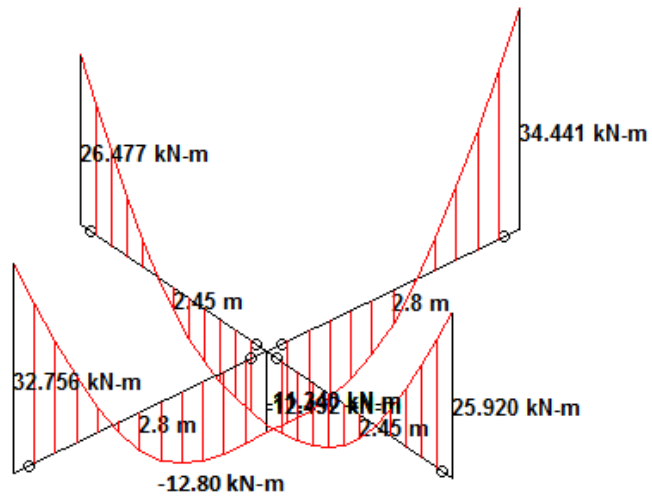
5.4. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE KROVA - sekundarne grede

Pomoću računalnog programa STAAD.Pro napravljen je model krovne konstrukcije na jednak način poput modela stropne konstrukcije I. kata. Za izvedbu modela korišteni su različiti oslonci: u blizini otvora dizala postavljeni su upeti oslonci; u osi simetrije konstrukcije postavljeni su oslonci u kojima se javlja moment oko osi z; dok na pozicijama većinu stupova postavljeni su nepokretni oslonci. Torzija je isključena u elementima, jer se kod ovakvih sustava ona uravnotežuje.

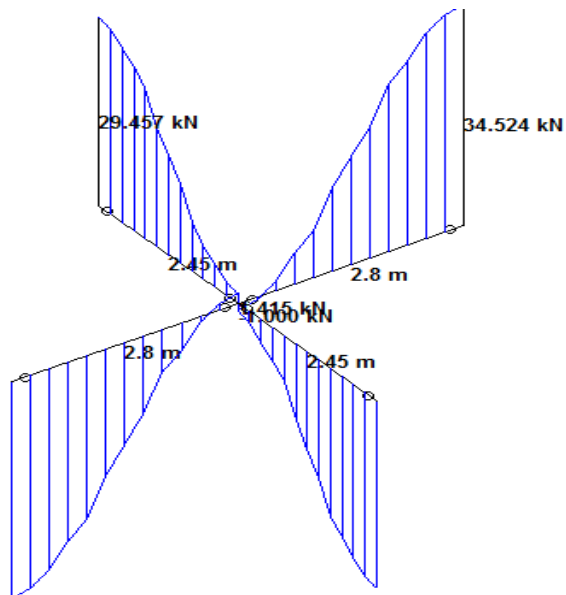
Za dimenzioniranje sekundarnih greda krova promatraju se 2 slučaja:

1. **SLUČAJ** - sekundarne grede se nalaze u srednjem polju krovne konstrukcije
2. **SLUČAJ** - sekundarne grede se nalaze u rubnom polju krovne konstrukcije

1. SLUČAJ - sekundarne grede se nalaze u srednjem polju krovne konstrukcije



Slika 69. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda krova 1. slučaj



Slika 70. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda krova 1. slučaj

5.4.1. Dimenzioniranje sekundarnih greda krova - 1. slučaj

Sekundarne grede dimenzioniraju se za 2 slučaja tj. za rubno i srednje polje krovne konstrukcije. Dimenzioniraju se za stalnu proračunsku kombinaciju.

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff}i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \quad b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 245 = 171,5 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{280 - 16}{2} = 132 \text{ cm}$$

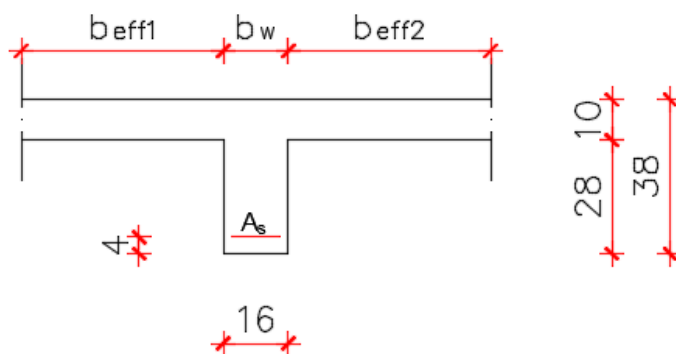
$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 132 + 0,1 \cdot 171,5 \leq 0,2 \cdot 171,5$$

$$b_{\text{eff}1} = 43,55 \text{ cm} \leq 34,3 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 132 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}1} = 34,3 \text{ cm}; \quad b_w = 16 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 34,3 + 16 = \mathbf{85 \text{ cm}}$$



Slika 71. Sudjelujuća širina T- presjeka sekundarnih greda krovne konstrukcije

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 38 - 5 = 33 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 12,80 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{1280}{85 \cdot 33^2 \cdot 2,33} = 0,006$$

$$\zeta = 0,995 \quad \xi = 0,012$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,012 \cdot 33 = 0,40 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{1280}{0,995 \cdot 33 \cdot 39,13} = 1,0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 16 \cdot 33 = 0,98 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2 ϕ 10 (1,57 cm²/m')**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = 34,44 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{3444}{16 \cdot 33^2 \cdot 2,33} = 0,085 \quad \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{3444}{0,953 \cdot 33 \cdot 39,13} = 2,80 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **3 ϕ 14 (3,08 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 34,52 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot u_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta}$$

$$z = 0,9 \cdot 33 = 29,7 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,max} = 1,0 \cdot 16 \cdot 29,7 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 283,16 \text{ kN}$$

$$34,52 \text{ kN} < 283,16 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- najveći uzdužni razmak spona:

$$s_{l,max} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{wmin} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 16} = 56,82 \text{ cm}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

$$\frac{34,52}{283,16} = 0,12 < 0,30$$

$$s_{l,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 33 = 24,75 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 25 \text{ cm}$$

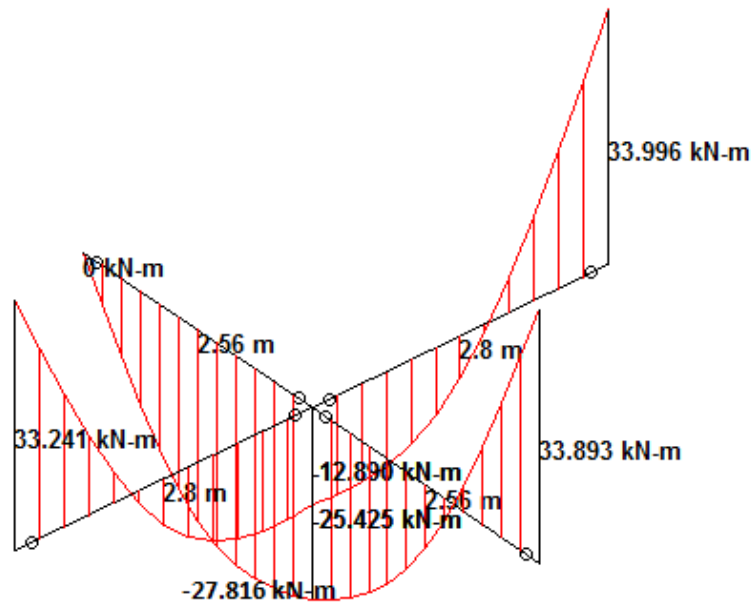
Odabrana minimalna armatura $\phi 8/25 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{min} koju nosi minimalna armatura:

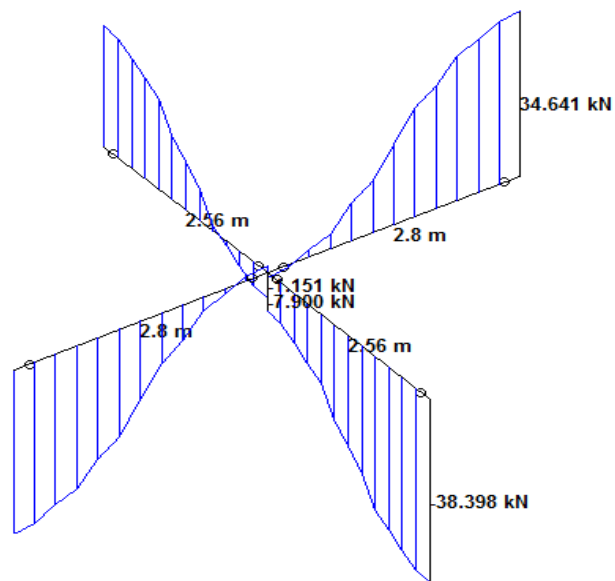
$$V_{Rds}^{min} = \frac{A_{sw} \cdot m}{s_{l,max}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta = \frac{0,5 \cdot 2}{25} \cdot 29,7 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 55,78 \text{ kN}$$

$34,52 \text{ kN} < 55,78 \text{ kN}$ - nije potreban proračun poprečne armature, zadovoljava minimalna armatura!

2. SLUČAJ - sekundarne grede se nalaze u rubnom polju krovne konstrukcije



Slika 72. Dijagram momenata savijanja sekundarnih greda krova 2. slučaj



Slika 73. Dijagram poprečnih sila sekundarnih greda krova 2. slučaj

5.4.2. Dimenzioniranje sekundarnih greda krova - 2. slučaj

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 27,82 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{2782}{85 \cdot 33^2 \cdot 2,33} = 0,013$$

$$\zeta = 0,990 \quad \xi = 0,025$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,025 \cdot 33 = 0,83 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{2782}{0,990 \cdot 33 \cdot 39,13} = 2,18 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 0,98 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2 ϕ 12 (2,26 cm²/m')**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = 34,0 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{3400}{16 \cdot 33^2 \cdot 2,33} = 0,084 \quad \zeta = 0,953$$

$$A_{s1} = \frac{3400}{0,953 \cdot 33 \cdot 39,13} = 2,76 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **3 ϕ 14 (3,08 cm²/m')**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 38,40 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$38,40 \text{ kN} < 283,16 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- odabrana minimalna armatura $\phi 8/25 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$38,40 \text{ kN} < 55,78 \text{ kN}$ - nije potreban proračun poprečne armature, zadovoljava minimalna armatura!

5.5. PRORAČUN GLAVNIH GREDA KROVNE KONSTRUKCIJE

Glavne grede krovne konstrukcije imaju dimenzije 24/46 cm, te imaju funkciju preuzimanja opterećenja s krovne ploče, te prijenosa na stupove na koje se oslanjaju. Grede u uzdužnom smjeru imaju oznake 506G i 509G, te njihova dužina iznosi 490 cm. Grede u poprečnom smjeru imaju oznaku 516G, te njihova dužina iznosi 560 cm.

5.5.1. Analiza opterećenja

Stalno od vlastite težine grede 506G i 509G

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 2,16 = 2,92 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{2,92 \cdot 4,9^2}{12} = 5,84 \text{ kNm}$$

$$M_{gr11} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{24} = \frac{2,92 \cdot 4,9^2}{24} = 2,92 \text{ kNm}$$

$$V_{gr1} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{2,92 \cdot 4,90}{2} = 7,15 \text{ kN}$$

Trokutno opterećenje ploče

$$2g_1 = 2 \cdot 9,92 = 19,84 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:(STAAD.Pro)

$$M_{g1} = 21,10 \text{ kNm}$$

$$M_{g11} = 8,68 \text{ kNm}$$

$$V_{g1} = 24,30 \text{ kN}$$

Reakcija sekundarne grede 509s

$$F_1 = 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 30,48 = 60,96 \text{ kN}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{f1} = M_{f11} = \frac{F_1 \cdot l}{8} = \frac{60,96 \cdot 4,9}{8} = 37,34 \text{ kNm}$$

$$V_{f1} = \frac{F_1}{2} = \frac{60,96}{2} = 30,48 \text{ kN}$$

Stalno od vlastite težine grede 516G

$$g_{gr} = \gamma_G \cdot 2,16 = 2,92 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{12} = \frac{2,92 \cdot 5,6^2}{12} = 7,63 \text{ kNm}$$

$$M_{gr22} = \frac{g_{gr} \cdot l^2}{24} = \frac{2,92 \cdot 5,6^2}{24} = 3,82 \text{ kNm}$$

$$V_{gr2} = \frac{g_{gr} \cdot l}{2} = \frac{2,92 \cdot 5,60}{2} = 8,18 \text{ kN}$$

Trapezno opterećenje ploče

$$2g_2 = 2g_1 = 19,84 \text{ kN/m'}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:(STAAD.Pro)

$$M_{g2} = 30,96 \text{ kNm}$$

$$M_{g22} = 12,79 \text{ kNm}$$

$$V_{g2} = 31,25 \text{ kN}$$

Reakcija sekundarne grede 504s

$$F_2 = 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 33,01 = 66,02 \text{ kN}$$

Vrijednosti momenata i reakcije:

$$M_{f2} = M_{f22} = \frac{F_2 \cdot l}{8} = \frac{66,02 \cdot 5,6}{8} = 46,21 \text{ kNm}$$

$$V_{f2} = \frac{F_2}{2} = \frac{66,02}{2} = 33,01 \text{ kN}$$

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih momenata savijanja dobivaju se sljedeća rješenja:

$$M_{\text{polje}}^{490} = M_{\text{gr11}} + M_{\text{g11}} + M_{\text{f11}} = 48,94 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{oslonac}}^{490} = M_{\text{gr1}} + M_{\text{g1}} + M_{\text{f1}} = -64,28 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{polje}}^{560} = M_{\text{gr22}} + M_{\text{g22}} + M_{\text{f22}} = 62,82 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{oslonac}}^{560} = M_{\text{gr2}} + M_{\text{g2}} + M_{\text{f2}} = -84,80 \text{ kNm}$$

Zbrajanjem vrijednosti pojedinačnih poprečnih sila dobivaju se sljedeća rješenja:

$$V_{\text{oslonac}}^{490} = V_{\text{gr1}} + V_{\text{g1}} + V_{\text{f1}} = 61,93 \text{ kN}$$

$$V_{\text{oslonac}}^{560} = V_{\text{gr2}} + V_{\text{g2}} + V_{\text{f2}} = 72,44 \text{ kN}$$

5.6. MODEL ROŠTILJNE KONSTRUKCIJE KROVA - glavne grede

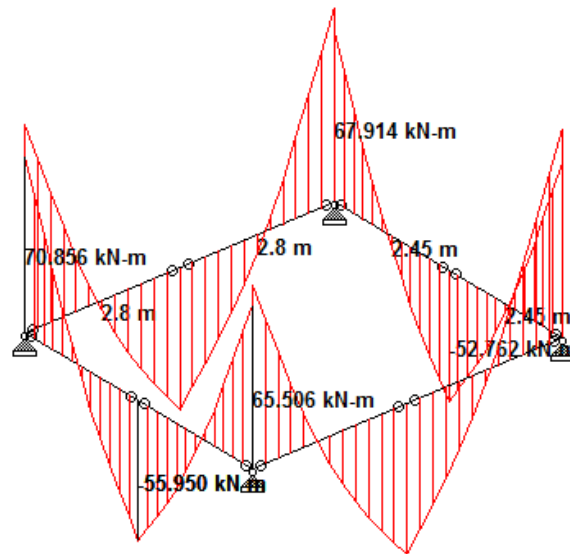
Promatraju se 2 slučaja:

1. SLUČAJ - glavne grede se nalaze u srednjem polju krovne konstrukcije

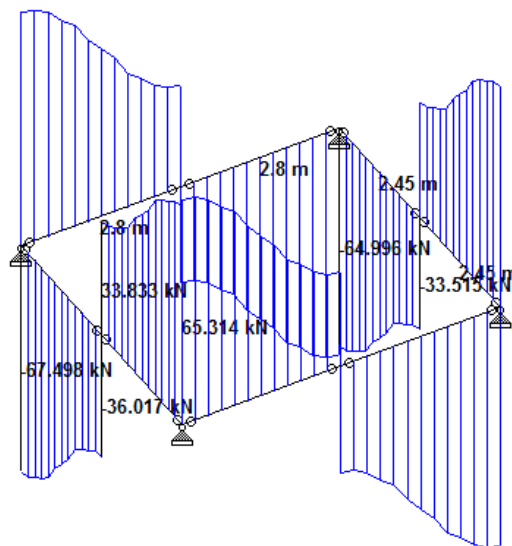
2. SLUČAJ - glavne grede se nalaze u rubnom polju krovne konstrukcije

Uzdružne glavne grede dimenzioniraju se na temelju ova 2 slučaja, a poprečne glavne grede dimenzioniraju se prema modelu okvirne konstrukcije.

1.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u srednjem polju stropne konstrukcije



Slika 74. Dijagram momenata savijanja glavnih greda krova 1. slučaj



Slika 75. Dijagram poprečnih sila glavnih greda krova 1. slučaj

5.6.1. Dimenzioniranje glavnih greda krova - 1. slučaj

Glavne grede roštilja 506G, 509G i 516G dimenzioniraju se prema najvećim momentima savijanja.

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka za gredu 506G i 509G ($l=490$ cm):

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff}i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \quad b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 490 = 343 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{560 - 24}{2} = 268 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 268 + 0,1 \cdot 343 \leq 0,2 \cdot 343$$

$$b_{\text{eff}1} = 87,9 \text{ cm} \leq 68,6 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 268 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}1} = 68,6 \text{ cm}; \quad b_w = 24 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 68,6 + 24 = \mathbf{161 \text{ cm}}$$

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 46 - 5 = 41 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 55,95 \text{ kNm}$$

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{5595}{161 \cdot 41^2 \cdot 2,33} = 0,009$$

$$\zeta = 0,995 \quad \xi = 0,012$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,012 \cdot 41 = 0,49 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{5595}{0,995 \cdot 41 \cdot 39,13} = 3,50 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 24 \cdot 41 = 1,82 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2φ16 (4,02 cm²)**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -70,86 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{7086}{24 \cdot 41^2 \cdot 2,33} = 0,075 \quad \zeta = 0,960$$

$$A_{s1} = \frac{7086}{0,960 \cdot 41 \cdot 39,13} = 4,60 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **3φ14 (4,62 cm²)**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 67,50 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 41 = 36,9 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,\max} = 1,0 \cdot 24 \cdot 36,9 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 527,70 \text{ kN}$$

$$67,50 \text{ kN} < 527,70 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- najveći uzudžni razmak spona:

$$s_{l,\max} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{w\min} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 24} = 37,88 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad m = 2$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

$$\frac{67,50}{527,70} = 0,13 < 0,30$$

$$s_{l,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 41 = 30,75 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

Odabrana minimalna armatura $\phi 8/30 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = \frac{0,5 \cdot 2}{30} \cdot 36,9 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 57,76 \text{ kN}$$

67,50 kN < 57,76 kN - potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 36,9 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{67,50} = 25,7 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 25 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/25 \text{ cm } m=2$

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{\min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{\min}$$

$$67,50 - \frac{19,84}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 2,92 \cdot \lambda = 57,76$$

$$8,10\lambda^2 + 2,92\lambda - 9,74 = 0$$

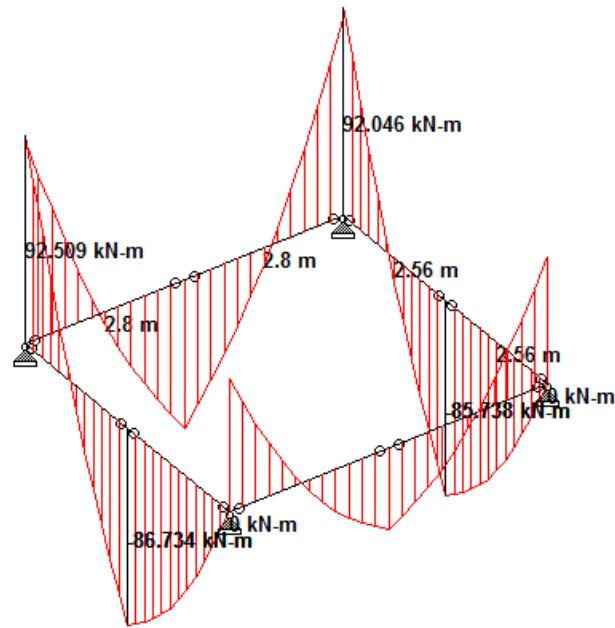
Pomoću kvadratne jednadžbe dobijemo dužinu potrebne poprečne armature $\lambda = 0,93 \text{ m}$.

