

Konstruiranje i dimenzioniranje sustava drvenog objekta

Rajčić, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:435329>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



UNIVERSITY OF SPLIT



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

ZAVRŠNI RAD

Antonio Rajčić

Split, 2020.

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

**Konstruiranje i dimenzioniranje nosivog sustava
drvenog objekta**

Završni rad

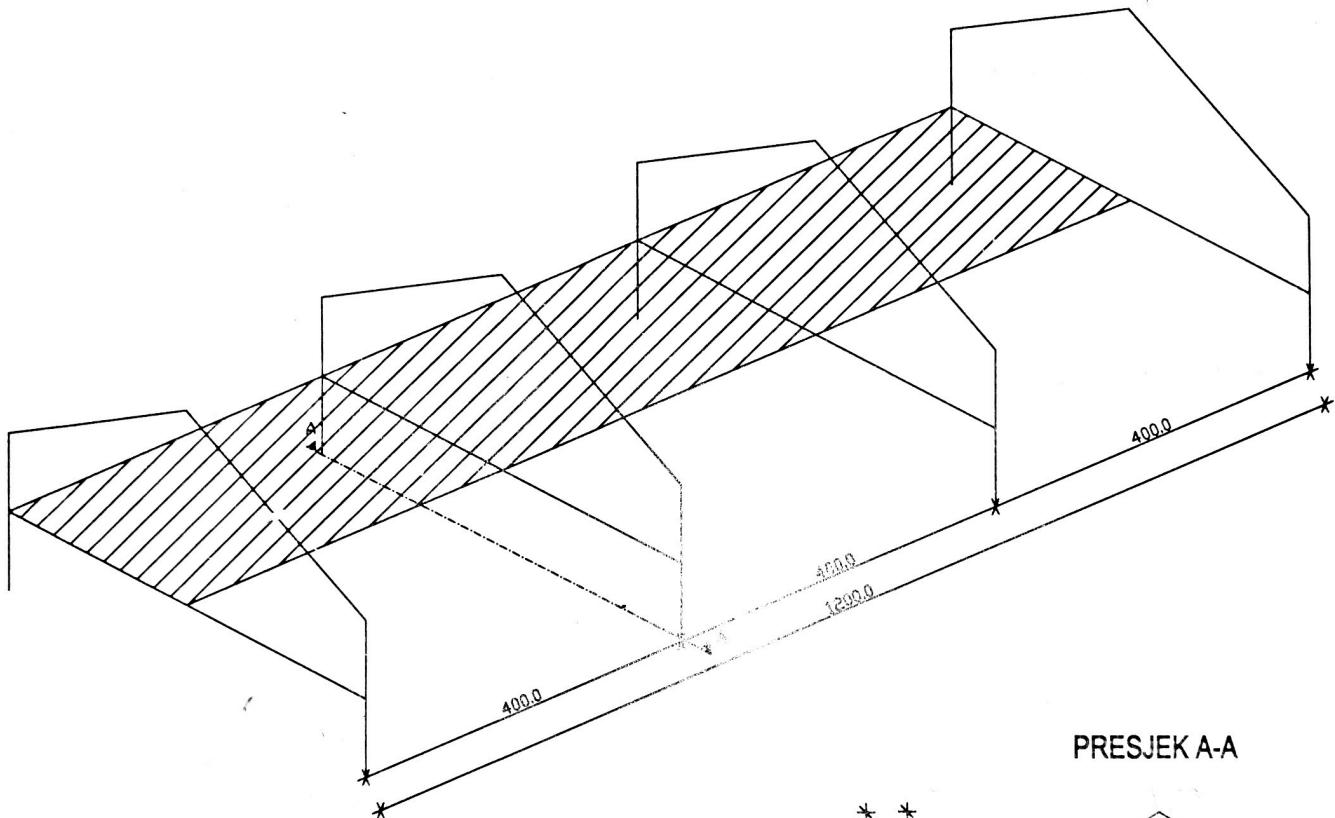
Split, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

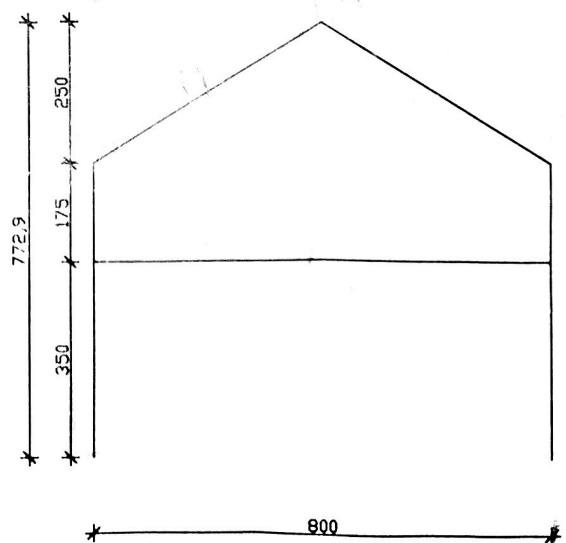
STRUČNI STUDIJ
PREDMET: DRVENE KONSTRUKCIJE
ZAVRŠNI RAD

Potrebno je konstruirati i dimenzionirati nosivi sustav drvenog objekta prema priloženoj skici:

3D-MODEL OBJEKTA



PRESJEK A-A



PODACI:

- * Lokacija: područje Dsljeka
- * Materijal konstrukcije: C24/uporabna klasa II
- * Način izvedbe: montažno
- * Grede/stupovi: LLD GL24H/uporabna klasa II

Datum izdavanja završnog rada: 11.04.2019.

STUDENT/ICA:

ANTONIO RAŠIĆ

PREDMETNI NASTAVNIK:

doc. dr. sc. Neno Torić

N. Torić

PREDMETNA ASISTENTICA:

Jelena Lovrić, mag.ing.aedif.

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**
KANDIDAT: Antonio Rajčić
BROJ INDEKSA: 1777
KATEDRA: **Katedra za drvene konstrukcije**
PREDMET: Drvene konstrukcije

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Konstruiranje i dimenzioniranje nosivog drvenog objekta

Opis zadatka: Na temelju priloženog presjeka A-A drvenog objekta potrebno je konstruirati i dimenzionirati drveni objekat da zadovoljava sve tražene uvjete nosivosti, stabilnosti te izraditi detalje spojeva pojedinih dijelova konstrukcije

U Splitu, 11.04.2019.

Voditelj Završnog rada: Neno Torić

Sažetak:

Na temelju zadanih podataka nosivog sustava drvenog objekta potrebno je konstruirati i dimenzionirati glavne i sekundarne nosače te krovne grede, izraditi radioničke nacрте glavnog nosača te detalje spojeva. Konstrukcija se nalazi na području grada Osijeka, širine je 8,00 m te na nju djeluju stalno i promjenjiva djelovanja.

Ključne riječi:

Drvo, dimenzioniranje, spojevi, spregovi.

Construction and dimensioning of the load bearing system of a wooden building

Abstract:

Based on the given data of the load-bearing system of a wooden building, it is necessary to design and dimension the main and secondary girders and roof beams, to develop shop drawings of the main truss structure and the corresponding connections. The structure is located within the Osijek area. The structure is 8,00 m wide and it is exposed to permanent and variable load.

Keywords: Timber, design, connections, bracings.

SADRŽAJ:

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. TEHNIČKI OPIS | 6 |
| 1.1 Opis konstrukcije | 6 |
| 1.2 O proračunu konstrukcije | 8 |
| 1.3 Materijal za izradu konstrukcije..... | 9 |
| 1.4 Opis montaže konstrukcije | 9 |
| 1.5 Primjenjeni propisi | 10 |
| 1.6 Antikorozivna zaštita..... | 10 |
| 1.7 Protupožarna zaštita | 10 |
| 2. ANALIZA OPTEREĆENJA | 11 |
| 2.1 Stalno opterećenje | 11 |
| 2.2 Snijeg..... | 12 |
| 2.3 Vjetar | 14 |
| 2.4. Korisnoopterećenje..... | 23 |
| 3. PRORAČUN KONSTRUKCIJE | 24 |
| 3.1 Kombinacije djelovanja..... | 24 |
| 3.1.1 Kombinacije za KGS | 24 |
| 4. DIMENZIONIRANJE ELEMENATA KONTRUKCIJE | 25 |
| 4.1 Pomaci konstrukcije | 25 |
| 4.2 Dimenzioniranje grede | 27 |
| 4.3 Dimenzioniranje stupa..... | 32 |
| 4.4 Dimnezioniranje podrožnice | 39 |
| 4.5 Dimenzioniranje krovne grede..... | 45 |
| 4.6 Dimenzioniranje spregova | 52 |
| 5. SPOJEVI | 54 |
| 5.1 SPOJ STUPA I GREDE | 54 |
| 5.2 SPOJ GREDE I GREDE | 57 |
| 5.3 SPOJ STUP-TEMELJ | 59 |
| 5.3.1 Proračun debljine pločice P1 | 59 |
| 5.3.2 Proračun vara između pločica P1 i P3 direktnom metodom..... | 60 |
| 5.3.3 Spoj stupa s pločicama P4 vijcima $\varnothing 20$ | 62 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.4 Proračun sidrenih vijaka za spoj s temeljom preko pločice P6..... | 63 |
| 6.PRORAČUN TEMELJA..... | 66 |
| 7.NACRTI..... | 67 |
| 8.LITERATURA | 68 |

1. Tehnički opis

1.1 Opis konstrukcije

Predmetna građevina nalazi se na području grada Osijeka. Tlocrtne dimenzije su 8 x 12(m), a visina iznosi 7,75 (m). Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravninu nagnuta pod kutom $\alpha = 32,00^\circ$. Projektirana je kao stambeno poslovni objekt. Konstrukcija je zamišljena kao okvirni sustav od 4 jednaka okvira razmaknutih za 4,0 m. Sustav je okvirni, dok je sekundarna konstrukcija prosta greda. Svi elementi su konstantnog poprečnog presjeka.

Na grede okvira se oslanjaju sekundarni krovni nosači (podrožnice) na međusobnom osnom razmaku od 2,36(m), a na stupove su oslonjeni sekundarni bočni nosači na međusobnom osnom razmaku od 1,75 (m).

Stabilizacija hale u smjeru okomitom na glavni nosivi sustav ostvarena je spregovima u krovnim (horizontalnim) i bočnim (zidnim) ravninama i to u srednjem polju. Kao pokrov koriste se sendvič paneli.

Vanjski stupovi konstrukcije upeto su vezani s temeljem. Unutranji stupovi konstrukcije zglobno su vezani s temeljem. Greda je upeto vezana za stupove. Sekundarna krovna konstrukcija se modelira kao prosta greda.

Konstruktivni elementi

Krovne Grede

Proračunom je odabrana krovna greda konstantnog poprečnog presjeka iz jednog dijela. Dimenzije krovne grede su 200/220 mm. Dok su za dimenzije ostalih greda odabrani poprečni presjeci – 200/240 mm.

Stupovi

Proračunom su odabrani vanjski stupovi konstantnog poprečnog presjeka. Dimenzije stupova su : 220/220 mm

Podrožnice

Proračunom su odabrane podrožnice poprečnog presjeka 140/180mm.

Sekundarni bočni nosači

Proračunom su odabrane sekundarni bočni nosači poprečnog presjeka 140/180 mm.

Spregovi

Kao dijagonale krovnog i bočnog sprega su odabrani čelični elementi RD12.

1.2 O proračunu konstrukcije

Proračun reznih sila i pomaka konstrukcije proveden je po EUROCODE-u 5 gdje je konstrukcija analizirana s obzirom na kriterije krajnjeg graničnog stanja i graničnog stanja uporabljivosti za različite kombinacije opterećenja.

Proračun je proveden po teoriji prvoga reda dakle na nedeformiranoj konstrukciji pri čemu nisu uzete u obzir početne imperfekcije konstruktivnih elementa.

Najprije se analizira jedan okvir sa određenim oblikom i dimenzijama poprečnih presjeka elemenata grede i stupa, te se za razne kombinacije opterećenja izračunaju unutarnje sile, te vertikalni i horizontalni pomaci.

Opterećenja koja djeluju na konstrukciju su:

- opterećenje vlastitim težinom
- opterećenje snijegom
- opterećenje vjetrom
- te njihove kombinacije

Provedeni su proračuni za različite kombinacije opterećenja, te je konstrukcija dimenzionirana na najnepovoljnije rezne sile.

Proračun i dimenzioniranje je izveden u programskom paketu SCIA ENGINEER.

Smatra se da je konstrukcija zglobno i upeto vezana za tlo. Veza između stupa i grede je upeta. Sekundarna konstrukcija je modelirana kao prosta greda.

1.3 Materijal za izradu konstrukcije

Glavni okvir konstrukcije kao i sekundarna konstrukcija izrađeni su od punog drva klase C24. Spreгови su čelični, S235. Temelji su izrađeni od armiranog betona klase C25/30, s betonskim čelikom B500B kao armaturom.

1.4 Opis montaže konstrukcije

Izvedba konstrukcije je montažna. Svi elementi konstrukcije predgotovljeni stižu na gradilište te se međusobno vežu vijcima ili trnovima. Sama krovna konstrukcija je izvedena od 1 vrste prostornih segmenata u y smjeru i 2 vrste prostornih segmenata u x smjeru. Jedina razlika je u duljini segmenata. Dimenzije i izgled segmenata detaljno su prikazani u nacrtima objekta u prilogu.

Međusobnim spajanjem segmenata montirati će se nosiva konstrukcija.

Nulta faza montaže, nakon izvedenih svih prethodno potrebnih radova, je montaža stupova.

Na svakom pojasu stupa postavljeni su dvostruki vijci na pločama. Kada se stup postavi na ankere koji su postavljeni u temelje, stup se pridržava dizalicom dok se ne postigne vertikalnost pomoću dvostrukih vijaka. Potom se postavljaju spreгови između stupova drugog i trećeg okvira. Kad se drugi i treći stup povežu spregom oni postaju stabilni te se za njih veže ostatak konstrukcije. Nakon provjere vertikalnosti, vrši se ispunjenje prostora ispod spojne ploče i temelja ekspanzirajućim mortom.

Nakon izvedene montaže stupova ide se na montažu glavne krovne konstrukcije.

Ovakav način montaže odabran je iz razloga što na taj način postizemo brži i ekonomičniji način montaže.

1.5 Primjenjeni propisi

Proračun i dimenzioniranje svih elemenata drvene konstrukcije i čelične konstrukcije provedeni su u skladu sa EUROCODE 5 i EUROCODE 3,a, a analiza djelovanja na konstrukciju napravljena je u skladu sa EUROCODE 1. Proračun i dimenzioniranje betonskih elemenata konstrukcije provedena je u skladu sa EUROCODE 2.

1.6 Antikorozivna zaštita

Svi dijelovi spojnih sredstava izrađeni od čelika moraju biti zaštićeni od korozije prema odredbama "Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za zaštitu čeličnih konstrukcije od korozije".

Kao vrsta zaštite od korozije odabrana je zaštita vrućim pocinčavanjem i zaštitnim premazom. Ukupna debljina zaštitnog sloja usvaja se 200 μm .

1.7 Protupožarna zaštita

U svrhu odugovlačenja zagrijavanja konstruktivnih elemenata predmetne hale, svi takvi elementi moraju se zaštititi posebnim premazima otpornim na visoke temperature.

Također je potrebno opremiti objekt za slučaj nastanka požara uređajima za najavu požara kao i opremom za njegovo gašenje.

2.2 Snijeg

Opterećenje snijegom na krovu

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

- μ_1 - koef. oblika za opterećenje snijegom

krov nagiba $\alpha > 30^\circ$, interpolacijom dobijemo $\Rightarrow \mu = 0,747$

- s_k - karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u $[kN/m^2]$

zona Osijeka, područje 3. (kontinentalna Hrvatska), nadmorska visina do 100 m

$\Rightarrow s_k = 1,00 kN/m^2$



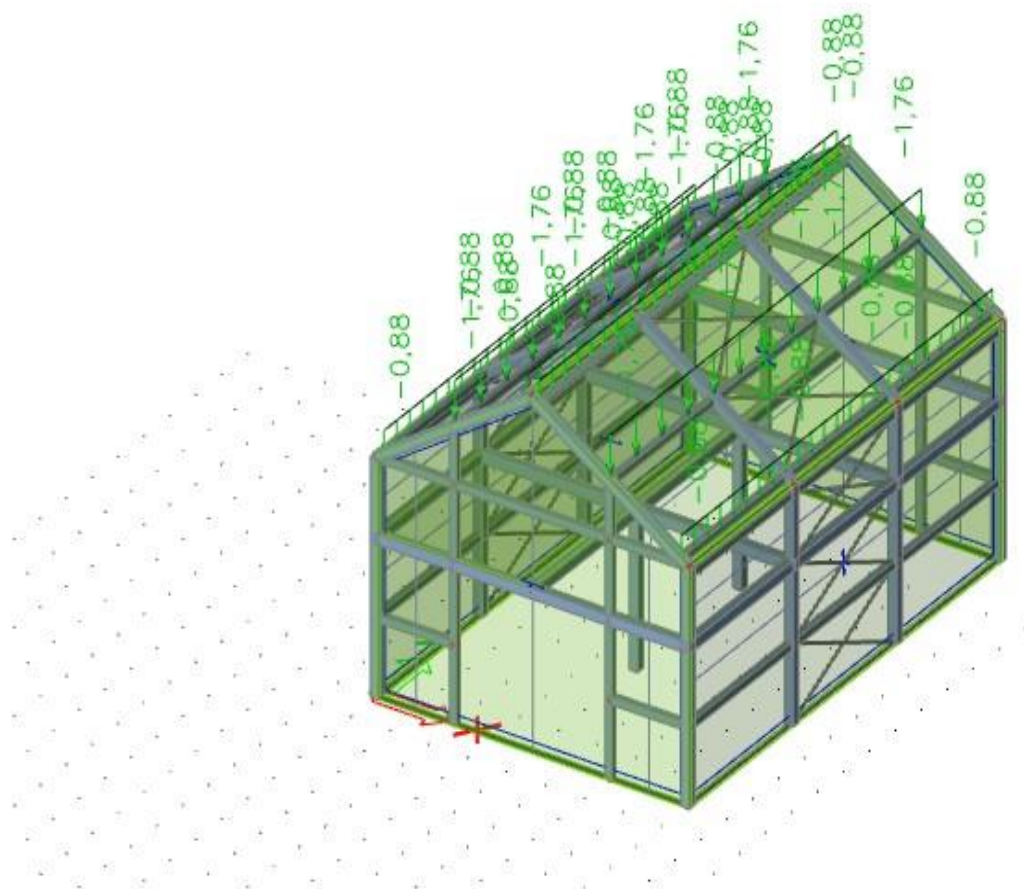
Slika 2.1.. Karta područja za opterećenja snijegom

- C_e - koef. izloženosti $\Rightarrow C_e = 1,0$

- C_t - toplinski koef. $\Rightarrow C_t = 1,0$

$$\Rightarrow s = 0,747 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,747 [kN/m^2]$$

| OPTEREĆENJE SNIJEGOM S | | | | |
|------------------------|--------------------|------------------------|-------|----------|
| NOSAČ | UTJECAJNA POVRŠINA | S (kN/m ²) | L(m) | S (kN/m) |
| RUBNI SEK.NOSAČ | P1 | 0,747 | 1,18 | 0,88 |
| SREDNJI SEK.NOSAČ | P2 | 0,747 | 2,359 | 1,76 |



Slika 2.3 opterećenje snijegom

2.3 Vjetar

- pritisak vjetra na vanjske površine: $w_e = q_p \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$ [kN/m²]

- pritisak vjetra na unutarnje površine: $w_i = q_p \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$ [kN/m²]

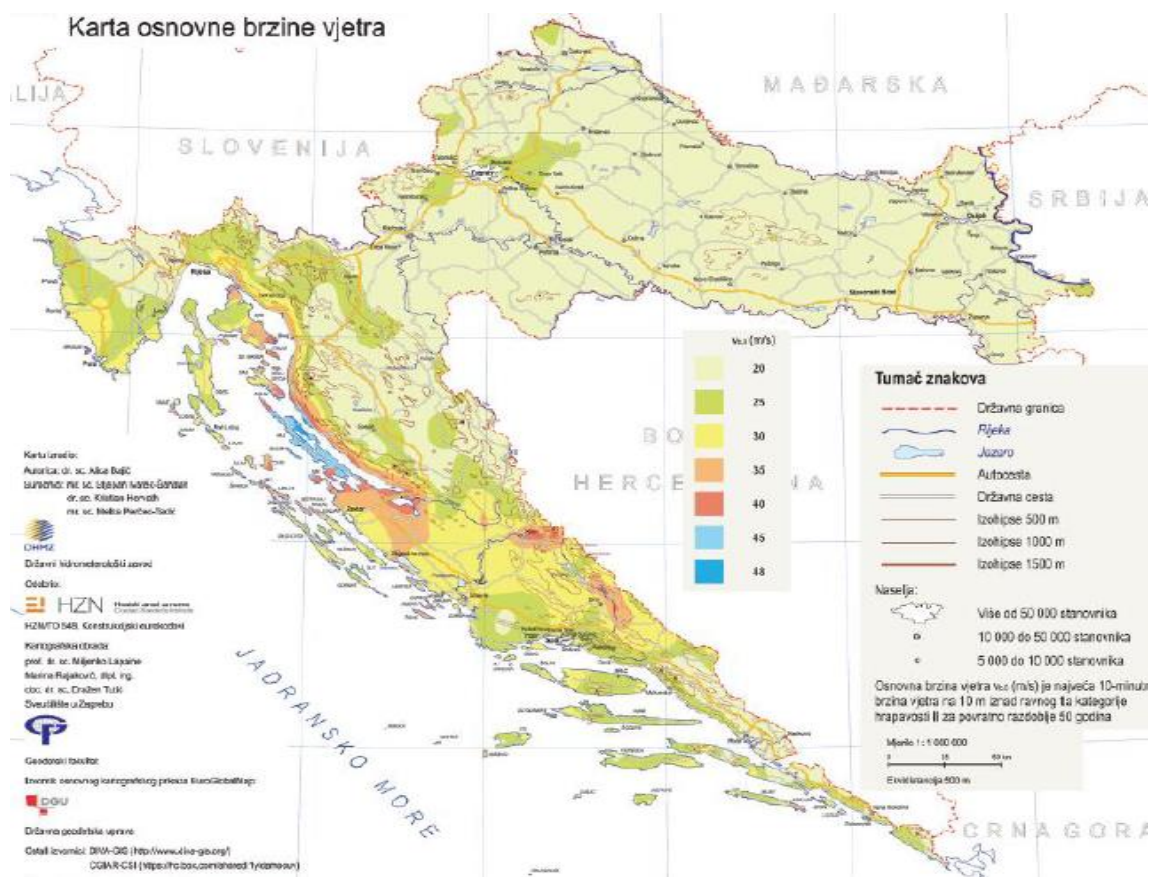
gdje je:

q_{ref} – poredbeni tlak vjetra pri srednjoj brzini vjetra

$C_e(z_e); C_e(z_i)$ – koeficijenti izloženosti koji uzimaju u obzir neravnine terena

