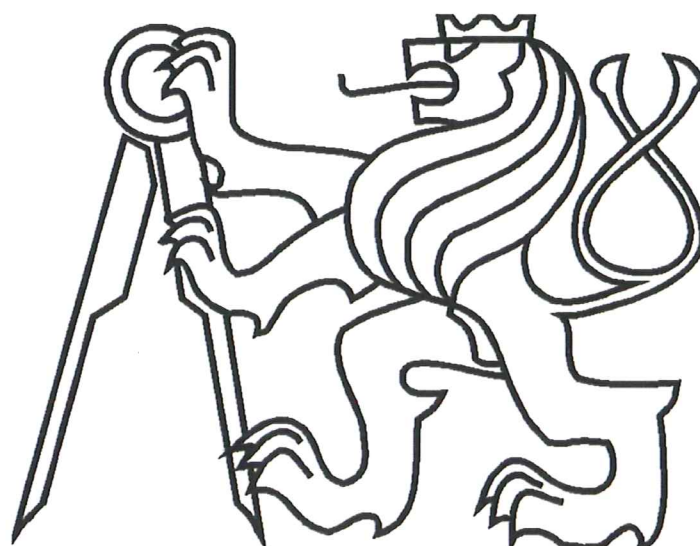


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VARIANTNÍ ŘEŠENÍ ZASTŘEŠENÍ SKLADOVÉ HALY
ROOF STRUCTURE OF THE WAREHOUSE

Vypracoval/datum:
Michal Česák / 05-2017

Katedra: K134

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Michal Netušil, Ph.D.



ČVUT, Thákurova 7, Praha 6

Vypracoval:	Michal Česák
Studijní program:	B3609 – Stavitelství
Bakalářská práce zadána dne:	20.2.2017
Bakalářská práce odevzdána dne:	28.5.2017
Katedra:	K134
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Pokyny pro vypracování bakalářské práce:

Vypracování návrhu konstrukčního řešení a statického schématu příčných vazeb variant řešení zastřešení haly celkového rozpětí do 30m, statický výpočet a posouzení hlavní nosné konstrukce řešených variant, koncepční návrh klíčových detailů, výkresy dispozice řešených variant, porovnání variant a zhodnocení.

Abstrakt:

Bakalářská práce obsahuje návrh variantního řešení (hala A, B, C) zastřešení skladové haly. Konstrukční materiál byl uvažován ocel S 235 J0. Každá varianta obsahuje posouzení hlavních nosných prutů konstrukce, založení a patky nebylo navrhováno, ani posuzováno. Výkresová dokumentace obsahuje půdorys a řezy hal A, B, C

Klíčová slova:

ocelová hala, sloup, příhradový vazník, 3D příhradový vazník, vaznice, ztužidlo

Abstract:

The bachelor thesis contains design of steel construction roof structure for the warehouse (warehouse A, B, C) Structural material is steel S235 J0. Every version contains structural assessment of main construction elements, fundamental and flap have not been accomplished, hence it is not included. Drawings documentation includes the ground plan and sectional view of warehouse A, B, C.

Keywords:

steel warehouse, column, truss, 3D truss, purlin, stiffener

Průvodní a technická zpráva

Použité zdroje informací:

- Zásady navrhování konstrukcí ČSN EN1990
- Zatížení konstrukcí ČSN EN1991-1-1
- Navrhování ocelových konstrukcí ČSN EN1993-1-1
- Ocelové konstrukce-tabulky, autoři Ing. Zdeněk Sokol, Ph.D., Prof. Ing. František Wald, CSc. (ISBN 978-80-01-04655-5)
- Ocelové konstrukce 2 – cvičení, autoři Doc. Ing. Tomáš Vraný, CSc., Ing. Michal Jandera, Ing Martina Eliášová, CSc. (ISBN 978-80-01-04368-4)
- Přednášky předmětu ROD v semestru 2016-17, přednášející Ing Michal Netušil, Ph.D.
- Text pro studenty předmětu NNK - MODELOVÁNÍ OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ MKP SOFTWARE, autor Ing. Karel Mikeš, Ph.D., r.2014

Použitý software:

- SCIA ENGINEER ver.16.1, studentská licence Michal Česák
- FIN EC 2017, modul zatížení, studentská licence č.1739
- AutoCAD Architecture 2017, licence Ing. Arch Milan Česák
- Adobe Photoshop CS6, licence ipon-arch, s.r.o.
- MS Office 2010, licence ipon-arch, s.r.o.

KONCEPCE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Návrh variantních řešení haly je uvažován pro celkové zhodnocení spotřeby oceli pro nosnou konstrukci. Je uvažován ve třech variantách zastřešení/kostrukce, tak aby bylo možné v maximální možné shodě dojít ke srovnatelným výsledkům pro ekonomické zvážení vhodnosti jednotlivých řešení. Veškerá klimatická zatížení jsou uvažována pro sněhovou oblast I a pro větrnou oblast I, zatížení pláštěm a skladbou střechy je uvažováno shodně $0,3\text{kNm}^{-2}$. Varianta A+B je klasická sloupová dvoulodní hala, varianta C je jednolodní hala eliptického příčného průřezu s vazníky, tvořenými prostorovou příhradovinou. Výškou mírně převyšuje dvě předešlé varianty a to z důvodu požadavku na přibližně srovnatelný vnitřní využitelný prostor.

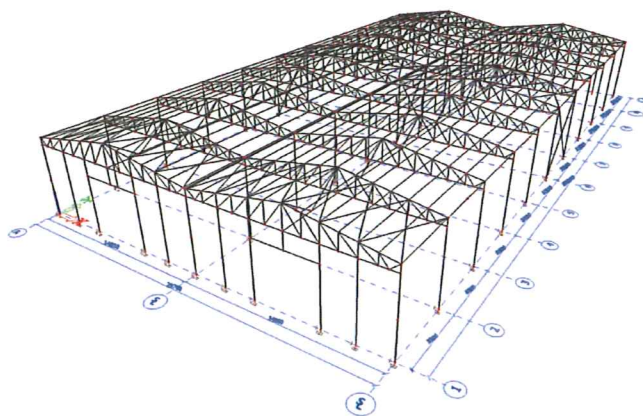
OCEL: S235J0

TÁHLA: MACALLOY 460

ŠROUBY: 8.8

Základní popis variant:

Varianta HALA A:



HALA DVOULODNÍ, ŠÍŘ. 2x 14,85m

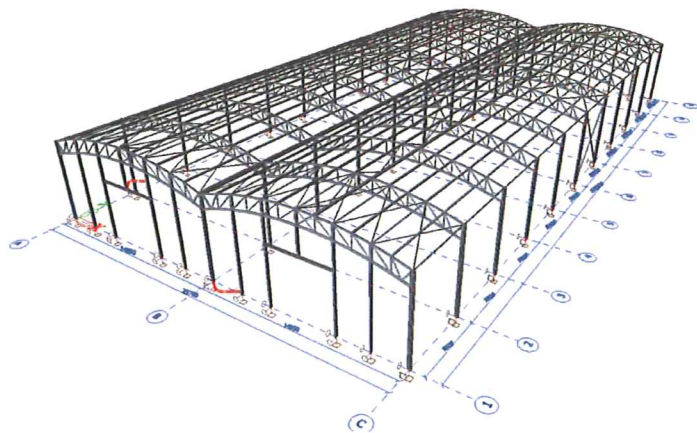
MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,5m

VÝŠ. OKAPNÍ HRANY (ULOŽENÍ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU): 6,315m

VÝŠ. HŘEBENE: 7,525m

SKLON SEDLOVÉ STŘECHY: 9,4°

Varianta HALA B:



HALA DVOULODNÍ, ŠÍŘ. 2x 14,85m

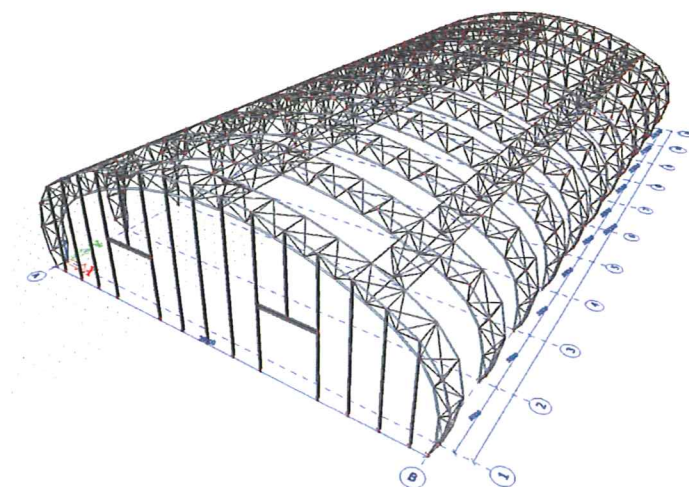
MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,5m

VÝŠ. OKAPNÍ HRANY (ULOŽENÍ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU): 6,315m

VÝŠ. HŘEBENE: 7,525m

PŘIBLIŽNÝ RADIUS OBLOUKU VAZNÍKU: 22,92m

Varianta HALA C:



HALA JEDNOLODNÍ, ŠÍŘ 31,35m (vnější obrys)

MODUL PŘÍČNÝCH VAZEB: 5,5m

VÝŠ. OKAPNÍ HRANY (ULOŽENÍ PŘÍHRADOVÉHO VAZNÍKU): 6,315m

VÝŠ. VRCHOLU: 10,5m

PŘIBLIŽNÝ RADIUS NÁHRADNÍ ELIPSY: $R_1=15.67\text{m}$, $R_2=7.54\text{m}$

3D VAZNÍK – ROVNOSTRANNÝ TROJÚHELNÍK (VE VRCHOLU) $a=1,7\text{m}$

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

ozn.	popis	[kN/m ²], -
ZS1	vlastní tíha konstrukce	automaticky
ZS2	opláštění - stěny i střecha	0,3
ZS3	užitné zatížení	není uvaž.
ZS4	sníh i	viz příloha
ZS4	sníh ii	viz příloha
ZS5	vítr podélný-stěna	viz příloha
ZS5	vítr podélný-střecha	viz příloha
ZS5	vítr příčný-stěna	viz příloha
ZS5	vítr příčný-střecha	viz příloha
ZS5	vítr příčný II -střecha	viz příloha
ZS10	vaznice-sníh ii	viz příloha

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ: $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Lineární kombinace pro MSU)

*pozn

pro dílčí nelineární výpočet byly kombinace vytvořeny z lineárních a nejsou dále podrobně uvedeny

CO-MSU-01-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		0,6
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		0,6

CO-MSU-01-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		1

CO-MSU-02-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		0,6

CO-MSU-02-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1

CO-MSU-03-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		0,6
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		0,6

CO-MSU-03-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		1

CO-MSU-03-C				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný II -stěna		1,5		0,6
ZS5 - vítr příčný II-střecha		1,5		0,6

CO-MSU-03-D				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný II -stěna		1,5		1
ZS5 - vítr příčný II -střecha		1,5		1

CO-MSU-04-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		0,6

CO-MSU-04-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1

CO-MSU-05-S				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1			1	
ZS2			1	
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		1

CO-MSU-05-S1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1			1	
ZS2			1	
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		1

CO-MSU-10				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ:

(Lineární kombinace pro MSP)

CO-MSP-01				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		1

CO-MSP-01-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1		1

CO-MSP-02				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		1

CO-MSP-02-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1		1

CO-MSP-02-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		1
ZS5 - vítr příčný-II-střecha		1		1

CO-MSP-04				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1		0,6

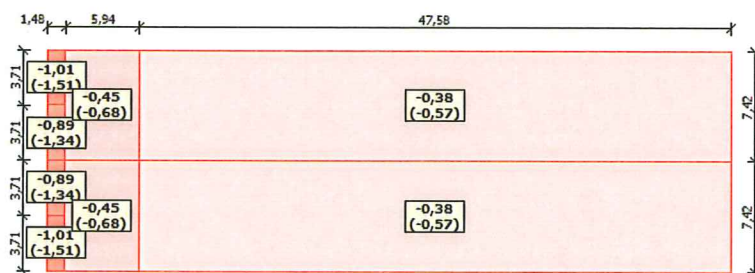
CO-MSP-05				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr příčný-II-střecha		1		0,6

CO-MSP-06				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1

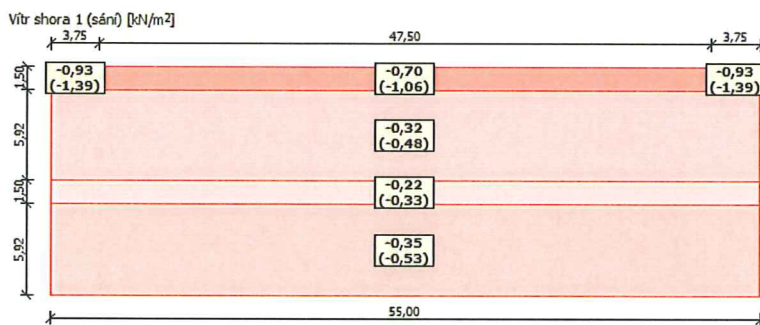
Příloha protokolu zatěžovacích stavů

zatižení větrem:

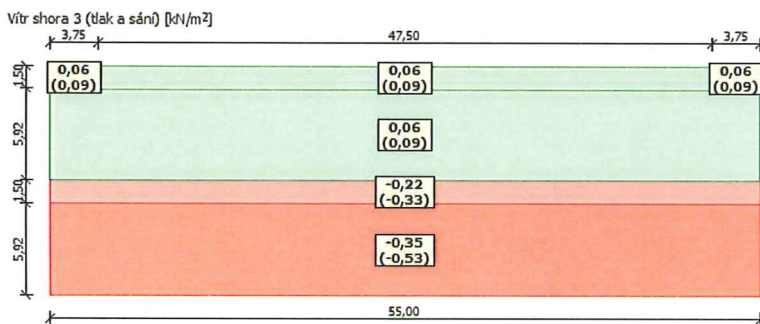
bylo na sedlové střeše stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatižení



ZS5
vítr podélný- střecha



ZS5
vítr příčný- střecha



ZS5
vítr příčný-II -střecha

bylo pro stěny pravouhlého objektu stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatižení

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

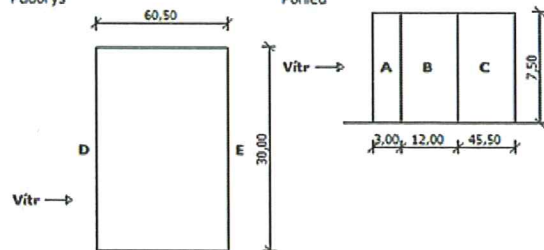
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast: I
 Rychlost větru $v_{b,0} = 22,50$ m/s
 Kategorie terénu: II
 Referenční výška budovy $z_e = 7,50$ m
 Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,00$
 Součinitel ročního období $c_{season} = 1,00$
 Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,250$ kg/m³
 Součinitel orografie $c_o = 1,00$
 Maximální dynamický tlak $q_p = 0,69$ kN/m²
 Součinitel zatižení $\gamma_f = 1,50$
 Plocha pro stanovení $c_{pe} A = 1600,00$ m²

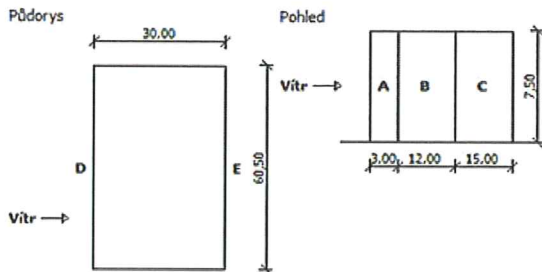
Stěny pravouhlého objektu

Výška objektu $h = 7,50$ m
 Délka objektu $d = 60,50$ m
 Šířka objektu $b = 30,00$ m

Půdorys



ZS5
vítr podélný- stěna



ZS5
vítr příčný- stěna

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
3,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
4,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
5,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)

zatížení sněhem:

bylo pro střechu sedlového tvaru (dvojlodní) stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast: I
 Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$
 Typ krajiny: normální
 Součinitel expozice $C_e = 1,00$
 Tepelný součinitel $C_t = 1,00$
 Součinitel zatížení $\gamma_f = 1,50$
Tvar zastřešení: střecha vícelodní budovy
 Sklon střechy $\alpha_1 = 9,4^\circ$
 Sklon střechy $\alpha_2 = 9,4^\circ$
 Průměrný sklon $\alpha = 9,4^\circ$
 Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_1) = 0,80$
 Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_2) = 0,80$
 Tvarový součinitel $\mu_2(\alpha) = 1,05$

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:

$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

$s_2 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:

$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

$s_2 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

$s_3 = 0,74 \text{ kN/m}^2$ (1,10 kN/m²)

Případ (i)

0,56;(0,84) [kN/m²]

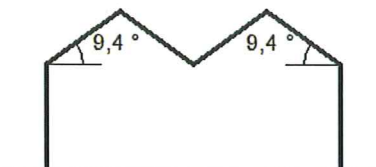
Případ (ii)

0,74;(1,10) [kN/m²]

0,56;(0,84) [kN/m²]

ZS4
sníh i (nebylo využito)

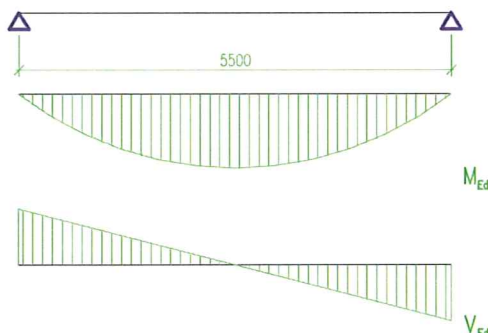
ZS4
sníh ii



Posouzení vaznice

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:



M_{ed} [kNm]	V_{ed} [kN]	kombinace zatěžovacích stavů
-1,31	0,42	CO-MSU-05-S1

7,78	2,48	CO-MSU-10
------	------	-----------

L= 5500 mm

OCEL S 235

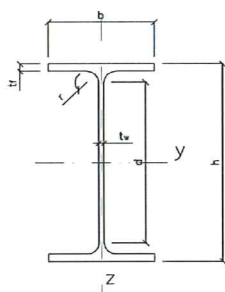
E= 210000 MPa

G= 81000 MPa

(vnitřní síly získány z programu
SCIA Engineer 16.1)Vaznice bude posouzena pro kombinaci zatížení **CO-MSU-10** na ohyb**Návrh vaznice: IPE140**Průřezové hodnoty pro **IPE 140**

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	140 mm	i_y =	57,4 mm
b=	73 mm	i_z =	16,5 mm
t_f =	6,9 mm	I_w =	1,981E+09 mm ⁶
t_w =	4,7 mm	I_t =	2,447E+04 mm ⁴
r=	7 mm	W_y =	77320 mm ³
A=	1643 mm ²	W_z =	12310 mm ³
$A_{v,z}$ =	764 mm ²	$W_{pl,y}$ =	88340 mm ⁴
I_y =	5,412E+06 mm ⁴	$W_{pl,z}$ =	19250 mm ⁵
I_z =	4,492E+05 mm ⁴		



*pozn

Horní pásnice vaznice je držena střešním pláštěm proti vybočení. Toto spojení se provede přišroubováním sendvičového panelu (popř. skládaného pláště s TR plechem) ala 300mm. Budou užity TEX vruty, resp systémové spojovací prvky dodavatele pláště. Tento návrh není obsahem bakalářské práce. V uložení na vazníku bude vaznice držena stadardními botkami.

návrhová pevnost: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235 \text{ MPa}$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 88340 \cdot 235 = 20,76 \text{ kNm} > 7,78 \text{ M}_{ed} [\text{kNm}]$$

