

Să se dimensioneze elementele unei șarpante din lemn având următoarele caracteristici:

- clasa de calitate a lemnului: I
- clasa de exploatare: 2
- modul de tratare a lemnului: ignifugat
- date geometrice:- deschiderea: $L= 7,0$ m
- înălțimea: $H= 3,5$ m
- amplasament: - zona de acțiune a zăpezii : $s_{ok}= 1,5$ KN/m²
- zona de acțiune a vântului : $p = 0,5$ KPa.
- învelitoarea : țiglă din beton ($g_{inv}=50$ daN/m²).

Calculule se vor efectua conform Normativului NP 005-2003 și EUROCODE 5.

Valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă pe acoperiș se calculează conform CR 1-1-3-2006:

$$s_k = 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 150 = 240 \text{ daN/m}^2$$

Presiunea vântului la înălțimea $z=10$ m deasupra terenului se calculează conform NP 082-2004 și se consideră pe zona H cu valoarea:

$$w(10) = 0,4 \text{ KPa} = 40 \text{ daN/m}^2$$

Ipoteze de încărcare conform CR 0-2005:

$$1,35 \sum_{j=1}^n G_{kj} + 1,5 \cdot Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} - \text{pentru calculul la starea limită de rezistență (A);}$$

În cazul unui acoperiș acționat predominant de efectele zăpezii, relația se scrie:

$$1,35 \sum_{j=1}^n G_{kj} + 1,5 \cdot Z_k + 1,05 \cdot (V_k \text{ sau } U_k) - \text{pentru calculul la starea limită de rezistență (A);}$$

$$\psi_{0,i} = 0,7 \text{ conform CR 0-2005}$$

$$\sum_{j=1}^n G_{kj} + Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} - \text{pentru calculul la starea limită de serviciu (starea limită de exploatare normală) (B).}$$

Observație: În cazul șipcilor nu se iau în calcul încărcările utile U_k (omul cu uneltele sale).

6.1. Calculul elementelor șarpantei conform NP 005-2003

6.1.1. Dimensionarea și verificarea șipcilor

A. Calculul la starea limită de rezistență

Relața de verificare este:

$$\frac{M_{ef}^y}{M_r^y} + \frac{M_{ef}^z}{M_r^z} \leq 1,0$$

Șipca se va considera o grindă simplu rezemată cu deschiderea "c", egală cu distanța dintre axele căpriorilor (c=60...90cm).

Șipcile sunt supuse la încovoiere pe două direcții (încovoiere oblică).

Distanța dintre șipci (interax) „s” se alege în funcție de tipul de țiglă (specificată de producător).

Se va considera:

$$s = 30 \text{ cm}$$

Distanța dintre axele căpriorilor se va alege:

$$c = 70 \text{ cm}$$

Determinarea unghiului α :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L/2} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot H}{L}$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2 \cdot 3,5}{7,0} = \operatorname{arctg} 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

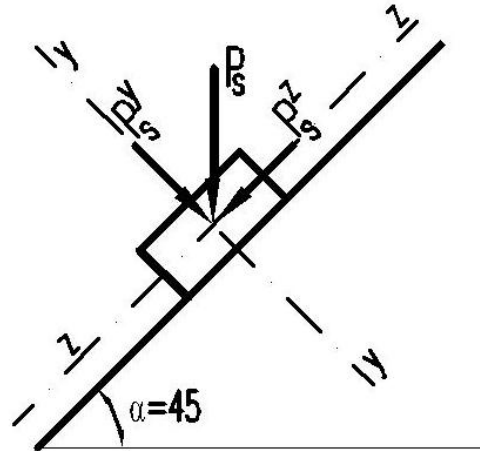


Fig. 1: Proiecția forței după axele y-y și z-z.

Forțele se proiectează după direcțiile axelor y-y, respectiv z-z (Fig. 1)

$$\cos \alpha = \frac{P_s^y}{P_s} \Rightarrow P_s^y = P_s \cdot \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{P_s^z}{P_s} \Rightarrow P_s^z = P_s \cdot \sin \alpha$$

Determinarea încărcărilor permanente care acționează asupra șipcii:

Valoarea densității lemnului de brad pentru stabilirea greutateii șipcilor este conform tabelului 3. din Anexă:

$$\rho_{0,95} = 480 \text{ Kg/m}^3$$

Dimensiunile șipcilor se aleg conform tabelului 1.15:

$$b_s = 58 \text{ mm}$$

$$h_s = 38 \text{ mm}$$

$$g_{\text{propriu}}^s = b_s \cdot h_s \cdot \rho_{0,95} \Rightarrow g_{\text{propriu}}^s = 0,058 \cdot 0,038 \cdot 480 = 1,06 \text{ daN/m}$$

Învelitoarea este din țiglă de beton: $g_{\text{propriu}}^{\text{inv}} = 50 \text{ daN/m}^2$

Încărcarea din învelitoare care îi revine unei șipci este:

$$g_s^{\text{inv}} = \frac{g_{\text{propriu}}^{\text{inv}}}{\cos \alpha} \cdot s = \frac{50}{\cos 45} \cdot 0,3 = 21,21 \text{ daN/m}$$

Încărcarea totală ce acționează pe șipcă este:

$$P_s^{\text{perm}} = g_s^{\text{propriu}} + g_s^{\text{inv}} = 1,06 + 21,21 = 22,27 \text{ daN/m}$$

Încărcarea totală de calcul ce acționează pe șipcă este:

$$P_s^{\text{perm,c}} = 1,35 \cdot 22,27 = 30,06 \text{ daN/m}$$

Componentele după axele y-y și z-z vor fi:

$$P_s^{\text{perm,c(y)}} = P_s^{\text{perm,c}} \cdot \cos \alpha = 30,06 \cdot \cos 45 = 21,26 \text{ daN/m}$$

$$P_s^{\text{perm,c(z)}} = P_s^{\text{perm,c}} \cdot \sin \alpha = 30,06 \cdot \sin 45 = 21,26 \text{ daN/m}$$

Determinarea încărcărilor temporare (de lungă durată) date de zăpada care acționează asupra șipcilor:

Încărcarea din zăpadă care îi revine unei șipci este:

$$P_s^{\text{zap}} = s_k \cdot \cos \alpha \cdot s = 240 \cdot \cos 45 \cdot 0,3 = 50,91 \text{ daN/m}$$

Încărcarea din zăpadă, de calcul care îi revine unei șipci este:

$$P_s^{\text{zap,c}} = 1,5 \cdot 50,91 = 76,37 \text{ daN/m}$$

Componentele după axele y-y și z-z vor fi:

$$P_s^{\text{zap,c(y)}} = P_s^{\text{zap,c}} \cdot \cos \alpha = 76,37 \cdot \cos 45 = 54,0 \text{ daN/m}$$

$$P_s^{\text{zap,c(z)}} = P_s^{\text{zap,c}} \cdot \sin \alpha = 76,37 \cdot \sin 45 = 54,0 \text{ daN/m}$$

Determinarea încărcărilor temporare (de scurtă durată) date de vântul care acționează asupra șipcilor:

Încărcarea din vânt, care îi revine unei șipci (numai pe direcția axei y-y) este:

$$P_s^{\text{vant(y)}} = w(10) \cdot s = 40 \cdot 0,3 = 12,0 \text{ daN/m}$$

Încărcarea din vânt, de calcul care îi revine unei șipci este:

$$P_s^{\text{vant,c(y)}} = 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot P_s^{\text{vant(y)}} = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 12,0 = 12,6 \text{ daN/m}$$

Determinarea momentelor încovoietoare efective M_{ef}^y și M_{ef}^z

$$M_{\text{ef}}^y = \frac{P_s^{\text{perm,c(z)}} \cdot c^2}{8} + \frac{P_s^{\text{zap,c(z)}} \cdot c^2}{8} = \frac{21,26 \cdot 0,7^2}{8} + \frac{54,0 \cdot 0,7^2}{8} = 1,30 + 3,31$$

$$M_{\text{ef}}^y = 4,61 \text{ daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^z = \frac{P_s^{\text{perm,c(y)}} \cdot c^2}{8} + \frac{P_s^{\text{zap,c(y)}} \cdot c^2}{8} + \frac{P_s^{\text{vant,c(y)}} \cdot c^2}{8} = \frac{21,33 \cdot 0,7^2}{8} + \frac{54,0 \cdot 0,7^2}{8} + \frac{12,6 \cdot 0,7^2}{8} = 1,30 + 3,31 + 0,77$$

$$M_{\text{ef}}^z = 5,02 \text{ daNm}$$

Determinarea capacităților portante ale șipcii pe cele două direcții M_r^y și M_r^z

$$M_r^y = R_i^c \cdot W_{\text{calc}}^y \cdot m_{T,i}$$

$$W_{\text{calc}}^y = \frac{h_s \cdot b_s^2}{6} = \frac{3,8 \cdot 5,8^2}{6} = 21,31 \text{ cm}^3$$

$$R_i^c = m_{u,i} \cdot m_{d,i} \cdot \frac{R_i}{\gamma_i} \quad (\text{rezistența de calcul la încovoiere})$$

unde: R_i - este rezistența caracteristică a lemnului la încovoiere; $R_i = 240 \text{ daN/cm}^2$, conform tabelului 3.3 pentru lemn de brad, calitatea I;