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

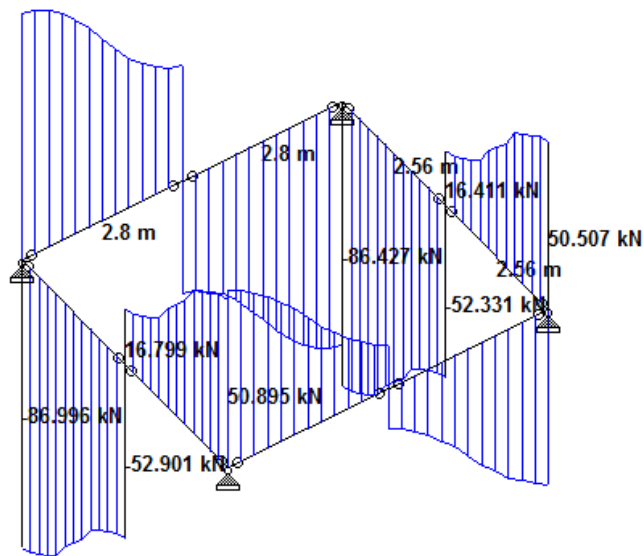
$\text{ctg}=1,0$

$$s = \frac{2 \cdot A_{sw} \cdot m \cdot f_{yd}}{b_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd}} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 39,13}{24 \cdot 1 \cdot 0,52 \cdot 2,33} = 2,69 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$$

2.SLUČAJ - glavne grede se nalaze u rubnom polju stropne konstrukcije



Slika 76. Dijagram momenata savijanja glavnih greda krova 2. slučaj



Slika 77. Dijagram poprečnih sila glavnih greda krova 2. slučaj

5.6.2. Dimenzioniranje glavnih greda krova - 2. slučaj

Dimenzioniranje u polju:

$$M_{Ed} = 86,73 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{8673}{161 \cdot 41^2 \cdot 2,33} = 0,014$$

$$\zeta = 0,990 \quad \xi = 0,025$$

- provjera položaja neutralne osi:

$$x = \xi \cdot d = 0,025 \cdot 41 = 1,03 \text{ cm} \leq h_f = 10 \text{ cm}$$

neutralna os prolazi kroz ploču!

$$A_{s1} = \frac{8673}{0,990 \cdot 41 \cdot 39,13} = 5,46 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Minimalna armatura :

$$A_{s,\min} = 1,82 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **5 ϕ 12 (5,66 cm²)**

Dimenzioniranje na osloncu:

$$M_{Ed} = -92,51 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{9251}{24 \cdot 41^2 \cdot 2,33} = 0,098 \quad \zeta = 0,947$$

$$A_{s1} = \frac{9251}{0,947 \cdot 41 \cdot 39,13} = 6,09 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

Odabrano **2 ϕ 20 (6,28 cm²)**

Dimenzioniranje na poprečne sile:

$$\text{Mjerodavna poprečna sila } V_{Ed} = 87,0 \text{ kN}$$

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$87,0 \text{ kN} < 527,70 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- odabrana minimalna armatura **ϕ 8/30 cm m=2**

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Ed} \leq V_{Rds}^{\min}$$

87,0 kN < 57,76 kN- potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta}{V_{ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 36,9 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{87,0} = 19,9 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 20 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/20 \text{ cm } m=2$

Proračun udaljenosti na kojoj je $V_{Ed} > V_{Rds}^{\min}$:

$$V_{Ed} - \frac{q_{ed}}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - g_{gr} \cdot \lambda = V_{Rds}^{\min}$$

$$87,0 - \frac{19,84}{1,225} \cdot \frac{\lambda^2}{2} - 2,92 \cdot \lambda = 57,76$$

$$8,10\lambda^2 + 2,92\lambda - 29,24 = 0$$

Pomoću kvadratne jednadžbe dobijemo dužinu potrebne poprečne armature $\lambda = 1,72 \text{ m}$.

Najveća djelotvorna površina presjeka poprečne armature koja se smije ugraditi za

$\text{ctg}=1,0$

$$s = 2,69 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$$

6. STATIČKI PRORAČUN POPREČNE OKVIRNE KONSTRUKCIJE

6.1. ANALIZA POTRESNOG DJELOVANJA

Razmatrana se okvirna konstrukcija nalazi u Rijeci, temeljena na tlu tipa " B" što predstavlja nanose gustog pijeska ili šljunka, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom. Građevina se projektira na povratno razdoblje potresnog djelovanja od 475 godina.

Proračunsko ubrzanje tla: $a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$

Razred važnosti: II - obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama ($\gamma_I = 1,0$)

Referentno vršno ubrzanje tla: $a_{gR} = 0,20 \cdot g$

Okvirna konstrukcija mora biti otporna na potresna djelovanja. Horizontalna gibanja tla na površini zemlje opisuju se spektrima ubrzanja podloge. Ovisno o tipu temeljnog tla, dane su i vrijednosti parametara kojima se opisuje proračunski spektar odziva.

Tablica 5. Vrijednosti parametara koji opisuju preporučeni elastični spektar odziva [4]

Tip temeljnog tla	S	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tablica6. Proračunski spektar odziva ovisno o prvom periodu konstrukcije [4]

$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$
$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g S \frac{2,5}{q}$
$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2,5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta a_g \end{cases}$
$T_D \leq T : S_d(T) = \begin{cases} a_g S \frac{2,5}{q} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta a_g \end{cases}$
<p>S_d(T) – proračunski spektar q – faktor ponašanja β – donja vrijednosti faktora horizontalnog spektra odziva (β=0,2)</p>

6.1.1. Faktor ponašanja za horizontalna potresna djelovanja

Faktorom ponašanja q umanjuje se odziv konstrukcije na potresno djelovanje. Na taj način uzima se u obzir sposobnost trošenja energije konstrukcije. On primarno ovisi o tipu konstrukcije te razredu duktilnosti, a određuje prema izrazu:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$$

q_0 - osnovna vrijednost faktora ponašanja ovisna o tipu konstrukcijskog sustava i njegove pravilnosti po visini

k_w - faktorom kojim se uzima u obzir prevladavajući oblik sloma konstrukcijskih sustava sa zidovima

Tablica 7. Osnovna vrijednost faktora ponašanja q_0 za sustave pravilne po visini [4]

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
okvirni sustav, dvojni sustav, sustav povezanih zidova	$3 \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$
sustav nepovezanih zidova	3,0	$4 \alpha_u / \alpha_1$
torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Promatrana zgrada je simetrična, a u poprečnom se smjeru sastoji od jednog konstrukcijskog tipa, tj. okvirnog sustava. Odabran je razred duktilnosti DCM, odnosno umjereni razred duktilnosti.

Osnovna vrijednost faktora ponašanja q_0

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

Vrijednost koeficijenta α_u / α_1 propisana je prema HRN EN 1998-1, a za višekatne okvirne konstrukcije vrijedi:

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1,3$$

Dobiva se vrijednost faktora ponašanja:

$$q = 3,0 \cdot 1,3 = 3,9 \geq 1,5$$

6.1.2. Proračun prvog perioda vibracije zgrade

$$T_1 = C_t \cdot H^{\frac{3}{4}} = 0,075 \cdot 16,75^{\frac{3}{4}} = 0,62s$$

$C_t = 0,075$ - za prostorne betonske okvire

H - visina građevine u metrima od ruba temelja ili krutog podruma

6.2. UKUPNA POTRESNA SILA (BASE SHEAR)

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

$S_d(T_1)$ - ordinata proračunskog spektra za osnovni period konstrukcije

$T_1 = 0.62s$ - prvi period vibracija

$$T_1 \leq \begin{cases} 4T_C = 4 \cdot 0,5 = 2,0s \\ 2,0s \end{cases}$$

$$T_C \leq T_1 \leq T_D \rightarrow S_d(T_1) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T_1} \geq \beta \cdot a_g$$

$$0,5s \leq 0,62s \leq 2,0s \rightarrow S_d(0,62s) = 0,20g \cdot 1,2 \cdot \frac{2,5}{3,9} \cdot \frac{0,5s}{0,62s} \geq 0,2 \cdot 0,20g$$

$$S_d(0,62s) = 0,124g \geq 0,04g$$

m - ukupna masa zgrade iznad temelja ili stropne ploče krutog podruma

$$m = \frac{W}{g} = \sum G_{k,i} + \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$$

W - težina zgrade

$G_{k,i}$ - karakteristična vrijednost stalnog opterećenja

$Q_{k,i}$ - karakteristična vrijednost uporabnog opterećenja

$\psi_{E,i}$ - koeficijent kombinacije za promjenjivo opterećenje koje je jednako:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2,i}$$

φ - koeficijent koji ovisi o stupnju opterećenosti kata

$\varphi = 1,0$ - za sve katove

$\psi_{2,i}$ - koeficijent za nazovistalne vrijednosti promjenjivog djelovanja

$\psi_{2,i} = 0,8$ - skladište

$$\psi_{E,i} = 1 \cdot 0,8 = 0,8 - \text{kat}$$

$$\psi_{E,i} = 1 \cdot 0,0 = 0,0 - \text{krov}$$

6.2.1. Određivanje težine konstrukcije:

Stalno opterećenje:

Tablica 8. Težina suterena

AB ploča	$(44,8 \cdot 98) \cdot 4,0$	17561,60 kN
Uzdužne glavne grede	$[(0,32 \cdot 0,60 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 160$	3763,20 kN
Poprečne glavne grede	$[(0,32 \cdot 0,60 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 130$	3494,40 kN
Uzdužne sekundarne grede	$[(0,24 \cdot 0,35 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 114$	1173,06 kN
Poprečne sekundarne grede	$[(0,24 \cdot 0,35 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 114$	1340,64 kN
Uzdužni zidovi - opeka	$[(0,25 \cdot 1,50 \cdot 4,13) \cdot 16] \cdot 40$	991,20 kN
Poprečni zidovi - opeka	$[(0,25 \cdot 1,50 \cdot 4,83) \cdot 16] \cdot 12$	347,76 kN
AB zidovi - stubište	$[(0,20 \cdot 3,20 \cdot 4,13) \cdot 25] \cdot 6$	396,48 kN
AB zidovi - veća dizala	$[(0,20 \cdot 3,20 \cdot 5,14) \cdot 25] \cdot 8$	657,92 kN
AB zidovi - manja dizala	$[(0,20 \cdot 3,20 \cdot 2,41) \cdot 25] \cdot 4$	154,24 kN
Stupovi 77/77 cm	$[(0,77 \cdot 0,77 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 189$	4483,08 kN
Stupovi 67/67 cm	$[(0,67 \cdot 0,67 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 189$	3394,44 kN
		$\Sigma G_1 = 37758,02$ kN

LUČKO SKLADIŠTE 17

Tablica 9. Težina prizemlja

AB ploča		17561,60 kN
Uzdužne glavne grede	$[(0,32 \cdot 0,60 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 180$	4233,60 kN
Poprečne glavne grede	$[(0,32 \cdot 0,60 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 168$	4515,84 kN
Uzdužne sekundarne grede	$[(0,24 \cdot 0,35 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 154$	1584,66 kN
Poprečne sekundarne grede	$[(0,24 \cdot 0,35 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 154$	1811,04 kN
Uzdužni zidovi - opeka		991,20 kN
Poprečni zidovi - opeka	$[(0,25 \cdot 1,50 \cdot 4,83) \cdot 16] \cdot 16$	463,68 kN
AB zidovi - stubište		396,48 kN
AB zidovi - veća dizala		657,92 kN
AB zidovi - manja dizala		154,24 kN
Ploča balkona	$(1,60 \cdot 98) \cdot 4,0$	627,20 kN
Uzdužne grede balkona	$[(0,24 \cdot 0,22 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 40$	258,80 kN
Poprečne grede balkona	$[(0,24 \cdot 0,32 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 42$	118,44 kN
Težina etaže		$\Sigma G^* = 33374,70$ kN
Stupovi 67/67 cm		3394,44 kN
Stupovi 55/55 cm	$[(0,55 \cdot 0,55 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 189$	2286,90 kN
		$\Sigma G_2 = 39056,04$ kN

Tablica 10. Težina I. kata

Težina etaže		$\Sigma G^* = 33374,70$ kN
Stupovi 55/55 cm		2286,90 kN
Stupovi 40/40 cm	$[(0,40 \cdot 0,40 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 189$	1209,60 kN
		$\Sigma G_3 = 36871,20$ kN

LUČKO SKLADIŠTE 17

Tablica 11. Težina II. kata

Težina etaže		$\Sigma G^*=33374,70 \text{ kN}$
Stupovi 40/40 cm		1209,60 kN
Stupovi 32/32 cm	$[(0,32 \cdot 0,32 \cdot 1,60) \cdot 25] \cdot 189$	774,90 kN
		$\Sigma G_4= 35359,20 \text{ kN}$

Tablica 12. Težina krova

AB ploča	$(44,8 \cdot 98) \cdot 5,34$	23444,74 kN
Uzdužne glavne grede	$[(0,24 \cdot 0,36 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 180$	1904,40 kN
Poprečne glavne grede	$[(0,24 \cdot 0,36 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 168$	2031,12 kN
Uzdužne sekundarne grede	$[(0,16 \cdot 0,28 \cdot 4,90) \cdot 25] \cdot 154$	845,46 kN
Poprečne sekundarne grede	$[(0,16 \cdot 0,28 \cdot 5,60) \cdot 25] \cdot 154$	965,58 kN
Uzdužni parapetni zidovi	$(0,25 \cdot 1,35 \cdot 98) \cdot 16$	529,20 kN
Poprečni parapetni zidovi	$(0,25 \cdot 1,13 \cdot 44,8) \cdot 16$	202,50 kN
AB zidovi - stubište	$[(0,20 \cdot 1,60 \cdot 4,13) \cdot 25] \cdot 6$	198,24 kN
AB zidovi - veća dizala	$[(0,20 \cdot 1,60 \cdot 5,14) \cdot 25] \cdot 8$	328,96 kN
AB zidovi - manja dizala	$[(0,20 \cdot 1,60 \cdot 2,41) \cdot 25] \cdot 4$	77,12 kN
Stupovi 32/32 cm		774,90 kN
		$\Sigma G_5= 31302,22 \text{ kN}$

Uporabno opterećenje:

$$Q_{1-4} = (44,8 \cdot 98) \cdot 15 = 65856 \text{ kN}$$

Neprohodni krov:

$$Q_5 = (44,8 \cdot 98) \cdot 0,60 = 2634,24 \text{ kN}$$

Tablica 13. Ukupna težina konstrukcije

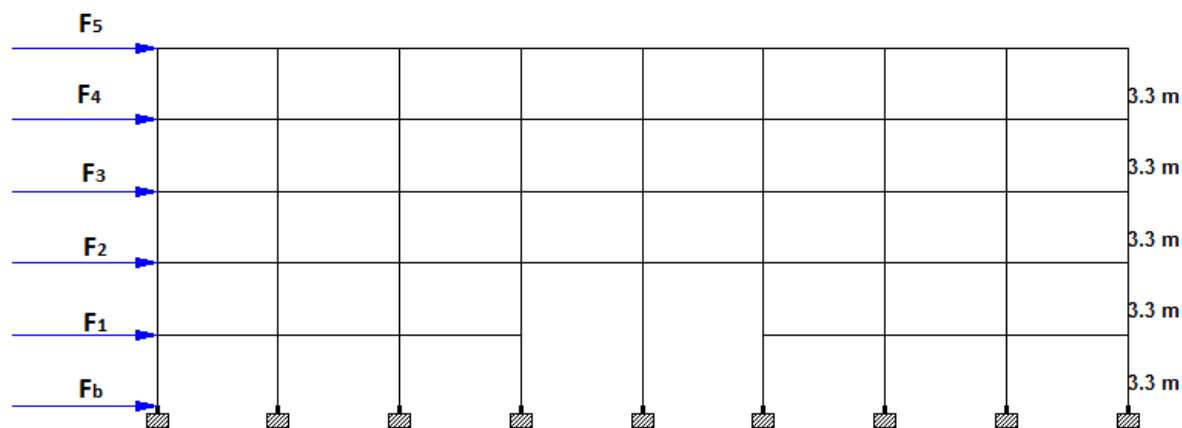
Kat	$G_{k,i}$	$\psi_{E,i}$	$Q_{k,i}$	$\Sigma G_{k,i} + \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i}$
Suteren	37758,02	0,80	65856	90442,82 kN
Prizemlje	39056,04	0,80	65856	91740,82 kN
I. kat	36871,20	0,80	65856	89556 kN
II. kat	35359,20	0,80	65856	88044 kN
Krov	31302,22	0,00	2634,24	31302,22 kN
				391085,88 kN

λ - korekcijskih faktor ($T_1 < 2T_C$ pa je $\lambda = 0,85$)

Ukupna potresna sila:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda = 0,124 \cdot 391085,88 \cdot 0,85 = 41220,45 \text{ kN}$$

6.2.2. Raspodjela ukupne poprečne sile po visini zgrade



Slika 78. Raspodjela potresnih sila po visini zgrade

Raspodjela potresnih sila može se provesti prema sljedećem izrazu:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\sum z_j \cdot m_j}$$

F_i - sila koja djeluje na katu "i"

F_b - ukupna posmična sila (base shear) u razini gornjeg ruba temelja

m_i, m_j - mase katova

z_i, z_j - visine masam m_i, m_j

$$\sum z_j \cdot m_j = 3,3 \cdot 90442,82 + 6,6 \cdot 91740,84 + 9,9 \cdot 89556 + 13,2 \cdot 88044 + 16,5 \cdot 31302,22 = 3469222,58 \text{ kN}$$

$$F_1 = 41220,45 \cdot \frac{3,3 \cdot 90442,82}{3469222,58} = 3546,24 \text{ kN}$$

$$F_2 = 41220,45 \cdot \frac{6,6 \cdot 91740,84}{3469222,58} = 7194,28 \text{ kN}$$

$$F_3 = 41220,45 \cdot \frac{9,9 \cdot 89556}{3469222,58} = 10534,42 \text{ kN}$$

$$F_4 = 41220,45 \cdot \frac{13,2 \cdot 88044}{3469222,58} = 13808,75 \text{ kN}$$

$$F_5 = 41220,45 \cdot \frac{16,5 \cdot 31302,22}{3469222,58} = 6136,76 \text{ kN}$$

Horizontalne sile prenose se na svih 21 poprečnih okvira, zbog jednakih krutosti i dimenzija presjeka, pa stoga jedan okvir djeluje:

$$F'_1 = \frac{3546,24}{21} = 168,87 \text{ kN}$$

$$F'_2 = \frac{7194,28}{21} = 342,58 \text{ kN}$$

$$F'_3 = \frac{10534,42}{21} = 501,64 \text{ kN}$$

$$F'_4 = \frac{13808,75}{21} = 657,55 \text{ kN}$$

$$F'_5 = \frac{6136,76}{21} = 292,23 \text{ kN}$$

6.2.3. Torzijski učinci na konstrukciju

Koeficijent kojim se uzimaju u obzir slučajni torzijski učinci računa se prema izrazu:

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \frac{x}{L_e}$$

x - udaljenost promatranog elementa od središta masa

L_e - razmak dva najudaljenija elemenata, mjerena okomito na smjer potresa

Promatra se okvir na osi 2, a u proračunu udaljenosti x uzimaju se udaljenosti okvira 1 i 21 (na strani sigurnosti) iako oni nisu mjerodavni za dimenzioniranje jer preuzimaju samo polovicu vertikalnog opterećenja u odnosu na druge središnje okvire.

$$\delta = 1 + 0,6 \cdot \frac{49}{98} = 1,30$$

Horizontalna sila na i-tom katu povećava se koeficijentom torzijskih učinaka:

$$F_1^* = F_1' \cdot \delta = 168,87 \cdot 1,30 = 219,52 \text{ kN}$$

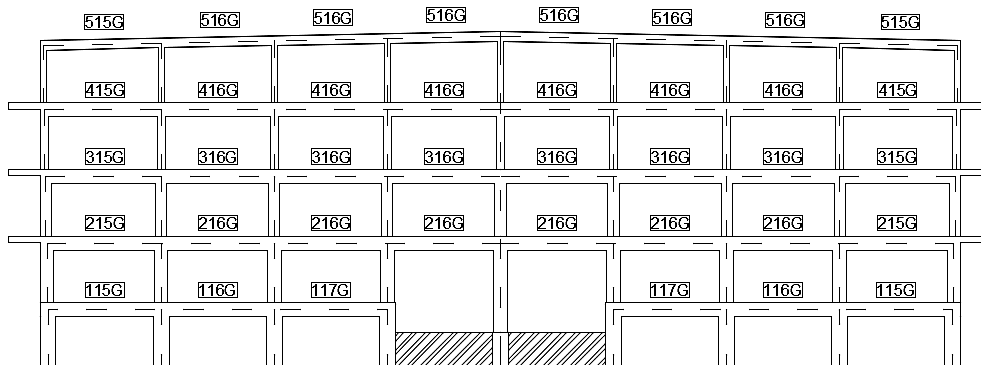
$$F_2^* = F_2' \cdot \delta = 342,58 \cdot 1,30 = 445,35 \text{ kN}$$

$$F_3^* = F_3' \cdot \delta = 501,64 \cdot 1,30 = 652,13 \text{ kN}$$

$$F_4^* = F_4' \cdot \delta = 657,55 \cdot 1,30 = 854,81 \text{ kN}$$

$$F_5^* = F_5' \cdot \delta = 292,23 \cdot 1,30 = 379,91 \text{ kN}$$

6.3. PRORAČUN OKVIRNE KONSTRUKCIJE

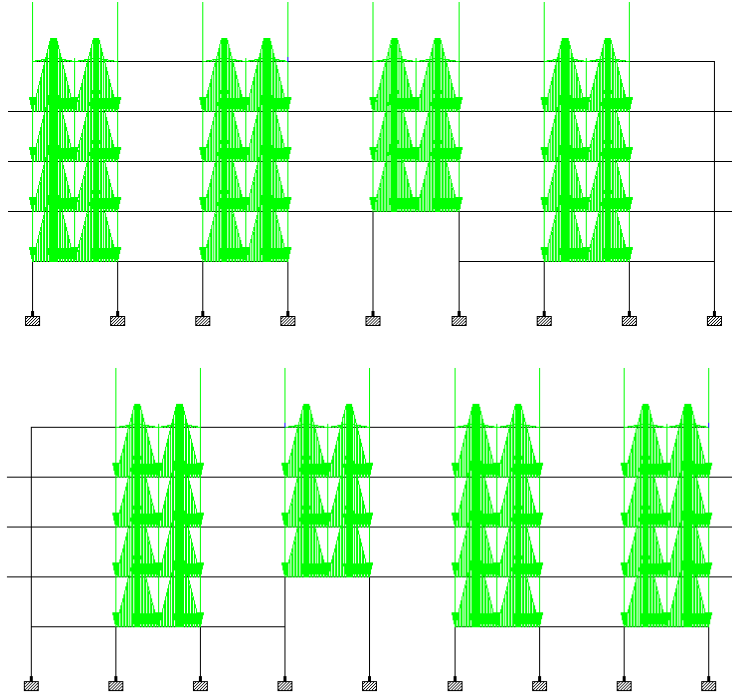


Slika 79. Okvir s označenim pozicijama greda

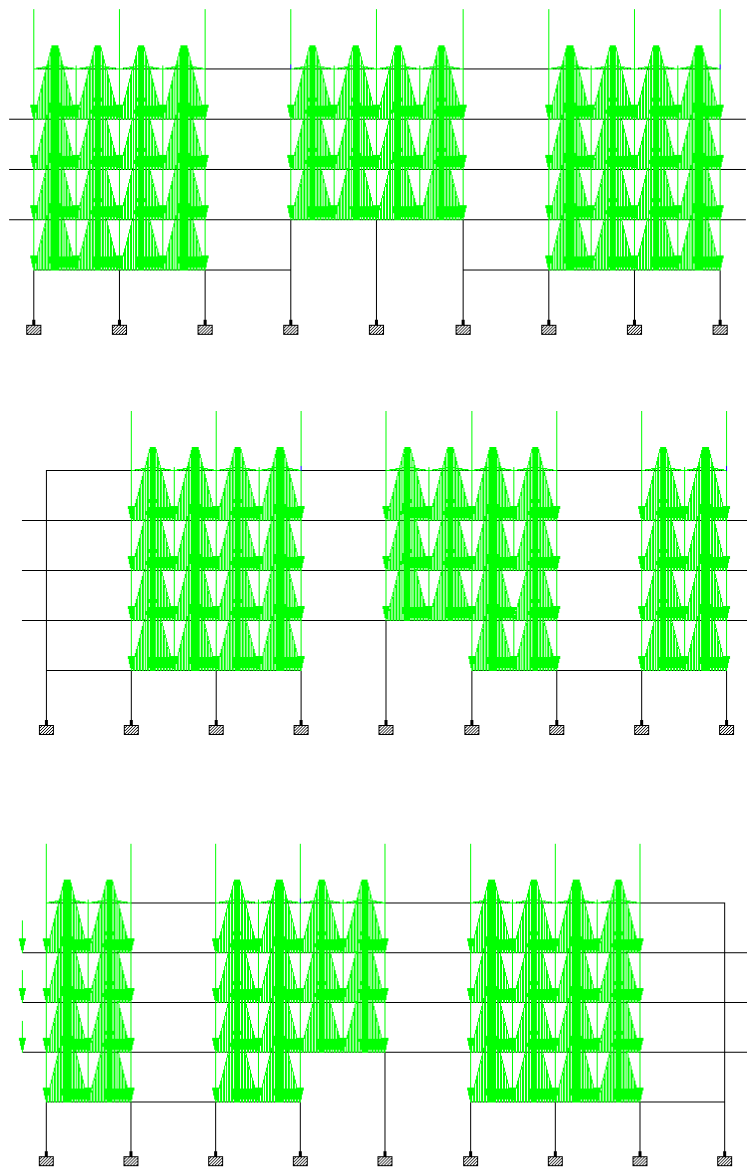
Tablica 14. Prikaz opterećenja mjerodavnog okvira (okvir 11)

