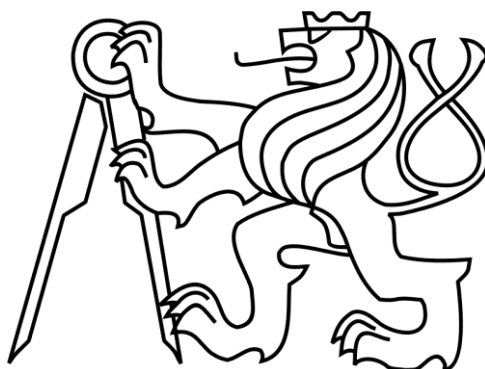


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Statický výpočet



## Obsah

<b>A. Statické výpočty</b> .....	<b>2</b>
A.1 Objekt se zázemím .....	2
A.1.1 Výpočet zatížení .....	2
A.1.1.1 Zatížení sněhem.....	2
A.1.1.2 Zatížení větrem.....	3
A.1.1.3 Provozní zatížení .....	7
A.1.1.4 Stálé zatížení od skladby střešní konstrukce.....	7
A.1.1.5 Stálé zatížení od skladby podlahy v 2.NP .....	7
A.1.1.6 Plošná hmotnost nosného zdiva i s omítkou .....	8
A.1.2 Návrh překladu Porotherm KP XL.....	8
A.1.3 Výpočet lepeného lamelového vazníku.....	8
A.1.3.1 Vnitřní síly.....	8
A.1.3.2 I.MS .....	8
A.1.3.3 II. MS .....	9
A.1.4 Návrh střešní vaznice .....	9
A.1.4.1 Vnitřní síly.....	10
A.1.4.2 I.MS .....	10
A.1.4.3 II. MS .....	10
A.2 Hala .....	11
A.2.1 Výpočet zatížení .....	11
A.2.1.1 Zatížení sněhem.....	11
A.2.1.2 Zatížení větrem.....	12
A.2.2 Výpočet lepeného, lamalového, trojkloubového vazníku .....	15
A.2.2.1 Vnitřní síly.....	15
A.2.2.2 I. MS .....	16
A.2.3 Návrh vaznice.....	17
A.2.3.1 Vnitřní síly.....	17
<b>B. Literatura</b> .....	<b>19</b>
B.1 Seznam použitých norem .....	19
B.2 Seznam použité literatury .....	19
<b>Seznam příloh:</b> .....	<b>20</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>21</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>22</b>



# A. Statické výpočty

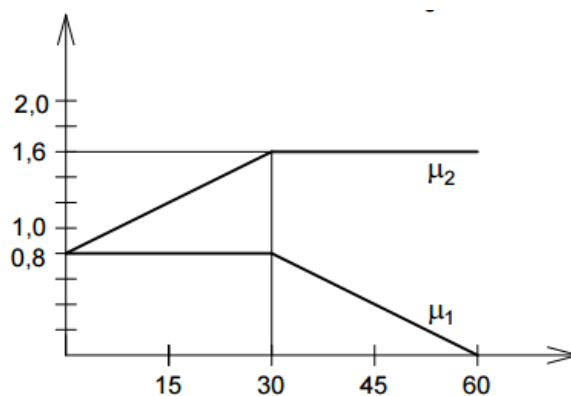
## A.1 Objekt se zázemím

### A.1.1 Výpočet zatížení

#### A.1.1.1 Zatížení sněhem

Sněhová oblast: III

*Tvarový součinitel zatížení sněhem:*



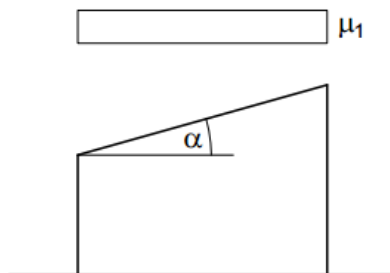
TAB. 4 Tvarové součinitele zatížení sněhem

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6	---

Tab. 1: Tvarové součinitele střech



Uspořádání zatížení podle obrázku se má použít pro zatížení navátým i nenavátým sněhem



Poznámka: Plochá střecha je speciální případ pultové střechy.