$m_{u,i} = 0,9$ - coeficient al condițiilor de lucru conform tabelului 3.4 pentru lemn de rășinoase, clasa de exploatare 2 în cazul elementelor solicitate la încovoiere statică;

$m_{d,i}$ - coeficient în funcție de durata de acțiune a încărcării, conform tabelului 3.5;

$$m_{d,i} = \frac{\text{perm} \cdot 0,55 + \text{temp.lunga.durata} \cdot 0,65}{\text{perm} + \text{temp.lunga.durata}}$$

$$m_{d,i} = \frac{21,26 \cdot 0,55 + 54,0 \cdot 0,65}{21,26 + 54,0} = \frac{46,79}{75,26} = 0,62$$

$\gamma_i = 1,10$ - coeficient parțial de siguranță conform tabelului 3.6 pentru solicitarea de încovoiere;

$$\Rightarrow R_i^c = 0,9 \cdot 0,62 \cdot \frac{240}{1,10} = 121,75 \text{ daN/cm}^2$$

$m_{T,i} = 0,9$ conf. tabelului 3.10 pentru lemn ignifugat și clasa de exploatare 2;

$$\Rightarrow M_r^y = 121,75 \cdot 21,31 \cdot 0,9 = 2334,28 \text{ daNcm} = 23,34 \text{ daNm}$$

$$M_r^z = R_i^c \cdot W_{\text{calc}}^z \cdot m_{T,i}$$

$$W_{\text{calc}}^z = \frac{b_s \cdot h_s^2}{6} = \frac{5,8 \cdot 3,8^2}{6} = 13,96 \text{ cm}^3$$

$$R_i = 240 \text{ daN/cm}^2$$

$$m_{u,i} = 0,9$$

$$m_{d,i} = \frac{\text{perm} \cdot 0,55 + \text{temp.lunga.durata} \cdot 0,65 + \text{temp.scurta.durata} \cdot 1,0}{\text{perm} + \text{temp.lunga.durata} + \text{temp.scurta.durata}}$$

$$m_{d,i} = \frac{21,26 \cdot 0,55 + 54,0 \cdot 0,65 + 12,6 \cdot 1,0}{21,26 + 54,0 + 12,6} = \frac{59,39}{87,86} = 0,68$$

$$m_{T,i} = 0,9$$

$$R_i^c = 0,9 \cdot 0,68 \cdot \frac{240}{1,10} = 133,53 \text{ daN/cm}^2$$

$$\Rightarrow M_r^z = 133,53 \cdot 13,96 \cdot 0,9 = 1677,67 \text{ daNcm} = 16,78 \text{ daNm}$$

Relația de verificare este:

$$\frac{M_{\text{max}}^y}{M_r^y} + \frac{M_{\text{max}}^z}{M_r^z} \leq 1,0$$

$$\frac{4,61}{23,34} + \frac{5,38}{16,78} = 0,52 < 1,0$$

B. Calculul la starea limită de serviciu (starea limită de exploatare normală)

Se verifică dacă săgeata maximă din încovoierea oblică este mai mică decât săgeata admisibilă, dată în tabelul 3.17.

$$f_{\text{max,finala}} \leq f_{\text{adm}}$$

$$f_{\text{adm}} = \frac{l_c}{150}$$

$$l_c = c = 70 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow f_{\text{max,finala}} = \sqrt{(f_{\text{max,fin}}^y)^2 + (f_{\text{max,fin}}^z)^2} \leq f_{\text{adm}}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea permanentă după cele două axe y-y și z-z :

$$f_{\text{perm}}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_s^{\text{perm}(y)} \cdot c^4}{E \cdot I_z} (1 + K_{1\text{def}})$$

$$P_s^{\text{perm}(y)} = P_s^{\text{perm}} \cdot \cos \alpha = 22,27 \cdot \cos 45^\circ = 15,75 \text{ daN/m}$$

$$E = E_{0,05} = 90000 \text{ N/mm}^2 = 90000 \text{ daN/cm}^2, \text{ conform tabelului 3.12.}$$

$$I_z = \frac{b_s \cdot h_s^3}{12} = \frac{5,8 \cdot 3,8^3}{12} = 26,52 \text{ cm}^4$$

$K_{1\text{def}} = 0,5$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări permanente și clasa de exploatare 2

$$\Rightarrow f_{\text{perm}}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{15,75 \cdot 10^{-2} \cdot 70^4}{90000 \cdot 26,52} (1 + 0,5) = 0,03 \text{ cm}$$

$$f_{\text{perm}}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_s^{\text{perm}(z)} \cdot c^4}{E \cdot I_y} (1 + K_{1\text{def}})$$

$$P_s^{\text{perm}(z)} = P_s^{\text{perm}} \cdot \sin \alpha = 22,27 \cdot \sin 45^\circ = 15,75 \text{ daN/m}$$

$$I_y = \frac{h_s \cdot b_s^3}{12} = \frac{3,8 \cdot 5,8^3}{12} = 61,79 \text{ cm}^4$$

$$\Rightarrow f_{\text{perm}}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{15,75 \cdot 10^{-2} \cdot 70^4}{90000 \cdot 61,79} (1 + 0,5) = 0,01 \text{ cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de lungă durată (zăpada) după cele două axe y-y și z-z :

$$f_{\text{zap}}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_s^{\text{zap}(y)} \cdot c^4}{E \cdot I_z} (1 + K_{2\text{def}})$$

$$P_s^{\text{zap}(y)} = P_s^{\text{zap}} \cdot \cos \alpha = 50,81 \cdot \cos 45^\circ = 36,0 \text{ daN/m}$$

$K_{2\text{def}} = 0,25$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări temporare de lungă durată și clasa de exploatare 2.

$$\Rightarrow f_{\text{zap}}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{36,0 \cdot 10^{-2} \cdot 70^4}{90000 \cdot 26,52} (1 + 0,25) = 0,06 \text{ cm}$$

$$f_{\text{zap}}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_s^{\text{zap}(z)} \cdot c^4}{E \cdot I_y} (1 + K_{2\text{def}})$$

$$P_s^{\text{zap}(z)} = P_s^{\text{zap}} \cdot \sin \alpha = 50,81 \cdot \sin 45^\circ = 36,0 \text{ daN/m}$$

$$\Rightarrow f_{\text{zap}}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{36,0 \cdot 10^{-2} \cdot 70^4}{90000 \cdot 61,79} (1 + 0,25) = 0,03 \text{ cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de scurtă durată (vântul) după axa y-y:

$$f_{\text{vant}}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{\Psi_{0,i} \cdot P_s^{\text{vant}(y)} \cdot c^4}{E \cdot I_z} (1 + K_{2\text{def}})$$

$$\Psi_{0,i} = 0,7 - \text{conform CR 0 - 2005}$$

$K_{2def} = 0$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări temporare de scurtă durată și clasa de exploatare 2.

$$\Rightarrow f_{vant}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,7 \cdot 12,0 \cdot 10^{-2} \cdot 70^4}{90000 \cdot 26,52} (1+0) = 0,01\text{cm}$$

Săgeata maximă finală va fi:

$$f_{max,final} = \sqrt{(f_{perm}^y + f_{zap}^y + f_{vant}^y)^2 + (f_{perm}^z + f_{zap}^z)^2}$$

$$\Rightarrow f_{max,final} = \sqrt{(0,03 + 0,06 + 0,01)^2 + (0,01 + 0,03)^2} = \sqrt{0,01 + 1,6 \cdot 10^{-3}} = 0,11\text{cm}$$

