

# Proračun drvene konstrukcije rešetkastog krovišta

---

**Glavota, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*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:123:758484>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**



*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**

**Glavota Mario**

**Split, 2016.**

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

**Glavota Mario**

Proračun drvene konstrukcije rešetkastog krovišta

**Završni rad**

**Split, 2016.**

## SADRŽAJ

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. TEHNIČKI OPIS.....</b>                                 | <b>4</b>  |
| 1.1. Konstruktivni sustav krova.....                         | 4         |
| 1.2. Statička analiza sustava.....                           | 4         |
| 1.3. Konstruktivni elementi.....                             | 4         |
| 1.3.1. Glavni nosač.....                                     | 4         |
| 1.3.2. Podrožnice.....                                       | 4         |
| 1.3.3. Spreg.....                                            | 4         |
| 1.4. Materijal.....                                          | 5         |
| 1.5. Zaštita materijala.....                                 | 5         |
| 1.6. Transport i montaža.....                                | 5         |
| <b>2. OPĆI PODACI, GEOMETRIJA I ANALIZA OPTEREĆENJA.....</b> | <b>6</b>  |
| 2.1. Glavni nosač.....                                       | 6         |
| 2.2. Građa i propisi.....                                    | 6         |
| 2.3. Analiza opterećenja.....                                | 6         |
| 2.3.1. Stalno djelovanje.....                                | 6         |
| 2.3.2. Promjenjivo djelovanje.....                           | 7         |
| -Proračun djelovanja snijega.....                            | 7         |
| -Proračun djelovanja vjetra.....                             | 9         |
| <b>3. STATIČKI PRORAČUN.....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>4. DIMENZIONIRANJE SUSTAVA.....</b>                       | <b>20</b> |
| 4.1. Dimenzioniranje rešetke konstruktivnog sustava.....     | 20        |
| 4.1.1. Gornji pojas.....                                     | 21        |
| 4.1.2. Donji pojas.....                                      | 23        |
| 4.1.3. Dijagonale 1.....                                     | 25        |
| 4.1.4. Dijagonale 2.....                                     | 26        |
| 4.2. Dimenzioniranje podrožnica.....                         | 27        |
| 4.3. Detalj spoja dijagonala i donjeg pojasa.....            | 29        |
| <b>5. GRAFIČKI PRILOZI.....</b>                              | <b>33</b> |
| - Generalni plan pozicija.....                               | 34        |
| - Radionički nacrt glavnog nosača.....                       | 35        |
| - Detalj spoja dijagonala i donjeg pojasa.....               | 36        |
| - Iskaz materijala.....                                      | 37        |
| <b>6. LITERATURA</b>                                         |           |

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Konstruktivni sustav krova

Projektom je zadan trokutasti rešetkasti nosač raspona  $l=16,00$  (m). Konstrukcija je zamišljena kao okvirni sustav od deset paralelnih okvira na međusobnom razmaku  $4,50$  (m) ukupne dužine  $45,0$  m. Krovna ploha je u odnosu na horizontalnu ravninu nagnuta pod kutom  $\alpha = 21,8^\circ$ . Prostorna stabilizacija drvene konstrukcije predviđena je horizontalnim spregom.

## 1.2. Statička analiza sustava

Proračun je rađen prema EC5 HRN EN 1995-1-1.

Opterećenja koja djeluju na drvenu konstrukciju:

- stalno opterećenje (teret)
- snijeg (na čitavoj krovnoj plohi)
- vjetar

Njihove kombinacije obuhvaćene su statičkom analizom i kao mjerodavno opterećenje uzeto je ono najnepovoljnije.

Predmetna građevina se nalazi na području grada Zagreba, kategorija zemljišta III. Odgovarajući koeficijenti za vjetar i snijeg uzeti su prema tome iz propisanih tablica. Takvim se ispostavila kombinacija K1:  $1,35(G+G_1)+1,35S+1,35W_2 \rightarrow$  stalno opterećenje + snijeg + vjetar (izvana i podtlak iznutra).

Gornji i donji pojas proračunati su kao kontinuirane grede na koje su zglobo pričvršćene dijagonale. Rezne sile i progibi izračunati su u „Scia Engineer 2015“ programu. Spojevi i nastavci štapova izvedeni su zasjekom, vijcima i čavlima.

## 1.3. Konstruktivni elementi

### 1.3.1. Glavni nosač

Glavni nosači predstavljaju nosivi dio konstrukcije i prenose vertikalna opterećenja na nosive zidove i dalje na temeljno tlo. Dimenzionirani su da prime utjecaj od vlastite težine i opterećenja od snijega i vjetra. Promjenjivog su pravokutnog poprečnog presjeka. Glavni nosač oslonjen je neoprenskim ležajevima, dimenzija  $220/220/42$  mm, u armirani betonski zid.

### 1.3.2. Podrožnice

To su konstruktivni elementi koji prenose opterećenje s krovne ravnine na glavne nosače. Elementi glavne podrožnice koji imaju funkciju vertikale vjetrovnog sprega dimenzija su  $16/22$  cm i pravokutnog su poprečnog presjeka. Podrožnice su razmaknute  $4,308$  (m).

### 1.3.3. Spreg

Spreg predstavlja konstruktivne elemente za prihvat sile vjetra i da spriječi bočno izvijanje (izbočavanje) glavnih nosača. Horizontalne spregove tvore glavni nosači kao pojasevi, glavne podrožnice kao dijagonale.

#### 1.4. Materijal

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od punog drva C30. Karakteristične vrijednosti čvrstoća, modula i gustoće za ovu klasu drveta :

$$f_{m,k} = 30,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 23,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = 18,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 720 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{mean} = 380 \text{ kg/m}^3$$

#### 1.5. Zaštita materijala

Zaštitu nosivih elemenata potrebno je provesti s odgovarajućim vodootpornim zaštitnim sredstvima. Zaštita se provodi s tri premaza, s tim da je dva premaza potrebno nanijeti u tvornici prije transporta, a treći završni nakon potpunog „zatvaranja“ konstrukcije. Boja zaštitnog sredstva je prozirno smeđa u tonu drva nosača. Debljina premaza 0,2 mm .

Zaštita metalnih dijelova i spajala izvodi se pocinčavanjem na uobičajen način, a u skladu s važećim propisima sve metalne dijelove prije pocinčavanja potrebno je obraditi.

#### 1.6. Montaža i transport

Planom transporta prikazuje se i opisuje način transporta. Transportni putovi moraju biti utvrđeni, pri čemu se mora voditi računa o radijusima krivina prema zahtjevima specijalnih vozila i slobodnim profilima.

Montaža se mora provesti prema planu montaže. Izvođač je dužan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno s transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Plan montaže ovjerava projektant konstrukcije. Međustanja konstrukcije u fazi montaže potrebno je provjeriti vodeći računa o mjestima i načinima hvatanja/oslanjanja u fazama podizanja i montaže. Mjesta hvatanja potrebno je osigurati od oštećenja. Glavni nosači se izrađuju na podu, zatim se pomoću dizalice podižu u vertikalni položaj. Posebnu pažnju treba posvetiti osiguranju stabilnosti u fazama i elementima koji kod montaže imaju naprezanja suprotna od očekivanih u eksploataciji. Konačno na već postavljenu konstrukciju postavlja se pokrov. Nosači se trebaju transportirati u takvom položaju u kakvom će kasnije primiti opterećenje. Transport i montažu treba obaviti tako da se izbjegnu moguća oštećenja dijelova konstrukcije.

## 2. OPĆI PODACI, GEOMETRIJA I ANALIZA OPTEREĆENJA

### 2.1. Glavni nosač

- trokutasti rešetkasti nosač
- raspon:  $l=16,00$  (m)
- nagib krovne plohe:  $\alpha = 21,8^\circ$
- visina nosača:  $h = 3,2$  (m)
- razmak nosača :  $e = 4,5$  (m)

### 2.2. Građa i propisi

- C30 / uporabna klasa 1
- EC5 HRN EN 1995-1-1.

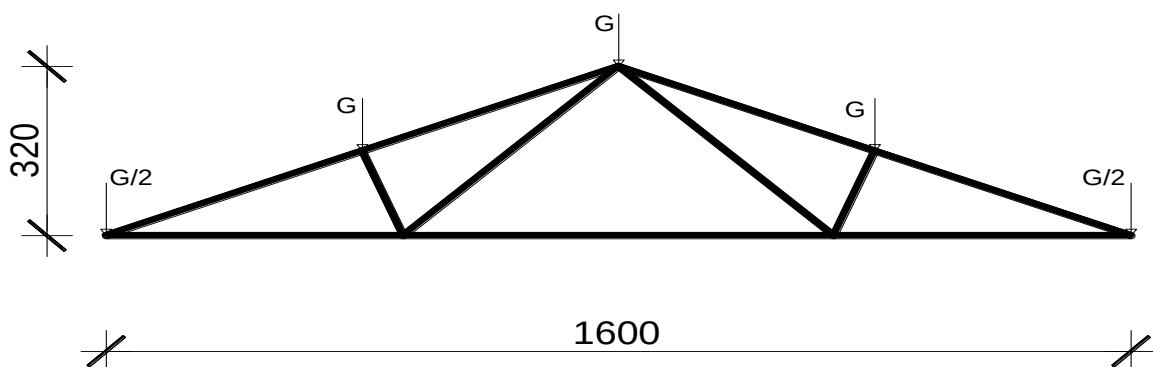
### 2.3. Analiza opterećenja

#### 2.3.1. Stalno opterećenje

$G = \text{pokrov} + \text{sekundarni nosači} + \text{stabilizacija} = 0,35 \text{ kN/m}^2$

$$G/2 = g \cdot \frac{x}{2} \cdot L = 0,35 \cdot \frac{4,308}{2} \cdot 4,50 = 3,392 \text{ kN}$$

