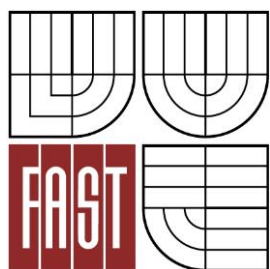




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# OCELOVÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ PLAVECKÉHO BAZÉNU

STEEL STRUCTURE OF SWIMMING POOL ROOF

## C - POROVNÁNÍ VARIANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN KRCHNÁK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2014

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Přehled variant.....</b>	<b>2</b>
2.1 Varianta A .....	2
2.2 Varianta B .....	2
<b>3. Zatížení .....</b>	<b>5</b>
3.1 ZS1 Vlastní tíha .....	5
3.2 ZS2 Ostatní stálé .....	5
3.3 ZS3 Zatížení sněhem plným .....	5
3.4 ZS4 Zatížení sněhem navátým doprostřed .....	6
3.4 ZS5 Zatížení navátým sněhem na strany .....	7
3.5 Zatížení větrem .....	8
3.5.1 ZS5 Účinky větru na zastřešení (příčný vítr) .....	8
3.5.2 ZS6 Účinky větru na zastřešení (podélný vítr) .....	9
3.5.3 Účinky tření větru na zastřešení .....	9
<b>4. Kombinace zatěžovacích stavů.....</b>	<b>10</b>
4.1 Hodnoty kombinačních součinitelů .....	10
4.2 MSÚ .....	10
4.3 MSP .....	10
4.3.1 Klíč kombinací pro MSP .....	10
<b>5. Porovnání variant.....</b>	<b>11</b>
5.1 Srovnání variant.....	12

## Seznam obrázků

Obr. 1: Axonometrické schéma varianty A .....	3
Obr. 2: Axonometrické schéma varianty B .....	3
Obr. 3: Řez varianty A .....	4
Obr. 4: Řez varianty B .....	4
Obr. 5: ZS3 schéma zatížení pro plný sníh .....	6
Obr. 6: ZS4 schéma pro sníh navátý doprostřed .....	6
Obr. 7: ZS5 schéma působení větru na zastřešení .....	8
Obr. 8: uvažované úhly sklonu střechy $\alpha$ .....	9
Obr. 9: ZS6 schéma působení větru na zastřešení (podélný vítr) .....	9
Obr. 10: Srovnání hodnocení obou variant .....	12

# 1. Úvod

Obsahem této části bakalářské práce je porovná dvou variant ocelové konstrukce zastřešení plaveckého bazénu.

Půdorysné rozměry jsou 40,0 x 60,0 m, výška objektu cca 11,0 m. Nosný systém konstrukcí je tvořen příhradovými vazníky eliptického tvaru. Varianty jsou porovnány na základě hmotnosti, ceny a celkové nátěrové plochy. Přičemž rozhodující faktor tvoří cena konstrukce.

Varianty jsou pro účely porovnání zatíženy účinky stálého zatížení v podobě vlastní tíhy a tíhy střešního pláště. Dále klimatickými účinky v podobě plného sněhu. Zatížení je blíže specifikováno v statickém výpočtu vybrané varianty.

Návrh, posouzení a vyhodnocení variant je provedeno na kompletním konstrukčním modelu, který je vytvořen v programu Scia Engineer jako 3D prutový model.

