



5. DIMENZIONIRANJE GLAVNOG NOSAČA



5.1. ODREĐIVANJE PRORAČUNSKIH KOEFICIJENATA

5.1.1. Određivanje faktora izmjene za trajanje opterećenja i sadržaj vlage

Koeficijent modifikacije:

klasa uporabljivosti je 2

najkraće, tj. mjerodavno opterećenje je kratkotrajno

$$k_{\text{mod}} = 0,90$$

5.1.2. Određivanje parcijalnog koeficijenta za svojstva materijala

Parcijalni koeficijent za materijal:

materijal je lijepljeno lamelirano drvo klase GL24h

$$\gamma_M = 1,30$$

5.2. DIMENZIONIRANJE GORNJEG POJASA REŠETKE

5.2.1. Provjera nosivosti na posmik u čvoru glavnog nosača

Proračunska vrijednost posmičnog napreznja:

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} = \frac{V_d}{b_{\text{eff}} \cdot h_a} = \frac{V_d}{k_{\text{cr}} \cdot b \cdot h_a} = \frac{31,46 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 220 \cdot 420} = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja oslabljenja poprečnog presjeka elementa:

predmetni element nije oslabljen na opterećenom rubu (nije zasječen u čvoru)

$$k_v = 1,00$$

Proračunska vrijednost posmične čvrstoće:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{2,70}{1,30} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na posmik:

$$\frac{\tau_{v,d}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1,00$$

$$\frac{0,51}{1,00 \cdot 1,87} = 0,27 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 27 %.

5.2.2. Provjera nosivosti na tlak paralelno s vlakancima i savijanje (bez dokaza stabilnosti) u čvoru glavnog nosača

Proračunska vrijednost tlačnog napreznja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A} = \frac{F_{c,0,d}}{b \cdot h} = \frac{549,03 \cdot 10^3}{220 \cdot 420} = 5,94 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska vrijednost tlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent oblika poprečnog presjeka napregnutog savijanjem:

predmetni element je pravokutnog poprečnog presjeka

$$k_m = 0,70$$

Proračunska vrijednost napreznja od savijanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{M_{y,d}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{38,36 \cdot 10^6}{\frac{220 \cdot 420^2}{6}} = 5,93 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{M_{z,d}}{\frac{b^2 \cdot h}{6}} = \frac{0,00 \cdot 10^6}{\frac{220^2 \cdot 420}{6}} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska vrijednost čvrstoće na savijanje:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na tlak paralelno s vlakancima i savijanje:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\left(\frac{5,94}{16,62} \right)^2 + \left(\frac{5,93}{16,62} + 0,70 \cdot \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,48 < 1,00$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\left(\frac{5,94}{16,62} \right)^2 + \left(0,70 \cdot \frac{5,93}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,38 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 48 %.

5.2.3. Provjera nosivosti na tlak paralelno s vlakancima i savijanje (s dokazom stabilnosti) u polju glavnog nosača

Proračunska vrijednost tlačnog napreznja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A} = \frac{F_{c,0,d}}{b \cdot h} = \frac{549,71 \cdot 10^3}{220 \cdot 420} = 5,95 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi y:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,y} = 2570 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{l_{i,y}}{i_y} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12}}}} = \frac{l_{i,y}}{0,289 \cdot h} = \frac{2570}{0,289 \cdot 420} = 21,17$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 21,17 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 0,34$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_y = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} - 0,50) + \lambda_{\text{rel},y}^2) = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (0,34 - 0,50) + 0,34^2) = 0,55$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,55 + \sqrt{0,55^2 - 0,34^2}} = 1,02$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi z:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,z} = 5140$ mm

$$\lambda_z = \frac{l_{i,z}}{i_z} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{b^3 \cdot h}{12}}}{\sqrt{\frac{12}{b \cdot h}}} = \frac{l_{i,z}}{0,289 \cdot b} = \frac{5140}{0,289 \cdot 220} = 80,84$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 80,84 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 1,30$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_z = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,50) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (1,30 - 0,50) + 1,30^2) = 1,39$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,39 + \sqrt{1,39^2 - 1,30^2}} = 0,54$$

Proračunska vrijednost tlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{c,0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent oblika poprečnog presjeka napregnutog savijanjem:

predmetni element je pravokutnog poprečnog presjeka

$$k_m = 0,70$$

Proračunska vrijednost naprezanja od savijanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{M_{y,d}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{39,14 \cdot 10^6}{\frac{220 \cdot 420^2}{6}} = 6,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{M_{z,d}}{\frac{b^2 \cdot h}{6}} = \frac{0,00 \cdot 10^6}{\frac{220^2 \cdot 420}{6}} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja bočno torzijskog izvijanja oko osi y:

predmetni element ima efektivne duljine izvijanja jednake $l_{eff,y} = 5140$ mm i $l_{eff,z} = 2570$ mm

$$\sigma_{m,crit,y} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{eff,y}} \cdot \sqrt{\frac{G_{0,mean}}{E_{0,mean}}} = \frac{\pi \cdot 220^2 \cdot 9400}{420 \cdot 5140} \cdot \sqrt{\frac{720}{11600}} = 164,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\lambda_{rel,m,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,y}}} = \sqrt{\frac{24,00}{164,95}} = 0,38 < 0,75$$

$$k_{crit,y} = 1,00$$

Proračunska vrijednost čvrstoće na savijanje:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem i savijanje s bočnim izvijanjem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \cdot f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\frac{5,95}{1,02 \cdot 16,62} + \left(\frac{6,05}{1,00 \cdot 16,62} + 0,70 \cdot \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,72 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\frac{5,95}{0,54 \cdot 16,62} + \left(0,70 \cdot \frac{6,05}{1,00 \cdot 16,62} + \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,92 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 92 %.

5.3. DIMENZIONIRANJE DONJEG POJASA REŠETKE

5.3.1. Provjera nosivosti na posmik u ležaju glavnog nosača

Proračunska vrijednost posmičnog naprezanja:

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} = \frac{V_d}{b_{\text{eff}} \cdot h_a} = \frac{V_d}{k_{\text{cr}} \cdot b \cdot h_a} = \frac{6,83 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 220 \cdot 420} = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja oslabljenja poprečnog presjeka elementa:

predmetni element nije oslabljen na opterećenom rubu (nije zasječen na osloncu)

$$k_v = 1,00$$

Proračunska vrijednost posmične čvrstoće:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{2,70}{1,30} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na posmik:

$$\frac{\tau_{v,d}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1,00$$

$$\frac{0,11}{1,00 \cdot 1,87} = 0,06 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 6 %.

5.3.2. Provjera nosivosti na tlak okomito na vlakanca u ležaju glavnog nosača

Proračunska vrijednost tlačnog naprezanja okomito na vlakanca:

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{a,\text{eff}}} = \frac{F_{c,90,d}}{b_a \cdot l_a} = \frac{201,59 \cdot 10^3}{220 \cdot 500} = 1,83 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja konfiguracije opterećenja, mogućnosti cijepanja i stupnja gnječenja:

predmetni element oslonjen je cijelom širinom svog presjeka na ležajnu ploču

$$b_a = 220 \text{ mm}$$

predmetni element oslonjen je u punoj dužini ležajne ploče

$$l_a = 500 \text{ mm}$$

predmetni element oslonjen je diskretno i kontinuirano opterećen cijelom duljinom, pri čemu je $l_1 < 2 \cdot h$

$$k_{c,90} = 1,00$$

Proračunska vrijednost tlačne čvrstoće okomito na vlakanca:

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{2,70}{1,30} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na tlak okomito na vlakanca:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1,00$$
$$\frac{1,83}{1,00 \cdot 1,87} = 0,98 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 98 %.

5.3.3. Provjera nosivosti na vlak paralelno s vlakancima i savijanje u polju glavnog nosača

Proračunska vrijednost vlačnog naprezanja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{t,0,d}}{A_{\text{netto}}} = \frac{F_{t,0,d}}{0,80 \cdot b \cdot h} = \frac{534,87 \cdot 10^3}{0,80 \cdot 220 \cdot 420} = 7,24 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska vrijednost vlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{16,50}{1,30} = 11,42 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent oblika poprečnog presjeka napregnutog savijanjem:

predmetni element je pravokutnog poprečnog presjeka

$$k_m = 0,70$$

Proračunska vrijednost naprezanja od savijanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{\text{netto},y}} = \frac{M_{y,d}}{0,80 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{28,44 \cdot 10^6}{0,80 \cdot \frac{220 \cdot 420^2}{6}} = 5,50 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_{\text{netto},z}} = \frac{M_{z,d}}{0,80 \cdot \frac{b^2 \cdot h}{6}} = \frac{0,00 \cdot 10^6}{0,80 \cdot \frac{220^2 \cdot 420}{6}} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska vrijednost čvrstoće na savijanje:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na vlak paralelno s vlakancima i savijanje:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$



$$\frac{7,24}{11,42} + \left(\frac{5,50}{16,62} + 0,70 \cdot \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,96 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\frac{7,24}{11,42} + \left(0,70 \cdot \frac{5,50}{16,62} + \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,86 < 1,00$$

Element presjeka 220/420 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 96 %.

