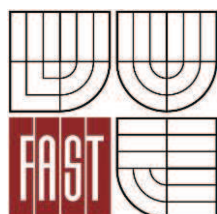




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍ HALY- **PŘÍLOHA A**

THE ROOFING OF THE SPORT HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADEK MÜLLER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2015

PRŮVODNÍ ZPRÁVA (STATICKÝ VÝPOČET)

ZASTŘEŠENÍ SPORTOVNÍ HALY

Popis budovy:

Sportovní hala o půdorysných rozměrech 40x60m, která je zastřešena konstrukcí z lepeného lamelového dřeva. Objekt se nachází v lokalitě obce Brno.

Popis konstrukce:

Hlavní nosný prvek je zakřivený z lepeného lamelového dřeva s připojeným sloupem z lepeného lamelového dřeva, okraj vazníku je podporován ocelovým sloupem, osová vzdálenost hlavní vazby je 5,0m. Dalším nosným prvkem jsou vaznice obdélníkového průřezu uloženy tak, že horní hrana vaznice lícuje s horní hranou hlavního nosníku. Vaznice mají proměnný náklon, osová vzdálenost vaznic je 1,0m. Střešní plášť je zapuštěný pod horní hranou vazníku. Toto řešení jsem si vybral z estetických a konstrukčních důvodů. Vazník je na jedné straně podporován betonovou patkou, na kterou je kloubově uložen. Pod stojinou je rovněž kloubově uložen na betonovou patku. Ocelový sloup je oboustranně kloubově uložen, ve spodní část je sloup podporován betonovou patkou.

Vazník je tvořen nosníkem obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva. Dřevěný sloup je složený ze dvou obdélníkových průřezů proměnného průřezu z lepeného lamelového dřeva. Ocelový sloup je tvořen ocelovou trubkou CHS. Rozpětí vazníku je 40m, poloměr oblouku je proměnný. Spoj hlavního sloupu a nosníku je proveden tuhým rámovým spojem. Pro statický výpočet je uvažována pouze jedna varianta. Ztužení konstrukce je provedeno v poli 1,5,8,12. Ztužující konstrukce je provedena z lanek s tahovou účinností.

Použitý materiál:

lepené lamelové dřevo GL28h ,rostlé dřevo C24
ocel S355 , ocel S690

Popis zatížení:

Budova se nachází v lokalitě Brno se sněhovou oblastí I a větrnou oblastí II. Uvažuji zatížení vlastní tíhou konstrukce, sněhem a větrem. V kombinacích v souladu s ČSN EN 1990.

Jednotlivé zatěžovací stavy:

- 1 - vlastní tíha nosné konstrukce
- 2 - ostatní stálé zatížení (střešní plášť')
- 3 - sníh plný nenafoukaný
- 4 - sníh plný (zmrzlý)+nafoukaný (vítr levý)
- 5 - sníh nafoukaný (vítr pravý)
- 6 - sníh nafoukaný (vítr levý)
- 7- vítr z levý (severní)
- 8- vítr z pravý (jižní)
- 9- vítr podélný

Použitá literatura a normy v platném znění:

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1995 – Navrhování dřevěných konstrukcí

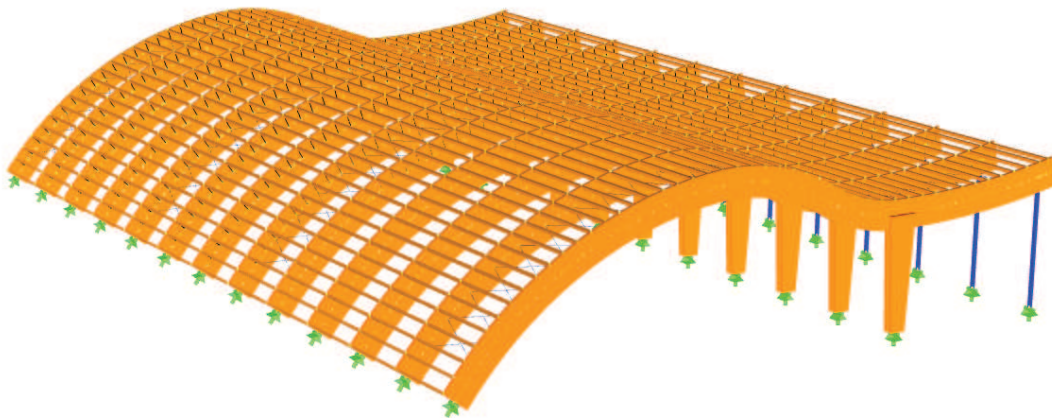
Sortimentní katalog společnosti Feron, a.s.

Zhotovil: Radek Müller B4K5

Ročník: 2014/2015

PŘÍLOHA A

STATICKÝ VÝPOČET



VAZNICE

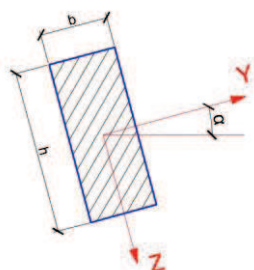
$$I_y = 100,0 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 56,25 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1000 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 750 \times 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A = 30000 \text{ mm}^2$$



• základní informace o vaznici:

- osová vzdálenost hlavních nosníků: 5 [m] > délka vaznice 4,80 [m]
- délka vaznic v oblasti sloupu 4,40 [m]
- osová vzdálenost vaznic 1,00 [m]
- předpokládaný průřez vaznice 150x200 [mm]
- bude použito jehličnaté dřevo typ C24 ($\gamma_m = 1,30$)
- vaznice bude posouzena na kombinaci tlaku a ohybu
- vaznice budou konstruovány jako zapuštěné
- podle typu uložení volím statické schéma prostého nosníku v obou ohybových osách

Třídy pevnosti dřeva pro řezivo deskové a hraněné [MPa] ¹⁾										
Namáhání	Označení	Třídy pevnosti pro dřevo								
		Jehličnaté a topol								
		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
ohyb	$f_{m,k}$	14	16	18	22	24	27	30	35	40
tah	$f_{t,0,k}$	8	10	11	13	14	16	18	21	24
	$f_{t,90,k}$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
tlak	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	23	25	26
	$f_{c,90,k}$	4,3	4,6	4,8	5,1	5,3	5,6	5,7	6,0	6,3
smyk	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8
modul pružnosti	$E_{0,mean}$	7000	8000	9000	10000	11000	12000	12000	13000	14000
	$E_{0,05}$	4700	5400	6000	6700	7400	8000	8000	8700	9400
	$E_{90,mean}$	230	270	300	330	370	400	400	430	470
	G_{mean}	440	500	560	630	690	750	750	810	880

1) Výpočtové pevnosti jsou určeny vydělením charakteristických hodnot dílčím souč. spolehlivosti materiálu: $\gamma_m = 1,3$ pro základní kombinaci zatížení v I.MS. Pro MS použitelnosti (výpočet průhybů) je $\gamma_m = 1,0$.

• výpočet zatížení:

○ stálé zatížení:

	G_{ok} [kN]	γ_m	G_{od} [kN]
vlastní tíha vaznice odhad 150x200 [mm] 0,15x0,20x340	0,102	1,35	0,1377
Σ	0,102		0,1377

	G_{1k} [kN]	γ_m	G_{1d} [kN]
plech titanizek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ²	0,048	1,35	0,065
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu	0,070	1,35	0,095
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340	0,136	1,35	0,184
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10	0,016	1,35	0,022
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,16x1x20	0,032	1,35	0,043
laťový rošt odhad 5kg/m ²	0,050	1,35	0,068
podhled Severský modřín rošt 12,6kg/m ²	0,126	1,35	0,170
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,001	1,35	0,001
Σ	0,479		0,647

○ proměnné zatížení:

- montér 100kg uprostřed rozpětí

	Q_{ok} [kN]	γ_m	Q_{od} [kN]
montér 100 kg/ks	1,000	1,50	1,500
Σ	1,000		1,500

▪ zatížení sněhem:

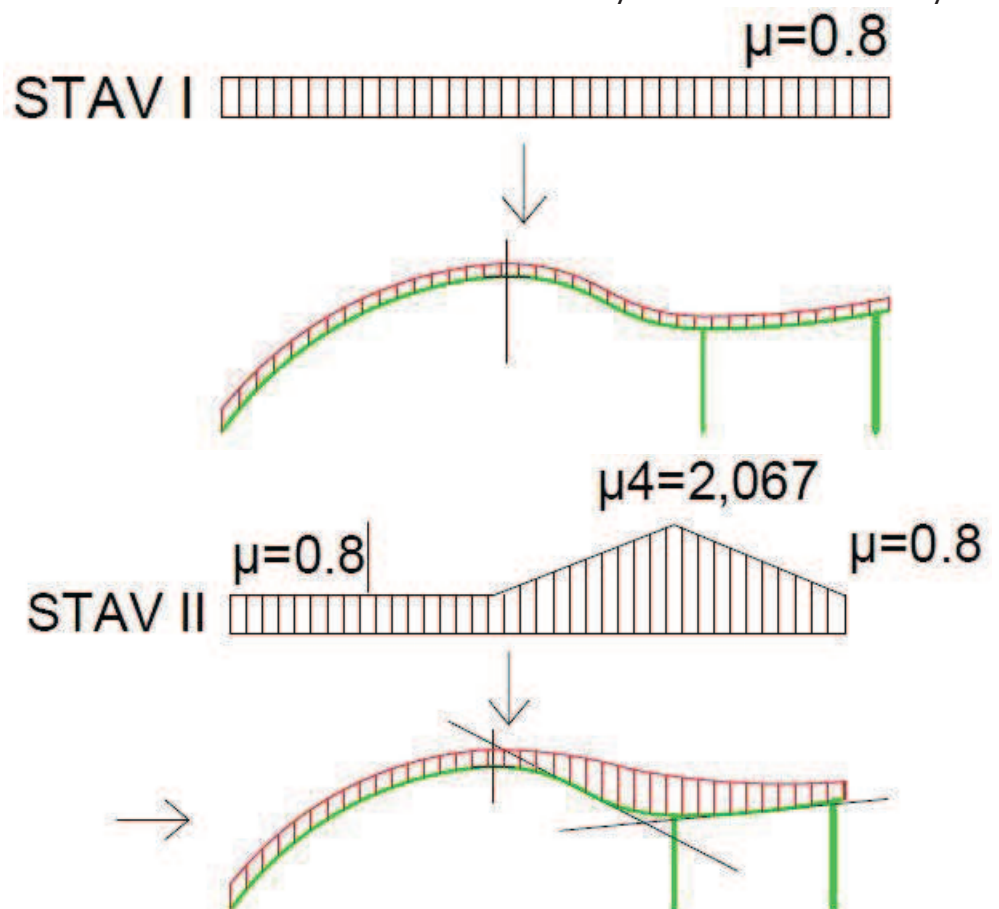
- $S = \mu * C_e * C_t * s_k$
- dle sněhové mapy ČR je hodnota $s_k = 0,7$ kN (Brno)
- součinitel expozice C_e byl dle situace volen 1,0

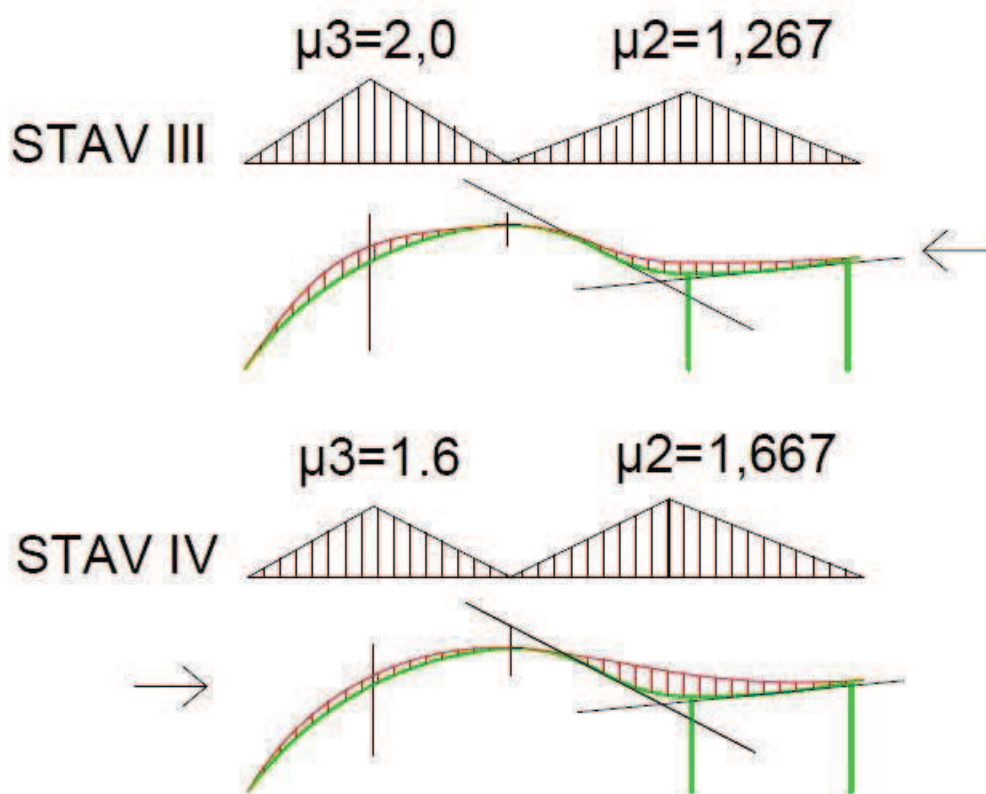
Tabulka 5.1 – Doporučené hodnoty součinitele C_e pro různé typy krajiny

Typ krajiny	C_e
otevřená ^{a)}	0,8
normální ^{b)}	1,0
chráněná ^{c)}	1,2

^{a)} Otevřený typ krajiny: rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.
^{b)} Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.
^{c)} Chráněný typ krajiny: plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

- tepelný součinitel C_t volím 1,0 střešní plášť vykazuje nižší prostup tepla než $1,0 \text{ W/m}_2^{\circ}\text{K}$. Ve střešním plášti jsou prosklené části, avšak není očekáváno zvýšené odtávání sněhu.
- tvarový součinitel μ byl u obloukové části vypočítán na základě odstavce 5.3.5. – válcové střechy a vyduť část nosníku byla vypočítána na základě odstavce 5.3.4. – střechy vícelodních budov.
- na základě tvaru volím čtyři různé zatěžovací stavy



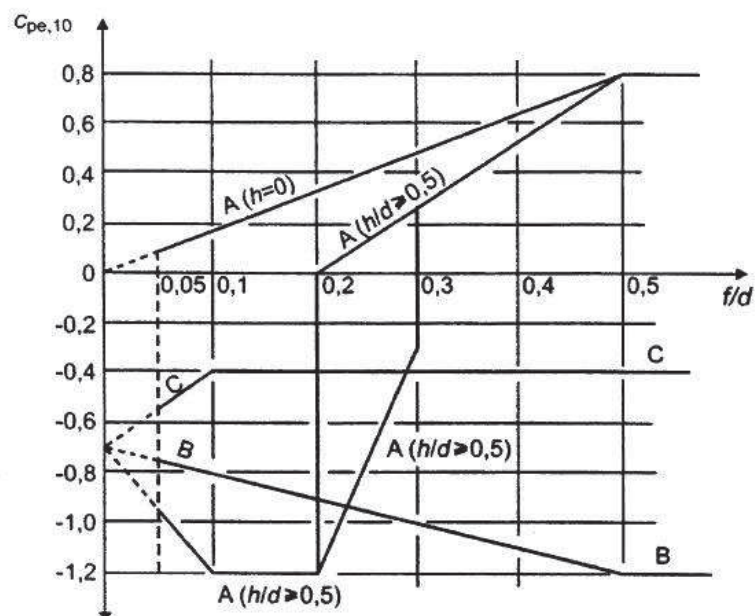


- popis zatěžovacích stavů:
 - STAV I – volně spadavý sníh
 - STAV II – volně spadavý sníh + navátý sníh
 - STAV III - sníh navátý zprava (severní strana)
 - STAV IV – sníh navátý zleva (jižní strana)
- vypočítané hodnoty: [kN/m²]
 - STAV I: $0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56$
 - STAV II: $0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56$
 - $2,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,45$
 - STAV III: $2,00 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,40$
 - $1,27 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,89$
 - STAV IV: $1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,12$
 - $1,67 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,17$
- zatížení větrem:
 - Větrná oblast pro lokalitu Brno = II > $V_{b,0} = 25\text{m/s}$
 - typ terénu II > $z_0 = 0,05\text{m}$ $z_{\min} = 2\text{m}$

Tabulka 4.1 – Kategorie terénů a jejich parametry

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10
POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.		

- základní rychlost větru:
 - $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$
 - C_{dir} - součinitel směru, volím 1,0
 - C_{season} - součinitel ročního období, volím 1,0
 - $V_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$
- střední tlak větru:
 - $q_b = 0,5 * \rho * V_b^2$
 - $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
 - $q_b = 0,5 * 1,25 * 25^2 > q_b = \mathbf{0,39 \text{ kN}}$
- střední rychlost větru:
 - $z = 11,5 \text{ m}$
 - $V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b$
 - $C_0(z) = 1,0$ součinitel drsnosti terénu, volím 1,0
 - $C_r(z) = k_r * \ln(z/z_0)$
 - $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0II})^{0,07}$; $z_{0tab} = 0,05$; $z_{0II} = 0,05$
 - $k_r = 0,19$
 - $C_r(z) = 0,19 * \ln(11,5/0,05) = 1,034$
 - $V_m(z) = 1,034 * 1,0 * 25 = \mathbf{25,85 \text{ m/s}}$
- charakteristický maximální tlak větru:
 - $q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2$
 - $I_v(z) = k_t / (c_0(z) * (\ln(z/z_0)))$; $c_0(z) = 1,0$
 - součinitel turbulence $k_t = 1,0$
 - $I_v(z) = 1 / (1,0 * (\ln(11,5/0,05))) = 0,184$
 - $q_p(z) = [1 + 7 * 0,184] * 0,5 * 1,25 * 25,84^2 / 1000$
 - $\mathbf{q_p(z) = 0,955 \text{ kN/m}^2}$
- příčný vítr
- hodnoty $c_{pe,10}$ pro příčný vítr na konstrukci válcové střechy a na střechy sedlové



Tabulka 7.4a – Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy

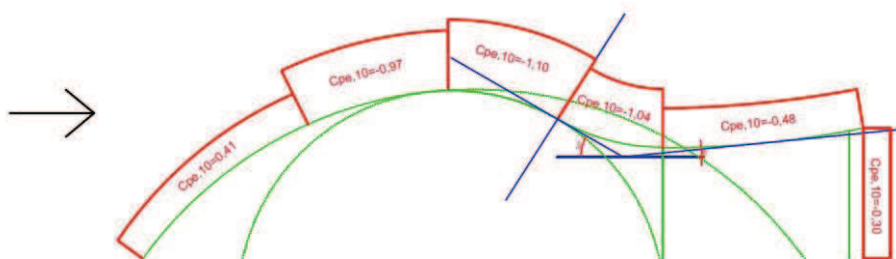
Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	+0,0		+0,0		+0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

POZNÁMKA 1 Při $\theta = 0^\circ$ se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně $\alpha = -5^\circ$ až $+45^\circ$; proto jsou uvedeny kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat čtyři případy, ve kterých největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H jsou kombinovány s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty.

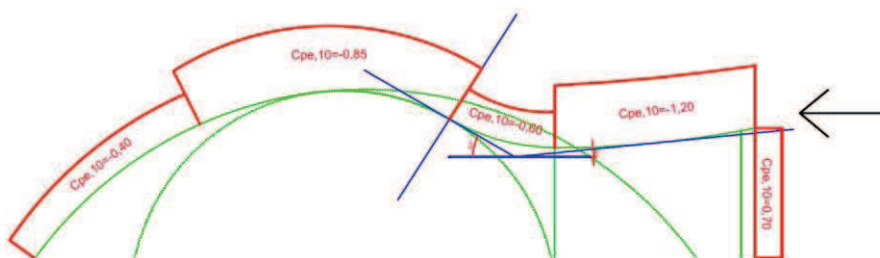
POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu se stejným znaménkem lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami se stejným znaménkem. (Není dovoleno interpolovat mezi $\alpha = +5^\circ$ a $\alpha = -5^\circ$, ale použijí se hodnoty pro ploché střechy podle 7.2.3). Hodnoty 0,0 jsou uvedeny pro potřeby interpolace.

- hodnoty $C_{pe,10}$ pro příčný vítr byly kombinovány z hodnot pro válcové a sedlové střechy
- výsledné zatěžovací stavy pro příčný vítr

STAV I



STAV II

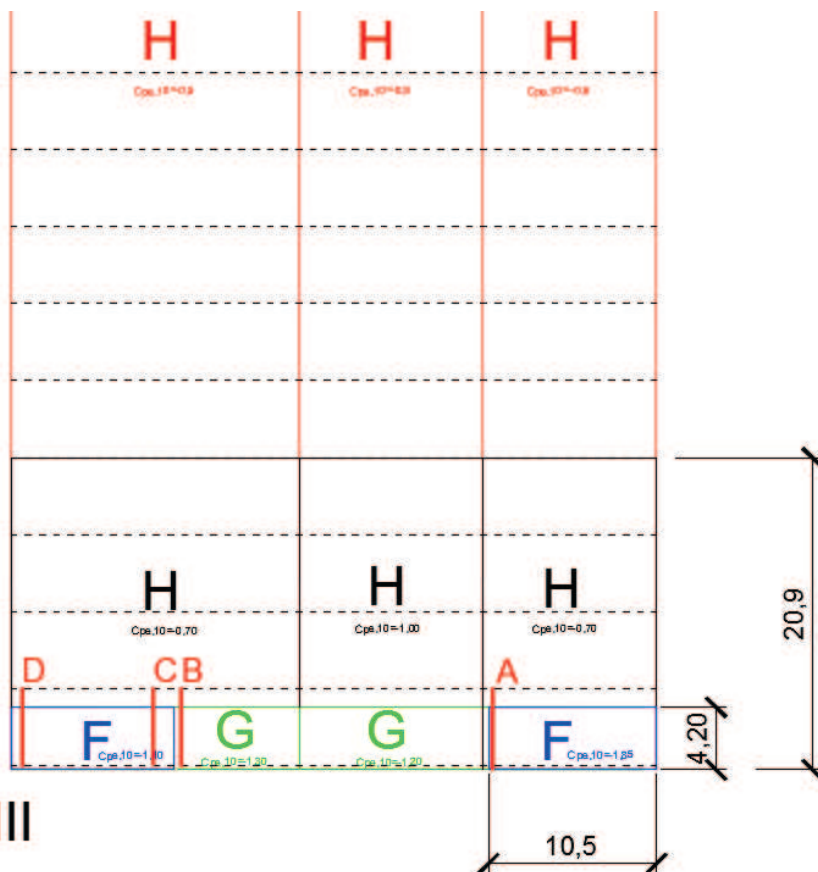


- podélný vítr

Tabulka 7.4b – Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2

- vzhledem k tomu, že norma neobsahuje hodnoty pro podélný vítr na obloukové konstrukci jsou součinitele ($C_{pe,10}$) převzaty ze zatížení pro sedlové střechy
-
- výsledný zatěžovací stav pro podélný vítr
-



STAV III

$$w_e = q_p(z) * C_{pe,10}$$

$N_{při}$ = příslušná
tlaková síla pro
danou vaznici

úvaha: vzhledem
k tomu, že tlak
vyvozuje vždy
pouze návětrná
strana a
v konstrukci je
počítáno se čtyřmi
ztužidly v rovině
střechy beru
maximální tlak na
řešenou vaznici
jako polovinu
spolupůsobící
plochy
vynásobené souč.
 C_{pe} a $q_p(z)$

- tření větru o konstrukci

(4) Účinky tření větru na povrchu lze zanedbat, jestliže celková plocha všech povrchů rovnoběžných se směrem větru (nebo odkloněných o malý úhel od tohoto směru), je rovna nebo menší než čtyřnásobek celkové plochy všech vnějších povrchů, kolmých k větru (návětrných a závětrných).

- výpočet ploch

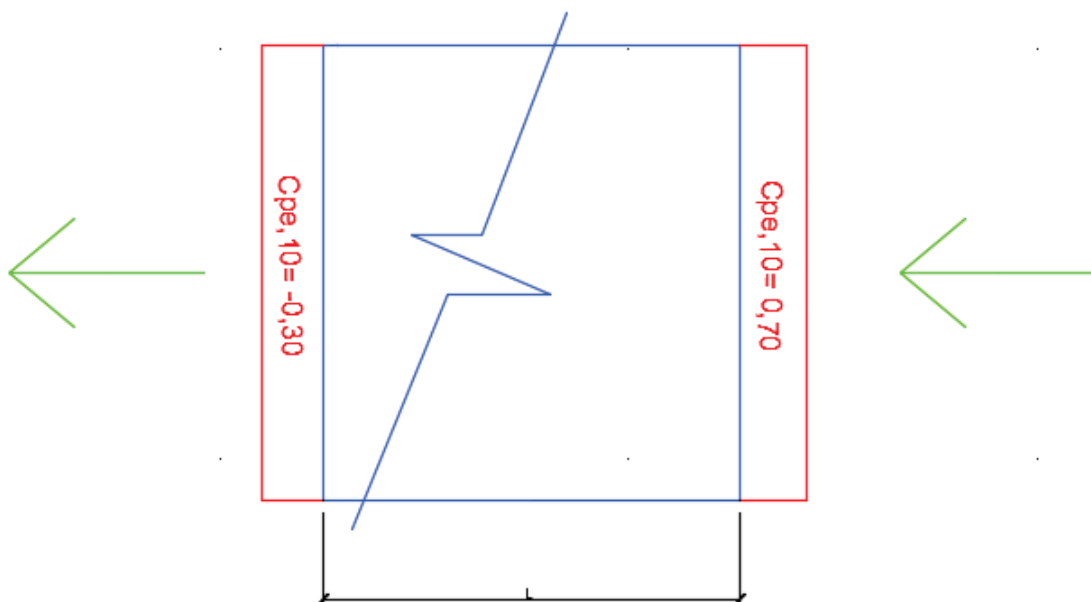
- plocha rovnoběžná se směrem větru
- $A_{podél} = b * l > A_{podél} = 45,5 * 60 = 2730 \text{ m}^2$
- $A_{příč} = (2 * h * b) * 4 > A_{příč} = (2 * 392,14) * 4 = 3137 \text{ m}^2$
- $A_{podél} < A_{příč}$

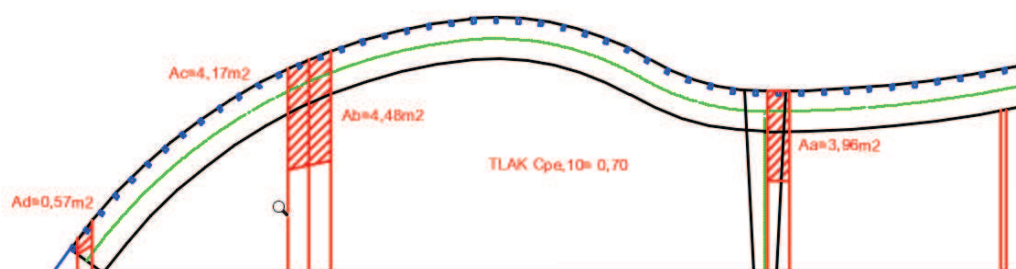
- vypočítané hodnoty dle vzorce pro vnější tlaky [kN/m^2]

- STAV I: $0,955 * 0,41 = 0,392$ (tlak)
- $0,955 * -0,97 = -0,927$
- $0,955 * -1,10 = -1,051$
- $0,955 * -1,04 = -0,994$
- $0,955 * -0,48 = -0,459$
- $0,955 * -0,30 = -0,287$
- STAV II: $0,955 * -0,40 = -0,382$
- $0,955 * -0,85 = -0,812$
- $0,955 * -0,60 = -0,573$
- $0,955 * -1,20 = -1,146$
- $0,955 * 0,70 = 0,669$
- STAV III: $0,955 * -1,10 = -1,051$
- $0,955 * -1,30 = -1,242$
- $0,955 * -1,20 = -1,146$
- $0,955 * -1,85 = -1,767$
- $0,955 * -0,70 = -0,669$
- $0,955 * -1,00 = -0,955$
- $0,955 * -0,90 = -0,860$
- $0,955 * -0,60 = -0,573$
- $0,955 * -0,50 = -0,478$

- tlak a sání větru na čelní stěny konstrukce

- tlak na jednu vaznici se vypočte jako $A_w/2$ přičemž
 $A_w = h_{při} * Z_{při}$
- $N_{při} = A/2 * C_{pe,10} * q_p(z)$

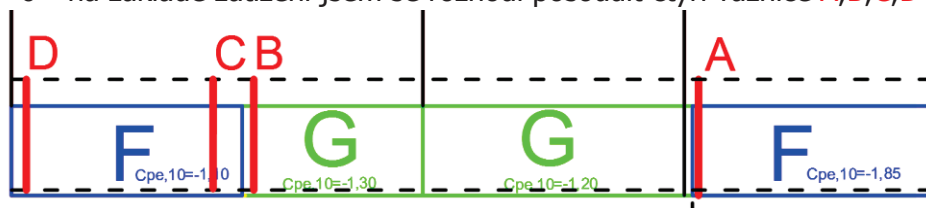




- vypočítané hodnoty tlaků na přísluš. vaznice [kN]
 - $N_A = 3,96 \cdot 0,955 \cdot 0,70 = 2,65$
 - $N_B = 4,48 \cdot 0,955 \cdot 0,70 = 3,00$
 - $N_C = 4,17 \cdot 0,955 \cdot 0,70 = 2,79$
 - $N_D = 0,57 \cdot 0,955 \cdot 0,70 = 0,39$

• řešené vaznice:

- na základě zatížení jsem se rozhodl posoudit čtyři vaznice **A,B,C,D**



- Zatížení působící na řešené vaznice:

- vaznice **A**: úhel natočení 0 [°], vlastní tíha, konstrukce střešního pláště, max. sání větru (STAV III) -1,767[kN/m²]; min. sání větru (STAV I) -0,459[kN/m²], max. tíha sněhu (STAV II) 1,45[kN/m²]; min. tíha sněhu (STAV I) 0,56[kN/m²] ŽŠ pro sníh cca 1,00m a tlak na čelní stěnu $N_A = 2,65$ kN
- vaznice **B**: úhel natočení 21 [°], vlastní tíha, konstrukce střešního pláště, max. sání větru (STAV III) -1,242[kN/m²]; min. sání větru (STAV II) -0,812[kN/m²], max. tíha sněhu (STAV III) 1,27[kN/m²]; min. tíha sněhu (STAV I) 0,56[kN/m²] ŽŠ pro sníh cca 0,93m a tlak na čelní stěnu $N_B = 3,00$ kN
- vaznice **C**: úhel natočení 26 [°], vlastní tíha, konstrukce střešního pláště, max. sání větru (STAV III) -1,051[kN/m²]; max. tlak větru (STAV I) 0,392[kN/m²], max. tíha sněhu (STAV II) 1,40 [kN/m²]; min. tíha sněhu (STAV I) 0,56[kN/m²] ŽŠ pro sníh cca 0,90m a tlak na čelní stěnu $N_C = 2,79$ kN
- vaznice **D**: úhel natočení 38 [°], vlastní tíha, konstrukce střešního pláště, max. sání větru (STAV III) -1,051[kN/m²]; max. tlak větru (STAV I) 0,392[kN/m²], max. tíha sněhu (STAV I,II) 0,56[kN/m²] ŽŠ pro sníh cca 0,62m a tlak na čelní stěnu $N_D = 0,39$ kN
- v tlaku uvažuji pro každou vaznici 1% na **stabilitní síly** tzv. **1,82kN** na vaznici

$$N_{\max} = 0,01 \cdot 182$$

$$= 1,82 \text{ kN/m'}$$

- výpočet zatěžovacích kombinací:
 -
 - kombinační součinitele pro výpočet momentů MSÚ a MSP

Tabulka A1.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy tiha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy 30 kN < tiha vozidla ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3) ^{*)}			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000$ m n.m.	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.			
*) Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.			

- kombinace pro MSÚ počítány dle **6.10a** a **6.10b**

$$\left\{ \sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad (6.10b)$$

- kombinace pro MSP provedeny zjednodušenou metodou

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

$$\text{kde } u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pro stálé zatížení } G; \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{pro hlavní proměnné zatížení } Q_1; \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pro ostatní proměnná zatížení } Q_i (i > 1); \quad (2.5)$$

$u_{inst,G}$, $u_{inst,Q,1}$, $u_{inst,Q,i}$ jsou okamžité deformace pro příslušné zatížení G , Q_1 , Q_i ;
 $\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení;
 $\psi_{0,i}$ součinitele pro kombinační hodnotu proměnných zatížení;
 k_{def} uveden v tabulce 3.2 pro dřevo a materiály na bázi dřeva a v 2.3.2.2 (3) a 2.3.2.2 (4) pro spoje.

Součinitel k_{def} pro třídu prostředí 3 volím **2,00**

• materiálové charakteristiky:

- stanovení k_{mod}
- třídy provozu: na základě typu konstrukce (plavecký bazén) volím třídu provozu **3**

2.3.1.3 Třídy provozu^{NP1)}

(1)P Konstrukce musí být zařazeny do jedné ze tříd provozu uvedených dále:

POZNÁMKA 1 Systém tříd provozu je především zaměřen na určování hodnot pevností a na výpočet deformací při daných podmínkách prostředí.

POZNÁMKA 2 Informace o zařazování konstrukcí do tříd provozu uvedených v (2)P, (3)P a (4)P, může být uvedena v národní příloze.^{NP2)}

(2)P Třída provozu 1 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65 % pouze po několik týdnů v roce.

POZNÁMKA Ve třídě provozu 1 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin 12 %.

(3)P Třída provozu 2 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85 % pouze po několik týdnů v roce.

POZNÁMKA Ve třídě provozu 2 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin 20 %.

(4)P Třída provozu 3 je charakterizována klimatickými podmínkami vedoucími k vyšší vlhkosti než ve třídě provozu 2.

- k_{mod} volím na základě trvání zatížení a prostředí 0,70

Tabulka 3.1 – Hodnoty k_{mod}

Materiál	Norma	Třída provozu	Třída trvání zatížení				
			Stálé zatížení	Dlouhodobé zatížení	Střednědobé zatížení	Krátkodobé zatížení	Okamžikové zatížení
Rostlé dřevo	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

- návrhová pevnost za ohybu:
- $f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,k} / g_M)$
- **$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = 12,923 \text{ MPa}$**
- návrhová pevnost v tlaku:
- $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,0,k} / g_M)$
- **$f_{c,0,d} = 11,307 \text{ MPa}$**

• posouzení:

- na MSÚ dle vzorce pro šikmý (dvouosý ohyb) v kombinaci se vzpěrným tlakem:

(3) Ve všech ostatních případech mají napětí, která budou zvýšena v důsledku průhybu, splňovat následující podmínky:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.23)$$

- dále pak na kombinaci prostého tlaku a dvouosého ohybu

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.20)$$

- u vzpěru používám následující postup:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.21)$$

$$k_y = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) \quad (6.27)$$

kde β_c je součinitel pro prvky, splňující meze zakřivení stanovené v kapitole 10:

$$\beta_c = \begin{cases} 0,2 & \text{pro rostlé dřevo} \\ 0,1 & \text{pro lepené lamelové dřevo a LVL} \end{cases} \quad (6.29)$$

pro různé kombinace mohou uvažovat různé hodnoty k_{mod} pro zjednodušení volím nejméně příznivou

$k_m = 0,70$

úvaha: vaznici posuzuji na vzpěr pouze ve směru Y předpokládám, že ve směru Z nevybočí z důvodu zajištění celoplošným bedněním

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (6.25)$$

- posouzení na smyk (základní podmínka)

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

- výpočet pro obdélníkový průřez
- $T_d = 1,5 \cdot V_{ed} / b \cdot h$
- $f_{v,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,k} / \gamma_M)$
- $f_{v,d} = 1,346 \text{ MPa}$
- smykové síly na řešených vaznicích vaznicích
 - $V_{ed,A} = 6,52 \text{ kN}$
 - $V_{ed,B} = 6,15 \text{ kN}$
 - $V_{ed,C} = 6,42 \text{ kN}$
 - $V_{ed,D} = 4,55 \text{ kN}$

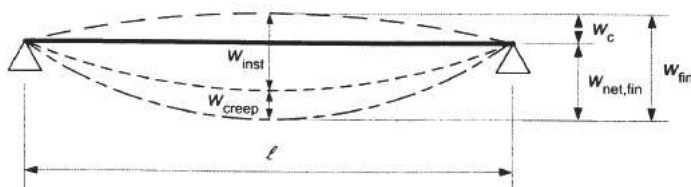
- posouzení na MSP dle zjednodušeného výpočtu:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_2} \quad (2.2)$$

- výsledný průhyb pro šikmý ohyb:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} \leq u_{lim}$$

- Do vzorce se volí maximální hodnota průhybu buď v ose y nebo v ose z a k němu náležící hodnota průhybu v ose opačné, nikoliv maximální hodnota.
- limitní hodnoty průhybů dle EC5



Obrázek 7.1 – Složky průhybu

- (2) Čistý průhyb pod přímkou mezi podpěrami $w_{net,fin}$ se má uvažovat takto:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_{sh} = w_{fin} - w_{sh} \quad (7.2)$$

POZNÁMKA Doporučený rozsah mezních hodnot průhybů je pro nosníky o rozpětí l uveden v tabulce 7.2 v závislosti na úrovni deformace považované za přijatelnou. Informace o národní volbě může být uvedena v národní příloze.^{NPS)}

Table 7.2 – Příklady mezních hodnot průhybů nosníků

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Prostý nosník	$l/300$ až $l/500$	$l/250$ až $l/350$	$l/150$ až $l/300$
Vykonzolované nosníky	$l/150$ až $l/250$	$l/125$ až $l/175$	$l/75$ až $l/150$

- vzhledem k přísným požadavkům na k_{def} pro třídu prostředí 3 volím mezní průhyb $w_{fin} l/150$
- **Veškeré podrobné výpočty pro vaznice A,B,C,D jsou provedeny v příložených výstupech z tabulkového procesoru!**

výpočet vaznice (šikmý ohyb)			
délka(l),[mm]	4400,00	Iy[mm4]	1,0000E+08
výška(h),[mm]	200,00	Iz[mm4]	5,6250E+07
šířka(b),[mm]	150,00	Wy[mm3]	1,000E+06
fm,[kMpa]	24	Wz[mm3]	7,500E+05
E0,mean[Gpa]	11		
α[°]	0,00	A[mm2]	30000,00
α[rad]	0,0000000000		

Kombinační součinitele pro pozemní stavby	ψ0	ψ1	ψ2
SNÍH , ČR pro stavby ve výšce H ≤ 1000 m n.m.	0,5	0,2	0
VÍTR , Větrná oblast pro Brno = II,Vb,0 = 25m/s	0,6	0,2	0
PROMĚNNÉ , Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6

Návrhové součinitele	γ
Stálé zatížení	1,35
Proměnné zatížení	1,50
Materiálový součinitel pro rostlé dřevo	1,30

Třída provozu(bazén) > tř. 3 > kmod(d+k)=	0,70
tvárový součinitel pro obdélník	0,70
součinitel kdef	2,00

Zatížení počítáno na ZŠ 1m ¹
Vaznici vyšetřuji v určitých místě a pro toto místo volím min a max hodnoty pro zat. sněhem a větrem a příslušný úhel náklonu.

Stálé zatížení	G _{0k} [kN]	Y _m	G _{0d} [kN]
vlastní tíha vaznice odhad 150x200 [mm] 0,15x0,20x340	0,102	1,35	0,1377
Σ	0,102	Σ	0,1377

	G _{1k} [kN]	Y _m	G _{1d} [kN]
plech titaninek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ²	0,048	1,35	0,065
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu	0,070	1,35	0,095
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340	0,136	1,35	0,184
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10	0,016	1,35	0,022
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,16x1x20	0,032	1,35	0,043
laťový rošt odhad 5kg/m ²	0,050	1,35	0,068
podhled Severský modřin rošt 12,6kg/m ²	0,126	1,35	0,170
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,001	1,35	0,001
Σ	0,479	Σ	0,647

Y	momenty(cos)	Z	momenty(sin)
Myk,qM	1,100 kNm	Mzk,qM	0,000 kNm
Myk,g0	0,247 kNm	Mzk,g0	0,000 kNm
Myk,g1	1,159 kNm	Mzk,g1	0,000 kNm
Myk,qS,max	3,509 kNm	Mzk,qS,max	0,000 kNm
Myk,qS,min	1,355 kNm	Mzk,qS,min	0,000 kNm
Myk,qV,max	-4,283 kNm	Mzk,qV,max	0,000 kNm
Myk,qV,min	-1,113 kNm	Mzk,qV,min	0,000 kNm

MSÚ		Nedmax	4,470 kN
MyK1	3,548 kNm	MzK1	0,000 kNm
MyK2	7,162 kNm	MzK2	0,000 kNm
MyK3	-5,019 kNm	MzK3	0,000 kNm
MyK4	-1,895 kNm	MzK4	0,000 kNm
MyK5	0,076 kNm	MzK5	0,000 kNm
My,Ed	7,162 kNm	Mz,Ed	0,000 kNm

Napětí[MPa]			
σ _{m,y,d} =	7,162 MPa	σ _{m,z,d} =	0,000 MPa
	Pevnost za ohybu:	fm,y,d=fm,z,d	12,923 MPa
σ _{c,0,d} =	0,149 MPa	iy	0,058 m
		ly	76,21
		λ _{rel,y}	1,292
		ky	1,38
		kcy	0,53
Pevnost v tlaku:	fc,0,d	11,308 MPa	

Podmínky spolehlivosti:

1) 0,39<1,00 2) 0,58<1,00

rd,max= 0,326 MPa
Pevnost ve smyku: fv,d 1,346 MPa

0,24<1,00

MSP			
Ufy,qM	0,0016 mm	Uz,qM	0,0000 mm
Uy,g0	0,0005 mm	Uz,g0	0,0000 mm
Uy,g1	0,0021 mm	Uz,g1	0,0000 mm
Uy,qSmax	0,0064 mm	Uz,qSmax	0,0000 mm
Uy,qVmax	-0,0079 mm	Uz,qVmax	0,0000 mm
Ufin:			
Ufiny,g	0,0077 mm	Ufinz,g	0,0000 mm
Ufiny,M	0,0031 mm	Ufinz,M	0,0000 mm
Ufiny,qSmax(hl.)	0,0064 mm	Ufinz,qSmax(hl.)	0,0000 mm
Ufiny,qSmax	0,0032 mm	Ufinz,qSmax	0,0000 mm
Ufiny,qVmax(hl.)	-0,0079 mm	Ufinz,qVmax(hl.)	0,0000 mm
Ufiny,qVmax	-0,0047 mm	Ufinz,qVmax	0,0000 mm

Kombinace:			
Ufin,yK1	0,0108 mm	Ufin,zK1	0,0000
Ufin,yK2	0,0142 mm	Ufin,zK2	0,0000
Ufin,yK3	0,0095 mm	Ufin,zK3	0,0000
Ufin,yK4	0,0031 mm	Ufin,zK4	0,0000
Ufin,y,max	0,0142 mm	Ufin,z,max	0,0000 mm

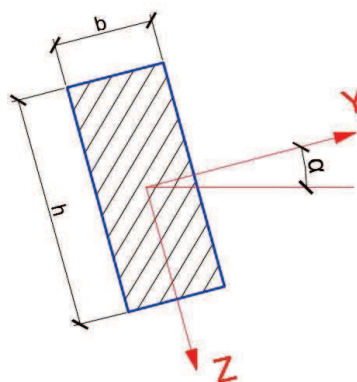
Podmínka použitelnosti: prostý nosník: Ufin(l/150-l/300)

14,17 mm<30,00 mm

29,33 mm 14,67 mm

A

DLE: ČSN EN 1990
ČSN EN 1991
ČSN EN 1995-1-1



Proměnné zatížení

	Q _{0k} [kN]	Y _m	Q _{0d} [kN]
montér 100 kg/ks	1,000	1,50	1,500
Σ	1,000	Σ	1,500

	Q _{0k} [kN]	Y _m	Q _{0d} [kN]
STAV II snih max=2,07*1,0*1,0*0,7	1,450	1,50	2,175
Σ	1,450	Σ	2,175
STAV I snih min=0,80*1,0*1,0*0,7	0,560	1,50	0,840
Σ	0,560	Σ	0,840

	Q _{0k} [kN]	Y _m	Q _{0d} [kN]
STAV III(sání) vítr max=0,955*-1,85=-1,767	-1,770	1,50	-2,655
Σ	-1,770	Σ	-2,655
STAV I(sání) vítr min=0,955*-0,48=-0,459	-0,460	1,50	-0,69
Σ	-0,460	Σ	-0,690

Kombinace MSU dle:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\sum_{j=1}^n \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10b$$

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+snih plný
- K3 min.stálé+max.sání(tlak)
- K4 stálé+max.snih+max.sání(tlak)
- K5 stálé+min.snih+max.sání(tlak)

tyto základní kombinace postačí k návrhu vaznice

Kombinace MSP (zjednodušená) dle:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

$$\text{kde } u_{fin,G} = u_{fin,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pro stálé zatížení } G; \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{fin,Q_1} (\psi_{0,1} + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{pro hlavní proměnné zatížení } Q_1; \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{fin,Q_i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pro ostatní proměnná zatížení } Q_i (i > 1); \quad (2.5)$$

u_{fin,G}, u_{fin,Q1}, u_{fin,Qi} jsou okamžité deformace pro příslušné zatížení G, Q₁, Q_i;
ψ_{0,1}, ψ_{2,1} součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení;
ψ_{0,i} součinitele pro kombinací hodnotu proměnných zatížení;
k_{def} uveden v tabulce 3.2 pro dřevo a materiály na bázi dřeva a v 2.3.2.2 (3) a 2.3.2.2 (4) pro spoje.

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+plný snih(hlavní)
- K3 stálé+snih plný(hl.)+vitr max
- K4 stálé+snih plný+vitr max(hl.)

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} \leq u_{lim}$$

výpočet vaznice (šikmý ohyb)			
délka(l),[mm]	4800,00	Iy[mm4]	1,0000E+08
výška(h),[mm]	200,00	Iz[mm4]	5,6250E+07
šířka(b),[mm]	150,00	Wy[mm3]	1,000E+06
fm,[kMpa]	24	Wz[mm3]	7,500E+05
E0,mean[Gpa]	11		
α[°]	21,00	A[mm2]	30000,00
α[rad]	0,3665191429		

Kombinační součinitele pro pozemní stavby	ψ0	ψ1	ψ2
SNÍH , ČR pro stavby ve výšce H ≤ 1000 m n.m.	0,5	0,2	0
VÍTR , Větrná oblast pro Brno = II,Vb,0 = 25m/s	0,6	0,2	0
PROMĚNNÉ , Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6

Návrhové součinitele	γ
Stálé zatížení	1,35
Proměnné zatížení	1,50
Materiálový součinitel pro rostlé dřevo	1,30

Třída provozu(bazén) > tř. 3 > kmod(d+k)=	0,70
tvárový součinitel pro obdélník	0,70
součinitel kdef	2,00

Zatížení počítáno na ZŠ 1m ¹
Vaznici vyšetřuji v určitém místě a pro toto místo volím min a max hodnoty pro zat. sněhem a větrem a příslušný úhel náklonu.

Stálé zatížení	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
vlastní tíha vaznice odhad 150x200 [mm] 0,15x0,20x340	0,102	1,35	0,1377
Σ	0,102	Σ	0,1377

	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
plech titaninek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ²	0,048	1,35	0,065
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu	0,070	1,35	0,095
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340	0,136	1,35	0,184
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10	0,016	1,35	0,022
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,16x1x20	0,032	1,35	0,043
laťový rošt odhad 5kg/m ²	0,050	1,35	0,068
podhled Severský modřín rošt 12,6kg/m ²	0,126	1,35	0,170
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,001	1,35	0,001
Σ	0,479	Σ	0,647

Y	momenty(cos)	Z	momenty(sin)
Myk,qM	1,120 kNm	Mzk,qM	0,430 kNm
Myk,g0	0,274 kNm	Mzk,g0	0,105 kNm
Myk,g1	1,288 kNm	Mzk,g1	0,494 kNm
Myk,qS,max	3,175 kNm	Mzk,qS,max	1,219 kNm
Myk,qS,min	1,401 kNm	Mzk,qS,min	0,538 kNm
Myk,qV,max	-3,339 kNm	Mzk,qV,max	-1,282 kNm
Myk,qV,min	-2,183 kNm	Mzk,qV,min	-0,838 kNm

MSÚ		Nedmax	4,820 kN
MyK1	3,789 kNm	MzK1	1,455 kNm
MyK2	6,872 kNm	MzK2	2,638 kNm
MyK3	-3,447 kNm	MzK3	-1,323 kNm
MyK4	-0,519 kNm	MzK4	-0,199 kNm
MyK5	1,205 kNm	MzK5	0,462 kNm
My,Ed	6,872 kNm	Mz,Ed	2,638 kNm

Napětí[MPa]	6,872 MPa	6m,z,d=	3,517 MPa
6m,y,d=	Pevnost za ohybu:	fm,y,d=fm,z,d	12,923 MPa
6c,0,d=	0,161 MPa	iy	0,058 m
		ly	83,14
		lrel,y	1,410
		ky	1,55
		kcy	0,46
Pevnost v tlaku:	fc,0,d	11,308 MPa	

Podmínky spolehlivosti:

1) 0,64<1,00 2) 0,75<1,00

τd,max= 0,321 MPa
Pevnost ve smyku: fv,d 1,346 MPa

0,24<1,00

MSP			
Ufy,qM	0,0020 mm	Uz,qM	0,0013 mm
Uy,g0	0,0006 mm	Uz,g0	0,0004 mm
Uy,g1	0,0028 mm	Uz,g1	0,0019 mm
Uy,qSmax	0,0069 mm	Uz,qSmax	0,0047 mm
Uy,qVmax	-0,0073 mm	Uz,qVmax	-0,0050 mm
Ufin:			
Ufiny,g	0,0102 mm	Ufinz,g	0,0070 mm
Ufiny,M	0,0037 mm	Ufinz,M	0,0025 mm
Ufiny,qSmax(hl.)	0,0069 mm	Ufinz,qSmax(hl.)	0,0047 mm
Ufiny,qSmax	0,0035 mm	Ufinz,qSmax	0,0024 mm
Ufiny,qVmax(hl.)	-0,0073 mm	Ufinz,qVmax(hl.)	-0,0050 mm
Ufiny,qVmax	-0,0044 mm	Ufinz,qVmax	-0,0030 mm

Kombinace:			
Ufin,yK1	0,0139 mm	Ufin,zK1	0,0095
Ufin,yK2	0,0172 mm	Ufin,zK2	0,0117
Ufin,yK3	0,0128 mm	Ufin,zK3	0,0087
Ufin,yK4	0,0064 mm	Ufin,zK4	0,0044
Ufin,y,max	0,0172 mm	Ufin,z,max	0,0117 mm

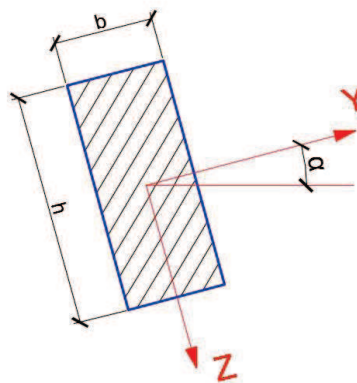
Podmínka použitelnosti: prostý nosník: Ufin((150-l)/300)

20,77 mm<30,00 mm

32,00 mm 16,00 mm

B

DLE: ČSN EN 1990
ČSN EN 1991
ČSN EN 1995-1-1



Proměnné zatížení

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
montér 100 kg/ks	1,000	1,50	1,500
Σ	1,000	Σ	1,500

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV III snih max=1,81*1,0*1,0*0,7*0,93	1,181	1,50	1,772
Σ	1,181	Σ	1,772
STAV I snih min=0,80*1,0*1,0*0,7*0,93	0,521	1,50	0,782
Σ	0,521	Σ	0,782

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV III (sání) vítr max=0,955*1,30=-1,242	-1,242	1,50	-1,863
Σ	-1,242	Σ	-1,863
STAV II(sání) vítr min=0,955*-0,85=-0,812	-0,812	1,50	-1,218
Σ	-0,812	Σ	-1,218

Kombinace MSU dle:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10b$$

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+snih plný
- K3 min.stálé+max.sání(tlak)
- K4 stálé+max.snih+max.sání(tlak)
- K5 stálé+min.snih+max.sání(tlak)

tyto základní kombinace postačí k návrhu vaznice

Kombinace MSP (zjednodušená) dle:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

$$\text{kde } u_{fin,G} = u_{fin,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pro stálé zatížení } G; \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{fin,Q_1} (1 + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pro hlavní proměnné zatížení } Q_1; \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{fin,Q_i} (\psi_{2,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pro ostatní proměnné zatížení } Q_i (i > 1); \quad (2.5)$$

$u_{fin,G}, u_{fin,Q_1}, u_{fin,Q_i}$ jsou okamžité deformace pro příslušné zatížení G, Q₁, Q_i;
 $\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$ součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení;
 $\psi_{2,i}$ součinitele pro kombinální hodnotu proměnných zatížení;
 k_{def} uveden v tabulce 3.2 pro dřevo a materiály na bázi dřeva a v 2.3.2.2 (3) a 2.3.2.2 (4) pro spoje.

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+plný snih(hlavní)
- K3 stálé+snih plný(hl.)+vitr max
- K4 stálé+snih plný+vitr max(hl.)

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} \leq u_{lim}$$

výpočet vaznice (šikmý ohyb)			
délka(l),[mm]	4800,00	Iy[mm4]	1,0000E+08
výška(h),[mm]	200,00	Iz[mm4]	5,6250E+07
šířka(b),[mm]	150,00	Wy[mm3]	1,000E+06
fm,[kMpa]	24	Wz[mm3]	7,500E+05
E0,mean[Gpa]	11		
α[°]	26,00	A[mm2]	30000,00
α[rad]	0,4537856055		

Kombinační součinitele pro pozemní stavby	ψ0	ψ1	ψ2
SNÍH , ČR pro stavby ve výšce H ≤ 1000 m n.m.	0,5	0,2	0
VÍTR , Větrná oblast pro Brno = II,Vb,0 = 25m/s	0,6	0,2	0
PROMĚNNÉ , Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6

Návrhové součinitele	γ
Stálé zatížení	1,35
Proměnné zatížení	1,50
Materiálový součinitel pro rostlé dřevo	1,30

Třída provozu(bazén) > tř. 3 > kmod(d+k)=	0,70
tvárový součinitel pro obdélník	0,70
součinitel kdef	2,00

Zatížení počítáno na ZŠ 1m ¹
Vaznici vyšetřuji v určeném místě a pro toto místo volím min a max hodnoty pro zat. sněhem a větrem a příslušný úhel náklonu.

Stálé zatížení	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
vlastní tíha vaznice odhad 150x200 [mm] 0,15x0,20x340	0,102	1,35	0,1377
Σ	0,102	Σ	0,1377

	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
plech titaninek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ²	0,048	1,35	0,065
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu	0,070	1,35	0,095
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340	0,136	1,35	0,184
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10	0,016	1,35	0,022
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,16x1x20	0,032	1,35	0,043
laťový rošt odhad 5kg/m ²	0,050	1,35	0,068
podhled Severský modřín rošt 12,6kg/m ²	0,126	1,35	0,170
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,001	1,35	0,001
Σ	0,479	Σ	0,647

Y	momenty(cos)	Z	momenty(sin)
Myk,qM	1,079 kNm	Mzk,qM	0,526 kNm
Myk,g0	0,264 kNm	Mzk,g0	0,129 kNm
Myk,g1	1,240 kNm	Mzk,g1	0,605 kNm
Myk,qS,max	3,262 kNm	Mzk,qS,max	1,591 kNm
Myk,qS,min	1,305 kNm	Mzk,qS,min	0,636 kNm
Myk,qV,max	-2,721 kNm	Mzk,qV,max	-1,327 kNm
Myk,qV,min	1,015 kNm	Mzk,qV,min	0,495 kNm

MSÚ		Nedmax	4,610 kN
MyK1	3,648 kNm	MzK1	1,779 kNm
MyK2	6,923 kNm	MzK2	3,376 kNm
MyK3	-2,577 kNm	MzK3	-1,257 kNm
MyK4	0,396 kNm	MzK4	0,193 kNm
MyK5	7,836 kNm	MzK5	3,822 kNm
My,Ed	7,836 kNm	Mz,Ed	3,822 kNm

Napětí:[Mpa]		6m,z,d=	5,096 MPa
6m,y,d=	7,836 MPa	fm,y,d=fm,z,d	12,923 MPa
6c,0,d=	0,154 MPa	iy	0,058 m
		ly	83,14
		lrel,y	1,410
		ky	1,55
		kcy	0,46
Pevnost v tlaku:	fc,0,d	11,308 MPa	

Podmínky spolehlivosti:

1) 0,82<1,00 2) 0,91<1,00

rd,max= 0,308 MPa
Pevnost ve smyku: fv,d 1,346 MPa

0,23<1,00

MSP			
Ufy,qM	0,0019 mm	Uz,qM	0,0016 mm
Uy,g0	0,0006 mm	Uz,g0	0,0005 mm
Uy,g1	0,0027 mm	Uz,g1	0,0023 mm
Uy,qSmax	0,0071 mm	Uz,qSmax	0,0062 mm
Uy,qVmax	0,0022 mm	Uz,qVmax	0,0019 mm
Ufin:			
Ufiny,g	0,0098 mm	Ufinz,g	0,0085 mm
Ufiny,M	0,0036 mm	Ufinz,M	0,0031 mm
Ufiny,qSmax(hl.)	0,0071 mm	Ufinz,qSmax(hl.)	0,0062 mm
Ufiny,qSmax	0,0036 mm	Ufinz,qSmax	0,0031 mm
Ufiny,qVmax(hl.)	0,0022 mm	Ufinz,qVmax(hl.)	0,0019 mm
Ufiny,qVmax	0,0013 mm	Ufinz,qVmax	0,0012 mm

Kombinace:			
Ufin,yK1	0,0134 mm	Ufin,zK1	0,0116
Ufin,yK2	0,0170 mm	Ufin,zK2	0,0147
Ufin,yK3	0,0183 mm	Ufin,zK3	0,0159
Ufin,yK4	0,0156 mm	Ufin,zK4	0,0135
Ufin,y,max	0,0183 mm	Ufin,z,max	0,0159 mm

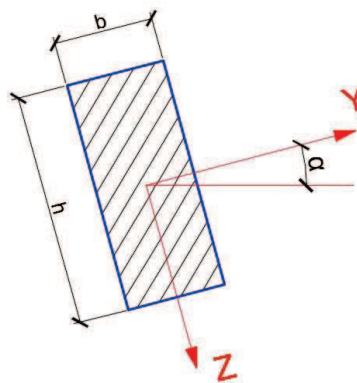
Podmínka použitelnosti: prostý nosník: Ufin((150-l/300)

24,21 mm<30,00 mm

32,00 mm 16,00 mm

C

DLE: ČSN EN 1990
ČSN EN 1991
ČSN EN 1995-1-1



Proměnné zatížení

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
montér 100 kg/ks	1,000	1,50	1,500
Σ	1,000	Σ	1,500

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV II snih max=2,00*1,0*1,0*0,7*0,9	1,260	1,50	1,890
Σ	1,260	Σ	1,890
STAV I snih min=0,80*1,0*1,0*0,7*0,9	0,504	1,50	0,756
Σ	0,504	Σ	0,756

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV III (sání) vítr max=0,955*1,10=-1,051	-1,051	1,50	-1,5765
Σ	-1,051	Σ	-1,5765
STAV I (tlak) vítr min=0,955*0,41=0,392	0,392	1,50	0,588
Σ	0,392	Σ	0,588

Kombinace MSÚ dle:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10b$$

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+snih plný
- K3 min.stálé+max.sání(tlak)
- K4 stálé+max.snih+max.sání(tlak)
- K5 stálé+max.snih+max.sání(tlak)

tyto základní kombinace postačí k návrhu vaznice

Kombinace MSP (zjednodušená) dle:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

$$\text{kde } u_{fin,G} = u_{fin,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pro stálé zatížení } G; \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{fin,Q_1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad \text{pro hlavní proměnné zatížení } Q_1; \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{fin,Q_i} (\psi_{2,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad \text{pro ostatní proměnná zatížení } Q_i (i > 1); \quad (2.5)$$

$u_{fin,G}, u_{fin,Q_1}, u_{fin,Q_i}$ jsou okamžité deformace pro příslušné zatížení G, Q_1, Q_i ;
 $\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$ součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení;
 $\psi_{2,i}$ součinitele pro kombinací hodnotu proměnných zatížení;
 k_{def} uveden v tabulce 3.2 pro dřevo a materiály na bázi dřeva a v 2.3.2.2 (3) a 2.3.2.2 (4) pro spoje.

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+plný snih(hlavní)
- K3 stálé+snih plný(hl.)+vítr max,tlak
- K4 stálé+snih plný+vítr max(hl.),tlak

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} \leq u_{lim}$$

výpočet vaznice (šikmý ohyb)			
délka(l),[mm]	4800,00	Iy[mm4]	1,0000E+08
výška(h),[mm]	200,00	Iz[mm4]	5,6250E+07
šířka(b),[mm]	150,00	Wy[mm3]	1,000E+06
fm,[kMpa]	24	Wz[mm3]	7,500E+05
E0,mean[Gpa]	11		
α[°]	38,00	A[mm2]	30000,00
α[rad]	0,6632251158		

Kombinační součinitele pro pozemní stavby	ψ0	ψ1	ψ2
SNÍH , CR pro stavby ve výšce H ≤ 1000 m n.m.	0,5	0,2	0
VÍTR , Větrná oblast pro Brno = II,Vb,0 = 25m/s	0,6	0,2	0
PROMĚNNÉ , Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6

Návrhové součinitele	γ
Stálé zatížení	1,35
Proměnné zatížení	1,50
Materiálový součinitel pro rostlé dřevo	1,30

Třída provozu(bazén) > tř. 3 > kmod(d+k)=	0,70
tvarový součinitel pro obdélník	0,70
součinitel kdef	2,00

Zatížení počítáno na ZŠ 1m ¹
Vaznici vyšetřuji v určitých místě a pro toto místo volím min a max hodnoty pro zat. sněhem a větrem a příslušný úhel náklonu.

Stálé zatížení	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
vlastní tíha vaznice odhad 150x200 [mm] 0,15x0,20x340	0,102	1,35	0,1377
Σ	0,102	Σ	0,1377

	G _{sk} [kN]	Y _m	G _{sd} [kN]
plech titaninek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ²	0,048	1,35	0,065
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu	0,070	1,35	0,095
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340	0,136	1,35	0,184
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10	0,016	1,35	0,022
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,16x1x20	0,032	1,35	0,043
laťový rošt odhad 5kg/m ²	0,050	1,35	0,068
podhled Severský modřin rošt 12,6kg/m ²	0,126	1,35	0,170
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,001	1,35	0,001
Σ	0,479	Σ	0,647

Y	momenty(cos)	Z	momenty(sin)
Myk,qM	0,946 kNm	Mzk,qM	0,739 kNm
Myk,g0	0,231 kNm	Mzk,g0	0,181 kNm
Myk,g1	1,087 kNm	Mzk,g1	0,849 kNm
Myk,qS,max	0,790 kNm	Mzk,qS,max	0,617 kNm
Myk,qS,min	0,790 kNm	Mzk,qS,min	0,617 kNm
Myk,qV,max	-2,385 kNm	Mzk,qV,max	-1,864 kNm
Myk,qV,min	0,890 kNm	Mzk,qV,min	0,695 kNm

MSU	Nedmax	2,210 kN
MyK1	MzK1	2,499 kNm
MyK2	MzK2	2,316 kNm
MyK3	MzK3	-1,765 kNm
MyK4	MzK4	-0,942 kNm
MyK5	MzK5	2,942 kNm
My,Ed	Mz,Ed	2,942 kNm

Napětí:[Mpa]	3,765 MPa	6m,z,d=	3,922 MPa
6m,y,d=	Pevnost za ohybu:	fm,y,d=fm,z,d	12,923 MPa
6c,0,d=	0,074 MPa	iy	0,058 m
		ly	83,14
		λrel,y	1,410
		ky	1,55
		kcy	0,46
Pevnost v tlaku:	fc,0,d	11,308 MPa	

Podmínky spolehlivosti:

1) 0,51<1,00 2) 0,52<1,00

rd,max=	0,229 MPa	Pevnost ve smyku:	fv,d	1,346 MPa
---------	-----------	-------------------	------	-----------

0,17<1,00

MSP	Ufy,qM	0,0017 mm	Uz,qM	0,0023 mm
	Uy,g0	0,0005 mm	Uz,g0	0,0007 mm
	Uy,g1	0,0024 mm	Uz,g1	0,0033 mm
	Uy,qSmax	0,0017 mm	Uz,qSmax	0,0024 mm
	Uy,qVmax	0,0019 mm	Uz,qVmax	0,0027 mm
Ufin:	Ufiny,g	0,0086 mm	Ufinz,g	0,0120 mm
	Ufiny,M	0,0031 mm	Ufinz,M	0,0044 mm
	Ufiny,qSmax(hl.)	0,0017 mm	Ufinz,qSmax(hl.)	0,0024 mm
	Ufiny,qSmax	0,0009 mm	Ufinz,qSmax	0,0012 mm
	Ufiny,qVmax(hl.)	0,0019 mm	Ufinz,qVmax(hl.)	0,0027 mm
	Ufiny,qVmax	0,0012 mm	Ufinz,qVmax	0,0016 mm

Kombinace:	Ufin,yK1	0,0118 mm	Ufin,zK1	0,0163
	Ufin,yK2	0,0104 mm	Ufin,zK2	0,0144
	Ufin,yK3	0,0115 mm	Ufin,zK3	0,0160
	Ufin,yK4	0,0114 mm	Ufin,zK4	0,0159
	Ufin,y,max	0,0118 mm	Ufin,z,max	0,0163 mm

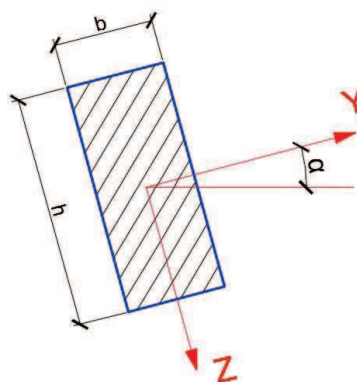
Podmínka použitelnosti: prostý nosník: Ufin(l/150-l/300)

20,14 mm<30,00 mm

32,00 mm 16,00 mm

D

DLE: ČSN EN 1990
ČSN EN 1991
ČSN EN 1995-1-1



Proměnné zatížení

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
montér 100 kg/ks	1,000	1,50	1,500
Σ	1,000	Σ	1,500

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV II snih max=0,80*1,0*1,0*0,7*0,62	0,348	1,50	0,522
Σ	0,348	Σ	0,522

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV II snih min=0,80*1,0*1,0*0,7*0,62	0,348	1,50	0,522
Σ	0,348	Σ	0,522

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV III(sání) vitr max=0,955*1,10=-1,051	-1,051	1,50	-1,5765
Σ	-1,051	Σ	-1,5765

	Q _{sk} [kN]	Y _m	Q _{sd} [kN]
STAV I(tlak) vitr min=0,955*0,41=0,392	0,392	1,50	0,588
Σ	0,392	Σ	0,588

Kombinace MSÚ dle:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10a$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 6.10b$$

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+snih plný
- K3 min.stálé+max.sání(tlak)
- K4 stálé+max.snih+max.sání
- K5 stálé+max.snih+max.tlak

tyto základní kombinace postačí k návrhu vaznice

Kombinace MSP (zjednodušená) dle:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + u_{fin,Q_i} \quad (2.2)$$

$$\text{kde } u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad \text{pro stálé zatížení } G; \quad (2.3)$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} (1 + \psi_2 k_{def}) \quad \text{pro hlavní proměnné zatížení } Q_1; \quad (2.4)$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_i} (\psi_{2,i} + \psi_2 k_{def}) \quad \text{pro ostatní proměnná zatížení } Q_i (i > 1); \quad (2.5)$$

okamžitá deformace pro příslušné zatížení G, Q₁, Q_i
ψ_{2,1}, ψ_{2,i} součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení;
ψ_{0,i} součinitele pro kombinací hodnotu proměnných zatížení;
k_{def} uveden v tabulce 3.2 pro dřevo a materiály na bázi dřeva a v 2.3.2.2 (3) a 2.3.2.2 (4) pro spoje.

Popis kombinací

- K1 stálé+montér
- K2 stálé+plný snih(hlavní)
- K3 stálé+snih plný(hl.)+vitr max
- K4 stálé+snih plný+vitr max(hl.)

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} \leq u_{lim}$$

HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

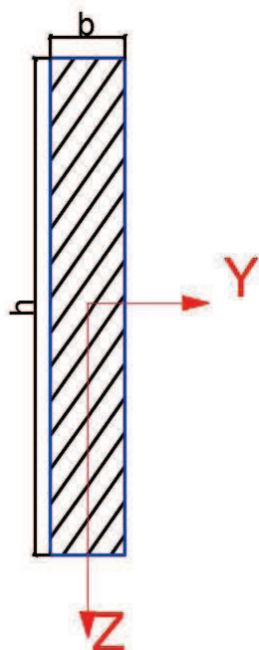
$$I_y = 97,2 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1,2 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 108,0 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_z = 12,0 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$A = 360000 \text{ mm}^2$$



základní informace o vazníku:

- o délka střednice vazníku je 45,00 [m]
- o osová vzdálenost hlavních nosníků: 5m > **ZŠ 5,00 m**
- o osová vzdálenost vaznic 1,00 [m]
- o průřez vazníku 1800x200 [mm]
- o bude použito lepené lamelové dřevo pevnostní třídy GL28(homogenní)
- o předpokládaná výška lamely je 40 mm
- o zatížení se přenáší přes vaznice jako osamělá síla avšak vaznice jsou zapuštěné, proto volím rozmístění zatížení jako plošné (odchylka vnitřních síl je minimální)

Třídy pevnosti lepeného lamelového dřeva [MPa]					
Namáhání	Označení	GL 24h	GL 28h	GL32h	GL 36h
ohyb	$f_{m,k}$	24	28	32	36
tah	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
tlak	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
smyk	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
modul pružnosti	$E_{0,mean}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{0,05}$	9400	10200	11100	11900
hustota	$\rho_k \text{ kg/m}^3$	380	410	430	450

Základní statické schéma:



výpočet zatížení:

- o stále zatížení:

	$G_{ok} \text{ [kN]}$	γ_m	$G_{od} \text{ [kN]}$
tíha vazníku odhad 1800x200 [mm] 0,2x1,8x410	1,476	1,35	1,993
Σ	1,476		1,993

	$G_{1k} \text{ [kN]}$	γ_m	$G_{1d} \text{ [kN]}$
plech titanizek tl.0,6 mm 1m ² 4,8 kg/m ² x ZŠ	0,240	1,35	0,324
hydroizolace 2x lepená 3,5 kg/m ² na 1.vrstvu x ZŠ	0,350	1,35	0,473
prkenné pobití 2 vrstvy po 20mm 0,04x1x340 x ZŠ	0,680	1,35	0,918
tepelná izolace stříkaná tl. 160 mm 0,16x1x10 x ZŠ	0,080	1,35	0,108
ochrana proti vlhkosti tl. 80mm 0,08x1x20 x ZŠ	0,080	1,35	0,108
laťový rošt odhad 5kg/m ² x ZŠ	0,250	1,35	0,338
podhled Severský modřín rošt 12,6kg/m ² x ZŠ	0,630	1,35	0,851
osvětlení odhad 1kg/m ²	0,005	1,35	0,007
Σ	2,315		3,125

- proměnné zatížení:
 - zatížení sněhem:
 - **$S = \mu * C_e * C_t * s_k$**
 - dle sněhové mapy ČR je hodnota **$s_k = 0,7$ kN (Brno)**
 - součinitel expozice C_e byl dle situace volen 1,0

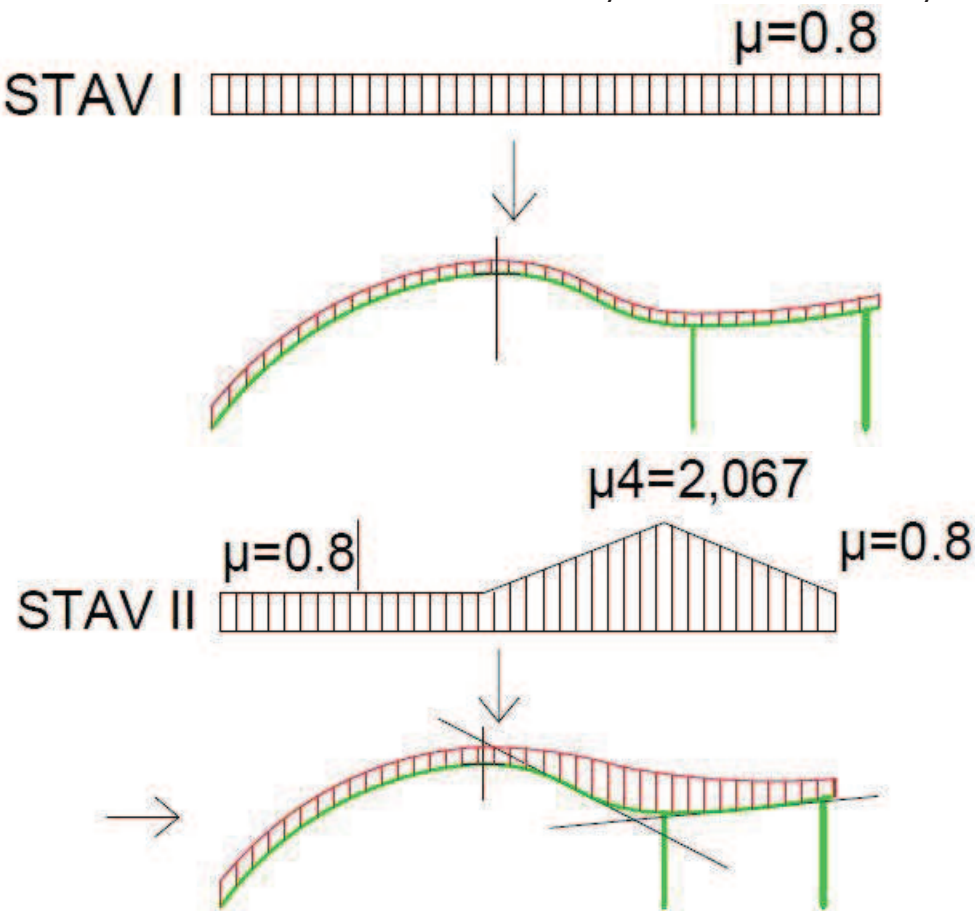
Tabulka 5.1 – Doporučené hodnoty součinitele C_e pro různé typy krajiny

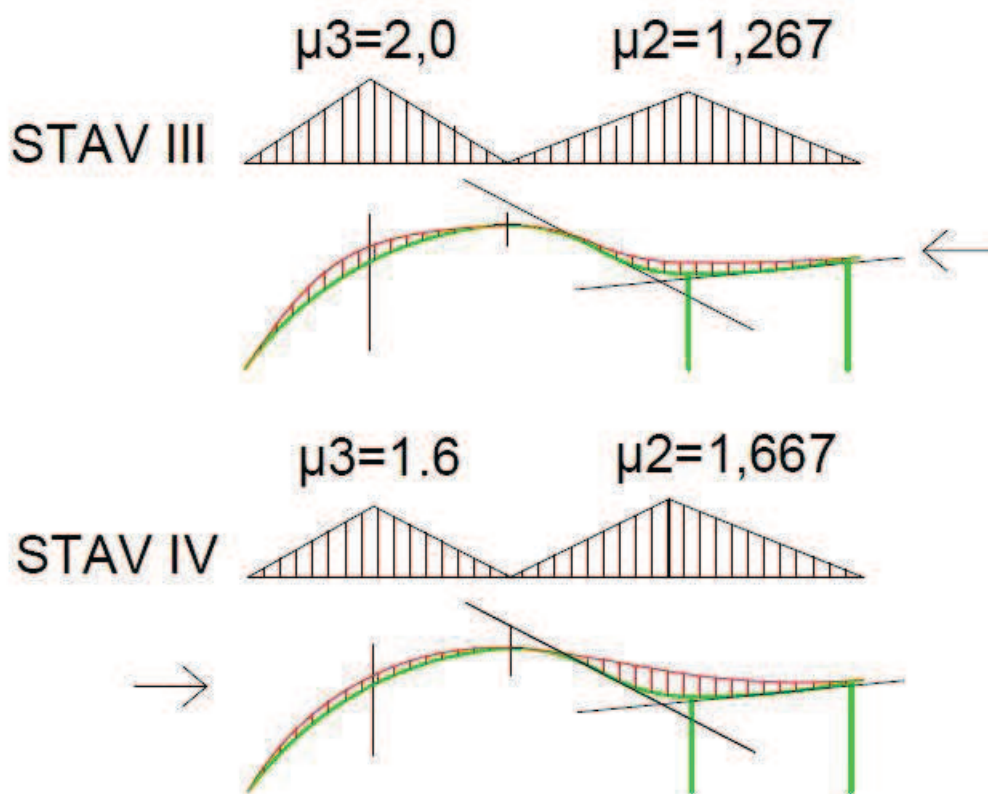
Typ krajiny	C_e
otevřená ^{a)}	0,8
normální ^{b)}	1,0
chráněná ^{c)}	1,2

a) Otevřený typ krajiny: rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.
b) Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.
c) Chráněný typ krajiny: plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

$C_t = 1,0$
 $C_e = 1,0$
 $S_k = 0,7$ kN

- tepelný součinitel C_t volím 1.0, střešní plášť vykazuje nižší prostup tepla než 1,0 W/m²*K. Ve střešní plášti jsou prosklené části, avšak není očekáváno zvýšené odtávání sněhu.
- tvarový součinitel μ byl u obloukové části vypočítán na základě odstavce 5.3.5. – válcové střechy a vyduť část nosníku byla vypočítána na základě odstavce 5.3.4.
- –střechy vícelodních budov.
- na základě tvaru volím čtyři různé zatěžovací stavy





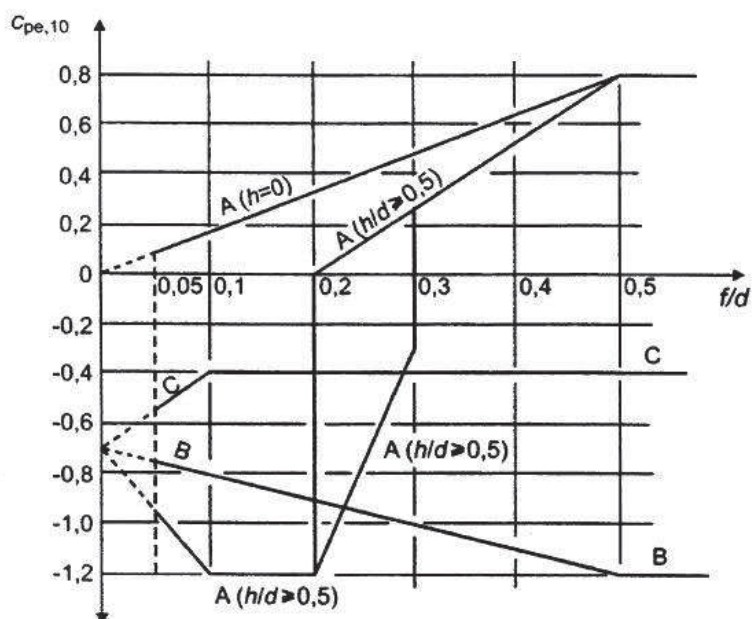
- popis zatěžovacích stavů:
 - STAV I – volně spadavý sníh
 - STAV II – volně spadavý sníh + navátý sníh
 - STAV III - sníh navátý zprava (severní strana)
 - STAV IV – sníh navátý zleva (jižní strana)
-
- vypočítané hodnoty: [kN/m²]
 - STAV I: $0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 5 = 2,80$
 - STAV II: $0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 5 = 2,80$
 - $2,07 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 5 = 7,25$
 - STAV III: $2,00 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 5 = 7,00$
 - $1,27 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 5 = 4,45$
 - STAV IV: $1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 5,60$
 - $1,67 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 5,85$
- zatížení větrem:
 - Větrná oblast pro lokalitu Brno = II > $V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
 - typ terénu II > $z_0 = 0,05 \text{ m}$ $z_{\min} = 2 \text{ m}$

Tabulka 4.1 – Kategorie terénů a jejich parametry

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.

- základní rychlost větru:
 - $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$
 - C_{dir} - součinitel směru, volím 1,0
 - C_{season} - součinitel ročního období, volím 1,0
 - $V_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$
-
- střední tlak větru:
 - $q_b = 0,5 * \rho * V_b^2$
 - $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
 - $q_b = 0,5 * 1,25 * 25^2 > q_b = \mathbf{0,39 \text{ kN}}$
-
- střední rychlost větru:
 - $z = 11,5 \text{ m}$
 - $V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b$
 - $C_0(z) = 1,0$ součinitel drsnosti terénu, volím 1,0
 - $C_r(z) = k_r * \ln(z/z_0)$
 - $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0II})^{0,07}$; $z_{0tab} = 0,05$; $z_{0II} = 0,05$
 - $k_r = 0,19$
 - $C_r(z) = 0,19 * \ln(11,5/0,05) = 1,034$
 - $V_m(z) = 1,034 * 1,0 * 25 = \mathbf{25,85 \text{ m/s}}$
-
- charakteristický maximální tlak větru:
 - $q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * 0,5 * \rho * v_m^2$
 - $I_v(z) = k_t / (c_0(z) * (\ln(z/z_0)))$; $c_0(z) = 1,0$
 - součinitel turbulence $k_t = 1,0$
 - $I_v(z) = 1 / (1,0 * (\ln(11,5/0,05))) = 0,184$
 - $q_p(z) = [1 + 7 * 0,184] * 0,5 * 1,25 * 25,84^2 / 1000$
 - $\mathbf{q_p(z) = 0,955 \text{ kN/m}^2}$
-
- příčný vítr
- hodnoty $C_{pe,10}$ pro příčný vítr na konstrukci válcové střechy a na střechy sedlové



Tabulka 7.4a – Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy

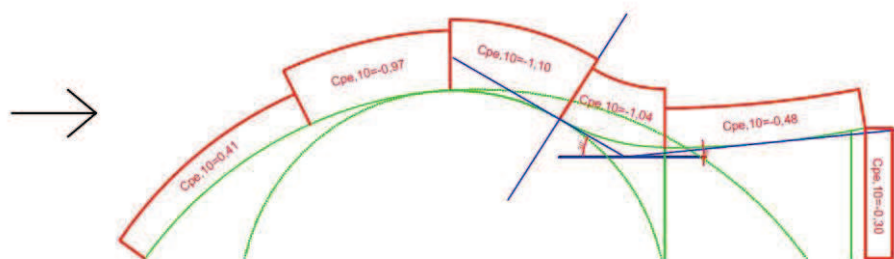
Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
									-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
							+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
							+0,0		+0,0	
45°	+0,0		+0,0		+0,0		-0,2		-0,3	
							+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

POZNÁMKA 1 Při $\theta = 0^\circ$ se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně $\alpha = -5^\circ$ až $+45^\circ$; proto jsou uvedeny kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat čtyři případy, ve kterých největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H jsou kombinovány s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty.

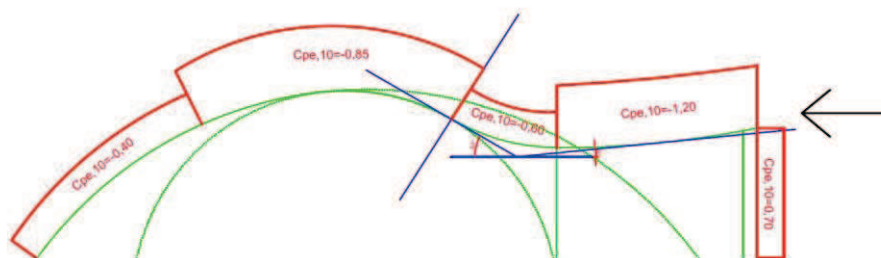
POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu se stejným znaménkem lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami se stejným znaménkem. (Není dovoleno interpolovat mezi $\alpha = +5^\circ$ a $\alpha = -5^\circ$, ale použijí se hodnoty pro ploché střechy podle 7.2.3). Hodnoty 0,0 jsou uvedeny pro potřeby interpolace.

- hodnoty $C_{pe,10}$ pro příčný vítr byly kombinovány z hodnot pro válcové a sedlové střechy
- výsledné zatěžovací stavy pro příčný vítr

STAV I



STAV II

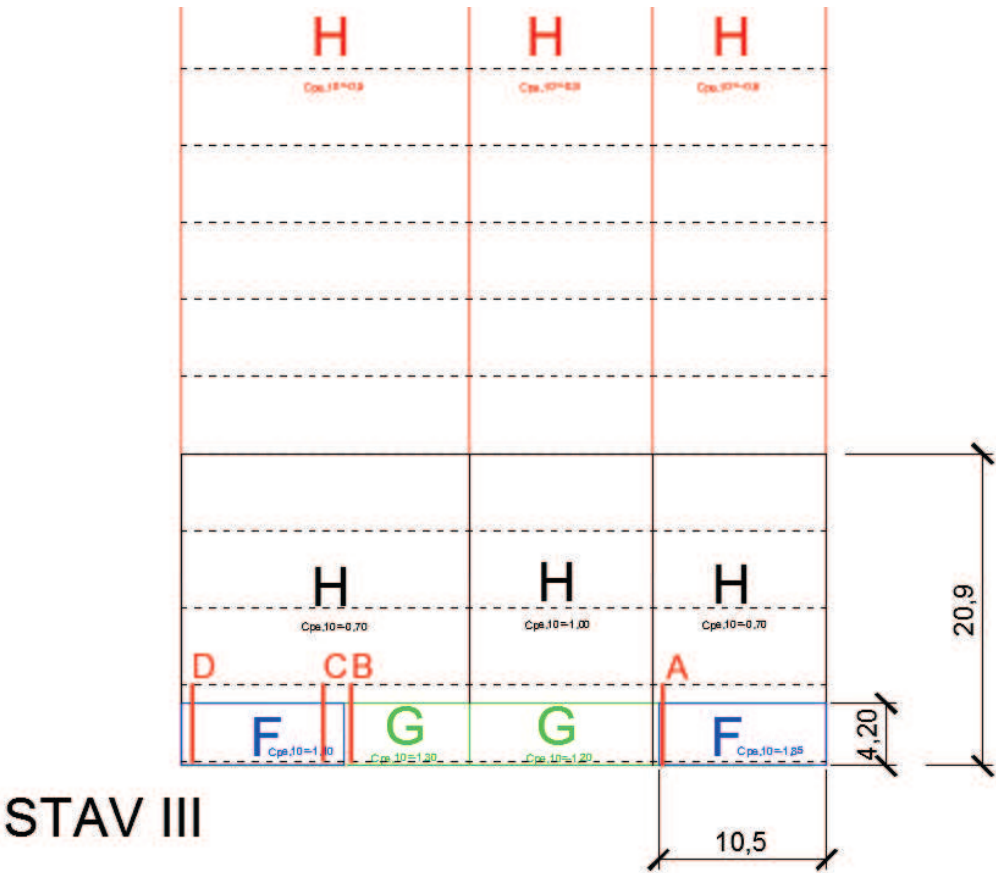


• podélný vítr

Tabulka 7.4b – Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

- vzhledem k tomu, že norma neobsahuje hodnoty pro podélný vítr na obloukové konstrukci jsou součinitele ($C_{pe,10}$) převzaty ze zatížení pro sedlové střechy
-
- výsledný zatěžovací stav pro podélný vítr
-



$$W_e = q_p(z) \cdot C_{pe,10}$$

• tření větru o konstrukci

(4) Účinky tření větru na povrchu lze zanedbat, jestliže celková plocha všech povrchů rovnoběžných se směrem větru (nebo odkloněných o malý úhel od tohoto směru), je rovna nebo menší než čtyřnásobek celkové plochy všech vnějších povrchů, kolmých k větru (návětrných a závětrných).

• výpočet ploch

- plocha rovnoběžná se směrem větru
- $A_{podél} = b \cdot l > A_{podél} = 45,5 \cdot 60 = 2730 \text{ m}^2$
- $A_{příč} = (2 \cdot h \cdot b) \cdot 4 > A_{příč} = (2 \cdot 392,14) \cdot 4 = 3137 \text{ m}^2$
- $A_{podél} < A_{příč}$

• vypočítané hodnoty dle vzorce pro vnější tlaky [kN/m^2]

- STAV I: $0,955 \cdot 0,41 \cdot 5 = 1,960$ (tlak)
- $0,955 \cdot -0,97 \cdot 5 = -4,635$
- $0,955 \cdot -1,10 \cdot 5 = -5,255$
- $0,955 \cdot -1,04 \cdot 5 = -4,970$
- $0,955 \cdot -0,48 \cdot 5 = -2,295$
- $0,955 \cdot -0,30 \cdot 5 = -1,435$
- STAV II: $0,955 \cdot -0,40 \cdot 5 = -1,910$
- $0,955 \cdot -0,85 \cdot 5 = -4,060$
- $0,955 \cdot -0,60 \cdot 5 = -2,865$
- $0,955 \cdot -1,20 \cdot 5 = -5,730$
- $0,955 \cdot 0,70 \cdot 5 = 3,345$
- STAV III: $0,955 \cdot -1,10 \cdot 5 = -5,255$
- $0,955 \cdot -1,30 \cdot 5 = -6,210$
- $0,955 \cdot -1,20 \cdot 5 = -5,730$
- $0,955 \cdot -1,85 \cdot 5 = -8,835$
- $0,955 \cdot -0,70 \cdot 5 = -3,345$
- $0,955 \cdot -1,00 \cdot 5 = -4,775$
- $0,955 \cdot -0,90 \cdot 5 = -4,300$
- $0,955 \cdot -0,60 \cdot 5 = -2,865$
- $0,955 \cdot -0,50 \cdot 5 = -2,390$

výpočet zatěžovacích kombinací:

- kombinační součinitele pro výpočet momentů MSÚ a MSP

Tabulka A1.1 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy tiha vozidla $\leq 30 \text{ kN}$	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy $30 \text{ kN} < \text{tiha vozidla} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3) ^{*)}			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000 \text{ m n.m.}$	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000 \text{ m n.m.}$	0,50	0,20	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.			
^{*)} Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.			

- kombinace pro MSÚ počítány dle **6.10a** a **6.10b**

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right. \quad (6.10b)$$

materiálové charakteristiky:

- stanovení **k_{mod}**
- třídy provozu: na základě typu konstrukce (plavecký bazén) volím třídu prostředí **3** (vysoká vlhkost) > **$k_{mod} = 0,70$** pro lepené lamelové dřevo

2.3.1.3 Třídy provozu^{NP1)}

(1)P Konstrukce musí být zařazeny do jedné ze tříd provozu uvedených dále:

POZNÁMKA 1 Systém tříd provozu je především zaměřen na určování hodnot pevnosti a na výpočet deformací při daných podmínkách prostředí.

POZNÁMKA 2 Informace o zařazování konstrukcí do tříd provozu uvedených v (2)P, (3)P a (4)P, může být uvedena v národní příloze.^{NP2)}

(2)P Třída provozu 1 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65 % pouze po několik týdnů v roce.

POZNÁMKA Ve třídě provozu 1 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin 12 %.

(3)P Třída provozu 2 je charakterizována vlhkostí materiálů odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85 % pouze po několik týdnů v roce.

POZNÁMKA Ve třídě provozu 2 nepřesahuje průměrná vlhkost u většiny dřeva jehličnatých dřevin 20 %.

(4)P Třída provozu 3 je charakterizována klimatickými podmínkami vedoucími k vyšší vlhkosti než ve třídě provozu 2.

- pevnost za ohybu:
 - $F_{m,k} = 28,00 \text{ MPa}$
 - **$F_{m,d} = 0,7 \cdot (28/1,25) = 15,68 \text{ MPa}$**
- pevnost v tahu kolmo k vláknům:
 - $F_{t,90,k} = 0,45 \text{ MPa}$
 - **$F_{t,90,d} = 0,7 \cdot (0,45/1,25) = 0,258 \text{ MPa}$**
- pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny:
 - $F_{t,0,k} = 19,50 \text{ MPa}$
 - **$F_{t,0,d} = 0,7 \cdot (19,5/1,25) = 10,92 \text{ MPa}$**
- pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny:
 - $F_{c,0,k} = 26,50 \text{ MPa}$
 - **$F_{c,0,d} = 0,7 \cdot (26,5/1,25) = 14,84 \text{ MPa}$**
- pevnost v tlaku kolmo k vláknům:
 - $F_{c,90,k} = 3,00 \text{ MPa}$
 - **$F_{c,90,d} = 0,7 \cdot (3,00/1,25) = 1,68 \text{ MPa}$**
- Pevnost ve smyku:
 - $F_{v,k} = 3,20 \text{ MPa}$
 - **$F_{v,d} = 0,7 \cdot (3,20/1,25) = 1,79 \text{ MPa}$**

Posouzení:

(podrobné výpočty jsem přiloženy ve výstupech z tabulkového procesoru)

- posouzení podle 6.4.3. pro zakřivený nosník

1) napětí ve vrcholu za ohybu

- (3) Ve vrcholové části (viz obrázek 6.1) mají napětí v ohybu splňovat následující podmínku:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r f_{m,d} \quad (6.41)$$

kde k_r zohledňuje snížení pevnosti způsobené ohybem lamel během výroby.

POZNÁMKA U zakřivených a vyklenutých nosníků se vrcholová oblast vyskytuje nad zakřivenou částí nosníku.

- (4) Napětí v ohybu ve vrcholu se má vypočítat následovně:

$$\sigma_{m,d} = k_\ell \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} \quad (6.42)$$

$$\text{kde } k_\ell = k_1 + k_2 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_3 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3 \quad (6.43)$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.44)$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \operatorname{tg} \alpha_{ap} \quad (6.45)$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.46)$$

$$k_4 = 6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.47)$$

$$r = r_{in} + 0,5 h_{ap} \quad (6.48)$$

- (5) Pro sedlové nosníky $k_r = 1,0$. Pro zakřivené a vyklenuté nosníky se má k_r uvažovat takto:

$$k_r = \begin{cases} 1 & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \frac{r_{in}}{t} & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \quad (6.49)$$

kde r_{in} je vnitřní poloměr, viz obrázek 6.9;

t tloušťka lamely.

2) posouzení na napětí v tahu kolmo k vláknům

- (6) Největší napětí v tahu kolmo k vláknům ve vrcholové oblasti $\sigma_{t,90,d}$ má splňovat následující podmínku:

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d} \quad (6.50)$$

s

$$k_{vol} = \begin{cases} 1,0 & \text{pro rostlé dřevo} \\ \left(\frac{V_0}{V} \right)^{0,2} & \text{pro lepené lamelové dřevo a LVL} \\ & \text{se všemi dýhami rovnoběžně s osou nosníku} \end{cases} \quad (6.51)$$

$$k_{dis} = \begin{cases} 1,4 & \text{pro sedlové a zakřivené nosníky} \\ 1,7 & \text{pro vyklenuté nosníky} \end{cases} \quad (6.52)$$

kde k_{dis} je součinitel, který zohledňuje účinek rozdělení napětí ve vrcholové oblasti;

k_{vol} součinitel objemu;

$f_{t,90,d}$ návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům;

V_0 referenční objem rovnající se $0,01 \text{ m}^3$;

V namáhaný objem vrcholové oblasti v m^3 (viz obrázek 6.9), který se nemá uvažovat větší než $2V_0/3$, kde V_0 je celkový objem nosníku.

- (8) Největší napětí v tahu kolmo k vláknům, způsobené ohybovým momentem se má vypočítat následovně:

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2} \quad (6.54)$$

$$\text{kde } k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 \quad (6.56)$$

$$k_5 = 0,2 \operatorname{tg} \alpha_{ap} \quad (6.57)$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 2,6 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.58)$$

$$k_7 = 2,1 \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} \quad (6.59)$$

$$M_{\max +} = 118,92 \text{ kNm}$$

$$M_{\max -} = 93,55 \text{ kNm}$$

tl. lamely=40 mm

$R_{in} = 11900 \text{ mm}$

$$V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$V = 1,91 \text{ m}^3$$

$$V_{\max} = 11,53 \text{ m}^3$$

$V_{ed_{max}+} = 34,46 \text{ kN}$
 $V_{ed_{max}-} = 29,84 \text{ kN}$
 $+50\%$
 $k_{cr}(GL) = 0,67 >$
 $b_{ef} = 134 \text{ mm}$

3) posouzení na napětí kolmo k vláknům a smykového napětí

(7) Pro kombinaci tahu kolmo k vláknům a smyku má být splněna následující podmínka:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1 \quad (6.53)$$

○ Posouzení vybraných částí průřezu podle 6.2.3. a 6.2.4.

4) kombinace ohybu a osového tahu (způsobeno sáním větru),
ohyb pouze v jedné ose neuvažují součinitel k_m

6.2.3 Kombinace ohybu a osového tahu

(1)P Musí být splněny následující podmínky:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.17)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.18)$$

▪ volené vnitřní síly viz tabulkový procesor

5) kombinace ohybu o osového tlaku

6.2.4 Kombinace ohybu a osového tlaku

(1)P Musí být splněny následující podmínky:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.19)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.20)$$

6) posouzení stability obloukové části dle 6.3.3.

▪ uvažují interakci tlaku a ohybu

(6) V případě kdy nastane kombinace momentu M_y k ose větší tuhosti y a tlakové síly N , mají napětí splňovat následující podmínku:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.35)$$

▪ kde k_{crit} – při výrobě není očekávána příčná odchylka

(4) Pro nosníky s počáteční příčnou amplitudou zakřivení splňující meze stanovené v kapitole 10 se může k_{crit} určit podle vztahu (6.34):

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} & \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{pro } 1,4 < \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.34)$$

▪ kde $\lambda_{rel,m}$

(2) Poměrné štíhlosti v ohybu se mají uvažovat takto:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (6.30)$$

▪ kde $\sigma_{m,crit}$ (vliv klopení)

Kritické napětí v ohybu se má uvažovat takto:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{\ell_{ef} W_y} \quad (6.31)$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h \ell_{ef}} E_{0,05} \quad (6.32)$$

▪ nebo alternativně první z výše uvedených je všeobecně více konzervativní

Med₁=303,32 kNm
Ned₁= -134,82 kN

Med₂= 61,47 kNm
Ned₂=-37,74 kN

Med₁=659,360 kNm
Ned₁= -94,94 kN

Med₂= 61,47 kNm
Ned₂=-37,74 kN

Sloup: N_{max}=-265,74kN
M_{max}=668,14kNm

V_{max,A}=50,55kN
V_{max,B}=95,16kN
V_{max,tot}=170,50kN

- součinitel k_{cz} (vybočení na měkčí osu) uvažuji dvě možnosti
- 1) nosník je plně zatížen a je mu bráněno ve vybočení ve směru Y díky ztužení vaznicemi (osová vzdálenost 1,00m tzv. $k_{cz}=1,00$
- 2) nosníky jsou již zbudovány působí pouze $g_{0,d}$ a konstrukce není ještě ztužena vaznicemi $> k_{cz} = 0,02$

$$k_z = 0,5 \left(1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2 \right) \quad (6.28)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad (6.26)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6.22)$$

- stejný způsob posouzení používám i pro vybočení v rovině rámu(Y)
- 7) posouzení sloupové části (jako stojku a příčel) dle 6.3.3.**

(6) V případě kdy nastane kombinace momentu M_y k ose větší tuhosti y a tlakové síly N , mají napětí splňovat následující podmínku:

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.35)$$

- princip výpočtu je totožný s posouzením obloukové části!!
- při posuzování na klopení, tzv. kritické napětí za ohybu $\sigma_{m,y,d}$ uvažuji

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 b^2}{h \ell_{ef}} E_{0,05} \quad (6.32)$$

- $L_{cr,LT} = \ell_{ef}$ uvažuji jako 1,25s
- 8) posouzení na smyk**

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.13)$$

- součinitel vzniku trhlin u smykového namáhání $K_r=0,67$ (GL)
- posuzuji maximální smykové síly po průřezu, vybírám 3 max.
- hodnoty

9) posouzení ocelového sloupu jsem realizoval v programu RFEM sloup vyhověl na MSÚ i MSP

- **10) mezní stav použitelnosti (kvazistálá kombinace, $k_{def}=2.0$!)**
 - maximální vodorovný posun „(rámový roh)“ jsem si po dohodě s vedoucím stanovil na hodnotu **$x_{lim}=30$ mm** na tuto podmínku konstrukce vyhovuje, výsledný vodorovný posun činí **$x_{max}=26,3$ mm**
 - a maximální hodnotu svislého průhybu na obloukové části **$w_{lim}=30$ mm**, tuto podmínku se podařilo splnit maximální svislý průhyb **$w_{max}=26,7$ mm**

Veškeré výpočty jsou provedeny v příložených výstupech z tab. procesoru

Posouzení hlavního nosníku

fm,k 28000000 kmod(tř.3) 0,7
fm,d 15680000 **15,68 MPa**
1) posouzení napětí ve vrcholu v ohybu dle. 6.4.3

k1 1
k2 0,35
k3 0,6
k4 0
kl 1,061083984

σm,ap,d,min 0,919 MPa << **15,680 MPa** **0,06<1,00**
σm,ap,d,max 1,168 MPa << **15,680 MPa** **0,07<1,00**

kr 297,5 > 240 >kr=1,0

GL28h

ym 1,25

b 200 mm
hap 1800 mm
r 12800 mm
rin 11900 mm
Alfap 0
Wy 108 000 000 mm3
Myd,min 93 550 Nm
Myd,max 118 920 Nm
Ved,min 29 835 N
Ved,max 34 455 N
A 0,360 m2
hap/r 0,140625
t(lamely) 40 mm
Beta 24,5
kcr(GL) 0,67 trhlíny- smyk 360000 mm2

2) posouzení na napětí v tahu kolmo k vláknům dle 6.4.3

ft,90,k 450000
ft,90,d 252000 **0,252 MPa**

$$k_p = k_5 + k_6 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right) + k_7 \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2$$

k5 0 kdis 1,4
k6 0,25 V* 3,941 m3 max11,52m3
k7 0 V0 0,01 m3
kp 0,03515625 kvol 0,30260968

σt,90,d,min 0,030 MPa << **0,107 MPa** **0,29<1,00**
σt,90,d,max 0,039 MPa << **0,107 MPa** **0,36<1,00**

3) kombinace tahu kolmo k vláknům a smyku dle 6.4.3.

f,v,k 3200000
f,v,d 1792000 **1,79 MPa**

τd,min= 0,186 MPa << **1,79 MPa** **0,10<1,00**
τd,max= 0,214 MPa << **1,79 MPa** **0,12<1,00**
0,29<1,00
0,36<1,00
0,39<1,00
0,48<1,00

4) kombinace osového tahu a ohybu dle 6.2.3.

f,t,0,k 19500000 fm,k 28000000
F,t,0,d 10920000 **10,92 MPa** fm,d 15680000 **15,68 MPa**

1 kritický bod(max průhyb)
Myd 303 320 Nm
Ned 69 493 N

σt,0,d= 0,193 MPa << **10,92 MPa** **0,02<1,00**
σm,y,d= 2,809 MPa << **15,68 MPa** **0,18<1,00**
0,20<1,00

2 kritický bod

Myd 483 630 Nm
Ned,přísl 63 107 N

σt,0,d= 0,175 MPa << **10,92 MPa** **0,02<1,00**
σm,y,d= 4,478 MPa << **15,68 MPa** **0,29<1,00**
0,30<1,00

3 kritický bod

Myd,přísl 123 820 Nm
Ned 99 374 N

σt,0,d= 0,276 MPa << **10,92 MPa** **0,03<1,00**
σm,y,d= 1,146 MPa << **15,68 MPa** **0,07<1,00**
0,10<1,00

5)

kombinace osového tlaku a ohybu dle 6.2.4

$f_{r,c,0,k}$	26500000		$f_{m,k}$	28000000	
$f_{r,c,0,d}$	14840000	14,84 MPa	$f_{m,d}$	15680000	15,68 MPa

1 kritický bod(max průhyb)

Myd	-217 380 Nm
Ned	-134 820 N

$\sigma_{c,0,d}$	0,375 MPa	<<	14,84 MPa	0,00<1,00
$\sigma_{m,y,d}$	2,013 MPa	<<	15,68 MPa	0,13<1,00
				0,13<1,00

2 kritický bod

Myd	-659 360 Nm
Ned,přísl	-94 439 N

$\sigma_{c,0,d}$	0,262 MPa	<<	14,84 MPa	0,00<1,00
$\sigma_{m,y,d}$	6,105 MPa	<<	15,68 MPa	0,39<1,00
				0,39<1,00

3 kritický bod

Myd,přísl	-147 790 Nm
Ned	-130 680 N

$\sigma_{c,0,d}$	0,363 MPa	<<	14,84 MPa	0,00<1,00
$\sigma_{m,y,d}$	1,368 MPa	<<	15,68 MPa	0,09<1,00
				0,09<1,00

6)

posouzení stability oblouku podle 6.3.3.

$\sigma_{crit,m}=$	6,044 MPa			Ier	26,53 m	
$\lambda_{rel,m}$	2,152			I _{tor}	0,004464 m ⁴	
k_{crit}	0,2159	nosník není spojitě zajištěn			I _z	0,0012 m ⁴
				W _y	0,1080 m ³	
				E0,05	10 500 000 000 Pa	
				G0,05	540 000 000 Pa	
				L _{cr,z}	1,00 m	
iz	0,058 m	iy	0,520 m	Myd1	303 320 Nm	
				Ned1	-134 820 N	
λ_z	17,32	λ_y	51,05			
bráním vybočení vaznicemi tzv L _{cr,z} =1,00m > kcz=1,0		vybočení v rovině rámu tzv. L _{cr,y} =lef				
$\lambda_{rel,z}$	0,277	$\lambda_{rel,y}$	0,816	rin/t	595>240	
					kr=1,0	
kz	0,54	ky	0,86			
kcz	1,00	kcy	0,89			
$\sigma_{c,0,d}=$	0,375 MPa	<<	13,17 MPa		0,03<1,00	
$\sigma_{c,0,d}=$	0,375 MPa	<<	14,88 MPa		0,03<1,00	
$\sigma_{m,y,d}=$	2,809 MPa	<<	3,38 MPa		0,69<1,00	
					0,72<1,00	

volně stojící nosník bez vaznic tzv není bráněno ve vybočení Lcr,y=Lef= 1,25s;Lcr,z=délce oblouku

$\sigma_{crit,m}$	6,044 MPa				
$\lambda_{rel,m}$	2,152				
k_{crit}	0,2159	nosník není spojitě zajištěn			
i_z	0,058 m	i_y	0,520 m	Myd2	61 470 Nm
λ_z	459,43	λ_y	51,05	Ned2	-37 740 N
$\lambda_{rel,z}$	7,347	$\lambda_{rel,y}$	0,816		
k_z	27,84	k_y	0,86		
k_{cz}	0,02	k_{cy}	0,89		
nosníku není bráněno ve vybočení >Lcr,z=lef				vybočení v rovině rámu tzv. Lcr,y= lef	
Y	$\sigma_{c,0,d}$	0,105 MPa	<<	13,17 MPa	0,01<1,00
Z	$\sigma_{c,0,d}$	0,105 MPa	<<	0,27 MPa	0,39<1,00
	$\sigma_{m,y,d}$	0,569 MPa	<<	3,38 MPa	0,03<1,00
					0,41<1,00

7) posouzení stability rámové části (rámový roh) dle 6.3.3

pro posouzení stability části konstrukce s tuhým rámovým spojem jsem se rozhodl uvažovat vzpěrnou délku obloukové části jako 1,25s nebo dle vzorce pro příčel, vyberu vyšší vzpěrnou délku

$$l_{ef} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_s \cdot s}{I_p \cdot h} + 10 \cdot \frac{B \cdot I_s}{h \cdot K_r} \cdot \frac{I_p \cdot N_s}{I_s \cdot N_p}}$$

$$N_{sloup}=221,362 \text{ kNm}$$

$$N_{příčle}=130,680 \text{ kNm}$$

$$1,25s >$$

Lcr,LT=lef	15,54 m	
lef,příč	26,99 m	
lef,sloup	20,57 m	
Is	0,033333 m4	
Ip=Iy	0,0972 m4	
h	7,00 m	
s	12,43 m	
E	12 600 000 000 Pa	
Kr	223552,67 kNm/1rad	dva střihy
Kser	9962,24	
Ku	6641,49	
r1	0,5	20 ks
r2	0,65	28 ks

a pro posouzení části sloupové použiji vzorec vzpěrná délka stojky:

$$l_{ef} = h \cdot \sqrt{4 + 3,2 \cdot \frac{I_s \cdot s}{I_p \cdot h} + 10 \cdot \frac{B \cdot I_s}{h \cdot K_r}}$$

a) posouzení příčle

ocrit,m=	11,714 MPa			
λ _{rel,m}	1,546			
kcrit	0,4183			
iz	0,058 m	iy	0,520 m	
λz	17,32	λy	51,94	Myd1 Nyd1
λ _{rel,z}	0,277	λ _{rel,y}	0,831	659 360 Nm -94 939 N
λ _{rel,z}	0,277	λ _{rel,y}	0,831	
kz	0,54	ky	0,87	
kcz	1,00	kcy	0,88	
σ _{c,0,d}	0,264 MPa	<<	13,07 MPa	0,02<1,00
σ _{c,0,d}	0,264 MPa	<<	14,88 MPa	0,02<1,00
σ _{m,y,d}	6,105 MPa	<<	6,56 MPa	0,87<1,00
				0,89<1,00

volně stojící nosník bez vaznic tzv není bráněno ve vybočení Lcr,y=Lef= 1,25s;Lcr,z=délce obloukové části

ocrit,m=	11,714 MPa			
λ _{rel,m}	1,546			
kcrit	0,4183			
iz	0,058 m	iy	0,520 m	
λz	215,29	λy	51,94	Myd2 Nyd2
λ _{rel,z}	3,443	λ _{rel,y}	0,831	163 640 Nm -34 750 N
λ _{rel,z}	3,443	λ _{rel,y}	0,831	
kz	6,58	ky	0,87	
kcz	0,08	kcy	0,88	
σ _{c,0,d}	0,097 MPa	<<	13,07 MPa	0,01<1,00
σ _{c,0,d}	0,097 MPa	<<	1,22 MPa	0,08<1,00
σ _{m,y,d}	1,515 MPa	<<	6,56 MPa	0,05<1,00
				0,13<1,00

b) posouzení sloupu

posouzení sloupu je na stranu bezpečnou beru průřez. veličiny v patě možno brát až 0,65h

ocrit,m=	187,200 MPa			
λ _{rel,m}	0,387			
kcrit	1,0000	neklopí !		
iz	0,147 m	iy	0,204 m	
λz	47,56	λy	100,77	Lcr,LT=lef lef,sloup=Lcr,y
λ _{rel,z}	0,760	λ _{rel,y}	1,611	Lcr,z A,sl
kz	0,81	ky	1,86	Iy Iz
kcz	0,91	kcy	0,36	7,00 m 20,57 m 7,00 m 0,800 m2 0,033333 m4 0,017333 m4
σ _{c,0,d}	0,738 MPa	<<	5,30 MPa	Nedmax Medmax
σ _{c,0,d}	0,738 MPa	<<	13,52 MPa	-265 740 N 668 140 Nm
σ _{m,y,d}	6,186 MPa	<<	15,68 MPa	0,14<1,00 0,05<1,00 0,16<1,00 0,29<1,00

8) posouzení vybraných smykových namáhání po průřezu

f _{v,k}	3200000			V _{max,A}	50 550 N
f _{v,d}	1792000	1,79 MPa		V _{max,B}	95 160 N
				V _{max,roh}	170 500 N
τ _{d,va}	0,314 MPa	<<	1,79 MPa		0,18<1,00
τ _{d,vb}	0,533 MPa	<<	1,79 MPa		0,30<1,00
τ _{d,roh}	1,060 MPa	<<	1,79 MPa		0,59<1,00

SPOJE+ULOŽENÍ

pev.třída kol 5.8.

 $f_{uk}=500 \text{ MPa}$
 $n_1=28,32 >$
volím 28k

 $n_2=21,82 >$
volím 20k

• základní informace o konstrukci:

- předpokládaný průřez vazníku 1800x200 [mm]
- průřez sloupu bude proměnný rozměr v patě 1000x200x200
předpokládaný průřez ve vrcholu 1800x200x200
- bude použito lepené lamelové dřevo pevnostní třídy GL28(homogenní)
- předpokládaná výška lamely je 40 mm

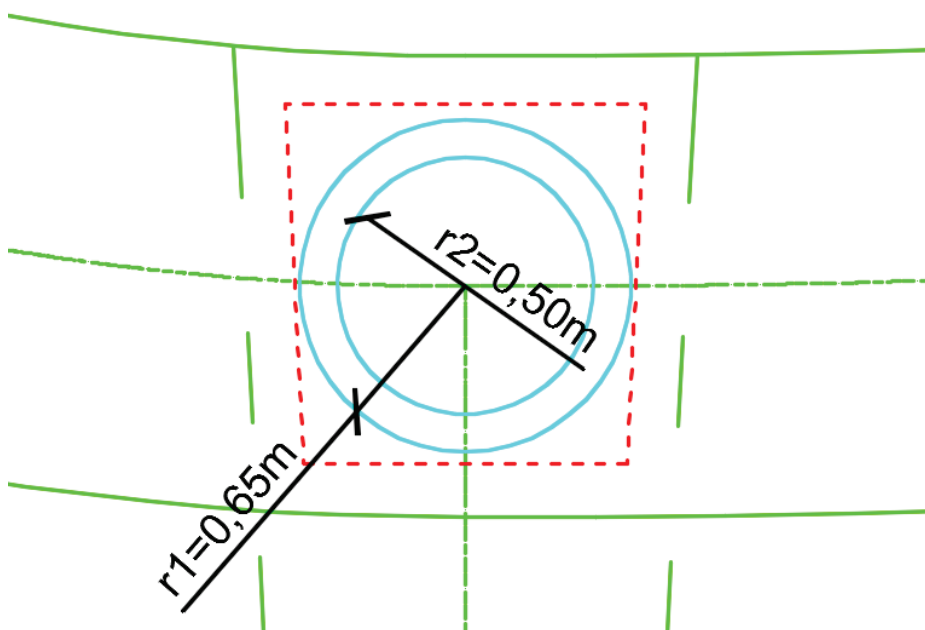
Třídy pevnosti lepeného lamelového dřeva [MPa]					
Namáhání	Označení	GL 24h	GL 28h	GL32h	GL 36h
ohyb	$f_{m,k}$	24	28	32	36
tah	$f_{t,0,k}$	16,5	19,5	22,5	26
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
tlak	$f_{c,0,k}$	24	26,5	29	31
	$f_{c,90,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
smyk	$f_{v,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
modul pružnosti	$E_{0,mean}$	11600	12600	13700	14700
	$E_{0,05}$	9400	10200	11100	11900
hustota	$\rho_k \text{ kg/m}^3$	380	410	430	450

• návrh geometrie a posouzení tuhého rámového spoje:

- na základě povahy namáhání jsem se rozhodl zvolit kruhově rozmístěné kolíky ve dvou řadách
- předběžný průměr jednoho kolíku je **24 mm**
- pro namáhání ohybovým momentem nejsou v EC5 doporučené vzdálenosti od okrajů ani mezi spojovacími prostředky proto volím vlastní:
 - vzdálenost od namáhaných okrajů **8d**
 - vzdálenost od okrajů **5d**
 - vzdálenost mezi řadami **5d**
 - vzdálenost mezi jednotlivými kolíky **6d**
- na základě geometrie (ACAD) volím následující poloměry:
 - $r_1 = 0,65\text{m}$
 - $r_2 = 0,50\text{m}$
- maximální možný počet šroubů v řadě:

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

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



- o v první řadě volím 28 kolíků po osové vzdálenosti 145mm rozmíst'ování ve směru hodinových ručiček
- o ve druhé řadě volím 20 kolíků po osové vzdálenosti 156mm rozmíst'ované po směru hodinových ručiček

• zatížení spoje:

- o zatížení od momentu (moment vyvoluje sílu kolmou na spojnici mezi středem otáčení a spojovacím prostředkem)

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

- o zatížení od posouvající síly (rozděluje se rovnoměrně)

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

- o zatížení od normálové síly (rozděluje se rovnoměrně)

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

- o tento výpočet provádíme i pro vnitřní síly nosníku a následně kombinují dle vzorce:

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

- o výpočet smykové síly

$$F_{v,d} = \frac{M_{ed}}{\pi} \frac{r_1 k_1 + r_2 k_2}{r_1^2 k_1 + r_2^2 k_2} - F_{V,přísl}$$

• únosnost kolíku

- o charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku rovnoběžně s vlákny

- s předvrtanými otvory:

$$f_{h,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \text{ N/mm}^2 \quad (8.16)$$

- o úhel mezi výslednicí zatížení a vlákny dřeva

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

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

$$k_{90} = \begin{cases} 1,35 + 0,015 d & \text{pro dřevo jehličnatých dřevin} \\ 1,30 + 0,015 d & \text{pro LVL} \\ 0,90 + 0,015 d & \text{pro dřevo listnatých dřevin} \end{cases} \quad (8.33)$$

- o pevnost v otláčení pod úhlem α

(2) Pro svorníky do průměru 30 mm se mají používat následující hodnoty charakteristické pevnosti v otláčení ve dřevu a LVL pro úhel α k vláknům:

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

d=24 mm

$\rho_k=410 \text{ kg/m}^3$

$F_{ax,Rk}=0$! kolík má nulovou únosnost na sepnutí

$k_{mod}=0,70$

$\gamma_M = 1,30$

- součinitel β (na základě výsledků volím součinitel β **1,00**)
 - plastický moment únosnosti
- (1) Pro svorníky se mají používat následující charakteristické hodnoty plastického momentu únosnosti:
- $$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} \quad (8.30)$$

- charakteristická pevnost jednoho stříhu kolíku- spoj navržen jako dvojstřížný
- pro spojovací prostředky dvojstřížně namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (g) \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d \quad (h) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (k) \end{array} \right. \quad (8.7)$$

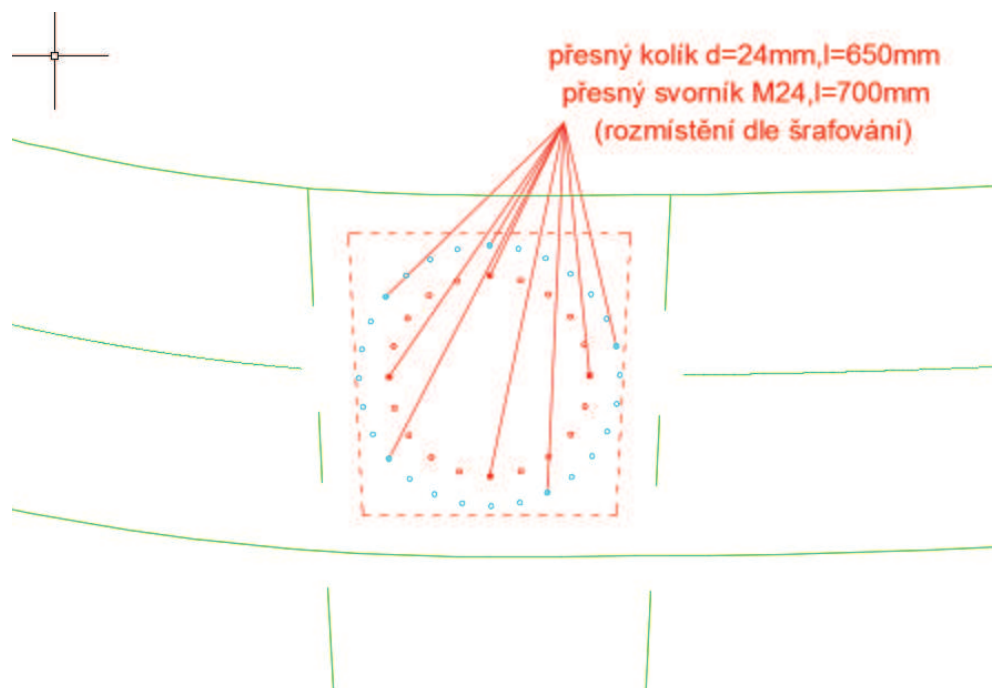
- návrhová únosnost kolíku v jednom stříhu

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

- posouzení smykového napětí ve spoji

$$T_V = \frac{1,5 F_V d}{A_{eff}} < f_v d$$

- **poznámka:** Jako spojovací prostředek byl navržen kolík o průměru 24mm, pro zvýšení bezpečnosti byl každý šestý nahrazen přesným svorníkem M24.



Vnitřní síly v místě spoje:

$$M_{ed} = 114,28 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = -104,52 \text{ kN}$$

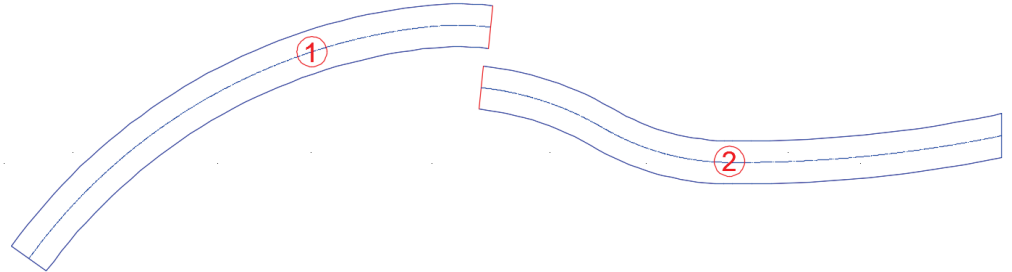
$$V_{ed} = -31,36 \text{ kN}$$

$F_{ax,Rk} = 0$! kolík má nulovou únosnost na sepnutí

$$t = 0,5 * (200 - 8) = 96 \text{ mm}$$

• návrh geometrie a posouzení konstrukčního spoje:

- nosník je rozdělen na dvě konstrukční části, první část má délku 22,50m a končí těsně za vrcholem v místě nejmenšího momentového namáhání (objem vrcholové oblasti brán v potaz) a část druhé o délce 22,50m
- spoj bude proveden z kolíků a přesných svorníků **d=24 mm** s vnitřní ocelovou deskou tl. desky **8 mm** ocel S355



- rozklad ohybového momentu na osově síly, rameno vnitřních sil 1,40m
 - předpokládaný počet kolíků na přenos zatížení v celém spoji je 40ks
- ### • návrh spoje na osovou sílu a (ohybový moment)

- úhel mezi směrem působení normálové síly a vlákny dřeva je $0^\circ >$

1) doporučené vzdálenosti spojovacích prostředků pro dřevo

- rovnoběžně s vlákny - $a_1 = (4 + (\cos \alpha)) * d = 120 \text{ mm}$ (rozteč)
- kolmo k vláknům - $a_2 = 4 * d = 96 \text{ mm}$ (rozteč)
- zatížený konec - $a_3, t = \max(7d; 80) - (168; 80) \text{ mm}$
- zatížený okraj - $a_4, t = \max((2 + 2 \sin \alpha) * d; 3d) - (48; 72) \text{ mm}$

2) vzdálenosti pro ocelovou desku

- ne/zatížený konec $e_1 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- ne/zatížený okraj $e_2 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- rovnoběžně s vlákny $p_1 = 2,2d_0 = 53 \text{ mm}$
- kolmo k vláknům $p_2 = 2,4d_0 = 58 \text{ mm}$

3) posouzení spoje na střih

– pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (h) \end{array} \right. \quad (8.11)$$

- pak $F_{v,Rd} = 2 \chi k_{mod} * (F_{v,Rk} / 1,30)$
- počet účinných svorníků v řadě (volím 4 svorníky v řadě) >
 $n_{ef} = 2,74$

(4) Pro jednu řadu tvořenou n svorníky rovnoběžně se směrem vláken, se má únosnost rovnoběžně s vlákny, viz 8.1.2(4) vypočítat s použitím účinného počtu svorníků n_{ef} :

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right. \quad (8.34)$$

- pak $F_{v,ef,Rd} = n_{ef} * F_{v,Rd}$ – únosnost jedné řady spoj prostředků > volím dvě řady spojovacích prostředků!
- pak únosnost spoje $F_{v,tot,Rd} = 2 * F_{v,ef,Rd}$

4) posouzení na porušení dřeva blokovým a zátkovým smykem

- účinná výška spojovacího prostředku se zjistí následovně

$$t_{ef} = t_1 \left(\sqrt{2 + \frac{M_{y,Rk}}{f_{h,0,k} d t_1^2}} - 1 \right)$$

- kde $t_1 = 0,5 * (200 - 8)$, s proti požárními zátkami nepočítám

$d=24 \text{ mm}$

$t_1=0,5*(200-8) \text{ mm}$

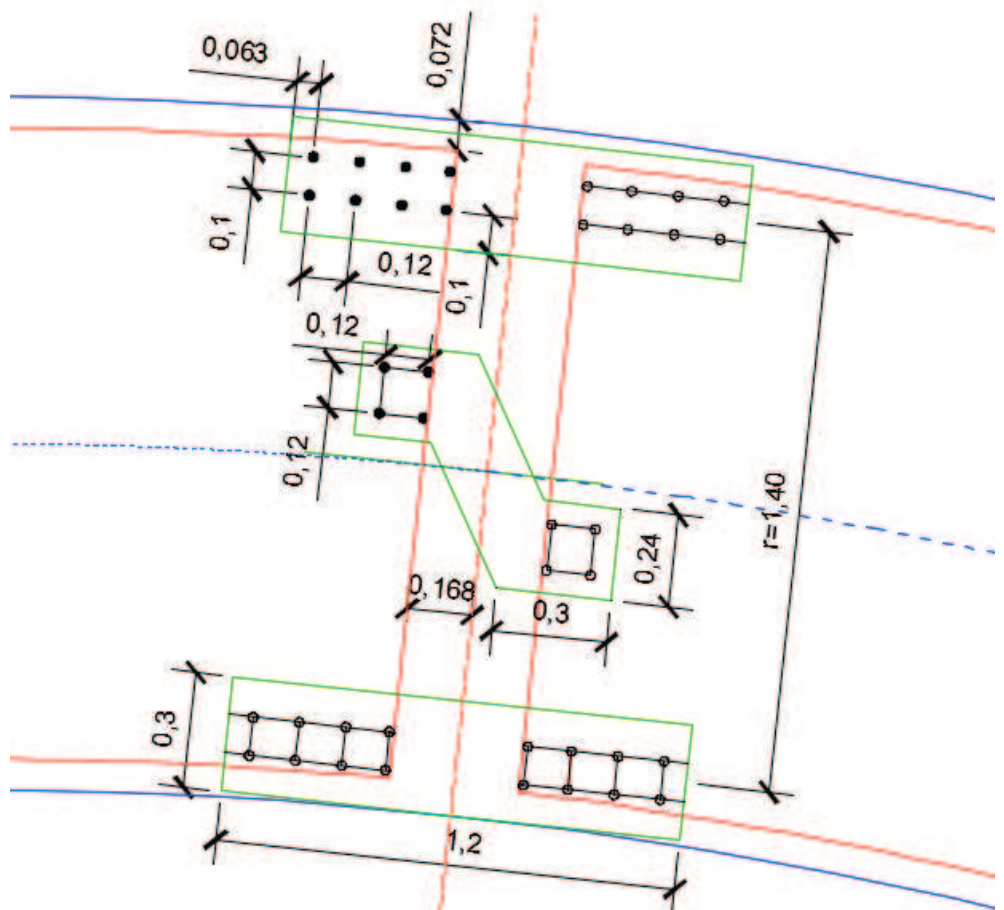
$f_{h,1,k}=f_{h,90,k} \gg$

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

– pro ocelovou desku libovolné tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (f) \\ f_{h,1,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (g) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (h) \end{cases} \quad (8.11)$$

- pak $F_{v,Rd} = 2 \times k_{mod} * (F_{v,Rk} / 1,30)$ (dva stříhy)
- počet účinných svorníků v řadě $n = n_{ef}$
- pak $F_{v,ef,Rd} = n_{ef} * F_{v,Rd}$ – únosnost jedné řady spoj prostředků > volím dvě řady spojovacích prostředků!
- pak únosnost spoje $F_{v,tot,Rd} = 2 * F_{v,ef,Rd}$
- výsledná podoba spoje



konstr. ocel

 $f_{u(S355)} = 510 \text{ MPa}$
 $f_y = 355 \text{ MPa}$
 $R_{a_{\max}} = 186,91 \text{ kN}$

pev. třída čepů 5.8.

 $f_{up} = 500 \text{ MPa}$
 $f_{yp} = 400 \text{ MPa}$
 $d = 50 \text{ mm}$
 $W_{el,y} = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
 $A_p = 1963,5 \text{ mm}^2$
 $\gamma_{M2} = 1,25$
 $\gamma_{M0} = 1,00$
 $t = 10 \text{ mm}$

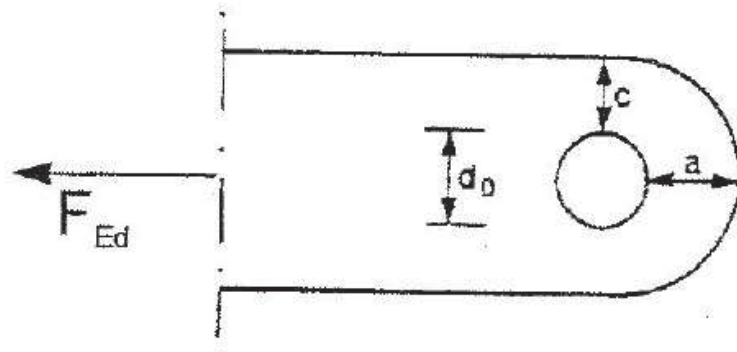
- návrh uložení (válcové čepy):

- dle ČSN en 1993-1-8

- čep obloukové části (čep A)

- čep je vystaven namáhání od normálové a posouvající síly respektive výslednici těchto sil
- volím čep o průměru 50 mm
- čepy jsou navrženy jako nevýměnné
- volím metodu dané tloušťky a dopočítávám rozměr **a** a **c**

- **1) návrh geometrie**



- $a > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / (2t \cdot f_y)) + (2d_0/3) >> 59,7 \text{ mm}$ volím 60 mm
- $c > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / (2t \cdot f_y)) + (d_0/3) >> 43,0 \text{ mm}$ volím 60 mm

- **2) únosnost ve střihu**

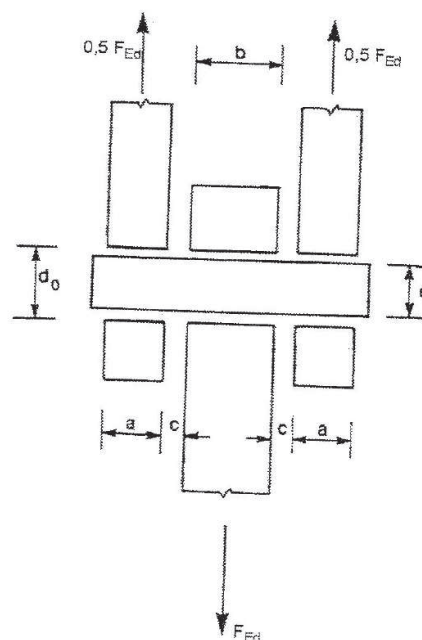
- $F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} > F_{v,Ed}$

- **3) únosnost v otláčení čep i deska (čep je krizovější)**

- $F_{b,Rd} = 1,5 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M0} > F_{b,Ed}$

- **4) únosnost čepu v ohybu**

- $M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} > M_{Ed}$
- kde $M_{Ed} = F_{Ed} / 8 \cdot (b - 4c + 2a)$ kde $c = 2 \text{ mm}$; $b = 10 \text{ mm}$; $a = 5 \text{ mm}$



- **5) kombinace ohybu a smyku**

- $(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 < 1,0$

$R_{b_{\max}}=282,27 \text{ kN}$

- čep sloupové části (čep B)
 - čep je vystaven namáhání od normálové a posouvající síly respektive výslednicí těchto sil
 - návrh je totožný jako pro čep A
 - volím čep o průměru 50 mm
 - i přes to, že na únosnost vyhovuje jeden čep o průměru 50 mm na reálné konstrukci ve skutečnosti budou dva tyto prvky (na každé stojině jeden) z estetických důvodů nebudu volit čep menší než 50 mm u viditelné části konstrukce
- **1) návrh geometrie**
 - $a > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / 2t \cdot f_y) + (2d_0/3) >> 73,1 \text{ mm}$ volím 80 mm
 - $c > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / 2t \cdot f_y) + (d_0/3) >> 56,4 \text{ mm}$ volím 80 mm
- **2) únosnost ve střihu**
 - $F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} > F_{v,Ed}$
- **3) únosnost v otláčení čep i deska (čep je krizovější)**
 - $F_{b,Rd} = 1,5 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M0} > F_{b,Ed}$
- **4) únosnost čepu v ohybu**
 - $M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} > M_{Ed}$
 - kde $M_{Ed} = F_{Ed} / 8 \cdot (b - 4c + 2a)$ kde $c = 2 \text{ mm}$; $b = 10 \text{ mm}$; $a = 5 \text{ mm}$
- **5) kombinace ohybu a smyku**
 - $(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 < 1,0$