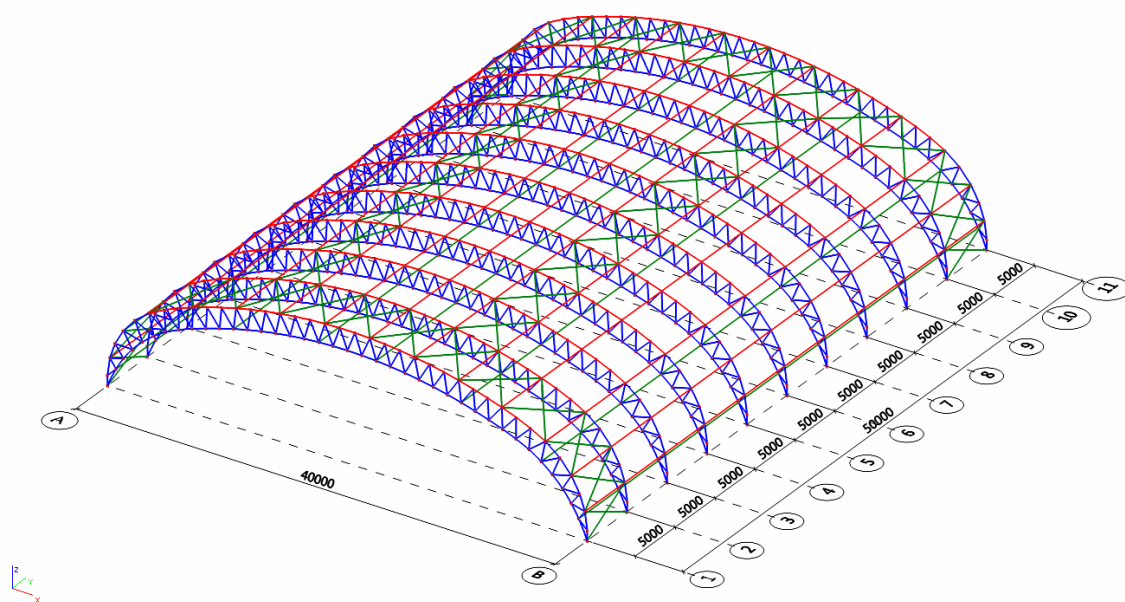
## 2. Přehled variant

### 2.1 Varianta A

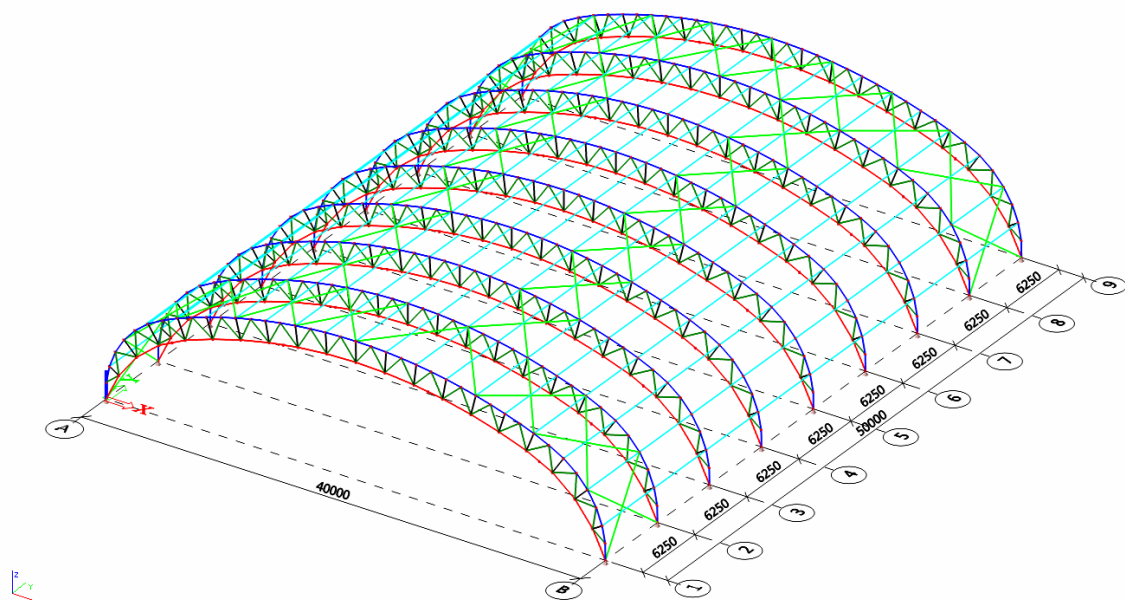
Hlavní nosný systém tvoří 11 rovinných vazníků eliptického tvaru, v osové vzdálenosti 5,0 m. Výplňové pruty jsou tvořeny diagonálami po cca 1,1 m. Podpory vazníků jsou modelovány jako kloubově neposuvné v obou směrech. Vazníky jsou v podélném směru ztuženy ztužidly z TR 89,9x5. Příčné ztužení je zajištěno v krajních polích pomocí ztužidel z profilů TR 88,9x5. Variantu A tvoří bezvaznicový systém. Nosnou část střechy tvoří trapézový plech CB 135/310.