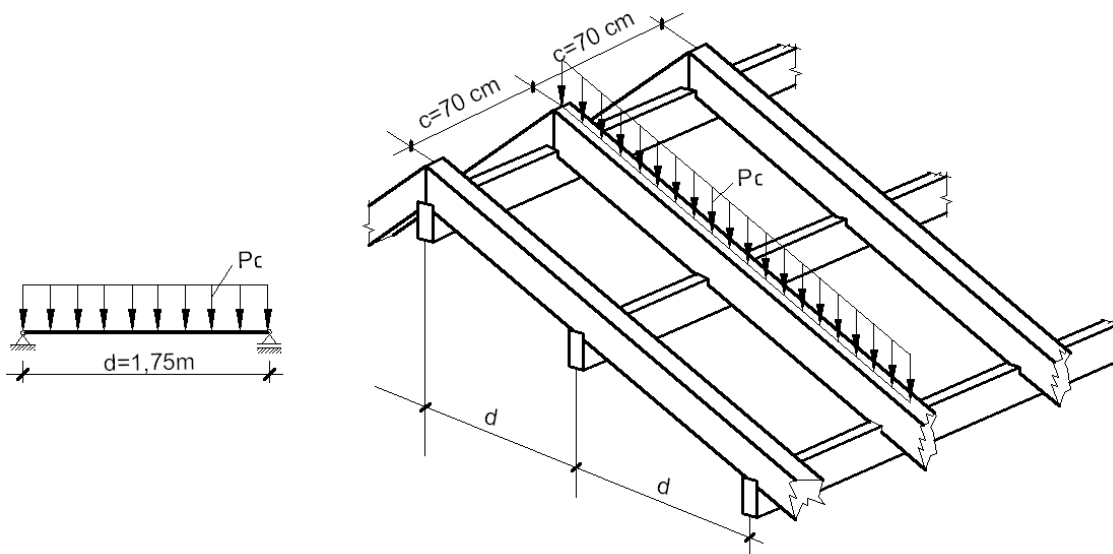
$$f_{adm} = \frac{c}{150} = \frac{70}{150} = 0,47\text{cm}$$

$$f_{max,final} = 0,11\text{cm} < f_{adm} = 0,47\text{cm}$$

6.1.2. Dimensionarea și verificarea căpriorilor

A. Calculul la starea limită de rezistență

Relația de verificare este: $\frac{M_{ef}}{M_r} \leq 1,0$



Determinarea încărcărilor permanente care acționează asupra căpriorului

- greutatea proprie a învelitorii:

$$g_c^{inv} = \frac{g_{pr}^{inv}}{\cos \alpha} \cdot c = \frac{50}{\cos \alpha} \cdot 0,7 = 49,5\text{daN/m}$$

- greutatea proprie a unui căprior:

Dimensiunile secțiunii transversale se aleg conform tabelului 1.16 (multiplu de 1 cm) și din condiția de asigurare la flambaj lateral conform tabelului 3.16.

$$b_c = 10\text{cm}$$

$$h_c = 12\text{cm}$$

$$g_c^{\text{propr}} = \frac{b_c \cdot h_c \cdot \rho_{0,95}}{\cos \alpha} = \frac{0,10 \cdot 0,12 \cdot 480}{\cos 45} = 8,15\text{daN/m}$$

- greutatea proprie a șipcilor:

$$g_c^{\text{șipci}} = \frac{b_s \cdot h_s \cdot \rho_{0,95} \cdot \text{nr.buc/m}}{\cos \alpha} \cdot c = \frac{0,058 \cdot 0,038 \cdot 480 \cdot 3}{\cos 45} \cdot 0,70 = 3,14\text{daN/m}$$

Încărcarea permanentă totală care acționează pe un căprior este:

$$P_c^{\text{perm}} = g_c^{\text{inv}} + g_c^{\text{propr}} + g_c^{\text{șipci}} = 49,5 + 8,15 + 3,14 = 60,79\text{daN/m}$$

Încărcarea permanentă de calcul care acționează pe un căprior este:

$$P_c^{\text{perm,c}} = 1,35 \cdot P_c^{\text{perm}} = 1,35 \cdot 60,79 = 82,07\text{daN/m}$$

Determinarea încărcărilor temporare (de lungă durată) date de zăpada care acționează asupra căpriorilor:

Încărcarea din zăpadă, care îi revine unui căprior este:

$$P_c^{\text{zap}} = s_k \cdot \cos \alpha \cdot c = 240 \cdot \cos 45 \cdot 0,7 = 118,79\text{daN/m}$$

Încărcarea din zăpadă, de calcul care îi revine unui căprior este:

$$P_c^{\text{zap,c}} = 1,5 \cdot P_c^{\text{zap}} = 1,5 \cdot 118,79 = 179,19\text{daN/m}$$

Determinarea încărcărilor temporare (de scurtă durată)

- cele date de sarcina utilă, aplicată în poziția cea mai defavorabilă (la mijlocul grinzii), considerată ca fiind greutatea unui om cu unelte:

$$P_c^{\text{om}} = 100\text{daN}$$

Încărcarea de calcul dată de sarcina utilă va fi:

$$P_c^{\text{om,c}} = 1,5 \cdot \psi_{0,j} \cdot P_c^{\text{om}} = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 100 = 105\text{daN}$$

- cele date de vântul care acționează asupra căpriorilor:

Acțiunea din vânt nu se ia în considerare deoarece momentul încovoietor ($M_{\text{ef}}^{\text{vant}}$) dat de încărcarea din vânt (proiecția verticală a acesteia) are valoare mai mică decât momentul încovoietor (M_{ef}^{P}) dat de încărcarea utilă (omul cu unelte sale):

$$M_{\text{ef}}^{\text{vant}} = \frac{[(w(10) \cdot c) \cdot \cos \alpha] \cdot d^2}{8} = \frac{[(40 \cdot 0,7) \cdot \cos 45] \cdot 1,75^2}{8} = 7,58\text{daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^{\text{P}} = \frac{P^{\text{om}} \cdot d}{4} = \frac{100 \cdot 1,75}{4} = 43,75\text{daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^{\text{vant}} < M_{\text{ef}}^{\text{P}}$$

Determinarea momentului încovoietor efectiv M_{ef}

$$M_{ef} = \frac{P_c^{perm,c} \cdot d^2}{8} + \frac{P_c^{zap,c} \cdot d^2}{8} + \frac{P_c^{om,c} \cdot d}{4} = \frac{82,07 \cdot 1,75^2}{8} + \frac{179,19 \cdot 1,75^2}{8} + \frac{105 \cdot 1,75}{4}$$

$$M_{ef} = 145,95 \text{ daNm}$$

Determinarea capacității portante M_r

$$M_r = R_i^c \cdot W_{calc} \cdot m_{T,i}$$

$$W_{calc} = \frac{b_c \cdot h_c^2}{6} = \frac{10 \cdot 12^2}{6} = 240 \text{ cm}^3$$

$$R_i^c = m_{u,i} \cdot m_{d,i} \cdot \frac{R_i}{\gamma_i}$$

$$R_i = 240 \text{ daN/cm}^2$$

$$m_{u,i} = 0,9$$

$$\gamma_i = 1,10$$

$$m_{d,i} = \frac{\text{perm} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot 0,55 + \text{temp.l.d.} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot 0,65 + \text{temp.s.d.} \cdot 1,0}{\text{perm} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} + \text{temp.l.d.} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} + \text{temp.s.d.}}$$

$$m_{d,i} = \frac{82,07 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 0,55 + 179,19 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 0,65 + 105 \cdot 1,0}{82,07 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} + 179,19 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} + 105} = \frac{505,0}{751,6} = 0,67$$

$$m_{T,i} = 0,9$$

$$\Rightarrow R_i^c = 0,9 \cdot 0,67 \cdot \frac{240}{1,10} = 131,6 \text{ daN/cm}^2$$

$$M_r = 131,6 \cdot 240 \cdot 0,9 = 28417,75 \text{ daNm}$$

$$\frac{M_{ef}}{M_r} = \frac{145,95}{284,18} = 0,51 < 1,0$$

B. Calculul la starea limită de serviciu (starea limită de exploatare normală)

Se verifică dacă săgeata maximă din încovoierea simplă este mai mică decât săgeata admisibilă, dată în tabelul 3.17

$$f_{max,finala} \leq f_{adm}$$

$$f_{adm} = \frac{l_c}{200}$$

$$l_c = d = 175 \text{ cm}$$

$$f_{max,finala} = f_{perm} + f_{zap} + f_{om}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea permanentă

$$f_{perm} = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_c^{perm} \cdot d^4}{E \cdot I} \cdot (1 + K_{1,def})$$

$$I = \frac{b_c \cdot h_c^3}{12} = \frac{10 \cdot 12^3}{12} = 1440 \text{ cm}^4$$

$$K_{1,def} = 0,5 \text{ conform tabelului 3.19.}$$

$E = 90000 \text{ daN/cm}^2$, conform tabelului 3.12.

$$f_{\text{perm}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{60,79 \cdot 10^{-2} \cdot 175^4}{90000 \cdot 1440} \cdot (1 + 0,5) = 0,09 \text{ cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de lungă durată (zăpada)

$$f_{\text{zap}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_c^{\text{zap}} \cdot d^4}{E \cdot I} \cdot (1 + K_{2,\text{def}})$$

$K_{2,\text{def}} = 0,25$ conform tabelului 3.19.

$$\Rightarrow f_{\text{zap}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{118,79 \cdot 10^{-2} \cdot 175^4}{90000 \cdot 1440} \cdot (1 + 0,25) = 0,14 \text{ cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de scurtă durată (omul cu uneltele)

$$f_{\text{om}} = \frac{\psi_{0,i} \cdot P_c^{\text{om}} d^3}{48 \cdot E \cdot I} (1 + K_{2,\text{def}})$$

$K_{2,\text{def}} = 0$ conform tabelului 3.19.

$$\Rightarrow f_{\text{om}} = \frac{0,7 \cdot 100 \cdot 175^3}{48 \cdot 90000 \cdot 1440} (1 + 0) = 0,06 \text{ cm}$$

$$f_{\text{max,finala}} = f_{\text{perm}} + f_{\text{zap}} + f_{\text{om}} = 0,09 + 0,14 + 0,06 = 0,29 \text{ cm}$$

$$f_{\text{max,finala}} = 0,29 \text{ cm} < f_{\text{adm}} = \frac{175}{200} = 0,88 \text{ cm}$$

6.1.3. Dimensionarea și verificarea panelor

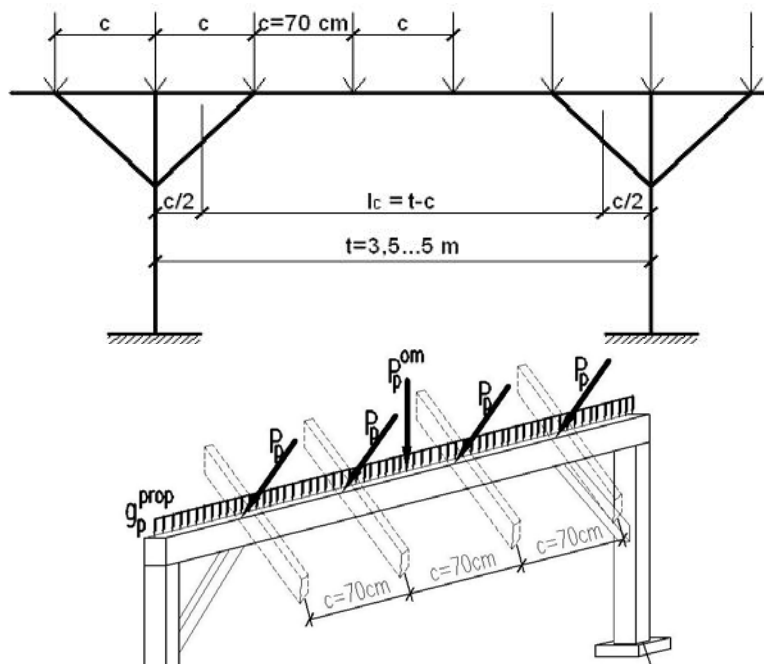
A. Calculul la starea limită de rezistență

Panele se consideră grinzi simplu rezemate pe popi. Deschiderea de calcul " l_c " se determină scăzând distanța „c” dintre doi căpriori din distanța totală „t” dintre popi, datorită prezenței contrafișelor montate la 45° .

$$t = 5 \cdot c = 5 \cdot 0,7 = 3,5 \text{ m}$$

$$t - c = 3,5 - 0,7 = 2,8 \text{ m}$$

$$\Rightarrow l_c = 2,8 \text{ m}$$



Pana curentă este solicitată la încovoiere oblică. Se va neglija efectul torsiunii.

Relația de verificare este:

$$\frac{M_{ef}^y}{M_r^y} + \frac{M_{ef}^z}{M_r^z} \leq 1,0$$

Determinarea încărcărilor permanente care acționează asupra panei prin intermediul căpriorilor

- greutatea proprie a învelitorii:

$$P_p^{inv} = \left(\frac{g_{prop}^{inv}}{\cos \alpha} \cdot c \right) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d}{\cos \alpha} = \left(\frac{50}{\cos 45} \cdot 0,7 \right) \cdot \cos 45 \cdot \frac{1,75}{\cos 45}$$

$$P_p^{inv} = 86,62 \text{ daN}$$

$$P_p^{inv,c} = 1,35 \cdot P_p^{inv} = 1,35 \cdot 86,62 = 116,94 \text{ daN}$$

- greutatea proprie a șipcilor:

$$P_p^{sipci} = \left(\frac{b_s \cdot h_s \cdot \rho_{0,95}}{\cos \alpha} \cdot \frac{nr.buc}{m} \cdot c \right) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d}{\cos \alpha} =$$

$$= \left(\frac{0,058 \cdot 0,038 \cdot 480}{\cos 45} \cdot 3 \cdot 0,70 \right) \cdot \cos 45 \cdot \frac{1,75}{\cos 45}$$

$$P_p^{sipci} = 5,5 \text{ daN}$$

$$P_p^{sipci,c} = 1,35 \cdot P_p^{sipci} = 1,35 \cdot 5,5 = 7,43 \text{ daN}$$

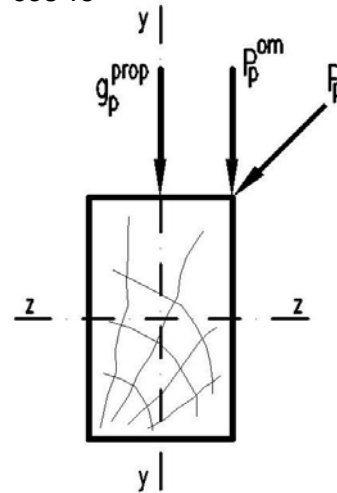
- greutatea proprie a căpriorilor:

$$P_p^{capr} = \left(\frac{b_c \cdot h_c \cdot \rho_{0,95}}{\cos \alpha} \right) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d}{\cos \alpha} = \left(\frac{0,10 \cdot 0,12 \cdot 480}{\cos 45} \right) \cdot \cos 45 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} =$$

$$P_p^{capr} = 14,26 \text{ daN}$$

$$P_p^{capr,c} = 1,35 \cdot P_p^{capr} = 1,35 \cdot 14,26 = 19,25 \text{ daN}$$

- greutatea proprie a panei:



Dimensiunile secțiunii transversale a panelor se alege conform tabelului 1.16 și tabelului 3.16.

$$b_p = 15\text{cm}$$

$$h_p = 20\text{cm}$$

$$\Rightarrow g_p^{\text{prop}} = b_p \cdot h_p \cdot \rho_{0,95} = 0,15 \cdot 0,20 \cdot 480 = 14,4\text{daN/m}$$

$$g_p^{\text{prop,c}} = 1,35 \cdot g_p^{\text{prop}} = 1,35 \cdot 14,4 = 19,44\text{daN/m}$$

Determinarea încărcărilor temporare de lungă durată (din zăpadă) care acționează asupra paniei prin intermediul capriorilor

$$P_p^{\text{zap}} = (s_k \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha \cdot c \cdot \frac{d}{\cos \alpha} = (240 \cdot \cos 45) \cdot \cos 45 \cdot 0,70 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} = 207,9\text{daN}$$

$$P_p^{\text{zap,c}} = 1,5 \cdot P_p^{\text{zap}} = 1,5 \cdot 207,9 = 311,85\text{daN}$$

Determinarea încărcărilor temporare de scurtă durată (utile) ce acționează asupra paniei, date de un om cu uneltele sale

$$P_p^{\text{om}} = 100\text{daN}$$

$$P_p^{\text{om,c}} = 1,05 \cdot P_p^{\text{om}} = 1,05 \cdot 100 = 105\text{daN}$$

Acțiunea din vânt nu se ia în considerare deoarece momentul încovoietor ($M_{\text{ef}}^{\text{vant}}$) dat de încărcarea din vânt (proiecția verticală a acesteia) are valoare mai mică decât momentul încovoietor (M_{ef}^{P}) dat de încărcarea utilă (omul cu uneltele sale):

$$M_{\text{ef}}^{\text{vant}} = \frac{\left[\left(w(10) \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \right) \cdot \cos \alpha \right] \cdot l_c^2}{8} = \frac{\left[\left(40 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \right) \cdot \cos 45 \right] \cdot 2,8^2}{8} = 68,6\text{daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^{\text{P}} = \frac{P_p^{\text{om}} \cdot l_c}{4} = \frac{100 \cdot 2,8}{4} = 70,0\text{daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^{\text{vant}} < M_{\text{ef}}^{\text{P}}$$

Determinarea momentelor încovoietoare efective M_{ef}^y și M_{ef}^z

$$P_p = P_p^{\text{inv,c}} + P_p^{\text{spici,c}} + P_p^{\text{capr,c}} + P_p^{\text{zap,c}} = 116,93 + 7,43 + 19,25 + 311,85 = 455,47\text{daN}$$

$$P_p^{(y)} = P_p \cdot \cos \alpha = 455,47 \cdot \cos 45 = 322,07\text{daN}$$

$$P_p^{(z)} = P_p \cdot \sin \alpha = 455,47 \cdot \sin 45 = 322,07\text{daN}$$

$$M_{\text{ef}}^y = \frac{\left(\frac{P_p^{(z)} \cdot 4}{l_c} \right) \cdot l_c^2}{8} = \frac{\left(\frac{322,07 \cdot 4}{2,80} \right) \cdot 2,80^2}{8} = 450,90\text{daNm}$$

$$M_{\text{ef}}^z = \frac{g_p^{\text{prop,c}} \cdot l_c^2}{8} + \frac{P_p^{\text{om,c}} \cdot l_c}{4} + \frac{\left(\frac{P_p^{(y)} \cdot 4}{l_c} \right) \cdot l_c^2}{8} = \frac{19,44 \cdot 2,8^2}{8} + \frac{105 \cdot 2,8}{4} + \frac{\left(\frac{322,07 \cdot 4}{2,80} \right) \cdot 2,80^2}{8}$$

$$M_{\text{ef}}^z = 543,45\text{daNm}$$

S-a aproximat încărcarea dată de cele 4 forțe concentrate P_p printr-o încărcare uniform distribuită pe ml de pană $\left(\frac{P_p \cdot 4}{l_c}\right)$

Determinarea capacităților portante ale panii pe cele două direcții M_r^y și M_r^z

$$M_r^y = R_i^c \cdot W_{\text{calc}}^y \cdot m_{T,i}$$

$$W_{\text{calc}}^y = \frac{h_p \cdot b_p^2}{6} = \frac{20 \cdot 15^2}{6} = 750 \text{cm}^3$$

$$R_i^c = m_{u,i} \cdot m_{d,i} \cdot \frac{R_i}{\gamma_i}$$

unde: R_i - este rezistența caracteristică a lemnului; $R_i = 240 \text{ daN/cm}^2$, conform tabelului 3.3 pentru lemn de brad în cazul elementelor sollicitate la încovoiere statică;
 $m_{u,i} = 0,9$ - coeficient al condițiilor de lucru conform tabelului 3.4 pentru lemn de rășinoase, clasa de exploatare 2 în cazul elementelor sollicitate la încovoiere statică;

$m_{d,i}$ - coeficient în funcție de durata de acțiune a încărcării conf. tabelului 3.5.

- încărcarea permanentă:

$$P_p^{\text{inv},c(z)} + P_p^{\text{sipci},c(z)} + P_p^{\text{capr},c(z)} = 116,94 \cdot \sin 45 + 7,43 \cdot \sin 45 + 19,25 \cdot \sin 45 = 101,55 \text{ daN}$$

- încărcarea temporară de lungă durată (zăpada):

$$P_p^{\text{zap},c(z)} = P_p^{\text{zap},c} \cdot \sin \alpha = 311,85 \cdot \sin 45 = 220,51 \text{ daN}$$

$$m_{d,i} = \frac{\text{inc.perm} \cdot 0,55 + \text{temp.lunga.durata} \cdot 0,65}{\text{inc.perm} + \text{temp.lunga.durata}}$$

$$m_{d,i} = \frac{101,55 \cdot 0,55 + 220,51 \cdot 0,65}{101,55 + 220,51} = \frac{199,18}{322,06} = 0,62$$

$\gamma_i = 1,10$ conform tabelului 3.6 pentru solicitarea de încovoiere;

$m_{T,i} = 0,9$ conf. tabelului 3.10 pentru lemn ignifugat și clasa de exploatare 2;

$$\Rightarrow R_i^c = 0,9 \cdot 0,62 \cdot \frac{240}{1,10} = 121,75 \text{ daN/cm}^2$$

$$\Rightarrow M_r^y = 121,75 \cdot 750 \cdot 0,9 = 81675 \text{ daNcm} = 816,75 \text{ daNm}$$

$$M_r^z = R_i^c \cdot W_{\text{calc}}^z \cdot m_{T,i}$$

$$W_{\text{calc}}^z = \frac{b_p \cdot h_p^2}{6} = \frac{15 \cdot 20^2}{6} = 1000 \text{cm}^3$$

$$R_i = 240 \text{ daN/cm}^2$$

$$m_{u,i} = 0,9$$

$$m_{d,i} = \frac{\text{inc.perm} \cdot 0,55 + \text{temp.lunga.durata} \cdot 0,65 + \text{inc.utile} \cdot 1,0}{\text{inc.perm} + \text{temp.lunga.durata} + \text{inc.utile}}$$

- încărcarea permanentă:

$$g_p^{\text{prop},c} \cdot l_c + \frac{(P_p^{\text{inv},c(y)} + P_p^{\text{sipci},c(y)} + P_p^{\text{capr},c(y)}) \cdot 4}{l_c} \cdot l_c =$$

$$= 19,44 \cdot 2,8 + [(116,94 + 7,43 + 19,25) \cdot \cos 45] \cdot 4 = 460,65 \text{ daN}$$

- încărcarea temporară de lungă durată (zăpada):

$$P_p^{zap,c(y)} = \frac{P_p^{zap,c} \cdot \cos \alpha \cdot 4}{I_c} \cdot I_c = \frac{311,85 \cdot \cos 45 \cdot 4}{2,8} \cdot 2,8 = 882,04 \text{ daN}$$

$$m_{d,i} = \frac{460,65 \cdot 0,55 + 882,04 \cdot 0,65 + 105 \cdot 1,0}{460,65 + 882,04 + 105} = \frac{931,68}{1447,68} = 0,64$$

$$m_{T,i} = 0,9$$

$$R_i^c = 0,9 \cdot 0,64 \cdot \frac{240}{1,10} = 125,67 \text{ daN/cm}^2$$

$$\Rightarrow M_r^z = 125,67 \cdot 1000 \cdot 0,9 = 113103 \text{ daNcm} = 1131,03 \text{ daNm}$$

Relația de verificare este:

$$\frac{M_{ef}^y}{M_r^y} + \frac{M_{ef}^z}{M_r^z} \leq 1,0$$

$$\frac{450,9}{816,75} + \frac{543,45}{1131,03} = 1,03 \cong 1,0$$

B. Calculul la starea limită de serviciu (starea limită de exploatare normală)

Se verifică dacă săgeata maximă din încovoierea oblică este mai mică decât săgeata admisibilă, dată în tabelul 3.17.

$$f_{\max,finala} \leq f_{adm}$$

$$f_{\max,finala} = \sqrt{(f_{perm}^y + f_{zap}^y + f_{om}^y)^2 + (f_{perm}^z + f_{zap}^z)^2}$$

$$f_{adm} = \frac{I_c}{200} = \frac{280}{200} = 1,40 \text{ cm} \quad \text{conform tabel 3.17.}$$

$$I_c = t - c = 350 - 70 = 280 \text{ cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea permanentă

Momentele de inerție ale secțiunii după cele două axe:

$$I_z = \frac{15 \cdot 20^3}{12} = 10000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{20 \cdot 15^3}{12} = 5625 \text{ cm}^4$$

$$f_{perm}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left[g_p^{prop} + \frac{(P_p^{inv(y)} + P_p^{sipc(i)(y)} + P_p^{capr(y)}) \cdot 4}{I_c} \right] \cdot I_c^4}{E \cdot I_z} (1 + K_{1def})$$

$$f_{perm}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left[14,4 \cdot 10^{-2} + \frac{(86,62 + 5,5 + 14,26) \cos 45 \cdot 4}{280} \right] \cdot 280^4}{90000 \cdot 10000} (1 + 0,5)$$

$K_{1def} = 0,5$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări permanente și clasa de exploatare 2.

$$\Rightarrow f_{perm}^y = 0,16 \text{ cm}$$

$$f_{perm}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left[\frac{(P_p^{inv(z)} + P_p^{sipci(z)} + P_p^{capr(z)}) \cdot 4}{I_c} \right] \cdot I_c^4}{E \cdot I_y} (1 + K_{1def})$$

$$f_{perm}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left[\frac{(86,62 + 5,5 + 14,26) \sin 45 \cdot 4}{280} \right] \cdot 280^4}{90000 \cdot 5625} (1 + 0,5)$$

