

Statički proračun obiteljske kuće

Kaličanin, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:718998>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-24**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 402/GR/2020

Statički proračun obiteljske kuće

Luka Kaličanin, 2151/336

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 402/GR/2020

Statički proračun obiteljske kuće

Student

Luka Kaličanin, 2151/336

Mentor

doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.

Varaždin, rujan 2020. godine

Predgovor

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškoviću, dipl.ing.grad. na strpljenju i pomoći pri izradi završnog rada. Također zahvaljujem se svim profesorima i profesoricama preddiplomskog studija graditeljstva, koji su me učili i motivirali za daljnji rad u struci.

Hvala mojim roditeljima, obitelji, prijateljima i kolegama koji su također bili podrška tokom mog studiranja, a posebno hvala mojoj curi na velikoj podršci i pomoći tijekom studiranja.

Sažetak

U ovom radu, detaljno je razrađen zamišljeni projekt obiteljske kuće. Projekt sadrži opis svih materijala, analizu opterećenja, statički proračun građevine, te arhitektonske, građevinske i tehničke nacрте potrebne za proračune, kao i nacрте riješenja izvoda armature. Analizom opterećenja definirali smo iznose stalnih i uporabnih opterećenja. Statičkim proračunom definirali smo točan broj i promjer armature unutar ploča, greda i stupova kuće.

Ključne riječi: obiteljska kuća, opis materijala, analiza opterećenja, statički proračun, nacрти, izvod armature.

Abstract:

Imaginary project of family house is elaborated with great detail. Project contains description of all materials, load analysis, static calculation of building, architectural, construction and technical plans required for construction calculation, as well as steel layout.

With load analysis we defined amounts of permanent and imposed loads.

With static calculation we defined exact number and diameter of steel inside of reinforced concrete slab, beam and column of the house.

Key words: family house, material description, load analysis, static calculation, plans, steel layout.

Popis korištenih kratica

Oznake prema Eurocodu 1:

s	Opterećenje snijegom
s_k	Karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo
c_e	Koeficijent izloženosti
c_t	Toplinski koeficijent
μ_i	Koeficijent oblika opterećenja krova
α	Nagib krova
w_e	Pritisak vjetra na vanjske površine
$q_d(z)$	Tlak pri vršnoj brzini na visini z
c_{pe}	Koeficijent vanjskog tlaka
w_i	Pritisak vjetra na unutarnje površine
c_{pi}	Koeficijent unutarnjeg tlaka
$v_{b,o}$	Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra
c_{dir}	Faktor smjera
c_{season}	Faktor godišnjeg doba
q_d	Tlak pri osnovnoj brzini vjetra
ρ	Vrijednost gustoće zraka
v_b	Osnovna brzina vjetra
$q_d(z)$	Tlak pri vršnoj brzini vjetra na z visini
q_d	Tlak pri osnovnoj brzini vjetra
$c_e(z)$	Faktor izloženosti
θ	Smjer vjetra

Oznake prema Eurocodu 2:

g	Stalno djelovanje
q	Promjenjivo djelovanje
q'_{sd}	Simetrično opterećenje
q''_{sd}	Asimetrično opterećenje
q_{sd}	Računsko opterećenje
f_{cd}	Računska čvrstoća betona
f_{ck}	Karakteristična čvrstoća betona
γ_c	Koeficijent sigurnosti za beton
L_y	Duljina stranice ploče u y smjeru
L_x	Duljina stranice ploče u x smjeru
λ	Omjer duljina stranica
ρ	Koeficijent armiranja
κ	Koeficijent raspodjele opterećenja
i	Koeficijent ovisan o položaju ležaja
M	Moment savijanja
\emptyset	Promjer armature
b	Širina presjeka
H_f	Duljina presjeka ploče
c_{nom}	Nominalni zaštitni sloj betona
d_1	Udaljenost težišta vlačne armature od ruba presjeka
d_x	Statička visina presjeka
μ_{sd}	Bezdimenzionalni koeficijent armiranja
ϵ_{c2}	Deformacija tlačnog ruba
ϵ_{s1}	Deformacija u vlačnoj armaturi
ξ	Koeficijent položaja neutralne osi
ζ	Koeficijent kraka unutrašnjih sila
A_s	Površina armature
A_c	Površina presjeka
f_{yd}	Računska čvrstoća čelika
f_{yk}	Karakteristična granica popuštanja čelika
f_{bd}	Računska čvrstoća prionljivosti
l_b	Osnovna duljina sidrenja
R_d	Računska vrijednost nosivosti

V_{ed}	Računska poprečna sila
l_b	Dužina sidrenja armature
V_{rd}	Računska nosivost na poprečne sile
z	Krak unutrašnjih sila
s	Razmak vilica
b_w	Širina hrpta I i T presjeka
b_{eff}	Sudjelujuća širina ploče
ω	Mehanički koeficijent armiranja

Sadržaj

1.	Uvod	8
2.	Djelovanja na konstrukciju	15
2.1.	Stalna opterećenja	15
2.2.	Uporabna opterećenja.....	18
2.3.	Opterećenje snijegom.....	19
2.4.	Opterećenje vjetrom.....	24
3.	Poračun armiranobetonske ploče - pozicija 200	48
3.1.	Pozicija ploče 201	49
3.2.	Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 200)	51
3.3.	Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 201	52
4.	Proračun greda pozicija 200.....	58
4.1.	Poračun greda u polju 201 – 1. Skupina greda	58
4.2.	Poračun greda u polju 201 – 2. Skupina greda	72
5.	Proračun armiranobetonske ploče – pozicija 100.....	76
5.1.	Pozicija ploče 101 i 104	78
5.2.	Pozicija ploče 102	81
5.3.	Pozicija ploče 103	83
5.4.	Pozicija ploče 105	85
5.5.	Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 101 i 104)	87
5.6.	Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 102, 103 i 105).....	88
5.7.	Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 101 i 104	89
5.8.	Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 102	92
5.9.	Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 103	94
5.10.	Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 105	96
6.	Proračun greda pozicija 100.....	98
6.1.	Poračun greda u polju 101-102-103 – 3. Skupina greda.....	98
6.2.	Poračun greda u polju 101, 102 i 104 – 4. Skupina greda.....	111
6.3.	Poračun greda u polju 102 – 5. Skupina greda	115
6.4.	Poračun greda u polju 103 – 6. Skupina greda	121
6.5.	Poračun greda u polju 103 – 7. Skupina greda	127
6.6.	Poračun greda u polju 105 – 8. Skupina greda	129
6.7.	Poračun greda u polju 105 – 9. Skupina greda	142
6.8.	Poračun greda u polju 105 – 10. Skupina greda	146
7.	Proračun stupa	150
7.1.	Proračun stupova – 1. Skupina	151
7.2.	Proračun stupova – 2. Skupina	164
7.3.	Proračun stupa – 3. Skupina	172
7.4.	Proračun stupa – 4. Skupina	181
7.5.	Proračun stupova – 5. Skupina	188
7.6.	Proračun stupova – 6. Skupina	192
7.7.	Proračun stupa – 7. Skupina	195
7.8.	Proračun stupova – 8. Skupina	202
7.9.	Proračun stupova – 9. Skupina	210
7.10.	Proračun stupova – 10. Skupina	217
7.11.	Proračun stupova – 11. Skupina	225
7.12.	Proračun stupova – 12. Skupina	227

7.13. Proračun stupa – 13. Skupina	232
7.14. Proračun stupa – 14. Skupina	234
7.15. Proračun stupa – 15. Skupina	237
7.16. Proračun stupa – 16. Skupina	239
7.17. Proračun stupa – 17. Skupina	241
7.18. Proračun stupa – 18. Skupina	243
7.19. Proračun stupova – 19. Skupina	245
7.20. Proračun stupova – 20. Skupina	249
7.21. Proračun stupova – 21. Skupina	253
8. Izračun ukupne količine armature	256
9. Zaključak.....	258
10. Literatura.....	259
Popis slika.....	260
Popis tablica.....	264
Prilozi	265
1. Prijava završnog rada.....	265
2. Izjava o autorstvu i suglasnost za javnu objavu	265
3. Tlocrt garaže, prizemlja i 1. kata.....	265
4. Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek A-A	265
5. Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s opisom prostorija	265
6. Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s površinama prostorija	265
7. Prikaz ploča, greda i stupova	265
8. Iskaz armatura ploča.....	265
9. Iskaz elemenata armature ploča	265
10. Prikaz skupina greda.....	265
11. Iskaz elemenata armature greda	265
12. Prikaz skupina stupova	265
13. Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek B-B.....	265
14. Iskaz elemenata armature stupova.....	265
15. Ispravak dimenzija stupova.....	265
16. Ispravljeni tlocrt	265

1. Uvod

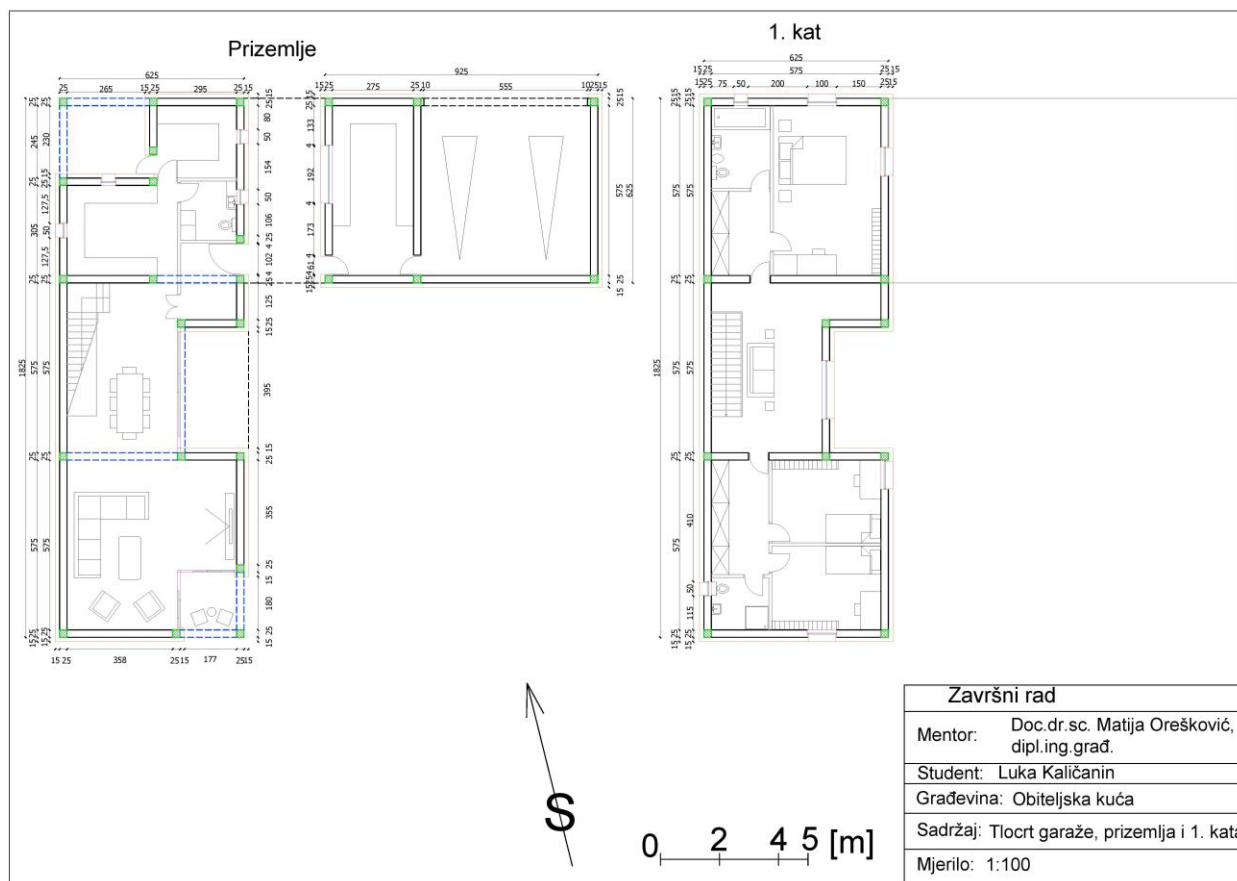
Glavni cilj ovog završnog rada na temu: „Statički proračun obiteljske kuće“, je izrada statičkog proračuna armiranobetonske konstrukcije, kao i izrada svih ostalih proračuna i tehničkih detalja potrebnih za izvedbu građevine. U radu se nalaze građevinski nacrti koji su poslužili kao podloga izradi statičkog proračuna.

Projekt stambene obiteljske kuće nalazi se u naselju Tenja u blizini grada Osijeka. Spada u područje kontinentalne klime.



Slika 1 Digitalni ortofoto 2011.

Nosivu konstrukciju čine opeka sa serklažima, armiranobetonske ploče i grede. Građevinu čine dva dijela konstrukcije povezanih u cijelinu koji imaju tlocrtni oblik slova „I“.

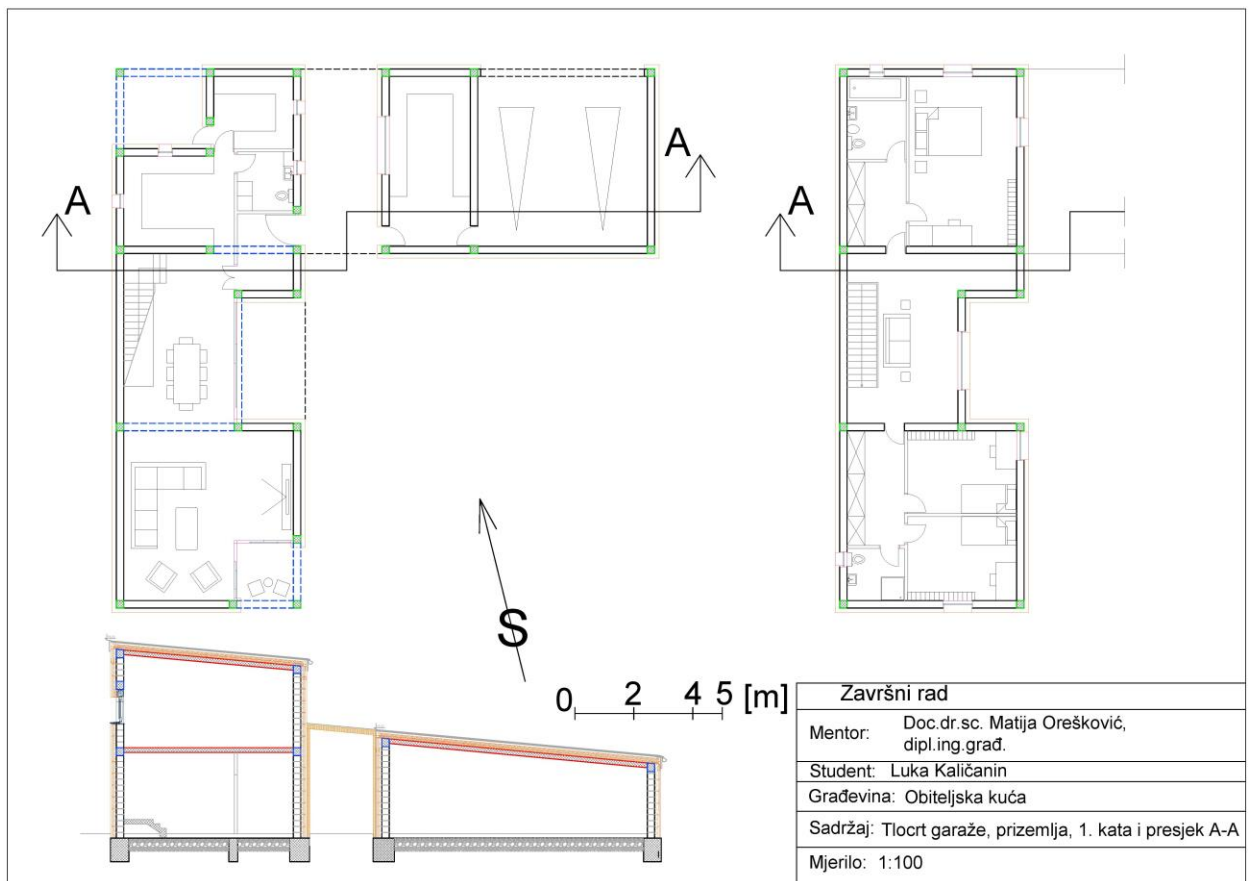


Slika 2 Tlocrt garaže, prizemlja i 1. kata

Dimenzije tlocrta kuće su: $6,25 [m] \cdot 18,25 [m]$, a dimenzije tlocrta garaže su: $9,25 [m] \cdot 6,25 [m]$.

Kuća je sastoji od 3 modularnog polja $5,75 [m] \cdot 5,75 [m]$ koji se ponavljaju u prostoru prizemlja i kata. Svaki modul predstavlja jednu funkcionalnu jedinicu kuće: spavanje, boravljenje, kuhanje, itd.

Kuća je dodatno raščlanjena atrijima. Svaki atrij tematski je vezan na pripadajuću prostoriju, npr. u atriju uz kuhinju postoji mogućnost uzgoja začinskog biljka koji se koristi u svakodnevnom spravljanju obroka, dok atrij uz dnevni boravak predstavlja vanjski prostor za odmor i druženje.

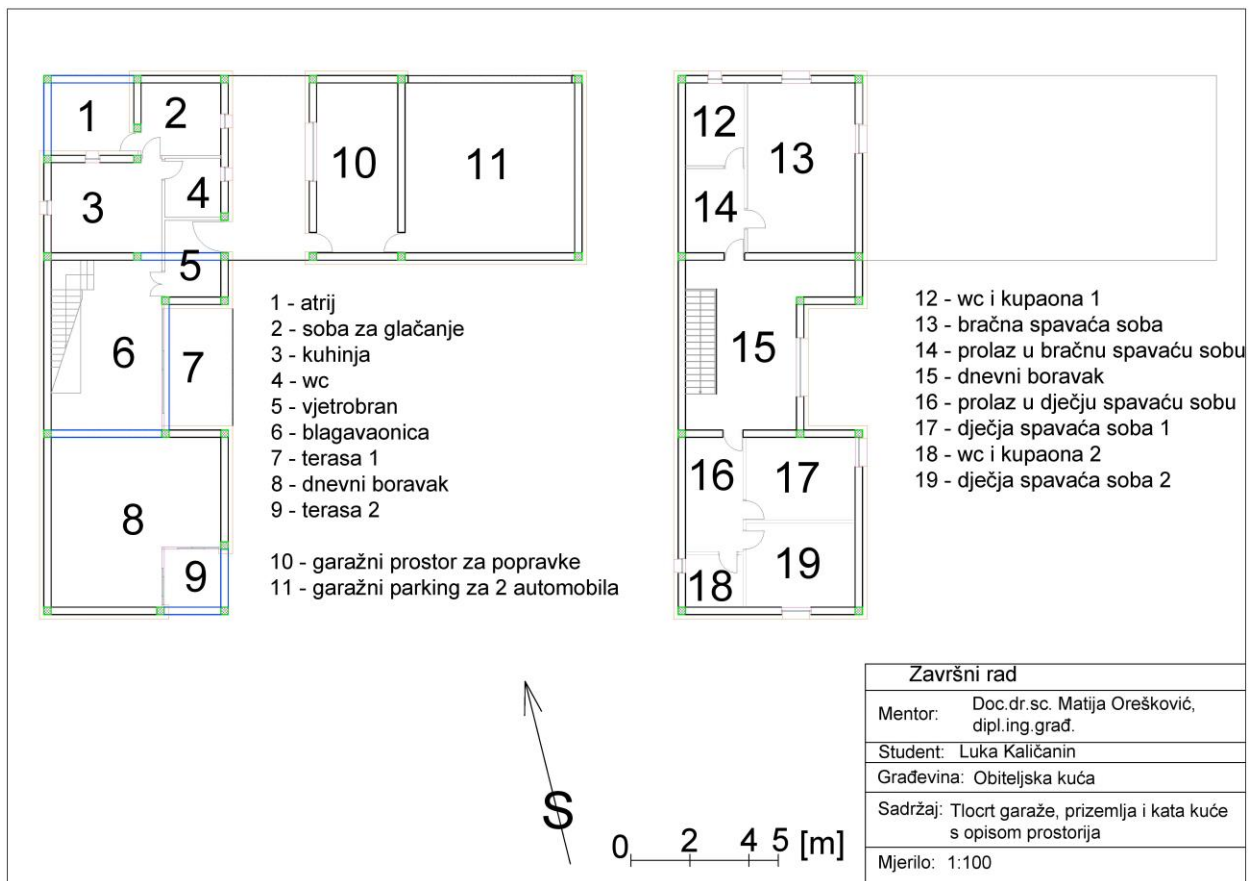


Slika 3 Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek A-A

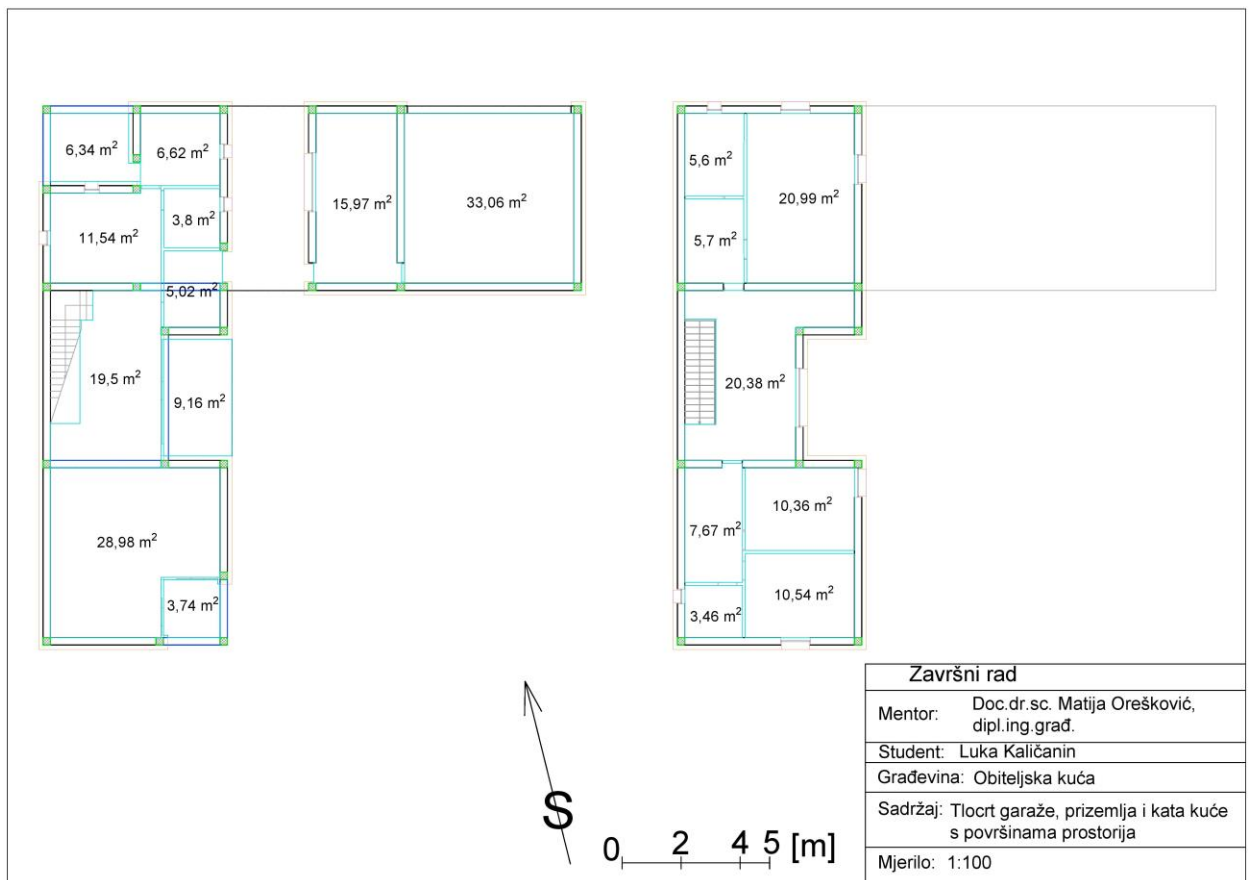
Jedan dio konstrukcije je kuća s prizemljem i katom, dok je drugi dio garaža. Spoj kuće i garaže zamišljen je kao nadkriveni prolaz sagrađen od drvenih letva koje su pokrivljene limom.

Temelji kuće su trakasti temelji koji služe kao ukruta kuće, te kao element koji prenosi opterećenja cijele kuće i garaže u tlo. Trakaste temelje izabrali smo radi dobre kvalitete tla i radi jednostavnosti izvedbe istih.

Izvedba krovišta kuće, garaže i prolaza zamišljeno je kao limeni krov koji pokriva navedene konstrukcije. Detaljan prikaz izvedbe krovišta nalazi se na kraju završnog rada u priložima.



Slika 4 Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s opisom prostorija



Slika 5 Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s površinama prostorija

Površine prostorije:

1. Atrij: $A_1 = 6,34 [m^2]$
2. Soba za glačanje: $A_2 = 6,62 [m^2]$
3. Kuhinja: $A_3 = 11,54 [m^2]$
4. Wc: $A_4 = 3,8 [m^2]$
5. Vjetrobran: $A_5 = 5,02 [m^2]$
6. Blagavaonica: $A_6 = 19,5 [m^2]$
7. Terasa 1: $A_7 = 9,16 [m^2]$
8. Dnevni boravak: $A_8 = 28,98 [m^2]$
9. Terasa 2: $A_9 = 3,74 [m^2]$

10. Garažni prostor za popravke: $A_{10} = 15,97 [m^2]$
11. Garažni parking za 2 automobila: $A_{11} = 33,06 [m^2]$

12. Wc i kupaona 1: $A_{12} = 5,6 [m^2]$
13. Bračna spavaća soba: $A_{13} = 20,99 [m^2]$
14. Prolaz u bračnu spavaću sobu: $A_{14} = 5,7 [m^2]$
15. Dnevni boravak: $A_{15} = 20,38 [m^2]$
16. Prolaz u dječju spavaću sobu: $A_{16} = 7,67 [m^2]$
17. Dječja spavaća soba 1: $A_{17} = 10,36 [m^2]$
18. Wc i kupaona 2: $A_{18} = 3,46 [m^2]$
19. Dječja spavaća soba 2: $A_{19} = 10,54 [m^2]$

Ukupna površina uporabnog prostora prizemlja kuće:

$$A_p = \sum_{i=1}^{n=9} A_i = 94,7 [m^2]$$

Ukupna površina uporabnog prostora garaže:

$$A_p = \sum_{i=10}^{n=11} A_i = 49,03 [m^2]$$

Ukupna površina uporabnog prostora kata kuće:

$$A_p = \sum_{i=12}^{n=19} A_i = 84,7 [m^2]$$

U daljnjem radu prvo će se izvesti proračun djelovanja na konstrukciju (stalna i uporabna opterećenja). Stalna opterećenja računaju se tako da se zbroje sva opterećenja pojedinih materijala koje djeluju na konstrukciju. Primjerice, kod proračuna stalnog opterećenja stropne ploče 1 kata, računaju se svi slojevi stropne ploče, kao i svi slojevi krovišta. Stalno opterećenje ($g_{stalno} = 1 [kN/m^2]$) dobivamo na dva načina koja ovise o izjavi o svojstva materijala koje sastavlja proizvođač;

1. Način - računanje putem gustoće materijala, na način da se množi gustoća materijala ($V [kg/m^3]$), gravitacijsko ubrzanje ($g \approx 9,81 [m/s^2]$) i debljina sloja određenog materijala ($d [m]$), odnosno: $g_{stalno} = V \cdot g \cdot d [N/m^2]$.
2. Način – množenje omjera mase i površine materijala ($m/A [kg/m^2]$) sa gravitacijskim ubrzanjem ($g \approx 9,81 [m/s^2]$), odnosno: $g_{stalno} = \frac{m}{A} \cdot g [kN/m^2]$.

Uporabna opterećenja stropne ploče prizemlja definirat ćemo podacima iz tablice koji se nalaze u Eurocodu 1: Djelovanja na konstrukcije (*Tablica 1 Karakteristične vrijednosti opterećenja po razredima*), a ovise o namjeni građevine i njenim pojedinim prostorijama, dok uporabna opterećenja stropne ploče kata definiramo daljnjim proračunom kao zbroj opterećenja snijegom ($s_1 [kN/m^2]$), pritiska vjetra na vanjske ili unutarnje površine - podtlak ($w = \max(-w_{i,1}, w_{e,1}) [kN/m^2]$) i uporabnog opterećenja ($q_k [kN/m^2]$), odnosno:

$$q_{korisno,1} = s_1 + w + q_k.$$

Nakon proračuna opterećenja, započinje proračun armiranobetonske stropne ploče, nakon čega slijedi proračun greda koje nose armiranobetonsku ploču, te na kraju proračun armiranobetonskih stupova koji imaju ulogu ukrute same građevine i prenošenja opterećenja u temelje koji dalje prenose opterećenje u tlo ispod građevine.

U proračunu ploča, greda i stupova, najvažniji parametri su maksimalni momenti ($M_{max} [kNm]$).

Na početku proračuna svake armiranobetonske ploče moramo odrediti, računaju li se momenti savijanja u jedan ili oba smjera, odnosno da li će ploča nositi opterećenje u jedan ili oba smjera. Ukoliko je ploča oslonjena na sve 4 strane i ukoliko je omjer stranica ploče ($\lambda = \frac{L_y}{L_x} [1]$) unutar granica brojeva: $0,5 \leq \lambda \leq 2$, ploča nosi opterećenje na sve 4 strane pa se momenti savijanja u pločama računaju u oba smjera, te se kao takva naziva križno-armirana ploča. U suprotnom ploča nosi opterećenje u jednom smjeru pa se i proračun momenta savijanja računa u jednom smjeru.

Kod proračuna stupa, kao dodatni element, računamo vitkost elementa ($\lambda = \frac{l_0}{i}$ [1]) koji ovisi o duljini stupa, odnosno štapa (l_0 [m]), te o polumjeru tromosti ($i = \sqrt{\frac{I}{A_c}}$ [m]), koji nadalje, ovisi o momentu tromosti (I [m⁴]) i površine poprečnog presjeka (A_c [m²]). Računanje vitkosti elementa nam je važno da ne bi došlo do izvijanja stupa, odnosno gubitka stabilnosti stupa tj. gubitka elastičnog stanja elementa.

Nakon izračuna maksimalnih momenta kod ploča, greda i stupova, možemo doći do potrebne površine armature elemenata preko kojih definiramo točan broj i promjere armatura iz čega slijedi iskaz armature, odnosno grafički prikaz elemenata sa definiranim armaturama s čime se završava izrada ovog završno rada, odnosno projekta statičkog proračuna obiteljske kuće.

2. Djelovanja na konstrukciju

Djelovanje na konstrukciju, kao što su snijeg, vjetar, požar, djelovanje uslijed eksploatacije, djelovanje uslijed eksplozije i druga sadržana su u hrvatskim normama niza HRN EN 1991. Pravila koja su definirana propisima Eurokod-a obuhvaćaju sljedeće parametre projektiranja drvenih konstrukcija:

- *karakteristične i proračunske vrijednosti za kombinaciju djelovanja*
- *karakteristične i proračunske vrijednosti mehaničkih svojstava otpornosti materijala*
- *provjeru graničnog stanja nosivosti*
- *provjeru graničnog stanja uporabljivosti*
- *provjeru graničnog stanja stabilnosti glavnih nosivih elemenata i konstrukcije u cijelini*

Granično stanje nosivosti podrazumijeva:

- *gubitak stabilnosti cijele konstrukcije ili nekog njenog dijela*
- *otkazivanje konstrukcije zbog velikih deformacija, sloma ili gubitka stabilnosti*
- *otkazivanje zbog zamora*

Granično stanje uporabljivosti podrazumijeva:

- *stanje nedopustivih deformacija ili progiba konstrukcije*
- *pojavu vibracija s posljedicama u vidu materijalne štete*
- *pojavu osjećaja nelagode kod korisnika konstrukcija poradi načina izvedbe konstrukcije**

2.1. Stalna opterećenja

Stalno opterećenje je svako opterećenje koje je u odnosu na trajnosti djelovanja, intenzitetu i smjeru djelovanja, dugotrajno i nepromjenjivo.

Pod stalna opterećenja ulaze:

- težina stalne strojarske i elektroinstalacije
- težina izolacija (hidroizolacija i termoizolacija)
- težina pokrova krova
- težina zidnih obloga
- vlastita težina konstrukcije

Proračun težine vrši se prema dimenzijama i specifičnoj težini materijala.

*D. Čizmar, I. Volarić: *Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.*

2.1.1. Poračun stanlog djelovanja na konstrukciju krovišta kuće i garaže

Površina krova kuće:

$$A_{k,k} = 6,25 [m] \cdot 18,25 [m] = 114,06 [m^2]$$

Površina krova garaže:

$$A_{k,g} = 9,25 [m] \cdot 6,25 [m] = 57,81 [m^2]$$

Stalno opterećenje krovišta kuće:

1. Ravni lim s prijevodom 0,5 [cm]

$$\begin{aligned} g_1 &= 4,7 [kg/m^2] \cdot 9,81 [m/s^2] \\ &= 46,11 [N/m^2] = 0,046 [kN/m^2] \end{aligned}$$

2. Podložna folija 0,5 [cm]

$$\begin{aligned} g_2 &= 0,17 [kg/m^2] \cdot 9,81 [m/s^2] \\ &= 1,67 [N/m^2] = 0,0017 [kN/m^2] \end{aligned}$$

3. Impregmirana daščana oplata (smreka) 1,8 [cm]

$$\begin{aligned} \text{Srednja gustoća smreke: } \rho &= 0,47 [g/cm^3] = 470 [kg/m^3] \\ g_3 &= 470 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 0,018 [m] \\ &= 82,99 [N/m^2] = 0,083 [kN/m^2] \end{aligned}$$

4. Termo izolacija 16 [cm]

$$\begin{aligned} \rho &= 50 [kg/m^3] \\ g_4 &= 50 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 0,16 [m] \\ &= 78,48 [N/m^2] = 0,078 [kN/m^2] \end{aligned}$$

5. Parna brana 0,1 [cm]

$$\begin{aligned} g_5 &= 0,1 [kg/m^2] \cdot 9,81 [m/s^2] \\ &= 0,98 [N/m^2] = 0,001 [kN/m^2] \end{aligned}$$

6. Armiranobetonska stropna ploča 16 [cm]

$$\begin{aligned} g_6 &= 2500 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 0,16 [m] \\ &= 3924 [N/m^2] = 3,92 [kN/m^2] \end{aligned}$$

7. Tvrde ploče EPS 6 [cm]

$$\begin{aligned} g_7 &= 20 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 0,06 [m] \\ &= 11,77 [N/m^2] = 0,011 [kN/m^2] \end{aligned}$$

8. Zaglađeni podgled stropa - gletano 0,5 [cm]

$$\begin{aligned} g_8 &= 1350 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 0,005 [m] \\ &= 66,21 [N/m^2] = 0,066 [kN/m^2] \end{aligned}$$

$$g_{\text{stalno},1} = \sum_n^{i=1} g_n = 4,21 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Stalno opterećenje krovišta garaže:

1. Ravni lim s prijevodom 0,5 [cm]

$$g_1 = 46,11 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,046 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

2. Podložna folija 0,5 [cm]

$$g_2 = 1,67 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,0017 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

3. Impregnirana daščana oplata (smreka) 1,8 [cm]

$$g_3 = 82,99 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,083 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

4. Termo izolacija 16 [cm]

$$g_4 = 78,48 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,078 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

5. Parna brana 0,1 [cm]

$$g_5 = 0,98 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,001 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

6. Armiranobetonska stropna ploča 16 [cm]

$$g_6 = 3924 \text{ [N/m}^2\text{]} = 3,92 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

7. Zaglađeni podgled stropa 0,5 [cm]

$$g_7 = 66,21 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,066 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$g_{\text{stalno},2} = \sum_n^{i=1} g_n = 4,2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

2.2. Uporabna opterećenja

Uporabna opterećenja su promjenjiva opterećenja koja ovise o namjeni građevine i njenim pojedinim prostorijama. Zadaju se kao jednoliko raspoređena opterećenja q_k sa možebitnim koncentriranim opterećenjima Q_k . Prostorije u građevini podijeljene su u karakteristične razrede i podrazrede.

Rezred uporabne površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
A – stambene prostorije, odjeli u bolnicama, hotelske sobe		
Uobičajene prostorije	2,0	2,0
Stubišta	3,0	2,0
Balkoni	4,0	2,0
B – uredi		
Uredske prostorije	3,0	2,0
C – prostorije u kojima je moguće okupljanje ljudi		
C1 prostorije sa stolovima (škole, kavane, restorani, čitaonice, recepcije)	3,0	4,0
C2 prostorije sa nepomičnim stolovima (crkve, kina, predavaonice, čekaonice, konferencijske dvorane)	4,0	4,0
C3 prostorije bez prepreka za kretanje ljudi (izloženi prostori, pristupni prostori javnim zgradama, bolnicama, željezničkim stanicama)	5,0	4,0
C4 prostorije za fizičke aktivnosti (plesne dvorane, gimnastičarske dvorane, pozornice)	5,0	7,0
C5 prostorije za velika okupljanje ljudi (koncertne dvorane, športske dvorane)	5,0	4,0
D – prodajne prostorije		
D1 prostorije u trgovinama	5,0	4,0
D2 prostorije u trgovinama na veliko	5,0	7,0
E – prostorije sa mogućnošću gomilanja robe i stvari		
Prostorije za skladištenje ¹	6,0	7,0
F – površine za lagana vozila ≤ 30 [kN]	2,0	10,0
G – površine za lagana vozila > 30 [kN] ≤ 160 [kN]	5,0	45,0
H – neprohodni krovovi osim za održavanje i popravak		
Nagib $< 20^\circ$ *	0,75	1,5
Nagib $> 40^\circ$ *	0,0	1,5
I – prohodne krovne površine	Opterećenja po razredima A-G	
K – krovne površine za specijalne namjene (heliiodrom)	Opterećenja se utvrđuje za svaki pojedini slučaj	
¹ najmanja propisana opterećenja ako nije utvrđeno veće, *linearna interpolacija za među vrijednosti		

Tablica 1 Karakteristične vrijednosti opterećenja po razredima*

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

2.3. Opterećenje snijegom

Snijeg kao opterećenje na konstrukcije je promjenjivo djelovanje, a prema odzivu konstrukcije može se klasificirati kao statičko opterećenje. Za klimatska područja u kojima nema redovitih padalina ovo opterećenje uzima se kao izvanredno opterećenje.

Eurokod daje potrebne odredbe za proračun opterećenja snijegom na krovova, ali isključuje sljedeće:

- *građevine na lokacijama iznad 1500 metara nadmorske visine*
- *udarna opterećenja od snijegom kao posljedica klizanja snijega ili padanja s višeg krova*
- *opterećenja koja mogu nastati ako snijeg ili led začepi sustav odvodnje*
- *dodatna opterećenja vjetrom koja bi mogla nastati kao posljedica promjene oblika ili veličine građevina, a zbog prisutnosti snijega ili nagomilavanja leda*
- *opterećenja gdje je snijeg prisutan cijele godine*
- *opterećenje snijegom izazvano smetovima*
- *povećanje opterećenja uslijed padanja jake kiše na snijeg*

Opterećenje snijegom na krov određuje se izrazom:

$$s = s_k \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu_i$$

gdje je:

s_k – karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo

c_e – koeficijent izloženosti

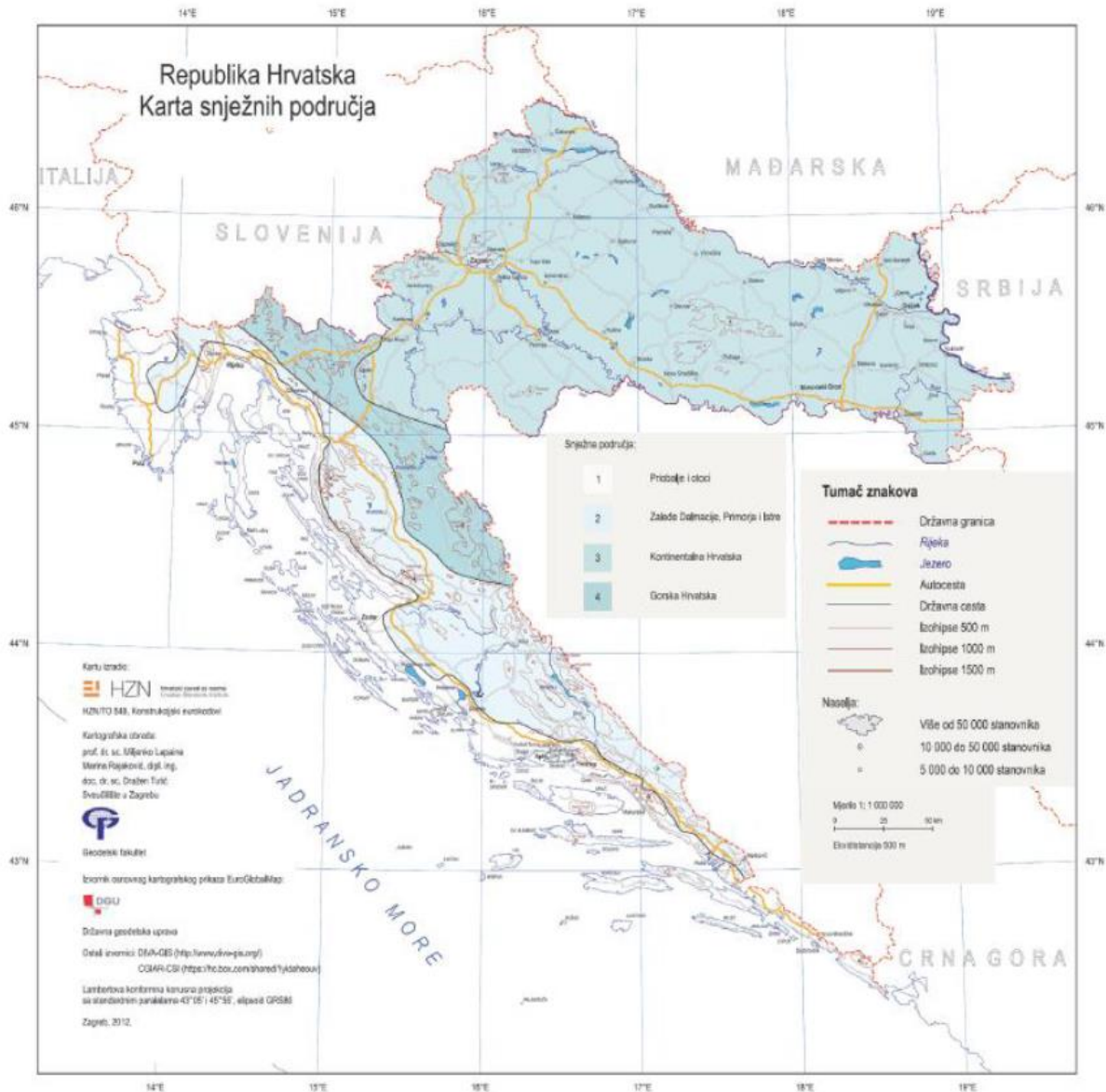
c_t – toplinski koeficijent

*μ_i – koeficijent oblika opterećenja krova**

**D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.*

2.3.1. Karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo s_k

Karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo s_k određuje se očitavanjem iz karte snježnih područja (slika 1), te tablice opterećenja snijega za snježna područja uz pripadajuće nadmorske visine (tablica 2). *



Slika 6 Karta snježnih područja

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Nadmorska visina do [m]	1. područje – priobalja i otoci [kN/m ²]	2. područje – zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre [kN/m ²]	3. područje – kontinentalna Hrvatska [kN/m ²]	4. područje – gorska Hrvatska [kN/m ²]
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,0	3,00	3,00	4,50
1000	2,0	4,00	3,50	5,00
1100	3,0	5,00	4,00	5,50
1200	4,0	6,00	4,50	6,00
1300	5,0	7,00		7,00
1400	6,0	8,00		8,00
1500		9,00		9,00
1600		10,00		10,00
1700		11,00		11,00
1800		12,00		

Tablica 2 Opterećenje snijegom za sniježna područja i pripadajuće nadmorske visine

*Ako je nadmorska visina između vrijednosti navedenih u tablici 2, treba uzeti u proračun najbližu veću vrijednost.**

□ **Proračun karakteristične vrijednosti snijega na tlo s_k :**

Naselje: Tenja

Snježno područje: 3. Kontinentalna Hrvatska

Nadmorska visina naselja: 85 [m]

Karakteristična vrijednost opterećenja snijega na tlo: $s_k = 1$ [kN/m²]

*D. Čizmar, I. Volarić: *Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.*

2.3.2. Koeficijent izloženosti c_e

Izloženost građevine udarima vjetra ima utjecaj na akumulaciju snijega na krovu, stoga je potrebno u proračunu primjeniti koeficijent izloženosti c_e .*

Koeficijent c_e ovisi o obliku terena u vezi s građevinom koje je izložena ili zaklonjena od udara vjetra.

Oblik terena	Koeficijent izloženosti c_e
Izložen vjetru ^a	0,8
Uobičajen ^b	1,0
Zaklonjen ^c	1,2

^a Izložen vjetru: ravan, nazaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem

^b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drvećem

^c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružen drugim višim drvećem

Tablica 3 Preporučene vrijednosti koeficijenta c_e s obzirom na različite oblike terena*

□ Proračun koeficijenta izloženosti c_e

Koeficijent izloženosti: $c_e = 1$

2.3.3. Toplinski koeficijent c_t

Gubitak topline iz grijanih prostora građevine kroz nedovoljno izolirane krovove ima utjecaj na akumulaciju snijega na krovovima. Toplinski koeficijent uglavnom se usvaja vrijednost 1,0 s obzirom na današnje zahtjeve vezane za energetska učinkovitost. U slučaju grijanih građevina kod kojih se radi o krovu koja su slabo ili nisu uoće izolirana (stakleni krovovi, sva krovovišta gdje je koeficijent toplinske provodljivosti $> 1 [W/m^2K]$) dozvoljeno je korištenje reduciranog koeficijenta manje vrijednosti od 1,0.*

□ Proračun toplinskog koeficijenta c_t

Toplinski koeficijent: $c_t = 1$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

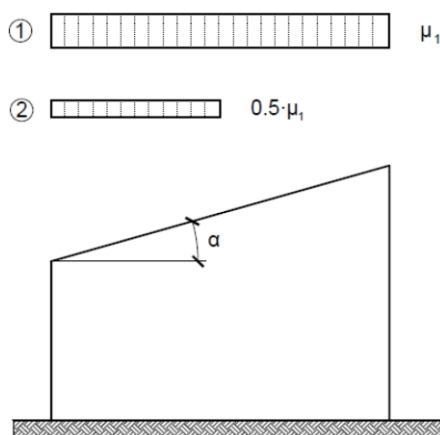
2.3.4. Koeficijent oblika opterećenja krova μ_i

Slab vjetar je dovoljan da odnese snijeg sa krova ili da uzrokuje snježne nanose na krovu što dovodi do koncentracije opterećenja snijegom. Eurokod daje koeficijent oblika opterećenja krova ovisno o geometriji krova. Za neke oblike krovništa potrebno je izvesti nekoliko slučajeva opterećenja snijegom koja se mogu desiti u eksploatacijskom vijeku građevine.

Jednostrešni krovovi:

Prilikom izračuna koeficijenta oblika opterećenja krova μ_i kod jednostrešnih krovova uzimaju se u obzir dva slučaja opterećenja, prvi kada je krovna konstrukcija opterećena kontinuirano preko cijele površine krova, te drugi kada je krovna konstrukcija opterećena preko polovine krova. Izračun koeficijenta oblika za pojedine nagibe krovne plohe vrši se pomoću tablice 4, a raspodjele su prikazane na slici 2. Važno je napomenuti da navedeni koeficijenti oblika vrijede za krovništa gdje nije spriječeno klizanje snijega sa krova. *

Kada krov na sebi ima ugrađene snjegobrane ili druge prepreke koeficijent oblika opterećenja snijegom ne treba biti manji od vrijednosti 0,8.



Slika 7 Varijante oblika opterećenja snijegom za jednostrešni krov*

Kut nagiba krova α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1(\alpha)$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_2(\alpha)$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60^\circ - \alpha)}{30^\circ}$	0,0
$\mu_3(\alpha)$	$0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30^\circ}$	1,6	—

Tablica 4 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom*

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

□ **Proračun koeficijenta oblika opterećenja krova μ_i**

Nagib jednog i drugog krova:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha = 5^\circ$$

$$\mu_1(\alpha) = 0,8$$

□ **Proračun opterećenja snijegom**

$$s_1 = s_k \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu_i$$

$$= 1 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8$$

$$= 0,8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$s_2 = s_k \cdot c_e \cdot c_t \cdot 0,5 \cdot \mu_i$$

$$= 1 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,8$$

$$= 0,4 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

2.4. Opterećenje vjetrom

Djelovanja vjetrom ako drugačije nije naznačeno možemo svrstati u promjenjiva nepomična djelovanja. Na površine djeluju tlakovi koji imaju za posljedicu sile okomite na površinu konstrukcije ili pojedinih obložnih elemenata. Osnovna podjela koju možemo napraviti kod djelovanja vjetra na zatvorene konstrukcije je: pritisak vjetra na vanjske površine i pritisak vjetra na unutarnje površine.

Pritisak vjetra na vanjske površine određuje se izrazom:

$$w_e = q_d(z) \cdot c_{pe}$$

Gdje su:

$q_d(z)$ – tlak pri vršnoj brzini na visini z

c_{pe} – koeficijent vanjskog tlaka

Pritisak vjetra na unutarnje površine određuje se izrazom:

$$w_i = q_d(z) \cdot c_{pi}$$

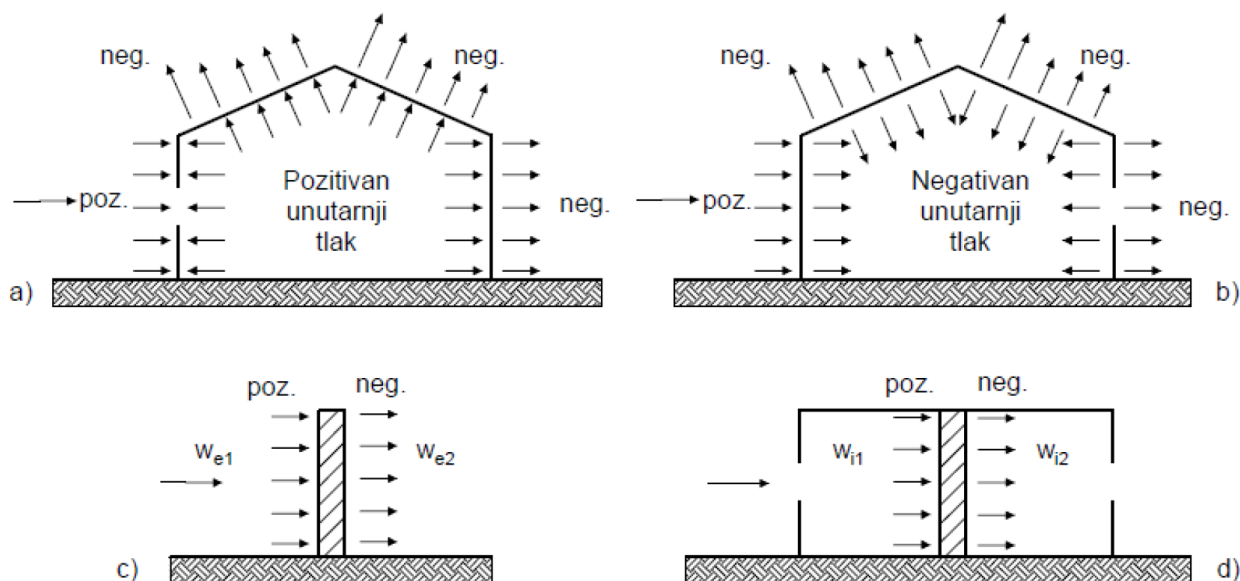
Gdje su:

$q_d(z)$ – tlak pri vršnoj brzini na visini z

c_{pi} – koeficijent unutarnjeg tlaka*

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Neto tlak na zid, krov ili element definira se kao razlika tlakova na suprotnim površinama uzimajući u obzir njihove predznake. Tlak usmjeren prema površinama uzima se kao pozitivan, a usisavanje, usmjereno od površine uzima se kao negativno.*

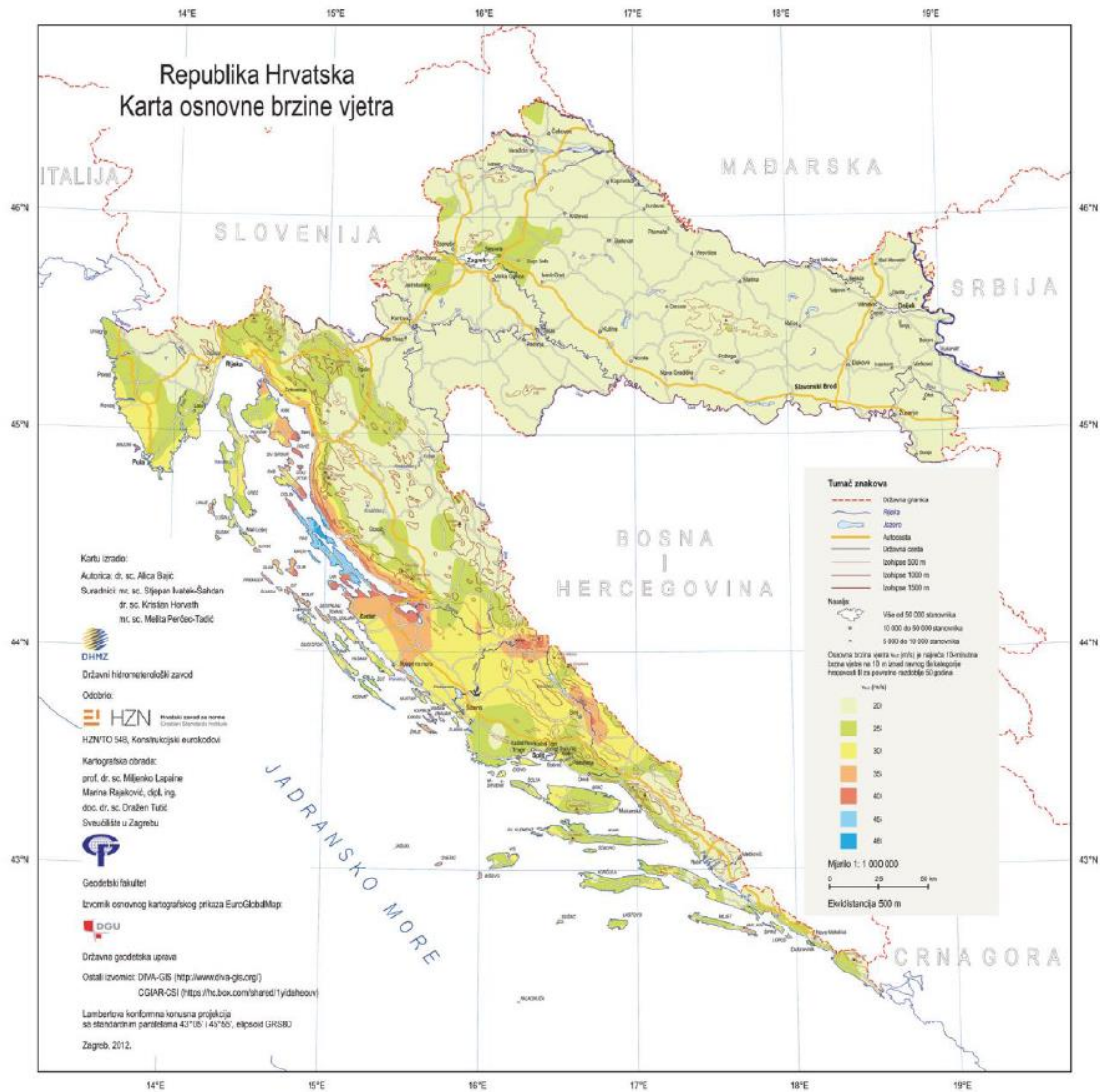


Slika 8 Tlak na površine*

2.4.1. Pritisak vjetra na vanjske površine w_e

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra $v_{b,o}$ dana je u Nacionalnom dodatku HRN EN 1991-1-4:2012/NA, u obliku karte Republike hrvatske koja je podijeljena u 7 zona prema brzinama vjetra.*

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.



Slika 9 Karta osnovnih brzina vjetra $v_{b,o}$

Preporučena vrijednost faktora smjera c_{dir} u Nacionalnom dodatku je 1.

Faktor godišnjeg doba c_{season} za stalne građevine iznosi 1. Vrijednost se može smanjiti ispod 1 u slučaju projektiranja privremenih građevina za lokaciju i period godine u kojem ne postoji vjerovatnost pojave vjetra velike brzine.

Osnovna brzina vjetra za II. kategoriju terena (područja s niskom vegetacijom, npr. travom i izoliranim preprekama) iznosi:

$$v_b = v_{b,o} \cdot c_{dir} \cdot c_{season}$$

Tlak pri osnovnoj brzini vjetra određuje se izrazom:

$$q_d = \frac{\rho \cdot v_b^2}{2}$$

Gdje je:

ρ – vrijednost gustoće zraka (preporučeno 1,25 [kg/m³])

v_b – osnovna brzina vjetra

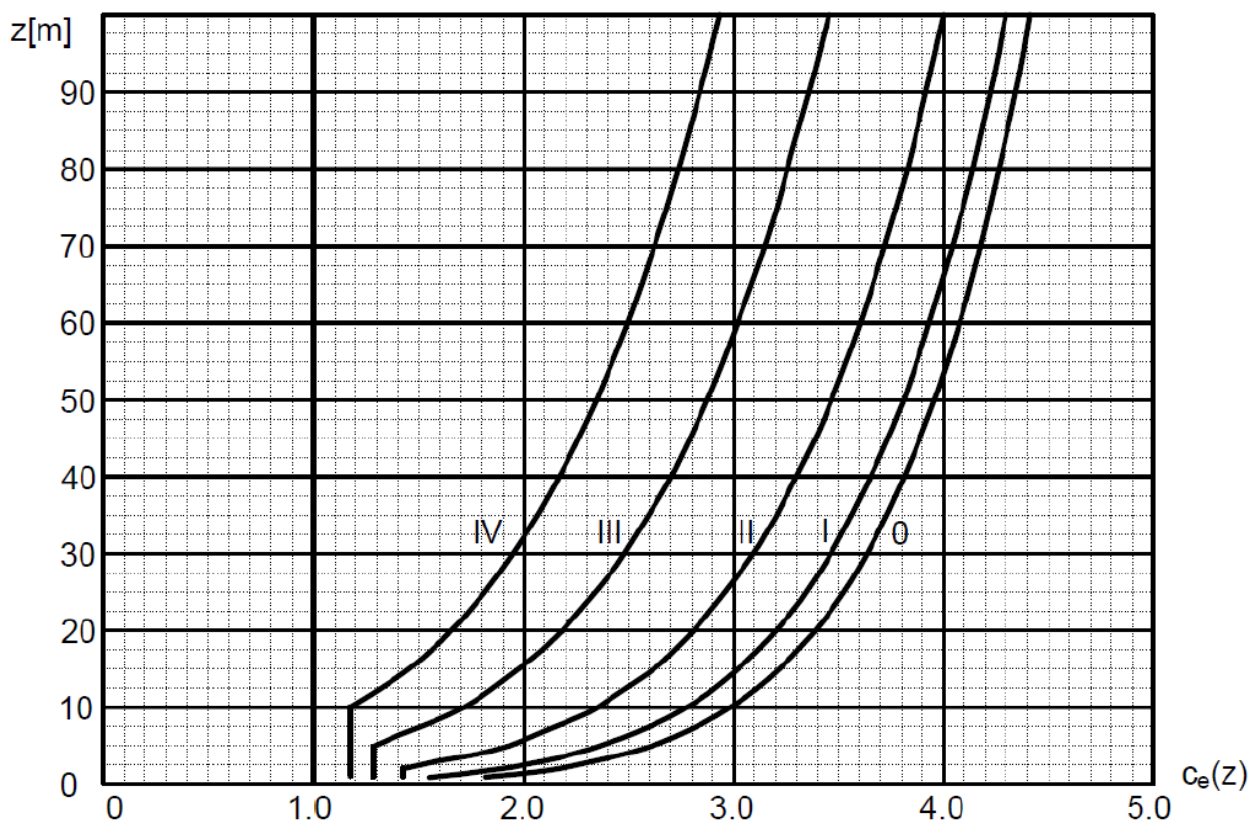
Tlak pri vršnoj brzini vjetra na z visini odredit ćemo pomoću izraza:

$$q_d(z) = q_d \cdot c_e(z)$$

Gdje je:

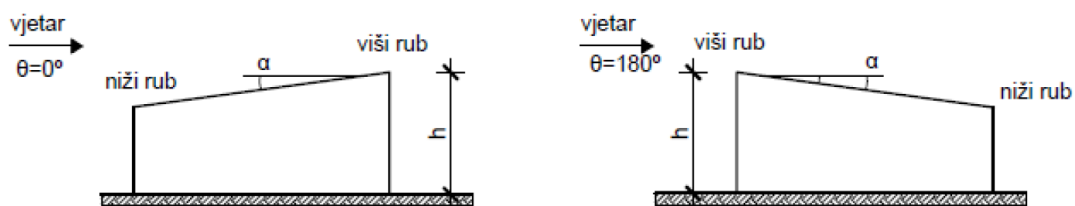
q_d – tlak pri osnovnoj brzini vjetra

$c_e(z)$ – faktor izloženosti

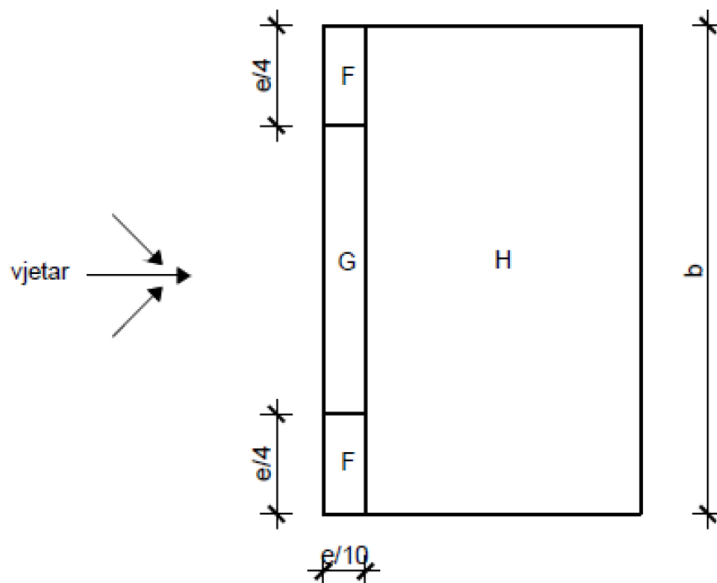


Slika 5 Grafički prikaz faktora izloženosti $c_e(z)$ za ravne terene

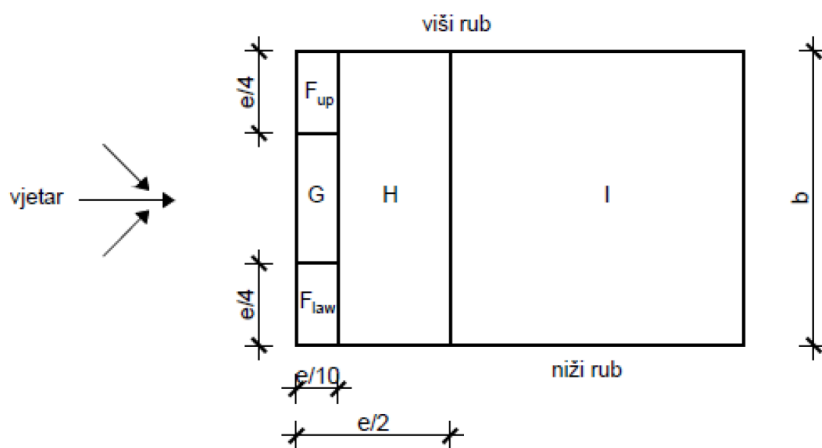
Koeficijente vanjskog tlaka c_{pe} za svako područje krovišta, definira se zasebno.



(a) općenito



(b) smjerovi vjetra $\theta=0^\circ$ i $\theta=180^\circ$



(c) smjer vjetra $\theta=90^\circ$

Slika 6 Legenda za jednostrešne krovove*

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$						Područje za smjer vjetra $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2						
	0,0		0,0		0,0		-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3							
	+0,2		+0,2		+0,2		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2							
	+0,7		+0,7		+0,4		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
45°	0,0		0,0		0,0							
	+0,7		+0,7		+0,6		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

NAPOMENA 1: Pri $\theta = 0^\circ$ tlak se naglo mijenja između pozitivnih i negativnih vrijednosti oko nagiba $\alpha = 5^\circ$ do $\alpha = 45^\circ$, stoga su navedene i pozitivne i negativne vrijednosti. Za takve krovove treba uzeti u obzir dva slučaja: jedan sa svim pozitivnim vrijednostima i jedan sa svim negativnim vrijednostima. Ne dopušta se miješanje pozitivnih i negativnih vrijednosti.

NAPOMENA 2: Za međuvrijednosti nagiba se upotrebljava linearna interpolacija između vrijednosti istog predznaka.

Tablica 5 Preporučane vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za jednostrešne krovove smjer

vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ *

Nagib α	Područje za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

NAPOMENA 1: Za međuvrijednosti nagiba smije se upotrebljavati linearna interpolacija između vrijednosti istog predznaka.