$$G = g \cdot x \cdot L = 0,35 \cdot 4,308 \cdot 4,50 = 6,784 \text{ kN}$$

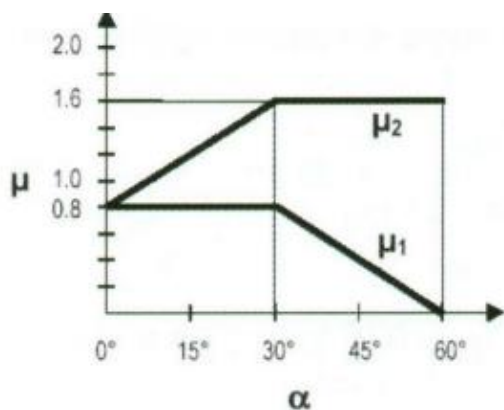


### 2.3.2. Promjenjivo opterećenje

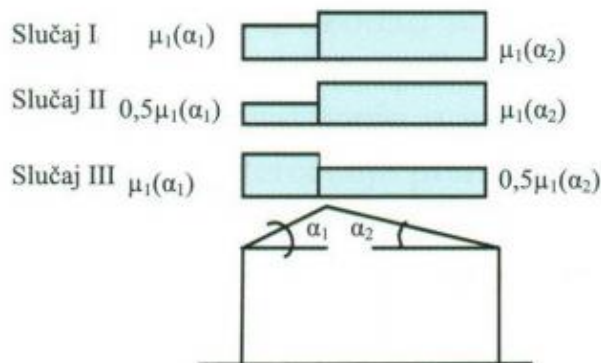
#### Proračun djelovanja snijega

$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$$

- $\mu_i \rightarrow$  koeficijent oblika za opterećenje snijegom (ovisi i obliku i nagibu krova, te o rasporedu snijega na krovnoj plohi); za  $\alpha=21,8^\circ \Rightarrow \mu_i = 0,8$
- $s_k \rightarrow$  karakteristična vrijednost opterećenja na tlu u  $\text{kN/m}^2$  (ovisi o lokaciji i nadmorskoj visini objekta); Zagreb  $\Rightarrow s_k = 1,25 \text{ kN/m}^2$
- $C_e \rightarrow$  koeficijent izloženosti (obično uzima vrijednost 1,0)
- $C_t \rightarrow$  toplinski koeficijent (obično uzima vrijednost 1,0)



Koeficijenti oblika opterećenja snijegom



Slučajevi opterećenja snijegom za dvostrešni krov

| Kut nagiba krova $\alpha$ | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| $\mu_1$                   | 0,8                                 | $0,8 (60 - \alpha) / 30$       | 0,0                    |
| $\mu_2$                   | $0,8 + 0,8 \alpha / 30$             | 1,6                            | –                      |

Koeficijenti oblika opterećenja snijegom

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{S}{2} = s \cdot \frac{x}{2} \cdot L = 1,0 \cdot \frac{4,308}{2} \cdot 4,50 = 9,693 \text{ kN}$$

$$S = s \cdot x \cdot L = 1,0 \cdot 4,308 \cdot 4,50 = 19,386 \text{ kN}$$





**Proračun djelovanja vjetra**

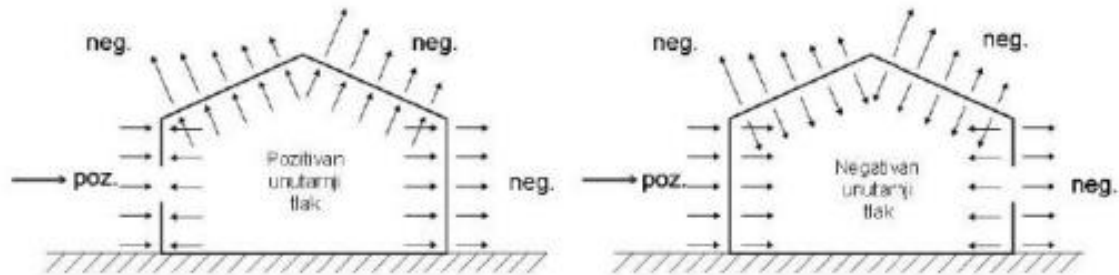
$$w_e = q_{ref} \cdot c_e |z_e| \cdot c_{pe} \left[ \text{kN/m}^2 \right] \rightarrow \text{pritisak vjetra na vanjske površine}$$

$$w_i = q_{ref} \cdot c_i |z_i| \cdot c_{pi} \left[ \text{kN/m}^2 \right] \rightarrow \text{pritisak vjetra na unutarnje površine}$$

$z_i, z_e \rightarrow$  referentne visine za lokalni ili unutarnji tlak

$q_{ref} \rightarrow$  referentni pritisak srednje brzine vjetra

$c_{pe}, c_{pi} \rightarrow$  vanjski i unutarnji koeficijenti pritiska vjetra



Pozitivni i negativni koeficijenti pritiska vjetra

Proračun osnovnog pritiska vjetra:

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

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \left[ \text{m/s} \right]$$

$v_{b,0} \rightarrow$  fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (za Zagreb  $v_{b,0} = 20,0 \text{ m/s}$ )

$c_{dir} \rightarrow$  faktor smjera vjetra (obično se uzima 1,0)

$c_{season} \rightarrow$  faktor doba godine (obično se uzima 1,0)

$$v_{b,0} = 20,0 \text{ m/s}$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 20,0 = 20,0 \text{ m/s}$$

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

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20,0^2 = 250 \text{ N/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$$

Srednja brzina vjetra:

$$v_m |z| = c_r |z| \cdot c_0 |z| \cdot v_b \left[ \text{m/s} \right]$$

$c_r |z| \rightarrow$  faktor hrapavosti terena

$c_0 |z| \rightarrow$  faktor orografije ili opisivanje brežuljaka ili gora (obično se uzima 1,0)

Faktor hrapavosti određuje se prema:

$$c_r|z| = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r|z| = c_r|z_{\min}| \quad z \leq z_{\min}$$

$z_0 \rightarrow$  duljina hrapavosti

$k_r \rightarrow$  faktor terena ovisan o duljini hrapavosti

| Kategorija terena |                                                                                                                                                                      | $z_0$<br>[m] | $z_{\min}$<br>[m] |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| 0                 | More ili priobalna područja izložena otvorenom moru                                                                                                                  | 0,003        | 1                 |
| I                 | Jezera ili ravna i horizontalno položena područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka                                                                          | 0,01         | 1                 |
| II                | Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke                                          | 0,05         | 2                 |
| III               | Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma) | 0,3          | 5                 |
| IV                | Područja s najmanje 15 % površine pokrivene zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m                                                                            | 1,0          | 10                |

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{\min} = 5,0 \text{ m}$$

$$z_{\max} = 200,0 \text{ m}$$

$$z(\text{visina objekta}) = 10,0 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,3}\right)^{0,07} = 0,19$$

$$c_r|z| = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{10,0}{0,3}\right) = 0,6662$$

Srednja brzina na visini 10,0 m iznosi:

$$v_m|z| = v_m|10,0 \text{ m}| = 0,6662 \cdot 1,0 \cdot 20,0 = 13,324 \text{ m/s}$$

Intenzitet turbulencije računa se prema izrazu:

$$I_v|z| = \frac{k_1}{c_0|z| \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

$k_1 \rightarrow$  faktor turbulencije (obično se uzima vrijednost 1,0, ukoliko nije drugačije definirano Nacionalnim dodatkom)

$$c_0|z| = 1,0$$

$$I_v|z| = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{10,0}{0,3}\right)} = 0,285$$

Pritisak brzine vjetra pri udaru:

$$q_p|z| = c_e|z| \cdot q_b$$

$$q_p|z| = \left| 1 + 7 \cdot I_v|z| \right| \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 |z|$$

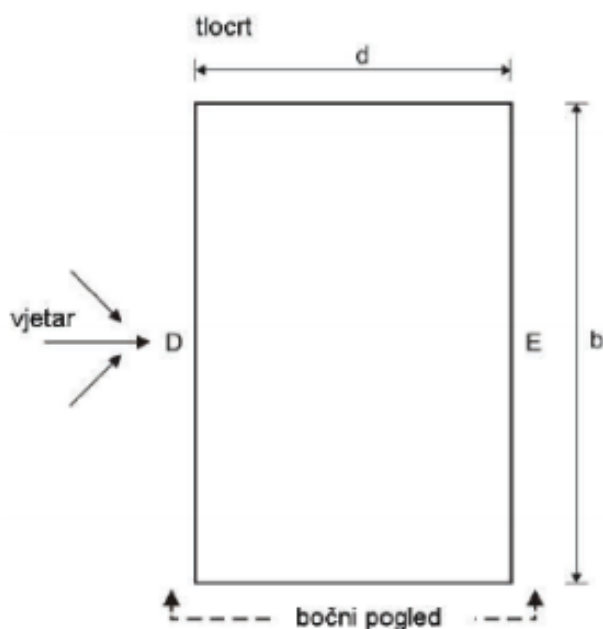
$$q_p|z| = \left| 1 + 7 \cdot 0,285 \right| \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 13,324^2$$

$$q_p|z| = 332,5 \text{ N/m}^2 = 0,3325 \text{ kN/m}^2$$

$c_e|z| \rightarrow$  faktor izloženosti i odnosi se na pritisak te ovisi o visini iznad terena  $z$  i kategoriji terena

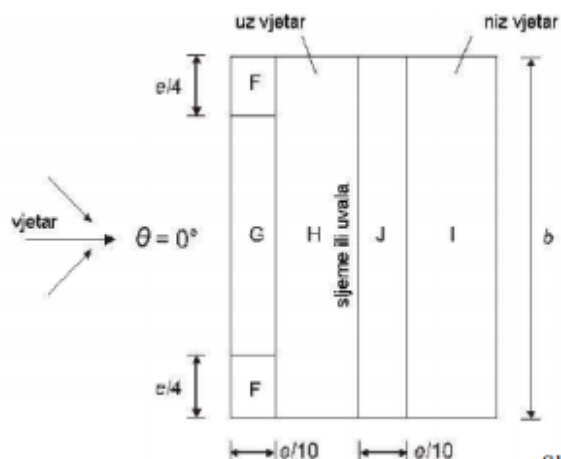
Određivanje koeficijenta pritiska vjetra

Koeficijent vanjskog pritiska  $c_{pe}$ :



Definiranje područja vjetra za vertikalne zidove

Dvostrešni krov



$e=b$  ili  $2h$ ,  
 odabire se manja vrijednost  
 $b$ -dimenzija okomito na vjetar

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

NAPOMENA 1: Pri  $\theta = 0^\circ$  flik 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 takve krovove treba uzeti u obzir četiri slučaja gdje su najmanje vrijednosti svih područja F, G i H kombinirane s najvećim ili najmanjim vrijednostima područja I i J. Nije dopušteno miješanje pozitivnih i negativnih vrijednosti na istom pročelju.

NAPOMENA 2: Smije se upotrebljavati 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.

Vrijednosti koeficijenata vanjskog pritiska za područja dvostrešnog krova ( $\theta=0^\circ$ )

Kut nagiba  $\rightarrow \alpha=21,8^\circ$

Smjer vjetra  $\rightarrow \theta=0^\circ$

Parametar  $e=\min\{b;2h\}=\min\{50,0;20,0\}=20,0$  m

Očitani koeficijenti vanjskog pritiska za zone:

$$G: \quad c_{pe} = -0,65 \quad | +0,5|$$

$$H: \quad c_{pe} = -0,25 \quad | +0,3|$$

$$I: \quad c_{pe} = -0,40 \quad | +0,0|$$

$$J: \quad c_{pe} = -0,75 \quad | +0,0|$$

$\rightarrow$ uzimaju se najnepovoljniji koeficijenti

Određivanje koeficijenta pritiska  $C_{pi}$  na unutarnje površine konstrukcije:

$$C_{pi}=+0,2$$

$$w = w_e + w_i$$

$$G: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,65 + 0,2| = 0,283 \text{ kN/m}^2$$

$$H: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,25 + 0,2| = 0,150 \text{ kN/m}^2$$

$$I: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,40 + 0,2| = 0,200 \text{ kN/m}^2$$

$$J: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,75 + 0,2| = 0,316 \text{ kN/m}^2$$

Rezultantno djelovanje vjetra dobije se kombiniranjem vanjskog i unutarnjeg učinka:

$$C_{pi}=-0,3$$

$$w = w_e + w_i$$

$$G: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,5 + 0,3| = 0,266 \text{ kN/m}^2$$

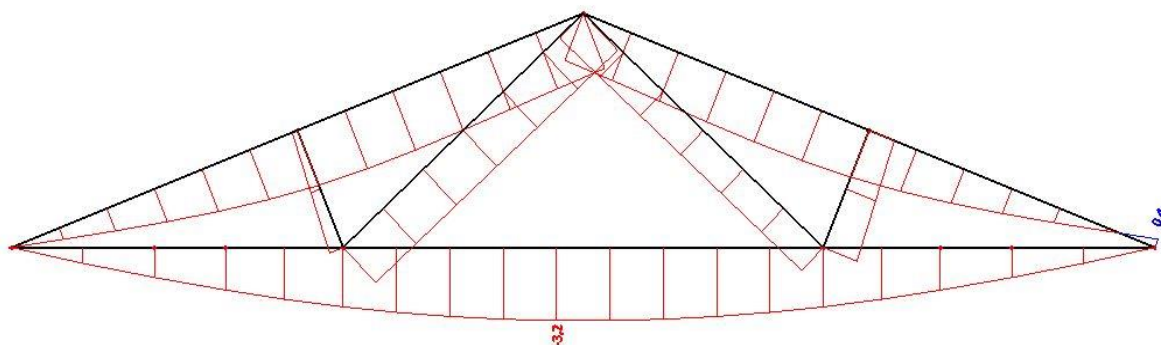
$$H: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,3 + 0,3| = 0,200 \text{ kN/m}^2$$

$$I: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,0 + 0,3| = 0,100 \text{ kN/m}^2$$

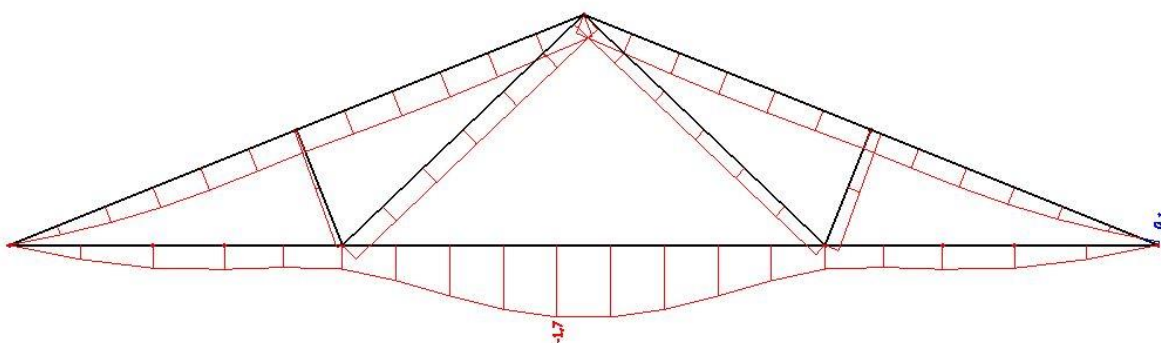
$$J: w = q_p |z| \cdot |c_{pe} + c_{pi}| = 0,3325 \cdot |0,0 + 0,3| = 0,100 \text{ kN/m}^2$$

### 3. STATIČKI PRORAČUN

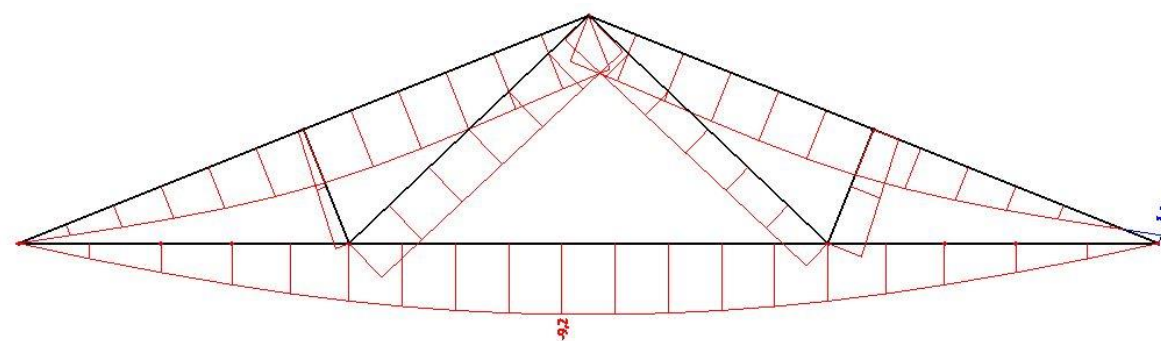
PROGIB-G1



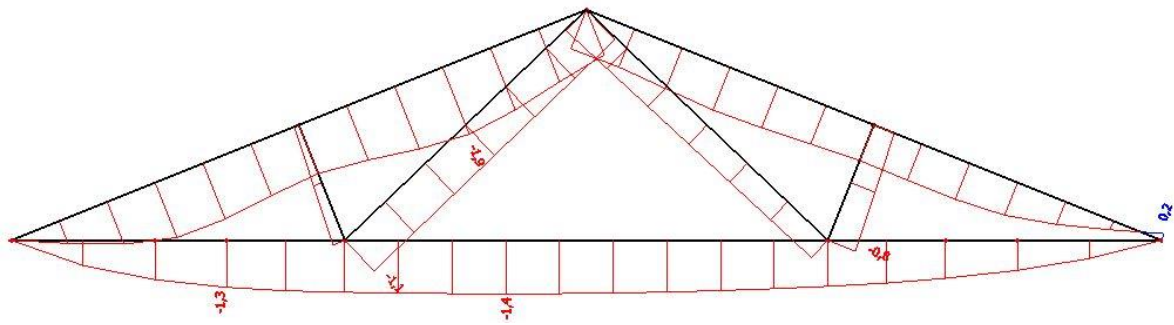
PROGIB-G



PROGIB-S



## PROGIB-W2



$$1) \quad W_{S,inst} \leq L/300 = 53,33 \text{ mm} \rightarrow 9,2 \text{ mm} \leq 53,33 \text{ mm}$$

$$W_{W2,inst} \leq L/300 \rightarrow 1,9 \text{ mm} \leq 53,33 \text{ mm}$$

$$2) \quad W_{fin} - W_{G,inst} \leq L/200$$

$$W_{fin} = W_{Gfin} + W_{G1,fin} + W_{Sfin} + W_{W1,fin}$$

$$W_{Gfin} = W_{G,inst} (1 + k_{det}) = 1,7(1 + 0,8) = 3,06 \text{ mm}$$

$$W_{G1,fin} = W_{G1,inst} (1 + k_{det}) = 3,2(1 + 0,8) = 5,76 \text{ mm}$$

$$W_{S,fin} = W_{S,inst} (1 + 0) = 9,2 \text{ mm}$$

$$W_{W2,fin} = 1,9 \text{ mm}$$

$$W_{fin} = 19,92 \text{ mm}$$

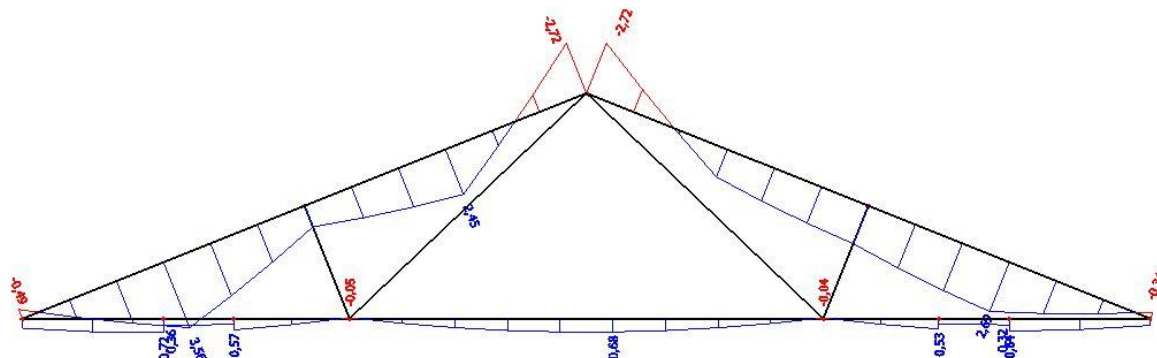
$$W_{fin} - W_{G1,inst} \leq L/200 \rightarrow 19,92 - 3,2 \leq 80$$