$K_{1def} = 0,5$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări permanente și clasa de exploatare 2.

$$\Rightarrow f_{perm}^z = 0,25 \text{cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de lungă durată (zăpada) după cele două axe y-y și z-z :

$$f_{zap}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{P_p^{zap(y)} \cdot 4}{I_c} \right) \cdot I_c^4}{E \cdot I_z} (1 + K_{2def})$$

$$P_p^{zap(y)} = P_p^{zap} \cdot \cos \alpha = 207,9 \cdot \cos 45^\circ = 147,0 \text{daN}$$

$$f_{zap}^y = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{147,0 \cdot 4}{280} \right) \cdot 280^4}{90000 \cdot 10000} (1 + 0,25)$$

$$\Rightarrow f_{zap}^y = 0,23 \text{cm}$$

$K_{2def} = 0,25$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări temporare de lungă durată și clasa de exploatare 2.

$$f_{zap}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{P_p^{zap(z)} \cdot 4}{I_c} \right) \cdot I_c^4}{E \cdot I_y} (1 + K_{2def})$$

$$P_p^{zap(z)} = P_p^{zap} \cdot \sin \alpha = 207,9 \cdot \sin 45^\circ = 147,0 \text{daN}$$

$$f_{zap}^z = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{147,0 \cdot 4}{280} \right) \cdot 280^4}{90000 \cdot 5625} (1 + 0,25)$$

$K_{2def} = 0,25$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări temporare de lungă durată și clasa de exploatare 2.

$$\Rightarrow f_{zap}^z = 0,42 \text{cm}$$

Calculul săgeții dată de încărcarea temporară de scurtă durată (omul cu uneltele)

$$f_{om}^y = \frac{\Psi_{0,i} \cdot P_p^{om} \cdot I_c^3}{48 \cdot E \cdot I_z} (1 + K_{2,def})$$

$K_{2,def} = 0$ conform tabelului 3.19. pentru încărcări temporare de scurtă durată

$$\Rightarrow f_{om}^y = \frac{0,7 \cdot 100 \cdot 280^3}{48 \cdot 90000 \cdot 10000} (1 + 0) = 0,04 \text{cm}$$

Săgeta efectivă este:

$$f_{\max,finala} = \sqrt{(f_{perm}^y + f_{zap}^y + f_{om}^y)^2 + (f_{perm}^z + f_{zap}^z)^2}$$

$$f_{\max,finala} = \sqrt{(0,16 + 0,23 + 0,04)^2 + (0,25 + 0,42)^2} = 0,8\text{cm}$$

$$\Rightarrow f_{\max,finala} = 0,8\text{cm} < f_{adm} = 1,4\text{cm}$$

6.1.4. Dimensionarea și verificarea popilor

A. Calculul la starea limită de rezistență

Relația de verificare este: $\frac{C_{ef}}{C_r} \leq 1,0$

Se va dimensiona popul de sub pana curentă:

- înălțimea popului este de $H_{pop} = \frac{H}{2} = \frac{3,5}{2} = 1,75\text{m}$

- dimensiunile secțiunii transversale se stabilesc astfel:

$$b_{pop} \geq b_p; h_{pop} = b_{pop}$$

$$b_{pop} = 15\text{cm}$$

$$h_{pop} = 15\text{cm}$$

- caracteristicile geometrice :

$$I = \frac{15 \cdot 15^3}{12} = 4218,8\text{cm}^4$$

$$A = 15 \cdot 15 = 225\text{cm}^2$$

Determinarea încărcărilor permanente care acționează asupra popului

- greutatea proprie a învelitorii:

$$g_{prop}^{inv} = 50\text{daN/m}^2$$

$$g_{pop}^{inv} = \frac{g_{prop}^{inv}}{\cos \alpha} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot t = \frac{50}{\cos 45} \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 3,5$$

$$\Rightarrow g_{pop}^{inv} = 612,5\text{daN}$$

$$g_{pop}^{inv,c} = 1,35 \cdot g_{pop}^{inv} = 1,35 \cdot 612,5 = 826,9\text{daN}$$

- greutatea proprie a șipcilor:

$$g_{prop}^{sipci} = \frac{b_s \cdot h_s \cdot \rho_{0,95} \cdot \text{nr.buc.}}{\cos \alpha \cdot m} = \frac{0,058 \cdot 0,038 \cdot 480}{\cos 45} \cdot 3 = 4,49\text{daN/m}^2$$

$$g_{pop}^{sipci} = g_{prop}^{sipci} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot t = 4,49 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 3,5$$

$$\Rightarrow g_{pop}^{sipci} = 38,9\text{daN}$$

$$g_{pop}^{sipci,c} = 1,35 \cdot g_{pop}^{sipci} = 1,35 \cdot 38,9 = 52,5\text{daN}$$

- greutatea proprie a căpriorilor:

$$g_{\text{prop}}^{\text{caprior}} = \frac{b_c \cdot h_c \cdot \rho_{0,95} \cdot \text{nr.buc.}}{\cos \alpha \cdot m} = \frac{0,10 \cdot 0,12 \cdot 480}{\cos 45} \cdot \frac{1}{0,7} = 11,4 \text{ daN/m}^2$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{caprior}} = g_{\text{prop}}^{\text{caprior}} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot t = 11,4 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 3,5 = 98,75 \text{ daN}$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{capr,c}} = 1,35 \cdot g_{\text{pop}}^{\text{caprior}} = 1,35 \cdot 98,75 = 133,32 \text{ daN}$$

- greutatea proprie a panii curentă:

$$g_{\text{pop}}^{\text{pana}} = b_p \cdot h_p \cdot \rho_{0,95} \cdot t = 0,15 \cdot 0,20 \cdot 480 \cdot 3,5 = 50,4 \text{ daN}$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{pana,c}} = 1,35 \cdot g_{\text{pop}}^{\text{pana}} = 1,35 \cdot 50,4 = 68,04 \text{ daN}$$

- greutate proprie pop:

$$g_{\text{pop}}^{\text{prop}} = b_{\text{pop}} \cdot h_{\text{pop}} \cdot \rho_{0,95} \cdot H_{\text{pop}} = 0,15 \cdot 0,15 \cdot 480 \cdot 1,75 = 18,9 \text{ daN}$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{prop,c}} = 1,35 \cdot g_{\text{pop}}^{\text{prop}} = 1,35 \cdot 18,9 = 25,52 \text{ daN}$$

Determinarea încărcărilor temporare de lungă durată (din zăpadă) care acționează asupra popului

$$g_{\text{pop}}^{\text{zap}} = s_k \cdot \cos \alpha \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \cdot t = 240 \cdot \cos 45 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \cdot 3,5 = 1470,0 \text{ daN}$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{zap,c}} = 1,5 \cdot g_{\text{pop}}^{\text{zap}} = 1,5 \cdot 1470,0 = 2205,0 \text{ daN}$$

Determinarea încărcărilor temporare de scurtă durată (vânt) care acționează asupra popului

$$g_{\text{pop}}^{\text{vant}} = \left(w(10) \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \right) \cdot \cos \alpha \cdot t = \left(40 \cdot \frac{1,75}{\cos 45} \right) \cdot \cos 45 \cdot 3,5 = 245 \text{ daN}$$

$$g_{\text{pop}}^{\text{vant,c}} = 1,05 \cdot g_{\text{pop}}^{\text{vant}} = 1,05 \cdot 245 = 257,25 \text{ daN}$$

$$\Rightarrow C_{\text{ef}} = g_{\text{pop}}^{\text{inv,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{sipci,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{capr,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{pana,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{prop,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{zap,c}} + g_{\text{pop}}^{\text{vant,c}} =$$

$$C_{\text{ef}} = 826,9 + 52,5 + 133,32 + 68,04 + 25,52 + 2205,0 + 257,25 = 3568,53 \text{ daN}$$

Capacitatea portantă a popului la compresiune:

$$C_r = R_{\text{cl}}^c \cdot A_{\text{calc}} \cdot \varphi_c \cdot m_{T,c}$$

unde: $A_{\text{calc}} = b_{\text{pop}} \cdot h_{\text{pop}} = 15 \cdot 15 = 225 \text{ cm}^2$

$m_{T,c} = 0,9$ conform tabelului 3.10.

$$\lambda = \frac{l_f}{i_{\text{min}}} - \text{zveltețea}$$

-lungimea de flambaj : $l_f = H_{\text{pop}} = 1,75 \text{ m}$ conform tabel 1 Anexa