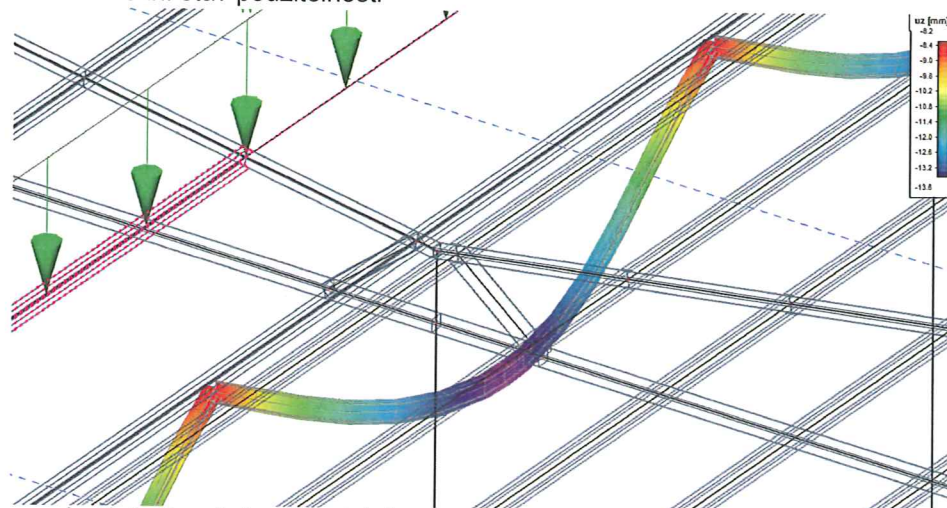
Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 764 \cdot 235 / 3^{0,5} = 103,66 \text{ kN} > 2,48 \text{ V}_{ed} [\text{kN}]$$

Návrh vaznice IPE140 - VYHOVI MSU

Posouzení vaznice

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/200$$

$$L = 5500 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 27,5$$

>

$$\delta z = 13,6 \text{ mm}$$

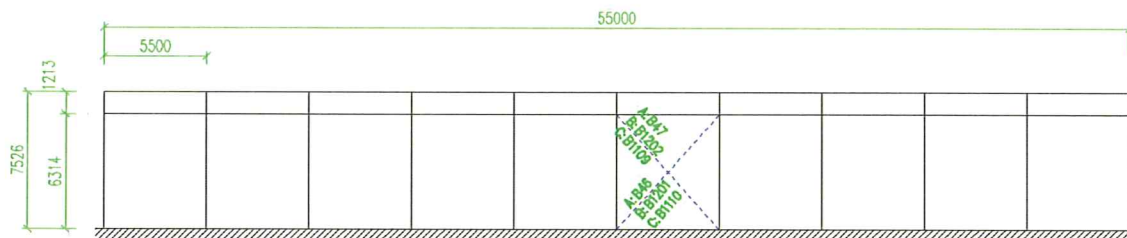
CO-MSP-06

Navržená vaznice **IPE140** vyhoví MSP

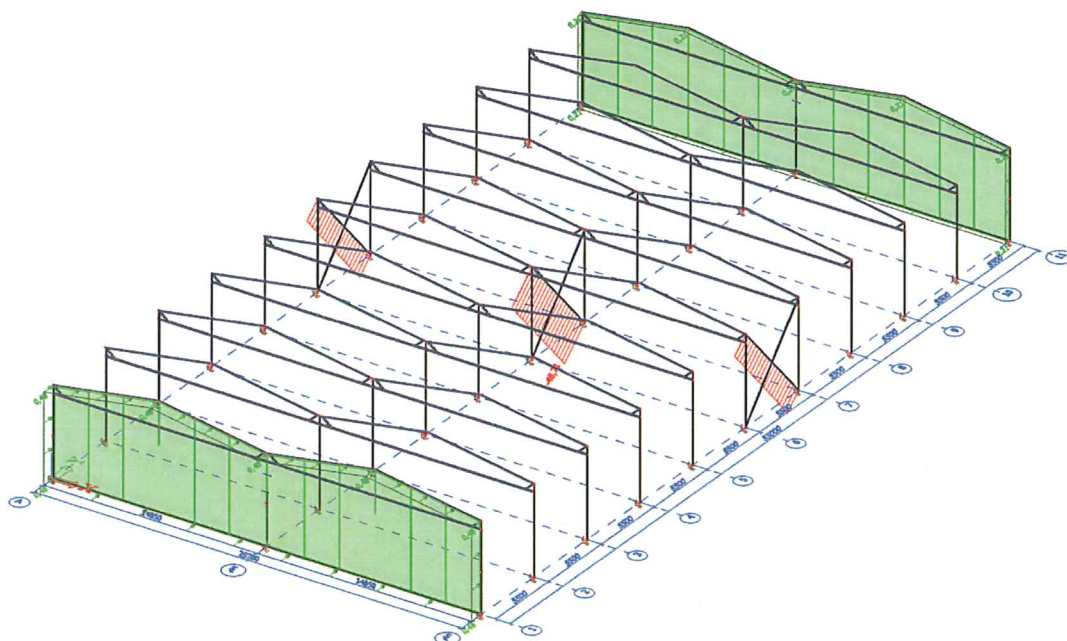
Posouzení podélného zavětrování haly:

MSU - mezní stav únosnosti

zavětrování podélné - pohled:



zavětrování podélné - AXONOMETRIE):



Návrh diagonály podélného ztužidla: TR 88,9/3

vnitřní síly: $N_{Ed,max}$ (pro podélný vítr, tlak)

B1202 -48,71 kN střední diagonála, kombinace CO-MSU-02-B

$$\lambda = L_{cr}/i \quad \lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ v N/mm}^2) \quad \lambda_1 = 93,9 \quad \lambda_- = \lambda/\lambda_1 \Rightarrow \chi \text{ (z TAB)}$$

návrh uvažuje se stabilizací tlačené diagonaly diagonálou taženou proti vybočení z roviny
Vzpěrná délka bude uvažována 1/2 dl. prvku B1202

B1202 - dl: 8373 mm \Rightarrow 8373/2= 4186,5mm

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ	λ_-
B1202	-48,71	TR 88,9/3	4190	1	4190	139,67	1,487

pokrač. TAB

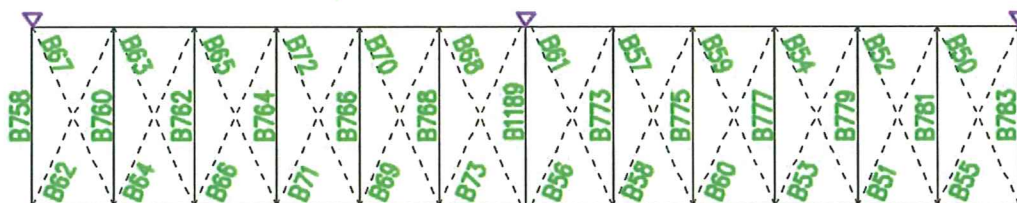
ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B1202	-48,71	0,378	810	30	235	71,95	0,677

χ (vzpěrnostní křivka a)

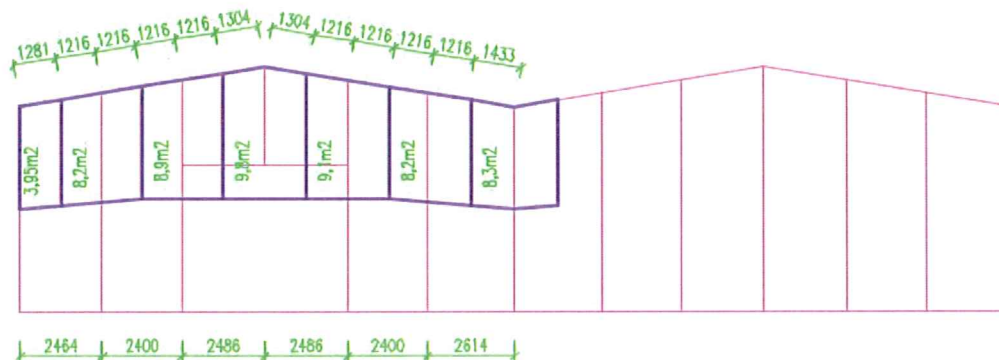
Návrh diagonály podélného ztužidla z TR 88,9/3 - VYHOVI

Posouzení zavětrování ve střešní rovině

Schema zavětrování střešní roviny:



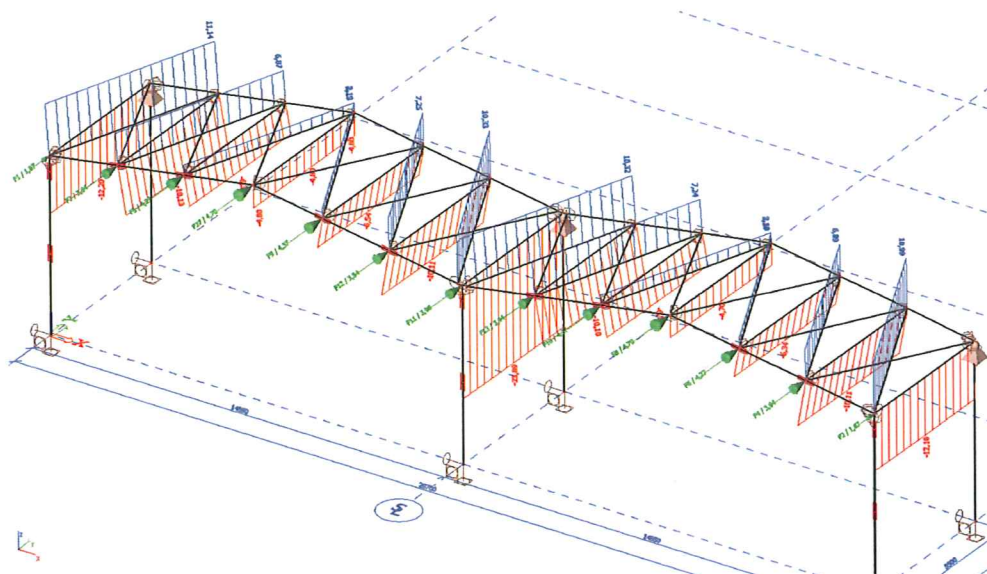
zatěžovací plochy pro určení sil:



tlak větru v oblasti A: 0,82 (1,24) kN/m²
 tlak větru v oblasti D: 0,48 (0,72) kN/m²

hodnoty pro příčný vítr (sání, hodnota pro oblast A), charakteristické:												
3,24kN	6,72kN	7,31kN	8,04kN	7,50kN	6,72kN	6,81kN	6,72kN	7,50kN	8,04kN	7,31kN	6,72kN	3,24kN
hodnoty pro podélný vítr (sání, hodnota pro oblast E), charakteristické:												
0,78kN	1,72kN	2,06kN	1,87kN	1,81kN	1,72kN	1,74kN	1,72kN	1,91kN	1,87kN	2,06kN	1,72kN	0,78kN
hodnoty pro podélný vítr (tlak, hodnota pro oblast E), charakteristické:												
1,87kN	3,94kN	4,27kN	4,70kN	4,37kN	3,94kN	3,98kN	3,94kN	4,37kN	4,70kN	4,27kN	3,94kN	1,87kN

vnitřní síly byly získány z programu SCIA Engineer 16.1 nelineárním výpočtem vyloučením tlaku u diagonál, působení podélného ztužení haly bylo ve výpočetním 3D modelu nahrazeno vložením podpor v horním zhlaví sloupů. Účinek větru byl simulován vložením bodových sil do styčníků svislic a diagonál ztužidla na atikové hraně. U příčného větru konzervativně v celé ploše počítáno s oblastí A



Tažená diagonála ztužidla:

vnitřní síly: $N_{Ed,max}$ (pro příčný vítr)

B67 18,6 kN

Návrh: táhlo Macalloy 460 M10

TAB1 - tabulka výpočtové únosnosti táhel Macalloy dle ČSN 1993-1-1/94

Závít d (mm)	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
	9	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
A_{net} (mm ²)	54	79	150	234	339	541	793	1090	1434	1982	2616	3818	4867	5505	6895
$N_{u,Rd}$ (kN)	25,4	36,9	70,0	110,0	159	254	372	512	673	930	1228	1791	2283	2583	3235
$N_{el,Rd}$ (kN)	22,7	32,7	62,7	98,2	142	226	331	455	600	829	1095	1596	2035	2303	2884

Tab. 1

$N_{Ed} = 18,84 \leq N_{el,Rd} = 22,7 \text{ kN}$

Návrh táhla Macalloy M10 vyhoví

Svislice ztužidla:

Návrh předpokládá, že ze vaznice neuplatňují na přenosu normálových sil z působení větru na průčelí haly. Pro ztužidlo budou použity svislice z trubek, ocel S235, střední svislice bude navržena samostatně.

vnitřní síly: $N_{Ed,max}$ (pro podélný vítr, tlak)

B1189 -23,9 kN střední svislice

$$\lambda = L_{cr}/i \quad \lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ v N/mm}^2) \quad \lambda_1 = 93,9 \quad \lambda^- = \lambda/\lambda_1 \Rightarrow \chi \text{ (z TAB)}$$

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ	λ^-
B1189	-23,90	TR 88,9/3	5500	1	5500	183,33	1,952

pokrač. TAB

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B118	-23,90	0,234	810	30	235	44,54	0,537

χ (vzpěrnostní křivka a)

Návrh střední svislice ztužidla z TR 88,9/3 - VYHOVÍ

vnitřní síly: $N_{Ed,max}$ (pro podélný vítr, tlak)

B758 -12,1 kN všechny ostatní svislice

$$\lambda = L_{cr}/i \quad \lambda_1 = 93,9 \quad \lambda^- = \lambda/\lambda_1 \Rightarrow \chi \text{ (z TAB)}$$

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ	λ^-
B1189	-12,10	TR 76,1/3	5500	1	5500	211,54	2,253

pokrač. TAB

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B118	-12,10	0,179	689	26	235	28,98	0,417

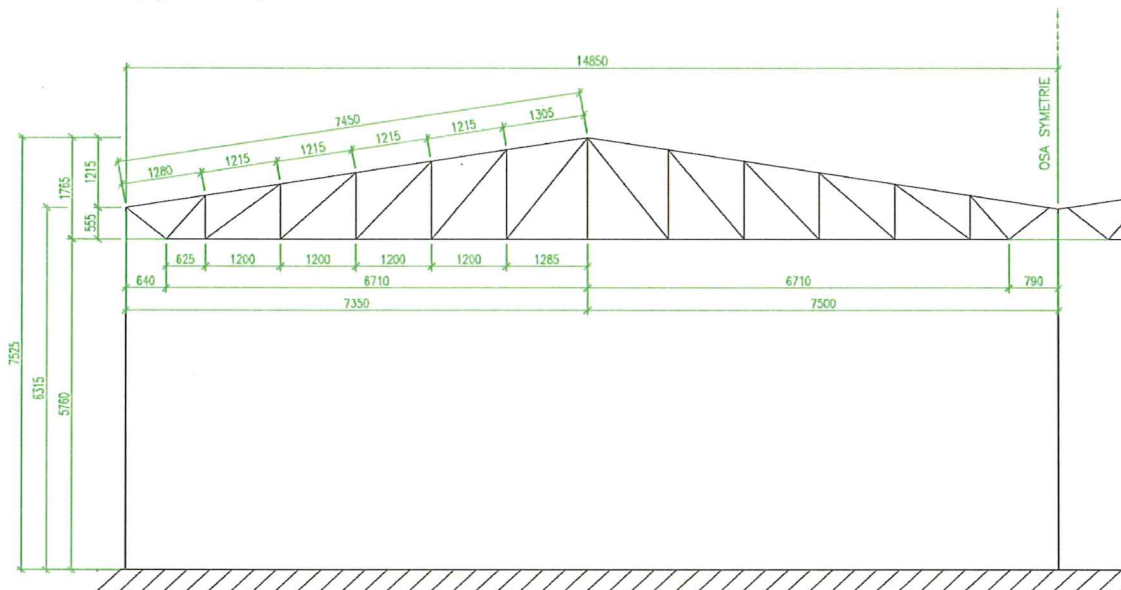
χ (vzpěrnostní křivka a)

Návrh svislic ztužidla z TR 76,1/3 - VYHOVÍ

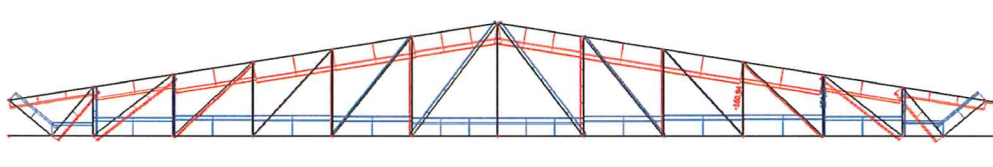
Posouzení příhradového (trubkového) vazníku

MSU - mezní stav únosnosti

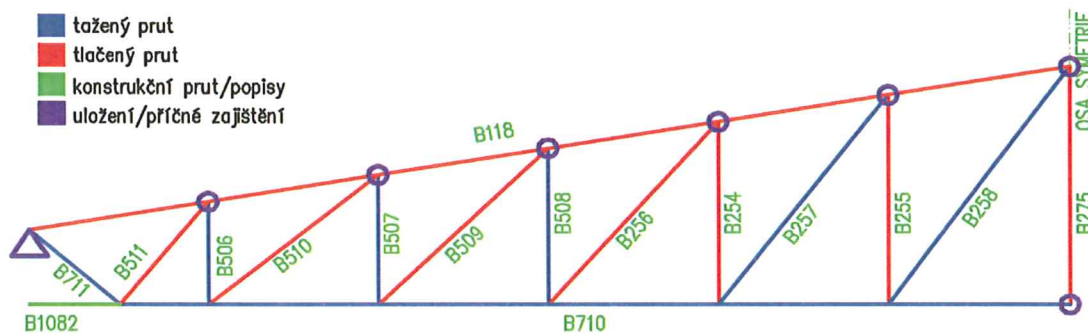
řez halou (sym. část):



obálka normálových sil - všechny příhradové vazníky haly A - zatížení sněhem, CO-MSU-03-A



pruty vazníku pro posouzení (sym. část):

Návrh z trubek válcovaných za tepla, ocel S235J0 ($f_y=235\text{MPa}$)návrhová pevnost: $f_{yd}=f_y/\gamma_{M0} = 235/1,0 = 235\text{MPa}$

Posouzení prutů vazníku - tah/tlak, průřezové veličiny (záporné znaménko značí tlak)

tah: $N_{t,Rd} = A \cdot f_y$ tlak: $\lambda_y = L_{cr}/i$ $\lambda_{rel} = \lambda_y/\lambda_1 = \frac{\lambda_y}{93,9} \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ $N_{b,Rd} = (\chi A f_y) / \gamma_{M1}$

Tahžené pruty

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
B1082		konstrukční 100/100/4					
B710	160,55	100/100/4	1495	39	235	351,33	0,457
B711	91,32	80/80/4	1280	31	235	300,80	0,304
B506	29,61	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,183
B507	15,99	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,099
B508	4,22	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,026
B257	20,03	TR48,3/3	427	16	235	100,35	0,200
B258	28,94	TR48,3/3	427	16	235	100,35	0,288