Obr. 1: Schéma pro tvarový součinitel pro pultové střechy

### Součinitel expozice

Typ krajiny	$C_e$
otevřená	0,8
normální	1,0
chráněná	1,2

Tab. 2: Tabulka souinitelů krajiny

### Tepelný součinitel

Tepelný součinitel  $C_t$  se pro střechy s tepelnou prostupností menší než  $1 \text{ W/m}^2\text{K}$  uvažuje roven 1,0, jinak se určí dle normy ( $C_t$  nesmí být menší než 0,8)

### Výsledná hodnota zatížení sněhem

$$s = \mu_i * c_e * c_t * s_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

#### A.1.1.2 Zatížení větrem

Větrná oblast: II  $\Rightarrow v_b = 25 \text{ m/s}$

Kategorie terénu: II

Výška budovy  $z = 8,5 \text{ m}$

Půdorysné rozměry budovy  $28 \times 12,5 \text{ m}$

Kategorie terénu	$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
0 – moře a přímořské oblasti	0,003	1
I – jezera nebo vodorovná plochá krajina bez překážek	0,01	1
II – krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky	0,05	2
III – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami	0,3	5
IV – alespoň 15% povrchu je pokryto budovami, průměrná výška přesahuje 15m	1	10

Tab. 3: Kategorie terénu

**Součinitel terénu**

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

**Součinitel drsnosti terénu**

$$c_r(z) = k_r * \ln \frac{z}{z_0} = 0,19 * \ln \frac{8,5}{0,05} = 0,976$$

**Součinitel ortografie**

$$c_o(z) = 1,0$$

**Střední rychlost větru**

$$v_m = c_r(z) * c_o(z) * v_b = 0,976 * 1 * 25 = 24,4 \text{ m/s}$$

**Součinitel turbulence**

$$k_I(z) = 1,0$$

**Intenzita turbulence**

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 * \ln \frac{8,5}{0,05}} = 0,1947$$

**Hustota vzduchu**

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

**Charakteristický maximální dynamický tlak**

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho_v * v_m^2 = [1 + 7 * 0,1947] * \frac{1}{2} * 1,25 * 24,4^2 =$$

879,24 Pa

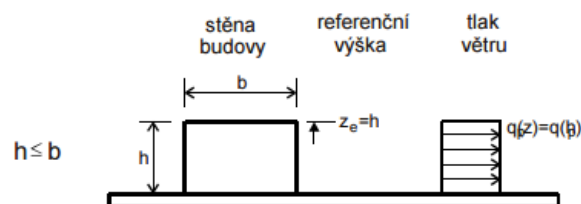
$$q_p(z) = 0,879 \text{ kPa}$$

**Referenční výška**

Rozdělení konstrukce na jednotlivé vodorovné pruhy závisí na poměru výšky budovy  $h$  a šířky kolmé na směr větru  $b$ .

U objektu, jehož výška  $h$  je menší než šířka kolmá na směr větru  $b$ , se uvažuje s konstantním průběhem zatížení větrem.