$z_e; z_i$ – poredbene visine za lokalni ili unutarnji tlak

$c_{pe}; c_{pi}$ – vanjski i unutarnji koeficijent pritiska



Slika 2.4 Zemljovid područja opterećenja vjetrom

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

gdje je:

v_b – osnovna brzina vjetra

ρ – gustoća zraka ($\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$)

Osnovna brzina vjetra v_b , dana je izrazom:

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b0}$$

gdje je:

v_b – osnovna brzina vjetra

C_{dir} – koeficijent smjera vjetra (obično uzima vrijednost 1,0)

C_{season} – koeficijent ovisan o godišnjem dobu (obično uzima vrijednost 1,0)

Osnovni pritisak vjetra:

$$v_b = 20,0 \left(\frac{m}{s} \right) \rightarrow$$

očitano za Osijek

$$C_{dir} = C_{season} = 1,0$$

$$v_b = v_{b,0} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 20 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 20,0 \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\rho = 1,25 \frac{kg}{m^3}$$

$$q_b = \frac{\rho}{2} \cdot v_b^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 20,0^2 = 250,0 \left(\frac{N}{m^2} \right) = 0,25 \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Faktor terena k_r -za kategoriju terena IV :

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1,0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,23$$

$$C_{r(z)} = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,23 \cdot \ln \left(\frac{7,75}{1,0} \right) = 0,47$$

$$C_{0(z)} = 1,0$$

Srednja brzina vjetra iznad terena:

$$v_m = v_b \cdot C_{r(z)} \cdot C_{0(z)} = 20 \cdot 0,47 \cdot 1,00 = 9,40 \left(\frac{m}{s} \right)$$

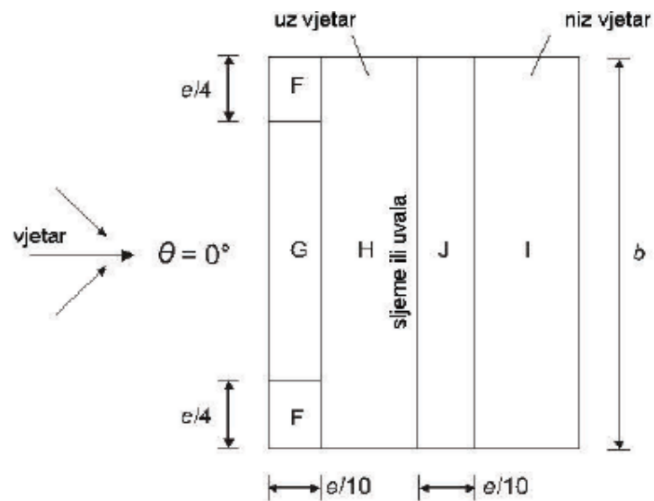
Intezitet turbulencije:

$$I_{v(z)} = \frac{k_1}{C_{0(z)} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln \left(\frac{7,75}{1,0} \right)} = 0,488$$

Pritisak brzine vjetra pri udaru:

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2 = [1 + 7 \cdot 0,488] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 9,40^2 \cdot 10^{-3} = 0,244 \text{ kN/m}^2$$

Određivanje pritiska na halu za područja dvostrešnog krova $\Theta=0$



Slika 2.5 Rezultirajuće djelovanje vjetra za dvostrešni krov

$$e = \min \{b, 2h\} = \min[12,0; 2 \cdot 7,75 = 15,5] = 12,00 \text{ m}$$

Koeficijenti vanjskog pritiska na halu s krovom nagiba $\alpha = 32,00^\circ$ za područja dvostrešnog krova $\Theta=0$

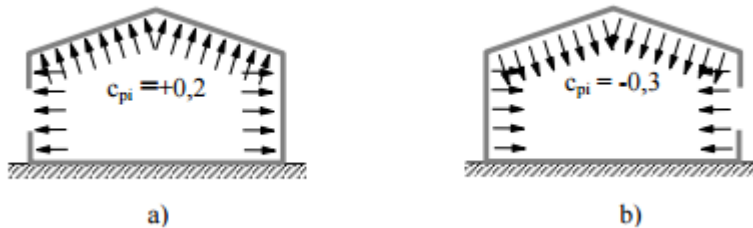
| Nagib α | Područje za smjer vjetra $\theta = 0^\circ$ | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | F | | G | | H | | I | | J | |
| | $c_{pe,10}$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

NAPOMENA 1: Pri $\theta = 0^\circ$ tlak se naglo mijenja između pozitivnih i negativnih vrijednosti na strani uz vjetar oko kuta $\alpha = -5^\circ$ do $+45^\circ$, stoga su navedene i pozitivne i negativne vrijednosti. Za takva krovova treba uzeti u obzir slučaj gdje je su najmanje vrijednosti svih područja F, G i H kombinirana s najvećim ili najmanjim vrijednostima područja I i J. Nije dopušteno miješanje pozitivnih i negativnih vrijednosti na istom pročelju.

NAPOMENA 2: Smije se upotrijebiti linearna interpolacija vrijednosti istog predznaka za međuvrijednosti kutova nagiba istog predznaka. (Ne interpolira se za kutove između $\alpha = -5^\circ$ i $\alpha = +5^\circ$ već se upotrebljavaju podaci za ravne krovove iz točke 7.2.3). Vrijednosti 0,0 dane su za potrebe interpolacije.

Tablica 6. Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja dvostrešnog krova ($\theta=0$)

Za koeficijent unutarnjeg tlaka c_{pi} uzete su preporučene vrijednosti +0.2 i -0.3.



Slika 2.6 Koeficijenti unutarnjeg tlaka

Pritisak vjetra na vanjske površine: $w_e = q_p * c_{pe}$ [kN/m²]

| Područje | q_p (kN/m ²) | c_{pe} | W_{e1} (kN/m ²) |
|----------|----------------------------|----------|-------------------------------|
| F | 0,244 | +0,7 | +0,171 |
| G | 0,244 | +0,7 | +0,171 |
| H | 0,244 | +0,427 | +0,104 |
| I | 0,244 | +0,0 | +0,0 |
| J | 0,244 | +0,0 | +0,0 |

| Područje | q_p (kN/m ²) | c_{pi} | W_{e2} (kN/m ²) |
|----------|----------------------------|----------|-------------------------------|
| F | 0,244 | -0,433 | -0,106 |
| G | 0,244 | -0,433 | -0,106 |
| H | 0,244 | -0,173 | -0,042 |
| I | 0,244 | -0,373 | -0,091 |
| J | 0,244 | -0,473 | -0,115 |

Tablica 1. Pritisak vjetra na vanjske površine

Pritisak vjetra na unutarnje površine: $w_i = q_p * c_{pi}$ [kN/m²]

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i1}(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|
| F | 0,244 | +0,2 | +0,049 |
| G | 0,244 | +0,2 | +0,049 |
| H | 0,244 | +0,2 | +0,049 |
| I | 0,244 | +0,2 | +0,049 |
| J | 0,244 | +0,2 | +0,049 |

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i2}(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|
| F | 0,244 | -0,3 | -0,073 |
| G | 0,244 | -0,3 | -0,073 |
| H | 0,244 | -0,3 | -0,073 |
| I | 0,244 | -0,3 | -0,073 |
| J | 0,244 | -0,3 | -0,073 |

Tablica 2 .Pritisak vjetra na unutarnje površine

| Rezultirajuće djelovanje vjetra (kN/m ²) | | | | |
|------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Područje | Vjetar 1= $W_{e1}+W_{i1}$ | Vjetar 2= $W_{e1}+W_{i2}$ | Vjetar 3= $W_{e2}+W_{i1}$ | Vjetar 4= $W_{e2}+W_{i2}$ |
| F | +0,122 | +0,244 | -0,155 | -0,033 |
| G | +0,122 | +0,244 | -0,155 | -0,033 |
| H | +0,055 | +0,177 | -0,091 | -0,031 |
| I | +0,049 | +0,073 | -0,140 | -0,018 |
| J | +0,049 | +0,073 | -0,164 | -0,042 |

Tablica 3.Rezultirajuće djelovanje vjetra

Djelovanje vjetra na krovnu plohu prenosi se na sekundarne nosače koji prenose opterećenje na glavni nosač.

Djelovanje se u modelu nanosi linijski što će biti prikazano u sljedećim proračunima.

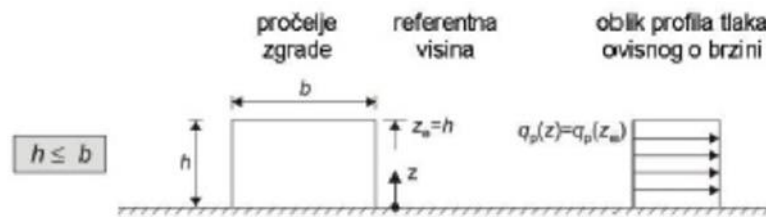
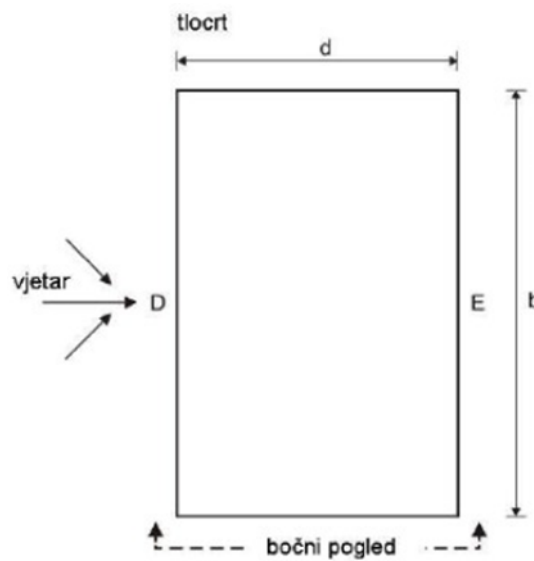
Za daljni proračun u obzir će se uzeti vrijednosti za VJETAR 2 koji će se u kombinacijama opterećenja označavati s "pritiskajući vjetar" i VJETAR 3 koji će se u kombinacijama opterećenja označavati s "odižujući vjetar".

Djelovanje vjetra na sekundarne nosače:

| Pritiskajući vjetar | | Odižujući vjetar | |
|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Področnice | Vrijednosti(kN/m) | Področnice | Vrijednosti(kN/m) |
| 1 | 0,2879 | 1 | -0,1829 |
| 2 | 0,4191 | 2 | -0,2160 |
| 3 | 0,2089 | 3 | -0,1074 |
| 4 | 0,0861 | 4 | -0,1935 |
| 5 | 0,1723 | 5 | -0,3309 |
| 6 | 0,0861 | 6 | -0,1652 |

Tablica 4. Prikaz linijskog djelovanja vjetra na sekundarne nosače ($V(\text{kN/m})=V(\text{kN/m}^2)\cdot L$)

Djelovanje vjetra na zidove konstrukcije:

**Slika 2.7** Referentna visina i odgovarajuća raspodjela tlaka**Slika 2.8** Djelovanje vjetra na vertikalne zidove

$$e = \min \{b, 2h\} = \min [12,0; 2 \cdot 7,75 = 15,5] = 12,00 \quad d = 8,0 \text{ m}$$

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pe} | $W_e(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|----------------------|
| D | 0,244 | +0,8 | 0,195 |
| E | 0,244 | -0,5 | -0,122 |

Tablica 4. Pritisak vjetra na vanjske površine

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i1}(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|
| D | 0,244 | 0,20 | 0,049 |
| E | 0,244 | 0,20 | 0,049 |

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i2}(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|
| D | 0,244 | -0,30 | -0,073 |
| E | 0,244 | -0,30 | -0,073 |

Tablica 5. Pritisak vjetra na unutarnje površine

| REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE VJETRA(kN/m ²) | | |
|-----------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Područje | VJETAR 1= W_e+W_{i2} | VJETAR 2= W_e+W_{i1} |
| D | +0,268 | +0,146 |
| E | -0,049 | -0,171 |

Tablica 6. Prikaz rezultirajućeg djelovanja vjetra ($V(kN/m^2)$)

| REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE ZA VJETAR 1(kN/m) | | | | |
|--------------------------------------------|---|-------------|---|-----------|
| Područje | | SREDNJI DIO | | RUBNI DIO |
| D | 4 | 1,08 | 2 | 0,54 |
| E | 4 | 0,196 | 2 | 0,098 |

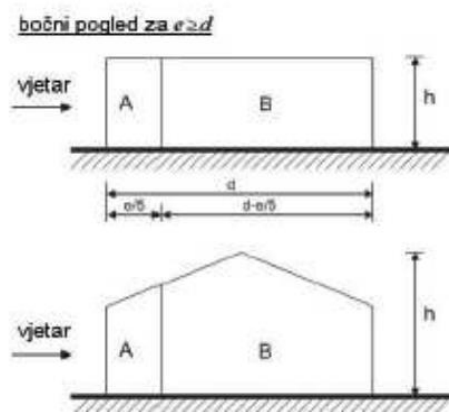
Tablica 7. Prikaz rezultirajućeg djelovanja vjetra ($V(kN/m) = V(kN/m^2) \cdot L$)

| REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE ZA VJETAR 2(kN/m) | | | | |
|--------------------------------------------|---|-------------|---|-----------|
| Područje | | SREDNJI DIO | | RUBNI DIO |
| D | 4 | 0,58 | 2 | 0,29 |
| E | 4 | 0,68 | 2 | 0,34 |

Tablica 8. Prikaz rezultirajućeg djelovanja vjetra ($V(kN/m) = V(kN/m^2) \cdot L$)

Djelovanje vjetra na zabačni zid

$$e = \min \{b, 2h\} = \min [12,0; 2 \cdot 7,75 = 15,50] = 12,00 \text{ m}, d = 8,0 \text{ m}$$



Slika 2.9. Prikaz područja djelovanja za zabačne zidove

| Područje | $q_p(kN/m^2)$ | c_{pe} | $W_e(kN/m^2)$ |
|----------|---------------|----------|---------------|
| A | 0,244 | -1,2 | -0,293 |
| B | 0,244 | -0,8 | -0,195 |

Tablica 9. Prikaz djelovanja na vanjske površine

| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i1}(\text{kN/m}^2)$ |
|----------|----------------------|----------|-------------------------|
| A | 0,244 | 0,2 | 0,049 |
| B | 0,244 | 0,2 | 0,049 |
| Područje | $q_p(\text{kN/m}^2)$ | c_{pi} | $W_{i2}(\text{kN/m}^2)$ |
| A | 0,244 | -0,3 | -0,073 |
| B | 0,244 | -0,3 | -0,073 |

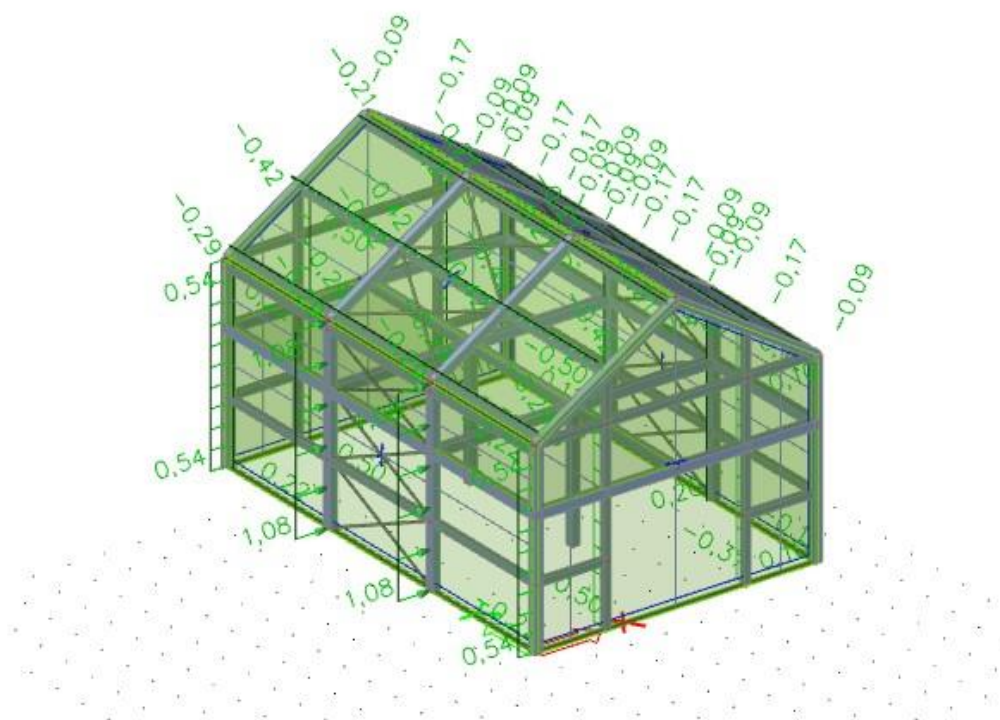
Tablica 10. Prikaz djelovanja na unutarnje površine

| REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE VJETRA(kN/m ²) | | | | |
|-----------------------------------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| PODRUČJE | VJETAR 1= | W_e+W_{i1} | VJETAR 2= | W_e-W_{i2} |
| A | | -0,342 | | -0,22 |
| B | | -0,244 | | -0,122 |

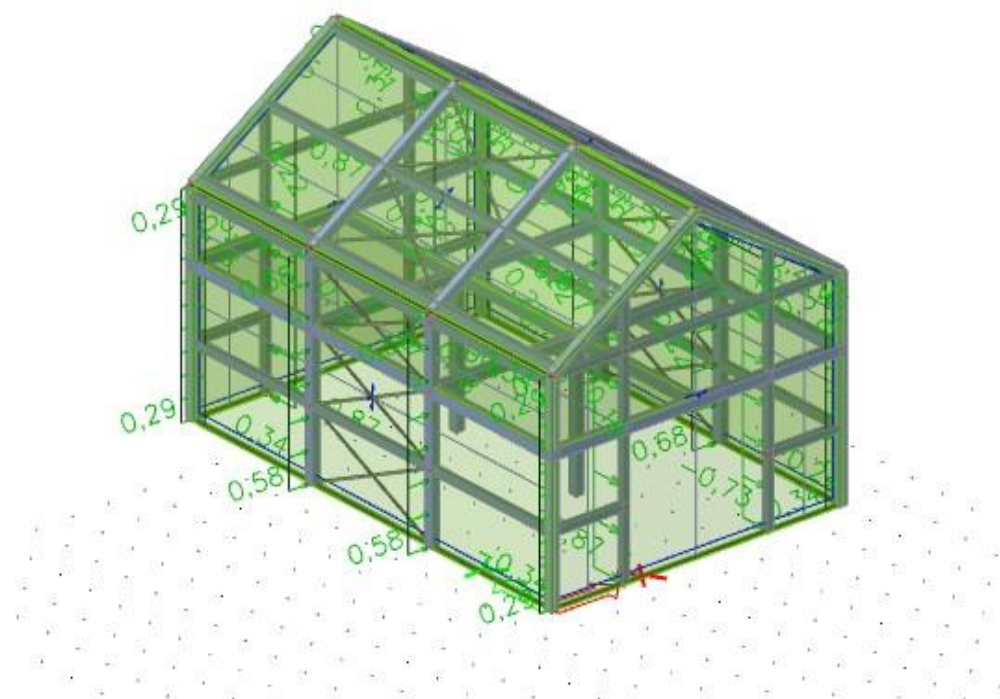
Tablica 11. Prikaz rezultirajućeg djelovanja vjetra

| REZULTIRAJUĆE DJELOVANJE VJETRA NA ZABATNE STUPOVE | | |
|----------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| Stupovi | Vrijednosti(odičući) | Vrijednosti(pritiskajući) |
| 1 | -0,342 | -0,22 |
| 2 | -0,8692 | -0,5032 |
| 3 | -0,732 | -0,366 |
| 4 | -0,244 | -0,122 |

Tablica 12. Rezultirajuće djelovanje na zabatne stupove ($V(\text{kN/m})= V(\text{kN/m}^2)\cdot L$)



Slika2.10 Opterećenje modela vjetrom (pritiskajući vjetar)



Slika2.11 Opterećenje modela vjetrom (odižući vjetar)