$$16,72 \text{ mm} \leq 80 \text{ mm}$$

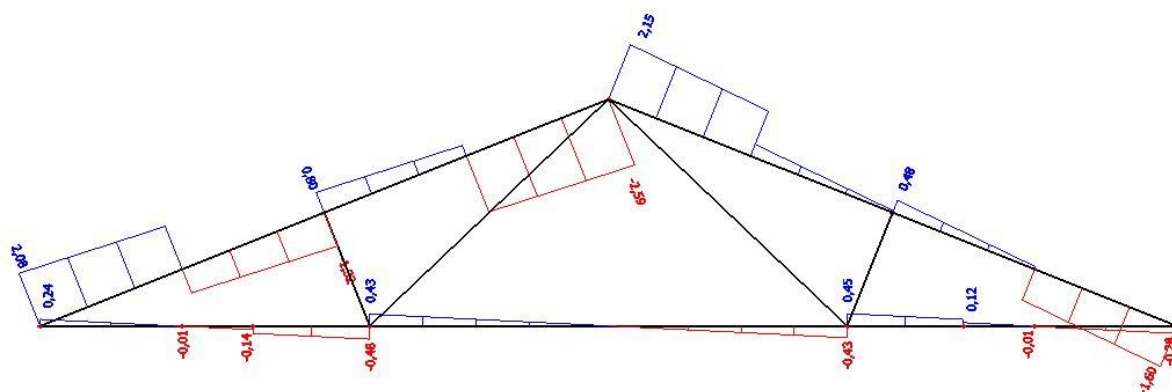


KOMBINACIJA 1 – 1,35(G+G1) + 1,35S + 1,35W2

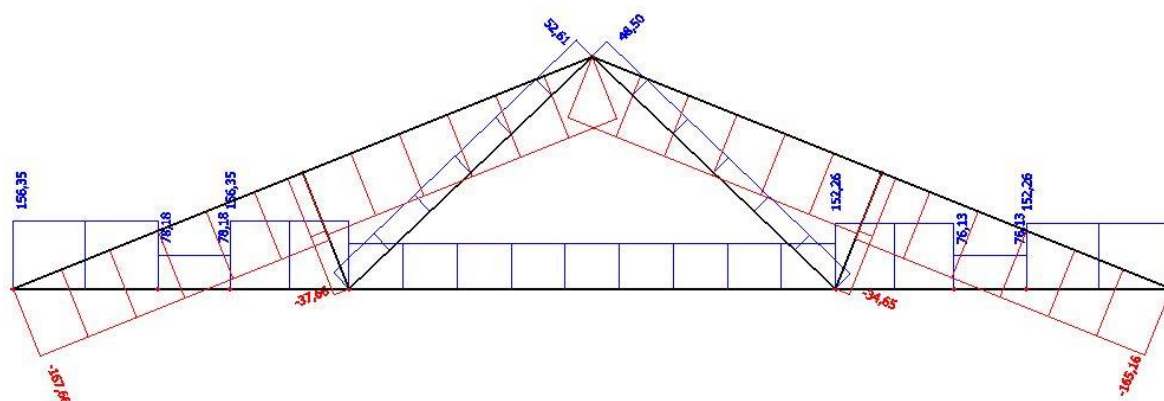
M - K1



V - K1

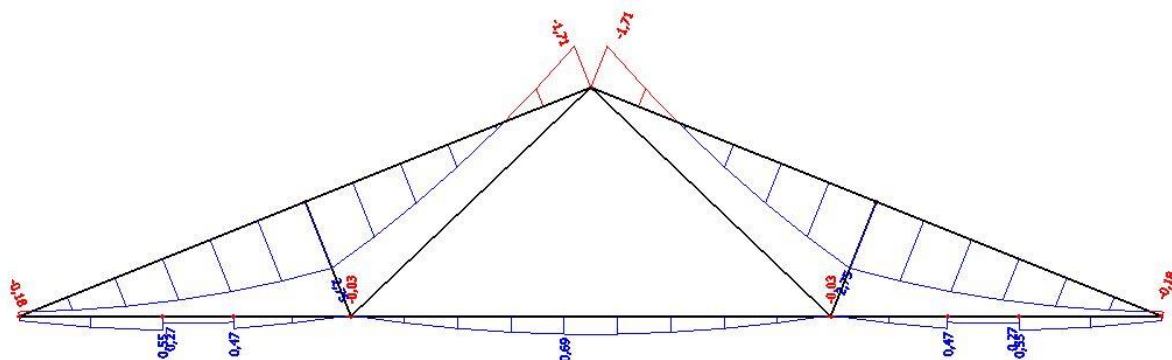


N - K1

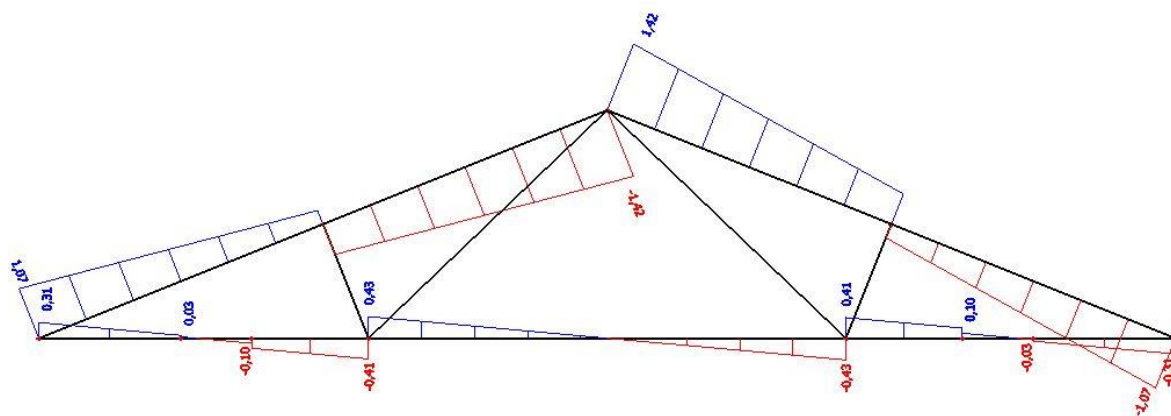


KOMBINACIJA 2 – 1,35G + 1,5S

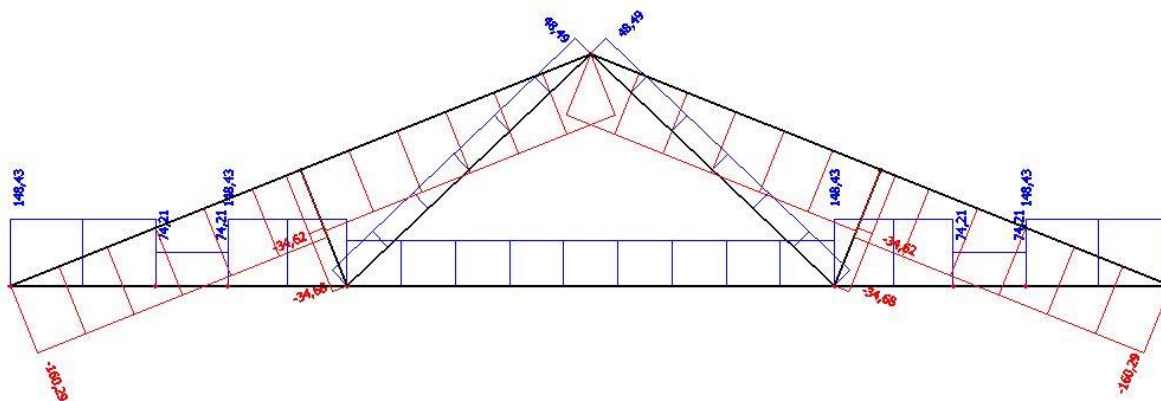
M - K2



V - K2

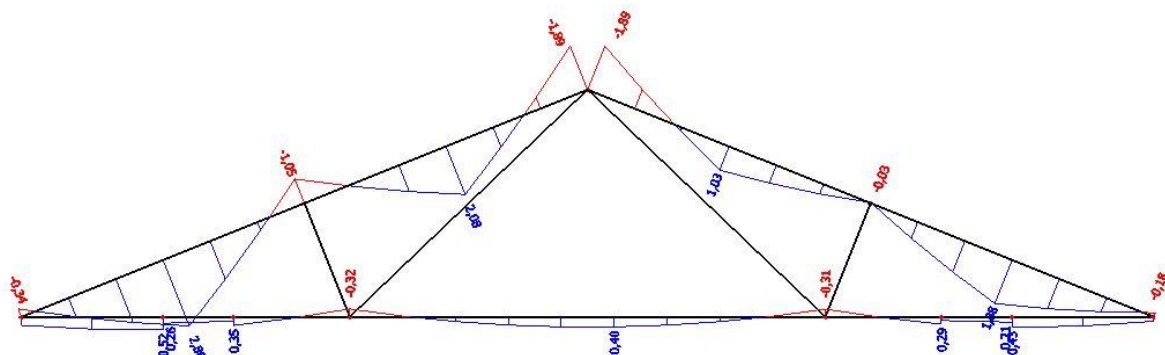


N - K2

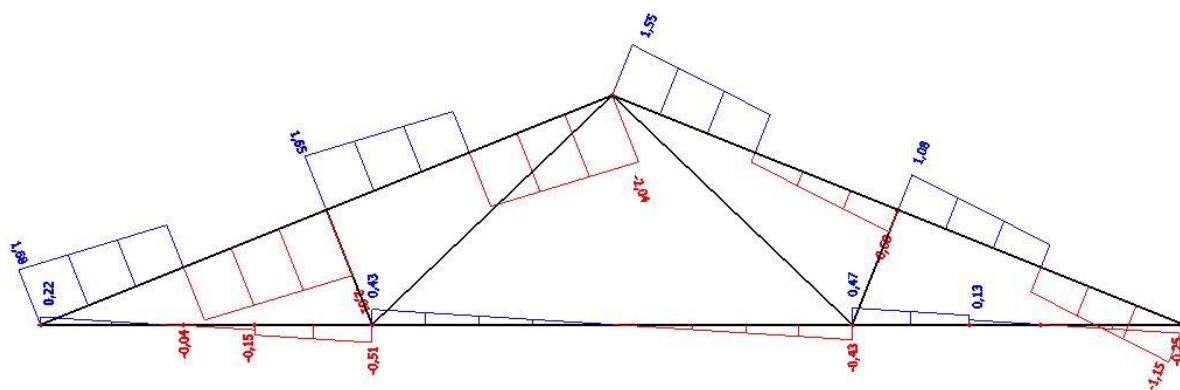


KOMBINACIJA 3 – 1,35G+1,35G1 + 1,5W1

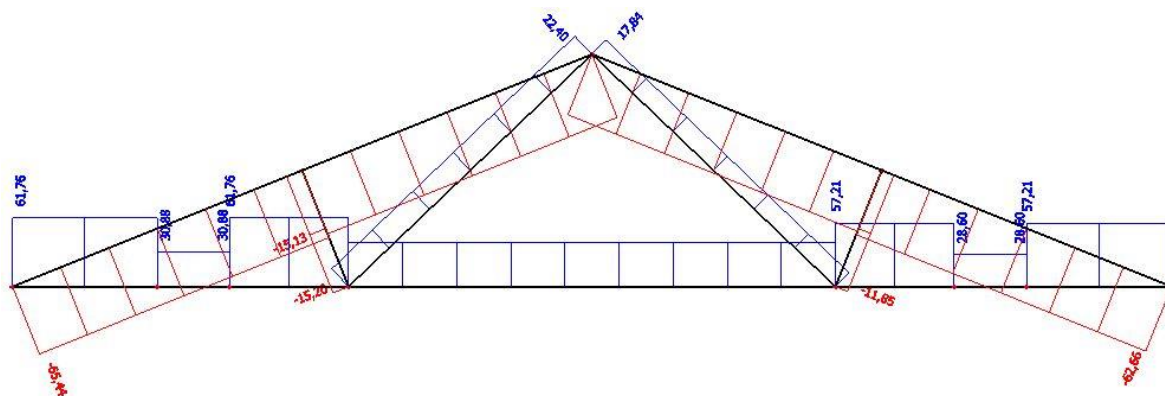
M - K3



V - K3

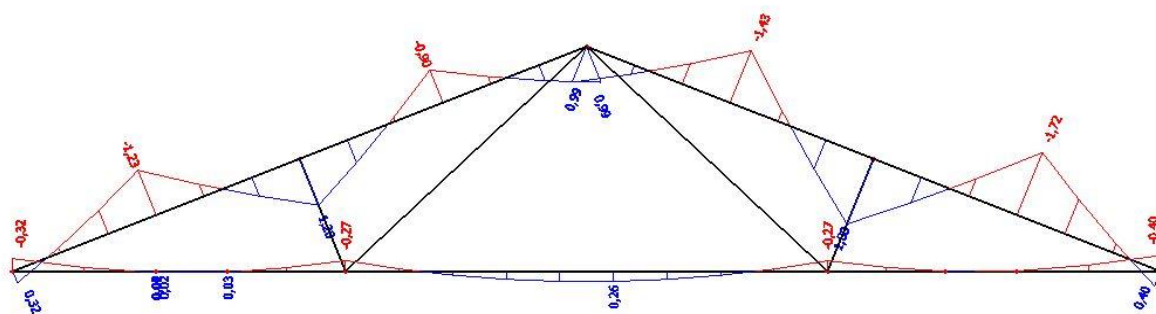


N-K3

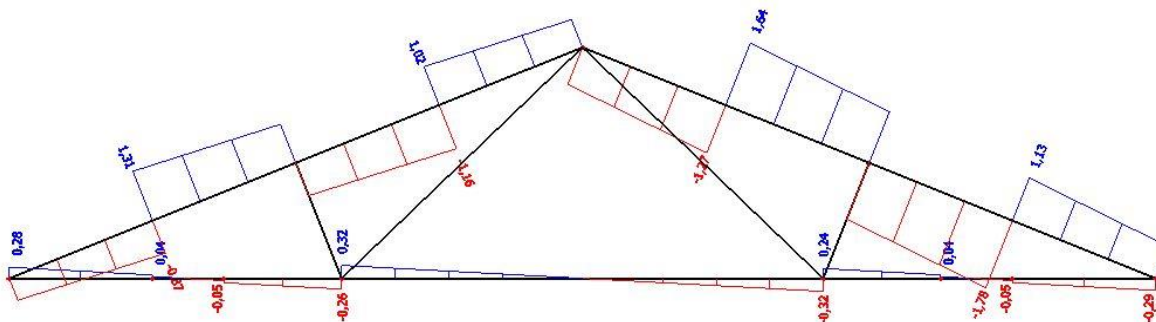


KOMBINACIJA 4 - 1,0G + 1,0 G1 + 1,5 W2

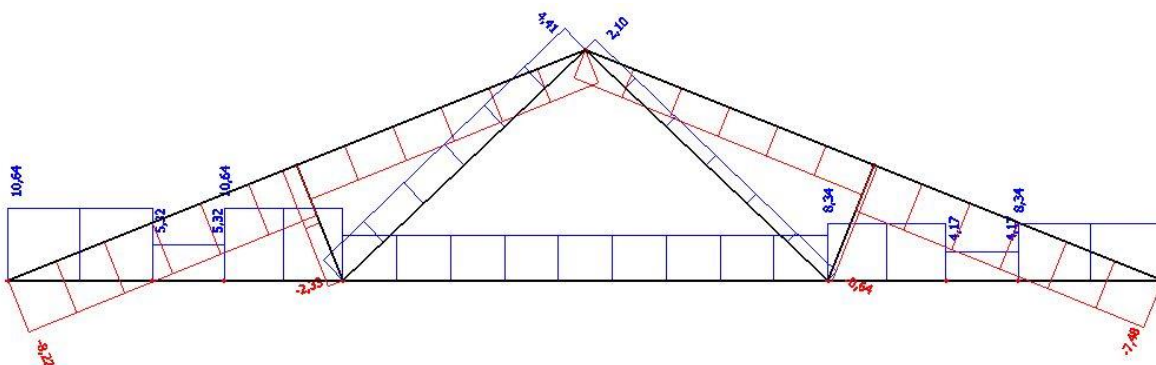
M - K4



V - K4



N - K4



## 4. DIMENZIONIRANJE

### 4.1. DIMENZIONIRANJE REŠETKE KONSTRUKTIVNOG SUSTAVA

UPORABNA KLASA 1 (C30)

KRATKOTRAJNO OPTEREĆENJE

$$k_{\text{mod}} = 0.9$$

$$\gamma_M = 1.3$$

KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI I PRORAČUNSKE VRIJEDNOSTI:

$$f_{m,k} = 30.0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{30.0}{1.3} = 20,769 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,o,k} = 23.0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,o,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,o,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{23.0}{1.3} = 15,923 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{2,7}{1.3} = 1,869 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,o,k} = 18.0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,o,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,o,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{18.0}{1.3} = 12,462 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0.9 \cdot \frac{3,0}{1.3} = 2,077 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,\text{mean}} = 12000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,\text{mean}} = \frac{2}{3} \cdot 12000 = 8000 \text{ N/mm}^2$$

## 4.1.1. GORNJI POJAS

PRETPOSTAVLJENI POPREČNI PRESJEK:  $b/h=16 / 24$  cm

$$A = b \cdot h = 16 \cdot 24 = 384,0 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{16 \cdot 24^3}{12} = 18432,0 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{24 \cdot 16^3}{12} = 8192,0 \text{ cm}^4$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 24^2}{6} = 1536,0 \text{ cm}^3$$

PRORAČUNSKE SILE

$$N_d = -166,87 \text{ kN}$$

$$M_d = 3,66 \text{ kNm}$$

$$V_d = -2,64 \text{ kN}$$

PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,0,d}}{A} = \frac{166,87 \cdot 10^3}{384 \cdot 10^2} = 4,346 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{m,y,d}}{W_y} = \frac{3,66 \cdot 10^6}{1536 \cdot 10^3} = 2,383 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{2,64 \cdot 10^3}{384 \cdot 10^2} = 0,103 \text{ N/mm}^2$$

KOEFICIJENT IZVIJANJA OKO OSI z:

$$l_{\text{eff}} = 4,308 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{\text{eff}}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = \frac{430,8}{\sqrt{\frac{8192}{384}}} = 93,271$$

$$\lambda_{\text{rel},c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{93,271}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23}{8000}} = 1,5919$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},c,z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,2(1,5919 - 0,3) + 1,5919^2)$$

$$k_z = 1,8963$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},c,z}^2}} = \frac{1}{1,8963 + \sqrt{1,8963^2 - 1,5919^2}} = 0,3417$$

#### KOEFICIJENT IZBOČAVANJA

$$\frac{l_{\text{eff}} \cdot h}{b^2} = \frac{430,8 \cdot 24}{16^2} = 40,3875 < 140 \rightarrow k_m = 1,0 \text{ (nema izbočavanja)}$$

#### PROVJERA NAPREZANJA

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} = \frac{4,346}{0,3417 \cdot 15,923} + \frac{2,383}{1,0 \cdot 20,769} = 0,9134 < 1,0$$

$$\text{ISKORISTIVOST} = 91\%$$

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,103}{2,077} = 0,05 < 1,0$$

POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA

## 4.1.2. DONJI POJAS

## 4.1.2.1. JEDNOSTRUKI POPREČNI PRESJEK

PRETPOSTAVLJENO:  $b/h = 16/16$  cm

$$A = b \cdot h = 16 \cdot 16 = 256,0 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{16 \cdot 16^3}{12} = 5461,3 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{16 \cdot 16^3}{12} = 5461,3 \text{ cm}^4$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 16^2}{6} = 682,6 \text{ cm}^3$$

PRORAČUNSKE SILE:

$$N_d = 155,60 \text{ kN}$$

$$M_d = 0,69 \text{ kNm}$$

$$V_d = -0,22 \text{ kN}$$

PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d}}{A_{\text{netto}}} = \frac{155,6 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 256 \cdot 10^2} = 7,597 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,n,d} = \frac{M_{m,n,d}}{W_y} = \frac{0,69 \cdot 10^6}{682,6 \cdot 10^3} = 1,011 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{0,22 \cdot 10^3}{256 \cdot 10^2} = 0,013 \text{ N/mm}^2$$