$R_{C_{\max}}=79,55 \text{ kN}$

- čep ocelové stojky (čep C,D)
 - čep je vystaven namáhání od normálové a posouvající síly respektive výslednicí těchto sil
 - návrh je totožný jako pro čep A,B
 - volím čep o průměru 40mm čep bude totožný v patě i hlavě sloupu, v hlavě bude přišroubován do hlavního nosníku přes roznášecí plech
 - tloušťky čepových plechů zůstanou totožné s předchozími návrhy
- **1) návrh geometrie**
 - $a > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / 2t \cdot f_y) + (2d_0/3) >> 37,9 \text{ mm}$ volím 40 mm
 - $c > (F_{Ed} \cdot \gamma_{m,0} / 2t \cdot f_y) + (d_0/3) >> 24,5 \text{ mm}$ volím 40 mm
- **2) únosnost ve střihu**
 - $F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} > F_{v,Ed}$
- **3) únosnost v otláčení čep i deska (čep je krizovější)**
 - $F_{b,Rd} = 1,5 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M0} > F_{b,Ed}$
- **4) únosnost čepu v ohybu**
 - $M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} > M_{Ed}$
 - kde $M_{Ed} = F_{Ed} / 8 \cdot (b - 4c + 2a)$ kde $c = 2 \text{ mm}$; $b = 10 \text{ mm}$; $a = 5 \text{ mm}$
- **5) kombinace ohybu a smyku**
 - $(M_{Ed} / M_{Rd})^2 + (F_{v,Ed} / F_{v,Rd})^2 < 1,0$

úvaha: posouvající síly přenesé uložení kontaktem plechů a dřeva (tlak kolmo k vláknům) normálový tlak se rovněž přenesé kontaktem s ocel. deskou a tah bude přenesen pomocí svorníků

$V_{Ed} = 50,57 \text{ kN}$

$N_{Ed,tah} = 69,5 \text{ kN}$

$F_{ax,Rk} = 0$! neznám sílu od sepnutí

• posouzení šroubových spojů v uložení

- přípoj v podpoře A
- spoj bude proveden z přesných svorníků s vnitřní ocelovou deskou tl. desky **8 mm** ocel S355
- navrhují 6 svorníků **M24** o délce **$l = 240 \text{ mm}$**
- úhel mezi směrem působení normálové síly a vlákny dřeva je $0^\circ >$

1) doporučené vzdálenosti spojovacích prostředků pro dřevo

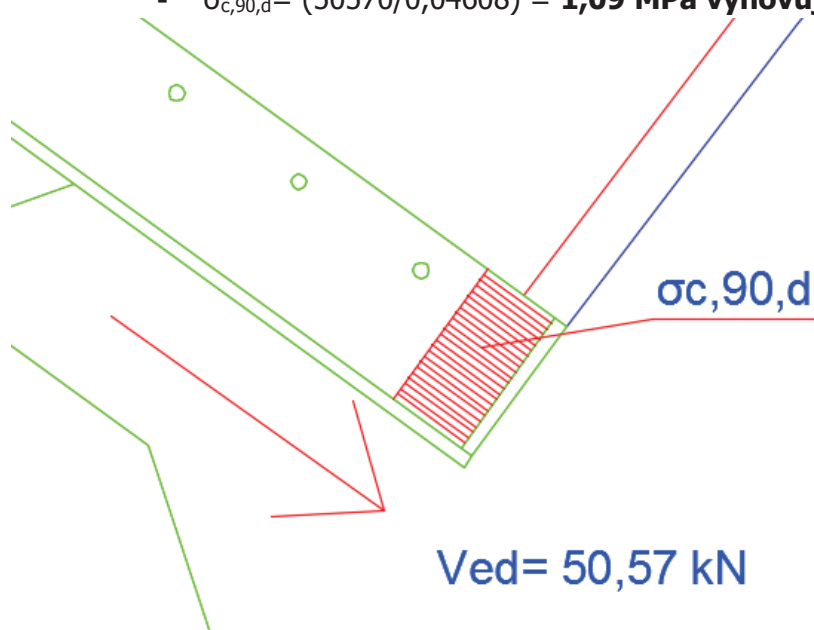
- rovnoběžně s vlákny - $a_1 = (4 + (\cos \alpha)) \cdot d = 120 \text{ mm}$ (rozteč)
- kolmo k vláknům - $a_2 = 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$ (rozteč)
- zatížený konec - $a_3, t = \max(7d; 80) - (168; 80) \text{ mm}$
- zatížený okraj - $a_4, t = \max((2 + 2 \sin \alpha) \cdot d; 3d) - (48; 72) \text{ mm}$

2) vzdálenosti pro ocelkovou desku

- ne/zatížený konec $e_1 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- ne/zatížený okraj $e_2 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- rovnoběžně s vlákny $p_1 = 2,2d_0 = 53 \text{ mm}$
- kolmo k vláknům $p_2 = 2,4d_0 = 58 \text{ mm}$

3) přenos posouvající síly kontaktem

- $f_{c,90,d} = 0,7 \cdot (3,00/1,25) = 1,68 \text{ MPa}$
- $A_{ef} = 0,24 \cdot 0,192 = 0,04608 \text{ m}^2$
- $\sigma_{c,90,d} = (50570/0,04608) = 1,09 \text{ MPa}$ **vyhovuje**



4) posouzení svorníků na tah

- charakteristická pevnost jednoho stříhu kolíku- spoj navržen jako dvojstřížný

pro spojovací prostředky dvojstřížně namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{ll} f_{h,1,k} t_1 d & (g) \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (h) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{array} \right. \quad (8.7)$$

$t_1 = 96 \text{ mm}$
 $d = 24 \text{ mm}$

$V_{Ed} = 95,17 \text{ kN}$

$N_{Ed,tah} = 125,45 \text{ kN}$

$F_{ax,Rk} = 0$! neznám
 sílu od sepnutí

– s předvrtanými otvory:

$$f_{h,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \text{ N/mm}^2 \quad (8.16)$$

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 f_u d^{2,6} & \text{pro hřebíky kruhového průřezu} \\ 0,45 f_u d^{2,6} & \text{pro hřebíky čtvercového průřezu a drážkované} \end{cases} \quad (8.14)$$

- návrhová únosnost kolíku v jednom stříhu (spoj je dvoustržný)

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

- výsledná odolnost spoje je vynásobená 6x (6kusů spojovacích prostředků)
 - přípoj v podpoře B
 - spoj bude proveden z přesných svorníků **d=24 mm** s vnitřní ocelovou deskou tl. desky **8 mm** ocel S355
 - navrhuji 2x5 svorníků **M24** o délce **l=240 mm**
 - uvažuji, že 5 kusů svorníků přenáší poloviční účinek tahové síly
 - úhel mezi směrem působení normálové síly a vlákny dřeva je $0^\circ >$

1) doporučené vzdálenosti spojovacích prostředků pro dřevo

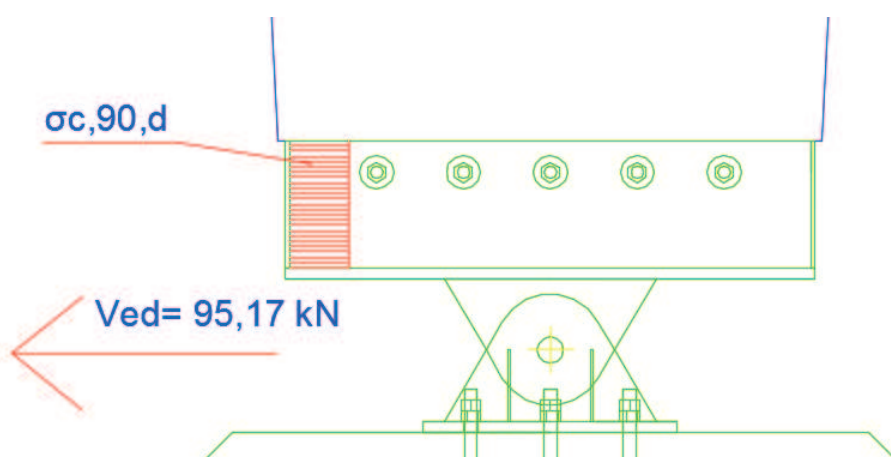
- rovnoběžně s vlákny - $a_1 = (4 + (\cos \alpha)) \cdot d = 120 \text{ mm}$ (rozteč)
- kolmo k vláknům - $a_2 = 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$ (rozteč)
- zatížený konec - $a_3, t = \max(7d; 80) = (168; 80) \text{ mm}$
- zatížený okraj - $a_4, t = \max((2 + 2 \sin \alpha) \cdot d; 3d) = (48; 72) \text{ mm}$

2) vzdálenosti pro ocelovou desku

- ne/zatížený konec $e_1 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- ne/zatížený okraj $e_2 = 1,2d_0 = 29 \text{ mm}$
- rovnoběžně s vlákny $p_1 = 2,2d_0 = 53 \text{ mm}$
- kolmo k vláknům $p_2 = 2,4d_0 = 58 \text{ mm}$

3) přenos posouvající síly kontaktem

- $f_{c,90,d} = 0,7 \cdot (3,00/1,25) = 1,68 \text{ MPa}$
- $A_{ef} = 2 \cdot 0,24 \cdot 0,192 = 0,09216 \text{ m}^2$
- $\sigma_{c,90,d} = (95170/0,09216) = 1,04 \text{ MPa}$ vyhovuje



4) posouzení svorníků na tah

- charakteristická pevnost jednoho stříhu kolíku- spoj navržen jako dvoustržný

pro spojovací prostředky dvojstřížně namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (g) \\ 0,5 f_{h,2,k} t_2 d & (h) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (j) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (k) \end{cases} \quad (8.7)$$

– s předvrtanými otvory:

$$f_{h,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \quad \text{N/mm}^2 \quad (8.16)$$

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3 f_u d^{2,6} & \text{pro hřebíky kruhového průřezu} \\ 0,45 f_u d^{2,6} & \text{pro hřebíky čtvercového průřezu a drážkované} \end{cases} \quad (8.14)$$

- návrhová únosnost kolíku v jednom stříhu (spoj je dvoustřížný)

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

- výsledná odolnost spoje je vynásobená 6x (6kusů spojovacích prostředků)
- - přípoj hlavního nosníku a ocelové trubky v podpoře D
 - navrhují 8 kusů vrtů s šestihrannou hlavou o průměru **d = 10mm** a délce **l = 240mm** ocel 5.8.
 - ocelová deska má tloušťku 15mm
 - spoj bude namáhán osovým tahem a smykem pak musí být splněna podmínka
 - minimální vzdálenosti pro vruty od všech částí a mezi jednotlivými vruty je **4d = 40mm**
 - úhel mezi osami vrtů a vlákna dřeva je 90°

$$F_{ax,Ed} = 57,10 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = 20,04 \text{ kN}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$l = 240 \text{ mm}$$

$$l_{ef} = 180 \text{ mm}$$

$$n = 8 \text{ ks}$$

$$n_{ef} = 6,49 \text{ ks}$$

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (8.28)$$

únosnost na vytažení vrutu se určí:

- (4) Charakteristická únosnost na vytažení spojů s osově zatíženými vruty se má uvažovat takto:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} (\pi d l_{ef})^{0,8} f_{ax,\alpha,k} \quad (8.38)$$

kde $F_{ax,\alpha,Rk}$ je charakteristická únosnost na vytažení spoje pod úhlem α k vláknům;

n_{ef} účinný počet vrtů;

d vnější průměr měřený na závitové části;

l_{ef} délka vniku hrotu závitové části zmenšená o jeden průměr vrutu;

$f_{ax,\alpha,k}$ charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům.

- (5) Charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům se má uvažovat takto:

$$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cos^2 \alpha} \quad (8.39)$$

s

$$f_{ax,k} = 3,6 \times 10^{-3} \rho_k^{1,5} \quad (8.40)$$

kde $f_{ax,\alpha,k}$ je charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům;

$f_{ax,k}$ charakteristická pevnost na vytažení kolmo k vláknům;

ρ_k charakteristická hustota v kg/m^3 .

ocel se neotlačí !
 $\beta=1,0$
 $t_1= 15 \text{ mm}$
 $t_2= 220 \text{ mm}$
 $\alpha=90^\circ$
 $\rho_k=410 \text{ kg/m}^3$
 $d= 10 \text{ mm}$

○ únosnost na stříh se určí:

- vrut nevyhovuje na posouzení dle 8.2. posuzuji dle 8.5.1.

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} \quad (8.30)$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \quad (8.32)$$

8.2.2 Spoje dřevo-dřevo a deska-dřevo

(1) Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku se má u hřebíků, sponek, svorníků, kolíků a vrutů uvažovat jako nejmenší hodnota stanovená podle následujících vztahů:

- pro spojovací prostředky jednotřížně namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{cases} \quad (8.6)$$

- návrhová únosnost kolíku v jednom stříhu

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

$V_{Ed,max}=6,25 \text{ kN}$
 $\beta=1,0$
 $t_1= 8 \text{ mm}$
 $t_2= 82 \text{ mm}$
 $\alpha=90^\circ$
 $\rho_k=410 \text{ kg/m}^3$
 $d= 8 \text{ mm}$

- přípoj hlavního nosníku a vaznice
- přípoj bude proveden z oceli S355 a tl. plechu 8mm
- budou použity 4 vruty o délce $l=90\text{mm}$ a průměru $d=8\text{mm}$
- přípoj posuzuji pouze na stříh mezi hlavním nosníkem a ocelovým plechem
- výpočet únosnosti na stříh je totožný s výpočtem v přípoji D

Veškeré výpočty byli provedeny v příložených výstupech z tabulkovým procesoru.

--	--

Posouzení spojů a čepů hlavního nosníku

1) posouzení spoje sloupu a hlavního nosníku

volím spojování pomocí kolíků d=24mm		l _m	1,3
pro spoje namáhané momentem nejsou vzdálenosti proto volím vlastní		d	0,024 m
od okraje prvku namáhaného konce		k _{mod}	0,7
od okraje		8d	0,192 m
mezi řadami		5d	0,120 m
mezi jednotlivými kolíky		5d	0,120 m
		6d	0,144 m

r1	0,65 m	n _{i,max,r1}	28,36	>>	28
r2	0,50 m	n _{i,max,r2}	21,82	>>	20

zatížení kolíkového spoje

Med	668 140 Nm	Med	659 360 Nm
Ved	95 163 N	Ved	170 500 N
Ned	221 362 N	Ned	94 439 N

ve sloupu

od momentu	25805 N
od posouvající síly	1983 N
od normálové síly	4612 N
F_{d,s} výslednice	28167 N

F_{v,d,s} smyková síla 261192 N

a) únosnost kolíků v ose sloupu

charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

f _{h,0,k}	25,55 MPa	k90	1,66
alfa1	0,0245 rad		
alfa2	0,0009 rad		
f _{h,a1,k}	25,54 MPa		
f _{h,a2,k}	25,55 MPa		
beta1	1,00		
F _{uk}	500,0 MPa	d	24 mm
My,Rk	581622 N/mm	t1	200 mm
		t2	200 mm

F _{v,Rk1(min)}	122597 N	F _{ax,Rk} 0! (bez sepnutí !)
	61323 N	
	42914 N	
	30708 N	

F_{v,Rk1(min)} 30708 N
F_{v,Rd1} 16535 N

b) únosnost kolíků v ose nosníku

f _{h,0,k}	25,55 MPa	k90	1,66
alfa1	0,0262 rad		
alfa2	0,0012 rad		
f _{h,a1,k}	25,54 MPa		
f _{h,a2,k}	25,55 MPa		
beta1	1,00		
F _{uk}	500,0 MPa	d	24 mm
My,Rk	581622 N/mm	t1	200 mm
		t2	200 mm

F _{v,Rk2(min)}	122590 N	F _{ax,Rk} 0!
	61323 N	
	42911 N	
	30708 N	

F_{v,Rk2(min)} 30708 N
F_{v,Rd2} 16535 N

posouzení:

sloup	28167 N	<<	33071 N	0,85<1,00
nosník	29423 N	<<	33070 N	0,89<1,00
rozhoduje vždy větší z výslednic				

posouzení smykového napětí:

sloup	0,576 MPa	<<	1,72 MPa	0,33<1,00
nosník	0,755 MPa	<<	1,72 MPa	0,44<1,00

2) posouzení montážního spoje hlavního nosníku

				hap	1,80 m
				r	1,40 m
			Ned		-104 520 N
			Ved		31 360 N
			Med		114 280 Nm
			Ned od Med		81 629 N
		na 1/2 přípoje působí			133 889 N
	Fuk	500,0 MPa			
	f _{r,h,1,k}	25,55 MPa	t ₁		96 mm
	My,Rk	581622 N/mm	d		24 mm
F _{v,Rk(min)}		58870 N			
		32552 N			
		43437 N			
F _{v,Rk}	32552 N				
F_{v,Rd}	35056 N	dvoustřížný spoj			
			n(počet v řadě)	4 ks	
			a ₁	120 mm	
nef	2,742272795				
F_{v,ef,Rd}	96134 N	efektivní únosnost jedné řady> volím dvě řady spoj. prostředků			
			n(počet řad)	2 ks	
F_{v,tot,Rd}	192267 N	0,70<1,00			

posouzení na porušení dřeva blokovým a zátkovým smykem

	tef	43 mm			
	L _{net,t}	100 mm			
	Anet,t	9600 mm ²			
	l _{net,v}	480 mm			
	Anet,v	44743 mm ²			
		na 1/2 přípoje působí			133 889 N
F_{bs,Rk}		280800 N			
		100223 N			
F_{bs,Rd}	151200 N	0,89<1,00			

posouzení na otláčení ocelové desky

F_{b,Rd}	75700 N	
F_{b,Rd,tot}	605598 N	0,22<1,00

posouzení oslabeného průřezu ocelové desky

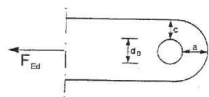
	Anet	2016 mm ²	
F_{u,Rd}	711803 N	0,19<1,00	

posouzení průřezu na smyk (tato část přenáší pouze pos. sílu)

	f _{t,h,0,k}	25,55 MPa	k90	1,66
	f _{t,h,a,k}	15,39 MPa	Alfa	90
	alfa1	1,5708 rad	d	24 mm
	F _{uk}	500,0 MPa	t1	96 mm
	M _{y,Rk}	581622 N/mm		
		35464 N		
		22629 N		
		33714 N		
F _{v,Rk}	22629 N			
F_{v,Rd}	24370 N	dvoustřížný spoj		
nef	2 ks		n(počet v řadě)	2 ks
F_{v,ef,Rd}	48740 N	efektivní únosnost jedné řady> volím dvě řady spoj. prostředků		
			n(počet řad)	2 ks
F_{v,tot,Rd}	97480 N	0,32<1,00		

3)posouzení čepových uložení

	d0	0,05 m
ČEP A	Fed=Ra,max	186 910 N
	fup	500 000 000 Pa
	fyp	400 000 000 Pa
	A	0,001963 m2
	f _y	355 000 000 Pa
	f _u	510 000 000 Pa
	volím t	0,01 m
	Wel	0,000012272 m3
	a>	0,0597 m
	c>	0,0430 m



posouzení na smyk

F_{v,Rd}	471 239 N	>>	186 910 N	0,40<1,00
-------------------------	------------------	----	-----------	---------------------

posouzení otláčení

F_{b,Rd,čep}	1 472 622 N	>>	186 910 N	0,13<1,00
F_{b,Rd,deska}	1 502 074 N	>>	186 910 N	0,12<1,00

posouzení na ohyb

M_{rd}	7 363 Nm	>>	280 Nm	0,04<1,00
-----------------------	-----------------	----	---------------	---------------------

posouzení kombinaci ohybu a smyku

0,16<1,00

	d0	0,05 m
ČEP B	Fed=Ra,max	282 266 N
	fup	500 000 000 Pa
	fyp	400 000 000 Pa
	A	0,001963 m2
	f _y	355 000 000 Pa
	f _u	510 000 000 Pa
	volím t	0,01 m
	Wel	0,000012272 m3
	a>	0,0731 m
	c>	0,0564 m

posouzení na smyk

F_{v,Rd}	471 239 N	>>	282 266 N	0,60<1,00
-------------------------	------------------	----	-----------	---------------------

posouzení otláčení

F_{b,Rd,čep}	1 472 622 N	>>	282 266 N	0,19<1,00
F_{b,Rd,deska}	1 502 074 N	>>	282 266 N	0,19<1,00

posouzení na ohyb

M_{rd}	7 363 Nm	>>	423 Nm	0,06<1,00
-----------------------	-----------------	----	---------------	---------------------

posouzení kombinaci ohybu a smyku

0,36<1,00

ČEP C,D

	d0	0,04 m
	Fed=Ra,max	79 550 N
návrh čepu z 4.8.	fup	500 000 000 Pa
	fyp	400 000 000 Pa
	A	0,001257 m ²
mat. uložení S355	fy	355 000 000 Pa
	fu	510 000 000 Pa
	volím t	0,01 m
	Wel	0,000000628 m ³
a>	0,0379 m	
c>	0,0245 m	

posouzení na smyk

Fv,Rd	301 593 N	>>	79 550 N	0,26<1,00
-------	-----------	----	----------	-----------

posouzení otláčení

Fb,Rd,čep	942 478 N	>>	79 550 N	0,08<1,00
Fb,Rd,deska	961 327 N	>>	79 550 N	0,08<1,00

posouzení na ohyb

Mrd	377 Nm	>>	119 Nm	0,32<1,00
-----	--------	----	--------	-----------

posouzení kombinací ohybu a smyku

0,17<1,00

posouzení svorníkového přípoje na tah v podpoře A

	t1=t2	96 mm		
	Ned	69 500 N		
	f,h,0,k	25,55 MPa		
	Fuk	500,0 MPa		
	d	24 mm		
	My,Rk	581622 N/mm		
	58870 N			
Fv,Rk(min)	20614 N		F,ax,Rk 0	
	30715 N			
Fv,Rk2(min)	20614 N			
Fv,Rd1	22200 N dvojstřížný			
Fv,Rd,tot	133199 N			0,52<1,00

posouzení svorníkového přípoje na tah v podpoře B

	t1=t2	96 mm		
	Ned	125 450 N	Ned/2	62 725 N
	f,h,0,k	25,55 MPa		
	Fuk	500,0 MPa		
	d	24 mm		
	My,Rk	581622 N/mm		
	58870 N			
Fv,Rk(min)	20614 N		F,ax,Rk 0	
	30715 N			
Fv,Rk2(min)	20614 N			
Fv,Rd1	22200 N dvojstřížný			
Fv,Rd,tot	110999 N			0,57<1,00

posouzení vrutového přípoje na tah a střih v podpoře D

	n	8	Ned	57 100 N
	nef	6,498	Ved	20 040 N
	lef	180 mm	beta1	1,00
	l	240 mm	t1	15 mm
	fax,k	29,89 MPa	t2	220 mm
	fax,alfa,k	29,89 MPa	My,Rk	59716 N/mm
			Fuk	500,0 MPa
			d	10 mm
			a	90
			f,h,0,k	30,26 MPa
			f,h,1,k	20,87 MPa
			k90	1,45

