



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

A. STATICKÝ VÝPOČET

Vypracoval:

Bc. Tomáš Čabrádek

Vedoucí práce:

Ing. Bc. Jaroslav Vychytil, Ph.D.

Leden 2021

OBSAH STATICKÉHO VÝPOČTU:

| | |
|--|----|
| Návrh a posouzení dřevěného trojkloubového rámu | 3 |
| Ztužení haly | 43 |
| Návrh a posouzení ocelového příhradového vazníku – dojírna | 44 |
| Návrh a posouzení ocelového příhradového vazníku – zázemí | 52 |

NÁVRH A POSOUZENÍ DŘEVĚNÉHO TROJKLOUBOVÉHO RÁMU:

VÝPOČET ZATÍŽENÍ:

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ:

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – SNÍH:

- Lokalita: Řesanice u Kasejovic (okres Plzeň-jih)
- Sněhová oblast: II.
- Úhel sklonu střechy: 23°

Zatížení sněhem na střeše:

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0,8$$

$$C_e = 1,0$$

$$C_t = 1,0$$

$$s = s_k * \mu * C_e * C_t$$

$$s = 1,0 * 0,8 * 1,0 * 1,0$$

$$s = \mathbf{0,80 \text{ kN/m}^2}$$

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – VÍTR:

- Je předpokládáno, že rozhodující zatěžovací kombinací bude kombinace s vlivem zatížení sněhem, proto nebude uvažováno s vlivem zatížení od větru. Výpočet zatížení větrem je proveden z důvodu důležitosti pro zavětrování.
- Lokalita: Řesanice u Kasejovic
- Větrná oblast: I. → $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$
- Kategorie terénu: III.

Základní rychlost větru:

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

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

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

$$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 * 1,0 * 22,5$$

$$v_b = \mathbf{22,50 \text{ m/s}}$$

Charakteristická střední rychlost větru:

$$K_r = 0,19 * \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = \mathbf{0,22}$$

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

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

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$z = h = 13,19 \text{ m}$$

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

$$C_{r(z)} = K_r * \ln \frac{z}{z_0} = 0,22 * \ln \frac{13,19}{0,3} = \mathbf{0,83}$$

$$v_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0(z)} * v_b$$

$$v_{m(z)} = 0,83 * 1,0 * 22,50$$

$$v_{m(z)} = \mathbf{18,68 \text{ m/s}}$$

Základní tlak větru:

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

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

$$q_b = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,50^2$$

$$q_b = \mathbf{316,41 \text{ N/m}^2}$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_p = q_b * C_{e(z)}$$

$$C_{e(z)} = 1,8$$

$$q_p = 316,41 * 1,8$$

$$q_p = \mathbf{569,53 \text{ N/m}^2}$$

Tlak větru působící na svislé stěny:

Rozměry haly:

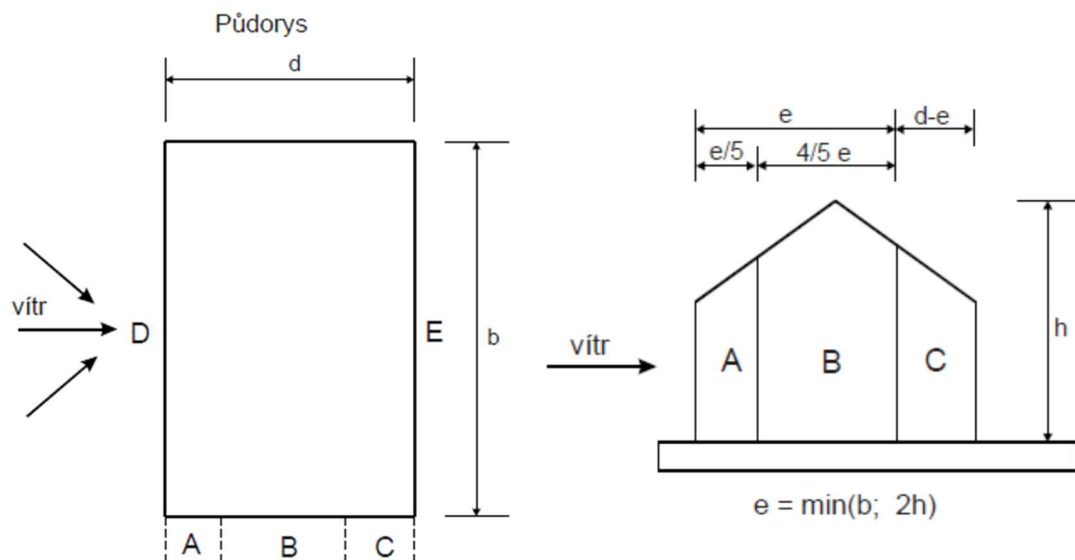
$$d = 36,9 \text{ m}$$

$$b = 89,6 \text{ m}$$

$$h = 13,19 \text{ m}$$

$$h/d = 0,35$$

$$e = 2 \cdot h = 26,38 \text{ m}$$



$$w_{e(A)} = q_p * C_{pe(A)}$$

$$C_{pe(A)} = -1,2$$

$$w_{e(A)} = 569,53 * (-1,2)$$

$$w_{e(A)} = -683,44 \text{ N/m}^2 = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(B)} = q_p * C_{pe(B)}$$

$$C_{pe(B)} = -0,9$$

$$w_{e(B)} = 569,53 * (-0,9)$$

$$w_{e(B)} = -512,58 \text{ N/m}^2 = -0,51 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(C)} = q_p * C_{pe(C)}$$

$$C_{pe(C)} = -0,5$$

$$w_{e(C)} = 569,53 * (-0,5)$$

$$w_{e(C)} = -284,77 \text{ N/m}^2 = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(D)} = q_p * C_{pe(D)}$$

$$C_{pe(D)} = +0,7$$

$$w_{e(D)} = 569,53 * 0,7$$

$$w_{e(D)} = +398,67 \text{ N/m}^2 = +\mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

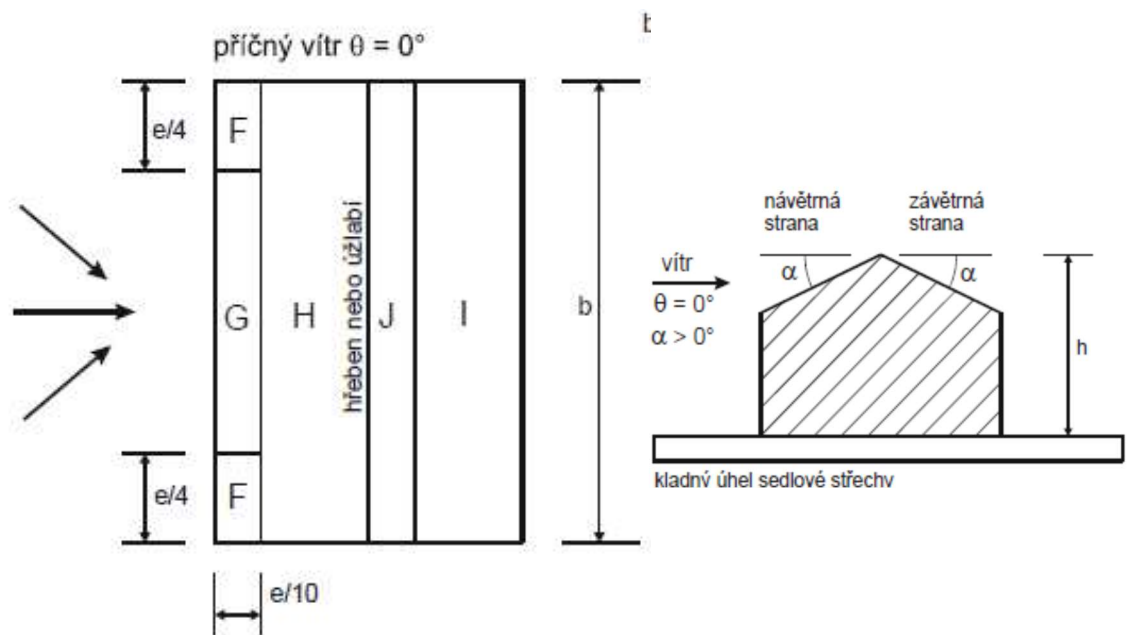
$$w_{e(E)} = q_p * C_{pe(E)}$$

$$C_{pe(E)} = -0,3$$

$$w_{e(E)} = 569,53 * (-0,3)$$

$$w_{e(E)} = -170,86 \text{ N/m}^2 = -\mathbf{0,17 \text{ kN/m}^2}$$

Tlak větru působící na střechu (příčný vítr):



Rozměry stáje:

$$d = 38,36 \text{ m}$$

$$b = 91,6 \text{ m}$$

$$h = 13,19 \text{ m}$$

$$e = 2 * h = 26,38 \text{ m}$$

$$w_{e(F)} = q_p * C_{pe(F)}$$

$$C_{pe(F)} = -0,7$$

$$w_{e(F)} = 569,53 * (-0,7)$$

$$w_{e(F)} = -398,67 \text{ N/m}^2 = -\mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{e(F)} = q_p * C_{pe(F)}$$

$$C_{pe(F)} = +0,5$$

$$w_{e(F)} = 569,53 * 0,5$$

$$w_{e(F)} = \mathbf{284,77 \text{ N/m}^2} = \mathbf{0,28 \text{ kN/m}^2}$$

$$w_{e(G)} = q_p * C_{pe(G)}$$

$$C_{pe(G)} = -0,6$$

$$w_{e(G)} = 569,53 * (-0,6)$$

$$w_{e(G)} = -341,72 \text{ N/m}^2 = -0,34 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(G)} = q_p * C_{pe(G)}$$

$$C_{pe(G)} = +0,5$$

$$w_{e(G)} = 569,53 * 0,5$$

$$w_{e(G)} = 284,77 \text{ N/m}^2 = 0,28 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(H)} = q_p * C_{pe(H)}$$

$$C_{pe(H)} = -0,2$$

$$w_{e(H)} = 569,53 * (-0,2)$$

$$w_{e(H)} = -113,91 \text{ N/m}^2 = -0,11 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(H)} = q_p * C_{pe(H)}$$

$$C_{pe(H)} = +0,3$$

$$w_{e(H)} = 569,53 * 0,3$$

$$w_{e(H)} = 170,86 \text{ N/m}^2 = 0,17 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(I)} = q_p * C_{pe(I)}$$

$$C_{pe(I)} = -0,4$$

$$w_{e(I)} = 569,53 * (-0,4)$$

$$w_{e(I)} = -227,81 \text{ N/m}^2 = -0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(J)} = q_p * C_{pe(J)}$$

$$C_{pe(J)} = -0,7$$

$$w_{e(J)} = 569,53 * (-0,7)$$

$$w_{e(J)} = -398,67 \text{ N/m}^2 = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

Tlak větru působící na střechu (podélný vítr):

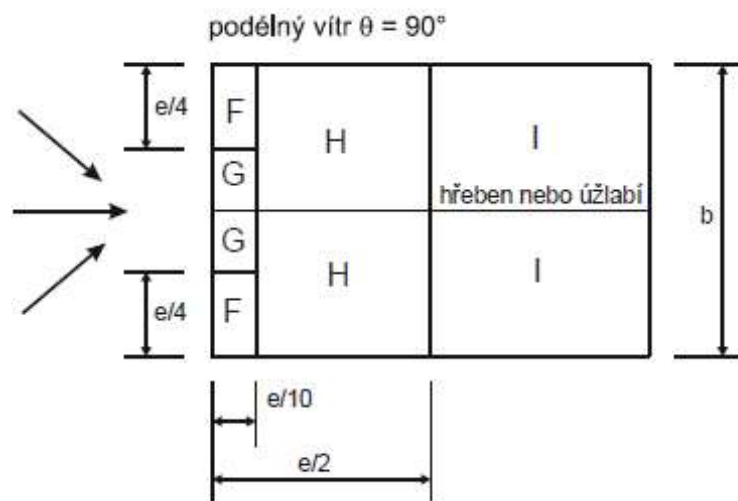
Rozměry stáje:

$$d = 38,36 \text{ m}$$

$$b = 91,6 \text{ m}$$

$$h = 13,19 \text{ m}$$

$$e = 2 * h = 26,38 \text{ m}$$



$$w_{e(F)} = q_p * C_{pe(F)}$$

$$C_{pe(F)} = -1,2$$

$$w_{e(F)} = 569,53 * (-1,2)$$

$$w_{e(F)} = -683,44 \text{ N/m}^2 = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(G)} = q_p * C_{pe(G)}$$

$$C_{pe(G)} = -1,4$$

$$w_{e(G)} = 569,53 * (-1,4)$$

$$w_{e(G)} = -797,34 \text{ N/m}^2 = -0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(H)} = q_p * C_{pe(H)}$$

$$C_{pe(H)} = -0,7$$

$$w_{e(H)} = 569,53 * (-0,7)$$

$$w_{e(H)} = -398,67 \text{ N/m}^2 = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e(I)} = q_p * C_{pe(I)}$$

$$C_{pe(I)} = -0,5$$

$$w_{e(I)} = 569,53 * (-0,5)$$

$$w_{e(I)} = -284,77 \text{ N/m}^2 = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

STÁLÁ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ PŘÍČLE:

| STÁLÉ ZATÍŽENÍ | ρ [kg/m ³] | t [m] | g_k [kN/m ²] |
|-------------------------|-----------------------------|--------|--|
| Vláknocementové vlnovky | 1 400 | 0,0065 | 0,091 |
| CELKEM: | | | $g_{k,1} = \underline{\underline{0,091}} \text{ kN/m}^2$ |

Pro zjednodušení výpočtu je oblast hřebenové větrací štěrbině nahrazena stejným zatížením, které je na zbytku střechy – tzn. vláknocementové vlnovky.