KOEFICIJENT IZBOČAVANJA

$$\frac{l_{\text{eff}} \cdot h}{b^2} = \frac{430,8 \cdot 16}{16^2} = 26,925 < 140 \rightarrow k_m = 1,0 \text{ (nema izbočavanja)}$$

PROVJERA NAPREZANJA

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,n,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{7,597}{12,462} + \frac{1,011}{1,0 \cdot 20,769} = 0,658 < 1,0$$

ISKORISTIVOST = 66 %

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,017}{2,077} = 0,008 < 1,0$$

POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA



## 4.1.2.2. DVOSTRUKI POPREČNI PRESJEK

PRETPOSTAVLJENO:  $b/h=2 \times 8/16$  cm

$$A = b \cdot h = 2 \cdot 8 \cdot 16 = 256,0 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 16^3}{12} = 5461,3 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 2 \cdot \frac{h \cdot b^3}{12} = 2 \cdot \frac{16 \cdot 8^3}{12} = 1365,3 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 2 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 16^2}{6} = 682,7 \text{ cm}^3$$

PRORAČUNSKE SILE:

$$N_d = 155,60 \text{ kN}$$

$$M_d = 0,69 \text{ kNm}$$

$$V_d = -0,42 \text{ kN}$$

PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d} \cdot 1,5}{A_{\text{netto}}} = \frac{155,6 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 256 \cdot 10^2} = 11,396 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,n,d} = \frac{M_{m,n,d}}{W_y} = \frac{0,69 \cdot 10^6}{682,7 \cdot 10^3} = 1,011 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} = 1,5 \cdot \frac{0,42 \cdot 10^3}{256 \cdot 10^2} = 0,016 \text{ N/mm}^2$$

KOEFICIJENT IZBOČAVANJA

$$\frac{l_{\text{eff}} \cdot h}{b^2} = \frac{430,8 \cdot 2 \cdot 8}{16^2} = 26,925 < 140 \rightarrow k_m = 1,0 \text{ (nema izbočavanja)}$$

PROVJERA NAPREZANJA

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,n,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{11,396}{12,462} + \frac{1,011}{1,0 \cdot 20,769} = 0,963 < 1,0$$

ISKORISTIVOST = 96 %

$$\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} = \frac{0,016}{2,077} = 0,008 < 1,0$$

POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA

## 4.1.3. DIJAGONALE 1

PRETPOSTAVLJENI POPREČNI PRESJEK:  $b/h=2 \times 8/12$  cm

$$A = b \cdot h = 2 \cdot 8 \cdot 12 = 192,0 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 12^3}{12} = 2304,0 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 2 \cdot \frac{h \cdot b^3}{12} = 2 \cdot \frac{12 \cdot 8^3}{12} = 1024,0 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 2 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 12^2}{6} = 192,0 \text{ cm}^3$$

## PRORAČUNSKE SILE

$$N_{t,0,d} = 52,61 \text{ kN}$$

## PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,0,d} \cdot 1,5}{A_{\text{netto}}} = \frac{52,61 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{0,8 \cdot 192 \cdot 10^2} = 5,138 \text{ N/mm}^2$$

## PROVJERA NAPREZANJA

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{5,138}{12,462} = 0,412 < 1,0$$

$$\text{ISKORISTIVOST} = 41 \%$$

POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA

## 4.1.4. DIJAGONALE 2

PRETPOSTAVLJENI POPREČNI PRESJEK:  $b/h = 10/16$  cm

$$A = b \cdot h = 10 \cdot 16 = 160,0 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{10 \cdot 16^3}{12} = 3413,3 \text{ cm}^4$$

$$I_z = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{16 \cdot 10^3}{12} = 1333,3 \text{ cm}^4$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{10 \cdot 16^2}{6} = 426,6 \text{ cm}^3$$

PRORAČUNSKE SILE

$$N_{c,0,d} = -37,66 \text{ kN}$$

PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,0,d}}{A} = \frac{37,66 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^2} = 2,354 \text{ N/mm}^2$$

KOEFICIJENT IZVIJANJA OKO OSI y:

$$l_{\text{eff}} = 4,308 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{eff},z}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{430,8}{\sqrt{\frac{3413,3}{160}}} = 93,271$$

$$\lambda_{\text{rel},c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{93,271}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{23}{8000}} = 1,5919$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},c,y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},c,y}^2)$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + 0,2(1,5919 - 0,3) + 1,5919^2)$$

$$k_y = 1,8962$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},c,y}^2}} = \frac{1}{1,8962 + \sqrt{1,8962^2 - 1,5919^2}} = 0,3417$$

PROVJERA NAPREZANJA

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{2,354}{0,3417 \cdot 15,923} = 0,433 < 1,0$$

ISKORISTIVOST = 43 %

POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA

#### 4.2. DIMENZIONIRANJE PODROŽNICA

PRETPOSTAVLJENI POPREČNI PRESJEK:  $b/h = 16/22$  cm

DJELOVANJA:

$$G_k = 0,35 \cdot 4,308 = 1,508 \text{ kN/m'}$$

$$S_k = 1,00 \cdot 4,308 = 4,308 \text{ kN/m'}$$

$$E_d = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot S_k$$

$$E_d = 1,35 \cdot 1,508 + 1,5 \cdot 4,308$$

$$E_d = 8,497 \text{ kN/m'}$$

$$E_{y,d} = E_d \cdot \sin(21,8^\circ) = 3,156 \text{ kN/m'}$$

$$E_{z,d} = E_d \cdot \cos(21,8^\circ) = 7,890 \text{ kN/m'}$$

KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA

$$A = 352,0 \text{ cm}^2$$

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{16 \cdot 22^2}{6} = 1290,6 \text{ cm}^3$$

$$W_z = \frac{h \cdot b^2}{6} = \frac{22 \cdot 16^2}{6} = 938,6 \text{ cm}^3$$

REZNE SILE

$$M_z = \frac{3,156 \cdot 4,5^2}{8} = 7,988 \text{ kNm}$$

$$M_y = \frac{7,89 \cdot 4,5^2}{8} = 19,971 \text{ kNm}$$

$$T_z = \frac{E_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{7,89 \cdot 4,5}{2} = 17,753 \text{ kNm}$$

$$T_y = \frac{E_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{3,156 \cdot 4,5}{2} = 7,101 \text{ kNm}$$

## PRORAČUN NAPREZANJA

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{19,971 \cdot 10^6}{1290,6 \cdot 10^3} = 15,473 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{7,89 \cdot 10^6}{938,6 \cdot 10^3} = 8,510 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 \cdot \frac{T_y}{A} = 1,5 \cdot \frac{7,101}{352,0} = 0,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{z,d} = 1,5 \cdot \frac{T_z}{A} = 1,5 \cdot \frac{17,753}{352,0} = 0,076 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{450 \cdot 22}{16^2} = 38,672 < 140 \rightarrow k_m = 1,0$$

$$k_{red} = 0,7$$

## DOKAZ NOSIVOSTI I STABILNOSTI

$$k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$0,7 \cdot \frac{15,473}{1,0 \cdot 20,769} + \frac{8,51}{20,769} \leq 1,0$$

$$0,873 < 1,0$$

$$\left( \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \right)^2 + \left( \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1,0$$

$$\left( \frac{0,03}{2,077} \right)^2 + \left( \frac{0,076}{2,077} \right)^2 = 0,002 < 1,0$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{15,473}{1,0 \cdot 20,769} + 0,7 \cdot \frac{8,51}{20,769} \leq 1,0$$

$$0,949 < 1,0$$

## POPREČNI PRESJEK ZADOVOLJAVA

### 4.3. DETALJ A – SPOJ DIJAGONALA I DONJEG POJASA

#### JEDNOSTRUKI ZASJEK

$$t_v = 2,5 \text{ cm}$$

$$t_{v,\max} = \frac{h}{6} = \frac{16}{6} = 2,667 \text{ cm}$$

$$2,5 \text{ cm} < 2,667 \text{ cm}$$

OSIGURANJE M12 - KONSTRUKTIVNO

$$\frac{\sigma_{c,\alpha,d}}{f_{c,\alpha,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{F_{c,\alpha,d}}{A}$$

$$F_{c,\alpha,d} = N_{c,d} \cdot \cos \alpha$$

$$\alpha = \frac{\gamma}{2} = \frac{68^\circ}{2} = 34^\circ$$

$$F_{c,\alpha,d} = 37,50 \cdot \cos 34^\circ = 31,089 \text{ kN}$$

$$\bar{A} = \frac{16 \cdot 2,5}{\cos 34^\circ} = 48,25 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{c,\alpha,d} = \frac{31,089 \cdot 10^3}{48,25 \cdot 10^2} = 6,4435 \text{ N/mm}^2$$

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

$$f_{c,34,d} = \frac{15,923}{\sqrt{\left(\frac{15,923}{2 \cdot 1,869} \cdot \sin^2 34^\circ\right)^2 + \left(\frac{15,923}{2 \cdot 2,077} \cdot \sin 34^\circ \cdot \cos 34^\circ\right)^2 + \cos^4 34^\circ}}$$

$$f_{c,34,d} = 6,849 \text{ N/mm}^2$$

DOKAZ:

$$\frac{6,4435}{6,849} = 0,9407 < 1,0$$

ISKORISTIVOST: 94 %

**TIJESNO UGRAĐENI VIJCI**

PB M12/8,8

N=52,61 kN

Štap: 2x8/12 cm

$$A = 16 \cdot 16 = 256,0 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A - 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1,2 = 236,8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_n} = \frac{52,61 \cdot 10^3}{236,8 \cdot 10^2} = 2,222 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{\frac{2}{3} \cdot f_{t,0,d}} = \frac{2,222}{\frac{2}{3} \cdot 12,462} = 0,27 < 1,0$$

Karakteristične vrijednosti tlačne čvrstoće po plaštu rupe i momenta popuštanja

Vezice:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 400 = 28,864 \text{ N/mm}^2$$

Štap:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} + \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{28,864}{1,53 + \sin^2 43,6^\circ + \cos^2 43,6^\circ} = 23,053 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,\alpha,k}}{f_{h,0,k}} = \frac{23,053}{28,864} = 0,799$$

$$M_{y,k} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12 = 153490,85 \text{ Nmm}$$

Karakteristična vrijednost nosivosti vijka po rezu

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1,0 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,0,k} \cdot d}$$

$$R_k = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,799}{1,0 + 0,799}} \cdot \sqrt{2 \cdot 153490,85 \cdot 28,846 \cdot 12}$$

$$R_k = 9721,85 \text{ N}$$

Tražene debljine elemenata za punu nosivost  
Vezice:

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta}{1,0 + \beta}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d}}$$

$$t_{\text{req}} = 1,15 \cdot \left( 2 \cdot \sqrt{\frac{0,799}{1,0 + 0,799}} + 2 \right) \cdot \sqrt{\frac{153490,8466}{23,053 \cdot 12}}$$

$$t_{\text{req}} = 90,925 \text{ mm} > 80 \text{ mm}$$

UVJET NE ZADOVOLJAVA - smanjenje nosivosti

$$R_{k,\text{red}} = R_k \cdot \frac{t}{t_{\text{req}}} = 9721,85 \cdot \frac{80}{90,925} = 8613,415 \text{ N}$$

Štap nije potrebno kontrolirati.