Fv,Rk(min)		45909 N
		16352 N
		5741 N

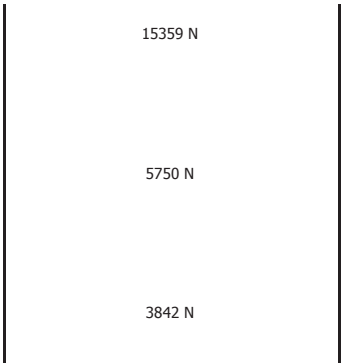
Fv,Rk2(min)	5741 N
Fv,Rd1	3091 N jednostrážný

Fv,Rd,tot	24731 N	8 šroubů
------------------	----------------	----------

Fax,alfa,Rk	195073 N	pro 8 vrutů	0,74<1,00
--------------------	----------	-------------	---------------------

posouzení přípoje vaznice na stříh

	n	4
	Ved	6 250 N
	beta1	1,00
	t1	8 mm
	t2	92 mm
	My,Rk	33429 N/mm
	Fuk	500,0 MPa
	d	8 mm
	a	90
	f,h,0,k	30,26 MPa
	f,h,1,k	20,87 MPa
	k90	1,45



15359 N

F_v,R_d(min) 5750 N

3842 N

F _v ,R _{k2} (min)	3842 N	
F_v,R_{d1}	2069 N	jednostřížný

F_v,R_{d,tot}	8275 N	4 vruty	0,76<1,00
--	---------------	---------	---------------------

ZTUŽENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

$$I_y = 2485 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 2485 \text{ mm}^4$$

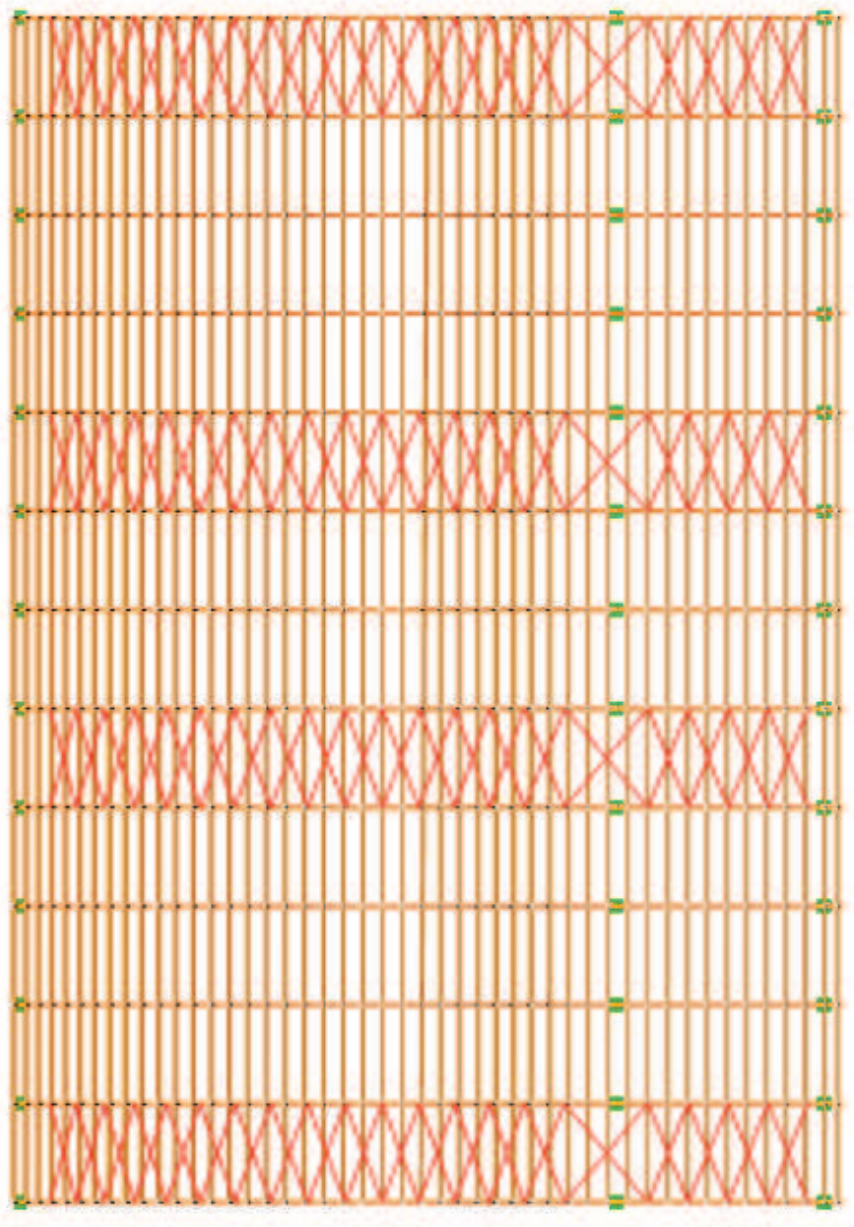
$$A = 177,0 \text{ mm}^2$$

popis: ztuženo
bylo pole 1,5,8,12
pole č. 16,17 bylo
z konstrukčních
důvodu spojeno

• základní informace o ztužidle:

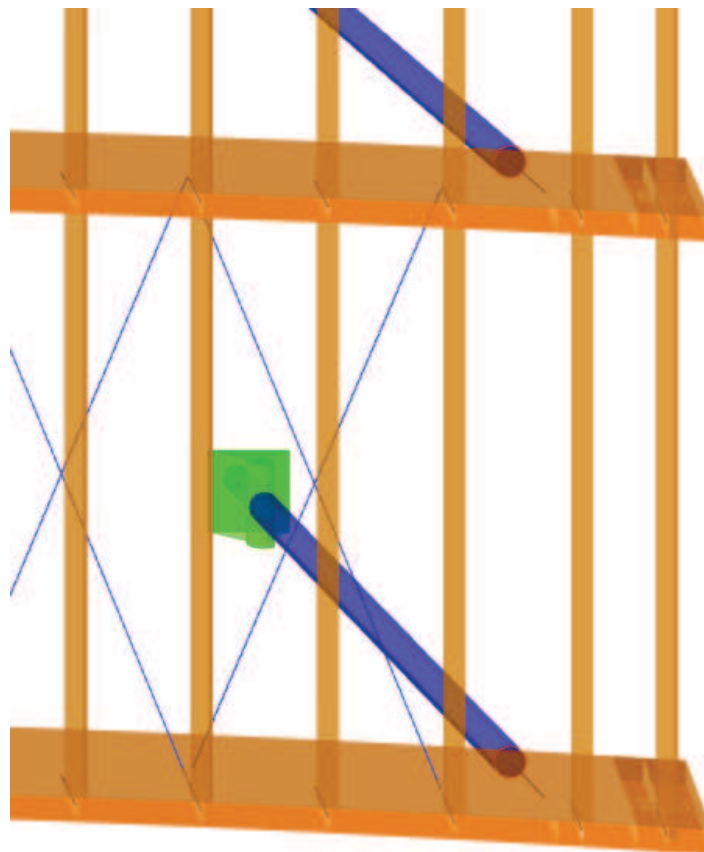
- vzhledem k proměnným délkám bylo ztužidlo navrženo jako lanové dopínané ve třetině rozpětí závitovou tyčí
- při posuzování a navrhování ztužidla jsem bral v úvahu, že lano je schopné přenášet pouze tahové síly
- průměrná délka lana je cca 5,5 m
- lano bylo navrženo z oceli S690
- předpokládaný průměr lana je 15mm
- vzhledem k tomu, že nosník vyhovuje na stabilitu, vyvozuje tak minimální stabilitní síly
- nejnepříznivější účinek na konstrukci vyvozuje tlak a saní na boční stěny konstrukce
- výpočet vnitřních sil proveden 3D modelem konstrukce s tlaky a sáními na čelní stěny konstrukce

geometrie ztužidel



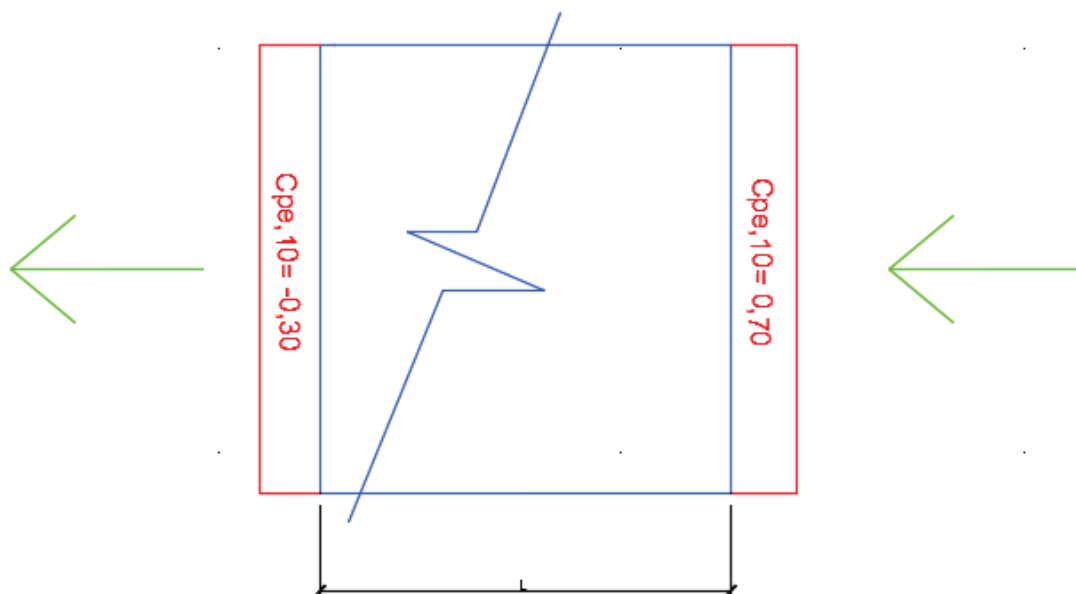
geometrie pole

- geometrie jednoho pole: délka= 5,00m šířka ~ 2,00m (proměnná)
- ukotvení ztužidla probíhá vždy pod osou vaznice provedenou kolmicí k ose hlavního nosníku (240 mm pod spodní hranou vaznice)
-

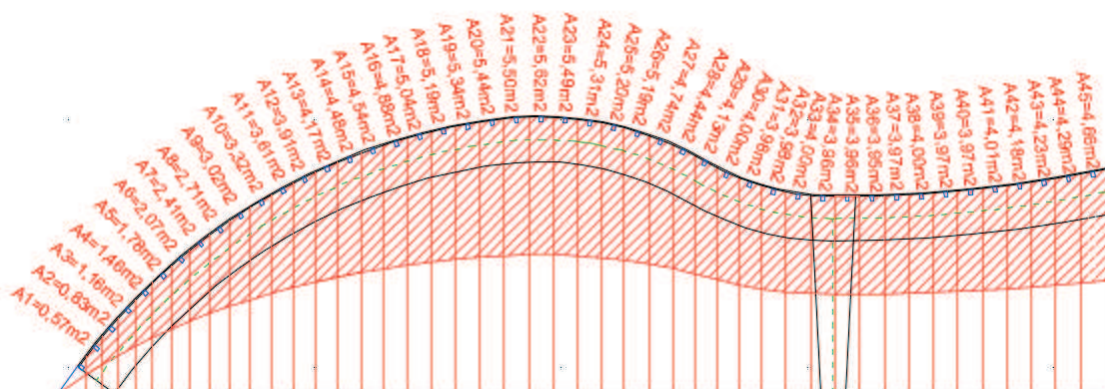
výpočet zatížení ztužidla

- základní rychlost větru:
 - $V_b = C_{dir} * C_{season} * V_{b,0}$
 - C_{dir} - součinitel směru, volím 1,0
 - C_{season} - součinitel ročního období, volím 1,0
 - $V_b = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s}$
- střední tlak větru:
 - $q_b = 0,5 * \rho * V_b^2$
 - $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
 - $q_b = 0,5 * 1,25 * 25^2 > q_b = \mathbf{0,39 \text{ kN}}$
- střední rychlost větru:
 - $z = 11,5 \text{ m}$
 - $V_m(z) = C_r(z) * C_0(z) * V_b$
 - $C_0(z) = 1,0$ součinitel drsnosti terénu, volím 1,0
 - $C_r(z) = k_r * \ln(z/z_0)$
 - $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0II})^{0,07}$; $z_{0tab} = 0,05$; $z_{0II} = 0,05$
 - $k_r = 0,19$
 - $C_r(z) = 0,19 * \ln(11,5/0,05) = 1,034$
 - $V_m(z) = 1,034 * 1,0 * 25 = \mathbf{25,85 \text{ m/s}}$

- charakteristický maximální tlak větru:
 - $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2$
 - $I_v(z) = k_t / (c_0(z) \cdot (\ln(z/z_0)))$; $c_0(z) = 1,0$
 - součinitel turbulence $k_t = 1,0$
 - $I_v(z) = 1 / (1,0 \cdot (\ln(11,5/0,05))) = 0,184$
 - $q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,184] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25,84^2 / 1000$
 - **$q_p(z) = 0,955 \text{ kN/m}^2$**
- tlak a sání větru na čelní stěny konstrukce
 - tlak a sání působící na jednu vaznici se vypočte jako A_x přičemž
 $A_x = h_{\text{přisl}} \cdot Z_{\text{přisl}}$
 - $N_x = A_x \cdot C_{pe,10} \cdot q_p(z)$
- příslušná $C_{pe,10}$



- velikosti řešených ploch pro zatížení čelních stěn



úvaha: polovina účinku na od sání a tlaku bude přenesena do základů čelních stěn, ke každé síle připočítám ještě 0,2 kN od tření větru o střešní kci

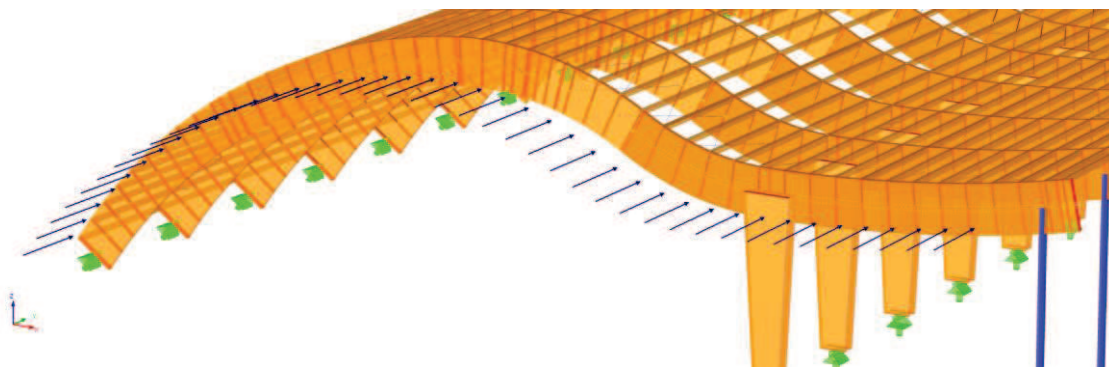
- výpočet všech zatěžovacích sil (sání a tlaky) byl proveden v tabulkovém procesoru (viz. příloha)

úvaha: síla sice působí v polovině výšky zatěžovací plochy, nicméně jsem je umístil do osy hlavního nosníku (destabilizační účinek se tím umocní)

$$N_{ed,max} = 19,49 \text{ kN}$$

$$\alpha \sim 68^\circ$$

○ umístění zatěžovacích sil

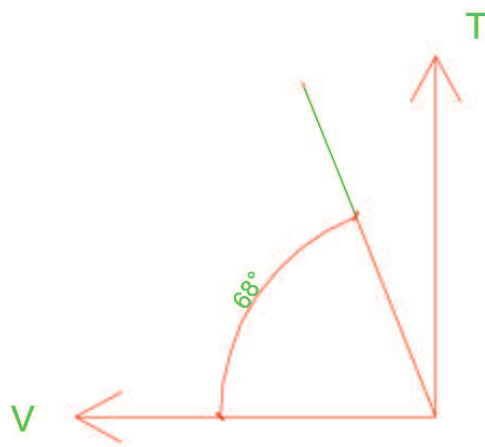


○ dimenzování ztužidla

- maximální tahy na lano se vyvozují v oblasti prvního pole v oblasti podpory A
- $N_{ed,max}/A_{lana} = 19490/177 = 110,2 \text{ MPa} < 690 \text{ MPa}$ vyhovuje
-

○ návrh přípoje ztužidla

- rozpočítání tahové síly na sílu posouvající (smykovou) a síly tahovou (vytažení)
- síla na vytažení $T = N_{ed,max} \cdot \sin(\alpha)$, **$T = 18,08 \text{ kN}$**
- síla na usmýknutí $V = N_{ed,max} \cdot \cos(\alpha)$, **$V = 7,31 \text{ kN}$**



- ztužidlo bude na hlavní nosník připevněno pomocí vrtů s šestihrannou hlavou o průměru 10 mm a délce 120 mm
- vruty budou předvrtané
- materiál vrtů ocel 5.8.
- ocelová deska má tloušťku 8mm
- minimální vzdálenosti pro vruty rovnoběžně s vlákny je **$4d = 40 \text{ mm}$** volím **50 mm**, okraje nemusím řešit
- úhel mezi osami vrtů a vlákny dřeva je 90°

základní podmínka

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 \leq 1$$

(8.28)

$$F_{ax,Ed}=18,08 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed}=7,31 \text{ kN}$$

$$d=10 \text{ mm}$$

$$l=120 \text{ mm}$$

$$l_{ef}=70 \text{ mm}$$

$$n=4 \text{ ks}$$

$$n_{ef}=3,48 \text{ ks}$$

ocel se neotlačí !

$$\beta=1,0$$

$$t_1=8 \text{ mm}$$

$$t_2=112 \text{ mm}$$

$$\alpha=90^\circ$$

$$\rho_k=410 \text{ kg/m}^3$$

$$d=10 \text{ mm}$$

○ únosnost na vytažení vrutu se určí:

(4) Charakteristická únosnost na vytažení spojů s osově zatíženými vruty se má uvažovat takto:

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} (\pi d l_{ef})^{0,8} f_{ax,\alpha,k} \quad (8.38)$$

kde $F_{ax,\alpha,Rk}$ je charakteristická únosnost na vytažení spoje pod úhlem α k vláknům;

n_{ef} účinný počet vrutů;

d vnější průměr měřený na závitové části;

l_{ef} délka vniku hrotu závitové části zmenšená o jeden průměr vrutu;

$f_{ax,\alpha,k}$ charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům.

(5) Charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům se má uvažovat takto:

$$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cos^2 \alpha} \quad (8.39)$$

s

$$f_{ax,k} = 3,6 \times 10^{-3} \rho_k^{1,5} \quad (8.40)$$

kde $f_{ax,\alpha,k}$ je charakteristická pevnost na vytažení pod úhlem α k vláknům;

$f_{ax,k}$ charakteristická pevnost na vytažení kolmo k vláknům;

ρ_k charakteristická hustota v kg/m^3 .

○ únosnost na stříh se určí:

○ vrut nevyhovuje na posouzení dle 8.2. posuzují dle 8.5.1.

$$M_{y,Rk} = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} \quad (8.30)$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.31)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 (1 - 0,01 d) \rho_k \quad (8.32)$$

8.2.2 Spoje dřevo-dřevo a deska-dřevo

(1) Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho spojovacího prostředku se má u hřebíků, sponek, svorníků, kolíků a vrutů uvažovat jako nejmenší hodnota stanovená podle následujících vztahů:

– pro spojovací prostředky jednostřížně namáhané:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} f_{h,1,k} t_1 d & (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d & (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} d t_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (f) \end{cases} \quad (8.6)$$

○ návrhová únosnost kolíku v jednom stříhu

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

Veškeré výpočty byly provedeny v příložených výstupech z tabulkovým procesoru.

ZATĚŽOVACÍ SÍLY NA BOČNÍ STĚNY OD ÚČINKŮ VĚTRU						
síla	plocha(Ax)	qp(z)(kN/m2)	Cpe(tlak)	Cpe(sání)	tření větru	F(tlak)
F1	0,57 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	0,63 kN
F2	0,83 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	0,80 kN
F3	1,16 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	1,03 kN
F4	1,46 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	1,23 kN
F5	1,78 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	1,44 kN
F6	2,07 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	1,63 kN
F7	2,41 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	1,86 kN
F8	2,71 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,06 kN
F9	3,02 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,27 kN
F10	3,32 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,47 kN
F11	3,61 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,66 kN
F12	3,91 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,86 kN
F13	4,17 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,04 kN
F14	4,48 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,24 kN
F15	4,54 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,28 kN
F16	4,88 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,51 kN
F17	5,04 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,62 kN
F18	5,19 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,72 kN
F19	5,34 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,82 kN
F20	5,44 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,89 kN
F21	5,50 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,93 kN
F22	5,62 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	4,01 kN
F23	5,49 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,92 kN
F24	5,31 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,80 kN
F25	5,20 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,73 kN
F26	5,19 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,72 kN
F27	4,74 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,42 kN
F28	4,44 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,22 kN
F29	4,13 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,01 kN
F30	4,00 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,92 kN
F31	3,98 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,91 kN
F32	3,98 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,91 kN
F33	4,00 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,92 kN
F34	3,96 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,90 kN
F35	3,96 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,90 kN
F36	3,95 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,89 kN
F37	3,97 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,90 kN
F38	4,00 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,92 kN
F39	3,97 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,90 kN
F40	3,97 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,90 kN
F41	4,01 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	2,93 kN
F42	4,18 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,04 kN
F43	4,23 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,08 kN
F44	4,29 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,12 kN
F45	4,66 m2	0,955	0,7	0,3	0,25 kN	3,37 kN
průměrná hodnota						2,87 kN

posouzení vrutového přípoje na tah a střih

n	4	Ned	18 080 N
nef	3,482	Ved	7 310 N
lef	70 mm	beta1	1,00
l	120 mm	t1	8 mm
fax,k	29,89 MPa	t2	112 mm
fax,alfa,k	29,89 MPa	My,Rk	59716 N/mm
		Fuk	500,0 MPa
		d	10 mm
		α	90
		f _{h,0,k}	30,26 MPa
		f _{h,1,k}	20,87 MPa
		k90	1,45

23372 N

Fv,Rk(min)

8731 N

5741 N

Fv,Rk2(min)

5741 N

Fv,Rd1 2977 N jednostržný

Fv,Rd,tot

11907 N

4 vruty

Fax,alfa,Rk

49106 N

pro 4 vruty 0,51<1,00