Celkové charakteristické zatížení:

$$g_k = g_{k,1} * Z\check{S}$$

$$g_k = 0,091 * 7,2$$

$$g_k = \mathbf{0,66} \text{ kN/m'}$$

Zatížení od vaznic:

$$G_{v,k} = b * h * Z\check{S} * \rho$$

$$G_{v,k} = 0,16 * 0,20 * 7,2 * 4,2$$

$$G_{v,k} = \mathbf{0,97} \text{ kN}$$

STÁLÁ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ STOJKY:

| STÁLÉ ZATÍŽENÍ | ρ [kg/m ³] | t [m] | g_k [kN/m ²] |
|---------------------------------|-----------------------------|-------|---|
| Dřevěné fošny C24 (50 x 200 mm) | 420 | 0,05 | 0,21 |
| CELKEM: | | | $g_{k,1} = \underline{\underline{0,21}} \text{ kN/m}^2$ |

Celkové charakteristické zatížení:

$$g_k = g_{k,1} * Z\check{S}$$

$$g_k = 0,21 * 7,2$$

$$g_k = \mathbf{1,51} \text{ kN/m'}$$

Zatížení od stěnového větracího systému – svinovací plachta (odhad):

$$G_{v,s} = \mathbf{2} \text{ kN}$$

ZŠ vazníku = 7,2 m

ZŠ..... Zatěžovací šířka

Předběž. návrh vaznice:

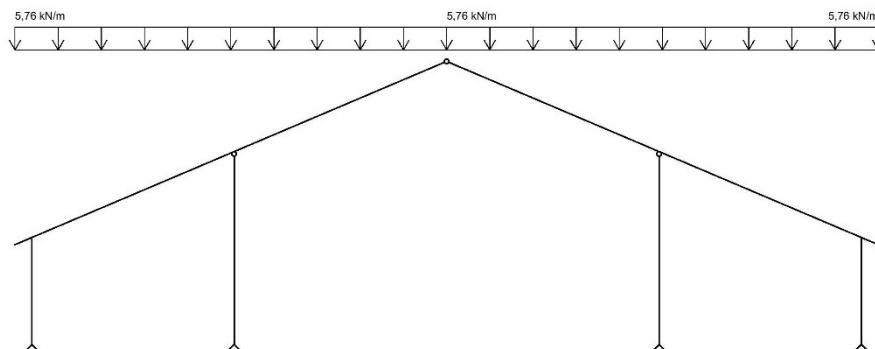
b * h = 160 x 200 mm

ZŠ vazníku = 7,2 m

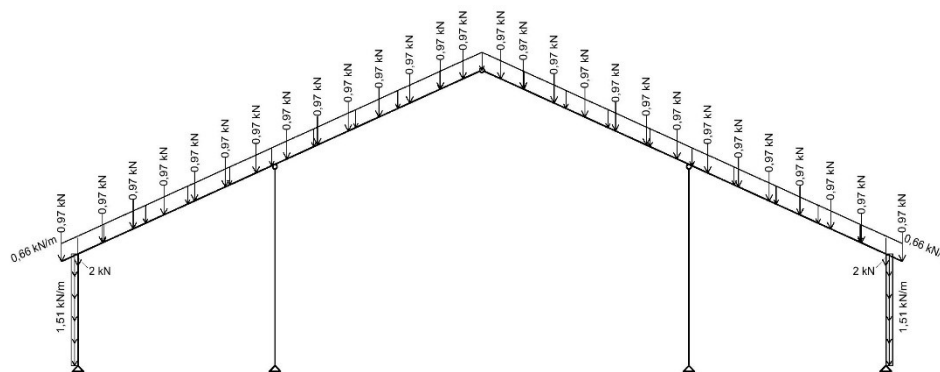
ZŠ..... Zatěžovací šířka

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

1 - Sníh:



2 - Stálé zatížení:

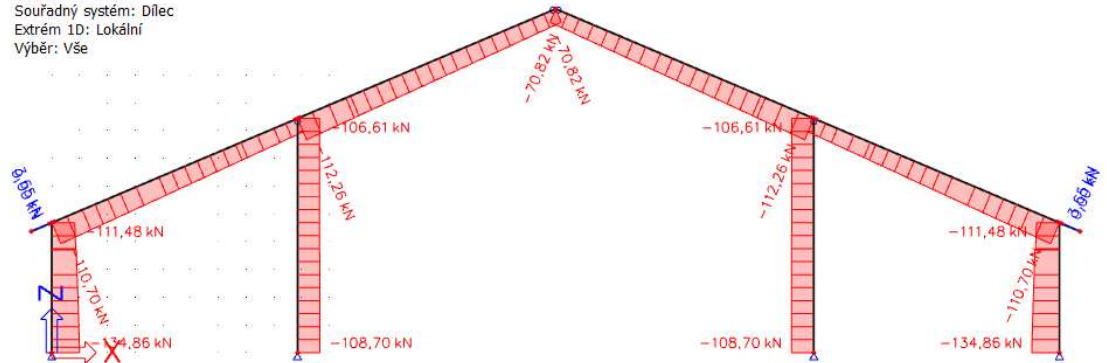


Rozhodující kombinace zatížení je vytvořena z vlastní tíhy konstrukce, proměnného zatížení sněhem a stálého zatížení.

VNITŘNÍ SÍLY:

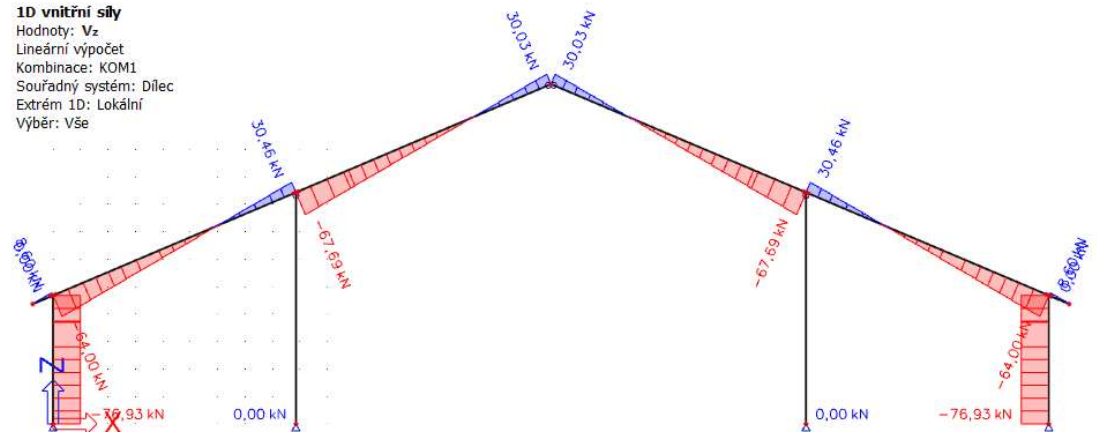
Normálová síla – N [kN]

1D vnitřní síly
 Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



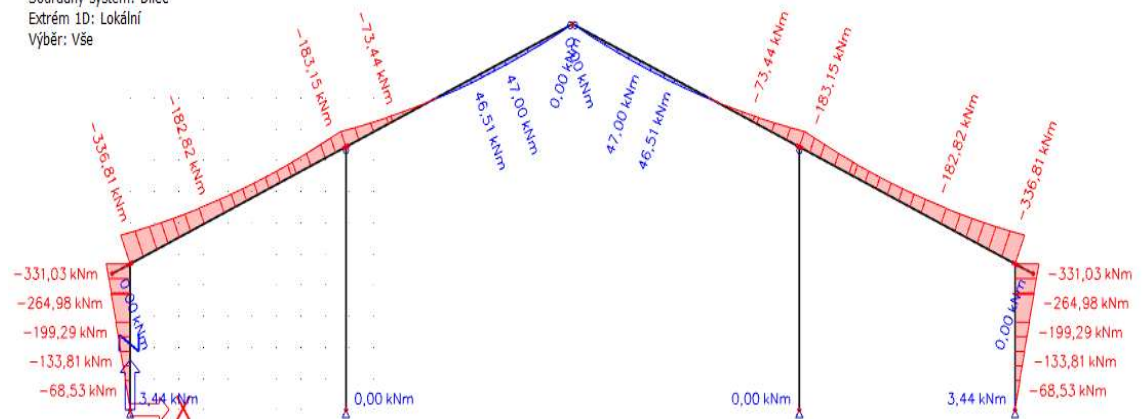
Posouvající síla – V [kN]

1D vnitřní síly
 Hodnoty: Vz
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Moment – M [kNm]

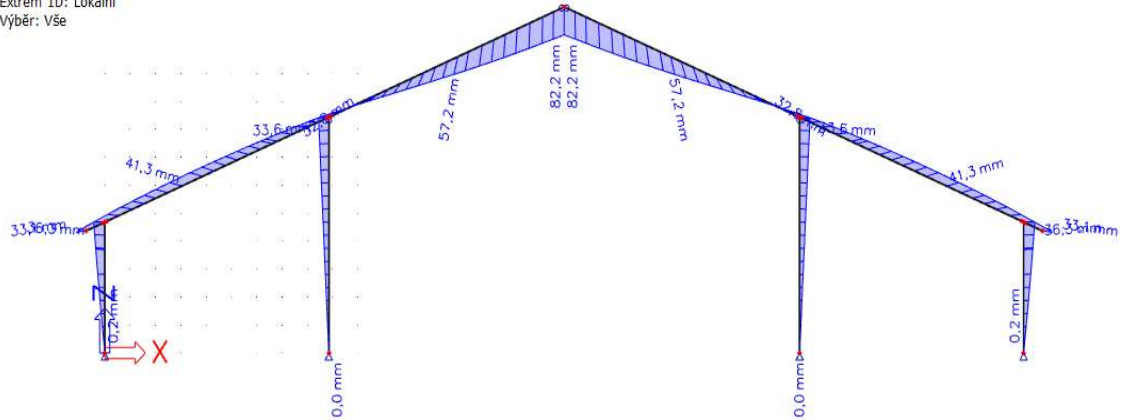
1D vnitřní síly
 Hodnoty: My
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Průhyby – w [mm]

1D deformace

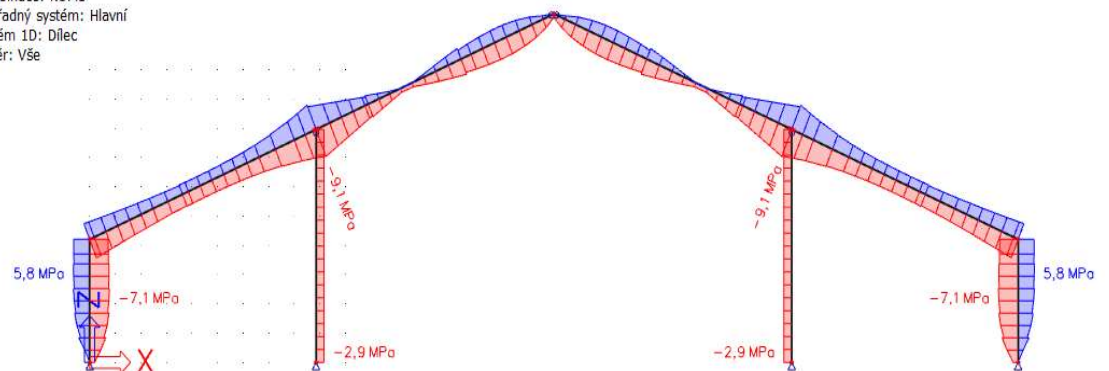
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Normálové napětí [MPa]