Tablica 6 Preporučane vrijednosti koeficijenata vanjskog tlaka za jednostrešne krovove smjer

vjetra $\theta = 90^\circ$ *

□ **Proračun pritiska vjetra na vanjske površine w_e**

Osnovna brzina vjetra: $v_{b,o} = 20 \text{ [m/s]}$

Faktor smjera: $c_{dir} = 1$

Faktor godišnjeg doba: $c_{season} = 1$

Osnovna brzina vjetra:

$$\begin{aligned} v_b &= v_{b,o} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \\ &= 20 \text{ [m/s]} \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 20 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

Tlak pri osnovnoj brzini vjetra:

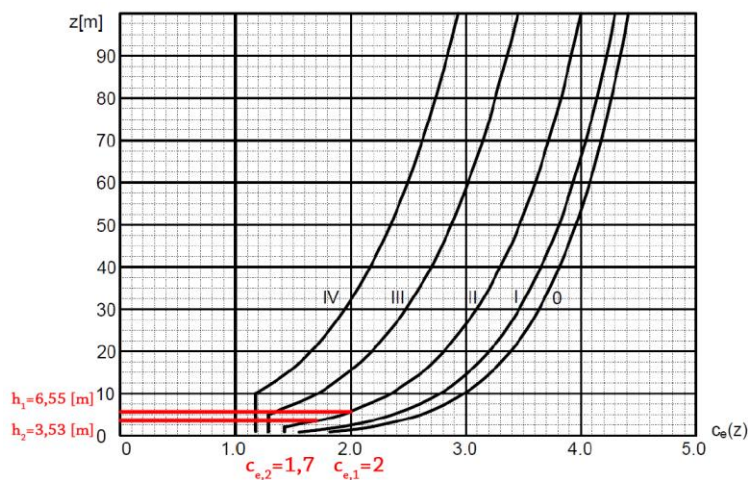
$$\begin{aligned} q_d &= \frac{\rho \cdot v_b^2}{2} \\ &= \frac{1,25 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot (20 \text{ [m/s]})^2}{2} \\ &= 250 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Visina objekta u sljemenu kuće (h_1) i garaže (h_2):

$$h_1 = 6,55 \text{ [m]}$$

$$h_2 = 3,53 \text{ [m]}$$

Kategorija terena: II kategorija - područja s niskom vegetacijom, npr. travom i izoliranim preprekama



Slika 12 Grafički prikaz faktora $c_{e,1}(z)$ i $c_{e,2}(z)$ za ravne terene*

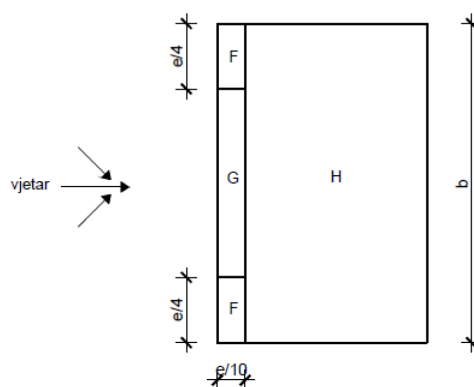
*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Tlak pri vršnoj brzini vjetra na z_1 i z_2 visini:

$$\begin{aligned}q_{d,1}(z_1) &= q_d \cdot c_{e,1}(z_1) \\ &= 0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 2 \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{d,2}(z_2) &= q_d \cdot c_{e,2}(z_2) \\ &= 0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1,7 \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$:



(b) smjerovi vjetra $\theta=0^\circ$ i $\theta=180^\circ$

Slika 13 Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ *

Dimenzije krovišta kuće:

$$b = 18,25 \text{ [m]}$$

$$h = 6,55 \text{ [m]}$$

$$L = 6,25 \text{ [m]}$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$= \min(18,25 \text{ [m]}, 13,1 \text{ [m]})$$

$$= 13,1 \text{ [m]}$$

Površina F:

$$F = \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)}$$

$$= \frac{13,1 \text{ [m]}}{10} \cdot \frac{13,1 \text{ [m]}}{4} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)}$$

$$= 4,3 \text{ [m}^2\text{]}$$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Površina G:

$$\begin{aligned}
G &= \frac{e}{10} \cdot \left(b - 2 \cdot \frac{e}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
&= \frac{13,1 \text{ [m]}}{10} \cdot \left(18,25 \text{ [m]} - 2 \cdot \frac{13,1 \text{ [m]}}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
&= 15,39 \text{ [m}^2\text{]}
\end{aligned}$$

Površina H:

$$\begin{aligned}
H &= \left(L - \frac{e}{10} \right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
&= \left(6,25 \text{ [m]} - \frac{13,1 \text{ [m]}}{10} \right) \cdot 18,5 \text{ [m]} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
&= 91,74 \text{ [m}^2\text{]}
\end{aligned}$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte kuće za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$:**1. Kombinacija:**

$$n_1 = 1 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$n_2 = 10 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F = 4,3 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$G = 15,39 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$H = 91,74 \text{ [m}^2\text{]}$$

Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned}
c_{pe}(F) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F)}{n_1 - n_2} \\
&= \frac{-2,5 \cdot (4,3 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 1,7 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 4,3 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
&= -2,21
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c_{pe}(G) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2} \\
&= \frac{-2,0 \cdot (15,39 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 1,2 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 15,39 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
&= -0,72 \rightarrow -1,2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c_{pe}(H) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2} \\
&= \frac{-1,2 \cdot (91,74 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 0,6 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 91,74 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
&= 4,85 \rightarrow -0,6
\end{aligned}$$

2. Kombinacija:

$$c_{pe}(F) = 0$$

$$c_{pe}(G) = 0$$

$$c_{pe}(H) = 0$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte kuće za smjer vjetra $\theta = 180^\circ$:

$$n_1 = 1 [m^2]$$

$$n_2 = 10 [m^2]$$

$$F = 4,3 [m^2]$$

$$G = 15,39 [m^2]$$

$$H = 91,74 [m^2]$$

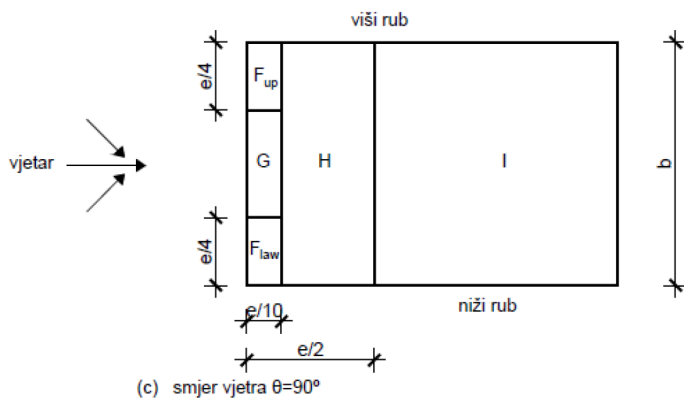
Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned} c_{pe}(F) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-2,5 \cdot (4,3 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,3 \cdot (1 [m^2] - 4,3 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= -2,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{pe}(G) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-2,0 \cdot (15,39 [m^2] - 10 [m^2]) - 1,3 \cdot (1 [m^2] - 15,39 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= -0,88 \rightarrow -1,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{pe}(H) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-1,2 \cdot (91,74 [m^2] - 10 [m^2]) - 0,8 \cdot (1 [m^2] - 91,74 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= 2,83 \rightarrow -0,8 \end{aligned}$$

Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:



Slika 14 Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ *

Dimenzije krovišta kuće:

$$b = 6,25 \text{ [m]}$$

$$h = 6,55 \text{ [m]}$$

$$L = 18,25 \text{ [m]}$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$= \min(6,25 \text{ [m]}, 13,1 \text{ [m]})$$

$$= 6,25 \text{ [m]}$$

Površina F:

$$\begin{aligned} F_{up} = F_{low} &= \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\ &= \frac{6,25 \text{ [m]}}{10} \cdot \frac{6,25 \text{ [m]}}{4} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\ &= 0,98 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Površina G:

$$\begin{aligned} G &= \frac{e}{10} \cdot \left(b - 2 \cdot \frac{e}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\ &= \frac{6,25 \text{ [m]}}{10} \cdot \left(6,25 \text{ [m]} - 2 \cdot \frac{6,25 \text{ [m]}}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\ &= 1,96 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Površina H:

$$\begin{aligned}
H &= \left(\frac{e}{2} - \frac{e}{10}\right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
&= \left(\frac{6,25 [m]}{2} - \frac{6,25 [m]}{10}\right) \cdot 6,25 [m] \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
&= 15,68 [m^2]
\end{aligned}$$

Površina I:

$$\begin{aligned}
I &= \left(L - \frac{e}{2}\right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
&= \left(18,25 [m] - \frac{6,25 [m]}{2}\right) \cdot 6,25 [m] \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
&= 94,89 [m^2]
\end{aligned}$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte kuće za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:

$$n_1 = 1 [m^2]$$

$$n_2 = 10 [m^2]$$

$$F_{up} = F_{low} = 0,98 [m^2]$$

$$G = 1,96 [m^2]$$

$$H = 15,68 [m^2]$$

$$I = 94,89 [m^2]$$

Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned}
c_{pe}(F_{up}) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F_{up} - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F_{up})}{n_1 - n_2} \\
&= \frac{-2,6 \cdot (0,98 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,1 \cdot (1 [m^2] - 0,98 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\
&= -2,6
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c_{pe}(F_{low}) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F_{low} - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F_{low})}{n_1 - n_2} \\
&= \frac{-2,4 \cdot (0,98 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,1 \cdot (1 [m^2] - 0,98 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\
&= -2,4
\end{aligned}$$

$$c_{pe}(G) = \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2}$$

$$= \frac{-2,0 \cdot (1,96 [m^2] - 10 [m^2]) - 1,8 \cdot (1 [m^2] - 1,96 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]}$$

$$= -1,98$$

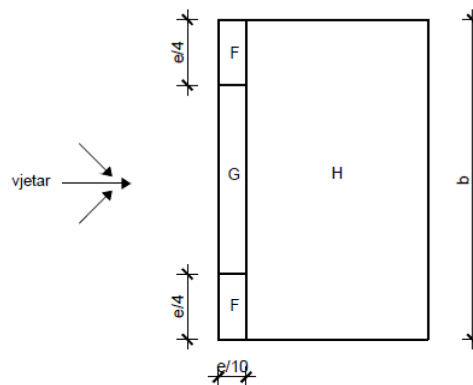
$$c_{pe}(H) = \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2}$$

$$= \frac{-1,2 \cdot (15,68 [m^2] - 10 [m^2]) - 0,6 \cdot (1 [m^2] - 15,68 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]}$$

$$= -0,22 \rightarrow -0,6$$

$$c_{pe}(I) = -0,5$$

Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$:



(b) smjerovi vjetra $\theta=0^\circ$ i $\theta=180^\circ$

*Slika 15 Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ **

Dimenzije krovišta garaže:

$$b = 9,55 [m]$$

$$h = 3,53 [m]$$

$$L = 6,25 [m]$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$= \min(9,55 [m], 7,06 [m])$$

$$= 7,06 [m]$$

Površina F:

$$F = \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)}$$

$$= \frac{7,06 [m]}{10} \cdot \frac{7,06 [m]}{4} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)}$$

$$= 1,25 [m^2]$$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Površina G:

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{e}{10} \cdot \left(b - 2 \cdot \frac{e}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
 &= \frac{7,06 \text{ [m]}}{10} \cdot \left(18,25 \text{ [m]} - 2 \cdot \frac{7,06 \text{ [m]}}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
 &= 10,43 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Površina H:

$$\begin{aligned}
 H &= \left(L - \frac{e}{10} \right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
 &= \left(6,25 \text{ [m]} - \frac{7,06 \text{ [m]}}{10} \right) \cdot 18,25 \text{ [m]} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
 &= 101,56 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte garaže za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$:**1. Kombinacija:**

$$n_1 = 1 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$n_2 = 10 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$F = 1,25 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$G = 10,43 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$H = 101,56 \text{ [m}^2\text{]}$$

Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned}
 c_{pe}(F) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F)}{n_1 - n_2} \\
 &= \frac{-2,5 \cdot (1,25 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 1,7 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 1,25 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
 &= -2,48
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{pe}(G) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2} \\
 &= \frac{-2,0 \cdot (10,43 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 1,2 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 10,43 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
 &= -1,16 \rightarrow -1,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{pe}(H) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2} \\
 &= \frac{-1,2 \cdot (101,56 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}) - 0,6 \cdot (1 \text{ [m}^2\text{]} - 101,56 \text{ [m}^2\text{]})}{1 \text{ [m}^2\text{]} - 10 \text{ [m}^2\text{]}} \\
 &= 5,5 \rightarrow -0,6
 \end{aligned}$$

2. Kombinacija:

$$c_{pe}(F) = 0$$

$$c_{pe}(G) = 0$$

$$c_{pe}(H) = 0$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte garaže za smjer vjetra $\theta = 180^\circ$:

$$n_1 = 1 [m^2]$$

$$n_2 = 10 [m^2]$$

$$F = 1,25 [m^2]$$

$$G = 10,43 [m^2]$$

$$H = 101,56 [m^2]$$

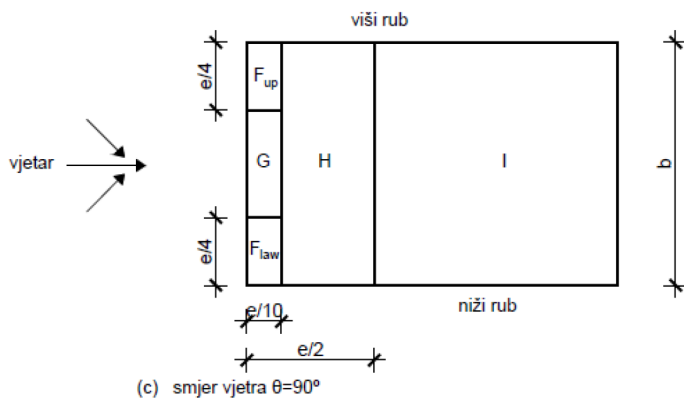
Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned} c_{pe}(F) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-2,5 \cdot (1,25 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,3 \cdot (1 [m^2] - 1,25 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= -2,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{pe}(G) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-2,0 \cdot (10,43 [m^2] - 10 [m^2]) - 1,3 \cdot (1 [m^2] - 10,43 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= -1,27 \rightarrow -1,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{pe}(H) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2} \\ &= \frac{-1,2 \cdot (101,56 [m^2] - 10 [m^2]) - 0,8 \cdot (1 [m^2] - 101,56 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\ &= 3,27 \rightarrow -0,8 \end{aligned}$$

Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:



Slika 16 Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ *

Dimenzije krovišta garaže:

$$b = 6,25 \text{ [m]}$$

$$h = 3,53 \text{ [m]}$$

$$L = 9,55 \text{ [m]}$$

$$e = \min(b, 2h)$$

$$= \min(6,25 \text{ [m]}, 7,06 \text{ [m]})$$

$$= 6,25 \text{ [m]}$$

Površina F:

$$\begin{aligned} F_{up} = F_{low} &= \frac{e}{10} \cdot \frac{e}{4} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\ &= \frac{6,25 \text{ [m]}}{10} \cdot \frac{6,25 \text{ [m]}}{4} \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\ &= 0,98 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Površina G:

$$\begin{aligned} G &= \frac{e}{10} \cdot \left(b - 2 \cdot \frac{e}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\ &= \frac{6,25 \text{ [m]}}{10} \cdot \left(6,25 \text{ [m]} - 2 \cdot \frac{6,25 \text{ [m]}}{4} \right) \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\ &= 1,96 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Površina H:

$$\begin{aligned}
 H &= \left(\frac{e}{2} - \frac{e}{10} \right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
 &= \left(\frac{6,25 [m]}{2} - \frac{6,25 [m]}{10} \right) \cdot 6,25 [m] \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
 &= 15,68 [m^2]
 \end{aligned}$$

Površina I:

$$\begin{aligned}
 I &= \left(L - \frac{e}{2} \right) \cdot b \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)} \\
 &= \left(9,55 [m] - \frac{6,25 [m]}{2} \right) \cdot 6,25 [m] \cdot \frac{1}{\cos(5^\circ)} \\
 &= 40,31 [m^2]
 \end{aligned}$$

Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka za krovšte garaže za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:

$$n_1 = 1 [m^2]$$

$$n_2 = 10 [m^2]$$

$$F_{up} = F_{low} = 0,98 [m^2]$$

$$G = 1,96 [m^2]$$

$$H = 15,68 [m^2]$$

$$I = 40,31 [m^2]$$

Linearna interpolacija:

$$\begin{aligned}
 c_{pe}(F_{up}) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F_{up} - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F_{up})}{n_1 - n_2} \\
 &= \frac{-2,6 \cdot (0,98 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,1 \cdot (1 [m^2] - 0,98 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\
 &= -2,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c_{pe}(F_{low}) &= \frac{c_{pe,1} \cdot (F_{low} - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - F_{low})}{n_1 - n_2} \\
 &= \frac{-2,4 \cdot (0,98 [m^2] - 10 [m^2]) - 2,1 \cdot (1 [m^2] - 0,98 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]} \\
 &= -2,4
 \end{aligned}$$

$$c_{pe}(G) = \frac{c_{pe,1} \cdot (G - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - G)}{n_1 - n_2}$$

$$= \frac{-2,0 \cdot (1,96 [m^2] - 10 [m^2]) - 1,8 \cdot (1 [m^2] - 1,96 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]}$$

$$= -1,98$$

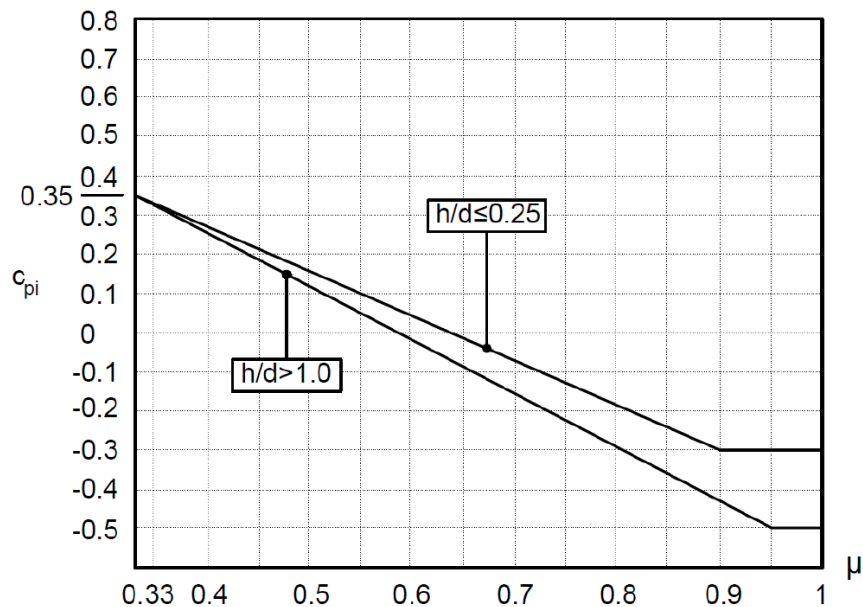
$$c_{pe}(H) = \frac{c_{pe,1} \cdot (H - n_2) + c_{pe,10} \cdot (n_1 - H)}{n_1 - n_2}$$

$$= \frac{-1,2 \cdot (15,68 [m^2] - 10 [m^2]) - 0,6 \cdot (1 [m^2] - 15,68 [m^2])}{1 [m^2] - 10 [m^2]}$$

$$= -0,22 \rightarrow -0,6$$

$$c_{pe}(I) = -0,5$$

Koeficijent unutarnjeg tlaka c_{pi} :



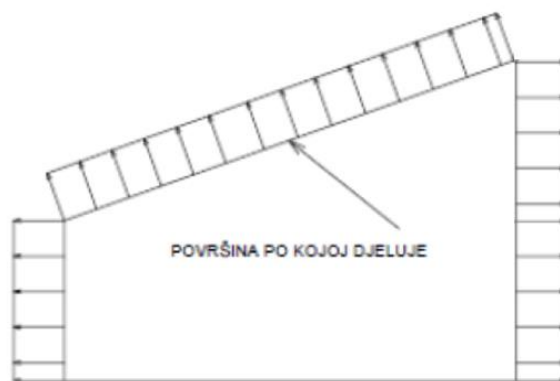
Slika 18 Dijagram za određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka c_{pi} *

Odabrani koeficijenti unutarnjeg tlaka c_{pi} :

$$c_{pi} = 0,35 \text{ i } c_{pi} = -0,5$$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Pritisak vjetra na konstrukciju kuće:



Slika 19 Skica djelovanja Unutarnjeg tlaka na konstrukciju*



Slika 20 Skica djelovanja Unutarnjeg podtlaka na konstrukciju*

$$\begin{aligned}w_{i,1} &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pi} \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 0,35 \\ &= 0,18 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \textit{Tlak}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{i,1} &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pi} \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot (-0,5) \\ &= -0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \textit{Podtlak}\end{aligned}$$

Pritisak vjetra na konstrukciju garaže:

$$\begin{aligned}w_{i,2} &= q_{d,2}(z_1) \cdot c_{pi} \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 0,35 \\ &= 0,15 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \textit{Tlak}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{i,2} &= q_{d,2}(z_1) \cdot c_{pi} \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot (-0,5) \\ &= -0,22 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \textit{Podtlak}\end{aligned}$$

*D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$:

1. Kombinacija:

$$q_{d,1}(z_1) = 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F) = -2,21$$

$$c_{pe}(G) = -1,2$$

$$c_{pe}(H) = -0,6$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(F) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(F) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,21 \\ &= -1,11 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(G) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -1,2 \\ &= -0,6 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(H) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,6 \\ &= -0,3 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

2. Kombinacija:

$$c_{pe}(F) = 0$$

$$c_{pe}(G) = 0$$

$$c_{pe}(H) = 0$$

$$w_{e,1}(F) = 0$$

$$w_{e,1}(G) = 0$$

$$w_{e,1}(H) = 0$$

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 180^\circ$:

$$q_{d,1}(z_1) = 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F) = -2,43$$

$$c_{pe}(G) = -1,3$$

$$c_{pe}(H) = -0,8$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(F) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(F) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,43 \\ &= -1,22 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(G) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -1,3 \\ &= -0,65 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(H) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,8 \\ &= -0,4 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:

$$q_{d,1}(z_1) = 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F_{up}) = -2,6$$

$$c_{pe}(F_{low}) = -2,4$$

$$c_{pe}(G) = -1,98$$

$$c_{pe}(H) = -0,6$$

$$c_{pe}(I) = -0,5$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(F_{up}) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(F_{up}) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,6 \\ &= -1,3 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(F_{low}) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(F_{low}) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,4 \\ &= -1,2 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(G) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -1,98 \\ &= -0,99 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(H) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,6 \\ &= -0,3 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,1}(I) &= q_{d,1}(z_1) \cdot c_{pe}(I) \\ &= 0,5 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,5 \\ &= -0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$:

1. Kombinacija:

$$q_{d,2}(z_2) = 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F) = -2,48$$

$$c_{pe}(G) = -1,2$$

$$c_{pe}(H) = -0,6$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(F) &= q_{d,2}(z_1) \cdot c_{pe}(F) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,48 \\ &= -1,07 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(G) &= q_{d,2}(z_1) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,48 \\ &= -1,07 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(H) &= q_{d,2}(z_1) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,6 \\ &= -0,26 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

2. Kombinacija:

$$c_{pe}(F) = 0$$

$$c_{pe}(G) = 0$$

$$c_{pe}(H) = 0$$

$$w_{e,2}(F) = 0$$

$$w_{e,2}(G) = 0$$

$$w_{e,2}(H) = 0$$

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 180^\circ$:

$$q_{d,2}(z_2) = 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F) = -2,49$$

$$c_{pe}(G) = -1,3$$

$$c_{pe}(H) = -0,8$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(F) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(F) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,49 \\ &= -1,07 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(G) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -1,3 \\ &= -0,56 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(H) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,8 \\ &= -0,34 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

Pritisak vjetra na vanjske površine krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$:

$$q_{d,2}(z_2) = 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$c_{pe}(F_{up}) = -2,6$$

$$c_{pe}(F_{low}) = -2,4$$

$$c_{pe}(G) = -1,98$$

$$c_{pe}(H) = -0,6$$

$$c_{pe}(I) = -0,5$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(F_{up}) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(F_{up}) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,6 \\ &= -1,12 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(F_{low}) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(F_{low}) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -2,4 \\ &= -1,03 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(G) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(G) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -1,98 \\ &= -0,85 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(H) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(H) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,6 \\ &= -0,26 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_{e,2}(I) &= q_{d,2}(z_2) \cdot c_{pe}(I) \\ &= 0,43 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot -0,5 \\ &= -0,22 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalni pritisak vjetra na krovšte kuće:

$$w_{i,1} = -0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \text{Podtlak}$$

Maksimalni pritisak vjetra na krovšte garaže:

$$w_{i,1} = -0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \text{Podtlak}$$

3. Poračun armiranobetonske ploče - pozicija 200

Analiza opterećenja ploče:

Stalno opterećenje:

$$g_{stalno,1} = 4,21 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Korisno opterećenje:

- **Opterećenje snijegom:** $s_1 = 0,8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$
- **Pritisak vjetra:** $w_{i,1} = -0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \text{Podtlak}$
- **Uporabna opterećenja:** $q_k = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow \text{Za uobičajene prostorije}$

$$\begin{aligned} q_{korisno,1} &= s_1 + w_{i,1} + q_k \\ &= 0,8 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 0,25 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ &= 3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} q'_{sd} &= 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot \frac{q}{2} \\ &= 1,35 \cdot 4,21 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 1,5 \cdot \frac{3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{2} \\ &= 7,97 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q''_{sd} &= 1,5 \cdot \frac{q}{2} \\ &= 1,5 \cdot \frac{3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{2} \\ &= 2,29 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{sd} &= 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q \\ &= 1,35 \cdot 4,21 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 1,5 \cdot 3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ &= 10,26 \text{ [kN/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Materijalne karakteristike:

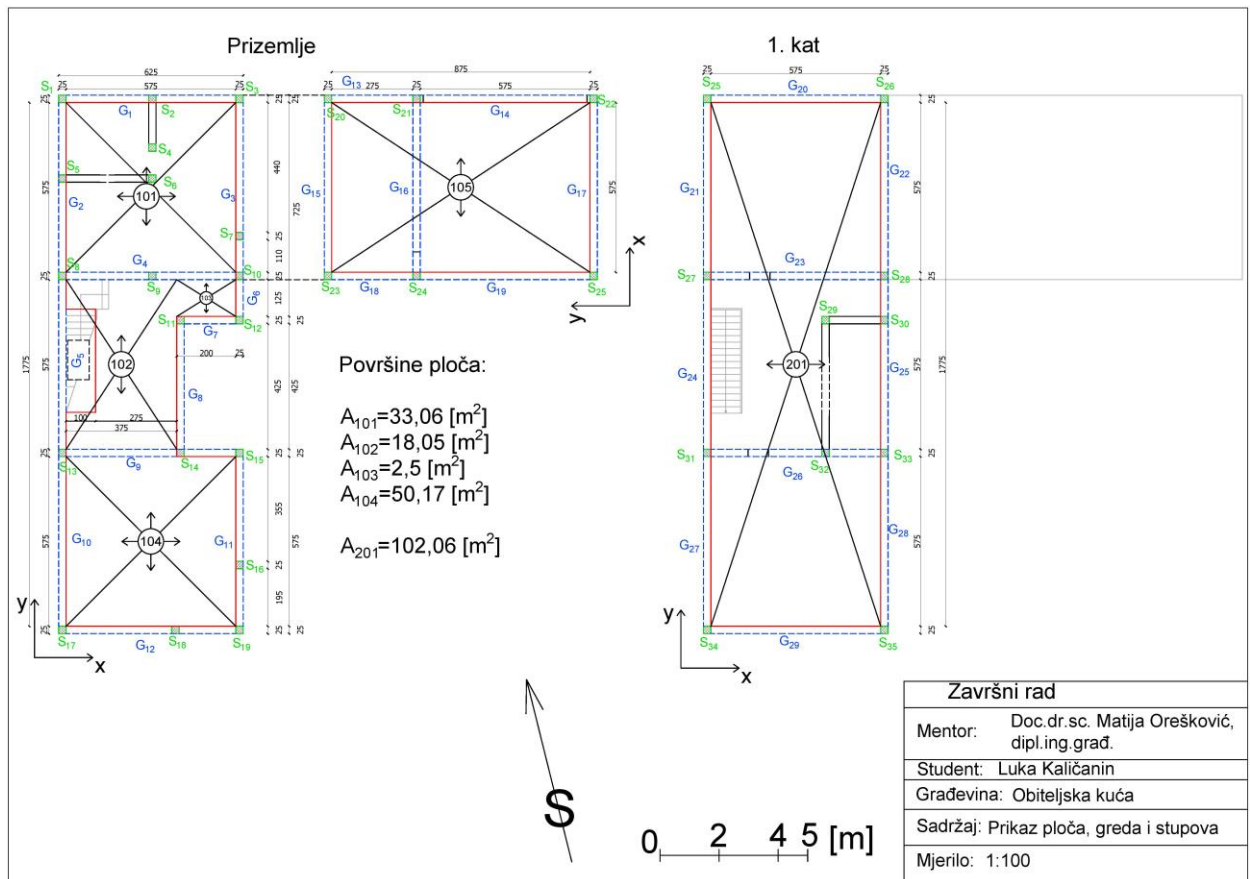
Računska čvrstoća betona za C30/37:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{3 \text{ [kN/mm}^2\text{]}}{1,5} = 2 \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

Računska granica popuštanja čelika za B500B:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1,15} = 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

3.1. Pozicija ploče 201



Slika 21 Prikaz ploča, greda i stupova

Omjer stranica ploče:

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,75 \text{ [m]}}{3,75 \text{ [m]}} = 1,53$$

Pošto omjer $\frac{L_y}{L_x}$ nije unutar granica parametra u ovom slučaju, moment savijanja u ploči računa se u jednom smjeru.*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Momenti savijanja u polju:

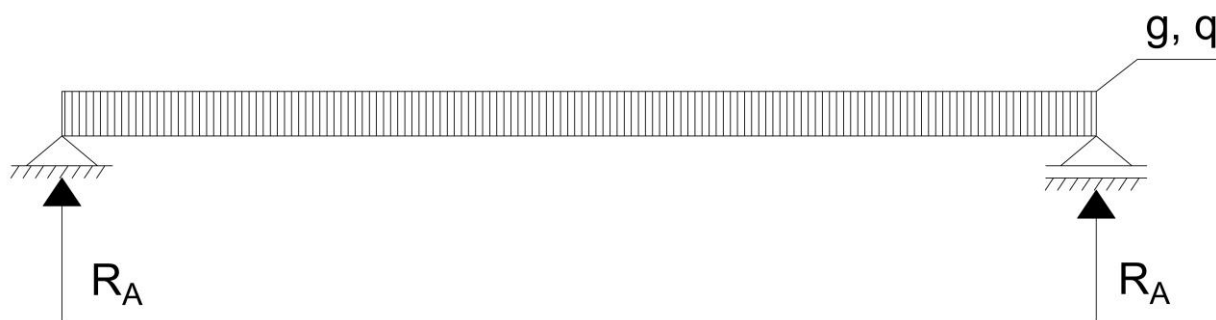
Smjer x

Stalno opterećenje:

$$g = g_{\text{stalno},1} \cdot 1 \text{ [m]} = 4,21 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 4,21 \text{ [kN/m]}$$

Uporabno opterećenje:

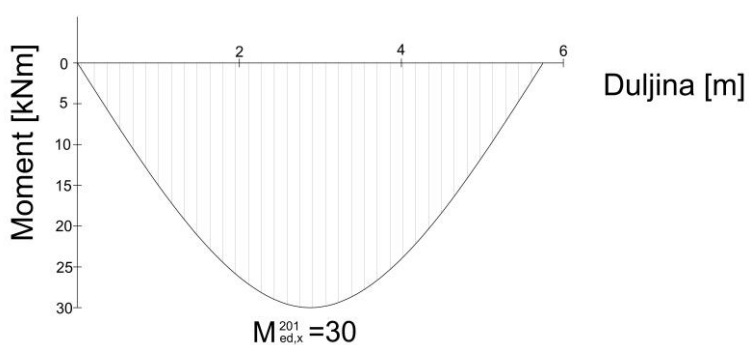
$$q = q_{\text{korisno},1} \cdot 1 \text{ [m]} = 3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 3,05 \text{ [kN/m]}$$



Slika 22 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Računski moment:

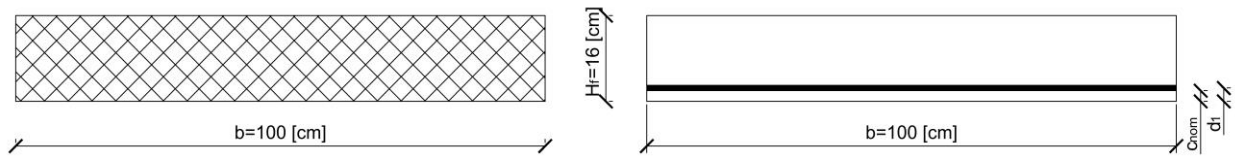
$$\begin{aligned} M_{\text{ed},x}^{201} &= \frac{(g + q) \cdot L_x^2}{8} \\ &= \frac{(4,21 \text{ [kN/m]} + 3,05 \text{ [kN/m]}) \cdot (5,75 \text{ [m]})^2}{8} \\ &= 30 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Slika 23 Momentni dijagram kroz presjek 201 (x smjer)

3.2. Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 200)

Poprečni presjek:



Slika 24 Poprečni presjek ploče – pozicija 200

Pretpostavka:

$$\varnothing_s = 1 \text{ [cm]}$$

$$b = 1 \text{ [m]} = 100 \text{ [cm]}$$

$$H_f = 16 \text{ [cm]}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ [cm]}$$

Udaljenost od težišta armature:

$$\begin{aligned} d_{1x} &= c_{nom} + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 1 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d_x &= H_f - d_{1x} \\ &= 16 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 12,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

3.3. Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 201

Smjer x

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed,x}^{201}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{30 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (12,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,096 \leq 0,252\end{aligned}$$

ϵ_{c2} (‰)	ϵ_{s1} (‰)	$\xi=x/d$	$\zeta=z/d$	μ_{ed}
-0.1	20.0	0.005	0.998	0.000
-0.2	20.0	0.010	0.997	0.001
-0.3	20.0	0.015	0.995	0.002
-0.4	20.0	0.020	0.993	0.003
-0.5	20.0	0.024	0.992	0.005
-0.6	20.0	0.029	0.990	0.007
-0.7	20.0	0.034	0.988	0.009
-0.8	20.0	0.038	0.987	0.011
-0.9	20.0	0.043	0.985	0.014
-1.0	20.0	0.048	0.983	0.017
-1.1	20.0	0.052	0.982	0.019
-1.2	20.0	0.057	0.980	0.023
-1.3	20.0	0.061	0.978	0.026
-1.4	20.0	0.065	0.977	0.029
-1.5	20.0	0.070	0.975	0.033
-1.6	20.0	0.074	0.973	0.036
-1.7	20.0	0.078	0.971	0.039
-1.8	20.0	0.083	0.969	0.043
-1.9	20.0	0.087	0.968	0.046
-2.0	20.0	0.091	0.966	0.050
-2.1	20.0	0.095	0.964	0.053
-2.2	20.0	0.099	0.962	0.056
-2.3	20.0	0.103	0.960	0.060
-2.4	20.0	0.107	0.959	0.063
-2.5	20.0	0.111	0.957	0.066
-2.6	20.0	0.115	0.955	0.069
-2.7	20.0	0.119	0.953	0.073
-2.8	20.0	0.123	0.951	0.076
-2.9	20.0	0.127	0.949	0.079
-3.0	20.0	0.130	0.947	0.081
-3.1	20.0	0.134	0.945	0.084
-3.2	20.0	0.138	0.943	0.088
-3.3	20.0	0.142	0.942	0.091
-3.4	20.0	0.145	0.940	0.093
-3.5	20.0	0.149	0.938	0.096
-3.5	19.5	0.152	0.937	0.098
-3.5	19.0	0.156	0.935	0.100
-3.5	18.5	0.159	0.934	0.102
-3.5	18.0	0.163	0.932	0.105
-3.5	17.5	0.167	0.931	0.107
-3.5	17.0	0.171	0.929	0.109
-3.5	16.5	0.175	0.927	0.112
-3.5	16.0	0.179	0.926	0.114
-3.5	15.5	0.184	0.923	0.117
-3.5	15.0	0.189	0.921	0.120
-3.5	14.5	0.194	0.919	0.123
-3.5	14.0	0.200	0.917	0.126
-3.5	13.5	0.206	0.914	0.130
-3.5	13.0	0.212	0.912	0.133
-3.5	12.5	0.219	0.909	0.137
-3.5	12.0	0.226	0.906	0.141
-3.5	11.5	0.233	0.903	0.145
-3.5	11.0	0.241	0.900	0.149
-3.5	10.5	0.250	0.896	0.154
-3.5	10.0	0.259	0.892	0.159
-3.5	9.5	0.269	0.888	0.164
-3.5	9.0	0.280	0.884	0.170
-3.5	8.5	0.292	0.879	0.177
-3.5	8.0	0.304	0.874	0.183

ε_2 (‰)	ε_1 (‰)	$\xi=x/d$	$\zeta=z/d$	μ_{ed}
-3.5	7.5	0.318	0.868	0.190
-3.5	7.0	0.333	0.861	0.197
-3.5	6.5	0.350	0.854	0.206
-3.5	6.0	0.368	0.847	0.214
-3.5	5.5	0.389	0.838	0.224
-3.5	5.0	0.412	0.829	0.235
-3.5	4.5	0.438	0.818	0.247
-3.5	4.0	0.467	0.806	0.259
-3.5	3.5	0.500	0.792	0.272
-3.5	3.0	0.538	0.776	0.287
-3.5	2.5	0.583	0.757	0.304
-3.5	2.0	0.636	0.735	0.322
-3.5	1.5	0.700	0.709	0.342
-3.5	1.0	0.778	0.676	0.362
-3.5	0.5	0.875	0.636	0.383

Tablica 7 Podaci za dimenzioniranje armiranobetonskih presjeka prema Eurocodu 2*

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{ed} = 0,098$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,937$

Potrebna armatura:

$$A_{s1}^{201} = \frac{M_{ed,x}^{201}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}}$$

$$= \frac{3000 \text{ [kNcm]}}{0,937 \cdot 12,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 5,89 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,min,x} = 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x$$

$$= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 12,5 \text{ [cm]}$$

$$= 2,38 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max,x} = 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x$$

$$= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 12,5 \text{ [cm]}$$

$$= 17,82 \text{ [cm}^2\text{]}$$

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Razmak šipaka [cm]	Površina presjeka u cm ² na širini ploče od 100 cm								
	Promjer šipke u mm								
	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	Razdjelna armatura			Glavna uzdužna armatura					
7.0	4.04	5.50	7.18	11.22	16.16	21.99	28.73	36.36	44.87
7.5	3.77	5.13	6.70	10.47	15.08	20.52	26.81	33.93	41.88
8.0	3.53	4.81	6.28	9.82	14.14	19.24	25.14	31.81	39.26
8.5	3.53	4.53	5.91	9.24	13.31	18.11	23.66	29.94	36.95
9.0	3.14	4.28	5.59	8.73	12.57	17.10	22.34	28.28	34.90
9.5	2.98	4.05	5.29	8.27	11.90	16.20	21.17	26.79	33.06
10.0	2.83	3.85	5.03	7.85	11.31	15.39	20.11	25.45	31.41
10.5	2.69	3.67	4.79	7.48	10.77	14.66	19.15	24.24	29.91
11.0	2.57	3.50	4.57	7.14	10.28	13.99	18.28	23.14	28.55
11.5	2.46	3.35	4.37	6.83	9.84	13.39	17.49	22.13	27.31
12.0	2.36	3.21	4.19	6.54	9.42	12.83	16.76	21.21	26.17
12.5	2.26	3.08	4.02	6.28	9.05	12.32	16.09	20.36	25.13
13.0	2.17	2.96	3.87	6.04	8.70	11.84	15.47	19.58	24.16
13.5	2.09	2.85	3.72	5.82	8.38	11.40	14.90	18.85	23.27
14.0	2.02	2.75	3.59	5.61	8.08	11.00	14.36	18.18	22.44
14.5	1.95	2.65	3.47	5.42	7.80	10.62	13.87	17.55	21.66
15.0	1.89	2.57	3.35	5.24	7.54	10.26	13.41	16.97	20.94
15.5	1.82	2.48	3.24	5.07	7.30	9.93	12.97	16.42	20.27
16.0	1.77	2.41	3.14	4.91	7.07	9.62	12.57	15.90	19.64
16.5	1.71	2.33	3.05	4.76	6.85	9.33	12.19	15.42	19.04
17.0	1.66	2.26	2.96	4.62	6.65	9.05	11.83	14.97	18.48
17.5	1.62	2.20	2.87	4.49	6.46	8.79	11.49	14.54	17.95
18.0	1.57	2.14	2.79	4.36	6.28	8.55	11.17	14.14	17.46
18.5	1.53	2.08	2.72	4.25	6.11	8.32	10.87	13.76	16.94
19.0	1.49	2.03	2.65	4.13	5.95	8.10	10.58	13.39	16.54
19.5	1.45	1.97	2.58	4.03	5.80	7.89	10.31	13.05	16.11
20.0	1.41	1.92	2.51	3.93	5.65	7.69	10.05	12.72	15.75

Tablica 8 Odabir armature ploče*

Odabrana armatura:

$$A_{s1,x}^{od} = \emptyset 10/13 \text{ [cm]} \rightarrow 6,04 \text{ [cm}^2\text{]}$$

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Duljina sidrenja:

f_{ck} [N/mm ²]	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60
f_{bd} [N/mm ²]	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,3	4,5	4,7

Tablica 9 Vrijednosti računске čvrstoće prionljivosti u odnosu na karakterističnu čvrstoću betona

$$l_{b,\emptyset 10} = \frac{\emptyset_{10} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

$$= \frac{1 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 36,23 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$l_{b,\emptyset 10} = 35 \text{ [cm]}$$

Razdjelna armatura:

$$A_c = b \cdot H_f$$

$$= 100 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]}$$

$$= 1600 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,raz} = 0,2 \cdot A_{s1,x}^{od}$$

$$= 0,2 \cdot 5,91 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$= 1,18 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,raz} = 0,1\% \cdot A_c$$

$$= \frac{0,1}{100} \cdot 1600 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$= 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{s,raz} = 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s,raz}^{od} = \emptyset 6/17,5 \text{ [cm]} \rightarrow 1,62 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Broj armature u polju ploče:

$$N_{201,\emptyset 10} = \frac{L_y - (2 \cdot S)}{A_{s1,x}^{od}} = \frac{1775 \text{ [cm]} - (2 \cdot 25 \text{ [cm]})}{13 \text{ [cm]}} = 132,69 = 132 \text{ komada}$$

Dužina armature u polju ploče:

$$L_{201,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature ploče:

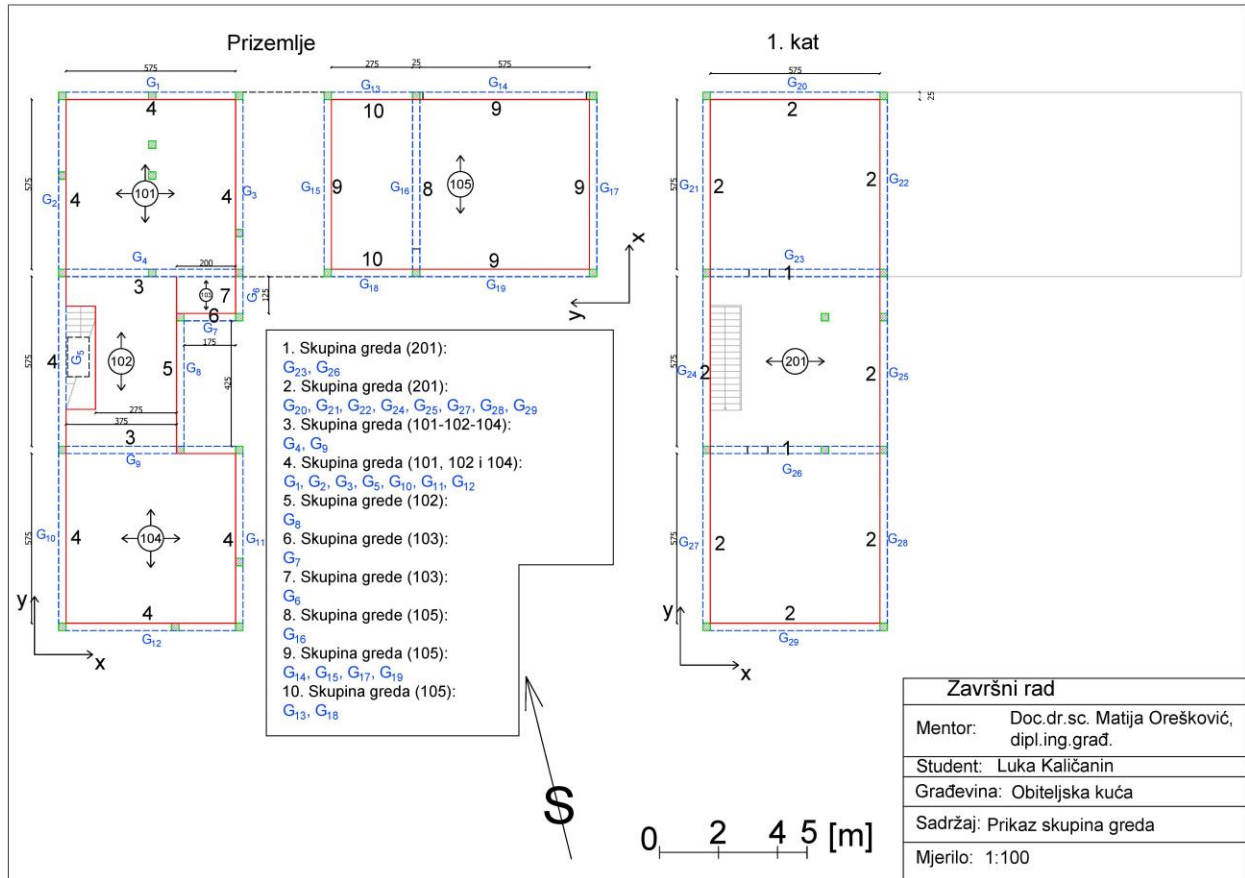
$$N_{201,\emptyset 6} = 3 \cdot \frac{L_x}{A_{s1,x}^{\text{od}}} = 3 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{17,5 \text{ [cm]}} = 98,57 = 98 \text{ komada}$$

Dužina armature u polju ploče:

$$L_{201,\emptyset 6} = L_y = 575 \text{ [cm]} = 5,75 \text{ [m]}$$

4. Proračun greda pozicija 200

4.1. Poračun greda u polju 201 – 1. Skupina greda

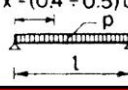
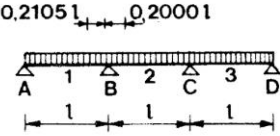
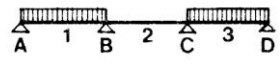
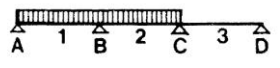


Slika 25 Prikaz skupina greda

Analiza opterećenja grede:

$$g = 4,21 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 3,05 \text{ [kN/m]}$$

Način opterećenja	Statička veličina	$x = (0.4 \div 0.5)l$ 
	M_{11}	$0.080 pl^2$
	M_{12}	-
	M_{13}	-
	M_{21}	$0.025 pl^2$
	M_{22}	-
	M_B	$-0.100 pl^2$
	$R_A = Q_{1A}$	$0.400 pl$
	R_B	$1.100 pl$
	$M_{11} \text{ max}$	$0.101 pl^2$
	$M_{12} \text{ max}$	-
	$M_{13} \text{ max}$	-
	$M_{21} \text{ min}$	$-0.050 pl^2$
	$M_{22} \text{ min}$	-
	M_B	$-0.050 pl^2$
	$R_A = Q_{1A} \text{ max}$	$0.450 pl$
		$M_B \text{ min}$
M_C		$-0.033 pl^2$
$R_B \text{ max}$		$1.200 pl$
$Q_{1B} \text{ min}$		$-0.617 pl$
$Q_{2B} \text{ max}$		$0.583 pl$

Slika 26 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina*

$$\begin{aligned}
 R_g(B) &= 1,100 \cdot g \cdot L_x \\
 &= 1,100 \cdot 4,21 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 26,63 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\
 &= 1,200 \cdot 3,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 21,05 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Vlastita težina grede:

$$\begin{aligned}g_{v1} &= b_w \cdot H_f \cdot \gamma_b \\ &= 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,16 \text{ [m]} \cdot 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \\ &= 1 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(B) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 26,63 \text{ [kN/m]} \\ &= 27,63 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment na ležaju B (pozicija 201):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{201-201} &= -0,100 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= -0,100 \cdot 27,63 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -91,35 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{201-201} &= -0,117 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= -0,117 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -81,43 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{201-201} &= 1,35 \cdot M_{g,B}^{201} + 1,5 \cdot M_{q,B}^{201} \\ &= 1,35 \cdot (-91,35 \text{ [kNm]}) + 1,5 \cdot (-81,43 \text{ [kNm]}) \\ &= -245,47 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment savijanja u polju (pozicija 201):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{201} &= 0,080 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= 0,080 \cdot 27,63 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 73,08 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{201} &= 0,101 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= 0,101 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 70,29 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{201} &= 1,35 \cdot M_g^{201} + 1,5 \cdot M_q^{201} \\ &= 1,35 \cdot 73,08 \text{ [kNm]} + 1,5 \cdot 70,29 \text{ [kNm]} \\ &= 204,09 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Poprečne sile i reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= 0,400 \cdot g \cdot L_x \\ &= 0,400 \cdot \text{[kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 63,55 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= 0,450 \cdot q \cdot L_x \\ &= 0,450 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 54,47 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju A:

$$\begin{aligned}R_{ed}(A) = V_{ed}(A) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 63,55 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 167,5 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ležaj B:**Reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(B) &= 1,100 \cdot g \cdot L_x \\ &= 1,100 \cdot 27,63 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 174,76 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\ &= 1,200 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 145,25 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju B:

$$\begin{aligned}R_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 174,76 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 145,25 \text{ [kN]} \\ &= 453,8 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Poprečne sile:

$$\begin{aligned}V_g(B) &= -0,600 \cdot g \cdot L_x \\ &= -0,600 \cdot 27,63 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= -95,32 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_q(B) &= -0,617 \cdot q \cdot L_x \\ &= -0,617 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= -74,68 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

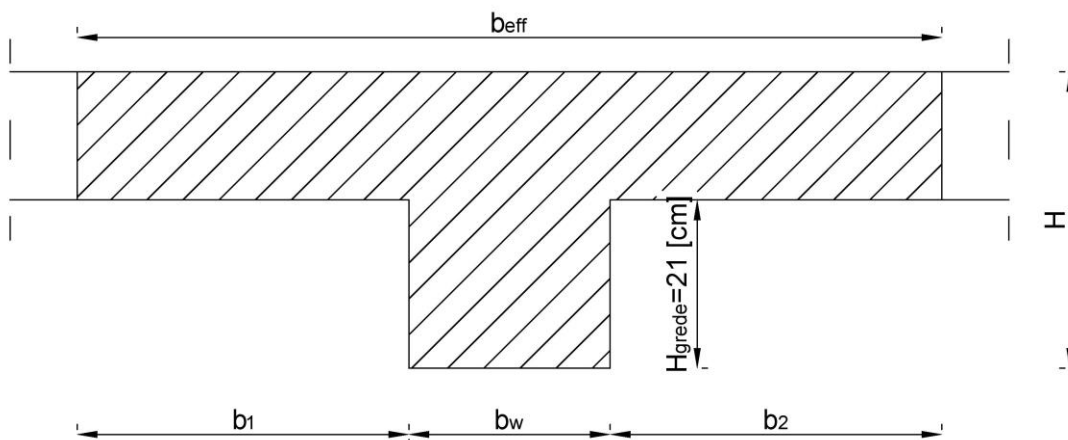
$$\begin{aligned}V_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot (-95,32 \text{ [kN]}) + 1,5 \cdot (-74,68 \text{ [kN]}) \\ &= -240,7 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Smanjenje momenta na ležaju B:

$$\begin{aligned}\Delta M_{ed}^{201} &= \frac{q_B \cdot b_w^2}{8} = \frac{R_{ed}(B)}{b_w} \cdot b_w^2 = \frac{R_{ed}(B) \cdot b_w}{8} \\ &= \frac{453,8 \text{ [kN]} \cdot 0,25 \text{ [m]}}{8} \\ &= 14,18 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Reducirani moment na ležaju B:

$$\begin{aligned}\Delta M_{ed,red}^{201-201} &= M_{ed}^{201-201} - \Delta M_{ed}^{201} \rightarrow \text{Uvrštavamo pozitivnu vrijednost } M_{ed,B}^{201} \\ &= 245,47 \text{ [kNm]} - 14,18 \text{ [kNm]} \\ &= 231,56 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Određivanje sudjelujuće širine:

Slika 27 Presjek grede na ležaju B

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 5,75 \text{ [m]} = 4,88 \text{ [m]}$$

$$b_1 = b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{4,88 \text{ [m]}}{10} = 0,49 \text{ [m]}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}} &= b_1 + b_w + b_2 \\ &= 4,88 \text{ [m]} + 0,25 \text{ [m]} + 4,88 \text{ [m]} \\ &= 1,23 \text{ [m]} = 123 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Proračun uzdužne armature u polju (pozicija 201) – Ležaj B

Pretpostavka:

$$\varnothing_s = 14 \text{ [mm]} = 1,4 \text{ [cm]}$$

$$\varnothing_v = 8 \text{ [mm]} = 0,8 \text{ [cm]}$$

Visina:

$$\begin{aligned} H &= H_f + H_{\text{grede}} \\ &= 0,16 \text{ [m]} + 0,21 \text{ [m]} \\ &= 0,37 \text{ [m]} = 37 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 33,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{201}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{20\,409 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,074 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,076$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,951$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed}^{201}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{20\,409 \text{ [kNcm]}}{0,951 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 14,73 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{S,min} &= 0,0015 \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0015 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]} \\ &= 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S,min} &= \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{0,06 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]} \\ &= 1,16 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 123 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

Fi(mm)	kg/m	1	2	3	4	5	6	7	8
8	0,405	0,5	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02
10	0,634	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,2
12	0,911	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	6,79	7,92	9,05
14	1,242	1,54	3,08	4,62	6,16	7,7	9,24	10,78	12,32
16	1,621	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,09
18	2,17	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36
19	2,288	2,84	5,67	8,51	11,34	14,18	17,01	19,85	22,68
20	2,536	3,14	6,28	9,43	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13
22	3,058	3,8	7,6	11,4	15,21	19,01	22,81	26,64	30,41
24	3,652	4,52	9,05	13,57	18,1	22,62	27,14	31,67	36,19
25	3,951	4,91	9,82	14,73	19,64	24,54	29,45	34,36	39,27
28	4,956	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,1	49,26
32	6,474	8,04	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,3	64,34
36	8,2	10,18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43
Razmak armature/m		100	50	33,34	25	20	16,67	14,3	12,5
Fi(mm)	kg/m	9	10	11	12	13	14	15	
8	0,405	4,52	5,03	5,53	6,03	6,54	7,04	7,54	
10	0,634	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	11	11,78	
12	0,911	10,18	11,31	12,44	13,57	14,7	15,83	16,97	
14	1,242	13,86	15,39	16,93	18,47	20,01	21,55	23,09	
16	1,621	18,1	20,11	22,12	24,13	26,14	28,15	30,16	
18	2,17	22,9	25,45	27,99	30,54	33,08	35,63	38,17	
19	2,288	25,52	28,35	31,19	34,02	36,86	39,69	42,53	
20	2,536	28,27	31,42	34,56	37,7	40,84	43,98	47,12	
22	3,058	34,21	38,01	41,81	45,62	49,42	53,22	57,02	
24	3,652	40,72	45,24	49,76	54,29	58,81	63,34	67,86	
25	3,951	44,18	49,09	54	58,9	63,81	68,72	73,63	
28	4,956	55,42	61,58	67,73	73,88	80,05	86,21	92,36	
32	6,474	72,38	80,42	88,47	96,5	104,6	112,6	120,6	
36	8,2	91,61	101,8	112	122,2	132,3	142,5	152,7	
Razmak armature/m		11,11	10	9,1	8,33	7,7	7,14	6,67	

*Tablica 10 Odabir armature grede**

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

$$A_{s1}^{od} = 4\emptyset 22 \rightarrow 15,21 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Proračun uzdužne armature na ležaju B (pozicija 201):

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{\Delta M_{ed,red}^{201-201}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{23\,156 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,083 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,084$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,945$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{\Delta M_{ed,red}^{201-201}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{23\,156 \text{ [kNcm]}}{0,945 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 16,82 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max} = 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

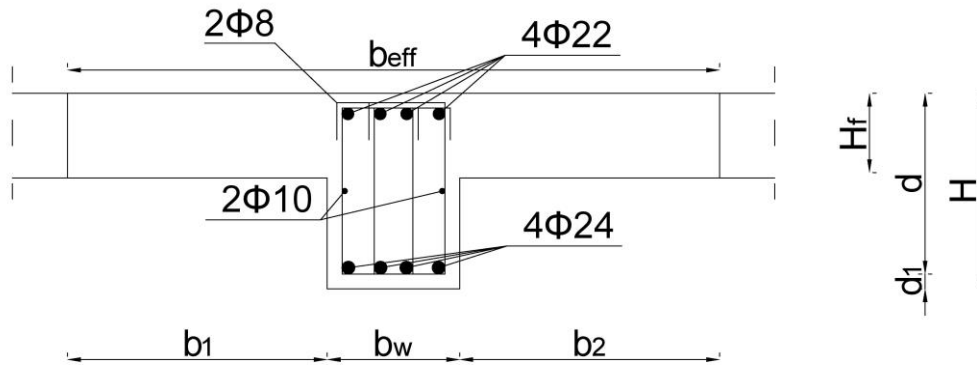
$$A_{s1}^{od} = 4\emptyset 24 \rightarrow 18,1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{2,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}
 d &= H - d_1 \\
 &= 37 \text{ [cm]} - 4 \text{ [cm]} \\
 &= 33 \text{ [cm]}
 \end{aligned}$$



Slika 28 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

$$\begin{aligned}
 l_{b,\Phi 22} &= \frac{\Phi_{22} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\
 &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 79,71 \text{ [cm]}
 \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 22} = 80 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}
 l_{b,\Phi 10} &= \frac{\Phi_{10} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\
 &= \frac{1 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 36,23 \text{ [cm]}
 \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}
 l_{b,\Phi 24} &= \frac{\Phi_{24} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\
 &= \frac{2,4 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 86,96 \text{ [cm]}
 \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 24} = 85 \text{ [cm]}$$

Proračun poprečne armature (pozicija 201):

Nosivost na poprečnu silu bez vilica:

$$\begin{aligned}c_{rd,c} &= \frac{0,18}{\gamma_c} \\ &= \frac{0,18}{1,5} \\ &= 0,12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad [\text{mm}] \\ &= 1 + \sqrt{\frac{200}{330}} \\ &= 1,77\end{aligned}$$

Uvjet:

$$k \leq 2$$

$$1,77 \leq 2$$

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \frac{A_{s1}^{od}}{b_w \cdot d} \\ &= \frac{15,21 \text{ [cm}^2\text{]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 33 \text{ [cm]}} \\ &= 0,02\end{aligned}$$

Uvjet:

$$\varphi_1 = 0,02 \leq 0,02$$

$$\begin{aligned}\sigma_{cp} &= \frac{N_{ed}}{A_c} \\ &= \frac{0 \text{ N}}{25 \text{ [cm]} \cdot 37 \text{ [cm]}} \\ &= 0 \text{ [N/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{rd,c} &= [c_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varphi_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \\ &= [0,12 \cdot 1,77 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 30 \text{ [N/mm}^2\text{]})^{0,33} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 67,67 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Uvjet:

$$V_{rd,c} = 67,67 \text{ [kN]} < V_{ed}(A) = 167,5 \text{ [kN]}$$

→Potreban proračun vilica.

$$\alpha_{cv} = 1 \text{ (Za ne prenapregnute objekte)}$$

$$z = \zeta \cdot d$$

$$= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]}$$

$$= 29,7 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} v_{\min} &= 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \\ &= 0,035 \cdot 1,77^{2/3} \cdot (30 \text{ [N/mm}^2\text{)})^{1/2} \\ &= 0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{rd,c,\min} &= (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \\ &= (0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]} + 0,15 \cdot 0) \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 23,1 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \\ &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ [N/mm}^2\text{]}}{250}\right) \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\begin{aligned} V_{rd,\max} &= \frac{\alpha_{cv} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}}{[\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta]} \\ &= \frac{1 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 0,53 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{[\text{ctg}(45^\circ) + \text{tg}(45^\circ)]} \\ &= 393,53 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Uvjet:

$$V_{rd,\max} \geq V_{ed}(A)$$

$$V_{rd,\max} = 393,53 \text{ [kN]} \geq V_{ed}(A) = 167,5 \text{ [kN]}$$

→Uvjet zadovoljen

Razak vilica:**Pretpostavka:**

$$1\emptyset8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\begin{aligned} f_{ywd} &= 0,8 \cdot f_{yk} \\ &= 0,8 \cdot 500 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &= 400 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &= 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 167,5 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} z &= 0,9 \cdot d \\ &= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]} \\ &= 29,7 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}} \\ &= \frac{1,01 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{167,5 \text{ [kN]}} \\ &= 7,16 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$\begin{aligned} s_{1,\max} &= 0,75 \cdot d \\ &= 0,75 \cdot 33 \text{ [cm]} \\ &= 24,75 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 7 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$N_{201,B,\emptyset22} = 2 \cdot 4 = 8$$

$$N_{201,B,\emptyset10} = 2 \cdot 2 = 4$$

$$N_{201,B,\emptyset24} = 2 \cdot 4 = 8$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$L_{201,B,\emptyset 22} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 22}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 80 \text{ [cm]}) = 735 \text{ [cm]} = 7,35 \text{ [m]}$$

$$L_{201,B,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

$$L_{201,B,\emptyset 24} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 24}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 85 \text{ [cm]}) = 745 \text{ [cm]} = 7,45 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{201,\emptyset 8} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{L_x}{A_{S1,x}^{od}} = 2 \cdot 2 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{7 \text{ [cm]}} = 328,57 = 328 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{201,\emptyset 6} = 136 \text{ [cm]}$$

4.2. Poračun greda u polju 201 – 2. Skupina greda

Analiza opterećenja grede:

$$g = 4,21 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 3,05 \text{ [kN/m]}$$

Ležaj A:

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

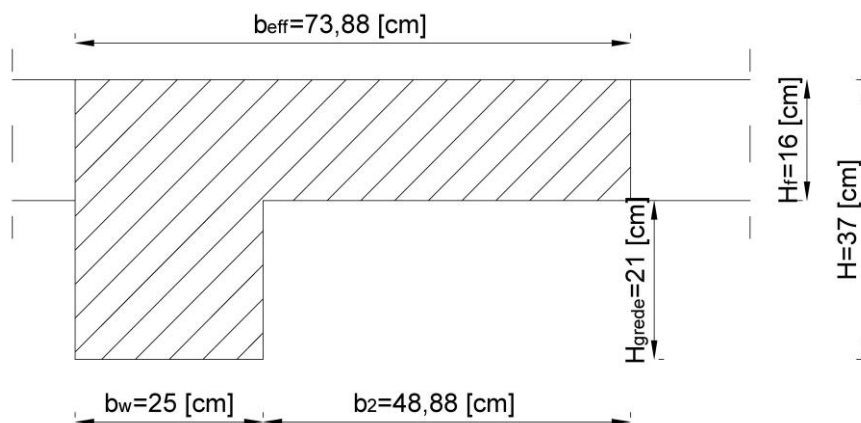
$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Sudjelujuća širina:

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 575 \text{ [cm]} = 488,75 \text{ [cm]}$$

$$b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{488,75 \text{ [cm]}}{10} = 48,88 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}} &= b_w + b_2 \\ &= 25 \text{ [cm]} + 48,88 \text{ [cm]} \\ &= 73,88 \text{ [cm]} \end{aligned}$$



Slika 29 Presjek grede na ležaju A

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{201}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{20\,409 \text{ [kNcm]}}{73,88 \text{ [cm]} \cdot (33,7 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,121 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,123$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,919$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed}^{201}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{20\,409 \text{ [kNcm]}}{0,919 \cdot 33,7 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 15,16 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 73,88 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 46,22 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

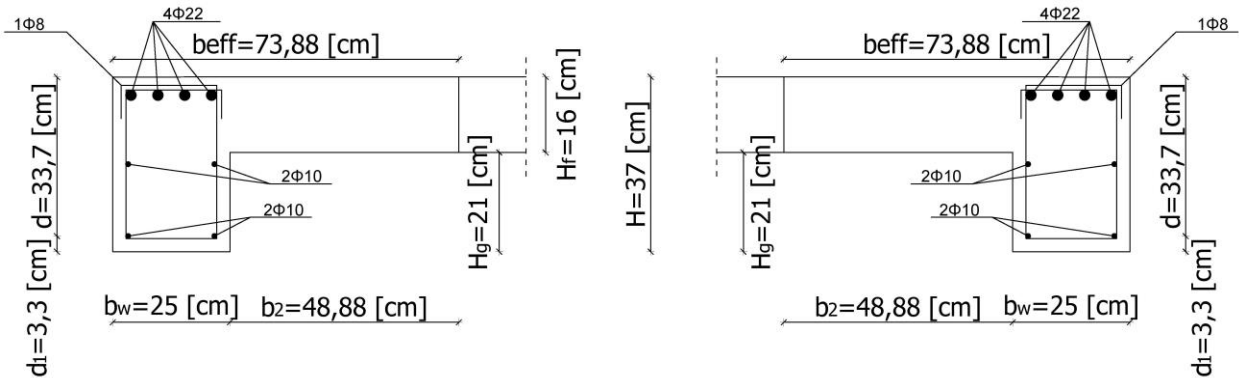
$$A_{s1}^{od} = 4\emptyset 22 \rightarrow 15,21 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 30 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}l_{b,\Phi 22} &= \frac{\Phi_{22} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 79,71 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 12} = 80 \text{ [cm]}$$

Razak vilica:

Pretpostavka:

$$1\emptyset 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 167,5 \text{ [kN]}$$

$$z = 29,7 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}} \\ &= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{167,5 \text{ [kN]}} \\ &= 3,56 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 5 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{201,A,\emptyset 22} = 8 \cdot 4 = 32$$

$$N_{201,A,\emptyset 10} = 8 \cdot 4 = 32$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{201,A,\emptyset 22} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 12}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 80 \text{ [cm]}) = 735 \text{ [cm]} = 7,35 \text{ [m]}$$

$$L_{201,A,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{201,\emptyset 8} = 8 \cdot \frac{L_x}{A_{s1,x}^{\text{od}}} = 8 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{5 \text{ [cm]}} = 920 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{201,\emptyset 8} = 136 \text{ [cm]}$$

5. Proračun armiranobetonske ploče – pozicija 100

Stalno opterećenje stropne ploče prizemlja kuće:

1. Parket lijepljen za podlogu 2,5 [cm]

$$\begin{aligned}g_1 &= 650 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,025 \text{ [m]} \\ &= 159,41 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,16 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

2. Lagano armirani cementni namaz - estrih 10 [cm]

$$\begin{aligned}g_2 &= 2200 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,1 \text{ [m]} \\ &= 2158,2 \text{ [N/m}^2\text{]} = 2,16 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

3. PE folija u funkciji zaštite zvučne izolacije 0,02 [cm]

$$\begin{aligned}g_3 &= 940 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,0002 \text{ [m]} \\ &= 1,84 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,0018 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

4. Zvučna izolacija za prigušenje topota EPS-T 2 [cm]

$$\begin{aligned}g_4 &= 15 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,02 \text{ [m]} \\ &= 2,94 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,0029 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

5. Armiranobetonska stropna ploča 16 [cm]

$$\begin{aligned}g_6 &= 2500 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,16 \text{ [m]} \\ &= 3924 \text{ [N/m}^2\text{]} = 3,92 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

6. Zaglađeni podgled stropa - gletano 0,5 [cm]

$$\begin{aligned}g_8 &= 1350 \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} \cdot 0,005 \text{ [m]} \\ &= 66,22 \text{ [N/m}^2\text{]} = 0,067 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$g_{\text{stalno},1} = \sum_n^{i=1} g_n = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$q_k = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \rightarrow$ Za uobičajene prostorije

Računsko opterećenje:

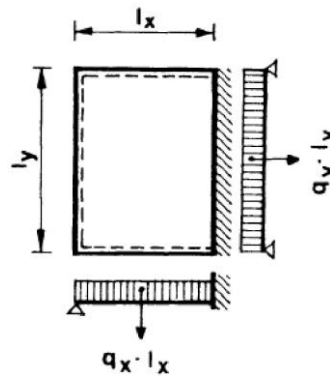
$$\begin{aligned}q'_{\text{ed}} &= 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot \frac{q}{2} \\ &= 1,35 \cdot 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 1,5 \cdot \frac{2 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{2} \\ &= 10,02 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q''_{\text{ed}} &= 1,5 \cdot \frac{q}{2} \\ &= 1,5 \cdot \frac{2 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{2} \\ &= 1,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{ed} &= 1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q \\ &= 1,35 \cdot 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} + 1,5 \cdot 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ &= 11,52 \text{ [kN/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

5.1. Pozicija ploče 101 i 104

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,75 \text{ [m]}}{5,75 \text{ [m]}} = 1$$



Slika 31 Primjer oslanjanja ploče – slučaj broj 2*

λ	ρ_{1x}	Δ	ρ_{1y}	Δ	K_{1x}	Δ
1	2	3	4	5	6	7
0,50	169,17	0	10,57	0	0,0588	0
0,55	125,1	8,814	11,35	0,159	0,0838	0,005
0,60	94,94	6,031	12,3	0,19	0,1147	0,0062
0,65	75,31	3,927	13,44	0,228	0,1515	0,0073
0,70	61,6	2,741	14,79	0,27	0,1936	0,0084
0,75	51,69	1,983	16,35	0,313	0,2404	0,0093
0,80	43,97	1,544	18,01	0,331	0,2906	0,01
0,85	38,29	1,136	20,15	0,427	0,343	0,0105
0,90	34,26	0,807	22,36	0,444	0,3962	0,0106
0,95	30,44	0,764	24,79	0,486	0,4489	0,0105
1,00	27,43	0,602	27,43	0,527	0,5	0,0102
1,10	22,79	0,464	33,37	0,594	0,5942	0,0094
1,20	19,45	0,334	40,34	0,697	0,6747	0,008
1,30	17,02	0,244	48,6	0,826	0,7407	0,0066
1,40	15,22	0,18	58,45	0,985	0,7935	0,0053
1,50	13,87	0,135	70,22	1,176	0,8351	0,0042
1,60	12,88	0,099	84,43	1,421	0,8666	0,0033
1,70	12,06	0,082	100,77	1,634	0,8931	0,0025
1,80	11,45	0,061	121,69	2,092	0,913	0,002
1,90	10,97	0,048	143	2,131	0,9287	0,0016
2,00	10,57	0,04	169,17	2,617	0,9412	0,0012