(CO-MSU-03-A)

vše < 1

Tlačené pruty

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ_y	λ_{rel}
B118	-163,84	80/80/4	1300	0,9	1170	37,74	0,402
B511	-74,66	TR76,1/3	984	0,9	885,6	34,06	0,363
B510	-47,89	TR76,1/3	1537	0,9	1383,3	53,20	0,567
B509	-22,89	TR76,1/3	1668	0,9	1501,2	57,74	0,615
B254	-16,81	TR48,3/3	1356	0,9	1220,4	76,28	0,812
B256	-5,06	TR48,3/3	1811	0,9	1629,9	101,87	1,085
B255	-23,71	TR48,3/3	1554	0,9	1398,6	87,41	0,931
B275	-46,51	TR48,3/3	1765	0,9	1588,5	99,28	1,057
B710	-21,99	100/100/4	7500	1	7500	192,31	2,048
B258	-4,04	TR48,3/3	2185	0,9	1966,5	50,42	0,537

(CO-MSU-03-A, CO-MSU-05-S1)

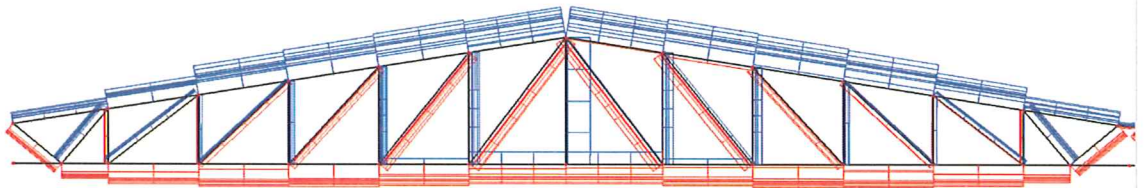
Tlačené pruty - pokrač. TAB

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	N_{Rd}	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B118	-163,84	0,954	1175	31	235	263,42	0,622
B511	-74,66	0,963	689	26	235	155,92	0,479
B510	-47,89	0,902	689	26	235	146,05	0,328
B509	-22,89	0,884	689	26	235	143,13	0,160
B254	-16,81	0,788	427	16	235	79,07	0,213
B256	-5,06	0,606	427	16	235	60,81	0,083
B255	-23,71	0,714	427	16	235	71,65	0,331
B275	-46,51	0,714	427	16	235	71,65	0,649
B710	-21,99	0,139	1495	39	235	48,83	0,450
B258	-4,04	0,687	427	16	235	68,94	0,059

vše < 1

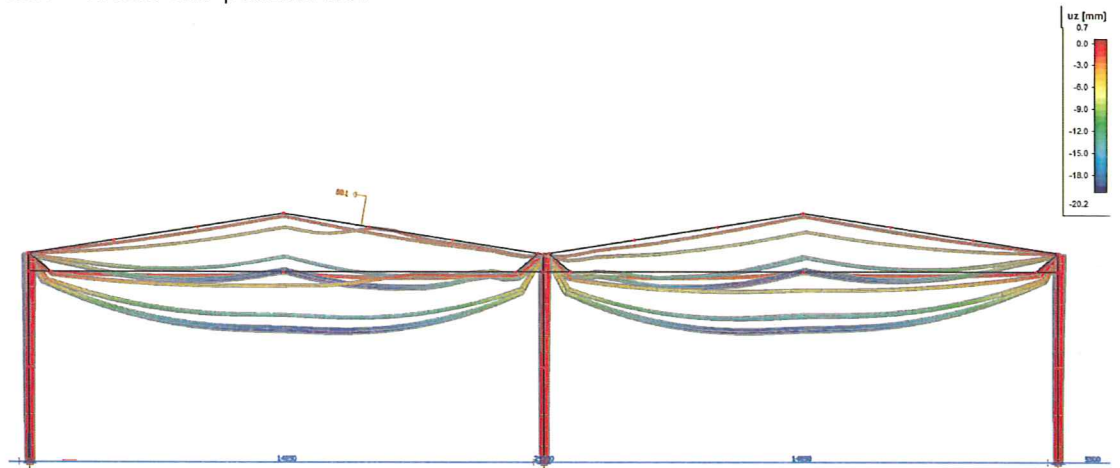
*pozn

Při kombinaci zatěžovacích stavů CO-MSU-05-S1 dojde k změně smyslu působení normálových sil v dolním a horním pásu příhradového vazníku. Horní pás bude tažený a spodní pak tlačný.



Posouzení příhradového (trubkového) vazníku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/250$$

$$L = 14850 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 59,4$$

>

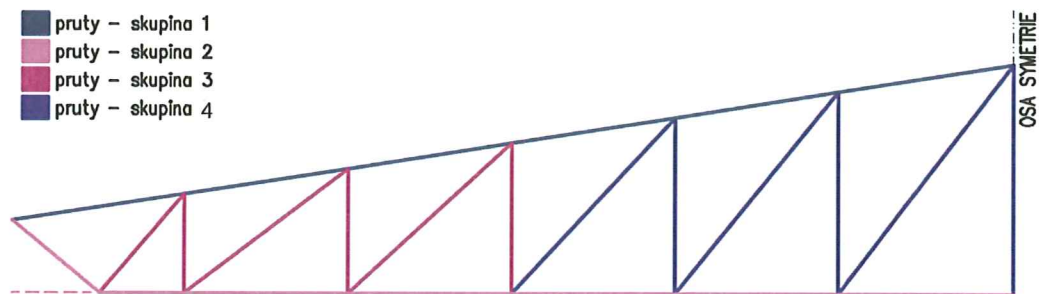
$$\delta_z = 20,2 \text{ mm}$$

CO-MSP-04

Navržená profilace příhradového nosníku vyhoví MSP

Rekapitulace návrhu (trubkového) vazníku - OCEL S235J0

- pruty - skupina 1
- pruty - skupina 2
- pruty - skupina 3
- pruty - skupina 4

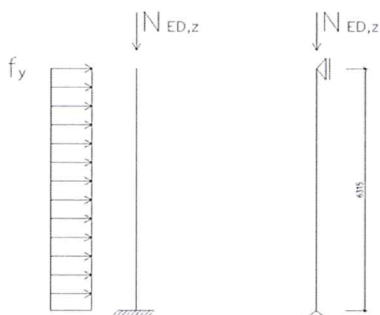


Pro pruty skupiny	1	byl navržen průřez	jäckel 80/80/4
Pro pruty skupiny	2	byl navržen průřez	jäckel 100/100/4
Pro pruty skupiny	3	byl navržen průřez	trubka 76,1/3
Pro pruty skupiny	4	byl navržen průřez	trubka 48,3/3

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku a ohybu

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:



L= 6315 mm

schéma pro osu y-y



schéma pro osu z-z

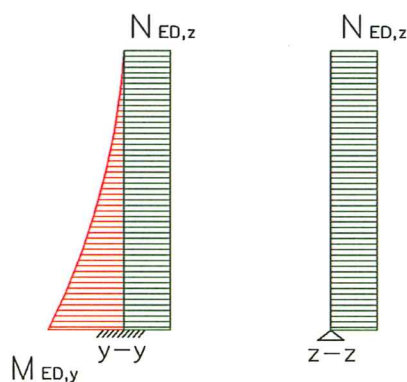
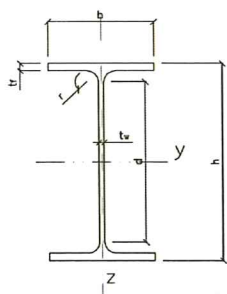
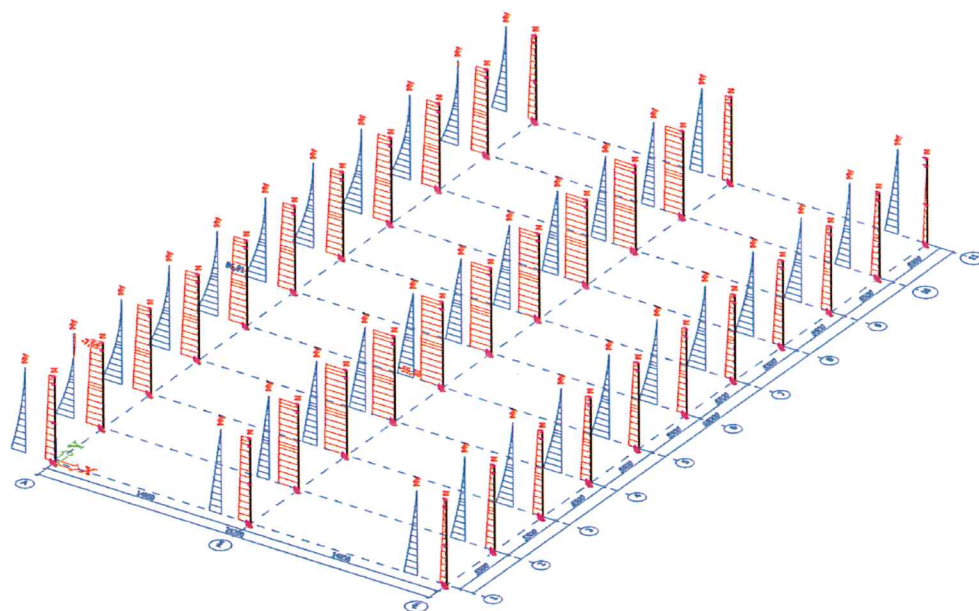


OCEL S 235

E= 210000 MPa

G= 81000 MPa

Průběh vnitřních sil:

vnitřní síly B19 -max. M_{Ed}
(CO-MSU-03-D) $N_{ED,y} = 43,01$ kN $M_{ED,y} = 86,92$ kNmvnitřní síly B23 -max. N_{Ed}
(CO-MSU-02-A) $N_{ED,y} = 170,02$ kN $M_{ED,y} = 22,92$ kNm(vnitřní síly získány z programu
SCIA Engineer 16.1)

Průřezové hodnoty pro IPE 300

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	300 mm
b=	150 mm
t_f =	10,7 mm
t_w =	7,1 mm
r=	15 mm
A=	5381 mm ²
I_y =	8,356E+07 mm ⁴
I_z =	6,038E+06 mm ⁴

i_y =	125 mm
i_z =	33,5 mm
I_w =	1,259E+10 mm ⁶
I_t =	2,012E+05 mm ⁴
W_y =	557100 mm ³
W_z =	80500 mm ³
$W_{pl,y}$ =	628400 mm ⁴
$W_{pl,z}$ =	125200 mm ⁵

Zatřídění průřezu (**S235**):

tlačená pásnice:
$$\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_f \cdot 2 \cdot r)/2}{t_f} = \frac{(150-10,7 \cdot 2 \cdot 15)/2}{10,7} = 5,28 \leq 9\epsilon$$

kde:
$$\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} ; f_y = 235$$

$$4,28 \leq 9$$

 \Rightarrow pásnice je třídy 1

stojina průřezu je namáhaná kombinací tlaku a ohybu:

$c = d = 300 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 10,7$ $c = 248,6$ mm

$c/t_w = 248,6/7,1$ $c/t_w = 35,01$

$\alpha = 0,5[1 + N\epsilon\delta/\phi\psi \cdot \tau\omega \cdot \delta] = 0,5[1 + 43,01/235 \cdot 7,1 \cdot 248,6]$ $\alpha = 0,5$
 $-1 \leq \alpha \leq$

$c/t_w = 35,01 \leq \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,5 - 1} = 71,99$

\Rightarrow stojina je třídy 1
 \Rightarrow celý průřez třída 1

Kritické délky:

$L_{cr,y} = 2 \times L = 12630$ mm

$L_{cr,z} = L = 6315$ mm

štíhlost při vybočení v hlavních rovinách:

$\lambda_y = L_{cr,y}/i_y = 12630/99,7$ $\lambda_y = 101,04$

$\lambda_z = L_{cr,z}/i_z = 6315/26,9$ $\lambda_z = 188,51$

součinitel vzpěrnosti z příslušné křivky, pro poměrné štíhlosti (pro S235):

$h/b > 1,2 ; t_f < 40$ mm	y-y	křivka a	z-z	křivka b
$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} =$	$\bar{\lambda}_y = \frac{101,04}{93,9} \cdot 1^{1/2}$	$\bar{\lambda}_y = 1,08$	$\chi_y = 0,610$	pro křivku a
$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} =$	$\bar{\lambda}_z = \frac{188,51}{93,9} \cdot 1^{1/2}$	$\bar{\lambda}_z = 2,01$	$\chi_z = 0,208$	pro křivku b

kde: $\lambda_1 = 93,9\epsilon = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ $\lambda_1 = 93,9$

$f_y = 235$

posouzení pro osu z-z

Návrhová vzpěrná únosnost prutu se rovná:
 (pro průřez třídy 1-3 $\beta_A = 1$)

$N_{b,Rd} = (\chi_{min} A f_y) / \gamma_{M1}$ $N_{b,Rd} = 263,02$ kN

$N_{ED,y} = 43,01$ kN

$N_{b,Rd} = (0,208 \cdot 5381 \cdot 235) / 1$

$N_{ED,y} \leq N_{b,Rd}$
 Průřez vyhoví

posouzení pro osu y-y

sloup je namáhán kombinací ohyb. momentu a normálové síly, s možnou ztrátou stability klopení:

Součinitel uložení konců prutu v rovině ohybu $k_y = 1,0$, v kroucení $k_w = 1,0$

Tvar momentového obrazce Poměr koncových momentů ψ	$k_z^{2)}$	Hodnoty součinitelů					
		$C_1^{1)}$		C_3			
		$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	$\psi = -1$ 	$-0,9 \leq \psi \leq 0$ 	$0 \leq \psi \leq 0,9$ 	$\psi = 1$
	1,0	1,77	1,85	1,47	1,00		
	0,7L	2,33	2,68	2,00	1,42	1,00	
	0,7R	1,45	1,59	1,00			
	0,5	1,75	2,03	1,50	1,00		

(dle EN1993-1-1-NB-tab 3.1)

$$k_z = 1 \quad C_{1,0} = 1,77$$

$$k_w = 0,7 \quad C_{1,1} = 2,68$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} \quad k_{wt} = (\pi/0,7 * 6315) * (210000 * 125900 \cdot 10^6 / 81000 * 2012 \cdot 10^2)^{0,5}$$

$$k_{wt} = 0,286$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) k_{wt} = 1,77 + (2,68 - 1,77) * 0,286 = 2,03$$

$$\mu_{cr} = C_1 / k_z \cdot (1 + k_{wt}^2)^{0,5} = 2,03 / 1 \cdot (1 + 0,286^2)^{0,5} = 2,11$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = \frac{2,11 \pi (210000 * 6038 \cdot 10^3 * 81000 * 2012 \cdot 10^2)^{0,5}}{6315}$$

$$M_{cr} = 151,04 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = (557100 * 235 / 151,04)^{0,5}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,931$$

$$h/b = 300/150 = 2 \leq 2 \dots \text{křivka klopení a} \Rightarrow$$

$$\chi_{LT} = 0,714$$

stanovení C_{my} , C_{mLT}

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0 \quad C_{my} = 0,9 + 0,1 \alpha_h = 0,9 + 0 = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \psi ; \psi \text{ poměr krajních momentů}$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

$$k_{yy} = (\text{min.}): \begin{cases} C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ \leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = (\text{min.}): \begin{cases} 0,9 (1 + (1,2 - 0,2) 43,01 / (0,610 * 5381 * 235 / 1)) \\ 0,9 (1 + 0,8 * 43,01 / (0,610 * 5381 * 235 / 1)) \end{cases} \begin{matrix} 0,944 \\ 0,940 \end{matrix}$$

$$k_{yy} = 0,940$$

$$k_{yz} = (\text{max.}): \begin{cases} \left[1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \\ \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \end{cases}$$

$$k_{yz} = (\text{max.}): \begin{cases} (1 - 0,1 * 2,23 / (0,6 - 0,25)) * 43,01 / (0,208 * 5381 * 235 / 1) \\ (1 - 0,1 / (0,6 - 0,25)) * 43,01 / (0,208 * 5381 * 235 / 1) \end{cases} \begin{matrix} 0,906 \\ 1,000 \end{matrix}$$

$$(\bar{\lambda}_z = 2,01 > 0,4) \quad k_{yz} = 1,000$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}} + \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}} + \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$43,01/(0,610 \cdot 5381 \cdot 235/1) + 0,940(86,92/(0,714 \cdot 628400 \cdot 235/1)) \leq 1^{(?)}$$

$$0,880 \leq 1$$

*pozn

ověření pro MAX hodnotu N_{Ed} a doplňkového M_{Ed} v prutu (sloupu) B23

$N_{ED,y} =$ 170,02 kN

$M_{ED,y} =$ 22,92 kNm

je jednotkový posudek

$$0,438 \leq 1$$

Navržený průřez IPE300 pro sloup vyhoví MSU na kombinaci tlaku a ohybu

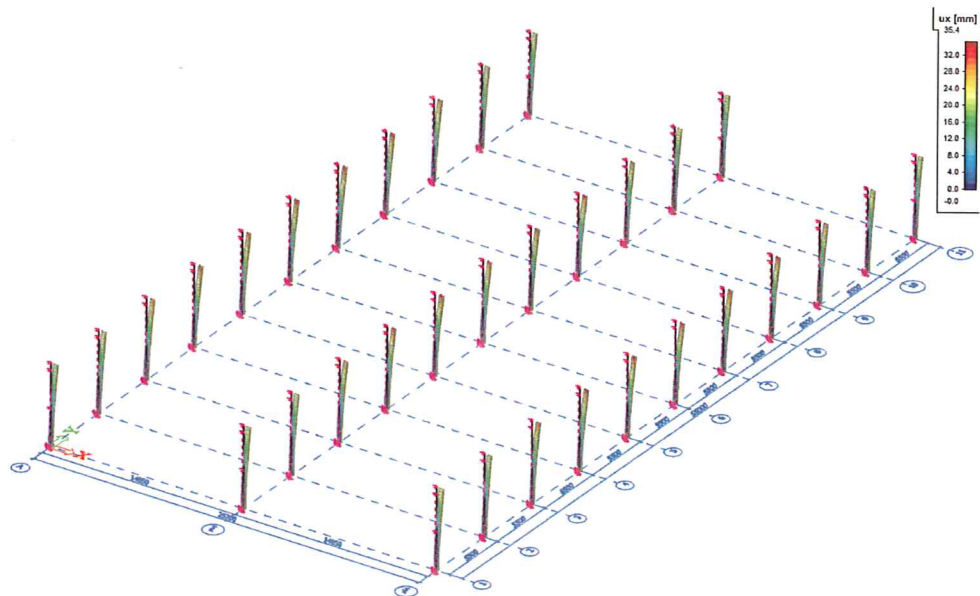
Posouzení sloupu - MSP

MSP - mezní stav požitelnosti

maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/150$$

$$L = 6315 \text{ mm}$$



Návrh průřezu pro sloup: IPE300

$$\delta_{lim} = 42,1 >$$

$$\delta_x = 35,4 \text{ mm}$$

CO-MSP-03-A

$$\delta_y = 20,4 \text{ mm}$$

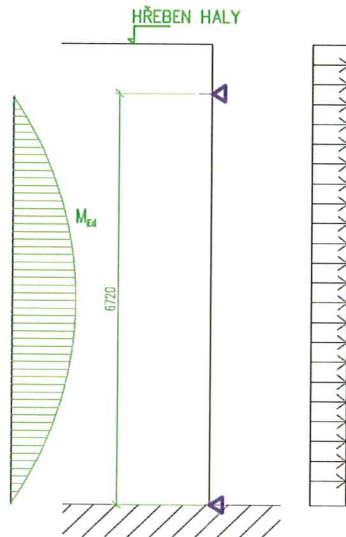
CO-MSP-01

Navržený průřez IPE300 pro sloup vyhoví MSP

Posouzení průčelního sloupu

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:

 M_{Ed} [kNm] V_{Ed} [kN] kombinace zatěžovacích stavů

14,09	8,44	CO-MSU-03-B
(max. M_{Ed} vznikne ve větrné oblasti A)		