1D napětí

Hodnoty: σ_x
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Reakce [kN]

reakce

Hodnoty: R_x , R_z , M_y

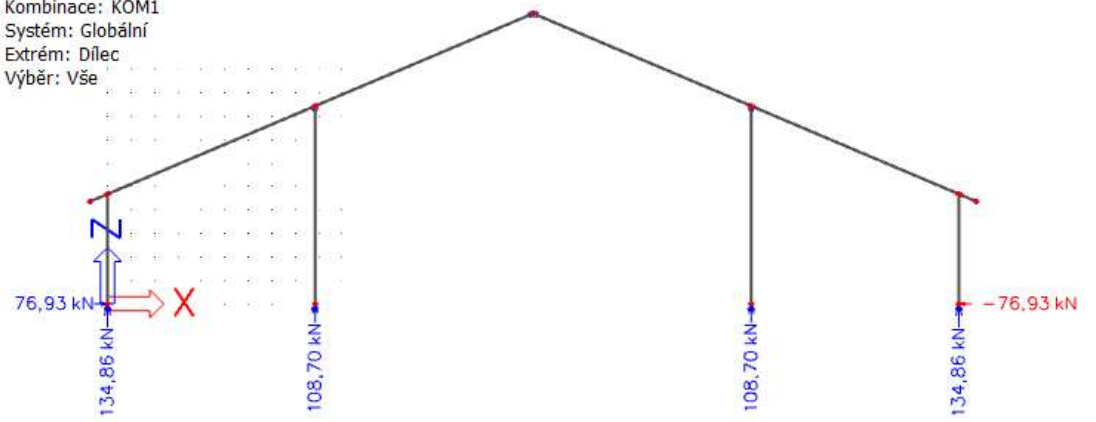
Lineární výpočet

Kombinace: KOM1

Systém: Globální

Extrém: Dílec

Výběr: Vše



NÁVRH A POSOUZENÍ STOJKY TROJKLOUBOVÉHO RÁMU:

STATICKÉ SCHÉMA:

Dřevo GL24h:

$$\gamma_M = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 19,2 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 11,5 \text{ GPa}$$

$$E_{0,g,0.05} = 9,6 \text{ GPa}$$

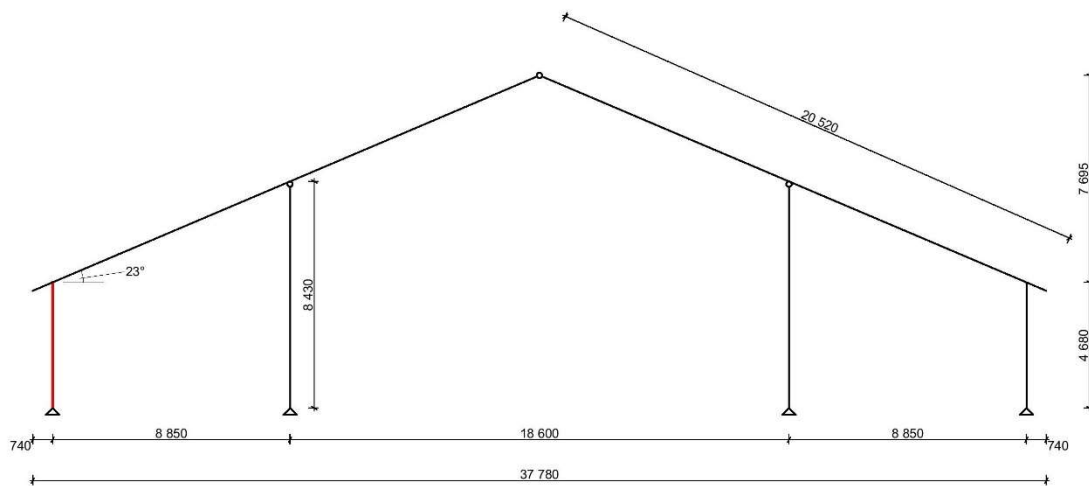
$$G_{g,mean} = 720 \text{ MPa}$$

třída provozu: 2

střednědobé zatížení

$$k_{mod} = 0,80$$

$$k_{def} = 0,80$$



Nebyl proveden stabilitní výpočet, tudíž uvažuji zjednodušeně $\beta = 2,0$.

Osová vzdálenost sloupů = 7,2 m (6,0 m).

Maximální hodnoty M, N a V na sloupu:

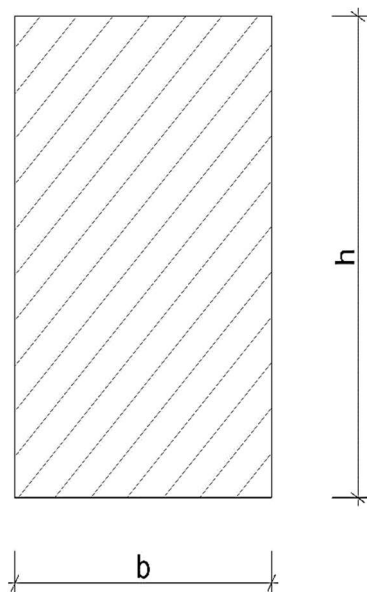
- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$M_{max} = 331,03 \text{ kNm}$$

$$N_{max} = 134,86 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 76,93 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů průřezu:



$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,g,d} = 0,8 * \frac{24}{1,25}$$

$$f_{m,g,d} = \mathbf{15,36 MPa}$$

$$\rightarrow h = 1\,210\text{ mm}$$

$$\rightarrow b = 440\text{ mm}$$

$$A = b * h = 0,44 * 1,21 = 0,532\text{ m}^2 = \mathbf{532\,400\text{ mm}^2}$$

$$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,44 * 1,21^2 = 0,107\text{ m}^3 = \mathbf{107\,367\,333\text{ mm}^3}$$

$$I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 0,44 * 1,21^3 = 0,065\text{ m}^4 = \mathbf{64\,957\,236\,670\text{ mm}^4}$$

POSOUZENÍ NA OHYB:

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = \mathbf{15,36 MPa}$$

Normálové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{M_{max}}{W_y}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{331,03 * 10^3}{0,107 * 10^6}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \mathbf{3,09 MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_{m,g,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$\mathbf{3,09 MPa \leq 15,36 kPa} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA TLAK:

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{max}}{A}$$

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{134,86 * 10^3}{532\,400}$$

$$\sigma_{c,0,g,d} = \mathbf{0,25 MPa}$$

Posouzení na tlak:

$$\sigma_{c,0,g,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$$\mathbf{0,25 MPa \leq 15,36 MPa} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA VZPĚR A OHYB:

Štíhlost:

$$i = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{64\,957\,236\,670}{532\,400}} = 349,30 \text{ mm} = \mathbf{0,349 m}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{\beta * l}{i}$$

$$\lambda = \frac{2 * 4\,680}{349,30}$$

$$\lambda = \mathbf{26,80}$$

Kritické napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * \frac{E_{0,g,0.05}}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * \frac{9\,600}{26,80^2}$$

$$\sigma_{c,crit} = \mathbf{131,92\ MPa}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{24}{131,92}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{0,43}$$

Součinitele vzpěrnosti:

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

$$k = 0,5 * [1 + 0,1 * (0,43 - 0,3) + 0,43^2]$$

$$k = \mathbf{0,60}$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{0,60 + \sqrt{0,60^2 - 0,43^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,98}$$

- pro lep. lamel. dřevo

$$\beta_c = 0,1$$

Posouzení na vzpěr a ohyb:

$$\frac{\sigma_{m,g,d}}{k_{crit} * f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,g,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,09}{1,0 * 15,36} + \frac{0,25}{0,98 * 15,36} \leq 1$$

$$0,22 \leq 1 \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

Okamžitý průhyb:

- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$w_{inst,g} = \mathbf{6,10 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,q} = \mathbf{18,70 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,g+q} = w_{inst,g} + w_{inst,q}$$

$$w_{inst,g+q} = 6,10 + 18,70$$

$$w_{inst,g+q} = \mathbf{24,80 \text{ mm}}$$

Limitní okamžitý průhyb:

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{150} * L$$

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{150} * 4\,680$$

$$w_{lim,inst} = \mathbf{31,20 \text{ mm}}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$w_{inst,g+q} \leq w_{lim,inst}$$

$$\mathbf{24,80 \text{ mm}} \leq \mathbf{31,20 \text{ mm}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Konečný průhyb:

$$w_{net,fin,g} = w_{inst,g} * (1 + k_{def})$$

$$k_{def} = 0,60$$

$$w_{net,fin,g} = 6,10 * (1 + 0,60)$$

$$w_{net,fin,g} = \mathbf{9,76 \text{ mm}}$$

$$w_{net,fin,q} = w_{inst,q} * (1 + k_{def} * \Psi_2)$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{net,fin,q} = 18,70 * (1 + 0,60 * 0)$$

$$w_{net,fin,q} = \mathbf{18,70 \text{ mm}}$$

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,g} + w_{net,fin,q}$$

$$w_{net,fin} = 9,76 + 18,70$$

$$w_{net,fin} = \mathbf{28,46 \text{ mm}}$$

Limitní konečný průhyb:

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{125} * L$$

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{125} * 4\,680$$

$$w_{lim,fin} = \mathbf{37,44 \text{ mm}}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim,fin}$$

$$\mathbf{28,46 \text{ mm} \leq 37,44 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}}$$

NAVRŽENÁ PŘÍČLE VYHOVUJE.

b x h = 440 mm x 1 210 mm

NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍČLE TROJKLOUBOVÉHO RÁMU:

STATICKÉ SCHÉMA:

Dřevo GL24h:

$$\gamma_M = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 19,2 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 11,5 \text{ GPa}$$

$$E_{0,g,0.05} = 9,6 \text{ GPa}$$

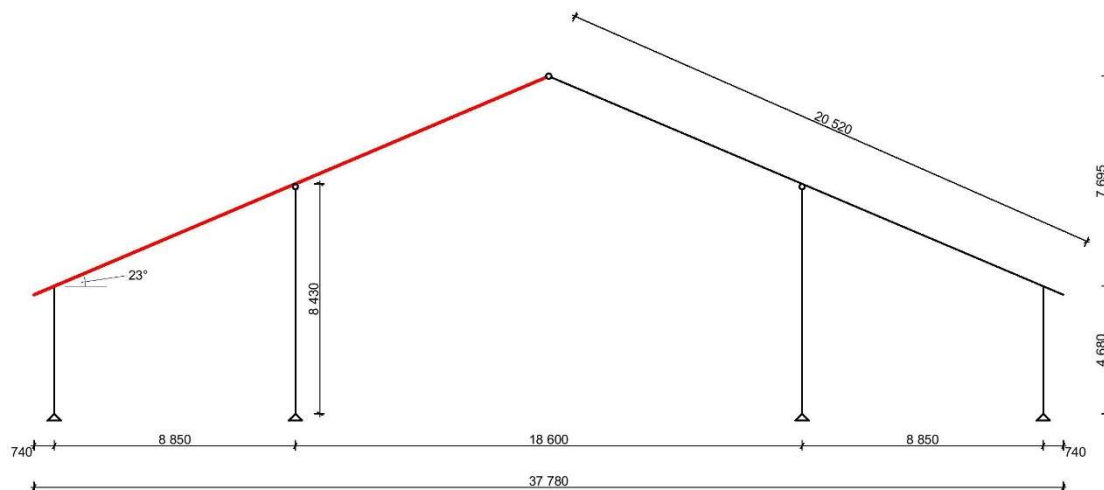
$$G_{g,mean} = 650 \text{ MPa}$$

třída provozu: 2

střednědobé zatížení

$$k_{mod} = 0,80$$

$$k_{def} = 0,80$$



V průřezu v rámovém rohu vycházejí vnitřní síly téměř totožné jako při posouzení stojky trojkloubového rámu, proto posuzují příčli v průřezu v místě napojení na sloup.

Je zabráněno klopení.

Osová vzdálenost sloupů = 7,2 m (6,0 m).

Maximální hodnoty M, N a V na příčli trojkloubového rámu v posuzované části:

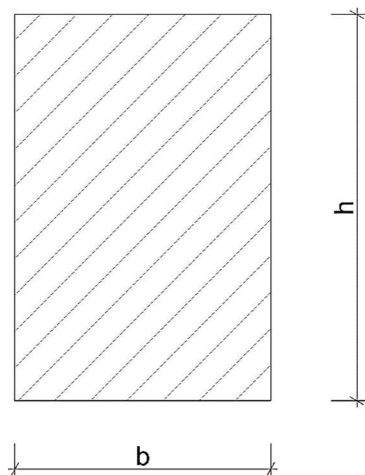
- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$M_{max} = 183,15 \text{ kNm}$$

$$N_{max} = 112,26 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 67,69 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů průřezu:



$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,g,d} = 0,8 * \frac{24}{1,25}$$

$$f_{m,g,d} = \mathbf{15,36 MPa}$$

$$\rightarrow h = 765 \text{ mm}$$

$$\rightarrow b = 200 \text{ mm}$$

$$A = b * h = 0,20 * 0,765 = 0,153 \text{ m}^2 = \mathbf{153\ 000 \text{ mm}^2}$$

$$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,20 * 0,765^2 = 0,020 \text{ m}^3 = \mathbf{19\ 507\ 500 \text{ mm}^3}$$

$$I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 0,20 * 0,765^3 = 0,007 \text{ m}^4 = \mathbf{7\ 461\ 618\ 750 \text{ mm}^4}$$

Návrhová smyková pevnost:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,g,d} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25}$$

$$f_{v,g,d} = \mathbf{2,24 MPa}$$

Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{M_{max}}{W_y}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{183,15 * 10^3}{0,020 * 10^6}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \mathbf{9,16 MPa}$$

Posouzení:

$$\sigma_{m,g,d} \leq f_{m,g,d}$$

$$\mathbf{9,16 MPa \leq 15,36 MPa} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA SMYK:

Účinná šířka průřezu:

$$b_{ef} = b * k_{cr}$$

$$b_{ef} = 0,20 * 0,67$$

$$b_{ef} = \mathbf{0,13 m}$$

$$k_{cr} = 2/3 = 0,67$$

Smykové napětí:

$$\tau_{v,g,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_{max}}{b_{ef} * h}$$

$$\tau_{v,g,d} = \frac{3}{2} * \frac{67,69 * 10^3}{0,13 * 0,765}$$

$$\tau_{v,g,d} = \mathbf{1,02 MPa}$$

Posouzení na smyk:

$$\tau_{v,g,d} \leq f_{v,g,d}$$

$$\mathbf{1,02 MPa \leq 2,24 MPa} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

Okamžitý průhyb:

- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$w_{inst,g} = \mathbf{13,90\ mm}$$

$$w_{inst,q} = \mathbf{42,30\ mm}$$

$$w_{inst,g+q} = w_{inst,g} + w_{inst,q}$$

$$w_{inst,g+q} = 13,90 + 42,30$$

$$w_{inst,g+q} = \mathbf{56,20\ mm}$$

Limitní okamžitý průhyb:

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{300} * L$$

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{300} * 20\ 520$$

$$w_{lim,inst} = \mathbf{68,40\ mm}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$w_{inst,g+q} \leq w_{lim}$$

$$\mathbf{56,20\ mm} \leq \mathbf{68,40\ mm} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

Konečný průhyb:

$$w_{net,fin,g} = w_{inst,g} * (1 + k_{def})$$

$$k_{def} = 0,60$$

$$w_{net,fin,g} = 13,90 * (1 + 0,60)$$

$$w_{net,fin,g} = \mathbf{22,24\ mm}$$

$$w_{net,fin,q} = w_{inst,q} * (1 + k_{def} * \Psi_2)$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{net,fin,q} = 42,30 * (1 + 0,60 * 0)$$

$$w_{net,fin,q} = \mathbf{42,30\ mm}$$

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,g} + w_{net,fin,q}$$

$$w_{net,fin} = 22,24 + 42,30$$

$$w_{net,fin} = \mathbf{64,54 \text{ mm}}$$

Limitní konečný průhyb:

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{250} * L$$

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{250} * 20\,520$$

$$w_{lim,fin} = \mathbf{82,08 \text{ mm}}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim,fin}$$

$$\mathbf{64,54 \text{ mm} \leq 82,08 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}}$$

NAVRŽENÁ PŘÍČLE VYHOVUJE.

b x h = 200 mm x 765 mm

NÁVRH A POSOUZENÍ VNITŘNÍHO SLOUPU:

STATICKÉ SCHÉMA:

Dřevo GL28h:

$$\gamma_M = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 12,6 \text{ GPa}$$

$$E_{0,g,0.05} = 10,5 \text{ GPa}$$

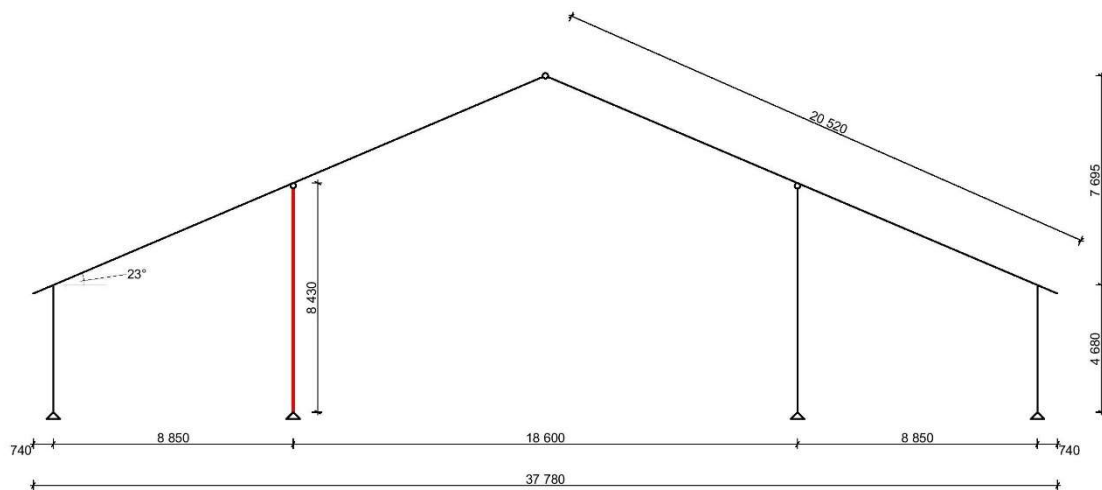
$$G_{g,mean} = 650 \text{ MPa}$$

třída provozu: 2

střednědobé zatížení

$$k_{mod} = 0,80$$

$$k_{def} = 0,80$$



Nebyl proveden stabilitní výpočet, tudíž uvažuji zjednodušeně $\beta = 1,0$.

Osová vzdálenost sloupů = 7,2 m; 6,0 m.

Maximální hodnoty M, N a V na sloupu:

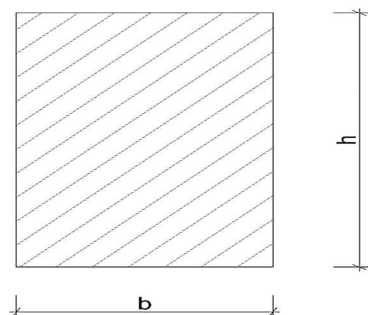
- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$M_{max} = 0 \text{ kNm}$$

$$N_{max} = 108,29 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 0 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů průřezu:



$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,g,d} = 0,8 * \frac{28}{1,25}$$

$$f_{m,g,d} = \mathbf{17,92 MPa}$$

$$\rightarrow h = 200 \text{ mm}$$

$$\rightarrow b = 200 \text{ mm}$$

$$A = b * h = 0,20 * 0,20 = 0,040 \text{ m}^2 = \mathbf{40\ 000 \text{ mm}^2}$$

$$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{1}{6} * 0,20 * 0,20^2 = 0,001 \text{ m}^3 = \mathbf{1\ 333\ 333 \text{ mm}^3}$$

$$I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 0,20 * 0,20^3 = 0,0001 \text{ m}^4 = \mathbf{133\ 333\ 330 \text{ mm}^4}$$

POSOUZENÍ NA TLAK:

Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{108,29 * 10^3}{40\ 000}$$

$$\sigma_{c,0,g,d} = \mathbf{2,71 MPa}$$

Posouzení na tlak:

$$\sigma_{c,0,g,d} \leq f_{c,0,g,d}$$

$$\mathbf{2,71 MPa \leq 17,92 MPa}$$

\rightarrow **VYHOVUJE**

POSOUZENÍ NA VZPĚR A OHYB:

Štíhlost:

$$i = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{133\,333\,330}{40\,000}} = 57,74 \text{ mm} = \mathbf{0,058 \text{ m}}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{\beta * l}{i}$$

$$\lambda = \frac{1 * 8\,430}{57,74}$$

$$\lambda = \mathbf{146,00}$$

Kritické napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * \frac{E_{0,g,0.05}}{\lambda^2}$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 * \frac{10\,500}{146,00^2}$$

$$\sigma_{c,crit} = \mathbf{4,86 \text{ MPa}}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{28}{4,86}}$$

$$\lambda_{rel} = \mathbf{2,40}$$

Součinitele vzpěrnosti:

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

$$k = 0,5 * [1 + 0,1 * (2,40 - 0,3) + 2,40^2]$$

$$k = \mathbf{3,49}$$

- pro lep. lamel. dřevo
 $\beta_c = 0,1$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = \frac{1}{3,49 + \sqrt{3,49^2 - 2,40^2}}$$

$$k_c = \mathbf{0,17}$$

Posouzení na vzpěr a ohyb:

$$\frac{\sigma_{m,g,d}}{k_{crit} * f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{c,0,g,d}}{k_c * f_{c,0,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0}{1,0 * 17,92} + \frac{2,71}{0,17 * 17,92} \leq 1$$

$$\mathbf{0,89 \leq 1} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

Okamžitý průhyb:

- z programu: SCIA Engineer 20.0

$$w_{inst,g} = \mathbf{5,70 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,q} = \mathbf{17,30 \text{ mm}}$$

$$w_{inst,g+q} = w_{inst,g} + w_{inst,q}$$

$$w_{inst,g+q} = 5,70 + 17,30$$

$$w_{inst,g+q} = \mathbf{23,00 \text{ mm}}$$

Limitní okamžitý průhyb:

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{150} * L$$

$$w_{lim,inst} = \frac{1}{150} * 8\,430$$

$$w_{lim,inst} = \mathbf{56,20 \text{ mm}}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$w_{inst,g+q} \leq w_{lim,inst}$$

$$23,00 \text{ mm} \leq 56,20 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \text{VYHOVUJE}$$

Konečný průhyb:

$$w_{net,fin,g} = w_{inst,g} * (1 + k_{def})$$

$$k_{def} = 0,60$$

$$w_{net,fin,g} = 5,70 * (1 + 0,60)$$

$$w_{net,fin,g} = \mathbf{9,12 \text{ mm}}$$

$$w_{net,fin,q} = w_{inst,q} * (1 + k_{def} * \Psi_2)$$

$$\Psi_2 = 0$$

$$w_{net,fin,q} = 17,30 * (1 + 0,60 * 0)$$

$$w_{net,fin,q} = \mathbf{17,30 \text{ mm}}$$

$$w_{net,fin} = w_{net,fin,g} + w_{net,fin,q}$$

$$w_{net,fin} = 9,12 + 17,30$$

$$w_{net,fin} = \mathbf{26,42 \text{ mm}}$$

Limitní konečný průhyb:

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{125} * L$$

$$w_{lim,fin} = \frac{1}{125} * 8\,430$$

$$w_{lim,fin} = \mathbf{67,44\ mm}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{net,fin} \leq w_{lim,fin}$$

$$\mathbf{26,42\ mm} \leq \mathbf{67,44\ mm} \quad \rightarrow \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

NAVRŽENÝ VNITŘNÍ SLOUP VYHOVUJE.

b x h = 200 mm x 200 mm

NÁVRH A POSOUZENÍ SPOJE STOJKY A PŘÍČLE TROJKLOUBOVÉHO

RÁMU:

STATICKÉ SCHÉMA:

Dřevo GL24h:

$$\gamma_M = 1,25$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 19,2 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,mean} = 11,5 \text{ GPa}$$

$$E_{0,g,0.05} = 9,6 \text{ GPa}$$

$$G_{g,mean} = 650 \text{ MPa}$$

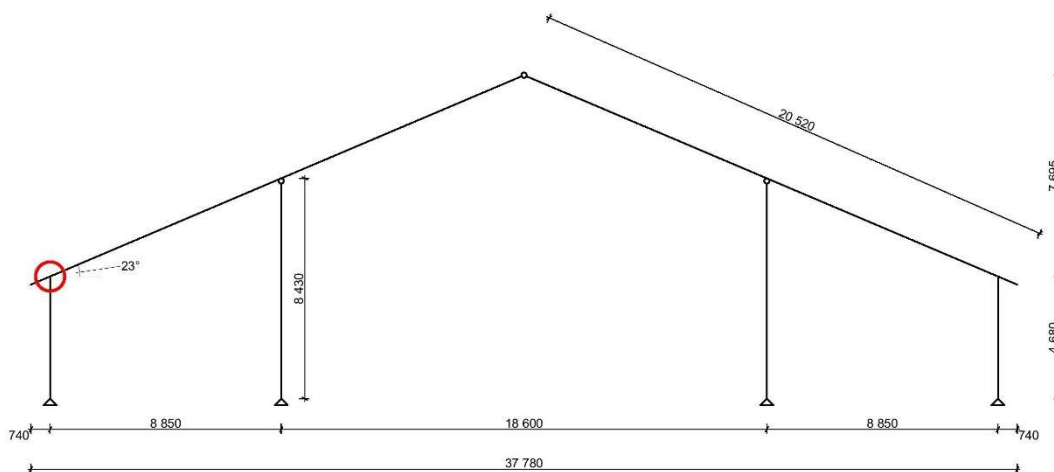
$$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

třída provozu: 2

střednědobé zatížení

$$k_{mod} = 0,80$$

$$k_{def} = 0,80$$



Osová vzdálenost rámu = 7,2 m; 6,0 m.