Tablica 11 Podaci potrebni za proračun momenata u poljima ploče*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

λ	ρ_{2x}	Δ	ρ_{2y}	Δ	K_{2x}	Δ
1	2	3	4	5	6	7
0,5	140,91	0	11,28	0	0,1351	0
0,55	101,37	6707	12,38	0,217	0,1862	0,0102
0,6	85,3	4414	13,7	0,266	0,2447	0,0117
0,65	70,59	2942	15,29	0,32	0,3086	0,0128
0,7	59,14	2270	17,19	0,379	0,3751	0,0133
0,75	50,86	1676	19,41	0,444	0,4417	0,0133
0,8	44,56	1259	21,99	0,516	0,5059	0,0129
0,85	39,7	0,971	24,96	0,595	0,5661	0,0121
0,9	35,74	0,792	28,37	0,683	0,6212	0,011
0,95	32,54	0,64	32,3	0,786	0,6706	0,0099
1	29,93	0,522	36,75	0,89	0,7143	0,0087
1,1	26,02	0,391	41,58	1,083	0,7854	0,0071
1,2	23,33	0,269	61,38	1381	0,8383	0,0053
1,3	21,43	0,191	78,75	1,736	0,8772	0,0039
1,4	20,04	0,138	100,28	2,153	0,9057	0,0029
1,5	19,02	0,103	126,64	2,636	0,9268	0,0021
1,6	18,3	0,071	158,52	3,189	0,9425	0,0016
1,7	17,63	0,067	196,69	3,817	0,9543	0,0012
1,8	17,05	0,059	239,81	4,312	0,9633	0,0009
1,9	16,67	0,037	295,08	5,527	0,9702	0,0007
2	16,5	0,021	357,03	6,195	0,9756	0,0005

Tablica 12 Podaci potrebni za proračun momenata u poljima ploče*

Momenti savijanja u polju:

Smjer x

$$\begin{aligned}M_{ed,x}^{101} = M_{ed,x}^{104} &= l_x^2 \cdot \left[\frac{q'_{sd}}{\varphi_{2x}} + \frac{q''_{sd}}{\varphi_{1x}} \right] \\&= (5,75 \text{ [m]})^2 \cdot \left[\frac{10,02 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{29,93} + \frac{1,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{27,43} \right] \\&= 12,88 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

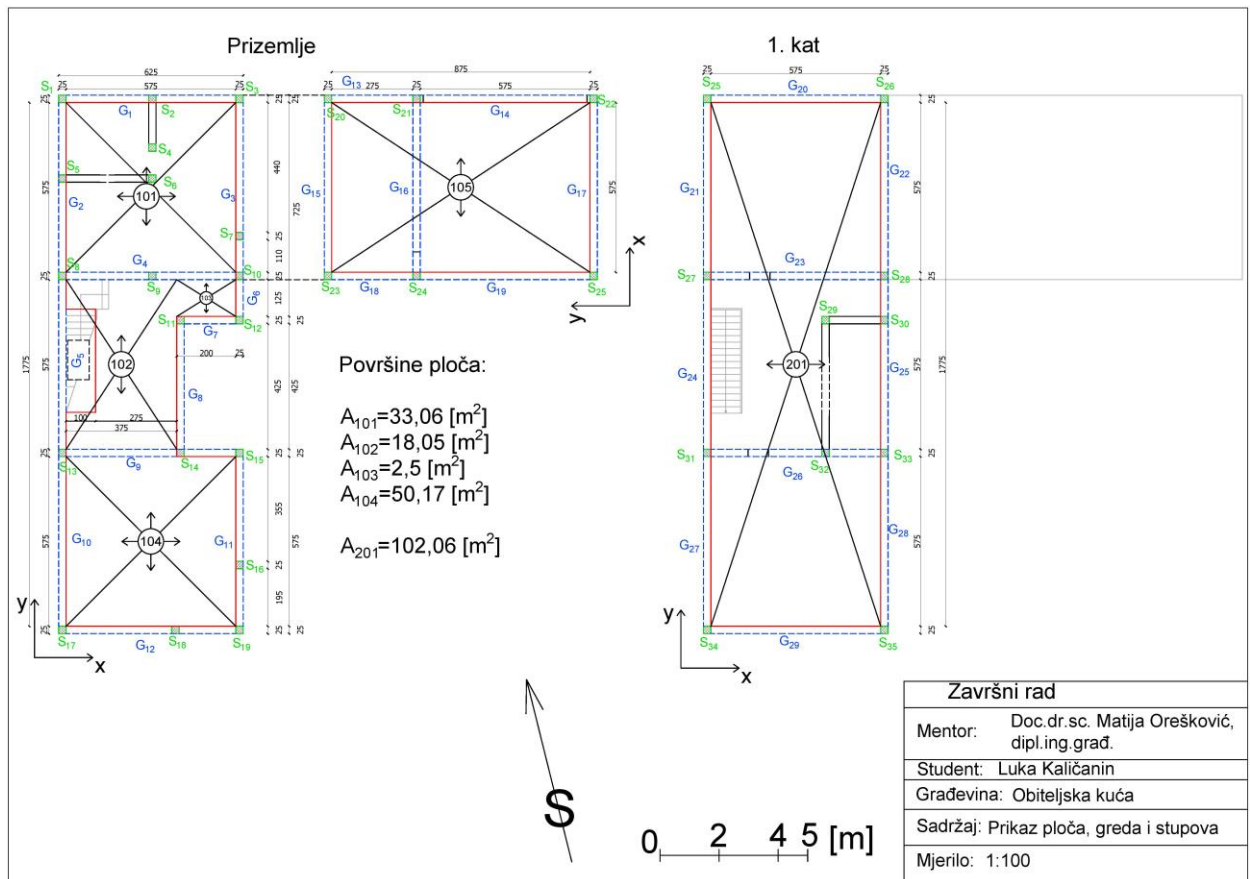
Smjer y

$$\begin{aligned}M_{ed,y}^{101} = M_{ed,x}^{104} &= l_y^2 \cdot \left[\frac{q'_{sd}}{\varphi_{2y}} + \frac{q''_{sd}}{\varphi_{1y}} \right] \\&= (5,75 \text{ [m]})^2 \cdot \left[\frac{10,02 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{36,75} + \frac{1,5 \text{ [kN/m}^2\text{]}}{27,43} \right] \\&= 10,82 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

$$i_x = -10$$

$$\begin{aligned}M_{edx,l}^{101-102} = M_{edx,l}^{101-103} = M_{edx,l}^{104-102} &= \frac{1}{i_x} \cdot \kappa_{2x} \cdot q_{ed} \cdot l_x^2 \\&= \frac{1}{-10} \cdot 0,71 \cdot 11,52 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\&= -27,04 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

5.2. Pozicija ploče 102



Slika 32 Prikaz ploča, greda i stupova

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} = \frac{5,75 \text{ [m]}}{3,75 \text{ [m]}} = 1,53$$

Pošto ploča nije oslonjena na sve 4 strane, moment savijanja u ploči računa se u jednom smjeru.*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Momenti savijanja u polju:

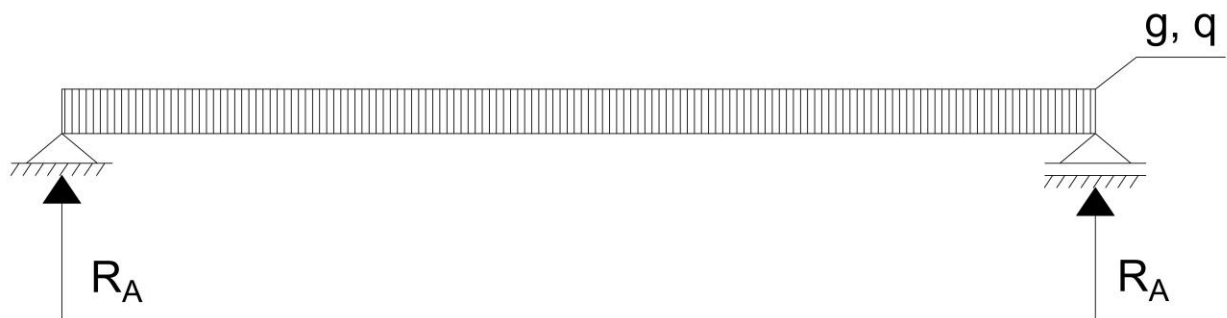
Smjer y

Stalno opterećenje:

$$g = g_{stalno,1} \cdot 1 [m] = 6,31 [kN/m^2] \cdot 1 [m] = 6,31 [kN/m]$$

Uporabno opterećenje:

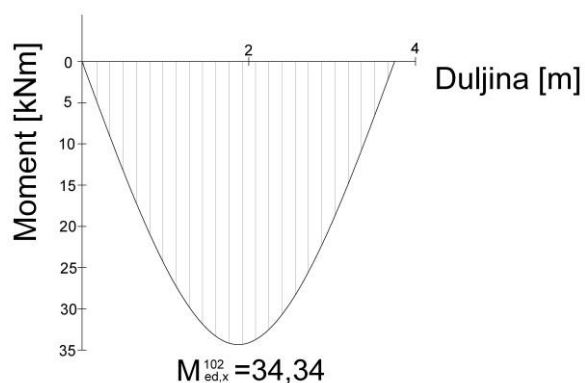
$$q = q_{korisno,1} \cdot 1 [m] = 2 [kN/m^2] \cdot 1 [m] = 2 [kN/m]$$



Slika 33 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

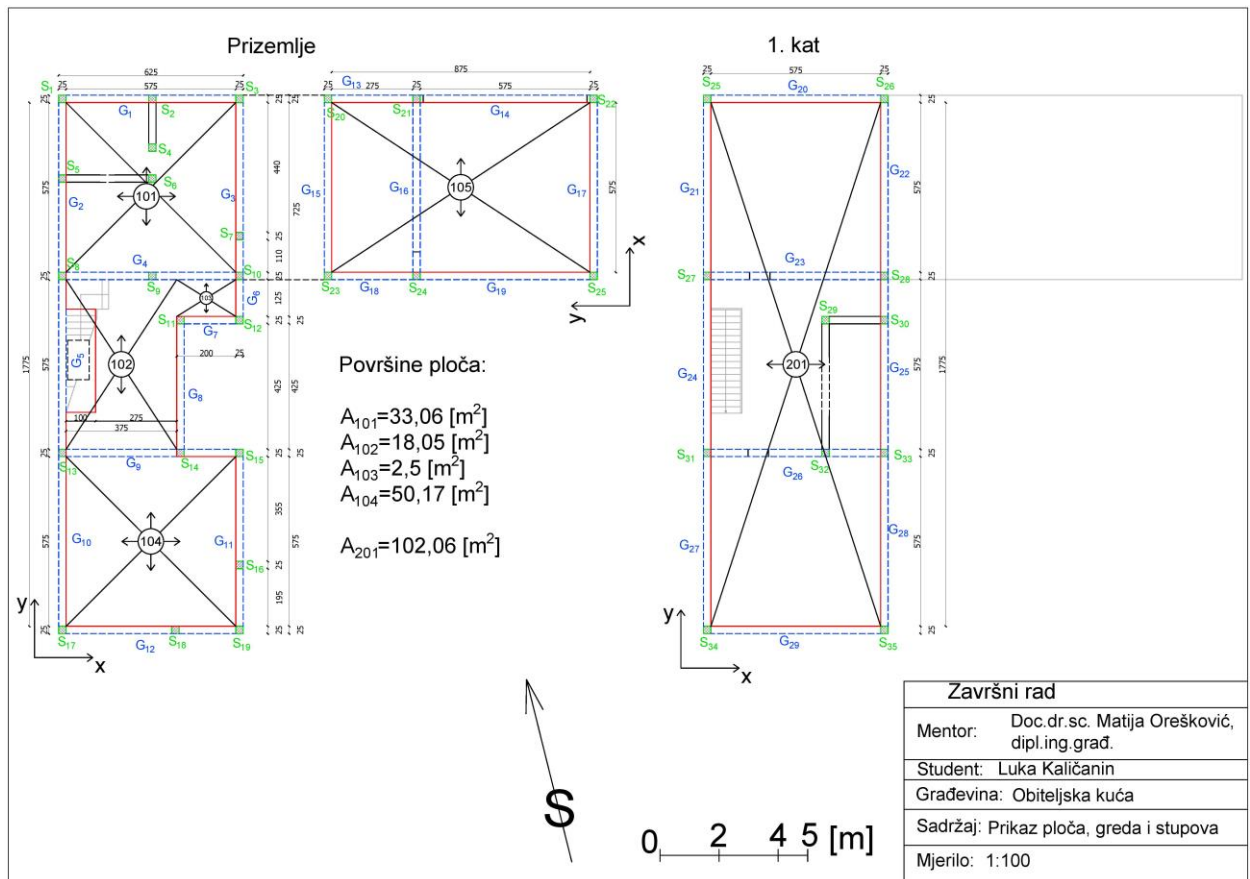
Računski moment:

$$\begin{aligned} M_{ed,y}^{102} &= \frac{(g + q) \cdot L_y^2}{8} \\ &= \frac{(6,31 [kN/m] + 2 [kN/m]) \cdot (5,75 [m])^2}{8} \\ &= 34,34 [kNm] \end{aligned}$$



Slika 34 Momentni dijagram kroz presjek 102 (y smjer)

5.3. Pozicija ploče 103



Slika 35 Prikaz ploča, greda i stupova

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} = \frac{1,75 \text{ [m]}}{1,25 \text{ [m]}} = 1,4$$

Pošto ploča nije oslonjena na sve 4 strane, moment savijanja u ploči računa se u jednom smjeru.*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Momenti savijanja u polju:

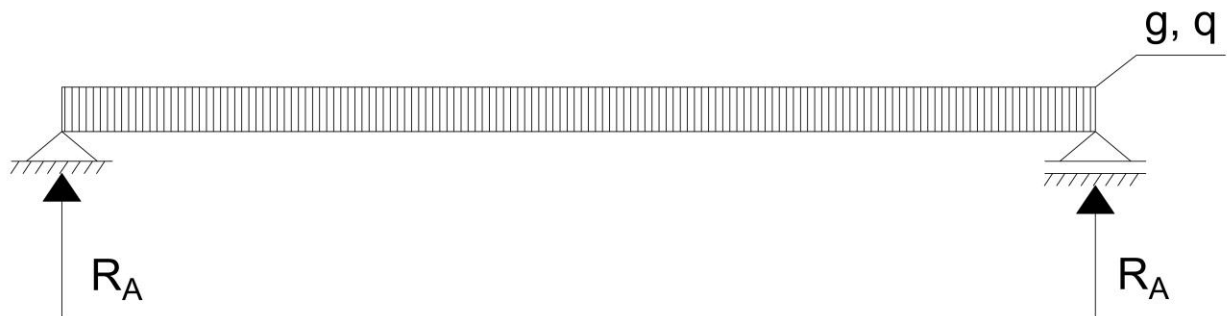
Smjer x

Stalno opterećenje:

$$g = g_{\text{stalno},1} \cdot 1 \text{ [m]} = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 6,31 \text{ [kN/m]}$$

Uporabno opterećenje:

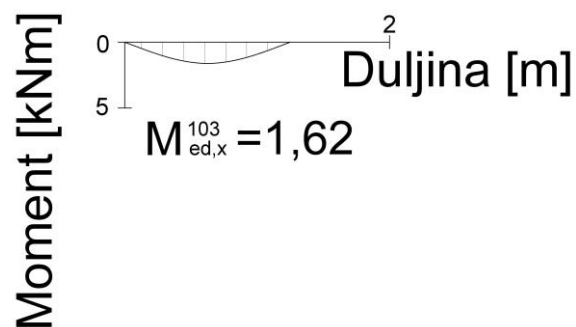
$$q = q_{\text{korisno},1} \cdot 1 \text{ [m]} = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 2 \text{ [kN/m]}$$



Slika 36 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

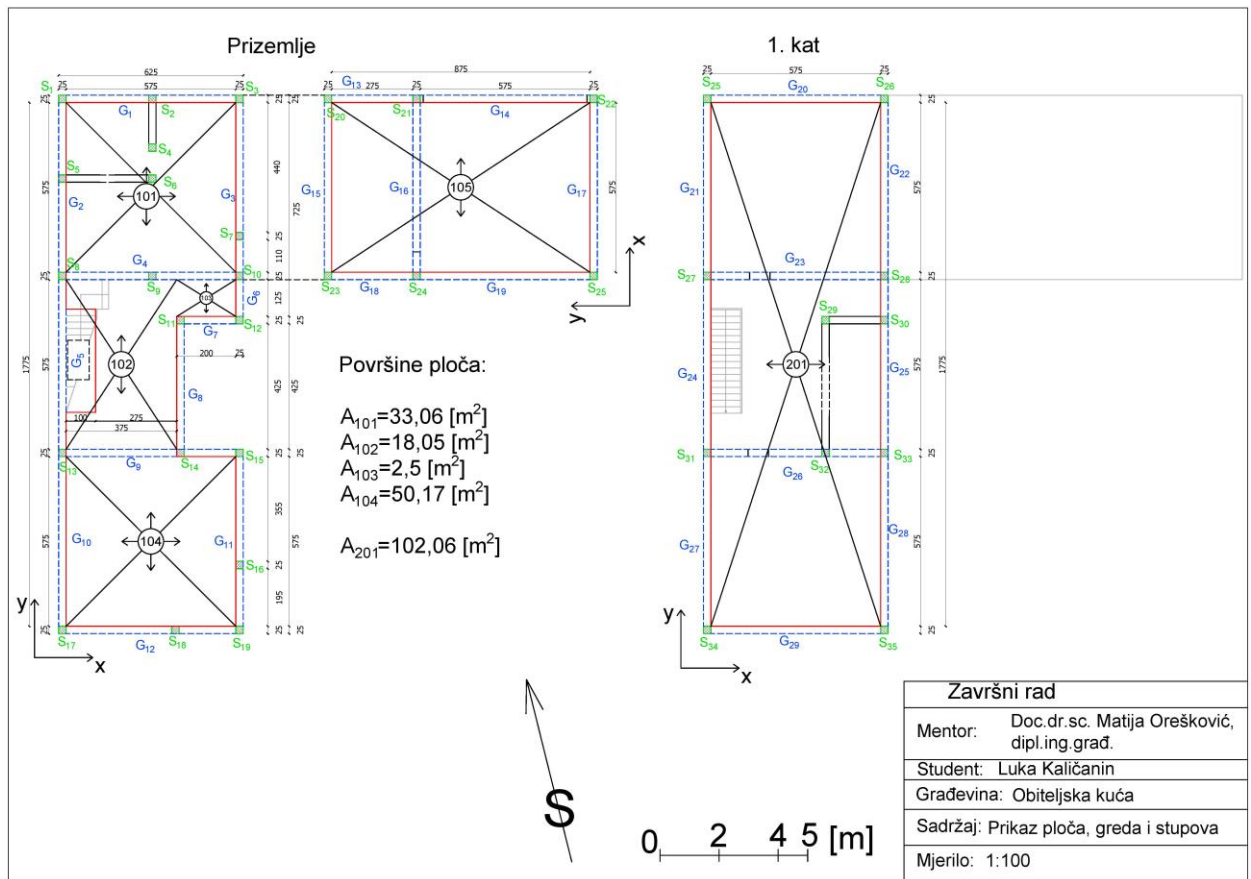
Računski moment:

$$\begin{aligned} M_{\text{ed},y}^{103} &= \frac{(g + q) \cdot L_x^2}{8} \\ &= \frac{(6,31 \text{ [kN/m]} + 2 \text{ [kN/m]}) \cdot (1,25 \text{ [m]})^2}{8} \\ &= 1,62 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Slika 37 Momentni dijagram kroz presjek 201 (y smjer)

5.4. Pozicija ploče 105



Slika 38 Prikaz ploča, greda i stupova

$$\lambda = \frac{L_y}{L_x} = \frac{8,75 \text{ [m]}}{5,75 \text{ [m]}} = 1,52$$

Pošto ploča nije oslonjena na sve 4 strane, moment savijanja u ploči računa se u jednom smjeru.*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Momenti savijanja u polju:

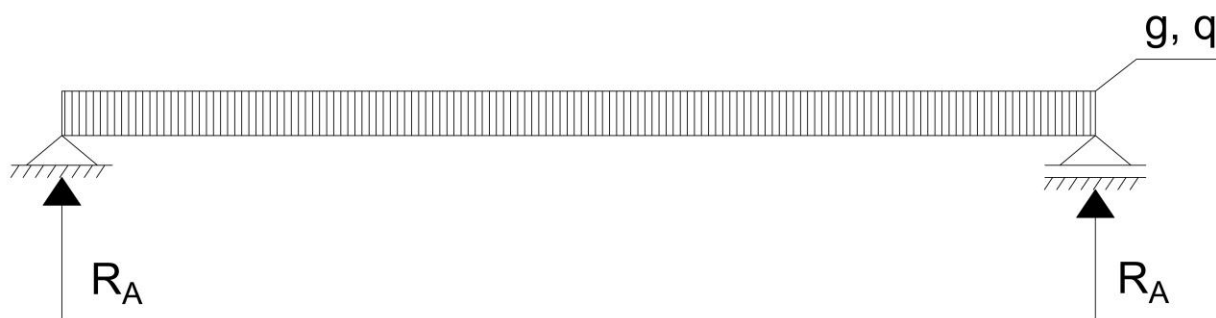
Smjer x

Stalno opterećenje:

$$g = g_{\text{stalno},2} \cdot 1 \text{ [m]} = 4,2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 4,2 \text{ [kN/m]}$$

Uporabno opterećenje:

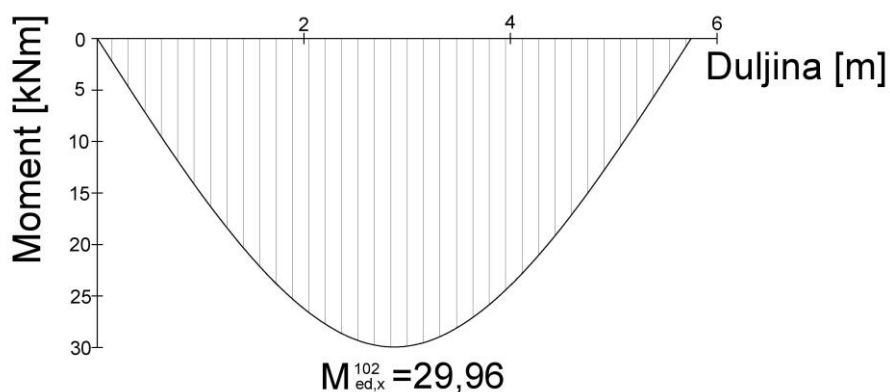
$$q = q_{\text{korisno},1} \cdot 1 \text{ [m]} = 3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]} = 3,05 \text{ [kN/m]}$$



Slika 39 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Računski moment:

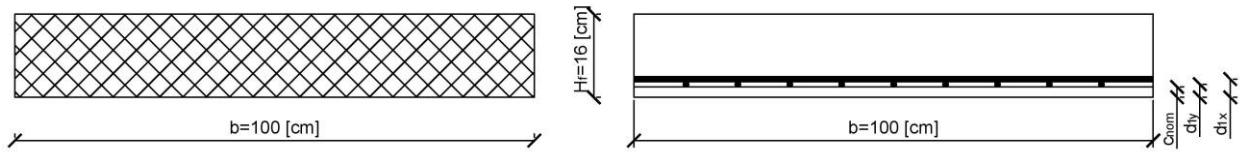
$$\begin{aligned} M_{\text{ed},x}^{105} &= \frac{(g + q) \cdot L_x^2}{8} \\ &= \frac{(4,2 \text{ [kN/m]} + 3,05 \text{ [kN/m]}) \cdot (5,75 \text{ [m]})^2}{8} \\ &= 29,96 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Slika 40 Momentni dijagram kroz presjek 201 (y smjer)

5.5. Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 101 i 104)

Poprečni presjek:



Slika 41 Poprečni presjek ploče – pozicija 101 i 104

Pretpostavka:

$$\varnothing_{a,x} = \varnothing_{a,y} = 1 \text{ [cm]}$$

$$b = 1 \text{ [m]} = 100 \text{ [cm]}$$

$$H_f = 16 \text{ [cm]}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ [cm]}$$

Udaljenost od težišta armature:

$$\begin{aligned} d_{1x} &= c_{nom} + \varnothing_{a,y} + \frac{\varnothing_{a,x}}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 1 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{1y} &= c_{nom} + \frac{\varnothing_{a,y}}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 2,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

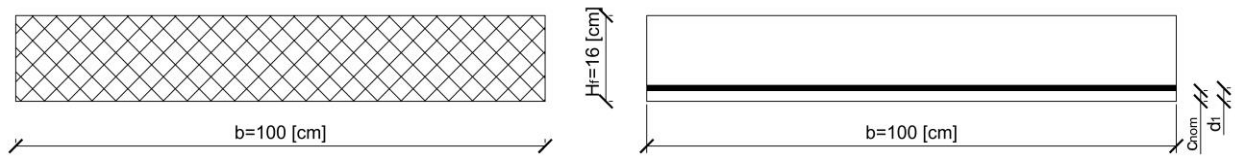
Statička visina:

$$\begin{aligned} d_x &= H_f - d_{1x} \\ &= 16 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 12,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= H_f - d_{1y} \\ &= 16 \text{ [cm]} - 2,5 \text{ [cm]} \\ &= 13,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

5.6. Dimenzioniranje armature ploče (pozicija 102, 103 i 105)

Poprečni presjek:



Slika 42 Poprečni presjek ploče – pozicija 102, 103 i 105

Pretpostavka:

$$\varnothing_s = 1 \text{ [cm]}$$

$$b = 1 \text{ [m]} = 100 \text{ [cm]}$$

$$H_f = 16 \text{ [cm]}$$

$$c_{nom} = 2 \text{ [cm]}$$

Udaljenost od težišta armature:

$$\begin{aligned} d_{1x} &= c_{nom} + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 2,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d_x &= H_f - d_{1x} \\ &= 16 \text{ [cm]} - 2,5 \text{ [cm]} \\ &= 13,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

5.7. Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 101 i 104

Smjer x

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{sd} &= \frac{M_{ed,x}^{101}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{ed,x}^{104}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{12,88 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (12,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,041 \leq 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,043$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,969$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1}^{101} &= \frac{M_{ed,x}^{101}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{1288 \text{ [kNcm]}}{0,969 \cdot 12,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 2,45 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1,\min,x} &= 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 12,5 \text{ [cm]} \\ &= 2,38 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,\max,x} &= 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 12,5 \text{ [cm]} \\ &= 17,82 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,x}^{od} = \emptyset 6/11,5 \text{ [cm]} \rightarrow 2,46 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Smjer y

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{sd} &= \frac{M_{ed,y}^{101}}{b \cdot d_y^2 \cdot f_{cd}} = \frac{M_{ed,y}^{103}}{b \cdot d_y^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{10,82 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (13,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,03 \leq 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,033$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,975$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1}^{201} &= \frac{M_{ed,y}^{201}}{\zeta \cdot d_y \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{1082 \text{ [kNcm]}}{0,975 \cdot 13,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 1,89 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1,min,y} &= 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 2,57 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max,y} &= 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 19,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,y}^{od} = \emptyset 6/10,5 \text{ [cm]} \rightarrow 2,69 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Duljina sidrenja:

$$\begin{aligned}l_{b,\emptyset 6} &= \frac{\emptyset_6 \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{0,6 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 21,75 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Usvojeno:

$$l_{b,\emptyset 6} = 22 \text{ [cm]}$$

Broj armature u polju ploče –x smjer:

$$N_{101,\emptyset 6} = N_{104,\emptyset 6} = \frac{L_x}{A_{s1,x}^{od}} = \frac{575 \text{ [cm]}}{11,5 \text{ [cm]}} = 50 \text{ komada}$$

Broj armature u polju ploče –y smjer:

$$N_{101,\emptyset 6} = N_{104,\emptyset 6} = \frac{L_y}{A_{s1,x}^{od}} = \frac{575 \text{ [cm]}}{10,5 \text{ [cm]}} = 54,76 = 54 \text{ komada}$$

Dužina armature u polju ploče –x i y smjer:

$$L_{101,\emptyset 6} = L_{104,\emptyset 6} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 6}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 22 \text{ [cm]}) = 619 \text{ [cm]} = 6,19 \text{ [m]}$$

5.8. Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 102

Smjer y

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{sd} &= \frac{M_{ed,y}^{102}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{34,34 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (13,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,094 \leq 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,096$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,938$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1}^{102} &= \frac{M_{ed,y}^{102}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{3434 \text{ [kNcm]}}{0,938 \cdot 13,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 6,24 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1,\min,x} &= 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 2,57 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,\max,x} &= 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 19,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,y}^{od} = \emptyset 10/12,5 \text{ [cm]} \rightarrow 6,28 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Razdjelna armatura:

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot H_f \\ &= 100 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 1600 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,2 \cdot A_{s1,x}^{od} \\ &= 0,2 \cdot 6,28 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,1\% \cdot A_c \\ &= \frac{0,1}{100} \cdot 1600 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{s,raz} = 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s,raz}^{od} = \emptyset 6/17,5 \text{ [cm]} \rightarrow 1,62 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Duljina sidrenja:

$$l_{b,\emptyset 10} = 35 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju ploče –y smjer:

$$N_{102,\emptyset 10} = \frac{L_x}{A_{s1,y}^{od}} = \frac{375 \text{ [cm]}}{12,5 \text{ [cm]}} = 30 \text{ komada}$$

Broj razdjelne armature u polju ploče –x smjer:

$$N_{102,\emptyset 6} = \frac{L_y}{A_{s,raz}^{od}} = \frac{575 \text{ [cm]}}{17,5 \text{ [cm]}} = 32,85 = 32 \text{ komada}$$

Dužina uzdužne armature u polju ploče –y smjer:

$$L_{102,\emptyset 10} = L_y + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

Dužina razdjelne armature u polju ploče –x smjer:

$$L_{102,\emptyset 6} = L_x = 375 \text{ [cm]} = 3,75 \text{ [m]} \rightarrow 12 \text{ komada}$$

$$L_{102,\emptyset 6} = L_x = 275 \text{ [cm]} = 2,75 \text{ [m]} \rightarrow 20 \text{ komada}$$

5.9. Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 103

Smjer y

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{sd} &= \frac{M_{ed,y}^{103}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{1,62 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (13,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,004 \leq 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,005$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,992$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1}^{103} &= \frac{M_{ed,y}^{103}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{162 \text{ [kNcm]}}{0,992 \cdot 13,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,28 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1,\min,x} &= 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 2,57 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,\max,x} &= 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 19,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,y}^{od} = \emptyset 8/19,5 \text{ [cm]} \rightarrow 2,58 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Razdjelna armatura:

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot H_f \\ &= 100 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 1600 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,2 \cdot A_{s1,x}^{od} \\ &= 0,2 \cdot 2,58 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 0,52 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,1\% \cdot A_c \\ &= \frac{0,1}{100} \cdot 1600 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{s,raz} = 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s,raz}^{od} = \emptyset 6/17,5 \text{ [cm]} \rightarrow 1,62 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Duljina sidrenja:

$$\begin{aligned}l_{b,\emptyset 8} &= \frac{\emptyset_8 \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{0,8 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 28,98 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Usvojeno:

$$l_{b,\emptyset 8} = 29 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju ploče –y smjer:

$$N_{103,\emptyset 8} = \frac{L_x}{A_{s1,y}^{od}} = \frac{200}{17,5 \text{ [cm]}} = 11,43 = 11 \text{ komada}$$

Broj razdjelne armature u polju ploče –x smjer:

$$N_{103,\emptyset 6} = \frac{L_y}{A_{s,raz}^{od}} = \frac{125}{19,5 \text{ [cm]}} = 6,41 = 6 \text{ komada}$$

Dužina uzdužne armature u polju ploče –y smjer:

$$L_{103,\emptyset 8} = L_y + (2 \cdot l_{b,\emptyset 8}) = 125 \text{ [cm]} + (2 \cdot 29 \text{ [cm]}) = 183 \text{ [cm]} = 1,83 \text{ [m]}$$

Dužina razdjelne armature u polju ploče –x smjer:

$$L_{103,\emptyset 6} = L_x = 175 \text{ [cm]} = 1,75 \text{ [m]}$$

5.10. Dimenzioniranje armature u polju ploče – pozicija 105

Smjer x

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed,x}^{105}}{b \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{29,96 \text{ [kNm]}}{1 \text{ [m]} \cdot (13,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,082 \leq 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savijanja iz tablice za dimenzioniranje armiranobetonskih pravokutnih presjeka prema Eurocodu 2, uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{ed} = 0,084$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,945$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1}^{105} &= \frac{M_{ed,x}^{105}}{\zeta \cdot d_x \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{2996 \text{ [kNcm]}}{0,945 \cdot 13,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 5,4 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1,\min,x} &= 0,0224 \cdot \frac{f_{ck,kocka}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0224 \cdot \frac{3,7 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 2,57 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,\max,x} &= 0,310 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,310 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 100 \text{ [cm]} \cdot 13,5 \text{ [cm]} \\ &= 19,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,x}^{od} = \emptyset 10/14,5 \text{ [cm]} \rightarrow 5,42 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Razdjelna armatura:

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot H_f \\ &= 100 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 1600 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,2 \cdot A_{s1,x}^{od} \\ &= 0,2 \cdot 5,42 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 1,08 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,raz} &= 0,1\% \cdot A_c \\ &= \frac{0,1}{100} \cdot 1600 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{s,raz} = 1,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s,raz}^{od} = \emptyset 6/17,5 \text{ [cm]} \rightarrow 1,62 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Duljina sidrenja:

$$l_{b,\emptyset 10} = 35 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju ploče –x smjer:

$$N_{103,\emptyset 10} = \frac{L_y}{A_{s1,y}^{od}} = \frac{875 \text{ [cm]}}{14,5 \text{ [cm]}} = 60,34 = 60 \text{ komada}$$

Broj razdjelne armature u polju ploče –y smjer:

$$N_{103,\emptyset 6} = \frac{L_x}{A_{s,raz}^{od}} = \frac{575 \text{ [cm]}}{17,5 \text{ [cm]}} = 32,85 = 32 \text{ komada}$$

Dužina uzdužne armature u polju ploče –x smjer:

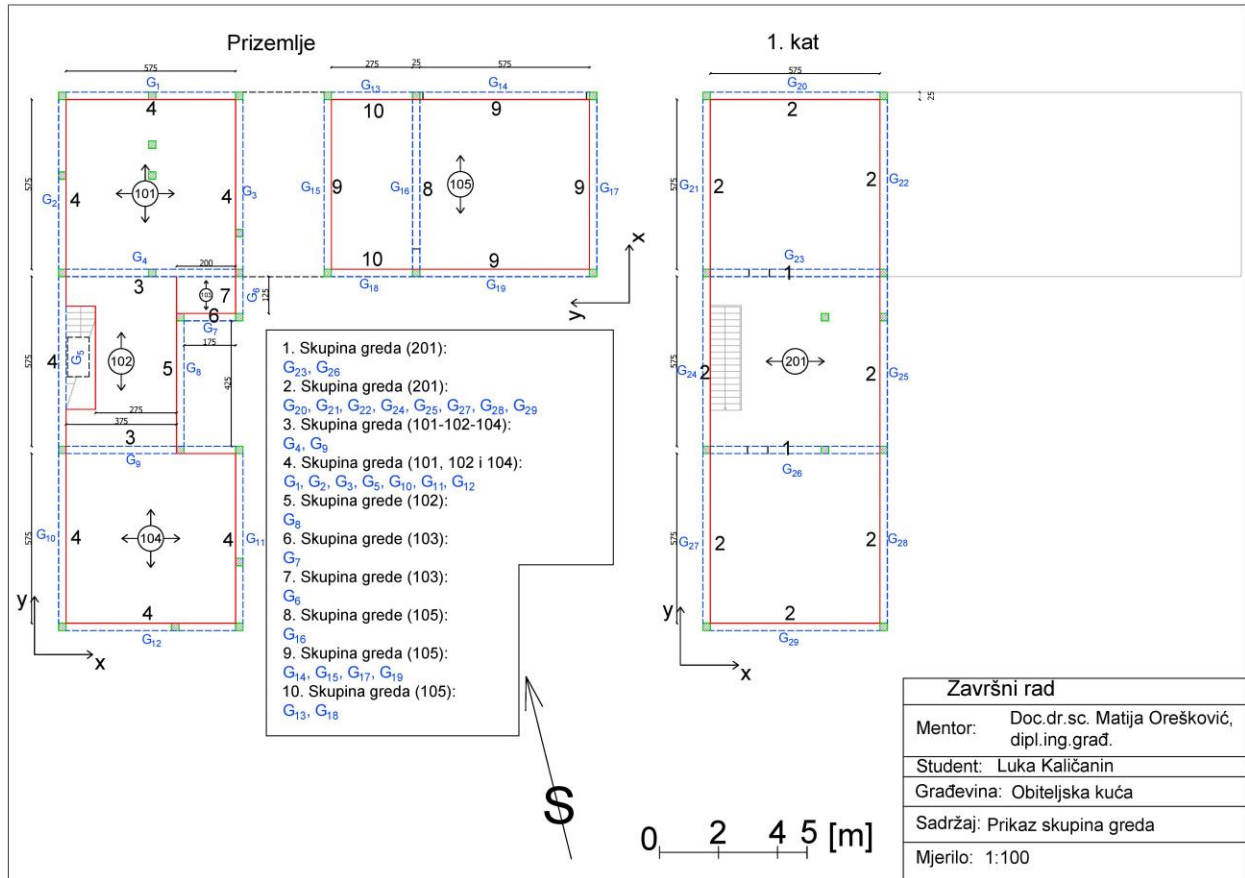
$$L_{103,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

Dužina razdjelne armature u polju ploče –y smjer:

$$L_{103,\emptyset 6} = L_y = 875 \text{ [cm]} = 8,75 \text{ [m]}$$

6. Proračun gređa pozicija 100

6.1. Proračun gređa u polju 101-102-103 – 3. Skupina gređa



Slika 43 Prikaz skupina gređa

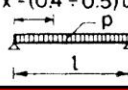
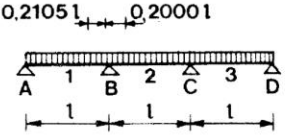
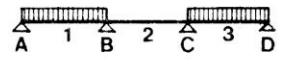
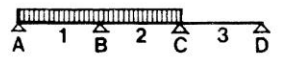
Analiza opterećenja gređe:

$$g = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 6,31 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 2 \text{ [kN/m]}$$

Način opterećenja	Statička veličina	$x = (0.4 \div 0.5)l$ 
 $0.2105l$ $0.2000l$	M_{11}	$0.080 pl^2$
	M_{12}	-
	M_{13}	-
	M_{21}	$0.025 pl^2$
	M_{22}	-
	M_B	$-0.100 pl^2$
	$R_A = Q_{1A}$	$0.400 pl$
	R_B	$1.100 pl$
	$M_{11} \text{ max}$	$0.101 pl^2$
	$M_{12} \text{ max}$	-
	$M_{13} \text{ max}$	-
	$M_{21} \text{ min}$	$-0.050 pl^2$
	$M_{22} \text{ min}$	-
	M_B	$-0.050 pl^2$
	$R_A = Q_{1A} \text{ max}$	$0.450 pl$
		$M_B \text{ min}$
M_C		$-0.033 pl^2$
$R_B \text{ max}$		$1.200 pl$
$Q_{1B} \text{ min}$		$-0.617 pl$
$Q_{2B} \text{ max}$		$0.583 pl$

Slika 44 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina*

$$\begin{aligned}
 R_g(B) &= 1,100 \cdot g \cdot L_x \\
 &= 1,100 \cdot 6,31 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 39,91 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\
 &= 1,200 \cdot 2 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 13,8 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Vlastita težina grede:

$$\begin{aligned}g_{v1} &= b_w \cdot H_f \cdot \gamma_b \\ &= 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,16 \text{ [m]} \cdot 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \\ &= 1 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(B) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 39,91 \text{ [kN/m]} \\ &= 40,91 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment na ležaju B (pozicija 101, 104):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{101-102} &= -0,100 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= -0,100 \cdot 40,91 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -135,26 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{101-102} &= -0,117 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= -0,117 \cdot 13,8 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -53,38 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{101-102} &= 1,35 \cdot M_g^{101-102} + 1,5 \cdot M_q^{101-102} \\ &= 1,35 \cdot (-135,26 \text{ [kNm]}) + 1,5 \cdot (-53,38 \text{ [kNm]}) \\ &= -262,67 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment savijanja u polju (pozicija 101):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{101} &= 0,080 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= 0,080 \cdot 40,91 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 108,2 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{101} &= 0,101 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= 0,101 \cdot 13,8 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 46,08 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{101} &= 1,35 \cdot M_g^{101} + 1,5 \cdot M_q^{101} \\ &= 1,35 \cdot 108,2 \text{ [kNm]} + 1,5 \cdot 46,08 \text{ [kNm]} \\ &= 215,19 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Poprečne sile i reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= 0,400 \cdot g \cdot L_x \\ &= 0,400 \cdot 40,91 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 94,09 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= 0,450 \cdot q \cdot L_x \\ &= 0,450 \cdot 13,8 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 35,71 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju A:

$$\begin{aligned}R_{ed}(A) = V_{ed}(A) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 94,09 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 35,71 \text{ [kN]} \\ &= 180,59 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ležaj B:**Reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(B) &= 1,100 \cdot g \cdot L_x \\ &= 1,100 \cdot 40,91 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 258,76 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\ &= 1,200 \cdot 13,8 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 95,22 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju B:

$$\begin{aligned}R_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 258,76 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 95,22 \text{ [kN]} \\ &= 492,16 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Poprečne sile:

$$\begin{aligned}V_g(B) &= -0,600 \cdot g \cdot L_x \\ &= -0,600 \cdot 40,91 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= -141,14 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_q(B) &= -0,617 \cdot q \cdot L_x \\ &= -0,617 \cdot 13,8 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= -48,96 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

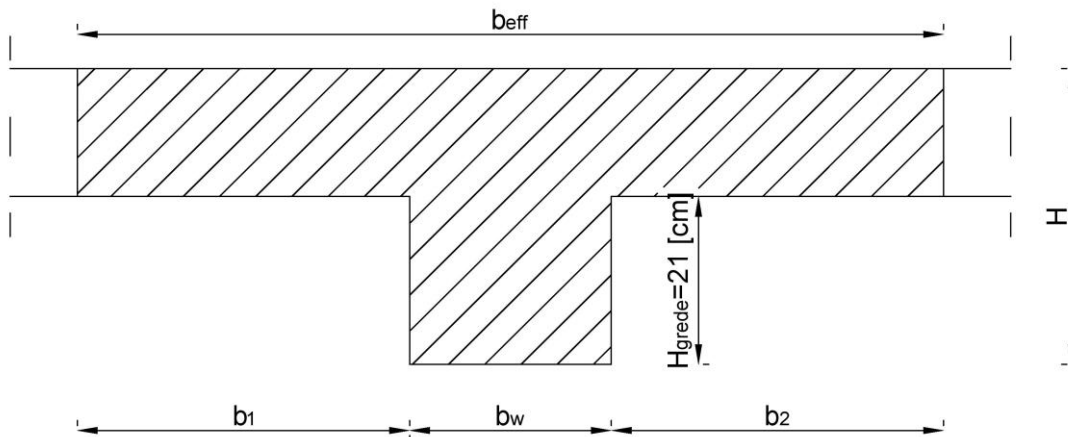
$$\begin{aligned}V_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot (-141,14 \text{ [kN]}) + 1,5 \cdot (-48,96 \text{ [kN]}) \\ &= -263,98 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Smanjenje momenta na ležaju B:

$$\begin{aligned}\Delta M_{ed}^{101} &= \frac{q_B \cdot b_w^2}{8} = \frac{R_{ed}(B)}{b_w} \cdot b_w^2 = \frac{R_{ed}(B) \cdot b_w}{8} \\ &= \frac{492,16 \text{ [kN]} \cdot 0,25 \text{ [m]}}{8} \\ &= 15,38 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Reducirani moment na ležaju B:

$$\begin{aligned}\Delta M_{ed,red}^{101} &= M_{ed}^{101-102} - \Delta M_{ed}^{101} \rightarrow \text{Uvrštavamo pozitivnu vrijednost } M_{ed}^{101-102} \\ &= 262,67 \text{ [kNm]} - 15,38 \text{ [kNm]} \\ &= 247,29 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Određivanje sudjelujuće širine:

Slika 45 Presjek grede na ležaju B

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 5,75 \text{ [m]} = 4,88 \text{ [m]}$$

$$b_1 = b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{4,88 \text{ [m]}}{10} = 0,49 \text{ [m]}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}} &= b_1 + b_w + b_2 \\ &= 4,88 \text{ [m]} + 0,25 \text{ [m]} + 4,88 \text{ [m]} \\ &= 1,23 \text{ [m]} = 123 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Proračun uzdužne armature u polju (pozicija 101) – Ležaj B

Pretpostavka:

$$\varnothing_s = 14 \text{ [mm]} = 1,4 \text{ [cm]}$$

$$\varnothing_v = 8 \text{ [mm]} = 0,8 \text{ [cm]}$$

Visina:

$$\begin{aligned} H &= H_f + H_{\text{grede}} \\ &= 0,16 \text{ [m]} + 0,21 \text{ [m]} \\ &= 0,37 \text{ [m]} = 37 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 33,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{101}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{21\,519 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,078 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,079$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,949$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed}^{101}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{21\,519 \text{ [kNcm]}}{0,949 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 15,57 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{S,min} &= 0,0015 \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0015 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]} \\ &= 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S,min} &= \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{0,06 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]} \\ &= 1,16 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 123 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

$$A_{s1}^{od} = 5\emptyset 20 \rightarrow 15,71 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Proračun uzdužne armature na ležaju B (pozicija 101):**Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:**

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{\Delta M_{ed,red}^{101}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{24\,729 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,09 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,091$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,942$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{\Delta M_{ed,red}^{101}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{24\,729 \text{ [kNcm]}}{0,942 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 18,02 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max} = 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

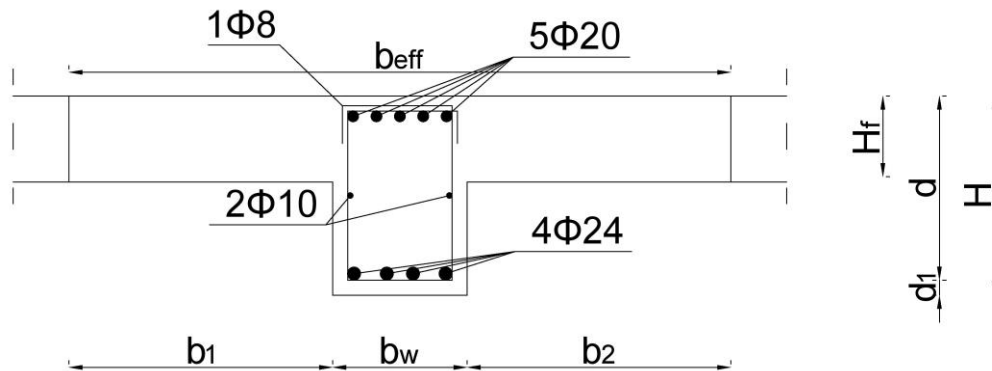
$$A_{s1}^{od} = 4\emptyset 24 \rightarrow 18,1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{2,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 4 \text{ [cm]} \\ &= 33 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 46 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

$$\begin{aligned}l_{b,\Phi 20} &= \frac{\Phi_{20} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 72,47 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 20} = 73 \text{ [cm]}$$

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}l_{b,\Phi 24} &= \frac{\Phi_{24} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,4 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 86,96 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 24} = 85 \text{ [cm]}$$

Proračun poprečne armature (pozicija 201):

Nosivost na poprečnu silu bez vilica:

$$\begin{aligned}c_{rd,c} &= \frac{0,18}{\gamma_c} \\ &= \frac{0,18}{1,5} \\ &= 0,12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k &= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad [\text{mm}] \\ &= 1 + \sqrt{\frac{200}{330}} \\ &= 1,77\end{aligned}$$

Uvjet:

$$k \leq 2$$

$$1,77 \leq 2$$

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \frac{A_{s1}^{od}}{b_w \cdot d} \\ &= \frac{15,71 \text{ [cm}^2\text{]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 33 \text{ [cm]}} \\ &= 0,02\end{aligned}$$

Uvjet:

$$\varphi_1 = 0,02 \leq 0,02$$

$$\begin{aligned}\sigma_{cp} &= \frac{N_{ed}}{A_c} \\ &= \frac{0 \text{ N}}{25 \text{ [cm]} \cdot 37 \text{ [cm]}} \\ &= 0 \text{ [N/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{rd,c} &= [c_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varphi_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \\ &= [0,12 \cdot 1,77 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 30 \text{ [N/mm}^2\text{]})^{0,33} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 67,67 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Uvjet:

$$V_{rd,c} = 67,67 \text{ [kN]} < V_{ed}(A) = 180,59 \text{ [kN]}$$

→Potreban proračun vilica.

$$\alpha_{cv} = 1 \text{ (Za ne prenapregnute objekte)}$$

$$z = \zeta \cdot d$$

$$= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]}$$

$$= 29,7 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} v_{\min} &= 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \\ &= 0,035 \cdot 1,77^{2/3} \cdot (30 \text{ [N/mm}^2\text{)})^{1/2} \\ &= 0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{rd,c,\min} &= (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \\ &= (0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]} + 0,15 \cdot 0) \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 23,1 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \\ &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ [N/mm}^2\text{]}}{250}\right) \\ &= 0,53 \end{aligned}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$\begin{aligned} V_{rd,\max} &= \frac{\alpha_{cv} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}}{[\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta]} \\ &= \frac{1 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 0,53 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{[\text{ctg}(45^\circ) + \text{tg}(45^\circ)]} \\ &= 393,53 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Uvjet:

$$V_{rd,\max} \geq V_{ed}(A)$$

$$V_{rd,\max} = 393,53 \text{ [kN]} \geq V_{ed}(A) = 180,59 \text{ [kN]}$$

→Uvjet zadovoljen

Razak vilica:**Pretpostavka:**

$$1\emptyset 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\begin{aligned} f_{ywd} &= 0,8 \cdot f_{yk} \\ &= 0,8 \cdot 500 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &= 400 \text{ [N/mm}^2\text{]} \\ &= 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 180,59 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} z &= 0,9 \cdot d \\ &= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]} \\ &= 29,7 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}} \\ &= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{180,59 \text{ [kN]}} \\ &= 3,29 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$\begin{aligned} s_{1,\max} &= 0,75 \cdot d \\ &= 0,75 \cdot 33 \text{ [cm]} \\ &= 24,75 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 3 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$N_{101,B,\emptyset 20} = 2 \cdot 5 = 10$$

$$N_{101,B,\emptyset 10} = 2 \cdot 2 = 4$$

$$N_{101,B,\emptyset 24} = 2 \cdot 4 = 8$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$L_{101,B,\emptyset 20} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 20}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 73 \text{ [cm]}) = 721 \text{ [cm]} = 7,21 \text{ [m]}$$

$$L_{101,B,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

$$L_{101,B,\emptyset 24} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 24}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 85 \text{ [cm]}) = 745 \text{ [cm]} = 7,45 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{101,\emptyset 6} = 2 \cdot \frac{L_x}{A_{s1,x}^{od}} = 2 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{3 \text{ [cm]}} = 383,33 = 383 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{101,\emptyset 6} = 136 \text{ [cm]}$$

6.2. Poračun greda u polju 101, 102 i 104 – 4. Skupina greda

Ležaj A:

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

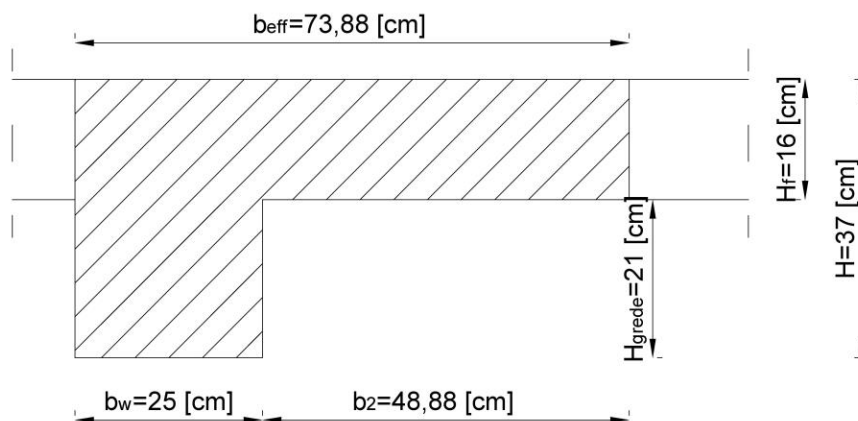
$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Sudjelujuća širina:

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 575 \text{ [cm]} = 488,75 \text{ [cm]}$$

$$b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{488,75 \text{ [cm]}}{10} = 48,88 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}b_{\text{eff}} &= b_w + b_2 \\ &= 25 \text{ [cm]} + 48,88 \text{ [cm]} \\ &= 73,88 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 47 Presjek grede na ležaju A

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{101}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{21\,519 \text{ [kNcm]}}{73,88 \text{ [cm]} \cdot (33,7 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,128 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,130$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,914$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed}^{101}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{21\,519 \text{ [kNcm]}}{0,914 \cdot 33,7 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 16,07 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 73,88 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 46,22 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

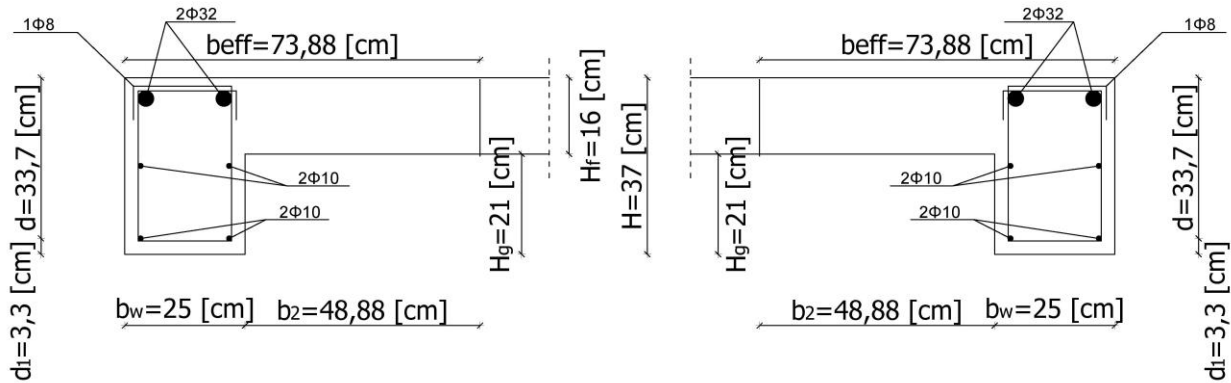
$$A_{s1}^{od} = 2\emptyset 32 \rightarrow 16,09 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 48 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}l_{b,\Phi 32} &= \frac{\Phi_{32} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{3,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 115,95 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odobrano:

$$l_{b,\Phi 32} = 115 \text{ [cm]}$$

Razak vilica:

Pretpostavka:

$$1\emptyset 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 180,59 \text{ [kN]}$$

$$z = 29,7 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}s &= \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}} \\ &= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{180,59 \text{ [kN]}} \\ &= 3,29 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 5 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{101,A,\emptyset 32} = 7 \cdot 2 = 14$$

$$N_{101,A,\emptyset 10} = 7 \cdot 4 = 28$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{101,A,\emptyset 32} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 12}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 115 \text{ [cm]}) = 805 \text{ [cm]} = 8,05 \text{ [m]}$$

$$L_{101,A,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

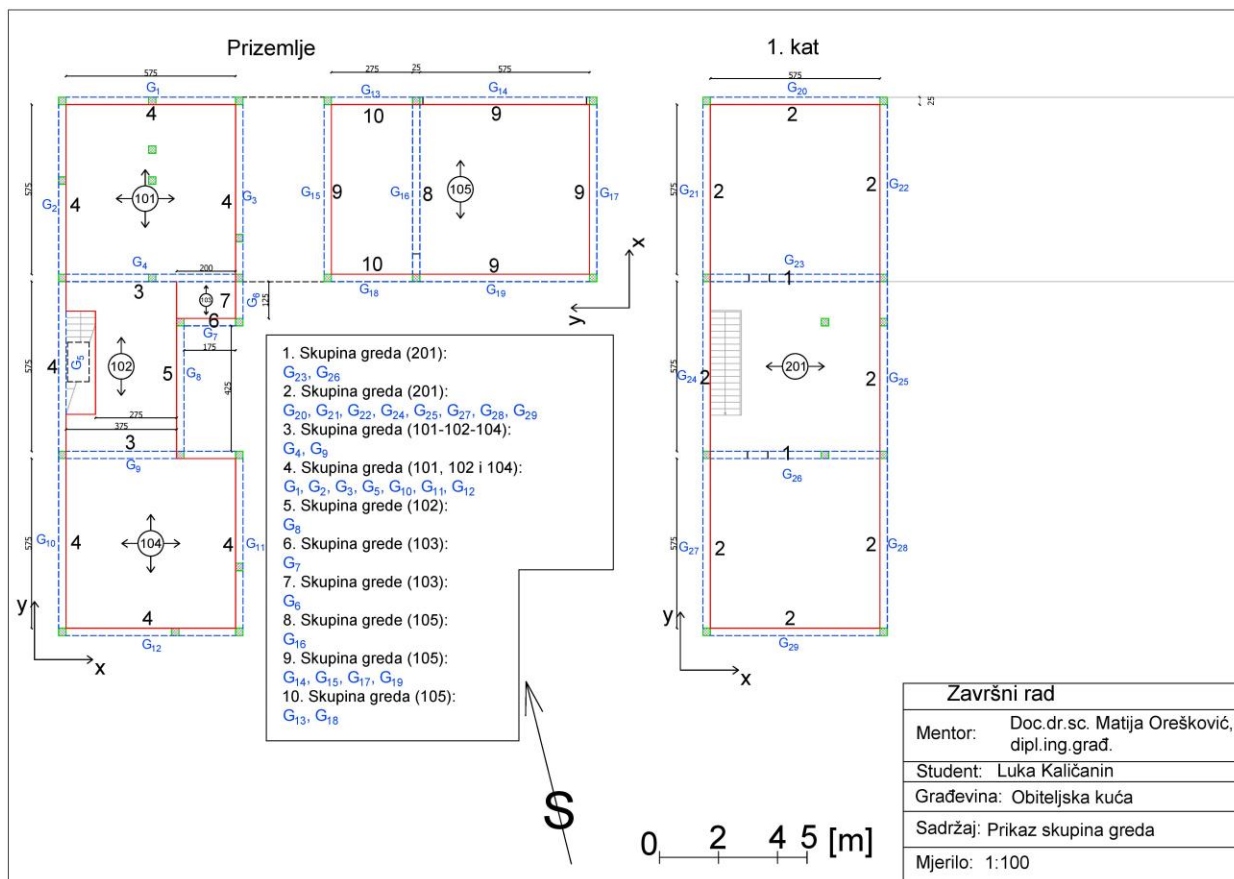
Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{201,\emptyset 8} = 7 \cdot \frac{L_x}{A_{s1,x}^{\text{od}}} = 7 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{5 \text{ [cm]}} = 805 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{201,\emptyset 8} = 136 \text{ [cm]}$$

6.3. Poračun greda u polju 102 – 5. Skupina greda



Slika 49 Prikaz skupina greda

Analiza opterećenja grede:

$$g = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 6,31 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 2 \text{ [kN/m]}$$

	A	B	$\max M$
	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$ [$x = l/2$]

Slika 50 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Reakcija ležaja:

$$\begin{aligned}R_g(A) &= \frac{g \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{6,31 \text{ [kN/m]} \cdot 4,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 13,41 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) &= \frac{q \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{2 \text{ [kN/m]} \cdot 4,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 4,25 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(A) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 13,41 \text{ [kN/m]} \\ &= 14,41 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment savijanja u polju (pozicija 101):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{102} &= \frac{g \cdot L_y^2}{2} \\ &= \frac{14,41 \text{ [kN/m]} \cdot (4,25 \text{ [m]})^2}{2} \\ &= 130,14 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{102} &= \frac{q \cdot L_y^2}{2} \\ &= \frac{4,25 \text{ [kN/m]} \cdot (4,25 \text{ [m]})^2}{2} \\ &= 38,38 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{102} &= 1,35 \cdot M_g^{102} + 1,5 \cdot M_q^{102} \\ &= 1,35 \cdot 130,14 \text{ [kNm]} + 1,5 \cdot 38,38 \text{ [kNm]} \\ &= 233,26 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Poprečne sile i reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= \frac{g \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{14,41 \text{ [kN/m]} \cdot 4,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 30,62 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= \frac{q \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{4,25 \text{ [kN/m]} \cdot 4,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 9,03 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju A:

$$\begin{aligned}R_{ed}(A) = V_{ed}(A) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 30,62 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 9,03 \text{ [kN]} \\ &= 54,88 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Udaljenost do težišta armature:**

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{nom} + \emptyset_v + \frac{\emptyset_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

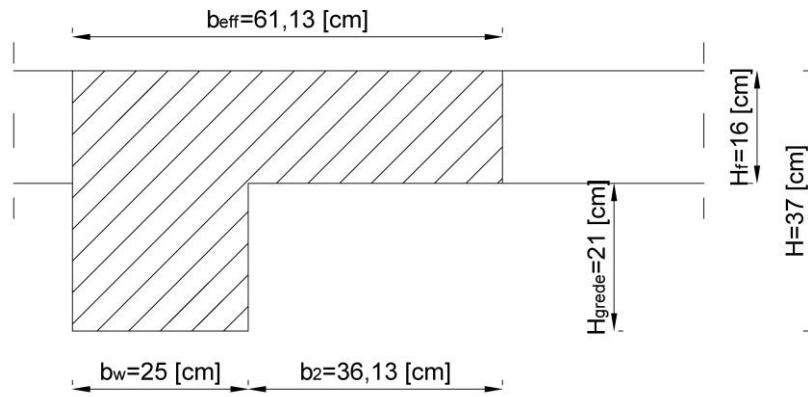
$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Sudjelujuća širina:

$$L_0 = 0,85 \cdot L_y = 0,85 \cdot 425 \text{ [cm]} = 361,25 \text{ [cm]}$$

$$b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{361,25 \text{ [cm]}}{10} = 36,13 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}b_{eff} &= b_w + b_2 \\ &= 25 \text{ [cm]} + 36,13 \text{ [cm]} \\ &= 61,13 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 51 Presjek grede na ležaju A

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{102}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{23\,326 \text{ [kNcm]}}{61,13 \text{ [cm]} \cdot (33,7 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,168 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,170$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,884$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed,x}^{101}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{23\,326 \text{ [kNcm]}}{0,884 \cdot 33,7 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 18,01 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 61,13 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 38,24 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

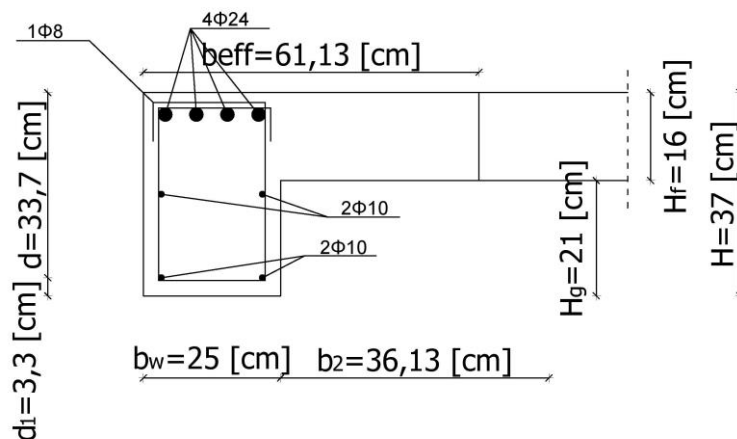
$$A_{s1}^{od} = 4\Phi 24 \rightarrow 18,1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]} \end{aligned}$$



Slika 52 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 24} &= \frac{\Phi_{24} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,4 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 86,96 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 24} = 87 \text{ [cm]}$$

Razak vilica:**Pretpostavka:**

$$1\emptyset8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 54,88 \text{ [kN]}$$

$$z = 29,7 \text{ [cm]}$$

$$s = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}}$$
$$= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{54,88 \text{ [kN]}}$$
$$= 10,82 \text{ [cm]}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 10 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{102,A,\emptyset24} = 4$$

$$N_{102,A,\emptyset10} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{102,A,\emptyset24} = L_y + (2 \cdot l_{b,\emptyset24}) = 425 \text{ [cm]} + (2 \cdot 87 \text{ [cm]}) = 599 \text{ [cm]} = 5,99 \text{ [m]}$$

$$L_{102,A,\emptyset10} = L_y + (2 \cdot l_{b,\emptyset10}) = 425 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 495 \text{ [cm]} = 4,95 \text{ [m]}$$

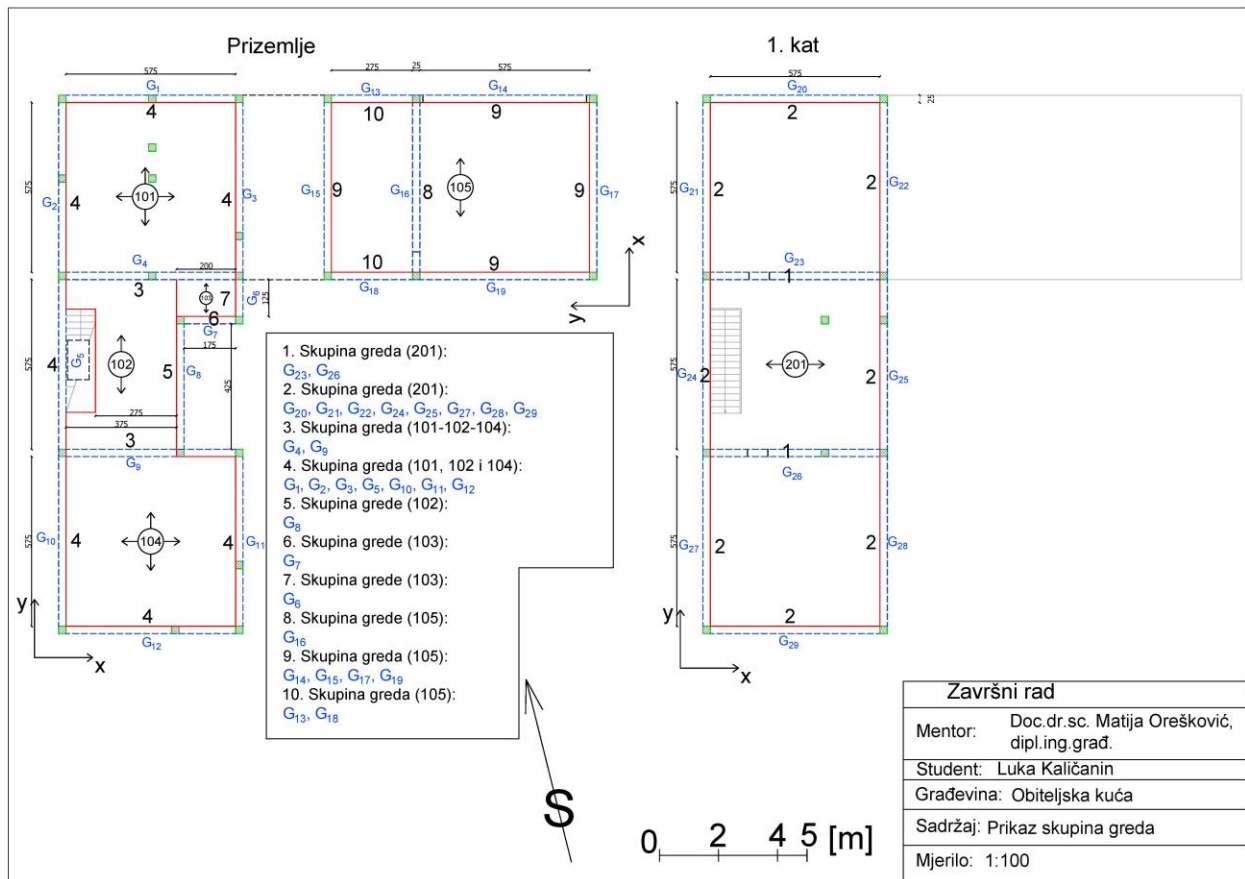
Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{102,\emptyset8} = \frac{L_y}{A_{s1,x}^{od}} = \frac{425 \text{ [cm]}}{5 \text{ [cm]}} = 42,5 = 42 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{102,\emptyset8} = 136 \text{ [cm]}$$

6.4. Poračun greda u polju 103 – 6. Skupina greda



Slika 53 Prikaz skupina greda

Analiza opterećenja grede:

$$g = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 6,31 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 2 \text{ [kN/m]}$$

	A	B	$\max M$
	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$ [$x = l/2$]

Slika 54 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina*

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Reakcija ležaja:

$$\begin{aligned}R_g(A) &= \frac{g \cdot L_x}{2} \\ &= \frac{6,31 \text{ [kN/m]} \cdot 1,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 5,52 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) &= \frac{q \cdot L_x}{2} \\ &= \frac{2 \text{ [kN/m]} \cdot 1,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 1,75 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(A) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 5,52 \text{ [kN/m]} \\ &= 6,52 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment savijanja u polju (pozicija 103):**Stalni moment:**

$$\begin{aligned}M_g^{103} &= \frac{g \cdot L_x^2}{2} \\ &= \frac{6,52 \text{ [kN/m]} \cdot (1,75 \text{ [m]})^2}{2} \\ &= 9,98 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{103} &= \frac{q \cdot L_x^2}{2} \\ &= \frac{1,75 \text{ [kN/m]} \cdot (1,75 \text{ [m]})^2}{2} \\ &= 2,68 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{103} &= 1,35 \cdot M_g^{103} + 1,5 \cdot M_q^{103} \\ &= 1,35 \cdot 9,98 \text{ [kNm]} + 1,5 \cdot 2,68 \text{ [kNm]} \\ &= 17,49 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Poprečne sile i reakcije:**

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= \frac{g \cdot L_x}{2} \\ &= \frac{6,52 \text{ [kN/m]} \cdot 1,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 5,71 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= \frac{q \cdot L_x}{2} \\ &= \frac{1,75 \text{ [kN/m]} \cdot 1,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 1,53 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju A:

$$\begin{aligned}R_{ed}(A) = V_{ed}(A) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 5,71 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 1,53 \text{ [kN]} \\ &= 10 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ležaj A:**Udaljenost do težišta armature:**

$$\begin{aligned}d_1 &= c_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

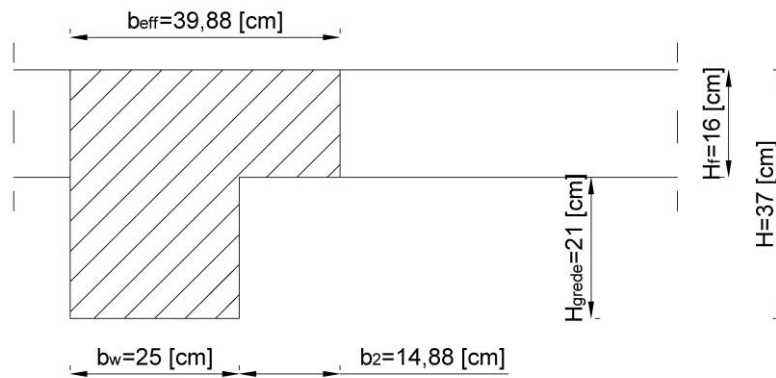
$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Sudjelujuća širina:

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 175 \text{ [cm]} = 148,75 \text{ [cm]}$$

$$b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{148,75 \text{ [cm]}}{10} = 14,88 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}b_{eff} &= b_w + b_2 \\ &= 25 \text{ [cm]} + 14,88 \text{ [cm]} \\ &= 39,88 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 55 Presjek grede na ležaju A

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{103}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{1749 \text{ [kNcm]}}{39,88 \text{ [cm]} \cdot (33,7 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,019 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,023$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,980$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed,x}^{103}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{1749 \text{ [kNcm]}}{0,980 \cdot 33,7 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 1,22 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &= 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f \\ &= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 61,13 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]} \\ &= 38,24 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

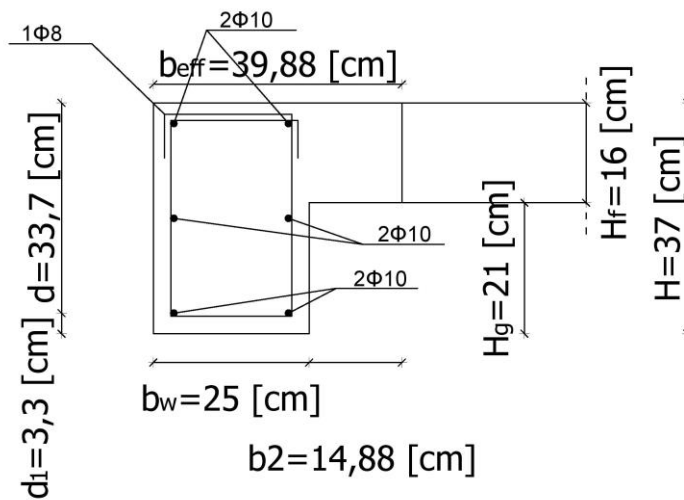
$$A_{s1}^{od} = 2\phi 10 \rightarrow 1,57 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{nom} + \phi_v + \frac{\phi_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]} \end{aligned}$$



Slika 56 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

Razak vilica:**Pretpostavka:**

$$1\emptyset 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 10 \text{ [kN]}$$

$$z = 29,7 \text{ [cm]}$$

$$s = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}}$$
$$= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{10 \text{ [kN]}}$$
$$= 59,4 \text{ [cm]}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 24 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{103,\emptyset 10} = 6$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{103,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 175 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 245 \text{ [cm]} = 2,45 \text{ [m]}$$

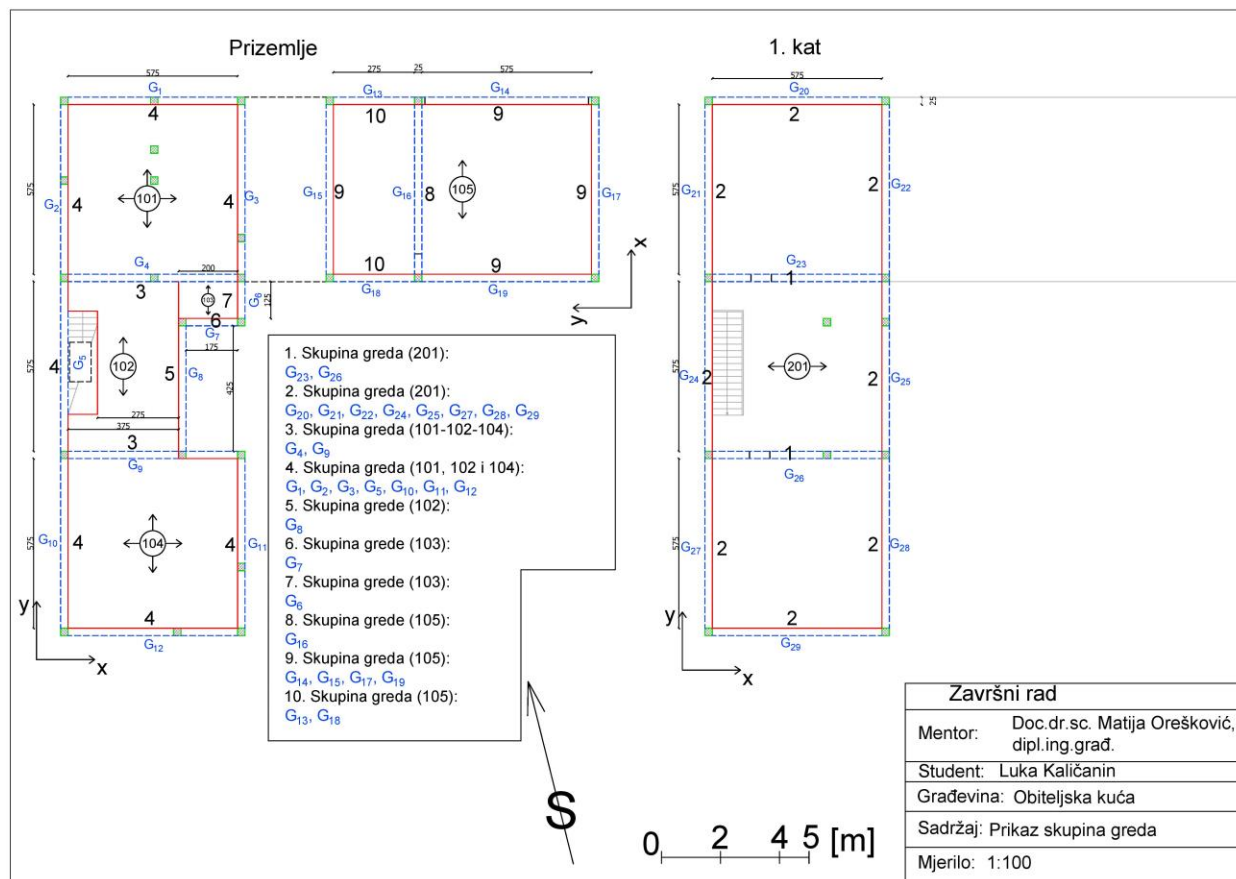
Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{103,\emptyset 8} = \frac{L_x}{A_{s1,x}^{od}} = \frac{175 \text{ [cm]}}{24 \text{ [cm]}} = 7,29 = 7 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{103,\emptyset 8} = 136 \text{ [cm]}$$

6.5. Poračun greda u polju 103 – 7. Skupina greda



Slika 57 Prikaz skupina greda

U prošlom proračunu grede G7 u skupini 6. je izabrana minimalna uzdužna armatura na ležaju, a pošto je u ovom slučaju greda G6 ima manju dužinu od prošle grede G7, također uzimamo minimalnu vrijednost promjera armature na ležaju, pa je i samim time nepotreban proračun grede G6, osim proračuna reakcije ležaja koji će nam kasnije poslužiti kod proračuna stupova.