2.4. Korisno opterećenje

Tablica 6.1 – Uporabne kategorije

| Kategorija | Namjena | Primjer |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti | Sobe u stambenim zgradama i kućama, sobe i odjeli u bolnicama; sobe u hotelima i prenoćištima, kuhinje i kupaonice |
| B | Uredski prostori | |
| C | Prostori gdje se mogu okupljati ljudi (osim prostora određenih u kategorijama A, B, i D ¹⁾) | C1: Prostori sa stolovima i sl., primjerice u školama, kavanama, restoranima, blagovaonicama, čitaonicama, recepcijama C2: Prostori s nepomičnim sjedalima, primjerice u crkvama, kazalištima ili kinima, sobe za sastanke, dvorane za predavanja, dvorane za skupove, željezničke čekaonice i sl. C3: Prostori bez zapreka za kretanje ljudi, primjerice u muzejima, izložbenim prostorima i slično, te pristupi u javnim i upravnim zgradama, hotelima, bolnicama i željezničkim stanicama C4: Prostori gdje su moguće fizičke aktivnosti, primjerice plesne dvorane, gimnastičke dvorane, pozornice C5: Prostori za velika okupljanja ljudi, primjerice u zgradama za javne priredbe kao što su koncertne dvorane, sportske dvorane uključujući gledališta, terase, prilaze i željezničke perone |
| D | Prodajni prostori | D1: Prostori u trgovinama D2: Prostori u robnim kućama |
| <p>¹⁾ Obratiti pažnju na točku 6.3.1.1(2), posebno za kategorije C4 i C5. Kad se dinamički učinci trebaju uzeti u obzir, vidjeti normu EN 1990. Za kategoriju E, vidjeti tablicu 6.3.</p> <p>NAPOMENA 1: Ovisno o predviđenom načinu upotrebe, prostori koji bi mogli pripadati kategorijama C2, C3 i C4 smiju se odlukom investitora i/ili nacionalnim dodatkom svrstati u kategoriju C5</p> <p>NAPOMENA 2: U nacionalnome dodatku smiju se odrediti potkategorije za A, B, C1 do C5, D1 i D2.</p> <p>NAPOMENA 3: Za proizvodne djelatnosti ili skladištenje, vidjeti točku 6.3.2.</p> | | |

Tablica 6.2 – Uporabna opterećenja stropova, balkona i stubišta u zgradama

| Kategorija opterećenog prostora | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Kategorija A | | |
| – stropovi | 1,5 do <u>2,0</u> | <u>2,0</u> do 3,0 |
| – stubišta | <u>2,0</u> do 4,0 | <u>2,0</u> do 4,0 |
| – balkoni | <u>2,5</u> do 4,0 | <u>2,0</u> do 3,0 |
| Kategorija B | 2,0 do <u>3,0</u> | 1,5 do <u>4,5</u> |
| Kategorija C | | |
| – C1 | 2,0 do <u>3,0</u> | 3,0 do <u>4,0</u> |
| – C2 | 3,0 do <u>4,0</u> | 2,5 do 7,0 (<u>4,0</u>) |
| – C3 | 3,0 do <u>5,0</u> | <u>4,0</u> do 7,0 |
| – C4 | 4,5 do <u>5,0</u> | 3,5 do <u>7,0</u> |
| – C5 | <u>5,0</u> do 7,5 | 3,5 do <u>4,5</u> |
| Kategorija D | | |
| – D1 | <u>4,0</u> do 5,0 | 3,5 do 7,0 (<u>4,0</u>) |
| – D2 | 4,0 do <u>5,0</u> | 3,5 do <u>7,0</u> |

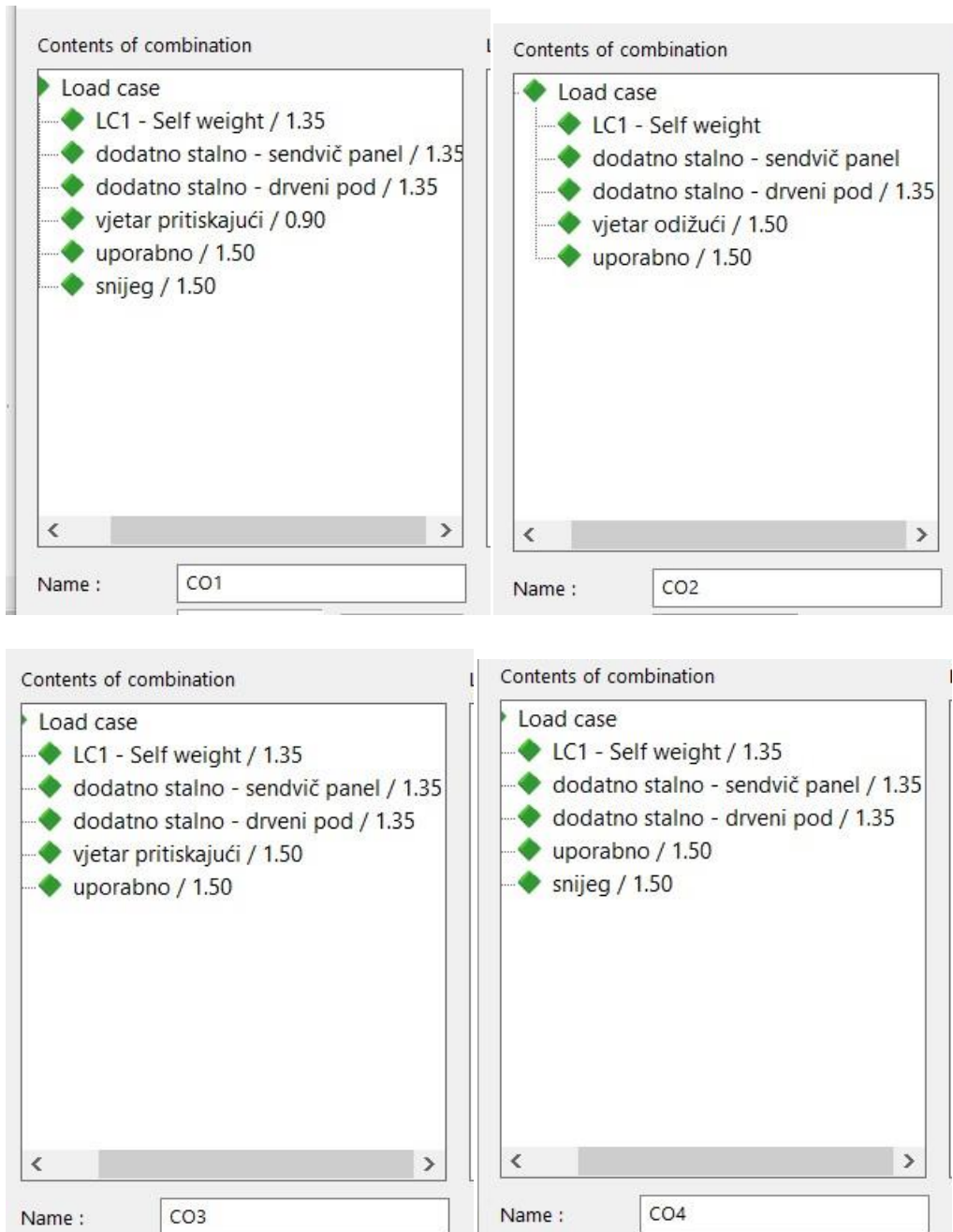
Kao korisno opterećenje međukatne konstrukcije odabrano je 2 kN/m²

3. Proračun konstrukcije

Proračun konstrukcije izvršen je u programskom paketu Scia Enginner 2019. sa prostornim modelom konstrukcije.

3.1 Kombinacije djelovanja

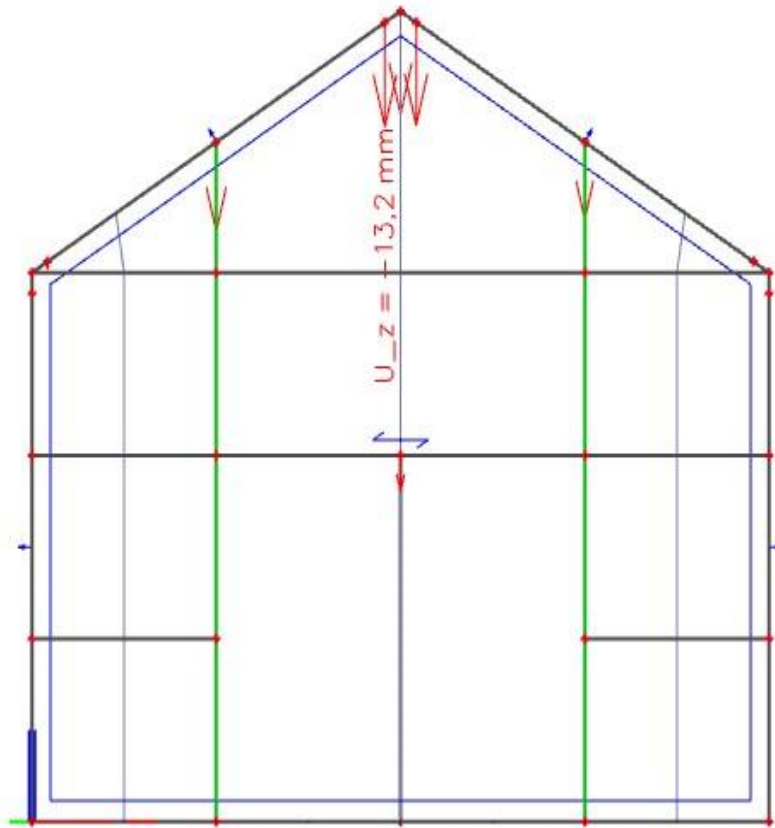
3.1.1 Kombinacije za KGS



4. Dimenzioniranje elemenata konstrukcije

4.1 Pomaci konstrukcije

Vertikalni pomak konstrukcije



Slika 3.0: Vertikalni pomak

Vertikalni pomak: $u_z = 13,20 \text{ mm}$

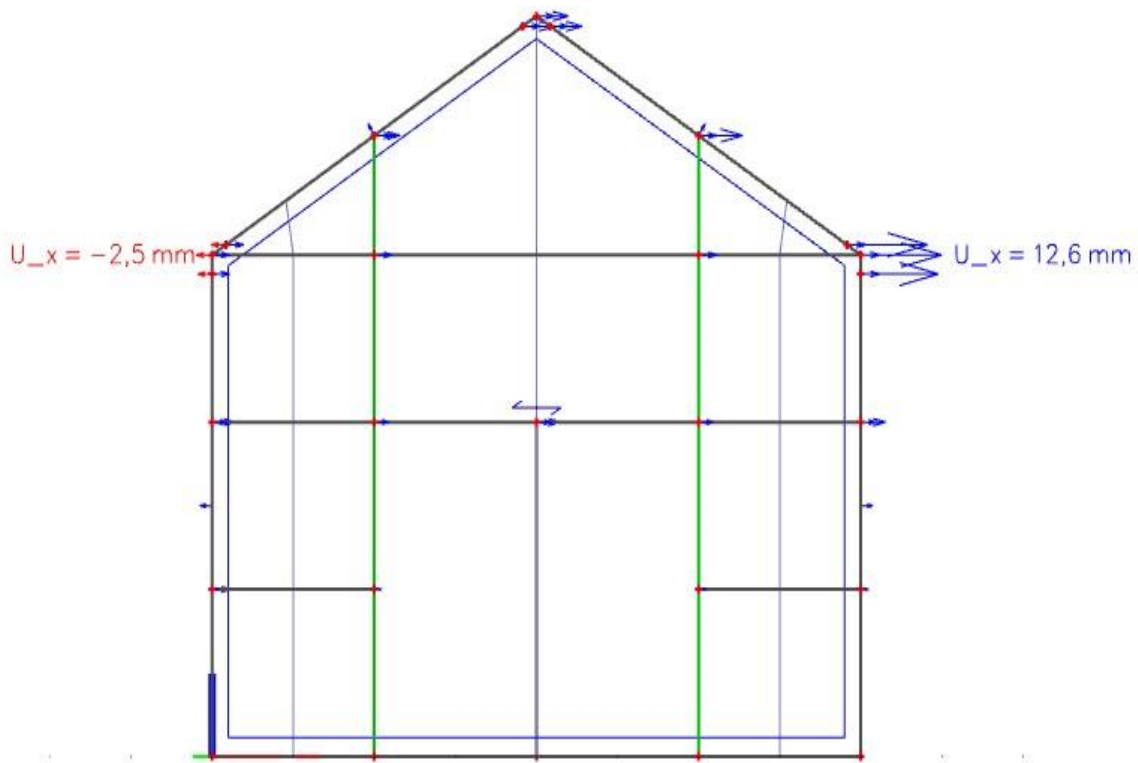
$$\begin{aligned} u_{G,fin} &= u_{G,inst}(1+k_{def,G}) \\ &= 0,1320 * (1 + 0,8) \\ &= 0,237 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dopušteni vertikalni pomak:

$$u_{dop} = \frac{l}{250} = \frac{7,64 \cdot 1000}{250} = 30,56 \text{ mm}$$

$u_z = 23,7 \text{ mm} < u_{z,dop} = 30,56 \text{ mm}$ Zadovoljava

Horizontalni pomak konstrukcije



Slika 3.1 Horizontalni pomak (opterećenje)

Horizontalni pomak: $u_x = 12,6 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} u_{G,\text{fin}} &= u_{G,\text{inst}}(1+k_{\text{def},G}) \\ &= 0,126 * (1 + 0) \\ &= 12,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dopušteni horizontalni pomak :

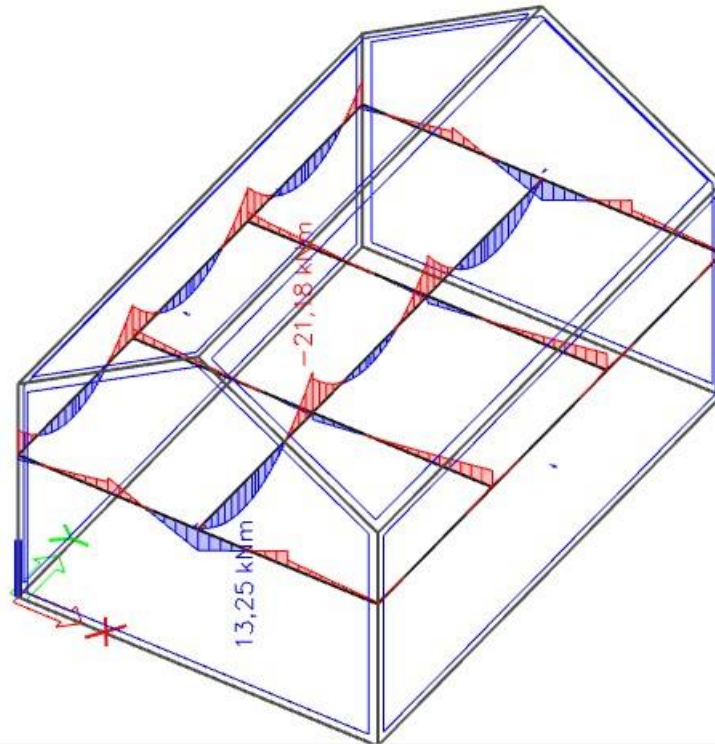
$$u_{\text{dop}} = \frac{h}{200} = \frac{5,25 \cdot 1000}{200} = 26,2 \text{ mm}$$

$u_x = 12,6 \text{ mm} < u_{x,\text{dop}} = 26,2 \text{ mm}$ Zadovoljava

4.2 Dimenzioniranje grede– pozicija 1

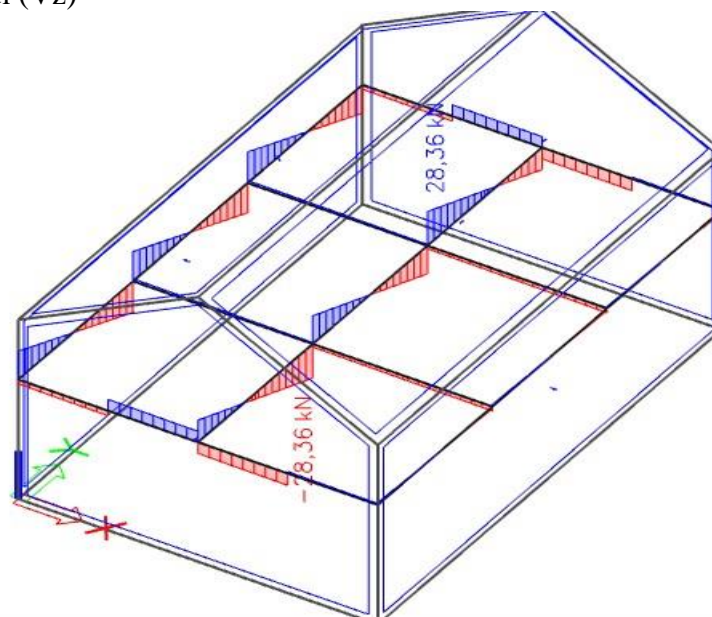
Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedena softverom Scia Enginner 2019 pomoću modula Timber.

Moment savijanja u gredi (M_y)



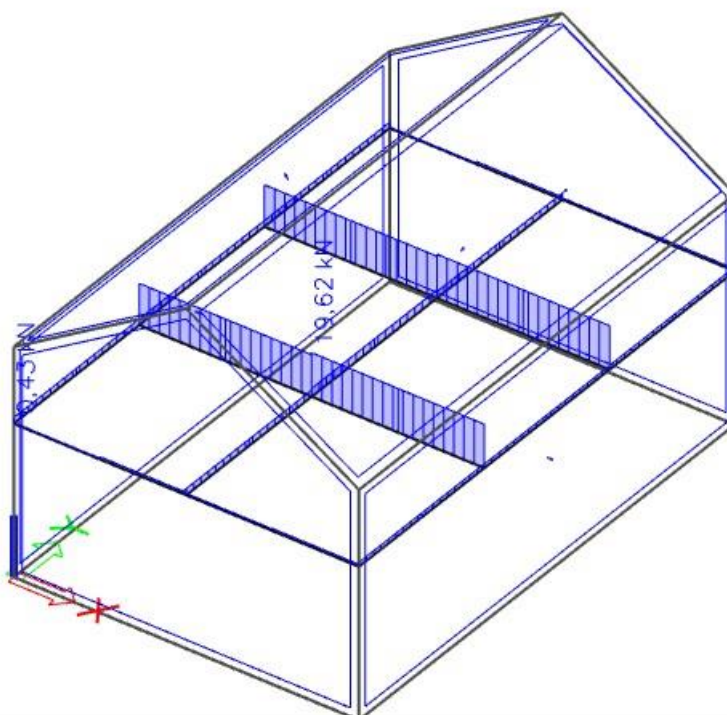
Slika 4.0 Dijagram momenata savijanja (M_y)

Poprečne sile u gredi (V_z)



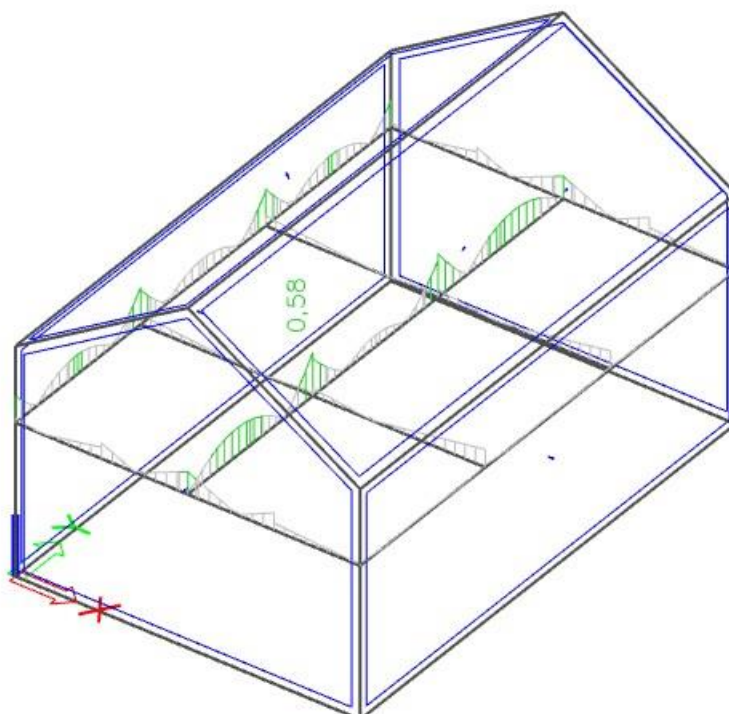
Slika 3.1. Dijagram poprečnih sila (V_z)

Uzdužna sila u gredi (N)



Slika 3.2. Dijagram uzdužnih sila (N)

Iskoristivost grede:



Slika 3.3. Prikaz iskoristivosti grednog nosača

Pozicija 1 – grede

Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Cross-section
 Selection : All
 Combinations : CO1

EN 1995-1-1 Code Check

| | | | | | |
|-----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|------------|---------------|
| Beam B48 | 4,000 m | Greda - RECT (200; 240) | GL 24h (EN 14080) | CO1 | 0,60 - |
|-----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------|------------|---------------|

Combination key

CO1 / 1.35*LC1 + 1.35*dodatno stalno - sendvič panel + 1.35*dodatno stalno - drveni pod + 0.90*vjetar pritiskajući + 1.50*uporabno + 1.50*snijeg

Basic data

Partial safety factor γ_M for Glued laminated timber 1,25

Material data

| | | |
|-----------------------|-----------------|-----|
| Bending (fm,k) | 24,0 | MPa |
| Tension (ft,0,k) | 19,2 | MPa |
| Tension (ft,90,k) | 0,5 | MPa |
| Compression (fc,0,k) | 24,0 | MPa |
| Compression (fc,90,k) | 2,5 | MPa |
| Shear (fv,k) | 3,5 | MPa |
| Type of timber | Glued laminated | |

The critical check is on position **4,000 m**.