Proračunska vrijednost nosivosti vijka po rezu

$$R_d = k_{\text{mod}} \cdot \frac{R_{k,\text{red}}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{8613,415}{1,1} = 7047,34 \text{ N}$$

Potreban broj vijaka

$$n = \frac{N}{R_d} = \frac{52,61 \cdot 10^3}{7047,34 \cdot 2} = 3,73 \approx 4 \text{ kom}$$

Odabrano : 4 vijka

Smanjenje nosivosti zbog opasnosti od cijepanja kod ugradnje više vijaka u jednom redu paralelno sa vlakancima

$$n_{\text{ef}} = \left[ \min \left\{ n ; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{10 \cdot d}} \right\} \right] \cdot \frac{90 - \alpha}{90} + 2 \cdot \frac{\alpha}{90}$$

$$\alpha = 43,6^\circ \quad n = 2 \quad a_1 = 150 \text{ mm}$$

$$n_{\text{ef}} = \left[ \min \left\{ 2 ; 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{150}{10 \cdot 12}} \right\} \right] \cdot \frac{90 - 43,6}{90} + 2 \cdot \frac{43,6}{90}$$

$$n_{\text{ef}} = \left[ \min \{ 2 ; 1,973 \} \right] \cdot \frac{90 - 43,6}{90} + 2 \cdot \frac{43,6}{90}$$

$$n_{\text{ef}} = 1,986$$

Dokaz:



$$\frac{N}{R_{d,tot}} = \frac{52,61 \cdot 10^3}{2 \cdot 1,986 \cdot 2 \cdot 7047,34} = 0,94 < 1,0$$

ZADOVOLJAVA

Konstruktivni zahtjevi

-međusobno paralelni sa vlakancima(dvodijelni štap)

$$a_{1,req} = (3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = (3 + 2 \cdot \cos 0^\circ) \cdot 12 = 60 \text{ mm} < a_1 = 150 \text{ mm}$$

-paralelni od opterećenog kraja(dvodijelni štap)

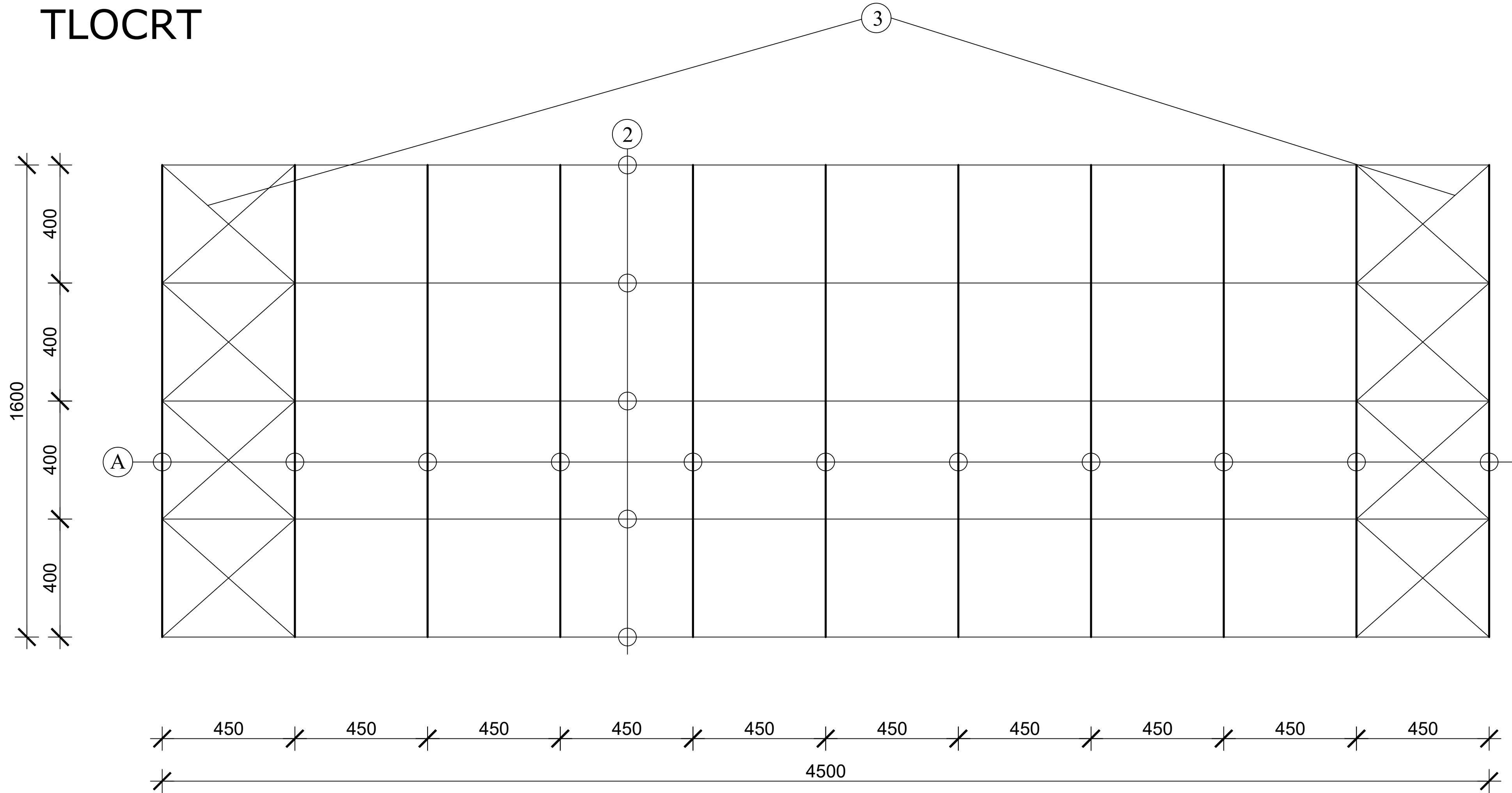
$$a_{1,t,req} = 7 \cdot d = 7 \cdot 12 = 84 \text{ mm} < a_1 = 150 \text{ mm}$$

-okomiti međusobno, od opterećenog ruba i od neopterećenog ruba

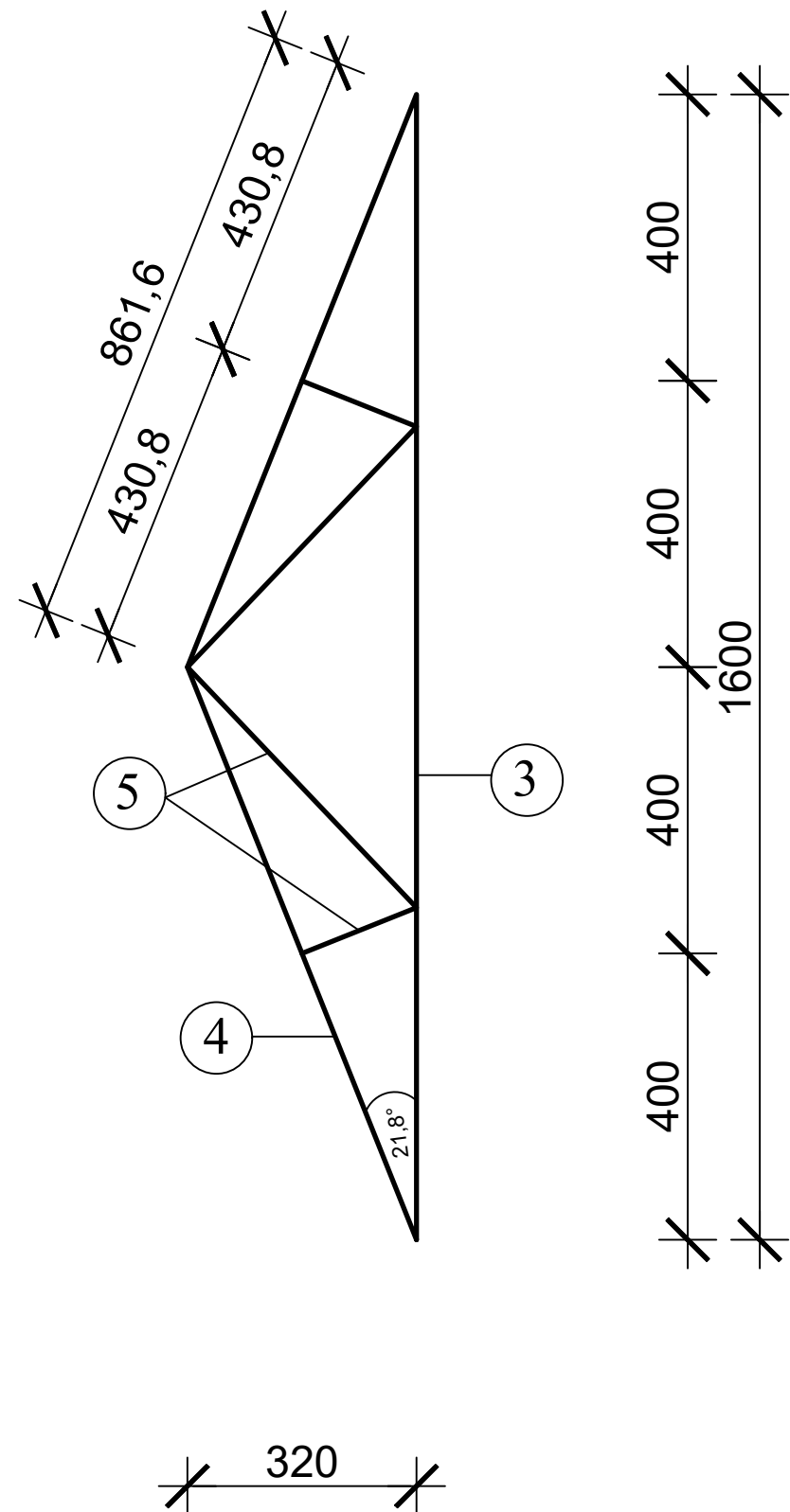
$$a_{2,req} = 3 \cdot d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm} < a_1 = 50 \text{ mm}$$