### 2.2 Varianta B

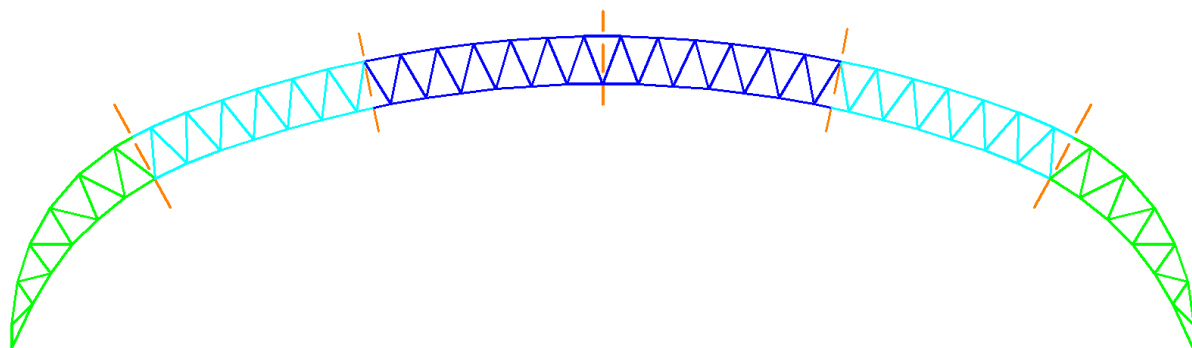
Hlavní nosný systém tvoří 9 rovinných vazníků eliptického tvaru, v osové vzdálenosti 6,25 m. Výplňové pruty jsou tvořeny diagonálami a svislicemi. Podpory vazníků jsou modelovány jako kloubově neposuvné v obou směrech. Vazníky jsou v podélném směru ztuženy ztužidly z TR 89,9/5. Příčné ztužení je zajištěno v krajních polích pomocí ztužidel z profilů TR 88,9/5. Varianta B je tvořena vaznicovým systémem, vaznice jsou z profilů HEA 160.



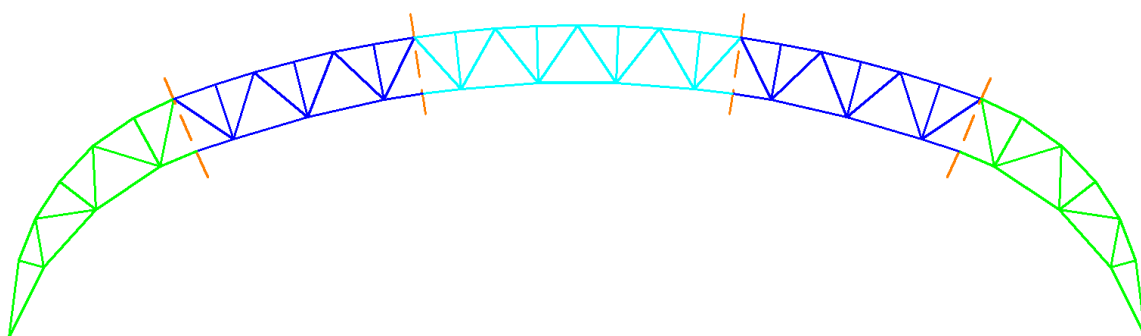
Obr. 1: Axonometrické schéma varianty A



Obr. 2: Axonometrické schéma varianty B



Obr. 3: Řez varianty A



Obr. 4: Řez varianty B

### 3. Zatížení

#### 3.1 ZS1 Vlastní tíha

Zatížení od vlastní tíhy je spočteno v programu Scia Engineer 2012 definováním dimenzí použitých prvků.