Analiza opterećenja grede:

$$g = 6,31 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 6,31 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 2 \text{ [kN/m]}$$

	A	B	$\max M$
	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$ [$x = l/2$]

Slika 58 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina*

Reakcija ležaja:

$$\begin{aligned}R_g(A) &= \frac{g \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{6,31 \text{ [kN/m]} \cdot 1,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 3,94 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) &= \frac{q \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{2 \text{ [kN/m]} \cdot 1,25 \text{ [m]}}{2} \\ &= 1,25 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(A) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 3,94 \text{ [kN/m]} \\ &= 4,94 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

*M. Orešković: *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Ležaj A:

Poprečne sile i reakcije:

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= \frac{g \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{4,94 \text{ [kN/m]} \cdot 1,25 \text{ [m]}}{2}\end{aligned}$$

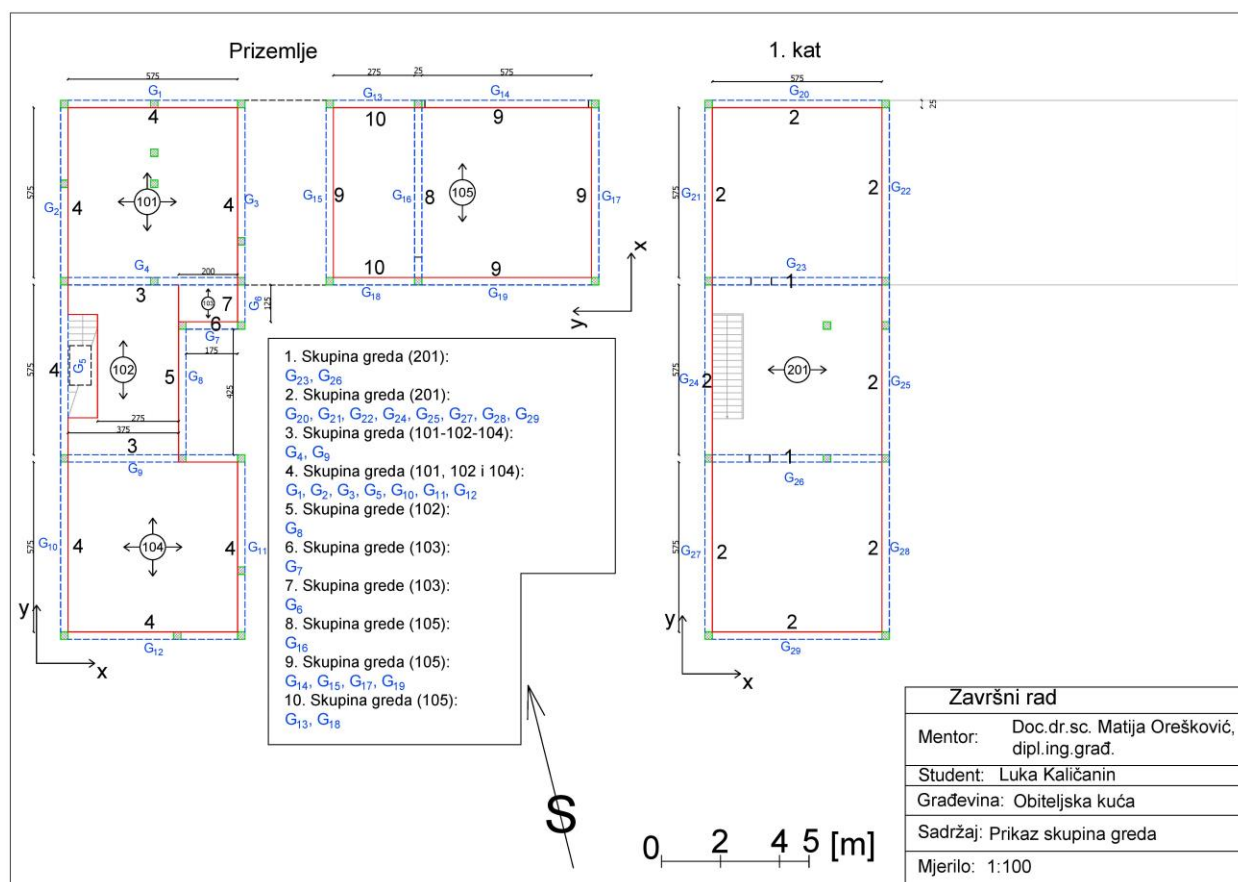
$$= 3,09 \text{ [kN]}$$

$$R_q(A) = V_q(A) = \frac{q \cdot L_y}{2}$$

$$= \frac{1,25 \text{ [kN/m]} \cdot 1,25 \text{ [m]}}{2}$$

$$= 0,78 \text{ [kN]}$$

6.6. Poračun gređa u polju 105 – 8. Skupina gređa



Slika 59 Prikaz skupina gređa

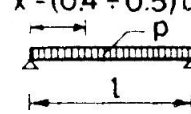
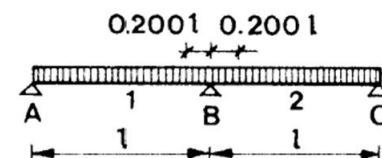
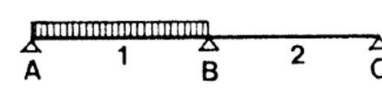
Analiza opterećenja gređe:

$$g = 4,2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 4,2 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 3,05 \text{ [kN/m}^2] \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 3,05 \text{ [kN/m]}$$

Način opterećenja	Statička veličina	$x = (0,4 \div 0,5)l$ 
 <p>0.2001 0.2001</p> <p>Za stalno opterećenje stavlja se G umjesto P, odnosno g, umjesto p</p>	M_{11}	$0.070 pl^2$
	M_{12}	-
	M_{13}	-
	M_{Bmin}	$-0.125 pl^2$
	$R_A = Q_{1A}$	$0.375 pl$
	R_{Bmax}	$1.250 pl$
	M_{11max}	$0.096 pl^2$
	M_{12max}	-
	M_{13max}	-
	M_B	$-0.063 pl^2$
	$R_A = Q_{1Amax}$	$0.438 pl$

Slika 60 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina*

$$\begin{aligned}
 R_g(B) &= 1,100 \cdot g \cdot L_x \\
 &= 1,100 \cdot 4,2 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 26,57 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\
 &= 1,200 \cdot 3,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
 &= 21,05 \text{ [kN]}
 \end{aligned}$$

**M. Orešković: Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Vlastita težina grede:

$$\begin{aligned}g_{v1} &= b_w \cdot H_f \cdot \gamma_b \\ &= 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,16 \text{ [m]} \cdot 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \\ &= 1 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$\begin{aligned}g &= g_{v1} + R_g(B) \\ &= 1 \text{ [kN/m]} + 26,57 \text{ [kN/m]} \\ &= 27,57 \text{ [kN/m]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment na ležaju B (pozicija 101, 104):

Stalni moment:

$$\begin{aligned}M_g^{105-105} &= -0,100 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= -0,100 \cdot 27,57 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -91,15 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{105-105} &= -0,117 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= -0,117 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= -81,43 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{105-105} &= 1,35 \cdot M_g^{101-102} + 1,5 \cdot M_q^{101-102} \\ &= 1,35 \cdot (-91,15 \text{ [kNm]}) + 1,5 \cdot (-81,43 \text{ [kNm]}) \\ &= -245,2 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Maksimalan moment savijanja u polju (pozicija 101):

Stalni moment:

$$\begin{aligned}M_g^{105} &= 0,080 \cdot g \cdot L_x^2 \\ &= 0,080 \cdot 27,57 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 72,92 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Pokretni moment:

$$\begin{aligned}M_q^{105} &= 0,101 \cdot q \cdot L_x^2 \\ &= 0,101 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot (5,75 \text{ [m]})^2 \\ &= 70,29 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Računski moment savijanja:

$$\begin{aligned}M_{ed}^{105} &= 1,35 \cdot M_g^{101} + 1,5 \cdot M_q^{101} \\ &= 1,35 \cdot 72,92 \text{ [kNm]} + 1,5 \cdot 70,29 \text{ [kNm]} \\ &= 203,88 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Ležaj A:

Poprečne sile i reakcije:

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= 0,400 \cdot g \cdot L_x \\ &= 0,400 \cdot 27,57 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 63,41 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= 0,450 \cdot q \cdot L_x \\ &= 0,450 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\ &= 54,47 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju A:

$$\begin{aligned}R_{ed}(A) = V_{ed}(A) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\ &= 1,35 \cdot 63,41 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 167,3 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Ležaj B:

Reakcije:

$$R_g(B) = 1,100 \cdot g \cdot L_x$$

$$\begin{aligned}
&= 1,100 \cdot 27,57 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
&= 174,38 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_q(B) &= 1,200 \cdot q \cdot L_x \\
&= 1,200 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
&= 145,25 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

Računska reakcija na ležaju B:

$$\begin{aligned}
R_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\
&= 1,35 \cdot 174,38 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 145,25 \text{ [kN]} \\
&= 453,29 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

Poprečne sile:

$$\begin{aligned}
V_g(B) &= -0,600 \cdot g \cdot L_x \\
&= -0,600 \cdot 27,57 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
&= -95,12 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_q(B) &= -0,617 \cdot q \cdot L_x \\
&= -0,617 \cdot 21,05 \text{ [kN/m]} \cdot 5,75 \text{ [m]} \\
&= -74,68 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{ed}(B) &= 1,35 \cdot R_g(A) + 1,5 \cdot R_q(A) \\
&= 1,35 \cdot (-95,12 \text{ [kN]}) + 1,5 \cdot (-74,68 \text{ [kN]}) \\
&= -240,43 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

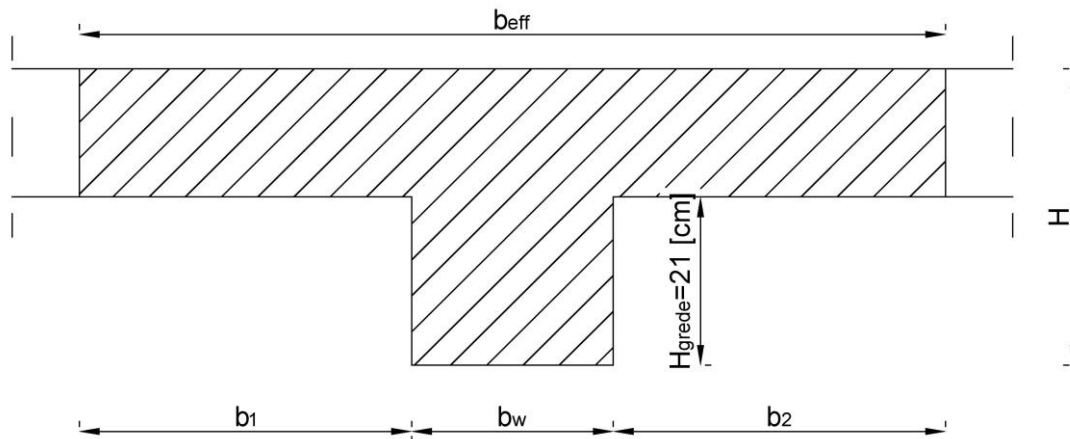
Smanjenje momenta na ležaju B:

$$\begin{aligned}
\Delta M_{ed}^{101} &= \frac{q_B \cdot b_w^2}{8} = \frac{R_{ed}(B)}{b_w} \cdot b_w^2 = \frac{R_{ed}(B) \cdot b_w}{8} \\
&= \frac{453,29 \text{ [kN]} \cdot 0,25 \text{ [m]}}{8} \\
&= 14,17 \text{ [kNm]}
\end{aligned}$$

Reducirani moment na ležaju B:

$$\begin{aligned}
\Delta M_{ed,red}^{105} &= M_{ed}^{105-105} - \Delta M_{ed}^{101} \rightarrow \text{Uvrštavamo pozitivnu vrijednost } M_{ed}^{101-102} \\
&= 245,2 \text{ [kNm]} - 14,17 \text{ [kNm]} \\
&= 231,03 \text{ [kNm]}
\end{aligned}$$

Određivanje sudjelujuće širine:



Slika 61 Presjek grede na ležaju B

$$L_0 = 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 5,75 \text{ [m]} = 4,88 \text{ [m]}$$

$$b_1 = b_2 = \frac{L_0}{10} = \frac{4,88 \text{ [m]}}{10} = 0,49 \text{ [m]}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}} &= b_1 + b_w + b_2 \\ &= 4,88 \text{ [m]} + 0,25 \text{ [m]} + 4,88 \text{ [m]} \\ &= 1,23 \text{ [m]} = 123 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Proračun uzdužne armature u polju (pozicija 105) – Ležaj B

Pretpostavka:

$$\varnothing_s = 14 \text{ [mm]} = 1,4 \text{ [cm]}$$

$$\varnothing_v = 8 \text{ [mm]} = 0,8 \text{ [cm]}$$

Visina:

$$\begin{aligned} H &= H_f + H_{\text{grede}} \\ &= 0,16 \text{ [m]} + 0,21 \text{ [m]} \\ &= 0,37 \text{ [m]} = 37 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,5 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 33,5 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Bezdimenzionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}^{105}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{20\,388 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,074 < 0,252\end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimenzionalnog momenta savijanja iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimenzionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,076$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,951$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s1} &= \frac{M_{ed}^{105}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{20\,388 \text{ [kNcm]}}{0,951 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 14,72 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$\begin{aligned}A_{S,min} &= 0,0015 \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0015 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]} \\ &= 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$A_{S,min} = \frac{0,06}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \frac{0,06 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 33,5 \text{ [cm]}$$

$$= 1,16 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Mjerodavno (veća):

$$A_{S,\min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,\max} = 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot H_f$$

$$= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 123 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]}$$

$$= 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{\text{od}} > A_{s1}$$

$$A_{s1}^{\text{od}} = 3\emptyset 25 \rightarrow 14,73 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Proračun uzdužne armature na ležaju B (pozicija 101):

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\mu_{\text{ed}} = \frac{\Delta M_{\text{ed,red}}^{105}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$= \frac{23 \ 103 \text{ [kNcm]}}{123 \text{ [cm]} \cdot (33,5 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,083 < 0,252$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{\text{sd}} = 0,084$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,945$

Potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{\Delta M_{\text{ed,red}}^{105}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

$$= \frac{23 \ 103 \text{ [kNcm]}}{0,945 \cdot 33,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 16,78 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Minimalna armatura:

$$A_{S,\min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max} = 76,95 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

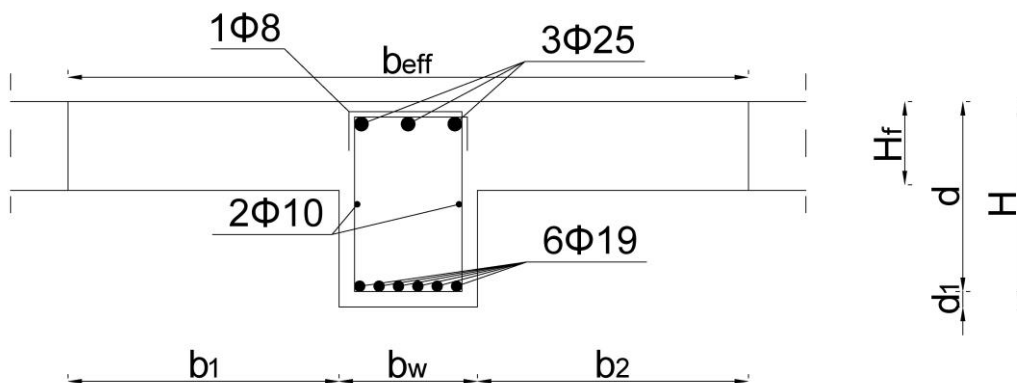
$$A_{s1}^{od} = 6\Phi 19 \rightarrow 17,01 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$\begin{aligned} d_1 &= c_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{2,4 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned} d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 4 \text{ [cm]} \\ &= 33 \text{ [cm]} \end{aligned}$$



Slika 62 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 25} &= \frac{\Phi_{25} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,5 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \end{aligned}$$

$$= 90,58 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 25} = 90 \text{ [cm]}$$

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 19} &= \frac{\Phi_{19} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,9 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 68,84 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 19} = 70 \text{ [cm]}$$

Proračun poprečne armature (pozicija 201):

Nosivost na poprečnu silu bez vilica:

$$\begin{aligned} c_{rd,c} &= \frac{0,18}{\gamma_c} \\ &= \frac{0,18}{1,5} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \text{ [mm]} \\ &= 1 + \sqrt{\frac{200}{330}} \\ &= 1,77 \end{aligned}$$

Uvjet:

$$k \leq 2$$

$$1,77 \leq 2$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{A_{s1}^{od}}{b_w \cdot d} \\ &= \frac{14,73 \text{ [cm}^2\text{]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 33 \text{ [cm]}} \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Uvjet:

$$\varphi_1 = 0,02 \leq 0,02$$

$$\begin{aligned}\sigma_{cp} &= \frac{N_{ed}}{A_c} \\ &= \frac{0 \text{ N}}{25 \text{ [cm]} \cdot 37 \text{ [cm]}} \\ &= 0 \text{ [N/cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{rd,c} &= [c_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \varphi_1 \cdot f_{ck})^{0,33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \\ &= [0,12 \cdot 1,77 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 30 \text{ [N/mm}^2\text{)})^{0,33} + 0,15 \cdot 0] \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 67,67 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Uvjet:

$$V_{rd,c} = 67,67 \text{ [kN]} < V_{ed}(A) = 167,3 \text{ [kN]}$$

→Potreban proračun vilica.

$$\alpha_{cv} = 1 \text{ (Za ne prenapregnute objekte)}$$

$$\begin{aligned}z &= \zeta \cdot d \\ &= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]} \\ &= 29,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v_{min} &= 0,035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \\ &= 0,035 \cdot 1,77^{2/3} \cdot (30 \text{ [N/mm}^2\text{)})^{1/2} \\ &= 0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{rd,c,min} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \\ &= (0,28 \text{ [N/mm}^2\text{]} + 0,15 \cdot 0) \cdot 250 \text{ [mm]} \cdot 330 \text{ [mm]} \\ &= 23,1 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}v &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \\ &= 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30 \text{ [N/mm}^2\text{]}}{250}\right) \\ &= 0,53\end{aligned}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$V_{rd,max} = \frac{\alpha_{cv} \cdot b_w \cdot z \cdot v \cdot f_{cd}}{[\text{ctg}\theta + \text{tg}\theta]}$$

$$= \frac{1 \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 0,53 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{[\text{ctg}(45^\circ) + \text{tg}(45^\circ)]}$$

$$= 393,53 \text{ [kN]}$$

Uvjet:

$$V_{rd,max} \geq V_{ed}(A)$$

$$V_{rd,max} = 393,53 \text{ [kN]} \geq V_{ed}(A) = 167,3 \text{ [kN]}$$

→Uvjet zadovoljen

Razak vilica:

Pretpostavka:

$$1\emptyset 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 0,8 \cdot f_{yk}$$

$$= 0,8 \cdot 500 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$= 400 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$= 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 167,3 \text{ [kN]}$$

$$z = 0,9 \cdot d$$

$$= 0,9 \cdot 33 \text{ [cm]}$$

$$= 29,7 \text{ [cm]}$$

$$s = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}}$$

$$= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{167,3 \text{ [kN]}}$$

$$= 3,55 \text{ [cm]}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,max} = 0,75 \cdot d$$

$$= 0,75 \cdot 33 \text{ [cm]}$$

$$= 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,\max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 4 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$N_{105,B,\emptyset 25} = 3$$

$$N_{105,B,\emptyset 10} = 2$$

$$N_{105,B,\emptyset 19} = 6$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj B:

$$L_{105,B,\emptyset 25} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 25}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 90 \text{ [cm]}) = 755 \text{ [cm]} = 7,55 \text{ [m]}$$

$$L_{105,B,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

$$L_{105,B,\emptyset 19} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 19}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 70 \text{ [cm]}) = 715 \text{ [cm]} = 7,15 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{105,\emptyset 6} = \frac{L_x}{A_{s1,x}^{\text{od}}} = \frac{575 \text{ [cm]}}{4 \text{ [cm]}} = 143,75 = 143 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{105,\emptyset 6} = 136 \text{ [cm]}$$

6.7. Poračun greda u polju 105 – 9. Skupina greda

Ležaj A:

Udaljenost do težišta armature:

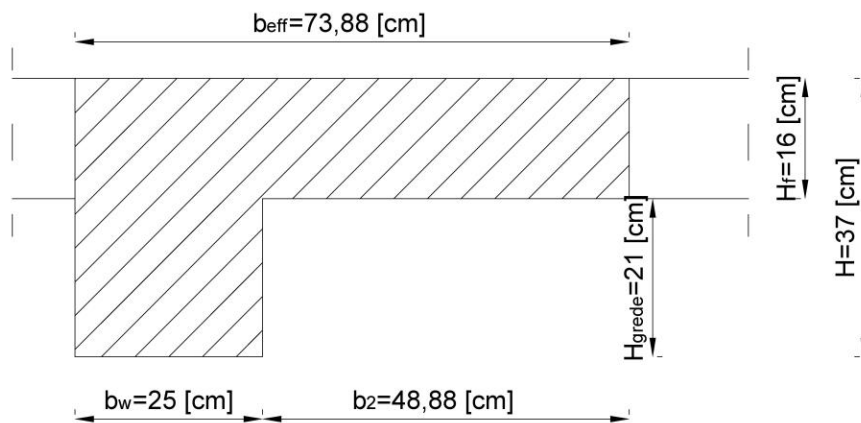
$$\begin{aligned}d_1 &= c_{\text{nom}} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2} \\ &= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2} \\ &= 3,3 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Statička visina:

$$\begin{aligned}d &= H - d_1 \\ &= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]} \\ &= 33,7 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Sudjelujuća širina:

$$\begin{aligned}L_0 &= 0,85 \cdot L_x = 0,85 \cdot 575 \text{ [cm]} = 488,75 \text{ [cm]} \\ b_2 &= \frac{L_0}{10} = \frac{488,75 \text{ [cm]}}{10} = 48,88 \text{ [cm]} \\ b_{eff} &= b_w + b_2 \\ &= 25 \text{ [cm]} + 48,88 \text{ [cm]} \\ &= 73,88 \text{ [cm]}\end{aligned}$$



Slika 63 Presjek grede na ležaju A

Bezdimezionalni koeficijent armiranja:

$$\begin{aligned} \mu_{ed} &= \frac{M_{ed,x}^{105}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{2996 \text{ [kNcm]}}{73,88 \text{ [cm]} \cdot (33,7 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,018 < 0,252 \end{aligned}$$

Na temelju dobivenog bezdimezionalnog momenta savija iz tablice uzimamo sljedeće podatke:

bezdimezionalni moment savijanja $\rightarrow \mu_{sd} = 0,019$

koeficijent kraka unutrašnjih sila (zeta) $\rightarrow \zeta = 0,982$

Potrebna armatura:

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \frac{M_{ed,x}^{105}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \\ &= \frac{2996 \text{ [kNcm]}}{0,982 \cdot 33,7 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 2,08 \text{ [cm}^2\text{]} \end{aligned}$$

Minimalna armatura:

$$A_{S,min} = 1,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max} = 0,85 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b_{eff} \cdot H_f$$

$$= 0,85 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 73,88 \text{ [cm]} \cdot 16 \text{ [cm]}$$

$$= 46,22 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1}^{od} > A_{s1}$$

$$A_{s1}^{od} = 2\Phi 12 \rightarrow 2,26 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Udaljenost do težišta armature:

$$d_1 = c_{nom} + \varnothing_v + \frac{\varnothing_s}{2}$$

$$= 2 \text{ [cm]} + 0,8 \text{ [cm]} + \frac{1 \text{ [cm]}}{2}$$

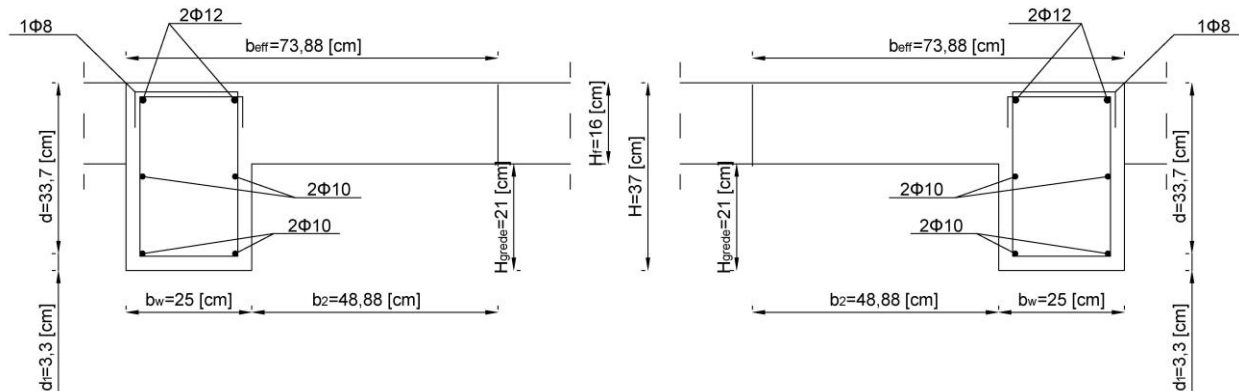
$$= 3,3 \text{ [cm]}$$

Statička visina:

$$d = H - d_1$$

$$= 37 \text{ [cm]} - 3,3 \text{ [cm]}$$

$$= 33,7 \text{ [cm]}$$



Slika 64 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\Phi 10} = 35 \text{ [cm]}$$

$$l_{b,\Phi 12} = 45 \text{ [cm]}$$

Razak vilica:

Pretpostavka:

$$1\Phi 8 = A_{sw} = 0,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$f_{ywd} = 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]}$$

$$V_{rd,s} = V_{ed}(A) = 167,3 \text{ [kN]}$$

$$z = 29,7 \text{ [cm]}$$

$$s = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{V_{rd,s}}$$
$$= \frac{0,5 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 29,7 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [kN/cm}^2\text{]} \cdot \text{ctg}(45^\circ)}{167,3 \text{ [kN]}}$$
$$= 3,55 \text{ [cm]}$$

Maksimalan razmak vilica:

$$s_{1,max} = 24,75 \text{ [cm]}$$

Uvjet:

$$s_{1,max} = 24,75 \text{ [cm]} \leq 60 \text{ [cm]}$$

Usvojeno:

$$s = 5 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{105,\emptyset 12} = 4 \cdot 2 = 8$$

$$N_{105,\emptyset 10} = 4 \cdot 4 = 16$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{105,\emptyset 12} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 12}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 45 \text{ [cm]}) = 665 \text{ [cm]} = 6,65 \text{ [m]}$$

$$L_{105,\emptyset 10} = L_x + (2 \cdot l_{b,\emptyset 10}) = 575 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 645 \text{ [cm]} = 6,45 \text{ [m]}$$

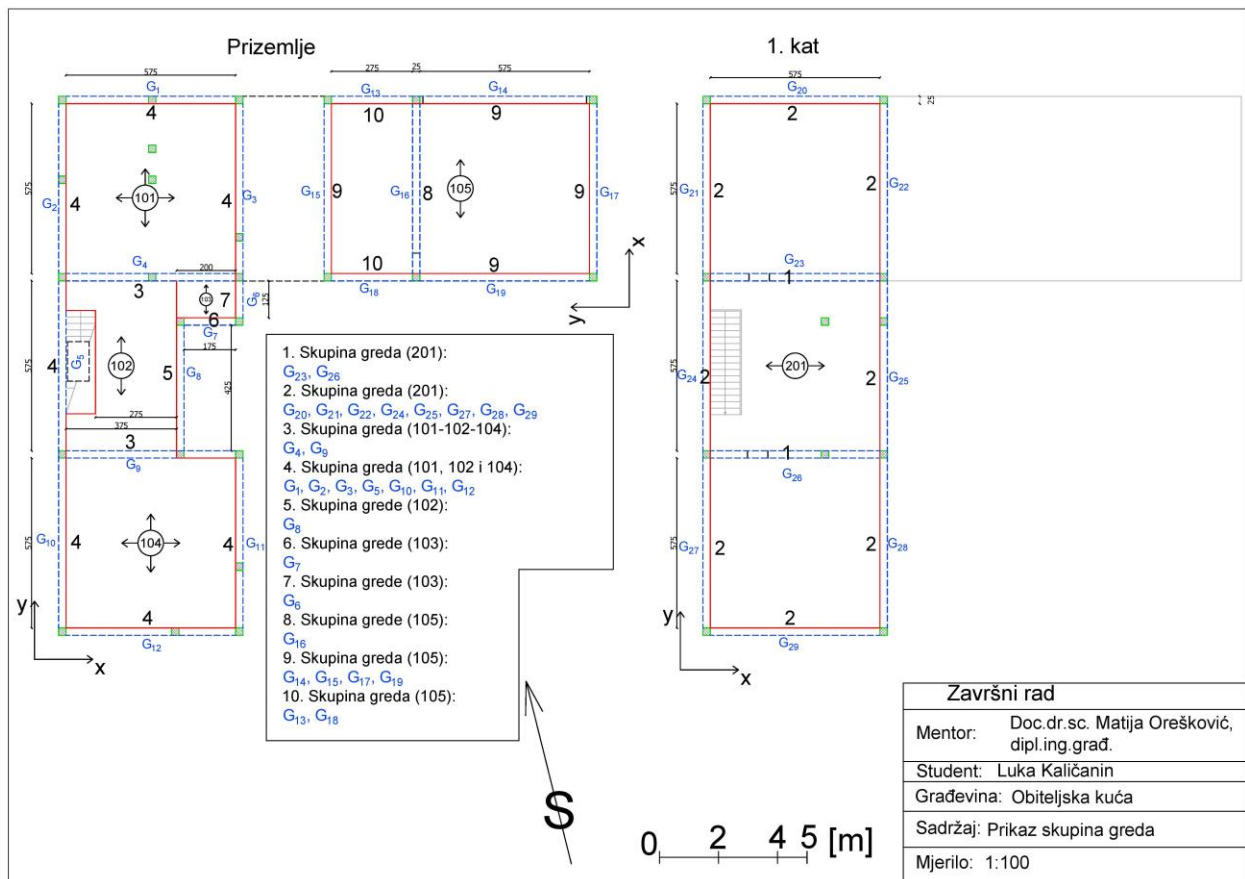
Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{105,\emptyset 8} = 4 \cdot \frac{L_x}{A_{s1,x}^{od}} = 4 \cdot \frac{575 \text{ [cm]}}{5} = 460 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{105,\emptyset 8} = 136 \text{ [cm]}$$

6.8. Poračun greda u polju 105 – 10. Skupina greda



Slika 65 Prikaz skupina greda

U prošlom proračunu greda 9. skupine (G14, G15, G17 i G19) izabrana je minimalna uzdužna armatura na ležaju, a pošto u ovom slučaju grede G13 i G18 ima manju dužinu od prošlih greda, također uzimamo minimalnu vrijednost promjera armature na ležaju, pa je i samim time nepotreban proračun greda G13 i G18, osim proračuna reakcije ležaja koji će nam kasnije poslužiti kod proračuna stupova.

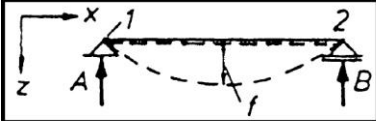
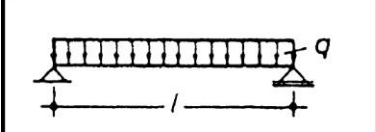
Analiza opterećenja grede:

$$g = 4,2 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 4,2 \text{ [kN/m]}$$

$$q = 3,05 \text{ [kN/m}^2\text{]} \cdot 1 \text{ [m]}$$

$$= 3,05 \text{ [kN/m]}$$

	A	B	max M
	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql}{2}$	$\frac{ql^2}{8}$ [x = l/2]

Slika 66 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina*

Reakcija ležaja:

$$R_g(A) = \frac{g \cdot L_y}{2}$$

$$= \frac{4,2 \text{ [kN/m]} \cdot 2,75 \text{ [m]}}{2}$$

$$= 5,78 \text{ [kN]}$$

$$R_q(A) = \frac{q \cdot L_y}{2}$$

$$= \frac{3,05 \text{ [kN/m]} \cdot 2,75 \text{ [m]}}{2}$$

$$= 4,19 \text{ [kN]}$$

Ukupno stalno opterećenje grede:

$$g = g_{v1} + R_g(A)$$

$$= 1 \text{ [kN/m]} + 5,78 \text{ [kN/m]}$$

$$= 6,78 \text{ [kN/m]}$$

**M. Orešković: Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

Ležaj A:

Poprečne sile i reakcije:

$$\begin{aligned}R_g(A) = V_g(A) &= \frac{g \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{6,78 \text{ [kN/m]} \cdot 2,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 9,32 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_q(A) = V_q(A) &= \frac{q \cdot L_y}{2} \\ &= \frac{4,19 \text{ [kN/m]} \cdot 2,75 \text{ [m]}}{2} \\ &= 5,76 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Broj uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$N_{105, \emptyset 12} = 2 \cdot 2 = 4$$

$$N_{105, \emptyset 10} = 2 \cdot 4 = 8$$

Dužina uzdužne armature u polju grede – Ležaj A:

$$L_{105, \emptyset 12} = L_y + (2 \cdot l_{b, \emptyset 12}) = 275 \text{ [cm]} + (2 \cdot 45 \text{ [cm]}) = 365 \text{ [cm]} = 3,65 \text{ [m]}$$

$$L_{105, \emptyset 10} = L_y + (2 \cdot l_{b, \emptyset 10}) = 275 \text{ [cm]} + (2 \cdot 35 \text{ [cm]}) = 345 \text{ [cm]} = 3,45 \text{ [m]}$$

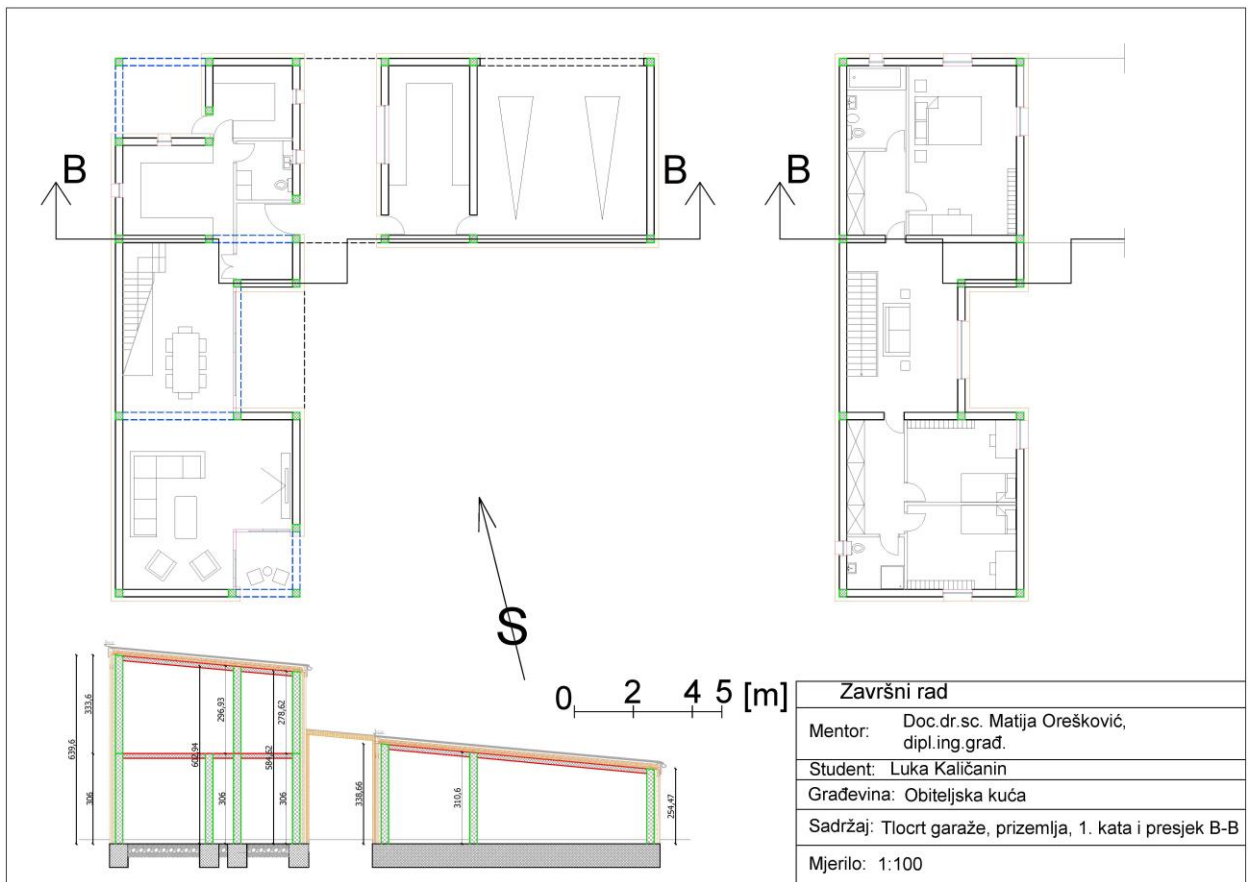
Broj razdjelne armature grede - vilice:

$$N_{105, \emptyset 8} = 2 \cdot \frac{L_y}{A_{s1,x}^{od}} = 2 \cdot \frac{275 \text{ [cm]}}{5} = 110 \text{ komada}$$

Dužina razdjelne armature grede - vilice:

$$L_{105, \emptyset 8} = 136 \text{ [cm]}$$

7. Proračun stupa



Slika 67 Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek B-B

U daljnjem proračunu stupa, kao momentnu vrijednost uzimat ćemo moment potresa jer je njegova vrijednost veća od momenta vjetra na stupove.

Horizontalno vršno ubrzanje tla za povratni period od 475 godina na mjestu ove zamišljene građevine u naselju Tenja, prema podacima sa web stranice <http://seizkarta.gfz.hr/> iznosi:

$$a_{475g} = 0,11g.$$

Moment vjetra:

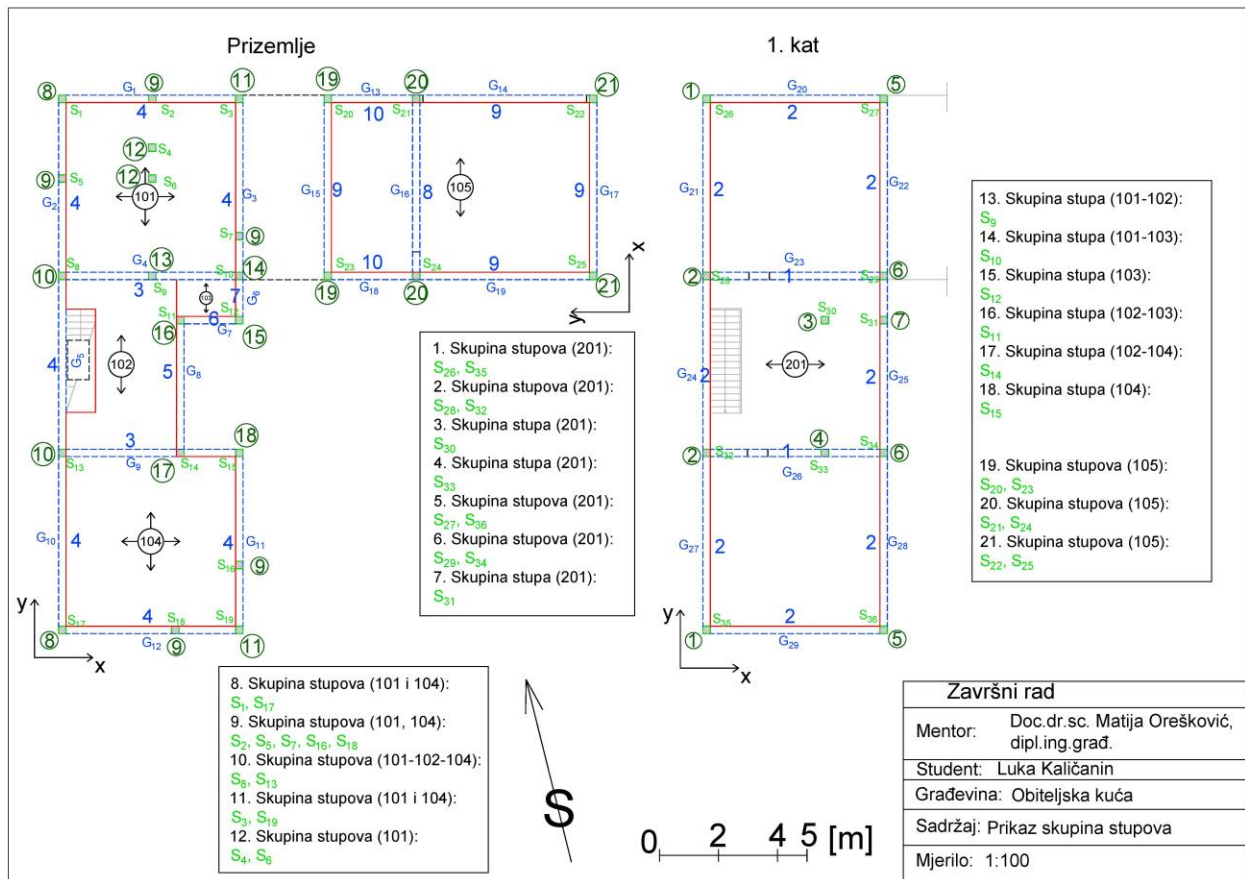
$$M_{ed,v} = 10\% \cdot N_{ed} = 0,1 \cdot N_{ed}$$

Moment potresa ():

$$M_{ed,p} = 0,11 \cdot N_{ed}$$

$$M_{ed,p} > M_{ed,v}$$

7.1. Proračun stupova – 1. Skupina



Slika 68 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = h = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 333,6 \text{ [cm]} = 3,34 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{v1} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3] \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 3,34 \text{ [m]} \\ &= 5,21 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + 2 \cdot R_{g,2}(A) \\ &= 5,21 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} \\ &= 127,1 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 108,94 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 127,1 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 335 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned} M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 335 \text{ [kN]} \\ &= 36,85 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

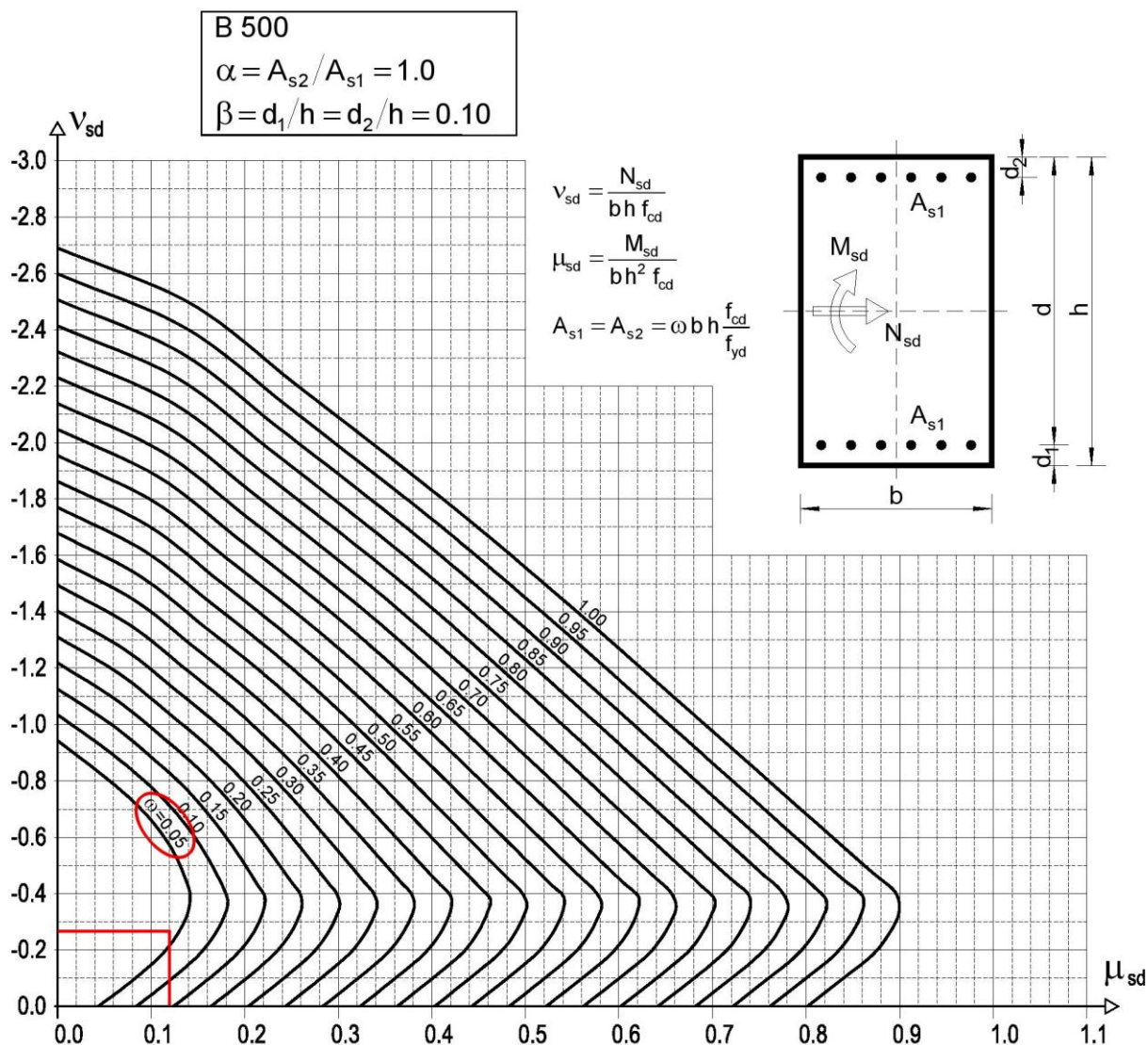
$$\begin{aligned} d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{25 \text{ [cm]}} = 0,14$$

$$\begin{aligned}v_{ed} &= \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{335 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,27\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{3685 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (25 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,12\end{aligned}$$



Slika 69 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}
 A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \\
 &= 1,44 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\
 &= 1,44 \text{ [cm}^2\text{]} + 1,44 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \\ &= 625 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{2,87 \text{ [cm}^2\text{]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 625 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 1,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{335 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,77 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 1,25 \text{ [cm}^2\text{]}$$

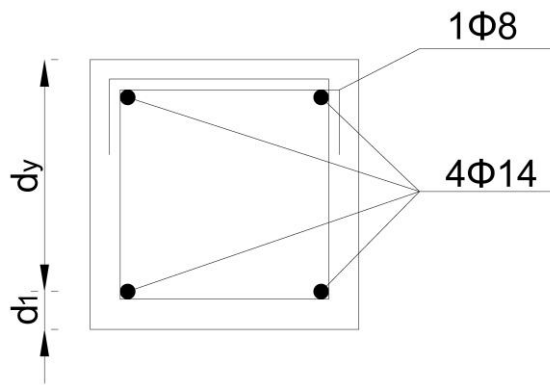
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_s &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 625 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 14, A_{s,od} = 3,08 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 3,08 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 2,87 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 70 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{335 \text{ [kN]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{3,08 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\
 &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\
 &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
C &= 1,7 - r_m \\
&= 1,7 - 1 \\
&= 0,7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_{\text{lim}} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\
&= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,36 \cdot 0,7}{\sqrt{0,27}} \\
&= 23,84
\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{h^2}} = \frac{l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 \text{ [cm]}}{25 \text{ [cm]}} = 46,22$$

$$\lambda = 46,22 < \lambda_{\text{lim}} = 20,26$$

→Moramo povečati presjek stupa.

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 333,6 \text{ [cm]} = 3,34 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned}
g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\
&= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 3,34 \text{ [m]} \\
&= 8,34 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned}
N_g &= g_{vl} + 2 \cdot R_{g,2}(A) \\
&= 8,34 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} \\
&= 135,44 \text{ [kN]}
\end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 108,94 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned}N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 135,44 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 346,25 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned}M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 346,25 \text{ [kN]} \\ &= 38,09 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

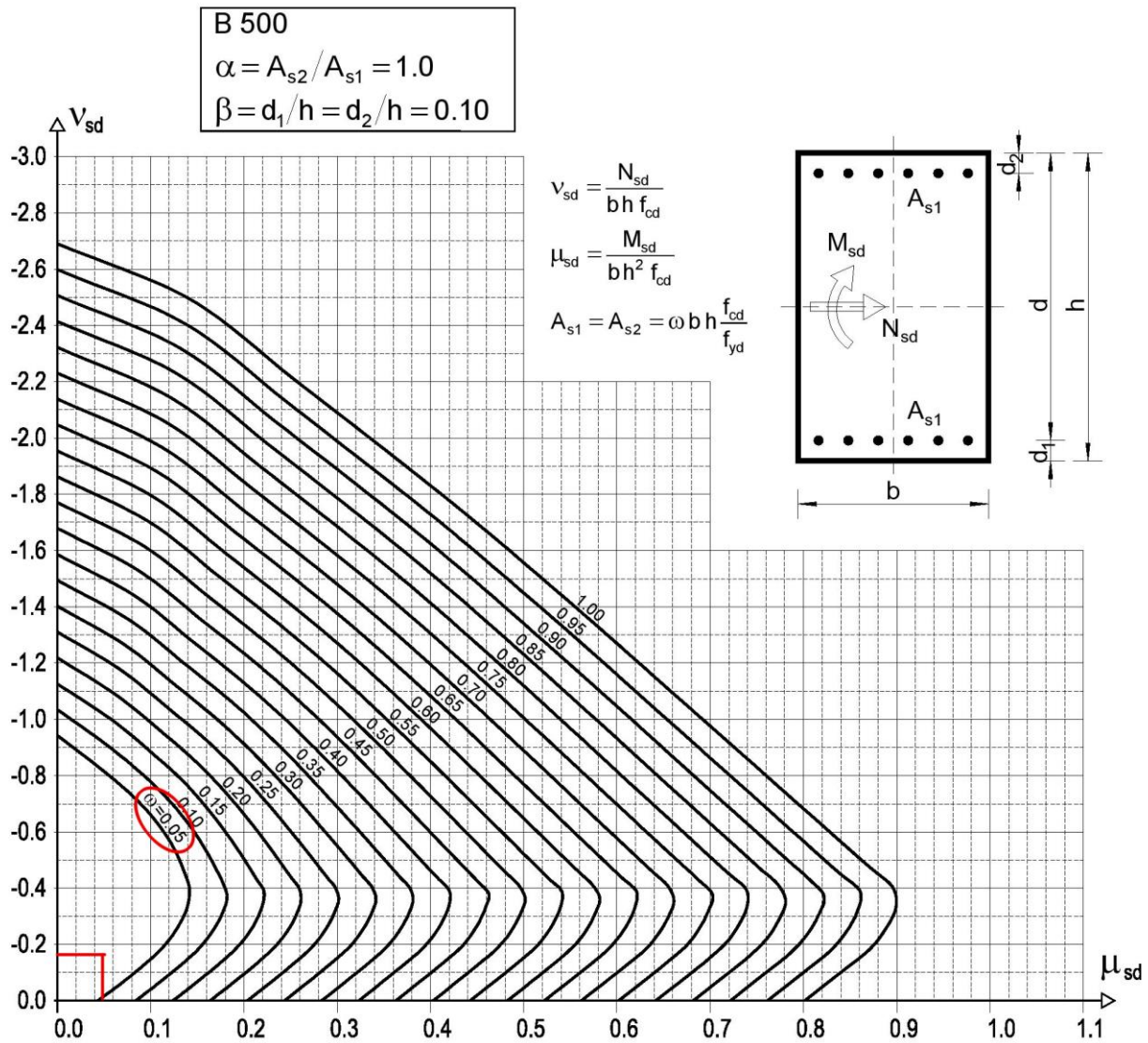
$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{40 \text{ [cm]}} = 0,09$$

$$\begin{aligned}v_{ed} &= \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{346,25 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,17\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{3809 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (40 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,05\end{aligned}$$



Slika 71 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [cm]} \\ &= 2,3 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 2,3 [\text{cm}^2] + 2,3 [\text{cm}^2] \\ &= 4,6 [\text{cm}^2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 [\text{cm}] \cdot 40 [\text{cm}] \\ &= 1000 [\text{cm}^2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{4,6 [\text{cm}^2]}{1000 [\text{cm}^2]} \\ &= 0,46 [\%]\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1000 [\text{cm}^2] \\ &\geq 2 [\text{cm}^2]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{346,25 [\text{kN}]}{43,48 [\text{kN}/\text{cm}^2]} \\ &= 0,8 [\text{cm}^2]\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2 [\text{cm}^2]$$

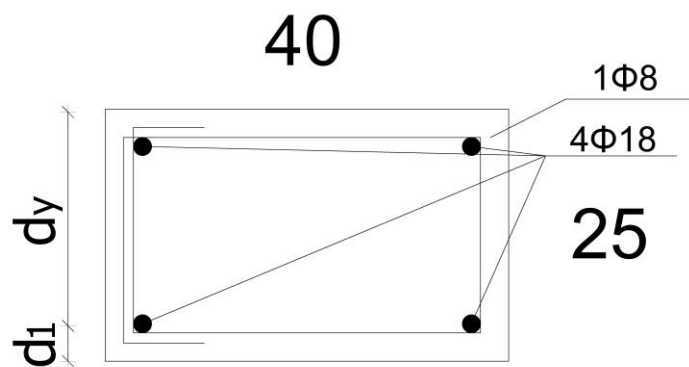
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_s &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1000 [\text{cm}^2] \\ &\leq 40 [\text{cm}^2]\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 18, A_{s,od} = 5,09 [\text{cm}^2]$$

$$A_{s,od} = 5,09 [\text{cm}^2] > A_{s,uk} = 4,6 [\text{cm}^2]$$



Slika 72 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{346,25 \text{ [kN]}}{1000 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{5,09 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1000 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\
 &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\
 &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
C &= 1,7 - r_m \\
&= 1,7 - 1 \\
&= 0,7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\
&= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,36 \cdot 0,7}{\sqrt{0,17}} \\
&= 29,75
\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}} \cdot \sqrt{\frac{12}{b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{h^2}} = \frac{l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 [cm]}{40 [cm]} = 28,89$$

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 [cm]$$

$$s_w = 30 [cm]$$

$$\begin{aligned}
s_w &= 12 \cdot \phi_s \\
&= 12 \cdot 1,8 [cm] \\
&= 21,6 [cm]
\end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/21 [cm]$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}
s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\
&= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 [cm] \\
&= 12,96 [cm] \rightarrow 13 [cm]
\end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 [cm] = 37,5 [cm]$$

$$a = \frac{H_{stupa}}{6} = \frac{333,6 [cm]}{6} = 55,6 [cm]$$

Odabrano:

$$a = 56 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 18} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,8 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 65,22 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 18} = 66 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\Phi 18} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\Phi 18} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\Phi 18}) = 333,6 \text{ [cm]} + (2 \cdot 66 \text{ [cm]}) = 465,6 \text{ [cm]} = 4,66 \text{ [m]}$$

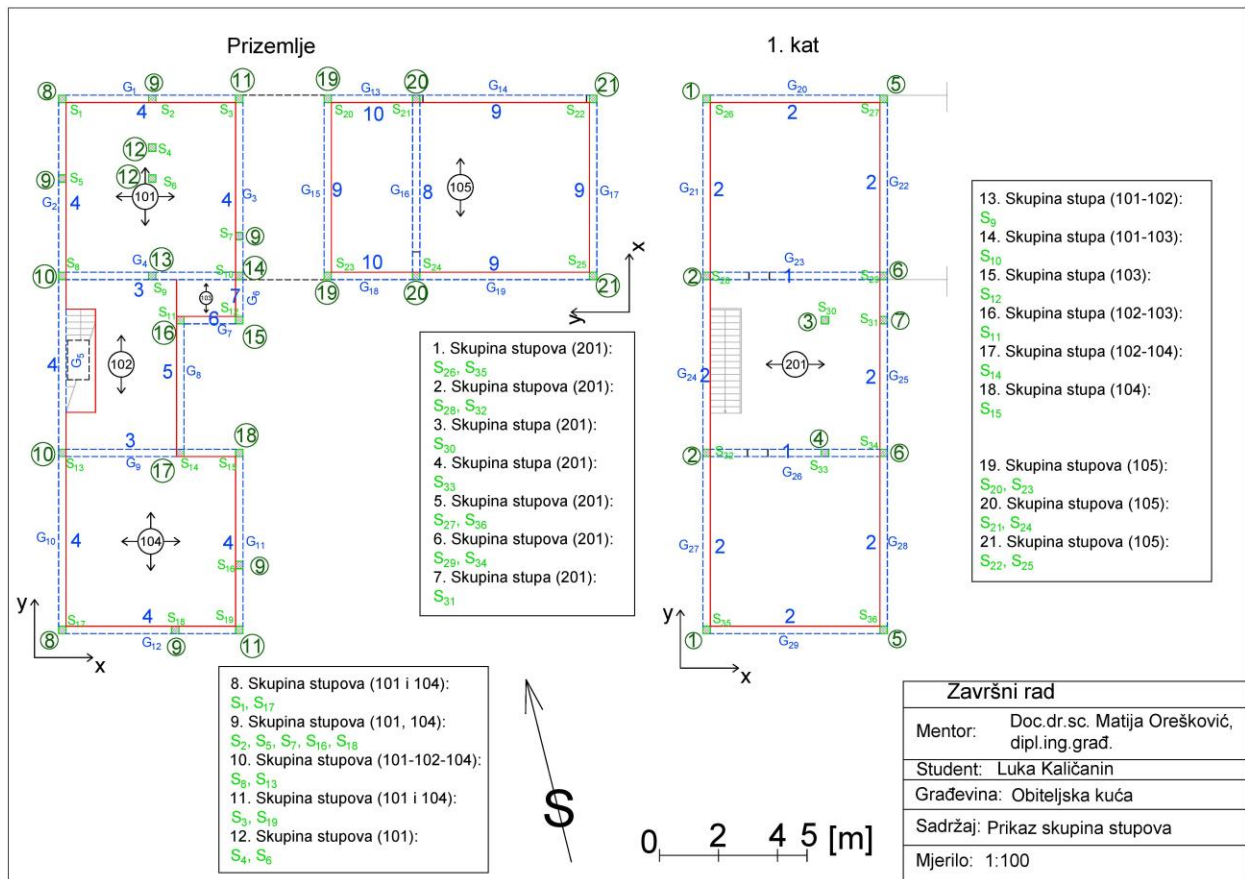
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\Phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 56 \text{ [cm]}}{13 \text{ [cm]}} + \frac{333,6 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 56 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 19,64 = 19 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\Phi 8} = 144 \text{ [cm]}$$