L= 6720 mm

OCEL S 235

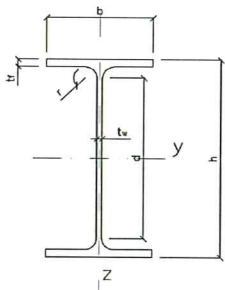
E= 210000 MPa

G= 81000 MPa

(vnitřní síly získány z programu
SCIA Engineer 16.1)Průčelní sloup bude posouzen pro kombinaci zatížení **CO-MSU-03-B** na ohyb**Návrh průčelního sloupku: IPE160**Průřezové hodnoty pro **IPE 160**

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	160 mm	i_y =	65,8 mm
b=	82 mm	i_z =	18,4 mm
t_f =	7,4 mm	I_w =	3,959E+09 mm ⁶
t_w =	5 mm	I_t =	3,604E+04 mm ⁴
r=	9 mm	W_y =	108700 mm ³
A=	2009 mm ²	W_z =	16610 mm ³
$A_{v,z}$ =	966 mm ²	$W_{pl,y}$ =	123900 mm ⁴
I_y =	8,693E+06 mm ⁴	$W_{pl,z}$ =	26100 mm ⁵
I_z =	6,831E+05 mm ⁴		



*pozn

Vnější pásnice sloupku je držena fasádním pláštěm proti vybočení. Toto spojení se provede příšroubováním sendvičového panelu (popř. skládaného pláště s TR plechem) ala 300mm. Budou užity TEX vruty, resp systémové spojovací prvky dodavatele pláště. Tento návrh není obsahem bakalářské práce. V uložení u horního zhlaví bude sloup spojen kluzně ve svislém směru s vazníkem. Toto spojení může být realizováno např. oválným otvorem.

návrhová pevnost: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235 \text{ MPa}$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 123900 \cdot 235 = 29,12 \text{ kNm} > 14,09 \text{ M}_{ed} [\text{kNm}]$$

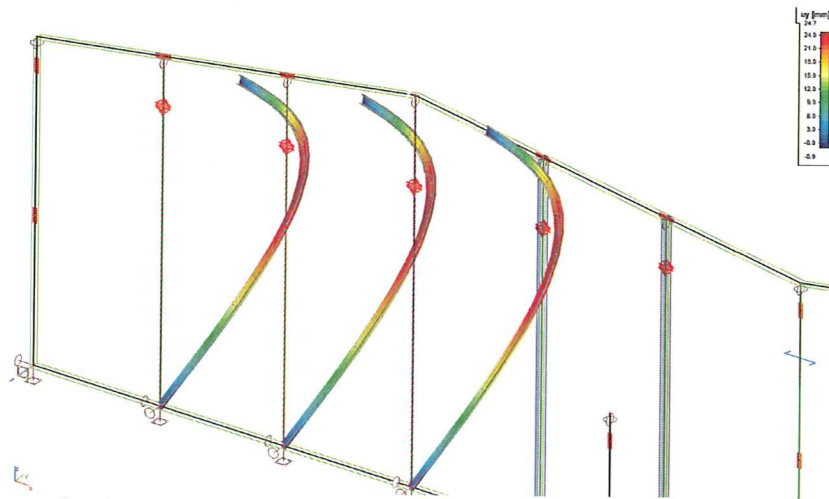
Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 966 \cdot 235 / 3^{0,5} = 131,06 \text{ kN} > 8,44 \text{ V}_{ed} [\text{kN}]$$

Návrh průčelního sloupku IPE160 - VYHOVI MSU

Posouzení průčelního sloupku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/150$$

$$L = 6720 \text{ mm}$$

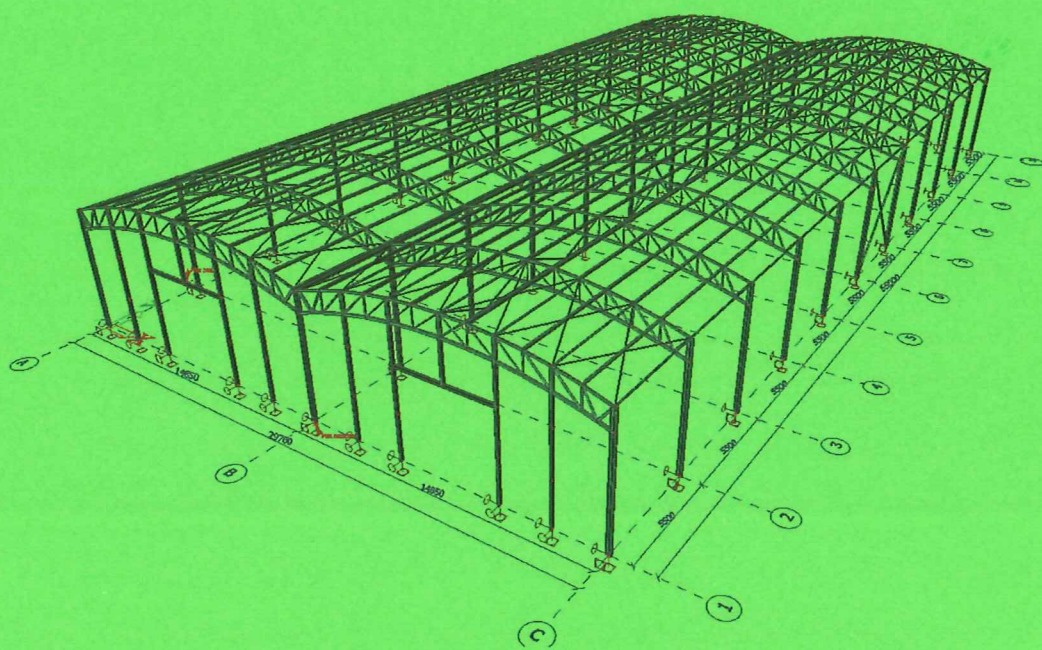
$$\delta_{lim} = 44,80 >$$

$$\delta_y = 24,7 \text{ mm}$$

CO-MSP-02-B

Navržená profilace průčelního sloupku **IPE160** vyhoví MSP

STATICKÝ VÝPOČET - HALA B



Protokol zatěžovacích stavů a kombinací

Zadání pro výpočetní model SCIA ENGINEER ver.16.1

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

ozn.	popis	[kN/m ²], -
ZS1	vlastní tíha konstrukce	automaticky
ZS2	opláštění - stěny i střecha	0,3
ZS3	užitné zatížení	není uvaž.
ZS4	sníh i	viz příloha
ZS4	sníh ii	viz příloha
ZS5	vítr podélný-stěna	viz příloha
ZS5	vítr podélný-střecha	viz příloha
ZS5	vítr příčný-stěna	viz příloha
ZS5	vítr příčný-střecha	viz příloha

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ:

(Lineární výpočet MKP)

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

CO-MSU-01-A

	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		0,6
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		0,6

CO-MSU-01-B

	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		1

CO-MSU-02-A

	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		0,6

CO-MSU-02-B

	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1

CO-MSU-03-A

	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		0,6
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		0,6

CO-MSU-03-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		1

CO-MSU-04-A				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		0,6

CO-MSU-04-B				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1

CO-MSU-05-S				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1			1	
ZS2			1	
ZS5 - vítr příčný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1,5		1

CO-MSU-05-S1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1			1	
ZS2			1	
ZS5 - vítr podélný-stěna		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1,5		1

CO-MSP-01-A1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		0,6
ZS5 - vítr podélný-střecha		1		0,6

CO-MSP-01-B1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		1
ZS5 - vítr podélný-střecha		1		1

CO-MSP-02-A1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		0,6

CO-MSP-02-B1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		1

CO-MSP-03-A1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		0,6
ZS5 - vítr příčný-střecha		1		0,6

CO-MSP-03-B1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		1
ZS5 - vítr příčný-střecha		1		1

CO-MSP-04-A1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		0,6

CO-MSP-04-B1				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		0,5
ZS5 - vítr příčný-stěna		1		1

Příloha protokolu zatěžovacích stavů

zatížení větrem:

bylo na obloukové střeše stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM - KOPIE

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

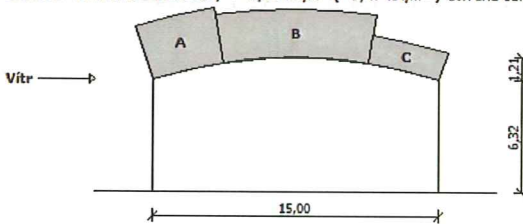
Větrná oblast:	I
Rychlost větru	$v_{b,0} = 22,50$ m/s
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	$z_e = 7,53$ m
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250$ kg/m ³
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,69$ kN/m ²
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení c_{pe}	$A = 1600,00$ m ²

Klenbová střecha

Výška stěny	$h = 6,32$ m
Délka objektu	$d = 15,00$ m
Výška oblouku	$f = 1,21$ m

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Oblast A - Návětrná část střechy	: -0,63 kN/m ² (-0,94 kN/m ²)	čtvrtina oblouku
Oblast B - Vrchol střechy	: -0,54 kN/m ² (-0,81 kN/m ²)	polovina oblouku
Oblast C - Závětrná část střechy	: -0,32 kN/m ² (-0,47 kN/m ²)	čtvrtina oblouku



ZS5
vítr příčný - střecha

bylo pro stěny pravoúhlého objektu stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení

PROTOKOL ZATÍŽENÍ: ZATÍŽENÍ VĚTREM

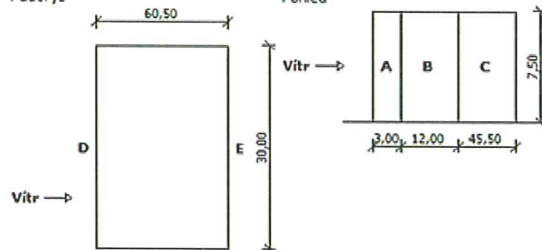
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:	I
Rychlost větru	$v_{b,0} = 22,50$ m/s
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	$z_e = 7,50$ m
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250$ kg/m ³
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,69$ kN/m ²
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení c_{pe}	$A = 1600,00$ m ²

Stěny pravoúhlého objektu

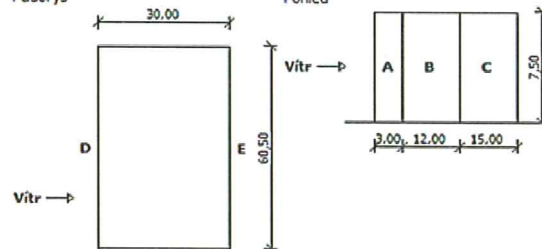
Výška objektu	$h = 7,50$ m
Délka objektu	$d = 60,50$ m
Šířka objektu	$b = 30,00$ m

Půdorys



ZS5
vítr podélný - stěna

Půdorys



ZS5
vítr příčný - stěna

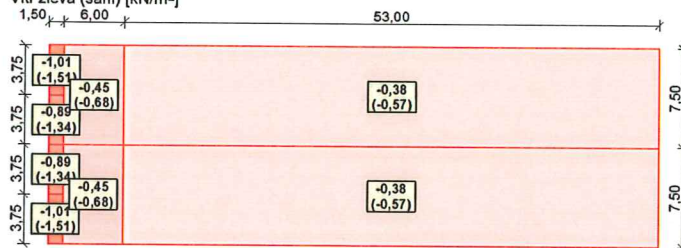
Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
2,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
3,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
4,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)
5,00	-0,82 (-1,24)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,52)	0,48 (0,72)	-0,21 (-0,31)

bylo obloukovou střechu odvozeno od aproximativně podobné střechy sedlové a bylo stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vítr zleva (sání) [kN/m²]



ZS5
vítr podélný - střecha

zatížení sněhem:

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:	I
Charakteristická hodnota zatížení s_k	= 0,70 kN/m ²
Typ krajiny:	normální
Součinitel expozice C_e	= 1,00
Tepelný součinitel C_t	= 1,00
Součinitel zatížení γ_f	= 1,50
Tvar zastřešení: střecha vícelodní budovy	
Sklon střechy α_1	= 10,0 °
Sklon střechy α_2	= 10,0 °
Průměrný sklon α	= 10,0 °
Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_1)$	= 0,80
Tvarový součinitel $\mu_1(\alpha_2)$	= 0,80
Tvarový součinitel $\mu_2(\alpha)$	= 1,07

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:

$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

$s_2 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:

$s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

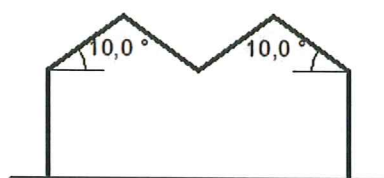
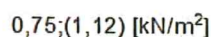
$s_2 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (0,84 kN/m²)

$s_3 = 0,75 \text{ kN/m}^2$ (1,12 kN/m²)

Případ (i)



Případ (ii)



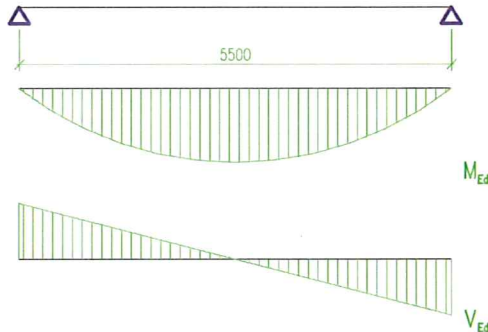
ZS4
sníh i
pro výpočet nebylo použito

ZS4
sníh ii

Posouzení vaznice

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:



M_{ed} [kNm]	V_{ed} [kN]	kombinace zatěžovacích stavů
-1,31	0,95	CO-MSU-05-S1

7,78	5,61	CO-MSU-10
------	------	-----------

L= 5500 mm

OCEL S 235

E= 210000 MPa

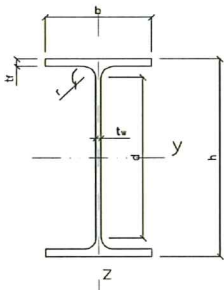
G= 81000 MPa

(vnitřní síly získány z programu SCIA Engineer 16.1)

Vaznice bude posouzena pro kombinaci zatížení **CO-MSU-10** na ohyb**Návrh vaznice: IPE140**Průřezové hodnoty pro **IPE 140**

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	140 mm	i_y =	57,4 mm
b=	73 mm	i_z =	16,5 mm
t_f =	6,9 mm	I_w =	1,981E+09 mm ⁶
t_w =	4,7 mm	I_t =	2,447E+04 mm ⁴
r=	7 mm	W_y =	77320 mm ³
A=	1643 mm ²	W_z =	12310 mm ³
$A_{v,z}$ =	764 mm ²	$W_{pl,y}$ =	88340 mm ⁴
I_y =	5,412E+06 mm ⁴	$W_{pl,z}$ =	19250 mm ⁵
I_z =	4,492E+05 mm ⁴		



*pozn

Horní pásnice vaznice je držena střešním pláštěm proti vybočení. Toto spojení se provede přišroubováním sendvičového panelu (popř. skládaného pláště s TR plechem) ala 300mm. Budou užity TEX vruty, resp systémové spojovací prvky dodavatele pláště. Tento návrh není obsahem bakalářské práce. V uložení na vazníku bude vaznice držena standardními botkami.

návrhová pevnost: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235 \text{ MPa}$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 88340 \cdot 235 = 20,76 \text{ kNm} > 7,78 \text{ M}_{ed} [\text{kNm}]$$

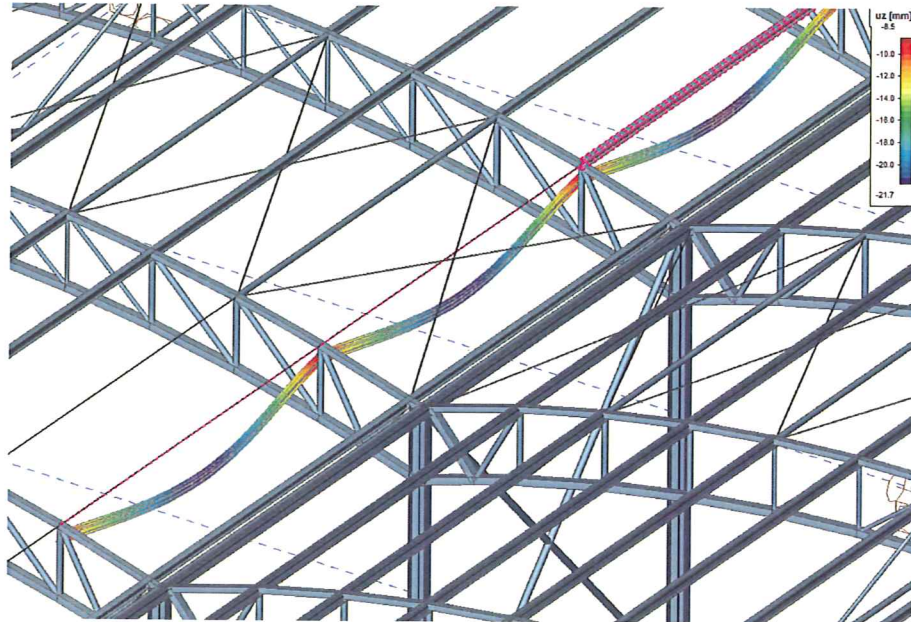
Smyková únosnost:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 764 \cdot 235 / 3^{0,5} = 103,66 \text{ kN} > 5,61 \text{ V}_{ed} [\text{kN}]$$

Návrh vaznice IPE140 - VYHOVI MSU

Posouzení vaznice

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{\text{lim}} = L/200$$

$$L = 5500 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 27,5 >$$

$$\delta z = 21,7 \text{ mm}$$

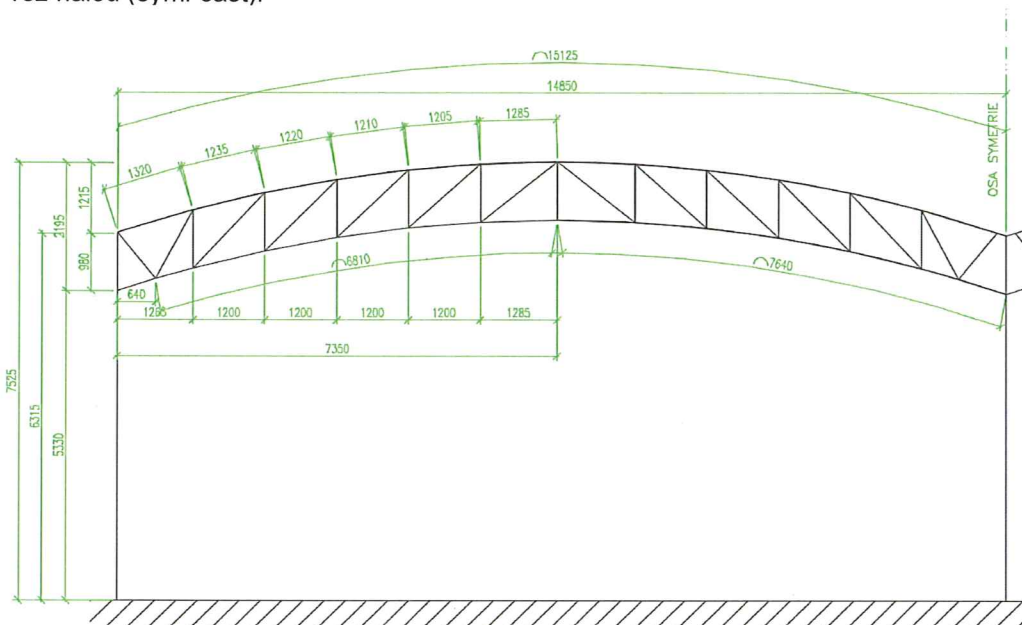
CO-MSP-02-A1

Navržená vaznice **IPE140** vyhoví MSP

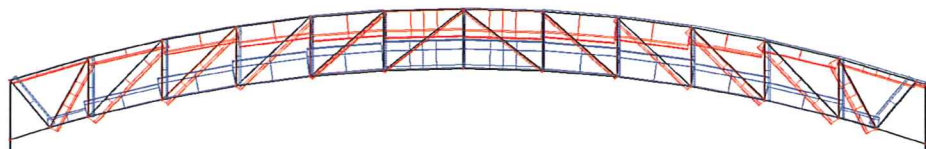
Posouzení příhradového (trubkového) vazníku