V obou směrech:  $h \leq b, d \rightarrow z_e = h = 8,5 \text{ m}$



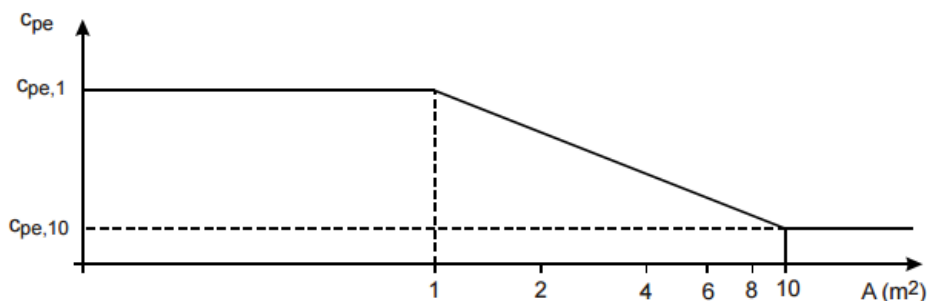
Obr. 2: Schéma referenční výšky

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} = 0,879 * c_{pe}$$

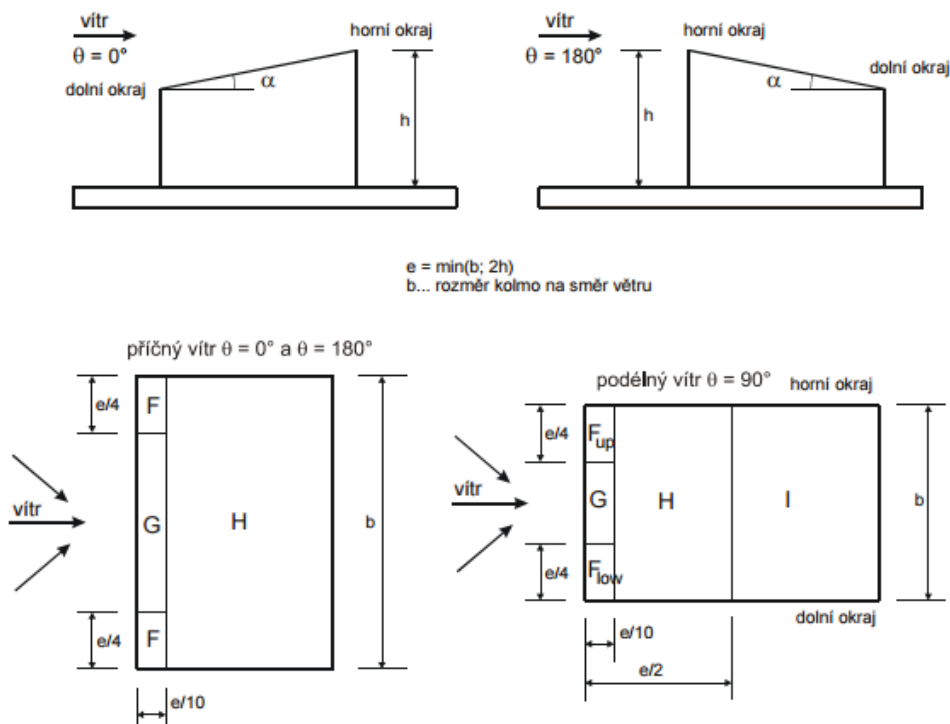


### Součinitel vnějšího tlaku

Součinitel vnějšího tlaku  $c_{pe}$  pro budovy nebo jejich části jsou závislé na velikosti plochy vystavené větru a zejména na tvaru konstrukce. Graf závislosti  $c_{pe}$  na velikosti plochy vystavené větru je znázorněn na následujícím obrázku:



Obr. 3: Závislost součinitele  $c_{pe}$  na ploše vystavené větru



Obr. 4: Legenda pro pultové střechy

$$e_{př} = \min(b; 2h) = \min(28; 2 * 8,5) = 17m$$

$$e_{po} = \min(b; 2h) = \min(12,5; 2 * 8,5) = 12m$$

Z důvodu velmi malých ploch oblastí F, G tyto oblasti budou zanedbány.



Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$						Oblast pro směr větru $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Tabulka 1-4b: Hodnoty součinitelů vnějších tlaků  $c_{pe}$  pro pultové střechy

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

Poznámka 1: Při  $\theta = 0^\circ$  se tlak prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu střechy  $\alpha = +15^\circ$  až  $+30^\circ$ , proto jsou uvedeny obě kladné a záporné hodnoty. Pro tyto sklony střech se mají uvažovat dva zatěžovací stavy, tj. jeden s kladnými a jeden se zápornými hodnotami součinitelů vnějších tlaků  $c_{pe}$ . Na střeše se nesmí společně kombinovat kladné a záporné hodnoty.

Poznámka 2: Je dovoleno použít lineární interpolaci pro mezilehlé úhly sklonu mezi hodnotami stejného znaménka

Tab. 4: Hodnoty součinitelů vnějších tlaků  $c_{pe}$  pro pultové střechy

Pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	$w_e$ [kPa]
H	0,879	-0,6	-0,53

Tab. 5: Zatížení příčným větrem na objekt se zázemím

Pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	$w_e$ [kPa]
H	0,879	-0,6	-0,53
I	0,879	-1,5	-1,32

Tab. 6: Zatížení podélným větrem na objekt se zázemím



## A.1.1.3 Provozní zatížení

Střecha je uvažovaná jako nepřístupná s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$$

## A.1.1.4 Stálé zatížení od skladby střešní konstrukce

Střecha+podhled:						OZN.: S1
Číslo	Název vrstvy	Materiál	d [mm]	d [m]	obj. tíha [kg/m <sup>3</sup> ]	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	podhled	sádrokarton	20	0,020	750	0,150
2	dřevěné bednění	dřevo	25	0,025	600	0,150
3	dřevěné vaznice	dřevo	30	0,030	600	0,180
4	parozábrana	Alvenbit A1 S	2,5	0,003	800	0,020
5	separace	lepenka Perfader	0,2	0,000	750	0,002
6	Tepelná izolace + HI	Bachl EPS 100 S V13	200	0,200	21	0,042
7	HI	sklodek 40 MM	4	0,004	1 200	0,048
						<b>0,592</b>

Tab. 7: Skladba střechy

## A.1.1.5 Stálé zatížení od skladby podlahy v 2.NP

Podlaha v 2. NP						OZN.: S3
Číslo	Název vrstvy	Materiál	d [mm]	d [m]	obj. tíha [kN/m <sup>3</sup> ]	g <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	nášlapná vrstva	dlažba keramická	10	0,01	2000,000	0,200
2	pen. Nátěr + lepidlo	Stomix betaFIX SB	5	0,005	1 750	0,088
3	roznášecí vrstva	cementový potěr Cemix I	45	0,045	2000,000	0,900
4	separační folie	geotextílie Filtek 300g/m <sup>2</sup>	0,2	2E-04	910,000	0,002
5	kročejava izolace	Bachl EPS T 4000	40	0,04	25,000	0,010
6	stropní konstrukce	Spiroll P219	200	0,2		2,600
7	vnitřní omítka	sádrová stěrka Baumit fii	5	0,005	1200,000	0,060
						<b>3,859</b>