- raza de girație: $i_{\text{min}} = \min(i_x, i_y) = i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{4218,8}{225}} = 4,33 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{175}{4,33} = 40,4 < \lambda_{\text{adm}} = 120 \text{ conform tabel 2 Anexa}$$

$$\varphi_c = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 - \text{coeficientul de flambaj, calculat pentru } \lambda \leq 75$$

$$\varphi_c = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{40,4}{100} \right)^2 = 0,87$$

$$R_{cll}^c = m_{ucll} \cdot m_{dc} \cdot \frac{R_c}{\gamma_c} - \text{rezistența de calcul la compresiune în lungul fibrelor}$$

$$m_{ucll} = 0,9 \text{ conform tabelului 3.4.}$$

$$R_c = 150 \text{ daN/cm}^2 \text{ conform tabelului 3.3.}$$

$$\gamma_c = 1,25 \text{ conform tabelului 3.6.}$$

$$m_{dc} = \frac{\text{perm.} \cdot 0,8 + \text{temp.lunga.durata} \cdot 0,85 + \text{temp.scurta.durata} \cdot 1,0}{\text{perm} + \text{temp.lunga.durata} + \text{temp.scurta.durata}}$$

$$m_{dc} = \frac{(826,9 + 52,5 + 133,32 + 68,04 + 25,52) \cdot 0,8 + 2205,0 \cdot 0,85 + 257,25 \cdot 1,0}{826,9 + 52,5 + 133,32 + 68,04 + 25,52 + 2205,0 + 257,25}$$

$$m_{dc} = \frac{3016,55}{3568,53} = 0,85$$

$$\Rightarrow R_{cll}^c = 0,9 \cdot 0,85 \cdot \frac{150}{1,25} = 91,8 \text{ daN/cm}^2$$

$$C_r = 91,8 \cdot 225 \cdot 0,87 \cdot 0,9 = 16172,9 \text{ daN}$$

$$\Rightarrow \frac{C_e}{C_r} = \frac{3568,53}{16172,9} = 0,22 < 1,0$$

Dimensiunile nominale ale scândurilor și dulapilor pentru rășinoase

tabelul 1.14.

Sortiment	Grosime [mm]	Lățime [mm]	Lungimi [m]	
			scurte	lungi
Scânduri	12	60...300 ; din 10 în 10	1,00...2,75 ; din 0,25 în 0,25	3,00...6,00 ; din 0,50 în 0,50
	18			
	22			
	24			
Dulapi	28	70...300 ; din 10 în 10	-	3,00...6,00 ; din 0,50 în 0,50
	38			
	48			
	58			
	68	80...300 ; din 10 în 10		
75				

Dimensiunile nominale ale șipșilor și riglelor pentru rășinoase tabelul 1.15.

Grosime [mm]	Lățime [mm]	Lungimi [m]
24	38 ;48	1,00...2,75 ; din 0,25 în 0,25 3,00...6,00 ; din 0,50 în 0,50
38	58	
48	48 ;96	
58	58	

Dimensiunile nominale ale grinzilor pentru rășinoase tabelul 1.16.

Grosime [mm]	Lățime [mm]					Lungimi [m]
100	120	150	-	-	-	3,00...6,00 ; din 0,50 în 0,50
120	120	150	-	-	-	
150	-	150	170	190	250	
190	-	-	-	190	250	
250	-	-	-	-	250	
300	-	-	-	-	300	

Dimensiunile nominale ale produselor de cherestea pentru foioase**tabelul 1.17.**

Sortiment	Cherestea de :			Lățime [mm]	Cherestea de :		
	stejar	fag	Alte specii		stejar	fag	Alte specii
	Grosime [mm]				Lungimi [m]		
Scânduri tivite	15 ;20 25 ;32 40	-	-	de la 60; din 10 în 10	1,00...4,00 ; din 0,10 în 0,10	0,4...0,95; din 0,05 în 0,05 1,00...4,00; din 0,1 în 0,1	-
Scânduri netivite	15 ;20 25 ;32 40	15 ;20 25 ;32 40	-	de la 80; din 10 în 10	1,8...4,00; din 0,1 în 0,1	-	1,0...4,0; din 0,1 în 0,1
Dulapi tivți	-	-	-	de la 80; din 10 în 10	0,4...0,95; din 0,05 în 0,05 1,00...4,00; din 0,1 în 0,1	-	-
Dulapi netivți	50 ;60 70 ;80	50 ;60 80	-	de la 100; din 10 în 10	1,8...4,00; din 0,1 în 0,1	-	1,0...4,0; din 0,1 în 0,1
Grinzi	120	-	-	120 ;150 200 ;250	1,8...4,00; din 0,1 în 0,1	-	-
	150	-	-	120 ;200 250 ;300		-	-
	200	-	-	200 ;250 300		-	-
	250	-	-	250 ;300		-	-
	300	-	-	300		-	-

Coeficienții ψ **tabelul 3.1.**

Acțiunea	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Încărcări din exploatare în:			

- locuințe, birouri, săli de clasă, spitale;	0,7	0,5	0,3
- construcții pentru comerț și magazine mari, teatre, restaurante, săli de conferință, parcaje;	0,7	0,7	0,6
- depozite, arhive.	1,0	0,9	0,8
Încărcarea din zăpadă	0,7	0,2	0
Încărcarea din vânt	0,6	0,5	0

Coefficienții parțiali de siguranță pentru acțiuni γ **tabelul 3.2.**

Modul de cedare / Tipul acțiunii	Coeficient	Valoarea coeficientului	
		Normală	Redusă
Cedare prin pierderea echilibrului static			
- acțiuni permanente defavorabile	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,10
- acțiuni permanente favorabile	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,90
- acțiuni variabile defavorabile	γ_Q	1,50	1,35
Cedare prin atingerea rezistenței materialului			
- acțiuni permanente defavorabile	$\gamma_{G,sup}$	1,35	1,20
- acțiuni permanente favorabile	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
- acțiuni variabile defavorabile	γ_Q	1,50	1,35

Rezistențele caracteristice ale lemnului natural [daN/cm²]**tabelul 3.3.**

Rezistența	Molid, brad, larice pin			Plop			Stejar, gorun, cer, salcâm			Fag, frasin, mestecăn, carpen		
	Clase de calitate											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Încovoiere statică [R_i]	240	168	96	200	140	80	400	280	160	450	315	180
Întindere în lungul fibrelor [$R_{f,l}$]	144	86	43	210	126	63	225	135	68	279	167	84
Compresiune în lungul fibrelor [$R_{c, }$]	150	120	45	138	110	41	198	158	59	240	192	72
Compresiune normală pe fibre [$R_{c,\perp}$]	33	30	-	32	29	-	104	94	-	112	100	-
Forfecare în lungul fibrelor [$R_{f, }$]	30	27	-	27	25	-	64	57	-	50	45	-
Forfecare în plan normal [$R_{f,\perp}$]	120	108	-	104	94	-	240	216	-	160	144	-

Coefficienții condițiilor de lucru $m_{u,i}$ **tabelul 3.4.**

Solicitarea	Simbol	Esența lemnului	Valorile pentru clasa de exploatare:										
			1	2	3								
Încovoiere statică	$m_{u,i}$	Rășinoase	1,00	0,90	0,75								
		Foioase											
Întindere în lungul fibrelor	$m_{u,t}$	Rășinoase			1,00	0,90	0,90						
		Foioase											
Compresiune în lungul fibrelor	$m_{u,cl}$	Rășinoase					1,00	0,90	0,75				
		Foioase							0,70				
Compresiune normală pe fibre	$m_{u,c\perp}$	Rășinoase							1,00	0,90	0,70		
		Foioase											
Forfecare în lungul fibrelor	$m_{u,fl}$	Rășinoase									1,00	0,90	0,80
		Foioase											
Forfecare în plan normal pe fibre	$m_{u,f\perp}$	Rășinoase	1,00	0,90									0,80
		Foioase											
Modul de elasticitate la încovoiere statică	$m_{u,E}$	Rășinoase			1,00	0,90							0,90
		Foioase											

Coeficienții condițiilor de lucru $m_{d,i}$

tabelul 3.5.

Solicitarea	Clasa de durată a acțiunilor	Simbol	Valorile pentru esențele:	
			Rășinoase, foioase moi	Foioase tari
Încovoiere statică, forfecare	Permanente	$m_{d,i}$	0,55	0,60
	Lungă durată		0,65	0,70
	Scurtă durată		1,00	
Compresiune	Permanente	$m_{d,c}$	0,80	0,85
	Lungă durată		0,85	0,90
	Scurtă durată		1,00	
Întindere	Permanente	$m_{d,t}$	0,90	0,95
	Lungă durată		0,95	1,0
	Scurtă durată		1,0	
Modul de elasticitate	Toate clasele	$m_{d,E}$	1,0	

Coeficienți parțiali de siguranță γ_i

tabelul 3.6.

