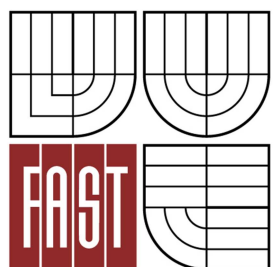




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

MULTIFUNKČNÍ SPORTOVNÍ HALA

MULTIFUNCTIONAL SPORT HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Václav Škatula

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Václav Škatula

Název Multifunkční sportovní hala

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011

Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1993-1-1 až 8 Navrhování ocelových konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení větrem
- [5] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce - konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985

Zásady pro vypracování

Vypracujte statický návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce haly sloužící převážně ke sportovním účelům. Minimální půdorysné rozměry konstrukce jsou 25 x 40 m. Světlá výška v budově je stanovena minimálně na 6 m.

Proveďte návrh nosné konstrukce v souladu s technickými a architektonickými požadavky souvisejícími s účelem stavby. Návrh zpracujte předběžně ve dvou konstrukčních variantách, proveďte zhodnocení variant a vybranou variantu zpracujte v detailním řešení. Klimatická zatížení uvažujte pro oblast Ostrava. Pro nosnou konstrukci použijte ocel standardních pevností.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce.

Dispozice budovy.

Výrobní výkres vybraných prvků konstrukce v rozsahu specifikovaném vedoucím bakalářské práce.

Technická zpráva.

.....
Ing. Jan Barnat, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením nosné ocelové konstrukce multifunkční haly obdélníkového půdorysu. Objekt se nachází v městské zástavbě v Ostravě. Projekt je vypracován ve dvou variantách. První variantu tvoří deset příčných vazeb po pěti metrech. Druhou variantu tvoří šest příčných vazeb po devíti metrech. Práce je zaměřena na zatížení konstrukce ocelové haly, přičemž je kladen důraz na jednotlivé konstrukční prvky a montážní dílce. Výpočty jsou zpracovány podle platných normativů ČSN EN.

Klíčová slova

Nosná konstrukce, ocelová konstrukce, zatížení, namáhání, sportovní hala

Abstract

The bachelor thesis presents a project of a load bearing structure of a multifunction hall that has a rectangular ground plan and also deals with the assessment of the project. The object is situated in the urban area of Ostrava. The task provides two versions of design. The first version consists of ten traverse joining beams which are distanced five meters from each other. The second version consists of six traverse joining beams which are distanced nine meters from each other. The thesis focuses on the load pressure of the steel construction, the main emphasis being placed on the single structural components and assembling components. The calculation meet the standards of ČSN EN.

Keywords

Load bearing structure, steel structure, loading, load pressure, sports hall

Bibliografická citace VŠKP

ŠKATULA, Václav. *Multifunkční sportovní hala*. Brno, 2011. 198 s., 15 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16.5.2012

.....
podpis autora
Václav Škatula

Poděkování

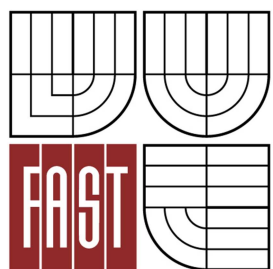
Rád bych poděkoval panu Ing. Janu Barnátovi za cenné rady a připomínky tykající se vypracování bakalářské práce. Dále velice děkuji svým rodičům za podporu ve studiu.

Obsah

1. Statický výpočet varianty I
2. Statický výpočet varianty II
3. Hodnocení variant
4. Řešení vybraných detailů
5. Technická zpráva
6. Přílohy



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

STATICKÝ VÝPOČET VARIANTY I

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV ŠKATULA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

Obsah

1	Geometrie konstrukce.....	3
1.1	Geometrie konstrukce haly.....	3
1.1.1	Popis konstrukce haly.....	3
1.1.2	Střešní a obvodový plášť.....	3
1.1.3	Vazník.....	3
1.2	Geometrie konstrukce budovy zázemí.....	4
1.2.1	Popis konstrukce.....	4
1.2.2	Střešní a obvodový plášť.....	5
2	Zatížení.....	7
2.1	Stálá zatížení.....	7
2.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce.....	7
2.1.2	Stálé zatížení.....	7
2.2	Proměnná zatížení.....	8
2.2.1	Zatížení sněhem.....	8
2.2.2	Zatížení větrem.....	12
2.2.3	Užitné zatížení.....	20
2.2.4	Nahodilé zatížení střechy.....	20
3	Řešení lodě haly.....	20
4	Kombinace zatěžovacích stavů pro 1. MS.....	21
4.1	Pravidla tvoření kombinací.....	21
4.2	Výpis kombinací nebezpečných na únosnost.....	21
5	Vnitřní síly – příčná vazba.....	22
6	Návrh a posouzení střešního a obvodového pláště.....	29
6.1	Návrh a posouzení střešního pláště haly.....	29
6.2	Návrh a posouzení obvodového pláště haly.....	29
7	Příčná vazba – posouzení na 1. MS.....	30
7.1	Vazník.....	30
7.1.1	Vzpěrné délky.....	30
7.1.2	Posouzení horního pásu.....	31
7.1.3	Posouzení dolního pásu na vzpěr.....	34
7.1.4	Posouzení dolního pásu na tah.....	35
7.1.5	Posouzení první až páté diagonály na vzpěr.....	36

7.1.6	Posouzení ostatních diagonál na vzpěr.....	37
7.1.7	Posouzení svislic na vzpěr.....	39
7.2	Sloup.....	40
7.2.1	Vzpěrné délky	40
7.2.2	Posouzení sloupu.....	41
8	Příčná vazba – posouzení na 2.MS	45
8.1	Pravidla tvoření kombinací	45
8.2	Výpis kombinací nebezpečných na použitelnost.....	45
8.3	Posouzení	48
9	Ztužidla	48
9.1	Hodnoty vnitřních sil	48
9.2	Příčné ztužidlo v rovině sloupů.....	49
9.2.1	Návrh a posouzení diagonály - táhla	49
9.2.2	Návrh a posouzení vertikály - vzpěry	50
9.3	Příčné ztužidlo v rovině střechy.....	52
9.3.1	Přídavné zatížení	52
9.3.2	Návrh a posouzení diagonály - táhla	53
9.4	Podélné střešní ztužidlo	53
9.4.1	Vzpěrné délky	53
9.4.2	Posouzení diagonály - vzpěry	54
9.4.3	Posouzení dolního pásu.....	55
9.4.4	Posouzení horního pásu	56
10	Řešení budovy zázemí	59
11	Návrh a posouzení opláštění a nosného stropního systému	59
11.1	Návrh a posouzení střešního pláště budovy zázemí	59
11.2	Posouzení obvodového pláště budovy zázemí	60
11.3	Návrh a posouzení stropních panelů budovy zázemí	61
12	Příčná vazba – posouzení na 1. MS	62
12.1	Pravidla tvoření kombinací	62
12.2	Výpis kombinací nebezpečných pro 1. MS.....	62
12.3	Hodnoty vnitřních sil	63
12.4	Střešní průvlak.....	71
12.5	Střešní stropnice.....	72
12.6	Stropní průvlaky	73

12.7	Sloup.....	74
12.7.1	Vzpěrné délky.....	74
12.7.2	Posouzení sloupu.....	76
13	Podélné ztužidlo – posouzení na 1. MS.....	79
13.1	Vzpěrné délky.....	79
13.2	Posouzení ztužidla – diagonály.....	80
13.3	Posouzení ztužidla – vodorovné tlačené pruty.....	81
14	Posouzení na 2. MS.....	82
14.1	Pravidla tvoření kombinací.....	82
14.2	Výpis kombinací nebezpečných na použitelnost.....	83
14.3	Hodnoty deformací.....	84
14.4	Posouzení.....	85
15	Přehledné schéma pro výkresovou dokumentaci.....	86

1 Geometrie konstrukce

1.1 Geometrie konstrukce haly

1.1.1 Popis konstrukce haly

Půdorysné rozměry haly jsou: šířka 35 m, délka 45 m. Rozteč hlavních nosných sloupů je 5 m. Výška haly v hřebeni je 15,1 m.

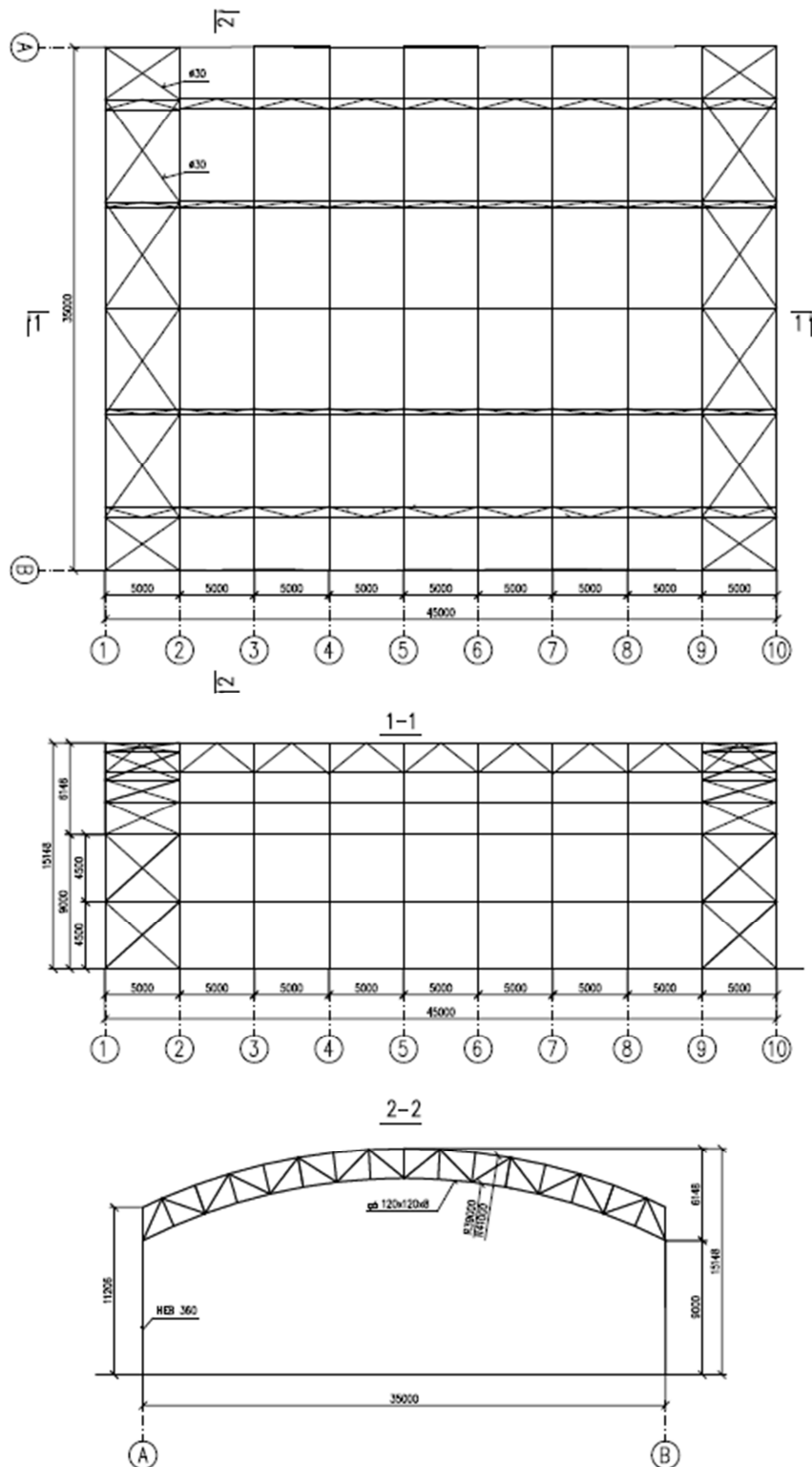
Objekt je situován v městské zástavbě v Ostravě části Karolina.

1.1.2 Střešní a obvodový plášť

Střešní plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 XD tl. 80mm, který je navržen jako spojitý nosník o dvou polích $l = 5\text{m}$. Hydroizolace bude provedena polymerovou fólií.

1.1.3 Vazník

Vazník je navržen jako příhradový obloukový s podružnými svislicemi o rozpětí 35,0 m. Vnější oblouk o poloměru 41 m, vnitřní 39 m.



Obr. 1.1 Schéma lodě haly

1.2 Geometrie konstrukce budovy zázemí

1.2.1 Popis konstrukce

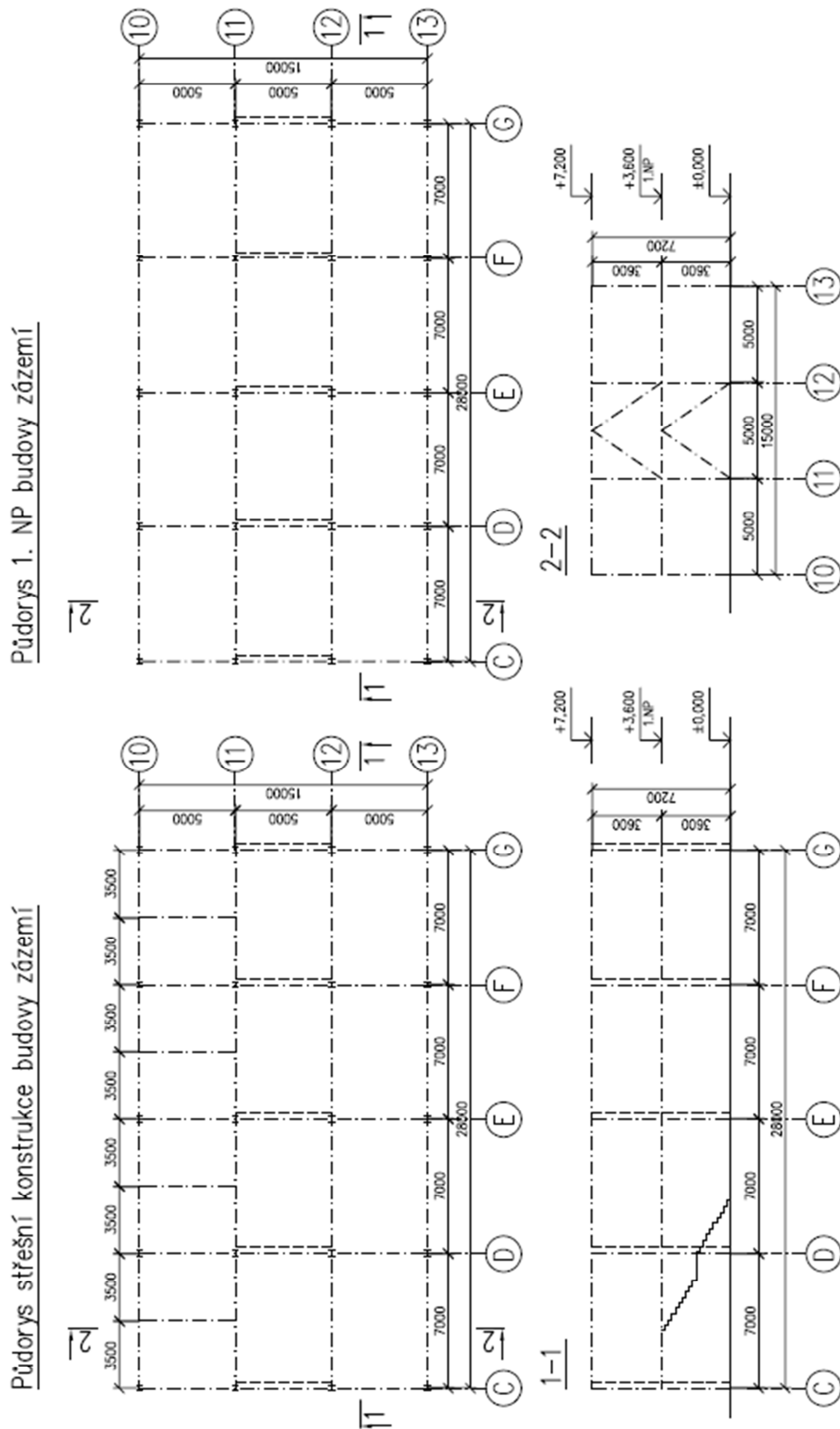
Půdorysné rozměry budovy jsou: šířka 28 m, délka 15 m. Rozteč hlavních nosných sloupů je 7 m v příčném směru a 5 m ve směru podélném. Výška objektu v hřebeni je 7,2 m. Nosný systém je tvořen

rámem – kyvnými sloupy tvořenými profily HEA s vetknutými průvlaky tvořenými profily IPE. V podélném směru je ve středu rozpětí větrové podélné ztužidlo tvořené válcovanými trubkami. Nosný systém stropu je tvořen betonovými předpjatými panely typu „SPIROL“

1.2.2 Střešní a obvodový plášť

Střešní plášť je vytvořen ze střešních panelů Kingspan, které se budou klást přímo na střešní průlaky. Mezi vazbami 11 až 13 na rozpětí 5m, mezi vazbami 10 až 11 budou kladeny na stropnice s rozponem 3,5m.

Obvodový plášť bude tvořen stěnovými Kingspan KS1150 TF 200 s kombinací s prosklenou fasádou.



Obr. 1.2 schéma budovy zázemí

2 Zatížení

Zatížení je počítáno dle norem: ČSN EN 1991-1 (1)

ČSN EN 1991-3 (2)

ČSN EN 1991-4 (3)

2.1 Stálá zatížení

2.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha nosné konstrukce je generována studentskou verzí programu SCIA Engineer 2008

2.1.2 Stálé zatížení

a) Zatížení střechy haly

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Střešní panel Kingspan KS1000 XD	0,21	1,35	0,28
Polymerová PVC fólie	0,02	1,35	0,03
Suma	0,23		0,31
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	1,15		1,55

b) Zatížení stěn haly

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Stěnový panel KS 1000 APW 120	0,14	1,35	0,19
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	0,7		0,95

c) Zatížení střechy budovy zázemí

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Střešní panel Kingspan KS1000 XD	0,25	1,35	0,34
Polymerová PVC fólie	0,02	1,35	0,03
Suma	0,27		0,37
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	1,35		1,85

d) Zatížení stěn budovy zázemí

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Kingspan KS1150 TF 200	0,15	1,35	0,21
Suma	0,15		0,21
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	0,75		1,01

e) Zatížení patra budovy zázemí

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Předpjatý dutinový panel tl. 165 mm	2,8	1,35	3,78
Úpravy povrchu	0,5	1,35	0,68
Podhled	0,3	1,35	0,41
Suma	3,6		4,86
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	18,0		24,30

2.2 Proměnná zatížení

2.2.1 Zatížení sněhem

Charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 1,0$ kNm⁻² - II. sněhová oblast – Ostrava.

Součinitel expozice $C_e = 1,0$ - normální typ krajiny.

Součinitel teploty $C_t = 1,0$ - střecha s menší prostupností tepla menší než 1,0 Wm⁻²K⁻¹.

a) Zatížení lodě haly

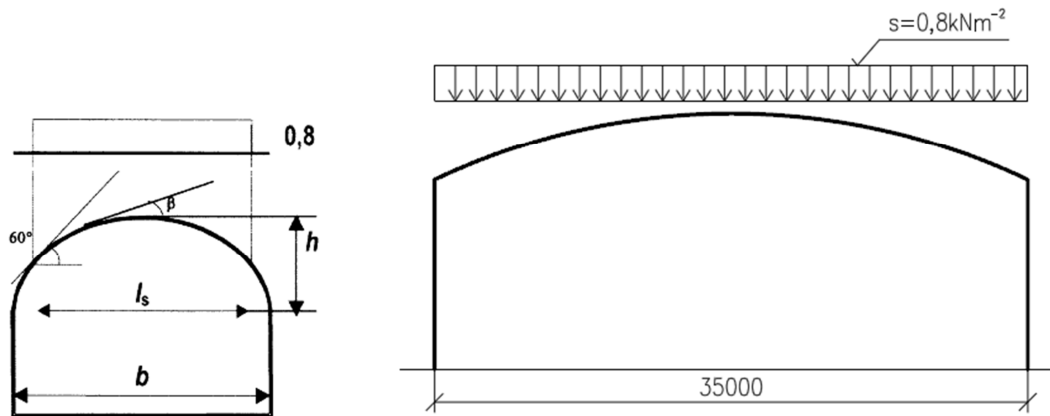
Stav (i) – nenavátý sníh

$$\mu_1 = 0,8$$

$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$$

	q_k [kNm ⁻¹]	γ_Q	q_d [kNm ⁻¹]
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	4,0	1,5	6,0



Obr. 2.1 Tvarové součinitele pro nenavátý sněh na válcových střechách (vlevo), schéma příčného řezu zatížení střechy nenavátým sněhem (vpravo).

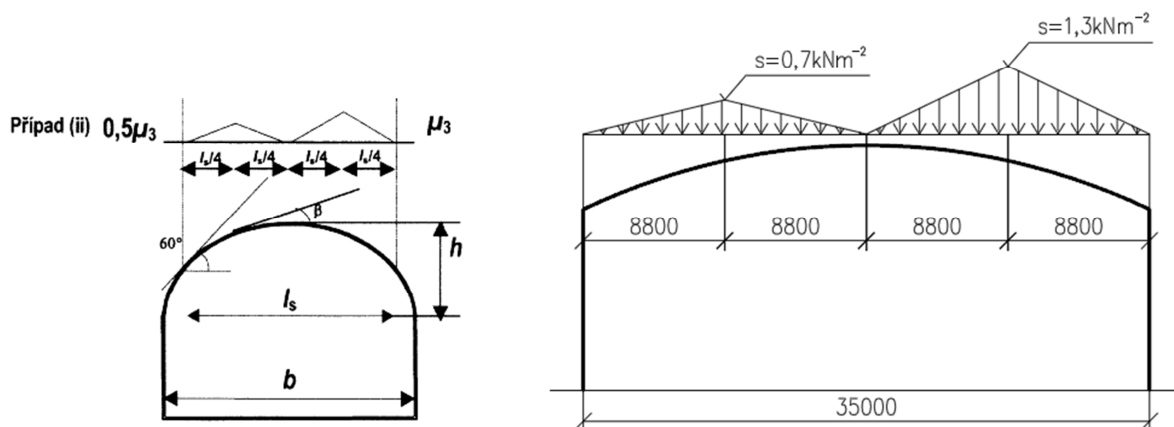
Stav (ii) – navátý sněh

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b = 0,2 + 10 \cdot 3,9/35 = 1,3$$

$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ kNm}^{-2}$$

	q_k [kNm ⁻¹]	γ_Q	q_d [kNm ⁻¹]
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	6,5	1,5	9,75



Obr. 2.2 Tvarové součinitele pro navátý sněh na válcových střechách (vlevo), schéma příčného řezu zatížení střechy navátým sněhem (vpravo)

Stav (iii) – navátý sněh

Uvažuji dle Národní přílohy (NA. 2.19) (2) s tím, že konstrukce může být opatřena sněžníky.

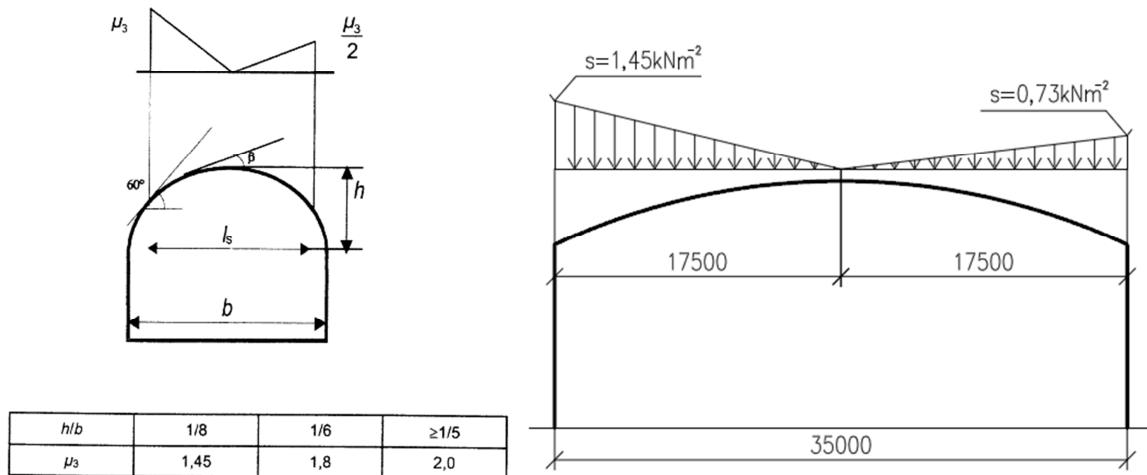
$$h/b = 3,9/35 = 0,12$$

$$\mu_3 = 1,45$$

$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,45 \text{ kNm}^{-2}$$

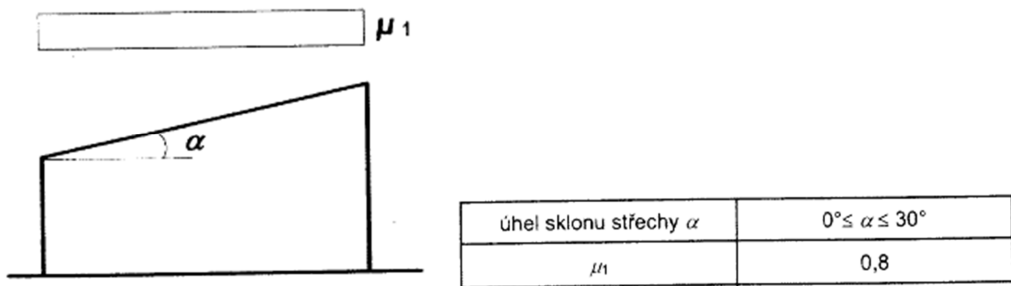
	q_k [kNm ⁻¹]	γ_Q	q_d [kNm ⁻¹]
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	7,25	1,5	10,88



Obr. 2.3 Tvarové součinitele pro navátý sníh na válcových střechách dle Národní přílohy (NA.1) (vlevo). Schéma příčného řezu zatížení střechy navátým sněhem (vpravo)

b) Zatížení budovy zázemím

Stav (i) – nenavátý sníh



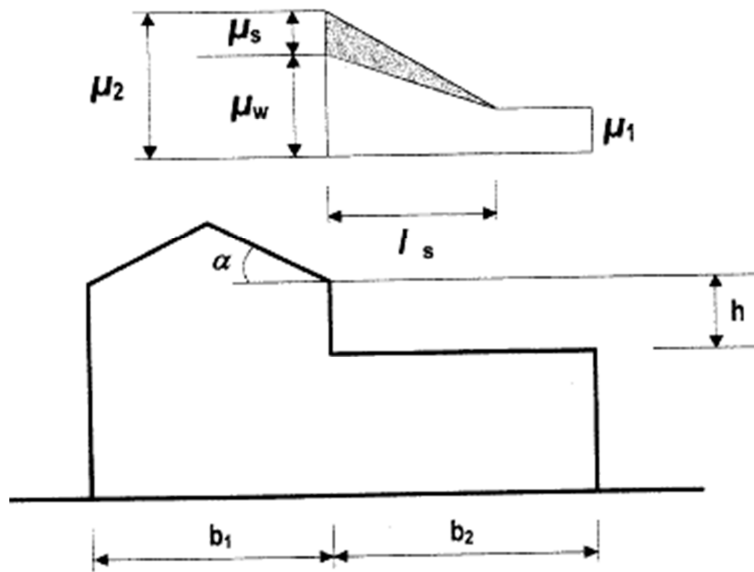
Obr. 2.4 Tvarové součinitele pro nenavátý sníh na rovné střeše

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$$

	q_k [kNm ⁻¹]	γ_Q	q_d [kNm ⁻¹]
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	4,0	1,5	6,0

Stav (ii) – navátý sníh



Obr. 2.7 Tvarové součinitele pro navátý sníh na rovné střeše přilehlé k vyšší stavbě

$$b_1 = 45 \text{ m}$$

$$b_2 = 15 \text{ m}$$

$$h_1 = 7,9 \text{ m}$$

$$h_2 = 5,7 \text{ m}$$

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 7,95 = 15,9 \text{ m}$$

$$\mu_1 = 0,8$$

$$\mu_s = 0 \quad \text{jelikož } \alpha = 0^\circ$$

$$\mu_{w1} = (b_1 + b_2)/2h_1 = (45 + 15)/2 \cdot 7,9 = 3,8$$

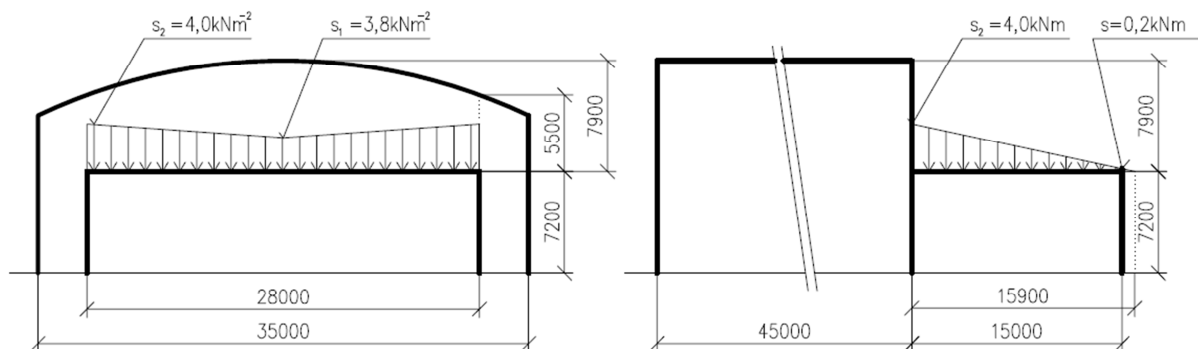
$$\mu_{w2} = (b_1 + b_2)/2h_2 = (45 + 15)/2 \cdot 5,5 = 5,5 > 4,0; \text{ uvažuji hodnotu } \mu_{w2} = 4,0$$

$$\mu_{2\text{dolní}} = \mu_s + \mu_w = 0 + 3,8 = 3,8$$

$$\mu_{2\text{horní}} = \mu_s + \mu_w = 0 + 4,0 = 4,0$$

$$s_1 = \mu_{2\text{dolní}} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 3,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 3,8 \text{ kNm}^{-2}$$

$$s_2 = \mu_{2\text{horní}} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 4,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 4,0 \text{ kNm}^{-2}$$



Obr. 2.8 Schéma příčného řezu (vlevo) a podélného řezu zatížení střechy navátým sněhem

2.2.2 Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25,0 \text{ ms}^{-1}$ odpovídá II. větrné oblasti – Ostrava

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ ms}^{-1}$

Kategorie terénu IV $z_0 = 1,0 \text{ m}$; $z_{min} = 10,0 \text{ m}$

Součinitel orografie $c_o(z) = 1,0$

Je zanedbán vnitřní tlak větru $c_{pi} = 0$

Měrná hmotnost vzduchu $\rho = 1,25 \text{ kgm}^{-3}$

U obou objektu je zanedbáno třením větrem; součinitel tření $c_{fr} = 0,01$ – opláštění má hladký povrch.

a) Zatížení lodě haly

$z = 15,0 \text{ m}$

Součinitel terénu

$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (1/0,05)^{0,07} = 0,234$

Součinitel drsnosti terénu

$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,234 \cdot \ln(15,0/1,0) = 0,634$

Střední rychlost větru

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,634 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 15,85 \text{ ms}^{-1}$

Základní dynamický tlak

$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,85^2 = 157,0 \text{ ms}^{-1}$

Součinitel expozice

$c_e(z) = 1 + 7 \cdot I_v(z) = 1 + 7 \cdot \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = 1 + 7 \cdot \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(15,0/1,0)} = 3,58$