Rozpětí: $L = 36,3 \text{ m}$

Výška příčle: $h_R = 1\,070 \text{ mm}$

Šířka příčle: $b_R = 200 \text{ mm}$

Výška stojky: $h_C = 1\,100 \text{ mm}$

Šířka stojky: $b_C = 2 \times 120 \text{ mm}$

Sklon příčle: $\alpha = 23^\circ$

Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{m,g,d} = 0,8 * \frac{24}{1,25}$$

$$f_{m,g,d} = \mathbf{15,36 MPa}$$

Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M}$$

$$f_{v,g,d} = 0,8 * \frac{3,5}{1,25}$$

$$f_{v,g,d} = \mathbf{2,24 MPa}$$

KOLÍKY:

Ocel S235 Ø 24 mm (4.6): $f_{u,k} = 400 MPa$

VNITŘNÍ SÍLY V RÁMOVÉM ROHU:

Stojka:

$$M_{max} = \mathbf{331,03 kNm}$$

$$N_{max} = \mathbf{111,48 kN}$$

$$V_{max} = \mathbf{76,93 kN}$$

Příčle:

$$M_{max} = \mathbf{336,81 kNm}$$

$$N_{max} = \mathbf{110,70 kN}$$

$$V_{max} = \mathbf{64,00 kN}$$

NÁVRH KOLÍKOVÉHO SPOJE:
Vnější kruh:

$$r_1 \leq 0,5 * h - 4 * d$$

$$r_1 \leq 0,5 * 1100 - 4 * 24$$

$$r_1 \leq \mathbf{454 \text{ mm}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{r_1 = 454 \text{ mm}}$$

Vnitřní kruh:

$$r_2 \leq r_1 - 5 * d$$

$$r_2 \leq 454 - 5 * 24$$

$$r_2 \leq \mathbf{406 \text{ mm}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{r_2 = 406 \text{ mm}}$$

POČET KOLÍKŮ V KRUZÍCH:

$$n_1 \leq \frac{2 * \pi * r_1}{6 * d}$$

$$n_1 \leq \frac{2 * \pi * 454}{6 * 24}$$

$$n_1 \leq \mathbf{19,81 \text{ ks}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{n_1 = 18 \text{ ks}}$$

$$n_2 \leq \frac{2 * \pi * r_2}{6 * d}$$

$$n_2 \leq \frac{2 * \pi * 406}{6 * 24}$$

$$n_2 \leq \mathbf{17,71 \text{ ks}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{n_2 = 16 \text{ ks}}$$

ZATÍŽENÍ KOLÍKŮ:
Zatížení kolíku ve stojce a příčli rámu od ohybového momentu:

$$F_M = M_d * \frac{r_1}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2}$$

$$F_M = 336,81 * 10^6 * \frac{454}{18 * 454^2 + 16 * 406^2}$$

$$F_M = \mathbf{24,09 \text{ kN}}$$

Zatížení kolíku ve stojce rámu od posouvající a normálové síly:

$$F_{V,C} = \frac{V_{d,C}}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,C} = \frac{76,93}{18 + 16}$$

$$F_{V,C} = \mathbf{2,26\ kN}$$

$$F_{N,C} = \frac{N_{d,C}}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,C} = \frac{111,48}{18 + 16}$$

$$F_{N,C} = \mathbf{3,28\ kN}$$

Zatížení kolíku v přícli rámu od posouvající a normálové síly:

$$F_{V,R} = \frac{V_{d,R}}{n_1 + n_2}$$

$$F_{V,R} = \frac{64,00}{18 + 16}$$

$$F_{V,R} = \mathbf{1,88\ kN}$$

$$F_{N,R} = \frac{N_{d,R}}{n_1 + n_2}$$

$$F_{N,R} = \frac{110,70}{18 + 16}$$

$$F_{N,R} = \mathbf{3,26\ kN}$$

Celkové zatížení kolíku v ose příčle a stojky rámu:

$$F_{d,C} = \sqrt{(F_M + F_{V,C})^2 + F_{N,C}^2}$$

$$F_{d,C} = \sqrt{(24,09 + 2,26)^2 + 3,28^2}$$

$$F_{d,C} = \mathbf{26,55 \text{ kN}}$$

$$F_{d,R} = \sqrt{(F_M + F_{V,R})^2 + F_{N,R}^2}$$

$$F_{d,R} = \sqrt{(24,09 + 1,88)^2 + 3,26^2}$$

$$F_{d,R} = \mathbf{26,17 \text{ kN}}$$

Smyková síla ve stojce a příčli v místě spoje:

$$V_M = \left(\frac{M_d}{\pi} * \frac{n_1 * r_1 + n_2 * r_2}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2} \right)$$

$$V_M = \left(\frac{336,81 * 10^6}{\pi} * \frac{18 * 454 + 16 * 406}{18 * 454^2 + 16 * 406^2} \right)$$

$$V_M = \mathbf{247,75 \text{ kN}}$$

$$F_{V,d,C} = V_M - \frac{V_{d,C}}{2}$$

$$F_{V,d,C} = 247,75 - \frac{76,93}{2}$$

$$F_{V,d,C} = \mathbf{209,29 \text{ kN}}$$

$$F_{V,d,R} = V_M - \frac{V_{d,R}}{2}$$

$$F_{V,d,R} = 247,75 - \frac{64,00}{2}$$

$$F_{V,d,R} = \mathbf{215,75 \text{ kN}}$$

MECHANICKÉ VLASTNOSTI KOLÍKŮ:Pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny (charakteristická hodnota):

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * 24) * 380$$

$$f_{h,0,k} = \mathbf{23,68 MPa}$$

A) Únosnost kolíku v ose stojky:Úhel mezi zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{F_M + F_{V,C}}{F_{N,C}}\right)$$

$$\alpha_1 = \arctan\left(\frac{24,09 + 2,26}{3,28}\right)$$

$$\alpha_1 = \mathbf{82,9^\circ}$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)$$

$$\alpha_2 = 23 - (90 - 82,9)$$

$$\alpha_2 = \mathbf{15,9^\circ}$$

Pevnost v otláčení (charakteristická hodnota):

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * 24$$

$$k_{90} = \mathbf{1,71}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 * \sin^2 82,9 + \cos^2 82,9}$$

$$f_{h,1,k} = \mathbf{13,94 MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 * \sin^2 15,9 + \cos^2 15,9}$$

$$f_{h,2,k} = \mathbf{22,48 MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$$\beta = \frac{22,48}{13,94}$$

$$\beta = \mathbf{1,613}$$

Plastický moment únosnosti (charakteristická hodnota):

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * 400 * 24^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = \mathbf{0,4653 kNm}$$

$$t_1 = \mathbf{120 mm}$$

$$t_2 = \mathbf{200 mm}$$

$$F_{v,Rk,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left[\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - \beta \right] + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{13,94 * 120 * 24}{2 + 1,613} * \left[\sqrt{2 * 1,613 * (1 + 1,613) + \frac{4 * 1,613 * (2 + 1,613) * 465,3 * 10^3}{13,94 * 24 * 120^2}} - 1,613 \right] + \left[\frac{0}{4} \right] \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * 1,613}{1 + 1,613}} * \sqrt{2 * 465,3 * 10^3 * 13,94 * 24} + \left[\frac{0}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk,C} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40,15 \text{ kN} \\ 53,95 \text{ kN} \\ 19,31 \text{ kN} \\ 22,55 \text{ kN} \end{array} \right\} = 19,31 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rd,C} = \frac{k_{mod} * F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,Rd,C} = \frac{0,8 * 19,31}{1,25}$$

$$F_{v,Rd,C} = \mathbf{14,36 \text{ kN}}$$

B) Únosnost kolíku v ose příčle:

Úhel mezi zatížením a vlákny dřeva:

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{F_M + F_{V,R}}{F_{N,R}}\right)$$

$$\alpha_2 = \arctan\left(\frac{24,09 + 1,88}{3,26}\right)$$

$$\alpha_2 = \mathbf{82,8^\circ}$$

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} + \alpha - \alpha_2$$

$$\alpha_1 = 90 + 23 - 82,8$$

$$\alpha_1 = \mathbf{30,2^\circ}$$

Pevnost v otláčení (charakteristická hodnota):

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{23,68}{1,71 * \sin^2 30,2 + \cos^2 30,2}$$

$$f_{h,1,k} = \mathbf{20,07 MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} * \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{23,68}{1,71 * \sin^2 82,8 + \cos^2 82,8}$$

$$f_{h,2,k} = \mathbf{13,94 MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

$$\beta = \frac{13,94}{20,07}$$

$$\beta = \mathbf{0,695}$$

$$t_1 = \mathbf{120 mm}$$

$$t_2 = \mathbf{200 mm}$$

$$F_{v,Rk,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left[\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{0,5 * f_{h,2,k} * t_2 * d}{f_{h,1,k} * d * t_1^2} * \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - \beta \right] + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{20,07 * 120 * 24}{2 + 0,695} * \left[\sqrt{2 * 0,695 * (1 + 0,695) + \frac{0,5 * 13,94 * 200 * 24}{20,07 * 24 * 120^2} * \frac{4 * 0,695 * (2 + 0,695) * 465,3 * 10^3}{20,07 * 24 * 120^2}} - 0,695 \right] + \left[\frac{0}{4} \right] \\ 1,15 * \sqrt{\frac{2 * 0,695}{1 + 0,695}} * \sqrt{2 * 465,3 * 10^3 * 20,07 * 24} + \left[\frac{0}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk,R} = \min \left\{ \begin{array}{l} 57,77 \text{ kN} \\ 33,46 \text{ kN} \\ 22,41 \text{ kN} \\ 22,04 \text{ kN} \end{array} \right\} = 22,04 \text{ kN}$$

$$F_{ax,Rk} = 0$$

$$F_{v,Rd,R} = \frac{k_{mod} * F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,Rd,R} = \frac{0,8 * 22,04}{1,25}$$

$$F_{v,Rd,R} = \mathbf{14,11 \text{ kN}}$$

OVĚŘENÍ PODMÍNEK PORUŠENÍ:

A) Posouzení únosnosti spoje stojky a příčle rámu:

- Stojka:

$$F_{d,C} = 26,55 \text{ kN}$$

$$2 * F_{v,Rd,C} = 2 * 14,36 = 28,88 \text{ kN}$$

$$F_{d,C} \leq 2 * F_{v,Rd,C}$$

$$26,55 \text{ kN} \leq 28,72 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Příčle:

$$F_{d,R} = 26,17 \text{ kN}$$

$$2 * F_{v,Rd,R} = 2 * 14,11 = 28,22 \text{ kN}$$

$$F_{d,R} \leq 2 * F_{v,Rd,R}$$

$$26,17 \text{ kN} \leq 28,22 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{VYHOVUJE}$$

B) Posouzení smykového napětí stojky a příčle rámu:

- Stojka:

$$\tau_{v,C} = \frac{3 * F_{V,d,C}}{2 * b * h}$$

$$\tau_{v,C} = \frac{3 * 209,29 * 10^3}{2 * 2 * 120 * 1100}$$

$$\tau_{v,C} = 1,19 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,C} \leq f_{v,g,d}$$

$$1,19 \text{ MPa} \leq 2,24 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad \text{VYHOVUJE}$$

- Příčle:

$$\tau_{v,R} = \frac{3 * F_{V,d,R}}{2 * b * h}$$

$$\tau_{v,R} = \frac{3 * 215,75 * 10^3}{2 * 200 * 1070}$$

$$\tau_{v,R} = 1,51 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = 2,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,R} \leq f_{v,g,d}$$

$$1,51 \text{ MPa} \leq 2,24 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

NAVRŽENÝ SPOJ STOJKY A PŘÍČLE VYHOVUJE.