Internal forces

| | | |
|-------|--------|-----|
| NEd | 2,93 | kN |
| Vy,Ed | 0,36 | kN |
| Vz,Ed | -28,36 | kN |
| TEd | 0,00 | kNm |
| My,Ed | -21,18 | kNm |
| Mz,Ed | 0,68 | kNm |

Modification factor

| | |
|--------------------------|------------|
| Service Class | 1 |
| Load duration | Short term |
| Modification factor kmcd | 0,90 |

...: SECTION CHECK :...**Tension parallel to the grain**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.2 and formula (6.1)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{t,0,d}$ | 0,1 | MPa |
| kh | 1,10 | |
| $f_{t,0,d}$ | 15,2 | MPa |
| Unity check | 0,00 | - |

Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

| | | |
|-------------------|----------|-----------------|
| $F_{c,90,d}$ | 51,69 | kN |
| l | 100 | mm |
| l _{ef} | 160 | mm |
| b | 200 | mm |
| A _{ef} | 32000 | mm ² |
| $\sigma_{c,90,d}$ | 1,6 | MPa |
| Support condition | Discrete | |
| h | 240 | mm |
| kc ₉₀ | 1,75 | - |
| $f_{c,90,d}$ | 1,8 | MPa |
| Unity check | 0,51 | - |

Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{m,y,d}$ | 11,0 | MPa |
| kh _y | 1,10 | |
| $f_{m,y,d}$ | 18,9 | MPa |
| $\sigma_{m,z,d}$ | 0,4 | MPa |
| kh _z | 1,00 | |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| km | 0,70 | |

Unity check (6.11) = 0,58 + 0,02 = 0,60 -

Unity check (6.12) = 0,41 + 0,02 = 0,43 -

Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| kcr | 0,67 | |
| $\tau_{y,d}$ | 0,0 | MPa |
| $\tau_{z,d}$ | 1,3 | MPa |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check τ_y | 0,01 | - |
| Unity check τ_z | 0,52 | - |
| Unity check Interaction | 0,28 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

| | | |
|-------------------------------|------|-----|
| $\tau_{tor,d}$ | 0,0 | MPa |
| kshape | 1,06 | |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check | 0,00 | - |
| Unity check Interaction Shear | 0,28 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Combined Bending and Axial Tension

According to EN 1995-1-1 article 6.2.3 and formula (6.17),(6.18)

| | | |
|-------------|------|-----|
| $f_{t,0,d}$ | 15,2 | MPa |
| $f_{m,y,d}$ | 18,9 | MPa |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| km | 0,70 | |

Unity check (6.17) = $0,00 + 0,58 + 0,02 = 0,60$ -

Unity check (6.18) = $0,00 + 0,41 + 0,02 = 0,44$ -

The member satisfies the section check.

The member satisfies the section check.

...: STABILITY CHECK ...

Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

| LTB Parameters | | |
|-------------------------------------------|--------|-----|
| Elastic critical moment $M_{y,crit}$ | 472,72 | kNm |
| Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$ | 246,2 | MPa |
| Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$ | 0,31 | - |
| Reduction factor k_{crit} | 1,00 | - |

Unity check (6.33) = $0,58$ -

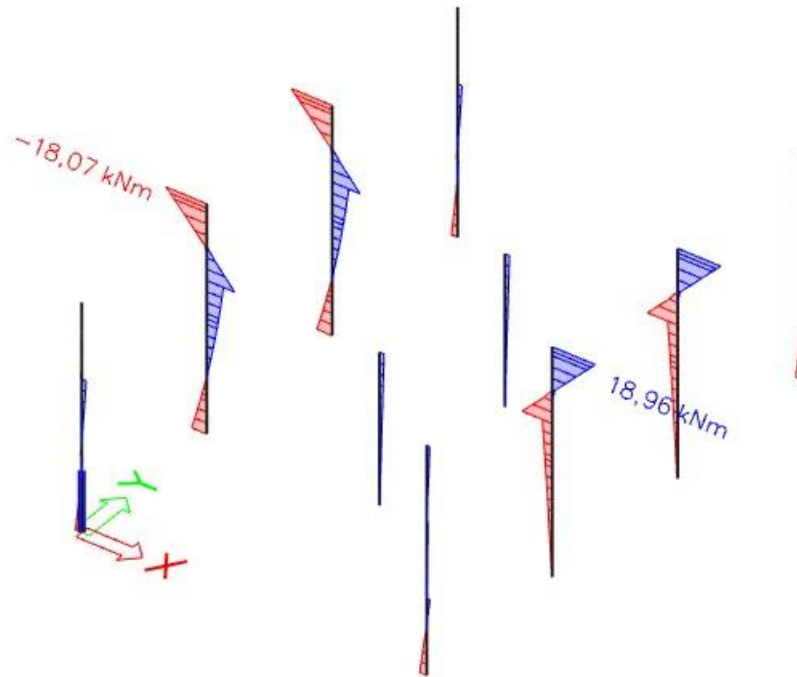
| $M_{y,crit}$ Parameters | | |
|----------------------------|--------------|-----|
| $G_{0,05}$ | 600,0 | MPa |
| LTB length L | 4,000 | m |
| L_{ef}/L | 0,90 | |
| Effective length L_{ef} | 3,600 | m |
| Influence of load position | no influence | |

The member satisfies the stability check.

4.3 Dimenzioniranje stupa – pozicija 2

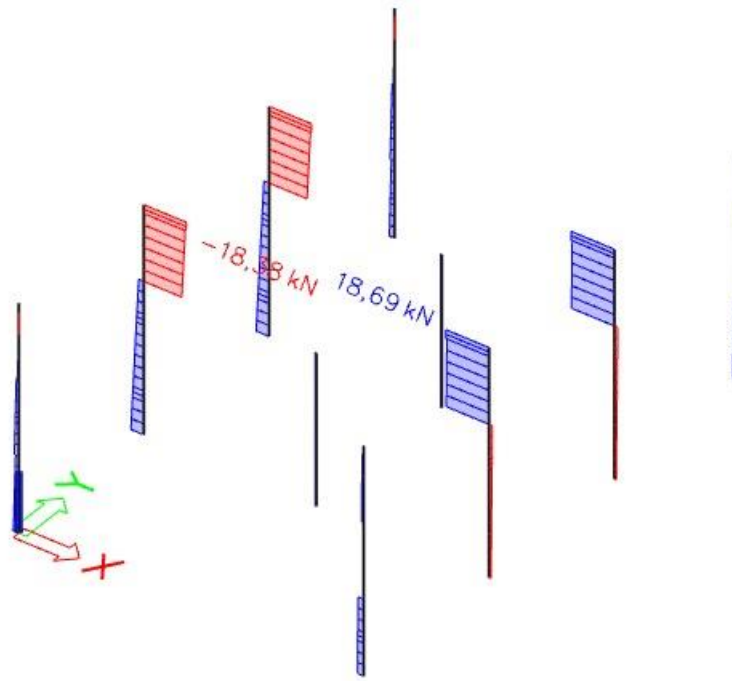
Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedena softverom Scia Enginner 2019 pomoću modula Timber.

Moment savijanja u stupu (My)



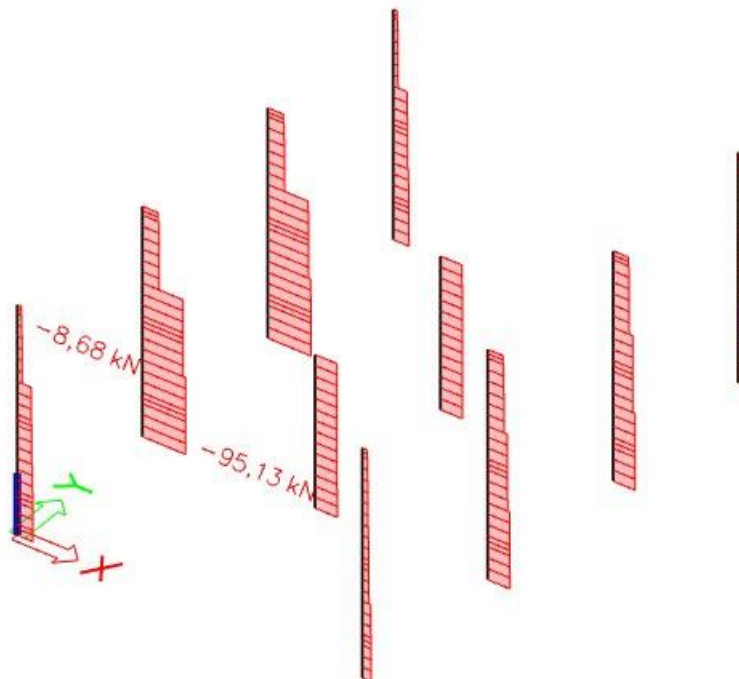
Slika 4.0 Dijagram momenata savijanja (My)

Poprečna sila (V_z)



Slika 4.1 Dijagram poprečnih sila (V_z)

Uzdužna sila (N)



Slika 4.2 Dijagram uzdužnih sila(N)

Pozicija 2 – Stupovi

Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Cross-section

Selection : All

Combinations : CO1

EN 1995-1-1 Code Check

| | | | | | |
|----------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|------------|---------------|
| Beam B7 | 5,250 m | Stup - RECT (220; 220) | GL 24h (EN 14080) | CO1 | 0,68 - |
|----------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|------------|---------------|

Combination key

CO1 / 1.35*LC1 + 1.35*dodatno stalno - sendvič panel + 1.35*dodatno stalno - drveni pod + 0.90*vjetar pritiskajući + 1.50*uporabno + 1.50*snijeg

Basic data

Partial safety factor γ_M for Glued laminated timber 1,25

Material data

| | | |
|------------------------------|-----------------|-----|
| Bending ($f_{m,k}$) | 24,0 | MPa |
| Tension ($f_{t,0,k}$) | 19,2 | MPa |
| Tension ($f_{t,90,k}$) | 0,5 | MPa |
| Compression ($f_{c,0,k}$) | 24,0 | MPa |
| Compression ($f_{c,90,k}$) | 2,5 | MPa |
| Shear (f_v,k) | 3,5 | MPa |
| Type of timber | Glued laminated | |

The critical check is on position **5,250 m**.

Internal forces

| | | |
|-------|--------|-----|
| NEd | -33,43 | kN |
| Vy,Ed | 1,39 | kN |
| Vz,Ed | 18,65 | kN |
| TEd | -0,42 | kNm |
| My,Ed | 18,96 | kNm |
| Mz,Ed | -0,63 | kNm |

Modification factor

| | |
|-------------------------------|------------|
| Service Class | 1 |
| Load duration | Short term |
| Modification factor k_{mcd} | 0,90 |

...: SECTION CHECK :...**Compression parallel to the grain**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{c,0,d}$ | 0,7 | MPa |
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| Unity check | 0,04 | - |

Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

| | | |
|-------------------|----------|-----------------|
| $F_{c,90,d}$ | 18,65 | kN |
| l | 100 | mm |
| l_{ef} | 130 | mm |
| b | 220 | mm |
| A_{ef} | 28600 | mm ² |
| $\sigma_{c,90,d}$ | 0,7 | MPa |
| Support condition | Discrete | |
| h | 220 | mm |
| $k_{c,90}$ | 1,00 | - |
| $f_{c,90,d}$ | 1,8 | MPa |
| Unity check | 0,36 | - |

Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{m,y,d}$ | 10,7 | MPa |
| $k_{h,y}$ | 1,10 | |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $\sigma_{m,z,d}$ | 0,4 | MPa |
| $k_{h,z}$ | 1,00 | |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Unity check (6.11) = $0,56 + 0,01 = 0,58$ -Unity check (6.12) = $0,39 + 0,02 = 0,41$ -

Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| kcr | 0,67 | |
| $\tau_{y,d}$ | 0,1 | MPa |
| $\tau_{z,d}$ | 0,9 | MPa |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check τ_y | 0,03 | - |
| Unity check τ_z | 0,34 | - |
| Unity check Interaction | 0,12 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

| | | |
|-------------------------------|------|-----|
| $\tau_{tor,d}$ | 0,2 | MPa |
| kshape | 1,05 | |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check | 0,07 | - |
| Unity check Interaction Shear | 0,19 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

| | | |
|-------------|------|-----|
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Unity check (6.19) = $0,00 + 0,56 + 0,01 = 0,58$ -

Unity check (6.20) = $0,00 + 0,39 + 0,02 = 0,42$ -

The member satisfies the section check.

...: STABILITY CHECK ...**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

| Buckling parameters | yy | zz | |
|---------------------------------|-------|----------|---|
| Sway type | sway | non-sway | |
| System length L | 1,750 | 0,200 | m |
| Buckling factor k | 3,61 | 0,99 | |
| Buckling length L _{cr} | 6,322 | 0,198 | m |
| Slenderness λ | 99,54 | 3,11 | - |
| Relative slenderness λ | 1,58 | 0,05 | - |
| Limit slenderness | 0,30 | 0,30 | - |
| Imperfection β_c | 0,10 | 0,10 | - |
| Reduction factor k _c | 0,37 | 1,00 | - |

Unity check (6.23) = 0,11 + 0,56 + 0,01 = 0,68 -

Unity check (6.24) = 0,04 + 0,39 + 0,02 = 0,45 -

Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

| LTB Parameters | | |
|-------------------------------------------|---------|-----|
| Elastic critical moment $M_{y,crit}$ | 9550,89 | kNm |
| Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$ | 5381,8 | MPa |
| Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$ | 0,07 | - |
| Reduction factor k _{crit} | 1,00 | - |

Unity check (6.33) = 0,56 -

Unity check (6.35) = 0,32 + 0,04 = 0,36 -

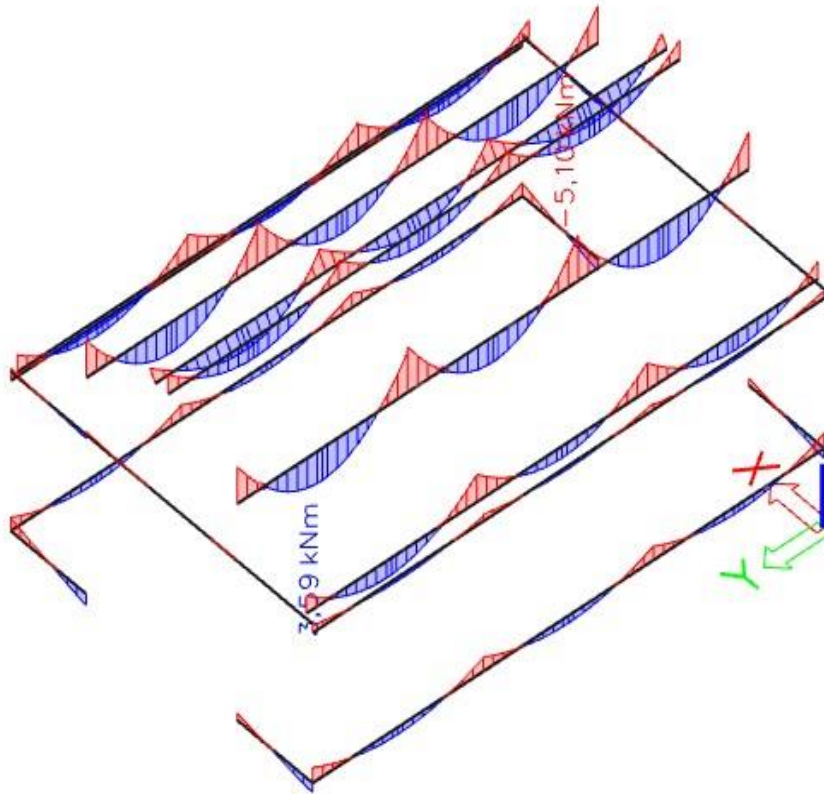
| M _{y,crit} Parameters | | |
|----------------------------------|--------------|-----|
| G _{0,05} | 600,0 | MPa |
| LTB length L | 0,200 | m |
| L _{ef} /L | 1,00 | |
| Effective length L _{ef} | 0,200 | m |
| Influence of load position | no influence | |

The member satisfies the stability check.

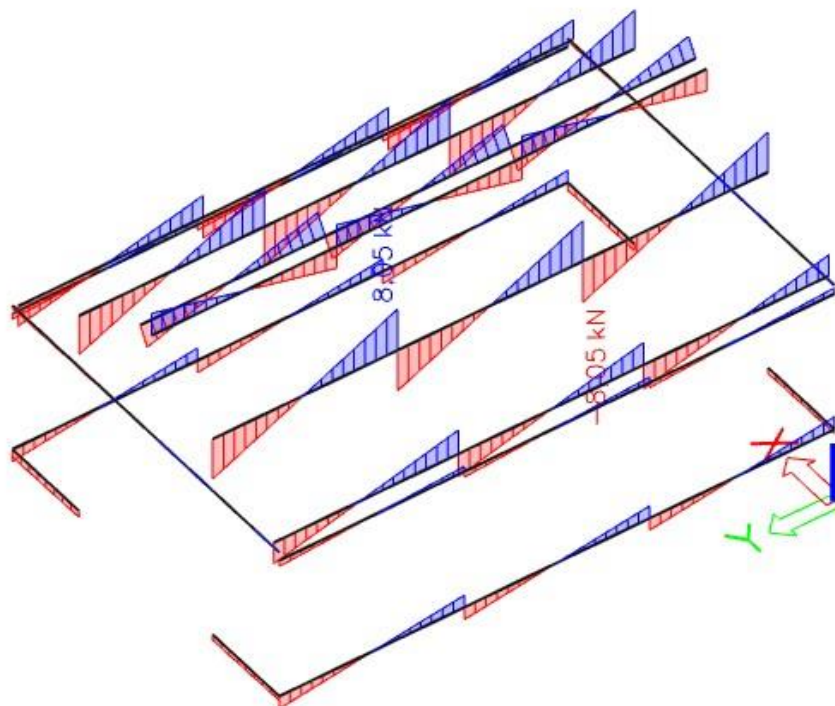
4.4 Dimenzioniranje podrožnice – pozicija 3

Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedena softverom Scia Enginner 2019 pomoću modula Timber.

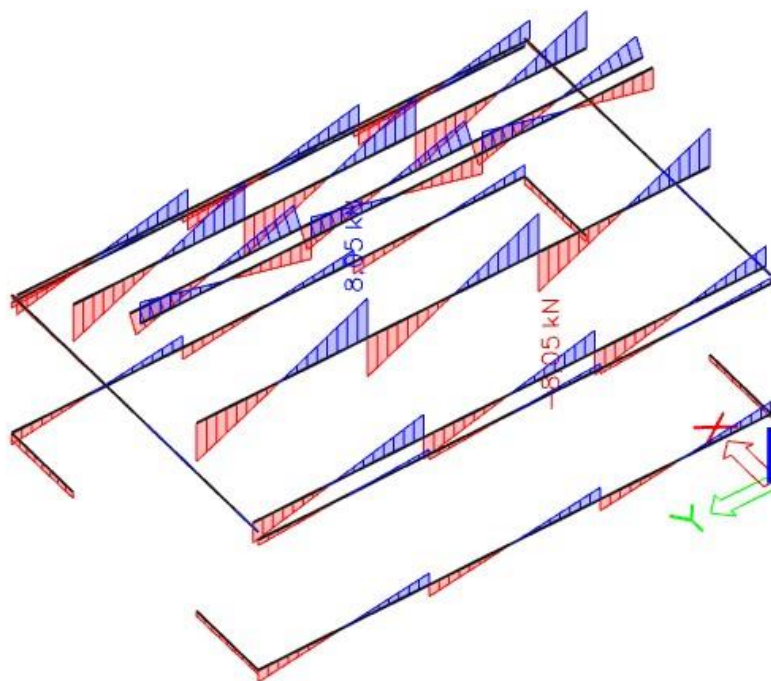
Moment savijanja podrožnice(M_y)



Slika 4.4 Dijagram momenata savijanja (M_y)

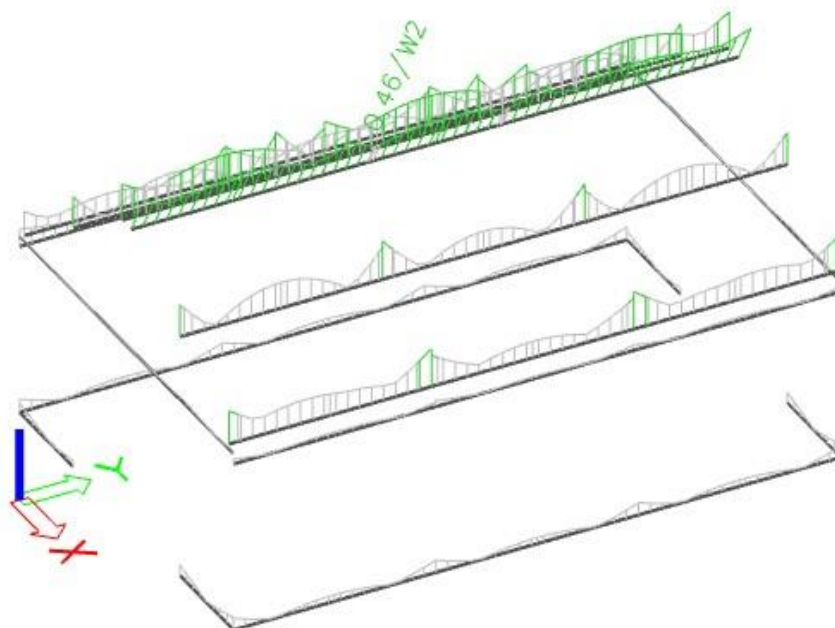
Poprečna sila (V_z)Slika 4.5 Dijagram poprečnih sila (V_z)

Uzdužna sila (N)



Slika 4.6. Dijagram uzdužnih sila

Iskoristivost :



Slika 4.7. Prikaz iskoristivosti presjeka

Pozicija 3 – podrožnice

Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Cross-section

Selection : All

Combinations : CO1

EN 1995-1-1 Code Check

| | | | | | |
|----------|---------|---------------------------------------|-------------------|-----|--------|
| Beam B82 | 4,000 m | Sekundarni nosač - RECT (140; 180) | GL 24h (EN 14080) | CO1 | 0,46 - |
|----------|---------|---------------------------------------|-------------------|-----|--------|

Combination key

CO1 / 1.35*LC1 + 1.35*dodatno stalno - sendvič panel +
1.35*dodatno stalno - drveni pod + 0.90*vjetar pritiskajući
+ 1.50*uporabno + 1.50*snijeg

Basic data

Partial safety factor γ_M for Glued laminated timber 1,25

Material data

| | | |
|------------------------------|-----------------|-----|
| Bending ($f_{m,k}$) | 24,0 | MPa |
| Tension ($f_{t,0,k}$) | 19,2 | MPa |
| Tension ($f_{t,90,k}$) | 0,5 | MPa |
| Compression ($f_{c,0,k}$) | 24,0 | MPa |
| Compression ($f_{c,90,k}$) | 2,5 | MPa |
| Shear (f_v,k) | 3,5 | MPa |
| Type of timber | Glued laminated | |

The critical check is on position **0,000** m.