Maximální dynamický tlak větru

$q_b(z) = c_e(z) \cdot q_b = 3,58 \cdot 157,0 = 562,7 \text{ Nm}^{-2}$

Stav(i) vítr působící kolmo na štítovou stěnu – svislé stěny

$b = 35 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

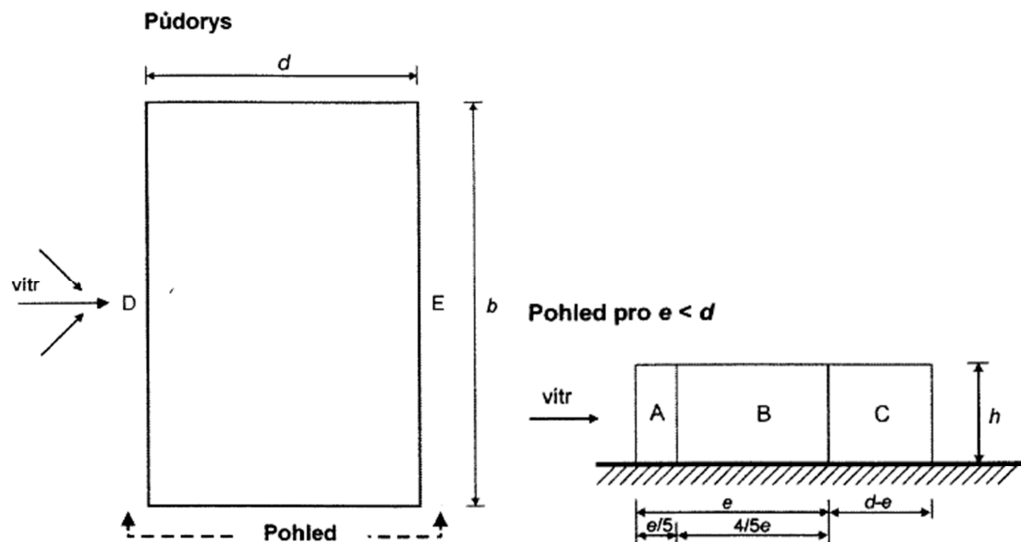
$h = 15 \text{ m}$

$e = \min(b; 2h) = \min(35; 2 \cdot 15) = 30 \text{ m}$

$d = 45 \text{ m}$

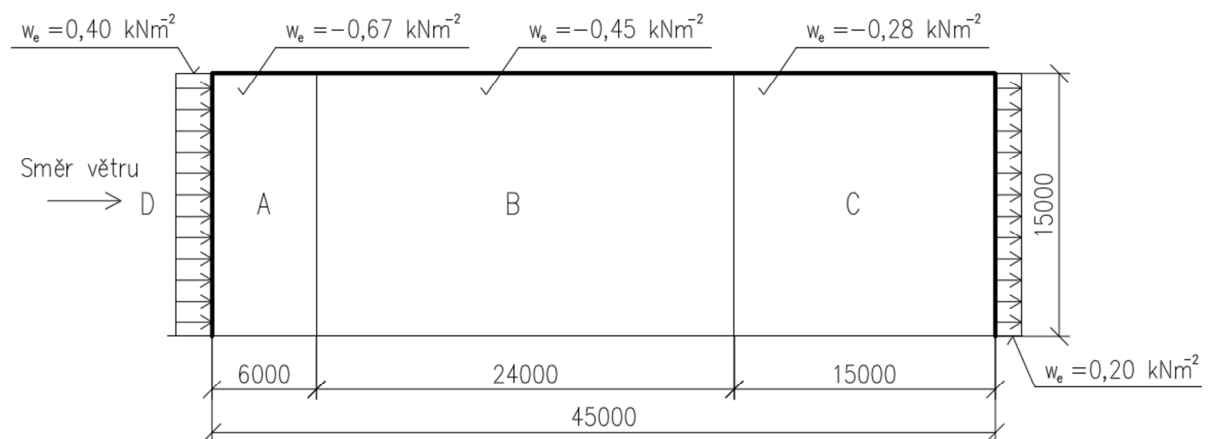
$h/d = 15/45 = 0,33$

$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$



Obr. 2.8 Legenda pro svislé stěny zatížené větrem

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,71	-0,32
w_e [kNm ⁻²]	-0,67	-0,45	-0,28	0,40	-0,18

Tab. 2.1 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky

Obr. 2.9 Schéma zatížení svislých stěn větrem kolmým k štítové stěně – příčný řez

Stav(i) vítr působící kolmo na štítovou stěnu – střecha

$b = 35 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

$h = 15 \text{ m}$

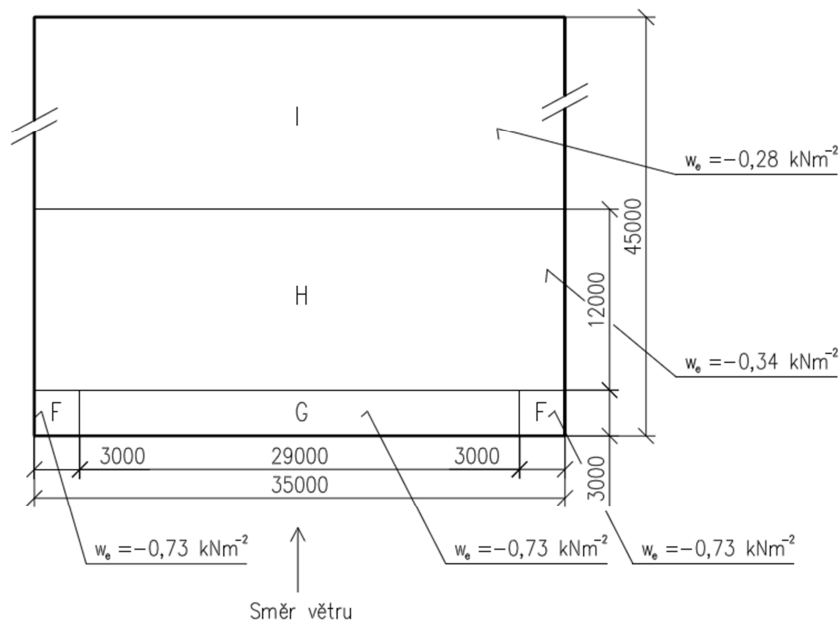
$e = \min(b; 2h) = \min(35; 2 \cdot 15) = 30 \text{ m}$

$d = 45 \text{ m}$

$\alpha = 15^\circ$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Oblast	F	G	H	I
$c_{pe,10}$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
w_e [kNm ⁻²]	-0,73	-0,73	-0,34	-0,28
w_{ek} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 5,0 m.	-3,66	-3,66	-1,69	-1,41
w_{ed} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 5,0 m.	-5,49	-5,49	-2,53	-2,11

Tab. 2.2 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky

Obr. 2.10 Schéma zatížení střechy větrem kolmým k štítové stěně – půdorys

Stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben – svislé stěny

$b = 45$ m – rozměr kolmý na směr větru

$h = 15$ m

$e = \min(b; 2h) = \min(45; 2 \cdot 15) = 30$ m

$d = 35$ m

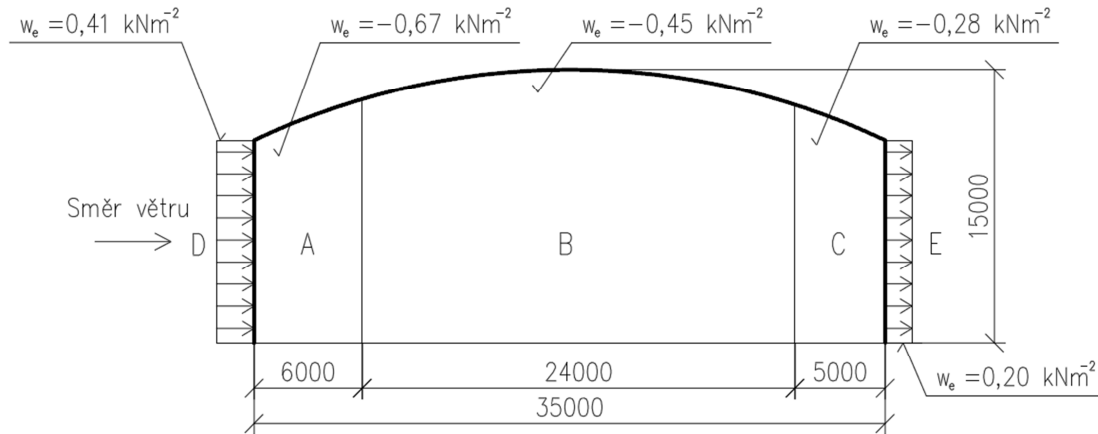
$h/d = 15/35 = 0,43$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,72	-0,35

w_e [kNm ⁻²]	-0,67	-0,45	-0,28	0,41	-0,20
----------------------------	-------	-------	-------	------	-------

Tab. 2.2 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky



Obr. 2.11 Schéma zatížení svislých stěn větrem kolmým k hřebenu – příčný řez

Stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben – střecha

$h = 9 \text{ m}$

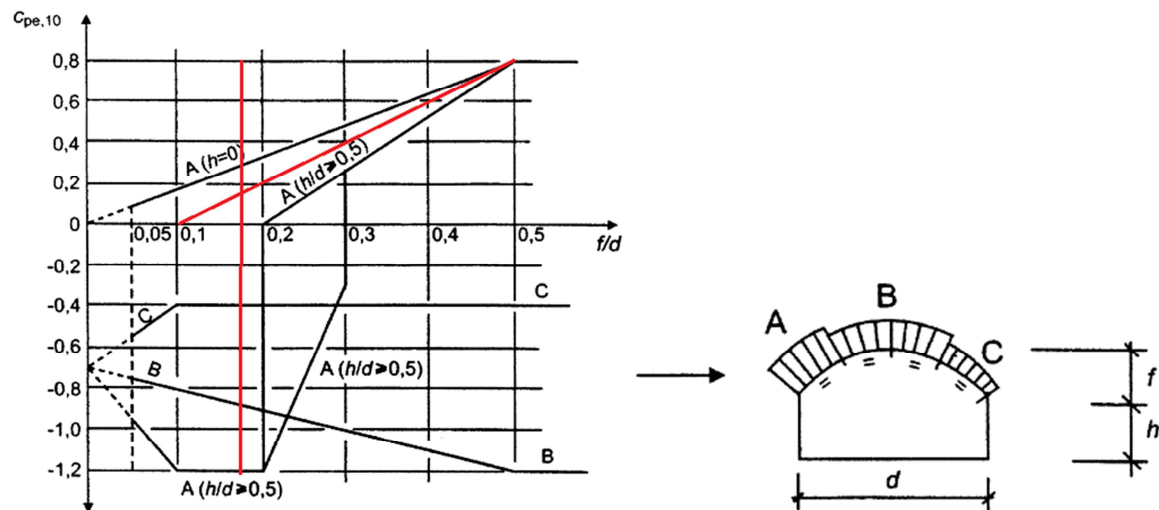
$f = 6 \text{ m}$

$d = 35 \text{ m}$

$h/d = 9/35 = 0,26$

$f/d = 6/35 = 0,17$

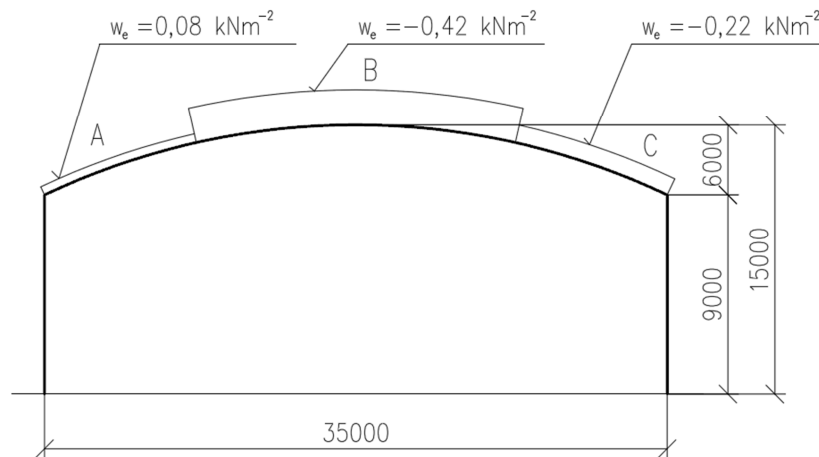
$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$



Obr. 2.12 Součinitele vnějšího tlaku c_{pe} pro válcové střechy nad pravoúhlým půdorysem.

Oblast	A	B	C
--------	---	---	---

$c_{pe,10}$	0,15	-0,75	-0,4
$w_e[\text{kNm}^{-2}]$	0,08	-0,42	-0,22
$w_{ek}[\text{kNm}^{-1}]$ pro zatěžovací šířku 5,0 m.	0,4	-2,1	-1,1
$w_{ed}[\text{kNm}^{-1}]$ pro zatěžovací šířku 5,0 m.	0,6	-3,15	-1,65

Tab. 2.3 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky

Obr. 2.15 Schéma zatížení střechy větrem kolmým k hřebenu – příčný řez

b) Zatížení budovy zázemí

$z = 7,2 \text{ m} < z_{min} = 10 \text{ m}$ – uvažuji tuto hodnotu do výpočtu.

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (1/0,05)^{0,07} = 0,234$$

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z_{min}) = k_r \cdot \ln(z_{min}/z_0) = 0,234 \cdot \ln(10,0/1,0) = 0,54$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z_{min}) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,54 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 13,48 \text{ ms}^{-1}$$

Základní dynamický tlak

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 13,48^2 = 113,48 \text{ ms}^{-1}$$

Součinitel expozice

$$c_e(z) = 1 + 7 \cdot I_v(z) = 1 + 7 \cdot \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z_{min}/z_0)} = 1 + 7 \cdot \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(10,0/1,0)} = 4,04$$

Maximální dynamický tlak větru

$$q_b(z) = c_e(z) \cdot q_b = 4,04 \cdot 113,48 = 458,5 \text{ Nm}^{-2}$$

Stav(i) vítr působící kolmo na příčnou vazbu – svislé stěny

$b = 28 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

$$h = 7,2 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(28; 2 \cdot 7,2) = 14,4 \text{ m}$$

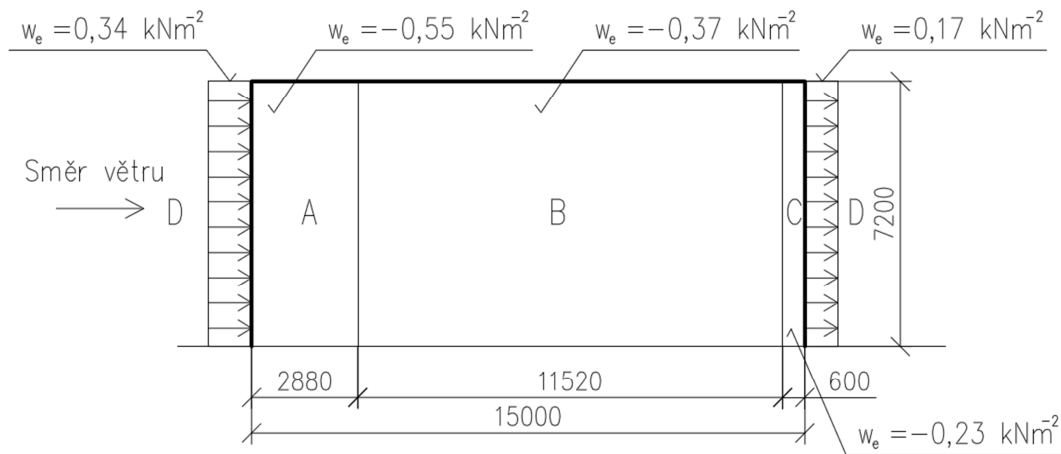
$$d = 15 \text{ m}$$

$$h/d = 7,2/15 = 0,48$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,73	-0,36
$w_e[\text{kNm}^{-2}]$	-0,55	-0,37	-0,23	0,34	-0,17

Tab. 2.4 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky



Obr. 2.16 Schéma zatížení svislých stěn větrem kolmým k příčné vazbě – příčný řez

Stav(i) vítr působící kolmo na příčnou vazbu – střecha

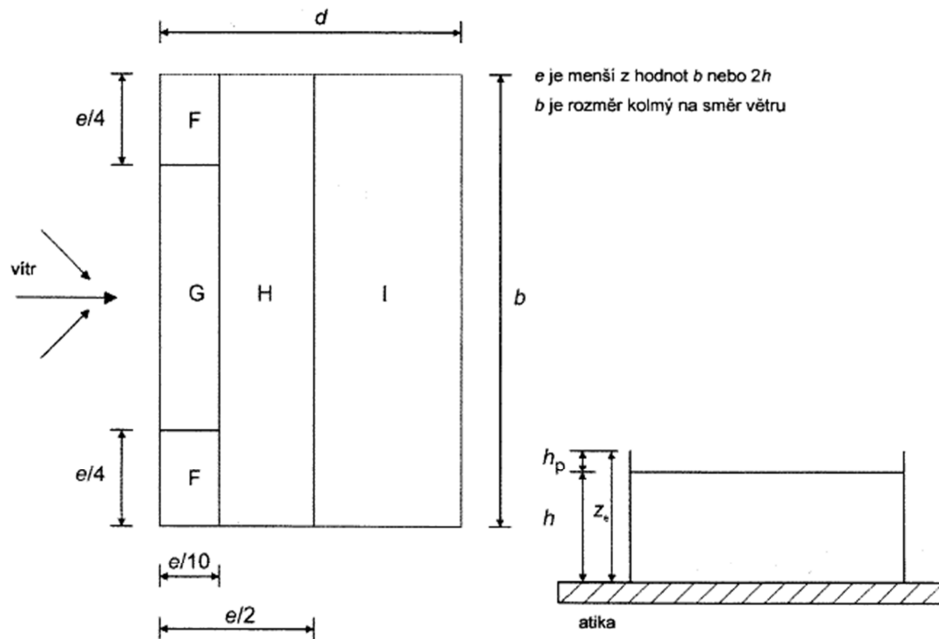
$b = 28 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

$$h = 7,2 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(28; 2 \cdot 7,2) = 14,4 \text{ m}$$

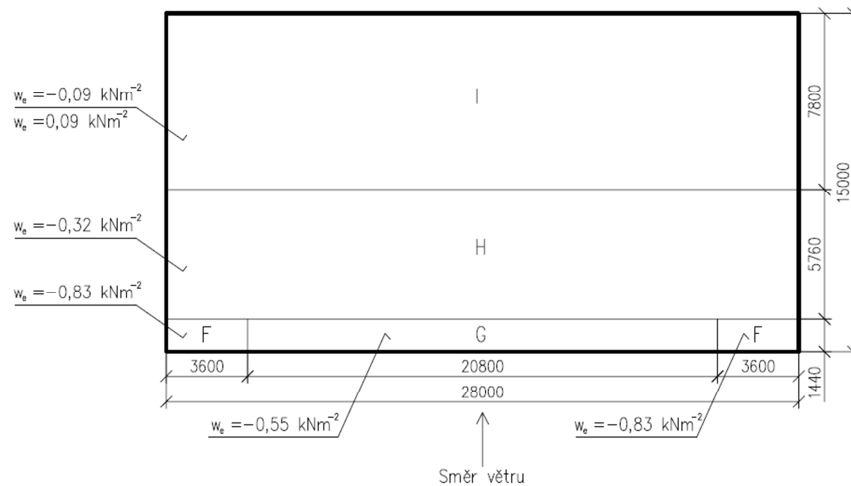
$$d = 15 \text{ m}$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$



Obr. 2.17 Legenda pro ploché střechy zatížené větrem

Oblast	F	G	H	I	I
$c_{pe,10}$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2	-0,2
w_e [kNm ⁻²]	-0,83	-0,55	-0,32	0,09	-0,09

Tab. 2.5 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky

Obr. 2.18 Schéma zatížení střechy větrem kolmým k příčné vazbě - půdorys

Stav(ii) vítr působící rovnoběžně s příčnou vazbou – svislé stěny

$b = 15$ m – rozměr kolmý na směr větru

$h = 7,2$ m

$e = \min(b; 2h) = \min(15; 2 \cdot 7,2) = 14,4$ m

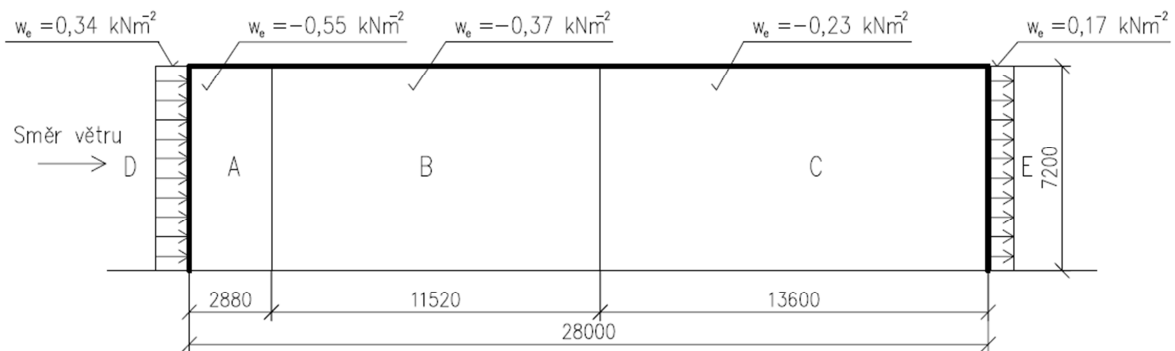
$$d = 28 \text{ m}$$

$$h/d = 7,2/27 = 0,27$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,73	-0,36
$w_e[\text{kNm}^{-2}]$	-0,55	-0,37	-0,23	0,34	-0,17

Tab. 2.6 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky



Obr. 2.19 Schéma zatížení svislých stěn větrem působícím rovnoběžně s příčnou vazbou – příčný řez

Stav(ii) vítr působící rovnoběžně s příčnou vazbou – střecha

$$b = 15 \text{ m} - \text{rozměr kolmý na směr větru}$$

$$h = 7,2 \text{ m}$$

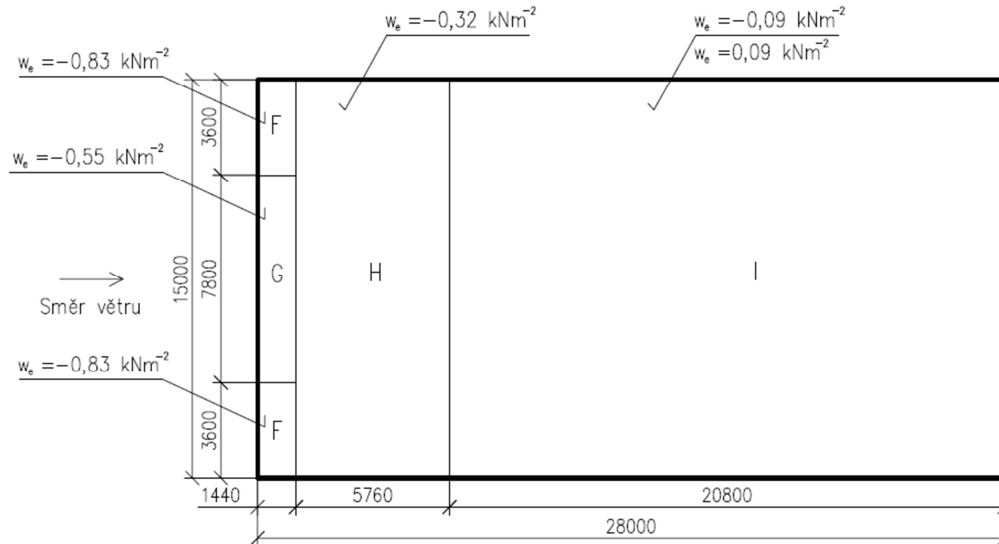
$$e = \min(b; 2h) = \min(15; 2 \cdot 7,2) = 14,4 \text{ m}$$

$$d = 28 \text{ m}$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Oblast	F	G	H	I	I
$c_{pe,10}$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2	-0,2
$w_e[\text{kNm}^{-2}]$	-0,83	-0,55	-0,32	0,09	-0,09

Tab. 2.7 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky



Obr. 2.20 Schéma zatížení střechy větrem působícím rovnoběžně s příčnou vazbou - půdorys

2.2.3 Užité zatížení

Zatěžovací kategorie C1

Název	q_k [kNm ⁻²]	γ_f	q_d [kNm ⁻²]
Užitné zatížení restaurace a baru	3,0	1,5	4,5
Pro zatěžovací šířku 5,0 m	15,0		22,5

2.2.4 Nahodilé zatížení střechy

Kategorie zatěžovaných ploch – H.

$$q_k = 0,75 \text{ kNm}^{-2}$$

$$Q_k = 1,0 \text{ kN}$$

Tyto zatížení se neuvažují společně ani společně s ostatními proměnnými zatíženími, proto nerozhodují a ani nebudou uvažovány ve výpočtu.

3 Řešení lodě haly

Počítáno dle normy ČSN EN 1993-1-1 (4)

Budova haly a budova zázemí tvoří vzájemně jeden objekt. Staticky však autor řeší každou část zvlášť, jelikož společně nepůsobí jako celek nýbrž jako dvě odlišné samostatné konstrukce, které spolu těsně sousedí. Dále je řešena pouze hala a v dalších kapitolách pouze budova zázemí.

4 Kombinace zatěžovacích stavů pro 1. MS

4.1 Pravidla tvoření kombinací

Kombinace tvořeny dle ČSN EN 1990 (6.10) (4):

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

kde: $\gamma_G = 1,35$ (1,0 při působení zatížení nepříznivě)

$$\gamma_Q = 1,5$$

$\psi_{0,1} = 0,5$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem)

$\psi_{0,1} = 0,6$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem)

Tyto součinitele jsou označeny ve výpisu kombinací jako [A].

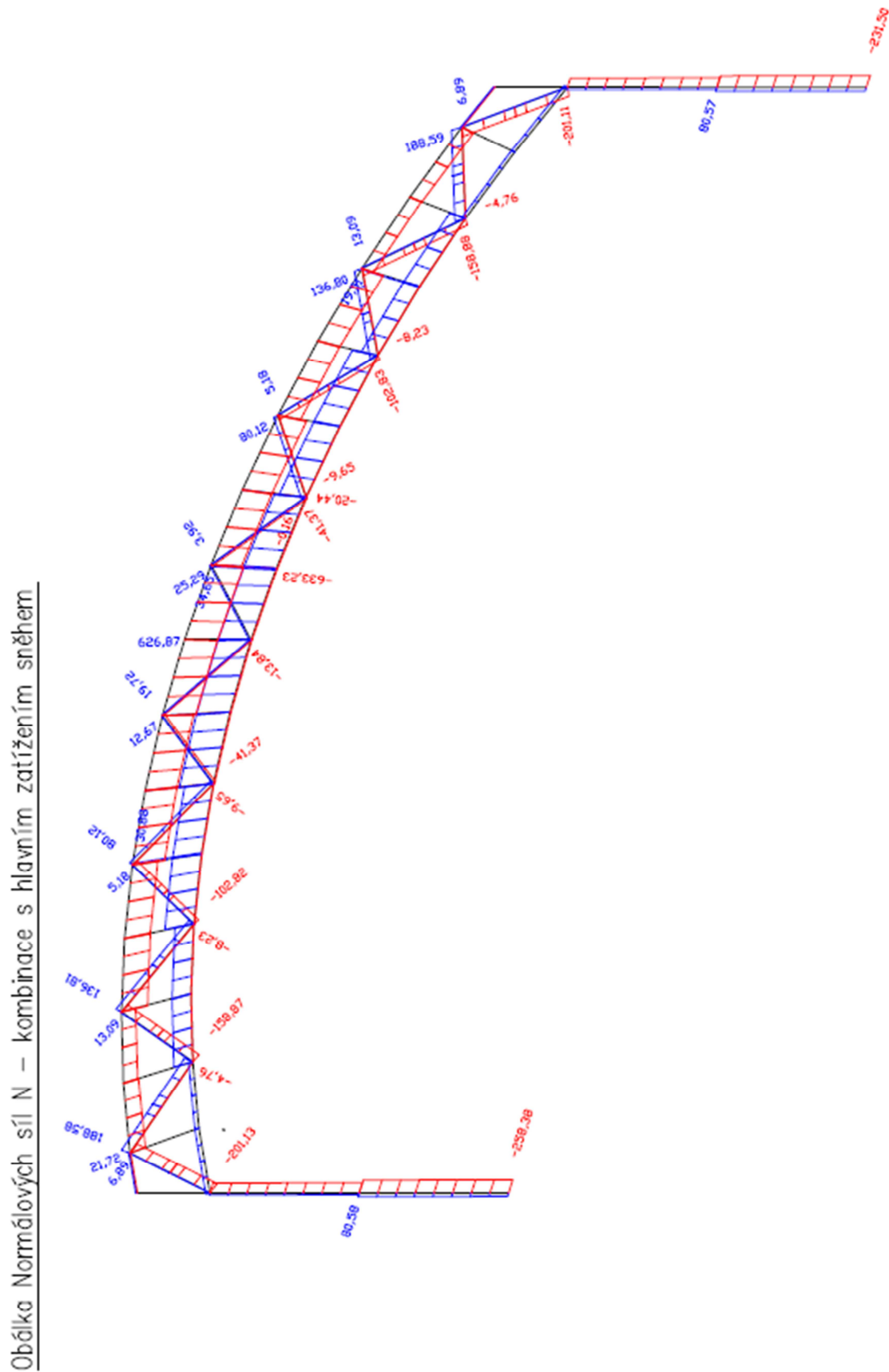
4.2 Výpis kombinací nebezpečných na únosnost

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [A]	Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [A]
K1	Vlastní tíha	1,35	K10	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný sníh (i)	1,5		Plný sníh (i)	0,75
		V. čelní		1,5	
K2	Vlastní tíha	1,35	K12	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý sníh (ii)	1,5		Navátý sníh (ii)	0,75
		V. čelní		1,5	
K3	Vlastní tíha	1,35	K13	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý sníh (iii)	1,5		Plný sníh (i)	0,75
		Boční vítr		1,5	
K4	Vlastní tíha	1,35	K14	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný sníh (i)	1,5		Navátý sníh (iii)	0,75
	V. čelní	0,9		V. čelní	1,5
K5	Vlastní tíha	1,35			
	Stálé zatížení	1,35			
	Navátý sníh (ii)	1,5			

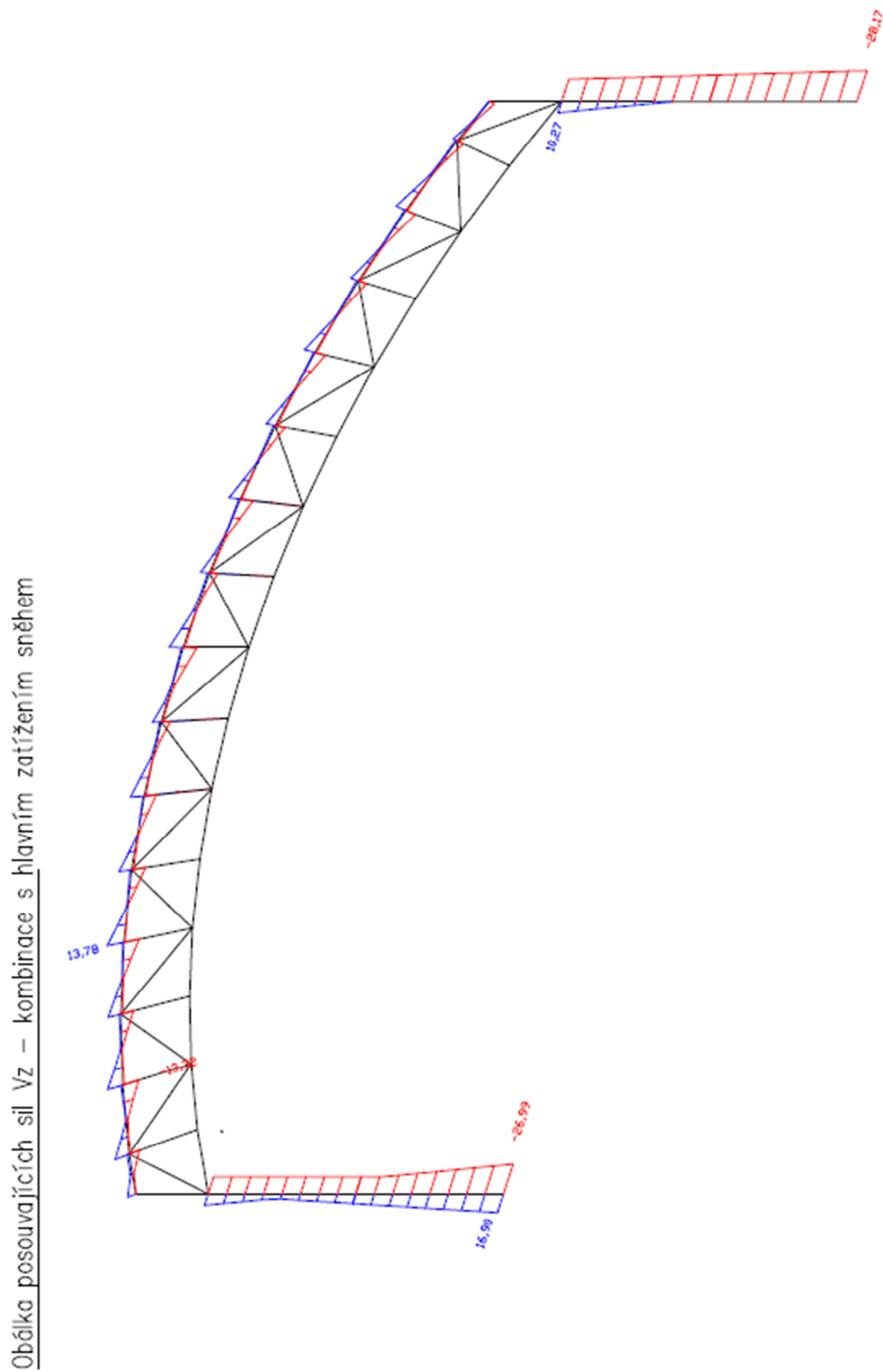
	V. čelní	0,9			
K6	Vlastní tíha	1,35	K15	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný snůh (i)	1,5		Navátý snůh (ii)	0,75
	Boční vítr	0,9		V. Boční	1,5
K7	Vlastní tíha	1,35	K16	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý snůh (iii)	1,5		Navátý snůh (iii)	0,75
	V. čelní	0,9		Boční vítr	1,5
K8	Vlastní tíha	1,35	K17	Vlastní tíha	1
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1
	Navátý snůh (ii)	1,5		V. čelní	1,5
	V. Boční	0,9	K18	Vlastní tíha	1
		Stálé zatížení		1	
K9	Vlastní tíha	1,35		Boční vítr	1,5
	Stálé zatížení	1,35			
	Navátý snůh (iii)	1,5			
	Boční vítr	0,9			

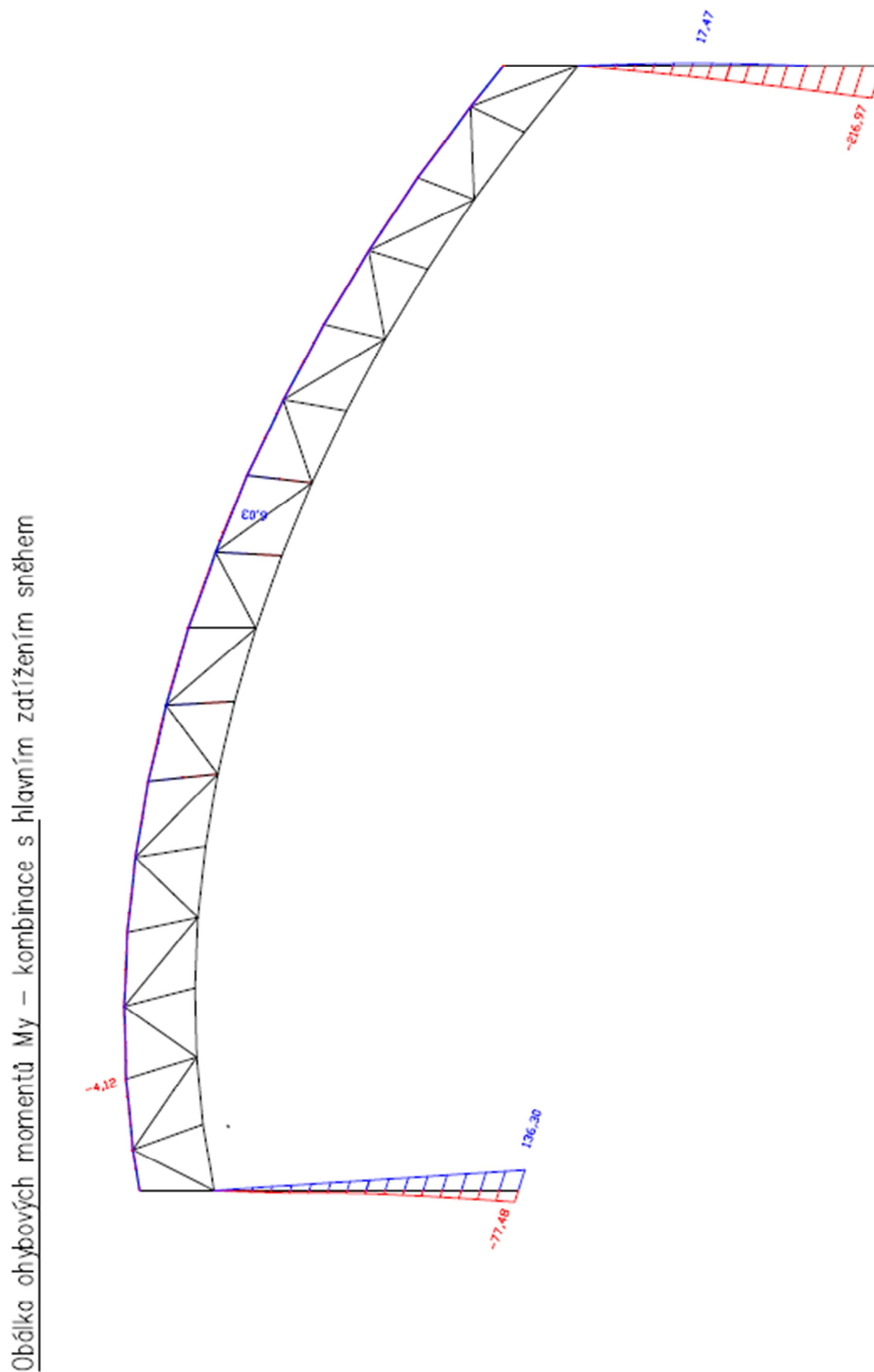
5 Vnitřní síly – příčná vazba

Vnitřní síly byly počítány studentskou verzí programu SCIA Engineer 2008. Grafický výstup obsahuje obálky vnitřních sil kombinací uvedených ve 5.2 a jsou rozděleny do dvou případů, kdy hlavní proměnné zatížení je snůh nebo vítr.

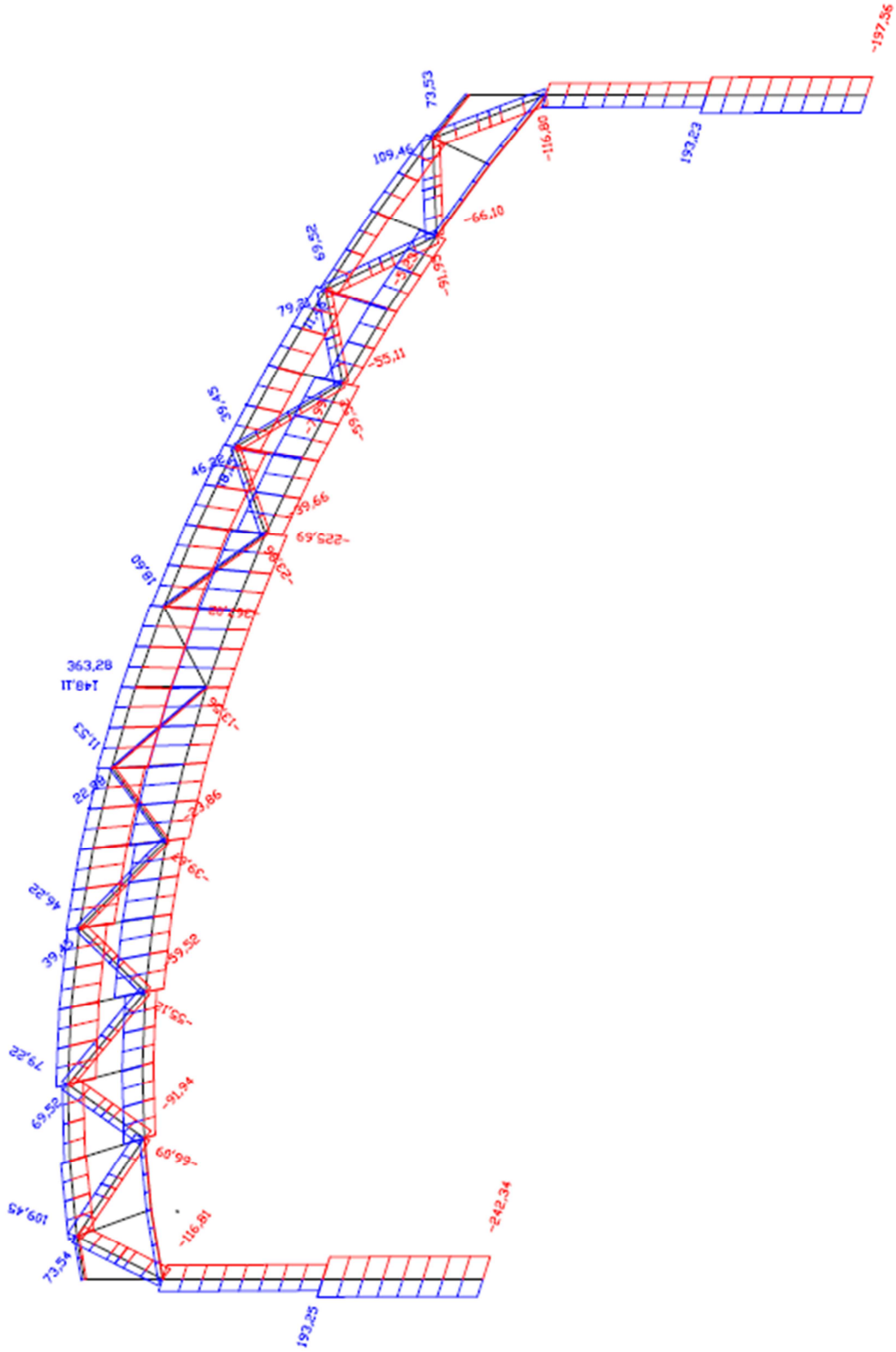


Obr. 5.1 Obálka normálových sil N kombinace s hlavním proměnných zatížením sněhem

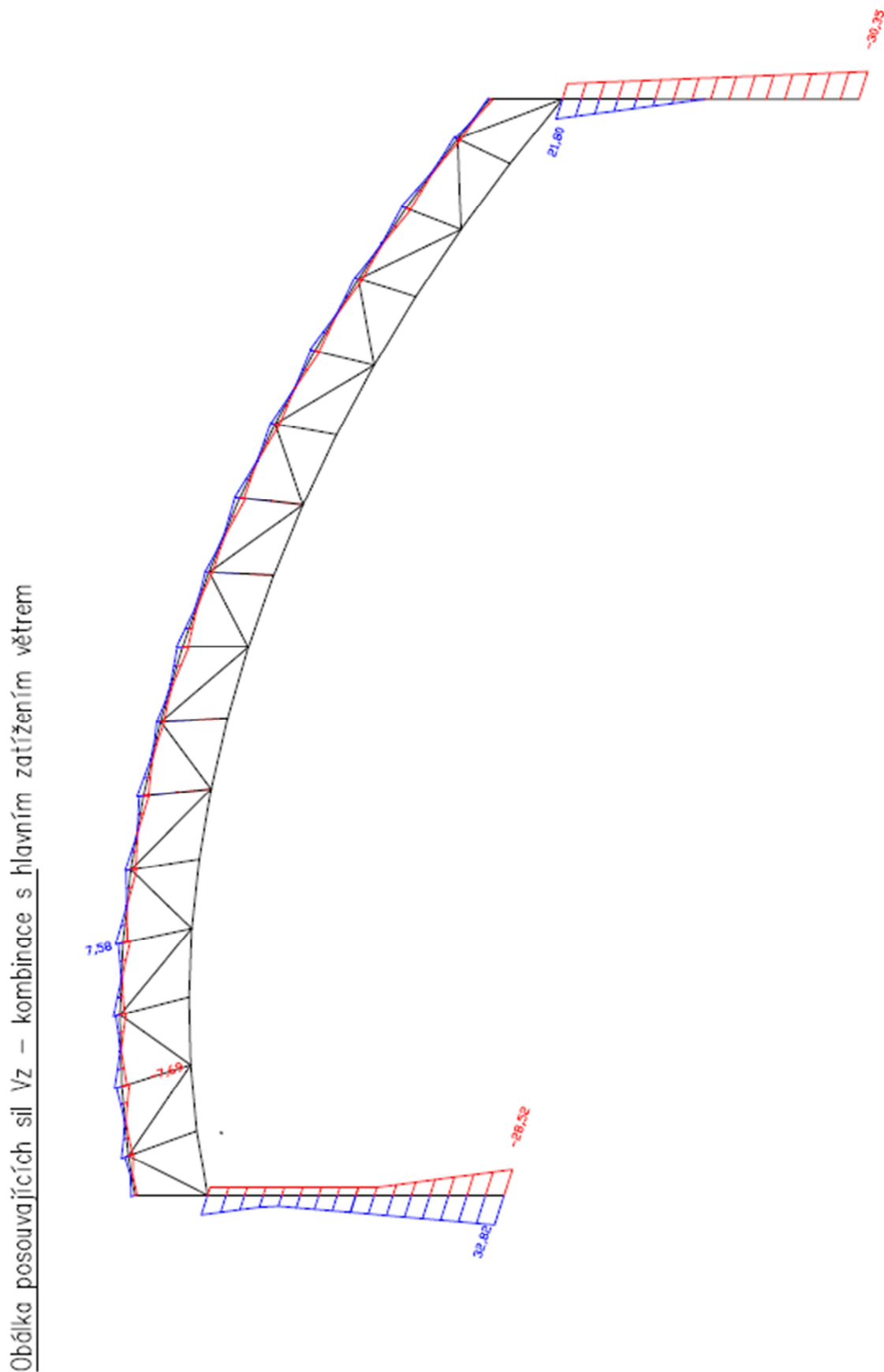
Obr. 5.3 Obálka posouvajících sil V_z kombinace s hlavním proměnných zatížením sněhem

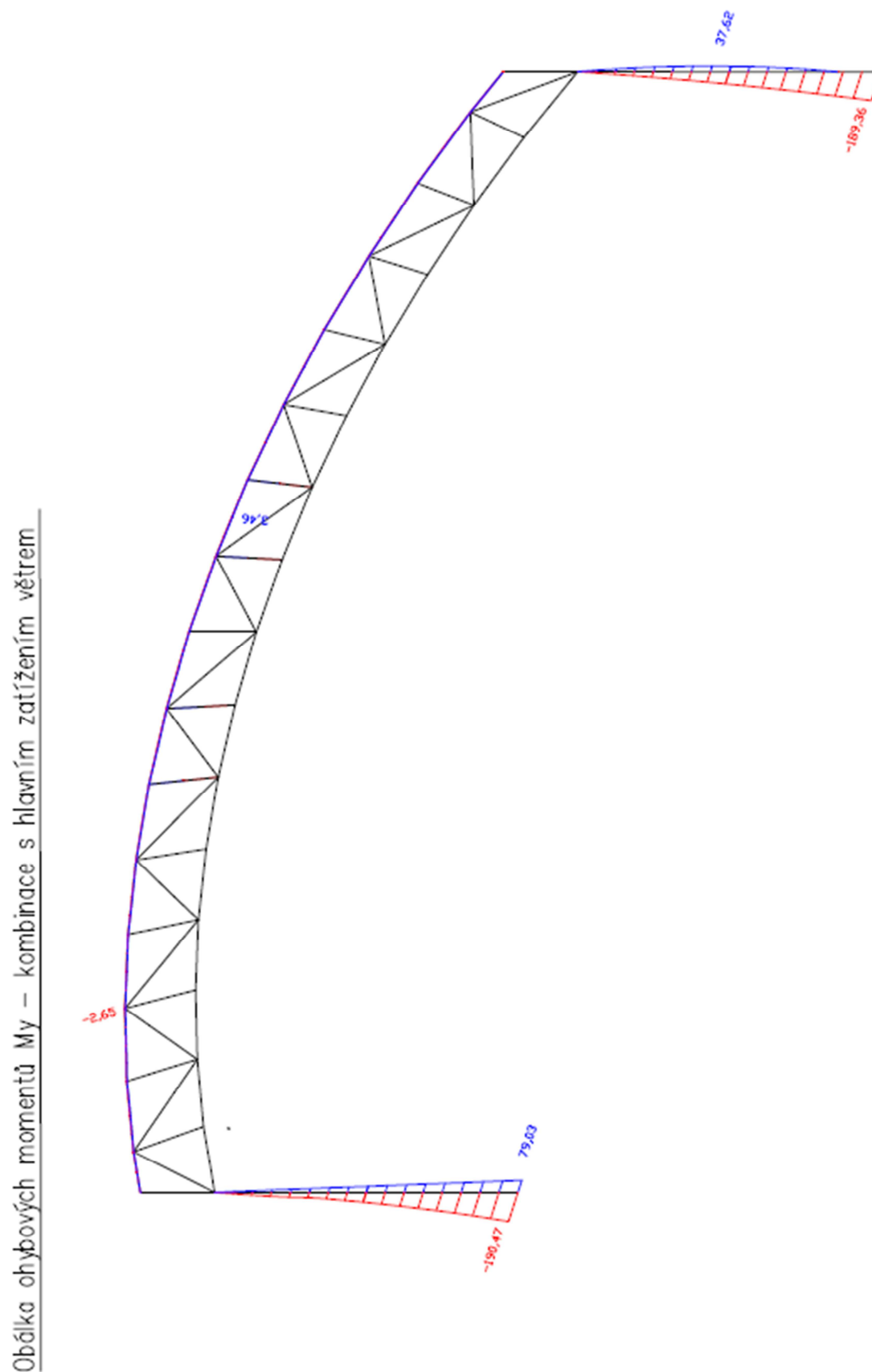
Obr. 5.4 Obálka posouvajících sil M_y kombinace s hlavním proměnných zatížením sněhem

Obálka Normálových síl N – kombinace s hlavním zatížením větrem



Obr. 5.6 Obálka normálových síl N kombinace s hlavním proměnných zatížením větrem

Obr. 5.8 Obálka posouvajících sil V_z kombinace s hlavním proměnným zatížením větrem

Obr. 5.9 Obálka posouvajících sil M_y kombinace s hlavním proměnných zatížením větrem

6 Návrh a posouzení střešního a obvodového pláště

6.1 Návrh a posouzení střešního pláště haly

Střešní plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 XD tl. 80 mm vnější plech 0,7 mm vnitřní plech 0,9 mm, který je navržen jako spojitý nosník o dvou polích $l = 5\text{ m}$.

a) Kombinace zatížení sněh + vítr

$$q_k(s) = 1,45 \text{ kNm}^{-2} - \text{sněh navátý (iii)}$$

$$q_k(w) = 0,08 \text{ kNm}^{-2} - \text{vítr působící kolmo na hřeben}$$

$$q_d = \gamma_d q_k(s) + \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 1,45 + 1,5 \cdot 0,08 = 1,85 \text{ kNm}^{-2}$$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 5\text{ m}$ možné rovnoměrné zatížení $3,19 \text{ kNm}^{-2}$ tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 1,85 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 3,19 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

b) Kombinace zatížení vítr (sání)

$$q_k(w) = 0,73 \text{ kNm}^{-2} - \text{vítr působící kolmo na hřeben - sání}$$

$$q_d = \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 0,73 = 1,1 \text{ kNm}^{-2}$$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 5\text{ m}$ možné rovnoměrné zatížení $2,61 \text{ kNm}^{-2}$ (sání) tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 1,1 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 2,61 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

6.2 Návrh a posouzení obvodového pláště haly

Obvodový plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 AWP tl. 120 mm, který je navržen jako prostý nosník $l = 5\text{ m}$.

a) Kombinace vítr tlak

$$q_k(w) = q_d = 0,41 \text{ kNm}^{-2} - \text{stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben}$$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) pro rovnoměrné zatížení $0,75 \text{ kNm}^{-2}$ je maximální možná vzdálenost podpor $l = 7,99\text{ m}$. Tyto hodnoty jsou uvažovány pro charakteristické hodnoty zatížení a jsou uvedeny s ohledem na vlastní tíhu panelu.

Posouzení: $q_d = 0,41 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 0,75 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

$$l_d = 5,0 \text{ m} < l_{max} = 7,99 \text{ m} \dots$$
 Vyhovuje

b) Kombinace zatížení vítr (sání)

$$q_k(w) = q_d = 0,67 \text{ kNm}^{-2} - \text{stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben}$$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) pro rovnoměrné zatížení $0,75 \text{ kNm}^{-2}$ je maximální možná vzdálenost podpor $l = 5,46\text{ m}$. Tyto hodnoty jsou uvažovány pro charakteristické hodnoty zatížení a jsou uvedeny s ohledem na vlastní tíhu panelu.

Posouzení: $q_d = 0,41 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 0,75 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

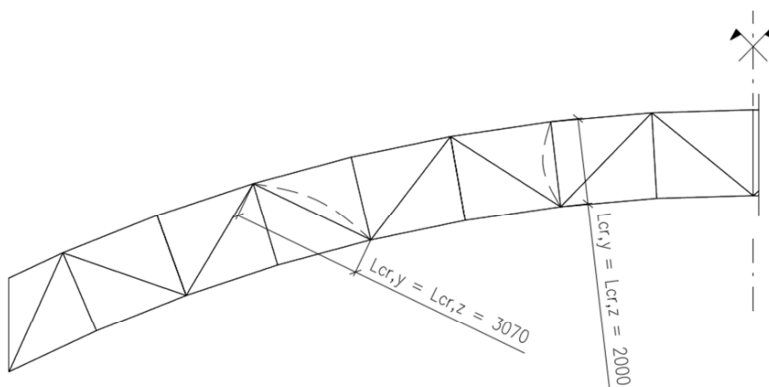
$l_d = 5,0 \text{ m} < l_{max} = 5,46 \text{ m} \dots$ **Vyhovuje**

7 Příčná vazba – posouzení na 1. MS

7.1 Vazník

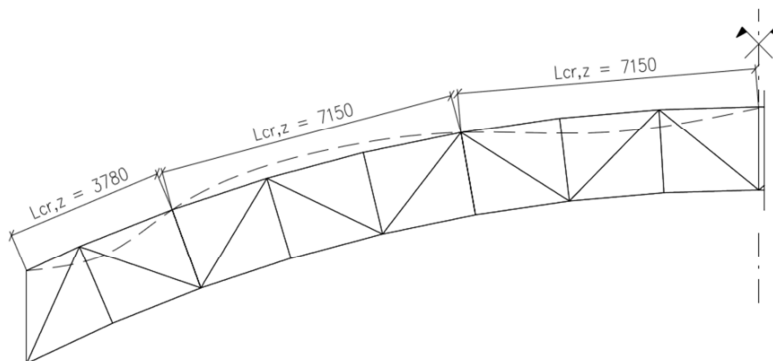
7.1.1 Vzpěrné délky

Diagonály a svislice jsou modelovány jako kloubově připojené pruty k hornímu a dolnímu pásu vazníku. Jejich vzpěrné délky jsou shodné se systémovou délkou jak ve směru vybočení y-y, tak ve směru z-z, viz obr. 8.1

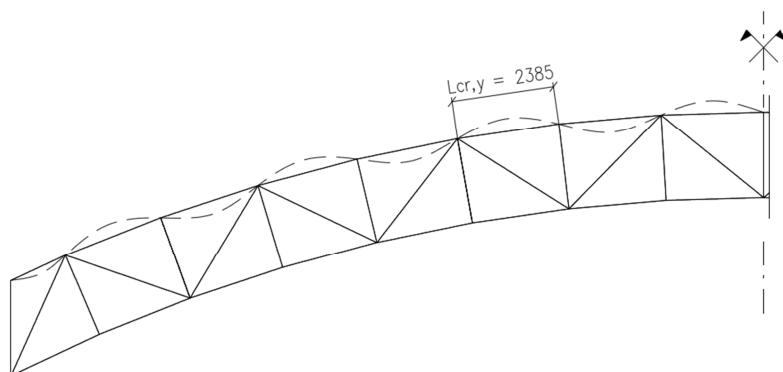


Obr. 8.1 Vzpěrné délky svislic a diagonál

Horní pás vazníku je modelován pruty mezi jednotlivými styčníky. Vybočení ve směru kolmo na osu y-y brání připojené svislice a diagonály tj. v každém styčníku pásu. Vybočení ve směru kolmo na osu z-z brání podélné střešní ztužidlo.

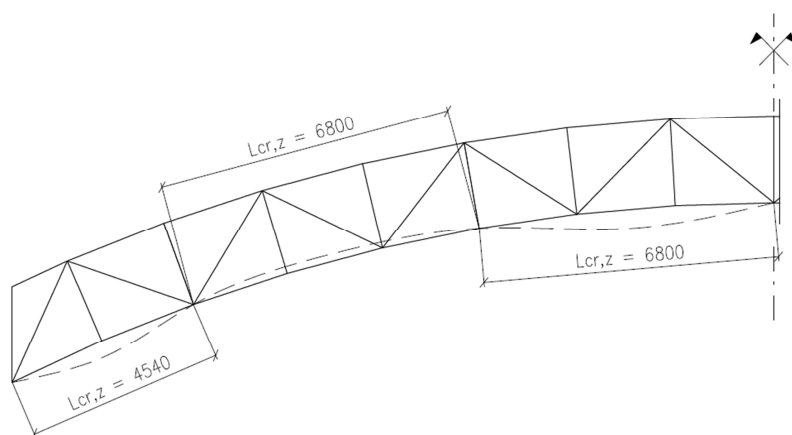


Obr. 8.2 Vzpěrné délky horního pásu ve směru kolmo na osu z-z

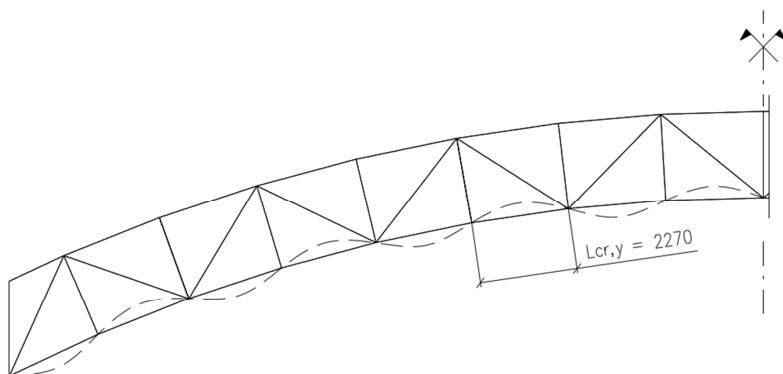


Obr. 8.3 Vzpěrné délky horního pásu ve směru kolmo na osu y-y

Dolní pás vazníku je modelován pruty mezi jednotlivými styčníky. Vybočení ve směru kolmo na osu y-y brání připojené svislice a diagonály tj. v každém styčníku pásu. Vybočení ve směru kolmo na osu z-z brání podélné střešní ztužidlo.



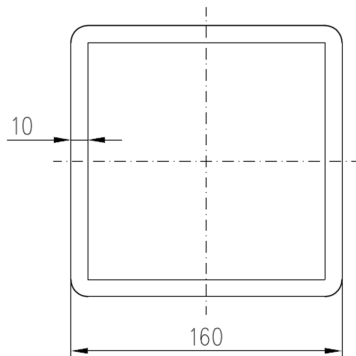
Obr. 8.4 Vzpěrné délky dolního pásu ve směru kolmo na osu z-z



Obr. 8.5 Vzpěrné délky dolního pásu ve směru kolmo na osu y-y

7.1.2 Posouzení horního pásu

Průřezové charakteristiky:



Profil: 160x160x10

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

$A [m^2]$	5,89E-03		
$I_y [m^4]$	2,19E-05	$I_z [m^4]$	2,19E-05
$I_w [m^6]$	8,74E-08	$I_t [m^4]$	3,48E-05
$W_{el,y} [m^3]$	2,73E-04	$W_{el,z} [m^3]$	2,73E-04
$W_{pl,y} [m^3]$	3,25E-04	$W_{pl,z} [m^3]$	3,25E-04
$i_y [mm]$	61,0	$i_z [mm]$	61,0

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

$N [kN]$	$V_y [kN]$	$V_z [kN]$	$M_y [kNm]$	$M_z [kNm]$
-633,2	0	12,0	2,7	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 2,39 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 7,15 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,39}{0,061} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,51$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{7,15}{0,061} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,53$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,51 - 0,2) + 0,51^2] = 0,66$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,53 - 0,2) + 1,53^2] = 1,82$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,51^2}} = 0,92 \leq 1$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,82 + \sqrt{1,82^2 - 1,53^2}} = 0,36 \leq 1 \dots \text{Rozhoduje}$$

Součinitel interakce:

$$\alpha_s = M_h/M_s = -2,7/6,3 = -0,43$$

$$\psi = M_a/M_h = -2,5/(-2,7) = -0,93$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8\alpha_s = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,43) = 0,44 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$k_{yy} = 0,44 \cdot \left(1 + (0,51 - 0,2) \cdot \frac{633,2}{0,92 \cdot 2091/1,0}\right) = 0,48 \leq 0,47 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{633,2}{0,92 \cdot 2091/1,0}\right) = 0,59$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,48 = 0,29$$

Charakteristická únosnost v tlaku:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 2090,95 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost za ohybu:

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 3,25 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 115,26 \text{ kNm}$$

Posouzení kombinace ohybu a osového tlaku:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{633,2}{0,36 \cdot 2091/1,0} + 0,29 \cdot \frac{6,3}{115,26/1,0} = 0,86 \leq 1 \dots \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na smyk:

$$\eta = 1,2$$

$$A_v = \eta \sum (h_w t_w) = 1,2 \cdot 2 \cdot (140 \cdot 10) = 3360 \text{ mm}^2$$

Dle (6) $A_v = 2945 \text{ mm}^2 \dots$ uvažuji tuto hodnotu.

Návrhová únosnost ve smyku:

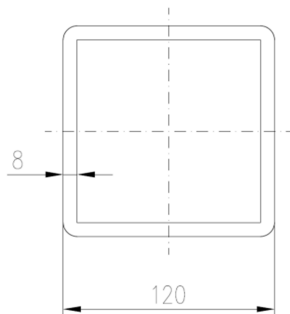
$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{2945 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 603,6 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{11,9}{603,6} = 0,02 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

7.1.3 Posouzení dolního pásu na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 120x120x8

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	3,52E-03		
I _y [m ⁴]	7,26E-06	I _z [m ⁴]	7,26E-06
I _w [m ⁶]	1,66E-08	I _t [m ⁴]	1,16E-05
W _{el,y} [m ³]	1,21E-04	W _{el,z} [m ³]	1,21E-04
W _{pl,y} [m ³]	1,44E-04	W _{pl,z} [m ³]	1,44E-04
i _y [mm]	45,41	i _z [mm]	45,41

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-225,7	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 2,27 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 6,8 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,27}{0,0454} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,69$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{6,8}{0,0454} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,06$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,69 - 0,2) + 0,69^2] = 0,79$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,06 - 0,2) + 2,06^2] = 2,82$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{0,79 + \sqrt{0,79^2 - 0,69^2}} = 0,85 \leq 1$$

$$\chi_z = \frac{1}{2,82 + \sqrt{2,82^2 - 2,06^2}} = 0,21 \leq 1 \dots \text{Rozhoduje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

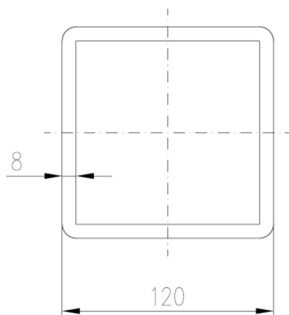
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,21 \cdot 3,53 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 263,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{225,7}{263,5} = 0,86 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.4 Posouzení dolního pásu na tah

Průřezové charakteristiky:



Profil: 120x120x8

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	3,52E-03		
I _y [m ⁴]	7,26E-06	I _z [m ⁴]	7,26E-06
I _w [m ⁶]	1,66E-08	I _t [m ⁴]	1,16E-05
W _{el y} [m ³]	1,21E-04	W _{el z} [m ³]	1,21E-04
W _{pl y} [m ³]	1,44E-04	W _{pl z} [m ³]	1,44E-04
i _y [mm]	45,41	i _z [mm]	45,41

Zatřívění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
626,9	0	0	0	0

Návrhová únosnost na tah prutu:

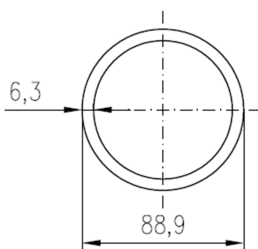
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,52 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 1249,6 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{626,9}{1249,6} = 0,5 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.5 Posouzení první až páté diagonály na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 88.9X6.3

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,63E-03		
I _y [m ⁴]	1,40E-06	I _z [m ⁴]	1,40E-06
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	2,79E-06

$W_{el y} [m^3]$	3,15E-05	$W_{el z} [m^3]$	3,15E-05
$W_{pl y} [m^3]$	4,24E-05	$W_{pl z} [m^3]$	4,24E-05
$i_y [mm]$	29,3	$i_z [mm]$	29,3

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-201,1	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 3,068 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,068}{0,0293} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,37$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,37 - 0,2) + 1,37^2] = 1,56$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,37^2}} = 0,43 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

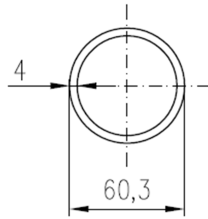
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,43 \cdot 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 250,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{201,1}{250,5} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.6 Posouzení ostatních diagonál na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 60.3X4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m²]	7,07E-04		
I_y [m⁴]	2,82E-07	I_z [m⁴]	2,82E-07
I_w [m⁶]	0,00E+00	I_t [m⁴]	5,61E-07
W_{el,y} [m³]	9,34E-06	W_{el,z} [m³]	9,34E-06
W_{pl,y} [m³]	1,26E-05	W_{pl,z} [m³]	1,26E-05
i_y [mm]	20,0	i_z [mm]	20,0

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-41,4	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 3,068 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,068}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,01$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,01 - 0,2) + 2,01^2] = 2,71$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,71 + \sqrt{2,71^2 - 2,01^2}} = 0,22 \leq 1$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

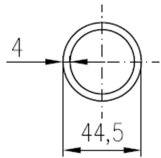
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,22 \cdot 0,707 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 55,41 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{41,4}{55,4} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.7 Posouzení svislíc na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 44.5X4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m²]	5,09E-04		
I_y [m⁴]	1,05E-07	I_z [m⁴]	1,05E-07
I_w [m⁶]	0,00E+00	I_t [m⁴]	2,09E-07
W_{el,y} [m³]	4,74E-06	W_{el,z} [m³]	4,74E-06
W_{pl,y} [m³]	6,54E-06	W_{pl,z} [m³]	6,54E-06
i_y [mm]	14,4	i_z [mm]	14,4

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-11,3	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 2,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,0}{0,0144} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,82$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,82 - 0,2) + 1,82^2] = 2,33$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,33 + \sqrt{2,33^2 - 1,82^2}} = 0,26 \leq 1$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,26 \cdot 0,509 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 47,75 \text{ kN}$$

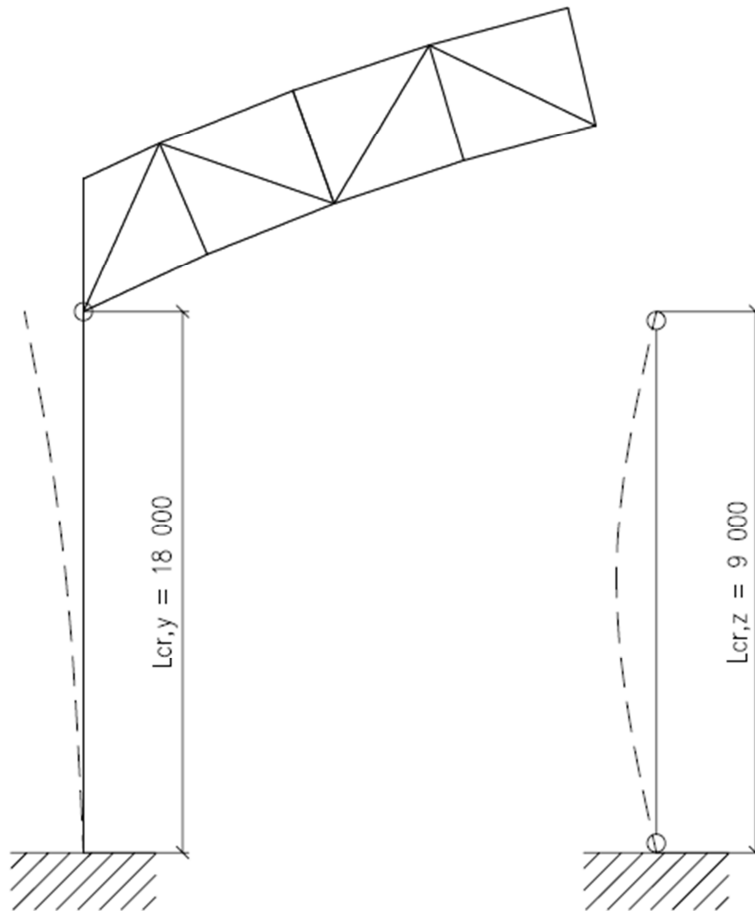
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{11,3}{47,8} = 0,2 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.2 Sloup

7.2.1 Vzpěrné délky

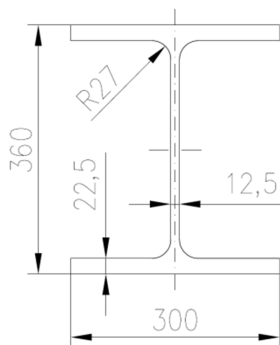
Sloup je modelován jako vetknutý na jenom konci ve směru (rovině) příčné vazby. Vazník je na jeho vrcholu modelován jako kloubově uložený. Ve směru kolmém k rovině příčné vazby je sloup modelován jako kloubově uložený. Jeho odpovídající vzpěrné délky jsou zřejmé z obr. 7.6.