- příčle: **b = 200 mm**
 h = 1000 mm

- stojka: **b = 2 x 120 mm**
 h = 1210 mm

ZTUŽENÍ HALY:

Ztužení objektu stáje pro dojnice je vyřešeno v podélném a příčném směru pomocí ztužidel v rovině střechy a v podélných stěnách. Navržená ztužidla jsou umístěna po obvodě stáje a ve střední části stáje. Ztužidla jsou navržena jako ocelová táhla Macalloy 460, která jsou připojena ke konstrukci dřevěného trojkloubového rámu.

NÁVRH A POSOUZENÍ OCELOVÉHO PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU:

- DOJÍRNA:

VÝPOČET ZATÍŽENÍ:

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ:

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – SNÍH:

- Lokalita: Řesanice u Kasejovic (okres Plzeň-jih)
- Sněhová oblast: II.
- Úhel sklonu střechy: 15°

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = s_k * \mu * C_e * C_t$$

$$s = 1,0 * 0,8 * 1,0 * 1,0$$

$$s = \mathbf{0,80 \text{ kN/m}^2}$$

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – VÍTR:

- Je předpokládáno, že rozhodující zatěžovací kombinací bude kombinace s vlivem zatížení sněhem, proto nebude uvažováno s vlivem zatížení od větru.

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0,8$$

$$C_e = 1,0$$

$$C_t = 1,0$$

STÁLÁ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ OCELOVÉHO PŘÍHRAD. VAZNÍKU:

| <i>STÁLÉ ZATÍŽENÍ</i> | ρ [kg/m ³] | t [m] | g_k [kN/m ²] |
|--|-----------------------------|-------|---|
| Samonosný střešní tepelněizolační sendvičový panel | 12,71 | 0,082 | 0,13 |
| CELKEM: | | | $g_{k,1} = \underline{\underline{0,13}} \text{ kN/m}^2$ |

Pro zjednodušení výpočtu je oblast hřebenové větrací štěrbin, resp. světlíku nahrazena stejným zatížením, které je na zbytku střechy – tzn. samonosný střešní tepelněizolační sendvičový panel.

Celkové charakteristické zatížení:

$$g_k = g_{k,1} * Z\check{S}$$

$$g_k = 0,13 * 2,55$$

$$g_k = \mathbf{0,33 \text{ kN/m'}}$$

Zatížení od vaznic:

$$G_{v,k} = A * Z\check{S} * \rho$$

$$G_{v,k} = 0,000764 * 2,55 * 78,5$$

$$G_{v,k} = \mathbf{0,15 \text{ kN}}$$

Z\check{S} vazníku = 2,55 m

Z\check{S}..... Zatěžovací šířka

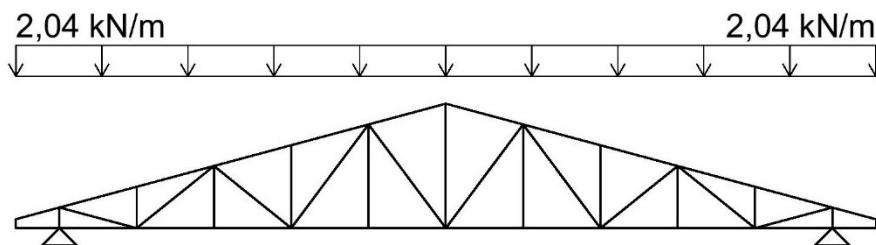
Předběž. návrh vaznice:

IPE 80

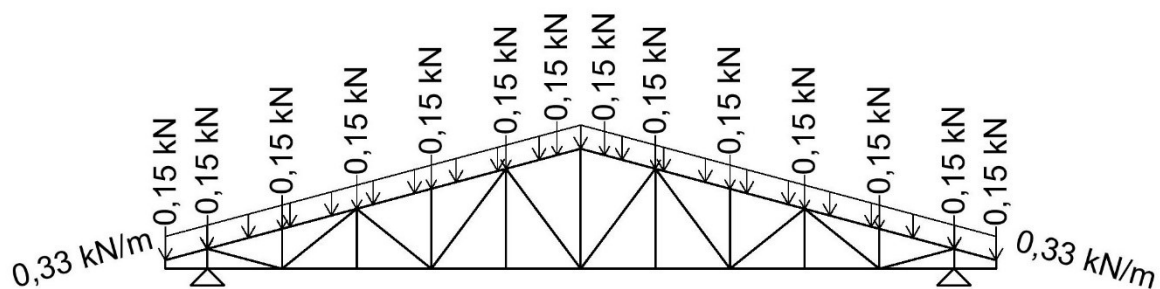
A = 764 mm²

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

1 - Sníh:



2 - Stálé zatížení:



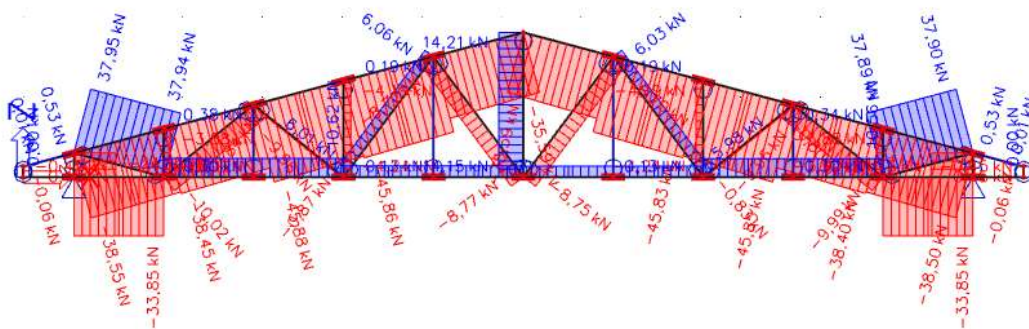
Rozhodující kombinace zatížení je vytvořena z vlastní tíhy konstrukce, proměnného zatížení sněhem a stálého zatížení.

VNITŘNÍ SÍLY:

Normálová síla – N [kN]

1D vnitřní síly

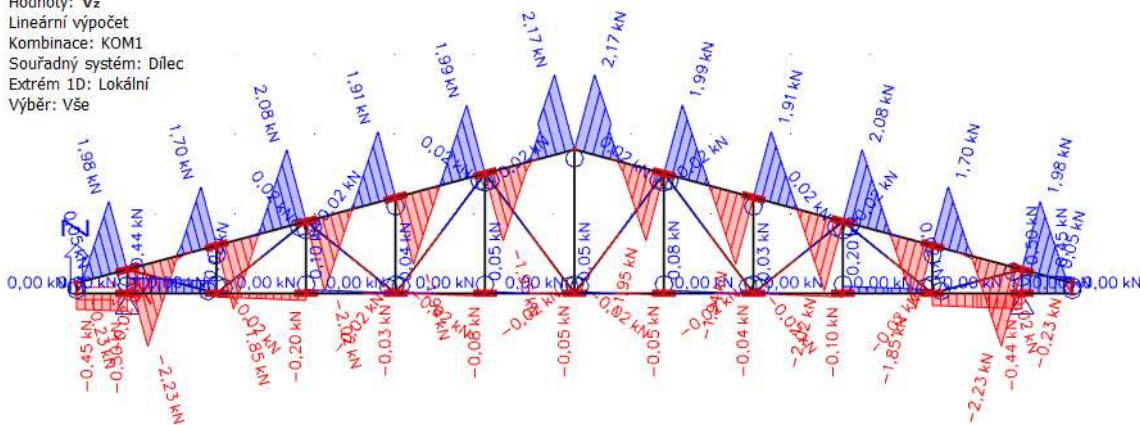
Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Posouvající síla – V [kN]

1D vnitřní síly

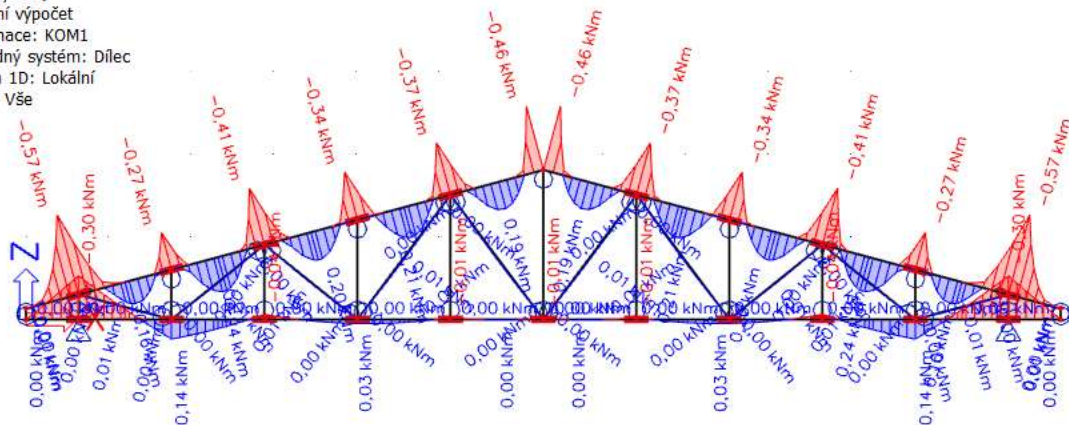
Hodnoty: Vz
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Moment – M [kNm]

1D vnitřní síly

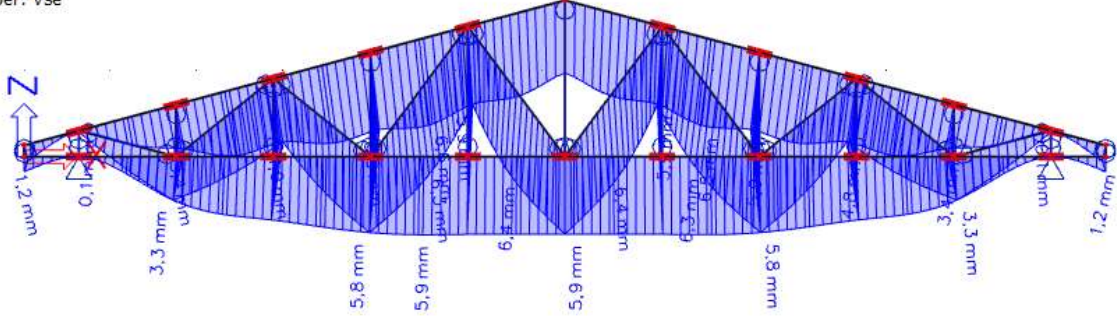
Hodnoty: My
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



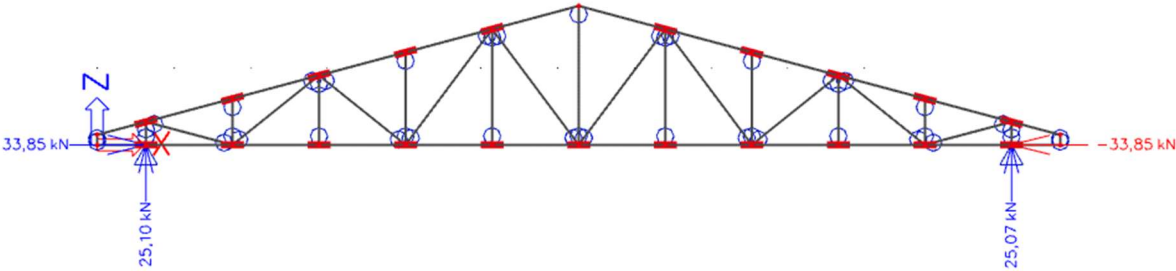
Průhyby – w [mm]

1D deformace

Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Kombinace: KOM1
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Dílec
Výběr: Vše

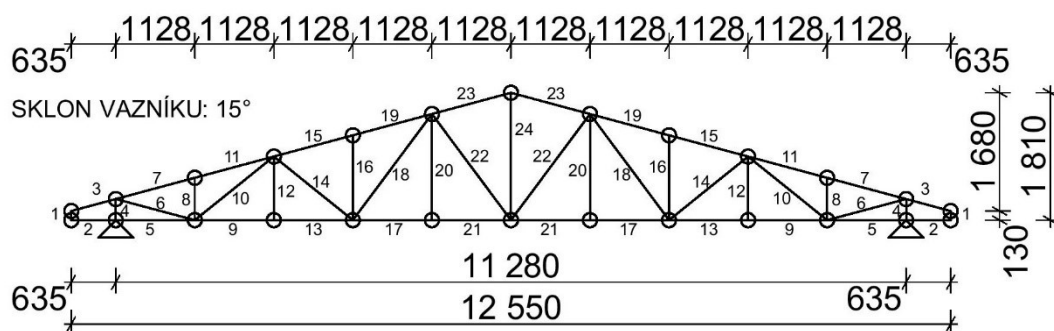


Reakce [kN]



POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:

POSOUZENÍ PRUTŮ:



Všechny prvky vazníku jsou navrženy z oceli S355.