Internal forces

| | | |
|-------|-------|-----|
| NEd | -2,40 | kN |
| Vy,Ed | 1,97 | kN |
| Vz,Ed | 3,59 | kN |
| TEd | 0,00 | kNm |
| My,Ed | -2,10 | kNm |
| Mz,Ed | -1,23 | kNm |

Modification factor

| | |
|-------------------------------|------------|
| Service Class | 1 |
| Load duration | Short term |
| Modification factor k_{mod} | 0,90 |

...: SECTION CHECK :...**Compression parallel to the grain**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{c,0,d}$ | 0,1 | MPa |
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| Unity check | 0,01 | - |

Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

| | | |
|-------------------|----------|-----------------|
| $F_{c,90,d}$ | 7,30 | kN |
| l | 100 | mm |
| l_{ef} | 160 | mm |
| b | 140 | mm |
| A_{ef} | 22400 | mm ² |
| $\sigma_{c,90,d}$ | 0,3 | MPa |
| Support condition | Discrete | |
| h | 180 | mm |
| $k_{c,90}$ | 1,75 | - |
| $f_{c,90,d}$ | 1,8 | MPa |
| Unity check | 0,10 | - |

Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{m,y,d}$ | 2,8 | MPa |
| $k_{h,y}$ | 1,10 | |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $\sigma_{m,z,d}$ | 2,1 | MPa |
| $k_{h,z}$ | 1,00 | |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Unity check (6.11) = $0,15 + 0,08 = 0,23$ -Unity check (6.12) = $0,10 + 0,12 = 0,22$ -**Shear**

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| k_{cr} | 0,67 | |
| $\tau_{y,d}$ | 0,2 | MPa |
| $\tau_{z,d}$ | 0,3 | MPa |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check τ_y | 0,07 | - |
| Unity check τ_z | 0,13 | - |
| Unity check Interaction | 0,02 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

| | | |
|-------------|------|-----|
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Unity check (6.19) = $0,00 + 0,15 + 0,08 = 0,23$ -Unity check (6.20) = $0,00 + 0,10 + 0,12 = 0,22$ -

The member satisfies the section check.

...: STABILITY CHECK ...**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

| Buckling parameters | yy | zz | |
|---------------------------------|--------|----------|---|
| Sway type | sway | non-sway | |
| System length L | 12,000 | 4,000 | m |
| Buckling factor k | 1,75 | 0,64 | |
| Buckling length L _{cr} | 20,980 | 2,574 | m |
| Slenderness λ | 403,76 | 63,70 | - |
| Relative slenderness λ | 6,43 | 1,01 | - |
| Limit slenderness | 0,30 | 0,30 | - |
| Imperfection β_c | 0,10 | 0,10 | - |
| Reduction factor k _c | 0,02 | 0,76 | - |

Unity check (6.23) = 0,23 + 0,15 + 0,08 = 0,46 -

Unity check (5.24) = 0,01 + 0,10 + 0,12 = 0,23 -

Warning: The slenderness 403,76 is larger than the limit value 200,00!

Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

| LTB Parameters | | |
|-------------------------------------------|--------|-----|
| Elastic critical moment $M_{y,crit}$ | 125,03 | kNm |
| Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$ | 165,4 | MPa |
| Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$ | 0,38 | - |
| Reduction factor k _{crit} | 1,00 | - |

Unity check (6.33) = 0,15 -

Unity check (6.35) = 0,02 + 0,01 = 0,03 -

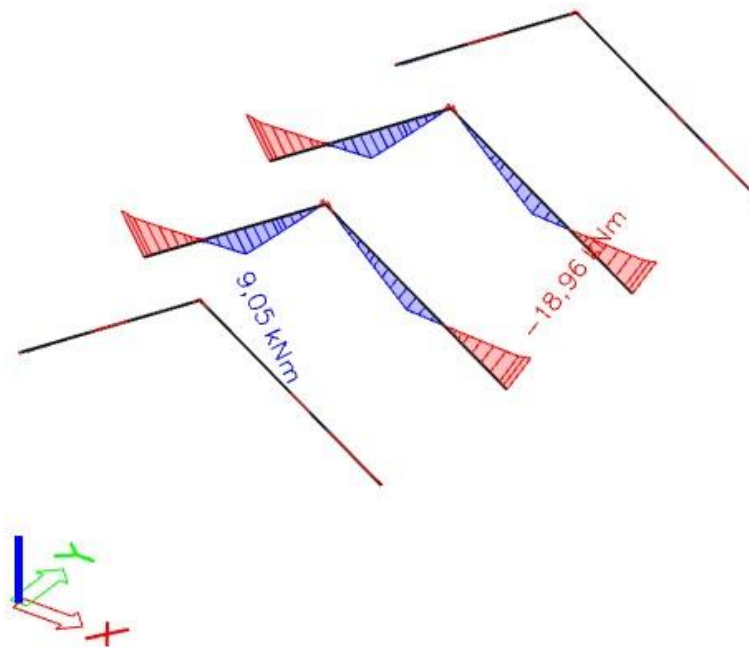
| M _{y,crit} Parameters | | |
|----------------------------------|--------------|-----|
| G _{0,05} | 600,0 | MPa |
| LTB length L | 4,000 | m |
| L _{ef} /L | 0,90 | |
| Effective length L _{ef} | 3,600 | m |
| Influence of load position | no influence | |

The member satisfies the stability check.

4.5 Dimenzioniranje krovne grede – pozicija 4

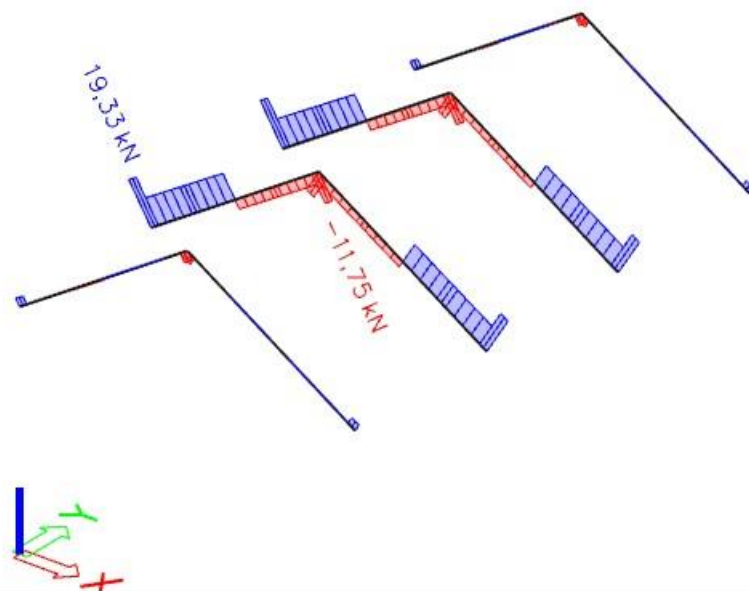
Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedena softverom Scia Enginner 2019 pomoću modula Timber.

Moment savijanja (M_y)



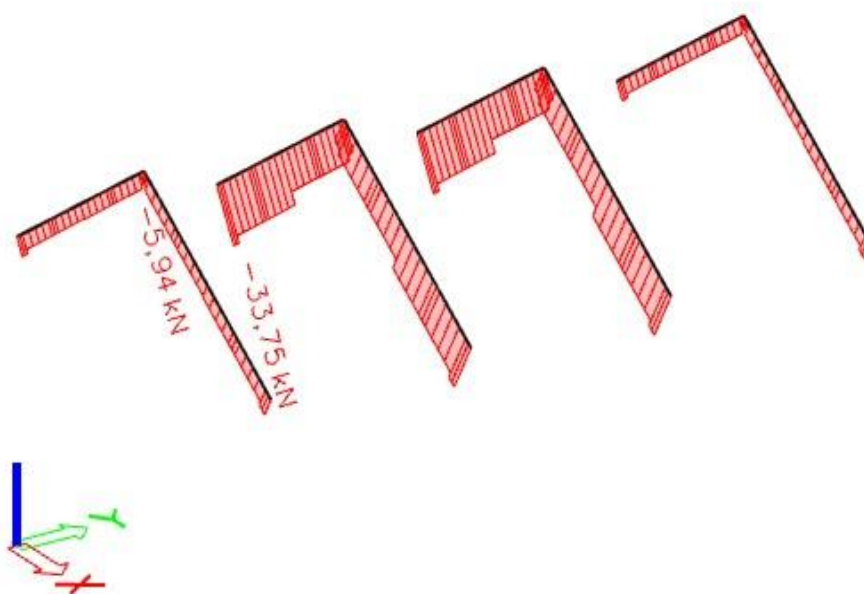
Slika 4.8. Dijagram momenata savijanja (M_y)

Poprečna sila (V_z)



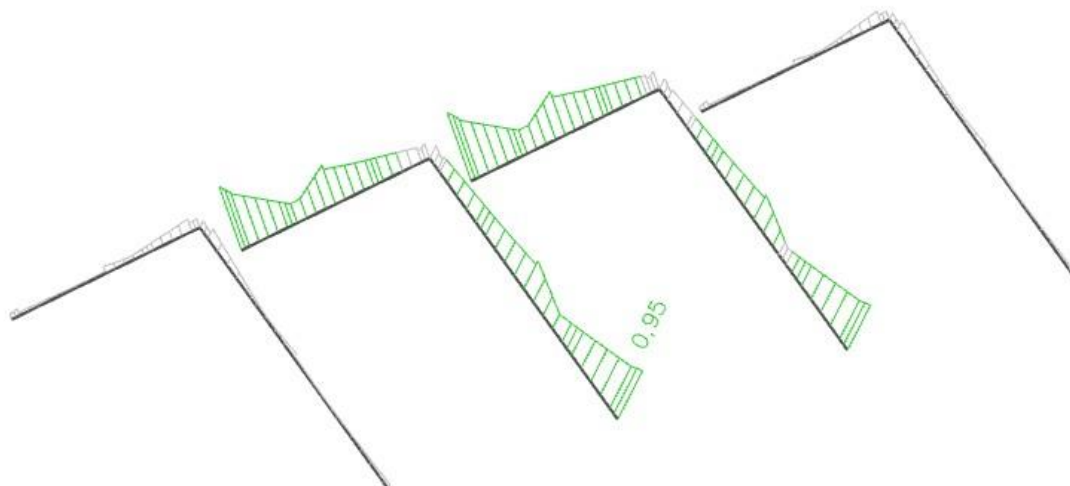
Slika 4.9. Dijagram poprečnih sila (V_z)

Uzdužna sila (N)



Slika 4.10 Dijagram Uzdužnih sila

Iskoristivost:



Slika 4.11. Prikaz iskoristivosti krovne grede

Pozicija 4 – krovne grede

Timber ULS check

Linear calculation, Extreme : Cross-section

Selection : All

Combinations : CO1

EN 1995-1-1 Code Check

| | | | | | |
|----------|---------|---------------------------|-------------------|-----|--------|
| Beam B10 | 4,717 m | Krov - RECT (200; 220) | GL 24h (EN 14080) | CO1 | 0,95 - |
|----------|---------|---------------------------|-------------------|-----|--------|

Combination key

CO1 / 1.35*LC1 + 1.35*dodatno stalno - sendvič panel +
1.35*dodatno stalno - drveni pod + 0.90*vjetar pritiskajući
+ 1.50*uporabno + 1.50*snijeg

Basic data

Partial safety factor γ_M for Glued laminated timber 1,25

Material data

| | | |
|------------------------------|-----------------|-----|
| Bending ($f_{m,k}$) | 24,0 | MPa |
| Tension ($f_{t,0,k}$) | 19,2 | MPa |
| Tension ($f_{t,90,k}$) | 0,5 | MPa |
| Compression ($f_{c,0,k}$) | 24,0 | MPa |
| Compression ($f_{c,90,k}$) | 2,5 | MPa |
| Shear ($f_{v,k}$) | 3,5 | MPa |
| Type of timber | Glued laminated | |

The critical check is on position **0,000** m.

Internal forces

| | | |
|-------|--------|-----|
| NEd | -33,54 | kN |
| Vy,Ed | -1,39 | kN |
| Vz,Ed | 18,47 | kN |
| TEd | 0,31 | kNm |
| My,Ed | -18,96 | kNm |
| Mz,Ed | 0,69 | kNm |

Modification factor

| | |
|-------------------------------|------------|
| Service Class | 1 |
| Load duration | Short term |
| Modification factor k_{mcd} | 0,90 |

...: SECTION CHECK ...:

Compression parallel to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.4 and formula (6.2)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{c,0,d}$ | 0,8 | MPa |
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| Unity check | 0,04 | - |

Compression perpendicular to the grain

According to EN 1995-1-1 article 6.1.5 and formula (6.3)

| | | |
|-------------------|----------|-----------------|
| $F_{c,90,d}$ | 18,47 | kN |
| l | 100 | mm |
| l_{ef} | 130 | mm |
| b | 200 | mm |
| A_{ef} | 26000 | mm ² |
| $\sigma_{c,90,d}$ | 0,7 | MPa |
| Support condition | Discrete | |
| h | 220 | mm |
| $k_{c,90}$ | 1,00 | - |
| $f_{c,90,d}$ | 1,8 | MPa |
| Unity check | 0,39 | - |

Bending

According to EN 1995-1-1 article 6.1.6 and formula (6.11),(6.12)

| | | |
|------------------|------|-----|
| $\sigma_{m,y,d}$ | 11,8 | MPa |
| $k_{h,y}$ | 1,10 | |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $\sigma_{m,z,d}$ | 0,5 | MPa |
| $k_{h,z}$ | 1,00 | |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| k_m | 0,70 | |

Unity check (5.11) = $0,62 + 0,02 = 0,64$

Unity check (6.12) = $0,43 + 0,03 = 0,46$

Shear

According to EN 1995-1-1 article 6.1.7 and formula (6.13)

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| kcr | 0,67 | |
| $\tau_{y,d}$ | 0,1 | MPa |
| $\tau_{z,d}$ | 0,9 | MPa |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check τ_y | 0,03 | - |
| Unity check τ_z | 0,37 | - |
| Unity check Interaction | 0,14 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Torsion

According to EN 1995-1-1 article 6.1.8 and formula (6.14)

| | | |
|-------------------------------|------|-----|
| $\tau_{tor,d}$ | 0,2 | MPa |
| kshape | 1,05 | |
| $f_{v,d}$ | 2,5 | MPa |
| Unity check | 0,06 | - |
| Unity check Interaction Shear | 0,20 | - |

Note: The interaction equation has been added as a NCCI.

Combined Bending and Axial Compression

According to EN 1995-1-1 article 6.2.4 and formula (6.19),(6.20)

| | | |
|-------------|------|-----|
| $f_{c,0,d}$ | 17,3 | MPa |
| $f_{m,y,d}$ | 19,0 | MPa |
| $f_{m,z,d}$ | 17,3 | MPa |
| km | 0,70 | |

Unity check (6.19) = $0,00 + 0,62 + 0,02 = 0,64$ -

Unity check (6.20) = $0,00 + 0,43 + 0,03 = 0,46$ -

The member satisfies the section check.

...: STABILITY CHECK ...**Columns subjected to compression or combined compression and bending**

According to EN 1995-1-1 article 6.3.2 and formula (6.23),(6.24)

| Buckling parameters | yy | zz | |
|---------------------------------|--------|----------|---|
| Sway type | sway | non-sway | |
| System length L | 4,717 | 0,200 | m |
| Buckling factor k | 2,21 | 0,98 | |
| Buckling length L _{cr} | 10,432 | 0,197 | m |
| Slenderness λ | 164,26 | 3,41 | - |
| Relative slenderness λ | 2,61 | 0,05 | - |
| Limit slenderness | 0,30 | 0,30 | - |
| Imperfection β_c | 0,10 | 0,10 | - |
| Reduction factor k _c | 0,14 | 1,00 | - |

Unity check (6.23) = 0,31 + 0,62 + 0,02 = 0,95 -

Unity check (6.24) = 0,04 + 0,43 + 0,03 = 0,50 -

Beams subjected to bending or combined bending and compression

According to EN 1995-1-1 article 6.3.3 and formula (6.33),(6.35)

| LTB Parameters | | |
|-------------------------------------------|---------|-----|
| Elastic critical moment $M_{y,crit}$ | 7509,16 | kNm |
| Critical bending stress $\sigma_{m,crit}$ | 4654,4 | MPa |
| Relative slenderness $\lambda_{rel,m}$ | 0,07 | - |
| Reduction factor k _{crit} | 1,00 | - |

Unity check (6.33) = 0,62 -

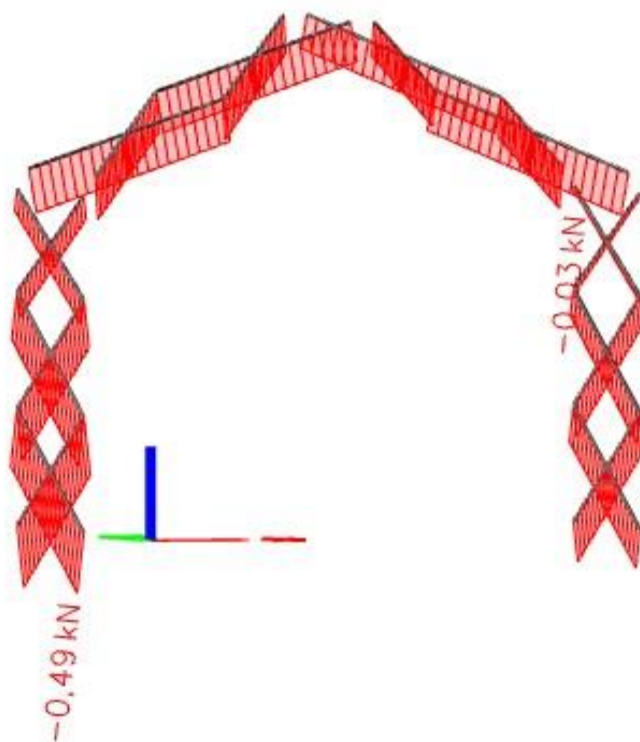
Unity check (6.35) = 0,38 + 0,04 = 0,43 -

| M _{y,crit} Parameters | | |
|----------------------------------|--------------|-----|
| G _{0,05} | 600,0 | MPa |
| LTB length L | 0,200 | m |
| L _{ef} /L | 1,00 | |
| Effective length L _{ef} | 0,200 | m |
| Influence of load position | no influence | |

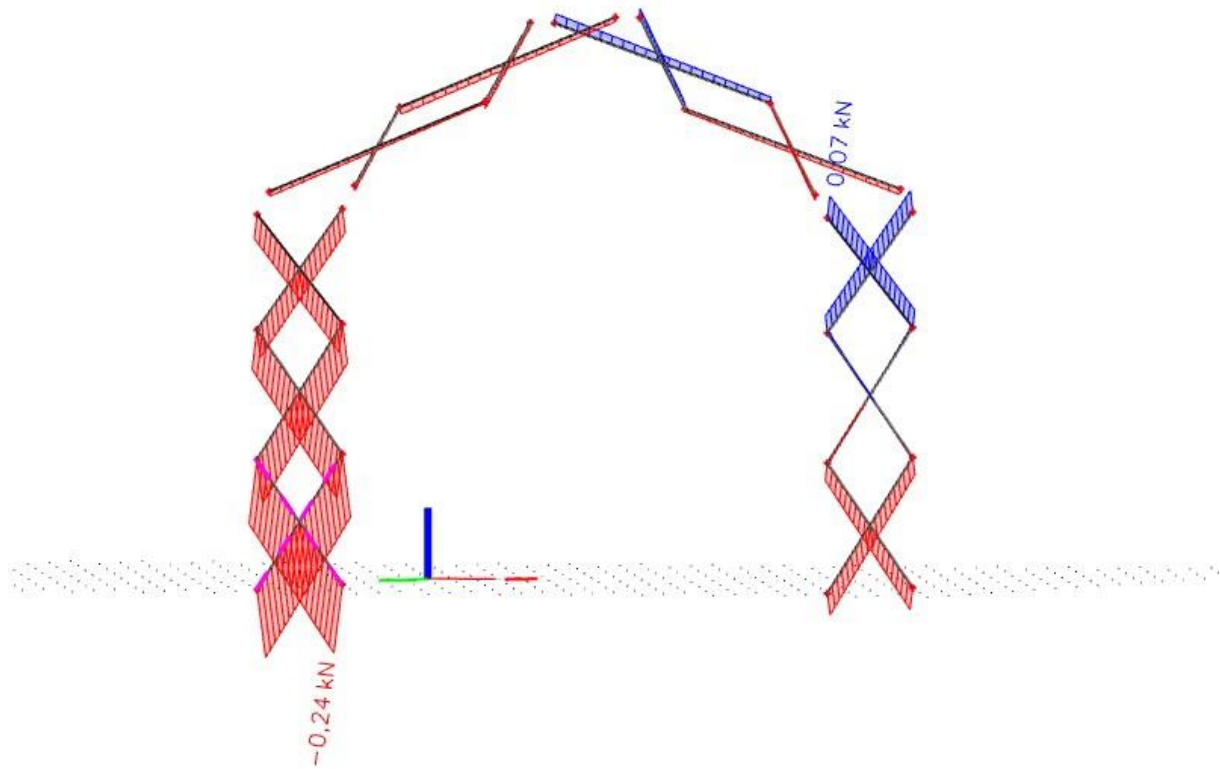
The member satisfies the stability check.

4.6 Dimenzioniranje spregova

Dimenzioniranje konstrukcijskih elemenata je provedena softwerom Scia Enginner 2019.



Slika 4.12 Dijagram Uzdužnih sila CO4



Slika 4.12.1 Dijagram Uzdužnih sila CO2

odabrano $\emptyset 12$

$$A = 1,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{1,14 \cdot 23,5}{1,0} = 26,79 \text{ kN}$$

$26,79 \text{ kN} > 0,49 \text{ kN}$ - zadovoljava

5. SPOJEVI

5.1 SPOJ STUPA I GREDE (Detalj A)

Spoj je izveden čeličnom papučom: GH04 200x180mm

-posebni čavli s utorima 14H 4x60 mm

- $k_{mod}=0,8$ (srednje trajno djelovanje, za C24, uporabna klasa 2)

$R_d=1,17$ za duljinu čavla 60mm.

$R_{0,d}=n_s * R_d=14 * 1,17=16,4$ kN, za $n_s=2 * 7=14$ i GH 04 140x160 (prema tablicama)

Dokaz nosivosti na poprečni vlak u glavnom nosaču na dijelu priključka čeličnom papučom:

$$f = \frac{1}{1 - 0,93 * b_e/H_G} = \frac{1}{1 - 0,93 * 200/240} = 4,44$$

-dubina zabijanja čavla u glavni nosač usvojene je vrijednosti $t_{ef,max}$

$$t_{ef} = l - t = 60 - 2 = 58mm > 48mm = t_{ef,max}$$

-prema tablici

$B^*=186$ mm

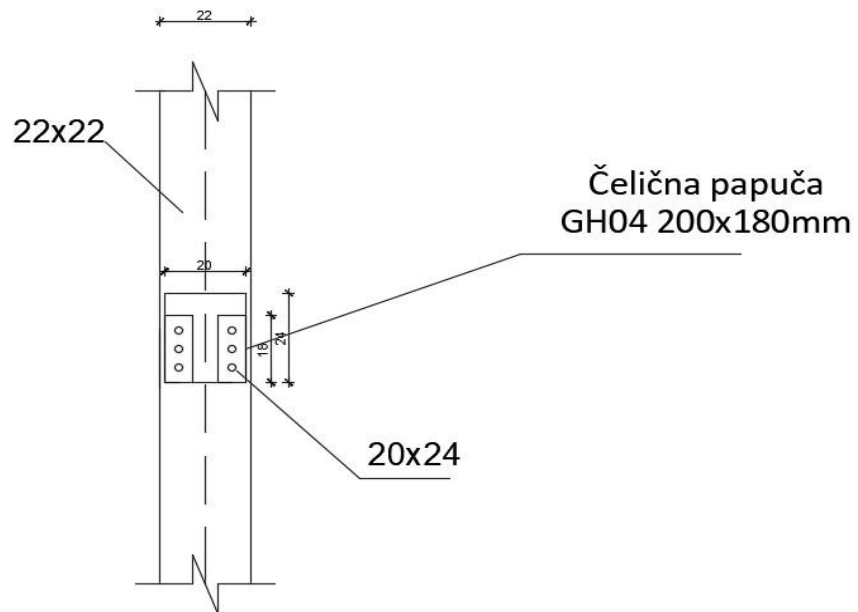
$H^*=120$ mm

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{0,4}{1,3} = 0,246 \text{ N/mm}^2$$

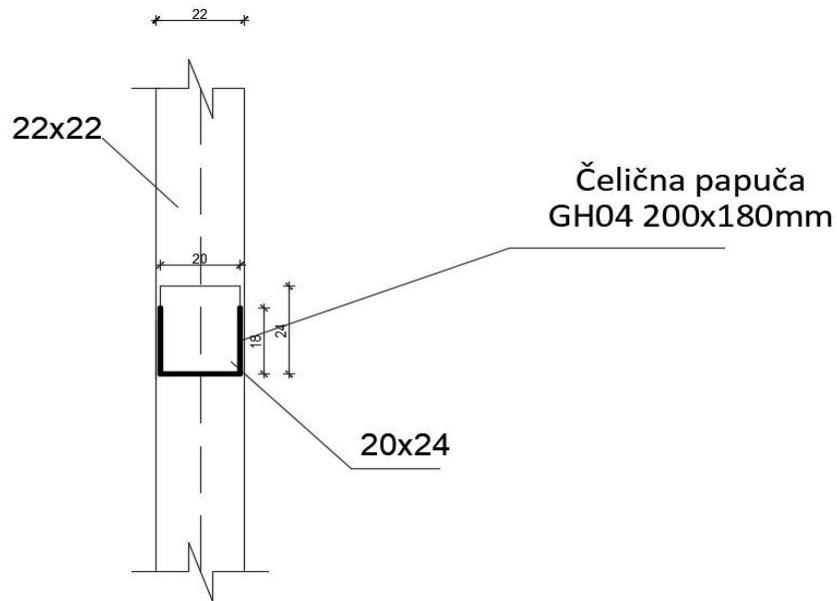
$$\begin{aligned} R_{t,90,d} &= 5,5 * f * t_{ef}^{0,8} * (H_G + 4 * \sqrt{B^* * H^*})^{0,8} * f_{t,90,d} \\ &= 5,5 * 4,44 * 48^{0,8} * (240 + 4 * \sqrt{186 * 120})^{0,8} * 0,246 * 10^{-3} \\ &= 28,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

-Dokaz nosivosti treba provesti s najvećom vrijednosti nosivosti (mjerodavna)

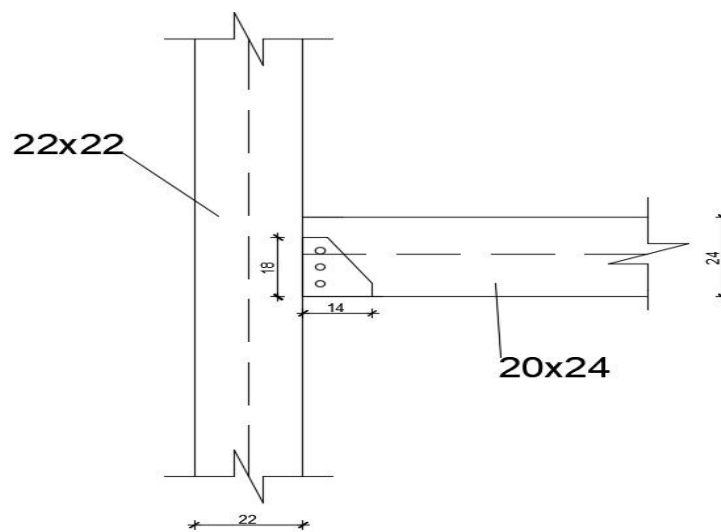
$$\frac{F_{1,d}}{R_{t,90,d}} = \frac{2,75}{28,98} = 0,10 < 1$$



Slika 5.1 Slika spoja stup greda



Slika 5.2 Slika spoja stup greda



Slika 5.3. Slika spoja stup greda

5.2 SPOJ GREDE I GREDE (Detalj B)

PRORAČUNSKA VRIJEDNOST KONTAKTNOG NAPREZANJA

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,\alpha,d}}{A} = \frac{47,66 \cdot 10^3}{520 \cdot 10^2} = 0,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,\alpha,d} = Fd \cdot \cos \alpha = 5,63 \text{ kN} \cos (32,27)$$

$$f_{c,\alpha,d} = 4,76 \text{ kn}$$

$$A = 23,65 \cdot 22,00 = 520,30 \text{ cm}^2$$

PRORAČUNSKE VRIJEDNOSTI ČVRSTOĆA:

$$f_{c,0,d} = 0,9 \frac{21}{1,3} = 14,53 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 0,9 \frac{2,5}{1,3} = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

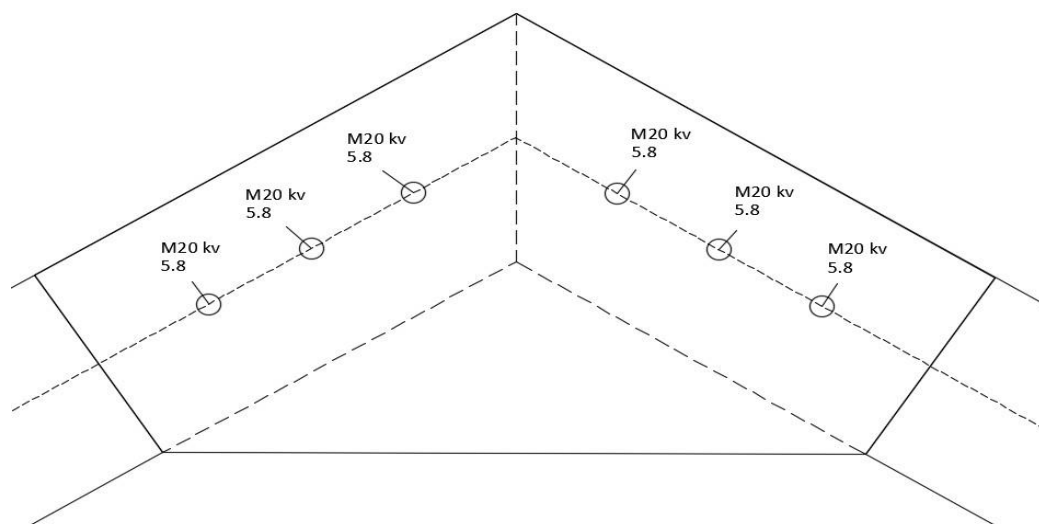
$$f_{v,d} = 0,9 \frac{4,0}{1,3} = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,\alpha,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{2f_{c,90,d}} \sin^2 \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{2f_{c,90,d}} \sin \alpha \cos \alpha\right)^2 + \cos^4 \alpha}}$$

$$f_{c,\alpha,d} = 8,00 \text{ N/mm}^2$$

KONTROLA NOSIVOSTI :

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} = \frac{1}{8} = 0,13 < 1$$



Slika 5.4. Slika spoja greda greda

5.3 SPOJ STUP-TEMELJ (Detalj C)

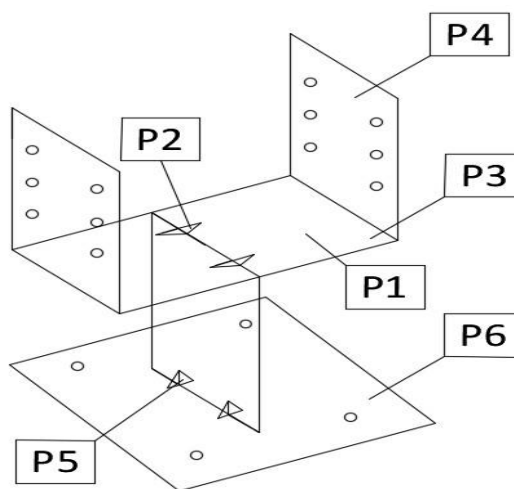
Rezne sile: $V_{Ed} = 2,49 \text{ kN}$, $N_{Ed} = 95,13 \text{ kN}$

Kvaliteta materijala:

Trnovi i vijci : kv.5.8; $f_{yk} = 400 \text{ MPa}$; $f_{uk} = 500 \text{ MPa}$

Drvo: C24 $\rightarrow \rho_k = 350 \text{ kg/m}^3 \rightarrow \gamma_M = 1,30$

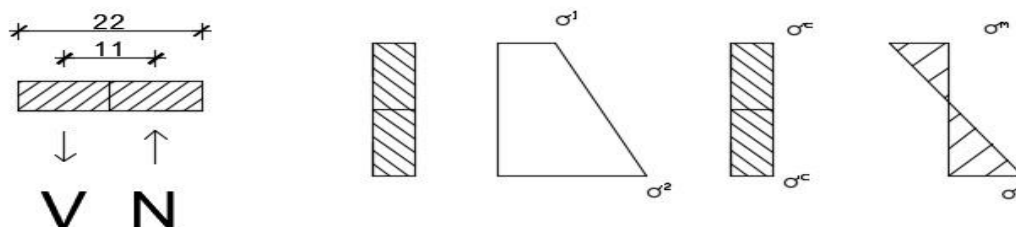
Uporabna klasa 2. \rightarrow kratko opterećenje $\rightarrow k_{mod} = 0,90$



Slika 5.5. Slika spoja stup temelj

5.3.1 Proračun debljine pločice P1

$h=22\text{cm}$ $h/2=11\text{cm}$



Slika 5.6. Skica naprezanja

Dimenzije pločice P1 po proračunu :

$$N_m = \frac{M}{e} = \frac{2,70}{0,11} = 24,55 \text{ kN}$$

$$N = 95,13 \text{ kN} - 24,55 \text{ kN} = 70,58 \text{ kN}$$

$$N_c = 95,13 + 24,55 = 119,68 \text{ kN} \quad h = 22 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = \frac{N}{t \cdot h} \quad \sigma_m = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{t \cdot h^2}{6}}$$

$$\sigma_c + \sigma_m = \sigma_{\max} = 35,5 \text{ kN/cm}^2$$

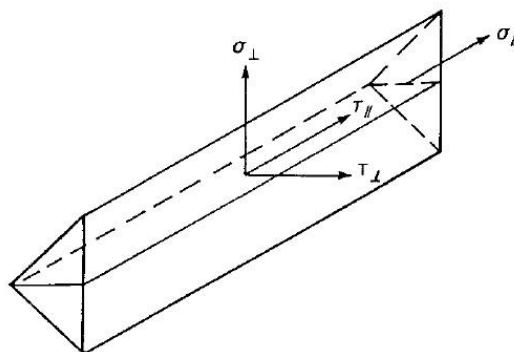
$$\frac{119,68}{22} + \frac{6 \cdot 2,7}{22^2} = 35,5 \cdot t$$

$$t = 0,15 \text{ cm} \quad \mathbf{T \text{ odabrano} = 20 \text{ mm}}$$

5.3.2 Proračun vara između pločica P1 i P3 direktnom metodom

a=7 mm –debljina vara

L=130 mm –duljina vara



1. uvjet:

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{95130}{7 \cdot 130} = 104,53 \text{ MPa} < 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{500}{1,30} = 346,15 \text{ MPa}$$

→Uvjet zadovoljen

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I \cdot b} = \frac{2450 \cdot 14\,788}{1\,281\,583 \cdot 7} = 4,04 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{7 \cdot 130^3}{12} = 1\,281\,583 \text{ mm}^4 - \text{moment tromosti}$$

$$S = \frac{130}{2} \cdot 7 \cdot \frac{130}{4} = 14\,788 \text{ mm}^3 - \text{statički moment površine}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{Ed} \cdot S}{I \cdot h} = \frac{95130 \cdot 796,30}{3\,716 \cdot 130} = 156,81 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{130 \cdot 7^3}{12} = 3\,716 \text{ mm}^4 - \text{moment tromosti}$$

$$S = 130 \cdot 3,5 \cdot 1,75 = 796,30 \text{ mm}^3 - \text{statički moment površine}$$

2.uvjet:

$$\frac{[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5}}{2} \leq \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\frac{[\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5}}{2} = \frac{[65,86^2 + 3(9,96^2 + 98,79^2)]^{0.5}}{2} = 145,55 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_{M2}} = \frac{500}{0,9 \cdot 1,30} = 427,35 \text{ MPa}$$

145,55Mpa < 427,35Mpa → Uvjet zadovoljen

Napomena: isti var se nalazi između pločica P1 i P4.

5.3.3 Spoj stupa s pločicama P4 vijcima $\phi 20$

Spoj je dvorezan s debelim pločama kao vanjskim elementima ($t_{PL} > d_{spajala}$)

$a=4d=4\cdot 20=80$ mm – minimalni razmak trnova u smjeru okomitom na vlakanca grede.

Karakteristični moment tečenja spajala:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2,6} = 362\,051 \text{ Nmm}$$

Proračunska vrijednost momenta tečenja spajala:

$$M_{y,Rd} = \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_M} = \frac{362\,051}{1,1} = 329\,137 \text{ Nmm}$$

Karakteristična čvrstoća po omotaču rupe kada opterećenje djeluje u pravcu vlakana:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 350 = 22,96 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{90} = 0,9 + 0,015 \cdot d = 0,9 + 0,015 \cdot 20 = 1,20$$

Karakteristična čvrstoća po omotaču rupe osnovnog materijala:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{22,96}{1,2 \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90} = 19,13 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska čvrstoća po omotaču rupe osnovnog materijala :

$$f_{h,\alpha,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{h,\alpha,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{19,13}{1,30} = 13,24 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska otpornost jednog trna:

$$R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (f_{h,\alpha,d} \cdot t_2 \cdot d) = 0,5 \cdot (13,24 \cdot 180 \cdot 20) = 23\,832 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rd} \cdot f_{h,\alpha,d} \cdot d} + \frac{F_{ax}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{2 \cdot 329\,137 \cdot 13,24 \cdot 20} + \frac{F_{ax}}{4} = \\ = 30\,366 + \frac{F_{ax}}{4} = 30\,366 + \frac{30\,366}{4} = 37\,957,5 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$R_d = 23,82 \text{ kN}$$

Doprinos jednog trna u prihvaćanju unutrašnjih sila:

-od poprečne sile:

$$F_{Vd} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{2,45}{6} = 0,41 \text{ kN}$$

-od uzdužne sile:

$$F_{Nd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{95,13}{6} = 15,85 \text{ kN}$$

Proračunska vrijednost sile koju preuzima 1 trn:

$$F_d = \sqrt{F_N^2 + F_V^2}$$

$$F_d = \sqrt{0,41^2 + 15,85^2} = 15,85 \text{ kN}$$

$$R_d = 23,82 \text{ kN} > F_d = 15,85 \text{ kN}$$

→Uvjet zadovoljen

$$\eta = \frac{15,85}{23,82} = 0,67$$

5.3.4 Proračun sidrenih vijaka za spoj s temeljom preko pločice P6

Vijci M20 kv.5.8.

Otpornost na trenje između pločice i podložnog morta:

$$F_{f,Rd} = C_{f,Rd} \cdot N_{c,Ed} = 0,20 \cdot 95,13 = 19,02 \text{ kN}$$

Posmična otpornost sidrenog vijaka:

$$F_{vb,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{1,vb,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 49,90 \text{ kN} \\ F_{2,vb,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,32 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 31,36 \text{ kN} \end{array} \right.$$

A=245 mm² za vijke promjera 20mm

$$\alpha_b = 0,44 - 0,0003 \cdot f_{yb} = 0,44 - 0,0003 \cdot 400 = 0,32$$

Posmična otpornost čelične pločice:

$$F_{V,Rd} = F_{f,Rd} + n \cdot F_{vb,Rd} = 19,02 + 4 \cdot 31,36 = 144,44 \text{ kN} > F_{V,Ed} = 2,49 \text{ kN}$$

→ Uvjet zadovoljen

Računska čvrstoća prionjivosti vijka:

$$f_{b,d} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ct,d} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,25 \text{ MPa}$$

$f_{ct,d}$ – vlačna čvrstoća betona

$$f_{ct,d} = \alpha_{CT} \cdot \frac{f_{ctk,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{1,50}{1,5} = 1,50 \text{ MPa}$$

Duljina sidrenja vijaka:

$$l_{b,rqd} = \frac{d}{4} \cdot \frac{\sigma_{Ed}}{f_{bd}} = \frac{20}{4} \cdot \frac{97,07}{2,25} = 215 \text{ mm}$$

$$l_{b,odabrano} = 350 \text{ mm}$$

Naprezanje u 1 vijku:

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{95130}{4 \cdot 245} = 97,07 \text{ Mpa}$$

Uz pretpostavku vijaka M20 udaljenost C_{min} od pločice P1

$$C_{min} = 2d + a \sqrt{2} = 2 \cdot 20 + 7 \cdot 1,41 = 49,87 \text{ mm} \text{ Cobabrano} = 55 \text{ mm}$$

Otpornost vijaka na posmik :

$$f_{v,rd} = \frac{f_{v,rk}}{\gamma_{Mb}} = \frac{36,75}{1,25} = 31,36 \text{ kN} > \frac{T_{sd}}{4} = 0,61 \text{ kN}$$

Proračun dimenzija ploče:

$$a_{min,ploče} = h + 2(c + e_1) = 220 + 2(55 + 50) = 430 \text{ mm}$$

$$b_{min,ploče} = 2(b + 2a \sqrt{2} + 20) = 30 + 2 \cdot 7 + 20 = 140 \text{ mm}$$

$$b_{min,ploče} = 2(p_2 + 2e_2) = 70 + 2 \cdot 40 = 300 \text{ mm}$$

Odabrane dimenzije ploče : **440mm x 320 mm**

Naprezanja na beton preko pločice P6:

Usvojene dimenzije pločice P6: 440x320x30 mm

$$f_{b,Ed} \leq \frac{f_{ck}}{\gamma_C}$$

$$f_{b,Ed} = \frac{N_{Ed}}{h \cdot b_{PL}} = \frac{59\,930}{440 \cdot 320} = 0,46 \text{ Mpa} < \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ Mpa}$$

→ Uvjet zadovoljen

Odabrane dimenzije pločica su zadovoljavajuće za čelik S355. Debljine pločica prikazane su u tablici

Debljine pločica

| PLOČICA | t _{PL} (mm) |
|---------|----------------------|
| P1 | 20 |
| P2 | 10 |
| P3 | 25 |
| P4 | 10 |
| P5 | 10 |
| P6 | 30 |

6. PRORAČUN TEMELJA

Proračun dimenzija temelja samca.

Dimenzije temelja: 800x800x1000 mm

Dopušteno naprezanje : $\sigma = 500$ Mpa

$$N_{sd} = 95,13 \text{ kN}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$a = \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = \sqrt{\frac{95,13}{500,00}} = 0,43 \text{ m} \Rightarrow \text{odabrano } a = 0,80 \text{ m}$$

Maksimalno djelovanje na temelj:

$$N_{Ed, \max} = 95,13 \text{ [kN] tlak}$$

Težina temelja:

$$N_t = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 25 = 56,25 \text{ [kN]}$$

$$N_{Ed} = N'_{Ed} + N_t = 95,13 + 56,25 = 151,38 \text{ [kN] tlak}$$

Naprezanje ispod temelja:

$$\sigma_{1,2} \leq \sigma_{dop, tla} = 500,0 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{Ed}}{A} \pm \frac{M_{Ed}}{W}$$

$$A = 0,8 * 0,8 = 0,64$$

$$W = \frac{b * a^2}{6} = \frac{0,8^3}{6} = 0,085$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{151,38}{0,64} + 31,76 = 268,28$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{151,38}{0,64} - 31,76 = 204,77$$

$$\sigma_1 = 268,29 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 204,77 \text{ kN/m}^2 < 500 \text{ kN/m}^2$$

7.NACRTI

- Prilog 1: Generalni plan pozicija
- Prilog 2: Presjek kroz glavni okvir
- Prilog 3: Detalj A: spoj stupa i grede
- Prilog 4: Detalj B: spoj grede i grede
- Prilog 5: Detalj C: spoj stup-temelj

8. LITERATURA :

[1] Predavanja iz predmeta Drvene konstrukcije, v. pred. Dr .sc. Neno Torić.

[2] Vježbe iz predmeta Drvene konstrukcije, v. pred. Dr.sc. Neno Torić.