#### 3.2 ZS2 Ostatní stálé

Střešní plášť je navržen z trapézového plechu CB 135/310, parozábrany, tepelné izolace a střešního systému Kalzip se stojatou drážkou [15].

Zatížení pláštěm	kN/m <sup>2</sup>
Hliníkový střešní systém Kalzip (tl. Plechu = 1,0 mm)	0,05
Tepelná izolace ze skelných vláken (tl. 180 mm)	0,04
Parozábrana z asfaltových pásů (tl. 2,0 mm)	0,03
Trapézový plech TR 135/310 (tl. 1,00 mm)	0,13
<b>Celkem:</b>	<b>0,25</b>

#### 3.3 ZS3 Zatížení sněhem plným

Město Trnava se nachází ve sněhové oblasti I.

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:

$$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Tvarový součinitel:

$$\mu = 0,8 \text{ (pro válcové střechy)}$$

Součinitel okolního prostředí:

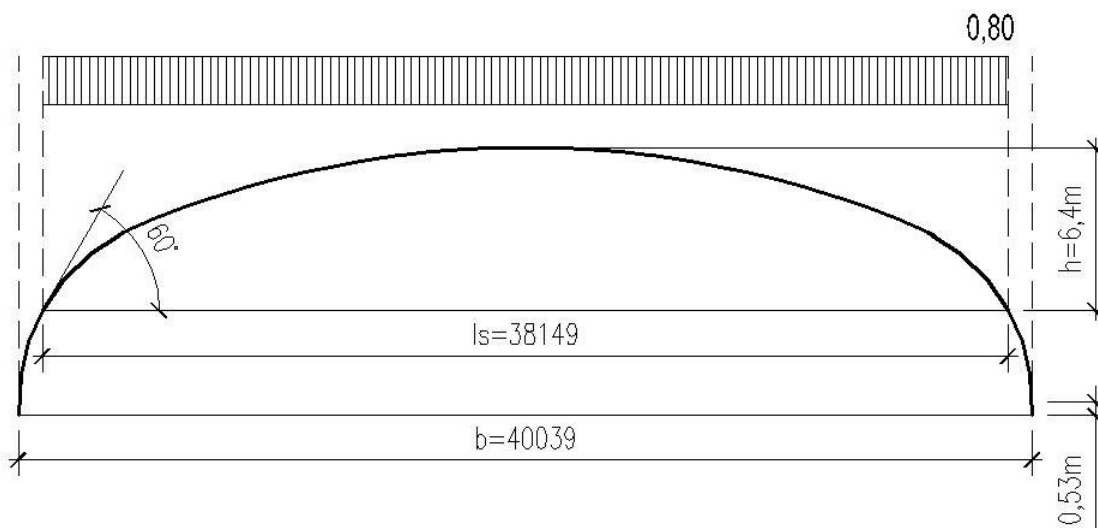
$$C_e = 1,0$$

Tepelný součinitel:

$$C_t = 1,0$$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 5: ZS3 schéma zatížení pro plný sníh