Mez kluzu f_y : 355 MPa

Horní pás – čtvercové trubky: 40 x 40 x 6,3 (válcované za tepla)

Dolní pás – čtvercové trubky: 40 x 40 x 6,3 (válcované za tepla)

Diagonály – kruhové trubky: 26,9 x 5,0 (tvarované za studena)

Svislice – kruhové trubky: 26,9 x 5,0 (tvarované za studena)

V prutu č. 2 nepůsobí tah ani tlak.

NAMÁHÁNÍ TAHEM:

Výpočet únosnosti průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

| Označení | A [mm ²] | N _{t,Rd} [kN] |
|----------|----------------------|------------------------|
| 3 | 807 | 286,49 |
| 6 | 344 | 122,12 |
| 9 | 807 | 286,49 |
| 12 | 344 | 122,12 |
| 13 | 807 | 286,49 |
| 17 | 807 | 286,49 |
| 18 | 344 | 122,12 |
| 20 | 344 | 122,12 |
| 21 | 807 | 286,49 |
| 24 | 344 | 122,12 |

Posouzení průřezu v tahu:

| Označení | $N_{t,Rd}$ [kN] | N_{Ed} [kN] | Využití | Posouzení |
|----------|-----------------|---------------|---------|-----------|
| 3 | 286,49 | 0,53 | 0,18 % | Vyhovuje |
| 6 | 122,12 | 37,95 | 31,08 % | Vyhovuje |
| 9 | 286,49 | 10,62 | 3,71 % | Vyhovuje |
| 12 | 122,12 | 0,38 | 0,31 % | Vyhovuje |
| 13 | 286,49 | 10,62 | 3,71 % | Vyhovuje |
| 17 | 286,49 | 6,34 | 2,21 % | Vyhovuje |
| 18 | 122,12 | 6,06 | 4,96 % | Vyhovuje |
| 20 | 122,12 | 0,19 | 0,16 % | Vyhovuje |
| 21 | 286,49 | 6,34 | 2,21 % | Vyhovuje |
| 24 | 122,12 | 14,21 | 11,64 % | Vyhovuje |

NAMÁHÁNÍ TLAKEM:

Výpočet únosnosti průřezu ve vzpěrném tlaku:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}}} = \frac{\lambda}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}}} = \frac{\lambda}{93,9 * 0,81}$$

| Označení | A [mm ²] | L _{cr} [m] | i [mm] | λ | λ̄ | α | φ | χ | N _{b,Rd} [kN] |
|----------|----------------------|---------------------|--------|--------|------|------|------|------|------------------------|
| 1 | 344 | 0,13 | 8 | 16,25 | 0,21 | 0,49 | 0,52 | 1,00 | 122,12 |
| 4 | 344 | 0,30 | 8 | 37,50 | 0,49 | 0,49 | 0,69 | 0,85 | 103,80 |
| 5 | 807 | 1,13 | 13 | 86,92 | 1,14 | 0,21 | 1,25 | 0,57 | 163,30 |
| 7 | 807 | 1,17 | 13 | 90,00 | 1,18 | 0,21 | 1,30 | 0,54 | 154,70 |
| 8 | 344 | 0,60 | 8 | 75,00 | 0,99 | 0,49 | 1,18 | 0,55 | 67,17 |
| 10 | 344 | 1,45 | 8 | 181,25 | 2,38 | 0,49 | 3,87 | 0,14 | 17,10 |
| 11 | 807 | 1,17 | 13 | 90,00 | 1,18 | 0,21 | 1,30 | 0,54 | 154,70 |
| 14 | 344 | 1,45 | 8 | 181,25 | 2,38 | 0,49 | 3,87 | 0,14 | 17,10 |
| 15 | 807 | 1,17 | 13 | 90,00 | 1,18 | 0,21 | 1,30 | 0,54 | 154,70 |
| 16 | 344 | 1,21 | 8 | 151,25 | 1,99 | 0,49 | 2,92 | 0,20 | 24,42 |
| 19 | 807 | 1,17 | 13 | 90,00 | 1,18 | 0,21 | 1,30 | 0,54 | 154,70 |
| 22 | 344 | 1,88 | 8 | 235,00 | 3,09 | 0,49 | 5,98 | 0,09 | 10,99 |
| 23 | 807 | 1,17 | 13 | 90,00 | 1,18 | 0,21 | 1,30 | 0,54 | 154,70 |

Součinitel imperfekce - α:

$$a = 0,21$$

$$c = 0,49$$

Posouzení průřezu ve vzpěrném tlaku:

| Označení | N _{b,Rd} [kN] | N _{Ed} [kN] | Využití | Posouzení |
|----------|------------------------|----------------------|---------|-----------|
| 1 | 122,12 | 0,45 | 0,37 % | Vyhovuje |
| 4 | 103,80 | 24,16 | 23,28 % | Vyhovuje |
| 5 | 163,30 | 33,85 | 20,73 % | Vyhovuje |
| 7 | 154,70 | 38,55 | 24,92 % | Vyhovuje |
| 8 | 67,17 | 3,90 | 5,81 % | Vyhovuje |
| 10 | 17,10 | 10,02 | 58,60 % | Vyhovuje |
| 11 | 154,70 | 38,45 | 24,85 % | Vyhovuje |
| 14 | 17,10 | 0,87 | 5,09 % | Vyhovuje |
| 15 | 154,70 | 45,88 | 29,66 % | Vyhovuje |
| 16 | 24,42 | 4,24 | 17,36 % | Vyhovuje |
| 19 | 154,70 | 45,86 | 29,64 % | Vyhovuje |
| 22 | 10,99 | 8,77 | 79,80 % | Vyhovuje |
| 23 | 154,70 | 35,59 | 23,01 % | Vyhovuje |

POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250}$$

| Prvek | Délka [mm] | δ _z [mm] | δ _{lim} [mm] | Využití | Posouzení |
|--------|------------|---------------------|-----------------------|---------|-----------|
| Vazník | 12 550 | 6,60 | 50,20 | 13,15 % | Vyhovuje |

NAVRŽENÝ OCELOVÝ PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK
NAD DOJÍRNOU VYHOVUJE.

OCEL S 355

NÁVRH A POSOUZENÍ OCELOVÉHO PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU:

- PROVOZNĚ-TECHNICKÉ A SOCIÁLNÍ ZÁZEMÍ:

VÝPOČET ZATÍŽENÍ:

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ:

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – SNÍH:

- Lokalita: Řesanice u Kasejovic (okres Plzeň-jih)
- Sněhová oblast: II.
- Úhel sklonu střechy: 15°

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = s_k * \mu * C_e * C_t$$

$$s = 1,0 * 0,8 * 1,0 * 1,0$$

$$s = \mathbf{0,80 \text{ kN/m}^2}$$

KLIMATICKÉ ZATÍŽENÍ – VÍTR:

- Je předpokládáno, že rozhodující zatěžovací kombinací bude kombinace s vlivem zatížení sněhem, proto nebude uvažováno s vlivem zatížení od větru.

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu = 0,8$$

$$C_e = 1,0$$

$$C_t = 1,0$$

STÁLÁ ZATÍŽENÍ – ZATÍŽENÍ OCELOVÉHO PŘÍHRAD. VAZNÍKU:

| <i>STÁLÉ ZATÍŽENÍ</i> | ρ [kg/m ³] | t [m] | g_k [kN/m ²] |
|--|-----------------------------|-------|---|
| Samonosný střešní tepelněizolační sendvičový panel | 12,71 | 0,082 | 0,13 |
| CELKEM: | | | $g_{k,1} = \underline{0,13} \text{ kN/m}^2$ |

Pro zjednodušení výpočtu je oblast hřebenové větrací štěrbin, resp. světlíku nahrazena stejným zatížením, které je na zbytku střechy – tzn. samonosný střešní tepelněizolační sendvičový panel.

Celkové charakteristické zatížení:

$$g_k = g_{k,1} * Z\check{S}$$

$$g_k = 0,13 * 2,05$$

$$g_k = \mathbf{0,27 \text{ kN/m'}}$$

Zatížení od vaznic:

$$G_{v,k} = A * Z\check{S} * \rho$$

$$G_{v,k} = 0,000764 * 2,05 * 78,5$$

$$G_{v,k} = \mathbf{0,15 \text{ kN}}$$

Z\check{S} vazníku = 2,05 m

Z\check{S}..... Zatěžovací šířka

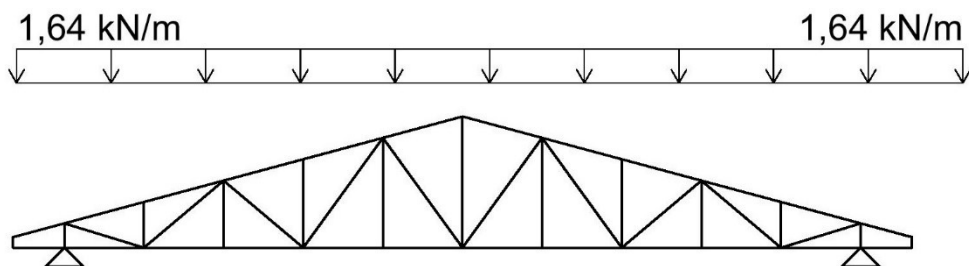
Předběž. návrh vaznice:

IPE 80

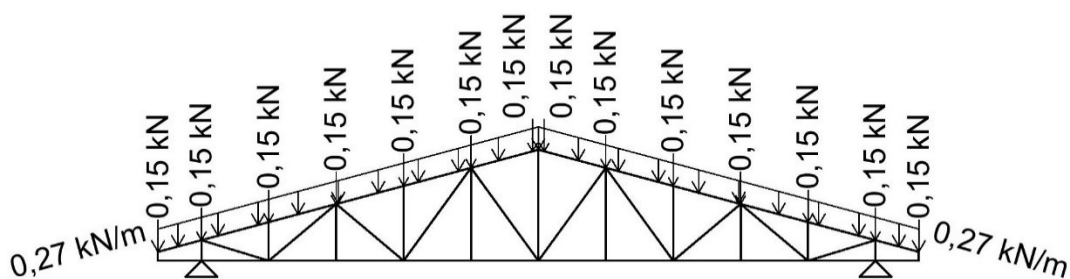
A = 764 mm²

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

1 - Sníh:



2 - Stálé zatížení:

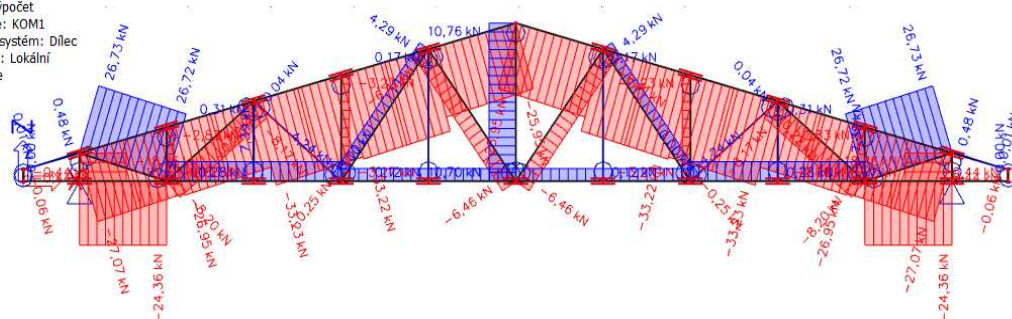


Rozhodující kombinace zatížení je vytvořena z vlastní tíhy konstrukce, proměnného zatížení sněhem a stálého zatížení.