5.4. DIMENZIONIRANJE ISPUNE REŠETKE

5.4.1. Provjera nosivosti na vlak paralelno s vlakancima

Proračunska vrijednost vlačnog naprezanja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{F_{t,0,d}}{A_{\text{netto}}} = \frac{F_{t,0,d}}{0,80 \cdot b \cdot h} = \frac{143,73 \cdot 10^3}{0,80 \cdot 160 \cdot 160} = 7,02 \text{ N/mm}^2$$

Proračunska vrijednost vlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{16,50}{1,30} = 11,42 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na vlak paralelno s vlakancima:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,00$$
$$\frac{7,02}{11,42} = 0,61 < 1,00$$

Element presjeka 160/160 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 61 %.

5.4.2. Provjera nosivosti na tlak paralelno s vlakancima (s dokazom stabilnosti)

Proračunska vrijednost tlačnog naprezanja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A} = \frac{F_{c,0,d}}{b \cdot h} = \frac{226,57 \cdot 10^3}{160 \cdot 160} = 8,85 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi y:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,y} = 3202 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{l_{i,y}}{i_y} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_{i,y}}{0,289 \cdot h} = \frac{3202}{0,289 \cdot 160} = 69,25$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 69,25 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 1,11$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_y = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel},y} - 0,50)) + \lambda_{\text{rel},y}^2 = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (1,11 - 0,50)) + 1,11^2 = 1,15$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}} = \frac{1}{1,15 + \sqrt{1,15^2 - 1,11^2}} = 0,69$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi z:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,z} = 3202$ mm

$$\lambda_z = \frac{l_{i,z}}{i_z} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{I_z}} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{b^3 \cdot h}{12}}} = \frac{l_{i,z}}{0,289 \cdot b} = \frac{3202}{0,289 \cdot 160} = 69,25$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 69,25 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 1,11$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_z = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,50)) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (1,11 - 0,50)) + 1,11^2 = 1,15$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,15 + \sqrt{1,15^2 - 1,11^2}} = 0,69$$

Proračunska vrijednost tlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{c,0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,00$$

$$\frac{8,85}{0,69 \cdot 16,62} = 0,77 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,00$$

$$\frac{8,85}{0,69 \cdot 16,62} = 0,77 < 1,00$$

Element presjeka 160/160 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 77 %.

5.5. DIMENZIONIRANJE STUPA

5.5.1. Provjera nosivosti na posmik u ležaju

Proračunska vrijednost posmičnog napreznja:

$$\tau_{v,d} = \frac{V_d}{A_{\text{eff}}} = \frac{V_d}{b_{\text{eff}} \cdot h_a} = \frac{V_d}{k_{\text{cr}} \cdot b \cdot h_a} = \frac{1,00 \cdot 10^3}{0,67 \cdot 220 \cdot 220} = 0,03 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja oslabljenja poprečnog presjeka elementa:

predmetni element nije oslabljen na opterećenom rubu (nije zasječen u ležaju)

$$k_v = 1,00$$

Proračunska vrijednost posmične čvrstoće:

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{2,70}{1,30} = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na posmik:

$$\frac{\tau_{v,d}}{k_v \cdot f_{v,d}} \leq 1,00$$
$$\frac{0,03}{1,00 \cdot 1,87} = 0,02 < 1,00$$

Element presjeka 220/220 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 2 %.

5.5.2. Provjera nosivosti na tlak paralelno s vlakancima i savijanje (s dokazom stabilnosti)

Proračunska vrijednost tlačnog napreznja paralelno s vlakancima:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,0,d}}{A} = \frac{F_{c,0,d}}{b \cdot h} = \frac{201,59 \cdot 10^3}{220 \cdot 220} = 4,17 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi y:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,y} = 6500 \text{ mm}$

$$\lambda_y = \frac{l_{i,y}}{i_y} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{I_y}{A}}} = \frac{l_{i,y}}{\sqrt{\frac{b \cdot h^3}{12 \cdot b \cdot h}}} = \frac{l_{i,y}}{0,289 \cdot h} = \frac{6500}{0,289 \cdot 220} = 102,23$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 102,23 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 1,64$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_y = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,50) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (1,64 - 0,50) + 1,64^2) = 1,91$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,91 + \sqrt{1,91^2 - 1,64^2}} = 0,35$$