Tab. 8: Skladba podlahy 2.NP





## A.1.1.6 Plošná hmotnost nosného zdiva i s omítkou

$$g_{sk} = 2,83 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{sd} = g_{sk} * \gamma_g = 2,83 * 1,35 = 3,825 \text{ kN/m}^2$$

## A.1.2 Návrh překladu Porotherm KP XL

**Zatěžovací šířka:**

$$\check{s} = 4,5 \text{ m}$$

**Liniové zatížení od stropní konstrukce:**

$$f_{l1} = (g_d + q_d) * \check{s} = (3,859 * 1,35 + 1,5 * 1,5) * 4,5 = 32,98 \text{ kN/m}$$

**Liniové zatížení od stěny nad překladem:**

$$f_{l2} = g_{sd} * k.v. = 3,825 * 2,9 = 11,1 \text{ kN/m}$$

**Celkové liniové zatížení:**

$$f_l = f_{l1} + f_{l2} = 32,98 + 11,1 = 44,08 \text{ kN/m}$$

**Návrhový moment:**

$$M_{ed} = \frac{1}{8} f_l * l^2 = \frac{1}{8} * 44,08 * 4,1^2 = 92,62 \text{ kNm}$$

Návrh překladu porotherm KP XL 30 - 525 délky 4,75 m kde  $M_{rd} = 104,36 \text{ kNm}$

$$M_{ed} < M_{rd} \rightarrow \text{Vyhovuje (Překlad XI)}$$

## A.1.3 Výpočet lepeného lamelového vazníku

**Vstupní parametry**

Lepené lamelové dřevo Gl 28 h (podle EN 14060),  $\gamma_M = 1,25$

Třída provozu 2,  $k_{mod} = 0,9$

## A.1.3.1 Vnitřní síly

viz. Příloha Scia

## A.1.3.2 I.MS

**Návrhové pevnosti**

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

**Ohyb**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_y} \leq f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{143,94 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 200 \cdot 500^2} \leq f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = 17,27 \text{ MPa}$$

$$17,27 < 20,16$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smyk:**

$$\tau_{v,d} = \frac{v_d \cdot S_y}{b \cdot I_y} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_d}{b_{ef} \cdot h}$$

$$b_{ef} = k_{out} \cdot b = 0,67 \cdot 200 = 134 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{70,85}{134 \cdot 500} = 1,586 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} \geq \tau_{vd}$$

$$1,944 \text{ MPa} \geq 1,586 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Navrhují vaznk o rozměrech 200x500 mm!

## A.1.3.3 II. MS

**Limitní průhyb:**

$$w_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{9100}{250} = 36,4$$

$$w_{inst} = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst} < w_{lim} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**A.1.4 Návrh střešní vaznice****Vstupní parametry**

Materiál:	Rostlé dřevo C22
Výška:	$h = 200 \text{ mm}$
Šířka:	$b = 100 \text{ mm}$
Rozpětí:	$l = 4,55 \text{ m}$
Zatežovací šířka:	$\check{s} = 0,5 \text{ m}$
Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 22 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 2,4 \text{ MPa}$
Průměrná hodnota modulu pružnosti    s vlákny:	$E_{0,mean} = 10 \text{ GPa}$



## A.1.4.1 Vnitřní síly

**Návrhové plošné zatížení**

$$f_{pl,d} = s * \gamma_G + g_k * \gamma_G + q_k * \gamma_Q = 1,2 * 1,35 + 0,592 * 1,35 + 0,75 * 1,5 = 3,54 \text{ kN/m}^2$$

**Charakteristické liniové zatížení**

$$f_{lin,k} = (g_k + q_k + s) * \check{s} = 2,542 * 0,5 = 1,271 \text{ kN/m}^2$$

**Návrhové liniové zatížení**

$$f_{lin,d} = \check{s} * f_{pl,d} = 0,5 * 3,54 = 1,77 \text{ kN/m}^2$$

**Maximální moment**

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * f_{lin,d} * l^2 = \frac{1}{8} * 1,77 * 4,55^2 = 4,58 \text{ kNm}$$