VNITŘNÍ SÍLY:

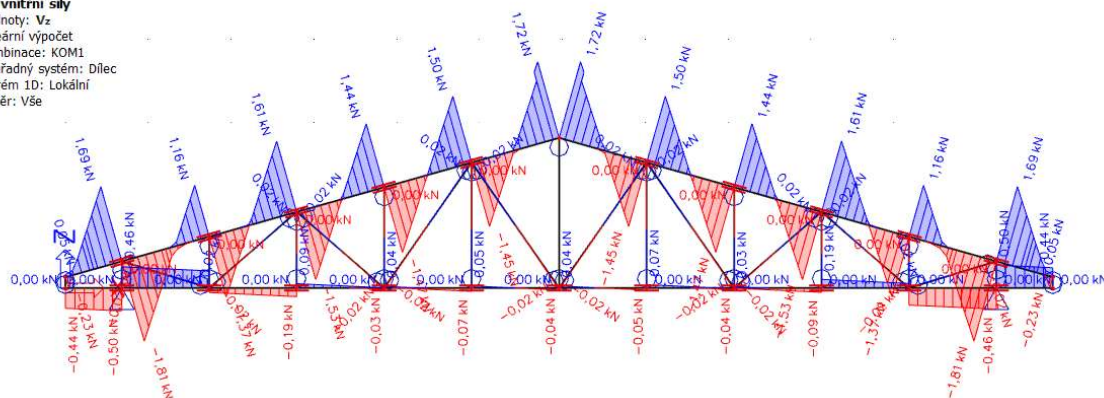
Normálová síla – N [kN]

1D vnitřní síly
 Hodnoty: N
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém ID: Lokální
 Výběr: Vše



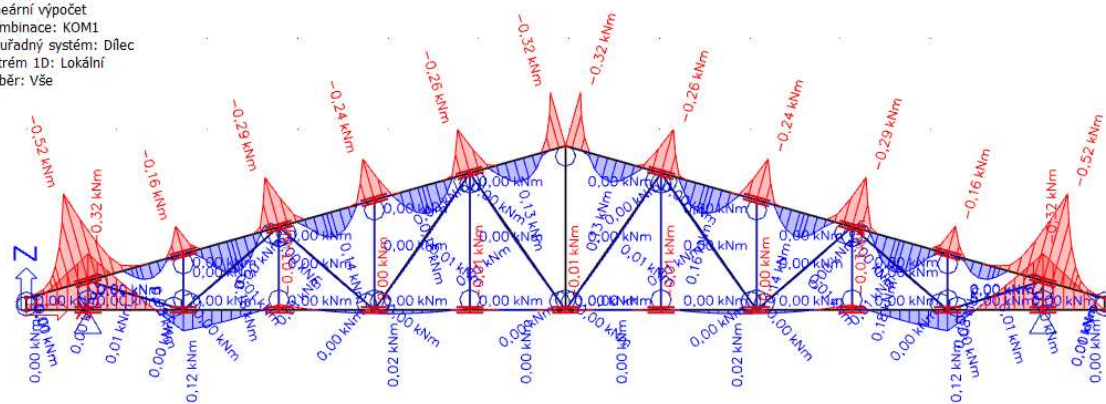
Posouvající síla – V [kN]

1D vnitřní síly
 Hodnoty: Vz
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém ID: Lokální
 Výběr: Vše



Moment – M [kNm]

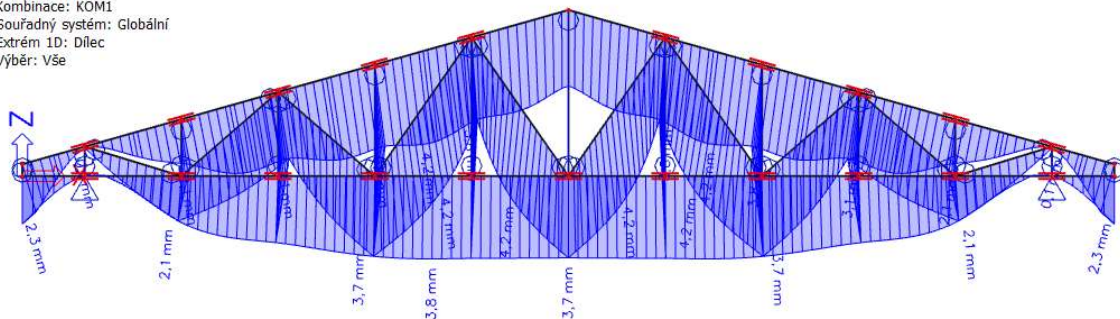
1D vnitřní síly
 Hodnoty: My
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém ID: Lokální
 Výběr: Vše



Průhyby – w [mm]

1D deformace

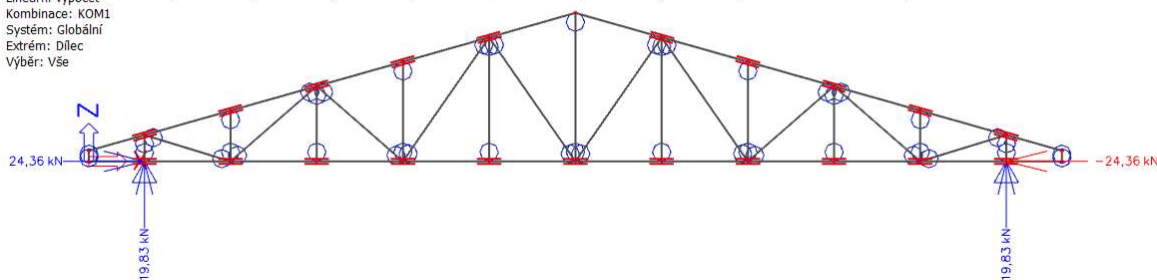
Hodnoty: U_{total}
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Souřadný systém: Globální
 Extrém 1D: Dílec
 Výběr: Vše



Reakce [kN]

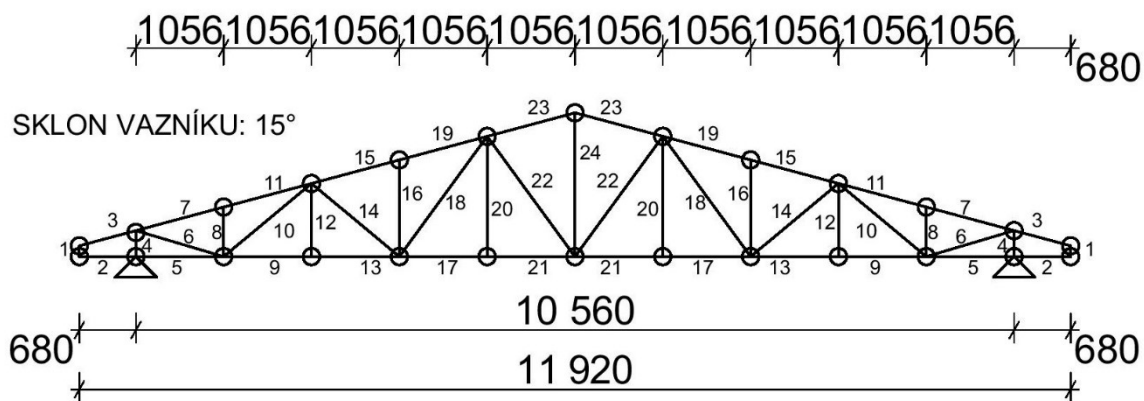
Reakce

Hodnoty: R_x , R_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: KOM1
 Systém: Globální
 Extrém: Dílec
 Výběr: Vše



POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI:

POSOUZENÍ PRUTŮ:



Všechny prvky vazníku jsou navrženy z oceli S355.

Mez kluzu f_y : 355 MPa

Horní pás – čtvercové trubky: 40 x 40 x 6,3 (válcované za tepla)

Dolní pás – čtvercové trubky: 40 x 40 x 6,3 (válcované za tepla)

Diagonály – kruhové trubky: 26,9 x 5,0 (tvarované za studena)

Svislice – kruhové trubky: 26,9 x 5,0 (tvarované za studena)

V prutu č. 2 nepůsobí tah ani tlak.

NAMÁHÁNÍ TAHEM:

Výpočet únosnosti průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

| Označení | A [mm ²] | N _{t,Rd} [kN] |
|----------|----------------------|------------------------|
| 3 | 807 | 286,49 |
| 6 | 344 | 122,12 |
| 9 | 807 | 286,49 |
| 12 | 344 | 122,12 |
| 13 | 807 | 286,49 |
| 17 | 807 | 286,49 |
| 18 | 344 | 122,12 |
| 20 | 344 | 122,12 |
| 21 | 807 | 286,49 |
| 24 | 344 | 122,12 |

Posouzení průřezu v tahu:

| Označení | N _{t,Rd} [kN] | N _{Ed} [kN] | Využití | Posouzení |
|----------|------------------------|----------------------|---------|-----------|
| 3 | 286,49 | 0,48 | 0,17 % | Vyhovuje |
| 6 | 122,12 | 26,73 | 21,89 % | Vyhovuje |
| 9 | 286,49 | 7,39 | 2,58 % | Vyhovuje |
| 12 | 122,12 | 0,31 | 0,25 % | Vyhovuje |
| 13 | 286,49 | 7,39 | 2,58 % | Vyhovuje |
| 17 | 286,49 | 4,77 | 1,66 % | Vyhovuje |
| 18 | 122,12 | 4,29 | 3,51 % | Vyhovuje |
| 20 | 122,12 | 0,17 | 0,14 % | Vyhovuje |
| 21 | 286,49 | 4,77 | 1,66 % | Vyhovuje |
| 24 | 122,12 | 10,76 | 8,81 % | Vyhovuje |

NAMÁHÁNÍ TLAKEM:

Výpočet únosnosti průřezu ve vzpěrném tlaku:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}}} = \frac{\lambda}{93,9 * \sqrt{\frac{235}{355}}} = \frac{\lambda}{93,9 * 0,81}$$

Součinitel imperfekce - α :

$$a = 0,21$$

$$c = 0,49$$

| Označení | A [mm ²] | L _{cr} [m] | i [mm] | λ | $\bar{\lambda}$ | α | ϕ | χ | N _{b,Rd} [kN] |
|----------|-------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------------|----------|--------|--------|---------------------------|
| 1 | 344 | 0,13 | 8 | 16,25 | 0,21 | 0,49 | 0,52 | 1,00 | 122,12 |
| 4 | 344 | 0,31 | 8 | 38,75 | 0,51 | 0,49 | 0,71 | 0,83 | 101,36 |
| 5 | 807 | 1,06 | 13 | 81,54 | 1,07 | 0,21 | 1,16 | 0,62 | 177,62 |
| 7 | 807 | 1,09 | 13 | 83,85 | 1,10 | 0,21 | 1,20 | 0,60 | 171,89 |
| 8 | 344 | 0,60 | 8 | 75,00 | 0,99 | 0,49 | 1,18 | 0,55 | 67,17 |
| 10 | 344 | 1,37 | 8 | 171,25 | 2,25 | 0,49 | 3,53 | 0,16 | 19,54 |
| 11 | 807 | 1,09 | 13 | 83,85 | 1,10 | 0,21 | 1,20 | 0,60 | 171,89 |
| 14 | 344 | 1,37 | 8 | 171,25 | 2,25 | 0,49 | 3,53 | 0,16 | 19,54 |
| 15 | 807 | 1,09 | 13 | 83,85 | 1,10 | 0,21 | 1,20 | 0,60 | 171,89 |
| 16 | 344 | 1,16 | 8 | 145,00 | 1,91 | 0,49 | 2,74 | 0,21 | 25,65 |
| 19 | 807 | 1,09 | 13 | 83,85 | 1,10 | 0,21 | 1,20 | 0,60 | 171,89 |
| 22 | 344 | 1,79 | 8 | 223,75 | 2,94 | 0,49 | 5,49 | 0,10 | 12,21 |
| 23 | 807 | 1,09 | 13 | 83,85 | 1,10 | 0,21 | 1,20 | 0,60 | 171,89 |

Posouzení průřezu ve vzpěrném tlaku:

| Označení | N _{b,Rd} [kN] | N _{Ed} [kN] | Využití | Posouzení |
|----------|------------------------|----------------------|---------|-----------|
| 1 | 122,12 | 0,44 | 0,36 % | Vyhovuje |
| 4 | 101,36 | 18,87 | 18,62 % | Vyhovuje |
| 5 | 177,62 | 24,36 | 13,71 % | Vyhovuje |
| 7 | 171,89 | 27,07 | 15,75 % | Vyhovuje |
| 8 | 67,17 | 2,86 | 4,26 % | Vyhovuje |
| 10 | 19,54 | 8,20 | 41,97 % | Vyhovuje |
| 11 | 171,89 | 26,95 | 15,68 % | Vyhovuje |
| 14 | 19,54 | 0,25 | 1,28 % | Vyhovuje |
| 15 | 171,89 | 33,23 | 19,33 % | Vyhovuje |
| 16 | 25,65 | 3,27 | 12,75 % | Vyhovuje |
| 19 | 171,89 | 33,22 | 19,33 % | Vyhovuje |
| 22 | 12,21 | 6,46 | 52,91 % | Vyhovuje |
| 23 | 171,89 | 25,95 | 15,10 % | Vyhovuje |

POSOUZENÍ NA MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI:

$$\delta_{lim} = \frac{l}{250}$$

| Prvek | Délka [mm] | δ_z [mm] | δ_{lim} [mm] | Využití | Posouzení |
|--------|------------|-----------------|---------------------|---------|-----------|
| Vazník | 11 920 | 4,20 | 47,68 | 8,81 % | Vyhovuje |

NAVRŽENÝ OCELOVÝ PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK NAD
PROVOZNĚ-TECHNICKÉM A SOCIÁLNÍM ZÁZEMÍ VYHOVUJE.

OCEL S 355