MSU - mezní stav únosnosti

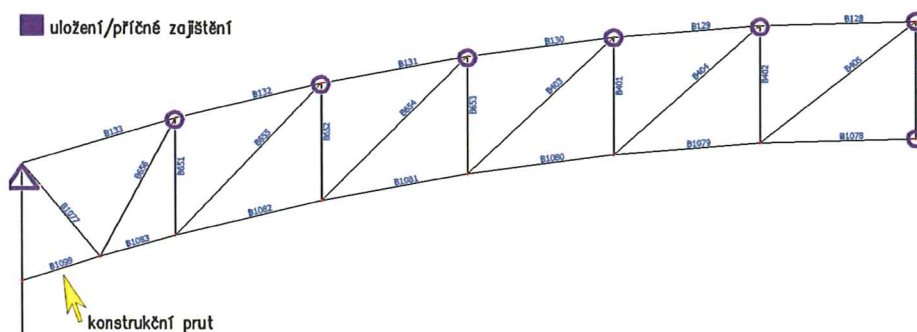
řez halou (sym. část):



obálka normálových sil - všechny příhradové vazníky haly B - zatížení sněhem, CO-MSU-01-A



pruty vazníku pro posouzení (sym. část):

Návrh z trubek válcovaných za tepla, ocel S235J0 ($f_y=235\text{MPa}$)návrhová pevnost: $f_{y,d}=f_y/\gamma_{M0} = 235/1,0 = 235\text{MPa}$

Posouzení prutů vazníku - tah/tlak, průřezové veličiny (záporné znamínko značí tlak)

tah: $N_{t,Rd} = A \cdot f_y$ tlak: $\lambda_y = L_{cr}/i$ $\lambda_{rel} = \lambda_y/\lambda_1 = \frac{\lambda_y}{93,9 \sqrt{f_y}}$ $N_{b,Rd} = (\chi A f_y) / \gamma_{M1}$

Tahené pruty

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
B1099	konstrukční	100/100/4					
B1078-1083	200,97	100/100/4	1495	39	235	351,33	0,572
B1077	61,91	80/80/4	1280	31	235	300,80	0,206
B651	41,52	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,256
B652	38,34	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,237
B653	31,78	TR76,1/3	689	26	235	161,92	0,196
B401	24,70	TR48,3/3	427	16	235	100,35	0,246
B402	18,29	TR48,3/3	427	16	235	100,35	0,182
B400	11,59	TR48,3/3	427	16	235	100,35	0,116

vše < 1

Tlačené pruty

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ_y	λ_{rel}
B128-133	-191,48	80/80/4	1320	0,9	1188	38,32	0,408
B656	-77,81	TR76,1/3	1340	0,9	1206	46,38	0,494
B655	-68,61	TR76,1/3	1770	0,9	1593	61,27	0,652
B654	-54,74	TR76,1/3	1720	0,9	1548	59,54	0,634
B403	-38,32	TR48,3/3	1670	0,9	1503	93,94	1,000
B404	-25,59	TR48,3/3	1650	0,9	1485	92,81	0,988
B1078-1083	-47,94	100/100/4	7640	1	7640	195,90	2,086

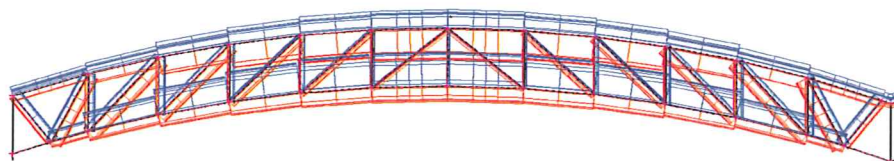
Tlačené pruty - pokrač. TAB

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	N_{Rd}	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B128-133	-191,48	0,950	1175	31	235	262,32	0,730
B656	-77,81	0,700	689	26	235	113,34	0,687
B655	-68,61	0,871	689	26	235	141,03	0,486
B654	-54,74	0,876	689	26	235	141,84	0,386
B403	-38,32	0,666	427	16	235	66,83	0,573
B404	-25,59	0,674	427	16	235	67,63	0,378
B1078-1083	-47,94	0,206	1495	39	235	72,37	0,662

vše < 1

*pozn

Při kombinaci zatěžovacích stavů CO-MSU-05-S1 dojde k změně smyslu působení normálových sil v dolním a horním pásu příhradového vazníku. Horní pás bude tažený a spodní pak tlačný.



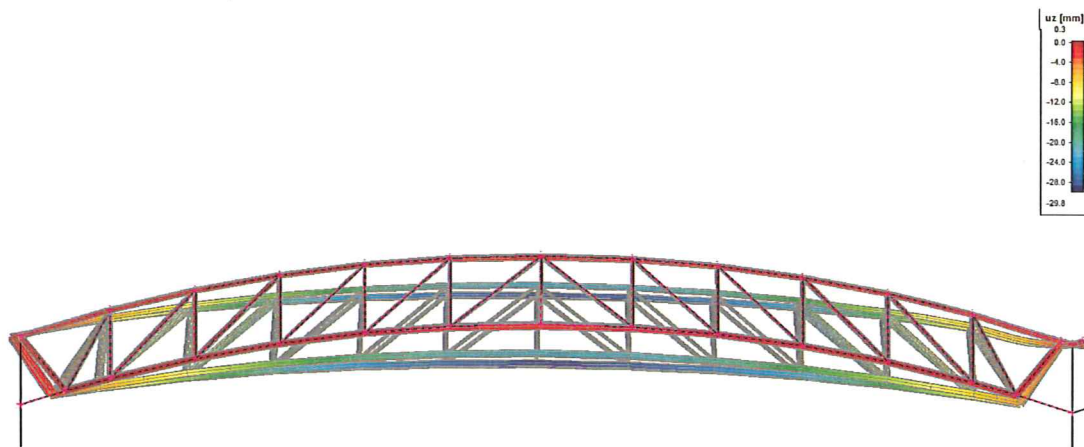
Konstrukční zásady:

Pro dimenze spodního pásu byla dodržena doporučená mezní štíhlost $\lambda < 200$

V návrhu prutů byla zohledněna větší tl. stěny pásů, než tl. stěn výplňových prutů

Posouzení příhradového (trubkového) vazníku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/250$$

$$L = 14850 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 59,4$$

>

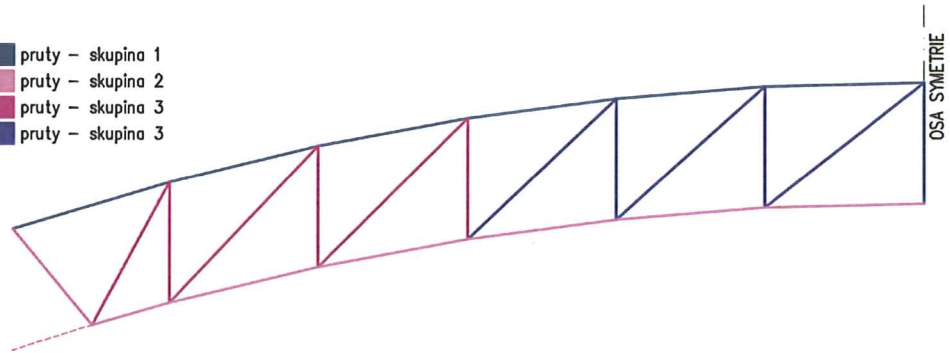
$$\delta_z = 29,8 \text{ mm}$$

CO-MSP-01-A

Navržená profilace příhradového nosníku vyhoví MSP

Rekapitulace návrhu (trubkového) vazníku - OCEL S235J0

- pruty - skupina 1
- pruty - skupina 2
- pruty - skupina 3
- pruty - skupina 3

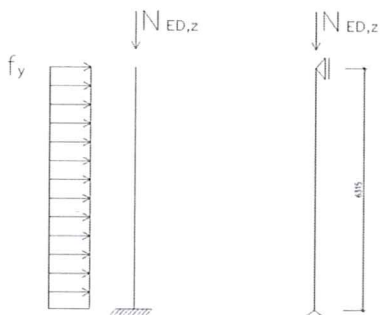


Pro pruty skupiny	1	byl navržen průřez	jäckel 80/80/4
Pro pruty skupiny	2	byl navržen průřez	jäckel 100/100/4
Pro pruty skupiny	3	byl navržen průřez	TR 76,1/3
Pro puty skupiny	4	byl navržen průřez	TR 48,3/3

Posouzení sloupu na kombinaci tlaku a ohybu

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:



L= 6315 mm

schéma pro osu y-y

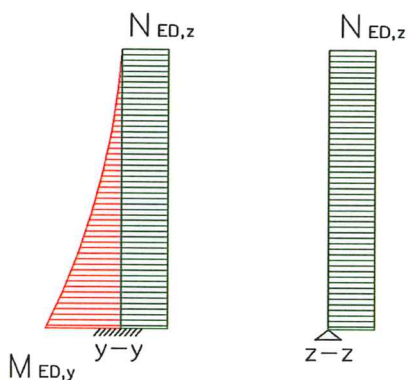


schéma pro osu z-z



OCEL S 235
E= 210000 MPa
G= 81000 MPa

Průběh vnitřních sil:



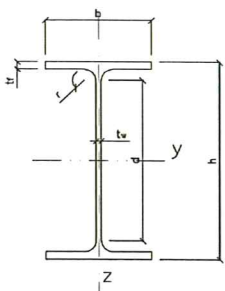
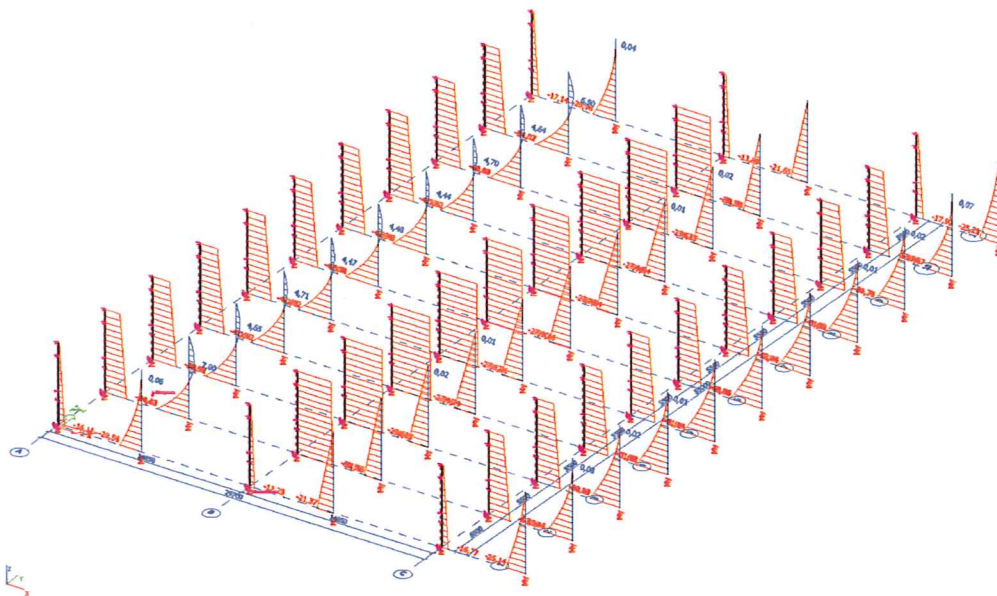
vnitřní síly prut B1867, -max. M_{Ed}
(CO-MSU-4-B)

$N_{ED,y} = 61,48$ kN
 $M_{ED,y} = 42,83$ kNm

vnitřní síly prut B1884, -max. N_{Ed}
(CO-MSU-4-B)

$N_{ED,y} = 89,1$ kN
 $M_{ED,y} = 21,93$ kNm

(vnitřní síly získány z programu SCIA Engineer 16.1)



Průřezové hodnoty pro IPE 240

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	240 mm
b=	120 mm
t_f =	9,8 mm
t_w =	6,2 mm
r=	15 mm
A=	3912 mm ²
I_y =	3,892E+07 mm ⁴
I_z =	2,836E+06 mm ⁴

i_y =	99,7 mm
i_z =	26,9 mm
I_w =	3,739E+10 mm ⁶
I_t =	1,288E+05 mm ⁴
W_y =	324300 mm ³
W_z =	47270 mm ³
$W_{pl,y}$ =	366600 mm ⁴
$W_{pl,z}$ =	73920 mm ⁵

Zatřídění průřezu (S235):

tlačená pásnice: $\frac{c}{t_f} = \frac{(b-t_f \cdot 2 \cdot r)/2}{t_f} = \frac{(120-9,8 \cdot 2 \cdot 15)/2}{9,8}$ $4,28 \leq 9\epsilon$

kde: $\epsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} ; f_y = 235$ $4,28 \leq 9$
 \Rightarrow pásnice je třídy 1

stojina průřezu je namáhána kombinací tlaku a ohybu:

$c = d = 240 - 2 \cdot 15 - 2 \cdot 9,8$ $c = 190,4$ mm

$c/t_w = 190,4 / 6,2$ $c/t_w = 30,71$

$\alpha = 0,5 [1 + N_{ed} / (f_y \cdot t_w \cdot d)] = 0,5 [1 + 61,56 / (235 \cdot 6,2 \cdot 190,4)]$ $\alpha = 0,5$

$c/t_w = 30,71 \leq \frac{396 \cdot \epsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,5 - 1}$ $71,98$
 $-1 \leq \alpha \leq$

\Rightarrow stojina je třídy 1
 \Rightarrow celý průřez třída 1

Kritické délky:

$L_{cr,y} = 2 \cdot L = 12630$ mm

$L_{cr,z} = L = 6315$ mm

štíhlost při vybočení v hlavních rovinách:

$\lambda_y = L_{cr,y} / i_y = 12630 / 99,7$ $\lambda_y = 126,68$

$\lambda_z = L_{cr,z} / i_z = 6315 / 26,9$ $\lambda_z = 234,76$

součinitel vzpěrnosti z příslušné křivky, pro poměrné štíhlosti (pro S235):

	y-y	křivka a	z-z	křivka b
$h/b > 1,2 ; t_f < 40$ mm				
$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} =$	$\bar{\lambda}_y = \frac{126,68}{93,9} \cdot 1^{1/2}$		$\bar{\lambda}_y = 1,35$	$\chi_y = 0,443$ pro křivku a
$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} =$		$\bar{\lambda}_z = \frac{234,76}{93,9} \cdot 1^{1/2}$	$\bar{\lambda}_z = 2,50$	$\chi_z = 0,140$ pro křivku b

kde:

$\lambda_1 = 93,9 \epsilon = 93,9 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ $\lambda_1 = 93,9$

$f_y = 235$

posouzení pro osu z-z

Návrhová vzpěrná únosnost prutu se rovná:
 (pro průřez třídy 1-3 $\beta_A = 1$)

$N_{b,Rd} = (\chi_{min} A f_y) / \gamma_{M1}$

$N_{b,Rd} = 128,70$ kN
 $N_{Ed,y} = 61,48$ kN

$N_{b,Rd} = (0,140 \cdot 3912 \cdot 235) / 1$

$N_{ED,y} \leq N_{b,Rd}$
 Průřez vyhoví

posouzení pro osu y-y

sloup je namáhán kombinací ohyb. momentu a normálové síly, s možnou ztrátou stability klopení:

Součinitel uložení konců prutu v rovině ohybu $k_y = 1,0$, v kroucení $k_w = 1,0$

Tvar momentového obrazce Poměr koncových momentů ψ	k_z	Hodnoty součinitelů					
		C_1		C_3			
		$C_{1,0}$	$C_{1,1}$	$\psi = -1$ 	$-0,9 \leq \psi \leq 0$ 	$0 \leq \psi \leq 0,9$ 	$\psi = 1$
	1,0	1,77	1,85	1,47	1,00		
	0,7L	2,33	2,68	2,00	1,42	1,00	
	0,7R	1,45	1,59	1,00			
	0,5	1,75	2,03	1,50	1,00		

(dle EN1993-1-1-NB-tab 3.1)

$$k_z = 1 \quad C_{1,0} = 1,77$$

$$k_w = 0,7 \quad C_{1,1} = 2,68$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} \quad k_{wt} = (\pi/0,7*6315) * (210000 * 37390 \cdot 10^6 / 81000 * 1288 \cdot 10^4)^{0,5}$$

$$k_{wt} = 0,617$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) k_{wt} = 1,77 + (2,68 - 1,77) * 0,617 = 2,33$$

$$\mu_{cr} = C_1 / k_z \cdot (1 + k_{wt}^2)^{0,5} = 2,33 / 1 \cdot (1 + 0,617^2)^{0,5} = 2,74$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = \frac{3,1 \pi (210000 * 3892 \cdot 10^3 * 81000 * 1288 \cdot 10^4)^{0,5}}{6315}$$

$$M_{cr} = 107,39 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = (324300 * 235 / 107,39)^{0,5}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,842$$

$$h/b = 240/120 = 2 \leq 2 \dots \text{křivka klopení a} \Rightarrow$$

$$\chi_{LT} = 0,748$$

stanovení C_{my} , C_{mLT}

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0 \quad C_{my} = 0,9 + 0,1 \alpha_h = 0,9 + 0 = 0,9$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \psi ; \psi \text{ poměr krajních momentů}$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 * 0 = 0,6$$

$$k_{yy} = (\text{min.}): \left| \begin{array}{l} C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ \leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right|$$

$$k_{yy} = (\text{min.}): \left| \begin{array}{l} 0,9 (1 + (1,2 - 0,2) 61,48 / (0,443 * 3912 * 235 / 1)) \\ 0,9 (1 + 0,8 * 61,48 / (0,443 * 3912 * 235 / 1)) \end{array} \right| \begin{array}{l} 1,056 \\ 1,009 \end{array}$$

$$k_{yy} = 1,009$$

$$k_{yz} = (\text{max.}): \left| \begin{array}{l} \left[1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \\ \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \end{array} \right|$$

$$k_{yz} = (\text{max.}): \left| \begin{array}{l} (1 - 0,1 * 2,23 / (0,6 - 0,25)) * 61,48 / (0,140 * 3912 * 235 / 1) \\ (1 - 0,1 / (0,6 - 0,25)) * 61,48 / (0,140 * 3912 * 235 / 1) \end{array} \right| \begin{array}{l} 0,659 \\ 1,000 \end{array}$$

$$(\bar{\lambda}_z = 2,5 > 0,4) \quad k_{yz} = 1,000$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$61,48/(0,443 \cdot 3912 \cdot 235/1) + 1,000(42,83/(0,748 \cdot 366600 \cdot 235/1)) \leq 1^{(2)}$$