Vlastita težina	"selfweight"	-	-
Stalno opterećenje ploče	g ₁	$(1,225 \cdot 4,0) \cdot 2$	9,8 kN/m'
	g ₂	$(1,225 \cdot 5,34) \cdot 2$	13,08 kN/m'
Stalno sekundarne grede	S ₁	-	37,28 kN
	S ₂	-	39,40 kN
Stalno glavne grede	G ₁	-	89,34 kN
	G ₂	-	90,82 kN
Stalno parapetni uzdužni zidovi	Z ₁	-	24,78 kN
	Z ₂	-	26,46 kN
Stalno balkon	B ₁	-	22,50 kN
Uporabno balkon	Q _{B1}	-	59,85 kN
Uporabno opterećenje ploče	q ₁	$(1,225 \cdot 15,0) \cdot 2$	36,75 kN/m'
	q ₂	$(1,225 \cdot 0,6) \cdot 2$	1,47 kN/m'
Uporabno sekundarne grede	Q _{S1}	-	99,66 kN
	Q _{S2}	-	3,82 kN
Uporabno glavne grede	Q _{G1}	-	201,56 kN
	Q _{G2}	-	8,26 kN
Potresne sile	F ₁	-	219,52 kN
	F ₂	-	445,35 kN
	F ₃	-	652,13 kN
	F ₄	-	854,81 kN
	F ₅	-	379,91 kN

Prilikom proračuna okvirne konstrukcije uporabna opterećenja postavljena su u različitim pozicijama (najnepovoljniji slučaj za svaku poziciju okvira), kako bi se dobile najveće vrijednosti momenata savijanja, te odgovarajuća armatura.



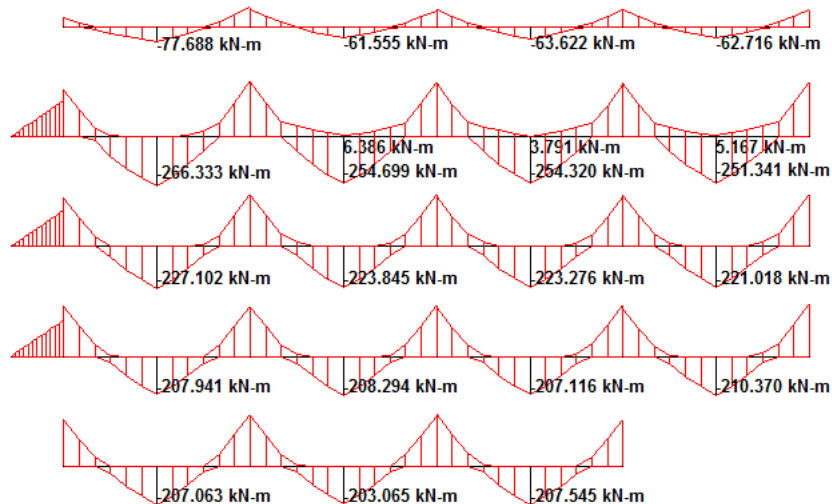
Slika 80. Sheme uporabnog opterećenja koje daju najveće vrijednosti momenata savijanja u polju okvira



Slika 81. Sheme uporabnog opterećenja koje daju najveće vrijednosti momenata savijanja na osloncima

6.4. DIMENZIONIRANJE GREDA OKVIRA NA SAVIJANJE

6.4.1. Dimenzioniranje u polju



Slika 82. Anvelopa momenata savijanja za stalnu proračunsku situaciju s prikazanim vrijednostima u polju (pola okvira)

Zbog sličnih vrijednosti rezultata momenata savijanja u polju greda pojedinih katova, usvaja se jedna vrijednost momenta u polju za svaki kat. Prikazano je dimenzioniranje na savijanje dva presjeka u polju, zbog različitih dimenzija poprečnih presjeka greda, a ostale su vrijednosti potrebne armature prikazane u tablici 15.

Presjek 1: greda 115G-116G-117G

$$M_{Ed} = 207,55 \text{ kNm}$$

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka:

$$b_{eff} = \sum b_{effi} + b_w \leq b$$

$$b_{eff} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \quad b_{eff} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 560 = 392 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{490 - 32}{2} = 229 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 0,2 \cdot 229 + 0,1 \cdot 392 \leq 0,2 \cdot 392$$

$$b_{eff1} = 85 \text{ cm} \leq 78,4 \text{ cm}$$

$$b_{eff} \leq 229 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff1}} = 78,4 \text{ cm}; b_w = 32 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 78,4 + 32 = \mathbf{190 \text{ cm}}$$

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

Izračun potrebne armature:

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{M_{\text{Eds}}}{b \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{20755}{190 \cdot 65^2 \cdot 2,33} = 0,011 \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s1} = \frac{M_{\text{Eds}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{20755}{0,990 \cdot 65 \cdot 39,13} = 8,24 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 32 \cdot 65 = 3,85 \text{ cm}^2$$

Presjek 2: greda 515G-516G-516G-516G

$$M_{\text{Ed}} = 77,69 \text{ kNm/m'}$$

Određivanje sudjelujuće širine T-presjeka:

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{effi}} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0 \quad b_{\text{eff}} \leq b_i$$

$$l_0 = 0,7l = 0,7 \cdot 560 = 392 \text{ cm}$$

$$b_i = \frac{b}{2} = \frac{490 - 24}{2} = 233 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 233 + 0,1 \cdot 392 \leq 0,2 \cdot 392$$

$$b_{\text{eff1}} = 85,8 \text{ cm} \leq 78,4 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq 233 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff1}} = 78,4 \text{ cm}; b_w = 24 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 78,4 + 24 = \mathbf{181 \text{ cm}}$$

Statička visina armature:

- za razred izloženosti XC3 i razred konstrukcije S3:

$$d_1 = c_{\text{nom}} + \phi_w + \frac{\phi}{2} = 3 + 0,8 + \frac{2}{2} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 46 - 5 = 41 \text{ cm}$$

Izračun potrebne armature:

$$\mu_{\text{Eds}} = \frac{7769}{181 \cdot 41^2 \cdot 2,33} = 0,011 \quad \zeta = 0,990$$

$$A_{s1} = \frac{7769}{0,990 \cdot 41 \cdot 39,13} = 4,89 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

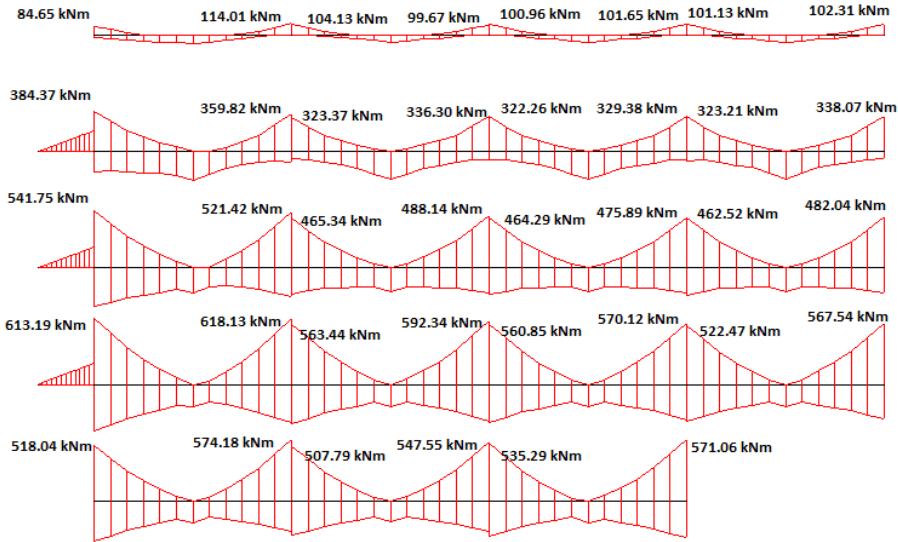
$$A_{s,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{3,2}{450} \cdot 24 \cdot 41 = 1,82 \text{ cm}^2$$

Tablica15. Potrebna armatura u polju okvira

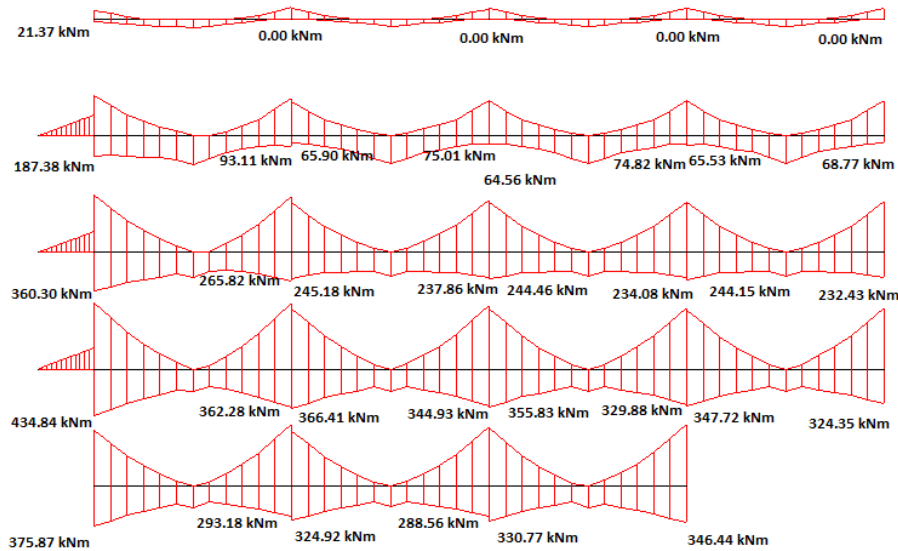
	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
M_{Ed} (kNm)	207,55	210,37	227,10	266,33	77,69
A_{s1} (cm ²)	8,24	8,35	9,02	10,58	4,89
$A_{s,\text{min}}$ (cm ²)	3,85	3,85	3,85	3,85	1,82
Usvojena armatura	3φ20 (9,42 cm ²)	3φ20 (9,42 cm ²)	3φ20 (9,42 cm ²)	6φ16 (12,06 cm ²)	5φ12 (5,66 cm ²)

6.4.2. Dimenzioniranje na osloncu

Mjerodavna je potresna kombinacija djelovanja.



Slika 83. Anvelopa momenata savijanja s prikazanim vrijednostima na osloncu u gornjoj zoni (pola okvira)



Slika 84. Anvelopa momenata savijanja s prikazanim vrijednostima na osloncu u donjoj zoni (pola okvira)

Tablica 16. Vrijednosti momenata savijanja na osloncima (gornja zona)

Iznos momenata na osloncu (kNm)	greda 115G-116G-117G	greda 215G-216G-216G-216G	greda 315G-316G-316G-316G	greda 415G-416G-416G-416G	greda 515G-516G-516G-516G
Oslonac 1	518,04	613,19	541,75	384,37	84,65
Oslonac 2 _L	574,18	618,13	521,42	359,82	114,01
Oslonac 2 _D	507,59	563,44	465,34	323,37	104,13
Oslonac 3 _L	547,55	592,34	488,14	336,30	99,67
Oslonac 3 _D	535,29				
Oslonac 4	571,06				

Napomena: za grede poz 200 – poz 500 prikazane su vrijednosti samo za prva 2 polja (sljedeća polja imaju manje vrijednosti, pa neće biti mjerodavne za dimenzioniranje).

Tablica 17. Potrebna vlačna armatura na osloncima (gornja zona)

Potrebna armatura u gornjoj zoni (cm²)	greda 115G-116G-117G	greda 215G-216G-216G-216G	greda 315G-316G-316G-316G	greda 415G-416G-416G-416G	greda 515G-516G-516G-516G
Oslonac 1	20,57	27,15	23,59	16,21	5,55
Oslonac 2 _L	25,21	27,49	22,63	15,10	7,61
Oslonac 2 _D	22,48	24,72	19,95	13,47	6,91
Oslonac 3 _L	25,21	26,10	21,04	14,04	6,60
Oslonac 3 _D	23,31				
Oslonac 4	25,06				

Tablica 18. Vrijednosti momenata savijanja na osloncima (donja zona)

Iznos momenata na osloncu (kNm)	greda 115G-116G-117G	greda 215G-216G-216G-216G	greda 315G-316G-316G-316G	greda 415G-416G-416G-416G	greda 515G-516G-516G-516G
Oslonac 1	375,87	434,84	360,30	187,38	21,37
Oslonac 2 _L	293,18	362,29	265,82	93,11	-
Oslonac 2 _D	324,92	366,41	245,18	65,90	-
Oslonac 3 _L	288,56	344,93	237,86	75,01	-
Oslonac 3 _D	330,77				-
Oslonac 4	346,44				-

Tablica 19. Potrebna vlačna armatura na osloncima (donja zona)

Potrebna armatura u donjoj zoni (cm²)	greda 115G-116G-117G	greda 215G-216G-216G-216G	greda 315G-316G-316G-316G	greda 415G-416G-416G-416G	greda 515G-516G-516G-516G
Oslonac 1	15,81	18,52	15,11	7,61	1,35
Oslonac 2 _L	12,13	15,20	10,97	3,72	-
Oslonac 2 _D	13,53	15,37	10,07	2,62	-
Oslonac 3 _L	11,94	14,41	9,74	3,00	-
Oslonac 3 _D	13,79				-
Oslonac 4	14,51				-

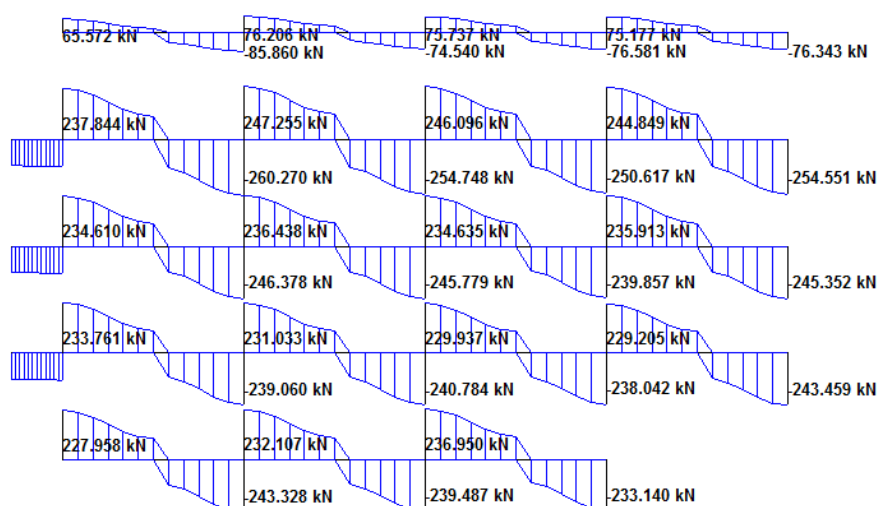
Tablica 20. Odabrana vlačna armatura na osloncima

Usvojena armatura na osloncu (cm²)	greda 115G-116G-117G	greda 215G-216G-216G-216G	greda 315G-316G-316G-316G	greda 415G-416G-416G-416G	greda 515G-516G-516G-516G
Gornja zona	5φ16+5φ20 (25,76 cm ²)	9φ20 (28,27 cm ²)	6φ16+4φ20 (24,63 cm ²)	2φ16+4φ20 (16,59 cm ²)	4φ16 (8,04 cm ²)
Donja zona - Oslonac 1	5φ20 (15,71 cm ²)	6φ20 (18,85 cm ²)	5φ20 (15,71 cm ²)	4φ16 (8,04 cm ²)	2φ10 (1,57 cm ²)
Donja zona - ostali oslonci	5φ20 (15,71 cm ²)	5φ20 (15,71 cm ²)	4φ20 (12,57 cm ²)	2φ16 (4,02 cm ²)	2φ10 (1,57 cm ²)

6.5. DIMENZIONIRANJE GREDA NA POPREČNE SILE

Prilikom proračuna greda na poprečne sile razmatraju se dvije kombinacije djelovanja: stalna proračunska kombinacija (osnovna kombinacija djelovanja) te potresna kombinacija.

6.5.1. Stalna proračunska kombinacija



Slika 85. Anvelopa poprečnih sila za osnovnu proračunsku kombinaciju

Prikazano je dimenzioniranje na poprečne sile u dva presjeka, zbog različitih dimenzija poprečnih presjeka, a ostale su vrijednosti potrebne poprečne armature dane u tablici 21.

Presjek 1:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{ctg\theta + tg\theta}$$

$$z = 0,9 \cdot 65 = 58,5 \text{ cm} \quad \alpha_{cw} = 1,0 \quad v_1 = 0,52$$

$$V_{Rd,max} = 1,0 \cdot 32 \cdot 58,5 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 1115,47 \text{ kN}$$

$$260,27 \text{ kN} < 1115,47 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- koeficijent armiranja $\rho_{wmin} = 0,0011$

- najveći uzdužni razmak spona:

$$Sl_{\max} = \frac{A_{sw} \cdot m}{\rho_{w\min} \cdot b_w} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 32} = 28,41 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad m = 2$$

$$\frac{260,27}{1115,47} = 0,23 < 0,30$$

$$Sl_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 65 = 48,75 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

Odabrana minimalna armatura $\phi 8/28 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = \frac{A_{sw} \cdot m}{Sl_{\max}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta$$

$$V_{Rds}^{\min} = \frac{0,5 \cdot 2}{28} \cdot 58,5 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 98,10 \text{ kN}$$

260,27 kN > 98,10 kN - potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{A_{sw} \cdot m \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}\theta}{V_{Ed}} = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 58,5 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{260,27} = 10,55 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 10 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura $\phi 8/10 \text{ cm } m=2$

Presjek 2:

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,\max}$$

$$z = 0,9 \cdot 41 = 36,9 \text{ cm}$$

$$V_{Rd,\max} = 1,0 \cdot 24 \cdot 36,9 \cdot 0,52 \cdot 2,33 \cdot \frac{1}{1,2 + \frac{1}{1,2}} = 527,70 \text{ kN}$$

$$85,86 \text{ kN} < 527,70 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

- najveći uzudžni razmak spona:

$$s_{l_{\max}} = \frac{0,5 \cdot 2}{0,0011 \cdot 24} = 37,88 \text{ cm}$$

$$A_{s_w} = 0,5 \text{ cm}^2 \quad m = 2$$

$$\frac{85,86}{527,70} = 0,16 < 0,30$$

$$s_{l_{\max}} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 41 = 30,75 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right. = 30 \text{ cm}$$

- odabrana minimalna armatura **φ8/30 cm m=2**

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = \frac{0,5 \cdot 2}{30} \cdot 36,9 \cdot 39,13 \cdot 1,2 = 57,76 \text{ kN}$$

85,86 kN > 57,76 kN - potreban je proračun poprečne armature!