7.2. Proračun stupova – 2. Skupina



Slika 73 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 55 \text{ [cm]} = 0,55 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 333,6 \text{ [cm]} = 3,34 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,55 \text{ [m]} \cdot 3,34 \text{ [m]} \\ &= 11,47 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 1):

$$R_{g,1}(B) = 174,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,1}(B) = 145,25 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + 2 \cdot R_{g,2}(A) + R_{g,1}(B) \\ &= 11,47 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} + 174,76 \text{ [kN]} \\ &= 313,33 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) + R_{q,1}(B) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} + 145,25 \text{ [kN]} \\ &= 254,19 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 313,33 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 254,19 \text{ [kN]} \\ &= 804,28 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned} M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 804,28 \text{ [kN]} \\ &= 38,09 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

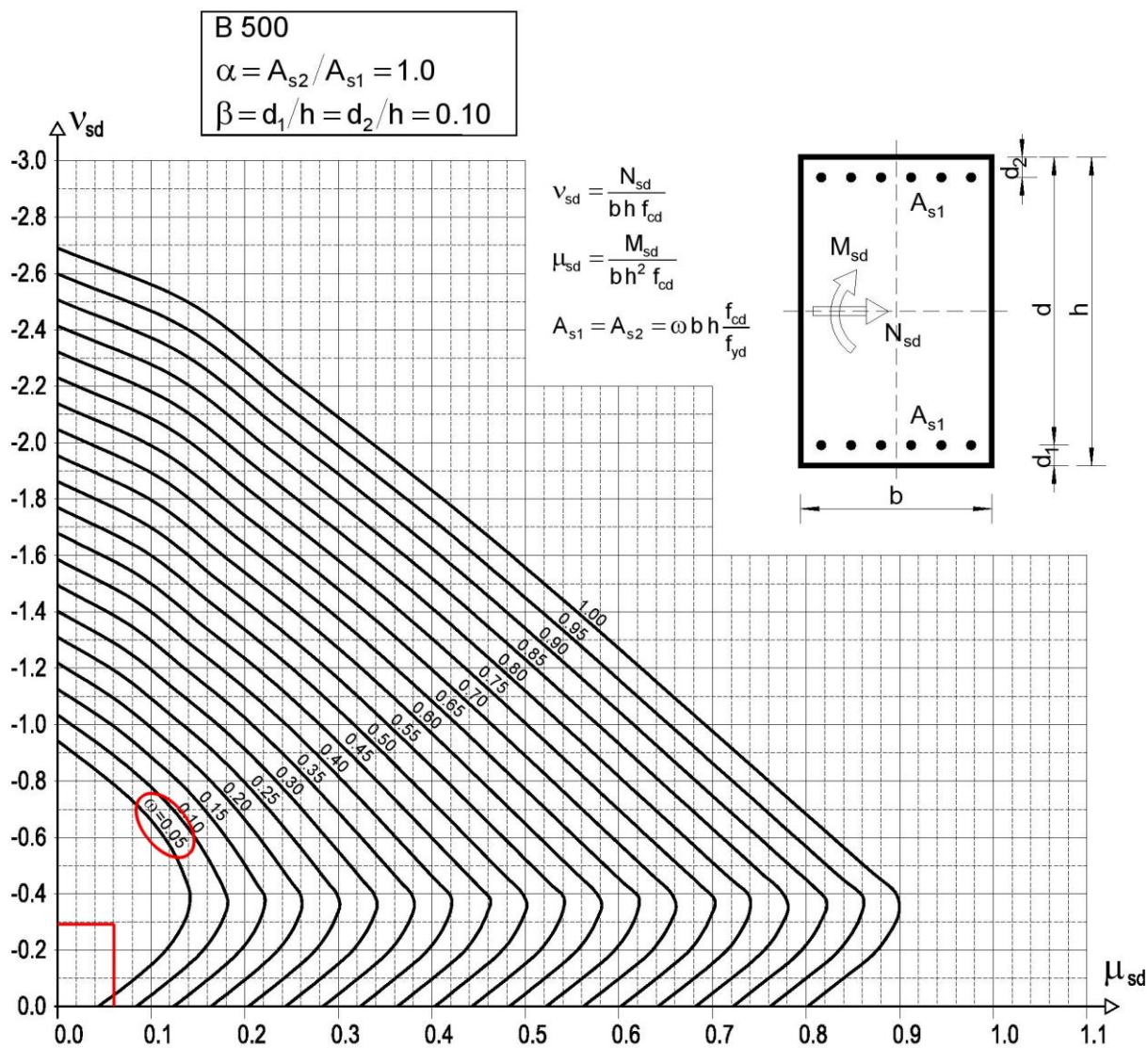
$$\begin{aligned} d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{55 \text{ [cm]}} = 0,06$$

$$\begin{aligned}v_{ed} &= \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{804,28 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,29\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{8847 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (55 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,06\end{aligned}$$



Slika 74 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}
 A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \\
 &= 3,16 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\
 &= 3,16 \text{ [cm}^2\text{]} + 3,16 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 &= 6,32 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \cdot h \\
 &= 25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \\
 &= 1375 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{6,32 \text{ [cm}^2\text{]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,46 \text{ [%]}
 \end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}
 A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\
 &\geq 0,002 \cdot 1375 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 &\geq 2,75 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\
 &= 0,1 \cdot \frac{804,28 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 1,85 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2 \text{ [cm}^2\text{]}$$

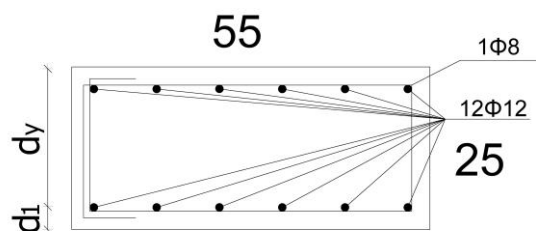
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}
 A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\
 &\leq 0,04 \cdot 1375 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 &\leq 55 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

Odabrano:

$$6\Phi 12, A_{s,od} = 6,79 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 6,79 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 6,32 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 75 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned}n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{804,28 \text{ [kN]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,29\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{6,79 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\ &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\ &= 1,1\end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}C &= 1,7 - r_m \\ &= 1,7 - 1 \\ &= 0,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,36 \cdot 0,7}{\sqrt{0,29}} \\ &= 22,83\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{l_0}{\frac{h}{2\sqrt{3}}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 \text{ [cm]}}{55 \text{ [cm]}} = 21,01$$

$$\lambda < \lambda_{\text{lim}}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,2 \text{ [cm]} \\ &= 14,4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/14 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 8,64 \text{ [cm]} \rightarrow 9 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{333,6 \text{ [cm]}}{6} = 55,6 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 56 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 12} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2]}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2]} \\ &= 43,48 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 12} = 44 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\Phi 12} = 6$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\Phi 12} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\Phi 12}) = 333,6 \text{ [cm]} + (2 \cdot 44 \text{ [cm]}) = 421,6 \text{ [cm]} = 4,22 \text{ [m]}$$

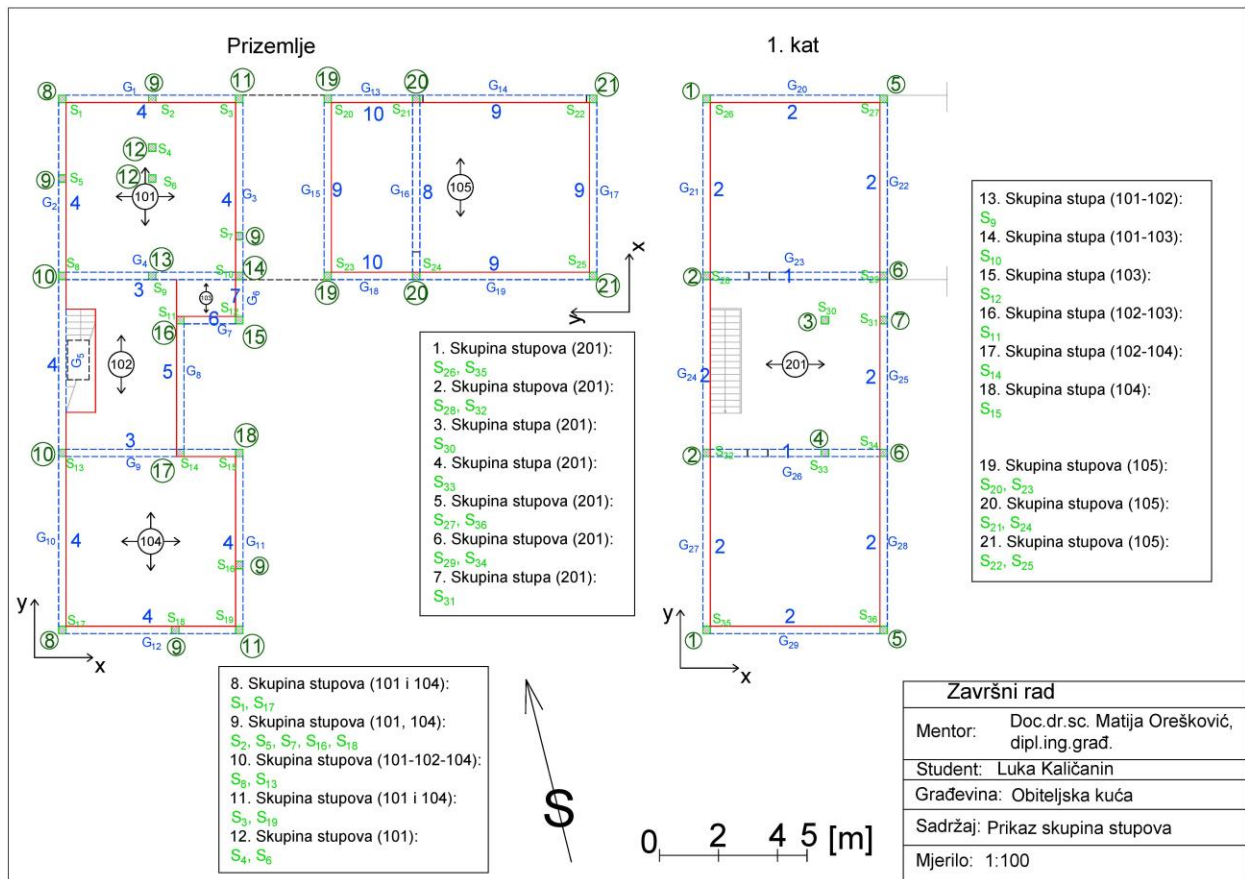
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\Phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 56 \text{ [cm]}}{9 \text{ [cm]}} + \frac{421,6 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 56 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 24,01 = 24 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\Phi 8} = 204 \text{ [cm]}$$

7.3. Proračun stupa – 3. Skupina



Slika 76 Prikaz skupina stupova

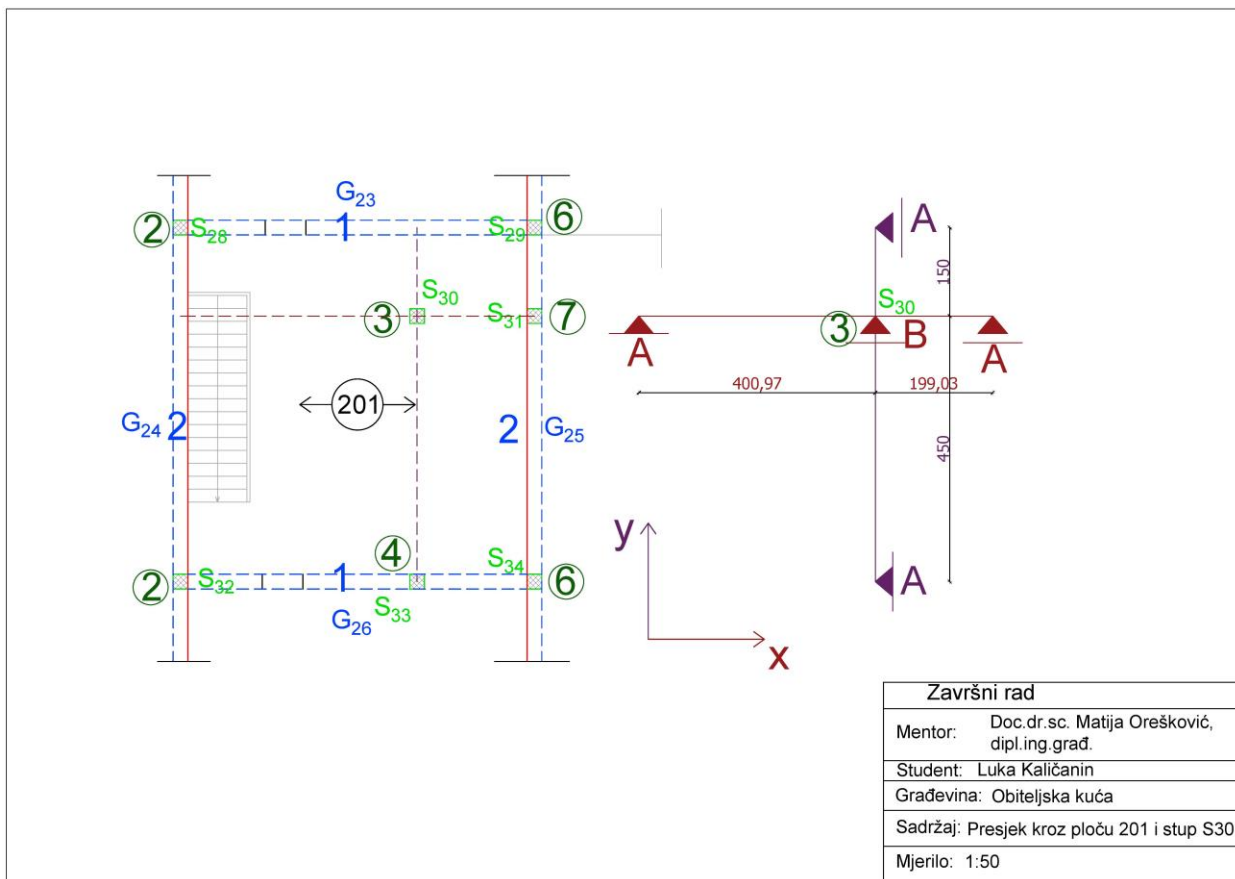
Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = h = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 296,93 \text{ [cm]} = 2,97 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 2,97 \text{ [m]} \\ &= 4,64 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

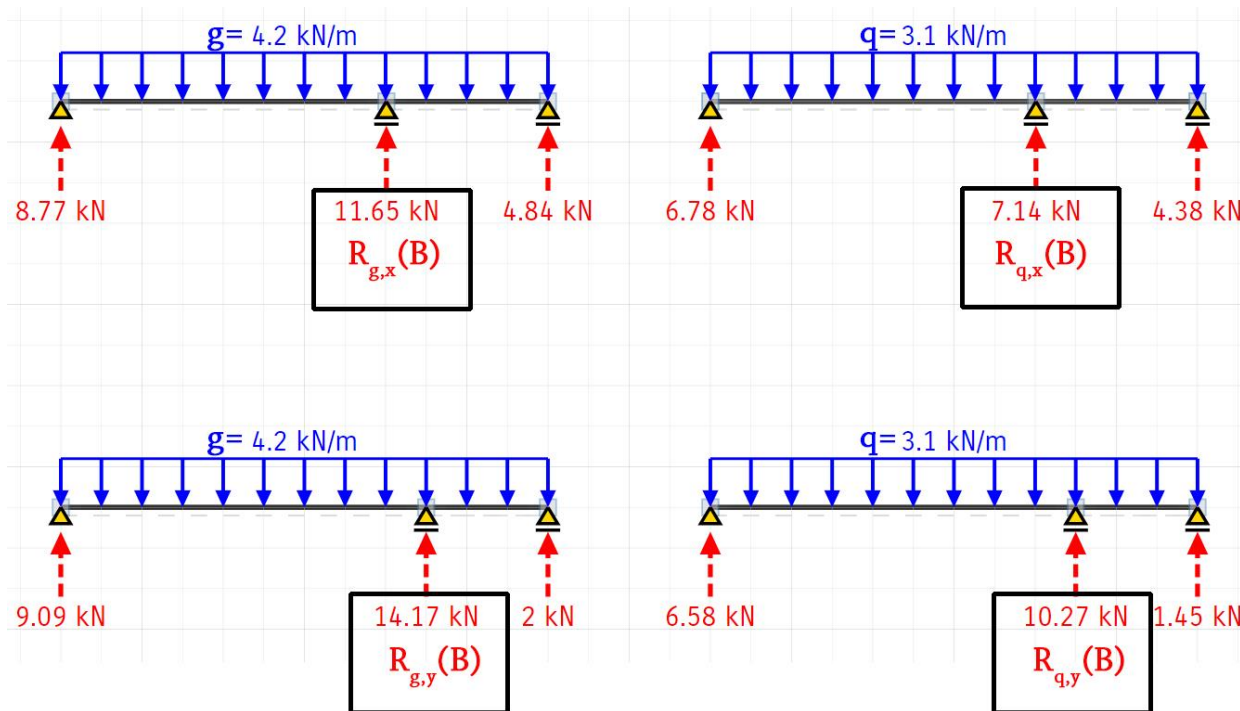


Slika 77 Presjek kroz ploču 201 i stup S30

Analiza opterećenja grede:

$g = 4,21 \text{ [kN/m]}$

$q = 3,05 \text{ [kN/m]}$



Slika 78 Prikaz opterećenja i reakcija ležaja (stupa) kroz presjeke

Ležaj B:

Reakcije:

$$R_{g,x}(B) = 11,65 \text{ [kN]}$$

$$R_{g,y}(B) = 14,17 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,x}(B) = 7,14 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,y}(B) = 10,27 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} R_g(B) &= R_{g,x}(B) + R_{g,y}(B) \\ &= 11,65 \text{ [kN]} + 14,17 \text{ [kN]} \\ &= 25,82 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_q(B) &= R_{q,x}(B) + R_{q,y}(B) \\ &= 7,14 \text{ [kN]} + 10,27 \text{ [kN]} \\ &= 17,41 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + R_g(B) \\ &= 4,64 \text{ [kN]} + 25,82 \text{ [kN]} \\ &= 30,46 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$N_q = R_q(B) = 17,41 \text{ [kN]}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 30,46 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 17,41 \text{ [kN]} \\ &= 67,24 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned} M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 67,24 \text{ [kN]} \\ &= 7,4 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

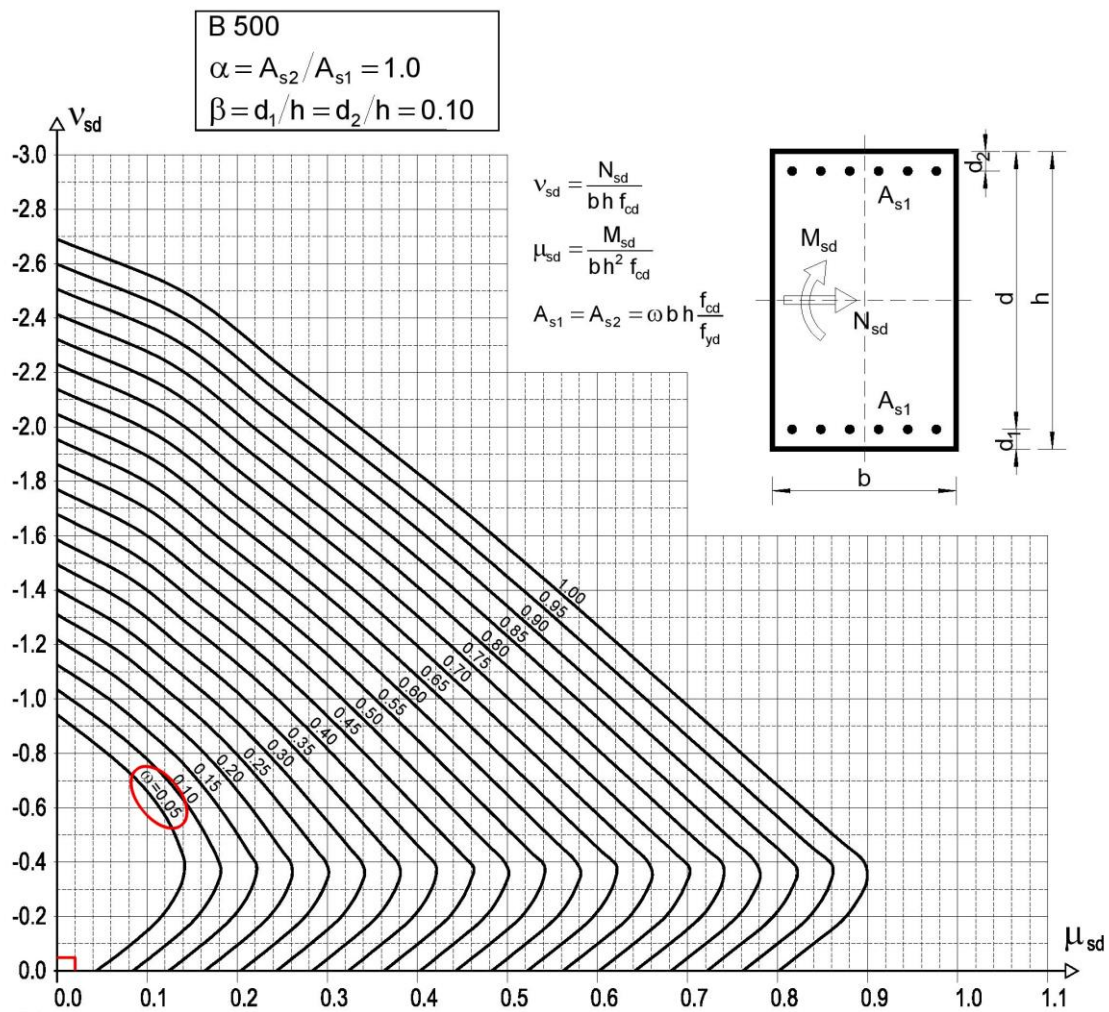
$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{\text{nom}} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{14 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 35 \text{ [mm]} = 3,5 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,5 \text{ [cm]} \\ &= 21,5 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,5 \text{ [cm]}}{25 \text{ [cm]}} = 0,14$$

$$\begin{aligned}v_{\text{ed}} &= \frac{N_{\text{ed}}}{b \cdot h \cdot f_{\text{cd}}} \\ &= \frac{67,24 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{ed}} &= \frac{M_{\text{ed}}}{b \cdot h^2 \cdot f_{\text{cd}}} \\ &= \frac{740 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (25 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,02\end{aligned}$$



Slika 79 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}
 A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \\
 &= 1,44 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\
 &= 1,44 \text{ [cm}^2\text{]} + 1,44 \text{ [cm}^2\text{]} \\
 &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_c &= b \cdot h \\
 &= 25 \text{ [cm]} \cdot 25 \text{ [cm]} \\
 &= 625 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\frac{A_{s,uk}}{A_c} = \frac{2,87 \text{ [cm}^2\text{]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,46 \text{ [%]}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$A_{s,min} \geq 0,002 \cdot A_c$$

$$\geq 0,002 \cdot 625 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\geq 1,25 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,min} = 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}}$$

$$= 0,1 \cdot \frac{67,24 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,15 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 1,25 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Maksimalna uzdužna armatura:

$$A_s \leq 0,04 \cdot A_c$$

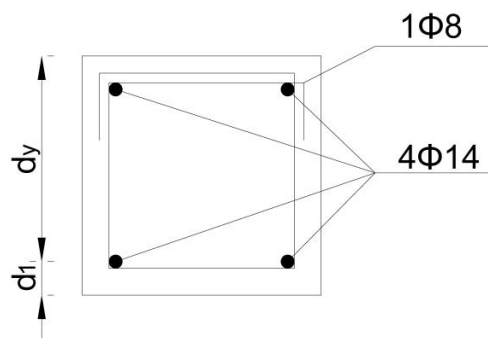
$$\leq 0,04 \cdot 625 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$\leq 25 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Odabrano:

$$2\Phi 14, A_{s,od} = 3,08 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 3,08 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 2,88 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 80 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonse elemente:

$$\begin{aligned}n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{67,24 \text{ [kN]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{3,08 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{625 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,11\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\ &= 0,8\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\ &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\ &= 1,1\end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}C &= 1,7 - r_m \\ &= 1,7 - 1 \\ &= 0,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,21}} \\ &= 53,21\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{l_0}{\frac{h}{2\sqrt{3}}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 \text{ [cm]}}{55 \text{ [cm]}} = 41,14$$

$$\lambda < \lambda_{\text{lim}}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,4 \text{ [cm]} \\ &= 16,8 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/16 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,4 \text{ [cm]} \\ &= 10,08 \text{ [cm]} \rightarrow 10 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine pugušćivanja vilica:

$$\begin{aligned} a &= 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]} \\ a &= \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{296,93 \text{ [cm]}}{6} = 49,49 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$a = 50 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 14} &= \frac{\Phi_{14} \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,4 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 50,73 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 14} = 51 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\emptyset 14} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\emptyset 14} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b, \emptyset 14}) = 296,93 \text{ [cm]} + (2 \cdot 51 \text{ [cm]}) = 398,93 \text{ [cm]} = 3,99 \text{ [m]}$$

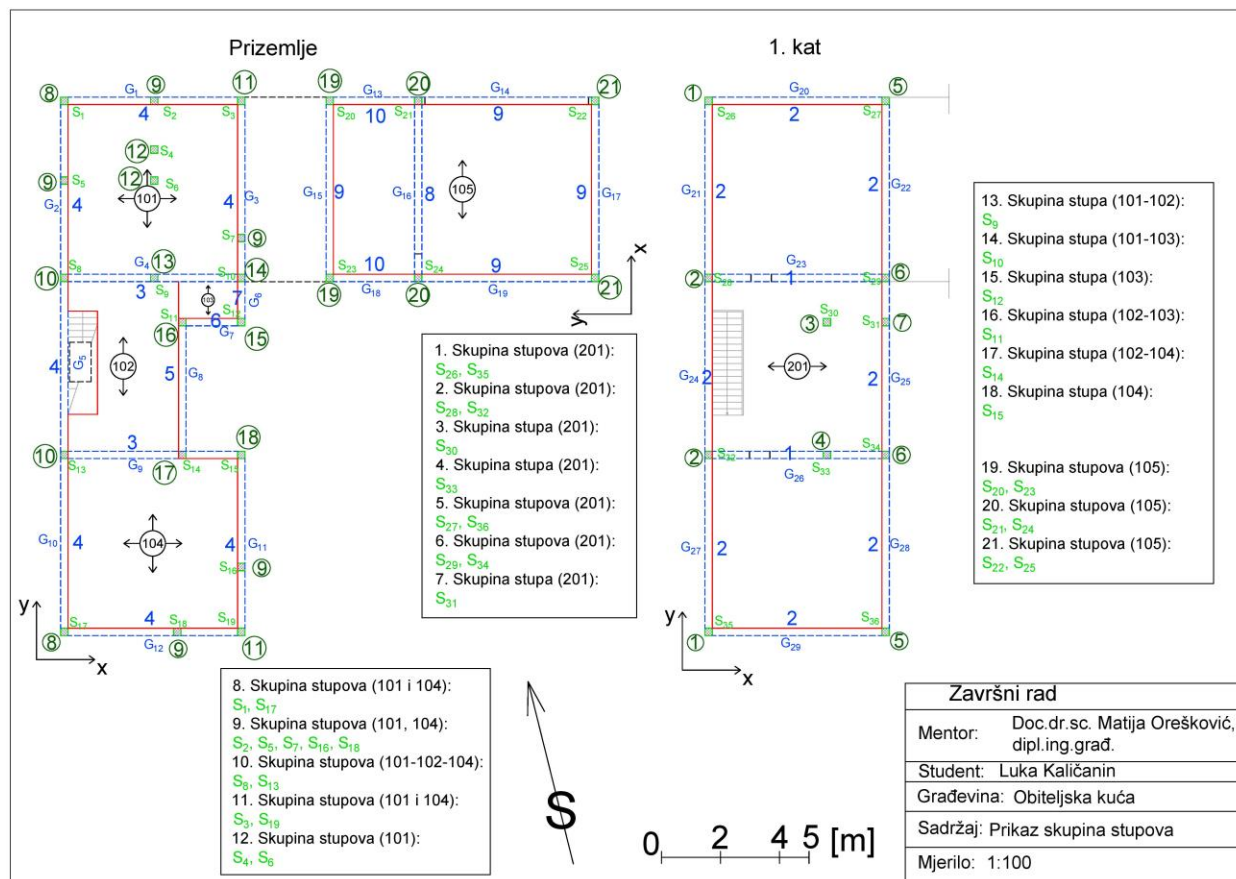
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\emptyset 8} &= 2 \cdot \frac{a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - 2 \cdot a}{s_w} \\ &= 2 \cdot \frac{50 \text{ [cm]}}{10 \text{ [cm]}} + \frac{296,93 \text{ [cm]} - 2 \cdot 50 \text{ [cm]}}{16 \text{ [cm]}} \\ &= 22,31 = 22 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\emptyset 8} = 113,6 \text{ [cm]}$$

7.4. Proračun stupa – 4. Skupina



Slika 81 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 50 \text{ [cm]} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 296,93 \text{ [cm]} = 2,97 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 2,97 \text{ [m]} \\ &= 9,28 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 1):

$$R_{g,1}(A) = 174,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,1}(A) = 145,25 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_g &= g_{vl} + R_{g,1}(A) \\ &= 9,28 \text{ [kN]} + 174,76 \text{ [kN]} \\ &= 184,04\end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$N_q = R_{q,1}(A) = 145,25 \text{ [kN]}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned}N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 184,04 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 145,25 \text{ [kN]} \\ &= 466,33 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned}M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 466,33 \text{ [kN]} \\ &= 51,3 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 40 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 36,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{50 \text{ [cm]}} = 0,07$$

$$v_{ed} = \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

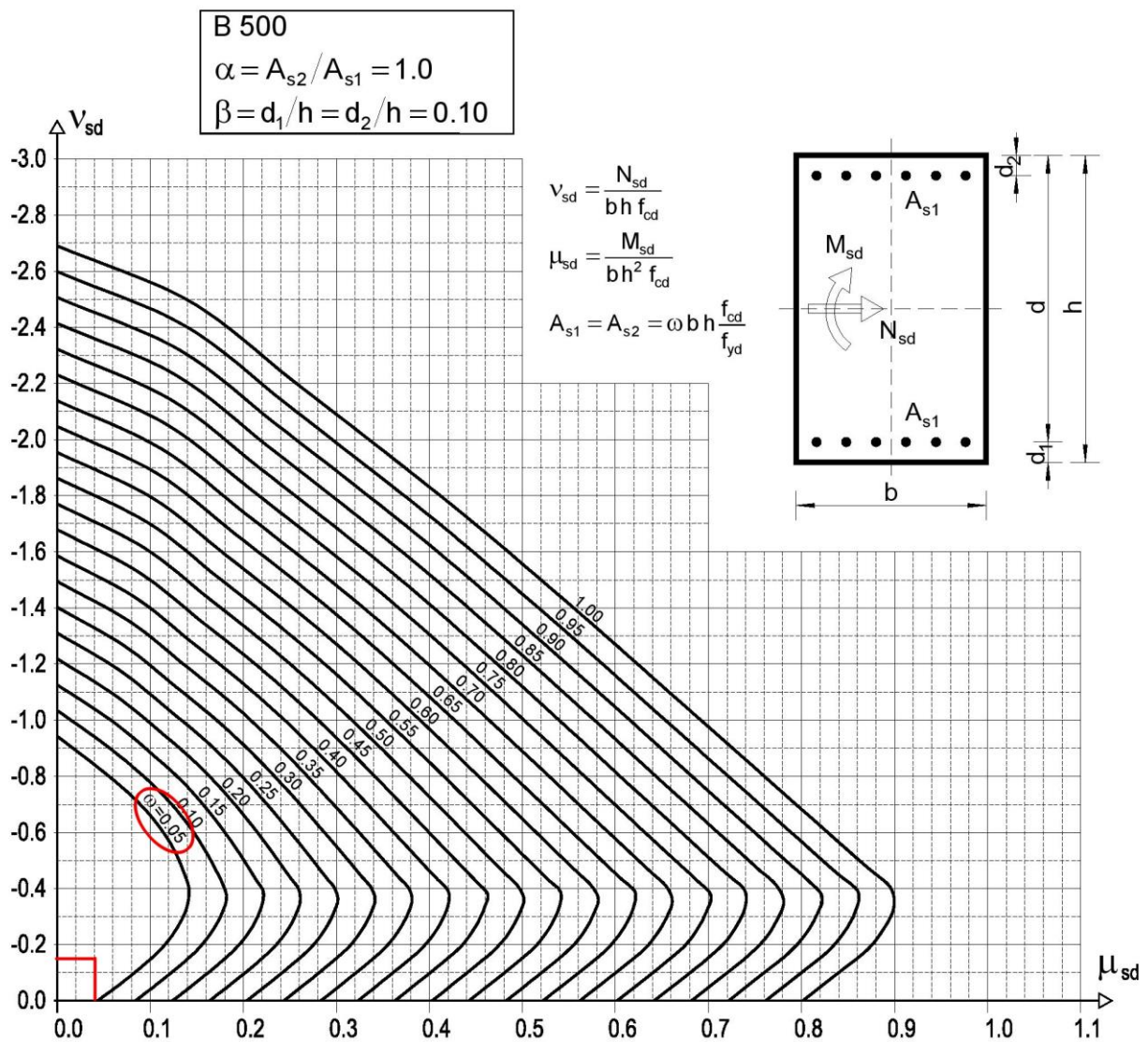
$$= \frac{466,33 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,19$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

$$= \frac{5130 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (50 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,04$$



Slika 82 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

*M. Orešković : Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \\ &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]} + 2,87 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 5,75 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \\ &= 1250 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{5,75 \text{ [cm}^2\text{]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1250 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{466,33 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 1,07 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

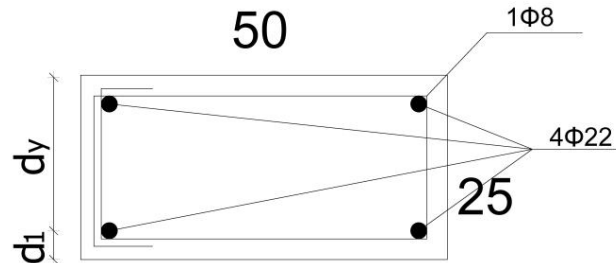
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1250 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 50 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 22, A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 5,75 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 83 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armanobetonse elemente:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{466,33 \text{ [kN]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{7,6 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\ &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,13} \\ &= 1,1 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
C &= 1,7 - r_m \\
&= 1,7 - 1 \\
&= 0,7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\
&= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,19}} \\
&= 29,16
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda &= \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}} \cdot \sqrt{\frac{12}{b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{l_0}{\frac{h}{2\sqrt{3}}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 296,93 \text{ [cm]}}{50 \text{ [cm]}} \\
&= 20,57
\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}
s_w &= 12 \cdot \phi_s \\
&= 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\
&= 26,4 \text{ [cm]}
\end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/25 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}
s_{w,1} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\
&= 0,6 \cdot 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\
&= 15,84 \text{ [cm]} \rightarrow 15 \text{ [cm]}
\end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{296,93 \text{ [cm]}}{6} = 49,49 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 50 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 22} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 79,71 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 22} = 80 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\Phi 22} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\Phi 22} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\Phi 22}) = 296,93 \text{ [cm]} + (2 \cdot 80 \text{ [cm]}) = 456,93 \text{ [cm]} = 4,57 \text{ [m]}$$

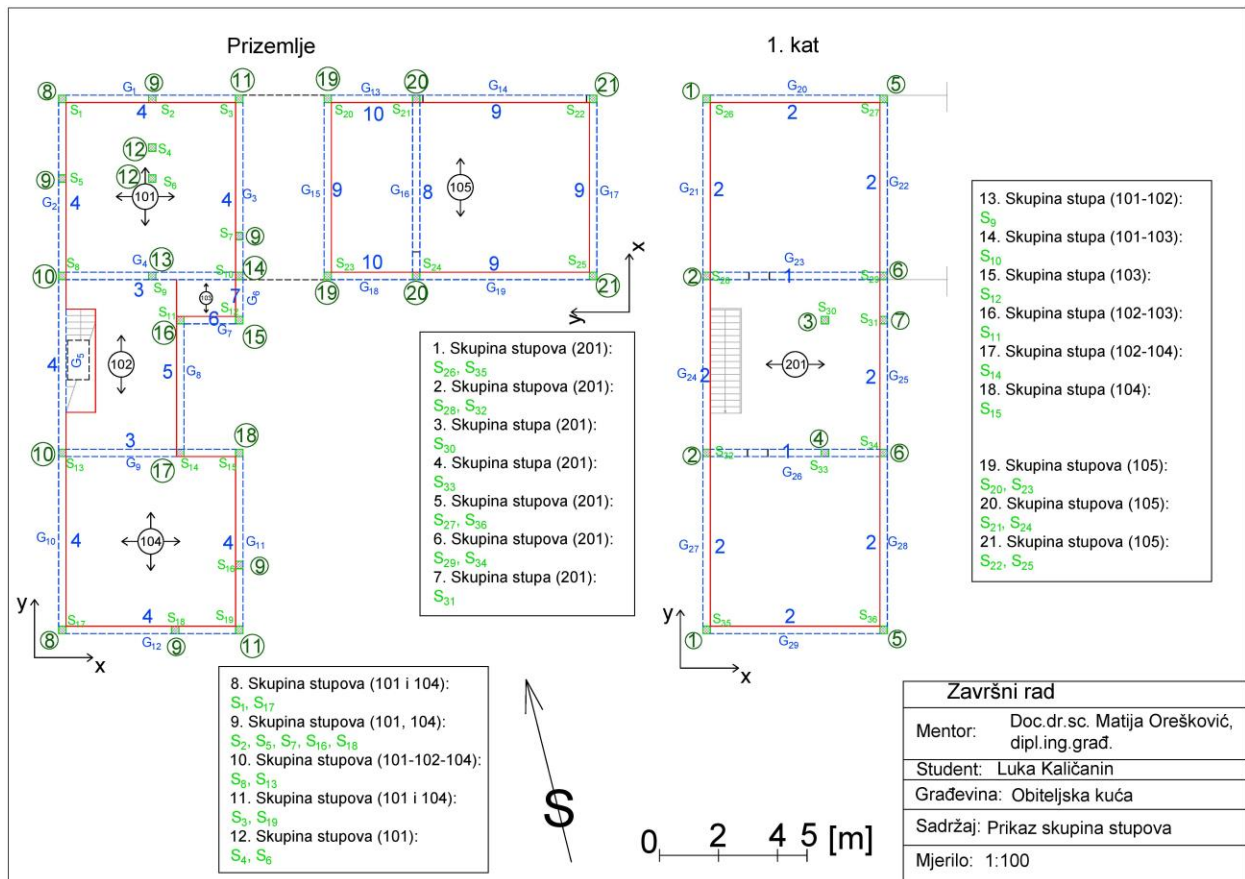
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\Phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 50 \text{ [cm]}}{15 \text{ [cm]}} + \frac{296,93 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 50 \text{ [cm]})}{25 \text{ [cm]}} \\ &= 14,97 = 15 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\Phi 8} = 164 \text{ [cm]}$$

7.5. Proračun stupova – 5. Skupina



Slika 84 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 278,62 \text{ [cm]} = 2,79 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{v1} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3] \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 2,79 \text{ [m]} \\ &= 6,97 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + 2 \cdot R_{g,2}(A) \\ &= 6,97 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} \\ &= 134,07 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

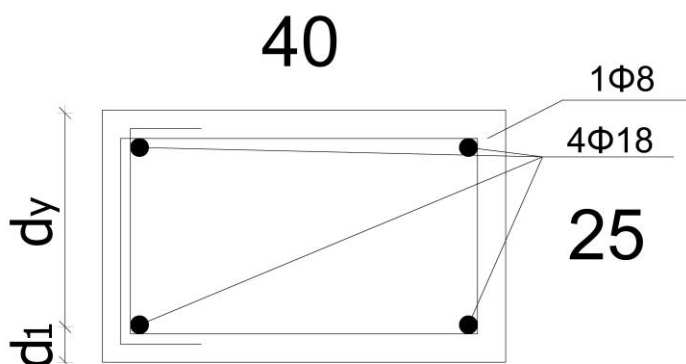
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 108,94 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 134,07 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 344,4 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 1. skupine stupova ($N_{ed} = 346,25 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 85 Iskaz armature stupa

Razmak vilica:

$$\begin{aligned} s_w &= b = 25 \text{ [cm]} \\ s_w &= 30 \text{ [cm]} \\ s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/21 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 12,96 \text{ [cm]} \rightarrow 12 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$\begin{aligned} a &= 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]} \\ a &= \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{278,62 \text{ [cm]}}{6} = 46,44 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$a = 47 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 18} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,8 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 65,22 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 18} = 66 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 18} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 18} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 18}) = 278,62 \text{ [cm]} + (2 \cdot 66 \text{ [cm]}) = 380,62 \text{ [cm]} = 4,57 \text{ [m]}$$

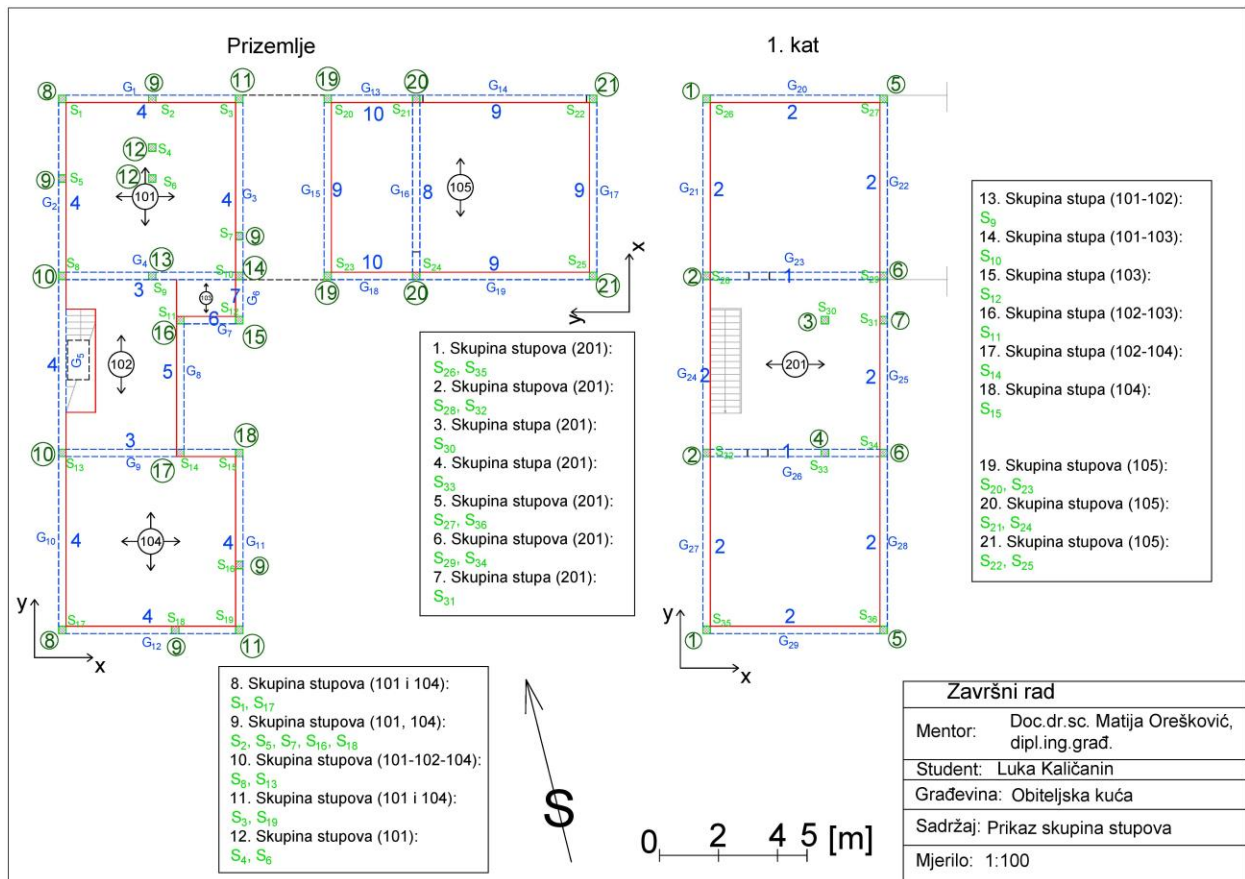
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]}}{12 \text{ [cm]}} + \frac{296,93 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 17,2 = 17 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\emptyset 8} = 144 \text{ [cm]}$$

7.6. Proračun stupova – 6. Skupina



Slika 86 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 55 \text{ [cm]} = 0,55 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 278,62 \text{ [cm]} = 2,79 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,55 \text{ [m]} \cdot 2,79 \text{ [m]} \\ &= 9,58 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 1):

$$R_{g,1}(B) = 174,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,1}(B) = 145,25 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + 2 \cdot R_{g,2}(A) + R_{g,1}(B) \\ &= 9,58 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} + 174,76 \text{ [kN]} \\ &= 311,44 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) + R_{q,1}(B) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} + 145,25 \text{ [kN]} \\ &= 254,19 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 311,44 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 254,19 \text{ [kN]} \\ &= 801,73 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 2. skupine stupova ($N_{ed} = 804,28 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,2 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$= 14,4 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/14 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,2 \text{ [cm]} \\ &= 8,64 \text{ [cm]} \rightarrow 8 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$\begin{aligned} a &= 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]} \\ a &= \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{278,62 \text{ [cm]}}{6} = 46,44 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$a = 47 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 12} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 43,48 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 12} = 44 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 12} = 12$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 12} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 12}) = 278,62 \text{ [cm]} + (2 \cdot 44 \text{ [cm]}) = 366,62 \text{ [cm]} = 3,67 \text{ [m]}$$

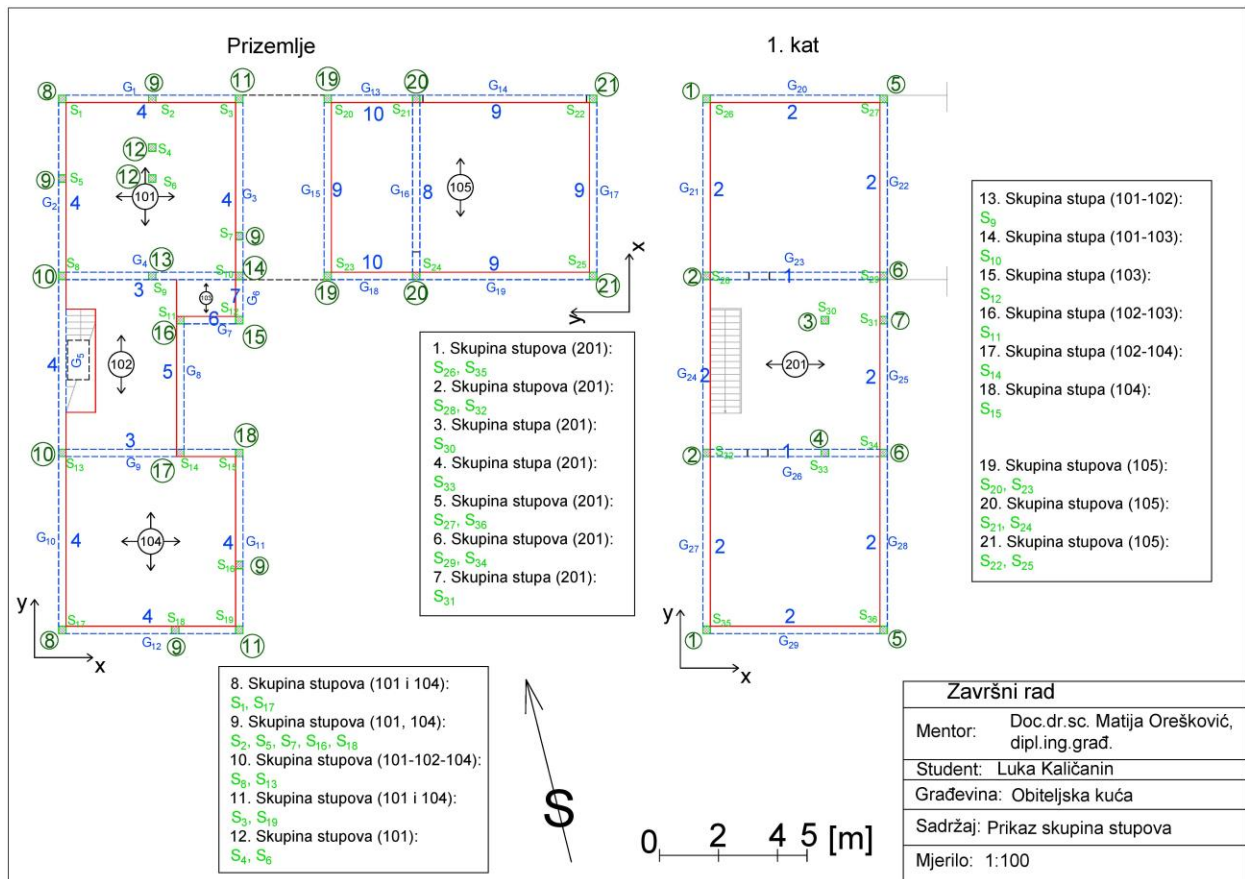
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]}}{8 \text{ [cm]}} + \frac{296,93 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]})}{14 \text{ [cm]}} \\ &= 25,79 = 25 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\phi 8} = 204 \text{ [cm]}$$

7.7. Proračun stupa – 7. Skupina



Slika 87 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 55 \text{ [cm]} = 0,55 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 278,62 \text{ [cm]} = 2,79 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,55 \text{ [m]} \cdot 2,79 \text{ [m]} \\ &= 9,58 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 2):

$$R_{g,2}(A) = 63,55 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,2}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_g &= g_{v1} + 2 \cdot R_{g,2}(A) \\ &= 9,58 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,55 \text{ [kN]} \\ &= 73,13 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_q &= 2 \cdot R_{q,2}(A) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 54,47 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned}N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 73,13 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 180,43 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned}M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 180,43 \text{ [kN]} \\ &= 19,85 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{55 \text{ [cm]}} = 0,06$$

$$v_{ed} = \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

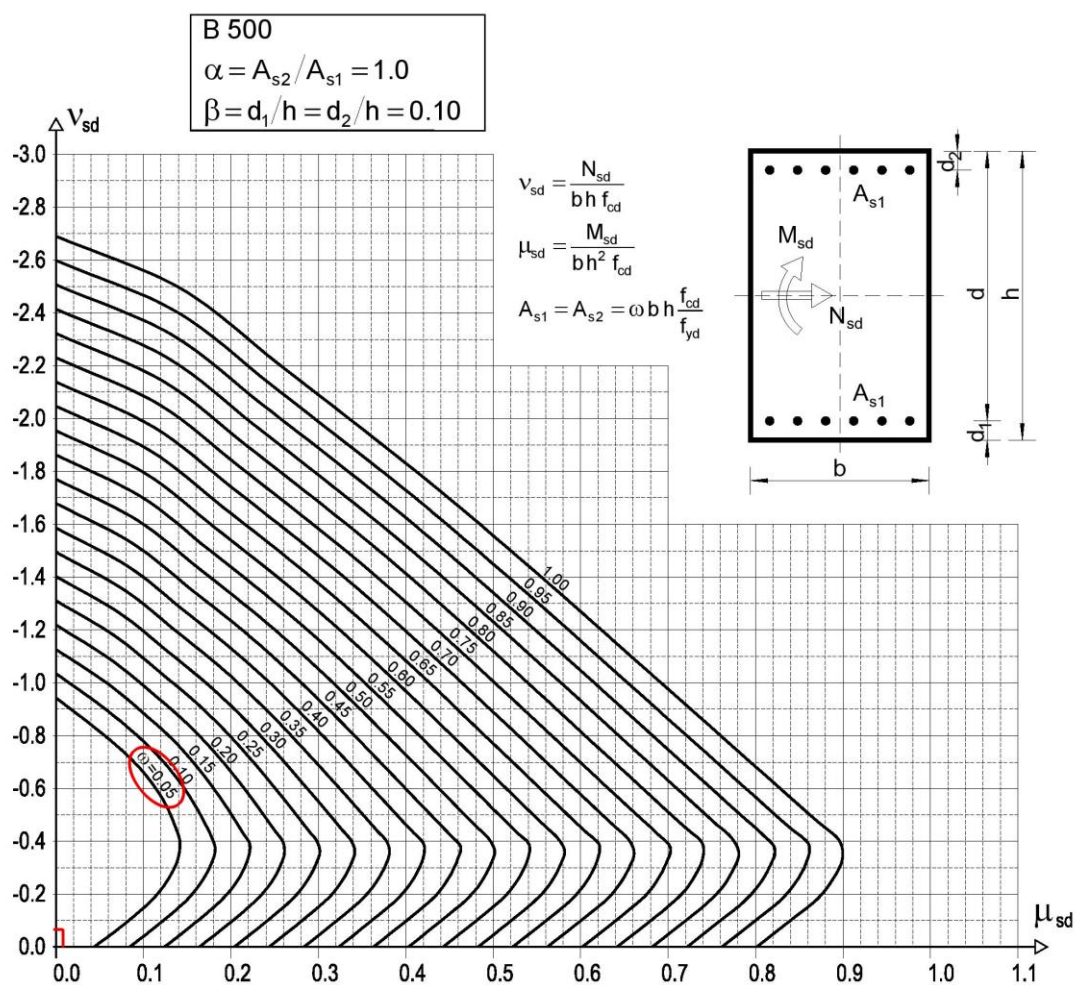
$$= \frac{180,43 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,07$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

$$= \frac{1985 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (55 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,01$$



Slika 88 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \\ &= 3,16 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 3,16 \text{ [cm}^2\text{]} + 3,16 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 6,32 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 55 \text{ [cm]} \\ &= 1375 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{6,32 \text{ [cm}^2\text{]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1375 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 2,75 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{180,43 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,41 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2,75 \text{ [cm}^2\text{]}$$

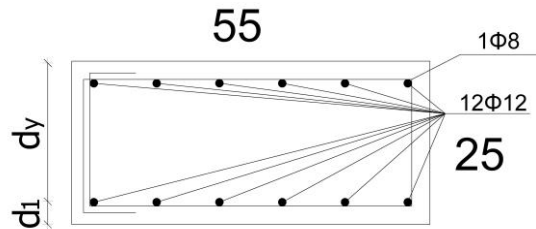
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1375 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 55 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$6\Phi 12, A_{s,od} = 6,79 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 6,79 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 6,32 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 89 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonse elemente:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{180,43 \text{ [kN]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{6,79 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1375 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\ &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\ &= 1,1 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
C &= 1,7 - r_m \\
&= 1,7 - 1 \\
&= 0,7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\
&= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,36 \cdot 0,7}{\sqrt{0,07}} \\
&= 48,7
\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{l_0}{\frac{h}{2\sqrt{3}}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 \text{ [cm]}}{55 \text{ [cm]}} = 17,55$$

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}
s_w &= 12 \cdot \phi_s \\
&= 12 \cdot 1,2 \text{ [cm]} \\
&= 14,4 \text{ [cm]}
\end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/14 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}
s_{w,1} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\
&= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,2 \text{ [cm]} \\
&= 8,64 \text{ [cm]} \rightarrow 8 \text{ [cm]}
\end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{stupa}}{6} = \frac{278,62 \text{ [cm]}}{6} = 46,44 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 47 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 12} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 43,48 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 12} = 44 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\Phi 12} = 12$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\Phi 12} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\Phi 12}) = 278,62 \text{ [cm]} + (2 \cdot 44 \text{ [cm]}) = 366,62 \text{ [cm]} = 3,67 \text{ [m]}$$

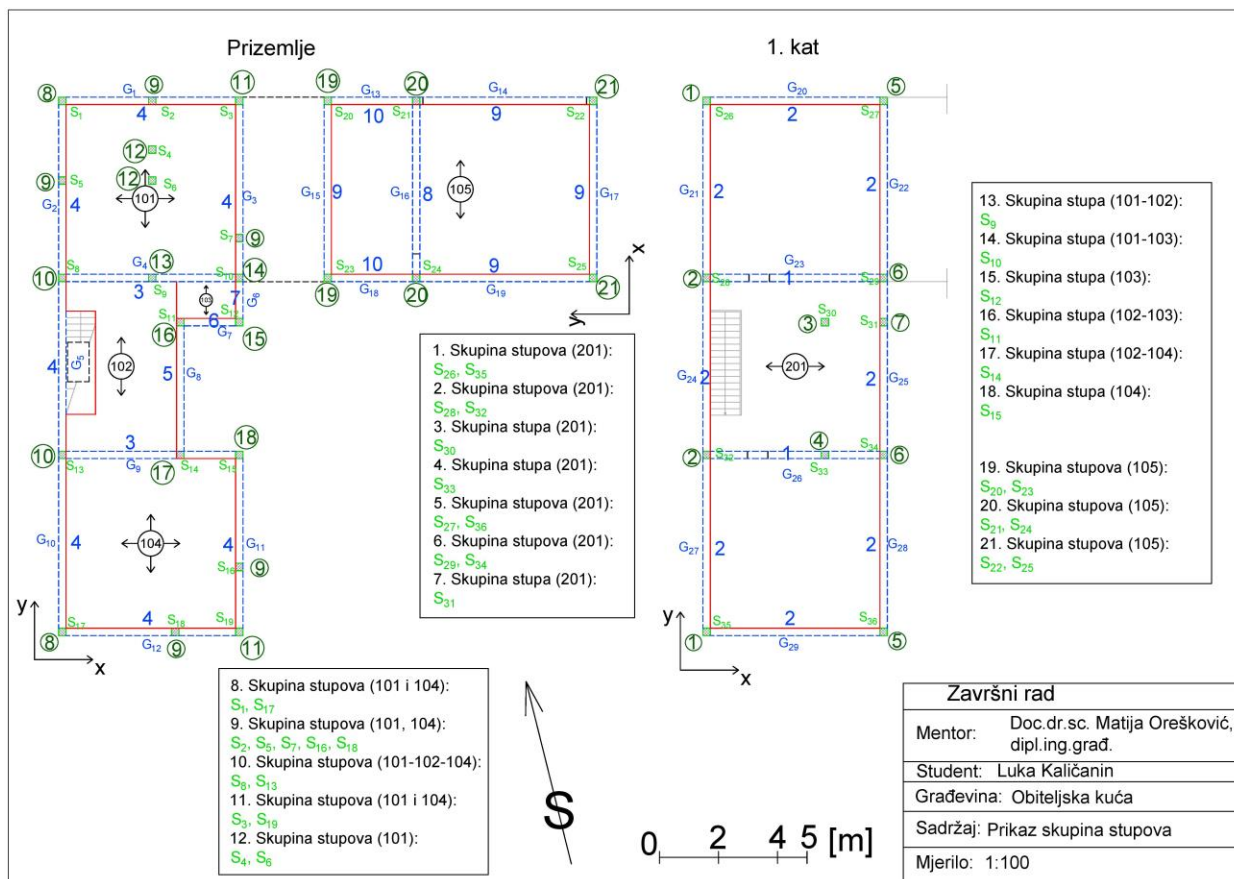
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\Phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]}}{8 \text{ [cm]}} + \frac{278,62 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 47 \text{ [cm]})}{14 \text{ [cm]}} \\ &= 25,79 = 25 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\Phi 8} = 204 \text{ [cm]}$$

7.8. Proračun stupova – 8. Skupina



Slika 90 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 50 \text{ [cm]} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 3,6 \text{ [m]} \\ &= 9,56 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,1} = 135,44 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,1} = 108,94 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + 2 \cdot R_{g,4}(A) + N_{g,1} \\ &= 9,56 \text{ [kN]} + 2 \cdot 94,09 \text{ [kN]} + 135,44 \text{ [kN]} \\ &= 333,18 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,4}(A) + N_{q,1} \\ &= 2 \cdot 35,71 \text{ [kN]} + 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 180,36 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 333,18 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 180,36 \text{ [kN]} \\ &= 720,34 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned} M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 720,34 \text{ [kN]} \\ &= 79,24 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

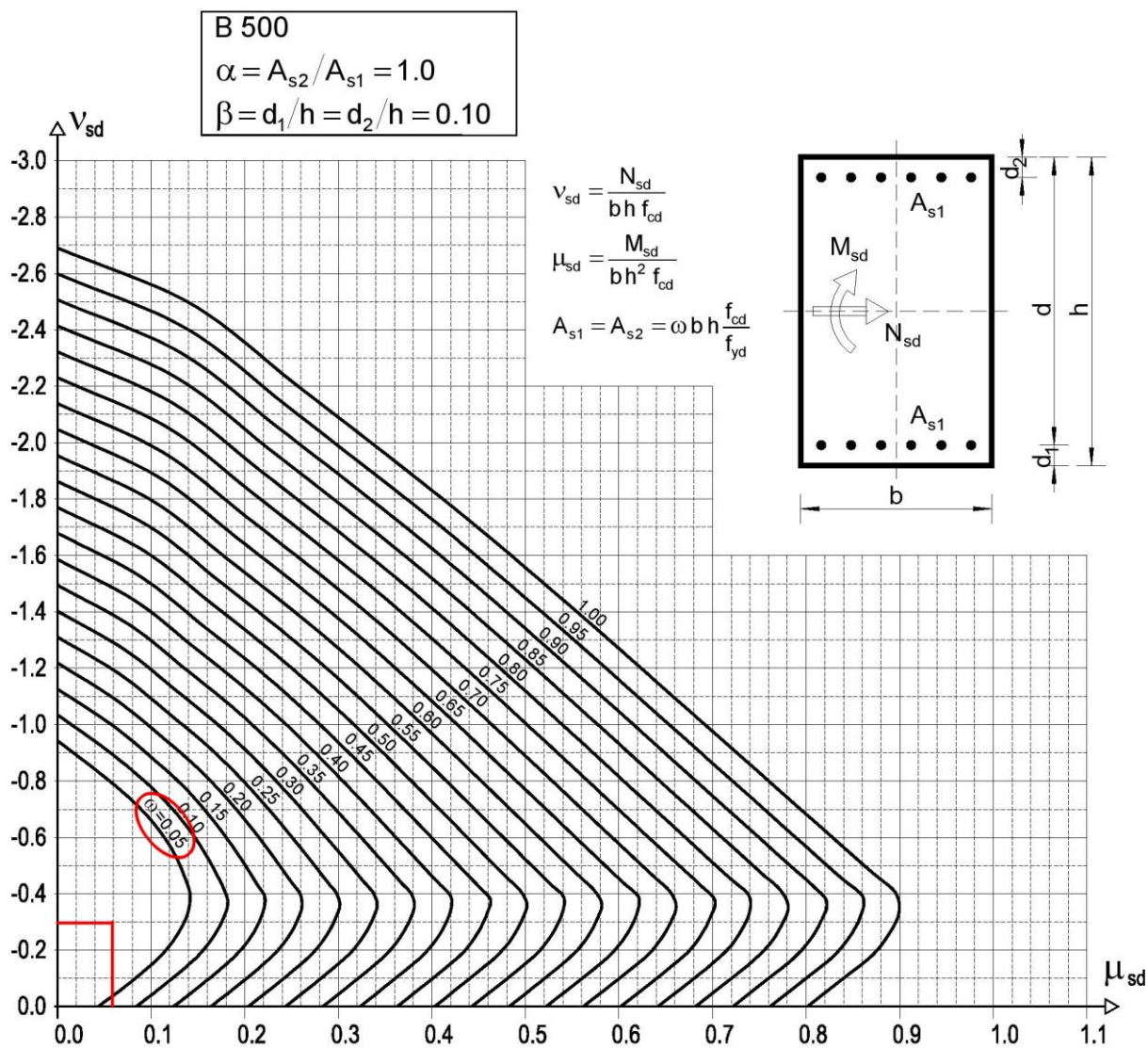
$$\begin{aligned} d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{50 \text{ [cm]}} = 0,07$$

$$\begin{aligned}v_{ed} &= \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{720,34 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,29\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{ed} &= \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{7924 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (50 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,06\end{aligned}$$



Slika 91 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}
 A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \\
 &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 2,87 \text{ [cm}^2\text{]} + 2,87 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 5,75 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 50 \text{ [cm]} \\ &= 1250 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{5,75 \text{ [cm}^2\text{]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1250 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{720,34 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 1,66 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

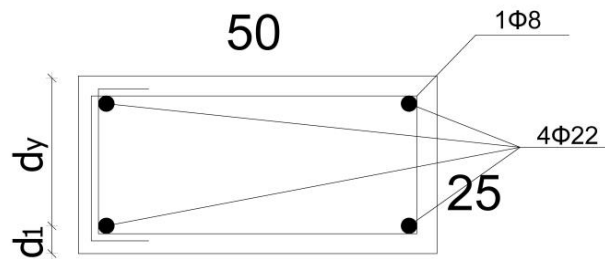
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1250 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 50 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 22, A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 5,75 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 92 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{720,34 \text{ [kN]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{7,6 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,13
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\
 &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\
 &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,13} \\
 &= 1,12
 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
 C &= 1,7 - r_m \\
 &= 1,7 - 1 \\
 &= 0,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{lim}} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,12 \cdot 0,7}{\sqrt{0,29}} \\ &= 23,46\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{h^2}} = \frac{l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 \text{ [cm]}}{40 \text{ [cm]}} = 21,2$$

$$\lambda < \lambda_{\text{lim}}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned}s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\ &= 14,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/14 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\ &= 8,64 \text{ [cm]} \rightarrow 8 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabir duljine pogašćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{278,62 \text{ [cm]}}{6} = 51 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 51 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned}l_{b,\phi 22} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 79,71 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 22} = 80 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 22} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 22} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 22}) = 306 \text{ [cm]} + (2 \cdot 44 \text{ [cm]}) = 466 \text{ [cm]} = 4,66 \text{ [m]}$$

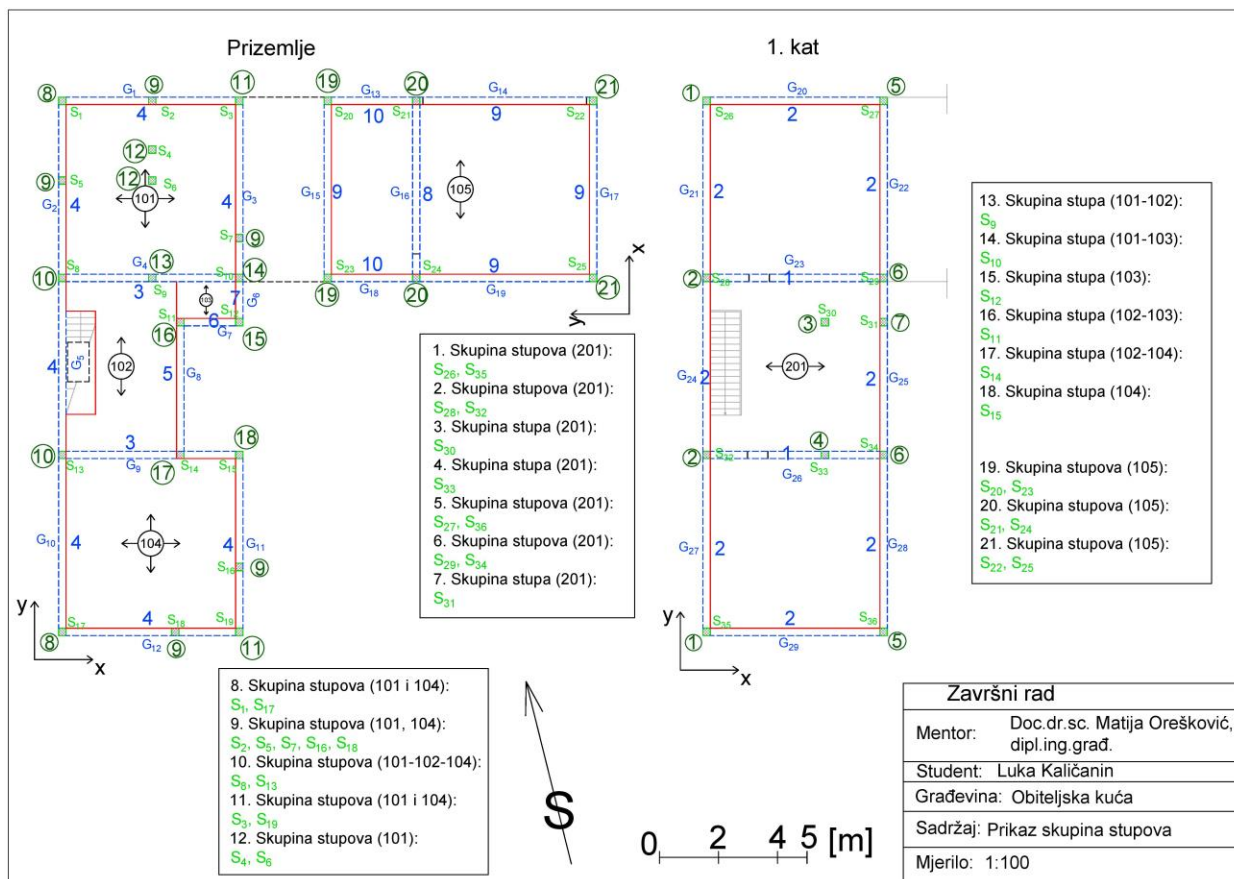
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned}N_{\phi 8} &= \frac{2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{2 \cdot 51 \text{ [cm]}}{8 \text{ [cm]}} + \frac{306 \text{ [cm]} - (2 \cdot 51 \text{ [cm]})}{14 \text{ [cm]}} \\ &= 28,18 = 28 \text{ komada}\end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\phi 8} = 164 \text{ [cm]}$$

7.9. Proračun stupova – 9. Skupina



Slika 93 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 7,65 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_g &= g_{vl} + 2 \cdot R_{g,4}(A) \\ &= 7,65 \text{ [kN]} + 2 \cdot 94,09 \text{ [kN]} \\ &= 101,74 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned}N_q &= 2 \cdot R_{q,4}(A) \\ &= 2 \cdot 35,71 \text{ [kN]} \\ &= 35,71 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned}N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 101,74 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 35,71 \text{ [kN]} \\ &= 190,91 \text{ [kN]}\end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned}M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 190,91 \text{ [kN]} \\ &= 21 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{nom} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{40 \text{ [cm]}} = 0,09$$

$$v_{ed} = \frac{N_{ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}}$$

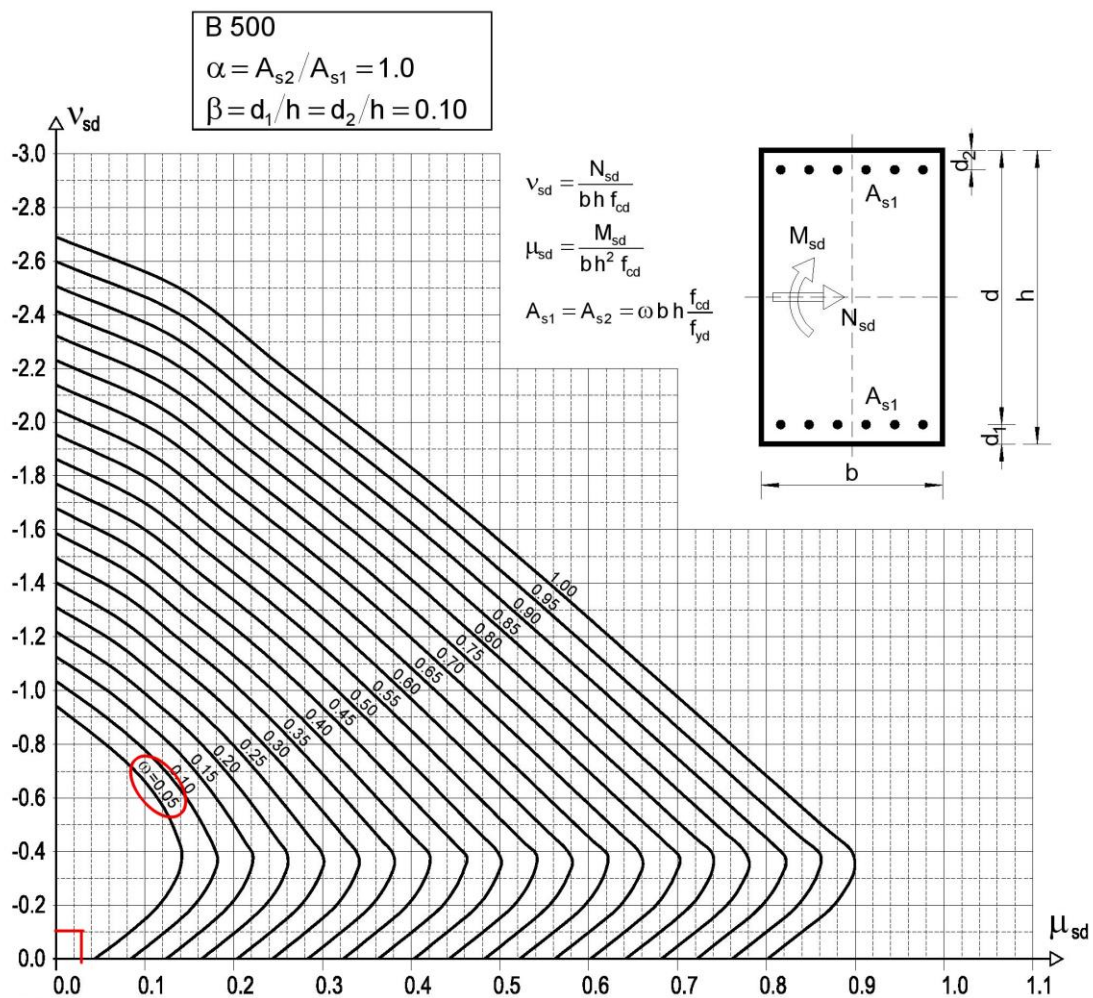
$$= \frac{190,91 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,1$$

$$\mu_{ed} = \frac{M_{ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}}$$

$$= \frac{21 \text{ [kNm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (40 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}$$

$$= 0,03$$



Slika 94 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

*M. Orešković : Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [cm]} \\ &= 2,3 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 2,3 \text{ [cm}^2\text{]} + 2,3 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 4,6 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 40 \text{ [cm]} \\ &= 1000 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{4,6 \text{ [cm}^2\text{]}}{1000 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1000 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{190,91 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 2 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} \geq 2,5 \text{ [cm}^2\text{]}$$

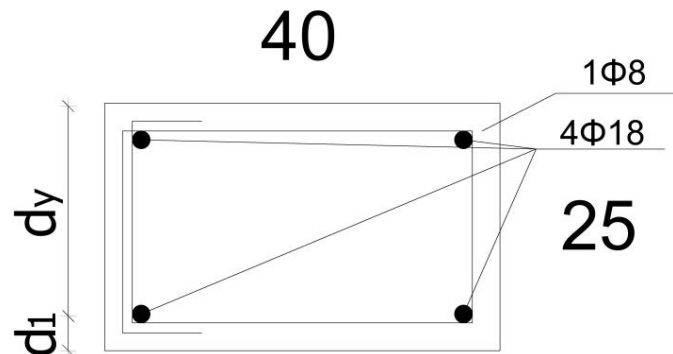
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1000 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 40 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 18, A_{s,od} = 5,09 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 5,09 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 4,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 95 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned} n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{190,91 \text{ [kN]}}{1000 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\ &= \frac{5,09 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1000 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\ &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\ &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,11} \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned} C &= 1,7 - r_m \\ &= 1,7 - 1 \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,11 \cdot 0,7}{\sqrt{0,1}} \\ &= 40,06 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{h^2}{12}}} = \frac{l_0}{\frac{h}{2\sqrt{3}}} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 306 [cm]}{40 [cm]} = 26,5$$

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 [cm]$$

$$s_w = 30 [cm]$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,8 [cm] \\ &= 21,6 [cm] \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/21 [cm]$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 [cm] \\ &= 8 [cm] \rightarrow 8 [cm] \end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{306 \text{ [cm]}}{6} = 51 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 51 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 18} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 65,22 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 18} = 66 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 18} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 18} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 18}) = 306 \text{ [cm]} + (2 \cdot 66 \text{ [cm]}) = 438 \text{ [cm]} = 4,38 \text{ [m]}$$

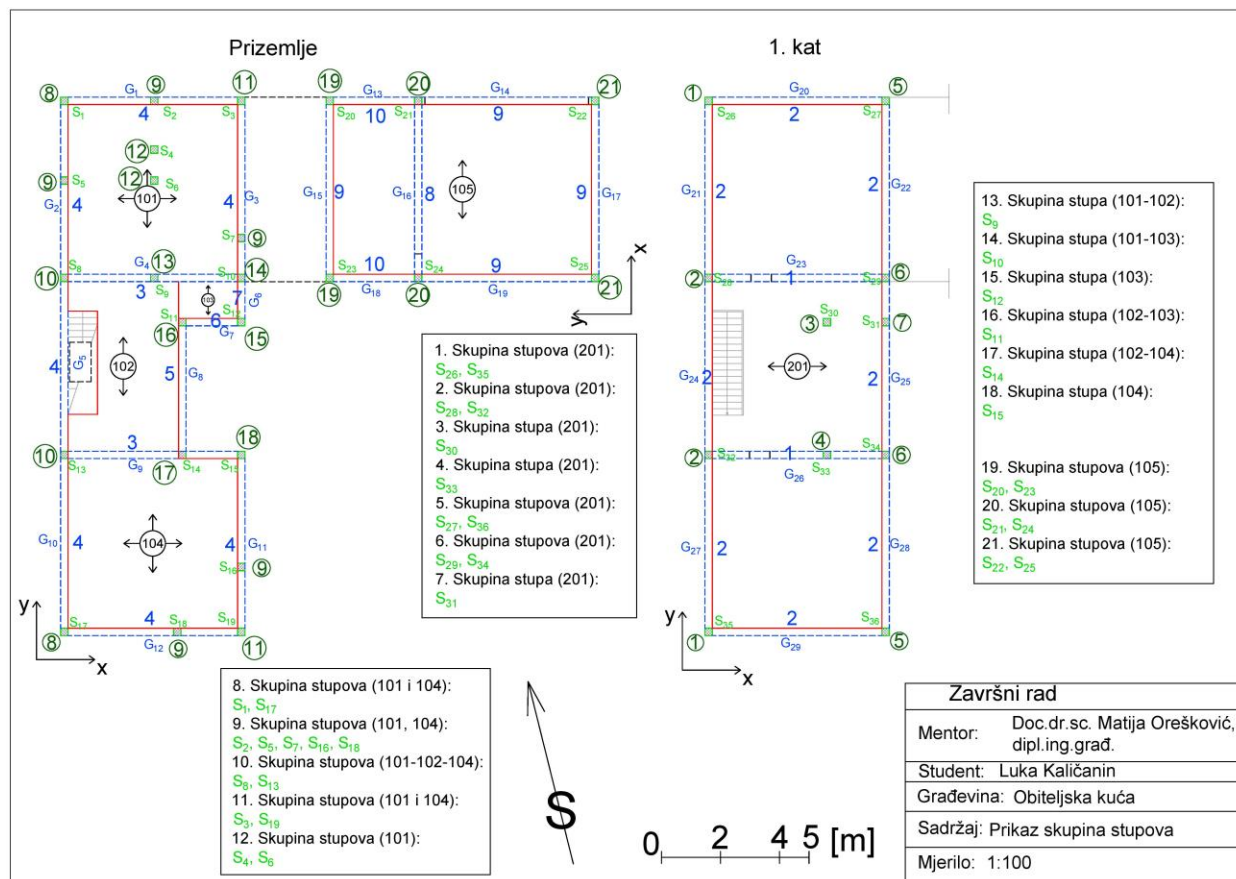
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\phi 8} &= \frac{2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{2 \cdot 51 \text{ [cm]}}{8 \text{ [cm]}} + \frac{306 \text{ [cm]} - (2 \cdot 51 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 22,27 = 22 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\phi 8} = 164 \text{ [cm]}$$

7.10. Proračun stupova – 10. Skupina



Slika 96 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 650 \text{ [cm]} = 0,65 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,65 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 3):

$$R_{g,3}(B) = 258,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,2} = 313,33 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,2} = 254,19 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + R_{g,3}(B) + 2 \cdot R_{g,4}(A) + N_{g,1} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} + 258,76 \text{ [kN]} + 2 \cdot 94,09 \text{ [kN]} + 313,33 \text{ [kN]} \\ &= 772,7 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= N_{q,2} + 2 \cdot R_{q,4}(A) + N_{q,1} \\ &= 254,19 + 2 \cdot 35,71 \text{ [kN]} + 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 420,83 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 772,7 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 420,83 \text{ [kN]} \\ &= 1674,39 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Moment potresa:

$$\begin{aligned} M_{ed} &= a_{475g} \cdot N_{ed(S1)} \\ &= 0,11 \cdot 1674,39 \text{ [kN]} \\ &= 184,18 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$

Dimenzije i opterećenja:

$$\Phi_w \geq 8 \text{ [mm]}$$

Efektivna visina presjeka:

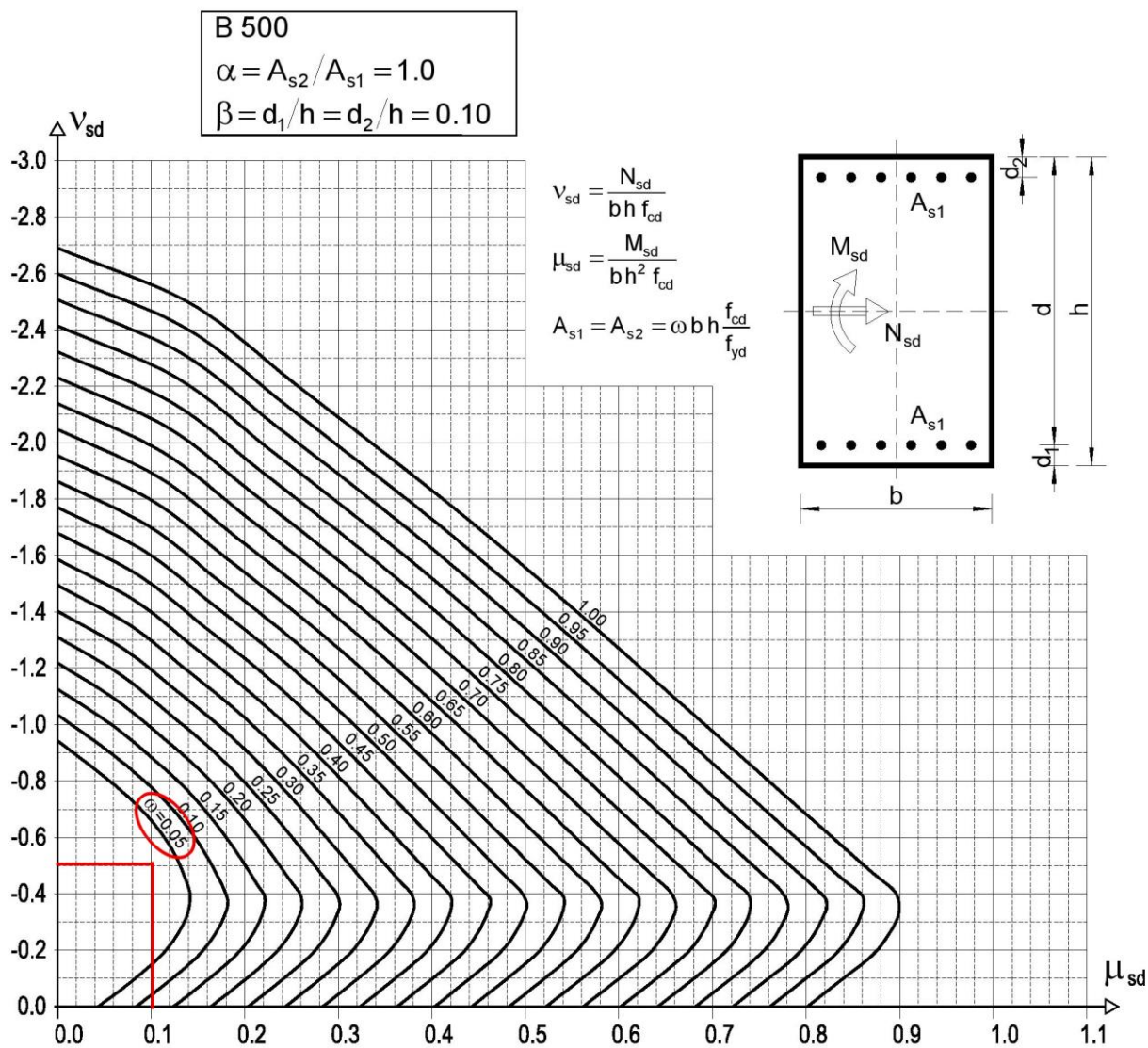
$$\begin{aligned}d_1 = d_2 &= c_{\text{nom}} + \Phi_w + \frac{\Phi_s}{2} \\ &= 20 \text{ [mm]} + 8 \text{ [mm]} + \frac{12 \text{ [mm]}}{2} \\ &= 34 \text{ [mm]} = 3,4 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y = d_x &= b_w - d_1 \\ &= 25 \text{ [cm]} - 3,4 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

$$\beta = \frac{d_1}{h} = \frac{3,4 \text{ [cm]}}{65 \text{ [cm]}} = 0,05$$

$$\begin{aligned}v_{\text{ed}} &= \frac{N_{\text{ed}}}{b \cdot h \cdot f_{\text{cd}}} \\ &= \frac{1674,39 \text{ [kN]}}{25 \text{ [cm]} \cdot 65 \text{ [cm]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,52\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{ed}} &= \frac{M_{\text{ed}}}{b \cdot h^2 \cdot f_{\text{cd}}} \\ &= \frac{18418 \text{ [kNcm]}}{25 \text{ [cm]} \cdot (65 \text{ [cm]})^2 \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 0,09\end{aligned}$$



Slika 97 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka*

Čitav presjek uzdužne armature:

$$\begin{aligned}
 A_{s1} = A_{s2} &= \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h \\
 &= 0,05 \cdot \frac{2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \cdot 25 \text{ [cm]} \cdot 65 \text{ [cm]} \\
 &= 3,74 \text{ [cm}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

*M. Orešković : *Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.*

$$\begin{aligned}A_{s,uk} &= A_{s1} + A_{s2} \\ &= 3,74 \text{ [cm}^2\text{]} + 3,74 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &= 7,47 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_c &= b \cdot h \\ &= 25 \text{ [cm]} \cdot 65 \text{ [cm]} \\ &= 1625 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{A_{s,uk}}{A_c} &= \frac{7,47 \text{ [cm}^2\text{]}}{1625 \text{ [cm}^2\text{]}} \\ &= 0,46 \text{ [%]}\end{aligned}$$

Minimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,min} &\geq 0,002 \cdot A_c \\ &\geq 0,002 \cdot 1625 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\geq 3,25 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s,min} &= 0,1 \cdot \frac{N_{ed}}{f_{yd}} \\ &= 0,1 \cdot \frac{1674,39 \text{ [kN]}}{43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 3,85 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Mjerodavno:

$$A_{s,min} = 3,85 \text{ [cm}^2\text{]}$$

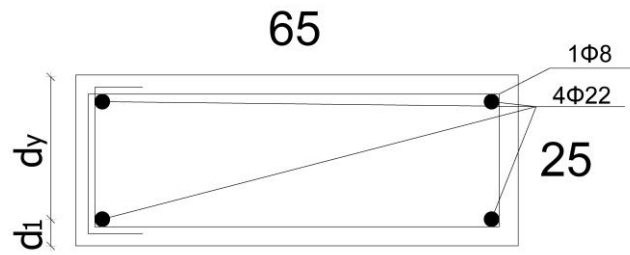
Maksimalna uzdužna armatura:

$$\begin{aligned}A_{s,max} &\leq 0,04 \cdot A_c \\ &\leq 0,04 \cdot 1625 \text{ [cm}^2\text{]} \\ &\leq 65 \text{ [cm}^2\text{]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$2\Phi 22, A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s,od} = 7,6 \text{ [cm}^2\text{]} > A_{s,uk} = 7,47 \text{ [cm}^2\text{]}$$



Slika 98 Iskaz armature stupa

Kriterij vitkosti za izdvojene armiranobetonske elemente:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{1674,39 \text{ [kN]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{A_{s,od} \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} \\
 &= \frac{7,6 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{1250 \text{ [cm}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \Phi_{ef}} \\
 &= \frac{1}{1 + 0,2 \cdot 1,25} \\
 &= 0,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \sqrt{1 + 2 \cdot \omega} \\
 &= \sqrt{1 + 2 \cdot 0,1} \\
 &= 1,1
 \end{aligned}$$

$$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = 1$$

$$\begin{aligned}
C &= 1,7 - r_m \\
&= 1,7 - 1 \\
&= 0,7
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_{lim} &= \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \\
&= \frac{20 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,29}} \\
&= 17,12
\end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{I}{A_c}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_0}{\sqrt{h^2}} = \frac{l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot l_0}{h} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 333,6 [cm]}{40 [cm]} = 16,31$$

$$\lambda < \lambda_{lim}$$

→ Utjecaji drugog reda se mogu zanemariti.

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 [cm]$$

$$s_w = 30 [cm]$$

$$\begin{aligned}
s_w &= 12 \cdot \phi_s \\
&= 12 \cdot 2,2 [cm] \\
&= 26,4 [cm]
\end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/25 [cm]$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}
s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\
&= 0,6 \cdot 12 \cdot 2,2 [cm] \\
&= 15,84 [cm] \rightarrow 15 [cm]
\end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 [cm] = 37,5 [cm]$$

$$a = \frac{H_{stupa}}{6} = \frac{306 [cm]}{6} = 51 [cm]$$

Odabrano:

$$a = 51 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$\begin{aligned} l_{b,\Phi 22} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 79,71 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\Phi 22} = 80 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\Phi 22} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\Phi 22} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\Phi 22}) = 306 \text{ [cm]} + (2 \cdot 80 \text{ [cm]}) = 466 \text{ [cm]} = 4,66 \text{ [m]}$$

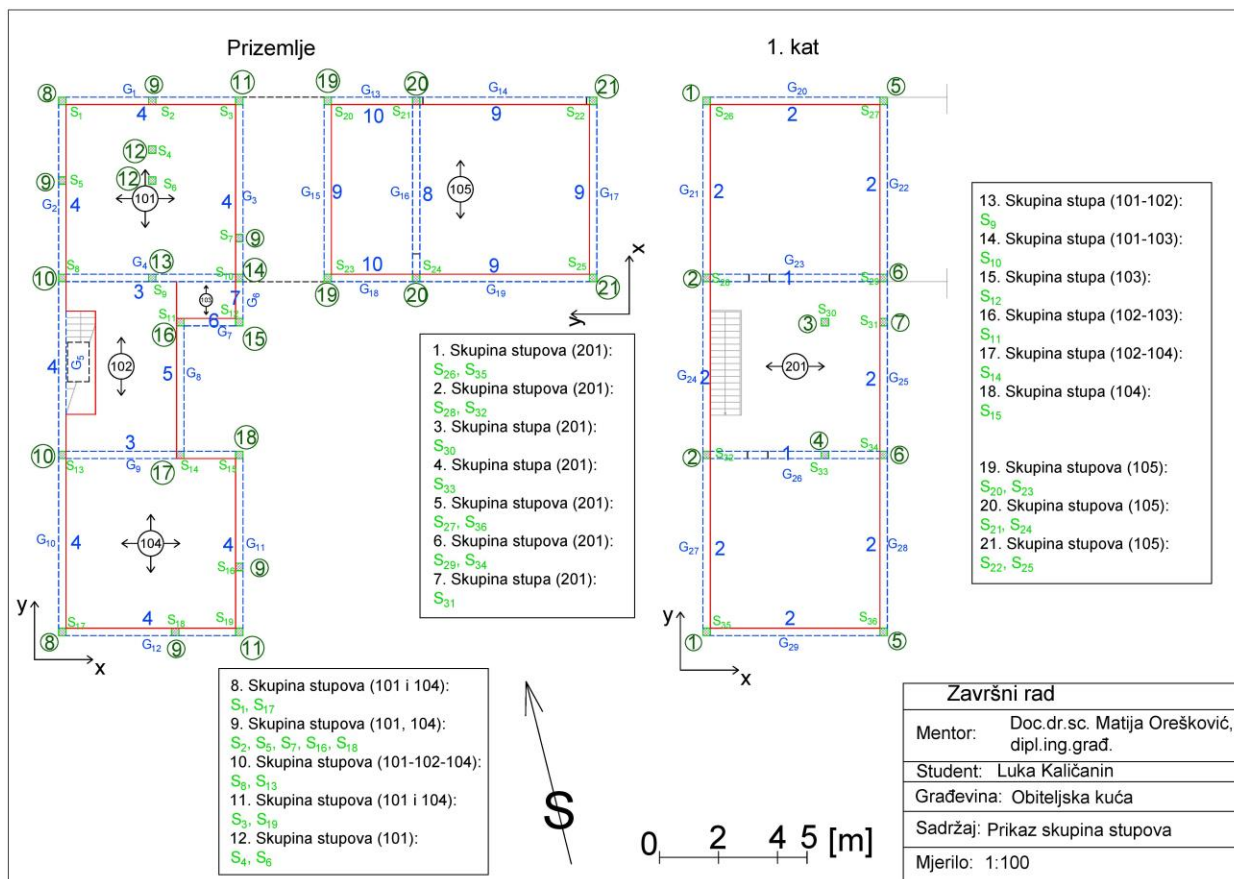
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\Phi 8} &= \frac{2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{2 \cdot 51 \text{ [cm]}}{15 \text{ [cm]}} + \frac{306 \text{ [cm]} - (2 \cdot 51 \text{ [cm]})}{25 \text{ [cm]}} \\ &= 15,39 = 15 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\Phi 8} = 192 \text{ [cm]}$$

7.11. Proračun stupova – 11. Skupina



Slika 99 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 50 \text{ [cm]} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 3,6 \text{ [m]} \\ &= 9,56 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,5} = 134,07 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,5} = 108,94 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + 2 \cdot R_{g,4}(A) + N_{g,5} \\ &= 9,56 \text{ [kN]} + 2 \cdot 94,09 \text{ [kN]} + 134,07 \text{ [kN]} \\ &= 331,81 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

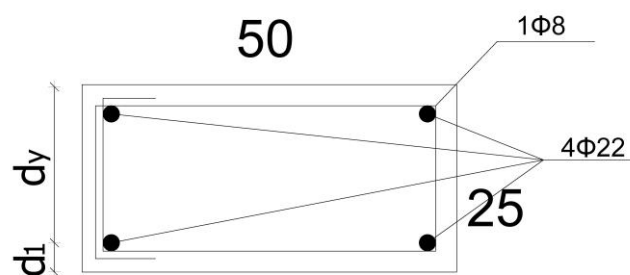
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,4}(A) + N_{q,1} \\ &= 2 \cdot 35,71 \text{ [kN]} + 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 180,36 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

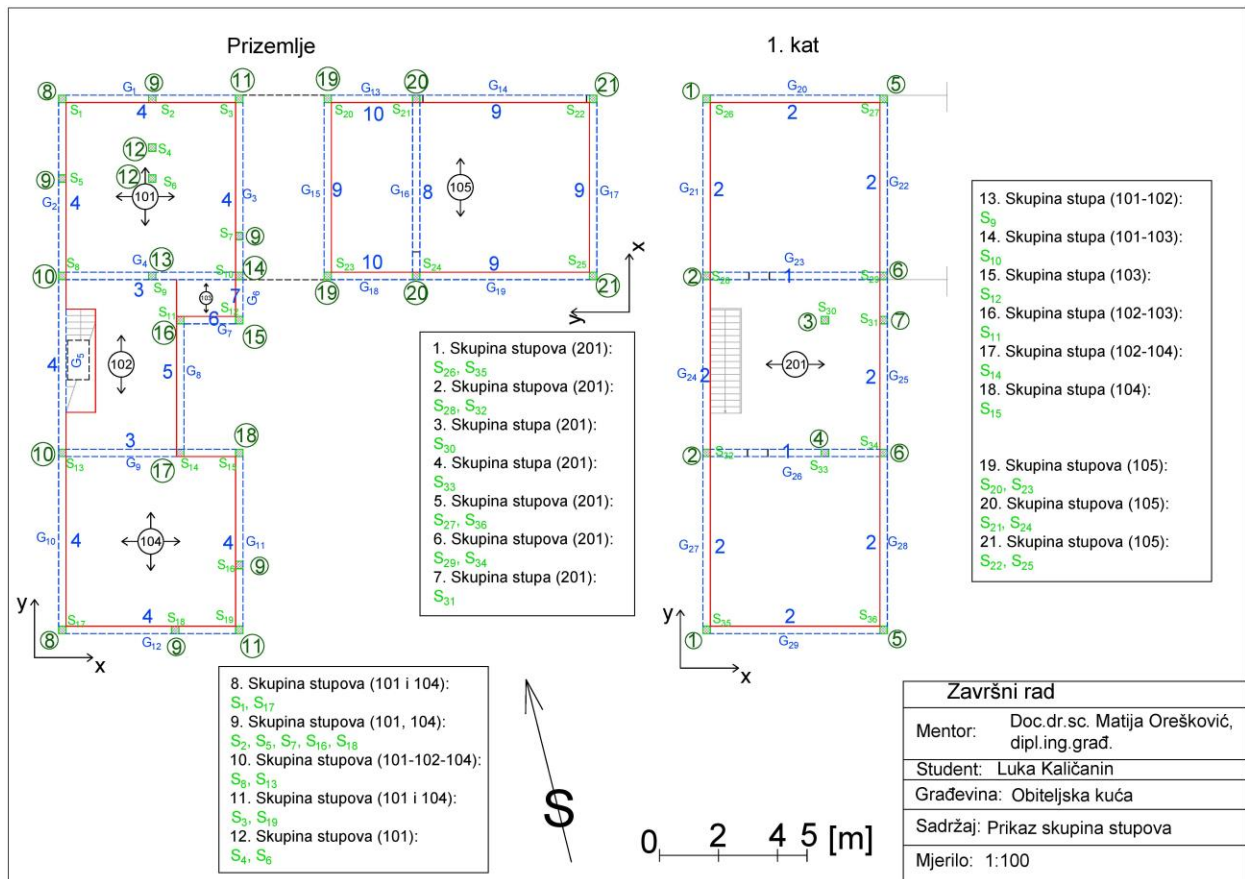
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 331,81 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 180,36 \text{ [kN]} \\ &= 718,49 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 720,34 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 100 Iskaz armature stupa

7.12. Proračun stupova – 12. Skupina



Slika 101 Prikaz skupina stupova

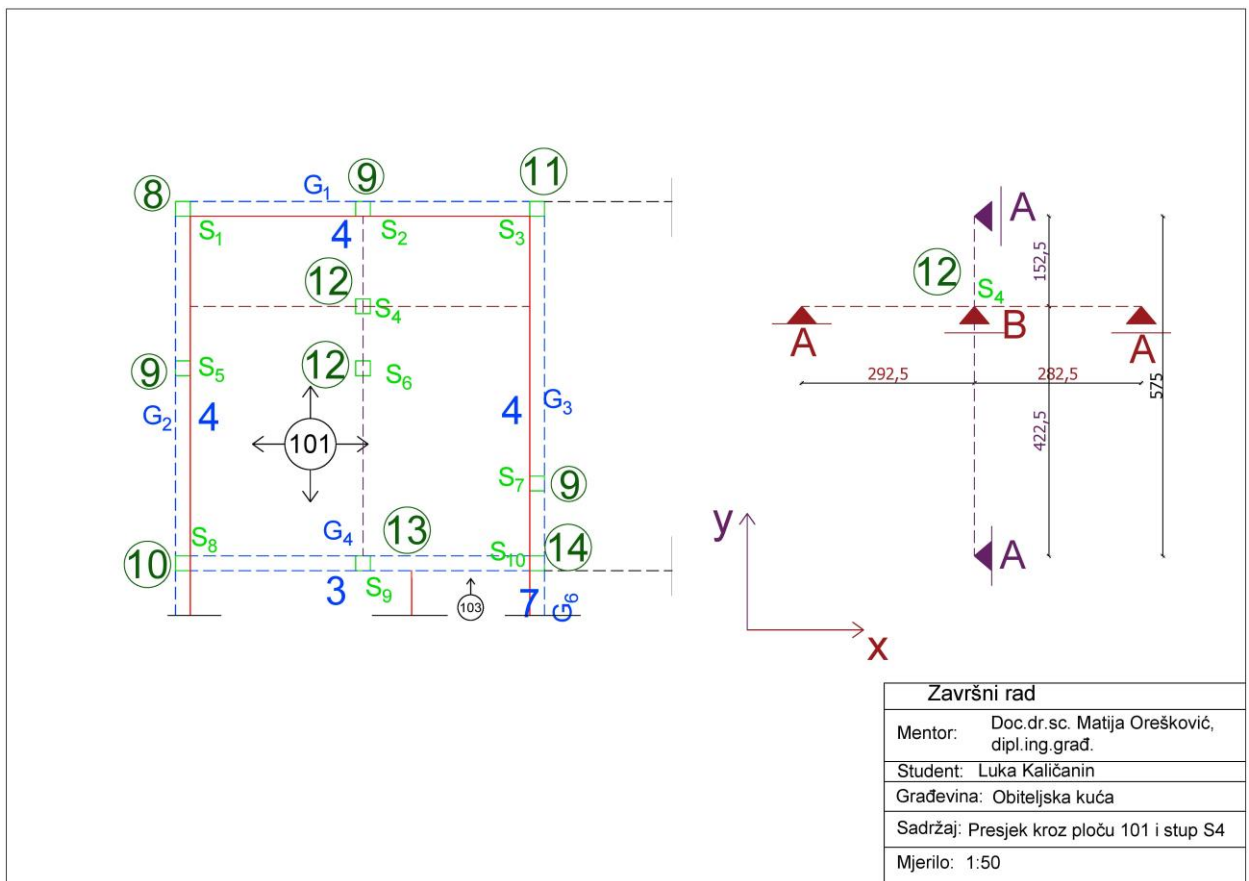
Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = h = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 4,78 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

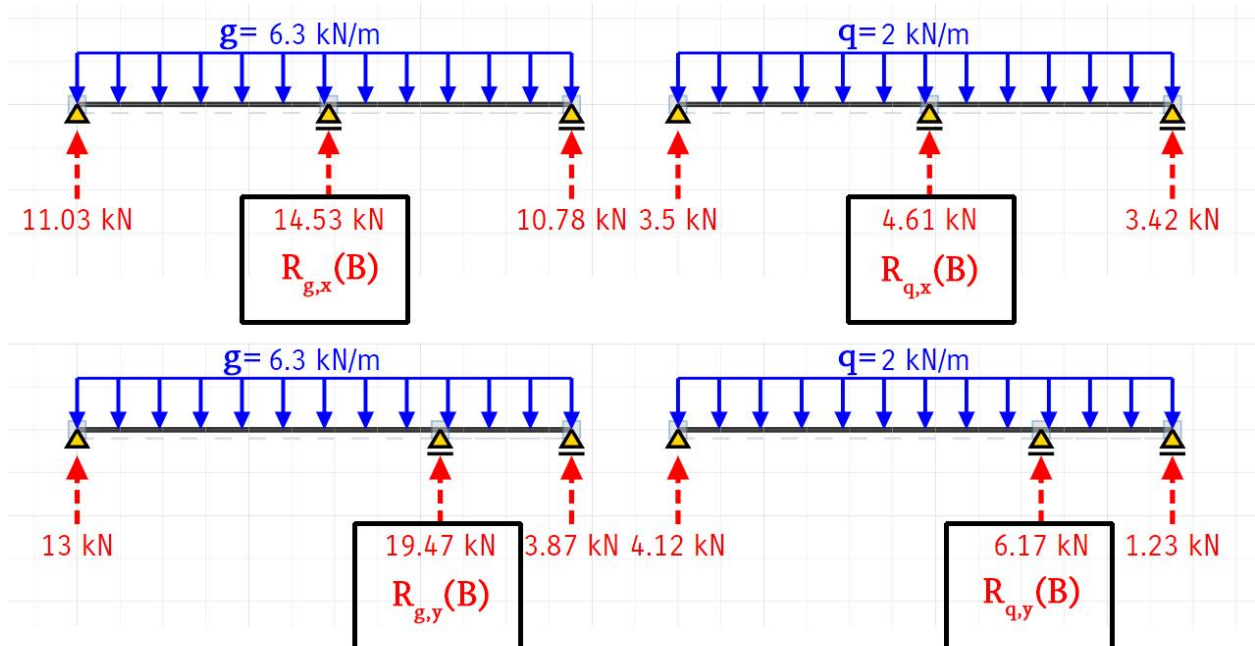


Slika 102 Presjek kroz ploču 201 i stup S30

Analiza opterećenja grede:

$g = 6,31 \text{ [kN/m]}$

$q = 2 \text{ [kN/m]}$



Slika 103 Prikaz opterećenja i reakcija ležaja (stupa) kroz presjeke

Ležaj B:**Reakcije:**

$$R_{g,x}(B) = 14,53 \text{ [kN]}$$

$$R_{g,y}(B) = 19,47 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,x}(B) = 4,61 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,y}(B) = 6,17 \text{ [kN]}$$

$$\begin{aligned} R_g(B) &= R_{g,x}(B) + R_{g,y}(B) \\ &= 14,53 \text{ [kN]} + 19,47 \text{ [kN]} \\ &= 34 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_q(B) &= R_{q,x}(B) + R_{q,y}(B) \\ &= 4,61 \text{ [kN]} + 6,17 \text{ [kN]} \\ &= 10,78 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + R_g(B) \\ &= 4,78 \text{ [kN]} + 34 \text{ [kN]} \\ &= 38,78 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

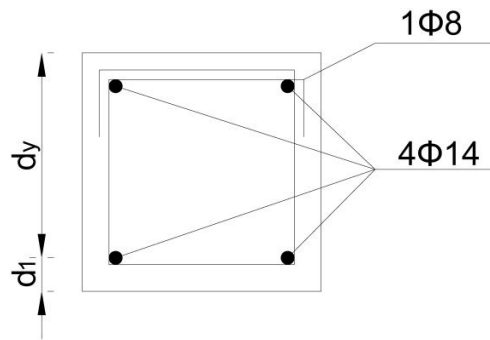
Pokretno opterećenje:

$$N_q = R_q(B) = 10,78 \text{ [kN]}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 38,78 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 10,78 \text{ [kN]} \\ &= 68,52 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 3. skupine stupova ($N_{ed} = 67,24 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 104 Iskaz armature stupa

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,4 \text{ [cm]} \\ &= 16,8 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8 / 16 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,4 \text{ [cm]} \\ &= 10,08 \text{ [cm]} \rightarrow 10 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine pogušćivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{306 \text{ [cm]}}{6} = 51 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 51 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:

Za beton klase C30/37:

$$l_{b,\phi 14} = 51 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\emptyset 14} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\emptyset 14} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b, \emptyset 14}) = 306 \text{ [cm]} + (2 \cdot 51 \text{ [cm]}) = 408 \text{ [cm]} = 4,08 \text{ [m]}$$

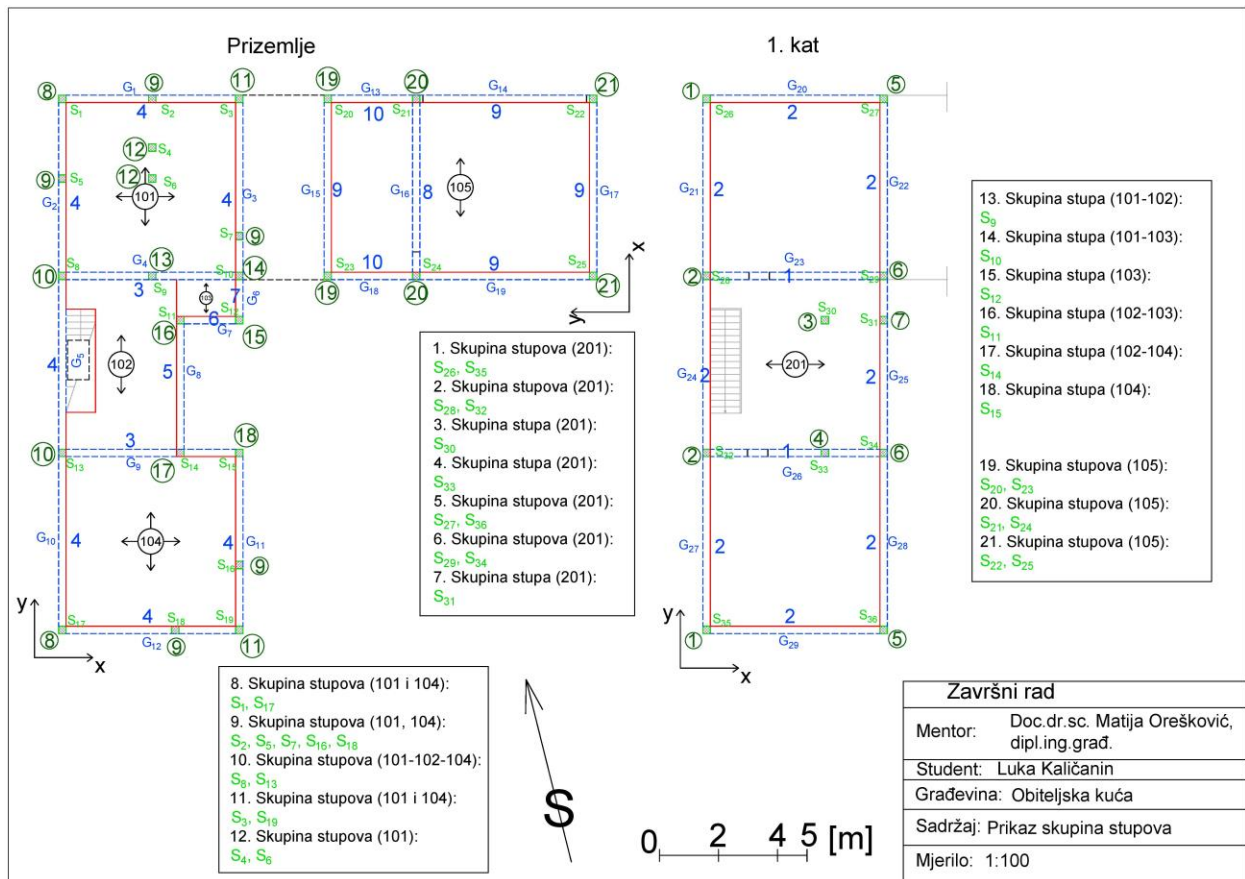
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\emptyset 8} &= 2 \cdot \frac{a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - 2 \cdot a}{s_w} \\ &= 2 \cdot \frac{51 \text{ [cm]}}{10 \text{ [cm]}} + \frac{306 \text{ [cm]} - 2 \cdot 51 \text{ [cm]}}{16 \text{ [cm]}} \\ &= 23,55 = 23 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\emptyset 8} = 113,6 \text{ [cm]}$$

7.13. Proračun stupa – 13. Skupina



Slika 105 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 50 \text{ [cm]} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 9,56 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 3):

$$R_{g,3}(B) = 258,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,3}(B) \\ &= 9,56 \text{ [kN]} + 258,76 \text{ [kN]} \\ &= 268,32 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

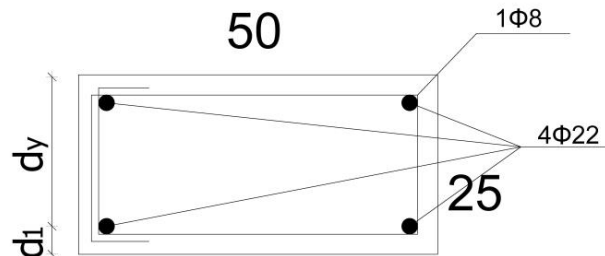
Pokretno opterećenje:

$$N_q = R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Računsko opterećenje:

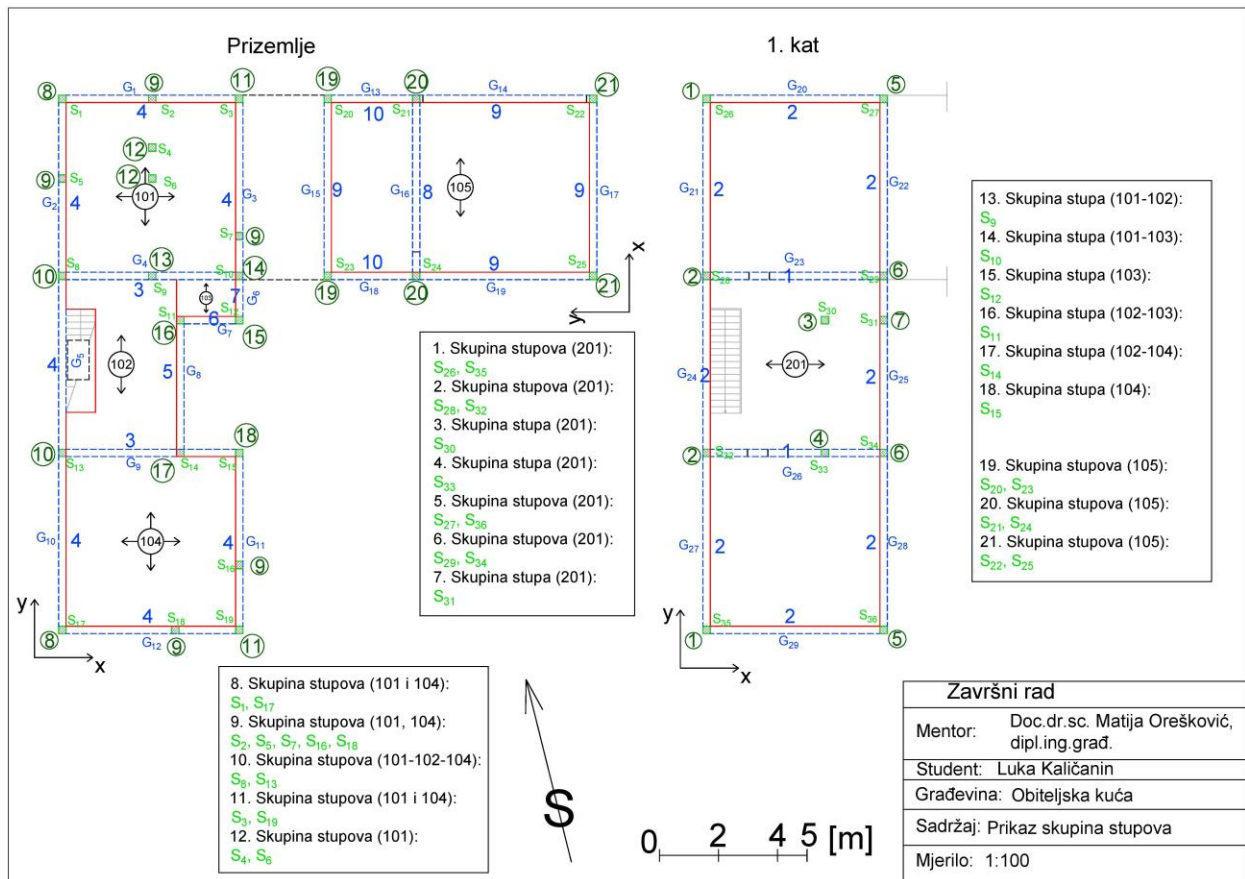
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 268,32 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 95,22 \text{ [kN]} \\ &= 505,7 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 720,34 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 106 Iskaz armature stupa

7.14. Proračun stupa – 14. Skupina



Slika 107 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 650 \text{ [cm]} = 0,65 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,65 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 3):

$$R_{g,3}(B) = 258,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 7):

$$R_{g,7}(A) = 3,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,7}(A) = 0,78 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,6} = 311,44 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,6} = 254,19 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,3}(B) + R_{g,4}(A) + R_{g,7}(A) + N_{g,6} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} + 258,76 \text{ [kN]} + 94,09 \text{ [kN]} + 3,09 \text{ [kN]} + 311,44 \text{ [kN]} \\ &= 679,81 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

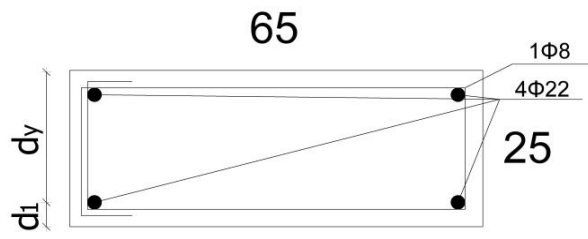
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,3}(B) + R_{q,4}(A) + R_{q,7}(A) + N_{q,6} \\ &= 95,22 + 35,71 \text{ [kN]} + 0,78 \text{ [kN]} + 254,19 \text{ [kN]} \\ &= 385,9 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

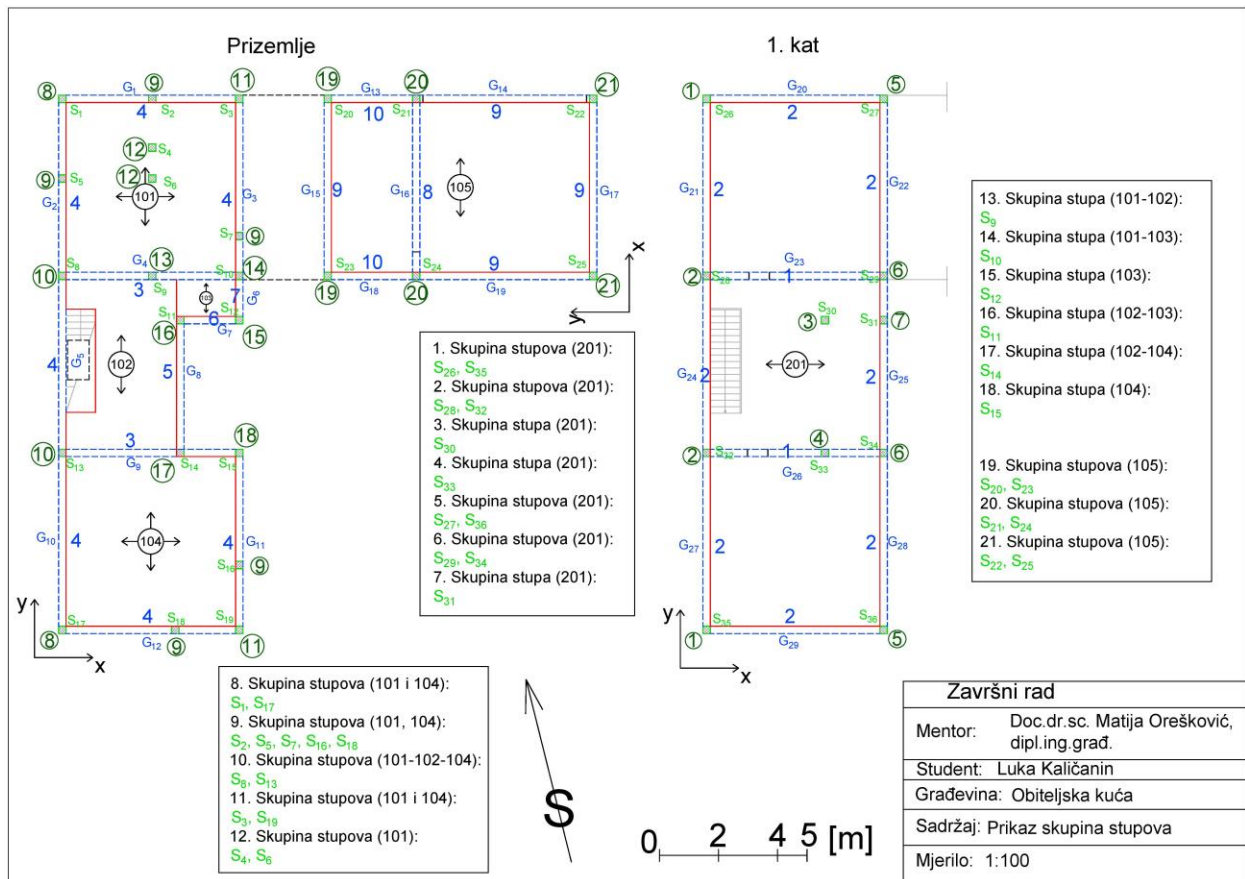
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 679,81 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 385,9 \text{ [kN]} \\ &= 1496,6 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 1674,39 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 108 Iskaz armature stupa

7.15. Proračun stupa – 15. Skupina



Slika 109 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 7,65 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 6):

$$R_{g,6}(A) = 5,71 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,6}(A) = 1,53 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 7):

$$R_{g,7}(A) = 3,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,7}(A) = 0,78 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,7} = 73,13 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,7} = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,6}(A) + R_{g,7}(A) + N_{g,7} \\ &= 7,65 \text{ [kN]} + 5,71 \text{ [kN]} + 3,09 \text{ [kN]} + 73,13 \text{ [kN]} \\ &= 89,58 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

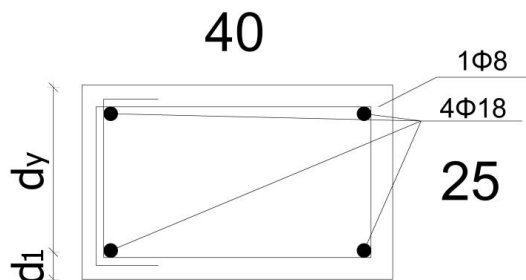
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,6}(A) + R_{q,7}(A) + N_{q,7} \\ &= 1,53 \text{ [kN]} + 0,78 \text{ [kN]} + 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 56,78 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

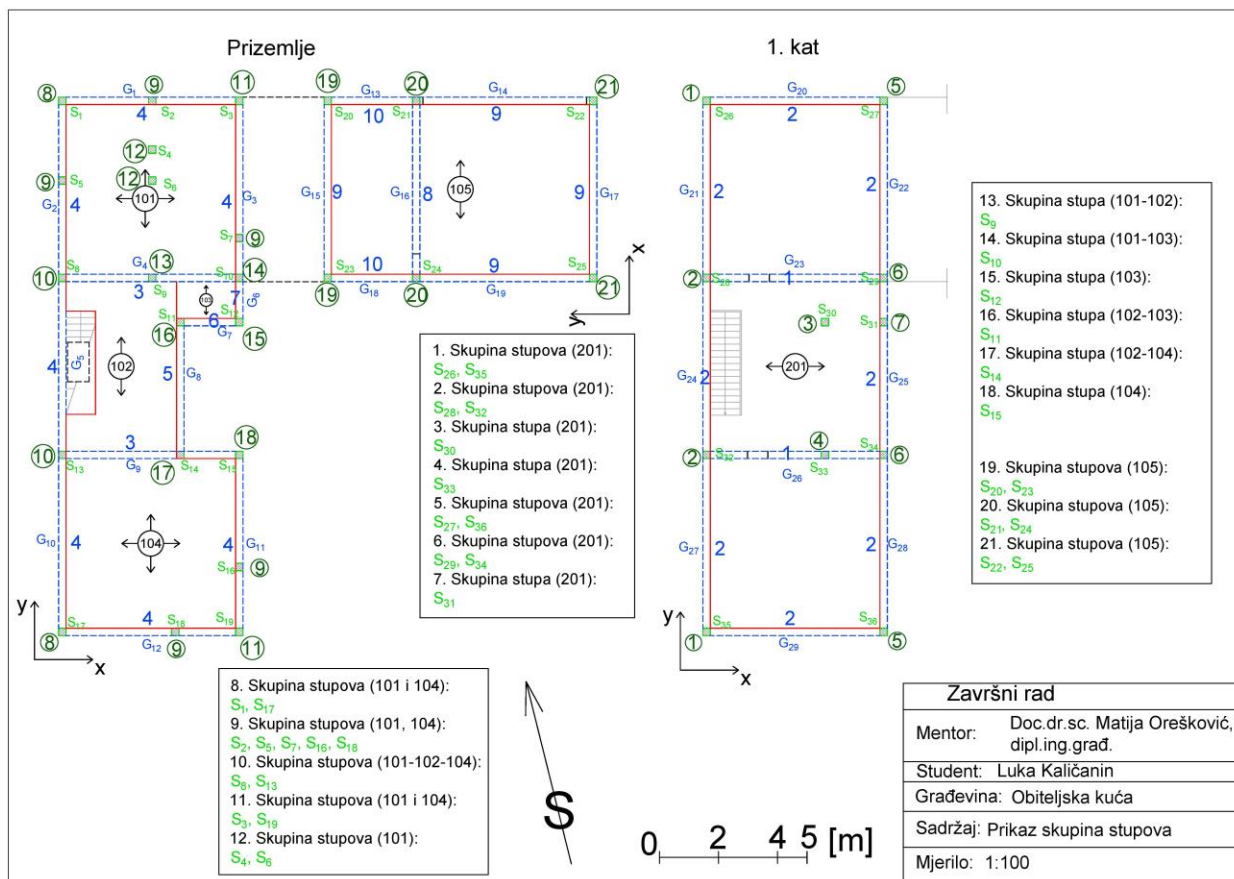
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 89,58 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 56,78 \text{ [kN]} \\ &= 206,1 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 9. skupine stupova ($N_{ed} = 190,91 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 110 Iskaz armature stupa

7.16. Proračun stupa – 16. Skupina



Slika 111 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 7,65 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 5):

$$R_{g,5}(A) = 30,62 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,5}(A) = 9,03 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 6):

$$R_{g,6}(A) = 5,71 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,6}(A) = 1,53 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,3} = 30,46 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,3} = 17,41 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,5}(A) + R_{g,6}(A) + N_{g,3} \\ &= 7,65 \text{ [kN]} + 30,62 \text{ [kN]} + 5,71 \text{ [kN]} + 30,46 \text{ [kN]} \\ &= 74,44 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

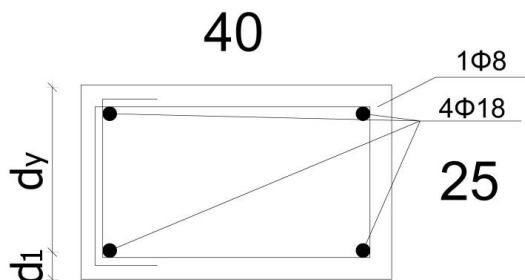
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,5}(A) + R_{q,6}(A) + N_{q,3} \\ &= 9,03 \text{ [kN]} + 1,53 \text{ [kN]} + 17,41 \text{ [kN]} \\ &= 27,97 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

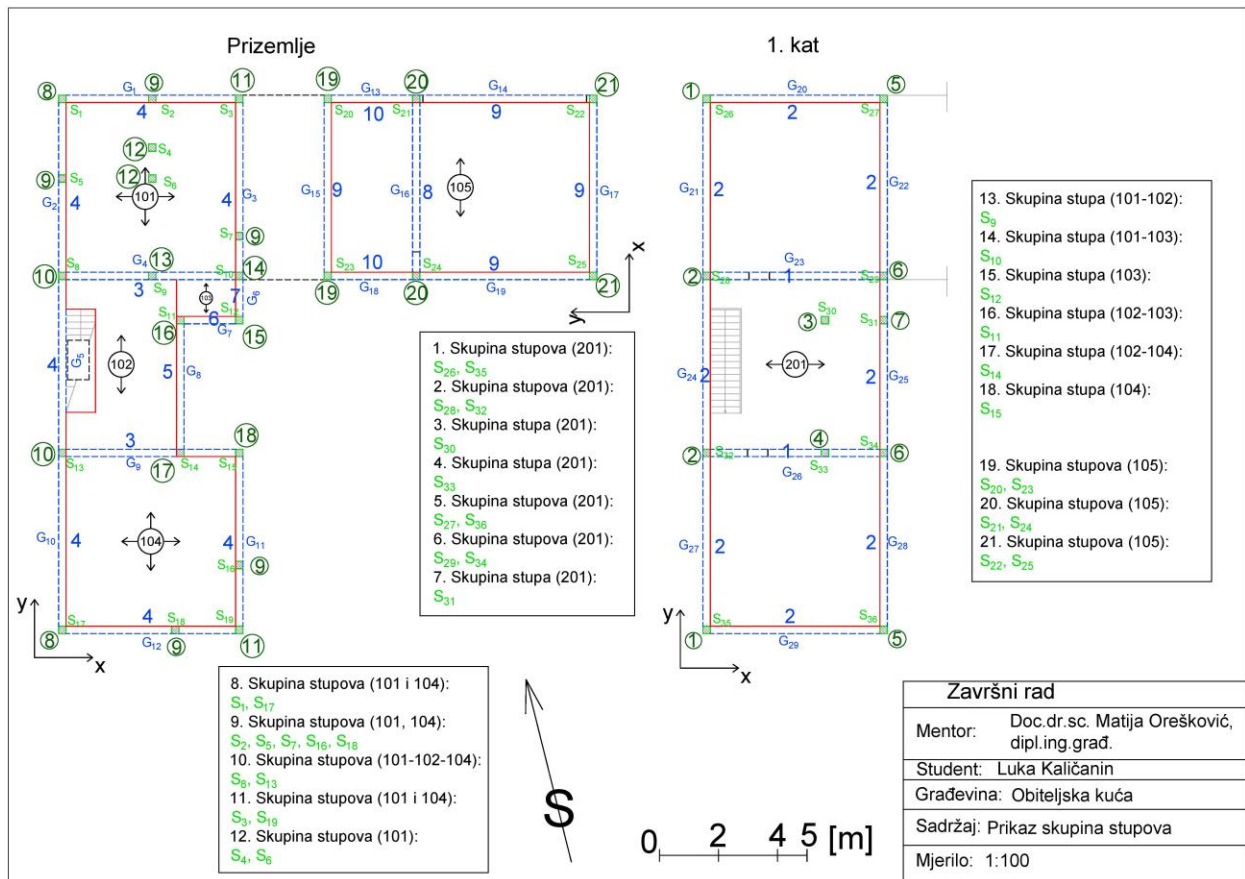
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 74,44 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 27,97 \text{ [kN]} \\ &= 142,45 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 9. skupine stupova ($N_{ed} = 190,91 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 112 Iskaz armature stupa

7.17. Proračun stupa – 17. Skupina



Slika 113 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 650 \text{ [cm]} = 0,65 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,65 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 3):

$$R_{g,3}(B) = 258,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 5):

$$R_{g,5}(A) = 30,62 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,5}(A) = 9,03 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,4} = 186,64 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,4} = 145,25 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,3}(B) + R_{g,5}(A) + N_{g,4} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} + 258,76 \text{ [kN]} + 30,62 \text{ [kN]} + 186,64 \text{ [kN]} \\ &= 488,45 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

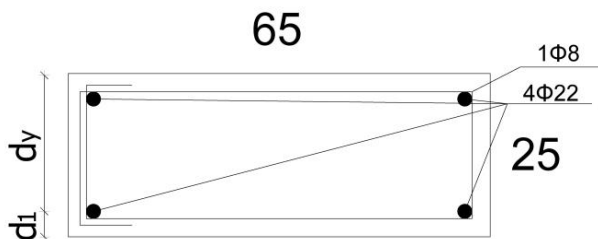
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,3}(B) + R_{q,5}(A) + N_{q,4} \\ &= 95,22 + 9,03 \text{ [kN]} + 145,25 \text{ [kN]} \\ &= 249,5 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

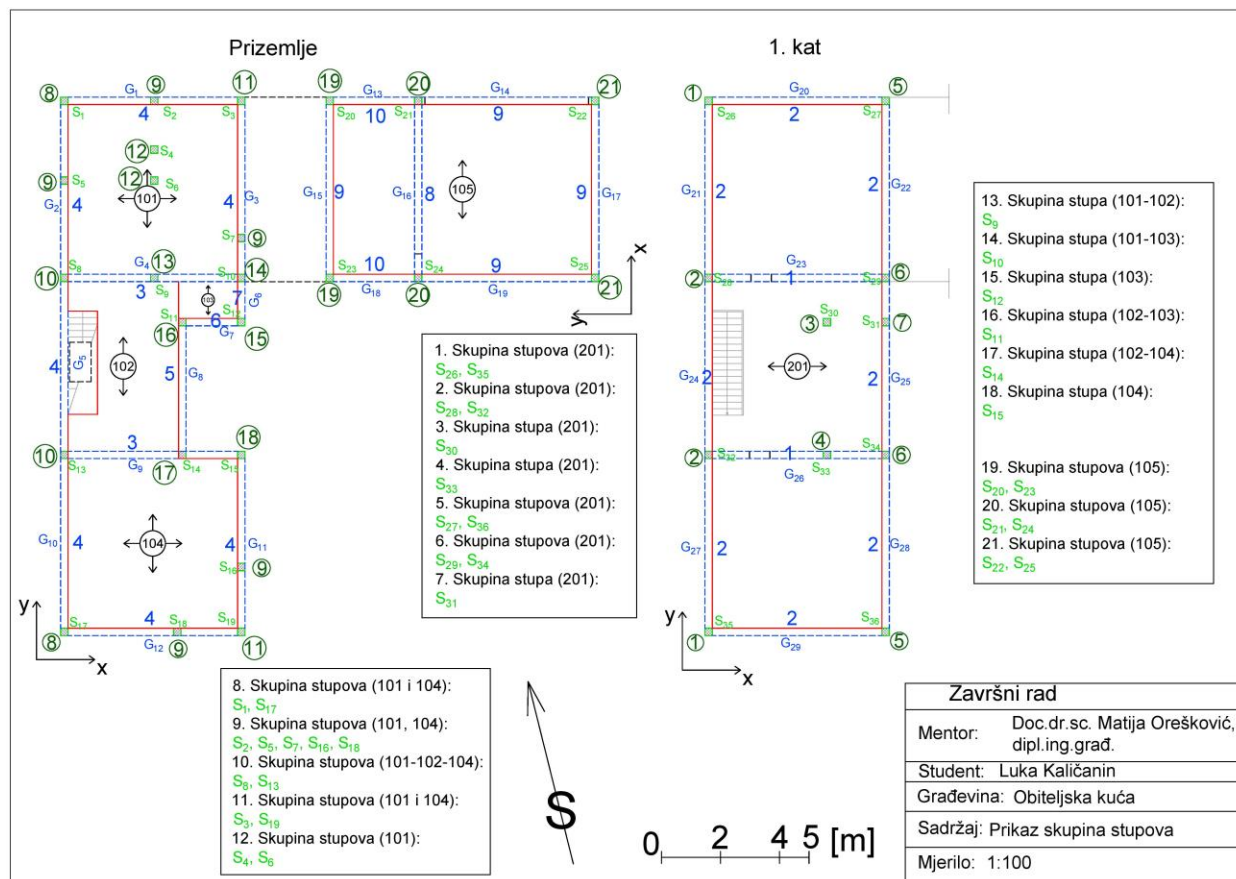
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 488,45 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 249,5 \text{ [kN]} \\ &= 1033,66 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 1674,39 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 114 Iskaz armature stupa

7.18. Proračun stupa – 18. Skupina



Slika 115 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 650 \text{ [cm]} = 0,65 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 306 \text{ [cm]} = 3,06 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,65 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj B:

Reakcije (skupina greda 3):

$$R_{g,3}(B) = 258,76 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,3}(B) = 95,22 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 4):

$$R_{g,4}(A) = 94,09 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,4}(A) = 35,71 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje (stup, kat):

$$N_{g,6} = 311,44 \text{ [kN]}$$

$$N_{q,6} = 254,19 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,3}(B) + R_{g,4}(A) + N_{g,6} \\ &= 12,43 \text{ [kN]} + 258,76 \text{ [kN]} + 94,09 \text{ [kN]} + 311,44 \text{ [kN]} \\ &= 676,72 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

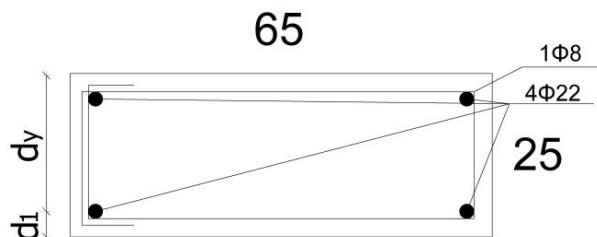
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,3}(B) + R_{q,4}(A) + N_{q,6} \\ &= 95,22 + 35,71 \text{ [kN]} + 254,19 \text{ [kN]} \\ &= 385,12 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

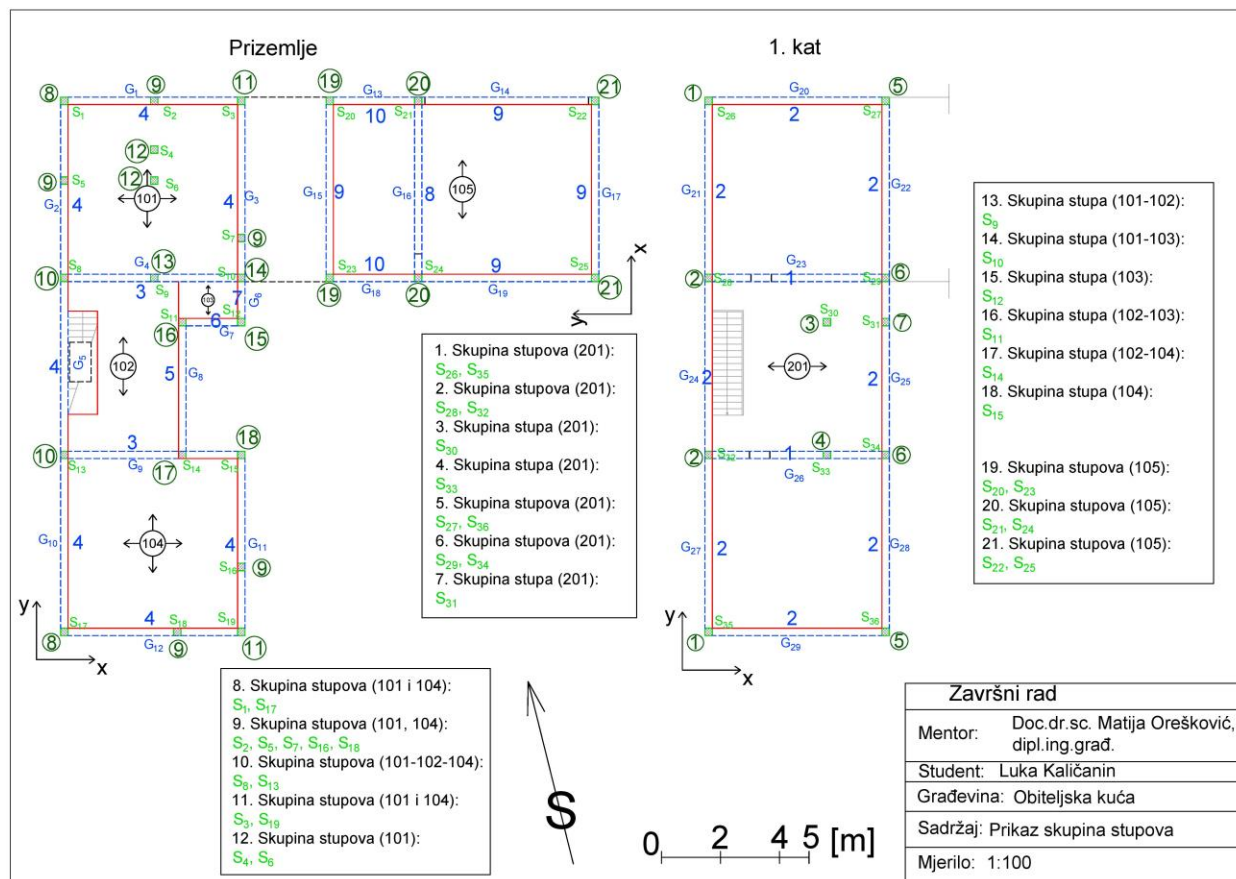
$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 676,72 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 385,12 \text{ [kN]} \\ &= 1491,25 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 1674,39 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature.



Slika 116 Iskaz armature stupa

7.19. Proračun stupova – 19. Skupina



Slika 117 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 338,66 \text{ [cm]} = 3,39 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 8,47 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 9):

$$R_{g,9}(A) = 63,41 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,9}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 10):

$$R_{g,10}(A) = 9,32 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,10}(A) = 5,76 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,9}(A) + R_{g,10}(A) \\ &= 8,47 \text{ [kN]} + 63,41 \text{ [kN]} + 9,32 \text{ [kN]} \\ &= 81,2 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

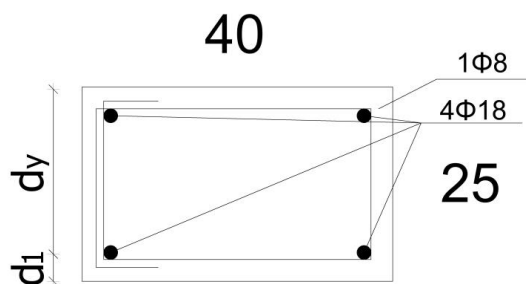
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,9}(A) + R_{q,10}(A) \\ &= 54,47 \text{ [kN]} + 5,76 \text{ [kN]} \\ &= 60,23 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 81,2 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 60,23 \text{ [kN]} \\ &= 199,96 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 9. skupine stupova ($N_{ed} = 190,91 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 118 Iskaz armature stupa

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/21 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 12,96 \text{ [cm]} \rightarrow 12 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{338,66 \text{ [cm]}}{6} = 56,44 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 57 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:**Za beton klase C30/37:**

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 18} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,8 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 65,22 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 18} = 66 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 18} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 18} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 18}) = 338,66 \text{ [cm]} + (2 \cdot 66 \text{ [cm]}) = 470,66 \text{ [cm]} = 4,71 \text{ [m]}$$

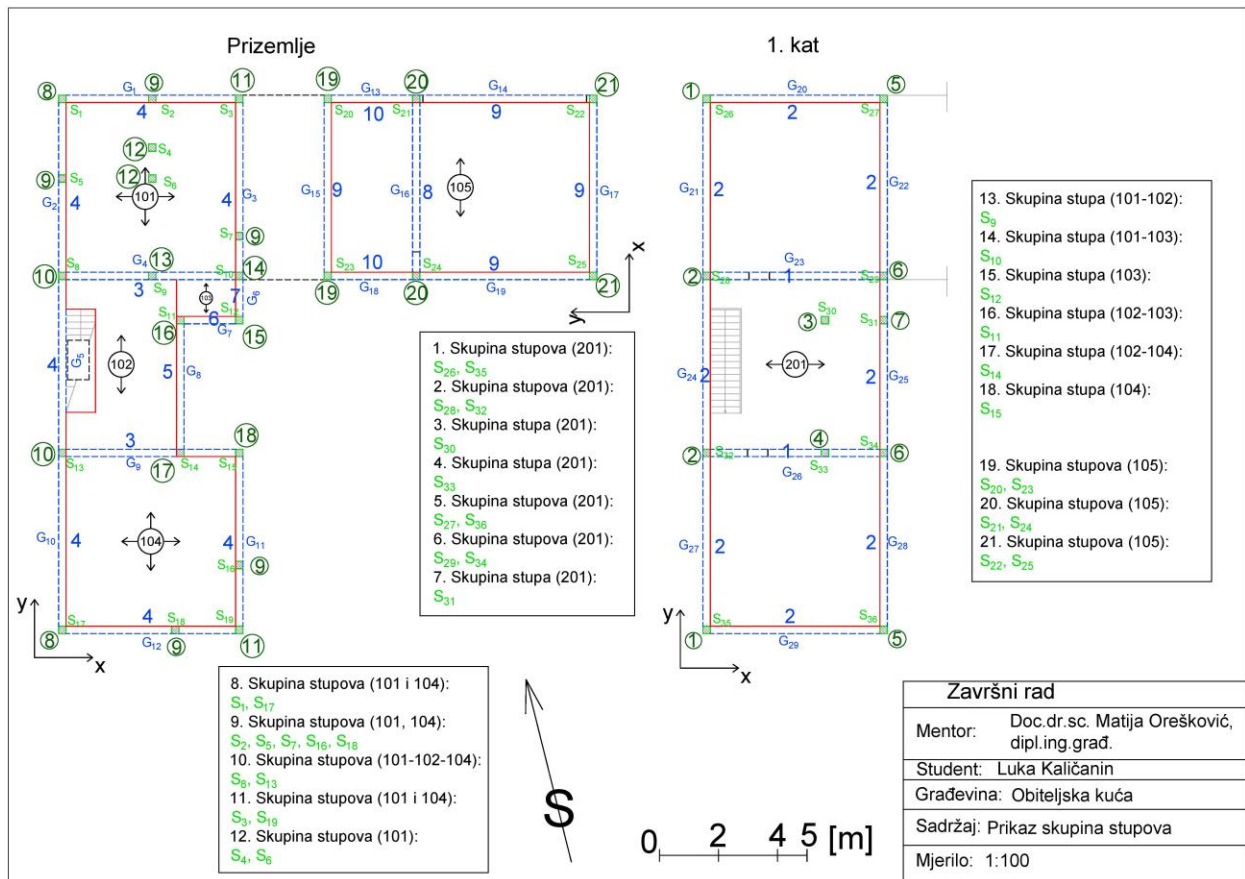
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\emptyset 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 57 \text{ [cm]}}{12 \text{ [cm]}} + \frac{338,66 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 57 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 20,77 = 20 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\emptyset 8} = 144 \text{ [cm]}$$

7.20. Proračun stupova – 20. Skupina



Slika 119 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 50 \text{ [cm]} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 310,6 \text{ [cm]} = 3,11 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,5 \text{ [m]} \cdot 3,06 \text{ [m]} \\ &= 9,71 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 8):

$$R_{g,8}(A) = 174,38 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,8}(A) = 145,25 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 9):

$$R_{g,9}(A) = 63,41 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,9}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 10):

$$R_{g,10}(A) = 9,32 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,10}(A) = 5,76 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{v1} + R_{g,8}(A) + R_{g,9}(A) + R_{g,10}(A) \\ &= 8,47 \text{ [kN]} + 174,38 \text{ [kN]} + 63,41 \text{ [kN]} + 9,32 \text{ [kN]} \\ &= 256,82 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

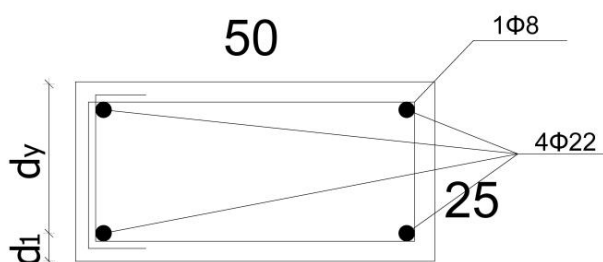
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= R_{q,8}(A) + R_{q,9}(A) + R_{q,10}(A) \\ &= 145,25 \text{ [kN]} + 54,47 \text{ [kN]} + 5,76 \text{ [kN]} \\ &= 205,48 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 256,82 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 205,48 \text{ [kN]} \\ &= 654,92 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 8. skupine stupova ($N_{ed} = 720,34 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 120 Iskaz armature stupa

Razmak vilica:

$$s_w = b = 25 \text{ [cm]}$$

$$s_w = 30 \text{ [cm]}$$

$$\begin{aligned} s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\ &= 26,4 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8/25 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned} s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 2,2 \text{ [cm]} \\ &= 15,84 \text{ [cm]} \rightarrow 15 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$a = 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]}$$

$$a = \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{310,6 \text{ [cm]}}{6} = 51,77 \text{ [cm]}$$

Odabrano:

$$a = 52 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:**Za beton klase C30/37:**

$$\begin{aligned} l_{b,\phi 22} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{2,2 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 79,71 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 22} = 80 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 22} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 22} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 22}) = 310,6 \text{ [cm]} + (2 \cdot 80 \text{ [cm]}) = 470,6 \text{ [cm]} = 4,71 \text{ [m]}$$

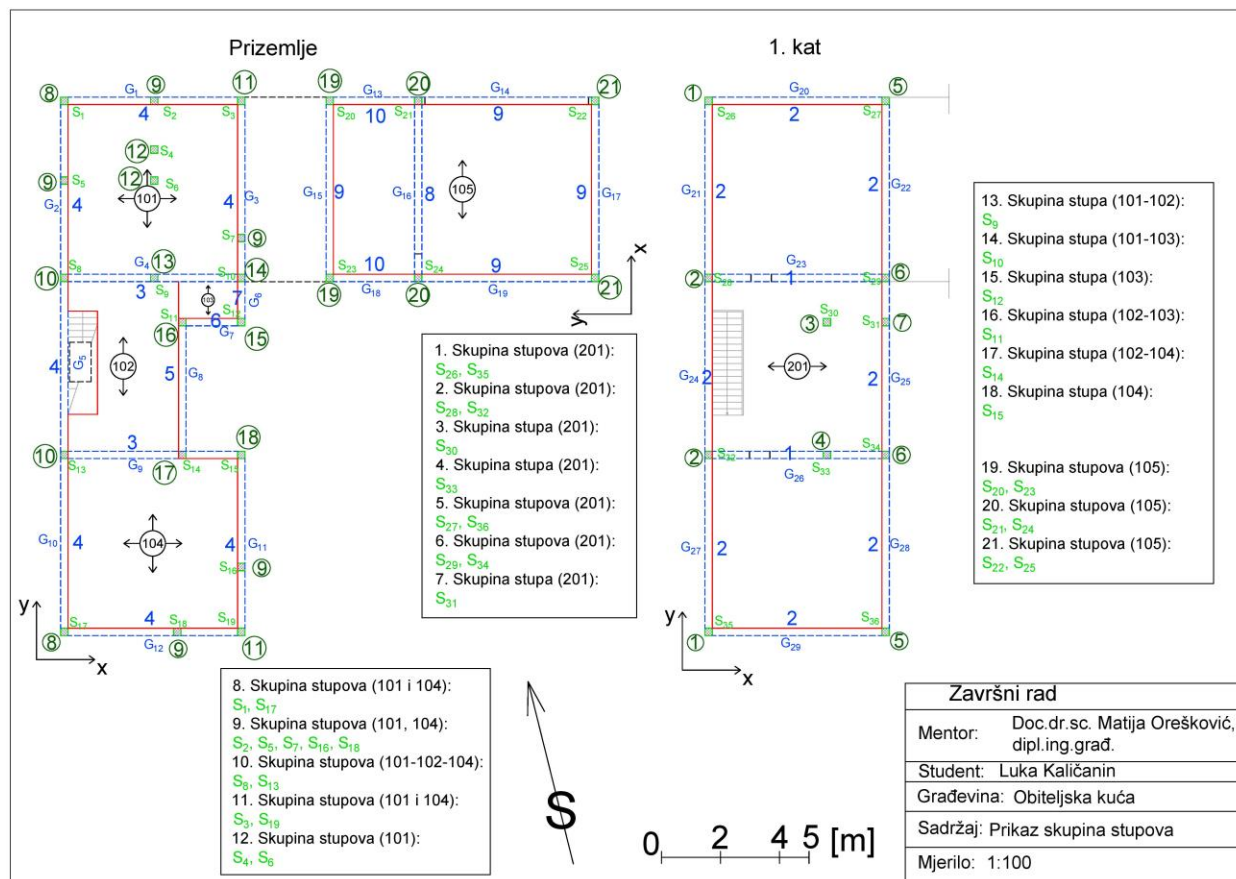
Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned} N_{\emptyset 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 52 \text{ [cm]}}{15 \text{ [cm]}} + \frac{310,6 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 52 \text{ [cm]})}{25 \text{ [cm]}} \\ &= 15,62 = 15 \text{ komada} \end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\emptyset 8} = 164 \text{ [cm]}$$

7.21. Proračun stupova – 21. Skupina



Slika 121 Prikaz skupina stupova

Analiza opterećenja na stupu:

$$b_{\text{stupa}} = b_w = 25 \text{ [cm]} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$h = 40 \text{ [cm]} = 0,4 \text{ [m]}$$

$$H_{\text{stupa}} = 254,47 \text{ [cm]} = 2,54 \text{ [m]}$$

Vlastita težina stupa:

$$\begin{aligned} g_{vl} &= \gamma_{\text{beton}} \cdot b_{\text{stupa}} \cdot h \cdot H_{\text{stupa}} \\ &= 25 \text{ [kN/m}^3\text{]} \cdot 0,25 \text{ [m]} \cdot 0,4 \text{ [m]} \cdot 2,54 \text{ [m]} \\ &= 6,36 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Ležaj A:

Reakcije (skupina greda 9):

$$R_{g,9}(A) = 63,41 \text{ [kN]}$$

$$R_{q,9}(A) = 54,47 \text{ [kN]}$$

Stalno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_g &= g_{vl} + 2 \cdot R_{g,9}(A) \\ &= 6,36 \text{ [kN]} + 2 \cdot 63,41 \text{ [kN]} \\ &= 133,18 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

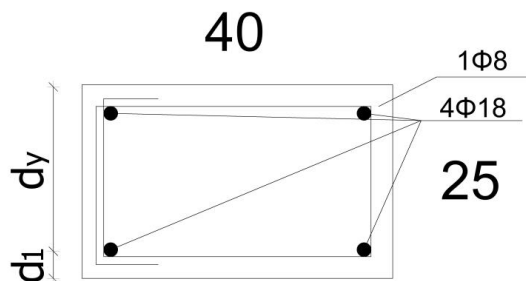
Pokretno opterećenje:

$$\begin{aligned} N_q &= 2 \cdot R_{q,9}(A) \\ &= 2 \cdot 54,47 \text{ [kN]} \\ &= 108,94 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Računsko opterećenje:

$$\begin{aligned} N_{ed} &= 1,35 \cdot N_g + 1,5 \cdot N_q \\ &= 1,35 \cdot 133,18 \text{ [kN]} + 1,5 \cdot 108,94 \text{ [kN]} \\ &= 343,21 \text{ [kN]} \end{aligned}$$

Radi sličnosti računskog opterećenja iz 9. skupine stupova ($N_{ed} = 190,91 \text{ [kN]}$), te radi istih dimenzija stupova uzimamo iste vrijednosti promjera uzdužne armature. Duljina izvijanja uzeta je u obzir da je $\lambda < \lambda_{lim}$.



Slika 122 Iskaz armature stupa

Razmak vilica:

$$\begin{aligned} s_w &= b = 25 \text{ [cm]} \\ s_w &= 30 \text{ [cm]} \\ s_w &= 12 \cdot \phi_s \\ &= 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 21,6 \text{ [cm]} \end{aligned}$$

Odabrano:

$$s_w = \phi 8 / 21 \text{ [cm]}$$

Odabrani razmak vilica uz ležaj stupa:

$$\begin{aligned}s_{w,l} &= 0,6 \cdot 12 \cdot \phi_s \\ &= 0,6 \cdot 12 \cdot 1,8 \text{ [cm]} \\ &= 12,96 \text{ [cm]} \rightarrow 12 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabir duljine poguščivanja vilica:

$$\begin{aligned}a &= 1,5 \cdot b = 1,5 \cdot 25 \text{ [cm]} = 37,5 \text{ [cm]} \\ a &= \frac{H_{\text{stupa}}}{6} = \frac{254,47 \text{ [cm]}}{6} = 42,41 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$a = 43 \text{ [cm]}$$

Određivanje dužine sidrenja armature:**Za beton klase C30/37:**

$$\begin{aligned}l_{b,\phi 18} &= \frac{\Phi_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} \\ &= \frac{1,8 \text{ [cm]} \cdot 43,48 \text{ [kN/cm}^2\text{]}}{4 \cdot 0,3 \text{ [kN/cm}^2\text{]}} \\ &= 65,22 \text{ [cm]}\end{aligned}$$

Odabrano:

$$l_{b,\phi 18} = 66 \text{ [cm]}$$

Broj uzdužne armature u polju stupa:

$$N_{\phi 18} = 4$$

Dužina uzdužne armature u polju stupa:

$$L_{\phi 18} = H_{\text{stupa}} + (2 \cdot l_{b,\phi 18}) = 254,47 \text{ [cm]} + (2 \cdot 66 \text{ [cm]}) = 386,47 \text{ [cm]} = 3,86 \text{ [m]}$$

Broj razdjelne armature stupa - vilice:

$$\begin{aligned}N_{\phi 8} &= \frac{H_f + 2 \cdot a}{s_{w,l}} + \frac{H_{\text{stupa}} - (H_f + 2 \cdot a)}{s_w} \\ &= \frac{16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 43 \text{ [cm]}}{12 \text{ [cm]}} + \frac{254,47 \text{ [cm]} - (16 \text{ [cm]} + 2 \cdot 43 \text{ [cm]})}{21 \text{ [cm]}} \\ &= 15,76 = 15 \text{ komada}\end{aligned}$$

Dužina razdjelne armature stupa - vilice:

$$L_{\phi 8} = 144 \text{ [cm]}$$

8. Izračun ukupne količine armature

Skice sa svim iskazima armature se nalazi u prilogima na kojima se nalaze količine i dužine armature određenih dimenzija pojedinih elemenata.

Ukupne dužine armaturnih šipki ploča:

$$L_{\Phi 6, Uk} = 2250,27 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 8, Uk} = 18,3 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 10, Uk} = 1431,9 \text{ [m]}$$

Ukupne dužine armaturnih šipki greda:

$$L_{\Phi 10, Uk} = 734,16 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 12, Uk} = 205,8 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 14, Uk} = 21 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 19, Uk} = 42,9 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 20, Uk} = 72,1 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 22, Uk} = 294 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 24, Uk} = 143,16 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 25, Uk} = 22,65 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 32, Uk} = 112,7 \text{ [m]}$$

Ukupne dužine armaturnih šipki vilica greda:

$$L_{\Phi 8, Uk} = 4358,8 \text{ [m]}$$

Ukupne dužine armaturnih šipki stupova:

$$L_{\Phi 12, Uk} = 94,58 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 14, Uk} = 50,56 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 18, Uk} = 118,29 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 22, Uk} = 143,7 \text{ [m]}$$

Ukupne dužine armaturnih šipki vilica stupova:

$$L_{\Phi 8, Uk} = 949,28 \text{ [m]}$$

Ukupne dužine armaturnih šipki:

$$L_{\Phi 6, \text{Uk}} = 2250,27 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 8, \text{Uk}} = 5326,38 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 10, \text{Uk}} = 2166,06 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 12, \text{Uk}} = 300,38 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 14, \text{Uk}} = 71,56 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 18, \text{Uk}} = 118,29 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 19, \text{Uk}} = 42,9 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 20, \text{Uk}} = 72,1 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 22, \text{Uk}} = 437,7 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 24, \text{Uk}} = 143,16 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 25, \text{Uk}} = 22,65 \text{ [m]}$$

$$L_{\Phi 32, \text{Uk}} = 112,7 \text{ [m]}$$

	Dužine armaturnih šipki: L [m]	Površina poprečnog presjeka: A [cm ²]	Volumen željeza armature: V [m ³]	Masa željeza armature: m [kg]
Φ 6	2250,27	0,28	0,06	500,73
Φ 8	5326,38	0,50	0,27	2107,06
Φ 10	2166,06	0,79	0,17	1338,86
Φ 12	300,38	1,13	0,03	267,36
Φ 14	71,56	1,54	0,01	86,69
Φ 18	118,29	2,54	0,03	236,90
Φ 19	42,9	2,84	0,01	95,73
Φ 20	72,1	3,14	0,02	178,26
Φ 22	437,7	3,80	0,17	1309,44
Φ 24	143,16	4,52	0,06	509,69
Φ 25	22,65	4,91	0,01	87,50
Φ 32	112,7	8,04	0,09	713,33
Suma:	11064,15	34,04	0,94	7431,55

Gustoća željeza:
 $\rho = 7870 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Tablica 13 Izračun ukupnih veličina armature

9. Zaključak

Cilj ovog završnog rada bio je izračun statičkog proračuna obiteljske kuće. Statičkim proračunom izračunali smo sva opterećenja (stalno i pokretno) koja djeluju na građevinu odnosno na elemente građevine (ploča, greda, stup), te sve ostale podatke koji su nam potrebni za izračun potrebne armature na elementima građevine. Nosivost elemenata računalo se prema metodama graničnim stanjima nosivosti. Iskaze armature prikazani su u radu tokom računanja, te su isti detaljno prikazani u priložima. Arhitektonski nacrti također su priloženi su u priložima koji su poslužili kao podloga ovom radu iz kojeg se očitavalo dimenzije konstrukcije.

Hodogram rada, odnosno proračuna:

1. Definiranje stalnog i uporabnog djelovanja na konstrukciju kuće i garaže.
2. Definiranje granica ploča i nosivosti ploča u smjerovima.
3. Proračun momenta i dimenzioniranje stropne ploče kata – proračun se izvodi na način da se u izračun krene od najvišeg elementa prema najnižem elementu. U ovom se radu na taj način računale ploče i grede, te na kraju stupovi.
4. Proračun i dimenzioniranje greda kata.
5. Proračun momenata i dimenzioniranje stropnih ploča prizemlja kuće i garaže.
6. Proračun i dimenzioniranje greda prizemlja unutar kuće i garaže.
7. Proračun i dimenzioniranje svih stupova – stupove na kući smo podijelili na proračun stupova kata i prizemlja iz razloga što se prilikom proračuna stupa, mora definirati duljina izvijanja $\lambda = \frac{l_0}{i}$ koja bi, u slučaju da računamo cijelu dužinu stupa, bila prevelika pa bi time predimenzionirali građevinu, odnosno stupove kuće.
8. Ispravak dimenzija stupova na tlocrtu arhitektonskog nacrtu.
9. Crtanje iskaza armature na elementima građevine.
10. Izračun ukupne količine armature korište za projektiranje ove građevine.

10. Literatura

Knjige se navode:

[1] I. Podhorsky: Nosive konstrukcije I, Zagreb, 2008.

Doktorski, magistarski i diplomski radovi:

[2] I. Trupina: Utjecaj mikrostrukture na abrazijska svojstva drva, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017.

Priručnici za studente:

[3] D. Čizmar, I. Volarić: Drvene konstrukcije – Priručnik za vježbe, Zagreb, 2018.

[4] M. Orešković: Betonske konstrukcije – Priručnik za studente, Varaždin, 2018.

Internet izvori:

- [5] <http://www.webdrvara.com/index.php/proizvodi/krovne-pokrivke/trapezni-limovi>, dostupno 26.09.2020.
- [6] <https://www.ikoma.hr/hr/krovista-sve-za-krov/krovne-folije/krovna-folija-170-g-m2-eurovent-super-1-5-x-50-m-75-m2-3698/>, dostupno 26.09.2020.
- [7] <https://profibaucentar.hr/veleprodaja/ponuda/izolacije/termoizolacije/ekspandirani-polistiren-eps/>, dostupno 26.09.2020.
- [8] <https://hr.decorexpro.com/dom/uteplenje/plotnost-materiala/>, dostupno 26.09.2020.
- [9] <https://www.ikoma.hr/hr/suha-gradnja/parne-brane/parna-brana-s-aluminijским-slojem-110-g-m2-eurovent-standard-alu-75-m2-4823/>, dostupno 26.09.2020.
- [10] https://www.roefix.hr/media/importer_assets/211956.pdf, dostupno 26.09.2020.
- [11] <https://www.bauhaus.hr/glet-masa-s-fungicidom-protiv-plijesni-1-kg.html>, dostupno 26.09.2020.
- [12] <http://gfosweb.gfos.hr/portal/images/stories/studij/razlikovna-godina/nosive-konstrukcije-i/1-vjezbe.pdf>, dostupno 26.09.2020.
- [13] https://www.bib.irb.hr/895974/download/895974.T01_0009_Gukov_Gelo_-_GNP2016.pdf, dostupno 26.09.2020.
- [14] <http://www.pinel.hr/proizvodi-materijali.html>, dostupno 26.09.2020.
- [15] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=49145>, dostupno 26.09.2020.
- [16] <http://www.ariesgrad.com/default.asp?cms=GHKIHE>, dostupno 26.09.2020.
- [17] <https://geoportal.dgu.hr/>, dostupno 26.09.2020.
- [18] <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>, dostupno 26.9.2020.
- [19] <https://structural-analyser.com/>, dostupno 28.11.2020.

Popis slika

Slika 1 Digitalni ortofoto 2011.

Slika 2 Tlocrt garaže, prizemlja i 1. kata

Slika 3 Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek A-A

Slika 4 Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s opisom prostorija

Slika 5 Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s površinama prostorija

Slika 6 Karta snježnih područja

Slika 7 Varijante oblika opterećenja snijegom za jednostrešni krov*

Slika 8 Tlak na površine*

Slika 9 Karta osnovnih brzina vjetra $v_{b,o}$

Slika 10 Grafički prikaz faktora izloženosti $c_e(z)$ za ravne terene

Slika 11 Legenda za jednostrešne krovove*

Slika 12 Grafički prikaz faktora $c_{e,1}(z)$ i $c_{e,2}(z)$ za ravne terene

Slika 13 Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ *

Slika 14 Područja krovišta kuće za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ *

Slika 15 Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ *

Slika 16 Područja krovišta garaže za smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ *

Slika 18 Dijagram za određivanje koeficijenta unutarnjeg tlaka c_{pi} *

Slika 19 Skica djelovanja Unutarnjeg tlaka na konstrukciju*

Slika 20 Skica djelovanja Unutarnjeg podtlaka na konstrukciju*

Slika 21 Prikaz ploča, greda i stupova

Slika 22 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Slika 23 Momentni dijagram kroz presjek 201 (x smjer)

Slika 24 Poprečni presjek ploče – pozicija 200

Slika 25 Prikaz skupina greda

Slika 26 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina*

Slika 27 Presjek grede na ležaju B

Slika 28 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Slika 29 Presjek grede na ležaju A

Slika 30 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Slika 31 Primjer oslanjanja ploče – slučaj broj 2*

Slika 32 Prikaz ploča, greda i stupova

Slika 33 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Slika 34 Momentni dijagram kroz presjek 102 (y smjer)

Slika 35 Prikaz ploča, greda i stupova

Slika 36 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Slika 37 Momentni dijagram kroz presjek 201 (y smjer)

Slika 38 Prikaz ploča, greda i stupova

Slika 39 Prikaz opterećenja kroz presjek 201 (x smjer)

Slika 40 Momentni dijagram kroz presjek 201 (y smjer)

Slika 41 Poprečni presjek ploče – pozicija 101 i 104

Slika 42 Poprečni presjek ploče – pozicija 102, 103 i 105

Slika 43 Prikaz skupina greda

*Slika 44 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina**

Slika 45 Presjek grede na ležaju B

Slika 46 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Slika 47 Presjek grede na ležaju A

Slika 48 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Slika 49 Prikaz skupina greda

*Slika 50 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina**

Slika 51 Presjek grede na ležaju A

Slika 52 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Slika 53 Prikaz skupina greda

*Slika 54 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina**

Slika 55 Presjek grede na ležaju A

Slika 56 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Slika 57 Prikaz skupina greda

*Slika 58 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina**

Slika 59 Prikaz skupina greda

*Slika 60 Iznos korištenih koeficijenta (označeno) određenih statičkih veličina**

Slika 61 Presjek grede na ležaju B

Slika 62 Presjek grede na ležaju B s prikazanim iskazom armature

Slika 63 Presjek grede na ležaju A

Slika 64 Presjek greda na ležajevima A s prikazanim iskazom armature

Slika 65 Prikaz skupina greda

*Slika 66 Iznos korištenih koeficijenta određenih statičkih veličina**

Slika 67 Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek B-B

Slika 68 Prikaz skupina stupova

*Slika 69 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 70 Iskaz armature stupa

*Slika 71 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 72 Iskaz armature stupa

Slika 73 Prikaz skupina stupova

*Slika 74 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 75 Iskaz armature stupa

Slika 76 Prikaz skupina stupova

Slika 77 Presjek kroz ploču 201 i stup S30

Slika 78 Prikaz opterećenja i reakcija ležaja (stupa) kroz presjeke

*Slika 79 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 80 Iskaz armature stupa

Slika 81 Prikaz skupina stupova

*Slika 82 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 83 Iskaz armature stupa

Slika 84 Prikaz skupina stupova

Slika 85 Iskaz armature stupa

Slika 86 Prikaz skupina stupova

Slika 87 Prikaz skupina stupova

*Slika 88 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 89 Iskaz armature stupa

Slika 90 Prikaz skupina stupova

*Slika 91 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 92 Iskaz armature stupa

Slika 93 Prikaz skupina stupova

*Slika 94 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 95 Iskaz armature stupa

Slika 96 Prikaz skupina stupova

*Slika 97 Dijagram za dimenzioniranje simetrično armiranih pravokutnih presjeka**

Slika 98 Iskaz armature stupa

Slika 99 Prikaz skupina stupova

Slika 100 Iskaz armature stupa

Slika 101 Prikaz skupina stupova

Slika 102 Presjek kroz ploču 201 i stup S30

Slika 103 Prikaz opterećenja i reakcija ležaja (stupa) kroz presjeke

Slika 104 Iskaz armature stupa

Slika 105 Prikaz skupina stupova

Slika 106 Iskaz armature stupa

Slika 107 Prikaz skupina stupova

Slika 108 Iskaz armature stupa

Slika 109 Prikaz skupina stupova

Slika 110 Iskaz armature stupa

Slika 111 Prikaz skupina stupova

Slika 112 Iskaz armature stupa

Slika 113 Prikaz skupina stupova

Slika 114 Iskaz armature stupa

Slika 115 Prikaz skupina stupova

Slika 116 Iskaz armature stupa

Slika 117 Prikaz skupina stupova

Slika 118 Iskaz armature stupa

Slika 119 Prikaz skupina stupova

Slika 120 Iskaz armature stupa

Slika 121 Prikaz skupina stupova

Slika 122 Iskaz armature stupa

Popis tablica

*Tablica 1 Karakteristične vrijednosti opterećenja po razredima**

Tablica 2 Opterećenje snijegom za sniježna područja i pripadajuće nadmorske visine

*Tablica 3 Preporučene vrijednosti koeficijenta c_e s obzirom na različite oblike terena**

Tablica 4 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom

*Tablica 5 Preporučane vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za jednostrešne krovove smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ i $\theta = 180^\circ$ **

*Tablica 6 Preporučene vrijednosti koeficijenta vanjskog tlaka za jednostrešne krovove smjer vjetra $\theta = 90^\circ$ **

*Tablica 7 Podaci za dimenzioniranje armiranobetonskih presjeka prema Eurocodu 2**

*Tablica 8 Odabir armature ploče**

Tablica 9 Vrijednosti računске čvrstoće prionljivosti u odnosu na karakterističnu čvrstoću

*Tablica 10 Odabir armature grede**

*Tablica 11 Podaci potrebni za proračun momenata u poljima ploče**

*Tablica 12 Podaci potrebni za proračun momenata u poljima ploče**

Tablica 13 Izračun ukupnih veličina armature

Prilozi

1. Prijava završnog rada
2. Izjava o autorstvu i suglasnost za javnu objavu
3. Tlocrt garaže, prizemlja i 1. kata
4. Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek A-A
5. Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s opisom prostorija
6. Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s površinama prostorija
7. Prikaz ploča, greda i stupova
8. Iskaz armatura ploča
9. Iskaz elemenata armature ploča
10. Prikaz skupina greda
11. Iskaz elemenata armature greda
12. Prikaz skupina stupova
13. Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek B-B
14. Iskaz elemenata armature stupova
15. Ispravak dimenzija stupova
16. Ispravljani tlocrt

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Luka KALIČANIN

MATIČNI BROJ 2151/336

DATUM 22.09.2020.

KOLEGIJ BETONSKE KONSTRUKCIJE

NASLOV RADA STATIČKI PRORAČUN OBITELJSKE KUĆE

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU CALCULATION DESIGN OF FAMILY HOUSE

MENTOR dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo SOLDO
2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ
3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN
4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ
5. _____

Zadatak završnog rada

BROJ 402/GR/2020

OPIS

U radu je potrebno odraditi kompletni statički proračun obiteljske kuće sa pripadajućim nacrtima, planom pozicija i dimenzioniranjem po pozicijama. Proračun je potrebno provesti po svim pravilima struke, normativima i zakonima.

Rad generalno sadrži:

UVOD

DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJU

PRORAČUNI PO POZICIJAMA

NACRTI ARMATURE

ZAKLJUČAK

ZADATAK URUČEN

28.12.2020.



[Handwritten signature]

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Luka Kaličanin (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Statički proračun obiteljske kuće (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Luka Kaličanin
(vlastoručni potpis)

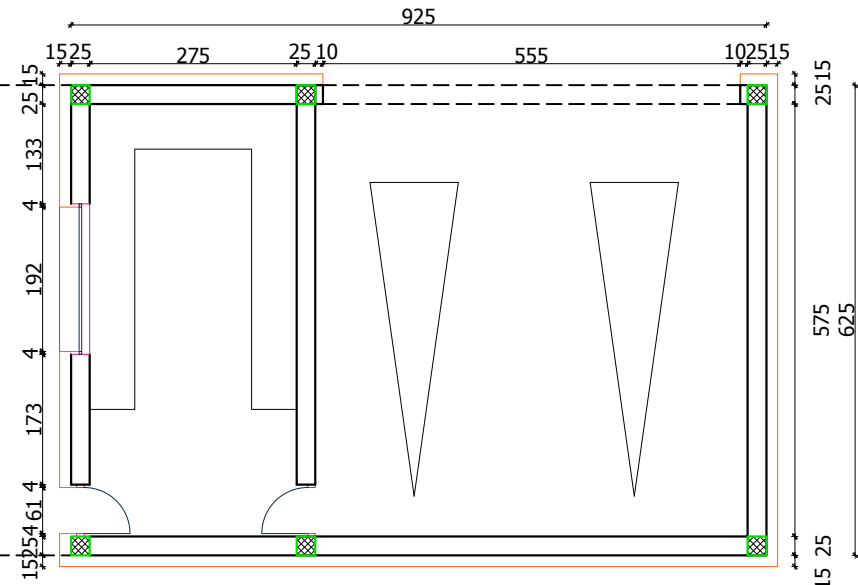
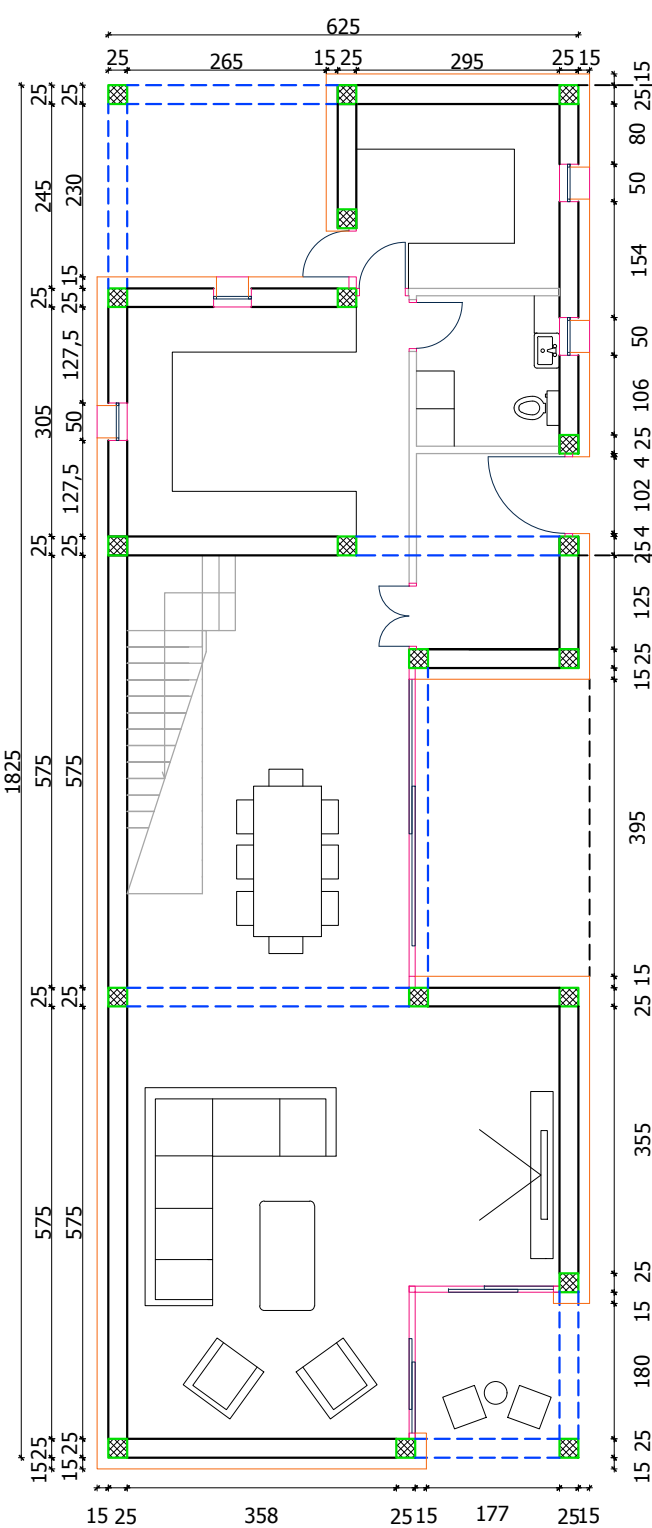
Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Luka Kaličanin (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Statički proračun obiteljske kuće (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

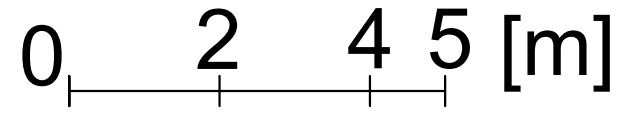
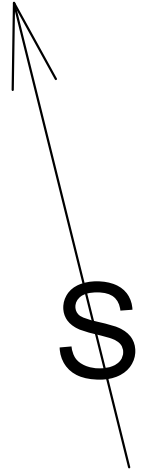
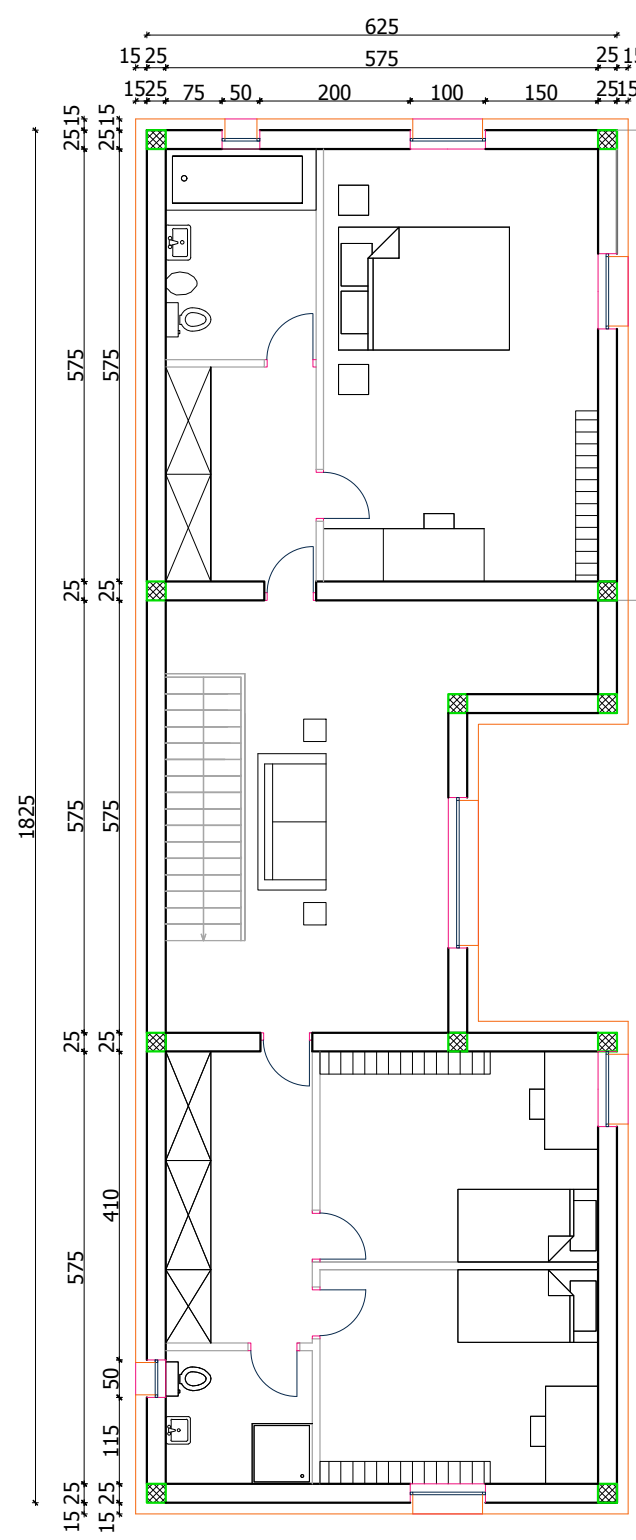
Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Luka Kaličanin
(vlastoručni potpis)

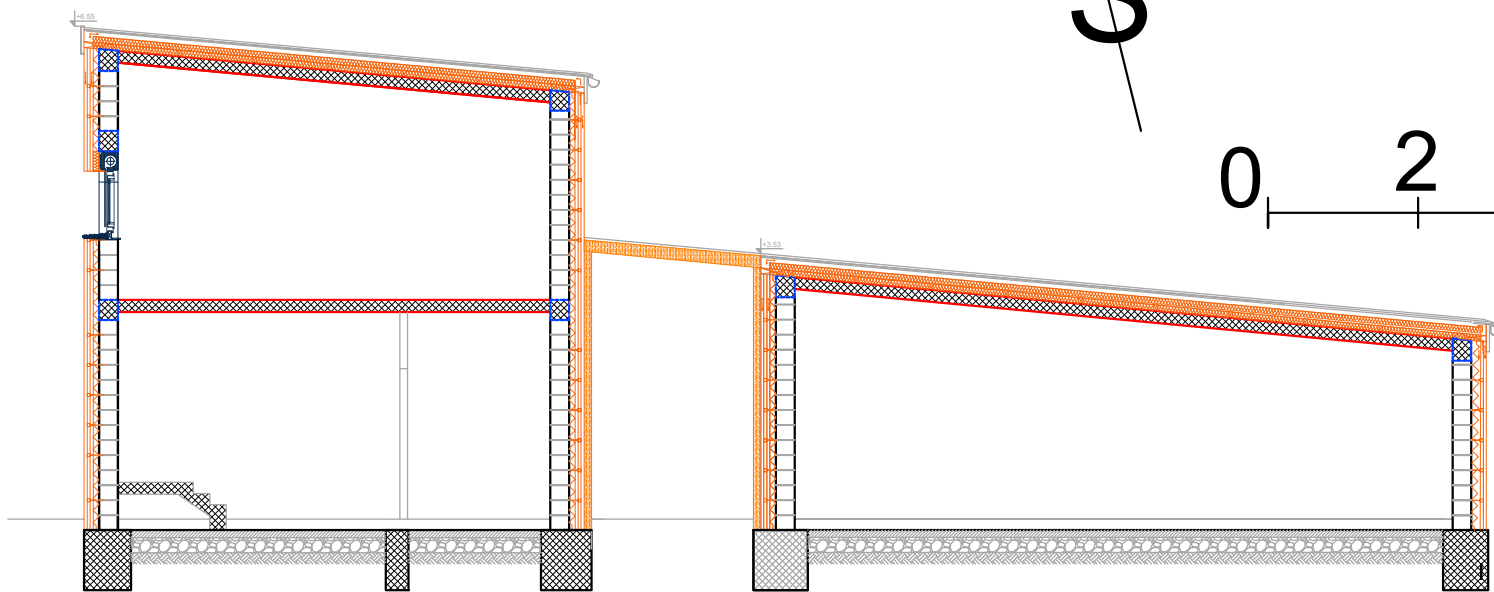
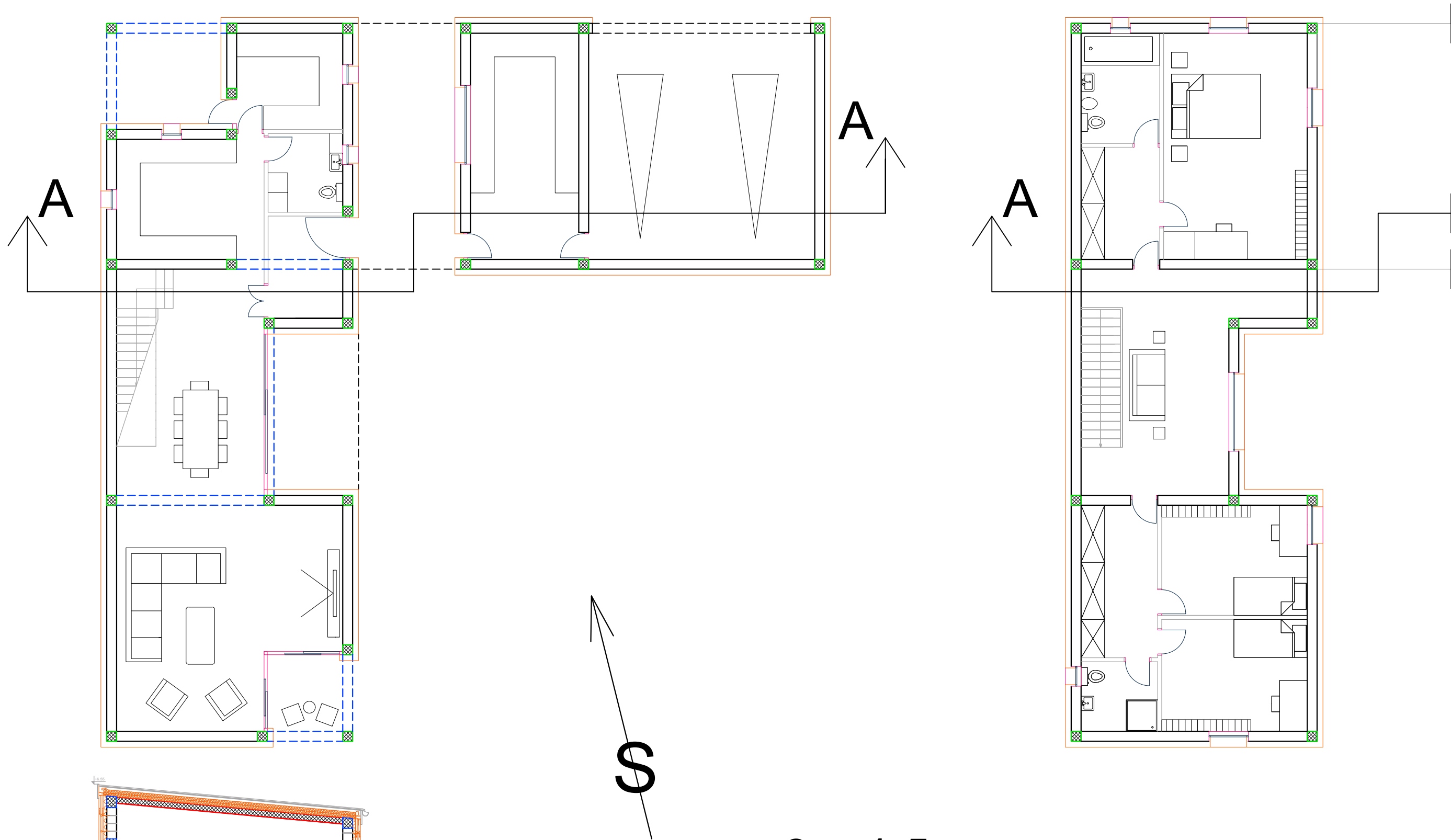
Prizemlje



1. kat



Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Tlocrt garaže, prizemlja i 1. kata
Mjerilo:	1:100



0 2 4 5 [m]

Završni rad

Mentor: Doc.dr.sc. Matija Orešković,
dipl.ing.građ.

Student: Luka Kaličanin

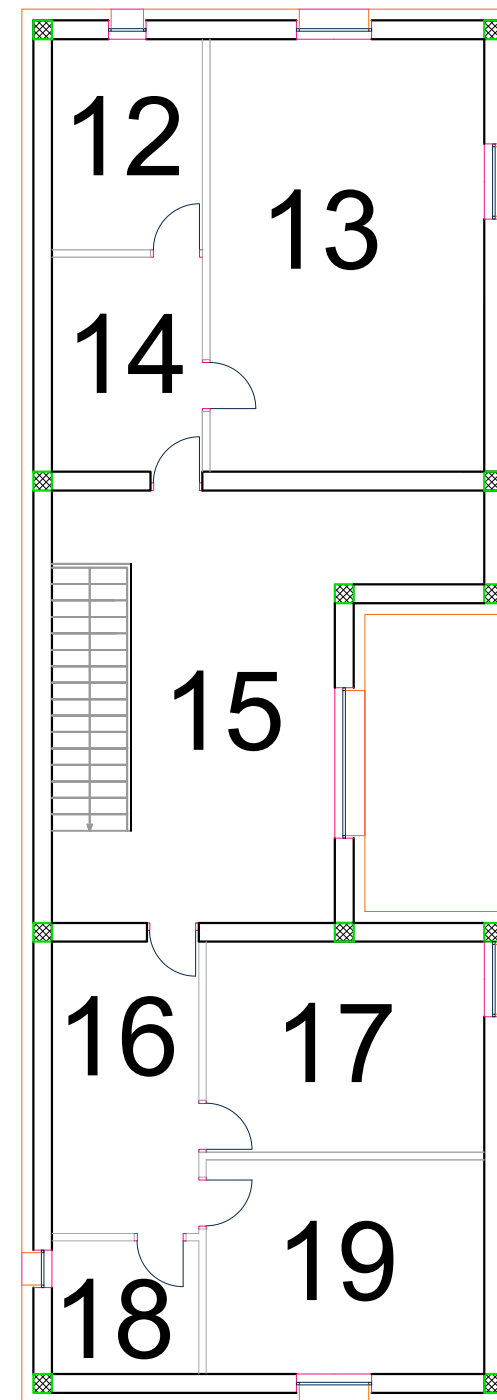
Građevina: Obiteljska kuća

Sadržaj: Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek A-A

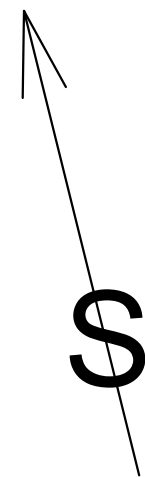
Mjerilo: 1:100



- 1 - atrij
- 2 - soba za glačanje
- 3 - kuhinja
- 4 - wc
- 5 - vjetrobran
- 6 - blagavaonica
- 7 - terasa 1
- 8 - dnevni boravak
- 9 - terasa 2
- 10 - garažni prostor za popravke
- 11 - garažni parking za 2 automobila

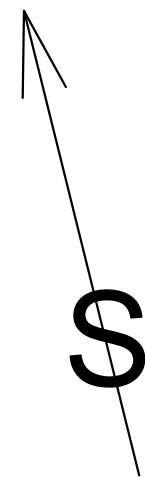
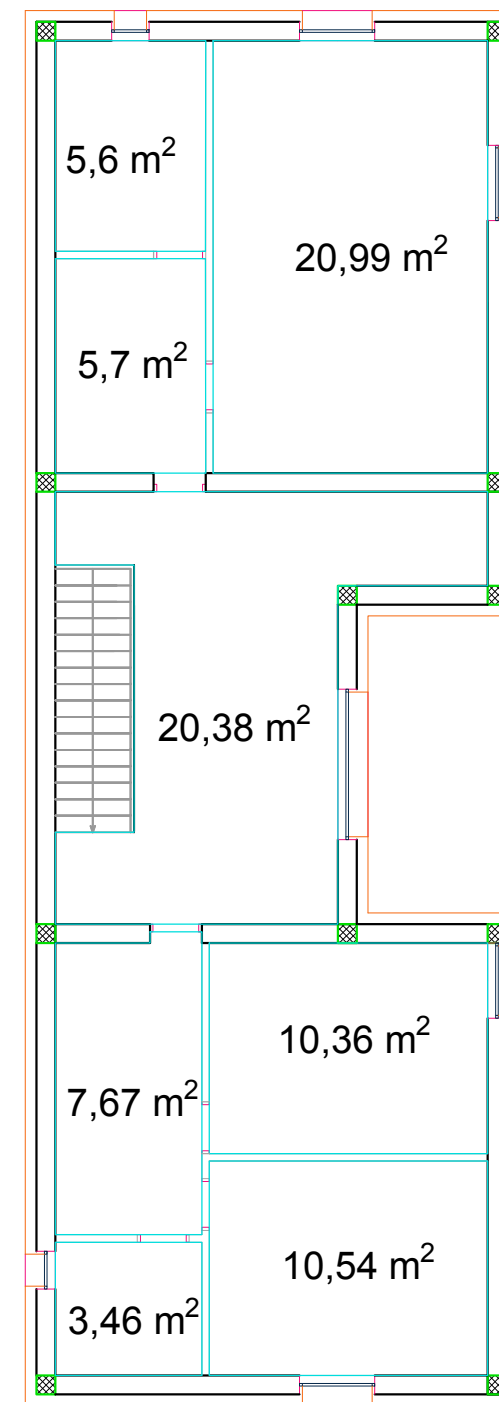
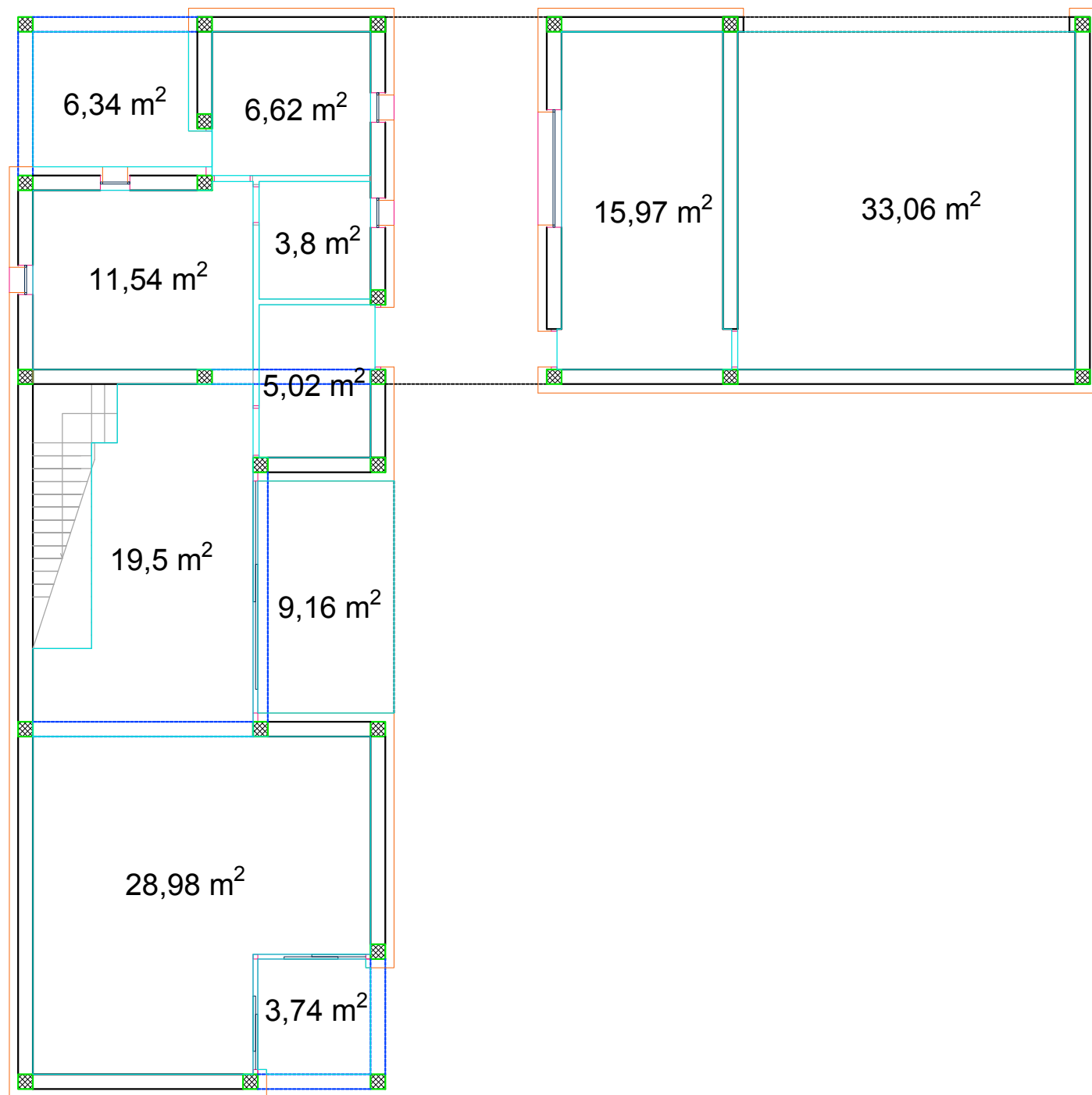


- 12 - wc i kupaona 1
- 13 - bračna spavaća soba
- 14 - prolaz u bračnu spavaću sobu
- 15 - dnevni boravak
- 16 - prolaz u dječju spavaću sobu
- 17 - dječja spavaća soba 1
- 18 - wc i kupaona 2
- 19 - dječja spavaća soba 2



0 2 4 5 [m]

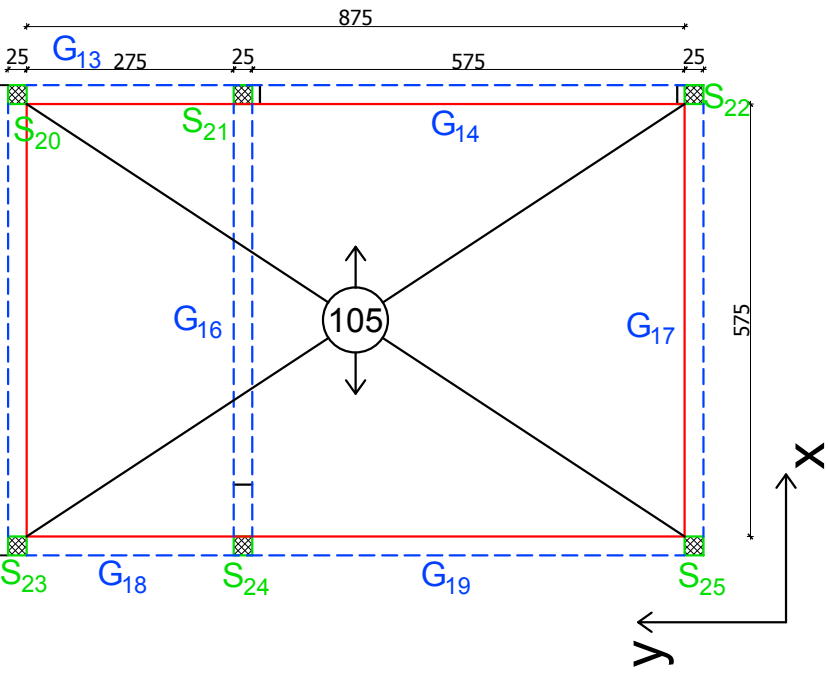
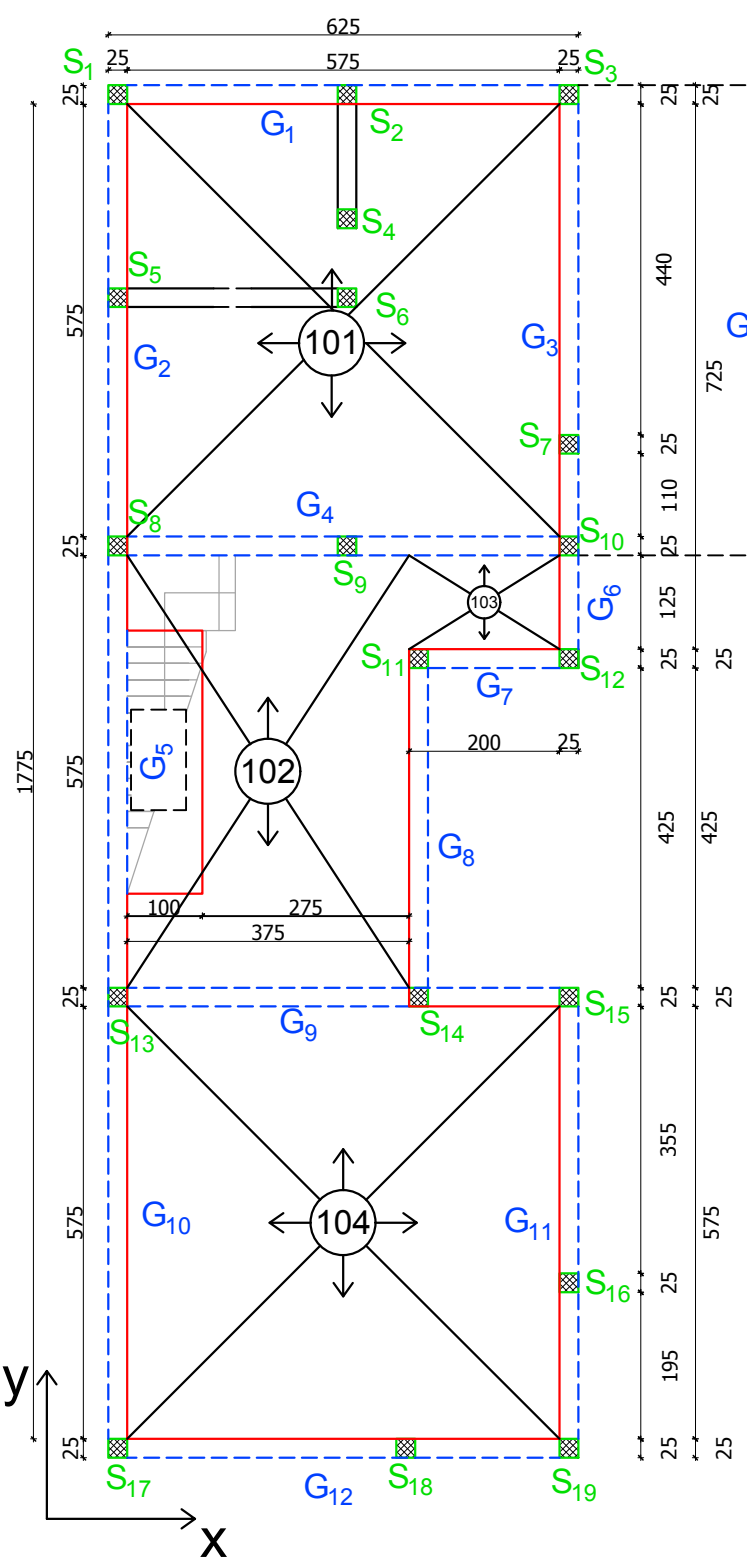
Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s opisom prostorija
Mjerilo:	1:100



0 2 4 5 [m]

Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Tlocrt garaže, prizemlja i kata kuće s površinama prostorija
Mjerilo:	1:100

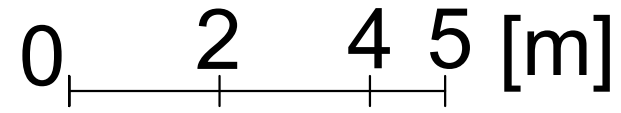
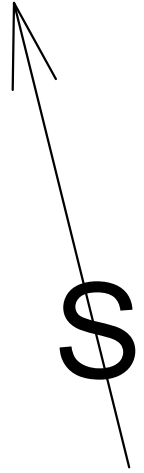
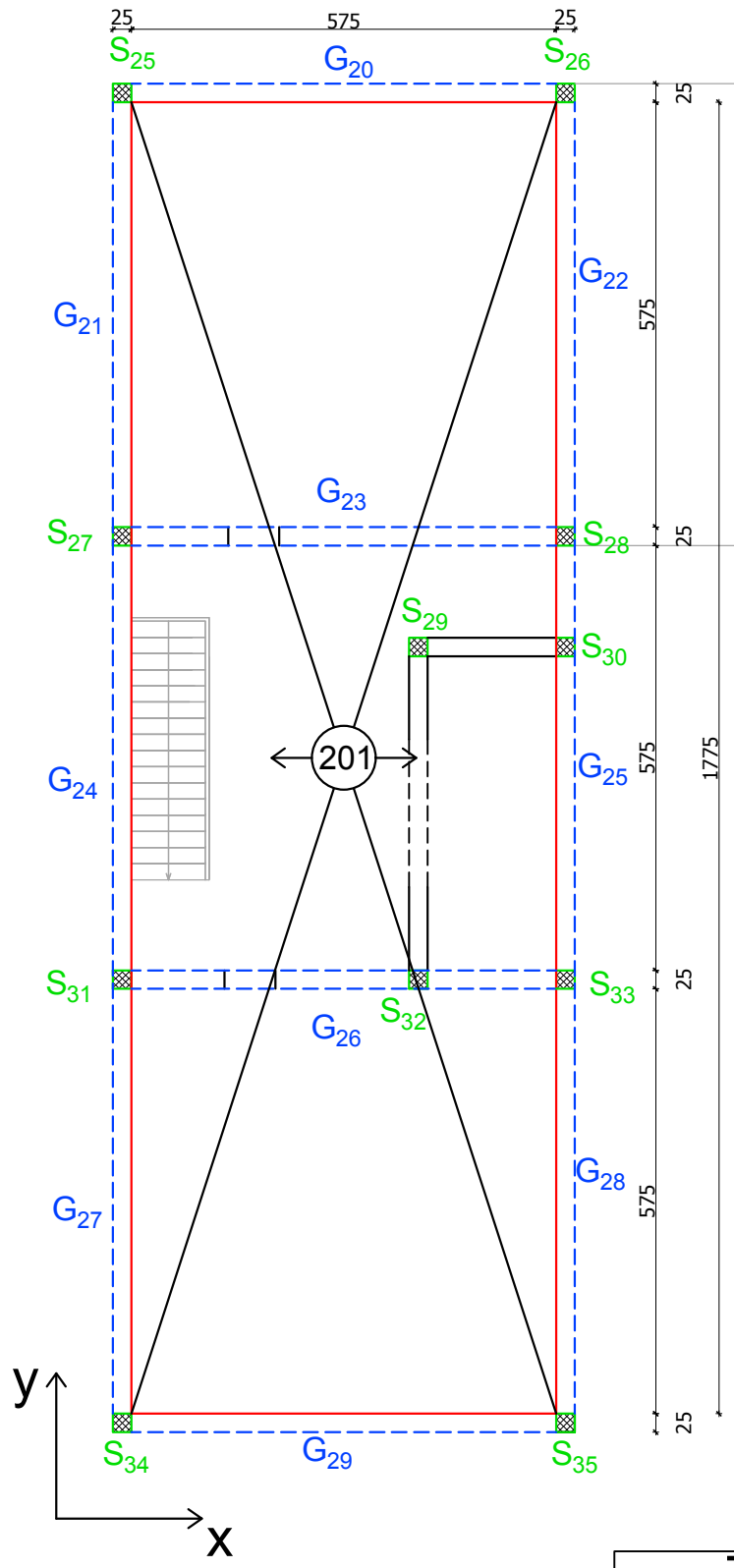
Prizemlje