### 3.4 ZS4 Zatížení sněhem navátým doprostřed

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

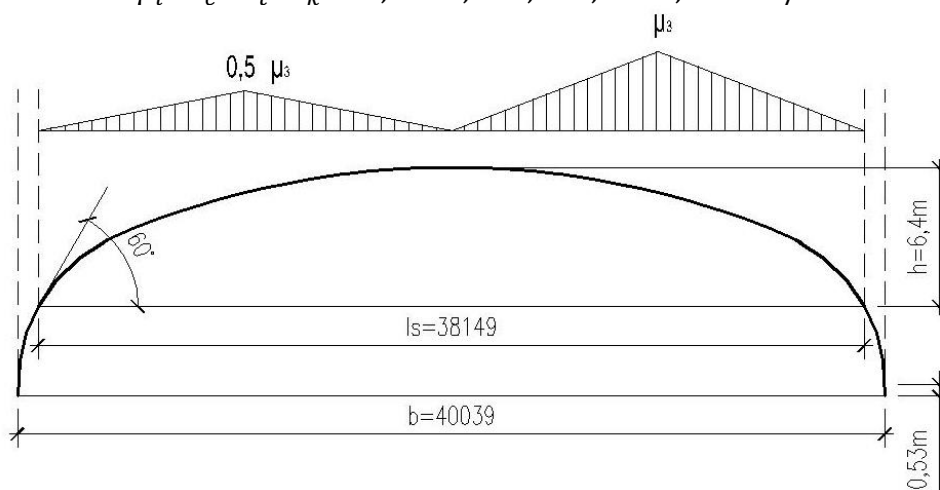
Tvarový součinitel:  $\mu_i = \mu_3 = 1,8$

Součinitel okolního prostředí:  $C_e = 1,0$

Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,78 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,260 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 6: ZS4 schéma pro sníh navátý doprostřed

### 3.4 ZS5 Zatížení navátým sněhem na strany

Sníh se v tomto stavu uvažuje jako nerovnoměrně navátý na strany konstrukce. Takovéto rozdělení se uplatní v případě použití sněhových zachytávačů. Maximální hodnota návěje se určí dle obr. 5.5 v [6], kde tvarový součinitel  $\mu_3$  závisí na poměru vzepětí  $h$  a rozpětí  $b$ . Pro poměr  $h/b = 6,4 / 40,039 = 0,16$  je hodnota tvarového součinitele  $\mu_3 = 1,78$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

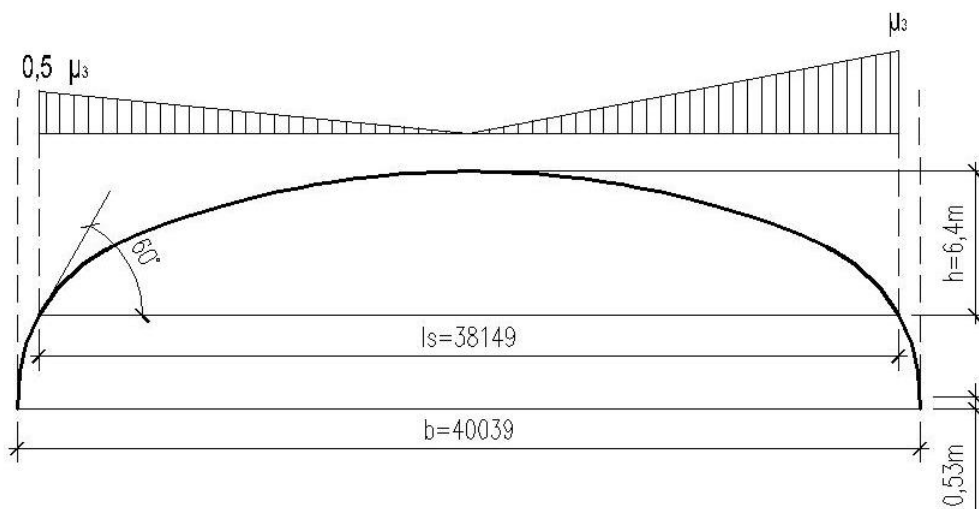
Tvarový součinitel:  $\mu_i = \mu_3 = 1,8$

Součinitel okolního prostředí:  $C_e = 1,0$

Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,260 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 7 ZS 5 schéma pro sníh navátý na strany



### 3.5 Zatížení větrem

$$z_0 = 0,05 \text{ m} \quad z_{\min} = 2 \text{ m}$$

**Základní rychlost větru**  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24,0 = 24,0 \text{ m/s}$

**Střední rychlost větru**  $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,02 \cdot 1,0 \cdot 24,0 = 24,48 \text{ m/s}$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{10,5}{0,05}\right) = 1,02$$

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

**Turbulence větru**  $I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{10,5}{0,05}\right)} = 0,187$

$$k_I = 1,0 \quad c_0(z) = 1,0$$

$$z = 10,5 \text{ m} \quad z_0 = 0,05 \text{ m}$$

#### Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,187] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 24,48^2 = 0,865 \text{ kN/m}^2$$

#### 3.5.1 ZS6 Účinky větru na zastřešení (příčný vítr)

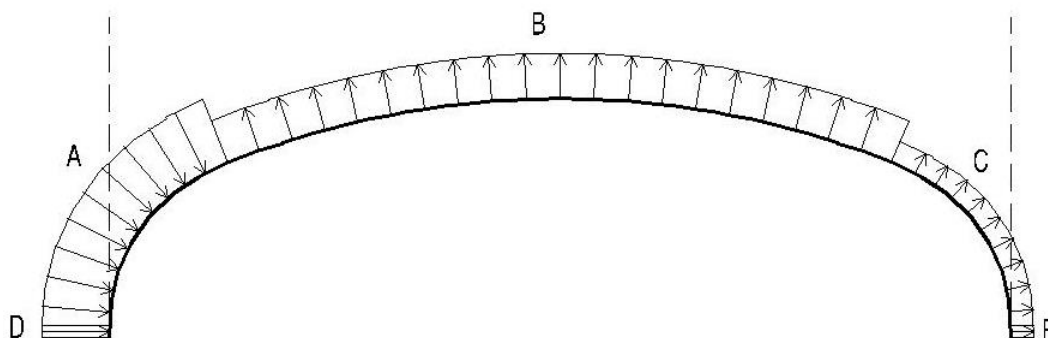
$$w_{e,A} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,A} = 0,865 \cdot (+0,256) = +0,221 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,B} = 0,865 \cdot (-0,85) = -0,735 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,C} = 0,865 \cdot (-0,40) = -0,346 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,D} = 0,865 \cdot (+0,70) = +0,606 \text{ kN/m}^2$$

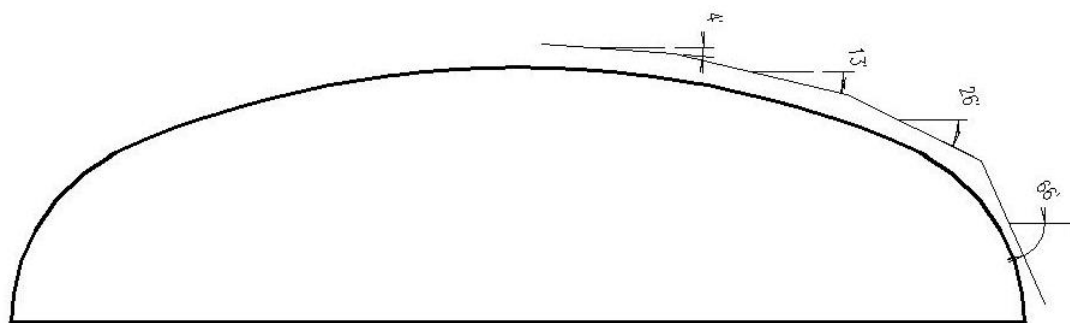
$$w_{e,E} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,E} = 0,865 \cdot (-0,30) = -0,260 \text{ kN/m}^2$$



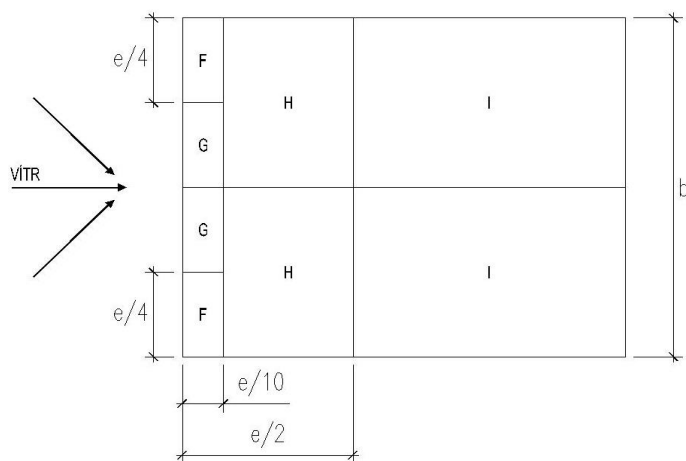
Obr. 8: ZS6 schéma působení větru na zastřešení

### 3.5.2 ZS7 Účinky větru na zastřešení (podélný vítr)

Oblast	F		G	
úhel	$c_{pe, 10}$	$w_e$	$c_{pe, 10}$	$w_e$
5°	-	-	-1,3	-1,125
13°	-	-	-1,3	-1,125
26°	-1,15	-0,995	-	-
66°	-1,1	-0,952	-	-
Oblast	H		I	
úhel	$c_{pe, 10}$	$w_e$	$c_{pe, 10}$	$w_e$
5°	-0,7	-0,606	-0,6	-0,519
13°	-0,62	-0,536	-0,52	-0,450
26°	-0,75	-0,649	-0,5	-0,433
66°	-0,8	-0,692	-0,5	-0,433



Obr. 9: uvažované úhly sklonu střechy  $\alpha$



Obr. 10: ZS7 schéma působení větru na zastřešení (podélný vítr)

### 3.5.3 Účinky tření větru na zastřešení

Dle 5.3.4 [5] můžeme tření větru zanedbat.

## 4. Kombinace zatěžovacích stavů<sup>1</sup>

### 4.1 Hodnoty kombinačních součinitelů

Kombinační součinitele  $\psi$  jsou dle [2] stanovena pro proměnná zatížení (ZS2 – ZS9) následovně:

- ZS2... Kategorie E: skladovací plochy ( $\psi_0 = 1,0$ )
- ZS3 – ZS5... Zatížení sněhem, pro stavby umístěné ve výšce  $H < 1000$  m n. m. ( $\psi_0 = 0,5$ )
- ZS6 – ZS9... Zatížení větrem ( $\psi_0 = 0,6$ )

### 4.2 MSÚ

Kombinace zatěžovacích stavů jsou pro mezní stav únosnosti provedeny dle [2], rovnice 6.10.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

### 4.3 MSP

Kombinace zatěžovacích stavů jsou pro mezní stav použitelnosti provedeny dle [2], rovnice 6.14b (char. kombinace zatížení).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

#### 4.3.1 Klíč kombinací pro MSP

V porovnání variant není posuzován mezní stav použitelnosti.

<sup>1</sup> Blíže popsáno v statickém výpočtu

## 5. Porovnání variant

### Varianta A

Typ	Průřez	Hmotnost	Délka	Hmotnost	Cena		Jakost materiálu
		[kg/m']	[m]	[kg]	[Kč/m]	[Kč]	
Rozpěra	TR 88,9x5	10,346	1100	11380,6	428,93	471823	S235
Ztužidlo	TR 88,9x5	10,346	1000,37	10349,797	428,93	429087,42	S235
D_pas	TR 139,7x5	16,642	343,178	5711,168	594,023	203855,63	S355
D_pas_1	TR 139,7x6,3	20,726	169,014	3502,984	2663,59	450184	S355
H_pas	TR 114,3x5	13,502	552,675	7462,218	1160,64	641456,71	S355
Diagonála_A	TR 33,7x4	2,930	377,119	1104,959	160,249	60432,943	S235
Diagonála_B	TR 48,3x4	4,37	948,586	4145,321	294,135	279012,34	S235
				43657,047		<b>2535852</b>	kg
				Celková Plocha		1071,242	m <sup>2</sup>
<b>Drobný a spoj. materiál, svary</b>				<b>3%</b>	1309,711		kg
				<b>Celkem</b>	<b>44966,758</b>		<b>kg</b>

### Varianta B

Typ	Průřez	Hmotnost	Délka	Hmotnost	Cena		Jakost materiálu
		[kg/m']	[m]	[kg]	[Kč/m]	[Kč]	
Vaznice	HEA 160	30,4	950	28880	918,08	872176	S235
Ztužidlo	TR 88,9x5	10,346	1000,37	10349,797	428,93	429087,42	S235
D_pas	TR 139,7x5	16,642	343,178	5711,168	594,023	203855,63	S235
D_pas_1	TR 139,7x6,3	20,726	169,014	3502,984	2663,59	450184	S235
H_pas	TR 114,3x5	13,502	552,675	7462,218	1160,64	641456,71	
Diagonála_A	TR 33,7x4	2,930	377,119	1104,959	160,249	60432,943	
Diagonála_B	TR 48,3x4	4,37	948,586	4145,321	294,135	279012,34	S235
				Celkem	61156,447	<b>2936205</b>	kg
				Celková Plocha		1892,818	m <sup>2</sup>
<b>Drobný a spoj. materiál, svary</b>				<b>3%</b>	1834,693		kg
				<b>Celkem</b>	<b>62991,14</b>		<b>kg</b>

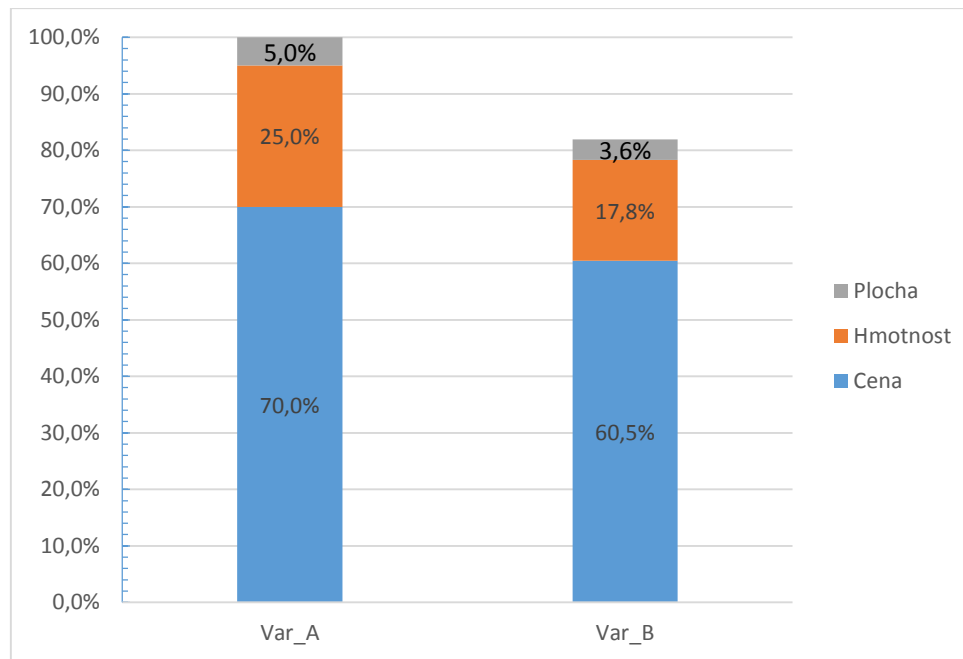
Obě varianty jsou porovnány na základě celkové hmotnosti, ceny a nátěrové plochy konstrukce.

Hmotnost konstrukce je získána z programu SCIA Engineer 2012. Zahrnuje všechny prvky tvořící nosnou konstrukci střechy. Do hmotnosti jsou započítány další spojovací materiály a svary.

Cena je získána online ceníkem firmy Ferona, a.s. [14].

## 5.1 Srovnání variant

Z následujícího grafu je zřetelné, že varianta A je cca o 18,1% výhodnější než varianta B. Variantu A si proto vybírám pro další zpracování statického posudku a výkresové dokumentace.



Obr. 11: Srovnání hodnocení obou variant