Obr. 7.6 Vzpěrné délky sloupu

7.2.2 Posouzení sloupu

Průřezové charakteristiky:



Profil: HEB 360

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,81E-02		
I _y [m ⁴]	4,32E-04	I _z [m ⁴]	1,01E-04

I_w [m ⁶]	2,89E-06	I_t [m ⁴]	2,93E-06
$W_{el y}$ [m ³]	2,40E-03	$W_{el z}$ [m ³]	6,76E-04
$W_{pl y}$ [m ³]	2,68E-03	$W_{pl z}$ [m ³]	1,03E-03
i_y [mm]	154,64	i_z [mm]	74,93

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

Kombinace	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
K6	-231,5	zanedbáno	-28,2	-217,0	zanedbáno
K18	-190,3	zanedbáno	35,0	190,47	zanedbáno

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,81 \cdot 10^{-2} = 6411,3 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 18,0 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 9,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{18,0}{0,1546} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,52$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{9,0}{0,0749} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,57$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\frac{h}{b} = \frac{360}{300} = 1,2 \leq 1,2$$

Pro směr vybočení kolmo k ose: y-y $\alpha_1 = 0,34$

z-z $\alpha_1 = 0,49$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,52 - 0,2) + 1,52^2] = 1,89$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,57 - 0,2) + 1,57^2] = 2,07$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,89 + \sqrt{1,89^2 - 1,52^2}} = 0,33$$

$$\chi_z = \frac{1}{2,07 + \sqrt{2,07^2 - 1,57^2}} = \mathbf{0,29 \dots \text{Rozhoduje}}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \cdot 1,81 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1874,1 \text{Kn}$$

c) Vzpěrná únosnost zkroucením

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 = 154,6^2 + 74,9^2 = 29529 \text{mm}^2$$

$$l_T = 9,0 \text{m}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{l_T^2} \right) = \frac{1}{0,029529} \left(81 \cdot 10^9 \cdot 2,93 \cdot 10^{-6} + \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,89 \cdot 10^{-6}}{9,0^2} \right) = 10530,5 \text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{1,81 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{10530,5 \cdot 10^3}} = 0,78$$

Pro směr vybočení kolmo k ose: z-z $\alpha_1 = 0,34$

$$\Phi_T = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,78 - 0,2) + 0,78^2] = 0,90$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_T = \frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \bar{\lambda}_T^2}} = \frac{1}{0,90 + \sqrt{0,90^2 - 0,78^2}} = 0,74$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,74 \cdot 1,81 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 4722,3 \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{231,5}{4722,3} = \mathbf{0,05 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}}$$

Vzpěrná únosnost zkroucením nebude déle rozhodovat v posudku na kombinaci osového tlaku a ohybu.

d) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 951,4 \text{ kNm}$$

e) Návrhový moment únosnosti při klopení

$$L = 9 \text{ m}$$

$$k_y = 0,7$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_2 = 0,5 \dots \text{Uvažuji konzervativní hodnotu}$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{3,14}{1 \cdot 9,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 2,89 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 10^9 \cdot 2,93 \cdot 10^{-6}}} = 1,397$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \cdot 1,397 = 1,88$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \frac{3,14 \cdot 0,18}{1,0 \cdot 9,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4}}{81 \cdot 10^9 \cdot 2,93 \cdot 10^{-6}}} = 1,489$$

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j)^2} - (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j) \right] \\ &= \frac{1,88}{1,0} \left[\sqrt{1 + 1,397^2 + (0,5 \cdot 1,489)^2} - (0,5 \cdot 1,489) \right] = 2,12 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 2,12 \frac{3,14 \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 2,93 \cdot 10^{-6}}}{9,0} = 4161,5 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ypl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{4161,5 \cdot 10^3}} = 0,48$$

$$\frac{h}{b} = \frac{360}{300} = 1,2 < 2,0 \dots \text{křivka klopení a}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,48 - 0,2) + 0,48^2] = 0,64$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,64^2 - 0,48^2}} = 0,93$$

Návrhový moment únosnosti nosníku při klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,93 \cdot 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 885,7 \text{ kNm}$$

f) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_s = 0$$

$$\psi = M_a / M_h = 0 / -217,0 = 0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$\begin{aligned} k_{yy} &= 0,6 \cdot \left(1 + (1,52 - 0,2) \cdot \frac{231,5}{0,33 \cdot 6411,3 / 1,0} \right) = 0,67 \geq 0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{231,5}{0,33 \cdot 6411,3 / 1,0} \right) \\ &= 0,65 \dots \text{Podmínka nevyhovuje – uvažuji hodnotu 0,65} \end{aligned}$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} \right]$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 1,57}{(0,6 - 0,25) 0,29 \cdot 6411,3/1,0} \frac{231,5}{\gamma_{M1}} \right] = 0,94 \leq \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25) 0,29 \cdot 6411,3/1,0} \frac{231,5}{\gamma_{M1}} \right]$$

= 0,96 ... Podmínka nevyhovuje – uvažují hodnotu 0,96

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{231,5}{0,33 \cdot 6411,3/1,0} + 0,65 \cdot \frac{217,0}{0,93 \cdot 951,4/1,0} = \mathbf{0,4}$$

$\leq 1,0$ **Vyhovuje**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{231,5}{0,29 \cdot 6411,3/1,0} + 0,96 \cdot \frac{217,0}{0,93 \cdot 951,4/1,0} = \mathbf{0,40}$$

$\leq 1,0$ **Vyhovuje**

a) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 18100 - 2 \cdot 300 \cdot 22,5 + (12,5 + 2 \cdot 27) \cdot 22,5 = 4666,5 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{4666,5 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 956,4 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{35,01}{956,6} = 0,04 \dots \text{Vyhovuje}$$

8 Příčná vazba – posouzení na 2.MS

8.1 Pravidla tvoření kombinací

Kombinace tvořeny dle ČSN EN 1990 (tab. A1.4) (4):

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

kde: $\psi_{0,i} = 0,5$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem)

$\psi_{0,i} = 0,6$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem)

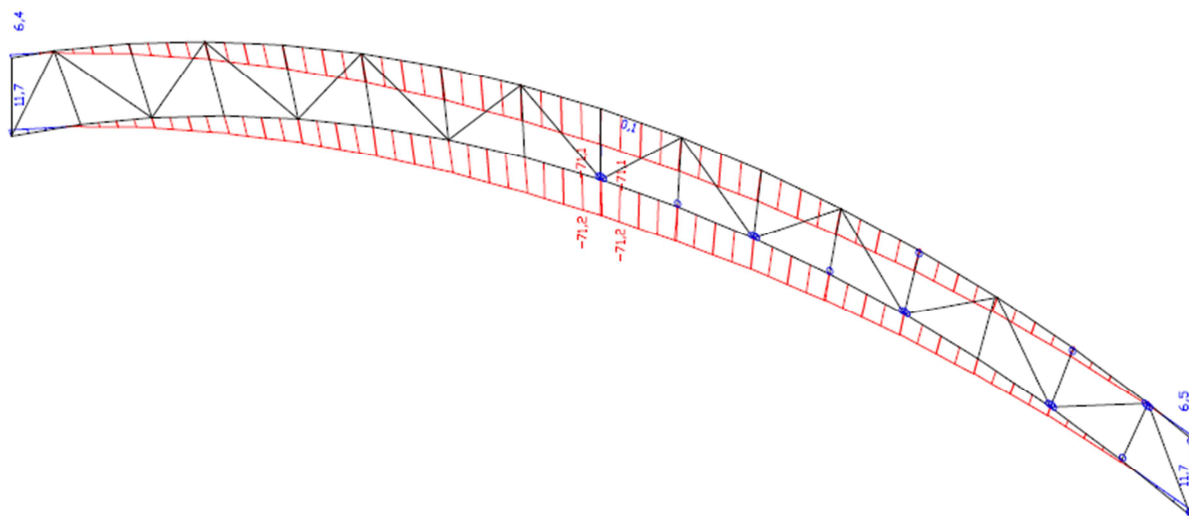
Tyto součinitele jsou označeny ve výpisu kombinací jako [A].

8.2 Výpis kombinací nebezpečných na použitelnost

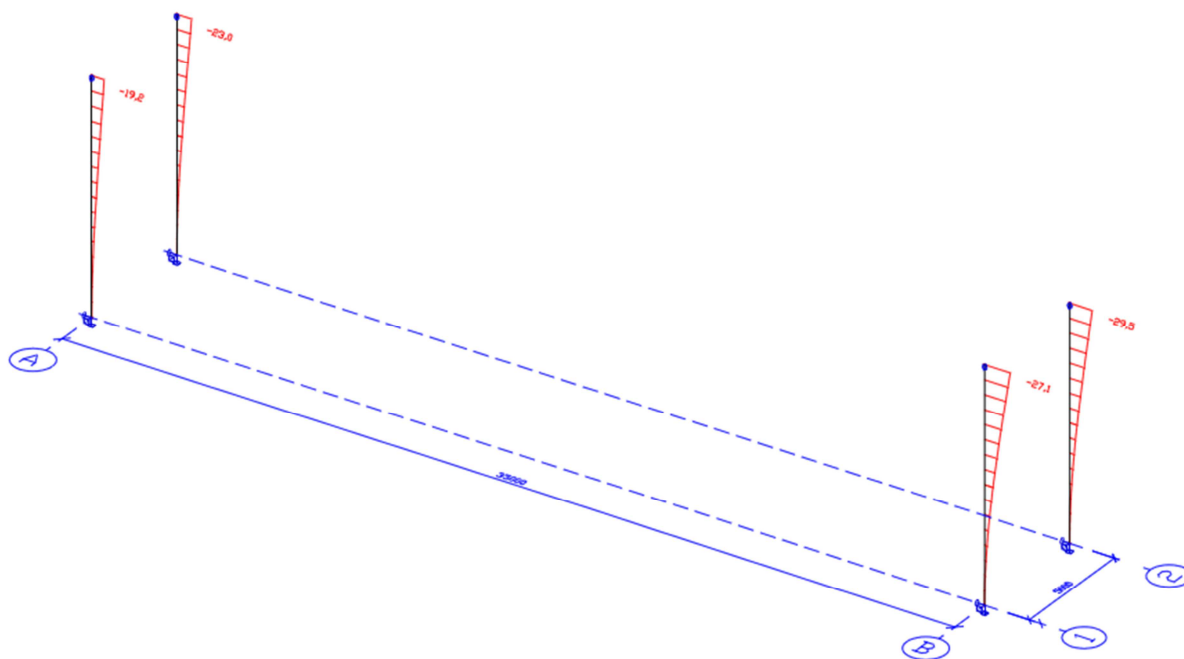
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [A]
K1	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-plný	1
K2	Lineární - použitelnost	Vlastní	1

		Stálé	1
		Sn-nav 1	1
K3	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 2	1
K4	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-plný	1
		V. čelní	0,6
K5	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 1	1
		V. čelní	0,6
K6	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-plný	1
		V. Boční	0,6
K7	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 2	1
		V. čelní	0,6
K8	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 1	1
		V. Boční	0,6
K9	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 2	1
		V. Boční	0,6
K10	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		V. čelní	1
K11	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		V. Boční	1

K12	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-plný	0,5
		V. čelní	1
K13	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 1	0,7
		V. čelní	1
K14	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-plný	0,7
		V. Boční	1
K15	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 2	0,7
		V. čelní	1
K16	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 1	0,5
		V. Boční	1
K17	Lineární - použitelnost	Vlastní	1
		Stálé	1
		Sn-nav 2	0,5
		V. Boční	1



Obr. 8.1 Průhyby vazníku od kombinace K1



Obr. 8.1 Průhyby vazníku od kombinace K14

8.3 Posouzení

a) Vazník

$$\delta_{2 \max} = \frac{L}{250} = \frac{35000}{250} = 140 \text{ mm} \geq \delta_{\text{vazník}} = 71,2 \text{ mm} \dots \text{Vyhovuje}$$

b) Sloup

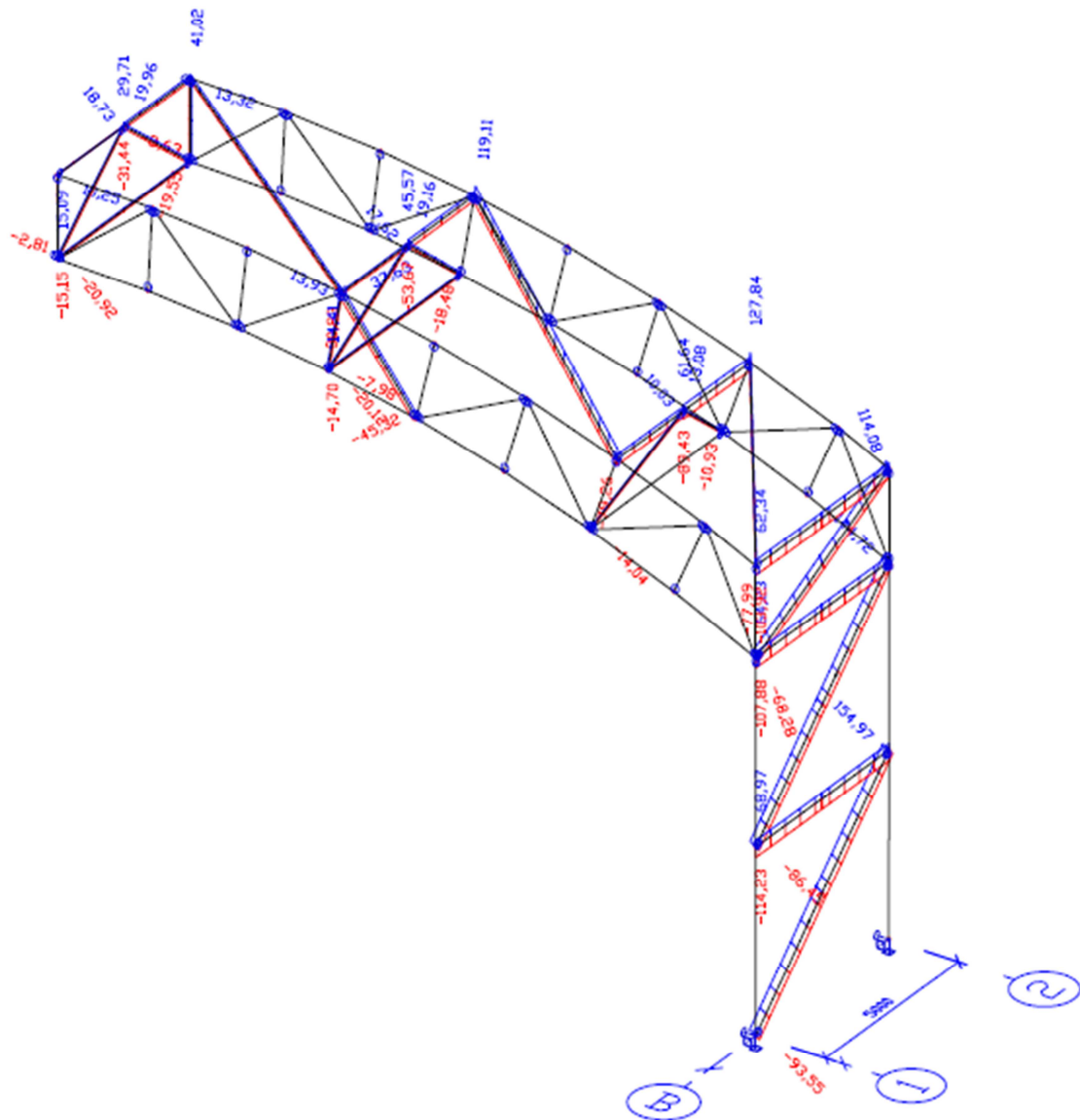
$$\delta_{2 \max} = \frac{h}{300} = \frac{9000}{300} = 30,0 \text{ mm} \geq \delta_{\text{sloup}} = 29,5 \text{ mm} \dots \text{Vyhovuje}$$

Konstrukce vyhovuje na 2. Mezní stav použitelnosti

9 Ztužidla

9.1 Hodnoty vnitřních sil

Obálka normálových sil N – kombinace s hlavním zatížením větrem

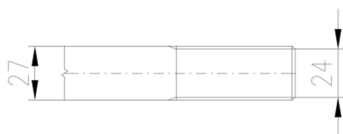


Obr. 9.1 Hodnoty vnitřních sil podélného ztužidla

9.2 Příčné ztužidlo v rovině sloupů

Příčné ztužidlo je tvořeno diagonálami - táhly a vertikálami – vzpěrami, pásy příhradoviny tvoří sloupy. V případě, že budou diagonály tlačeny, vybočí. Ve výpočtovém modelu proto modelují jen diagonály v jednom směru tak, aby diagonály ve směru druhém nepříznivě neovlivnily průběh vnitřních sil svou tuhostí.

9.2.1 Návrh a posouzení diagonály - táhla



Profil: $\Phi 27\text{mm}$

Materiál: S 460

Výroba: Válcovaný + řezaný závit

A [mm ²]	572,6	A _s [mm ²]	459
----------------------	-------	-----------------------------------	-----

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
155,0	-	-	-	-

Únosnost táhla ve smyslu ČSN EN 1993-1-8 s ohledem na oslabenou plochu závitem:

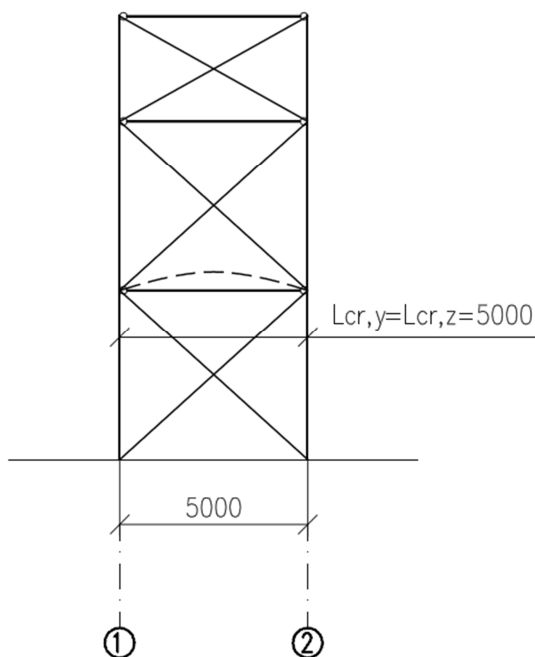
$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot 459 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 178,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{155,0}{178,5} = \mathbf{0,86 \dots Vyhovuje}$$

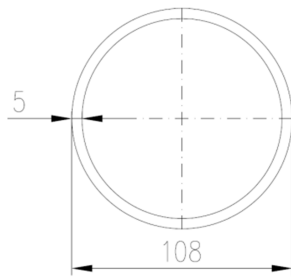
Doporučeno táhlo systému Detan.

9.2.2 Návrh a posouzení vertikály - vzpěry



Obr. 9.2 Vzpěrné délky podélného ztužidla

Průřezové charakteristiky:



Profil: 108x5

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,62E-03		
I _y [m ⁴]	2,15E-06	I _z [m ⁴]	2,15E-06
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	4,29E-06
W _{el,y} [m ³]	3,98E-05	W _{el,z} [m ³]	3,98E-05
W _{pl,y} [m ³]	5,28E-05	W _{pl,z} [m ³]	5,28E-05
i _y [mm]	36,43	i _z [mm]	36,43

Zatřížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-114,4	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 5,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,036} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,80$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,80 - 0,2) + 1,80^2] = 2,28$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,28 + \sqrt{2,28^2 - 1,80^2}} = 0,27 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \cdot 1,62 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 156,0 \text{ kN}$$

Posouzení:

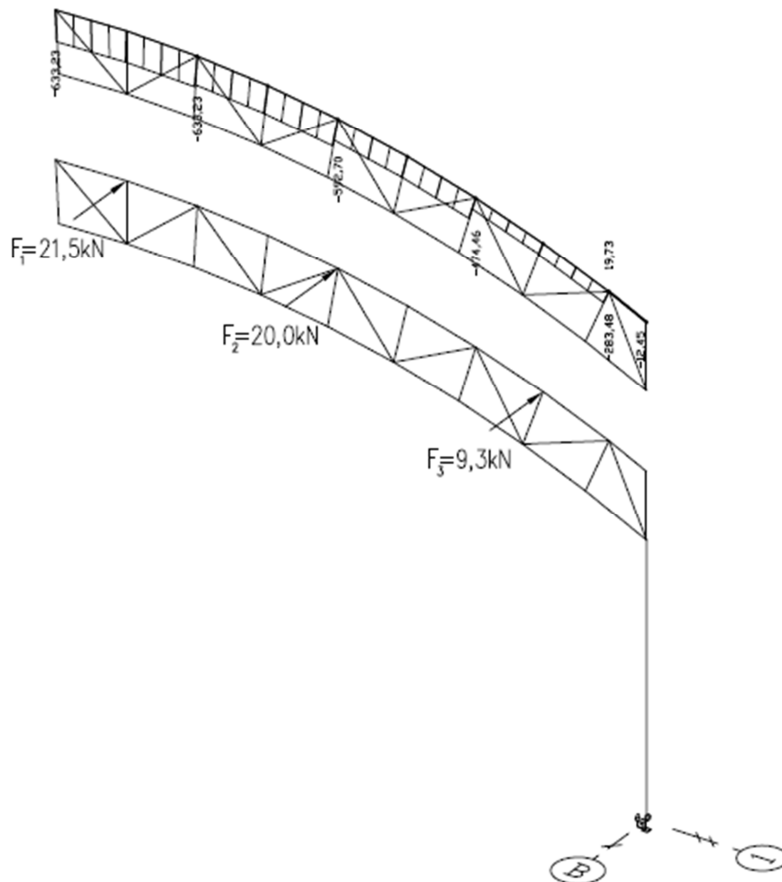
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{114,4}{156,0} = 0,7 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

9.3 Příčné ztužidlo v rovině střechy

Podélné ztužidlo v rovině střechy je tvořeno táhly a vzpěrami, které jsou součástí podélného ztužidla střechy. Táhla jsou modelována pouze v jednom směru obdobně jako táhla podélného ztužidla v rovině sloupů. Pokud by byly modelovány i táhla, které v tlaku vybočí nepříznivě by ovlivnily průběh vnitřních sil svou tuhostí. Ztužidlo zároveň stabilizuje horní pás vazníku proti vybočení z roviny osy z. Tím vymezuje vzpěrné délky horního pásu.

Do modelu uvažují přidavné zatížení od vybočení horního pásu.

9.3.1 Přídavné zatížení



Obr. 9.3 Přídavné zatížení destabilizujících sil

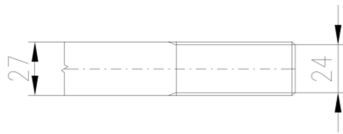
n ... Počet vazeb stabilizovanýh jedním příčným ztužidlem

$$F_{1k} = \frac{N_1}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{633}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 5 = 21,5 \text{ kN}$$

$$F_{2k} = \frac{N_2}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{592}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 5 = 20 \text{ kN}$$

$$F_{3k} = \frac{N_3}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{283}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 5 = 9,4 \text{ kN}$$

9.3.2 Návrh a posouzení diagonály - táhla



Profil: $\Phi 27 \text{ mm}$

Materiál: S 460

Výroba: Válcovaný + řezaný závit

A [mm²]	572,6	A_s [mm²]	459
---------------------------	-------	---------------------------------------	-----

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
128,4	-	-	-	-

Únosnost táhla ve smyslu ČSN EN 1993-1-8 s ohledem na oslabenou plochu závitem:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot 459 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 178,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

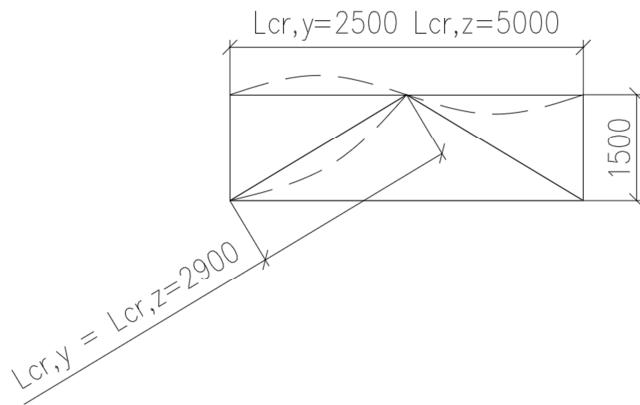
$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{128,4}{178,5} = 0,7 \dots \text{Vyhovuje}$$

Doporučeno táhlo systému Detan..

9.4 Podélné střešní ztužidlo

9.4.1 Vzpěrné délky

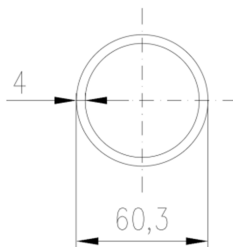
Pruty jsou modelovány jako kloubově uložené na obou koncích a jejich vzpěrné délky se rovnají délkám systémovým dle schéma.



Obr. 9.4 Schéma vzpěrných délek podélného střešního ztužidla.

9.4.2 Posouzení diagonály - vzpěry

Průřezové charakteristiky:



Profil: 60,3x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	7,07E-04		
I _y [m ⁴]	2,82E-07	I _z [m ⁴]	2,82E-07
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	5,61E-07
W _{el,y} [m ³]	9,34E-06	W _{el,z} [m ³]	9,34E-06
W _{pl,y} [m ³]	1,26E-05	W _{pl,z} [m ³]	1,26E-05
i _y [mm]	19,97	i _z [mm]	19,97

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-20,8	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 2,9 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,9}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,9$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,9 - 0,2) + 1,9^2] = 2,48$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,48 + \sqrt{2,48^2 - 1,9^2}} = 0,24 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,24 \cdot 0,71 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 61,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{20,8}{61,5} = 0,3 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

9.4.3 Posouzení dolního pásu

Průřez je totožný s průřezem diagonál – RO 60,3x4mm.