**Maximální posouvací síla**

$$V_{ed} = \frac{1}{2} * f_{lin,d} * l = \frac{1}{2} * 1,77 * 4,55 = 4,03 \text{ kN}$$

## A.1.4.2 I.MS

**Návrhové pevnosti v ohybu a ve smyku**

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{22}{1,3} = 13,54 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 * \frac{2,4}{1,3} = 1,48 \text{ MPa}$$

**Normálové napětí za ohybu**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{ed}}{W} = \frac{4,58 * 10^6}{\frac{1}{6} * 100 * 200^2} = 6,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smykové napětí**

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_{ed}}{b_{ef} * h} = \frac{3}{2} * \frac{4,03 * 10^3}{0,67 * 100 * 200} = 0,301 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} < f_{v,d} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## A.1.4.3 II. MS

$$w_{inst,m} = \frac{5}{384} * \frac{f_{lin,k} * l^4}{E_{0,mean} * I_y} = \frac{5}{384} * \frac{1,271 * 4,55^4}{10000 * \frac{1}{12} * 100 * 200^3} = 10,64 \text{ mm}$$

$$w_{lim} = \frac{1}{300} * 4550 = 15,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst,m} < w_{lim} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



## A.2 Hala

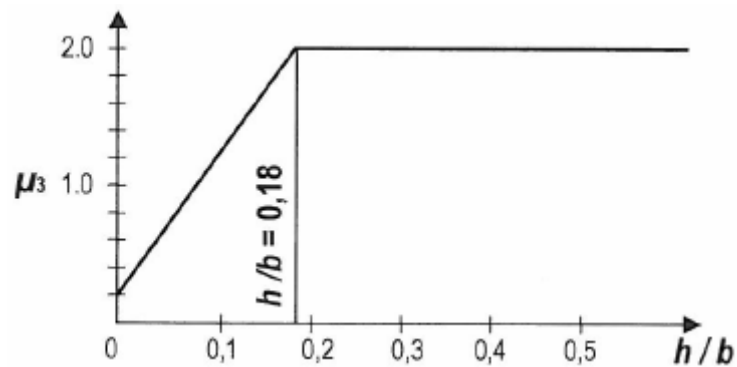
### A.2.1 Výpočet zatížení

#### A.2.1.1 Zatížení sněhem

Rozpětí:	$b = 26 \text{ m}$
Vzepětí:	$h = 10 \text{ m}$
Délka návěje:	$I_s = 2 \cdot h = 20 \text{ m}$
Úhel střechy v $I_s/4$ :	$\beta = 30^\circ$
Sněhová oblast:	III

$$S = \mu_i * c_e * c_t * S_k$$

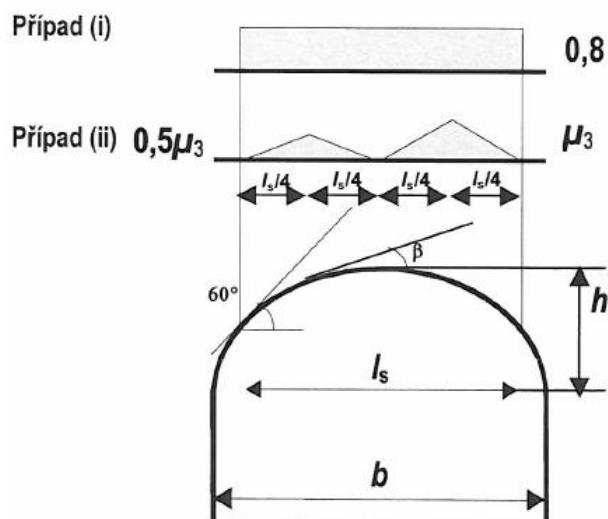
*tvárový součinitel zatížení sněhem:*



*Obr. 5: Doporučená hodnota tvarového součinitele zatížení sněhem pro válcové střechy v závislosti na poměru vzepětí ku rozpětí. pro  $\beta \leq 60^\circ$*

$$h/b = 10/26 = 0,38$$

$$\mu_3 = 2,0$$



Obr. 6: Tvarové součinitele zatížení sněhem pro válcovou střechu

**Součinitel expozice:**

$$C_e = 1,0 \text{ viz. A.1.1.1}$$

**Tepelný součinitel:**

$$C_t = 1,0 \text{ viz. A.1.1.1}$$

**Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi**

$$s_k = 1,500 \text{ kg/m}^3$$

**Výsledná hodnota zatížení sněhem**

$$s = \mu_i * c_e * c_t * s_k = 2,0 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

**A.2.1.2 Zatížení větrem**

Větrná oblast: II  $\Rightarrow v_b = 25 \text{ m/s}$

Kategorie terénu: II

Výška budovy  $h = 10 \text{ m}$

Půdorysné rozměry budovy  $26 \times 30 \text{ m}$

**Součinitel terénu**

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

**Součinitel drsnosti terénu**

$$c_r(z) = k_r * \ln \frac{z}{z_0} = 0,19 * \ln \frac{10}{0,05} = 1,007$$

**Součinitel ortografie**

$$c_o(z) = 1,0$$

**Střední rychlost větru**

$$v_m = c_r(z) * c_o(z) * v_b = 1,007 * 1 * 25 = 25,18 \text{ m/s}$$

**Součinitel turbulence**

$$k_I(z) = 1,0$$

**Intenzita turbulence**

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) * \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1,0}{1,0 * \ln \frac{10}{0,05}} = 0,1887$$

**Hustota vzduchu**

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

**Charakteristický maximální dynamický tlak**

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho_v * v_m^2 = [1 + 7 * 0,1887] * \frac{1}{2} * 1,25 * 25,18^2 = 919,7 \text{ Pa}$$

$$q_p(z) = \mathbf{0,920 \text{ kPa}}$$

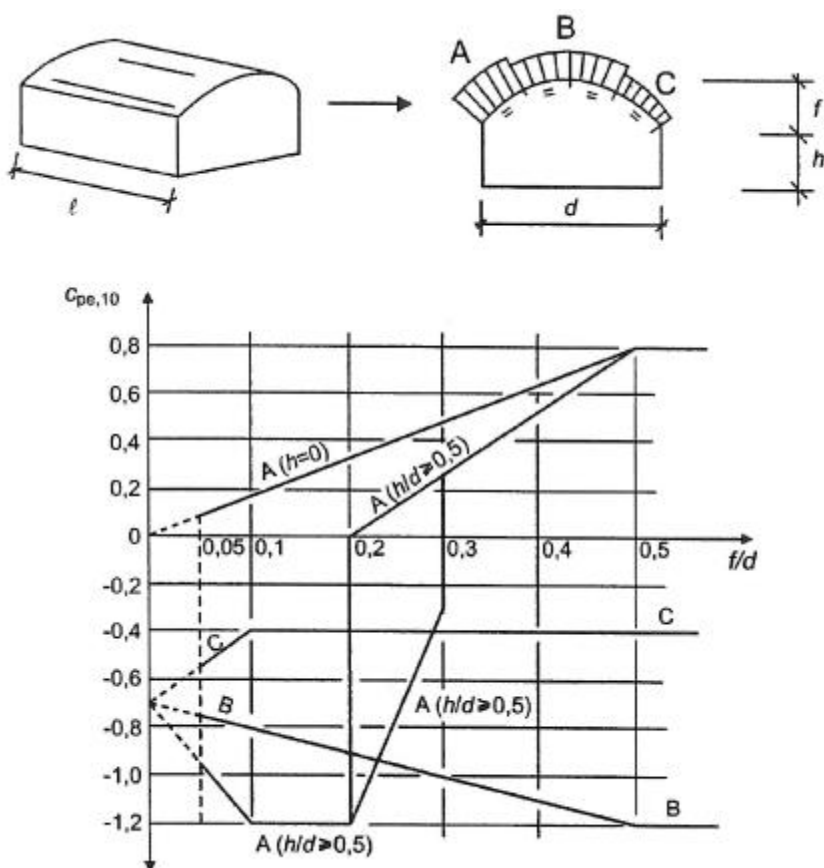
**Referenční výška**

Rozdělení konstrukce na jednotlivé vodorovné pruhy, závisí na poměru výšky budovy  $h$  a šířky kolmé na směr větru  $b$

U objektu, jehož výška  $h$  je menší než šířka kolmá na směr větru  $b$ , se uvažuje s konstantním průběhem zatížení větrem.

$$\text{V obou směrech: } h \leq b, d \rightarrow z_e = h = 10 \text{ m}$$

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} = \mathbf{0,920 * c_{pe}}$$

**Součinitel vnějšího tlaku v příčném směru**

Obr. 7: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku  $c_{pe}$  pro klenbové střechy s pravoúhlým půdorysem

$f = 10 \text{ m}$ ,  $h = 0 \text{ m}$ ,  $d = 26 \text{ m}$

$f/d = 10/26 = 0,38$

Pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_{pe,10}$	$w_e$ [kPa]
A	0,920	0,6	0,55
B	0,920	-1,1	-1,01
C	0,920	-0,4	-0,37

Tab. 9: Zatížení příčným větrem na halovou konstrukci

**Součinitel vnějšího tlaku v podélném směru**

Halová konstrukce má z obou stran otevřené štíty, bude se tedy v podélném směru uvažovat jako přístřešek.



			Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$ Legenda pro půdorys		
Úhel sklonu střechy $\alpha$	Součinitel plynosti $\varphi$	Součinitel celkové síly $c_f$	Oblast A	Oblast B	Oblast C
0°	Maximum všech $\varphi$	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum všech $\varphi$	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum všech $\varphi$	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum všech $\varphi$	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum všech $\varphi$	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum všech $\varphi$	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum všech $\varphi$	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7

POZNÁMKA: Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů. Záporné hodnoty označují zatížení větrem směrem nahoru.

Obr. 8: Součinitele výsledné síly a výsledného tlaku.

Pásmo	$q_p(z_e)$ [kPa]	$c_f$	$w_e$ [kPa]
A	0,920	-0,6	-0,55
B	0,920	-1,3	-1,20
C	0,920	-1,4	-1,29

Tab. 10: Zatížení podélným větrem na halovou konstrukci

## A.2.2 Výpočet lepeného, lamalového, trojkloubového vazníku

### A.2.2.1 Vnitřní síly

viz. Příloha Scia





## A.2.2.2 I. MS

Lepené lamalové dřevo Gl 28 c (podle EN 14060),  $\gamma_M = 1,25$

Třída provozu 2,  $k_{mod} = 0,9$

Návrhový moment:  $M_{ap,d} = 400,24 \text{ kNm}$

$\alpha_{ap} = 0^\circ$

$h_{ap} = 1,6\text{m}$

$b = 0,2\text{m}$

$r = 11\text{m}$

**Návrhové pevnosti**

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{0,4}{1,25} = 0,288 \text{ MPa}$$

**Napětí v ohybu v nejvíce namáhaném průřezu**

$$\sigma_{m,d} \leq k_r * f_{m,d}$$

$$\sigma_{m,d} = k_l * \frac{6 * M_{ap,d}}{b * h_{ap}^2}$$

$$k_l = k_1 + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 =$$

$$k_1 = 1 + 1,4 * tg \alpha_{ap} + 5,4 * tg^2 \alpha_{ap} = 1 + 1,4 * tg 0 + 5,4 * tg^2 0 = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 * tg \alpha_{ap} = 0,35 - 8 * tg 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 * tg \alpha_{ap} - 7,8 * tg^2 \alpha_{ap} = 0,6 + 8,3 * tg 0 - 7,8 * tg^2 0 = 0,6$$

$$k_4 = 6 * tg^2 \alpha_{ap} = 6 * tg^2 0 = 0$$

$$r = r_{in} + 0,5 * h_{ap} = 11 + 0,5 * 0,7 = 11,35\text{m}$$

$$k_r = 0,76 + 0,001 * \frac{r_{in}}{t} = 0,76 + 0,001 * \frac{11}{0,2} = 0,815$$

$$k_l = k_1 + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right) + k_3 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 * \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3 = 1 + 0,35 * \frac{1,3}{11,35} + 0,6 * \left(\frac{1,3}{11,35}\right)^2 +$$

$$0 * \left(\frac{1,3}{11,35}\right)^3 = 1,048$$

$$\sigma_{m,d} = k_l * \frac{6 * M_{ap,d}}{b * h_{ap}^2} = 1,048 * \frac{6 * 400,24}{0,2 * 1,6^2} = 4,915 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k * f_{m,g,d}} = \frac{4,915}{0,815 * 20,16} = 0,299 < 1,0 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení nosníku na tah kolmo k vláknům**

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_{ap,d}}{b * h_{ap}^2}$$

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

$$k_5 = 0,2 * \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,2 * \operatorname{tg} 0 = 0$$

$$k_6 = 0,25 - 1,5 * \operatorname{tg} \alpha + 2,6 * \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 0,25 - 1,5 * \operatorname{tg} 0 + 2,6 * \operatorname{tg}^2 0 = 0,25$$

$$k_7 = 2,1 * \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 4 * \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = 2,1 * \operatorname{tg} 0 - 4 * \operatorname{tg}^2 0 = 0$$

$$k_p = 0 + 0,25 * \left(\frac{1,3}{11,35}\right) + 0 * \left(\frac{1,3}{11,35}\right)^2 = 0,0286$$

$$\sigma_{t,90,ap,d} = k_p * \frac{6 * M_{ap,d}}{b * h_{ap}^2} = 0,0286 * \frac{6 * 400,24}{0,2 * 1,6^2} = 0,134 \text{ kPa}$$