Površine ploča:

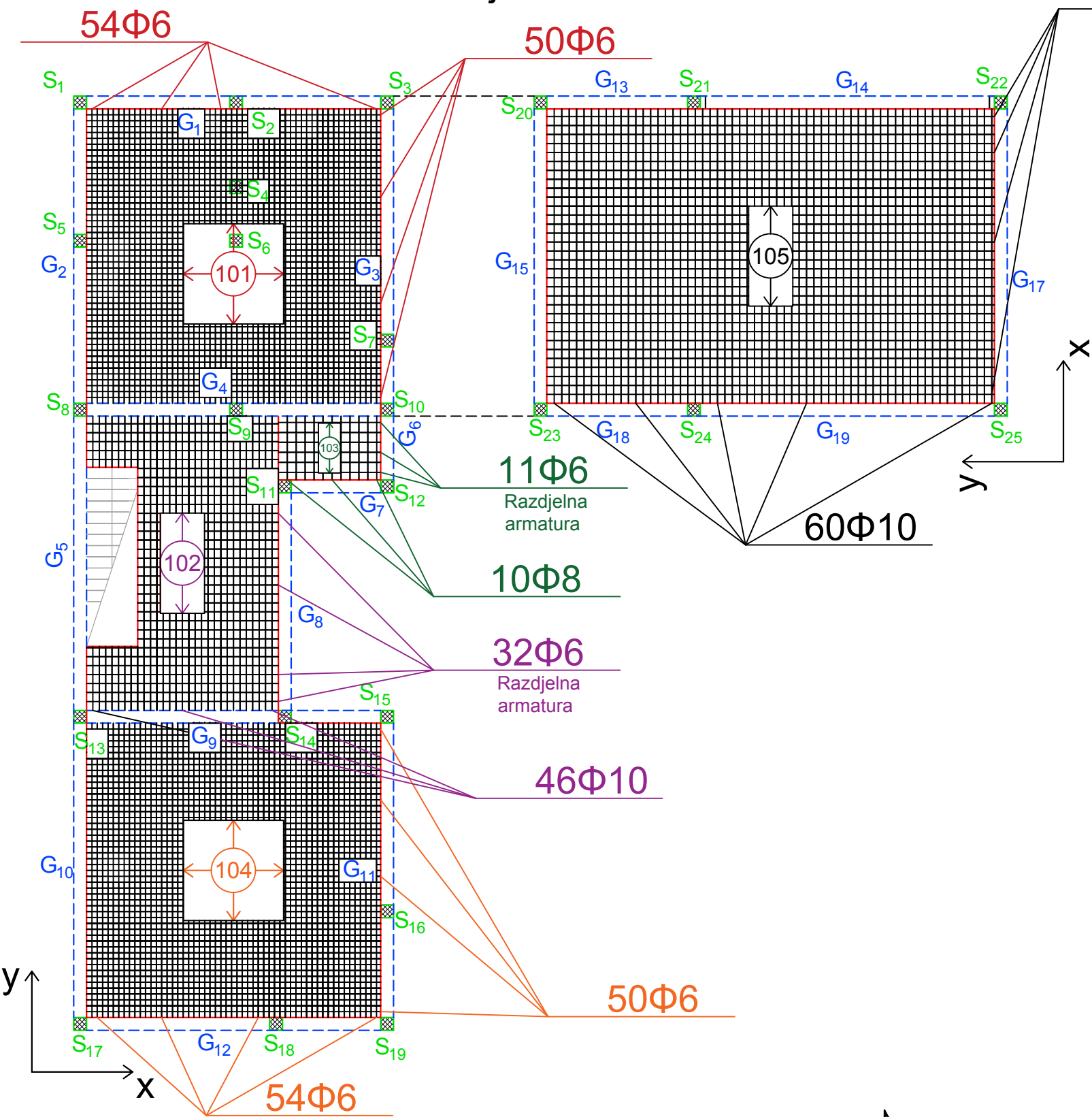
- $A_{101} = 33,06 \text{ [m}^2\text{]}$
- $A_{102} = 18,05 \text{ [m}^2\text{]}$
- $A_{103} = 2,5 \text{ [m}^2\text{]}$
- $A_{104} = 50,17 \text{ [m}^2\text{]}$
- $A_{201} = 102,06 \text{ [m}^2\text{]}$

1. kat



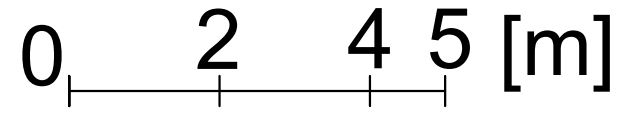
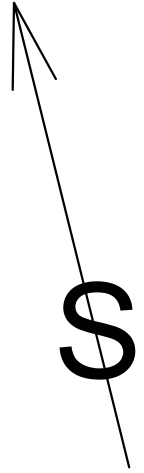
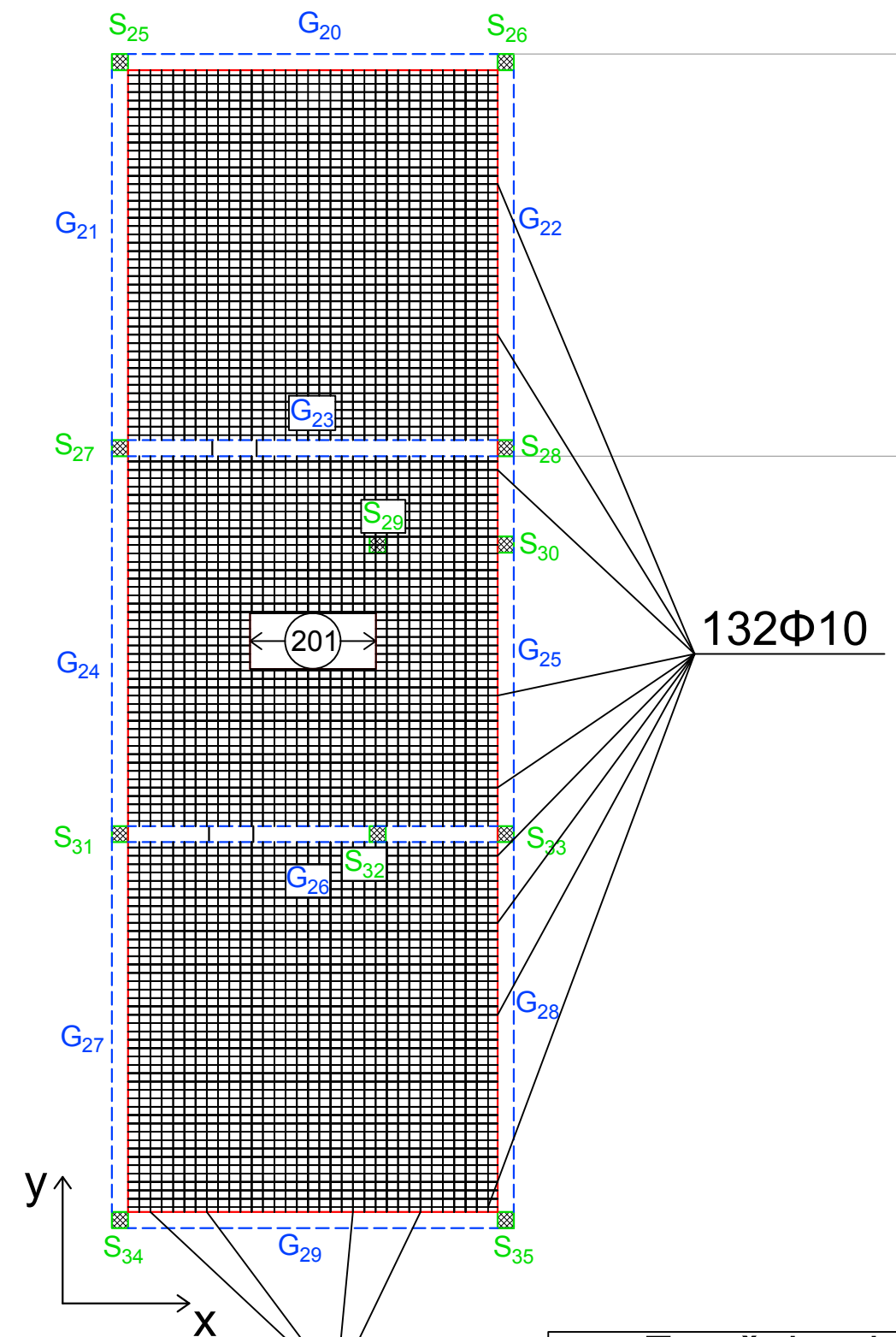
Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Prikaz ploča, greda i stupova
Mjerilo:	1:100

Prizemlje



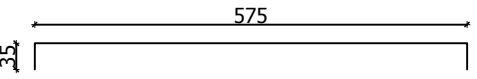
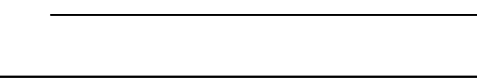
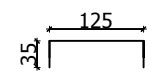

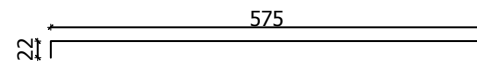
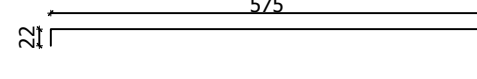
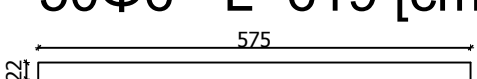

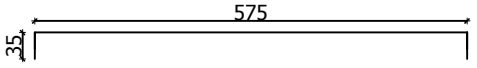
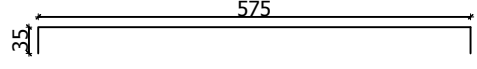
32Φ6
Razdjelna armatura

1. kat



Završni rad

Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Iskaz armatura ploča
Mjerilo:	1:100

<p>Ploča 201</p> <p>132Φ10 - L=645 [cm]</p>  <p>98Φ6 - L=575 [cm]</p> 	<p>Ploča 103</p> <p>10Φ8 - L=183 [cm]</p>  <p>11Φ6 - L=175 [cm]</p> 
<p>Ploča 101</p> <p>50Φ6 - L=619 [cm]</p>  <p>54Φ6 - L=619 [cm]</p> 	<p>Ploča 104</p> <p>50Φ6 - L=619 [cm]</p>  <p>54Φ6 - L=619 [cm]</p> 
<p>Ploča 102</p> <p>30Φ10 - L=645 [cm]</p>  <p>12Φ6 - L=375 [cm]</p> <p>20Φ6 - L=275 [cm]</p>	<p>Ploča 105</p> <p>60Φ10 - L=645 [cm]</p>  <p>32Φ6 - L=875 [cm]</p>

Sveukupno:

11Φ6 - L=175 [cm] → $L_{uk} = 19,25$ [m]

20Φ6 - L=275 [cm] → $L_{uk} = 55$ [m]

12Φ6 - L=375 [cm] → $L_{uk} = 45$ [m]

98Φ6 - L=575 [cm] → $L_{uk} = 563,5$ [m]

208Φ6 - L=619 [cm] → $L_{uk} = 1287,52$ [m]

32Φ6 - L=875 [cm] → $L_{uk} = 280$ [m]

$L_{\Phi 6, Uk} = 2250,27$ [m]

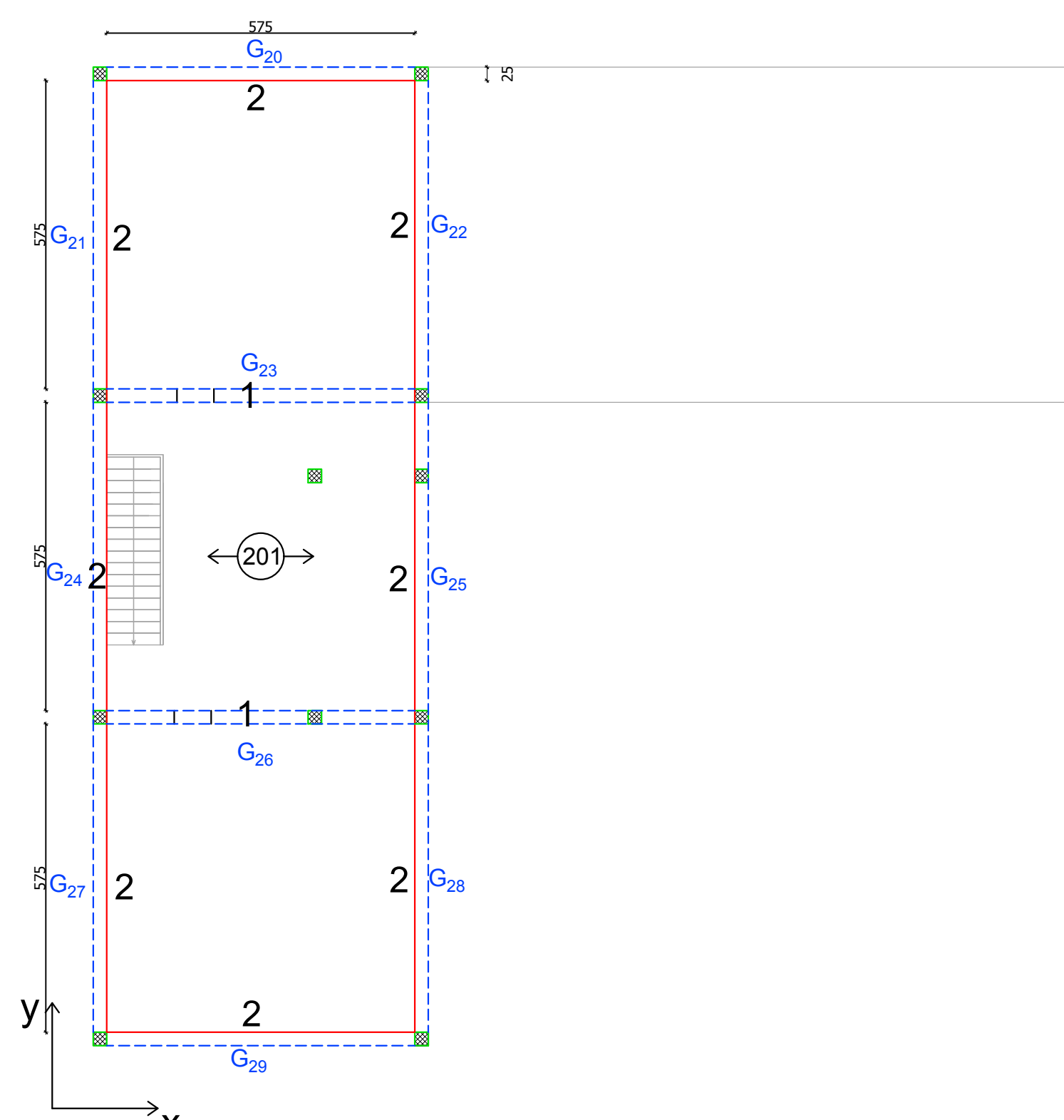
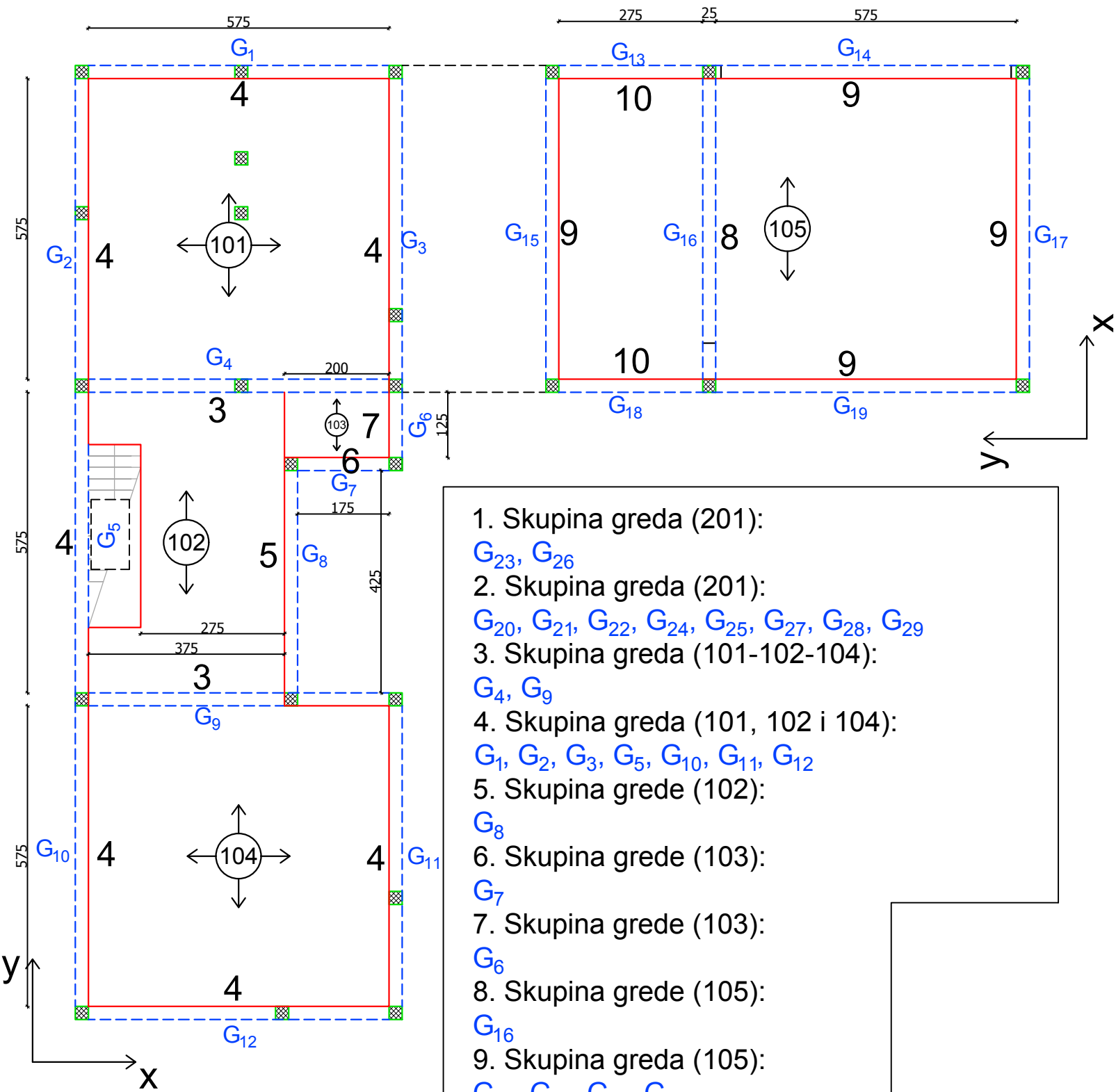
10Φ8 - L=183 [cm] → $L_{uk} = 18,3$ [m]

222Φ10 - L=645 [cm] → $L_{uk} = 1431,9$ [m]

Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Iskaz elemenata armature ploča
Mjerilo:	1:100

Prizemlje

1. kat



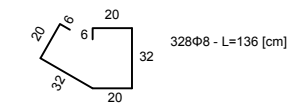
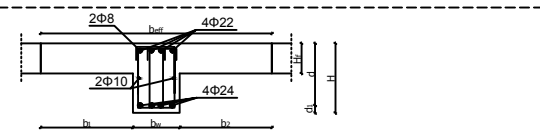
1. Skupina greda (201):
G₂₃, G₂₆
2. Skupina greda (201):
G₂₀, G₂₁, G₂₂, G₂₄, G₂₅, G₂₇, G₂₈, G₂₉
3. Skupina greda (101-102-104):
G₄, G₉
4. Skupina greda (101, 102 i 104):
G₁, G₂, G₃, G₅, G₁₀, G₁₁, G₁₂
5. Skupina grede (102):
G₈
6. Skupina grede (103):
G₇
7. Skupina grede (103):
G₆
8. Skupina grede (105):
G₁₆
9. Skupina greda (105):
G₁₄, G₁₅, G₁₇, G₁₉
10. Skupina greda (105):
G₁₃, G₁₈



Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Prikaz skupina greda
Mjerilo:	1:100

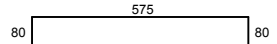
1. Skupina greda (201):

G₂₃, G₂₆

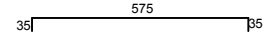


Mjerilo: 5:1

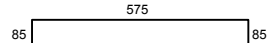
8Φ22 - L=735 [cm]



4Φ10 - L=645 [cm]

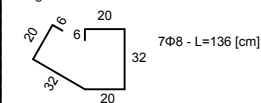
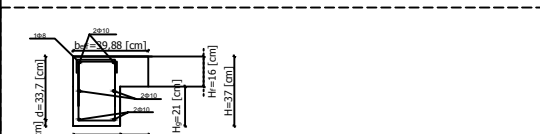


8Φ24 - L=745 [cm]



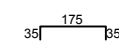
6. Skupina greda (103):

G₇



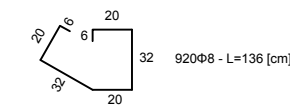
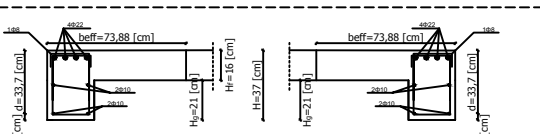
Mjerilo: 5:1

6Φ10 - L=245 [cm]



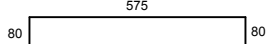
2. Skupina greda (201):

G₂₀, G₂₁, G₂₂, G₂₄, G₂₅, G₂₇, G₂₈, G₂₉

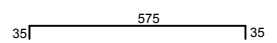


Mjerilo: 5:1

32Φ22 - L=735 [cm]

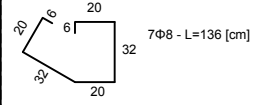
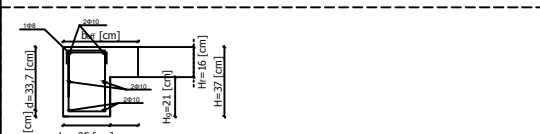


32Φ10 - L=645 [cm]



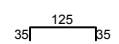
7. Skupina greda (103):

G₆



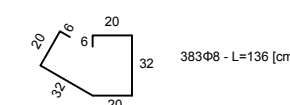
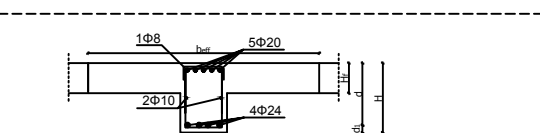
Mjerilo: 5:1

6Φ10 - L=195 [cm]



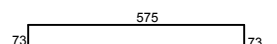
3. Skupina greda (101-102-103):

G₄, G₉

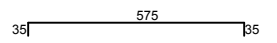


Mjerilo: 5:1

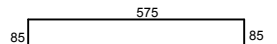
10Φ20 - L=721 [cm]



4Φ10 - L=645 [cm]

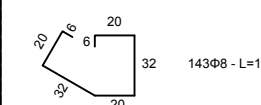
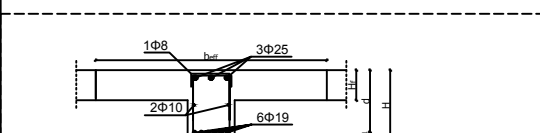


8Φ24 - L=745 [cm]



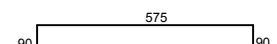
8. Skupina greda (105):

G₁₆

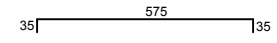


Mjerilo: 5:1

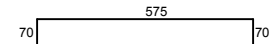
3Φ25 - L=755 [cm]



4Φ10 - L=645 [cm]

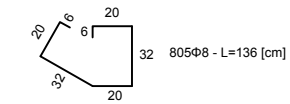
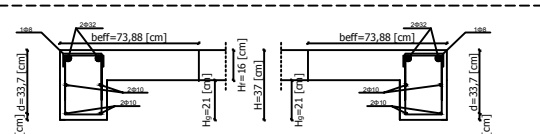


6Φ19 - L=715 [cm]



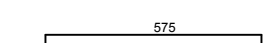
4. Skupina greda (101, 102 i 104):

G₁, G₂, G₃, G₅, G₁₀, G₁₁, G₁₂

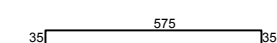


Mjerilo: 5:1

14Φ32 - L=805 [cm]

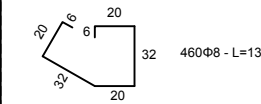
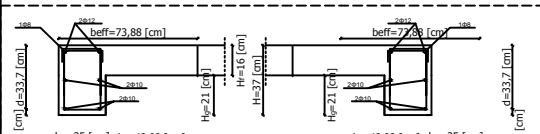


28Φ10 - L=645 [cm]



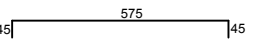
9. Skupina greda (105):

G₁₄, G₁₅, G₁₇, G₁₉

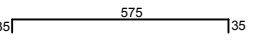


Mjerilo: 5:1

12Φ12 - L=665 [cm]

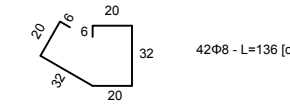
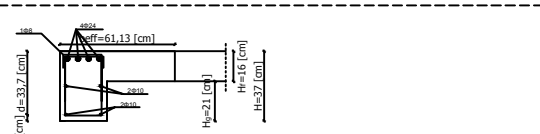


24Φ10 - L=645 [cm]



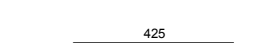
5. Skupina greda (102):

G₈

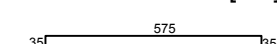


Mjerilo: 5:1

4Φ24 - L=599 [cm]

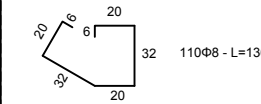
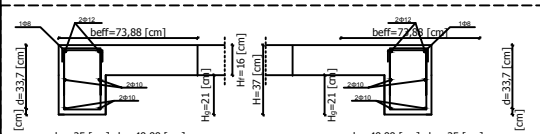


8Φ10 - L=645 [cm]



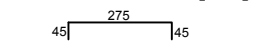
10. Skupina greda (105):

G₁₃, G₁₈

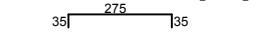


Mjerilo: 5:1

4Φ12 - L=365 [cm]



8Φ10 - L=345 [cm]



Sveukupno - armaturne šipke:

6Φ10 - L=195 [cm] → L_{uk}=11,7 [m]
 6Φ10 - L=245 [cm] → L_{uk}=14,7 [m]
 8Φ10 - L=345 [cm] → L_{uk}=27,6 [m]
 104Φ10 - L=645 [cm] → L_{uk}=680,16 [m]
 L_{Φ10,Uk}=734,16 [m]

4Φ12 - L=365 [cm] → L_{uk}=14,6 [m]
 28Φ12 - L=665 [cm] → L_{uk}=186,2 [m]
 L_{Φ12,Uk}=205,8 [m]

2Φ14 - L=525 [cm] → L_{uk}=10,5 [m]
 10Φ14 - L=675 [cm] → L_{uk}=10,5 [m]
 L_{Φ14,Uk}=21 [m]

6Φ19 - L=715 [cm] → L_{uk}=42,9 [m]

10Φ20 - L=721 [cm] → L_{uk}=72,1 [m]

40Φ22 - L=735 [cm] → L_{uk}=294 [m]

4Φ24 - L=599 [cm] → L_{uk}=23,96 [m]
 16Φ24 - L=745 [cm] → L_{uk}=119,2 [m]
 L_{Φ24,Uk}=143,16 [m]

3Φ25 - L=755 [cm] → L_{uk}=22,65 [m]

14Φ32 - L=805 [cm] → L_{uk}=112,7 [m]

Sveukupno - vilice:

3205Φ8 - L=136 [cm] → L_{uk}=4358,8 [m]

Završni rad

Mentor: Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.

Student: Luka Kaličanin

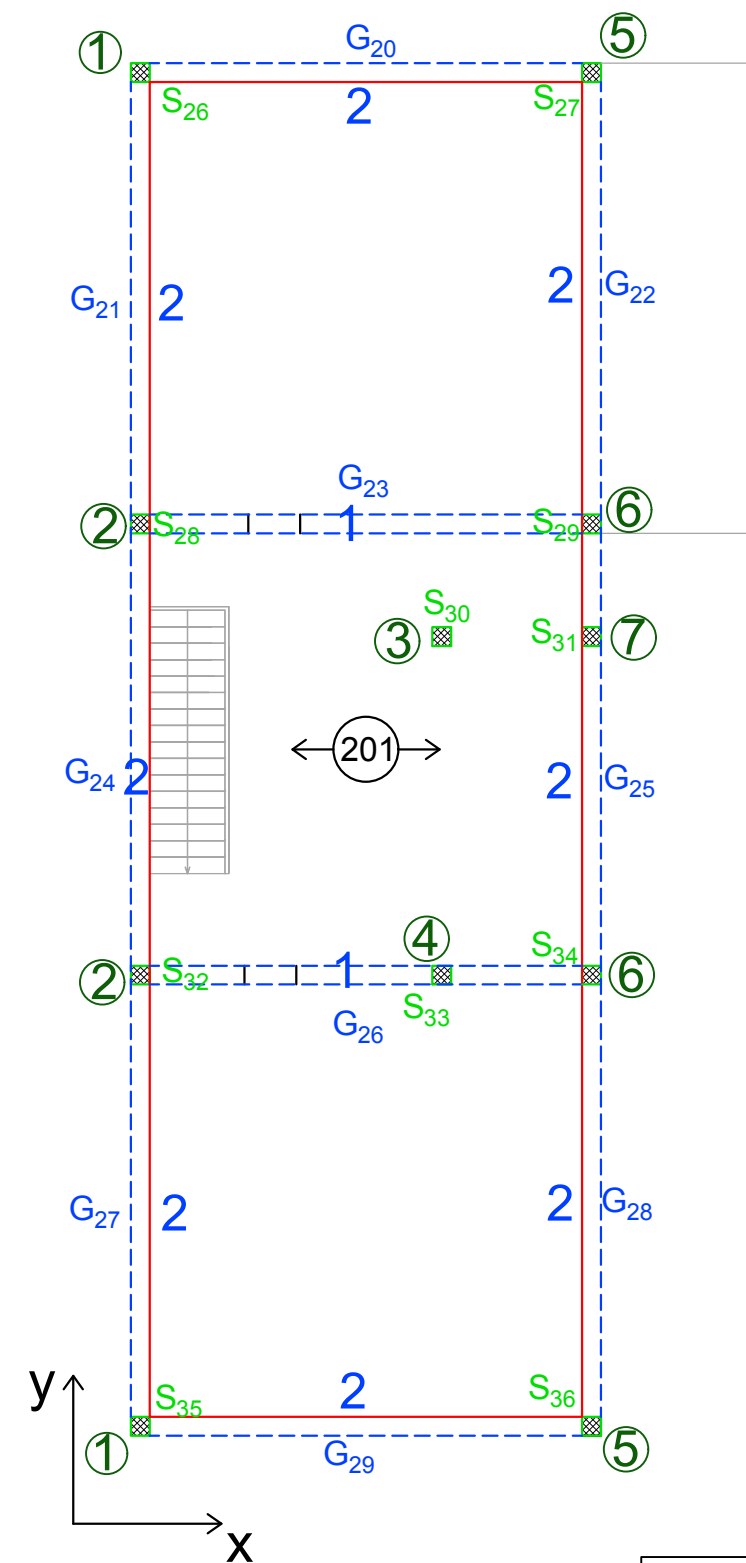
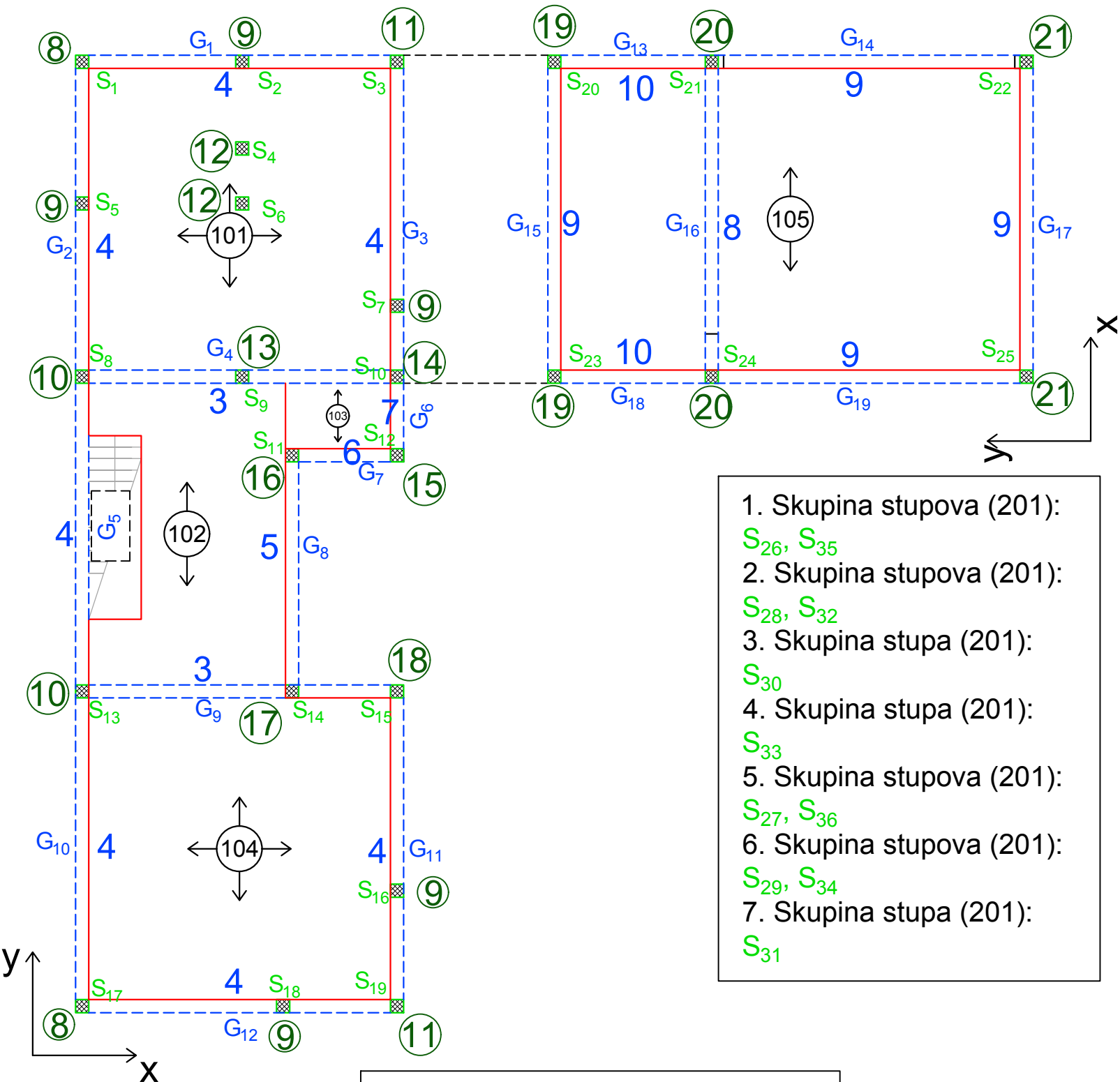
Građevina: Obiteljska kuća

Sadržaj: Iskaz elemenata armature greda

Mjerilo: 1:200

Prizemlje

1. kat

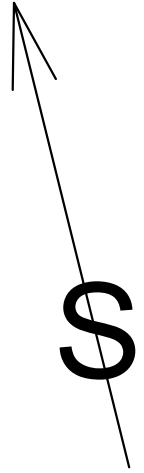
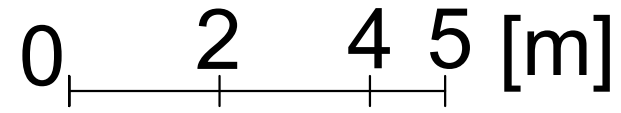


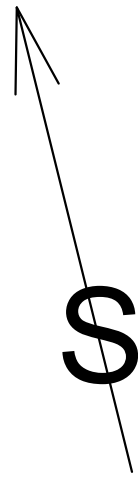
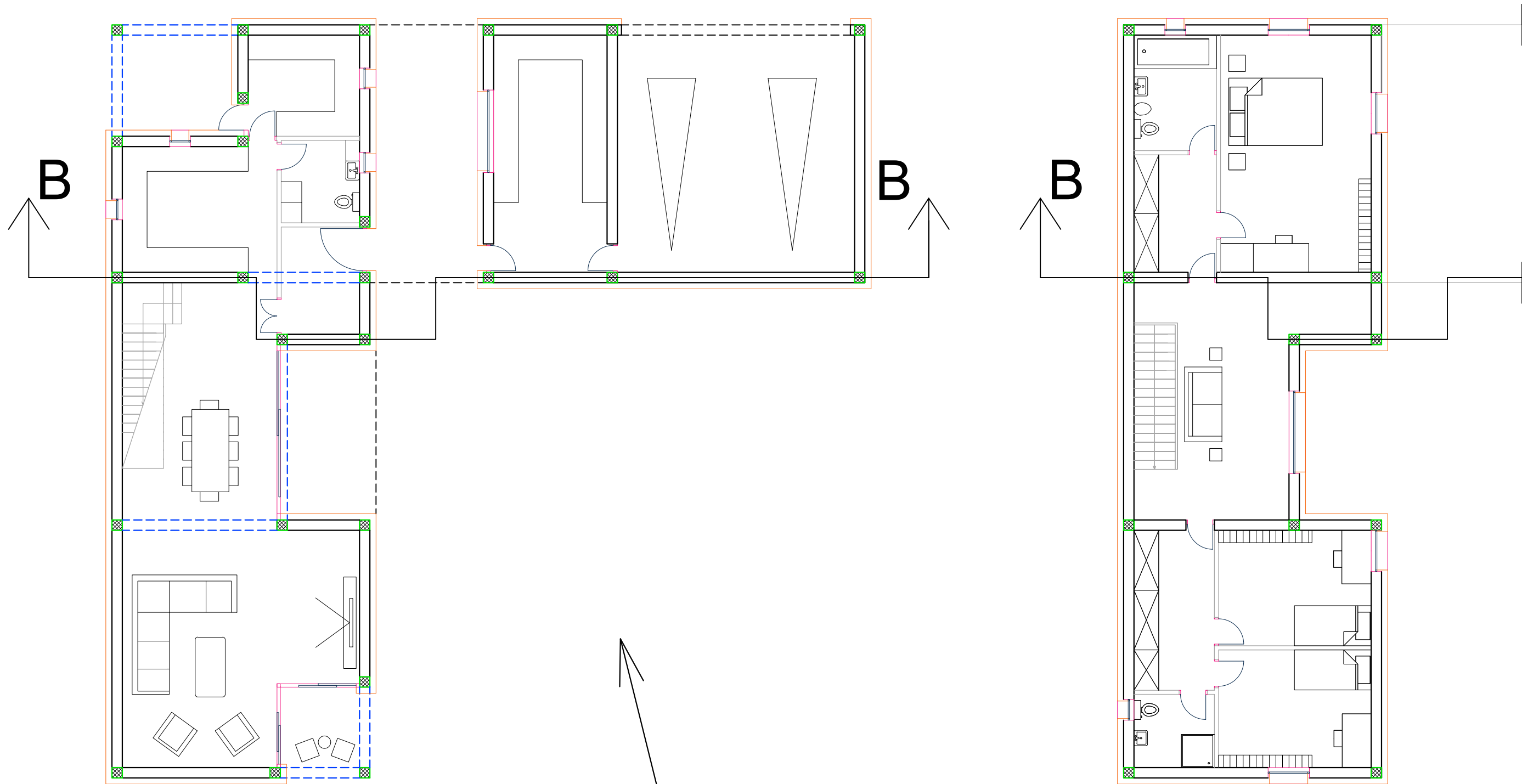
- 1. Skupina stupova (201):
 S_{26}, S_{35}
- 2. Skupina stupova (201):
 S_{28}, S_{32}
- 3. Skupina stupa (201):
 S_{30}
- 4. Skupina stupa (201):
 S_{33}
- 5. Skupina stupova (201):
 S_{27}, S_{36}
- 6. Skupina stupova (201):
 S_{29}, S_{34}
- 7. Skupina stupa (201):
 S_{31}

- 13. Skupina stupa (101-102):
 S_9
- 14. Skupina stupa (101-103):
 S_{10}
- 15. Skupina stupa (103):
 S_{12}
- 16. Skupina stupa (102-103):
 S_{11}
- 17. Skupina stupa (102-104):
 S_{14}
- 18. Skupina stupa (104):
 S_{15}
- 19. Skupina stupova (105):
 S_{20}, S_{23}
- 20. Skupina stupova (105):
 S_{21}, S_{24}
- 21. Skupina stupova (105):
 S_{22}, S_{25}

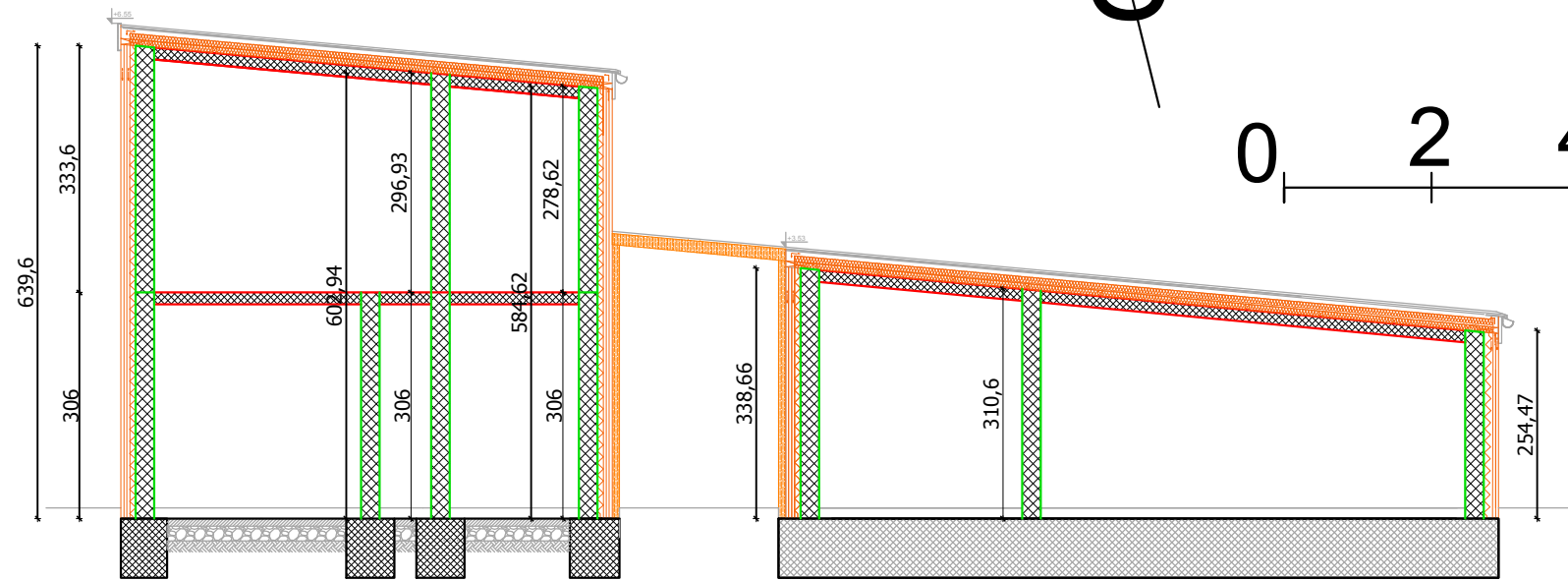
- 8. Skupina stupova (101 i 104):
 S_1, S_{17}
- 9. Skupina stupova (101, 104):
 $S_2, S_5, S_7, S_{16}, S_{18}$
- 10. Skupina stupova (101-102-104):
 S_8, S_{13}
- 11. Skupina stupova (101 i 104):
 S_3, S_{19}
- 12. Skupina stupova (101):
 S_4, S_6

Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Prikaz skupina stupova
Mjerilo:	1:100





0 2 4 5 [m]



Završni rad

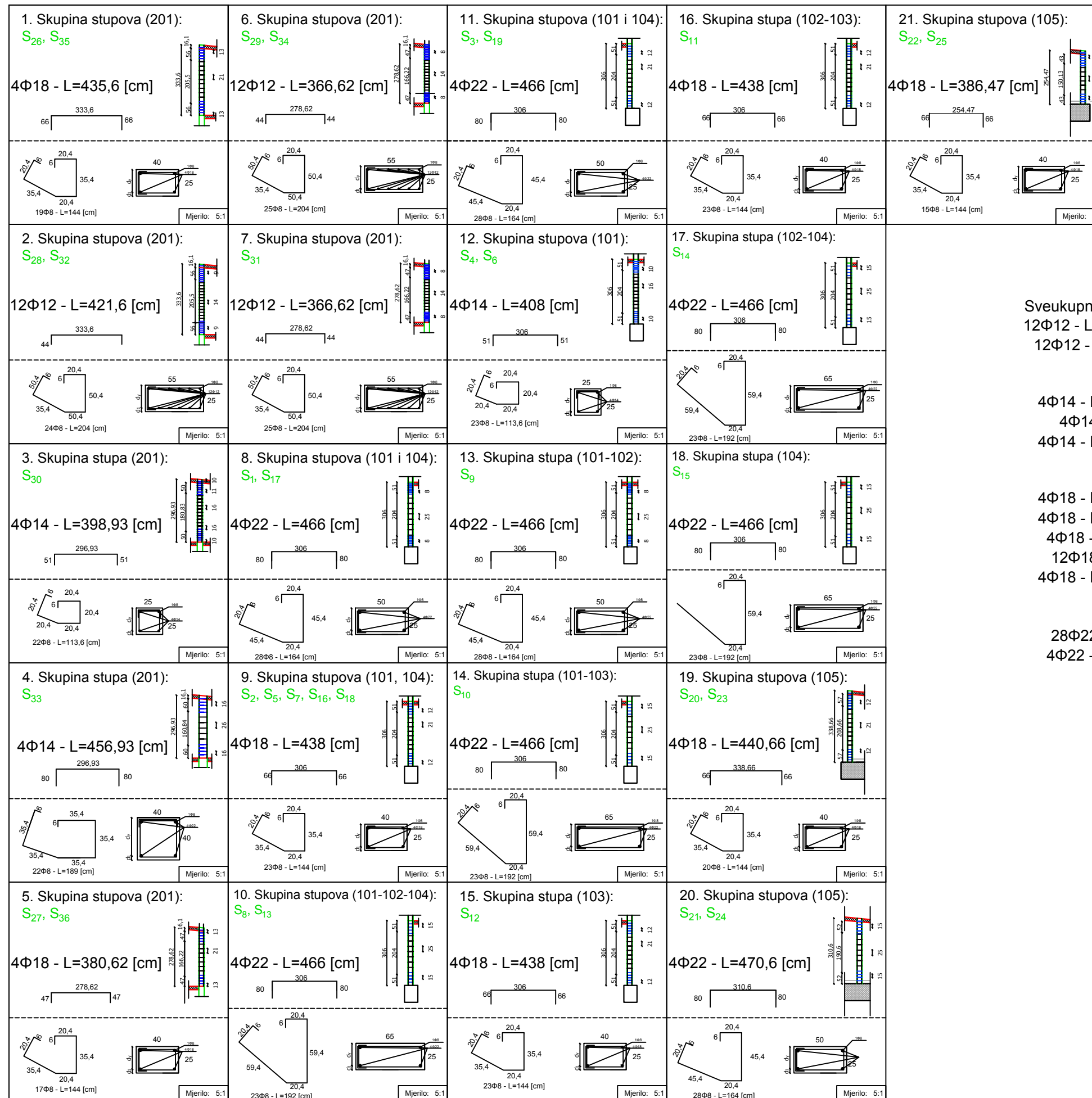
Mentor: Doc.dr.sc. Matija Orešković,
dipl.ing.građ.

Student: Luka Kaličanin

Građevina: Obiteljska kuća

Sadržaj: Tlocrt garaže, prizemlja, 1. kata i presjek B-B

Mjerilo: 1:100



Sveukupno - armaturne šipke:

$12\Phi 12 - L=366,62$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=43,99$ [m]
 $12\Phi 12 - L=421,6$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=50,59$ [m]
 $L_{\Phi 12, Uk}=94,58$ [m]

$4\Phi 14 - L=398,93$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=15,96$ [m]
 $4\Phi 14 - L=408$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=16,32$ [m]
 $4\Phi 14 - L=456,93$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=18,28$ [m]
 $L_{\Phi 14, Uk}=50,56$ [m]

$4\Phi 18 - L=380,62$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=15,22$ [m]
 $4\Phi 18 - L=386,47$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=15,46$ [m]
 $4\Phi 18 - L=435,6$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=17,42$ [m]
 $12\Phi 18 - L=438$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=52,56$ [m]
 $4\Phi 18 - L=440,66$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=17,63$ [m]
 $L_{\Phi 18, Uk}=118,29$ [m]

$28\Phi 22 - L=446$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=124,88$ [m]
 $4\Phi 22 - L=470,6$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=18,82$ [m]
 $L_{\Phi 22, Uk}=143,7$ [m]

Sveukupno - vilice:

$45\Phi 8 - L=113,6$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=51,12$ [m]
 $140\Phi 8 - L=144$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=201,6$ [m]
 $112\Phi 8 - L=164$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=183,68$ [m]
 $22\Phi 8 - L=189$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=41,58$ [m]
 $92\Phi 8 - L=192$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=176,64$ [m]
 $74\Phi 8 - L=204$ [cm] $\rightarrow L_{uk}=150,96$ [m]
 $L_{\Phi 8, Uk}=949,28$ [m]

Završni rad

Mentor: Doc.dr.sc. Matija Orešković,
dipl.ing.građ.

Student: Luka Kaličanin

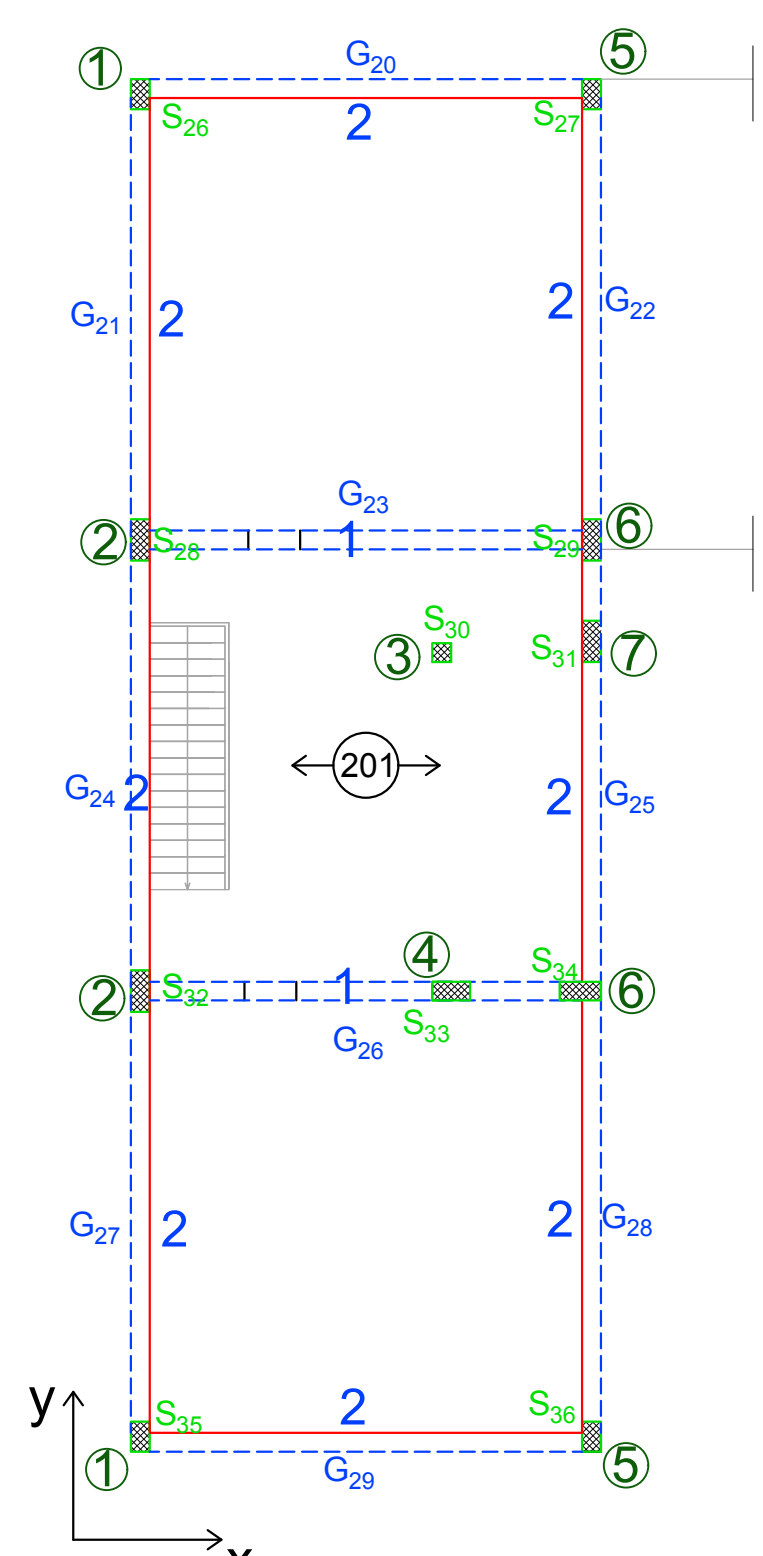
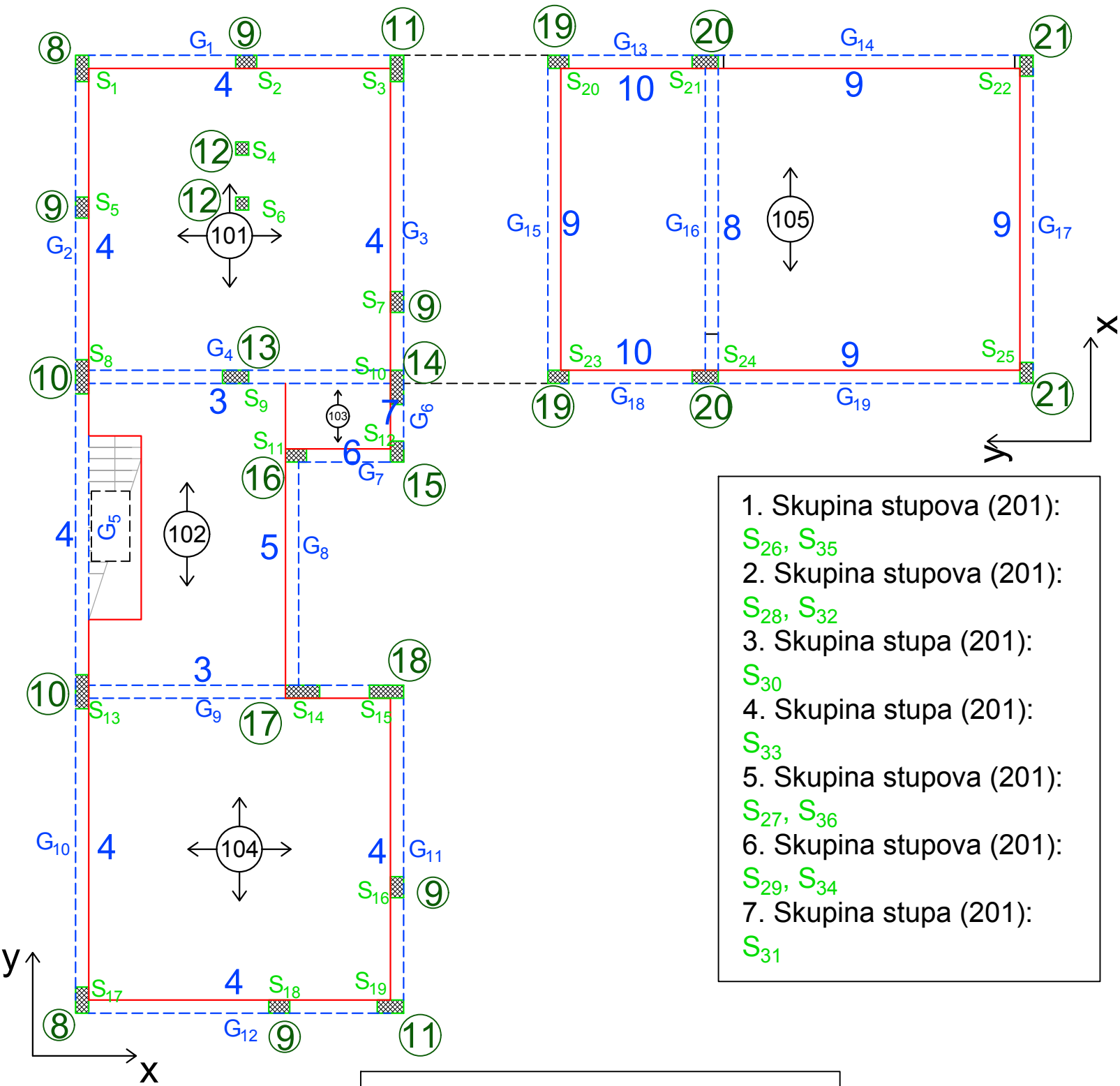
Građevina: Obiteljska kuća

Sadržaj: Iskaz elemenata armature stupova

Mjerilo: 1:200

Prizemlje

1. kat

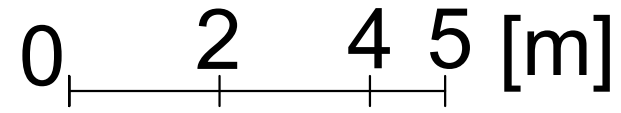


- 1. Skupina stupova (201):
 S_{26}, S_{35}
- 2. Skupina stupova (201):
 S_{28}, S_{32}
- 3. Skupina stupa (201):
 S_{30}
- 4. Skupina stupa (201):
 S_{33}
- 5. Skupina stupova (201):
 S_{27}, S_{36}
- 6. Skupina stupova (201):
 S_{29}, S_{34}
- 7. Skupina stupa (201):
 S_{31}

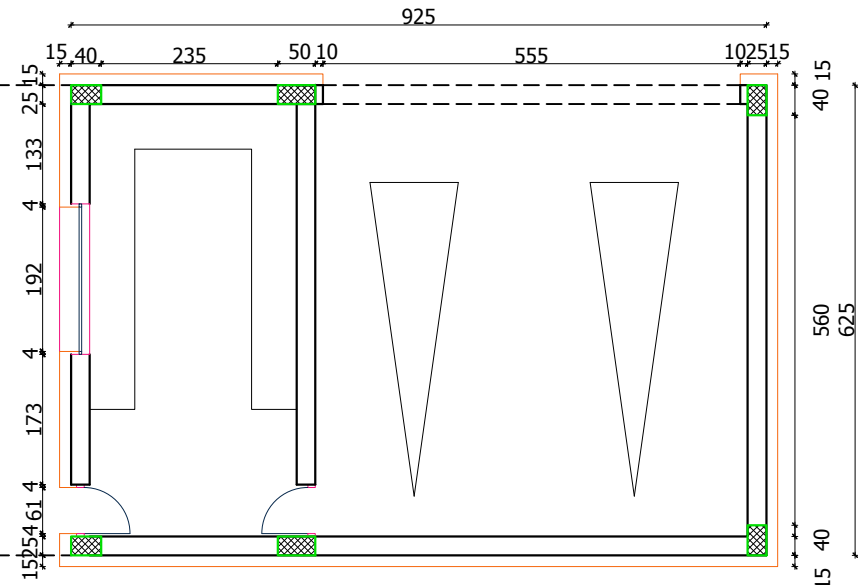
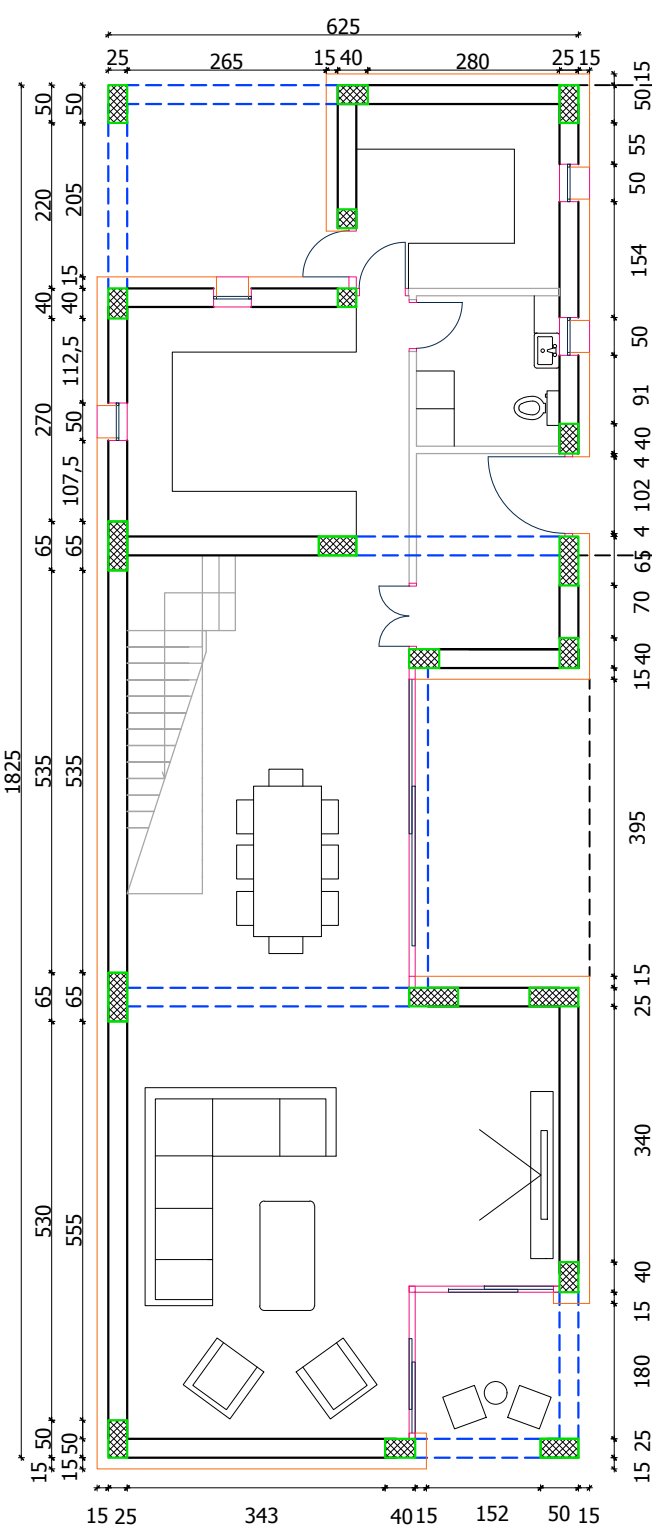
- 13. Skupina stupa (101-102):
 S_9
- 14. Skupina stupa (101-103):
 S_{10}
- 15. Skupina stupa (103):
 S_{12}
- 16. Skupina stupa (102-103):
 S_{11}
- 17. Skupina stupa (102-104):
 S_{14}
- 18. Skupina stupa (104):
 S_{15}
- 19. Skupina stupova (105):
 S_{20}, S_{23}
- 20. Skupina stupova (105):
 S_{21}, S_{24}
- 21. Skupina stupova (105):
 S_{22}, S_{25}

- 8. Skupina stupova (101 i 104):
 S_1, S_{17}
- 9. Skupina stupova (101, 104):
 $S_2, S_5, S_7, S_{16}, S_{18}$
- 10. Skupina stupova (101-102-104):
 S_8, S_{13}
- 11. Skupina stupova (101 i 104):
 S_3, S_{19}
- 12. Skupina stupova (101):
 S_4, S_6

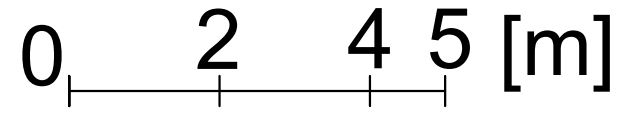
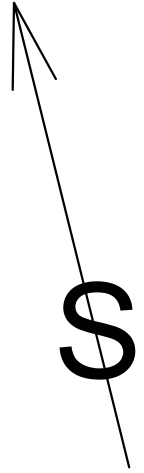
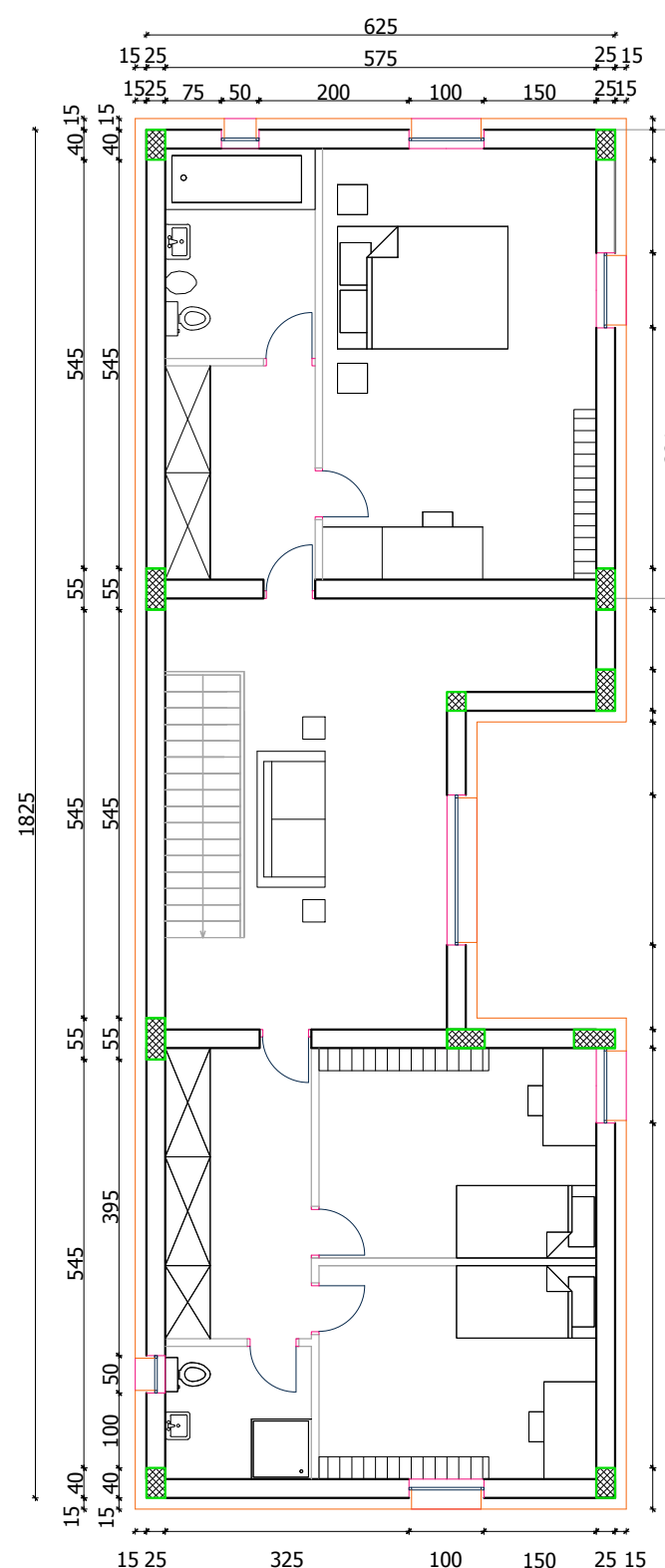
Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Ispravak dimenzija stupova
Mjerilo:	1:100



Prizemlje



1. kat



Završni rad	
Mentor:	Doc.dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.
Student:	Luka Kaličanin
Građevina:	Obiteljska kuća
Sadržaj:	Ispravljeni tlocrt
Mjerilo:	1:100