0,815 ≤ 1

*pozn

ověření pro MAX hodnotu N_{Ed} a doplňkového M_{ed} v B1884

$N_{ED,y} = 89,1$ kN

$M_{ED,y} = 21,93$ kNm je jednotkový posudek

0,561 ≤ 1

Navržený průřez IPE240 pro sloup vyhoví MSU na kombinaci tlaku a ohybu

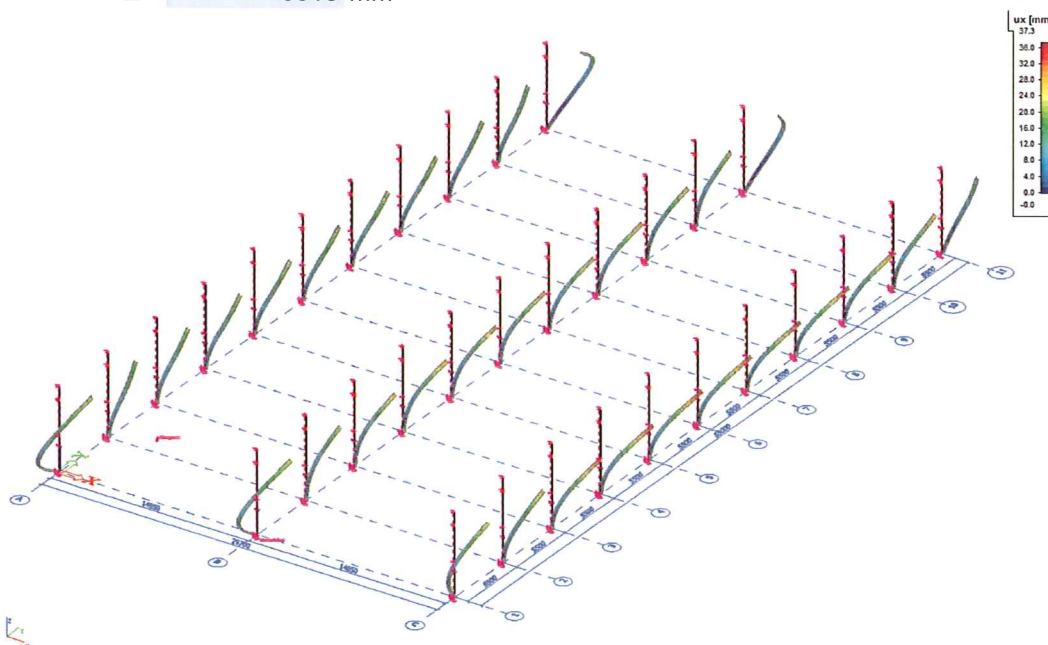
Posouzení sloupu pro MSP

MSP - mezní stav použitelnosti

maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/150$$

L = 6315 mm



Návrh průřezu pro sloup: IPE240

$\delta_{lim} = 42,1$

>

$\delta_x = 37,3$ mm

MSP-04-B

$\delta_y = 39,5$ mm

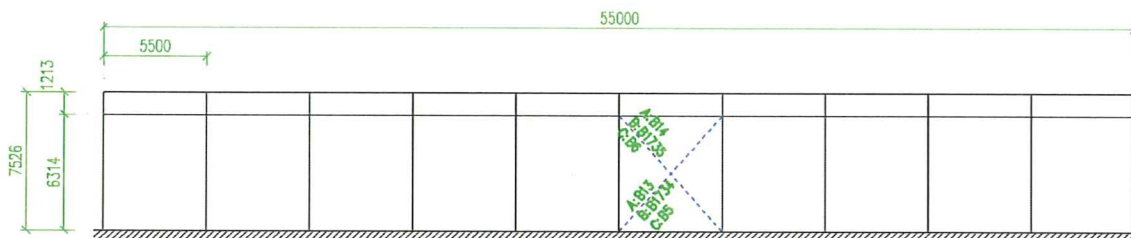
MSP-01-B

Navržený průřez IPE240 pro sloup vyhoví MSP

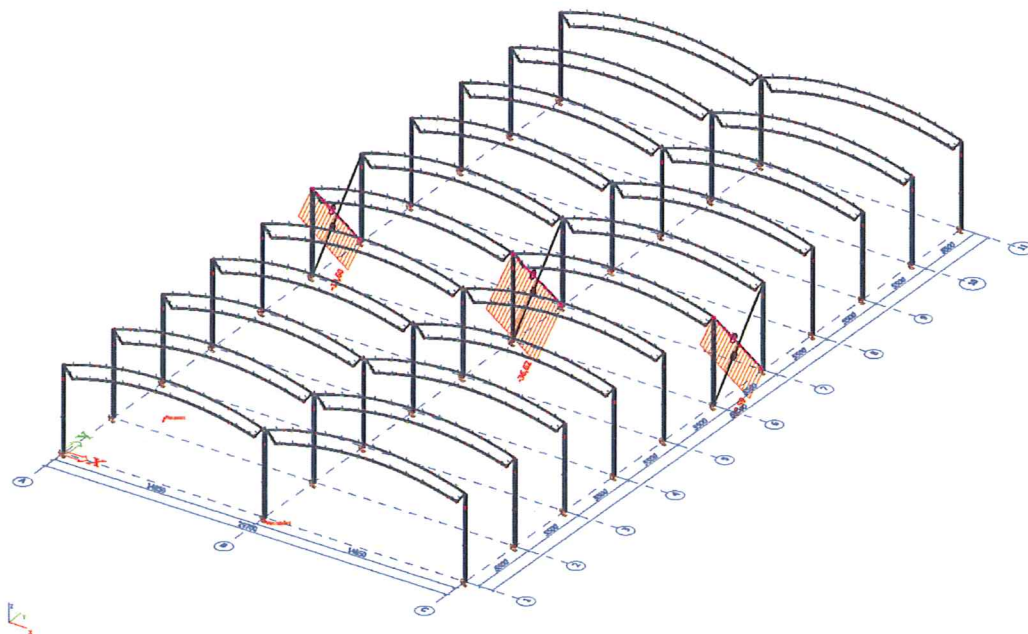
Posouzení podélného zavětrování haly:

MSU - mezní stav únosnosti

zavětrování podélné - pohled:



zavětrování podélné - AXONOMETRIE):

**Návrh diagonály podélného ztužidla: TR 88,9/3**vnitřní síly: $N_{Ed,max}$ (pro podélný vítr, tlak)

B1735 -36,62 kN střední diagonála, kombinace CO-MSU-01

$$\lambda = L_{cr}/i \quad \lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad (f_y \text{ v N/mm}^2) \quad \lambda_1 = 93,9 \quad \lambda^- = \lambda/\lambda_1 \Rightarrow \chi \text{ (z TAB)}$$

návrh uvažuje se stabilizací tlačené diagonaly diagonálou taženou proti vybočení z roviny
Vzpráč. délka bude uvažována 1/2 dl. prvku B1735B1202 - dl: 8373 mm \Rightarrow 8373/2= 4186,5mm

ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ	λ^-
B1735	-36,62	TR 88,9/3	4190	1	4190	139,67	1,487

pokrač. TAB

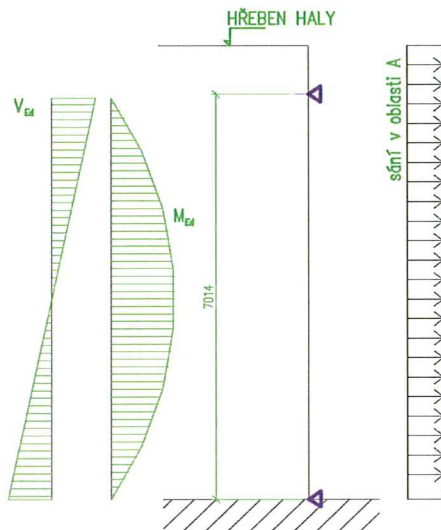
ozn.prvku	N_{Ed} [kN]	χ	A [mm ²]	i [mm]	f_y [MPa]	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
B1735	-36,62	0,38	810	30	235	72,33	0,506

 χ (vzprężnostní křivka a)**Návrh diagonály podélného ztužidla z TR 88,9/3 - VYHOVÍ**

Posouzení průčelního sloupu

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:


 M_{Ed} [kNm] V_{Ed} [kN] kombinace zatěžovacích stavů

15,75	9,05	CO-MSU-03-B
-------	------	-------------

(max. M_{Ed} vznikne ve větrné oblasti A)

L=	7014 mm
----	---------

OCEL S 235	
------------	--

E=	210000	MPa
----	--------	-----

G=	81000	MPa
----	-------	-----

(vnitřní síly získány z programu
SCIA Engineer 16.1)

Průčelní sloup bude posouzen pro kombinaci zatížení **CO-MSU-03-B** na ohyb**Návrh průčelního sloupku: IPE160**Průřezové hodnoty pro **IPE 160**

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	160 mm
----	--------

i_y =	65,8 mm
---------	---------

b=	82 mm
----	-------

i_z =	18,4 mm
---------	---------

t_f =	7,4 mm
---------	--------

I_w =	3,959E+09 mm ⁶
---------	---------------------------

t_w =	5 mm
---------	------

I_t =	3,604E+04 mm ⁴
---------	---------------------------

r=	9 mm
----	------

W_y =	108700 mm ³
---------	------------------------

A=	2009 mm ²
----	----------------------

W_z =	16610 mm ³
---------	-----------------------

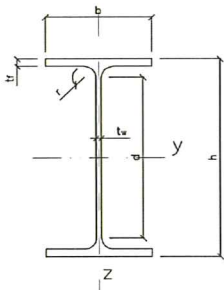
$A_{v,z}$ =	966 mm ²
-------------	---------------------

$W_{pl,y}$ =	123900 mm ⁴
--------------	------------------------

I_y =	8,693E+06 mm ⁴
---------	---------------------------

$W_{pl,z}$ =	26100 mm ⁵
--------------	-----------------------

I_z =	6,831E+05 mm ⁴
---------	---------------------------



*pozn

Vnější pásnice sloupku je držena fasádním pláštěm proti vybočení. Toto spojení se provede přišroubováním sendvičového panelu (popř. skládaného pláště s TR plechem) ala 300mm. Budou užity TEX vruty, resp systémové spojovací prvky dodavatele pláště. Tento návrh není obsahem bakalářské práce. V uložení u horního zhlaví bude sloup spojen kluzně ve svislém směru s vazníkem. Toto spojení může být realizováno např. oválným otvorem.

návrhová pevnost: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235 \text{ MPa}$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 123900 \cdot 235 =$$

29,12 kNm >

15,75 M_{ed} [kNm]

Smyková únosnost:

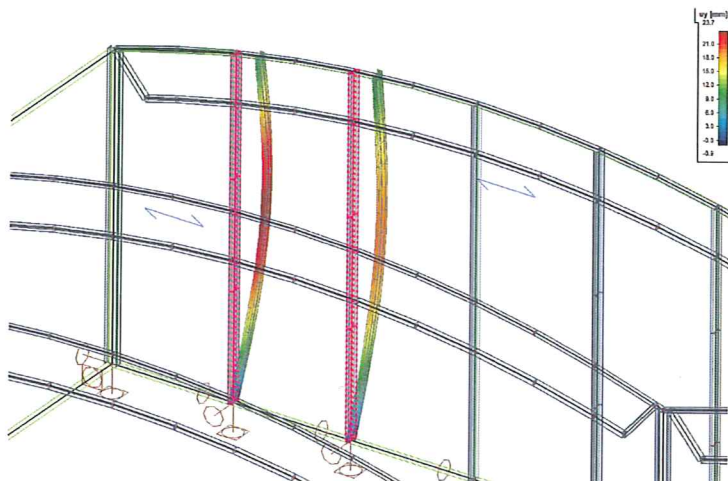
$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 966 \cdot 235 / 3^{0,5} =$$

131,06 kN >

9,05 V_{ed} [kN]**Návrh průčelního sloupku IPE160 - VYHOVI MSU**

Posouzení průčelního sloupku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/150$$

$$L = 7014 \text{ mm}$$

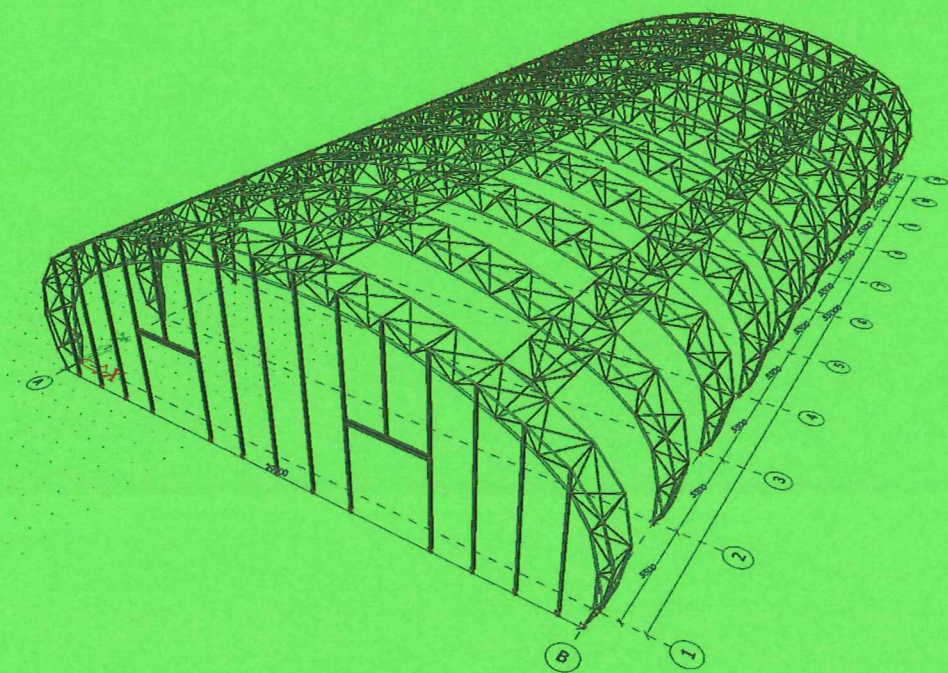
$$\delta_{lim} = 46,76 >$$

$$\delta_y = 23,7 \text{ mm}$$

CO-MSP-03-B1

Navržená profilace průčelního sloupku **IPE160** vyhoví MSP

STATICKÝ VÝPOČET - HALA C



Protokol zatěžovacích stavů a kombinací

Zadání pro výpočetní model SCIA ENGINEER ver.16.1

ZATĚŽOVACÍ STAVY:

ozn.	popis	[kN/m ²], -
ZS1	vlastní tíha konstrukce	automaticky
ZS2	opláštění - stěny i střecha	0,35*
ZS3	užitné zatížení	není uvaž.
ZS4	sníh ii	viz příloha
ZS4	sníh iii	viz příloha
ZS5	vítr podélný-průčelí	viz příloha
ZS5	vítr podélný-eliptický plášť	viz příloha
ZS5	vítr příčný-celek	viz příloha

*pozn.

hodnota ploš.stálého zatížení byla navýšena o tenkostěnné vaznice

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ: $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
 (Lineární kombinace pro MSU a MSP)

CO-MSU-01-A-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		0,6

CO-MSU-01-A-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		0,6

CO-MSU-01-A-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		0,6

CO-MSU-01-B-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		1

CO-MSU-01-B-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		1

CO-MSU-01-B-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		1

CO-MSU-02-A-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6

CO-MSU-02-A-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6

CO-MSU-02-A-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		0,6

CO-MSU-02-B-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1

CO-MSU-02-B-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1

CO-MSU-02-B-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		0,5
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1

CO-MSU-03-A-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		0,6

CO-MSU-03-A-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		0,6

CO-MSU-03-A-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		1
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		0,6

CO-MSU-03-B-I				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh i		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		1

CO-MSU-03-B-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh ii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		1

CO-MSU-03-B-III				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1,35			
ZS2	1,35			
ZS4 - sníh iii		1,5		0,5
ZS5 - vítr příčný-celek		1,5		1

CO-MSU-05-S				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1			1	
ZS2			1	
ZS5 - vítr podélný-průčelí		1,5		1
ZS5 - vítr podélný-eliptický plášť		1,5		1

CO-MSP-02-A-II				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1
ZS5 - vítr podélný-stěna		1		0,6
ZS5 - vítr podélný-sřecha		1		0,6

CO-MSP-10				
	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1}$	$\gamma_{G,inf}$	ψ_0
ZS1	1			
ZS2	1			
ZS4 - sníh ii		1		1

Příloha protokolu zatěžovacích stavů

zatížení větrem:

bylo na obloukové střeše stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení jako náhrada za elipsu byla zvolena oblouková střecha

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

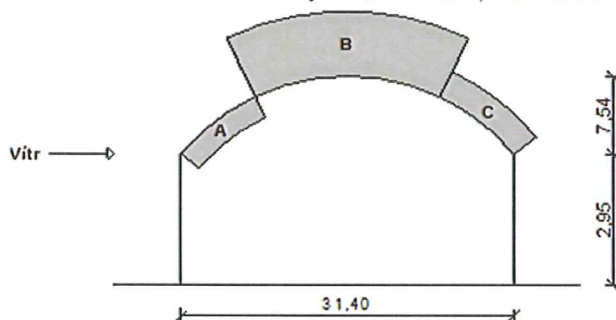
Větrná oblast:		I	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 22,50	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 10,49	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,75	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1600,00	m ²

Klenbová střecha

Výška stěn	h	= 2,95	m
Délka objektu	d	= 31,40	m
Výška oblouku	f	= 7,54	m

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

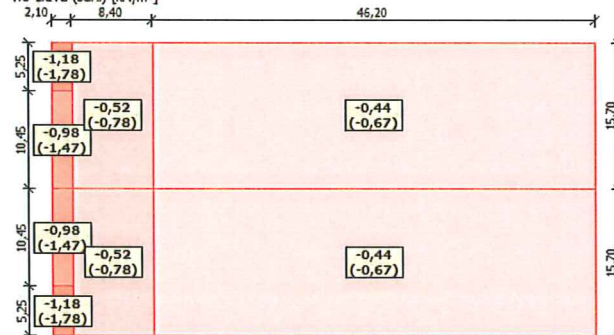
Oblast A - Návětrná část střechy	: 0,25 kN/m ² (0,38 kN/m ²)	čtvrtina oblouku
Oblast B - Vrchol střechy	: -0,71 kN/m ² (-1,06 kN/m ²)	polovina oblouku
Oblast C - Závětrná část střechy	: -0,30 kN/m ² (-0,45 kN/m ²)	čtvrtina oblouku



ZS5
vítr příčný - celek

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Vitr zleva (sání) [kN/m²]



ZS5
vítr podélný- elipt.plášť
*pozn

*pozn

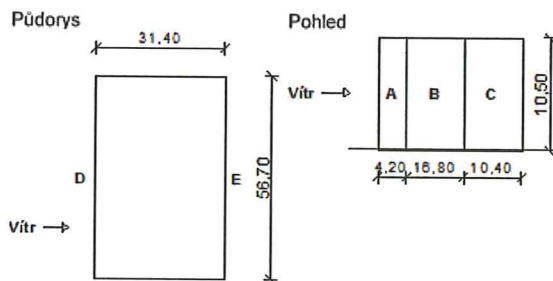
pro srovnání použita sedlová střecha se sklonem 6°, hodnoty sání do výpočtu viz dále

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

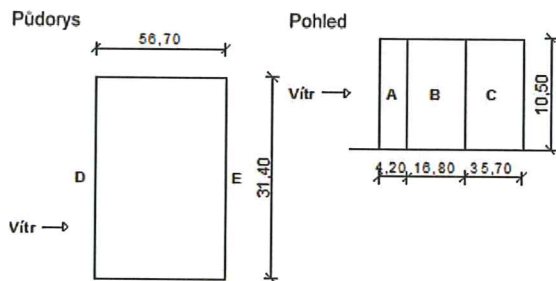
Větrná oblast:		I	
Rychlost větru	$v_{b,0}$	= 22,50	m/s
Kategorie terénu:		II	
Referenční výška budovy	z_e	= 10,50	m
Součinitel směru větru	c_{dir}	= 1,00	
Součinitel ročního období	c_{season}	= 1,00	
Měrná hmotnost vzduchu	ρ	= 1,250	kg/m ³
Součinitel orografie	c_o	= 1,00	
Maximální dynamický tlak	q_p	= 0,75	kN/m ²
Součinitel zatížení	γ_f	= 1,50	
Plocha pro stanovení c_{pe}	A	= 1600,00	m ²