Proračun potrebne poprečne armature:

$$s = \frac{0,5 \cdot 2 \cdot 36,9 \cdot 39,13 \cdot 1,2}{85,86} = 20,18 \text{ cm}$$

Mjerodavni razmak armature $s = 20 \text{ cm}$

Odabrana poprečna armatura **φ8/20 cm m=2**

Tablica 21. Odabrana poprečna armatura za osnovnu proračunsku kombinaciju

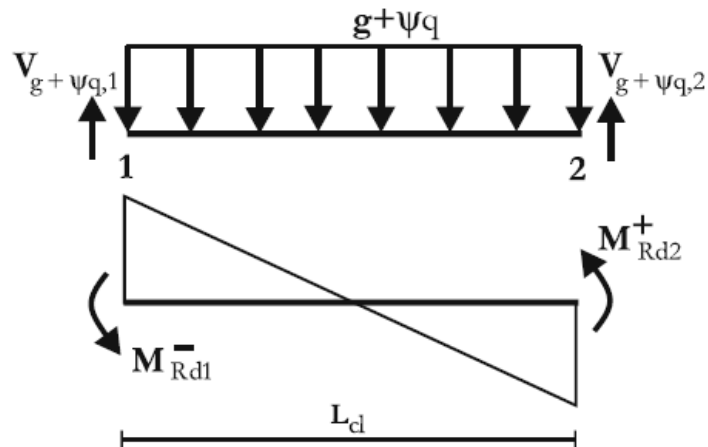
	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
Poprečna sila V_{Ed} (kN)	243,33	243,46	246,44	260,27	85,86
Razmak "s" cm	11,29	11,28	11,15	10,55	20,18
Usvojena poprečna armatura	φ8/11 cm	φ8/11 cm	φ8/11 cm	φ8/10 cm	φ8/20 cm

Tabela 22. Odabrana poprečna armatura za poprečnu silu na udaljenosti l_{cr} od oslonca

	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
Udaljenost l_{cr}	70 cm	70 cm	70 cm	70 cm	46 cm
Poprečna sila $V_{Ed}(kN)$	182,50	182,60	184,83	195,20	71,75
Razmak "s" cm	15,05	15,04	14,86	14,07	24,15
Usvojena poprečna armatura	$\phi 8/15$ cm	$\phi 8/15$ cm	$\phi 8/14$ cm	$\phi 8/14$ cm	$\phi 8/24$ cm

6.5.2. Potresna kombinacija - proračun prema kapacitetu nosivosti

Proračun prema kapacitetu nosivosti izvodi se postupkom unatrag odnosno iz proračuna oslonaca na savijanje uzima se armatura gornje i donje zone, te se odrede momenti savijanja gornje i donje zone kritičnog područja (M_{Rd1} i M_{Rd2}). Momenti savijanja dijele se sa svjetlom širinom grede i dobivaju se poprečne sile na koje treba pridodati doprinos od stalnog i uporabnog opterećenja koje djeluje na grede.



Slika 86. Određivanje poprečnih sila prema kapacitetu nosivosti [9]

Potresna kombinacija djelovanja:

$$w = g + \psi_{E,i} \cdot q$$

Stalno kontinuirano opterećenje koje djeluje na stropnu gredu:

$$g_1 = 1,225 \cdot 4,0 \cdot 2 = 9,8 \text{ kN/m'}$$

Stalno koncentrirano opterećenje koje djeluje na stropnu gredu:

$$G_{g1} = S_1 = 37,28 \text{ kN}$$

Uporabno kontinuirano opterećenje koje djeluje na stropnu gredu:

$$q_1 = 1,225 \cdot 15,0 \cdot 2 = 36,75 \text{ kN/m'}$$

Uporabno koncentrirano opterećenje koje djeluje na stropnu gredu:

$$Q_1 = Q_{S1} = 99,66 \text{ kN}$$

$$w_1 = 9,8 + 0,8 \cdot 36,75 = 39,2 \text{ kN/m'}$$

$$W_1 = 37,28 + 0,8 \cdot 99,66 = 117,01 \text{ kN}$$

Stalno kontinuirano opterećenje koje djeluje na gredu krova:

$$g_2 = 1,225 \cdot 5,34 \cdot 2 = 13,08 \text{ kN/m'}$$

Stalno koncentrirano opterećenje koje djeluje na gredu krova:

$$G_{g2} = S_2 = 39,40 \text{ kN}$$

Uporabno kontinuirano opterećenje koje djeluje na gredu krova:

$$q_2 = 1,225 \cdot 0,60 \cdot 2 = 1,47 \text{ kN/m'}$$

Uporabno koncentrirano opterećenje koje djeluje na gredu krova:

$$Q_2 = Q_{S2} = 3,82 \text{ kN}$$

$$w_2 = 13,08 + 0,0 \cdot 1,47 = 13,08 \text{ kN/m'}$$

$$W_2 = 39,40 + 0,0 \cdot 3,82 = 39,40 \text{ kN}$$

Određivanje momenta u kritičnom području grede M_{Rd} :

$$\omega = \frac{A_s}{b \cdot d} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

$$M_{Rd} = \zeta \cdot d \cdot f_{yd} \cdot A_s$$

Iznos poprečne sile u kritičnom području:

$$V_{Ed} = \frac{\gamma_{Rd}(M_{Rd,1} + M_{Rd,2})}{l_{cl}} + w \cdot l_1 + w \cdot l_2 + \frac{W}{2}$$

γ_{Rd} - faktor kojim se uzima u obzir povećanje čvrstoće uslijed ojačanja čelika

$\gamma_{Rd} = 1,0$ za DCM

l_{cl} – svjetla širina grede;

$l_1 = 1,225$ cm – širina linearnog djela trapeznog opterećenja;

$l_2 = 0,35$ cm – širina konstantnog djela trapeznog opterećenja;

Tablica 23. Proračun poprečnih sila prema potresnoj kombinaciji za prvi raspon okvira

Prvi raspon okvira					
	greda 115G- 116G- 117G	greda 215G- 216G- 216G- 216G	greda 315G- 316G- 316G- 316G	greda 415G- 416G- 416G- 416G	greda 515G- 516G- 516G- 516G
A_{s1} (cm ²)	25,76	28,27	24,63	16,59	8,04
ω_1	0,208	0,228	0,199	0,134	0,137
ζ_1	0,892	0,884	0,896	0,931	0,939
$M_{Rd,1}$ (kNm)	584,43	635,62	561,30	392,84	121,12
A_{s2} (cm ²)	15,71	18,85	15,71	8,04	1,57
ω_2	0,127	0,152	0,127	0,065	0,027
ζ_2	0,934	0,921	0,934	0,967	0,985
$M_{Rd,2}$ (kNm)	373,20	441,56	373,20	197,74	24,81
l_{cl} (m)	4,83	4,93	5,05	5,20	5,28
$\frac{\gamma_{Rd}(M_{Rd,1} + M_{Rd,2})}{l_{cl}}$	198,27	218,49	185,05	113,57	27,64
$w \cdot l_1 + w \cdot l_2$	61,74	61,74	61,74	61,74	20,60
$\frac{W}{2}$	58,51	58,51	58,51	58,51	19,70
V_{Ed} (kN)	318,52	338,74	305,30	233,82	67,94

Tablica 24. Proračun poprečnih sila prema potresnoj kombinaciji za ostale raspone okvira

Ostali rasponi okvira					
	greda 115G- 116G- 117G	greda 215G- 216G- 216G- 216G	greda 315G- 316G- 316G- 316G	greda 415G- 416G- 416G- 416G	greda 515G- 516G- 516G- 516G
A_{s1} (cm ²)	25,76	28,27	24,63	16,59	8,04
ω_1	0,208	0,228	0,199	0,134	0,137
ζ_1	0,892	0,884	0,896	0,931	0,939
$M_{Rd,1}$ (kNm)	584,43	635,62	561,30	392,84	121,12
A_{s2} (cm ²)	15,71	15,71	12,57	4,02	1,57
ω_2	0,127	0,127	0,101	0,032	0,027
ζ_2	0,934	0,934	0,948	0,979	0,985
$M_{Rd,2}$ (kNm)	373,20	373,20	303,09	100,10	24,81
l_{cl} (m)	4,83	4,93	5,05	5,20	5,28
$\frac{Y_{Rd}(M_{Rd,1} + M_{Rd,2})}{l_{cl}}$	198,27	204,63	171,17	94,80	27,64
$w \cdot l_1 + w \cdot l_2$	61,74	61,74	61,74	61,74	20,60
$\frac{W}{2}$	58,51	58,51	58,51	58,51	19,70
V_{Ed} (kN)	318,52	324,88	291,42	215,05	67,94

Presjek 1:

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Rd,max} = 1115,47 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

- odabrana minimalna armatura $\phi 8/28 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{\min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{\min} = 98,10 \text{ kN}$$

Presjek 2:

Provjera nosivosti tlačnih štapova:

$$V_{Rd,max} = 527,70 \text{ kN}$$

Najmanja poprečna armatura za beton C35/45:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} < 0,30$$

- odabrana minimalna armatura $\phi 8/30 \text{ cm } m=2$

Poprečna sila V_{Rds}^{min} koju nosi minimalna armatura:

$$V_{Rds}^{min} = 57,76 \text{ kN}$$

Proračun potrebne poprečne armature:

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

Tablica 25. Poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za prvi raspon okvira

Prvi raspon okvira					
	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
Poprečna sila $V_{Ed}(kN)$	318,52	338,74	305,30	233,82	67,94
Razmak "s" cm	8,62	8,11	9,0	11,75	25,50
Usvojena poprečna armatura	$\phi 8/8 \text{ cm}$	$\phi 8/8 \text{ cm}$	$\phi 8/9 \text{ cm}$	$\phi 8/11 \text{ cm}$	$\phi 8/25 \text{ cm}$

Tablica 26. Poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za ostale raspone okvira

Ostali rasponi okvira					
	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
Poprečna sila $V_{Ed}(kN)$	318,52	324,88	291,42	215,05	67,94
Razmak "s" cm	8,62	8,46	9,43	12,77	25,50
Usvojena poprečna armatura	φ8/8 cm	φ8/8 cm	φ8/9 cm	φ8/12 cm	φ8/25 cm

6.5.3. Dodatna pravila za osiguranje lokalne duktilnosti prema HRN EN 1998-1

Kritično područje

Određivanje duljine kritičnog područja stropnih greda:

$l_{cr} = h_w = 70$ cm - za grede suterena, prizemlja, I. i II. kata

$l_{cr} = h_w = 46$ cm - za grede krova

h_w – visina grede

Faktor duktilnosti s obzirom na zakrivljenost:

$$T_1 \geq T_C \rightarrow \mu_\phi = 2 \cdot q_0 - 1$$

$$0,62s \geq 0,5s \rightarrow \mu_\phi = 2 \cdot 3,9 - 1 = 6,8$$

Omjer armiranja ρ u vlačnom području mora biti manji od ρ_{max} :

$$\rho_{max} = \rho' + \frac{0,0018 \cdot f_{cd}}{\mu_\phi \cdot \epsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$\epsilon_{sy,d} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{391,3 \text{ MPa}}{210000 \text{ MPa}} = 1,86 \cdot 10^{-3}$$

Omjer armiranja u vlačnom i tlačnom području:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Tablica 27. Omjer armiranja u vlačnom i tlačnom području

	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
ρ	0,0124	0,0136	0,0118	0,0080	0,0082
ρ'	0,0076	0,0091	0,0076	0,0039	0,0016
ρ_{\max}	0,0161	0,0176	0,0161	0,0124	0,0101
$\rho \leq \rho_{\max}$	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava

Omjer armiranja ρ u vlačnom području mora biti veći od ρ_{\min} :

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,5 \cdot \frac{3,2}{450} = 0,0036$$

Tabela 28. Minimalni omjer armiranja

	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
ρ	0,0124	0,0136	0,0118	0,0080	0,0082
$\rho > \rho_{\min}$	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava

Promjer spona d_{bw} ne smije biti manji od 6 mm

Razmak spona ne smije biti veći od:

$$s = \min \begin{cases} \frac{h_w}{4} \\ 24 \cdot d_{bw} \\ 225 \text{ mm} \\ 8 \cdot d_{bl} \end{cases}$$

d_{bw} – promjer spona

d_{bl} – promjer najmanje uzdužne šipke

Za sve greded $d_{bw} = 8 \text{ mm}$

Greda 515G-516G-516G-516G:

$$d_{bl} = 12 \text{ mm}$$

$$s = \min \begin{cases} \frac{460}{4} = 115 \\ 24 \cdot 8 = 192 = 96 \text{ mm} \\ 225 \\ 8 \cdot 12 = 96 \end{cases}$$

Grede 115G-116G-117G; 315G-316G-316G-316G i 415G-416G-416G-416G:

$$d_{bl} = 16 \text{ mm}$$

$$s = \min \begin{cases} \frac{700}{4} = 175 \\ 24 \cdot 8 = 192 = 128 \text{ mm} \\ 225 \\ 8 \cdot 16 = 128 \end{cases}$$

Greda 215G-216G-216G-216G:

$$d_{bl} = 20 \text{ mm}$$

$$s = \min \begin{cases} \frac{700}{4} = 175 \\ 24 \cdot 8 = 192 = 160 \text{ mm} \\ 225 \\ 8 \cdot 20 = 160 \end{cases}$$

Izvan kritičnog područja

Omjer armiranja u vlačnom području- armatura iz polja

Tablica 29. Omjer armiranja izvan kritičnog područja

	greda 115G- 116G-117G	greda 215G- 216G- 216G-216G	greda 315G- 316G- 316G-316G	greda 415G- 416G- 416G-416G	greda 515G- 516G- 516G-516G
$A_{s1}(\text{cm}^2)$	9,42	9,42	9,42	12,06	5,66
ρ	0,0045	0,0045	0,0045	0,0058	0,0058

Omjer armiranja ρ u vlačnom području mora biti veći od ρ_{\min} :

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 0,0036$$

Tablica 30. Minimalni omjer armiranja izvan kritičnog područja

	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
ρ	0,0045	0,0045	0,0045	0,0058	0,0058
$\rho > \rho_{\min}$	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava

Razmak spona izvan kritičnog područja:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \cdot b} > \rho_{w,\min}$$

$$\rho_{w,\min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{35}}{450} = 0,0011$$

Za grede suterena, prizemlja, I. i II.kata:

$$\rho_w = \frac{0,5 \cdot 2}{20 \cdot 32} = 0,0016 > 0,0011$$

Za grede krova:

$$\rho_w = \frac{0,5 \cdot 2}{25 \cdot 24} = 0,0017 > 0,0011$$

Tablica 31. Odabrana poprečna armatura prema potresnoj kombinaciji za pola grede

Područja	greda 115G- 116G-117G	greda 215G-216G- 216G-216G	greda 315G-316G- 316G-316G	greda 415G-416G- 416G-416G	greda 515G-516G- 516G-516G
0 - 70 cm	φ8/8 cm	φ8/8 cm	φ8/9 cm	φ8/10 cm	φ8/20 cm
70 - 230 cm	φ8/15 cm	φ8/15 cm	φ8/14 cm	φ8/14 cm	φ8/24 cm
230 - 280 cm	φ8/20 cm	φ8/20 cm	φ8/20 cm	φ8/20 cm	φ8/25 cm

7. ISKAZ ARMATURE

Tablica 32. Iskaz armature stropne ploče I.kata

Iskaz armature stropne ploče I.kata					
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)	
				φ6	φ8
1	2,89	8	109		315,01
2	1,92	8	303		581,76
3	2,00	8	303		606
4	1,90	6	101	191,9	
5	6,00	6	116	696	
6	5,85	6	232	1357,2	
7	1,21	8	126		152,46
8	1,92	8	378		725,76
9	2,00	8	378		756
10	5,43	6	145	787,35	
11	5,15	6	145	746,75	
12	5,28	6	145	765,6	
Ukupno (m)				4544,8	3136,99
Masa (kg/m)				0,222	0,395
Ukupno po promjerima (kg)				1008,95	1239,11
Sveukupno (kg)				2248,06	

Tablica 33. Iskaz armature stropne ploče III.kata

Iskaz armature stropne ploče III.kata					
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)	
				φ6	
1	1,90	6	303	575,7	
2	1,98	6	303	599,94	
3	3,95	6	101	398,95	
4	5,98	6	101	603,98	
5	5,85	6	202	1181,7	
6	1,90	6	345	655,5	
7	1,98	6	345	683,1	
8	3,67	6	115	422,05	
9	5,28	6	115	607,2	
10	5,15	6	230	1184,5	
Ukupno (m)				6912,62	
Masa (kg/m)				0,222	
Sveukupno (kg)				1534,60	

LUČKO SKLADIŠTE 17

Tablica 34. Iskaz armature uzdužnih glavnih greda I. i III.kata

Iskaz armature uzdužnih glavnih greda I. i III.kata							
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)			
				φ8	φ10	φ14	φ16
1	2,18	16	2				4,36
2	2,02	8	2	4,04			
3	3,36	16	2				6,72
4	3,96	16	2				7,92
5	4,96	16	2				9,92
6	1,98	8	2	3,96			
7	1,87	14	2			3,74	
8	2,32	14	2			4,64	
9	2,77	14	2			5,54	
10	3,22	16	2				6,44
11	4,62	16	2				9,24
12	5,63	16	2				11,26
13	5,40	8	4	21,6			
14	3,62	16	2				7,24
15	5,88	14	2			11,76	
16	5,45	8	4	21,8			
17	1,65	10	31		51,15		
18	2,06	10	31		63,86		
19	2,02	8	35	70,7			
20	2,10	14	2			4,20	
21	2,78	8	2	5,56			
22	3,30	14	2			6,60	
23	4,04	14	2			8,08	
24	2,42	8	2	4,84			
25	2,08	14	3			6,24	
26	4,42	14	2			8,84	
27	5,93	14	2			11,86	
28	5,67	16	2				11,34
29	1,38	8	22	30,36			
30	1,38	8	17	23,46			
Ukupno (m)				185,32	115,01	71,50	70,08
Masa (kg/m)				0,395	0,617	1,210	1,580
Ukupno po promjerima (kg)				73,20	70,96	86,52	110,73
Sveukupno (kg)				341,41			

LUČKO SKLADIŠTE 17

Tablica 35. Iskaz armature sekundarnih greda I. i III.kata

Iskaz armature sekundarnih greda I. i III.kata								
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)				
				φ8	φ10	φ12	φ14	φ16
1	2,24	16	2					4,48
2	2,38	16	2					4,76
3	2,14	8	2	4,28				
4	3,46	16	2					6,92
5	4,06	16	2					8,12
6	1,94	8	2	3,88				
7	2,31	16	2					4,62
8	2,61	16	2					5,22
9	4,02	12	2			8,04		
10	5,70	14	2				11,4	
11	5,78	14	2				11,56	
12	1,36	8	31	42,16				
13	1,36	8	27	36,72				
14	2,37	14	3				7,11	
15	2,59	8	2	5,18				
16	3,65	14	3				10,95	
17	2,51	8	2	5,02				
18	2,16	14	3				6,48	
19	5,73	12	2			11,46		
20	5,52	10	2		11,04			
21	1,06	8	22	23,32				
22	1,06	8	22	23,32				
Ukupno (m)				143,88	11,04	19,5	47,50	34,12
Masa (kg/m)				0,395	0,617	0,888	1,210	1,580
Ukupno po promjerima (kg)				56,83	6,81	17,32	57,48	53,91
Sveukupno (kg)				192,35				

Tablica 36. Iskaz armature uzdužne grede balkona I.kata

Iskaz armature uzdužne grede balkona I.kata						
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)		
				φ8	φ12	φ14
1	2,80	14	2			5,60
2	2,45	14	2			4,90
3	1,68	8	2	3,36		
4	2,80	14	2			5,60
5	2,45	14	2			4,90
6	1,18	12	2		2,36	
7	5,08	12	2		10,16	
8	1,18	12	2		2,36	
9	1,14	8	19	21,66		
Ukupno (m)				25,02	14,88	21,00
Masa (kg/m)				0,395	0,888	1,210
Ukupno po promjerima (kg)				9,88	13,21	25,41
Sveukupno (kg)				48,50		

Tablica 37. Iskaz armature poprečne glavne grede I.kata

Iskaz armature poprečne glavne grede I.kata							
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)			
				φ8	φ10	φ16	φ20
1	2,07	20	1				2,07
2	2,90	20	1				2,90
3	1,92	20	2				3,84
4	4,39	16	2			8,78	
5	5,46	16	2			10,92	
6	6,08	16	2			12,16	
7	3,04	20	2				6,08
8	4,07	20	2				8,14
9	4,65	16	2			9,30	
10	5,89	16	2			11,78	
11	6,12	16	2			12,24	
12	2,04	20	3				6,12
13	2,35	16	2			4,70	
14	3,05	16	2			6,10	
15	3,42	16	2			6,84	
16	2,82	16	2			5,64	
17	2,37	16	2			4,74	
18	4,51	20	4				18,04
19	4,52	20	4				18,08
20	4,27	20	4				17,08
21	5,80	8	4	23,2			
22	5,90	8	4	23,6			
23	1,65	10	11		18,15		
24	1,26	10	11		13,86		
25	1,65	8	43	70,95			
26	2,02	8	43	86,86			
27	2,02	8	43	86,86			
Ukupno (m)				291,47	32,01	93,2	82,35
Masa (kg/m)				0,395	0,617	1,580	2,470
Ukupno po promjerima (kg)				115,13	19,75	147,26	203,40
Sveukupno (kg)				485,54			

Tablica 38. Iskaz armature poprečne glavne grede III.kata

Iskaz armature poprečne glavne grede III.kata						
POZ	DULJINA (m)	φ	KOM	UKUPNA DULJINA (m)		
				φ8	φ12	φ16
1	2,66	16	1			2,66
2	3,86	16	2			7,72
3	3,25	16	2			6,50
4	5,49	16	2			10,98
5	1,54	16	2			3,08
6	3,48	16	2			6,96
7	3,83	12	2		7,66	
8	5,80	12	1		5,80	
9	6,23	12	2		12,46	
10	3,36	12	2		6,72	
11	5,85	12	2		11,70	
12	1,38	8	24	33,12		
13	1,38	8	24	33,12		
Ukupno (m)				66,24	44,34	37,90
Masa (kg/m)				0,395	0,888	1,580
Ukupno po promjerima (kg)				26,16	39,37	59,88
Sveukupno (kg)				125,41		

8. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskom radu provedeno je dimenzioniranje armiranobetonskog skladištapa uzoru na lučko skladištebr. 17 izgrađeno u riječkoj luci 1909. godine. Tlocrtne dimenzije i raspored konstrukcijskih elemenata, poput dizala i stubišta, jednaki su kao kod izvorne konstrukcije uz određene promjene (grede nemaju vute, rubni i središnji stupovi jednakih dimenzija). Ovaj rad podijeljen je u dvije faze: proračun stropnih konstrukcija I. kata i krova, te proračuna greda okvirne konstrukcije.

U prvoj fazi napravljena su dva modela stropnih konstrukcija: prvi model se odnosi na stropnu konstrukciju I. kata, a drugi model na krovnu konstrukciju. Osnovna razlika tih dvaju modela su poprečni presjeci: strop I. kat sastavljen je od glavnih greda dimenzija 32/70 cm i sekundarnih greda 24/45 cm, a krov sastavljen je od glavnih greda dimenzija 24/46 cm i sekundarnih greda 16/38 cm. U modelu stropne konstrukcije I. kata proračunat je balkon. Ploče I. kata i krova nose u dva smjera, dok je ploča balkona nosiva u jednom smjeru.

Specifičnost ovih stropnih konstrukcija je to što su sekundarne grede izvedene u sredini raspona glavnih greda, te na taj način ostvaruje se statički sustav tzv. roštilj. Uzdužne i poprečne sekundarne grede i uzdužne glavne gredeproračunate su "na ruke", te provjerene na modelu pomoću računalnog programaSTAAD.Pro. U modelima stropnih konstrukcija dodane su ploče, te je određena je potrebna armatura u gornjoj i donjoj zoni ploče. Stropne konstrukcije proračunate su na temelju osnovne proračunske kombinacije u skladu s normom HRN EN 1992-1-1.

U drugoj fazi napravljen je ravninski model okvirne konstrukcije za proračun poprečnih glavnih greda. Opterećenja i reakcije koje su dobiveneprilikom proračuna stropnih konstrukcija prenesena su na okvir.Okvirna konstrukcija proračunata je na temelju osnovne proračunske kombinacije i potresne kombinacije u skladu s normama HRN EN 1992-1-1 i HRN EN 1998-1.

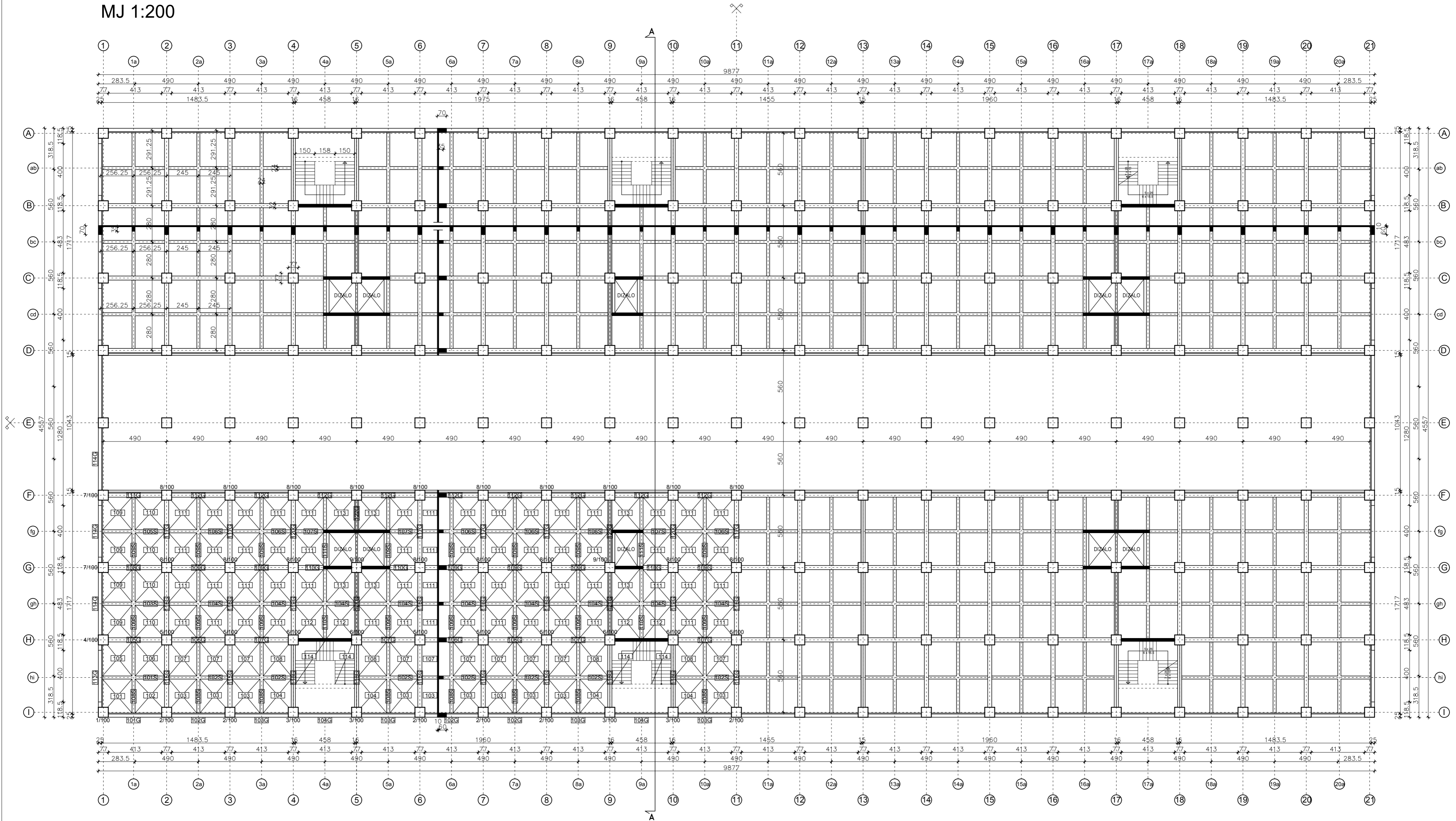
Pomoću modela ustanovilo se da je potresna kombinacija mjerodavna za dimenzioniranje oslonaca poprečnih greda na savijanje i na poprečne sile, dok je osnovna proračunska kombinacija mjerodavna za dimenzioniranje polja poprečnih glavnih greda.

9. LITERATURA

- [1] HRN EN 1991-1-3:2008 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-3: Opća djelovanja - Opterećenje snijegom (EN 1991-1-3:2003+AC2009) - Nacionalni dodatak HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2016
- [2] HRN EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-4: Općadjelovanja - Djelovanja vjetra (EN 1991-1-4:2005+AC:2010+A1:2010) - Nacionalni dodatak HRN EN 1991-1-4:2012/NA:2012
- [3] HRN EN 1992-1-1:2004 Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija - Opća pravila i pravila za projektiranje zgrada (EN 1992-1-1:2004+AC:2010) - Nacionalni dodatak HRN EN 1992-1-1:2013/NA:2013
- [4] HRN EN 1998-1:2008 Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004 + AC:2009) - Nacionalni dodatak HRN EN 1998-1:2011/NA:2013
- [5] I. Tomičić: Betonske konstrukcije, DHGK, Zagreb, 1996.
- [6] Z. Sorić, T. Kišiček: Betonske konstrukcije 1, Građevinski fakultet Zagreb, 2014.
- [7] Z. Sorić, T. Kišiček: Betonske konstrukcije 2, Građevinski fakultet Zagreb, 2018.
- [8] Proračun potresno otpornih konstrukcija prema sposobnosti nosivosti, D. Grandić i P. Šćulac, Dani hrvatske komore inženjera građevinarstva, Opatija 2017.
- [9] M. N. Fardis: Seismic design, assessment and retrofitting of concrete buildings, Springer, 2009.
- [10] K. Beer: Bewehren nach DIN EN 1992-1-1 (EC2), Springer Vieweg, 2019.

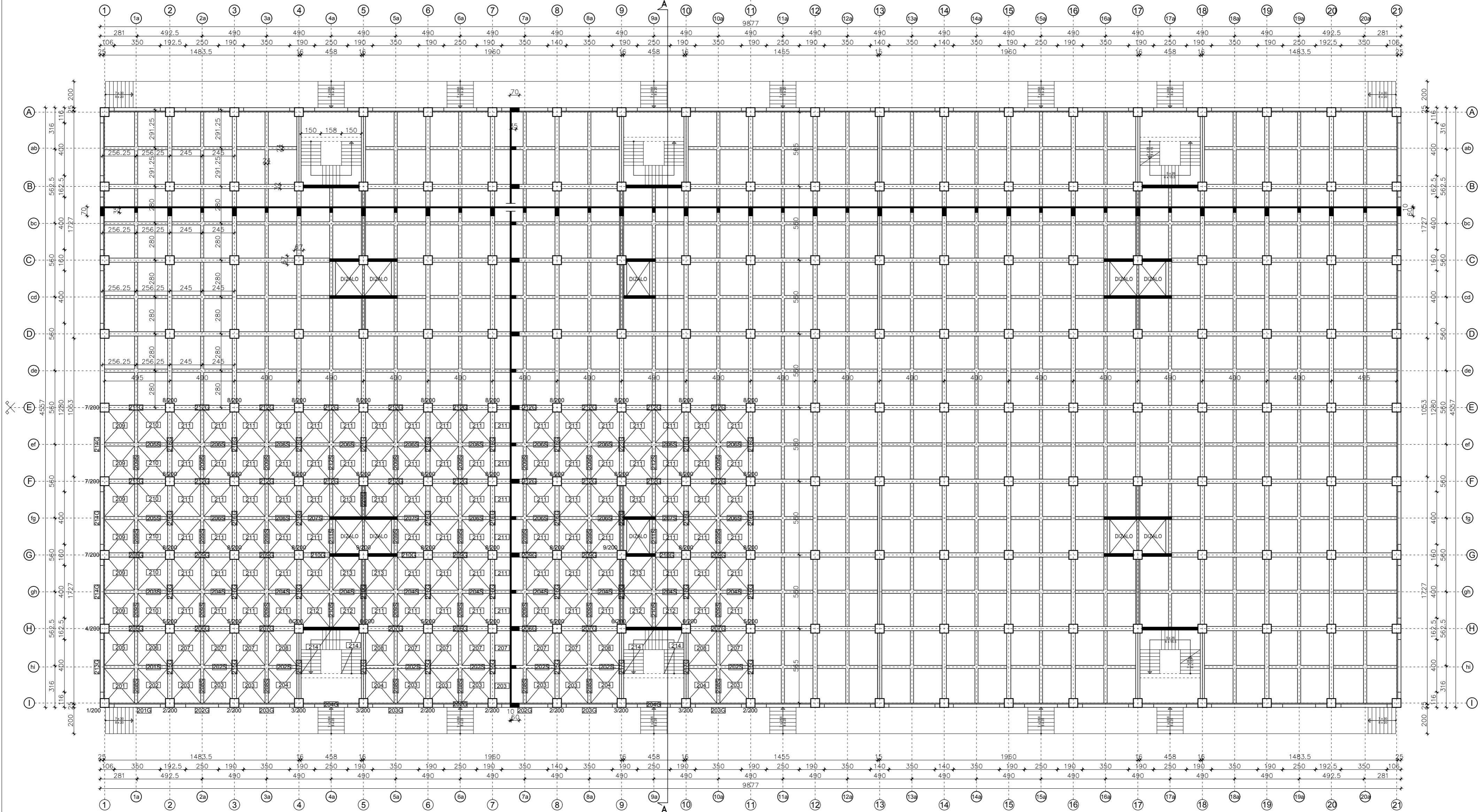
10. NACRTNA DOKUMENTACIJA

STROP IZNAD SUTERENA MJ 1:200



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANO BETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: STROP IZNAD SUTERENA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.		Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:200
		List: 1	

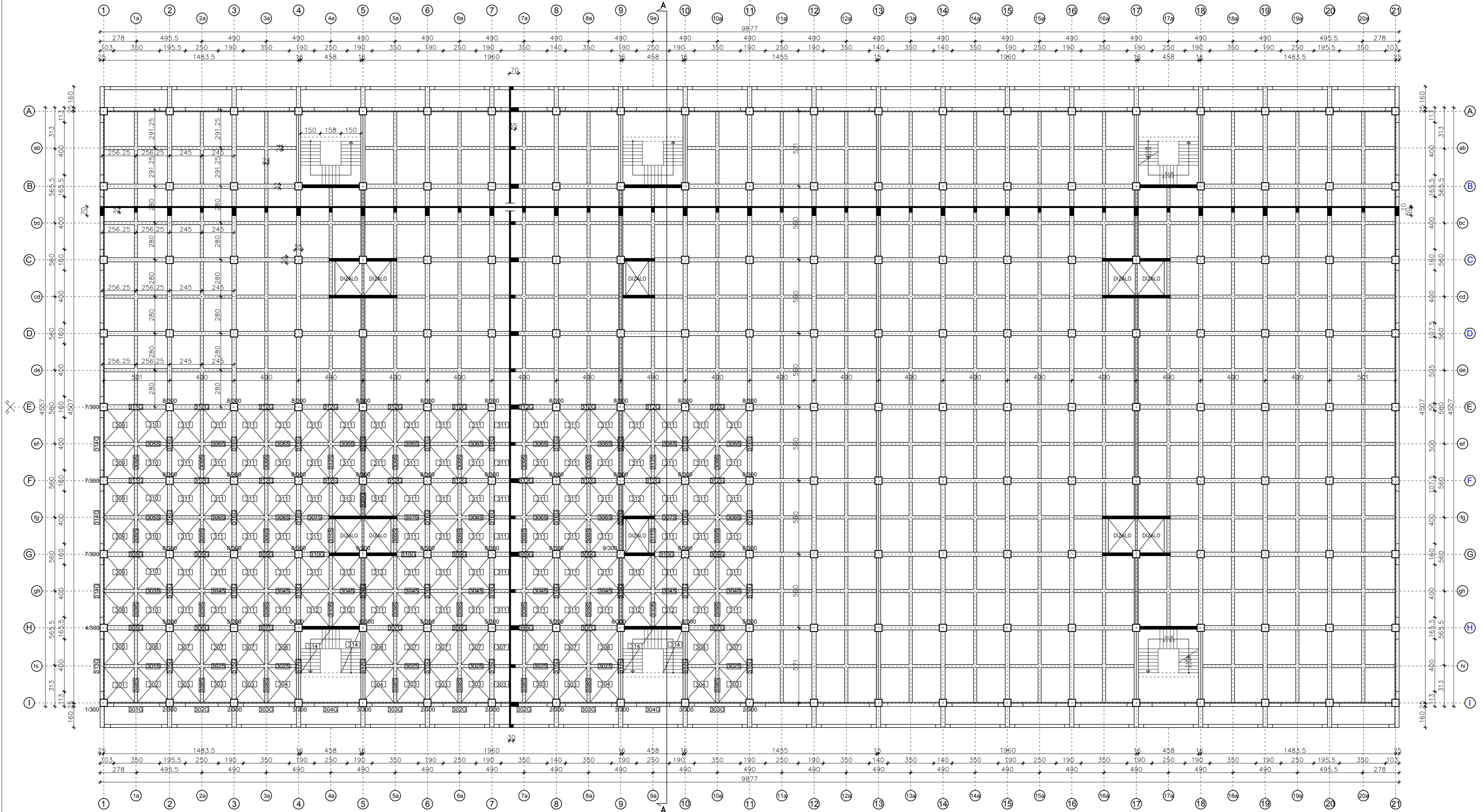
STROP IZNAD PRIZEMLJA MJ 1:200



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJEČI	
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI	Sadržaj nacrt: STROP IZNAD PRIZEMLJA
Student: Paolo Delcaro	Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.
	Mjerilo: 1:200
	List: 2

STROP IZNAD I KATA

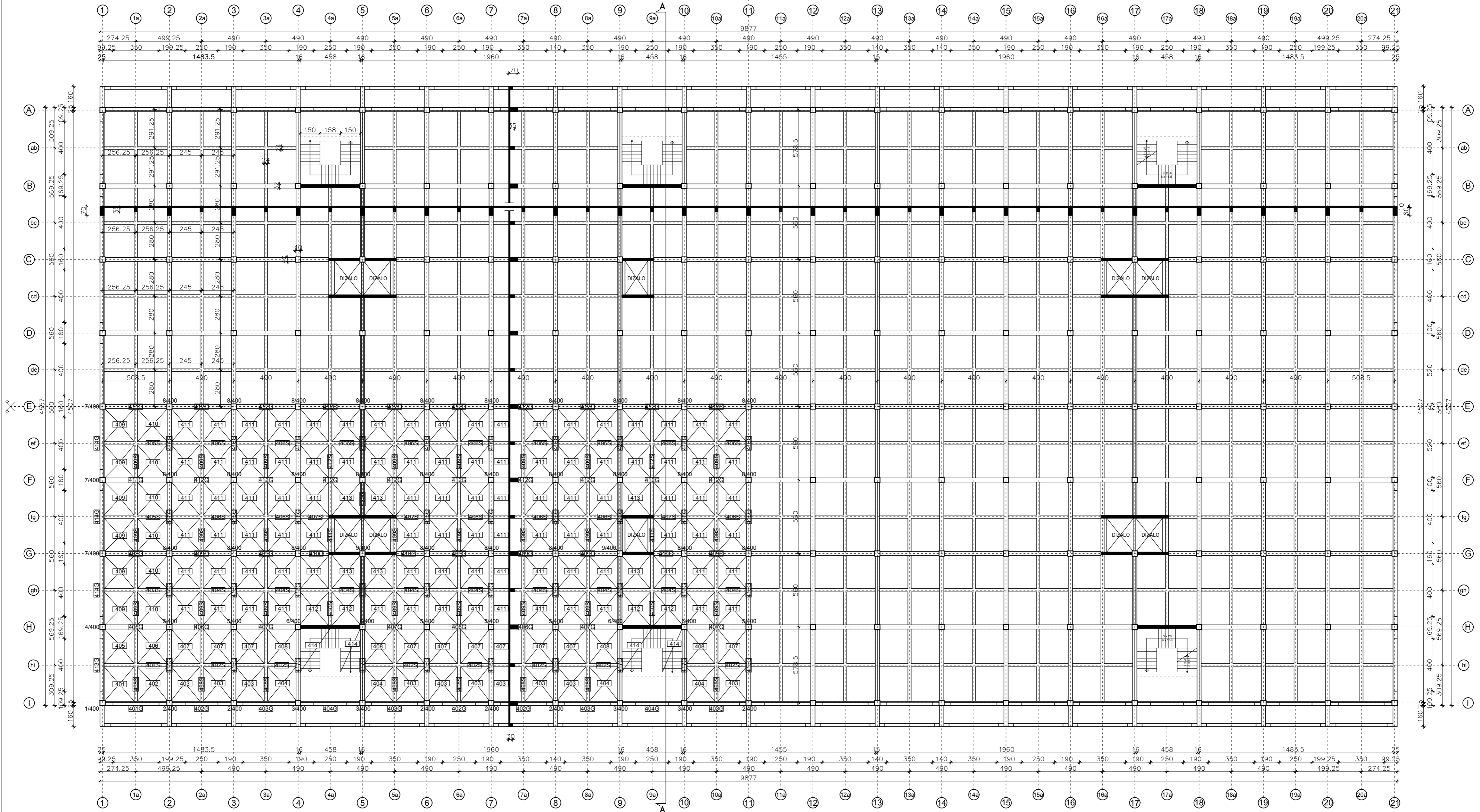
MJ 1:200



GF GRADEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJEČI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: STROP IZNAD I KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.		Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:200
		List: 3	

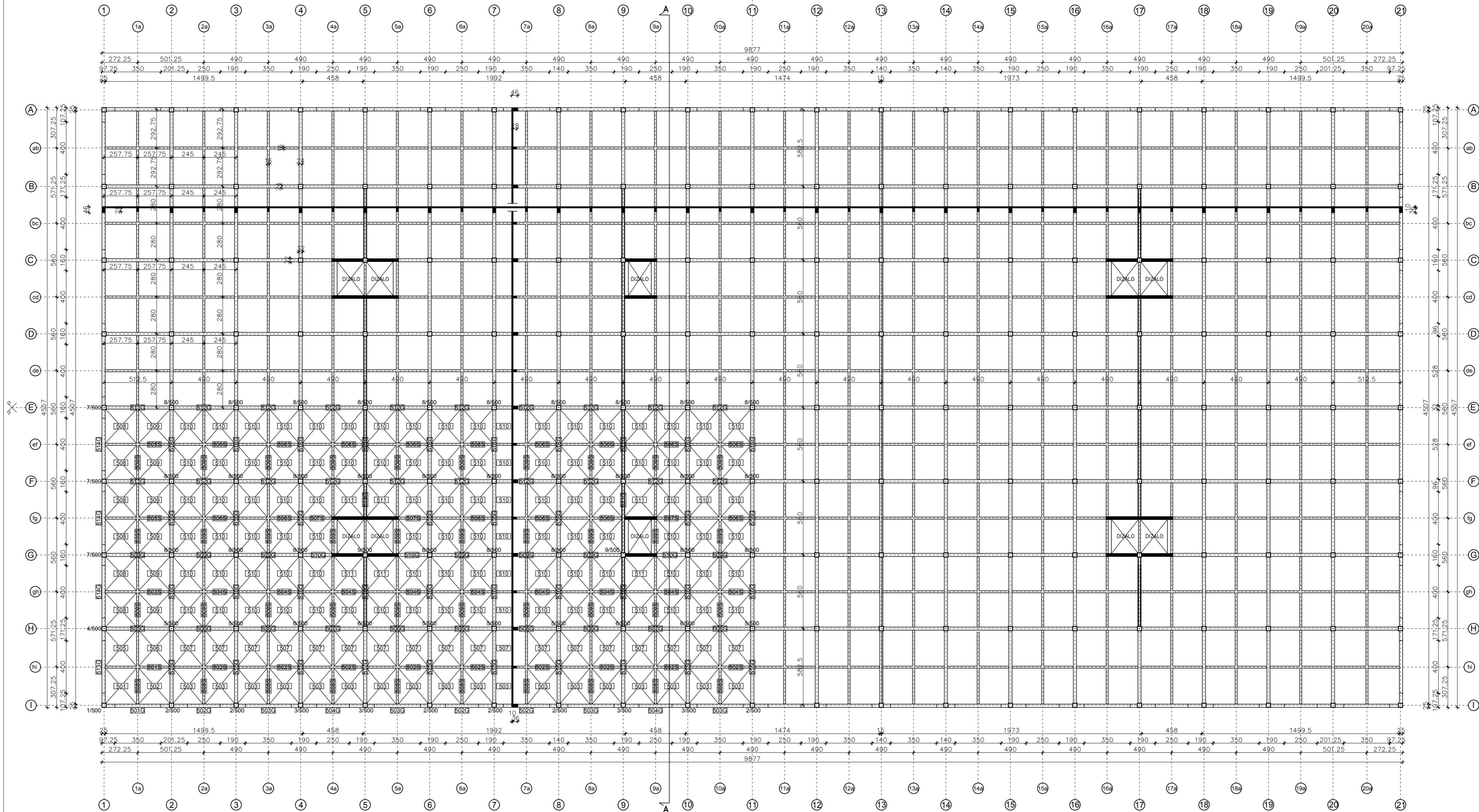
STROP IZNAD II KATA

MJ 1:200



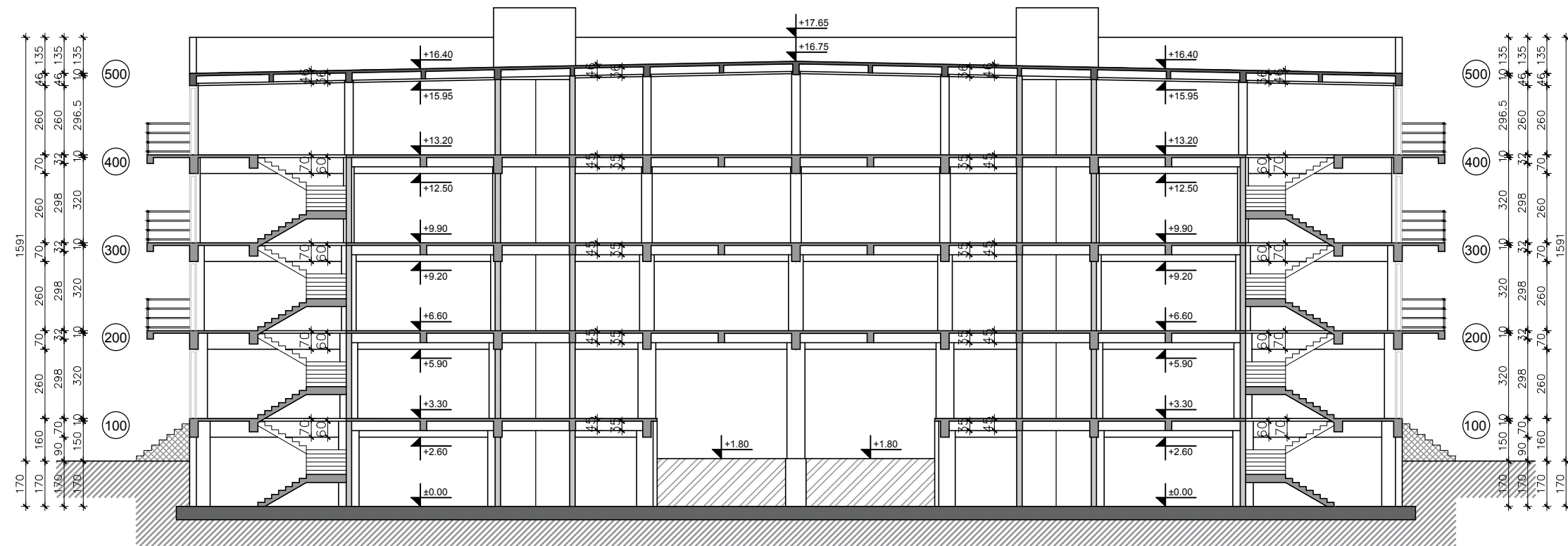
GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: STROP IZNAD II KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.		Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:200
		List: 4	

STROP IZNAD III KATA MJ 1:200

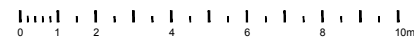


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: STROP IZNAD III KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:200	List: 5

PRESJEK A-A
MJ 1:200

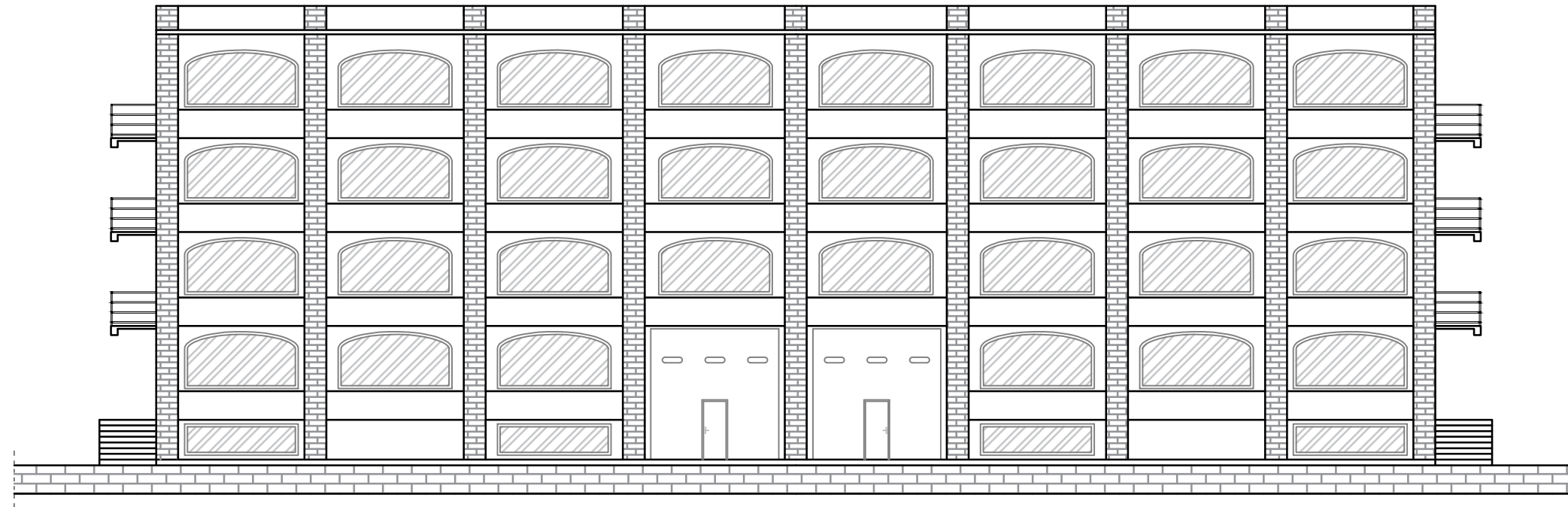


Grafičko mjerilo

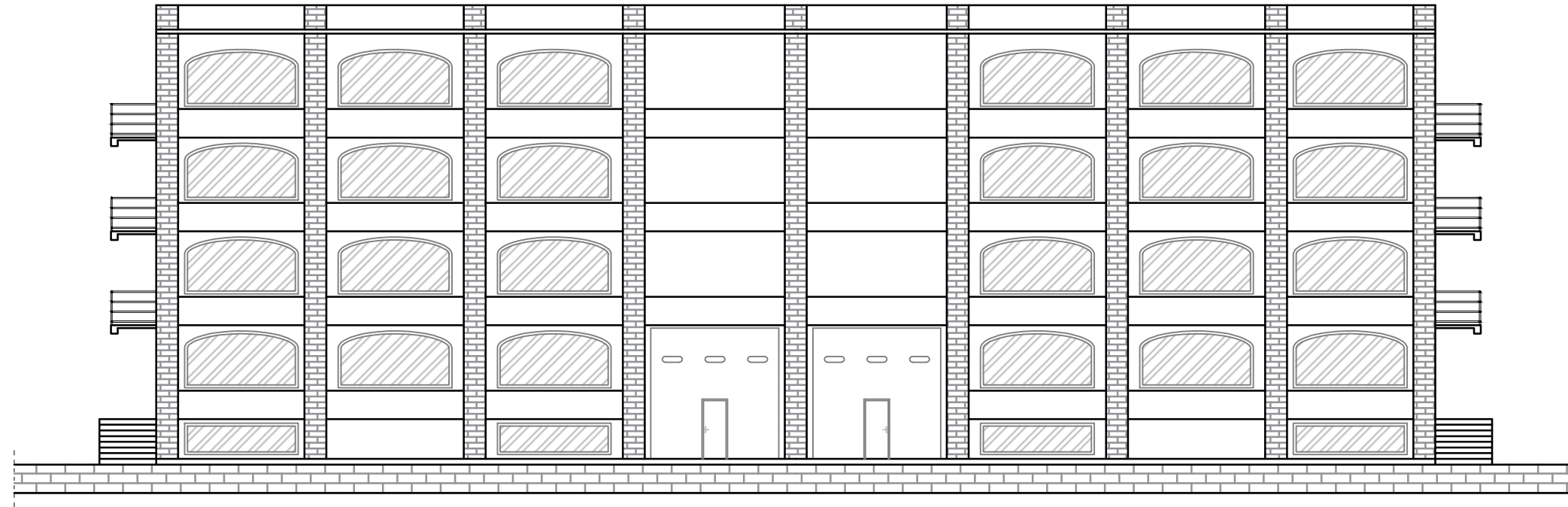


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI	
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI	Sadržaj nacrt: PRESJEK A-A
Student: Paolo Delcaro	Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.
	Mjerilo: 1:200
	List: 6

PROČELJA
MJ 1:200

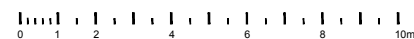


sjeverno pročelje



južno pročelje

Grafičko mjerilo



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI	Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI			Sadržaj nacrta: SJEVERNO I JUŽNO PROČELJE		
	Student: Paolo Delcaro			Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1		
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac,dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:200	List: 7			

PROČELJA
MJ 1:200



zapadno pročelje



istočno pročelje

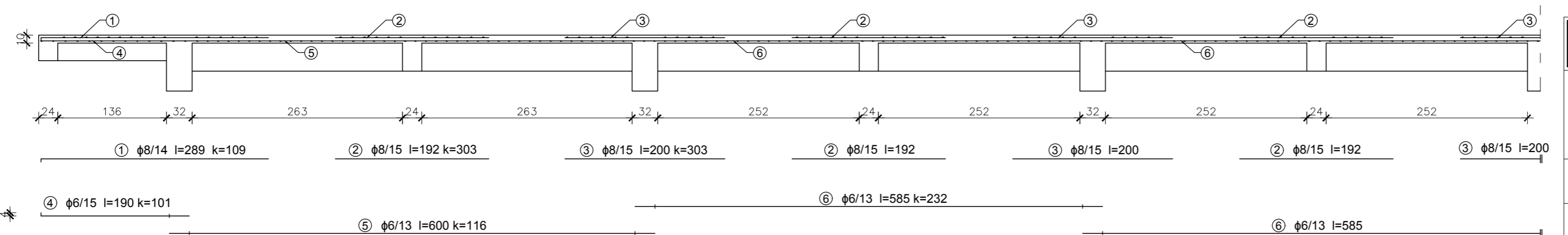
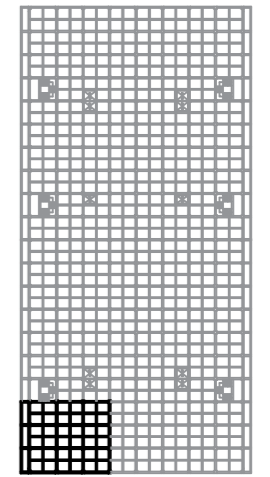
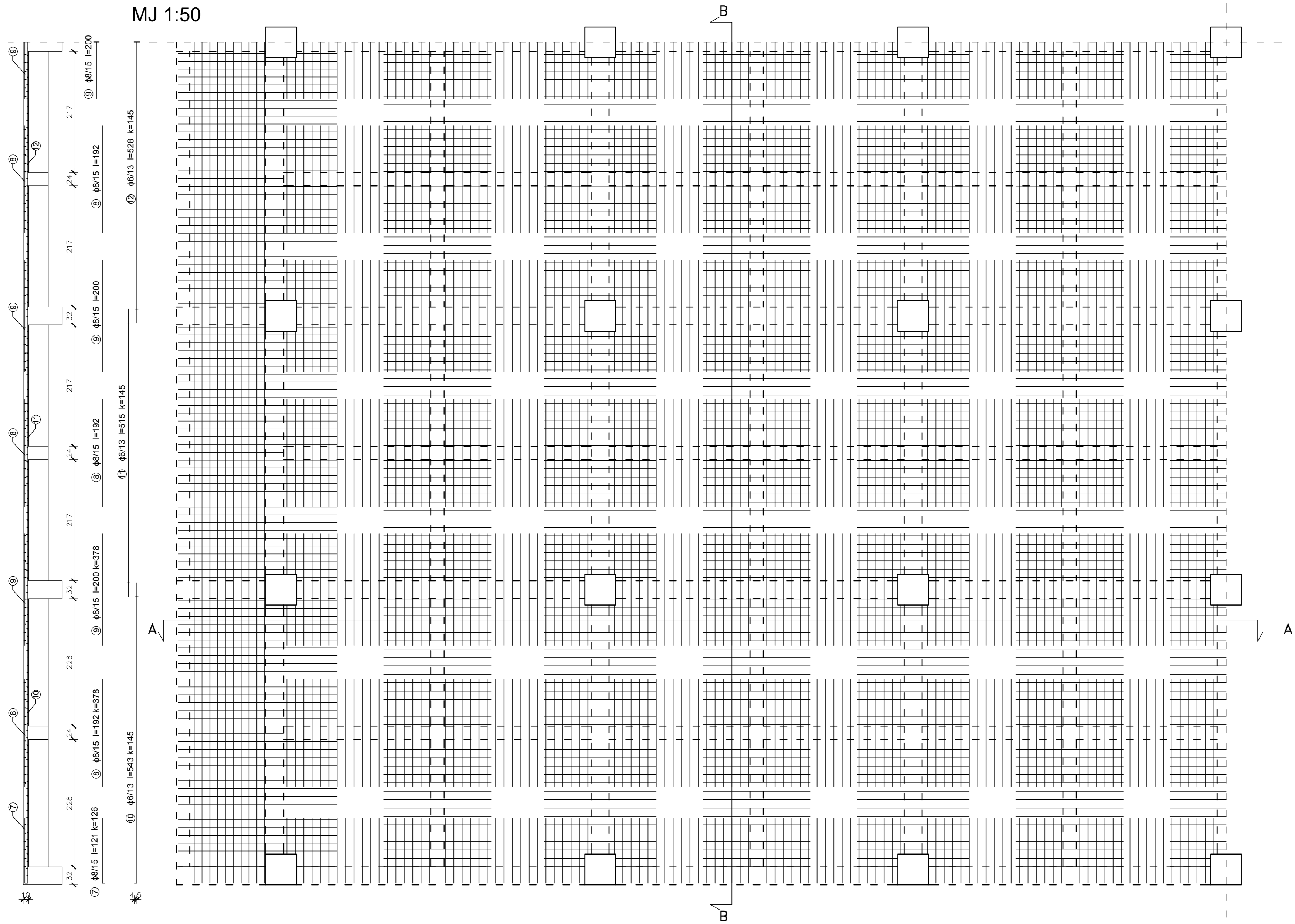
Grafičko mjerilo



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI	Diplomski rad:			Sadržaj nacrt:			
	PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI			ZAPADNO I ISTOČNO PROČELJE			
Student:	Paolo Delcaro			Kolegij:	BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1		
Mentor:	doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.			Datum:	Mjerilo:	List:	
				3.11.2020.	1:200	8	

ARMATURA STROPNE PLOČE I. KATA - GORNJA ZONA

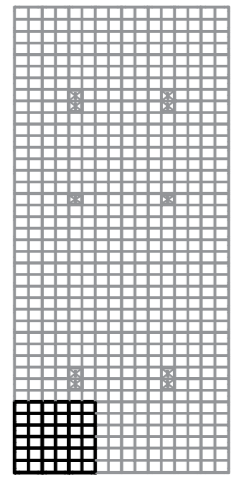
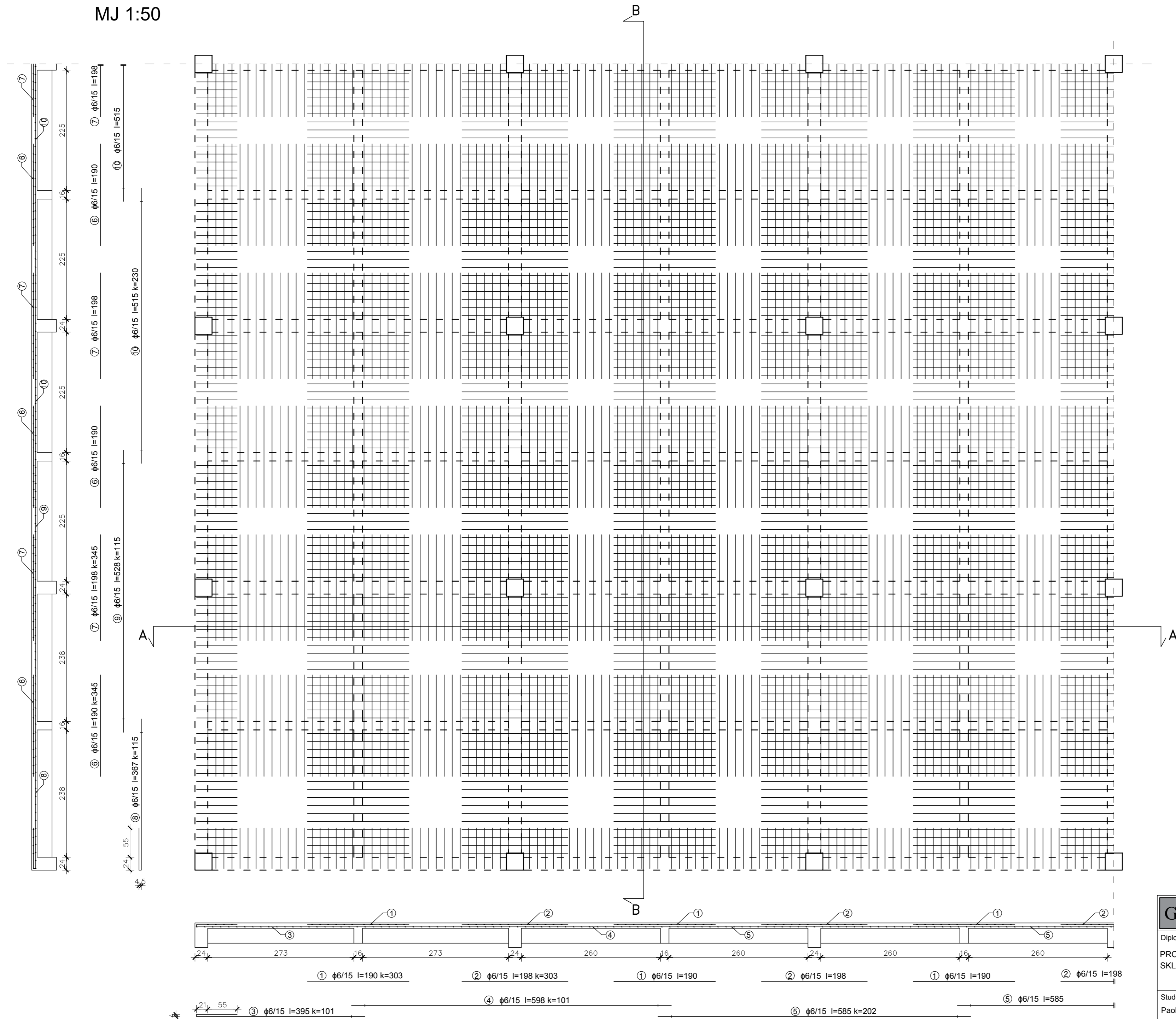
MJ 1:50



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrta: ARMATURA STROPNE PLOČE I. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.grad.		Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50
		List: 9	

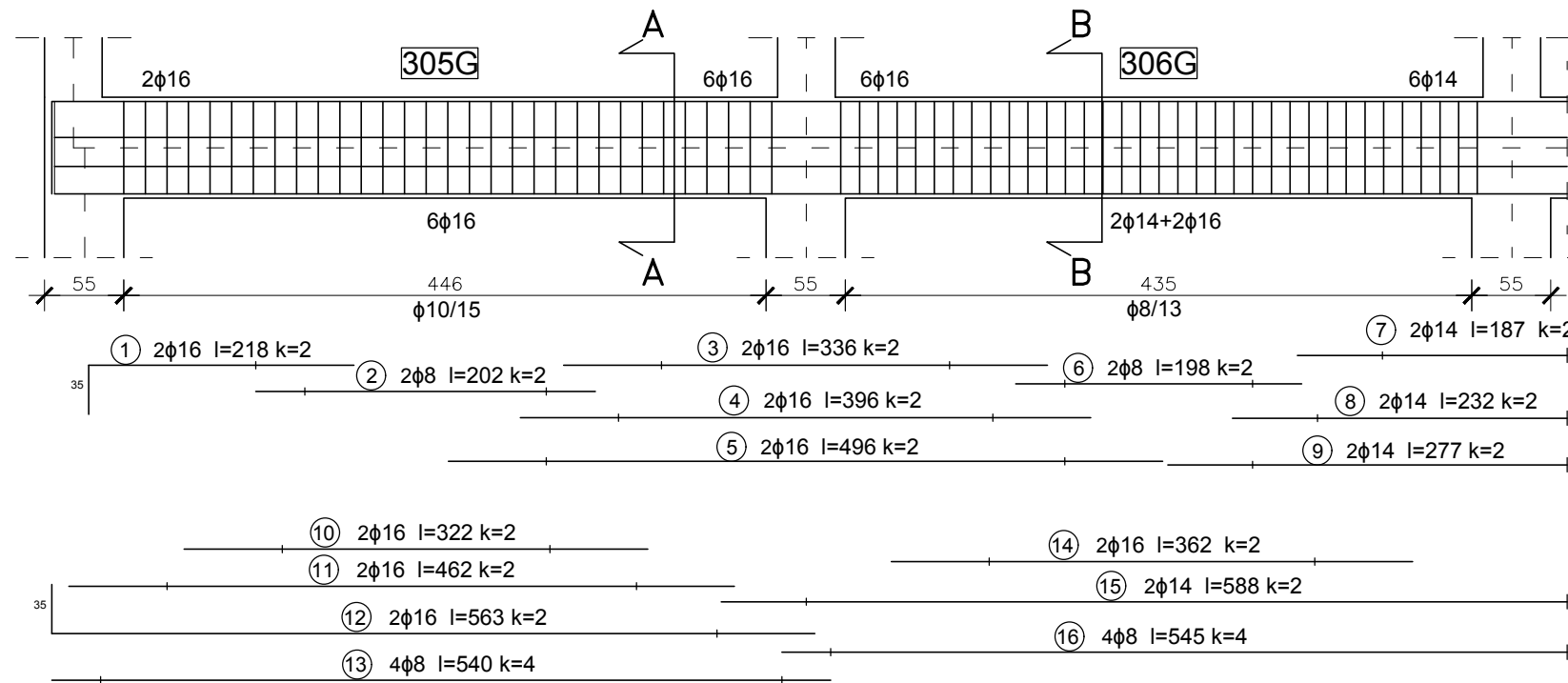
ARMATURA STROPNE PLOČE III. KATA - GORNJA ZONA

MJ 1:50

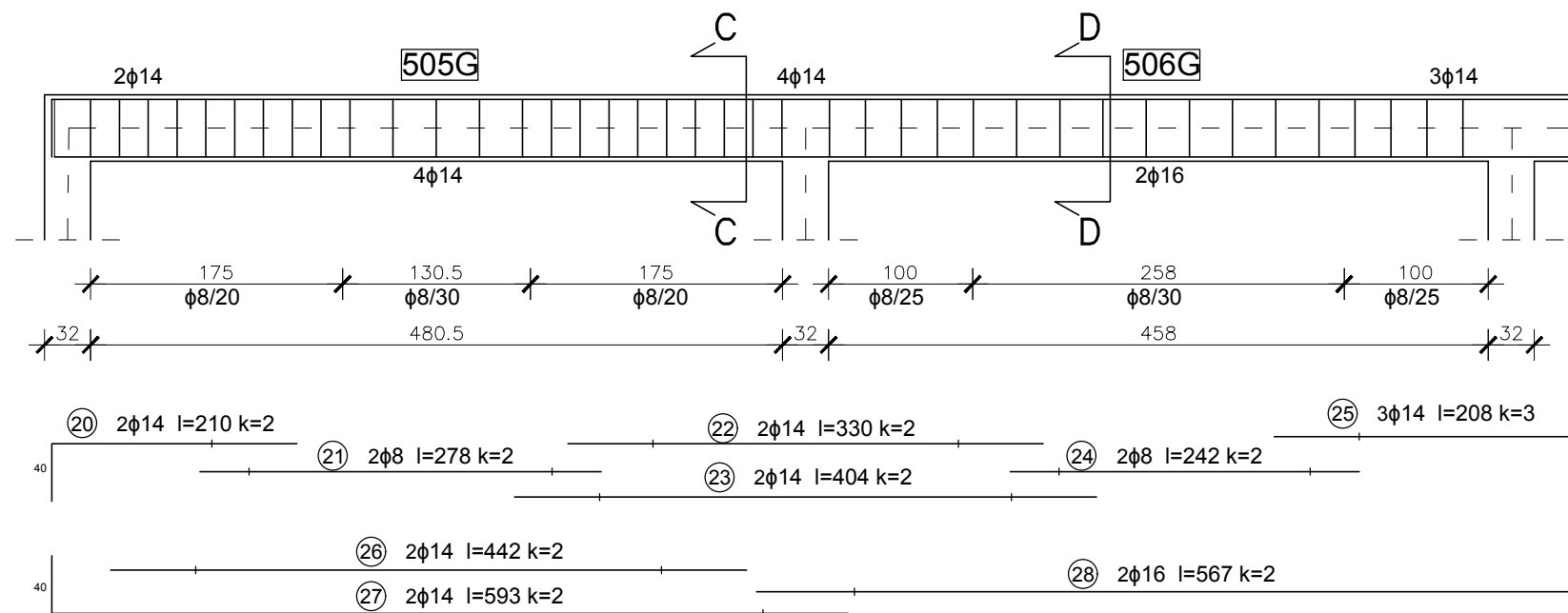


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacрта: ARMATURA STROPNE PLOČE III. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.grad.		Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50
		List: 10	

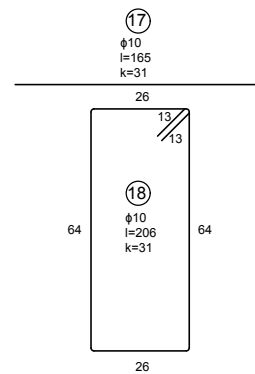
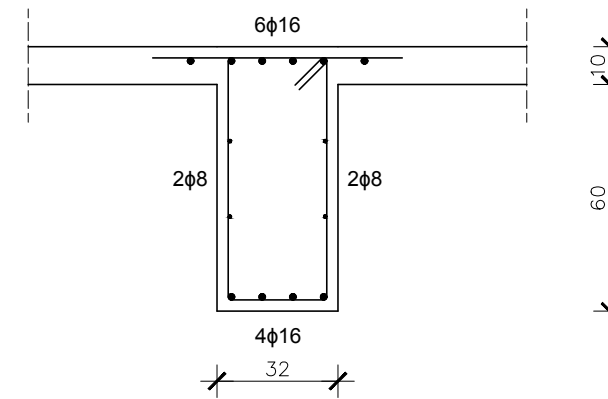
ARMATURA UZDUŽNE GLAVNE GREDE I. KATA
MJ 1:50



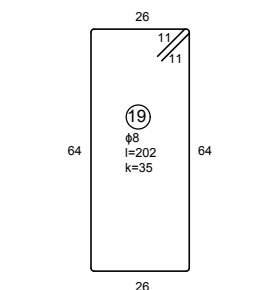
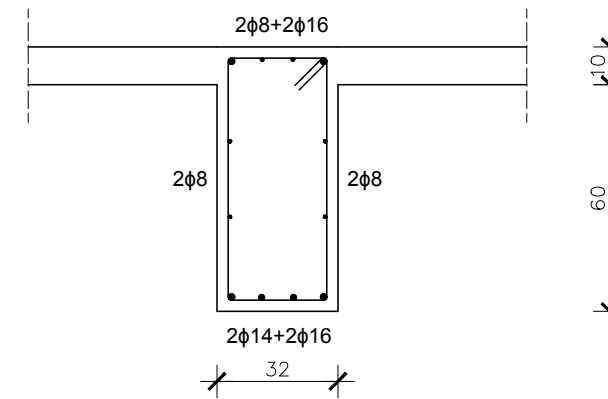
ARMATURA UZDUŽNE GLAVNE GREDE III. KATA
MJ 1:50



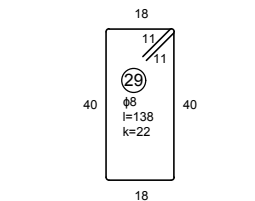
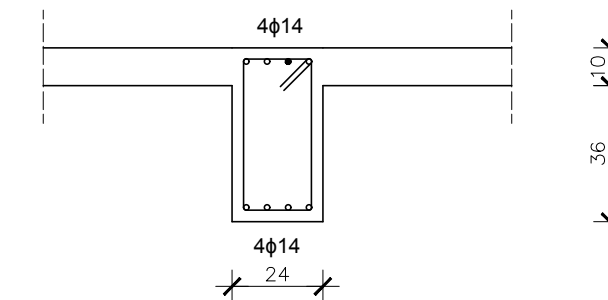
PRESJEK A-A MJ1:20



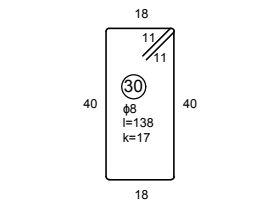
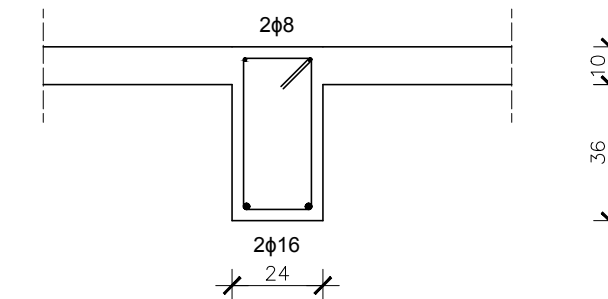
PRESJEK B-B MJ1:20



PRESJEK C-C MJ1:20

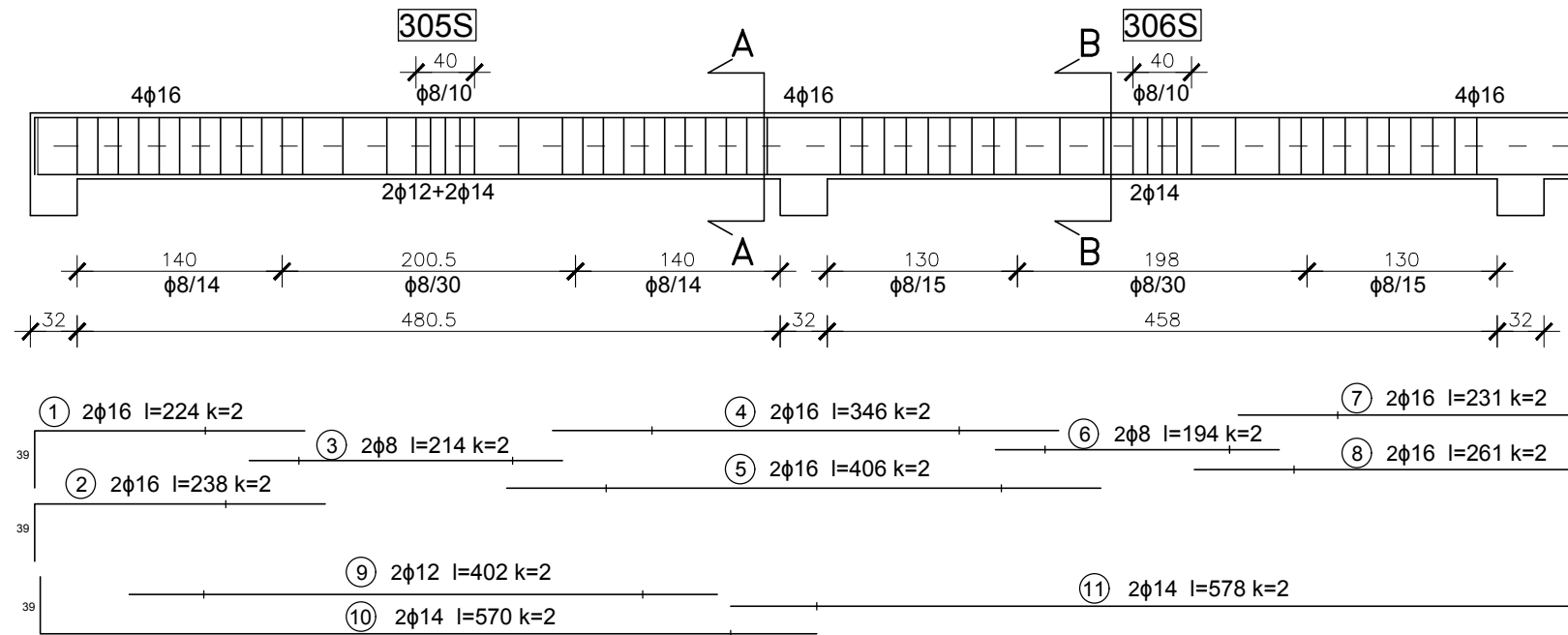


PRESJEK D-D MJ1:20

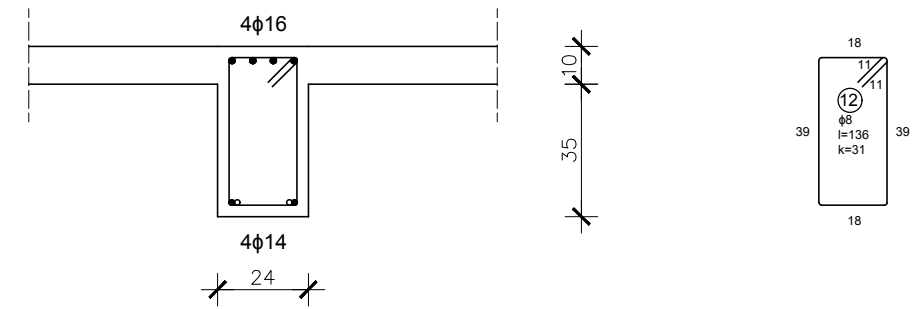


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: ARMATURA UZDUŽNIH GLAVNIH GREDA I. KATA I III. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50	List: 11

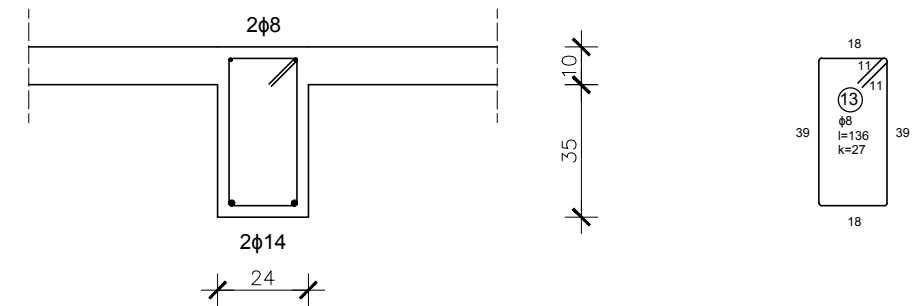
ARMATURA SEKUNDARNE GREDE I. KATA
MJ 1:50



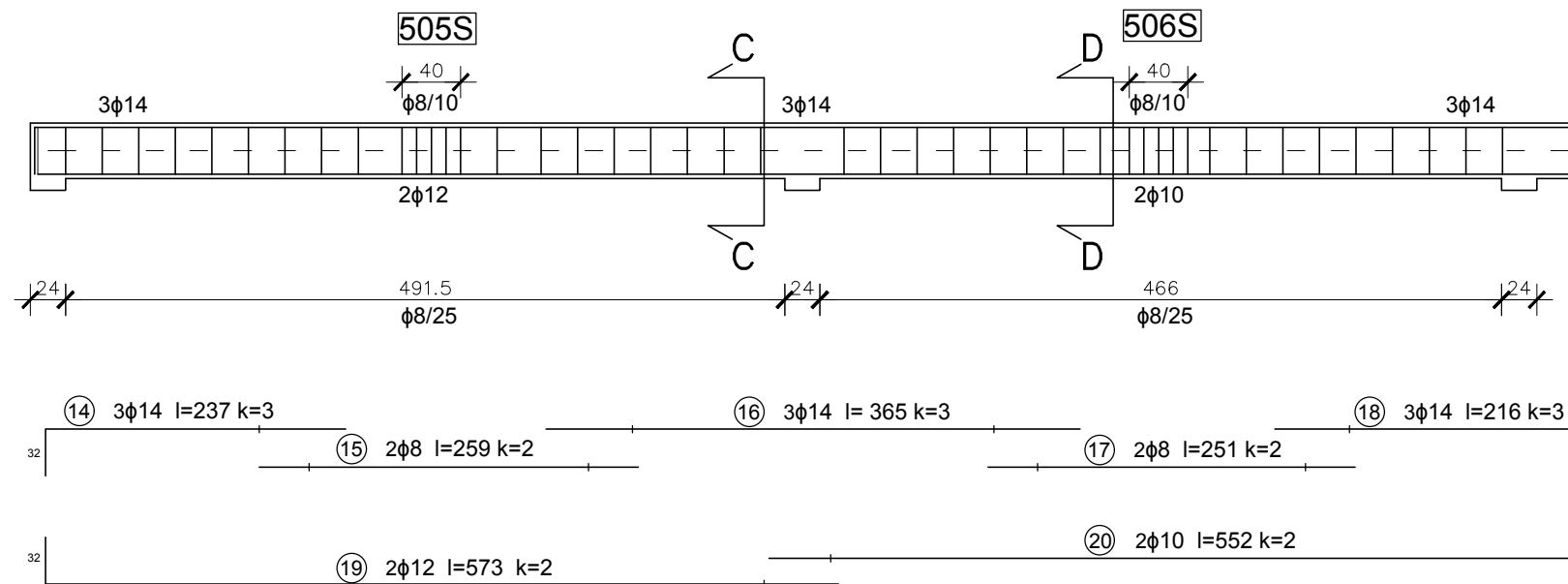
PRESJEK A-A MJ1:20



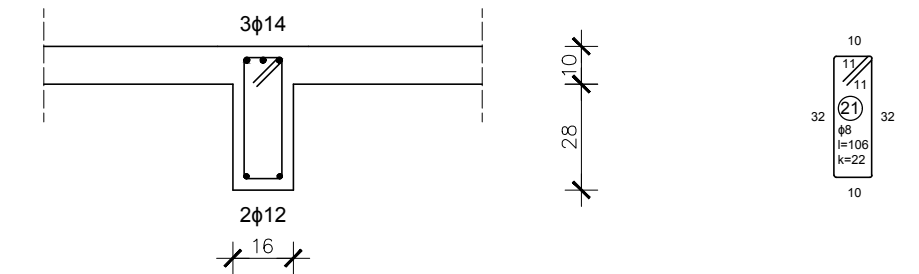
PRESJEK B-B MJ1:20



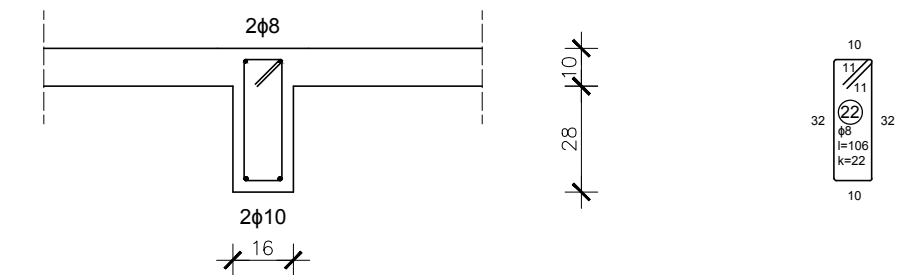
ARMATURA SEKUNDARNE GREDE III. KATA
MJ 1:50



PRESJEK C-C MJ1:20

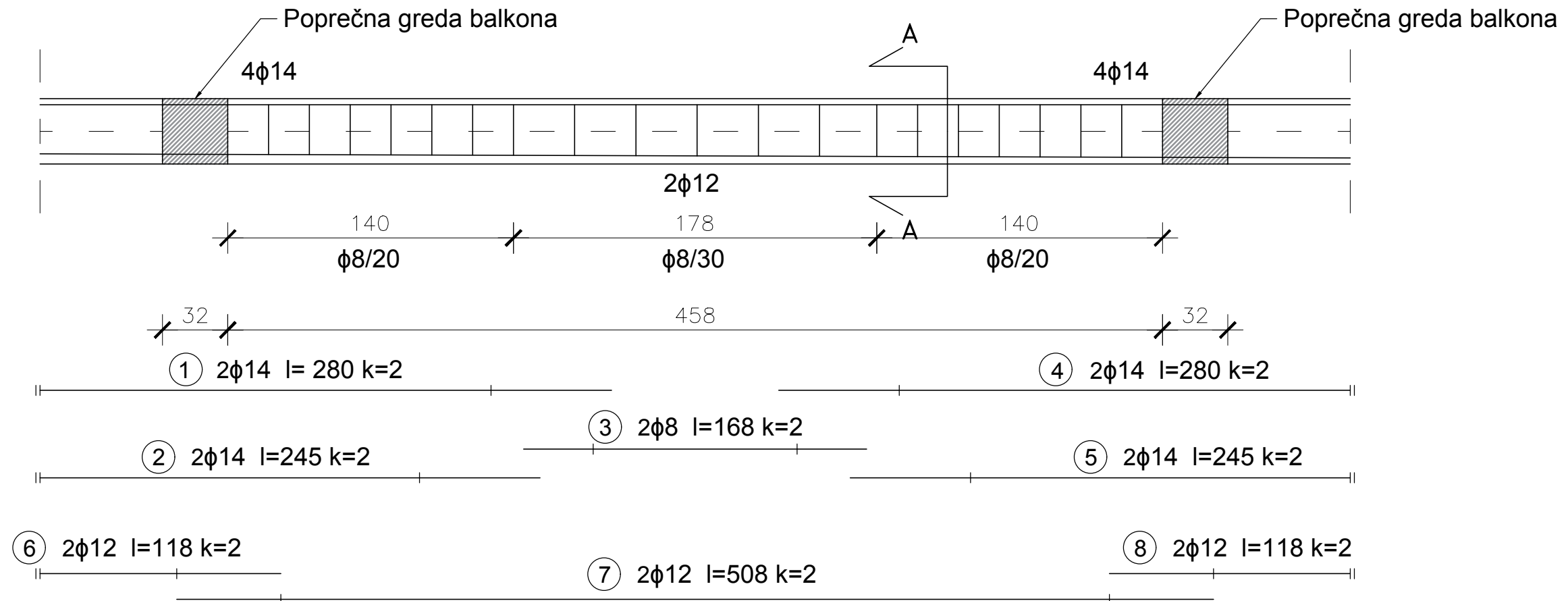


PRESJEK D-D MJ1:20

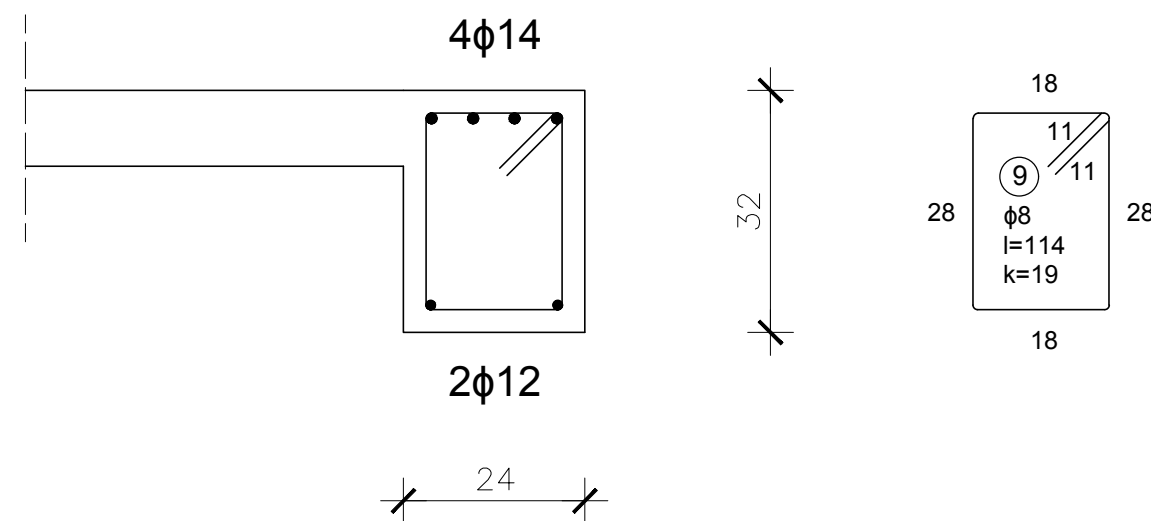



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrtā: ARMATURA SEKUNDARNIH GREDA I. KATA I III. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Šćulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50	List: 12