Koeficijent utjecaja izvijanja oko osi z:

predmetni element ima duljinu izvijanja jednaku $l_{i,z} = 3250$ mm

$$\lambda_z = \frac{l_{i,z}}{i_z} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{I_z}{A}}} = \frac{l_{i,z}}{\sqrt{\frac{b^3 \cdot h}{12}}}{\frac{l_{i,z}}{0,289 \cdot b}} = \frac{l_{i,z}}{0,289 \cdot b} = \frac{3250}{0,289 \cdot 220} = 51,12$$

$$\lambda_{rel,z} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\pi^2 \cdot E_{0,05}}} = 51,12 \cdot \sqrt{\frac{24,00}{\pi^2 \cdot 9400}} = 0,82$$

predmetni element načinjen je od lijepljenog lameliranog drva, pa se uvažava vrijednost $\beta_c = 0,10$

$$k_z = 0,50 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,50) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,50 \cdot (1 + 0,10 \cdot (0,82 - 0,50) + 0,82^2) = 0,85$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,85 + \sqrt{0,85^2 - 0,82^2}} = 0,92$$

Proračunska vrijednost tlačne čvrstoće paralelno s vlakancima:

$$f_{c,0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent oblika poprečnog presjeka napregnutog savijanjem:

predmetni element je pravokutnog poprečnog presjeka

$$k_m = 0,70$$

Proračunska vrijednost naprezanja od savijanja:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{M_{y,d}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{1,66 \cdot 10^6}{\frac{220 \cdot 220^2}{6}} = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{M_{z,d}}{\frac{b^2 \cdot h}{6}} = \frac{0,00 \cdot 10^6}{\frac{220^2 \cdot 220}{6}} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

Koeficijent utjecaja bočno torzijskog izvijanja oko osi y:

predmetni element ima efektivne duljine izvijanja jednake $l_{eff,y} = 3250$ mm i $l_{eff,z} = 6500$ mm

$$\sigma_{m,crit,y} = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{eff,y}} \cdot \sqrt{\frac{G_{0,mean}}{E_{0,mean}}} = \frac{\pi \cdot 220^2 \cdot 9400}{220 \cdot 3250} \cdot \sqrt{\frac{720}{11600}} = 498,03$$

$$\lambda_{rel,m,y} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit,y}}} = \sqrt{\frac{24,00}{498,03}} = 0,22 < 0,75$$

$$k_{\text{crit},y} = 1,00$$

Proračunska vrijednost čvrstoće na savijanje:

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,90 \cdot \frac{24,00}{1,30} = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

Dokaz nosivosti elementa na tlak paralelno s vlakancima s izvijanjem i savijanje s bočnim izvijanjem:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \cdot f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\frac{4,17}{0,35 \cdot 16,62} + \left(\frac{0,94}{1,00 \cdot 16,62} + 0,70 \cdot \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,78 < 1,00$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{\text{crit},y} \cdot f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \right) \leq 1,00$$

$$\frac{4,17}{0,92 \cdot 16,62} + \left(0,70 \cdot \frac{0,94}{1,00 \cdot 16,62} + \frac{0,00}{16,62} \right) = 0,31 < 1,00$$

Element presjeka 220/220 mm zadovoljava uvjete nosivosti uz iskoristivost 78 %.

5.6. PROVJERA GRANIČNOG STANJA UPORABIVOSTI

5.6.1. Proračunska vrijednost progiba od promjenjivih djelovanja i ukupnog progiba

Proračunske vrijednosti progiba za mjerodavnu kombinaciju djelovanja:

$$u_{2,inst} = 21,40 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin} = 59,30 \text{ mm}$$

5.6.2. Provjera uporabivosti

Granična vrijednost progiba:

$$\max u_{2,inst} = \frac{l}{600} = \frac{25000}{600} = 41,67 \text{ mm}$$

$$\max u_{net,fin} = \frac{l}{400} = \frac{25000}{400} = 62,50 \text{ mm}$$

Mjerodavna vrijednost progiba:

$$u_{2,inst} = 21,40 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin} = 59,30 \text{ mm}$$

Dokaz uporabivosti elementa:

$$\frac{u_{2,inst}}{l} \leq 1,00$$

$$\frac{21,40}{41,67} = 0,51 < 1,00$$

$$\frac{u_{net,fin}}{l} \leq 1,00$$

$$\frac{59,30}{62,50} = 0,95 < 1,00$$

Rešetka pretpostavljenih karakteristika zadovoljava uvjete uporabivosti uz iskoristivost 95 %.