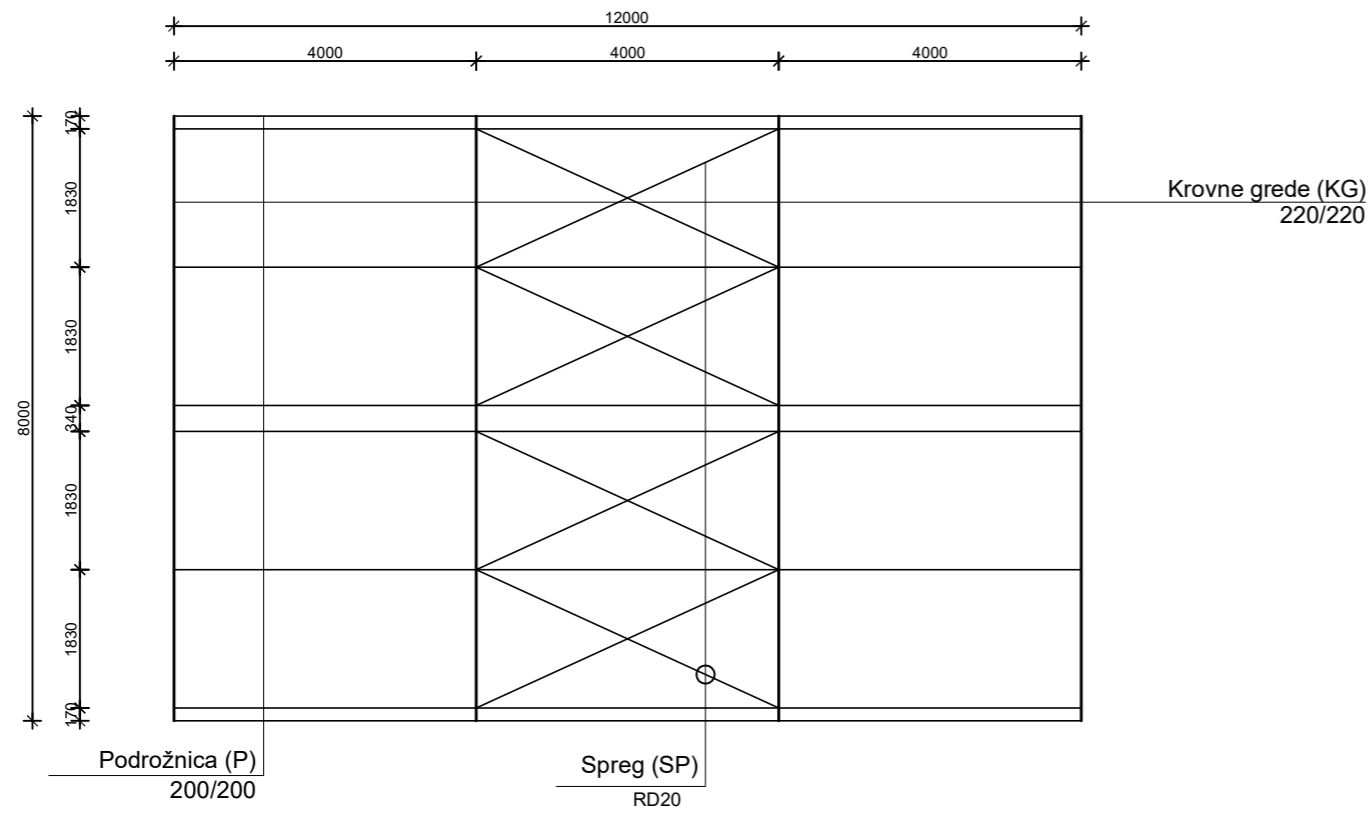
Jelena Lovrić (asistentica), Tin Hržić (asistent)

[3] HRN EN 1991-1-4 :Djelovanja na konstrukcije –Djelovanja vjetra

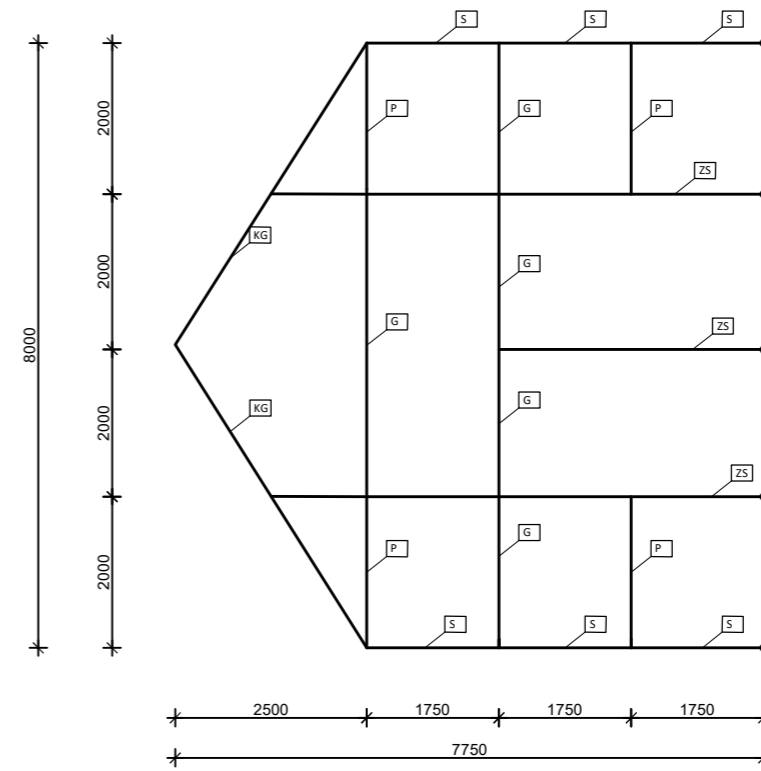
[4] HRN EN 1991-1-3 : Djelovanja na konstrukcije –Opterećenja snijegom

GENERALNI PLAN POZICIJA MJ 1:100

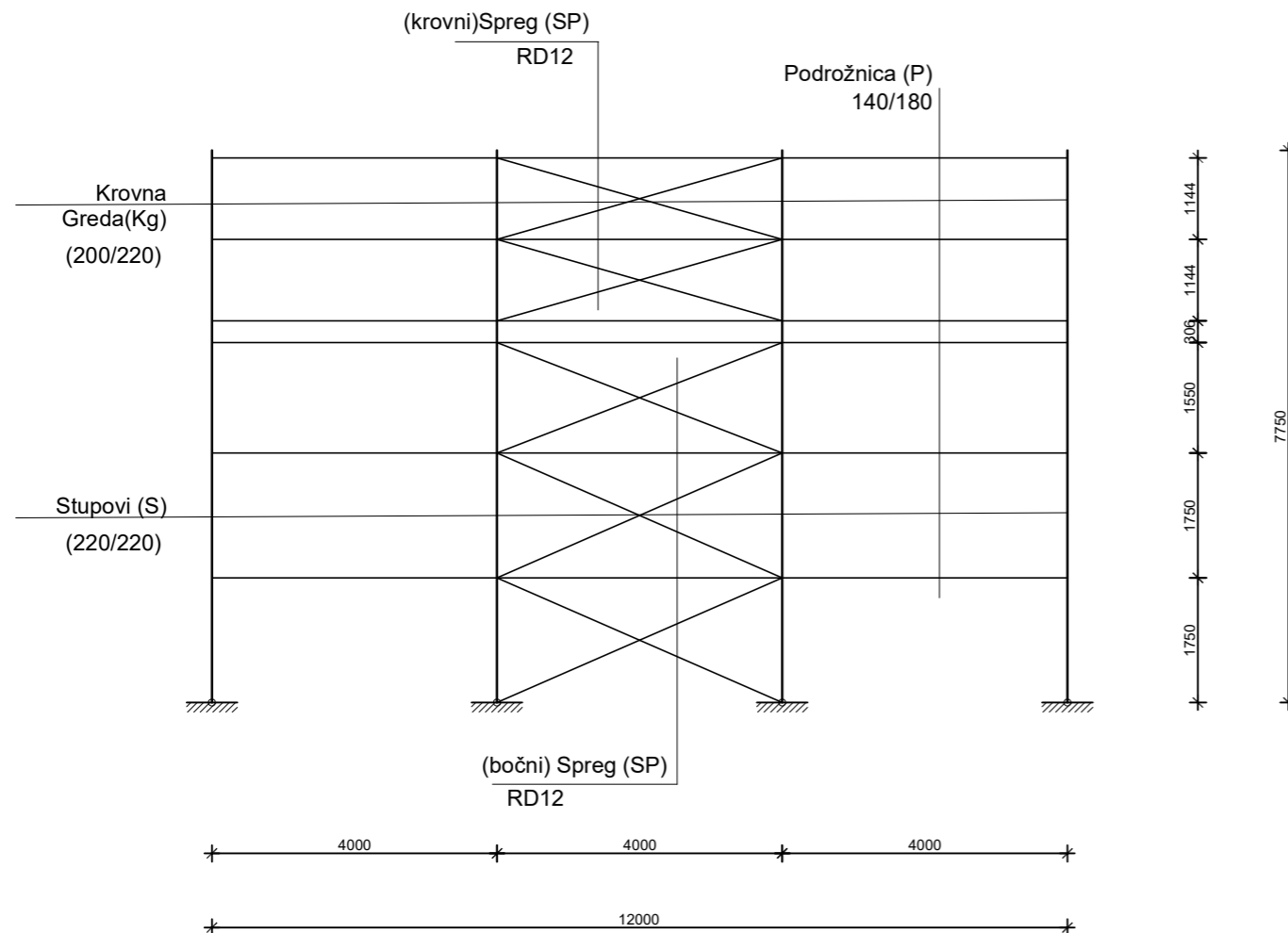
TLOCRT



POPREČNI PRESJEK



BOČNI POGLED



| Oznaka | Naziv elementa | Profil |
|--------|----------------|---------|
| KG | Krovne grede | 200/220 |
| P | Podrožnice | 140/180 |
| S | Stup | 220/220 |
| SP | Spreg | RD12 |



Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT gradst.unist.hr

STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

predmet: DRVENE KONSTRUKCIJA - Završni rad

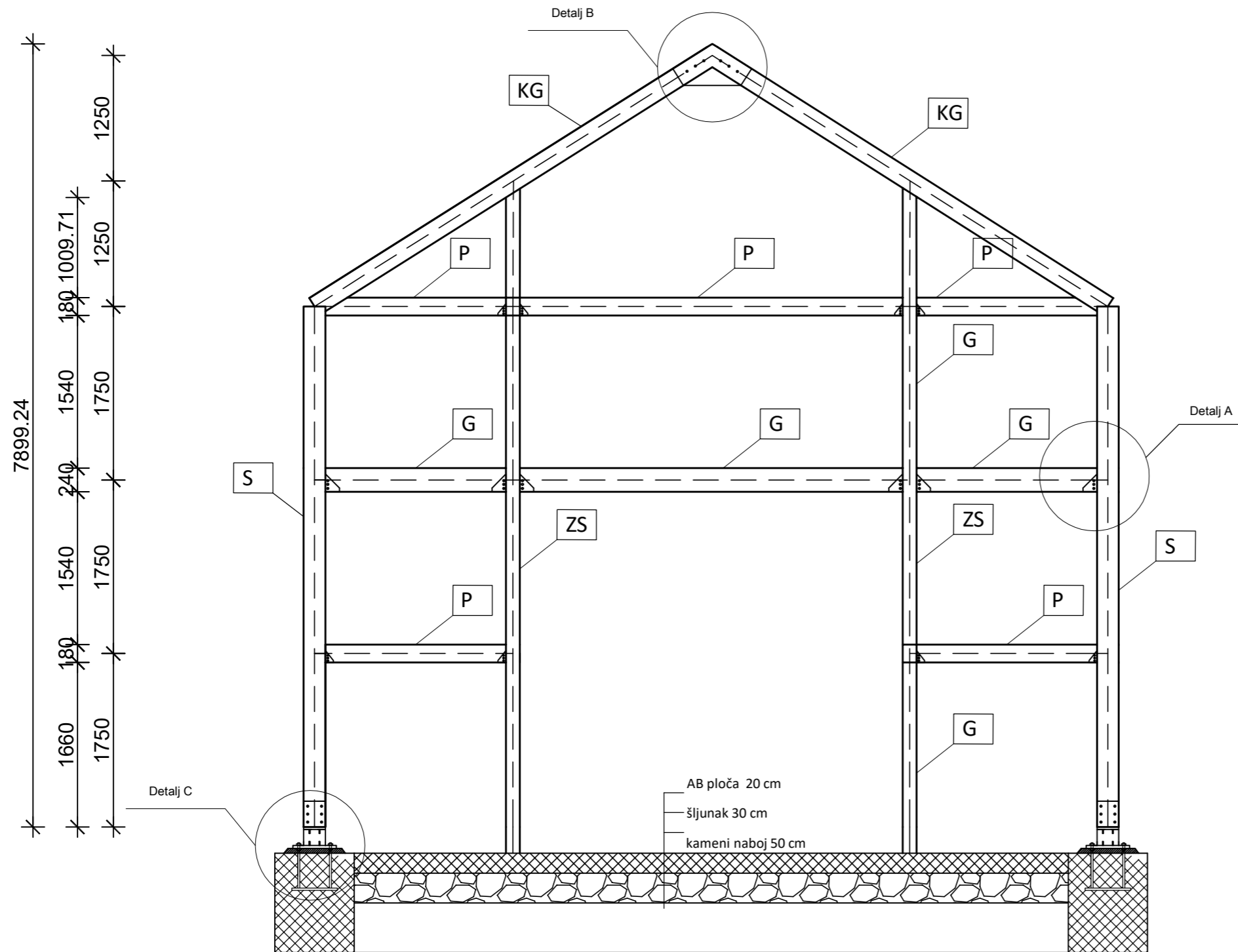
student: Antonio Rajčić

sadržaj: Generalni plan pozicija

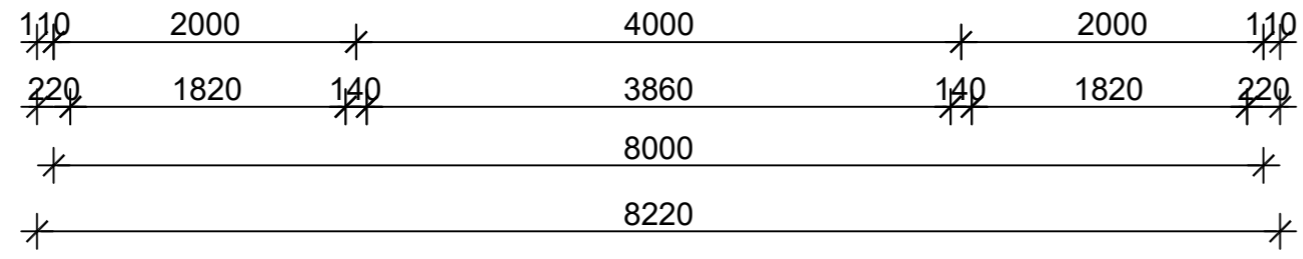
ak. god.: 2019./2020.

Prilog 1

PRESJEK KROZ GLAVNI NOSAČ MJ 1:50



| Oznaka | Naziv elementa | Profil |
|--------|----------------|---------|
| KG | Krovne grede | 200/220 |
| P | Podrožnice | 140/180 |
| S | Stup | 220/220 |
| SP | Spreg | RD12 |
| ZS | Zabatni stup | 140/180 |
| G | Grede | 200/240 |



Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije
Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT gradst.unist.hr

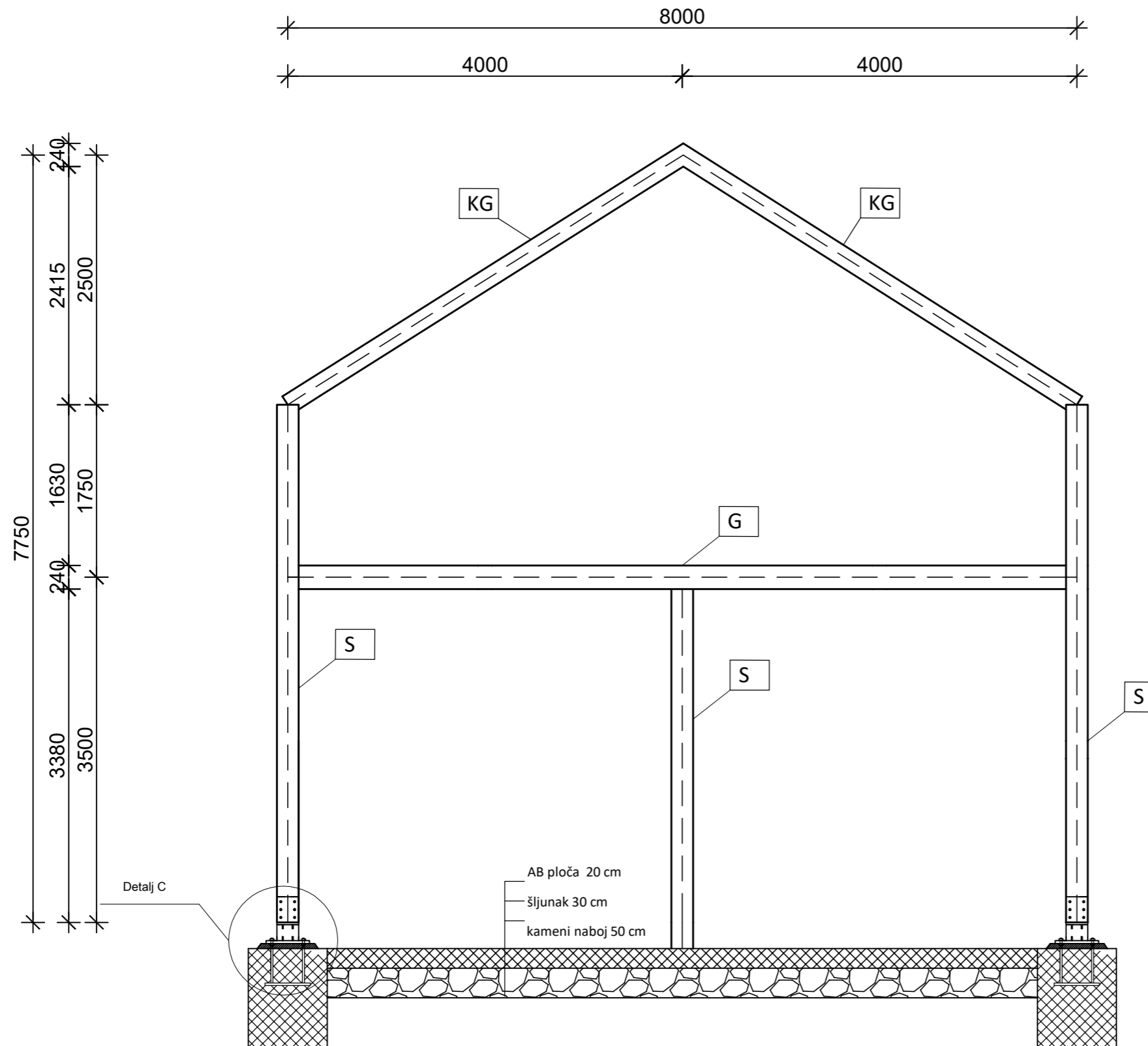
STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

predmet: DRVENE KONSTRUKCIJA - Završni rad

student: Antonio Rajčić

sadržaj: Presjek kroz glavni okvir ak. god.: 2019./2020. Prilog 2.1.