ARMATURA UZDUŽNE GREDE BALKONA I. KATA
MJ 1:25

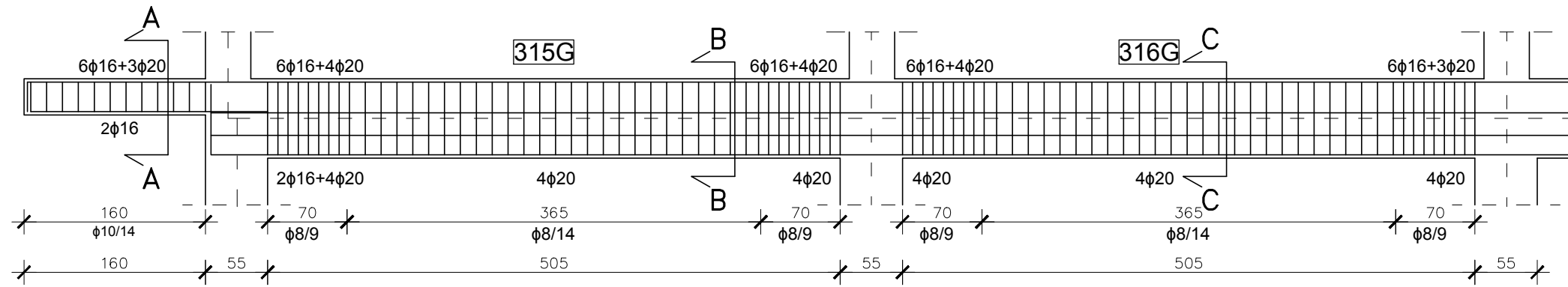


PRESJEK A-A MJ1:10

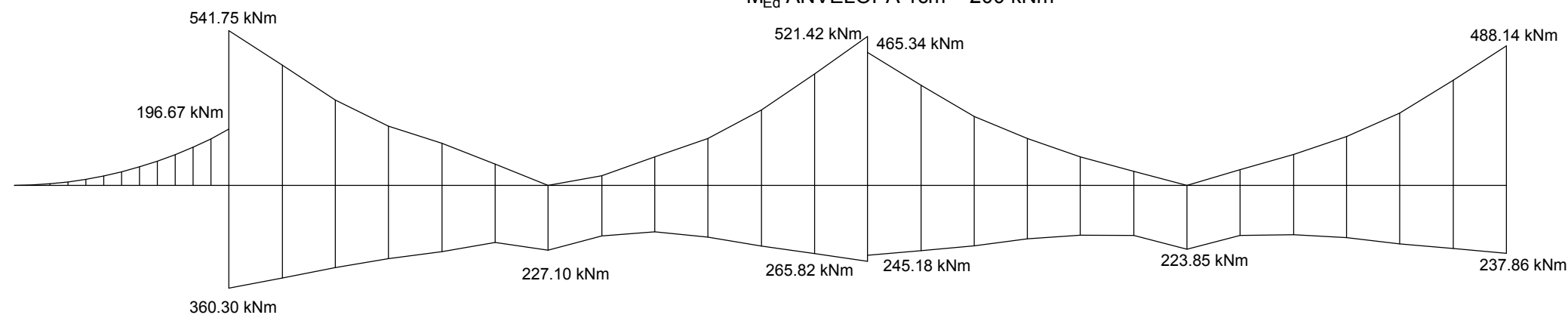


 GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrta: ARMATURA UZDUŽNE GREDE BALKONA I. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:25	List: 13

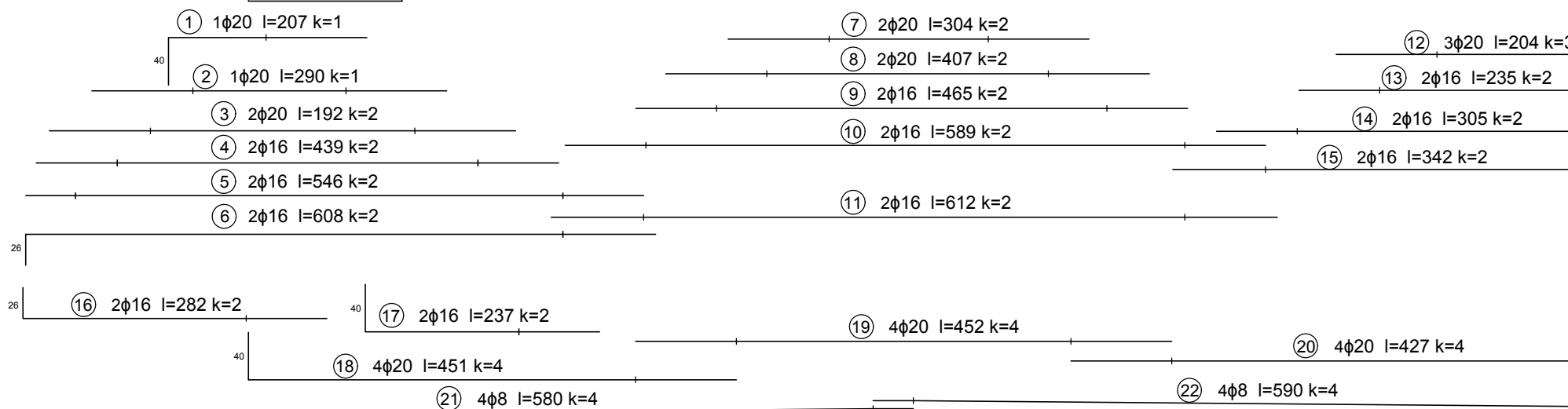
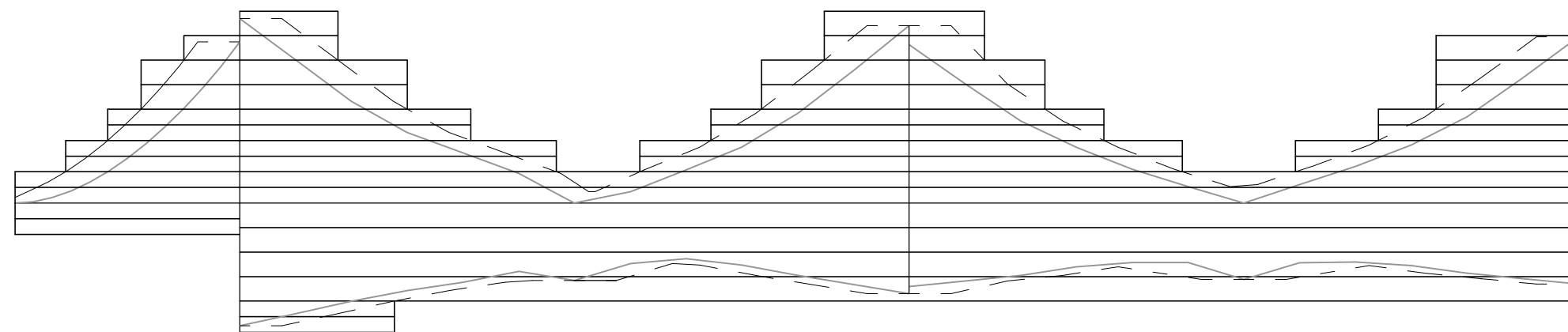
ARMATURA POPREČNE GLAVNE GREDE I. KATA MJ 1:50



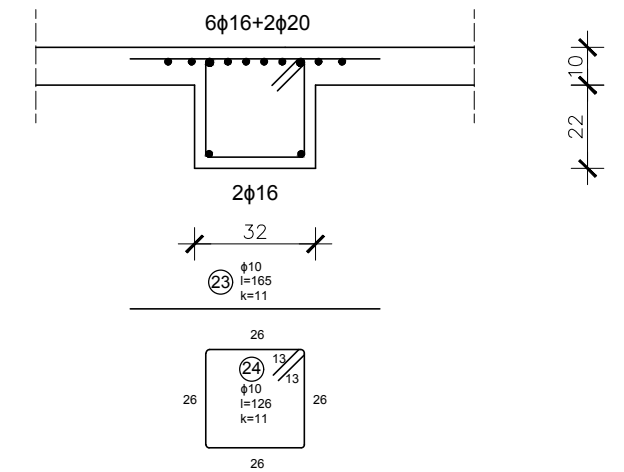
M_{Ed} ANVELOPA 1cm = 200 kNm



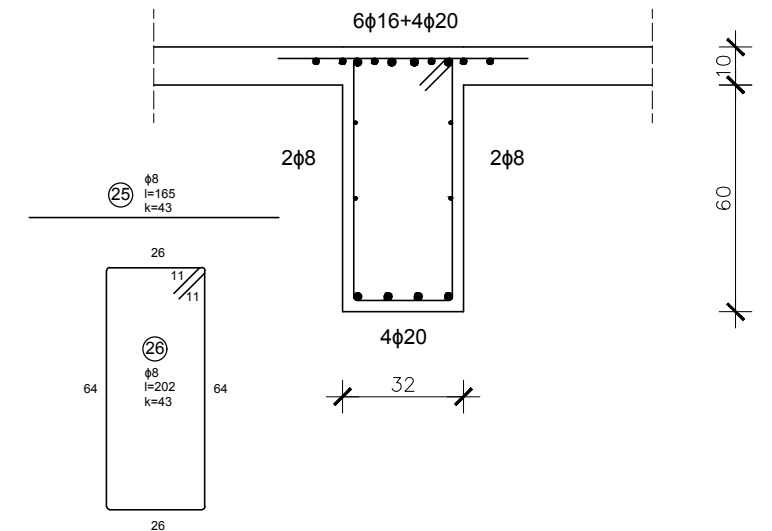
F_{Sd} DIJAGRAM 1cm = 300 kN



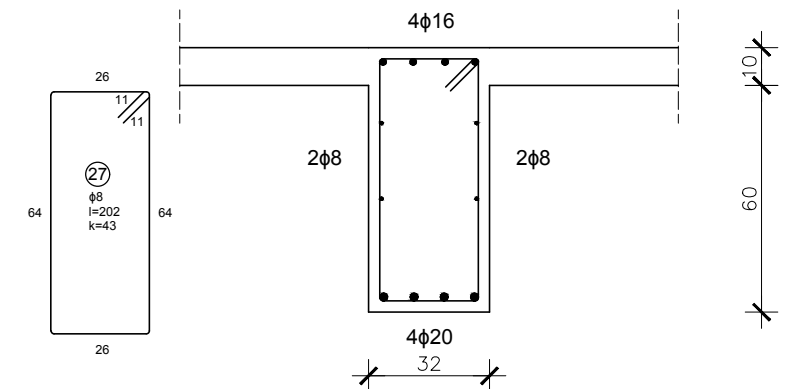
PRESJEK A-A MJ1:20



PRESJEK B-B MJ1:20

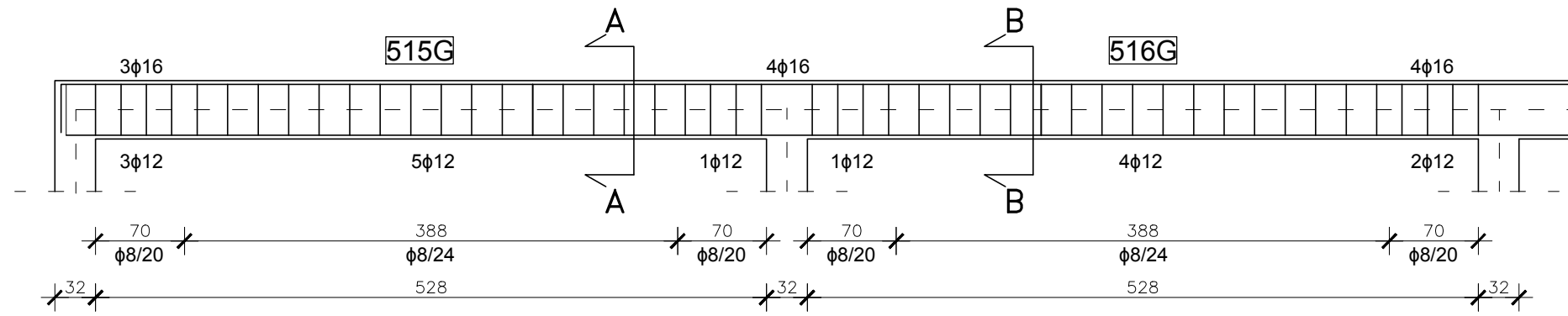


PRESJEK C-C MJ1:20

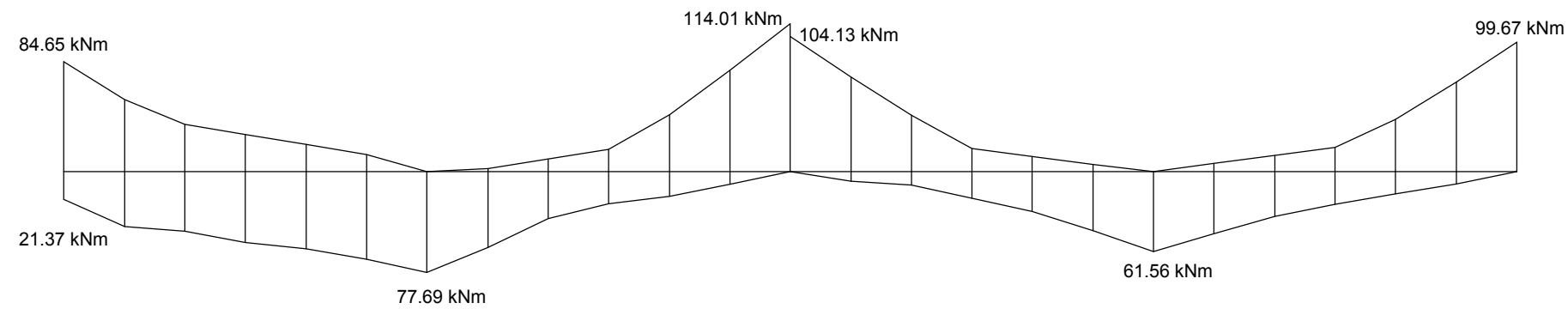


GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: ARMATURA POPREČNE GLAVNE GREDE I. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50	List: 14

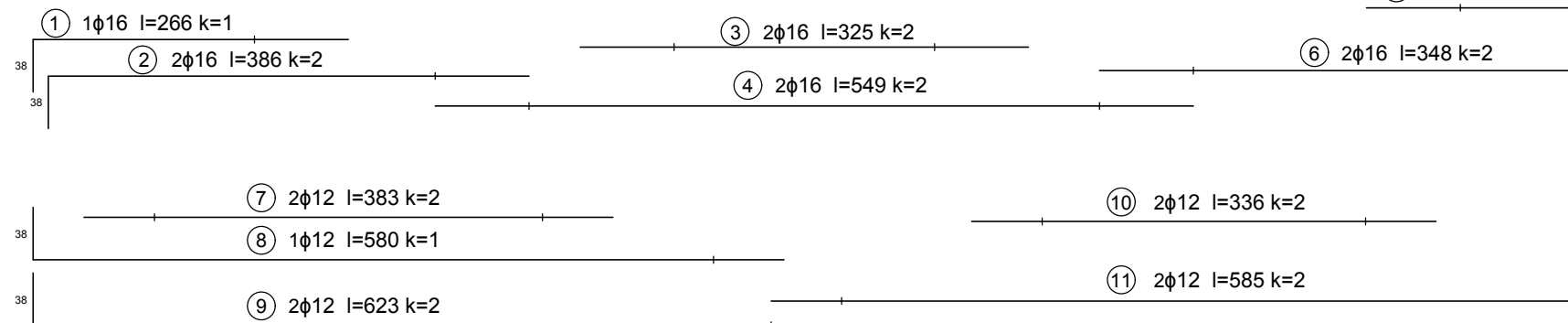
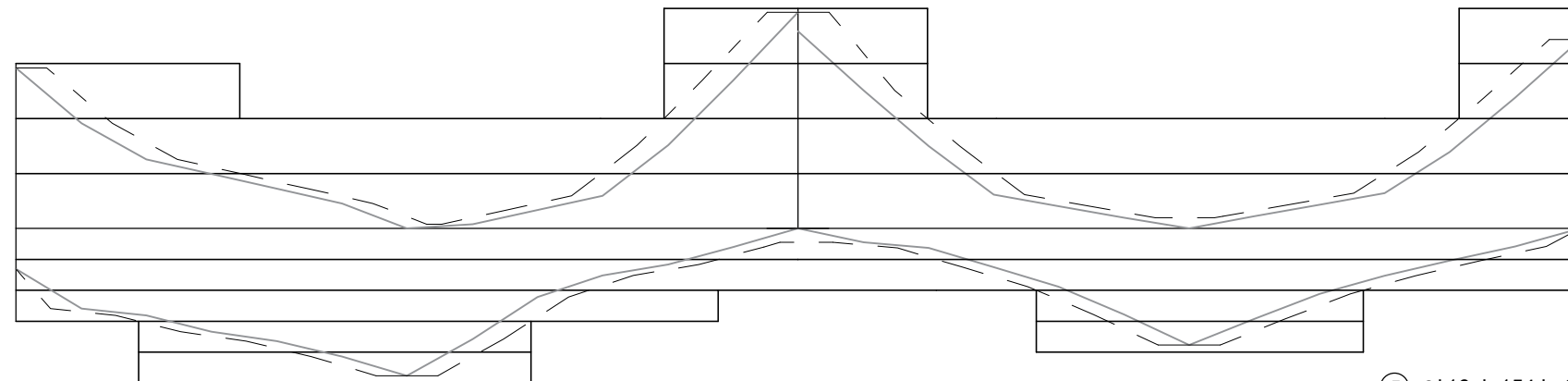
ARMATURA POPREČNE GLAVNE GREDE III. KATA
MJ 1:50



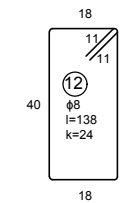
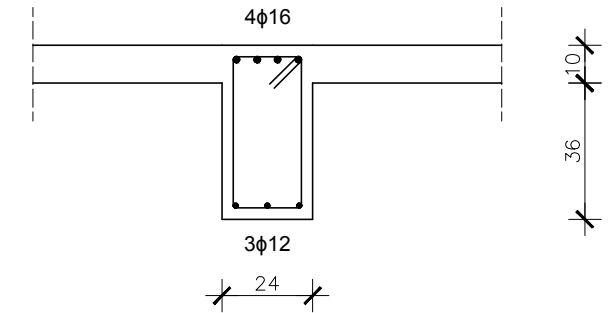
M_{Ed} ANVELOPA 1cm = 50 kNm



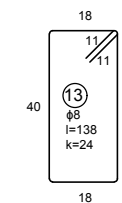
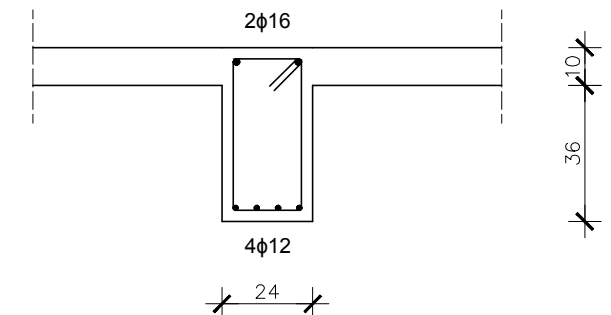
F_{Sd} DIJAGRAM 1cm = 100 kN



PRESJEK A-A MJ1:20



PRESJEK B-B MJ1:20



GF GRAĐEVINSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U RIJECI			
Diplomski rad: PRORAČUN ARMIRANOBETONSKOG SKLADIŠTA U RIJEČKOJ LUCI		Sadržaj nacrt: ARMATURA POPREČNE GLAVNE GREDE III. KATA	
Student: Paolo Delcaro		Kolegij: BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE 1	
Mentor: doc.dr.sc.Paulo Ščulac, dipl.ing.građ.	Datum: 3.11.2020.	Mjerilo: 1:50	List: 15