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

$$V = \frac{\beta * \pi}{180} * b * (h_{ap}^2 + 2 * r_{in} * h_{ap}) = \frac{15 * \pi}{180} * 0,2 * (1,6^2 + 2 * 11 * 1,6) = 1,977 \text{ m}^3$$

$$k_{vol} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} = \left(\frac{0,01}{1,977}\right)^{0,2} = 0,352$$

$$k_{dis} = 1,4$$

$$\frac{\sigma_{t,90,ap,d}}{k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,g,d}} = \frac{0,134}{1,4 * 0,352 * 0,288} = 0,957 < 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**A.2.3 Návrh vaznice****Vstupní parametry**

Materiál:	lepené lamelové dřevo Gl 28 h
Výška:	$h = 400 \text{ mm}$
Šířka:	$b = 100 \text{ mm}$
Rozpětí:	$l = 6100 \text{ mm}$
Rozteč vaznic	$\check{s} = 2250 \text{ mm}$

**A.2.3.1 Vnitřní síly****Návrhové plošné zatížení**

(uvažují nejhorší zatěžovací stav, při kterém působí zatížení sněhem a největší tlak od větru)

$$f_{pl,d} = s * \gamma_G + w_e * \gamma_G = 3,0 * 1,35 + 0,55 * 1,35 = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

**Návrhové liniové zatížení**

$$f_{lin,d} = \check{s} * f_{pl,d} = 2,25 * 4,79 = 10,125 \text{ kN/m}^2$$

**Maximální moment**

$$M_{ed} = \frac{1}{8} * f_{lin,d} * l^2 = \frac{1}{8} * 10,125 * 6,1^2 = 47,1 \text{ kNm}$$

**Maximální posouvací síla**

$$V_{ed} = \frac{1}{2} * f_{lin,d} * l = \frac{1}{2} * 10,125 * 6,1 = 30,9 \text{ kN}$$

**Návrhové pevnosti**

$$f_{m,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{28}{1,25} = 20,16 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 * \frac{2,7}{1,25} = 1,944 \text{ MPa}$$

**Ohyb**

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_y} \leq f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{47,1 * 10^6}{\frac{1}{6} * 100 * 400^2} \leq f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = 17,66 \text{ MPa}$$

$$17,27 < 20,16$$

$$\sigma_{m,d} < f_{m,d} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Smyk:**

$$\tau_{v,d} = \frac{v_d * S_y}{b * I_y} = \frac{3}{2} * \frac{v_d}{b_{ef} * h}$$

$$b_{ef} = k_{out} * b = 0,67 * 100 = 67 \text{ mm}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{30,9}{67 * 400} = 1,73 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} \geq \tau_{vd}$$

$$1,944 \text{ MPa} \geq 1,73 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Navrhuji vaznici 100x400 mm



## B. Literatura

### B.1 Seznam použitých norem

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení*. 2002.
- [3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. 2007.
- [5] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, 2006.

### B.2 Seznam použité literatury

- [6] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
- [7] *Příručka 2: Navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5*. 2008.



## Seznam příloh:

Příloha č.1 – Statická tabulka spiroll PPD219

Příloha č.2 – Engeneering report z programu Scia engineer (Hala)

Příloha č.3 – Engeneering report z programu Scia engineer (Vazník)

Příloha č.4 – Statické tabulky k návrhu překladu Porotherm XL



## Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma pro tvarový součinitel pro pultové střechy .....	3
Obr. 2: Schéma referenční výšky .....	4
Obr. 3: Závislost součinitele cpe na ploše vystavené větru .....	5
Obr. 4: Legenda pro pultové střechy .....	5
Obr. 5: Doporučená hodnota tvarového součinitele zatížení sněhem pro válcové střechy v závislosti na poměru vzepětí ku rozpětí.pro $\beta \leq 60^\circ$ .....	11
Obr. 6: Tvarové součinitele zatížení sněhem pro válcovou střechu .....	12
Obr. 7: Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku cpe pro klenbové střechy s pravoúhlým půdorysem .....	14
Obr. 8: Součinitelé výsledné síly a výsledného tlaku. ....	15



## Seznam tabulek

Tab. 1: Tvarové součinitele střech.....	2
Tab. 2: Tabulka souinitelů krajiny.....	3
Tab. 3: Kategorie terénu .....	3
Tab. 4: Hodnoty součinitelů vnějších tlaků $c_{pe}$ pro pultové střechy.....	6
Tab. 5: Zatížení příčným větrem na objekt se zázemím.....	6
Tab. 6: Zatížení podélným větrem na objekt se zázemím .....	6
Tab. 7: Skladba střechy .....	7
Tab. 8: Skladba podlahy 2.NP .....	7
Tab. 9: Zatížení příčným větrem na halovou konstrukci.....	14
Tab. 10: Zatížení podélným větrem na halovou konstrukci .....	15