Stěny pravoúhlého objektu

Výška objektu	h	= 10,50	m
Délka objektu	d	= 31,40	m
Šířka objektu	b	= 56,70	m



ZS5
vítr příčný - celek



ZS5
vítr podélný - průčelí
*pozn

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
5,00	-0,90 (-1,36)	-0,60 (-0,90)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,80)	-0,24 (-0,36)
10,50	-0,90 (-1,36)	-0,60 (-0,90)	-0,38 (-0,57)	0,54 (0,80)	-0,24 (-0,36)

*pozn

hodnoty sání na eliptickém plášti haly použity konzervativně z hodnot pro svislý plášť - fasádu

zatížení sněhem:

bylo na obloukové (eliptické) střeše stanoveno pomocí programu FIN EC, modul zatížení

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast: I
 Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$
 Typ krajiny: normální
 Součinitel expozice $C_e = 1,00$
 Tepelný součinitel $C_t = 1,00$
 Součinitel zatížení $\gamma_f = 1,50$
Tvar zastřešení: válcová střecha
 Výška střechy $h = 7,54 \text{ m}$
 Šířka budovy $b = 31,35 \text{ m}$
 Zatěžovaná šířka $l_s = 30,28 \text{ m}$
 Tvarový součinitel $\mu_1 = 0,80$
 Tvarový součinitel $\mu_3 = 2,00$
 Tvarový součinitel $\mu_3' = 2,00$

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)

Případ (i) - zatížení nenavátým sněhem:
 $s_1 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ ($0,84 \text{ kN/m}^2$)
 Případ (ii) - zatížení navátým sněhem:
 $s_1 = 0,70 \text{ kN/m}^2$ ($1,05 \text{ kN/m}^2$)
 $s_2 = 1,40 \text{ kN/m}^2$ ($2,10 \text{ kN/m}^2$)
 Případ (iii) - zatížení navátým sněhem (podle národní přílohy pro ČR):
 $s_1 = 1,40 \text{ kN/m}^2$ ($2,10 \text{ kN/m}^2$)
 $s_2 = 0,70 \text{ kN/m}^2$ ($1,05 \text{ kN/m}^2$)

Případ (i)

0,56;(0,84) [kN/m²]



ZS4
sníh i

Případ (ii)

0,70;(1,05) [kN/m²]



1,40;(2,10) [kN/m²]

ZS4
sníh ii

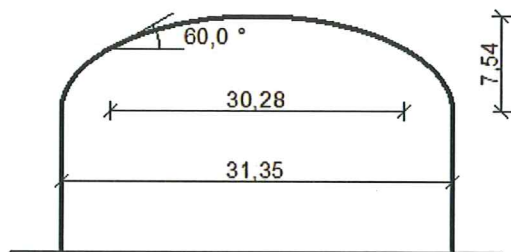
Případ (iii)

1,40;(2,10) [kN/m²]

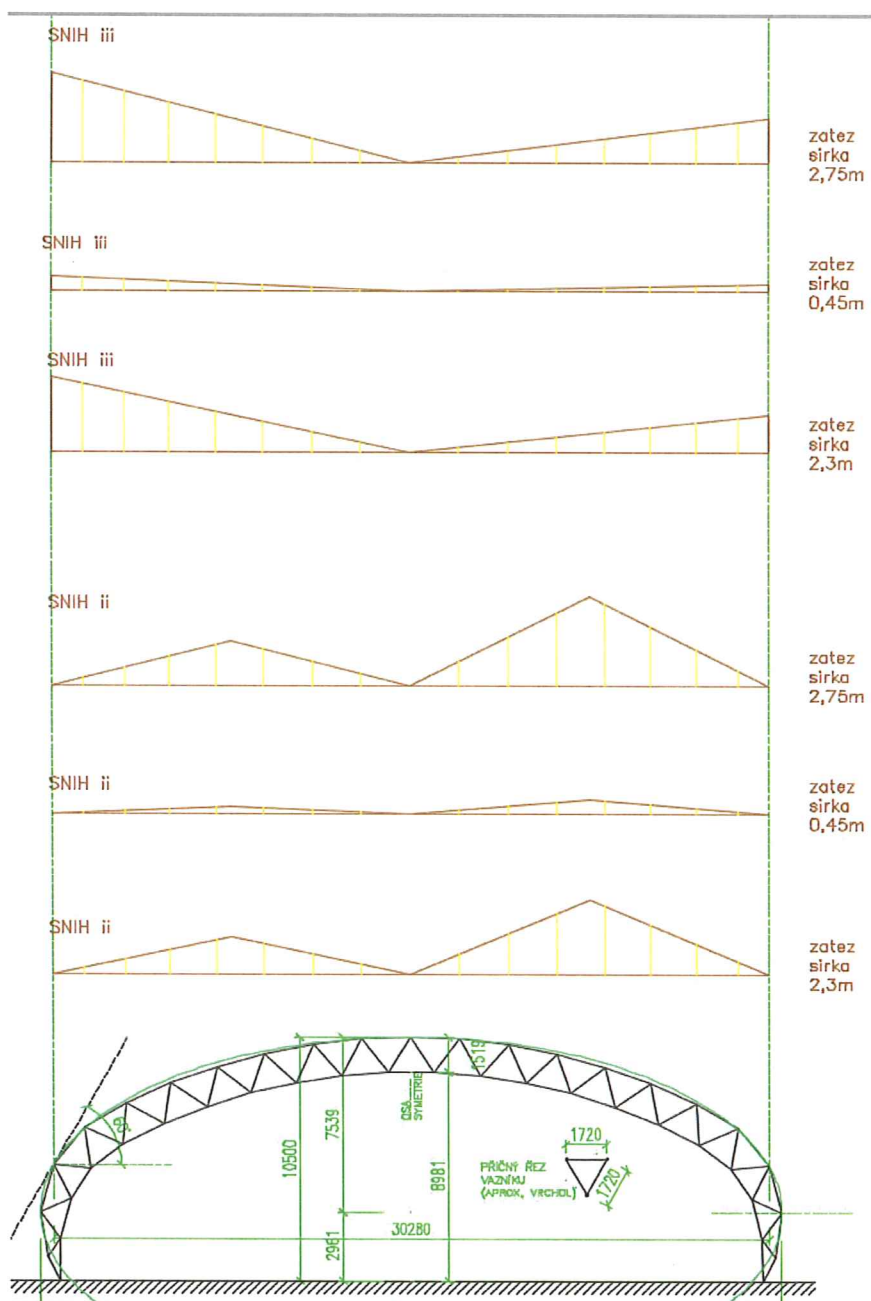


0,70;(1,05) [kN/m²]

ZS4
sníh iii



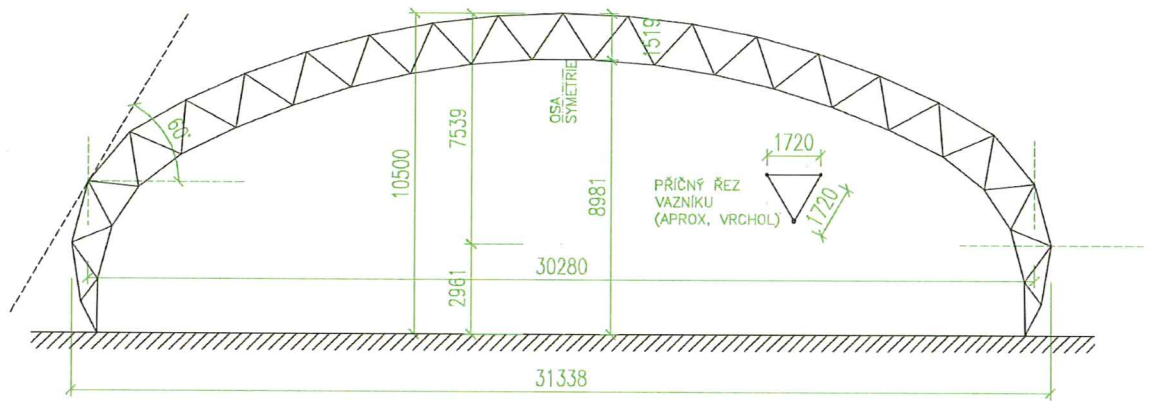
zatížení sněhem bylo ve výpočtovém modelu pak aplikováno na horní pásy 3D příhradových vazníků, hodnoty pro konkrétní kombinace byly odečteny v AutoCAD-u z jednotlivých zatěžovacích obrazců



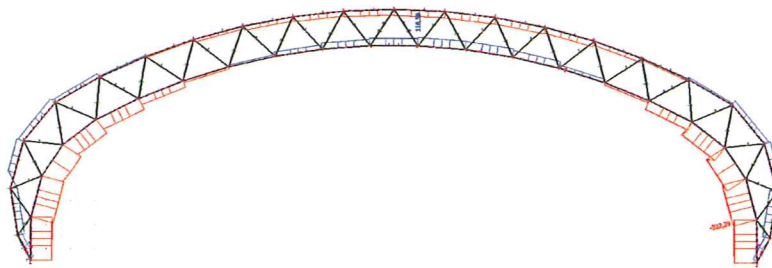
Posouzení 3D příhradového (trubkového) vazníku

MSU - mezní stav únosnosti

řez halou:

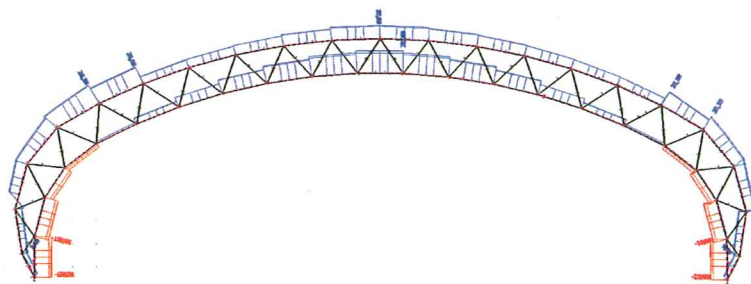


obálka normálových sil - 3D příhradové vazníky - zatížení sněhem
(rozhodne sníh ii)



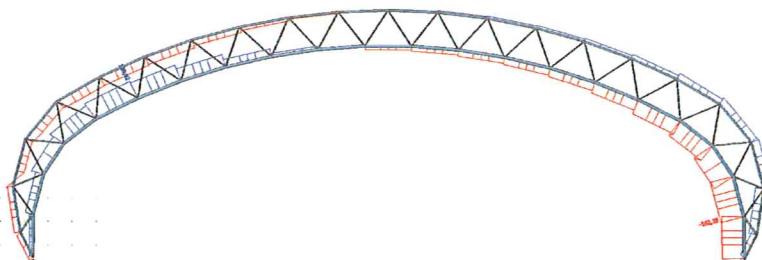
	N_{Ed}
H.PAS	-101,01 kN
tlak	CO-MSU-02-A-II
H.PAS	101,19 kN
tah	CO-MSU-02-A-II
D. PAS	-322,29 kN
tlak	CO-MSU-02-A-II
D. PAS	116,59 kN
tah	CO-MSU-02-A-II

obálka normálových sil - 3D příhradové vazníky - zatížení větrem podélným
(sání větru)



	N_{Ed}
H.PAS	-57,98 kN
tlak	CO-MSU-01-B-III
H.PAS	68,57 kN
tah	CO-MSU-01-B-III
D. PAS	-226,49 kN
tlak	CO-MSU-01-B-III
D. PAS	45,85 kN
tah	CO-MSU-01-B-III

obálka normálových sil - 3D příhradové vazníky - zatížení větrem příčným
(sání větru)



	$N_{ed, max}$
H.PAS	-76,56 kN
tlak	CO-MSU-03-B-III
H.PAS	55,1 kN
tah	CO-MSU-03-B-III
D. PAS	-275,45 kN
tlak	CO-MSU-03-B-II
D. PAS	170,05 kN
tah	CO-MSU-03-B-III

Návrh z trubek válcovaných za tepla, ocel S235J0 ($f_y=235\text{MPa}$)

návrhová pevnost: $f_{yd}=f_y/\gamma_{M0} = 235/1,0 = 235\text{MPa}$

Posouzení prutů vazníku - tah/tlak, průřezové veličiny (záporné znaménko značí tlak)

tah: $N_{t,Rd} = A \cdot f_y$

tlak: $\lambda_y = L_{cr}/i$ $\lambda_{rel} = \lambda_y/\lambda_1 = \frac{\lambda_y}{93,9} \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ $N_{b,Rd} = (\chi \cdot A \cdot f_y) / \gamma_{M1}$

Tažené pruty

ozn.prvku	$N_{Ed}[\text{kN}]$	profil	$A[\text{mm}^2]$	$i[\text{mm}]$	$f_y[\text{MPa}]$	$N_{t,Rd}[\text{kN}]$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
H. PÁS	116,59	TR 76,1/5	1120	25	235	263,20	0,443

vše < 1

Tlačené pruty

ozn.prvku	$N_{Ed}[\text{kN}]$	profil	L_{teor}	L_{cr}/L	L_{cr}	λ_y	λ_{rel}
D.PÁS	-322,29	TR 114,3/5	1770	0,9	1593	40,85	0,435
diagonály	-66,82	TR 60,3/3	2015	0,9	1813,5	129,54	1,380
podélníky	-16,18	TR42,4/4	1720	0,9	1548	110,57	1,178
diag. (rov.stř)	-11,34	TR42,4/4	2701	0,9	2430,9	173,64	1,849
trojúhelník	-44,56	TR 76,1/5	1200	0,9	1080	43,20	0,460
H. PÁS	-101,01	TR 76,1/5	2082	0,9	1873,8	74,95	0,798

Tlačené pruty - pokrač. TAB

ozn.prvku	$N_{Ed}[\text{kN}]$	χ	$A[\text{mm}^2]$	$i[\text{mm}]$	$f_y[\text{MPa}]$	N_{Rd}	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
D.PÁS	-322,29	0,943	1720	39	235	381,16	0,846
diagonály	-66,82	0,686	540	14	235	87,05	0,768
podélníky	-16,18	0,543	483	14	235	61,63	0,263
diag. (rov.stř)	-11,34	0,257	483	14	235	29,17	0,389
trojúhelník	-44,56	0,936	1120	25	235	246,36	0,181
H. PÁS	-101,01	0,797	1120	25	235	209,77	0,482

vše < 1

Konstrukční zásady:

Pro dimenze spodního a horního pásu byla dodržena doporučená mezní štíhlost $\lambda < 200$

V návrhu prutů byla zohledněna větší tl. stěny pásů, než tl. stěn výplňových prutů

Navržená profilace příhradového nosníku vyhoví MSU

Posouzení 3D příhradového (trubkového) vazníku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/250$$

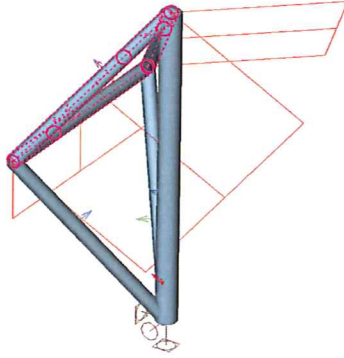
$$L = 29700 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 118,8 > \delta_z = -15,5 \text{ mm}$$

CO-MSP-02-A-III

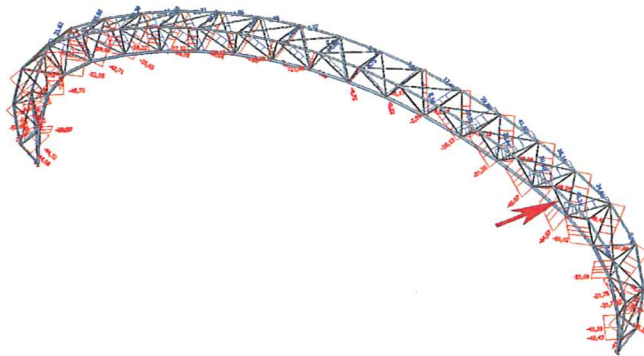
Navržená profilace příhradového nosníku vyhoví MSP

první trojúhelník patky 3D vazníku



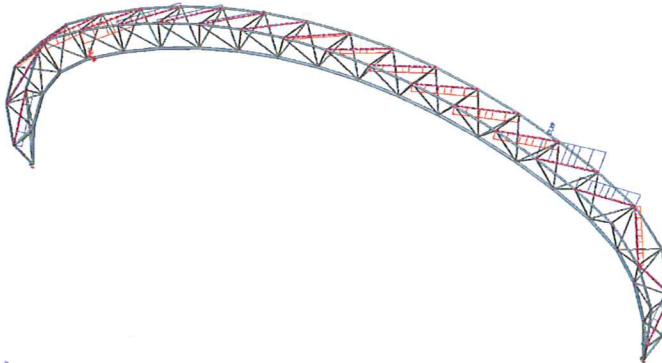
$N_{ed, max}$
-44,56 kN
tlak CO-MSU-02-A-II

diagonály 3D vazníku



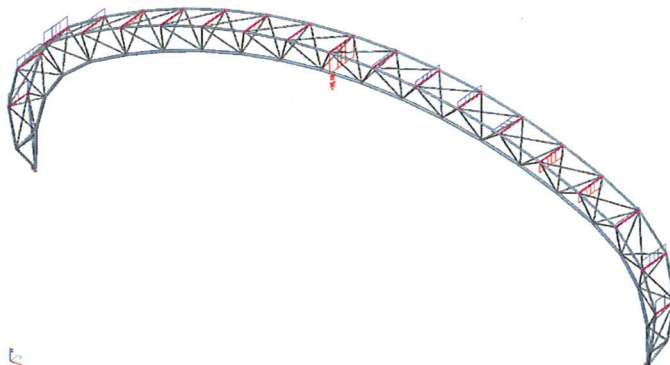
$N_{ed, max}$
-66,82 kN
tlak CO-MSU-02-A-II

diagonály ve střešní rovině 3D vazníku



$N_{ed, max}$
-11,34 kN
tlak CO-MSU-01-B-II

podélníky ve střešní rovině 3D vazníku

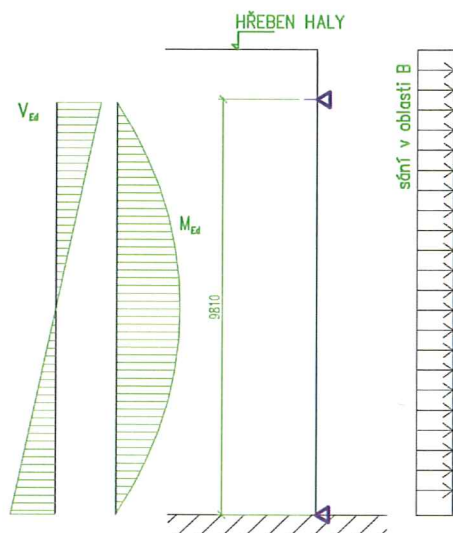


$N_{ed, max}$
-16,18 kN
tlak CO-MSU-01-B-II

Posouzení průčelního sloupu

MSU - mezní stav únosnosti

schéma podepření a zatížení:



M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	kombinace zatěžovacích stavů
17,97	7,57	CO-MSU-03-B-I

(max. M_{Ed} vznikne ve větrné oblasti B)