Solicitarea	Simbol	Valorile coeficienților
Încovoiere	γ_i	1,10
Întindere	în secțiuni fără slăbiri	1,20
	în secțiuni cu slăbiri	1,40
Compresiune în lungul fibrelor și perpendicular pe fibre	γ_c	1,25
Forfecare în lungul fibrelor	unilaterală	1,25
	bilaterală	1,10

Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	$\gamma_{f,\perp}$	1,10
---	--------------------	------

Coefficienții k_{mod} **tabelul 3.7.**

Clasa de durată a încărcării	Durata încărcării	Valorile coeficienților pentru clasa de exploatare	
		1 și 2	3
Permanente	Peste 10 ani	0,60	0,50
Lungă durată	6 luni...10 ani	0,70	0,55
Durată medie	7 zile...6 luni	0,80	0,65
Scurtă durată	Sub 7 zile	0,90	0,70
Instantanee		1,00	0,90

Rezistențele caracteristice ale lemnului masiv de rășinoase [N/mm²]**tabelul 3.8.**

Solicitarea	Simbol	Clase de calitate								
		C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C ₂₂	C ₂₄	C ₂₇	C ₃₀	C ₃₅	C ₄₀
Încovoiere	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
Întindere paralelă cu fibrele	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
Întindere perpendiculară pe fibre	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresiune paralelă cu fibrele	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
Compresiune perpendiculară pe fibre	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
Forfecare	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8

Rezistențele caracteristice ale lemnului masiv de foioase [N/mm²]**tabelul 3.9.**

Solicitarea	Simbol	Clase de calitate					
		D ₃₀	D ₃₅	D ₄₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀
Încovoiere	$f_{m,k}$	30	35	40	50	60	70
Întindere paralelă cu fibrele	$f_{t,0,k}$	18	21	24	30	36	42
Întindere perpendiculară pe fibre	$f_{t,90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Compresiune paralelă cu fibrele	$f_{c,0,k}$	23	25	26	29	32	34
Compresiune perpendiculară pe fibre	$f_{c,90,k}$	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Forfecare	$f_{v,k}$	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0

Coefficient de tratare a lemnului $m_{T,i}$ **tabelul 3.10.**

Procedeul de tratare		Clasa de exploatare a construcției	
		1 și 2	3
Lemn netratat		1,0	1,0
Lemn tratat pe suprafață		1,0	1,0
Lemn tratat în masă max.10 cm grosime, pentru	Modul de elasticitate	0,9	0,95
	Alte caracteristici	0,7	0,85
Lemn ignifugat		0,9	0,9

Valorile caracteristice ale modului de elasticitate**tabelul 3.12.**

Specia	Modulul de elasticitate paralel cu direcția fibrelor la limita de proporționalitate [N/mm ²]		Modulul de elasticitate transversal [N/mm ²]	
	E _{0,05}	E	G _{0,05}	G
Molid, brad, larice, pin	9000	11300	4000	5000
Plop	8000	10000		
Stejar, gorun, cer, salcâm	9500	11500	8000	10000
Fag, mesteacăn, frasin, carpen	12000	14300		

Valorile modului de elasticitate pentru rășinoase**tabelul 3.13.**

Clasa	C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
Modulul de elasticitate [KN/mm ²]									
E _{0,med}	7	8	9	10	11	12	12	13	14
E _{0,05}	4,7	5,4	6,0	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4
E _{90,med}	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47
G _{med}	0,44	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88
Densitatea aparentă [kg/m ³]									
ρ _k	290	310	320	340	350	370	380	400	420

Valorile modului de elasticitate pentru foioase**tabelul 3.14.**

Clasa	D35	D40	D50	D35	D60	D70
Modulul de elasticitate [KN/mm ²]						
E _{0,med}	10	10	11	14	17	20
E _{0,05}	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
E _{90,med}	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
G _{med}	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Densitatea aparentă [kg/m ³]						
ρ _k	530	560	590	650	700	900

Condiții de asigurare la flambaj lateral**tabelul 3.16.**

Condiții de asigurare la flambaj lateral	Raportul maxim h/b
Când nu există reazeme intermediare pe latura comprimată	4/1
Când se asigură rigidizarea laturii comprimate cu pene sau tiranți	5/1
Când se asigură rigidizarea laturii comprimate prin platelajul elementului de planșeu	6/1
Când se asigură rigidizarea elementului în planul flambajului atât în zona comprimată cât și în zona întinsă	9/1

Săgeți maxime admisibile la solicitarea de încovoiere**tabelul 3.17.**

Elementul de construcție		Valorile deformațiilor maxime f _a pentru elemente de construcții cu caracter:	
		Definitiv	Provizoriu
Grinzile planșeelor dintre etaje:	cu finisaj din lemn	l _c /250	l _c /200
	cu finisaj din tencuială		
Elemente de șarpantă:	astereală și șipci	l _c /150	

	pane și căpriori	$l_c / 200$	$l_c / 150$
	pane la dolii	$l_c / 400$	$l_c / 300$
Rigle și stâlpi la pereți:	cu finisaj din lemn	$l_c / 250$	$l_c / 200$
	cu finisaj din tencuială	$l_c / 300$	$l_c / 250$
Sprosurile ferestrelor		$l_c / 200$	
Ferme din lemn, cu grinzi cu inimă plină:	cu îmbinări cu tije	$l_c / 400$	$l_c / 350$
	cu alte tipuri de îmbinări	$l_c / 500$	$l_c / 400$
Grinzi încleiate		$l_c / 500$	

Coeficientul k_{def} **tabelul 3.19.**

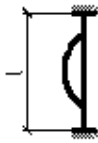
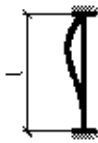
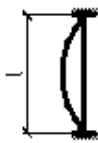
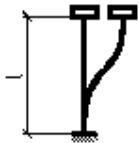
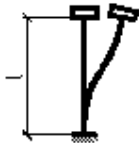
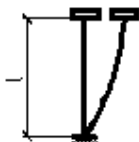
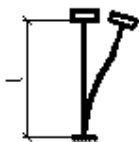
Clasa de durată a încărcării	Valorile coeficientului pentru clasa de exploatare	
	1 și 2	3
Permanente	0,50	1,00
Lungă durată	0,25	0,50
Scurtă durată	0,00	0,00

Coeficientul k_{def} **tabelul 3.20.**

Materialul	Durata de încărcare	Clasa de serviciu		
		1	2	3
Lemn masiv Lemn încleiat	Permanentă	0,60	0,80	2,00
	Lungă durată	0,50	0,50	1,50
	Durată medie	0,20	0,25	0,75
	Scurtă durată	0	0	0,30
Placaj	Permanentă	0,80	1,00	2,50
	Lungă durată	0,50	0,60	1,80
	Durată medie	0,25	0,30	0,90
	Scurtă durată	0	0	0,40
Panouri din particule Panouri OSB	Permanentă	1,50	2,25	-
	Lungă durată	1,00	1,50	-
	Durată medie	0,50	0,75	-
	Scurtă durată	0	0,30	-
Panouri din fibre (panouri dure)	Permanentă	2,25	3,00	-
	Lungă durată	1,50	2,00	-
	Durată medie	0,75	1,00	-
	Scurtă durată	0	0,40	-
Panouri din fibre (panouri medii)	Permanentă	1,50	-	-
	Lungă durată	1,00	-	-
	Durată medie	0,50	-	-
	Scurtă durată	0	-	-

Tabelul 1.

LUNGIMI DE FLAMBAJ LA BARE COMPRIMATE AXIAL

Nr. crt.	Tipul de rezemare	Simbol rezemare	Lungimi de flambaj
1.	Translatie si rotire impiedicate la ambele extremitati		$l_f = 0,65 l$
2.	Translatie impiedicata la ambele extremitati, rotire impiedicata la o extremitate		$l_f = 0,80 l$
3.	Translatie impiedicata si rotire libera la ambele extremitati		$l_f = l$
4.	Translatie si rotire impiedicata la o extremitate, translatie libera si rotire impiedicata la cealalta extremitate		$l_f = 1,20 l$
5.	Translatie si rotire impiedicata la o extremitate, translatie libera si rotire partiala la cealalta extremitate		$l_f = 1,50 l$
6.	Translatie impiedicata si rotire libera la o extremitate, translatie libera si rotire impiedicata la cealalta extremitate		$l_f = 2,00 l$
7.	Translatie si rotire impiedicata la o extremitate, translatie si rotire libera la cealalta extremitate		$l_f = 2,00 l$