PRESJEK KROZ GLAVNI NOSAČ MJ 1:50



| Oznaka | Naziv elementa | Profil |
|--------|----------------|---------|
| KG | Krovne grede | 200/220 |
| P | Podrožnice | 140/180 |
| S | Stup | 220/220 |
| SP | Spreg | RD12 |
| ZS | Zabatni stup | 140/180 |
| G | Grede | 200/240 |

POGLED NA UNUTRAŠNJI STUP



Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT gradst.unist.hr

STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

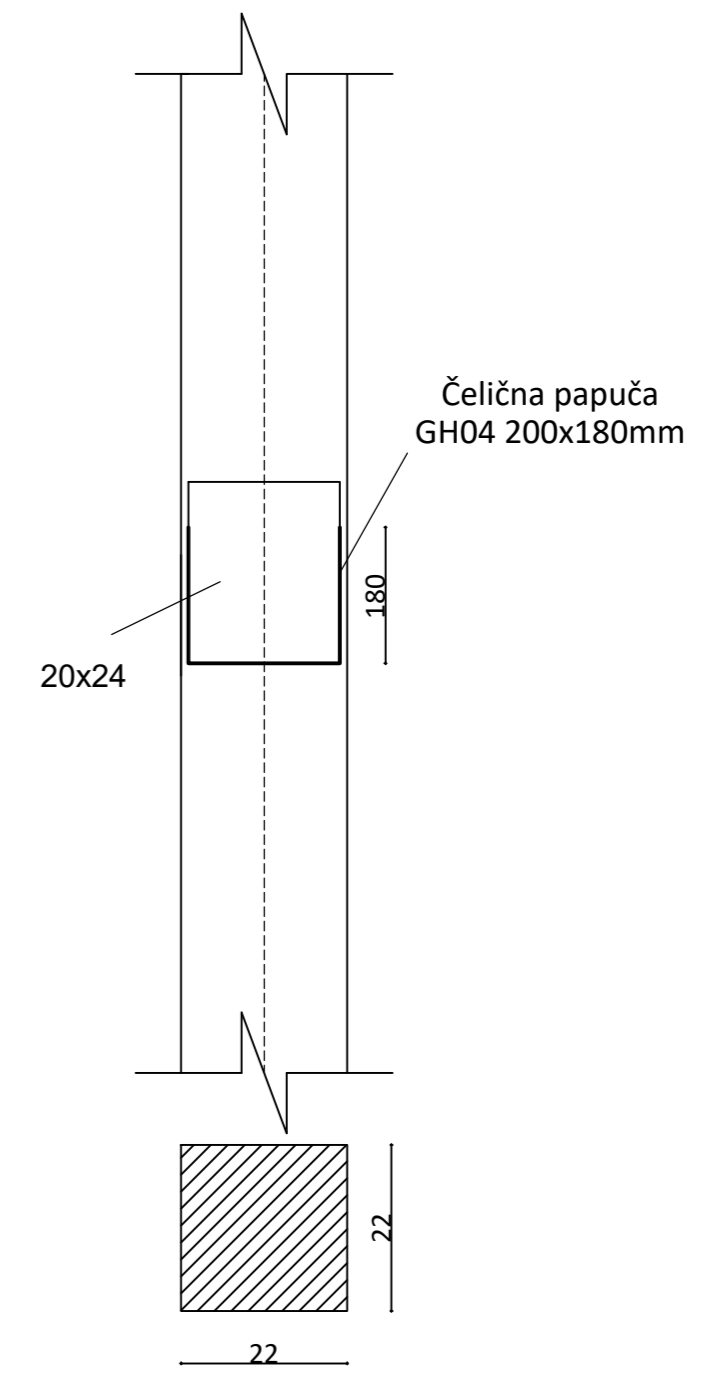
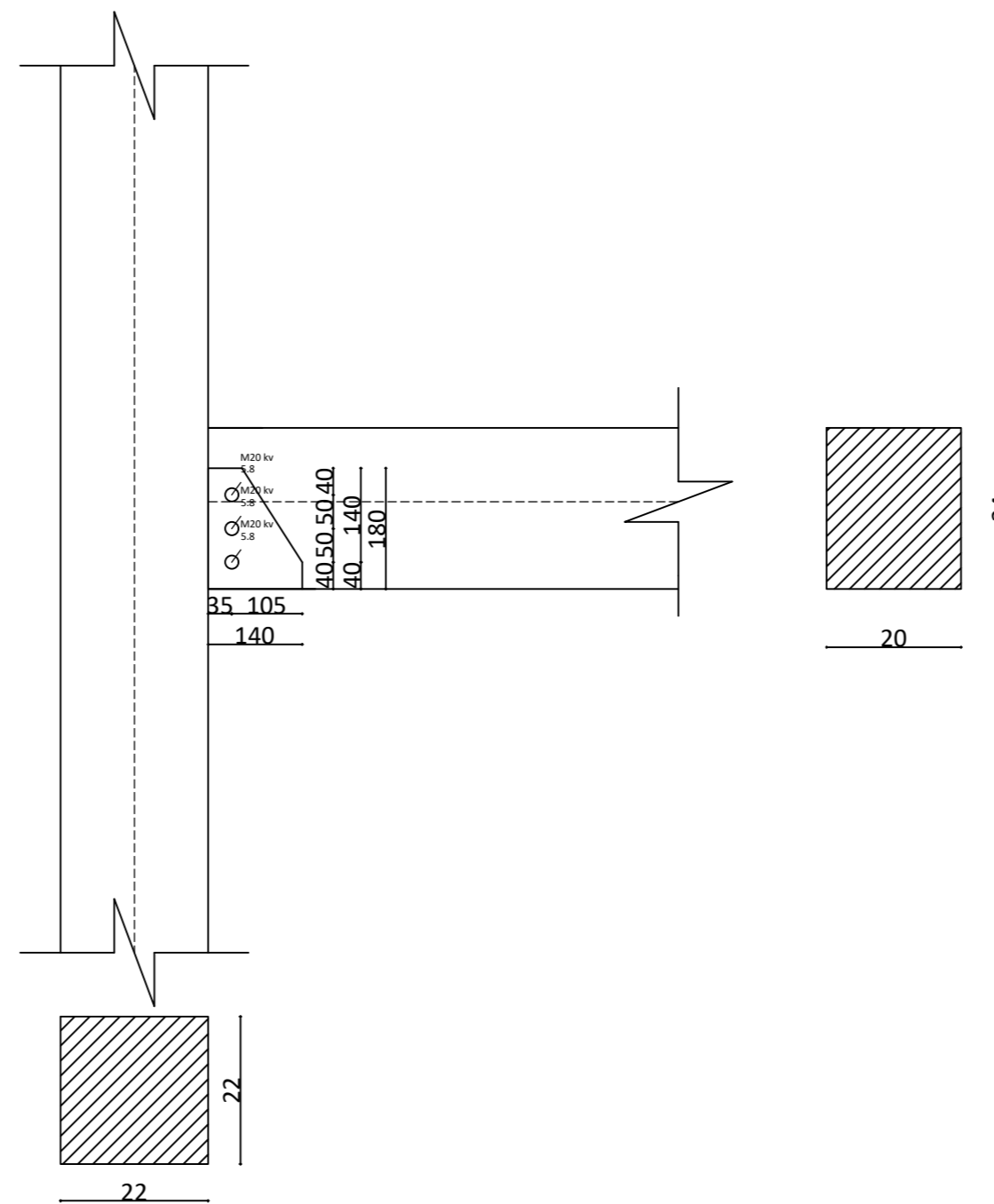
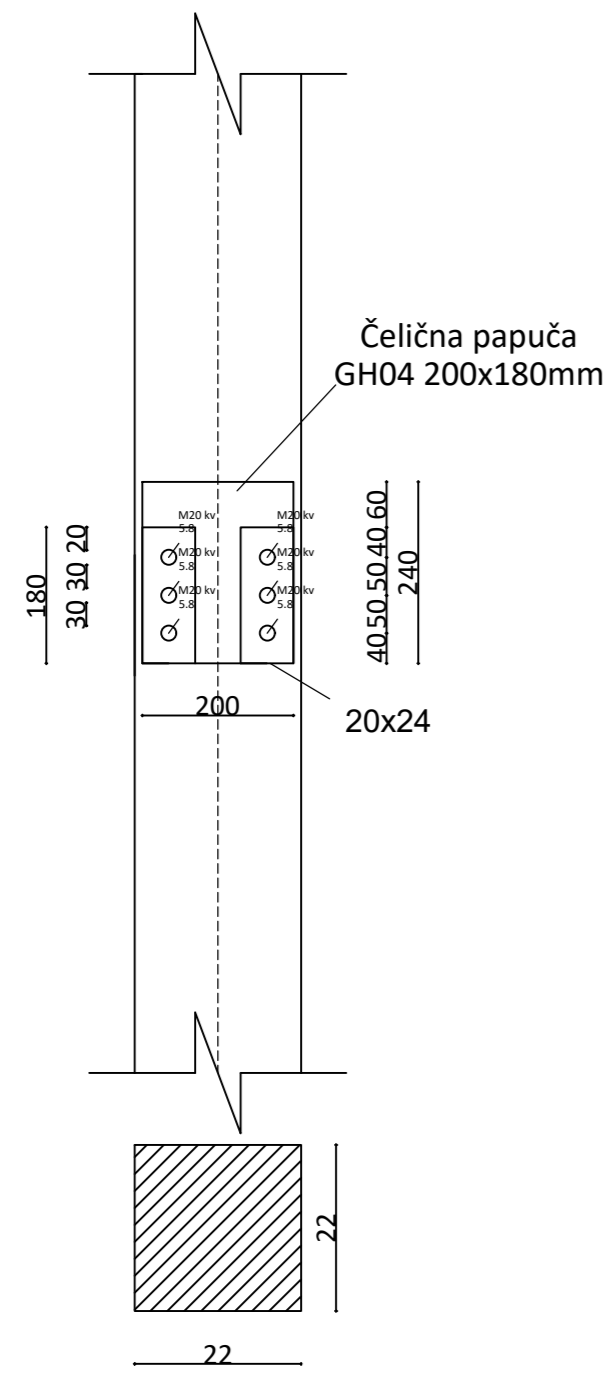
predmet: DRVENE KONSTRUKCIJA - Završni rad

student: Antonio Rajčić

sadržaj: Presjek kroz glavni okvir

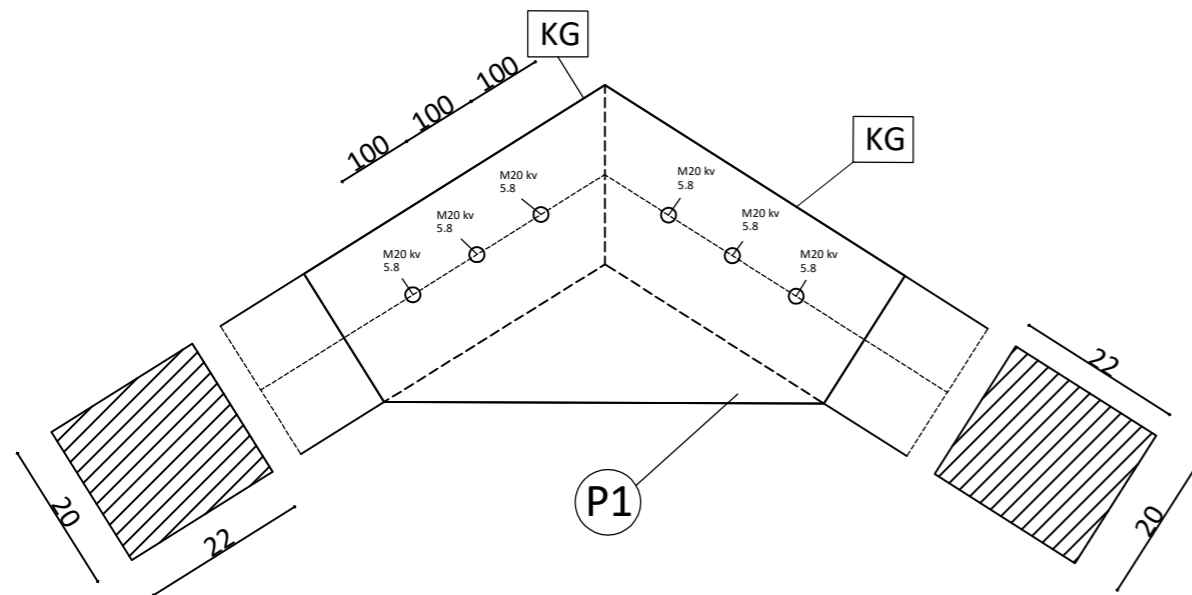
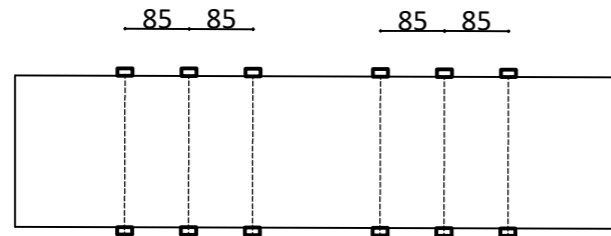
ak. god.: 2019./2020. Prilog 2.2.

DETALJ A - SPOJ GREDA-STUP 1:10



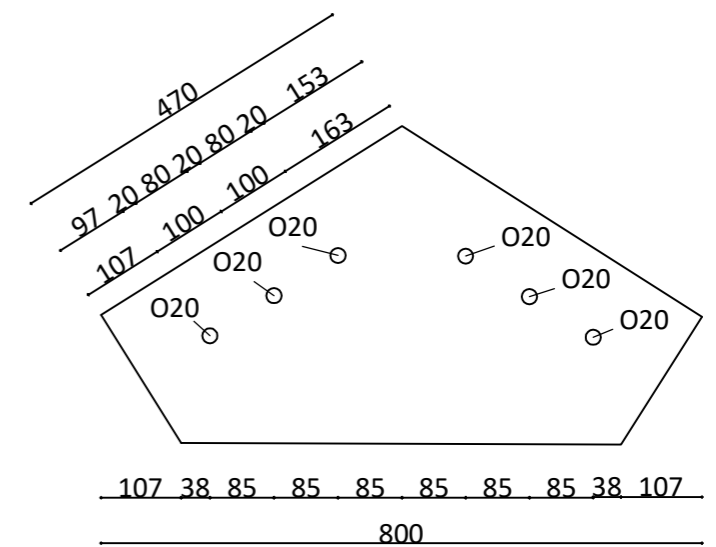
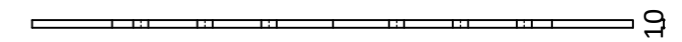
DETALJ B - SPOJ GREDA-GREDA 1:10

TLOCRT



RADIONIČKI NACRT PLOČICE

Ⓟ P1 470/800/10



Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT gradst.unist.hr

STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

predmet: DRVENE KONSTRUKCIJA - Završni rad

student: Antonio Rajčić

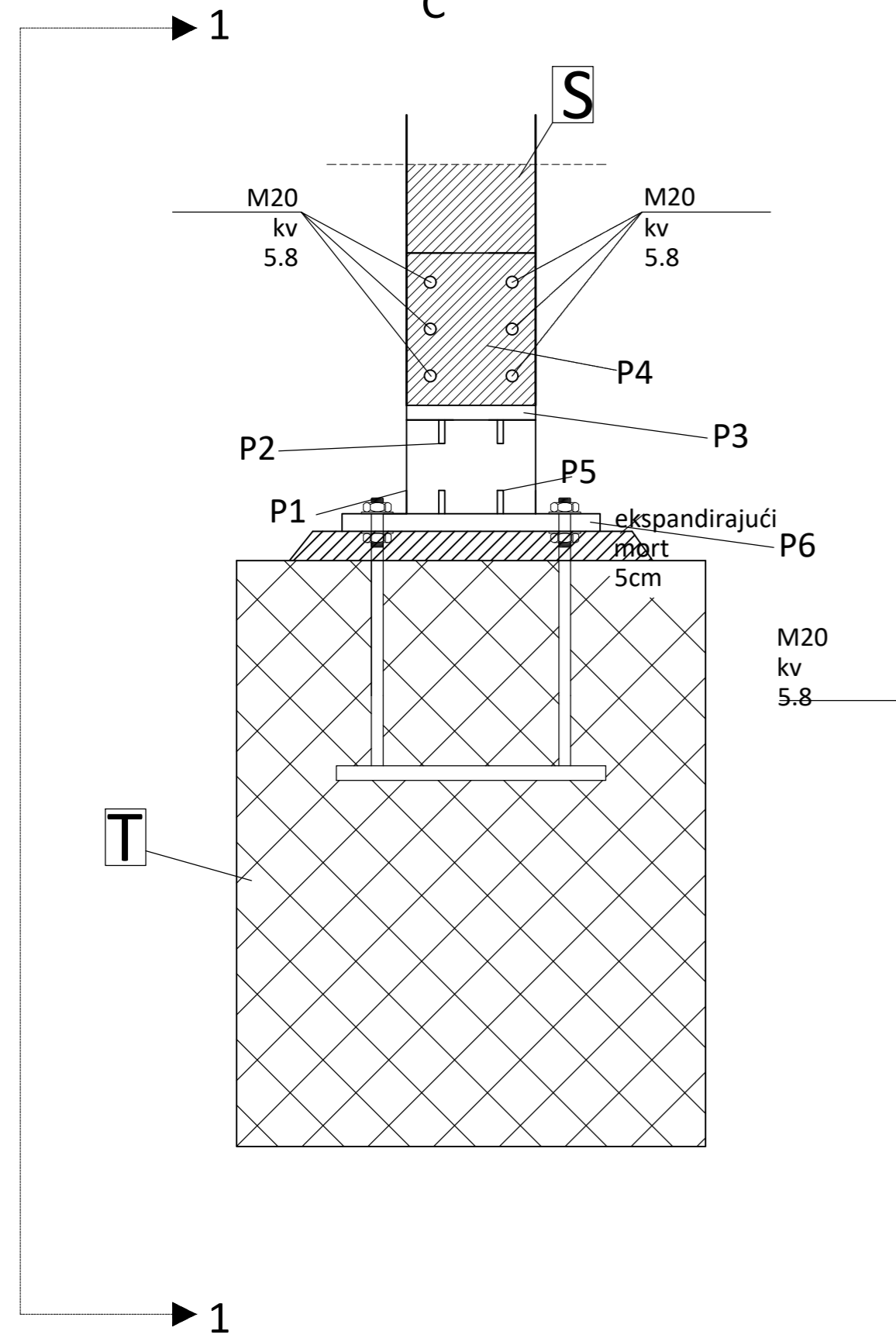
sadržaj: Detalj B - spoj grede i grede

ak. god.: 2019./2020.

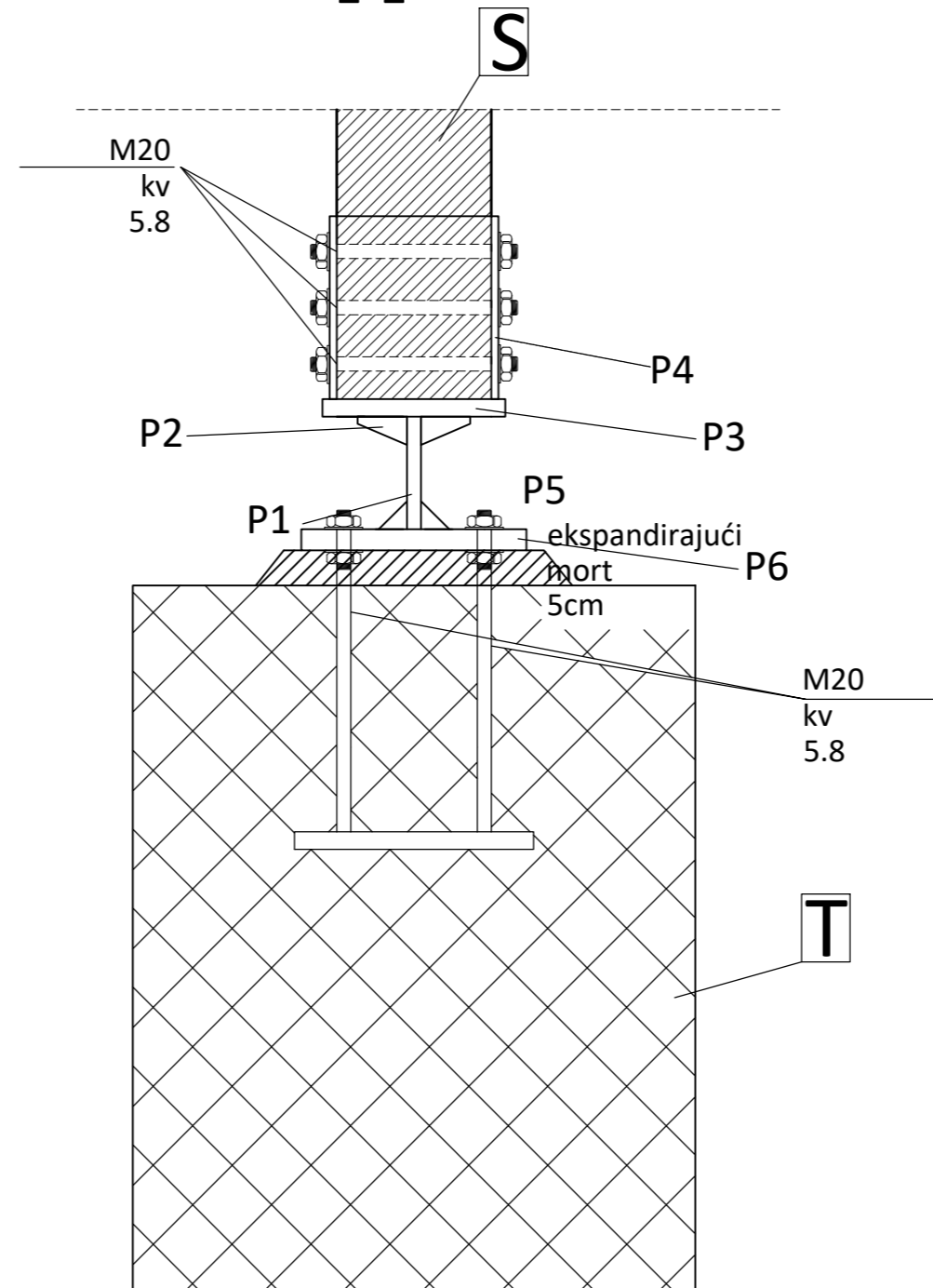
Prilog 4

DETALJ C - SPOJ STUP-TEMELJ 1:10

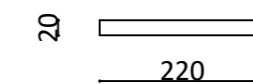
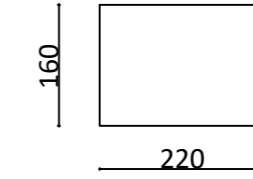
DETALJ
"C"



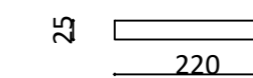
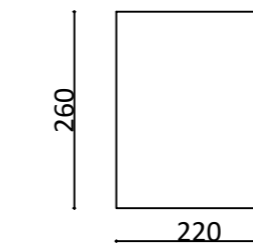
POGLED
1-1



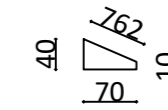
P1 220/160/20 S355
kom. 1 po spoju



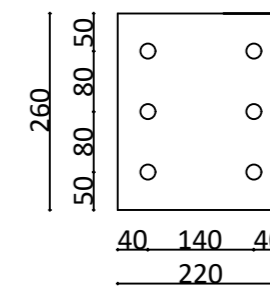
P3 220/260/25 S355
kom. 1 po spoju



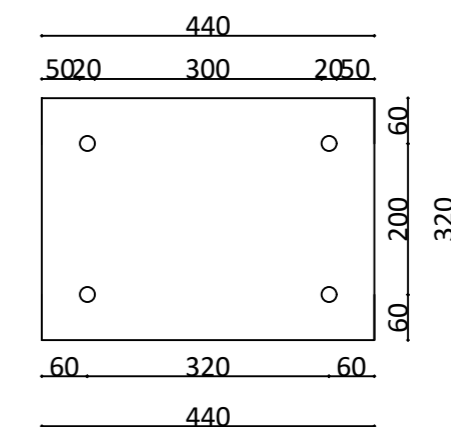
P2 70/40/10 S355
kom. 4 po spoju



P4 220/260/10 S355
kom. 2 po spoju



P6 440/320/30 S355
kom. 1 po spoju



P5 30/40/10 S355
kom. 4 po spoju



Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije
Matice hrvatske 15, HR 21000, SPLIT gradst.unist.hr

STRUČNI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA

predmet: DRVENE KONSTRUKCIJA - Završni rad

student: Antonio Rajčić

sadržaj: Detalj C - spoj stupa i temelja

ak. god.: 2019./2020. Prilog 5