L= 9810 mm

OCEL S 235

E= 210000 MPa

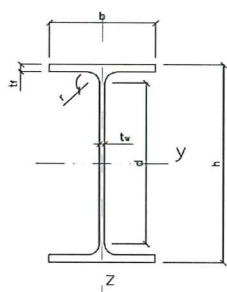
G= 81000 MPa

(vnitřní síly získány z programu
SCIA Engineer 16.1)Průčelní sloup bude posouzen pro kombinaci zatížení **CO-MSU-03-B-I** na ohyb**Návrh průčelního sloupku: IPE160**Průřezové hodnoty pro **IPE 160**

(hodnoty odečtené z tabulek ISBN 978-80-01-04655-5)

h=	160 mm
b=	82 mm
t _f =	7,4 mm
t _w =	5 mm
r=	9 mm
A=	2009 mm ²
A _{v,z} =	966 mm ²
I _y =	8,693E+06 mm ⁴
I _z =	6,831E+05 mm ⁴

i _y =	65,8 mm
i _z =	18,4 mm
I _w =	3,959E+09 mm ⁶
I _t =	3,604E+04 mm ⁴
W _y =	108700 mm ³
W _z =	16610 mm ³
W _{pl,y} =	123900 mm ⁴
W _{pl,z} =	26100 mm ⁵



*pozn

Vnější pásnice sloupku je držena fasádním pláštěm proti vybočení. Toto spojení se provede přišroubováním sendvičového panelu (popř. skládaného pláště s TR plechem) ala 300mm. Budou užity TEX vruty, resp systémové spojovací prvky dodavatele pláště. Tento návrh není obsahem bakalářské práce. V uložení u horního zhlaví bude sloup spojen kluzně ve svislém směru s vazníkem. Toto spojení může být realizováno např. oválným otvorem.

návrhová pevnost: $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235 \text{ MPa}$

Momentová únosnost:

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 123900 \cdot 235 =$$

29,12 kNm >

17,97 M_{Ed} [kNm]

Smyková únosnost:

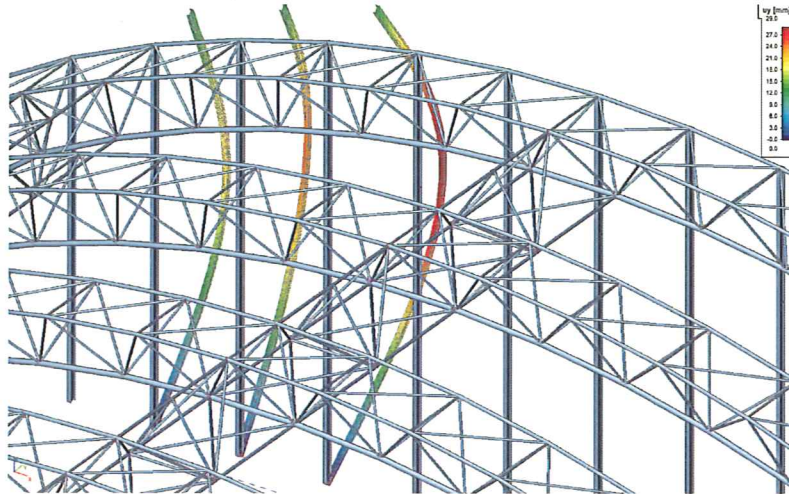
$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 966 \cdot 235 / 3^{0,5} =$$

131,06 kN >

7,57 V_{Ed} [kN]**Návrh průčelního sloupku IPE160 - VYHOVI MSU**

Posouzení průčelního sloupku

MSP - mezní stav použitelnosti



maximální přípustná velikost deformace:

$$\delta_{lim} = L/150$$

$$L = 9810 \text{ mm}$$

$$\delta_y = 29 \text{ mm}$$

CO-MSP-02-A-III

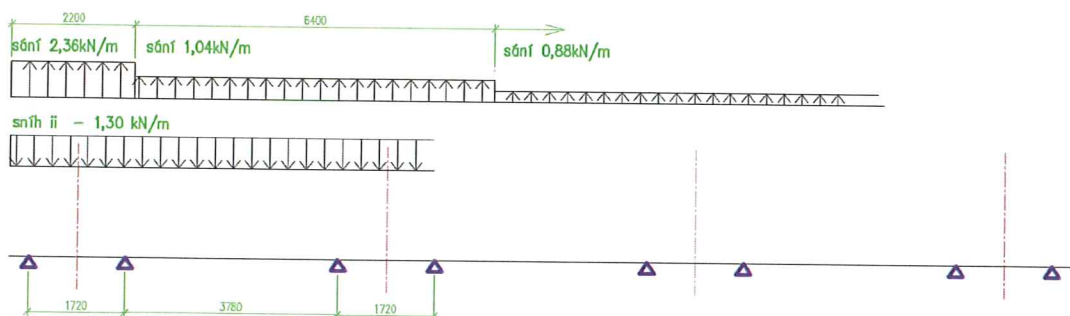
$$\delta_{lim} = 65,40 >$$

Navržená profilace průčelního sloupku **IPE160** vyhoví MSP

Posouzení tenkostěnné vaznice

posouzení dle výrobce SAB

schéma podepření a zatížení:



Hodnoty zatížení jsou již přepočteny pro zatěžovací šíři 2m. V potaz se bere vítr podélný (sání)

vlastní tíha střešního pláště, viz ZS 2 0,6 kN/m (na pruhu š.2m)
 předpoklad vlastní tíhy tenkostěnné vaznice: 0,1 kN/m

kombinace zatížení:

K1- stálé + sníh = $1,35(0,1+0,6)+1,5 \cdot 1,30 =$ 2,895 kN/m = q_{Ed} sníh
 K1_k- stálé + sníh = $1(0,1+0,6)+1 \cdot 1,30 =$ 1,4 kN/m = q_k sníh
 K2- stálé + vítr = $1,0 \cdot (0,1+0,6) - 1,5 \cdot 2,36 =$ -2,84 kN/m = q_{Ed} sání větru

(kombinace 2 byla spočtena konzervativně s nejvyšší hodnotou sání větru spojitě)

Návrh vaznice: Z 180/1,5 SAB

vlastní hmotnost 4,02 kg/m
 ocel S350GD
 $f_y =$ 350 Mpa

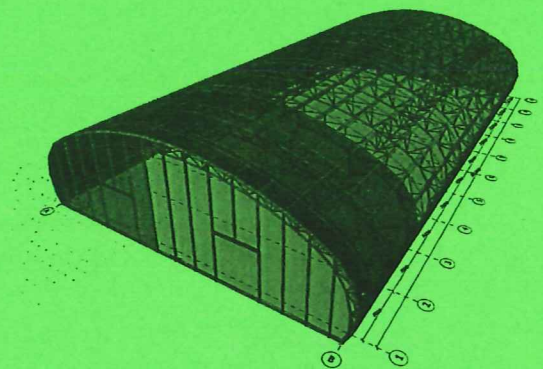
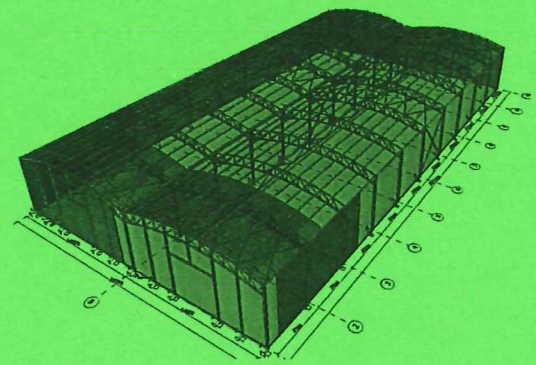
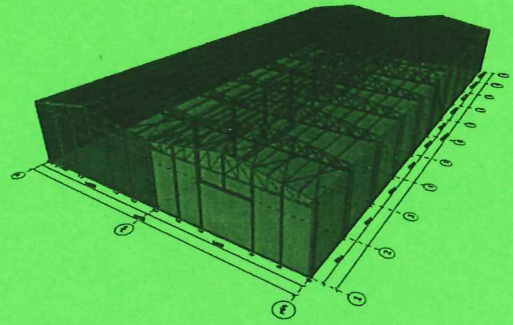
Únosnost:

určena dle TAB fy. SAB pro nejmenší uváděné rozpětí 4,0m

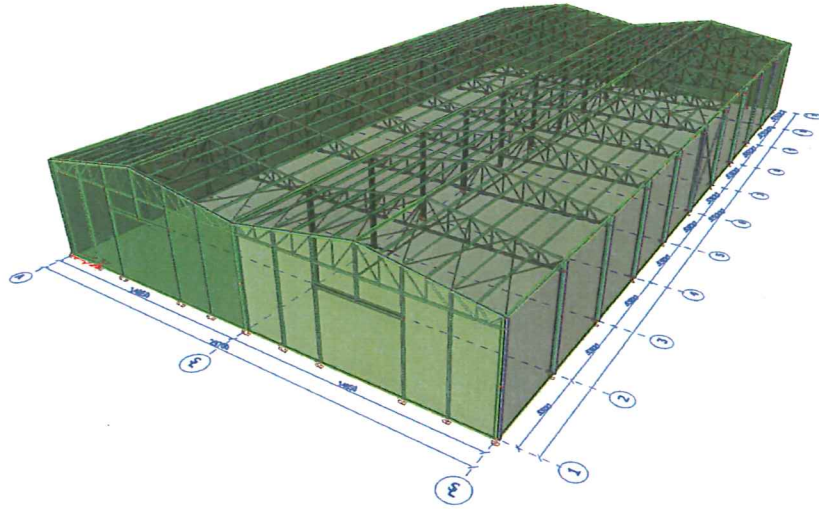
K1	$q_{Rd} =$	4,03 kN/m > $q_{Ed} =$	2,895 kN/m	sníh
K1 _k	$q_{Rk} =$	5,57 kN/m > $q_{Ek} =$	1,4 kN/m	pro $\delta_{lim} = L200$
K2	$q_{Rd} =$	-3,68 kN/m > $q_{Ed} =$	-2,84 kN/m	sání větru

Návrh vaznice: Z 180/1,5 SAB - VYHOVI MSU a MSP

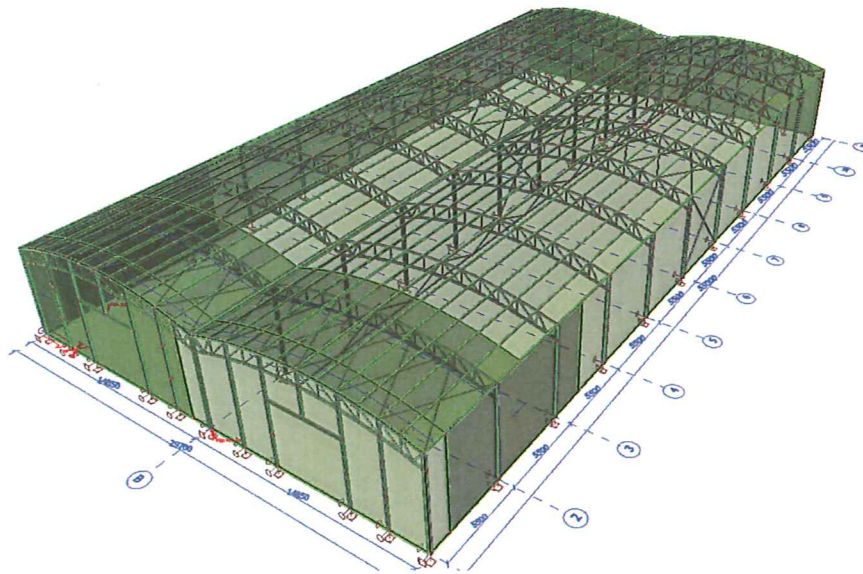
ZHODNOCENÍ VARIANT



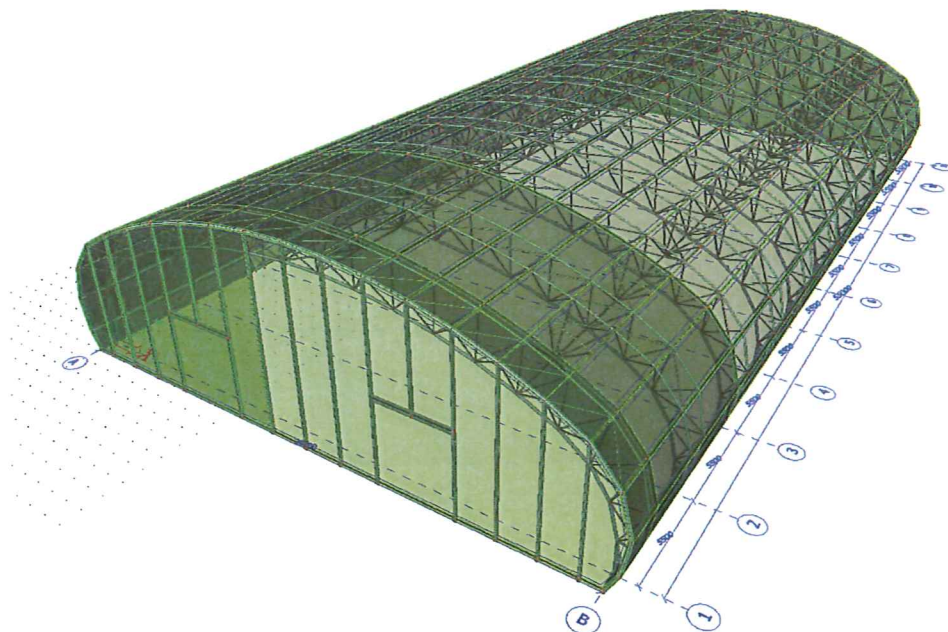
Porovnání celkové hmotnosti oceli:



HALA A: 43,37 t



HALA B: 39,92 t

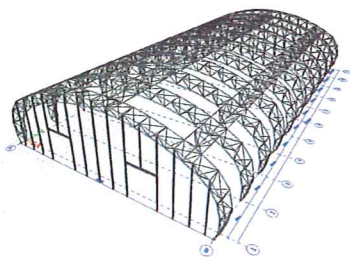


HALA C: 34,12 t

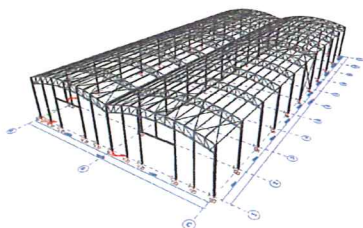
Zhodnocení výsledků:

Jako souhrnné základní hodnotící kritérium bakalářské práce na porovnání jednotlivých typů konstrukce hal byla určena celková hmotnost všech konstrukčních prvků použitých vždy pro danou variantu haly. Pořadí dle celkové hmotnosti ocelové konstrukce bylo určeno od nejllehčí po nejtěžší tonáž konstrukce takto:

1. Varianta C, s eliptickým vazníkem tvořeným prostorovou příhradovinou
34,12t

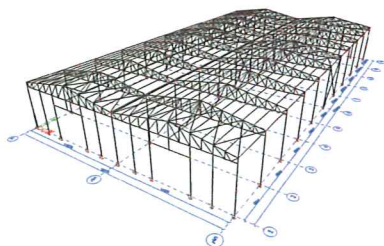


2. Varianta B, dvojlodní sloupová hala s obloukovým příhradovým vazníkem
39,92t



Varianta A, dvojlodní sloupová hala se sedlovým příhradovým nosníkem

43,37t

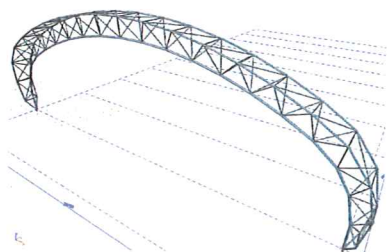


V případě, že hmotnost ocelové konstrukce varianty C bude stanovena jako referenční, pak varianta B je o cca 17% hmotnější, varianta A pak hmotnější o 27%, proti hmotnosti použité oceli u varianty eliptické haly s 3D příhradovými vazníky.

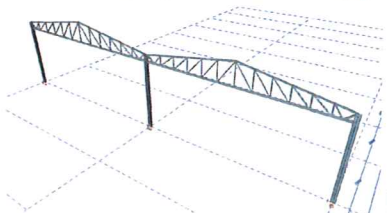
Rozdíl v hmotnosti mezi var. A a B je zejména v profilech použitých pro sloupy. U varianty A bylo nutné použít pro sloupy profilů IPE300, což bylo způsobeno zejména rozdílným působením příčného větru, kdy u sedlové střechy se zvoleným sklonem cca 10° přispěl tlak a sání větru k většímu namáhání. U obloukové střechy se zvoleným poloměrem cca 23m dochází na celém povrchu střechy k sání ve směru radiály (u příčného větru) a nepřispívá tak výrazně pro výsledný ohyb sloupů v tuhé ose. Z tohoto pohledu se pak i eliptický tvar jeví jako nejvýhodnější na zatížení způsobené větrem, kdy podíl tlaku na návětrné straně je snížen vlastním eliptickým profilem. Taktéž zatížení sněhem je pak nevýhodné u vícelodních hal, protože dochází k lokálnímu zatížení ve středních úžlabích. U eliptické varianty dále nebyly použity vaznice z válcovaných profilů, ale byly nahrazeny

tenkostěnnými vaznicemi typu Z, které byly přičteny do zatěžovacího stavu ZS2 navýšením plošného zatížení.

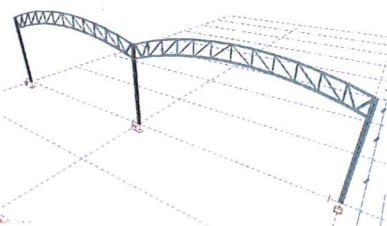
Zajímavé je také i srovnání hlavních nosných skupin. U variant A a B jsou obdobné, varianta C je oproti nejlehčí var. A o cca 50% hmotnější. Nicméně v celkovém součtu pak u klasické koncepce hal A a B hraje výrazný podíl hmotnost ostatních ztužujících prvků, naopak u řešení s prostorovou příhradovinou je hmotnost dalších prvků nutných pro prostorovou tuhost haly výrazně snížena.



hmotnost 3D vazníku (kompletní skupina, obr.) **2,31t**



hmotnost vazníku+sloupy (kompletní skupina, obr.) **1,75t**



hmotnost vazníku+sloupy (kompletní skupina, obr.) **1,53t**

Jako další hledisko, na které by se měl brát při volbě typu haly zřetel, by pak byly možnosti s jakými lze jednotlivé haly využívat. Eliptický tvar haly bude mít vždy výhodu celkově lehčí konstrukce, ale bude uživatele do jisté míry omezovat absencí svislých „stěnových“ ploch, což může být nevhodné pro vybavení haly např. regálovým systémem. Dále pak může být limitující umístění haly tohoto tvaru v navazující zástavbě. Druhé dvě zvolené varianty hal s dvojlodní konstrukcí omezují pak uživatele prostřední vloženou sloupovou řadou. Řešením a přiblížením volnou podlahovou plochou k variantě eliptické by tak byla změna na jednodlní dispozici, což by ale zase v důsledku vedlo k navýšení dimenzí zvláště u příhradových vazníků a ještě většímu rozdílu v hmotnosti oceli potřebné pro konstrukci.

V neposlední řadě by bylo nutné zvážit i náročnost výroby. U hal A a B je výroba příhradového vazníku jednoznačně snazší, v porovnání s výrobou 3D příhradoviny, kde by navíc vazník musel být proveden z více montážních dílů z důvodů přepravy. Ve prospěch výrobní jednoduchosti A i B navíc přistupuje i možnost zjednodušení použitím čtvercových trubek (jäcklů) jako vnitřních (výplňových) prutů příhrady namísto trubek kruhových.

Z hlediska celkové hmotnosti, nízkých celkových hodnot deformací a velkého dosahovaného rozpětí haly bez střední řady sloupů se ale jeví jednoznačně nejlepší varianta A.

V Praze, dne 25.5.2017
Michal Česák

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE