Proračun drvene konstrukcije dvostrešnog krovišta

Grubišić, Josip

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:512624

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split







SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Josip Grubišić

Split, 2016.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Proračun drvene konstrukcije dvostrešnog krovišta

Završni rad

Split, 2016.

Sažetak:

Tema ovog završnog rada je proračun i dimenzioniranje drvenog krovišta širine 14,0 m. Na konstrukciju djeluju stalna i promjenjiva djelovanja, a lokacija je grad Zagreb. Dimenzije i izgled glavnog nosača su zadani, a cilj rada je statički proračun i dimenzioniranje sastavnih dijelova konstrukcije te prostorna stabilizacija. Uz proračun priloženi su radionički nacrti konstrukcije sa riješenim detaljima.

Ključne riječi:

Drveno krovište, stalno djelovanje, promjenjivo djelovanje, donji pojas, gornji pojas, dijagonale, spoj

Budget wooden structure gabled roof

Abstract:

The theme of this final paper is budget and dimensioning of a 14.0 meters wide wooden roof. The construction is effected by continuous and variable actions and the location is the city of Zagreb. The dimensions and layout of the main carriers are given and the goal of this paper is the static analysis and dimensioning of the components of the construction and its spatial stabilization. Manufacturing blueprints of the construction with solved details are attached along with the budget.

Keywords:

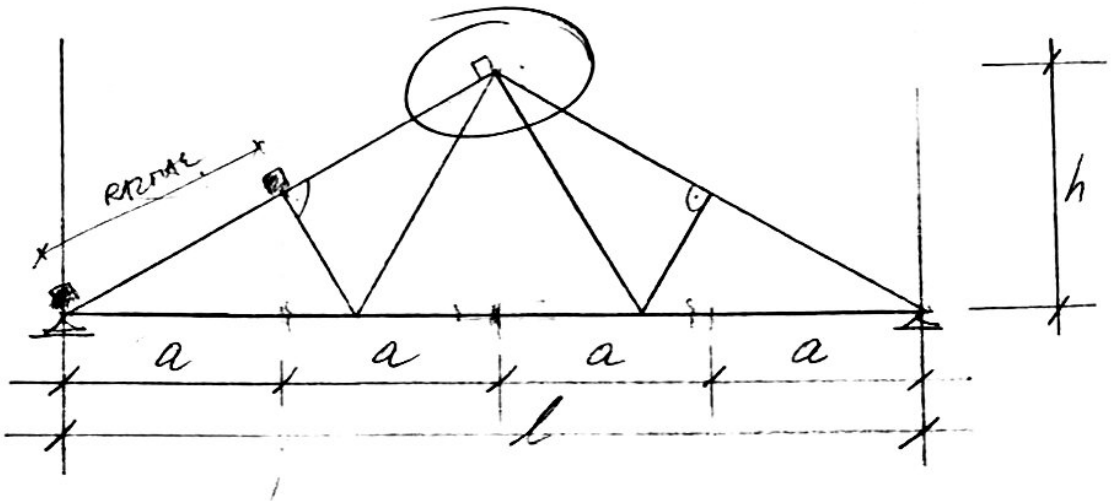
The wooden roof, permanent effect, variable effect, the lower belt, upper belt, diagonals, compound

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE AND GEODESY

JOSIP GRUBIŠIĆ

Split, 23. travnja 2016.



a = 3,50 m

l = 14,00 m

h = 2,50 m

e = 5,00 m (razmak g.n.)

Lokacija: grad Zagreb

Stalno djelovanje 0,35 kN/m² (pokrov + s.n. + stabilizacija)

MATICE HRVATSKE 15
21000 SPLIT - HRVATSKA / CROATIA
www.gradst.hr

T: +385 (0)21 303 333
F: +385 (0)21 465 117
E: info@gradst.hr

IBAN:
HR6223300031100098382
OIB: 83615500218

1. TEHNIČKI OPIS ..... 2.

2. ANALIZA OPTEREĆENJA ..... 4.

2.1. STALNO DJELOVANJE ..... 4.

2.2. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE - DJELOVANJE SNIJEGA ..... 5.

2.3. PROMJENJIVO OPTEREĆENJE - DJELOVANJE VJETRA ..... 5.

3. DIJAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA ..... 11.

3.1. KOMBINACIJA 1 ..... 11.

3.2. KOMBINACIJA 2 ..... 12.

4. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI ..... 13.

5. DIMENZIONIRANJE (REŠETKE) ..... 16.

5.1. GORNJI POJAS ..... 17.

5.2. DONJI POJAS ..... 18.

5.3. DIJAGONALE ..... 19.

5.4. DIMENZIONIRANJE PODROŽNICE ..... 22.

5.5. STABILIZACIJA ..... 24.

6. PRORAČUN SPOJA ..... 29.

6.1. SPOJ DIJAGONALE D1 I D2- VRH REŠETKE ..... 29.

7. Nacrti ..... 32.

1. TEHNIČKI OPIS

1. 1. KONSTRUKTIVNI SUSTAV KROVA

Projektom je zadan konstruktivni sustav – rešetkasti nosač raspona L= 14,0 (m). Kut nagiba krova prema horizontali iznosi 20°. Glavni nosači su paralelni u tlocrtu i nalaze se na međusobnom razmaku 5,0 m. Pokrov je sendvič panel, vrsta aluminijskog pokrova s kamenom vunom.Stabilizacija gornjeg i donjeg pojasa predviđena je prostornim spregovima.

1. 2. STATIČKA ANALIZA SUSTAVA

Statičkom analizom obuhvaćena su opterećenja koja djeluju na drvenu konstrukciju. Ta opterećenja i njihove kombinacije su:
-stalni teret
-snijeg
-vjetar (1 –s podtlačnim djelovanjem u potkrovlju i 2 –s tlačnim djelovanjem u potkrovlju).
Konstrukcija se nalazi na području Zagreba, a lokalna kategorija terena je IV.
Odgovarajući koeficijenti za vjetar i za snijeg uzeti su prema tome iz propisanih tablica.
Za proračun uzimamo najnepovoljniju kombinaciju opterećenja. Za statičku shemu glavnog nosača uzeta je statički neodređena rešetka sa poluzglobovima na spojevima pojasa i dijagonala.
Za proračun statičkog odgovora konstrukcije i izračun unutarnjih sila (momenti savijanja, poprečne i uzdužne sile) korišten je kompjutorski program ("SCIA"). Gornji i donji pojas su izračunati kao kontinuirane grede na koje su zglobno vezane dijagonale. Ovakvim načinom računanja dolazi se do stvarnog stanja naprezanja u presjecima rešetke.
Izvršena je i analiza bočnog opterećenja u kombinaciji s vjetrom koji djeluje okomito na glavni nosač i izbočava ga. Cilj ovog proračuna je prostorna stabilizacija konstrukcije.

1. 3. MATERIJALI IZRADE

Poprečni presjeci:
- Gornji i donji pojas (18 /18 cm)
- Ispune (18 /10 cm, 2 x 10/14)

Drveni elementi konstrukcije izrađeni su od C24, uporabne klase 1.
Karakteristične vrijednosti za ovu klasu :

$f_{c,0,k}$ = 25,0 N/mm^2

$f_{m,k}$ = 35,0 N/mm^2

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2

$E_{0,mean}$ = 13000 N/mm^2

1. 4. NAČIN ZAŠTITE DRVENIH ELEMENATA

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.
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.

2. 5. MONTAŽA I TRANSPORT

Posebnu pažnju treba obratiti na montažu i transport da bi se izbjegla nepotrebna oštećenja. Izvođač je dužan izraditi plan montaže nosača kojeg treba zajedno s transportnim planom dostaviti nadzornoj službi na suglasnost. Glavni nosači se izrađuju na podu, zatim se pomoću dizalice podižu u vertikalni položaj i to tako da se podignu prvo glavni nosači povezani spregom, a nakon toga ostali. Zatim se međusobno povezuju preko podrožnice. 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.

OPĆI PODACI, GEOMETRIJA I ANALIZA OPTEREĆENJA

Glavni nosač:

Trokutasti rešetkasti nosač
Raspon: L= 14,0 m
Nagib krovne plohe: α= 20,0°
Visina nosača: H= 2,5 m
Razmak nosača: n= 5,0 m
Razmak vertikala: a= 3,5 m (a'= 3,72 m)

a = 3,5 m

$$a' = \frac{a}{\cos(20°)} = 3{,}72\ m$$

2. ANALIZA OPTEREĆENJA

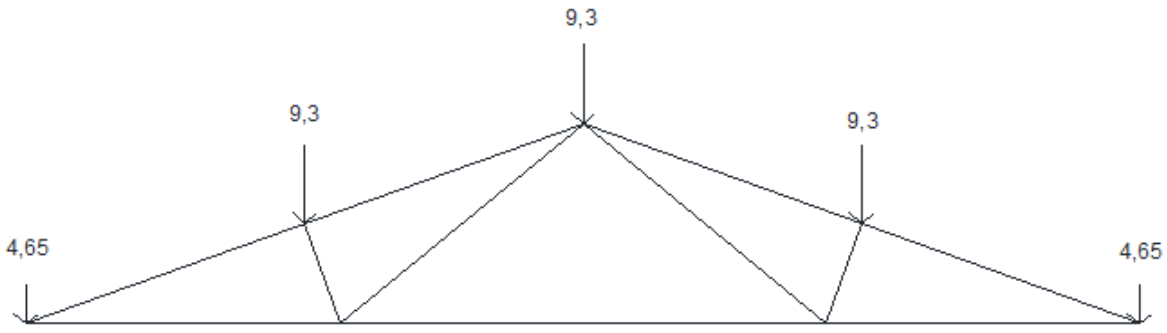
2.1. Stalno djelovanje

-sendvič panel g=0.15 kN/m^2

- podrožnice + spregovi + instalacije: g=0.35 kN/m^2

Ukupno : g = 0.50 kN/m^2

$$\boldsymbol{G = g * n * a' = 0{,}50 * 5{,}0 * 3{,}72 = 9{,}3}\ \text{kN}$$



2.2. Djelovanje snijega

$$s = s_k * \mu_i * c_e * c_t \ [\ kN/m^2\ ]$$

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

s_k - 1 kN/m^2<=> za Zagreb, područje A, do100 m nadmorske visine

- Nagib krova :

μ_i - koeficijent oblika za opterećenje snijegom , očitamo ga ovisno o α,

α je nagib krova

μ_i =0,8

c_e- koeficijent izloženosti (1,0)

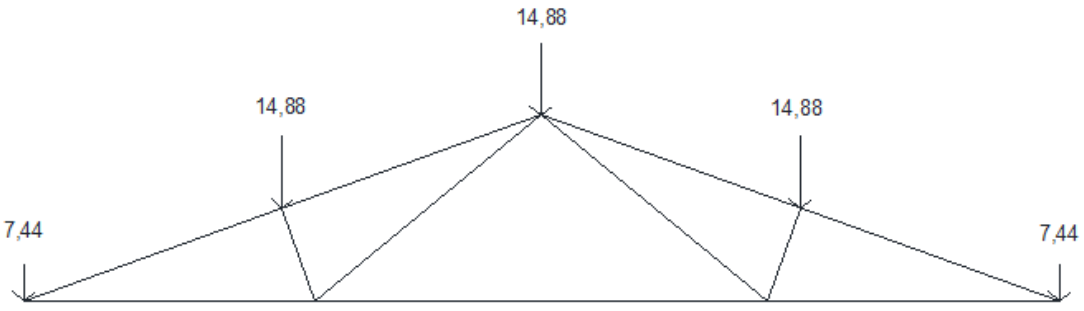
c_t- toplinski koeficijent (1,0)

Opterećenje snijegom preko cijele krovne površine:

s= 1,0 * 0,8 * 1,0 * 1,0 = 0,8[kN/m^2]

S=s * n * a' = 0,8 * 5,0 * 3,72 = 14,88 kN

$\frac{S}{2} = 7{,}44kN$



2.3. Proračun djelovanja vjetra

- pritisak vjetra na vanjske površine: $w_e = q_p|z_e| * c_{pe}\,|kN/m^2|$
- pritisak vjetra na unutarnje površine: $w_i = q_p|z_i| * c_{pi}\,|kN/m^2|$

$q_p|z_e|$ =>pritisak vjetra pri udaru

$z_{e(i)}$ => referentna visina za vanjski (unutarnji) pritisak

c_{pe} => vanjski koeficijent pritiska

c_{pi} => unutarnji koeficijent pritiska

Određivanje pritiska brzine vjetra pri udaru

Osnovni pritisak vjetra q_b određuje se prema formuli:

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

gdje je:

ρ- gustoća zraka (usvaja se vrijednost iz propisa 1,25 kg/m^3)
v_b - osnovna brzina vjetra.

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1{,}25 * 20^2 = 250{,}0\ \text{N/m}^2$$

Osnovna brzina vjetra v_b računa se dalje prema izrazu:

$$\boldsymbol{v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} [\ m/s\ ]}$$

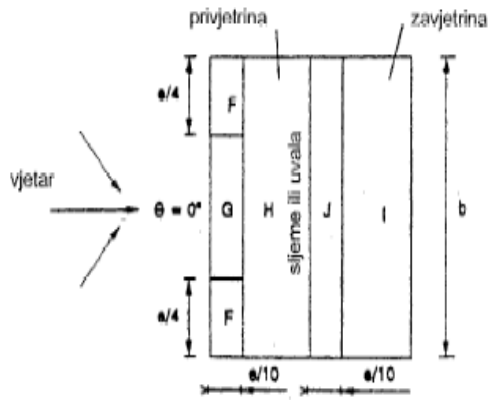
gdje je:

$v_{b,0}$ – fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (očitava se iz karte)
c_{dir} – faktor smjera vjetra (obično se uzima **1,0**)
c_{season} – faktor doba godine (obično se uzima **1,0**).

$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1{,}0 * 1{,}0 * 20{,}0 = 20{,}0$ m/s

<u>Određivanje koeficijenta vanjskog tlaka</u>

Za dvostrešne krovove koeficijenti vanjskog pritiska određuju se tako da se krovna površina podijeli na zone, dok se referentna visina z_e uzima kao ukupna visina građevine.



Koeficijenti tlaka za svako područje ovise o veličini površine opterećene zone građevine. Dopušta se linearna interpolacija između kutova nagiba krovova (osim kad je kut između -5º i +5º, tada se koriste podaci za ravne krovove).

Nakon dobivenih vrijednosti v_b i $v_{b,0}$, definira se srednja brzina vjetra $v_m(z)$ iznad terena:

$$\boldsymbol{v_m|z| = c_r|z| * c_0|z| * v_b[\text{m/s}}$$

gdje je:

$c_r(z)$ – faktor hrapavosti terena
$c_0(z)$ – faktor orografije ili opisivanje brežuljaka ili gora (obično se uzima 1,0).

$$v_m|z| = c_r|z| * c_0|z| * v_b = 0{,}53 * 1{,}0 * 20{,}0 = 10{,}6 \text{ m/s}$$

z = 10 m
IV. kategorija terena → $z_0 – z_{min}$ = 1,0 – 10

Faktor hrapavosti $c_r(z)$određuje se prema:

$$\boldsymbol{c_r|z| = k_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \qquad \textbf{za } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$\boldsymbol{c_r|z| = c_r|z_{min}|} \qquad \textbf{za } z \leq z_{min}$$

gdje su:

z_0 – duljina hrapavosti
k_r – faktor terena ovisan o duljini hrapavosti
z_{min} – minimalna visina hrapavosti
z_{max} – maksimalna visina hrapavosti (usvaja se vrijednost **200 m**).

$$5 \text{ m} \leq 10 \text{ m} \leq 200 \text{ m} \rightarrow c_r|z| = k_r * ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0{,}23 * \ln\left(\frac{10}{1{,}0}\right) = 0{,}53$$

Faktor terena k_r određuje se prema:

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

gdje je:
$z_{0,II}$ – duljina hrapavosti za kategoriju terena II (prema tablici iznosi **0,05 m**).
Očitano iz tablice za IV. kategoriju terena: $\mathbf{z_0 = 1{,}0}$ **m ,** $\mathbf{z_{min} = 10}$ **m**.

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

Intenzitet turbulencije $I_v(z)$ računa se prema izrazu:

$$\boldsymbol{I_v|z| = \frac{k_I}{c_0|z| * ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}}$$

gdje je:
k_I – faktor turbulencije (obično se uzima vrijednost 1,0).

$$I_v|z| = \frac{k_I}{c_0|z| * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 * \ln\left(\frac{10}{1,0}\right)} = 0,43$$

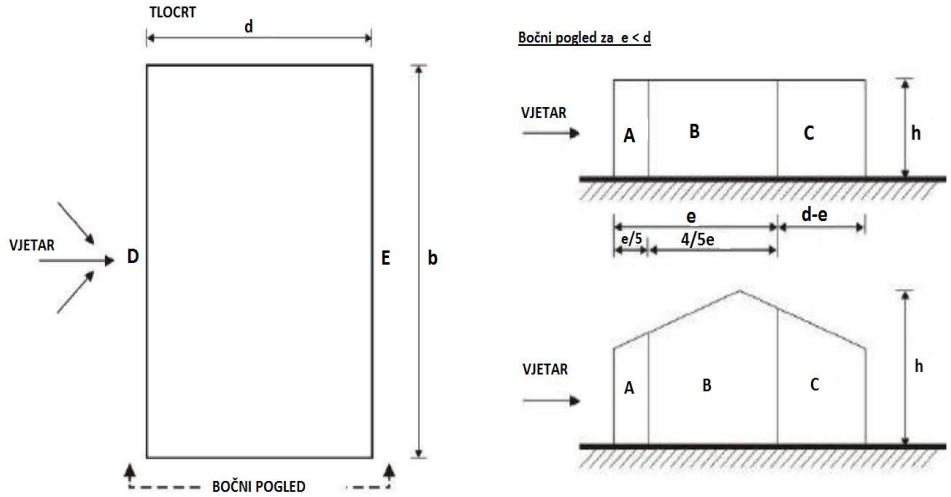
Pritisak brzine vjetra pri udaru $q_p(z)$ se računa kao:

$$\boldsymbol{q_p|z| = c_e|z| * q_b = |1 + 7 * I_v|z|| * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2|z|}$$

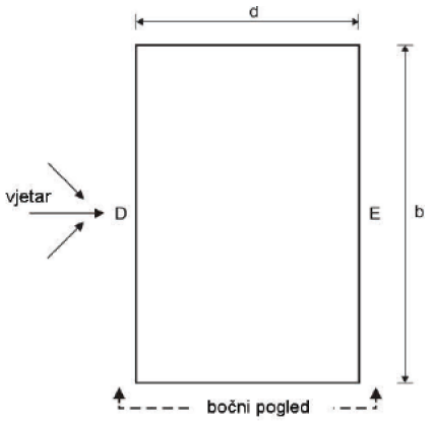
gdje je:
$c_e(z)$ – faktor izloženosti i odnosi se na pritisak te ovisi o visini iznad terena z i kategoriji terena

$$q_p|z| = |1 + 7 * I_v|z|| * \frac{1}{2} * \rho * v_m^2|z| = |1 + 7 * 0,43| * \frac{1}{2} * 1,25 * 10,6^2 = 281,60 \text{ N/m}^2$$

$q_p|z| = 0,28$ kN/m^2



Parametar e: e = b ili 2h (odabire se manja vrijednost) = 50 ili 20 → e = 20 m ; e/4 = 5 m, e/10 = 2 m



- za krovna područja (dvostrešni krov)

α=20º	F	G	H	I	J
c_{pe1}	- 0,77	- 0,7	- 0,27	- 0,4	- 0,83
c_{pe2}	+ 0,37	+ 0,37	+ 0,27	+ 0	+ 0

PODRUČJE	G	H	I	J
c_{pe1}	- 0,7	- 0,27	- 0,4	- 0,83
c_{pe2}	+ 0,37	+ 0,27	+ 0	+ 0
W_{e1}	-0,20	-0,08	-0,11	-0,23
W_{e2}	0,10	0,08	0,00	0,00
W_1 (W_{e1} „+“ W_{i1})	**-0,26**	**-0,14**	**-0,17**	**-0,29**
W_2 (W_{e1} „-“ W_{i2})	-0,12	0,0	-0,003	-0,15
W_3 (W_{e2} „-“ W_{i1})	0,04	0,02	-0,06	-0,06
W_4 (W_{e2} „+“ W_{i2})	**0,18**	**0,16**	**0,08**	**0,08**

$W_{i1} = q_p|z| * (+0,2) = 0,28 * 0,2 = 0,06$ kN/m^2

$W_{i2} = q_p|z| * (- 0,3) = 0,28 * (- 0,3) = - 0,08$ kN/m^2

IZNOS KONCENTRIRANIH SILA:

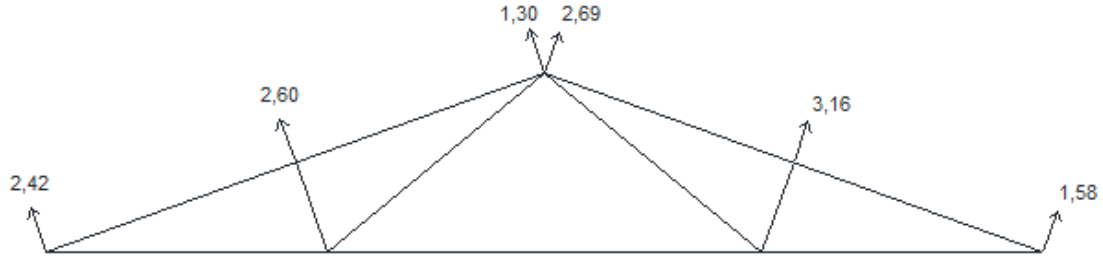
ZONA G:
W_1 = -0,26 * n * a' = - 0,26 * 5,0 * 3,72 = -4,84 kN $W_1/2$ = -2,42 kN
W_4 = 0,18 * n * a' = 0,18 * 5,0 * 3,72 = 3,35 kN $W_4/2$ = 1,67 k

ZONA H:
W_1 = - 0,14 * n * a' = - 0,14 * 5,0 * 3,72 = -2,60 kN $W_1/2$ = -1,30 kN
W_4 = 0,16 * n * a' = 0,16 * 5,0 * 3,72 = 2,98 kN $W_4/2$ = 1,49 kN

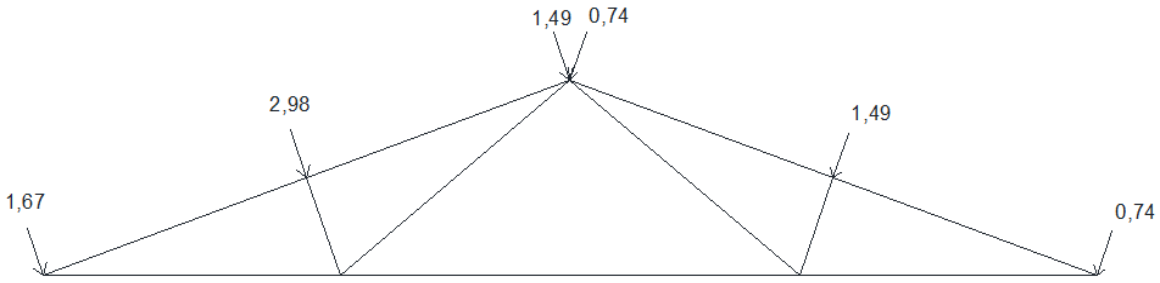
ZONA I:
W_1 = - 0,17 * n * a' = - 0,17 * 5,0 * 3,72 = -3,16 kN $W_1/2$ = -1,58 kN
W_4 = 0,08 * n * a' = 0,08 * 5,0 * 3,72 = 1,49 kN $W_4/2$ = 0,74 kN

ZONA J:
W_1 = - 0,29 * n * a' = - 0,29 * 5,0 * 3,72 = -5,39 kN $W_1/2$ = -2,69 kN
W_4 = 0,08 * n * a' = 0,08 * 5,0 * 3,72 = 1,49 kN $W_4/2$ = 0,74 kN

Djelovanje vjetra (W1)



Djelovanje vjetra (W4)

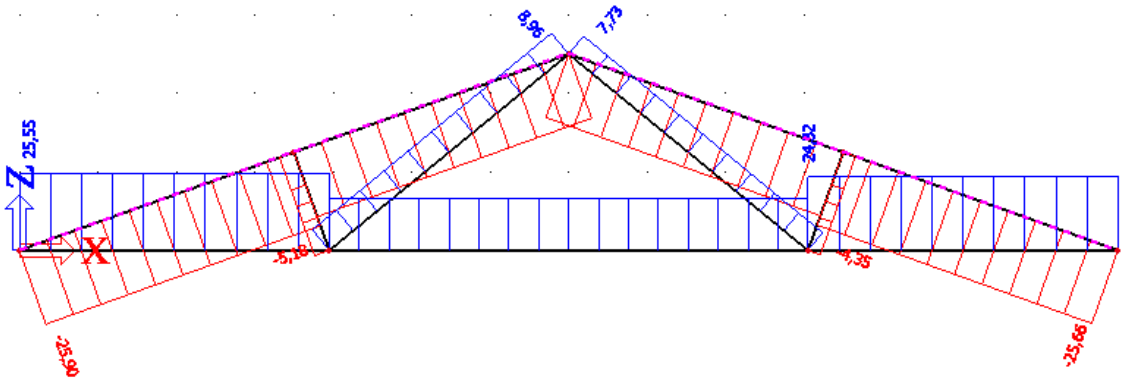


3. DIJAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA

3.1. Kombinacija GSN=1,0 G + 1,0 G1 + 1,50 W1

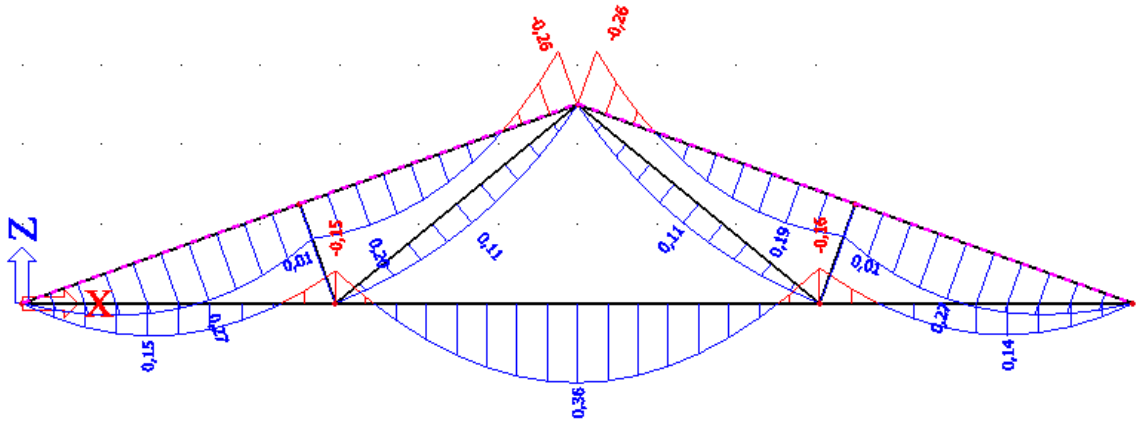
N-dijagram

max vlačna sila = 25,55 kN ; max tlačna sila= -25,90 kN **N [kN]**



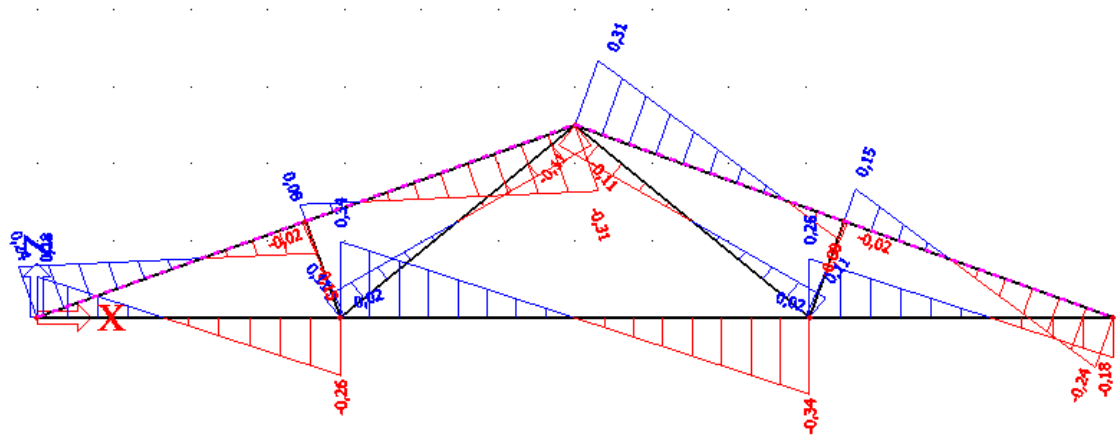
M-dijagram

max moment = 0,36 kNm ; max moment = -0,26 kNm **M [kNm]**



T-dijagram

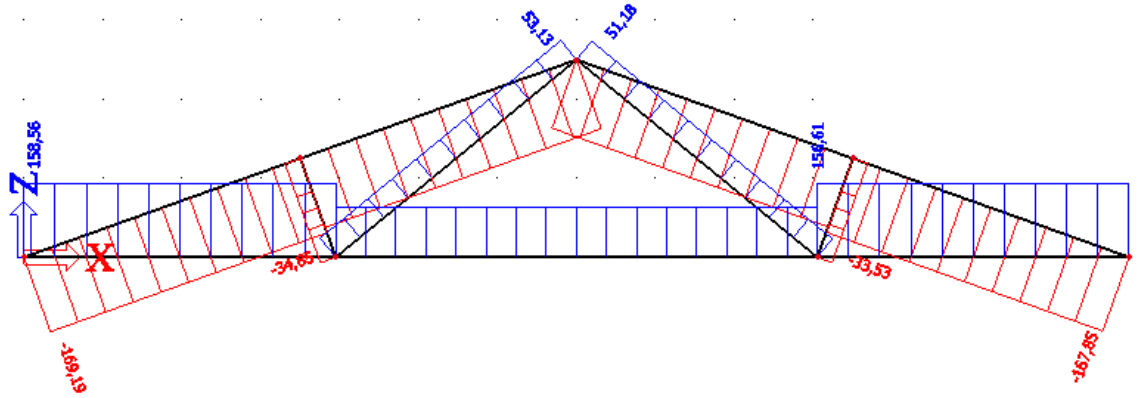
max vlačna sila = 0,31 kNm ; max tlačna sila = -0,34 kNm **T [kN]**



3.2. Kombinacija GSN=1,35 G + 1,35 G1+ 1,50 S + 0,6 * 1,50 W4

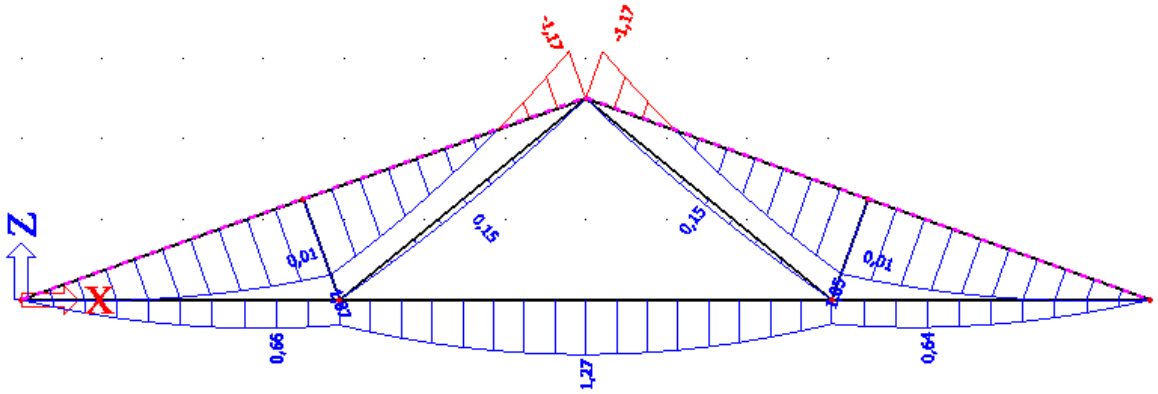
N-dijagram

max vlačna sila = 158,56 kN ; max tlačna sila= - 169,19 kN **N [kN]**



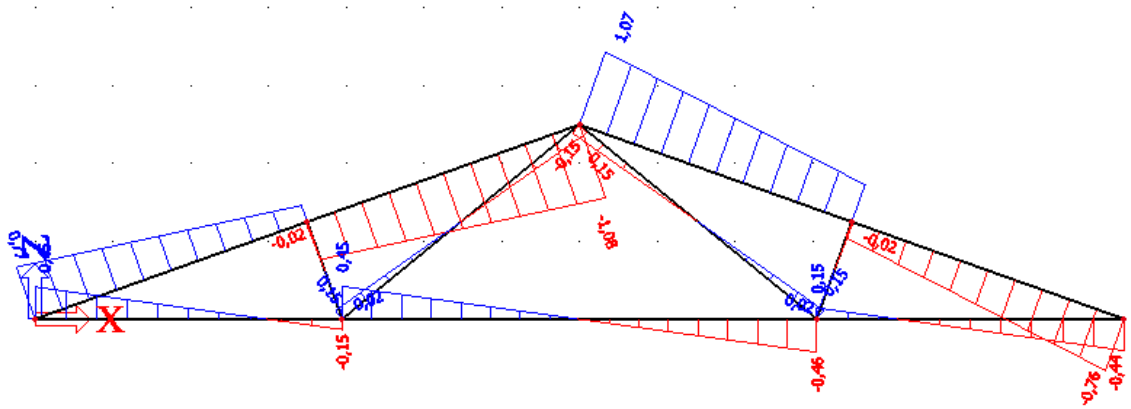
M-dijagram

max moment = 2,87 kNm ; max moment= - 1,17 kNm **M [kNm]**



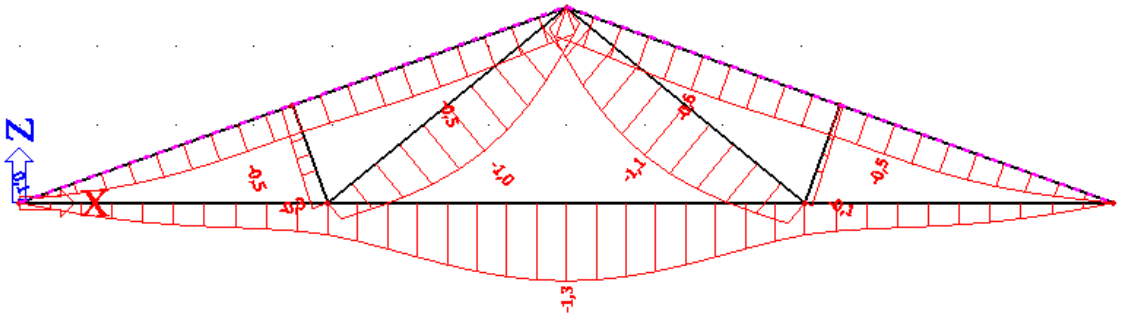
T-dijagram

max vlačna sila = 1,07 ; max tlačna sila= - 1,08 kN **T [kN]**

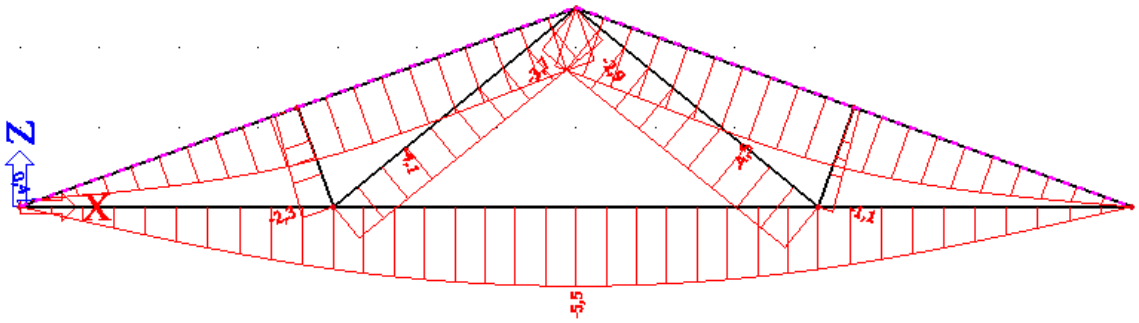


4. GRANIČNO STANJE UPORABLJIVOSTI

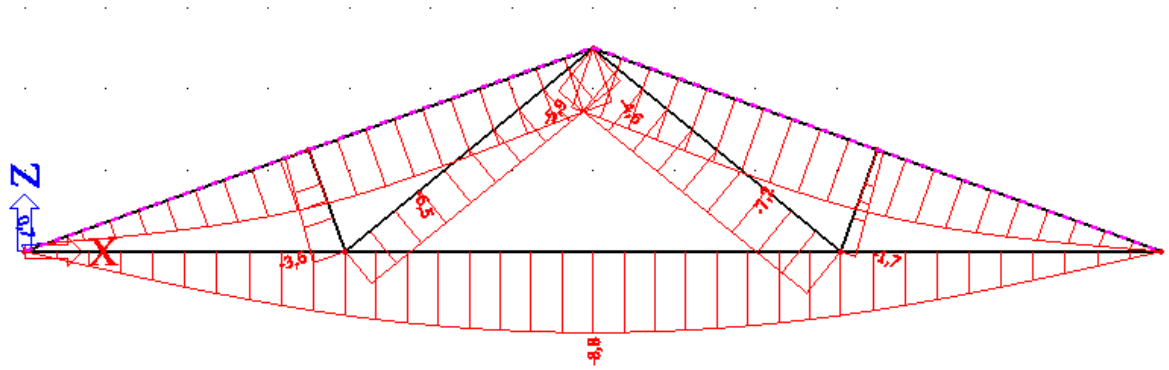
GSU- progib G



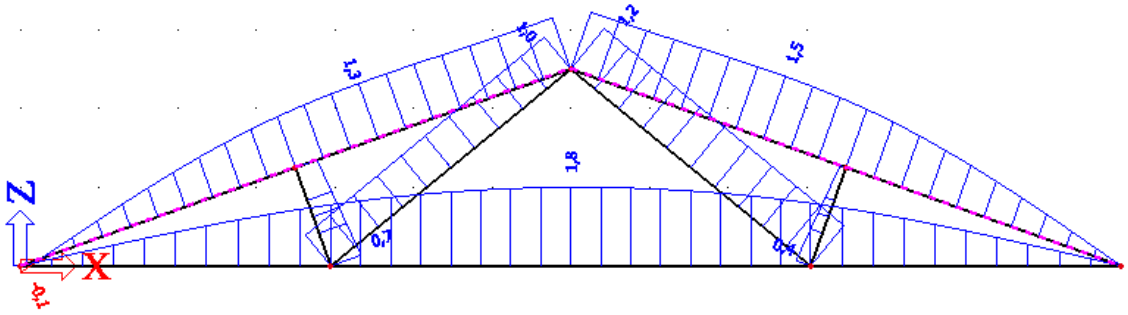
GSU- progib G1



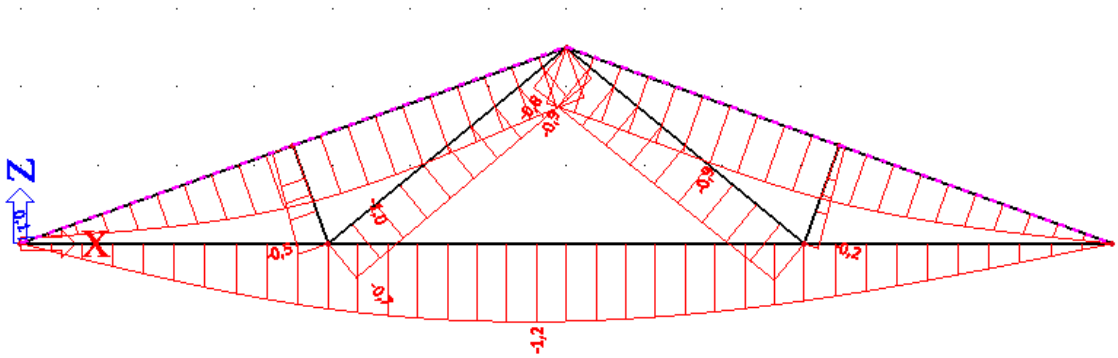
GSU- progib snijeg (S)



GSU- progib vjetar (W1)



GSU- progib vjetar (W4)



Konačne vrijednosti deformacija
$W_{fin}=W_{inst}*(1+k_{def})$

Stalno opterećenje **G**
$W_{g=}W_{inst}*(1+k_{def})$= 1,3 *(1+0,6)= 2,08 mm
k_{def}=0,60 - stalno

Stalno opterećenje **G1**
$W_{g1=}W_{inst}*(1+k_{def})$= 5,5*(1+0,6)= 8,8 mm
k_{def}=0,60 - stalno

Promjenjivo opterećenje **S**
$W_{s=}W_{inst}*(1+k_{def})$= 8,8 *(1+0,50)= 13,2 mm
k_{def}=0,50 – dugo

Promjenjivo opterećenje **W1**
$W_{w1=}W_{inst}*(1+k_{def})$= 1,8 *(1+0,25) = 2,25 mm

k_{def}=0,25 – srednje trajno
Promjenjivo opterećenje **W4**
$W_{w4=}W_{inst}$*(1+k_{def})= 1,2 *(1+0,25)= 1,5 mm
k_{def}=0,25 – srednje trajno

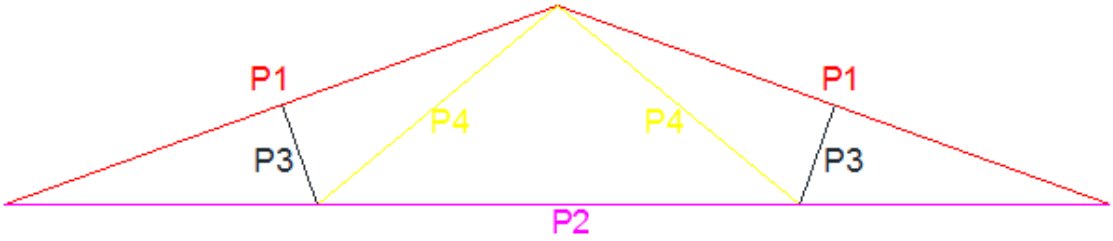
1.) $W_{q\ inst} \leq$ L/300 L= 14,0 m

$W_{s,\ inst.}$ = 8,8 mm < 14000/300 = 46,67 mm
$W_{w4.inst.}$. = 1,2mm < 14000/300 = 46,67 mm

2.) $W_{fin} - W_{g,inst} \leq$ L/200

W_{fin} =W_g + W_{g1}+ (W_s+ W_{w4})*0,9= 2,08+8,8+(12,2+1,5)*0,9 = 23,21mm
$W_{g,inst}$ = 1,3mm
23,21 – 1,3 < 14000/200
21,91 mm < 70 mm

5. DIMENZIONIRANJE (REŠETKE)



UPORABNA KLASA 1
SREDNJETRAJNO OPTEREĆENJE

$k_{\mathrm{mod}} = 0{,}8$

$\gamma_M = 1{,}3$

Karakteristične vrijednosti :

$f_{m,k} = 24{,}0 N/mm^2$

$f_{v,k} = 2{,}70 N/mm^2$

$f_{c,o,k} = 21{,}0 N/mm^2$

$f_{t,o,k} = 14{,}0 N/mm^2$

$E_{o,mean} = 11000 N/mm^2$

$G_{mean} = 690 N/mm^2$

Proračunske vrijednosti :

$$f_{m,d} = k_{\mathrm{mod}} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0{,}8 \cdot \frac{24{,}0}{1{,}3} = 14{,}8 N/mm^2$$

$$f_{V,d} = k_{\mathrm{mod}} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 0{,}8{,} \cdot \frac{2{,}70}{1{,}3} = 1{,}66 N/mm^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\mathrm{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0{,}8 \cdot \frac{21{,}0}{1{,}3} = 12{,}9 N/mm^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{\mathrm{mod}} \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0{,}8 \cdot \frac{14{,}0}{1{,}3} = 8{,}6 N/mm^2$$

$$E_{0.05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11000 = 7333{,}33 N/mm^2$$

$$G_{0.05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 690 = 460 N/mm^2$$

5.1. Gornji pojas (POZ 1)

Materijal: C24, uporabna klasa 1
Djelovanja: N_{sd}= - 169,19 kN (tlak)
M_{sd}= 2,87 kNm
V_{sd}= 1,08 kN
Poprečni presjek: b/h = 18/18 cm

Geometrijske karakteristike:

A= b * h = 180 * 180 = 32400 mm^2

$$W = \frac{180 * 180^2}{6} = 972000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 3,72 m = $l_{eff,z}$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1, srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 $\quad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 $\quad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 $\quad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}66\ N/mm^2$

$E_{0,mean}$ = 11000 N/mm^2 $\quad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333{,}3\ N/mm^2$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{169{,}19 * 1000}{32400} = 5{,}22\ N/mm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{2{,}87 * 1000000}{972000} = 2{,}95\ N/mm^2$$

$$\tau_d = \frac{H_d * S}{I * b} = 1{,}5 * \frac{H_d}{A} = 1{,}5 * \frac{1{,}08\ * 1000}{32400} = 0{,}033\ \frac{N}{mm^2}$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1{,}0\right\} \leq 1{,}0 \ \rightarrow k_c = \frac{1}{1{,}34 + \sqrt{1{,}34^2 - 1{,}22^2}} = 0{,}53$$

$k = 0{,}5 * \left[1 + \beta_c * \left(\lambda_{rel,c} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right] = 0{,}5 * \left[1 + 0{,}2 * (1{,}22 - 0{,}3) + 1{,}22^2\right] =$
k = 1,34

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{372}{0{,}289 * 18} = 71{,}51$$

$\beta_c = 0{,}2$ ($za\ puno\ drvo$)

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71{,}51}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333{,}3}} = 1{,}22$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1{,}0 \qquad \frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1{,}0$$

$$\frac{5{,}22}{0{,}53 * 12{,}9} + \frac{2{,}95}{1 * 14{,}8} = 0{,}96 < 1{,}0 \qquad \frac{0{,}033}{1{,}5} = 0{,}022 < 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 96 %

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

5.2. Donji pojas

a) Donji dio (POZ 2)

Materijal: C24, uporabna klasa 1
Djelovanja: N_{sd}= 158,56 kN
M_{sd}=0,66 kNm
V_{sd}= 0,44 kN
Poprečni presjek: b/h = 18/18
Geometrijske karakteristike:

A= b * h =180 * 180 = 32400 mm^2

A_N=0,8 * b * h =0,8 * 180 * 180 = 25920 mm^2

$$W = \frac{180 * 180^2}{6} = 972000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 3,95 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 $\qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$

$f_{t,0,k}$ = 14,0 N/mm^2 $\quad f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{14}{1{,}3} = 8{,}6\ N/mm^2$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 $\quad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 $\quad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}66\ N/mm^2$

$E_{0,mean}$ = 11000 N/mm^2 $\quad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333{,}3\ N/mm^2$

$$\frac{l_{eff,y} * h}{b^2} = \frac{395 * 18}{18^2} = 21{,}94 < 140 \rightarrow k_m = 1{,}0$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{158{,}56 * 1000}{25920} = 6{,}18\ N/mm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{0{,}66 * 1000000}{972000} = 0{,}68\ N/mm^2$$

$$\tau_{m,d} = \frac{H_d * S}{I * b} = 1{,}5 * \frac{H_d}{A} = 1{,}5 * \frac{0{,}44 * 1000}{32400} = 0{,}014\ \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} \leq 1{,}0 \qquad \frac{\tau_{m,d}}{f_{v,d}} \leq 1{,}0$$

$$\frac{6{,}18}{8{,}6} + \frac{0{,}68}{1 * 14{,}8} = 0{,}76 < 1{,}0 \qquad \frac{0{,}014}{1{,}5} = 0{,}009 < 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 76 %

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

5.3. Dijagonale

a) Dijagonale D1 i D4 (POZ 3)

Materijal: C24, uporabna klasa 1
Djelovanja: N_{sd}= - 34,65 kN (tlak)
Poprečni presjek: b/h = 18/10 cm

Geometrijske karakteristike:
A= b * h = 180 * 100 = 18000 mm^2

$$W = \frac{180 * 100^2}{6} = 300000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 1,33 m

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 1,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 $\qquad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{34{,}65 * 1000}{18000} = 1{,}93\ N/mm^2$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1{,}0\right\} \leq 1{,}0 \ \rightarrow k_c = \frac{1}{0{,}61 + \sqrt{0{,}61^2 - 0{,}44^2}} = 0{,}97$$

$k = 0{,}5 * \left[1 + \beta_c * \left(\lambda_{rel,c} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,c}^2\right] = 0{,}5 * \left[1 + 0{,}2 * (0{,}44 - 0{,}3) + 0{,}44^2\right] =$
k = 0,61

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{133}{0{,}289 * 18} = 25{,}57$$

$\beta_c = 0{,}2$ ($za\ puno\ drvo$)

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{25{,}57}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333{,}3}} = 0{,}44$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

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

$$\frac{1{,}93}{0{,}97 * 12{,}9} = 0{,}15 < 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 15%
Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabil

a) <u>Dijagonale D2 i D3(POZ 4)</u>

Materijal: C24, uporabna klasa 1
Djelovanja: N_{sd}= 53,13 kN (vlak)
Poprečni presjek: b/h = 2x 10/14 cm

Geometrijske karakteristike:
A_N=0,8 * b * h =2*0,8 *100 * 140= 22400 mm^2

A= 2 * b * h = 2 * 100 * 140 = 28000 mm^2

$$W = \frac{100 * 140^2}{6} = 326666{,}67\ mm^3$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:

Uporabna klasa 1,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{t,0,k}$ = 14,0 N/mm^2 $$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{14}{1{,}3} = 8{,}6\ N/mm^2$$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_d}{A_N} = \frac{53{,}13 * 1000}{22400} = 2{,}37\ N/mm^2$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

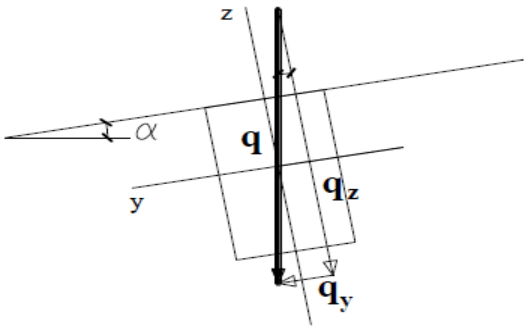
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1{,}0$$

$$\frac{2{,}37}{8{,}6} = 0{,}28 < 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 28 %

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

5.4. Podrožnica (P)



UPORABNA KLASA 1 (C24)
SREDNJETRAJNO OPTEREĆENJE

$k_{mod} = 0{,}8$
$\gamma_M = 1{,}3$

Karakteristične vrijednosti	**Proračunske vrijednosti**
$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2	$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$
$f_{t,0,k}$ = 14,0 N/mm^2	$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{14}{1{,}3} = 8{,}6\ N/mm^2$
$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2	$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$
$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2	$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}66\ N/mm^2$
$E_{0,mean}$ = 11000 N/mm^2	$E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333{,}3\ N/mm^2$

Podrožnicu tretiramo kao prostu gredu zbog jednostavnosti proračuna i na taj način smo na strani sigurnosti !

OPTEREĆENJE PODROŽNICE :

Opterećenje rastavljamo u 2 međusobno okomita smjera (y i z smjer) !

w=0,25 kN/m^2 ; s=0,8 kN/m^2 ; g=0,35 kN/m^2

Djelovanja: G_k = 0,35 * 3,72 = 1,30 kN/m'
$Q_{s\ (snijeg)}$ = 0,8 * 3,72 = 2,97 kN/m'
$Q_{k\ (vjetar)}$ = 0,16 * 3,72 = 0,59 kN/m'

Poprečni presjek: b/h = 20/22 cm

α=20°

razmak podrožnica = 3,72 m

Geometrijske karakteristike:

A= b * h = 200 * 220 = 44000 mm^2

$$W_y = \frac{200 * 220^2}{6} = 1613333{,}3\ mm^3$$

$$W_z = \frac{220 * 200^2}{6} = 1466666{,}67\ mm^3$$

$G_y = G_k * \sin(20^o) = 1{,}30 * \sin(20^o) = 0{,}44$ kN/m'
$G_z = G_k * \cos(20^o) = 1{,}30 * \cos(20^o) = 1{,}22$ kN/m'
$Q_{s,y} = Q_k * \sin(20^o) = 2{,}97 * \sin(20^o) = 1{,}01$kN/m'
$Q_{s,z} = Q_k * \cos(20^o) = 2{,}97 * \cos(20^o) = 2{,}79$ kN/m'

$E_{yd} = 1{,}35\ G_y + 1{,}50\ S_y = 1{,}35 * 0{,}44 + 1{,}50 * 1{,}01 = 2{,}10$ kN/m'
$E_{zd} = 1{,}35\ G_z + 1{,}50\ S_z + 0{,}6 * 1{,}50 * W4 = 1{,}35 * 1{,}22 + 1{,}50 * 2{,}79 + 0{,}6 * 1{,}50 * 0{,}16 = 5{,}97$ kN/m'

Vrijednosti reznih sila:

$$M_{y,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{5{,}79 \cdot 5{,}0^2}{8} = 18{,}09 kN/m'$$

$$M_{z,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{2{,}1 \cdot 5{,}0^2}{8} = 6{,}56 kN/m'$$

$$T_{y,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{2{,}1 \cdot 5{,}0}{2} = 5{,}25 kN$$

$$T_{z,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{5{,}97 \cdot 5{,}0}{2} = 14{,}92 kN$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_Y} = \frac{18{,}09 * 1000000}{1613333{,}3} = 11{,}21 N/mm^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{6{,}56 * 1000000}{1466666{,}67} = 4{,}47\ N/mm^2$$

$$\frac{l_{eff} * h}{b^2} = \frac{500 * 220}{200^2} = 2{,}75 < 140 \rightarrow k_m = 1{,}0$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 1,srednjetrajno opterećenje → $k_{mod} = 0{,}8$

$f_{m,k} = 24{,}0$ N/mm^2 $\qquad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$

$f_{v,k}$ = 2,7 N/mm^2 $$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}7}{1{,}3} = 1{,}66\ N/mm^2$$

k_{red} = 0,7

$$\tau_{y,d} = 1{,}5 * \frac{T_{y,d}}{A} = 1{,}5 * \frac{5{,}25 * 1000}{44000} = 0{,}12 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{z,d} = 1{,}5 * \frac{T_{z,d}}{A} = 1{,}5 * \frac{14{,}92\ * 1000}{44000} = 0{,}33\ \frac{N}{mm^2}$$

Dokaz:

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

$$\frac{11{,}21}{1{,}0 * 14{,}8} + 0{,}7 * \frac{4{,}47}{14{,}8} = 0{,}97 < 1{,}0$$

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

$$\left(\frac{1{,}12}{1{,}5}\right)^2 + \left(\frac{0{,}33}{1{,}5}\right)^2 = 0{,}61 < 1{,}0$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

5.5. Stabilizacija

GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI SPREGOVA:
-dokaz nosivosti i stabilnosti elemenata koji pridržavaju tlačni pojas glavnog nosača

Vjetar zabat:

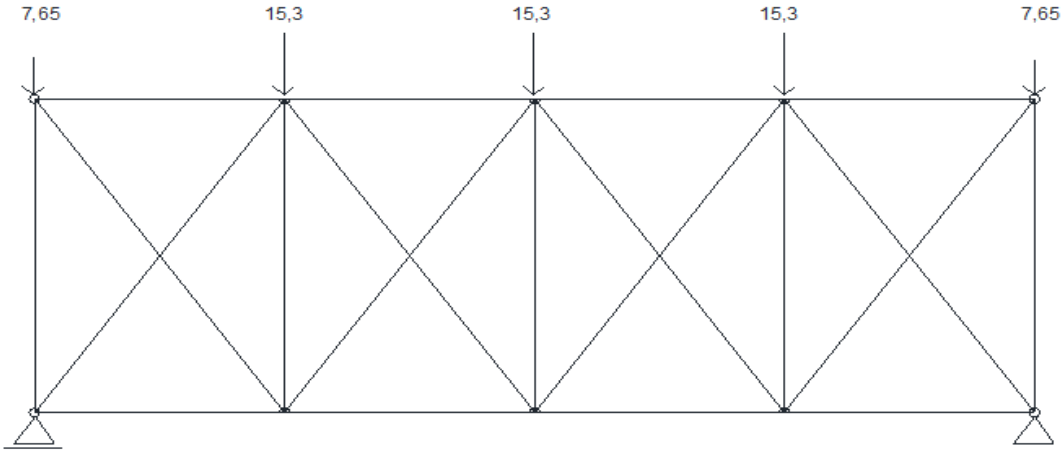
$W_B = q_p * (0{,}8 + 0{,}3) = 0{,}28 * 1{,}1 = 0{,}31$ kN/m^2
$P_{ZAB} = W_B * a' * h' = 0{,}31 * 3{,}72 * 8{,}75 = 10{,}09$ kN

Vjetar trenje:

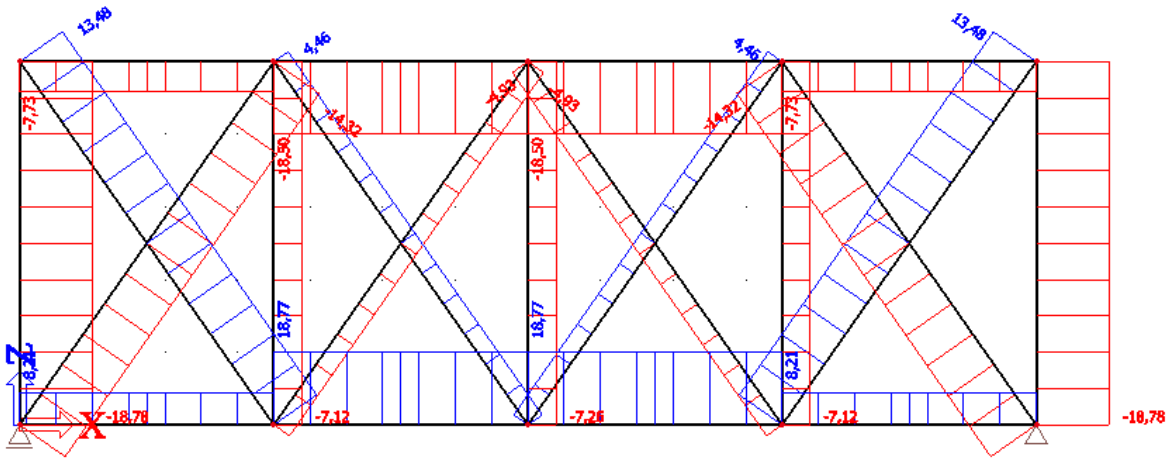
c_{fr} = 0,01

$W_{TR} = q_p * c_{fr} = 0{,}28 * 0{,}01 = 0{,}003$ kN/m^2
$P_{TR} = W_{TR} * a' * e/2 = 0{,}003 * 3{,}72 * 10{,}0 = 0{,}11$ kN

P = 1,50 * (P_{ZAB} + P_{TR}) = 1,50 * (10,09 + 0,11) = 15,3kN
P/2 = 7,65 kN



Dijagram naprezanja sekundarnih nosača:



DOKAZ NOSIVOSTI ZA DIJAGONALE

Maksimalna vlačna sila :

Nd= 13,48 kN

$$N_{t,R,d} = \frac{A_N * 0{,}9 * f_{uk}}{\gamma_{M0}} \geq N_d$$

d= ϕ12 mm → $A = \frac{d^2 * \pi}{4} = \frac{1{,}2^2 * \pi}{4} = 1{,}13\ cm^2$

$$N_{t,R,d} = \frac{0{,}8 * 1{,}13 * 0{,}9 * 51{,}0}{1{,}1} = 37{,}7\ kN\ >\ 13{,}48 kN$$

DOKAZ NOSIVOSTI I STABILNOSTI ZA ZA GORNJI POJAS

Materijal: C24, uporabna klasa 1
Djelovanja: N_{sd}= - 169,19 kN (tlak)
M_{sd}= 2,87 kNm
N_{01sd}= - 7,73 kN (tlak)
Poprečni presjek: b/h = 18/18 cm

Geometrijske karakteristike:

A= b * h = 180 * 180 = 32400 mm^2

$$W = \frac{180 * 180^2}{6} = 972000\ mm^3$$

$l_{eff,y}$ = 3,72 m = $l_{eff,z}$ (b/b presjek)

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 1, srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 $\quad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 $\quad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$

$f_{v,k}$ = 2,5 N/mm^2 $\quad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}5}{1{,}3} = 1{,}5\ N/mm^2$

$E_{0,mean}$ = 11000 N/mm^2 $\quad E_{0,05} = \frac{2}{3} * E_{0,mean} = \frac{2}{3} * 11000 = 7333{,}3\ N/mm^2$

Proračun naprezanja:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_d}{A} = \frac{169{,}19 * 1000}{32400} = 5{,}22\ N/mm^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{2{,}89 * 1000000}{972000} = 2{,}97\ N/mm^2$$

$$\sigma_{01,d} = \frac{N_{01sd}}{A} = \frac{7{,}73 * 1000}{32400} = 0{,}23\ N/mm^2$$

$$k_c = min\left\{\frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}};\ 1{,}0\right\} \leq 1{,}0 \ \rightarrow k_c = \frac{1}{1{,}32 + \sqrt{1{,}32^2 - 1{,}21^2}} = 0{,}54$$

$k = 0{,}5 * \left[1 + \beta_c * (\lambda_{rel,c} - 0{,}3) + \lambda_{rel,c}^2\right] = 0{,}5 * [1 + 0{,}2 * (1{,}21 - 0{,}3) + 1{,}21^2] =$
k = 1,32

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{0{,}289 * b} = \frac{372}{0{,}289 * 18} = 71{,}51$$

$\beta_c = 0{,}2$ ($za\ puno\ drvo$)

$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{71{,}51}{\pi} * \sqrt{\frac{21}{7333{,}3}} = 1{,}21$$

Dokaz stabilnosti i nosivosti:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_m * f_{m,d}} + \frac{\sigma_{01,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1{,}0$$

$$\frac{5{,}22}{0{,}54 * 12{,}9} + \frac{2{,}97}{1 * 14{,}8} + \frac{0{,}23}{1 * 12{,}9} = 0{,}97 = 1{,}0$$

ISKORISTIVOST: 97 %

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

DOKAZ NOSIVOSTI I STABILNOSTI ZA ZA PODROŽNICE

$N_{V,d=}$ 18,78 kN → sila u vertikali (podrožnici) od stabilizacije
Vrijednosti reznih sila:

$$M_{y,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l^2}{8} = \frac{5{,}79 \cdot 5{,}0^2}{8} = 18{,}09 kN/m'$$

$$M_{z,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l^2}{8} = \frac{2{,}1 \cdot 5{,}0^2}{8} = 6{,}56 kN/m'$$

$$T_{y,d} = \frac{E_{y,d} \cdot l}{2} = \frac{2{,}1 \cdot 5{,}0}{2} = 5{,}25 kN$$

$$T_{z,d} = \frac{E_{z,d} \cdot l}{2} = \frac{5{,}97 \cdot 5{,}0}{2} = 14{,}92 kN$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_Y} = \frac{18{,}09 * 1000000}{1613333{,}3} = 11{,}21 N/mm^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{6{,}56 * 1000000}{1466666{,}67} = 4{,}47\ N/mm^2$$

$$\sigma_{V,d} = \frac{N_{V,d}}{A} = \frac{18{,}78 * 1000}{44000} = 0{,}43\ N/mm^2$$

$$\frac{l_{eff} * h}{b^2} = \frac{500 * 220}{200^2} = 2{,}75 < 140 \rightarrow k_m = 1{,}0$$

Karakteristične vrijednosti čvrstoća i modula:
Uporabna klasa 1,srednjetrajno opterećenje → k_{mod} = 0,8

$f_{c,0,k}$ = 21,0 N/mm^2 $\quad f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{21}{1{,}3} = 12{,}9\ N/mm^2$

$f_{m,k}$ = 24,0 N/mm^2 $\quad f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{24}{1{,}3} = 14{,}8\ N/mm^2$

$f_{v,k}$ = 2,5 N/mm^2 $\quad f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{2{,}5}{1{,}3} = 1{,}5\ N/mm^2$

k_{red} = 0,7

$$\tau_{y,d} = 1{,}5 * \frac{T_{y,d}}{A} = 1{,}5 * \frac{5{,}25 * 1000}{44000} = 0{,}12 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_{z,d} = 1{,}5 * \frac{T_{z,d}}{A} = 1{,}5 * \frac{14{,}92\ * 1000}{44000} = 0{,}33\ \frac{N}{mm^2}$$

<u>Dokaz nosivosti i stabilnosti:</u>

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

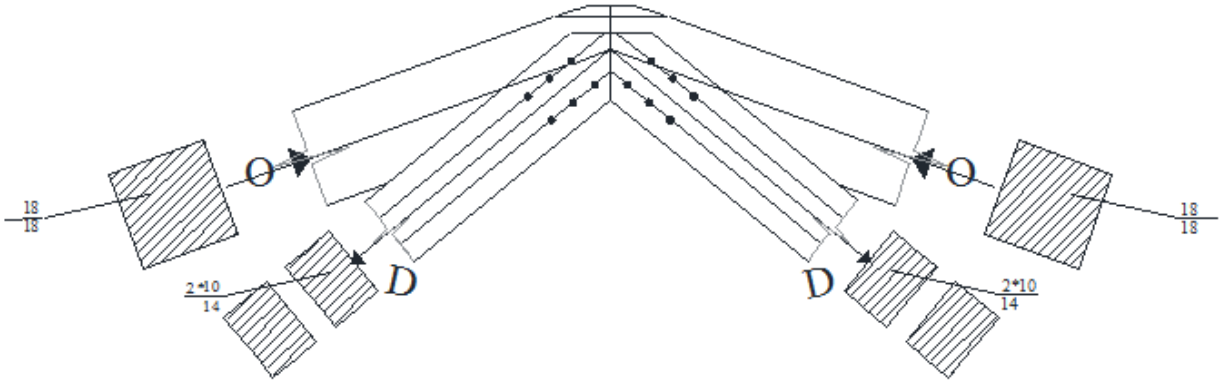
$$\frac{11{,}21}{1{,}0 * 14{,}8} + 0{,}7 * \frac{4{,}47}{14{,}8} + \frac{0{,}43}{12{,}9} = 1{,}0 \leq 1{,}0$$

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

$$\left(\frac{1{,}12}{1{,}5}\right)^2 + \left(\frac{0{,}33}{1{,}5}\right)^2 = 0{,}61 < 1{,}0$$

Zaključak: pretpostavljeni poprečni presjek zadovoljava uvjete nosivosti i stabilnosti!

6. PRORAČUN SPOJA



SPOJ DIJAGONALE D2 I D3 – VRH REŠETKE (TRNOVI)

Osnovni materijal: puno drvo, 2 x 10/14 cm

klasa čvrstoće C24

$N_{t,d}$ = 53,13 kN

Uporabna klasa 1

Trnovi: Tϕ12/S355 $f_{u,k} = 510\ N/mm^2$

$$f_{t,0,d} = 0{,}8 * \frac{24{,}0}{1{,}3} = 8{,}6\ N/mm^2$$

1) TRNOVI:

- Karakteristične vrijednosti tlačne čvrstoće po plaštu rupe i momenta popuštanja

$f_{h,0,k} = 0{,}082 * (1 - 0{,}01 * d) * \rho_k =$
$f_{h,0,k} = 0{,}082 * (1 - 0{,}01 * 12) * 350 = 25{,}25\ N/mm^2$
$f_{u,k} = 510\ N/mm^2$
$M_{y,k} = 0{,}3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0{,}3 * 510 * 12^{2,6} = 97850\ Nmm$

- Karakteristična vrijednost nosivosti trna po rezu

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

$$R_k = \sqrt{\frac{2*1}{1+1}} * \sqrt{2 * 97850 \ * 25{,}25 * 12} = 7700\ N$$

Proračunska vrijednost nosivosti trna po rezu

$$R_{d1} = k_{mod} * \frac{R_k}{\gamma_M} = 0{,}8 * \frac{7700}{1{,}1} = 5600\ N$$

Proračunska vrijednost nosivosti za dvorezni spoj

$$R_d = 2 * R_{d1} = 2 * 5600 = 11200\ N$$

$$n_{req} = \frac{F_d}{R_d} = 53{,}13 * \frac{1000}{11200} = 5\ kom$$

Smanjenje zbog većeg broja trnova u nizu

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

$\alpha = 20^\circ$
n=3
a_1=50 mm

$$n_{ef} = \left[min\left\{ 3; 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{50}{10*12}} \right\} \right] * \frac{90-20}{90} + 3 * \frac{20}{90} = 2{,}35$$

Efektivni broj trnova

$$n = 2 * n_{ef} = 2{,}35 * 2 = 4{,}70$$

<u>Dokaz:</u>

$$\frac{\mathrm{N_{t,d}}}{n * R_d} = \frac{53{,}13 * 1000}{4{,}70 * 11200} = 1{,}0 < 1{,}0$$

- Tražene debljine elemenata za punu nosivost

1) Vezice

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

$$t_{req} = 1{,}15 * \left(2 * \sqrt{\frac{1}{1+1}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{97850}{25{,}25 * 12}} = 70{,}55\ mm$$

$$t_{req} = 70{,}55\ mm < t = 100\ mm$$

Uvjet zadovoljen!

2) Štap

$$t_{req} = 1{,}15 * \frac{4}{\sqrt{1+\beta}} * \sqrt{\frac{M_{y,k}}{f_{h,0,k} * d}} =$$

$$t_{req} = 1{,}15 * \frac{4}{\sqrt{1+1}} * \sqrt{\frac{97850}{25{,}25 * 12}} = 58{,}45\ mm < t_{DP} = 1800\ mm$$

Uvjet zadovoljen!

Konstruktivni zahtjevi

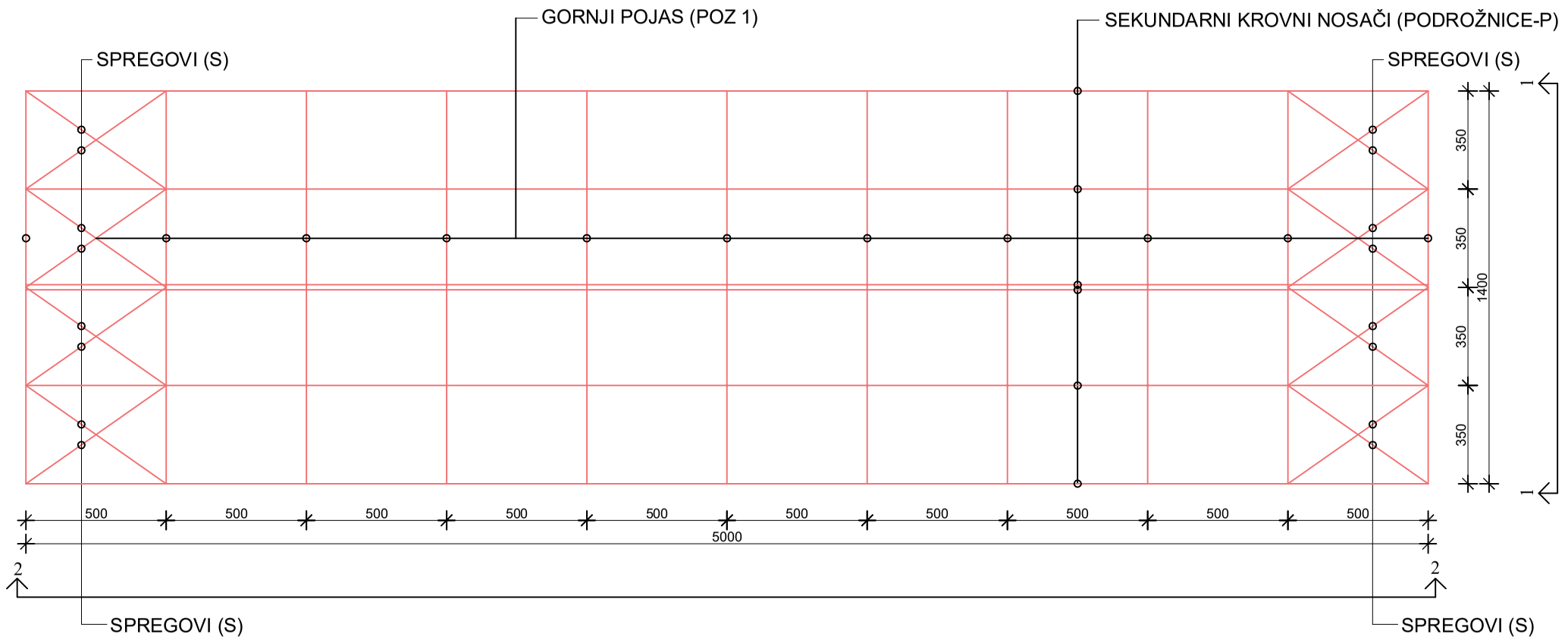
- međusobno ∥ sa vlakancima
  $a_{1,req} = (3 + 2 * cos\alpha) * d = (3 + 2 * cos20) * 12 = 43{,}1\ mm$
  $a_{1,req} = 43{,}1\ mm < 50\ mm\ (odabrano)$

- ∥ od opterećenog ruba
  $a_{1,t,req} = max\{80; 7 * d\} = max\{80; 7 * 12\} = 84\ mm$
  $a_{1,t,req} = 80\ mm < 85\ mm\ (odabrano)$

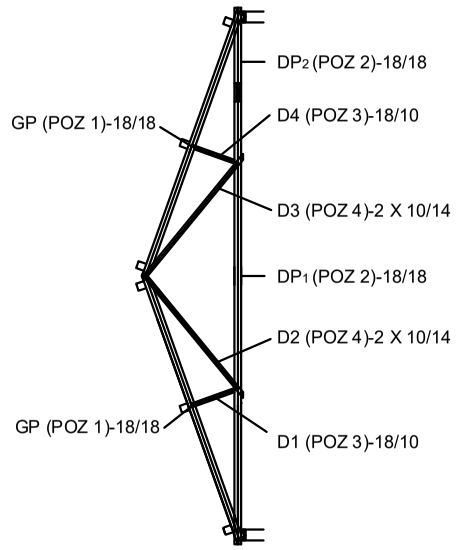
- $\perp$ međusobno i od neopterećenog ruba
  $a_{2,req} = a_{2,c,req} = 3 * d = 3 * 12 = 36\ mm < 40\ mm\ (odabrano)$

7. NACRTI

GENERALNI NACRT GLAVNOG NOSAČA
MJ 1:200

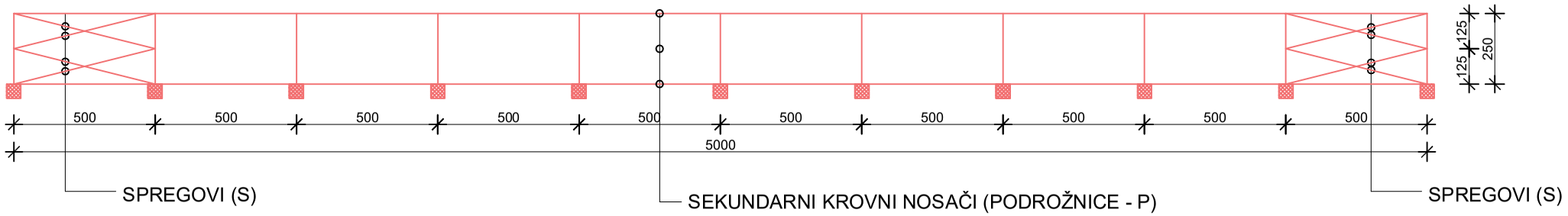


POGLED 1-1



DP - donji pojas
GP - gornji pojas
D1 - dijagonala 1
D2 - dijagonala 2
D3 - dijagonala 3
D4 - dijagonala 4

POGLED 2-2

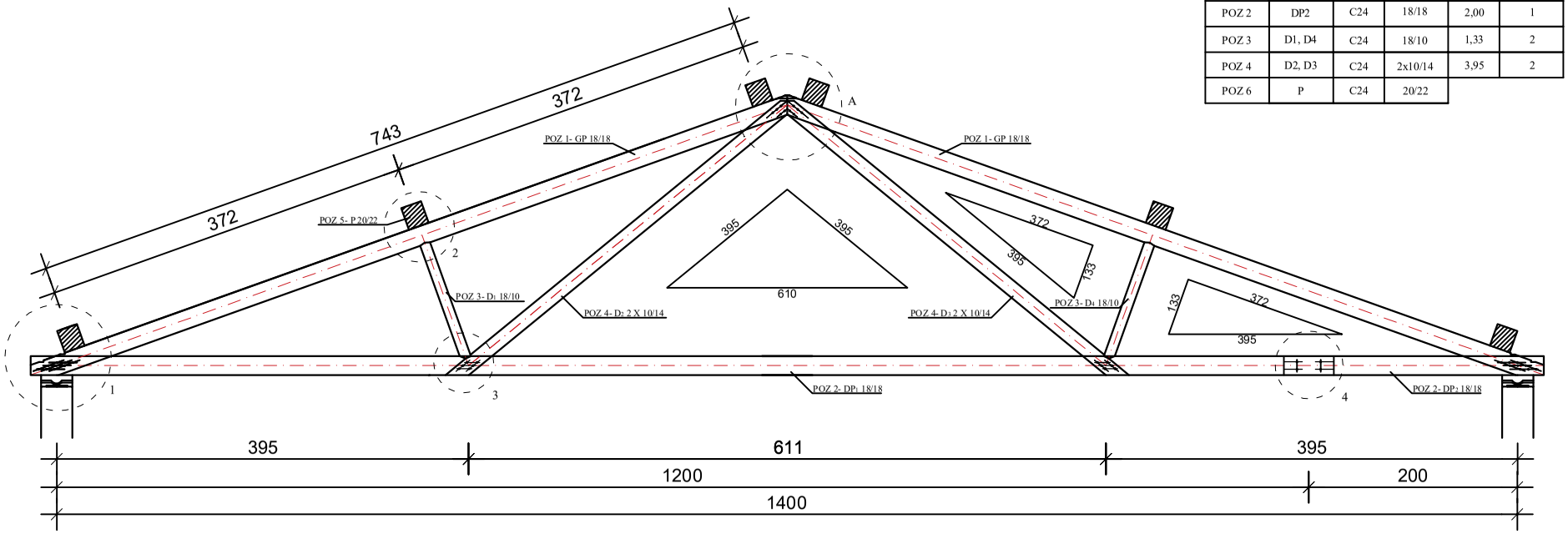


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE U SPLITU		
PREDMET	DRVENE KONSTRUKCIJE	DATUM: 15.09.2016.
ZADATAK	DIMENZIONIRANJE SUSTAVA	
SADRŽAJ LISTA	GENERALNI NACRT GLAVNOG NOSAČA	M 1:200
STUDENTI	JOSIP GRUBIŠIĆ	

RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA
M 1:25

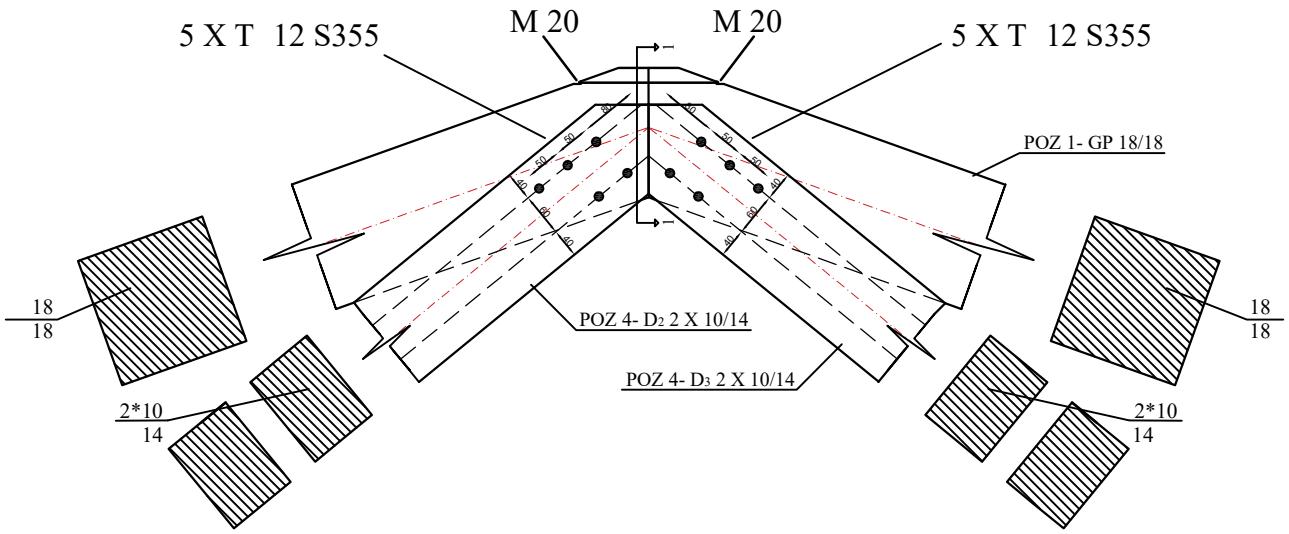
ZA 1 OKVIR:

POZ	OZNAKA	GRAĐA	DIMENZIJE	l (m)	KOMADA
POZ 1	GP	C24	18/18	7,43	2
POZ 2	DP1	C24	18/18	12,00	1
POZ 2	DP2	C24	18/18	2,00	1
POZ 3	D1, D4	C24	18/10	1,33	2
POZ 4	D2, D3	C24	2x10/14	3,95	2
POZ 6	P	C24	20/22		

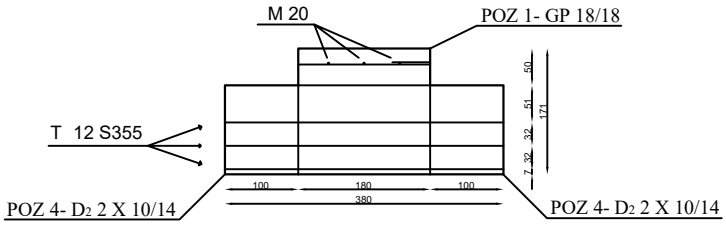


FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		
KOLEGIJ: **OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA**		RADIONIČKI NACRT GLAVNOG NOSAČA
Ak. GODINA: 2015/2016	GRAĐEVINA: **KROVNA KONSTRUKCIJA**	M 1:25
STUDENT: **JOSIP GRUBIŠIĆ**		

DETALJ SPOJA A
M 1:10



PRESJEK 1-1



GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET U SPLITU		
KOLEGIJ: **OSNOVE DRVENIH KONSTRUKCIJA**		SPOJ U SLJEMENU
Ak. GODINA: 2015/2016	GRAĐEVINA: **KROVNA KONSTRUKCIJA**	M 1:10
STUDENT: **Josip Grubišić**		