## **5. GRAFIČKI PRILOZI**

TLOCRT

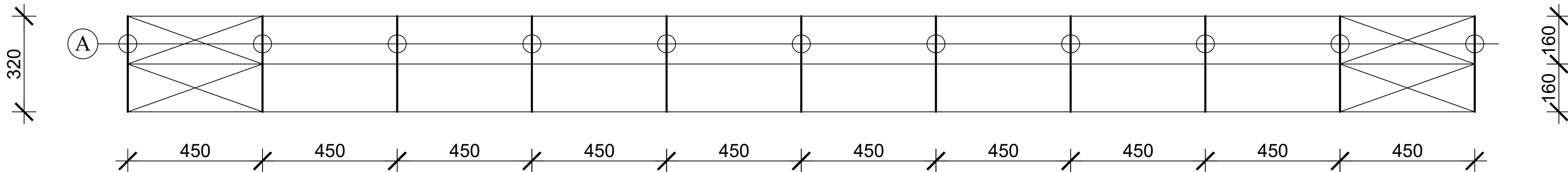


POPREČNI PRESJEK



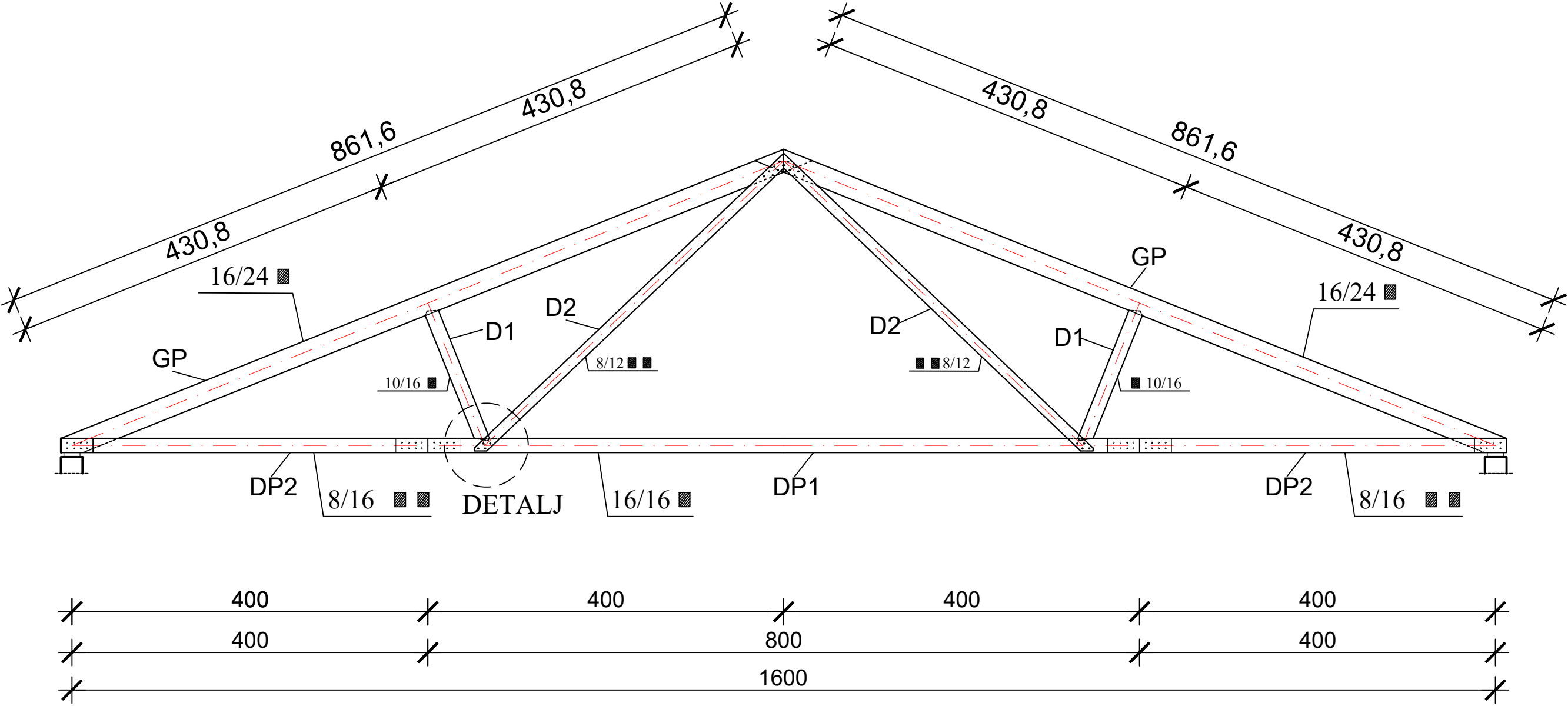
GENERALNI PLAN  
POZICIJA  
MJ 1:100

UZDUŽNI PRESJEK



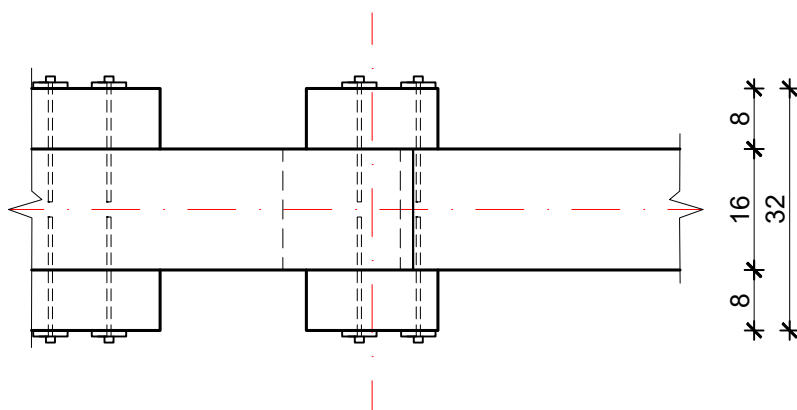
- A REŠETKA  
1. PODROŽNICE  
2. SPREGOVI  
3. DONJI POJAS  
4. GORNJI POJAS  
5. DIJAGONALE

RADIONIČKI  
NACRT GLAVNOG  
NOSAČA  
MJ 1:50



|                                                                                                                                                                       |                                                            |  |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--|------------------------|
| <br>FAKULTET<br>GRAĐEVINARSTVA,<br>ARHITEKTURE I GEODEZIJE<br>Matice hrvatske 15 | DRVENE KONSTRUKCIJE                                        |  |                        |
|                                                                                                                                                                       | TEMA:<br>PRORAČUN DRVENE KONSTRUKCIJE REŠETKASTOG KROVIŠTA |  |                        |
|                                                                                                                                                                       | STUDENT:<br>GLAVOTA MARIO,1633                             |  | M 1:50                 |
|                                                                                                                                                                       | SADRŽAJ:<br>RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA                |  | BROJ PRILOGA:<br><br>2 |
|                                                                                                                                                                       | DATUM:<br>srpanj 2016.                                     |  |                        |





# ISKAZ MATERIJALA

## ISKAZ MATERIJALA ZA JEDAN OKVIR

| OZNAKA | DULJINA<br>[m] | POPREČNI<br>PRESJEK<br>[cm] | JED.<br>TEŽINA<br>[kg/m'] | KOM | UK. TEŽINA<br>PO OKVIRU<br>[kg] |
|--------|----------------|-----------------------------|---------------------------|-----|---------------------------------|
| GP     | 8,616          | 16/24                       | 14,592                    | 2   | 251,45                          |
| DP1    | 8,700          | 16/16                       | 9,728                     | 1   | 84,63                           |
| DP2    | 4,350          | 2x 8/16                     | 9,728                     | 4   | 169,27                          |
| D1     | 1,518          | 2x 8/12                     | 7,296                     | 4   | 44,30                           |
| D2     | 4,728          | 10/16                       | 6,08                      | 2   | 57,49                           |
|        |                |                             |                           | Σ   | 607,14                          |

## ISKAZ MATERIJALA - UKUPNO

| OZNAKA | POPREČNI<br>PRESJEK<br>[cm] | TEŽINA<br>PO OKVIRU<br>[kg] | KOM | UK. TEŽINA<br>[kg] |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|-----|--------------------|
| GP     | 16/24                       | 251,45                      | 11  | 2765,95            |
| DP1    | 16/16                       | 84,63                       | 11  | 930,93             |
| DP2    | 2x 8/16                     | 169,27                      | 11  | 1861,97            |
| D1     | 2x 8/12                     | 44,30                       | 11  | 487,30             |
| D2     | 10/16                       | 57,49                       | 11  | 632,39             |
|        |                             |                             | Σ   | 6678,54            |

## **6. LITERATURA**

- [1] Predavanja iz predmeta Osnove drvenih konstrukcija, v. pred. Đuro Nižetić, dipl. ing. građ.
- [2] Vježbe iz predmeta Osnove drvenih konstrukcija, v. pred. Đuro Nižetić, dipl. ing. građ. ;  
Maja Ban, znanstvena novakinja (asistentica)
- [3] Norma DIN 1052:2004-08
- [4] Norma nHRN EN 1995-1-1, Eurokod 5: Projektiranje drvenih  
konstrukcija – Dio 1-1: Općenito – Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1995-1-1:2004 +AC:2006  
+A1:2008)