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-15,3	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 5,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 3,28$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (3,28 - 0,2) + 3,28^2] = 6,19$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{6,19 + \sqrt{6,19^2 - 3,38^2}} = 0,1 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

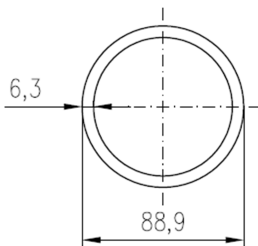
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,1 \cdot 0,71 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 21,9 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{15,3}{21,9} = 0,7 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

9.4.4 Posouzení horního pásu

Průřezové charakteristiky:



Profil: 88.9X6.3

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m²]	1,63E-03		
I_y [m⁴]	1,40E-06	I_z [m⁴]	1,40E-06
I_w [m⁶]	0,00E+00	I_t [m⁴]	2,79E-06
W_{el y} [m³]	3,15E-05	W_{el z} [m³]	3,15E-05
W_{pl y} [m³]	4,24E-05	W_{pl z} [m³]	4,24E-05
i_y [mm]	29,3	i_z [mm]	29,3

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
---------------	---------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------

-89,4	0	0	0	0
-------	---	---	---	---

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 2,5 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 5,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,5}{0,029} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,12$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,029} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,23$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,12 - 0,2) + 1,12^2] = 1,22$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,23 - 0,2) + 2,23^2] = 3,21$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,12^2}} = 0,58 \leq 1,0$$

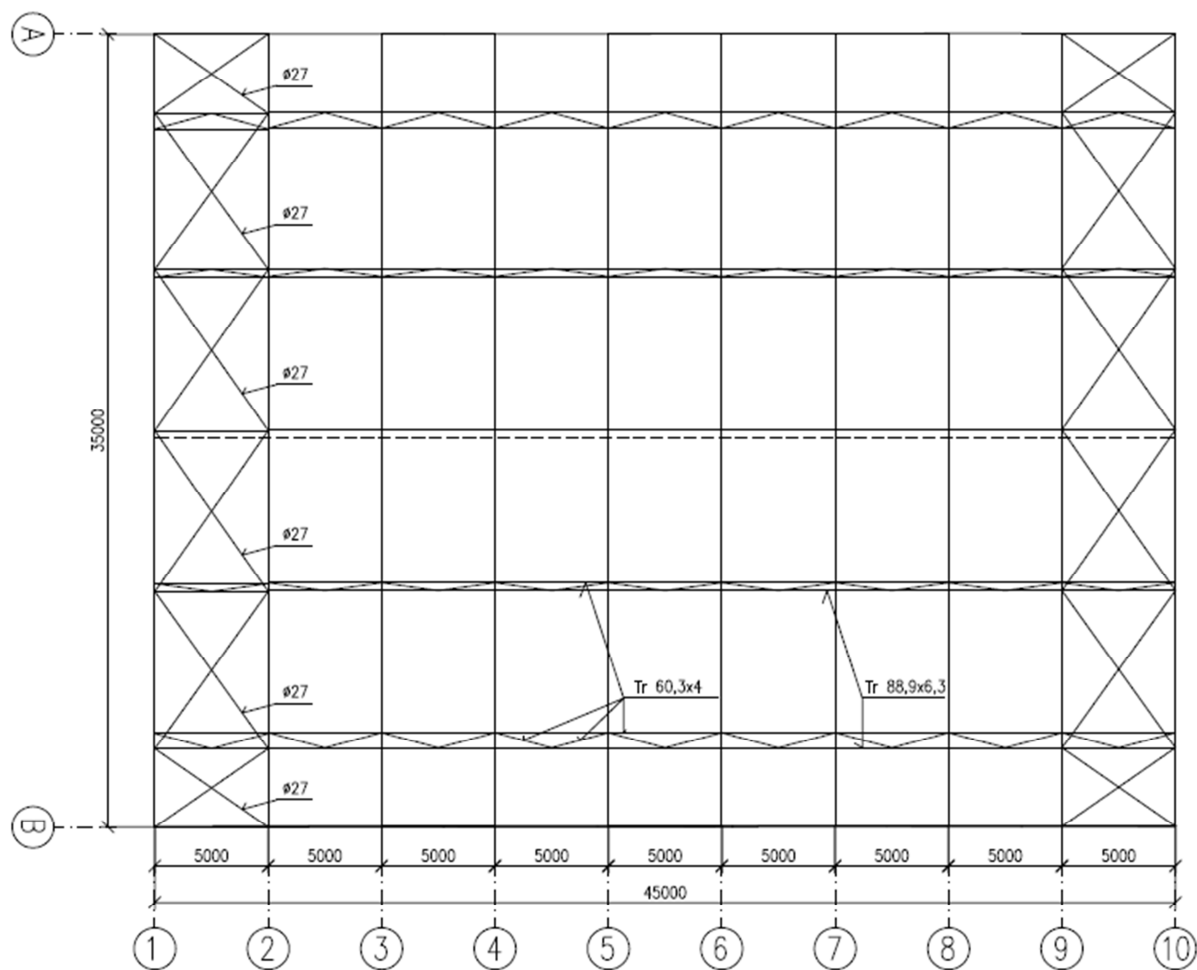
$$\chi_z = \frac{1}{3,21 + \sqrt{3,21^2 - 2,23^2}} = 0,18 \leq 1,0 \dots \text{Rozhoduje}$$

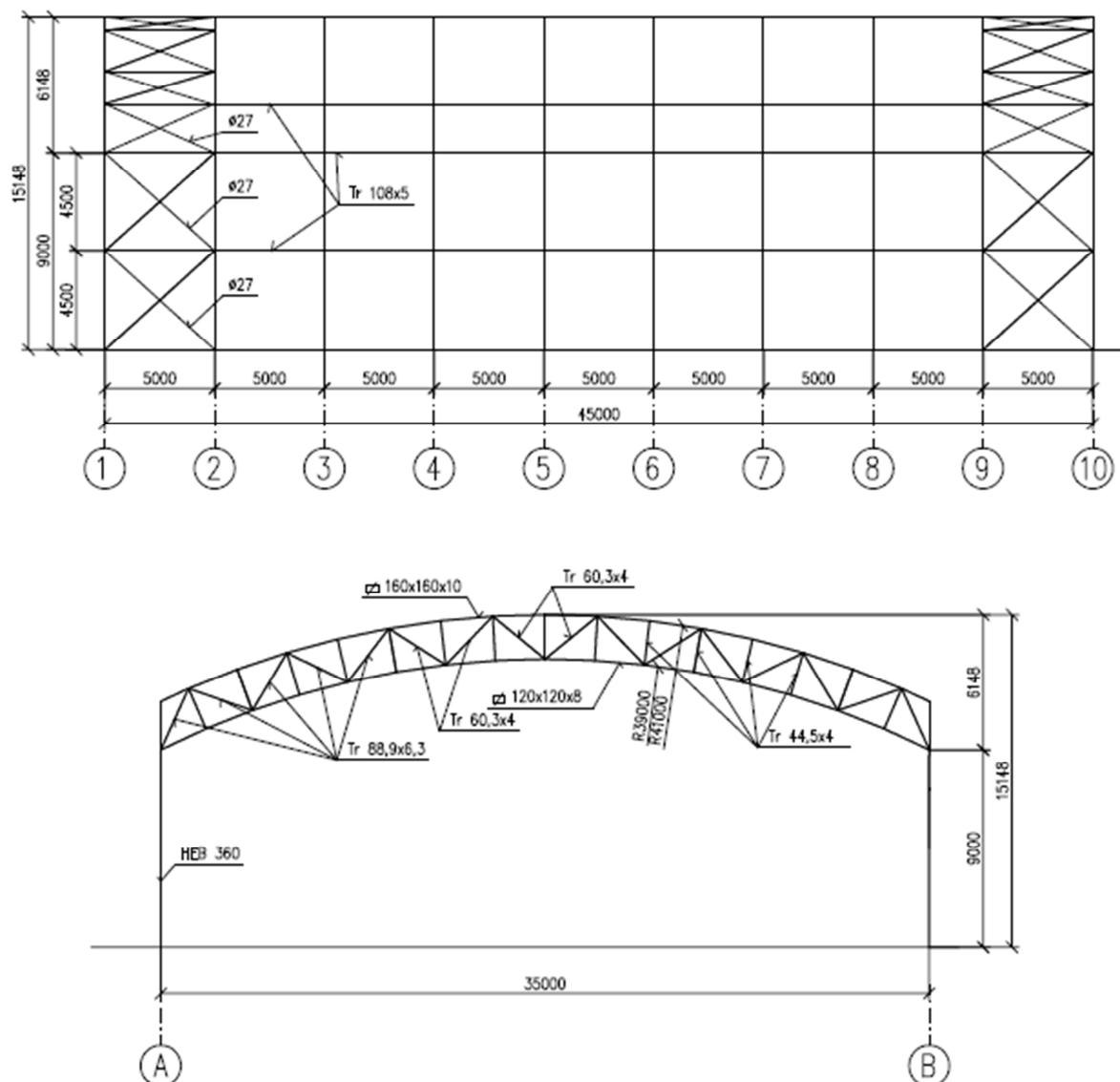
Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,18 \cdot 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 105,1 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{89,4}{105,1} = 0,85 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$





Obr. 9 Přehledné schéma

10 Řešení budovy zázemí

11 Návrh a posouzení opláštění a nosného stropního systému

11.1 Návrh a posouzení střešního pláště budovy zázemí

Střešní plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 XD tl. 100 mm vnější plech 0,7 mm vnitřní plech 1,1 mm. Mezi vazbami 10 a 11 jsou podpory vzdáleny $l = 3,5$ m a panel je navržen jako prostý nosník. Mezi vazbami 11 až 13 jsou podpory vzdáleny $l = 5,0$ m a panel je navržen jako spojitý nosník o dvou polích. Viz schéma obr. 1.2

a) Kombinace zatížení sníh + vítr – vazby 10-11

$$q_k(s) = 4,0 \text{ kNm}^{-2} - \text{sníh navátý (ii)}$$

$$q_k(w) = 0,09 \text{ kNm}^{-2} - \text{vítr působící kolmo na hřeben}$$

$$q_d = \gamma_d q_k(s) + \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 4,0 + 1,5 \cdot 0,09 = 6,14 \text{ kNm}^{-2}$$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 3,5$ m možné rovnoměrné zatížení $6,99 \text{ kNm}^{-2}$ tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 6,14 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 6,99 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

b) Kombinace zatížení sněh + vítr – vazby 11-13

$q_k(s) = 2,0 \text{ kNm}^{-2}$ - sněh navátý (ii)

$q_k(w) = 0,09 \text{ kNm}^{-2}$ – vítr působící kolmo na hřeben

$q_d = \gamma_d q_k(s) + \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 2,0 + 1,5 \cdot 0,09 = 3,14 \text{ kNm}^{-2}$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 5,0$ m možné rovnoměrné zatížení $3,15 \text{ kNm}^{-2}$ tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 3,14 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 3,15 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

c) Kombinace zatížení vítr (sání) – vazby 10-11

$q_k(w) = 0,83 \text{ kNm}^{-2}$ – vítr působící kolmo na hřeben - sání

$q_d = \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 0,83 = 1,25 \text{ kNm}^{-2}$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 3,5$ m možné rovnoměrné zatížení $7,22 \text{ kNm}^{-2}$ (sání) tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 1,25 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 7,22 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

d) Kombinace zatížení vítr (sání) – vazby 11-13

$q_k(w) = 0,83 \text{ kNm}^{-2}$ – vítr působící kolmo na hřeben - sání

$q_d = \gamma_d q_k(w) = 1,5 \cdot 0,83 = 1,25 \text{ kNm}^{-2}$

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) je pro návrhovou vzdálenost podpor $l = 5$ m možné rovnoměrné zatížení $3,54 \text{ kNm}^{-2}$ (sání) tato hodnota je včetně zatížení vlastní tíhou panelu.

Posouzení: $q_d = 1,25 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 3,54 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

11.2 Posouzení obvodového pláště budovy zázemí

Obvodový plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1150 TF 200 tl. 200 mm, který je navržen jako prostý nosník $l = 5$ m.

a) Kombinace vítr tlak

$q_k(w) = q_d = 0,34 \text{ kNm}^{-2}$ – stav(ii) vítr působící rovnoběžně s příčnou vazbou

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) pro rovnoměrné zatížení $2,50 \text{ kNm}^{-2}$ je maximální možná vzdálenost podpor $l = 5,35$ m. Tyto hodnoty jsou uvažovány pro charakteristické hodnoty zatížení a jsou uvedeny s ohledem na vlastní tíhu panelu.

Posouzení: $q_d = 0,34 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 2,50 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

$l_d = 5,0 \text{ m} < l_{max} = 5,35 \text{ m} \dots$ **Vyhovuje**

b) Kombinace zatížení vítr (sání)

$q_k(w) = q_d = -0,17 \text{ kNm}^{-2}$ – stav(ii) vítr působící rovnoběžně s příčnou vazbou

Dle tabulky bezpečného zatížení (Manuál použití Kingspan) pro rovnoměrné zatížení $2,50 \text{ kNm}^{-2}$ je maximální možná vzdálenost podpor $l = 5,35 \text{ m}$. Tyto hodnoty jsou uvažovány pro charakteristické hodnoty zatížení a jsou uvedeny s ohledem na vlastní tíhu panelu.

Posouzení: $q_d = 0,17 \text{ kNm}^{-2} < q_d(\text{panel}) = 2,5 \text{ kNm}^{-2} \dots$ **Vyhovuje**

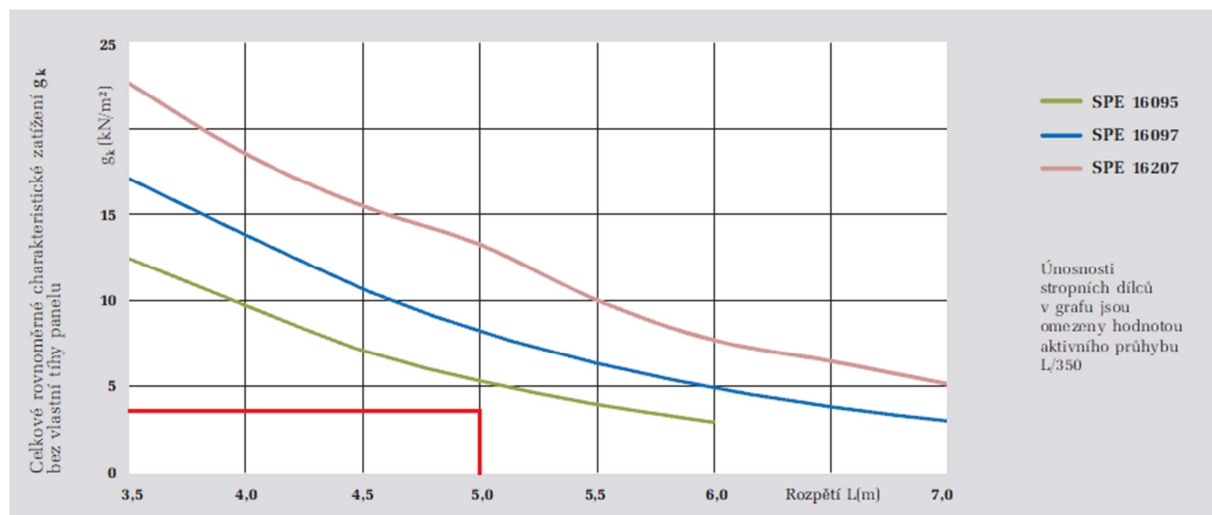
$l_d = 5,0 \text{ m} < l_{max} = 5,35 \text{ m} \dots$ **Vyhovuje**

11.3 Návrh a posouzení stropních panelů budovy zázemí

Navržen nosný systém tvořený předpjatými panely tl. 165 mm s vyztužením SPE 16 095 firmy Goldbeck. Panely budou kladeny na nosné I-profilů a nebudou zajišťovat jejich stabilitu v klopení.

Zatížení stropu pro orientační návrh stropního panelu:

Název	g_k [kNm^{-2}]	γ_f	g_d [kNm^{-2}]
Úpravy povrchu	0,5	1,35	0,68
Podhled	0,3	1,35	0,41
Užitné zatížení	3,0	1,5	4,5
Suma	3,8		5,59



12 Příčná vazba – posouzení na 1. MS

Počítáno dle normy ČSN EN 1993-1-1

12.1 Pravidla tvoření kombinací

Kombinace tvořeny dle ČSN EN 1990 (6.10) (4):

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

kde: $\gamma_G = 1,35$ (1,0 při působení zatížení nepříznivě)

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\psi_{0,1} = 0,5 \text{ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem)}$$

$$\psi_{0,1} = 0,6 \text{ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem)}$$

$$\psi_{0,i} = 0,7 \text{ (pro zatěžovací stav obsahující užité zatížení)}$$

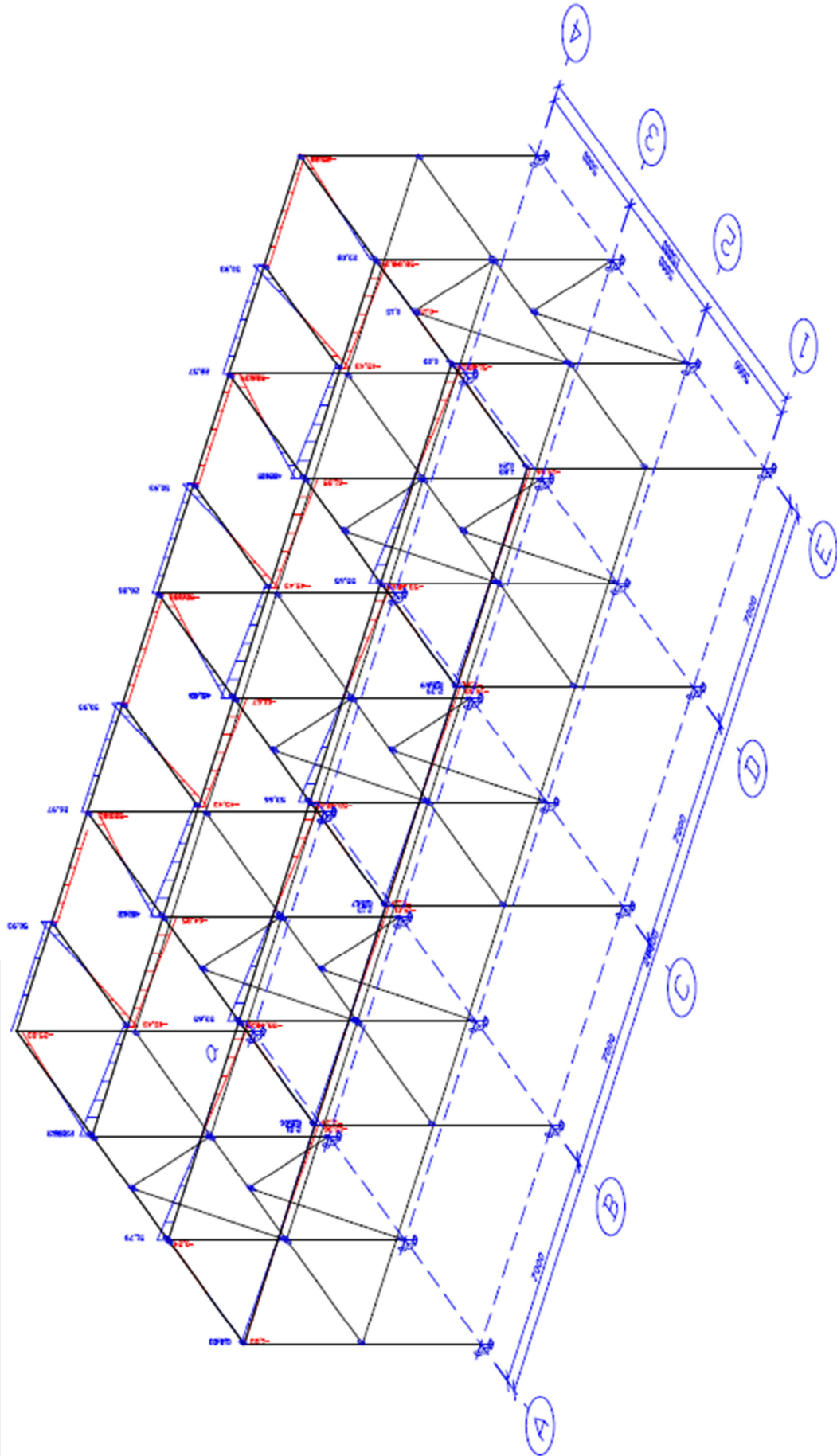
Tyto součinitele jsou označeny ve výpisu kombinací jako [A].

Zatěžovací stavy spadají do příslušné skupiny tj skupina pro vítr, sněh a užité zatížení. Tyto stavy jsou tzv. „výběrové“ – nekombinují se spolu.

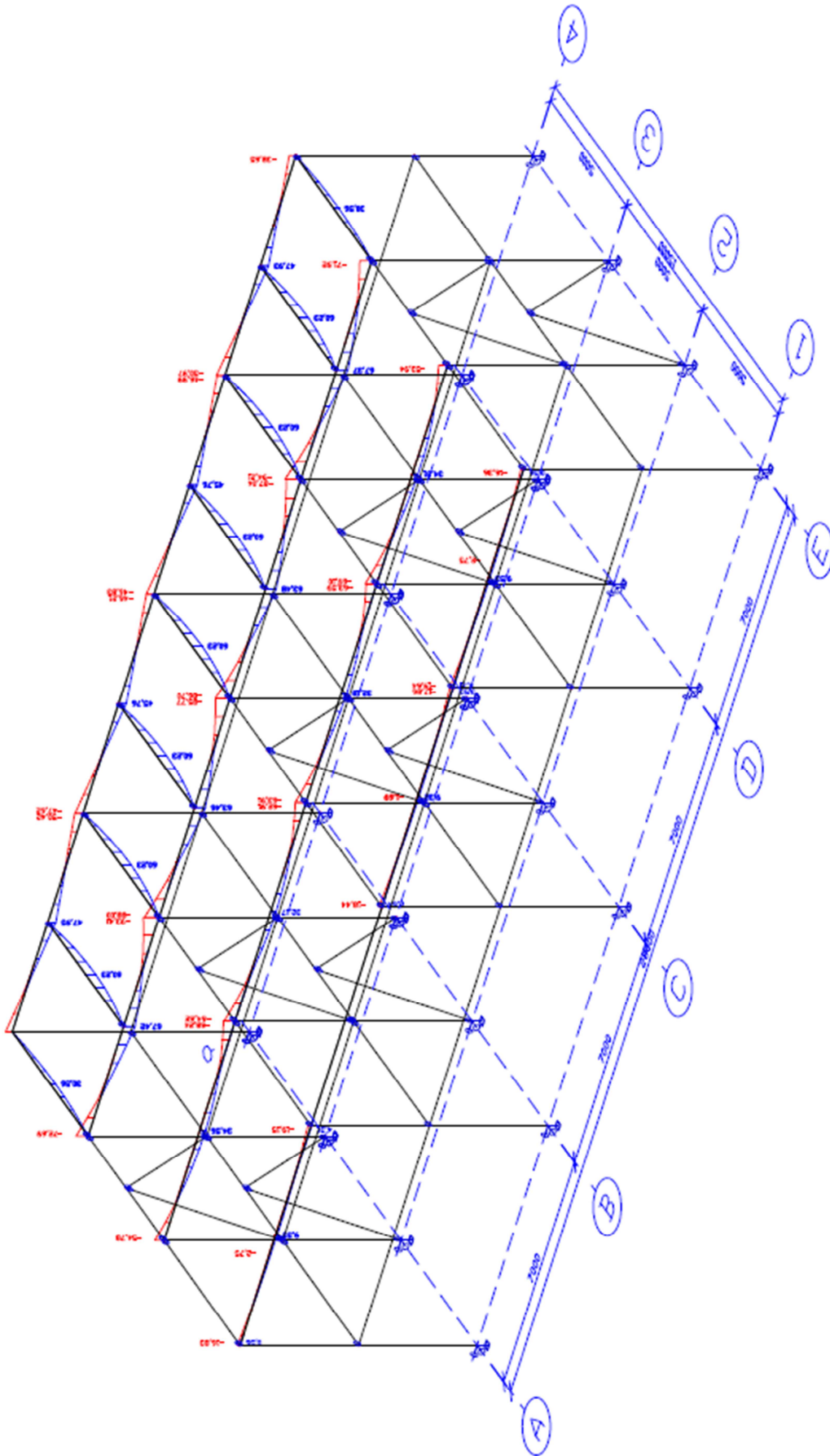
12.2 Výpis kombinací nebezpečných pro 1. MS

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [1]
K1	Obálka - únosnost	Vlastní tíha	1,35
		Stálé zatížení	1,35
		Plný sněh	1,50
		Navátý sněh	1,50
		Čelní vítr	0,90
		Boční vítr	0,90
		Užité plné	1,05
		Užité sudá pole	1,05
		Užité lichá pole	1,05
K2	Obálka - únosnost	Vlastní tíha	1,00
		Stálé zatížení	1,00
		Plný sněh	0,75
		Navátý sněh	0,75
		Čelní vítr	1,50
		Boční vítr	1,50
		Užité plné	1,05
		Užité sudá pole	1,05
		Užité lichá pole	1,05
K3	Obálka - únosnost	Vlastní tíha	1,35
		Stálé zatížení	1,35
		Plný sněh	1,50 pln
		Navátý sněh	1,50 nav
		Čelní vítr	0,90 cel
		Boční vítr	0,90 boc
		Užité plné	1,05 pln
		Užité sudá pole	1,05 sach 1
		Užité lichá pole	1,05 sach 2

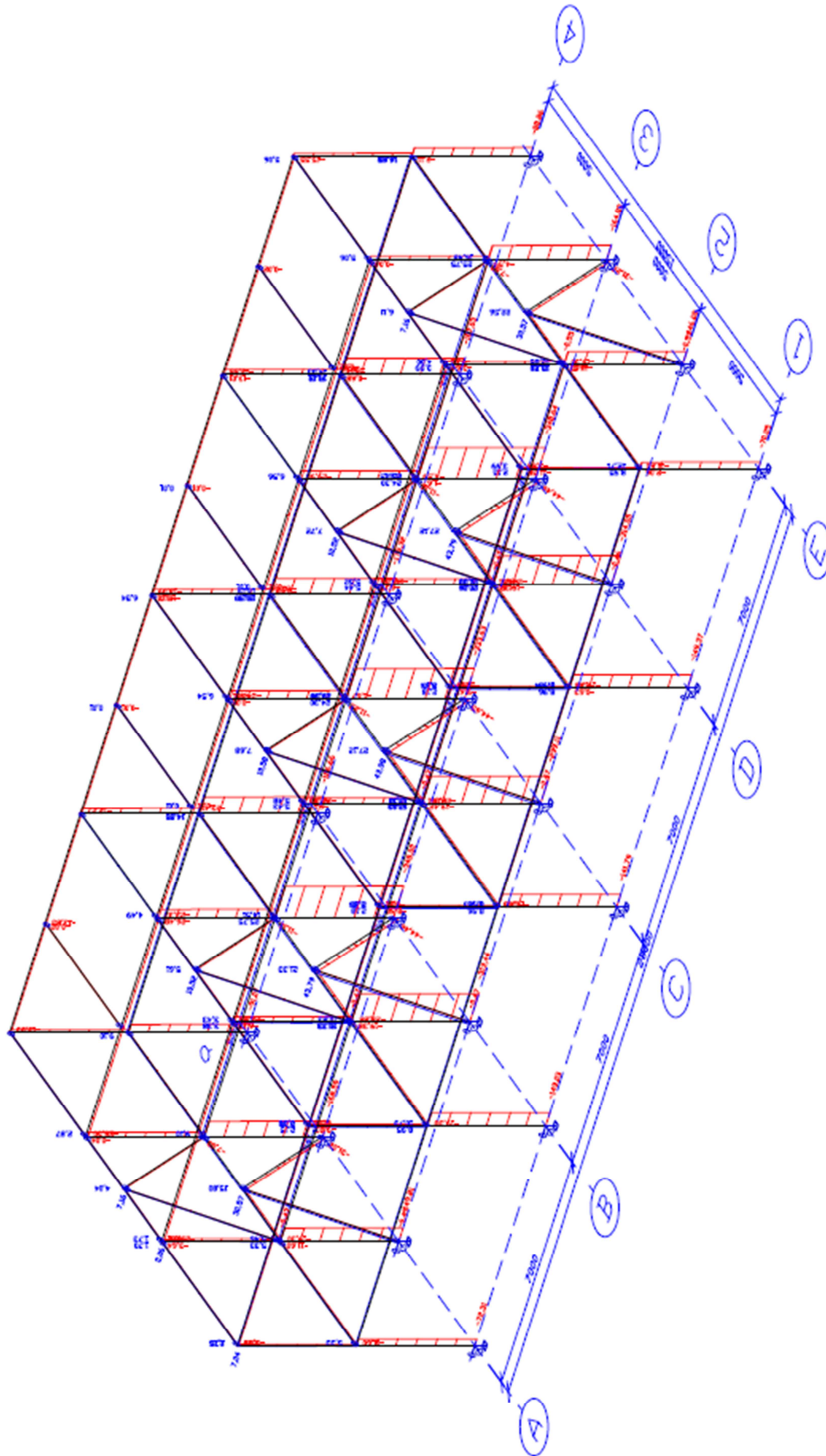
Obálka posouvajících sil Vz – kombinace K1



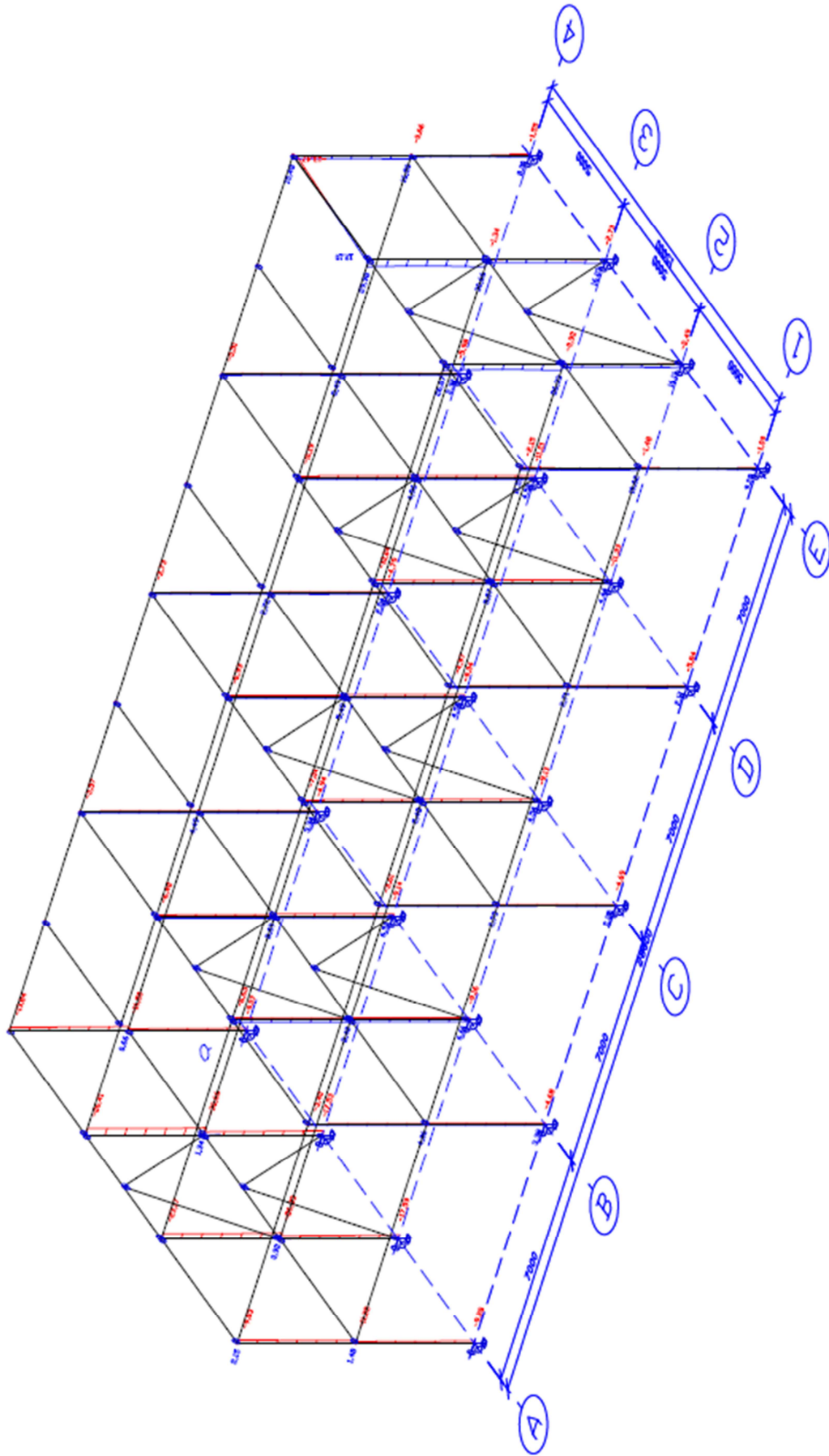
Obálka ohybových momentů M_y – kombinace K1



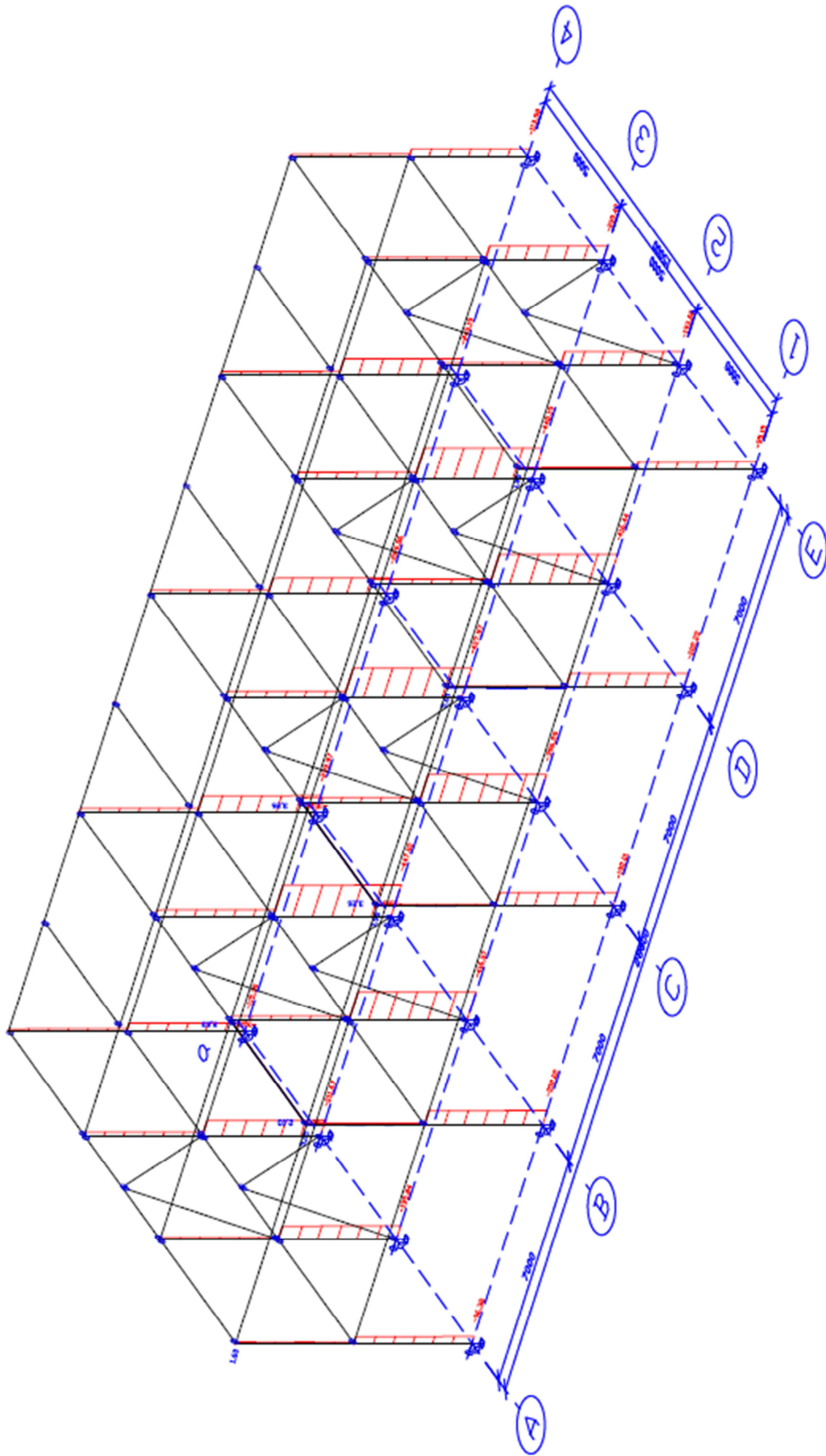
Obálka Normálových síl N – kombinace K2



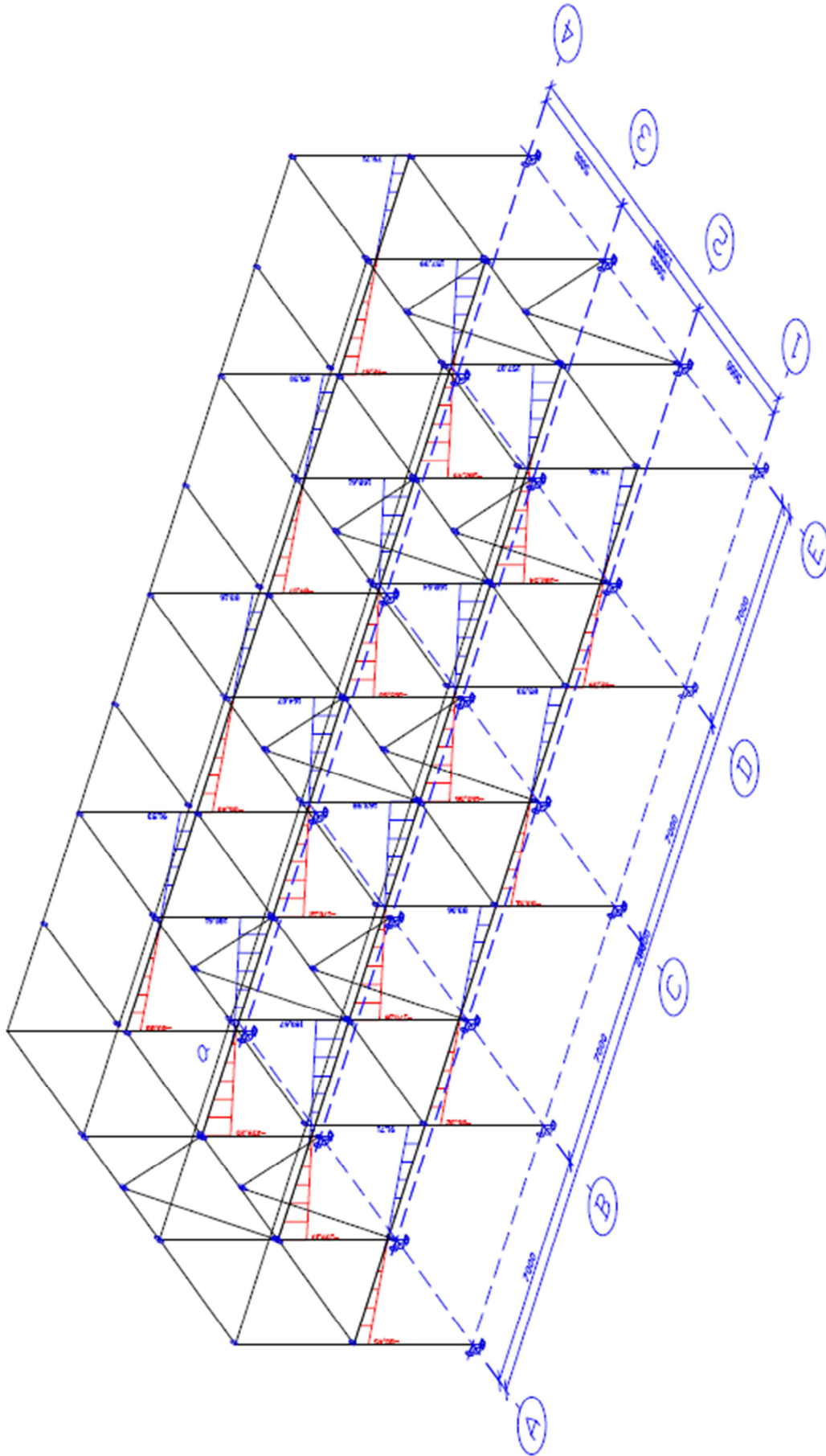
Obálka posouvajících sil Vz – kombinace K2



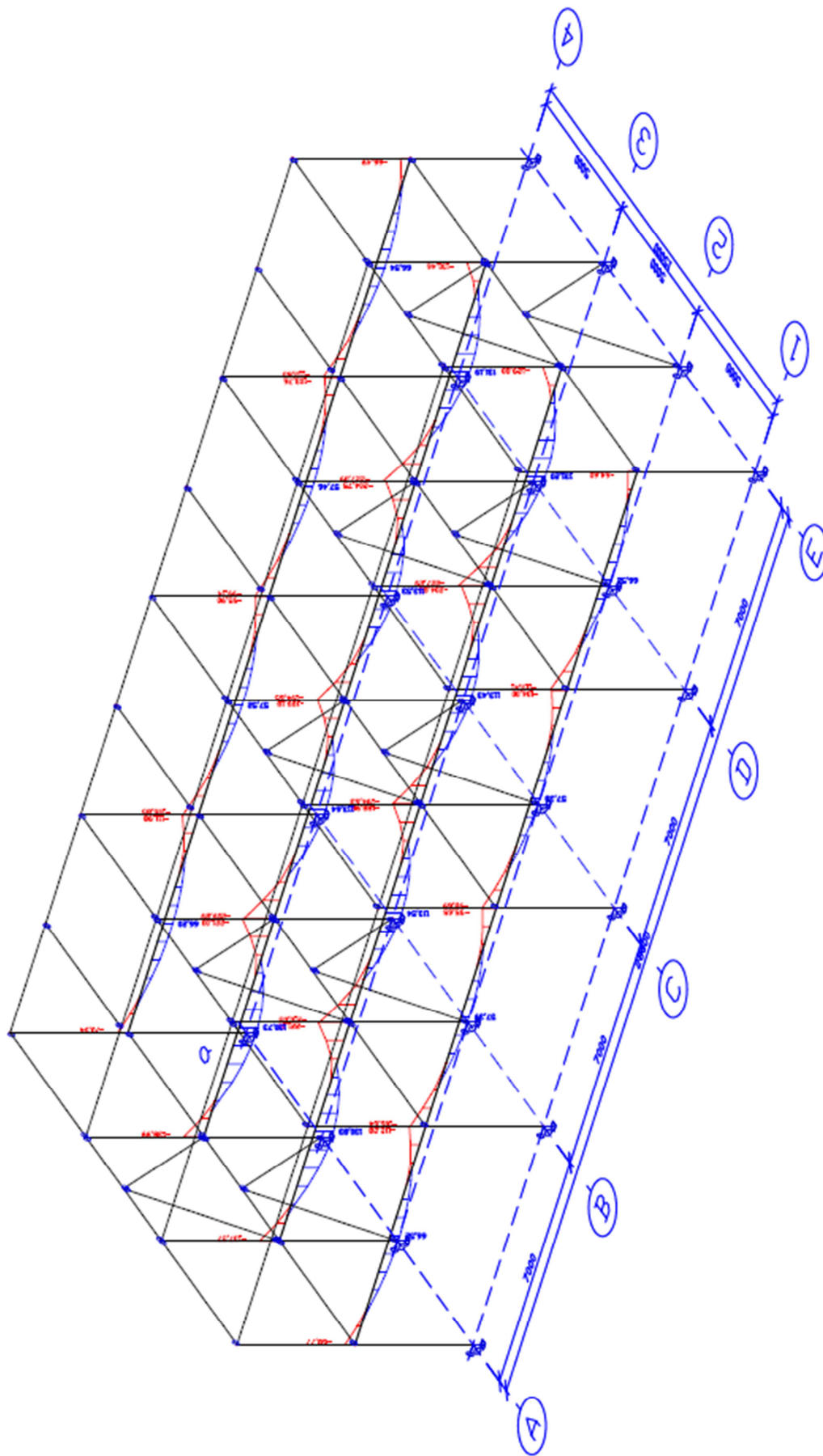
Obálka Normálových síl N – kombinace K3



Obálka posouvajících sil Vz – kombinace K3

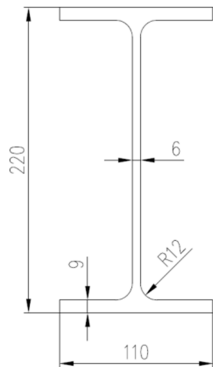


Obálka ohybových momentů M_y – kombinace K3



12.4 Střešní průvlak

Průřezové charakteristiky:



Profil: IPE 220

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	3,34E-03		
I _y [m ⁴]	2,77E-05	I _z [m ⁴]	2,05E-06
I _w [m ⁶]	2,27E-08	I _t [m ⁴]	9,07E-08
W _{el,y} [m ³]	2,52E-04	W _{el,z} [m ³]	3,73E-05
W _{pl,y} [m ³]	2,85E-04	W _{pl,z} [m ³]	5,81E-05
i _y [mm]	91,10	i _z [mm]	24,77

Vnitřní síly (Kombinace K1):

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm] (uprostřed rozpětí)	M _z [kNm]	M _y [kNm] (u podpory)
0	0	65,1	67,4	0	94,2

Zatížení průřezu: Průřez třídy 2. dle (5)

a) Posouzení nosníku na ohyb

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{ypl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2,85 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 102,32 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{94,2}{101,3} = 0,9 \dots \text{ Vyhovuje}$$

b) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 3340 - 2 \cdot 110 \cdot 9 + (6 + 2 \cdot 12) \cdot 9 = 1630 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1630 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 334,1 \text{ kN}$$

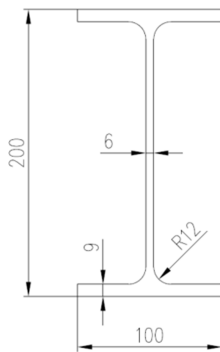
Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{65,1}{334,1} = 0,2 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykiem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

12.5 Střešní stropnice

Průřezové charakteristiky:



Profil: IPE 200

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	2,85E-03		
I _y [m ⁴]	1,94E-05	I _z [m ⁴]	1,42E-06
I _w [m ⁶]	1,30E-08	I _t [m ⁴]	6,98E-08
W _{el,y} [m ³]	1,94E-04	W _{el,z} [m ³]	2,85E-05
W _{pl,y} [m ³]	2,21E-04	W _{pl,z} [m ³]	4,46E-05
i _y [mm]	82,57	i _z [mm]	22,35

Vnitřní síly (Kombinace K1):

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
0	0	50,9	60,2	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 2. dle (5)

a) Posouzení nosníku na ohyb

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{ypl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2,21 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 78,31 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{60,2}{78,3} = 0,8 \dots \text{ Vyhovuje}$$

b) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 2850 - 2 \cdot 100 \cdot 9 + (6 + 2 \cdot 12) \cdot 9 = 1320 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1320 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 270,5 \text{ kN}$$

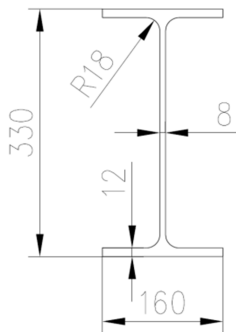
Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{50,9}{270,5} = 0,2 \dots \text{ Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

12.6 Stropní průvlaky

Průřezové charakteristiky:



Profil: IPE 330

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	6,26E-03		
I _y [m ⁴]	1,18E-04	I _z [m ⁴]	7,88E-06
I _w [m ⁶]	1,99E-07	I _t [m ⁴]	2,82E-07
W _{ely} [m ³]	7,13E-04	W _{elz} [m ³]	9,85E-05

$W_{pl,y}$ [m ³]	8,04E-04	$W_{pl,z}$ [m ³]	1,54E-04
i_y [mm]	137,12	i_z [mm]	35,48

Vnitřní síly (Kombinace K3):

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm] (uprostřed rozpětí)	M_z [kNm]	M_y [kNm] (u podpory)
0	0	182,5	131,2	0	-227,3

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Posouzení nosníku na ohyb

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{ypl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 285,53 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{227,3}{285,5} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

b) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 6260 - 2 \cdot 170 \cdot 12 + (8 + 2 \cdot 18) \cdot 12 = 2708 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

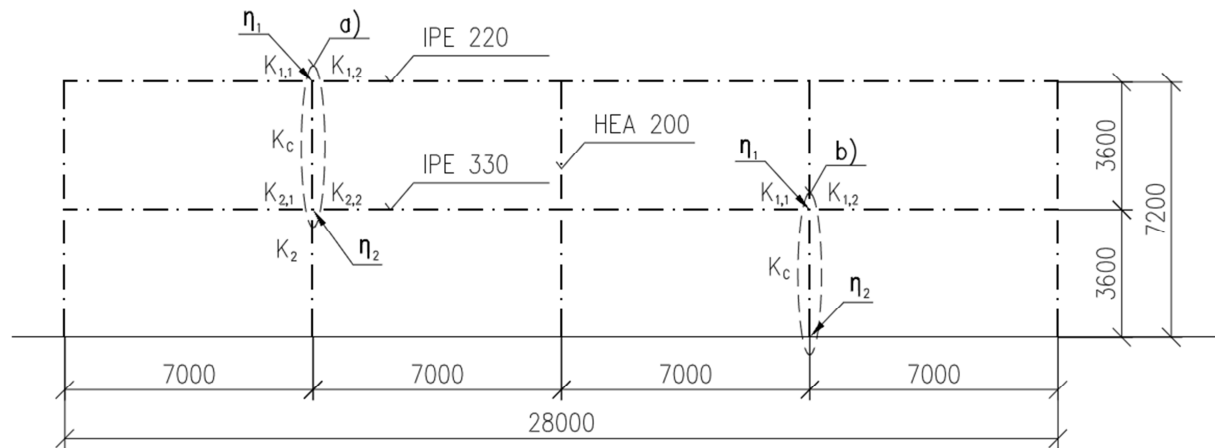
$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{2708 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 555,0 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{182,5}{555,0} = 0,3 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

12.7 Sloup**12.7.1 Vzpěrné délky**



Obr 11.1 Schéma pro výpočet vzpěrných délek

$$K_c = \frac{I_c}{l}$$

$$K_{i,j} = 1,5 \frac{I_{i,j}}{l}$$

a) Vzpěrná délka horní části sloupu

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{1,1} + K_{1,2}} = \frac{\frac{5700}{360}}{\frac{5700}{360} + 1,5 \cdot 2 \cdot \frac{2770}{700}} = 0,572$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{2,1} + K_{2,2}} = \frac{2 \cdot \frac{5700}{360}}{2 \cdot \frac{5700}{360} + 1,5 \cdot 2 \cdot \frac{2770}{700}} = 0,727$$

$$\frac{L_{cr}}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (0,572 + 0,727) - 0,12 \cdot 0,572 \cdot 0,727}{1 - 0,8 \cdot (0,572 + 0,727) + 0,6 \cdot 0,572 \cdot 0,727}}$$

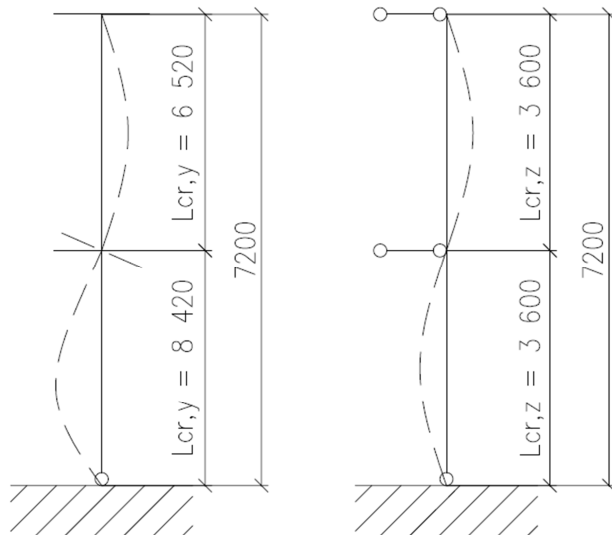
$$\frac{L_{cr}}{L} = 1,81$$

b) Vzpěrná délka dolní části sloupu

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{1,1} + K_{1,2}} = \frac{2 \cdot \frac{5700}{360}}{2 \cdot \frac{5700}{360} + 1,5 \cdot 2 \cdot \frac{11800}{700}} = 0,385$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c} = \frac{\frac{5700}{360}}{\frac{5700}{360}} = 1,0$$

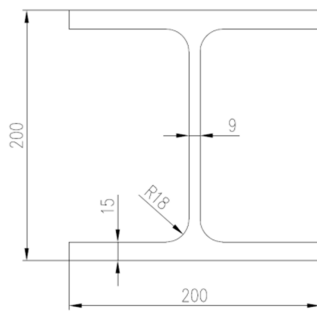
$$\frac{L_{cr}}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (0,385 + 1,0) - 0,12 \cdot 1,0 \cdot 0,385}{1 - 0,8 \cdot (0,385 + 1,0) + 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,385}} = 2,34$$



Obr. 11.2 Vzpěrné délky sloupu

12.7.2 Posouzení sloupu

Průřezové charakteristiky:



Profil: HEB 200

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	7,81E-03		
I_y [m ⁴]	5,70E-05	I_z [m ⁴]	2,00E-05
I_w [m ⁶]	1,72E-07	I_t [m ⁴]	5,93E-07
$W_{el,y}$ [m ³]	5,70E-04	$W_{el,z}$ [m ³]	2,00E-04
$W_{pl,y}$ [m ³]	6,42E-04	$W_{pl,z}$ [m ³]	3,06E-04
i_y [mm]	85,41	i_z [mm]	50,65

Vnitřní síly (Kombinace K3):

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-448,2	0	12,1	-43,5	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 7,81 \cdot 10^{-3} = 2771,8 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 8,42 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 3,60 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8,42}{0,0854} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,29$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,60}{0,0507} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,93$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\frac{h}{b} = \frac{200}{200} = 1,0 \leq 1,2$$

$$\begin{aligned} \text{Pro směr vybočení kolmo k ose: } y\text{-y } \alpha_1 &= 0,34 \\ z\text{-z } \alpha_1 &= 0,49 \end{aligned}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,29 - 0,2) + 1,29^2] = 1,52$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,93 - 0,2) + 0,93^2] = 1,06$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,52 + \sqrt{1,52^2 - 1,29^2}} = 0,43 \dots \text{ Rozhoduje}$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,06 + \sqrt{1,06^2 - 0,93^2}} = 0,64$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,43 \cdot 7,81 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1196,4 \text{ kN}$$

c) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 6,42 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 227,9 \text{ kNm}$$

d) Návrhový moment únosnosti při klopení

$$L = 3,6 \text{ m}$$

$$k_y = 0,7$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 2,33$$

$$C_{1,1} = 2,68$$

$$C_2 = 0,5 \dots \text{Uvažuji konzervativní hodnotu}$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{3,14}{1 \cdot 3,6} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,72 \cdot 10^{-7}}{81 \cdot 10^9 \cdot 5,93 \cdot 10^{-7}}} = 0,756$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 2,33 + (2,68 - 2,33) \cdot 0,756 = 2,59$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \frac{3,14 \cdot 0,1}{1,0 \cdot 3,6} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 2,00 \cdot 10^{-5}}{81 \cdot 10^9 \cdot 5,93 \cdot 10^{-7}}} = 0,817$$

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j)^2} - (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j) \right] \\ &= \frac{2,59}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,756^2 + (0,5 \cdot 0,817)^2} - (0,5 \cdot 0,817) \right] = 2,36 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 2,36 \frac{3,14 \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 2,00 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 5,93 \cdot 10^{-7}}}{3,60} = 926,1 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ypl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6,42 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6}{926,1 \cdot 10^3}} = 0,50$$

$$\frac{h}{b} = \frac{200}{200} = 1,0 < 2,0 \dots \text{křivka klopení a}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,50 - 0,2) + 0,50^2] = 0,65$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,65 + \sqrt{0,65^2 - 0,50^2}} = 0,93$$

Návrhový moment únosnosti nosníku při klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,93 \cdot 6,42 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 210,9 \text{ kNm}$$

e) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_s = 0$$

$$\psi = M_a / M_h = 0 / -43,5 = 0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$k_{yy} = 0,6 \cdot \left(1 + (1,29 - 0,2) \cdot \frac{448,2}{0,43 \cdot 2771,8/1,0} \right) = 0,77 \leq 0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{448,2}{0,43 \cdot 2771,8/1,0} \right) = 0,78$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right]$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 0,93}{(0,6 - 0,25) 0,58 \cdot 2771,8/1,0} \right] = 0,93 \geq \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25) 0,58 \cdot 2771,8/1,0} \right] = 0,92$$

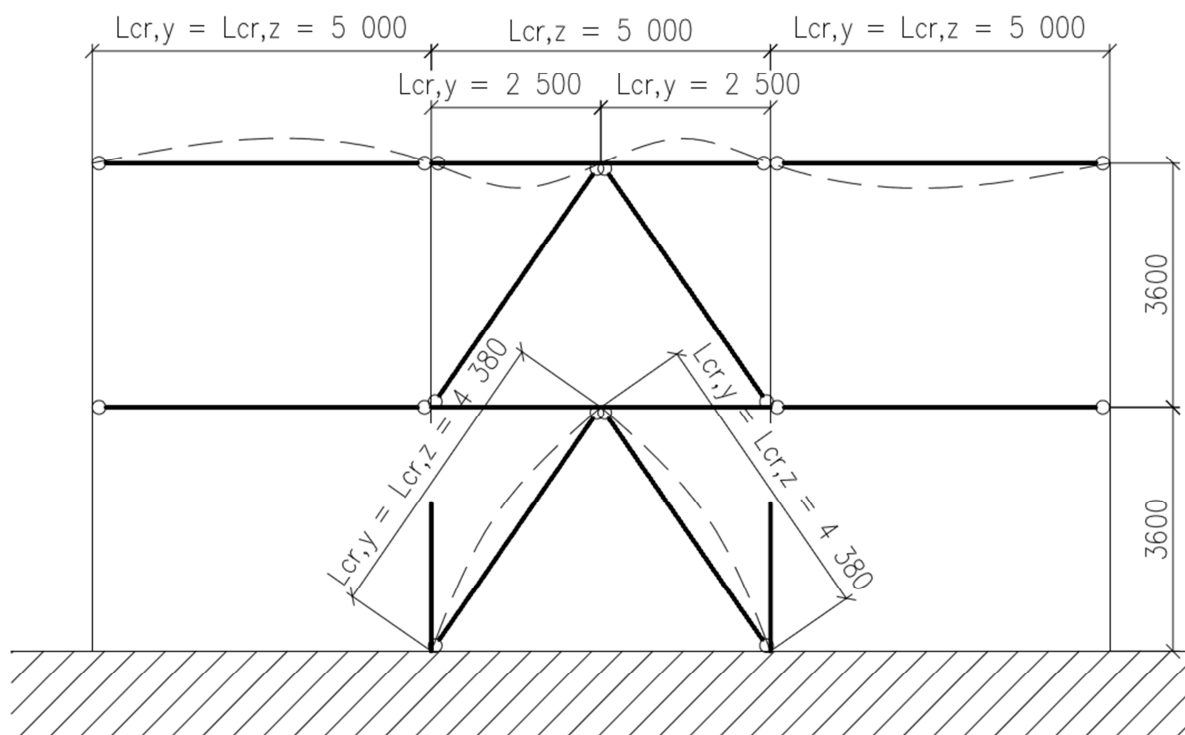
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{448,2}{0,43 \cdot 2771,8/1,0} + 0,77 \cdot \frac{43,5}{0,93 \cdot 227,9/1,0} = \mathbf{0,53} \leq \mathbf{1,0 \text{ Vyhovuje}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{448,2}{0,58 \cdot 2771,8/1,0} + 0,93 \cdot \frac{43,5}{0,93 \cdot 227,9/1,0} = \mathbf{0,50} \leq \mathbf{1,0 \text{ Vyhovuje}}$$

13 Podélné ztužidlo - posouzení na 1. MS

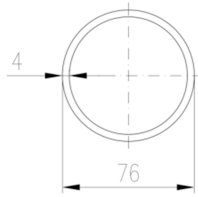
13.1 Vzpěrné délky



Obr. 12.1 Vzpěrné délky podélného ztužidla

13.2 Posouzení ztužidla – diagonály

Průřezové charakteristiky:



Profil: Tr 76x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	9,06E-04		
I _y [m ⁴]	5,91E-07	I _z [m ⁴]	5,91E-07
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	1,18E-06
W _{el y} [m ³]	1,55E-05	W _{el z} [m ³]	1,55E-05
W _{pl y} [m ³]	2,08E-05	W _{pl z} [m ³]	2,08E-05
i _y [mm]	25,54	i _z [mm]	25,54

Vnitřní síly (Kombinace K2):

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-44,5	0	0	0	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 4,38\text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4,38}{0,0255} \cdot \frac{1}{93,9} = 2,24$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,24 - 0,2) + 2,24^2] = 3,23$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{3,23 + \sqrt{3,23^2 - 2,24^2}} = 0,18$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

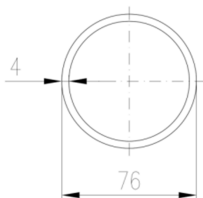
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,18 \cdot 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 57,84 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{44,5}{57,84} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

13.3 Posouzení ztužidla - vodorovné tlačené pruty

Průřezové charakteristiky:



Profil: Tr 76x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	9,06E-04		
I _y [m ⁴]	5,91E-07	I _z [m ⁴]	5,91E-07
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	1,18E-06
W _{el y} [m ³]	1,55E-05	W _{el z} [m ³]	1,55E-05
W _{pl y} [m ³]	2,08E-05	W _{pl z} [m ³]	2,08E-05
i _y [mm]	25,54	i _z [mm]	25,54

Vnitřní síly (Kombinace K2):

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-28,9	0	0	0	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 5,00$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,0255} \cdot \frac{1}{93,9} = 2,56$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1 = 93,9$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,56 - 0,2) + 2,56^2] = 4,03$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{4,03 + \sqrt{4,03^2 - 2,56^2}} = 0,14$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,14 \cdot 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 45,04 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{28,2}{45,04} = 0,65 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

14 Posouzení na 2. MS

14.1 Pravidla tvoření kombinací

Kombinace tvořeny dle ČSN EN 1990 (tab. A1.4) (4):

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

kde: $\psi_{0,i} = 0,5$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem)

$\psi_{0,i} = 0,6$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem)

$\psi_{0,i} = 0,7$ (pro zatěžovací stav obsahující užité zatížení)

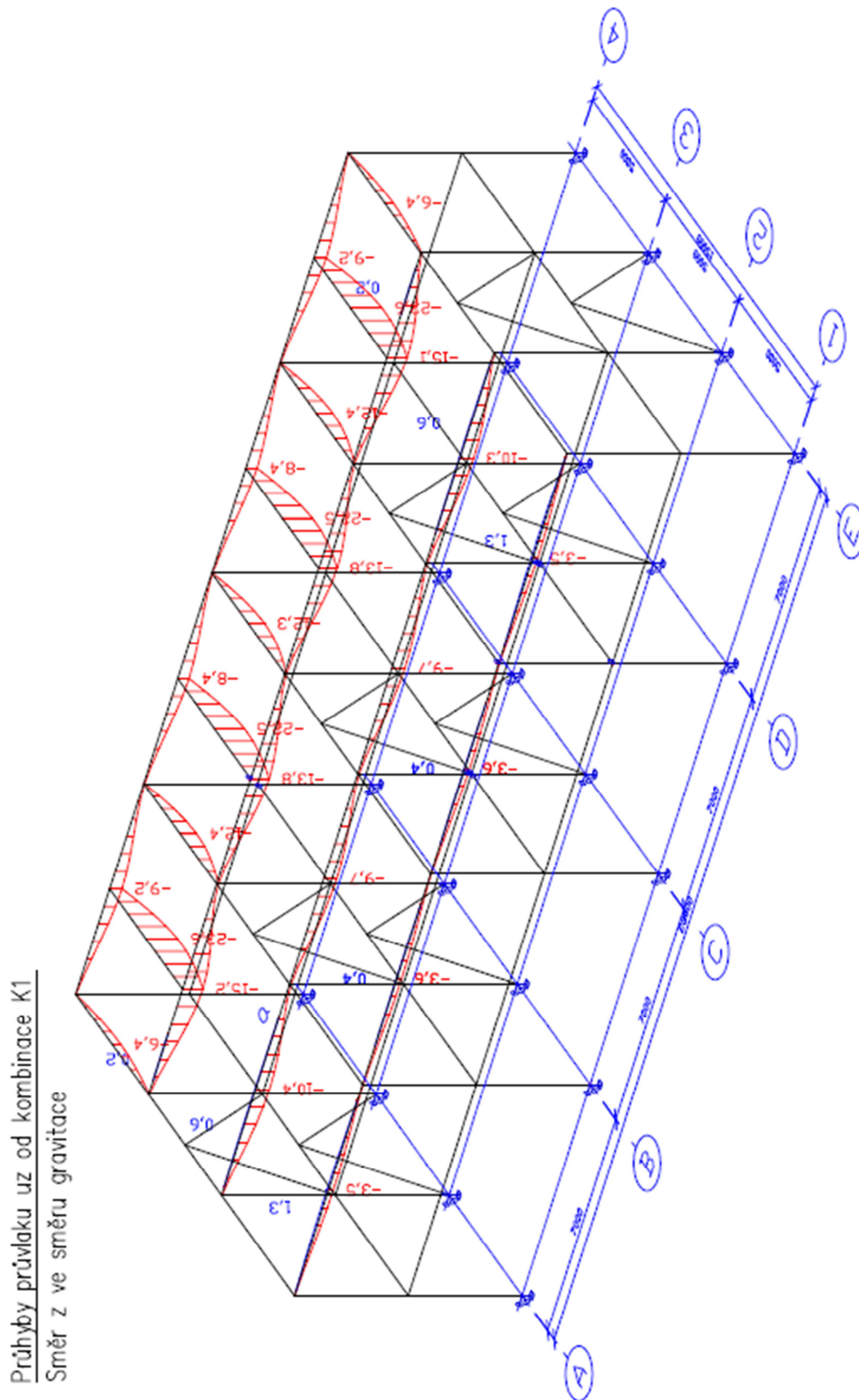
Tyto součinitele jsou označeny ve výpisu kombinací jako [A].

Zatěžovací stavy spadají do příslušné skupiny tj skupina pro vítr, sněh a užité zatížení. Tyto stavy jsou tzv. „výběrové“ – nekombinují se spolu.

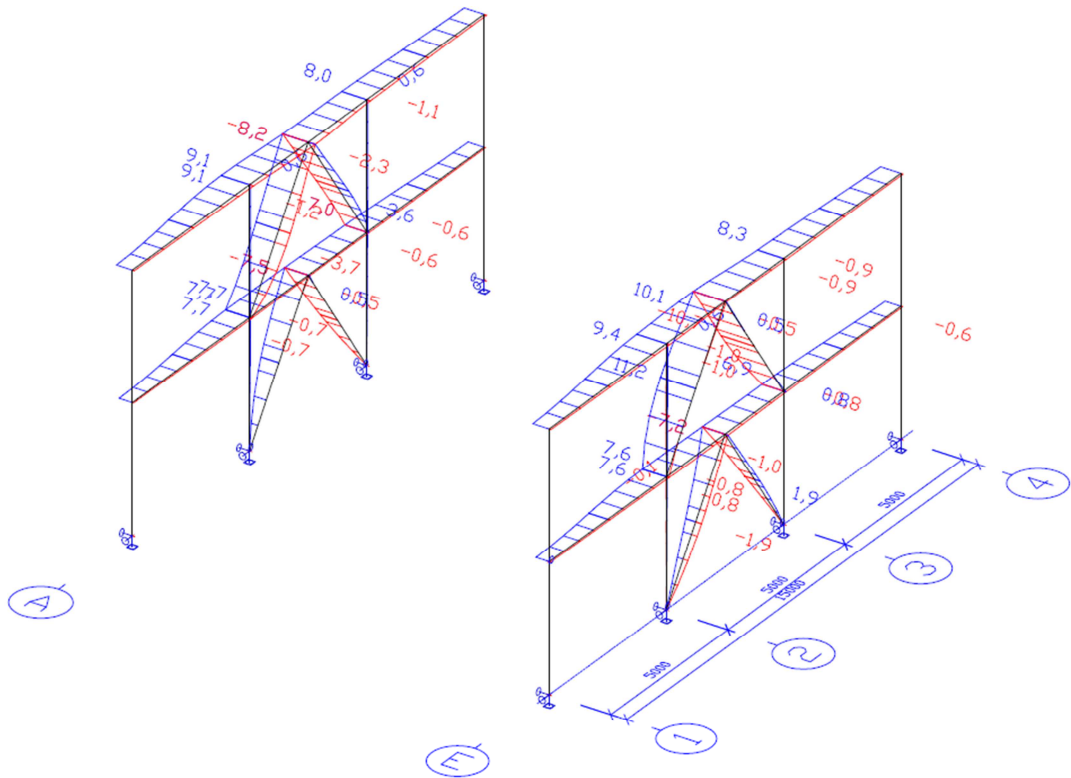
14.2 Výpis kombinací nebezpečných na použitelnost

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [A]
K1	Obálka - únosnost	Vlastní tíha Stálé zatížení Plný sněh Navátý sněh Čelní vítr Boční vítr Užitné plné Užitné sudá pole Užitné lichá pole	V,00iha S,00e S,00 pln S,00 nav 0,00 cel 0,00 boc 0,70lne 0,70ach 1 0,70ach 2
K2	Obálka - únosnost	Vlastní tíha Stálé zatížení Plný sněh Navátý sněh Čelní vítr Boční vítr Užitné plné Užitné sudá pole Užitné lichá pole	V,00iha S,00e S,50 pln S,50 nav V,00 cel V,00 boc 0,70lne 0,70ach 1 0,70ach 2
K3	Obálka - únosnost	Vlastní tíha Stálé zatížení Plný sněh Navátý sněh Čelní vítr Boční vítr Užitné plné Užitné sudá pole Užitné lichá pole	V,00iha S,00e S,50 pln S,50 nav 0,00 cel 0,00 boc U,00lne U,00ach 1 U,00ach 2

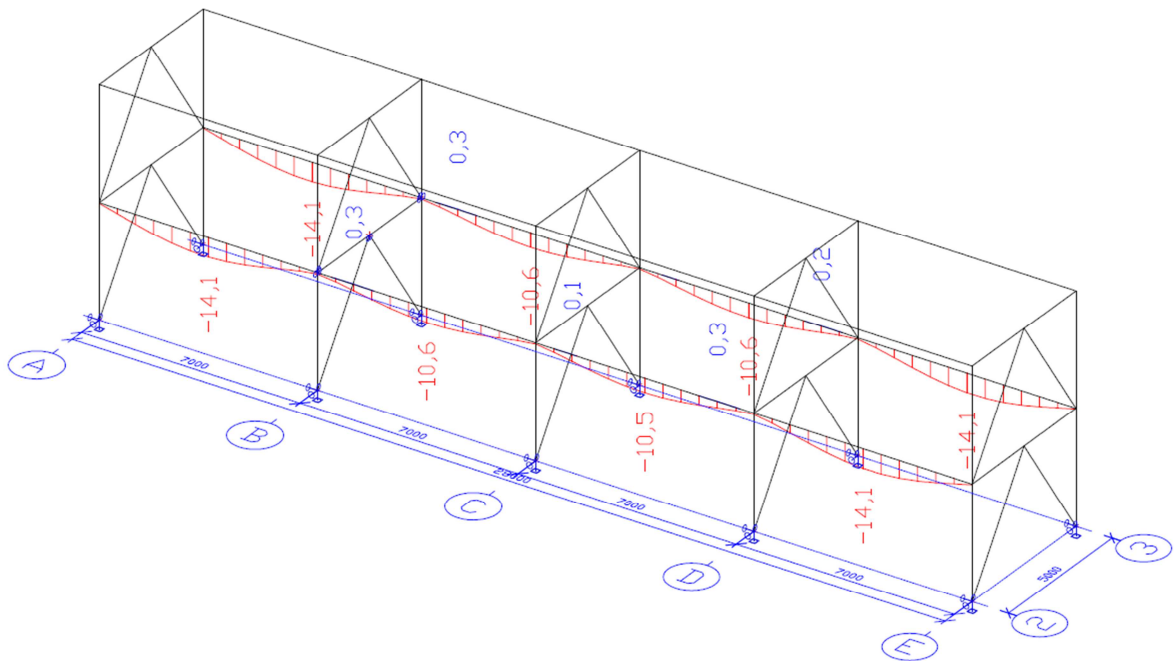
14.3 Hodnoty deformací



Průhyby sloupů u_y od kombinace K2
Směr y ve směru příčné vazby



Průhyby průvlaku uz od kombinace K3
Směr z ve směru gravitace



14.4 Posouzení

c) Stropnice

$$\delta_{2 \max} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20\text{mm} \geq \delta_{\text{stropnice}} = 12,3\text{mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

d) Průvlak - střešní

$$\delta_{2 \max} = \frac{L}{400} = \frac{7000}{400} = 17,5\text{mm} \geq \delta_{\text{průvlak}} = 15,2\text{mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

e) Průvlak - stropní

$$\delta_{2 \max} = \frac{L}{400} = \frac{7000}{400} = 17,5\text{mm} \geq \delta_{\text{průvlak}} = 14,1\text{mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

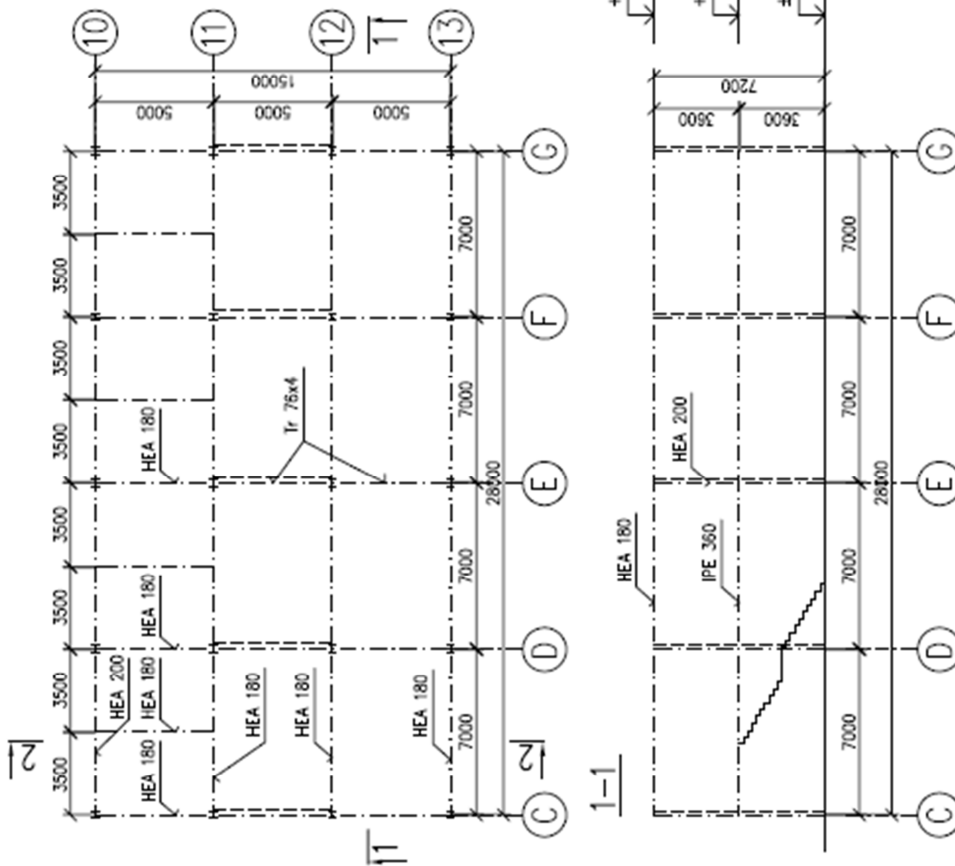
f) Sloup

$$\delta_{2 \max} = \frac{h}{300} = \frac{7200}{300} = 24,0\text{mm} \geq \delta_{\text{sloup}} = 9,4\text{mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

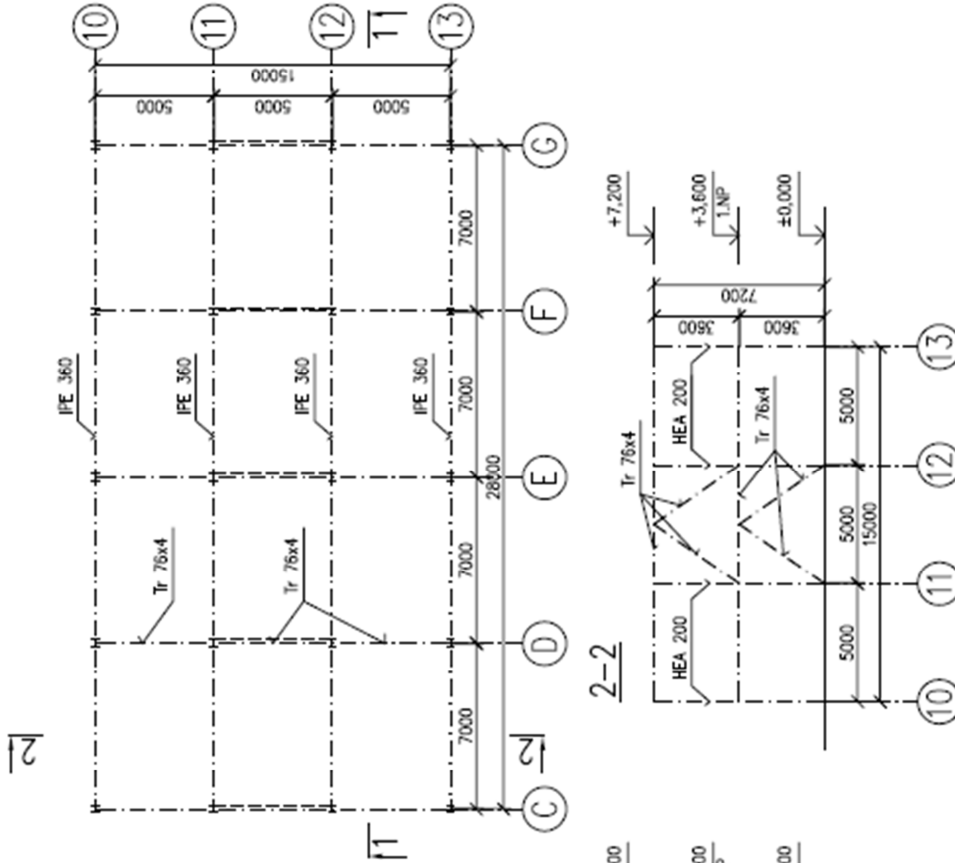
Konstrukce vyhovuje na 2. Mezní stav použitelnosti.

15 Přehledné schéma pro výkresovou dokumentaci

Půdorys střešní konstrukce budovy zázemí

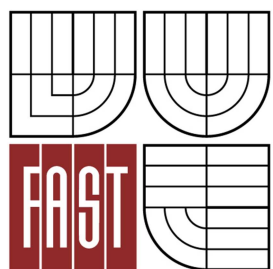


Půdorys 1. NP budovy zázemí





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

STATICKÝ VÝPOČET VARIANTY II

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV ŠKATULA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

Obsah

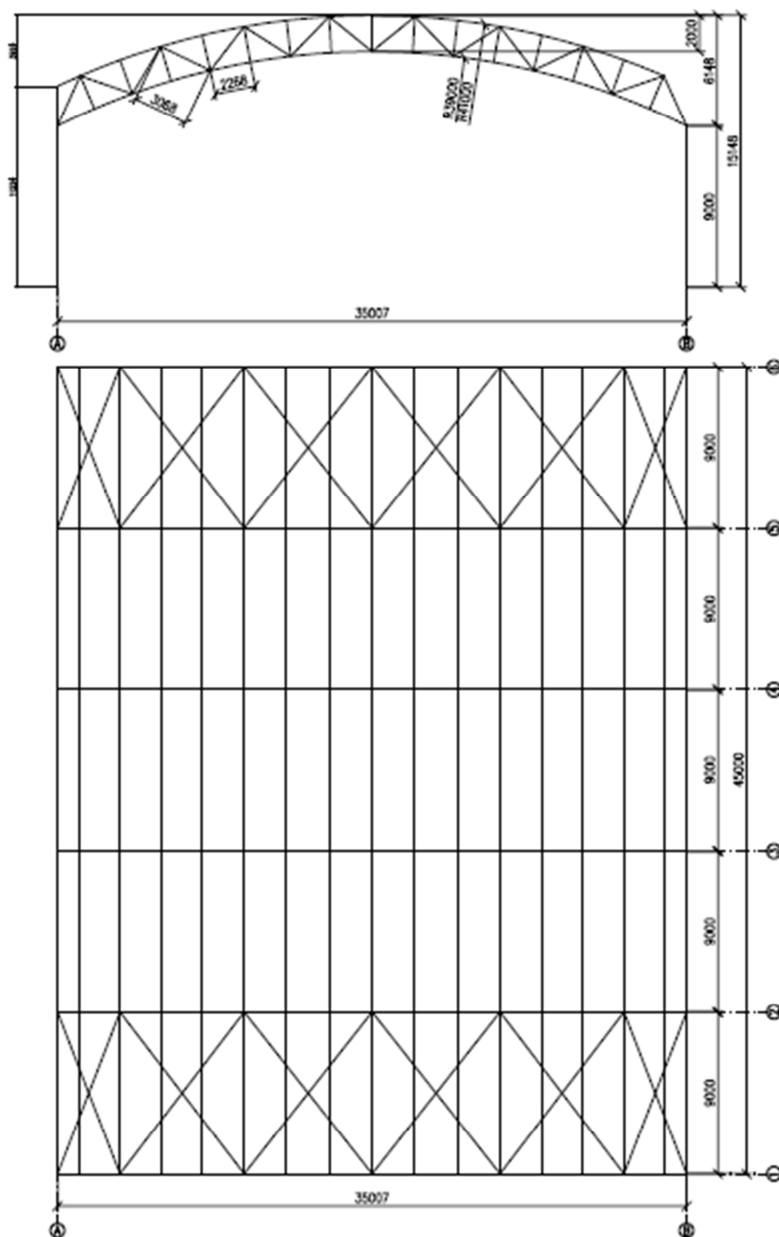
1	Úvod.....	2
2	Geometrie konstrukce.....	3
3	Zatížení.....	4
3.1	Stálá zatížení.....	5
3.1.1	Vlastní tíha nosné konstrukce.....	5
3.2	Proměnná zatížení	6
3.2.1	Zatížení sněhem.....	6
3.2.2	Zatížení větrem.....	10
3.2.3	Nahodilé zatížení střechy	15
4	Kombinace zatěžovacích stavů pro 1. MS	15
4.1	Pravidla tvoření kombinací	15
4.2	Výpis kombinací nebezpečných na únosnost	16
5	Vnitřní síly.....	17
5.1	Vnitřní síly-vazice.....	18
5.2	Vnitřní síly-vazník	19
6	Posouzení vaznic na 1.MS.....	20
6.1	Vrcholová vaznice.....	21
6.2	Třetí vaznice	23
7	Příčná vazba – posouzení na 1. MS.....	25
7.1	Vazník	25
7.1.1	Vzpěrné délky.....	25
7.1.2	Posouzení horního pásu.....	27
7.1.3	Posouzení dolního pásu na vzpěr	29
7.1.4	Posouzení dolního pásu na tah	30
7.1.5	Posouzení první až páté diagonály na vzpěr.....	31
7.1.6	Posouzení ostatních diagonál na vzpěr.....	32
7.1.7	Posouzení svislic na vzpěr.....	34
7.1	Sloup.....	35
7.1.1	Vzpěrné délky.....	35
7.1.2	Posouzení sloupu	36
8	Ztužidla	41
8.1	Hodnoty vnitřních sil	41
8.2	Příčné ztužidlo v rovině sloupů.....	41

8.2.1	Návrh a posouzení diagonály - táhla	42
8.2.2	Návrh a posouzení vertilály	43
8.3	Příčné ztužidlo v rovině střechy.....	44
8.3.1	Přídavné zatížení	45
8.3.2	Návrh a posouzení diagonály - táhla	45
8.4	Podélné střešní ztužidlo	46
8.4.1	Vzpěrné délky	46
8.4.2	Posouzení první diagonály.....	47
8.4.3	Posouzení druhé diagonály	48
8.4.4	Posouzení dolního pásu.....	49
8.5	Okapové ztužidlo	51
8.5.1	Vzpěrné délky	51
8.6	Hodnoty vnitřních sil	51
8.7	Posouzení diagonály	52
9	Mezisloupek	53
9.1	Vzpěrné délky	53
9.2	Průběh vnitřních sil.....	54
9.3	Posouzení mezisloupku	54

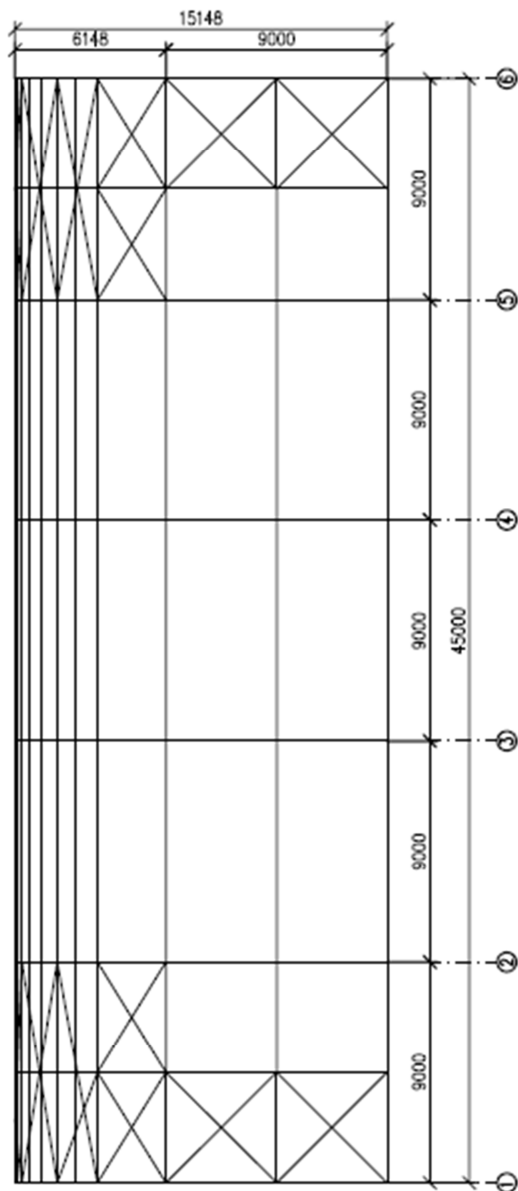
1 Úvod

Ve variantě II. autor nereší budovu zázemí, jelikož její konstrukce je totožná jako ve variantě I. Varianta II. se taktéž neliší tvarem, pouze odlišnou geometrií konstrukce. Pro úplnost řešení je ve výpočtu zahrnuto zatížení konstrukce, které se od varianty II. neliší, pouze je upraveno na jiné zatěžovací šířky.

2 Geometrie konstrukce



Obr. 2.2 Půdorys a řez konstrukce



Obr. 2.2 Podélný a řez konstrukce

3 Zatížení

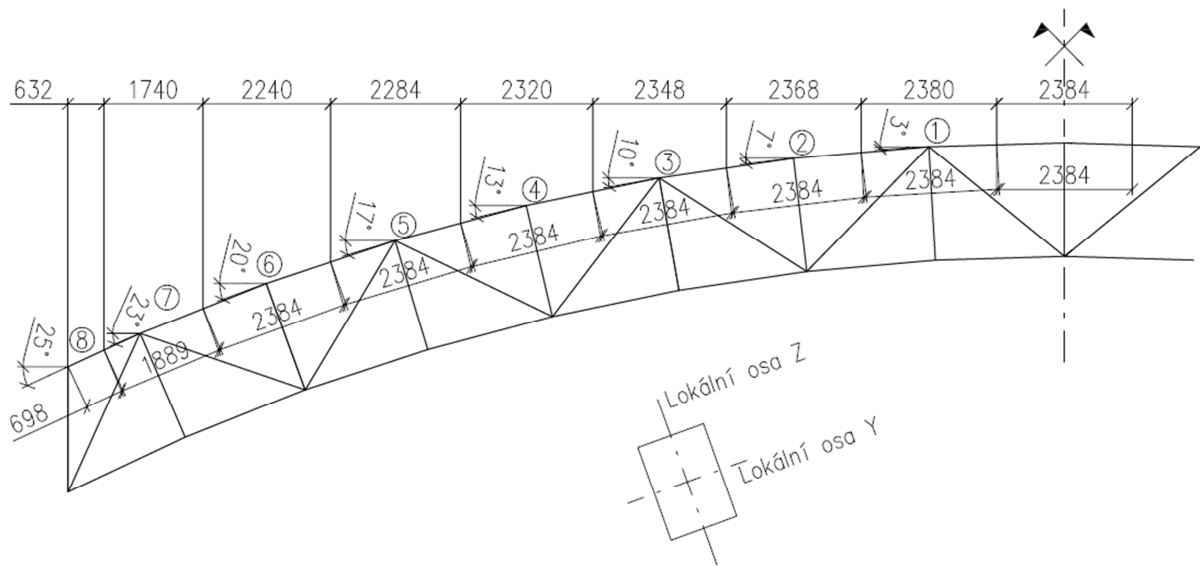
Zatížení je počítáno dle normem: ČSN EN 1991-1

ČSN EN 1991-3

ČSN EN 1991-4

Jednotlivá vypočítaná plošná zatížení jsou přepočítána na zatížení lineární s ohledem na natočení vaznic vzhledem k jejich obloukovému uspořádání na vazníku. Úhel natočení a zatěžovací šířky jsou

patrné na obr. 3.1.



Obr. 3.1 Zatěžovací šířky a směr lokální os vaznice.

3.1 Stálá zatížení

3.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

Vlastní tíha nosné konstrukce je generována studentskou verzí programu SCIA Engineer 2008

Stálé zatížení

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Trapézový plech	0,18	1,35	0,24
Tepelná izolace tl. 200mm	0,1	1,35	0,14
Hliníkový plech Kal-zip	0,04	1,35	0,05
Suma	0,32		0,43

Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm ⁻²]	Zatěžovací šířka [m]	Hodnota zatížení pro danou zatěž. šířku	Složka z [kNm ⁻¹]	Složka y [kNm ⁻¹]
Vrcholová	0	0,32	2,38	0,8	0,8	0,0
1	3	0,32	2,38	0,8	0,8	0,0
2	7	0,32	2,38	0,8	0,8	0,1
3	10	0,32	2,38	0,8	0,8	0,1
4	13	0,32	2,38	0,8	0,7	0,2

5	17	0,32	2,38	0,8	0,7	0,2
6	20	0,32	2,38	0,8	0,7	0,3
7	23	0,32	1,89	0,6	0,6	0,2
8	25	0,32	0,7	0,2	0,2	0,1

Tabulka 3.1 Hodnoty zatížení vaznic od stálého zatížení

3.2 Proměnná zatížení

3.2.1 Zatížení sněhem

Charakteristická hodnota zatížení sněhem $s_k = 1,0 \text{ kNm}^{-2}$ - II. sněhová oblast - Ostrava

Součinitel expozice $C_e = 1,0$ - normální typ krajiny

Součinitel teploty $C_t = 1,0$ - střecha s menší prostupností tepla menší než $1,0 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Stav (i) – nenavátý sníh

$$\mu_1 = 0,8$$

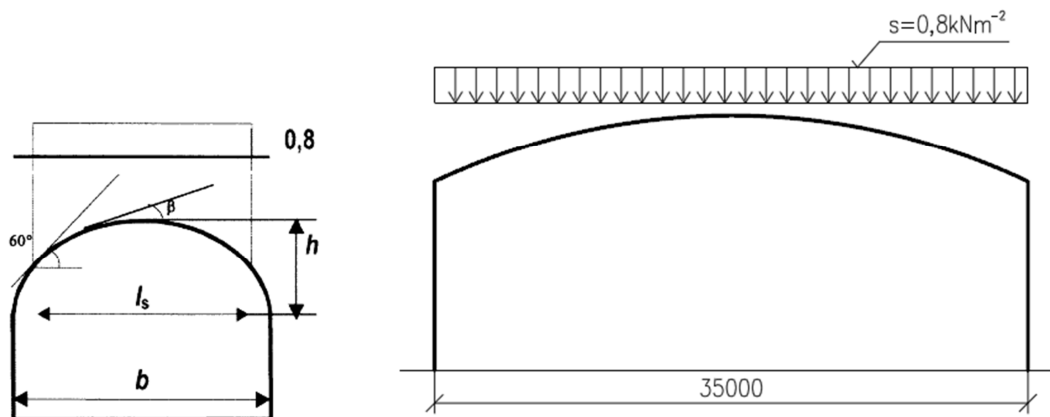
$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kNm}^{-2}$$

q_k [kNm^{-2}]	γ_Q	q_d [kNm^{-2}]
0,8	1,5	1,2

Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm^{-2}]	Zatěžovací šířka na průmět [m]	Hodnota zatížení na průmět [kNm^{-1}]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení rozložené [kNm^{-1}]	Složka z [kNm^{-1}]	Složka y [kNm^{-1}]
Vrcholová	0	0,8	2,38	1,90	2,38	1,90	1,9	0,0
1	3	0,8	2,38	1,90	2,38	1,90	1,9	0,1
2	7	0,8	2,37	1,90	2,38	1,89	1,9	0,2
3	10	0,8	2,35	1,88	2,38	1,86	1,8	0,3
4	13	0,8	2,32	1,86	2,38	1,81	1,8	0,4
5	17	0,8	2,28	1,82	2,38	1,75	1,7	0,5
6	20	0,8	2,24	1,79	2,38	1,69	1,6	0,5
7	23	0,8	1,74	1,39	1,89	1,28	1,2	0,5
8	25	0,8	0,63	0,50	0,7	0,45	0,4	0,2

Tab. 3.2 Hodnoty zatížení vaznic od zatížení sněhem



Obr. 3.1 Tvarové součinitele pro nenavátý sníh na válcových střechách (vlevo), schéma příčného řezu zatížení střechy nenavátým sněhem (vpravo).

Stav (ii) – navátý sníh

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b = 0,2 + 10 \cdot 3,9/35 = 1,3$$

$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,3 \text{ kNm}^{-2}$$

q_k [kNm ⁻²]	γ_Q	q_d [kNm ⁻²]
1,3	1,5	1,95

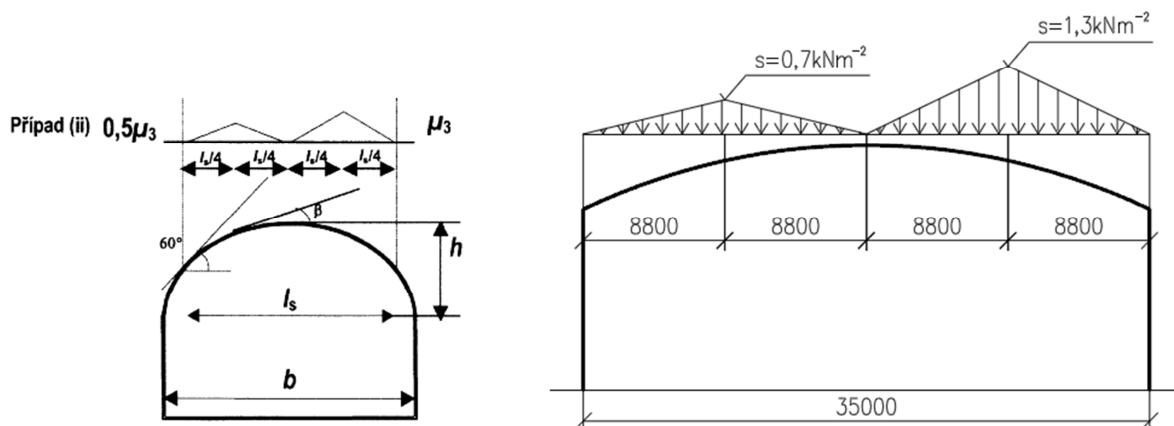
Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm ⁻²]	Zatěžovací šířka na průmět [m]	Hodnota zatížení na průmět [kNm ⁻¹]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení rozložené [kNm ⁻¹]	Složka z [kNm ⁻¹]	Složka y [kNm ⁻¹]
Vrcholová	0	0,2	2,38	0,48	2,38	0,48	0,5	0,0
1	3	0,3	2,38	0,71	2,38	0,71	0,7	0,0
2	7	0,5	2,37	1,19	2,38	1,18	1,2	0,1
3	10	0,7	2,35	1,65	2,38	1,62	1,6	0,3
4	13	0,7	2,32	1,62	2,38	1,58	1,5	0,3
5	17	0,6	2,28	1,37	2,38	1,31	1,3	0,4
6	20	0,4	2,24	0,90	2,38	0,84	0,8	0,3
7	23	0,2	1,74	0,35	1,89	0,32	0,3	0,1

8	25	0,1	0,63	0,06	0,7	0,06	0,1	0,0
---	----	------------	------	------	-----	------	-----	-----

Tab. 3.3 Hodnoty zatížení vaznic od zatížení navátým sněhem – levá strana střechy

Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm-2]	Zatěžovací šířka na průmět [m]	Hodnota zatížení na průmět [kNm-1]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení rozložené [kNm-1]	Složka z [kNm-1]	Složka y [kNm-1]
Vrcholová	0	0,2	2,38	0,48	2,38	0,48	0,5	0,0
1	3	0,5	2,38	1,19	2,38	1,19	1,2	0,1
2	7	0,9	2,37	2,13	2,38	2,12	2,1	0,3
3	10	1,3	2,35	3,06	2,38	3,02	3,0	0,5
4	13	1,3	2,32	3,02	2,38	2,94	2,9	0,6
5	17	1	2,28	2,28	2,38	2,18	2,1	0,6
6	20	0,7	2,24	1,57	2,38	1,48	1,4	0,5
7	23	0,4	1,74	0,70	1,89	0,64	0,6	0,2
8	25	0,1	0,63	0,06	0,7	0,06	0,1	0,0

Tab. 3.4 Hodnoty zatížení vaznic od zatížení navátým sněhem – pravá strana střechy



Obr. 3.2 Tvarové součinitele pro navátý sněh na válcových střechách (vlevo), schéma příčného řezu zatížení střechy navátým sněhem (vpravo)

Stav (iii) – navátý sněh

Uvažuji dle Národní přílohy (NA. 2.19) (2) s tím, že konstrukce může být opatřena sněžníky

$$h/b = 3,9/35 = 0,12$$

$$\mu_3 = 1,45$$

$$l_s = b = 35 \text{ m}$$

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,45 \text{ kNm}^{-2}$$

q_k [kNm ⁻²]	γ_Q	q_d [kNm ⁻²]
1,45	1,5	2,18

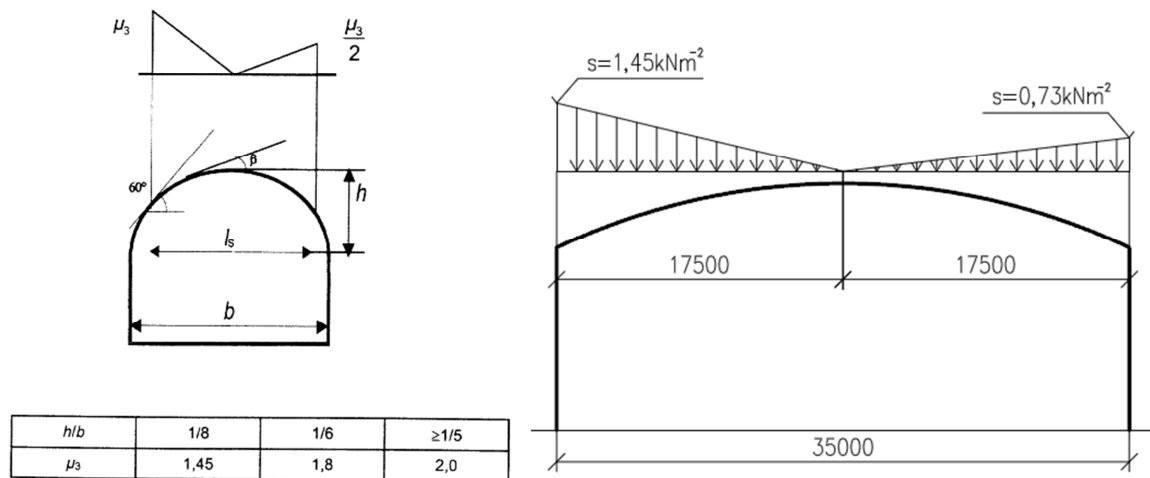
Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm-2]	Zatěžovací šířka na průmět [m]	Hodnota zatížení na průmět [kNm-1]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení rozložené [kNm-1]	Složka z [kNm-1]	Složka y [kNm-1]
Vrcholová	0	0,1	2,38	0,24	2,38	0,24	0,2	0,0
1	3	0,3	2,38	0,71	2,38	0,71	0,7	0,0
2	7	0,5	2,37	1,19	2,38	1,18	1,2	0,1
3	10	0,7	2,35	1,65	2,38	1,62	1,6	0,3
4	13	0,9	2,32	2,09	2,38	2,04	2,0	0,4
5	17	1,1	2,28	2,51	2,38	2,40	2,3	0,7
6	20	1,3	2,24	2,91	2,38	2,74	2,6	0,9
7	23	1,4	1,74	2,44	1,89	2,24	2,1	0,8
8	25	1,5	0,63	0,95	0,7	0,85	0,8	0,3

Tab. 3.5 Hodnoty zatížení vaznic od zatížení navátým sněhem – levá strana střechy

Vaznice	Úhel pootočení vaznice [°]	Hodnota plošného zatížení [kNm-2]	Zatěžovací šířka na průmět [m]	Hodnota zatížení na průmět [kNm-1]	Zatěžovací šířka [m]	Zatížení rozložené [kNm-1]	Složka z [kNm-1]	Složka y [kNm-1]
Vrcholová	0	0,1	2,38	0,24	2,38	0,24	0,2	0,0
1	3	0,1	2,38	0,24	2,38	0,24	0,2	0,0
2	7	0,2	2,37	0,47	2,38	0,47	0,5	0,1
3	10	0,3	2,35	0,71	2,38	0,70	0,7	0,1
4	13	0,4	2,32	0,93	2,38	0,90	0,9	0,2

5	17	0,5	2,28	1,14	2,38	1,09	1,0	0,3
6	20	0,6	2,24	1,34	2,38	1,26	1,2	0,4
7	23	0,7	1,74	1,22	1,89	1,12	1,0	0,4
8	25	0,7	0,63	0,44	0,7	0,40	0,4	0,2

Tab. 3.6 Hodnoty zatížení vaznic od zatížení navátým sněhem – pravá strana střechy

Obr. 3.3 Tvarové součinitele pro navátý sníh na válcových střechách dle Národní přílohy (vlevo)
Schéma příčného řezu zatížení střechy navátým sněhem (vpravo)

3.2.2 Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25,0 \text{ ms}^{-1}$ odpovídá II. větrné odlasti – Ostrava

Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ ms}^{-1}$

Kategorie terénu IV $z_0 = 1,0\text{m}$; $z_{min} = 10,0 \text{ m}$

Součinitel orografie $c_o(z)=1,0$

Je zanebádán vnitřní tlak větru $c_{pi}=0$

Měrná hmotnost vzduchu $\rho=1,25 \text{ kgm}^{-3}$

$z = 15,0 \text{ m}$

Součinitel terénu

$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 \cdot (1/0,05)^{0,07} = 0,234$

Součinitel drsnosti terénu

$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 0,234 \cdot \ln(15,0/1,0) = 0,634$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,634 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 15,85 \text{ ms}^{-1}$$

Základní dynamický tlak

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 15,85^2 = 157,0 \text{ ms}^{-1}$$

Součinitel expozice

$$c_e(z) = 1 + 7 \cdot I_v(z) = 1 + 7 \cdot \frac{k_l}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} = 1 + 7 \cdot \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(15,0/1,0)} = 3,58$$

Maximální dynamický tlak větru

$$q_b(z) = c_e(z) \cdot q_b = 3,58 \cdot 157,0 = 562,7 \text{ Nm}^{-2}$$

U objektu je zanedbáno třením větrem; součinitel tření $c_{fr} = 0,01$ – opláštění má hladký povrch.

Stav(i) vítr působící kolmo na štítovou stěnu – svislé stěny

$b = 35 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

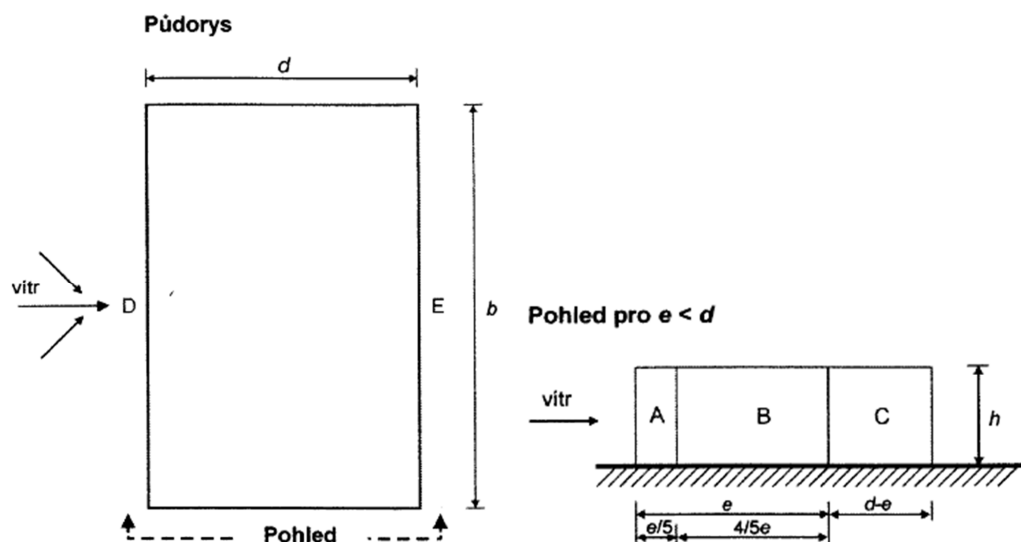
$h = 15 \text{ m}$

$e = \min(b; 2h) = \min(35; 2 \cdot 15) = 30 \text{ m}$

$d = 45 \text{ m}$

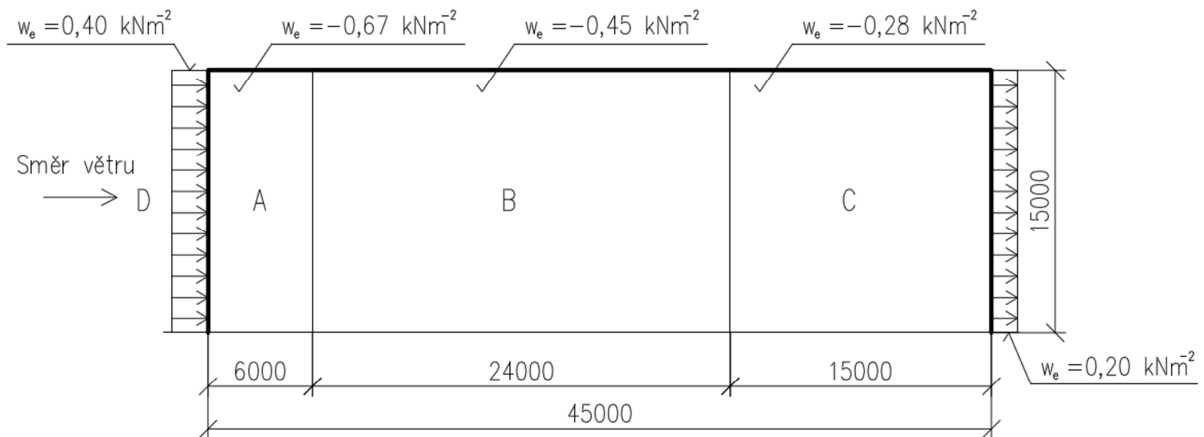
$h/d = 15/45 = 0,33$

$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$



Obr. 3.4 Legenda pro svislé stěny zatížené větrem

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,71	-0,32
w_e [kNm ⁻²]	-0,67	-0,45	-0,28	0,40	-0,18

Tab. 3.7 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky

Obr. 3.5 Schéma zatížení svislých stěn větrem kolmým k štítové stěně – příčný řez

Stav(i) vítr působící kolmo na štítovou stěnu – střecha

$b = 35$ m – rozměr kolmý na směr větru

$h = 15$ m

$e = \min(b; 2h) = \min(35; 2 \cdot 15) = 30$ m

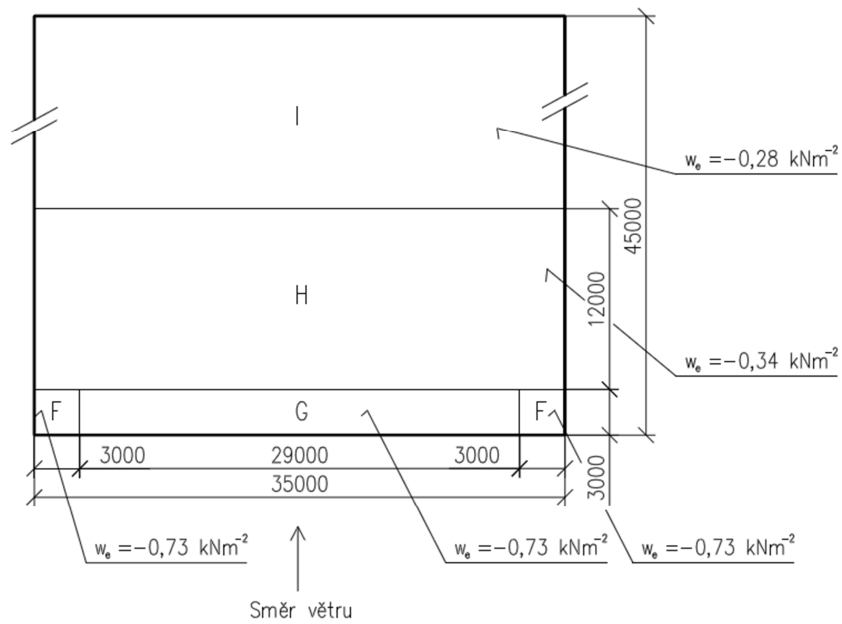
$d = 45$ m

$\alpha = 15^\circ$

$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$

Oblast	F	G	H	I
$c_{pe,10}$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
w_e [kNm ⁻²]	-0,73	-0,73	-0,34	-0,28
w_{ek} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 2,38 m	-1,74	-1,74	-0,81	-0,67
w_{ed} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 2,38 m	-2,61	-2,61	-1,21	-1,00

Tab. 3.8 Hodnoty $c_{pe,10}$ a w_{ek} získané interpolací podle přímky



Obr. 3.6 Schéma zatížení střechy větrem kolmým k štítové stěně – půdorys

Stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben – svislé stěny

$b = 45 \text{ m}$ – rozměr kolmý na směr větru

$h = 15 \text{ m}$

$e = \min(b; 2h) = \min(45; 2 \cdot 15) = 30 \text{ m}$

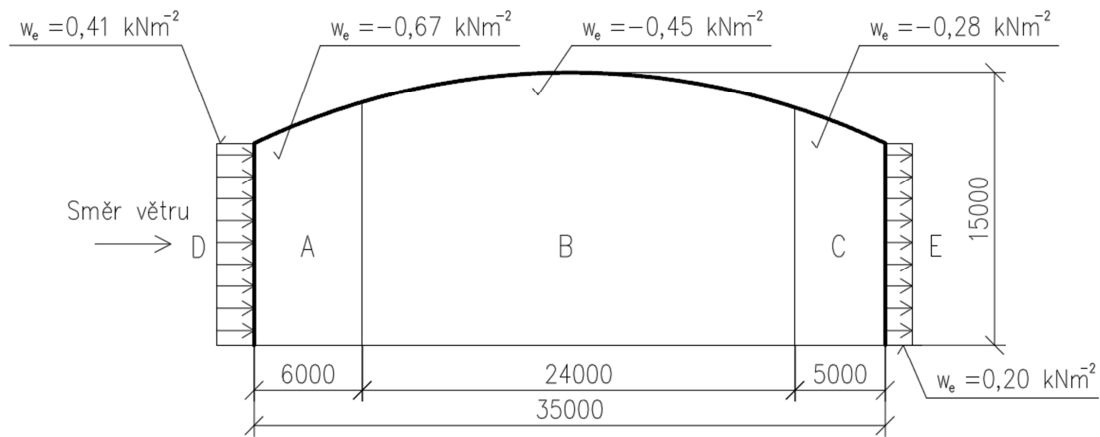
$d = 35 \text{ m}$

$h/d = 15/35 = 0,43$

$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$

Oblast	A	B	C	D	E
$c_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,72	-0,35
$w_e [\text{kNm}^{-2}]$	-0,67	-0,45	-0,28	0,41	-0,20

Tab. 3.9 Hodnoty $c_{pe,10}$ získané interpolací podle přímky



Obr. 3.7 Schéma zatížení svislých stěn větrem kolmým k hřebenu – příčný řez

Stav(ii) vítr působící kolmo na hřeben – střecha

$$h = 9 \text{ m}$$

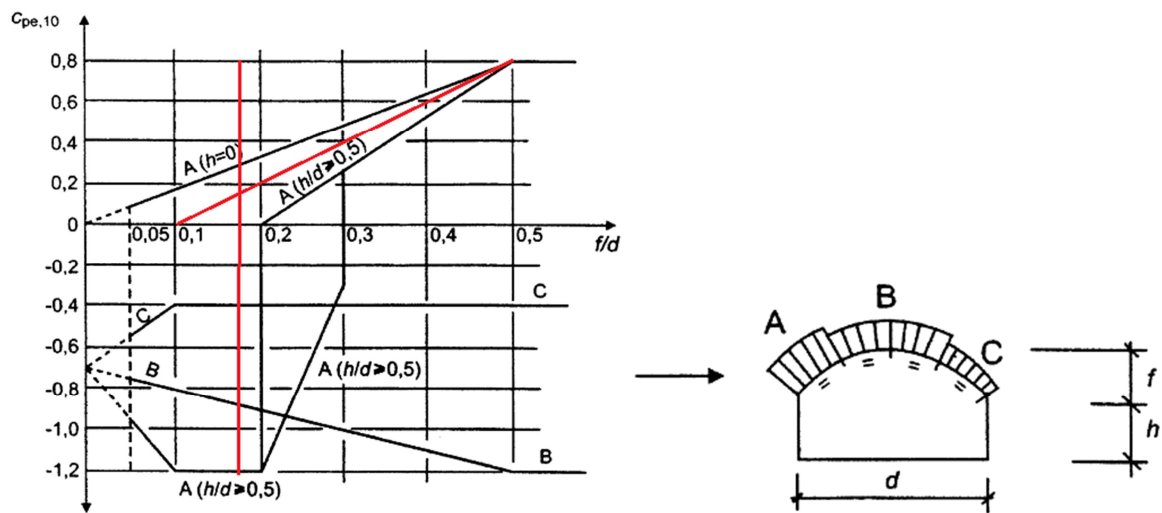
$$f = 6 \text{ m}$$

$$d = 35 \text{ m}$$

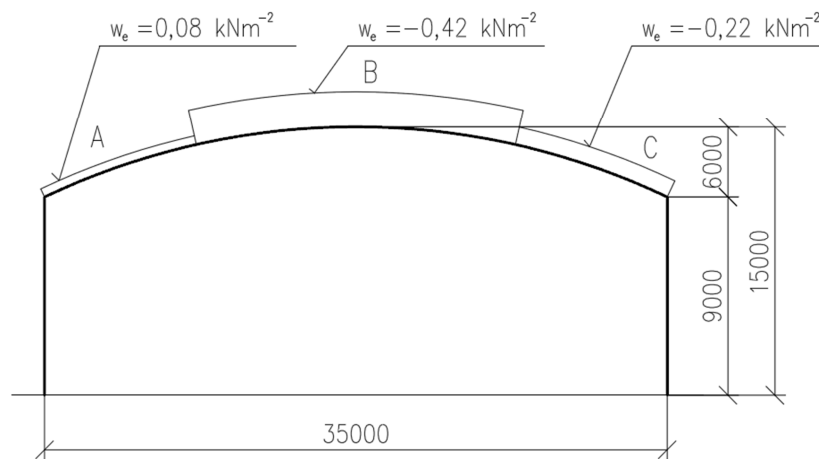
$$h/d = 9/35 = 0,26$$

$$f/d = 6/35 = 0,17$$

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe,10}$$

Obr. 3.8 Součinitele vnějšího tlaku c_{pe} pro válcové střechy nad pravoúhlým půdorysem

Oblast	A	B	C
$c_{pe,10}$	0,15	-0,75	-0,4
w_e [kNm ⁻²]	0,08	-0,42	-0,22
w_{ek} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 2,38 m.	0,19	-1,00	-0,52
w_{ed} [kNm ⁻¹] pro zatěžovací šířku 2,38 m.	0,29	-1,50	-0,79

Tab. 2.10 Hodnoty $c_{pe,10}$ a w_{ek} získané interpolací podle přímky

Obr. 3.9 Schéma zatížení střechy větrem kolmým k hřebenu – příčný řez

3.2.3 Nahodilé zatížení střechy

Kategorie zatěžovaných ploch – H.

$$q_k = 0,75 \text{ kNm}^{-2}$$

$$Q_k = 1,0 \text{ kN}$$

Tyto zatížení se neuvažují společně ani společně s ostatními proměnnými zatíženími, proto nerozhodují a ani nebudou uvažovány ve výpočtu.

4 Kombinace zatěžovacích stavů pro 1. MS

4.1 Pravidla tvoření kombinací

Kombinace tvořeny dle ČSN EN 1990 (6.10) (4):

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

kde: $\gamma_G = 1,35$ (1,0 při působení zatížení nepříznivě)

$$\gamma_Q = 1,5$$

$$\psi_{0,1} = 0,5 \text{ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení sněhem)}$$

$\psi_{0,1} = 0,6$ (pro zatěžovací stav obsahující zatížení větrem)

Tyto součinitele jsou označeny ve výpisu kombinací jako [A].

4.2 Výpis kombinací nebezpečných na únosnost

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [A]	Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [A]
K1	Vlastní tíha	1,35	K10	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný sníh (i)	1,5		Plný sníh (i)	0,75
		V. čelní		1,5	
K2	Vlastní tíha	1,35	K12	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý sníh (ii)	1,5		Navátý sníh (ii)	0,75
		V. čelní		1,5	
K3	Vlastní tíha	1,35	K13	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý sníh (iii)	1,5		Plný sníh (i)	0,75
		Boční vítr		1,5	
K4	Vlastní tíha	1,35	K14	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný sníh (i)	1,5		Navátý sníh (iii)	0,75
	V. čelní	0,9		V. čelní	1,5
K5	Vlastní tíha	1,35	K15	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Navátý sníh (ii)	1,5		Navátý sníh (ii)	0,75
	V. čelní	0,9		V. Boční	1,5
K6	Vlastní tíha	1,35	K16	Vlastní tíha	1,35
	Stálé zatížení	1,35		Stálé zatížení	1,35
	Plný sníh (i)	1,5			
	Boční vítr	0,9			
K7	Vlastní tíha	1,35			

	Stálé zatížení	1,35		Navátý sníh (iii)	0,75
	Navátý sníh (iii)	1,5		Boční vítr	1,5
	V. čelní	0,9	K17	Vlastní tíha	1
K8	Vlastní tíha	1,35		Stálé zatížení	1
	Stálé zatížení	1,35		V. čelní	1,5
	Navátý sníh (ii)	1,5	K18	Vlastní tíha	1
	V. Boční	0,9		Stálé zatížení	1
		Boční vítr		1,5	
K9	Vlastní tíha	1,35			
	Stálé zatížení	1,35			
	Navátý sníh (iii)	1,5			
	Boční vítr	0,9			

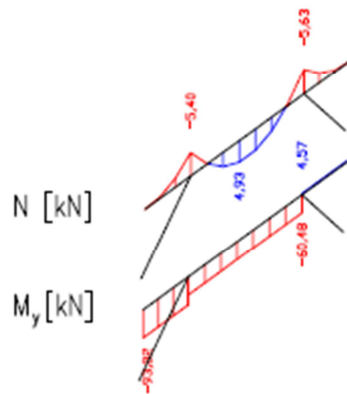
5 Vnitřní síly

Vnitřní síly byly počítány studentskou verzí programu SCIA Engineer 2008. Grafický výstup obsahuje obálky vnitřních sil kombinací uvedených ve 4.2 a jsou rozděleny do dvou případů, kdy hlavní proměnné zatížení je sníh nebo vítr.

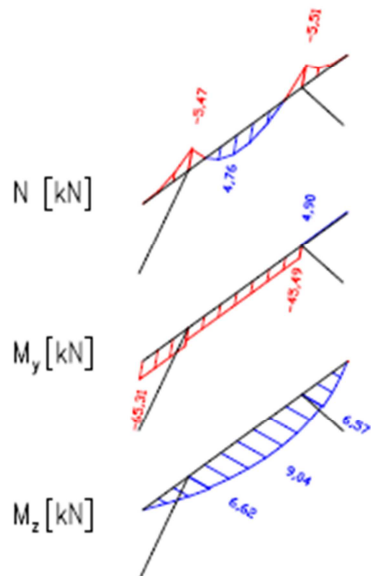
5.1 Vnitřní síly-vazice

Vnitřní síly vaznic – kombinace K4

Vrcholová vaznice

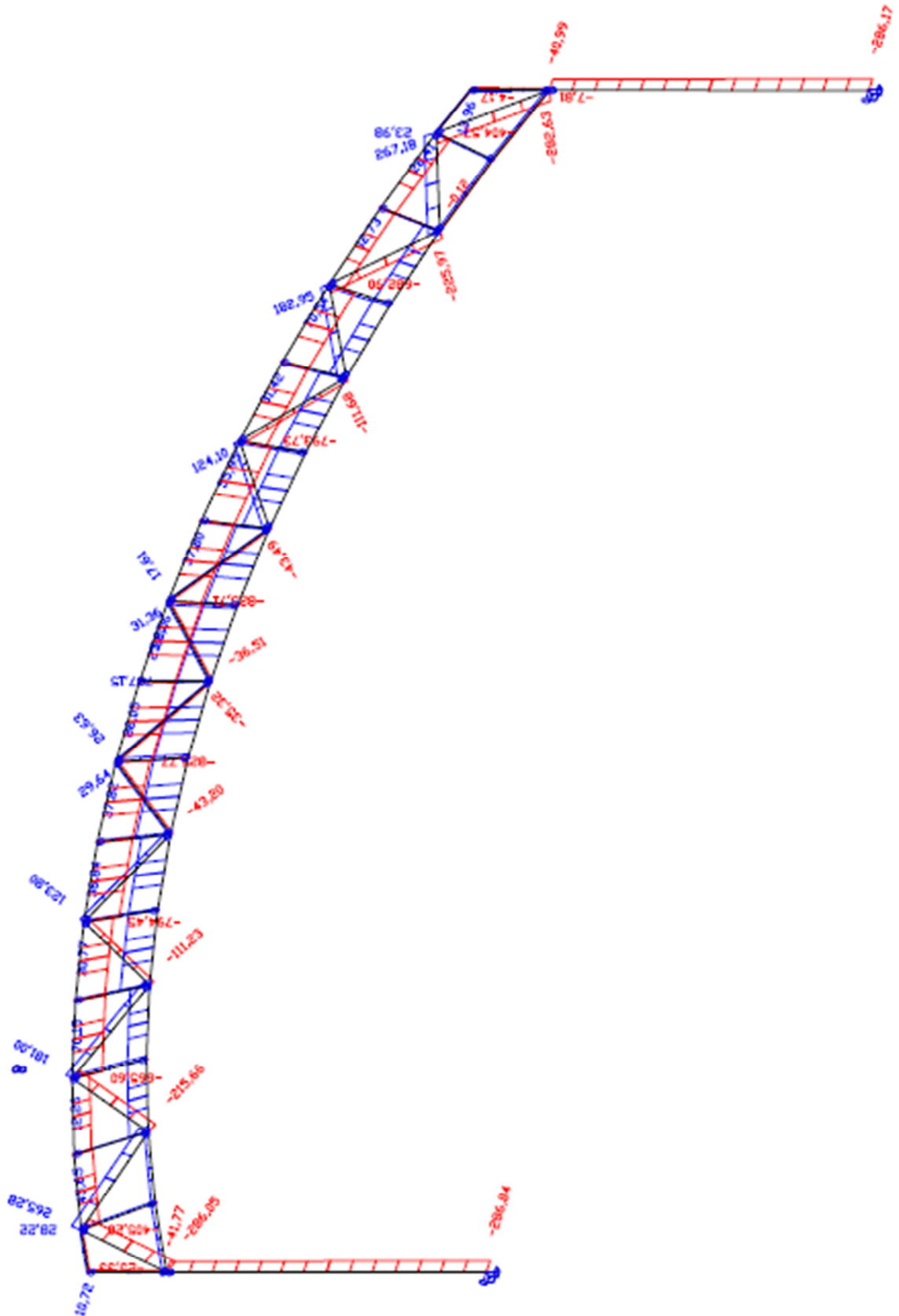


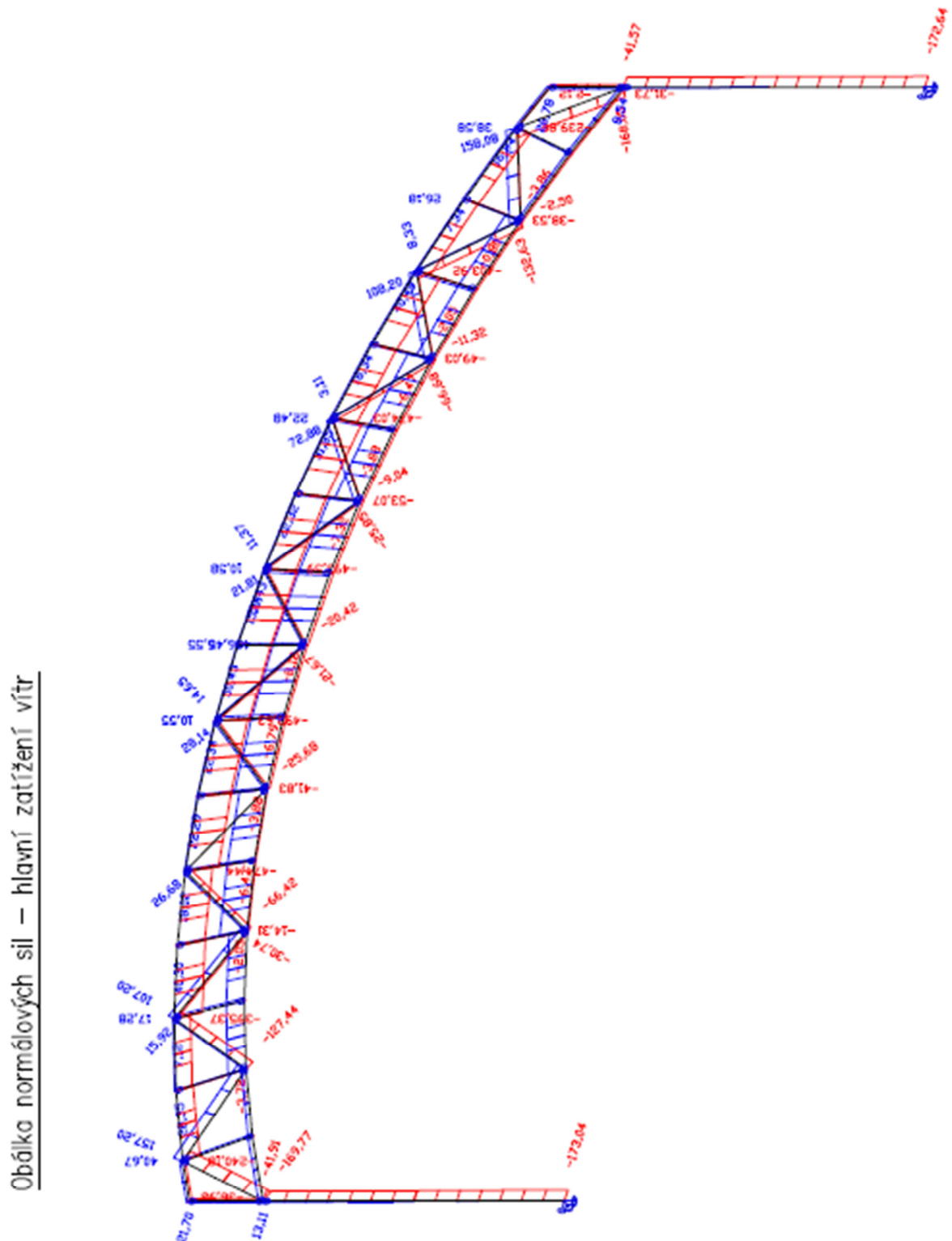
Vrcholová třetí vaznice (od hřebene)



5.2 Vnitřní síly-vazník

Obálka normálových sil – hlavní zatížení sních



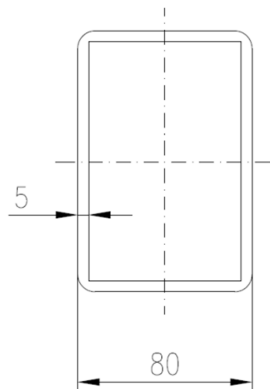


6 Posouzení vaznic na 1.MS

Vaznice jsou navrženy jako vzpěrkové. Jsou tuze spojeny se střešním pláštěm a dále jsou součástí střešního příčného ztužidla. Jejich stabilita ve vybočení kolmo na osu y-y není nijak zajištěna. Klopení vaznice je zabráněno spojením se střešním pláštěm.

Posuzované vaznice budou vrcholová a třetí vaznice (číslování vaznic je na obr. 3.1)

6.1 Vrcholová vaznice



Profil: 120x80x5

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	1,87E-03		
I _y [m ⁴]	3,65E-06	I _z [m ⁴]	1,93E-06
I _w [m ⁶]	3,84E-09	I _t [m ⁴]	4,01E-06
W _{el y} [m ³]	6,09E-05	W _{el z} [m ³]	4,82E-05
W _{pl y} [m ³]	7,37E-05	W _{pl z} [m ³]	5,56E-05
i _y [mm]	44,18	i _z [mm]	32,13

Vnitřní síly:

Kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
K4	-60,5	0	10,0	4,9	0

Zatřetí průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} = 2771,8 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 5,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,0441} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,48$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha_1 = 0,21$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,48 - 0,2) + 1,48^2] = 1,73$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,73 + \sqrt{1,73^2 - 1,48^2}} = 0,38 \dots \text{Rozhoduje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,38 \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 252,6 \text{ kN}$$

c) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 7,37 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 26,2 \text{ kNm}$$

d) Posouzení na smyk

$$A_v = 1122 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1122 \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 230,0 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{10,0}{230,0} = 0,05 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

e) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{4,9}{-5,6} = -0,88$$

$$\psi = M_a/M_h = -5,4/-5,6 = 0,96$$

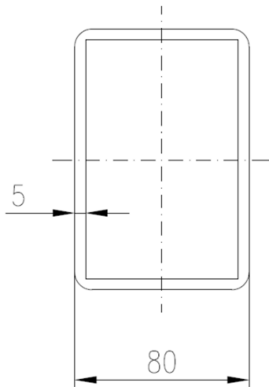
$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,88) = 0,8 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$k_{yy} = 0,8 \cdot \left(1 + (1,48 - 0,2) \cdot \frac{60,6}{0,38 \cdot 663,9/1,0}\right) = 0,78 \leq 0,8 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{60,5}{0,38 \cdot 663,9/1,0}\right) = 0,95$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{60,6}{0,38 \cdot 663,9/1,0} + 0,78 \cdot \frac{4,9}{26,2/1,0} = 0,4 \leq 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

6.2 Třetí vaznice

Profil: 120x80x5

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

A [m ²]	1,87E-03		
I _y [m ⁴]	3,65E-06	I _z [m ⁴]	1,93E-06
I _w [m ⁶]	3,84E-09	I _t [m ⁴]	4,01E-06
W _{el,y} [m ³]	6,09E-05	W _{el,z} [m ³]	4,82E-05
W _{pl,y} [m ³]	7,37E-05	W _{pl,z} [m ³]	5,56E-05
i _y [mm]	44,18	i _z [mm]	32,13

Vnitřní síly:

Kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
K4	-49,5	3,3	8,2	4,8	9,0

Zatřívění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} = 2771,8 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 5,0\text{m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{5,0}{0,0441} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,48$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha_1 = 0,21$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,48 - 0,2) + 1,48^2] = 1,73$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,73 + \sqrt{1,73^2 - 1,48^2}} = 0,38 \dots \text{Rozhoduje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,38 \cdot 1,87 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 252,6\text{kN}$$

c) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 7,37 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 26,2 \text{ kNm}$$

$$M_{pl z,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_y = 5,56 \cdot 10^{-4} \cdot 355 \cdot 10^6 = 19,7 \text{ kNm}$$

d) Posouzení na smyk

$$A_v = 1122 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1122 \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 230,0\text{kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{8,2}{230,0} = 0,05 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

e) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{4,8}{-5,5} = -0,88$$

$$\psi = M_a/M_h = -5,5/-5,5 = 1,0$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,88) = 0,8 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$k_{yy} = 0,8 \cdot \left(1 + (1,48 - 0,2) \cdot \frac{45,5}{0,38 \cdot 663,9/1,0} \right) = 0,98 \leq 0,8 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{45,5}{0,38 \cdot 663,9/1,0} \right) \\ = 0,91 \dots \text{Nevyhovuje}$$

Ve výpočtu budu uvažovat součinitele k rovny jedna – výpočet bude proveden na stranu bezpečnou.

Posouzení:

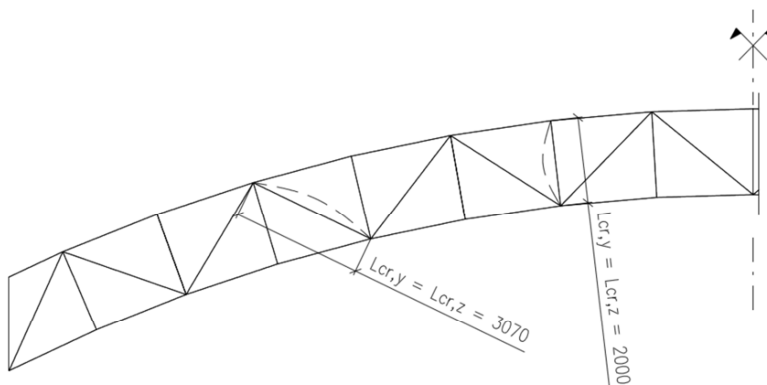
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}/\gamma_{M1}} \\ = \frac{45,5}{0,38 \cdot 663,9/1,0} + 1,0 \cdot \frac{4,8}{26,2/1,0} + 1,0 \cdot \frac{9,0}{19,7/1,0} = 0,82 \leq 1,0 \text{ Vyhovuje}$$

7 Příčná vazba – posouzení na 1. MS

7.1 Vazník

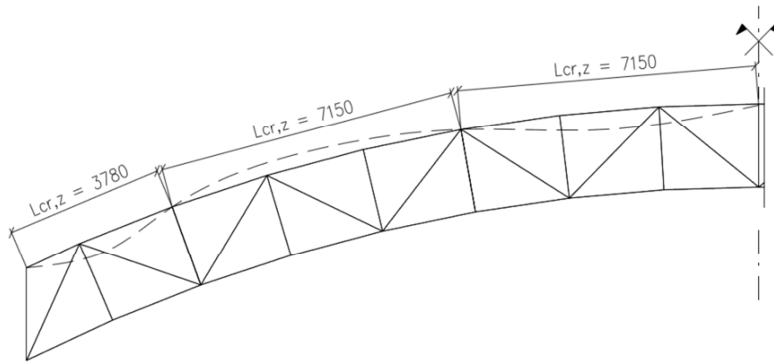
7.1.1 Vzpěrné délky

Diagonály a svislice jsou modelovány jako klobově připojenné pruty k hornímu a dolnímu pásu vazníku. Jejich vzpěrné délky jsou shodné se systémovou délkou jak ve směru vybočení y-y, tak ve směru z-z, viz obr. 7.1

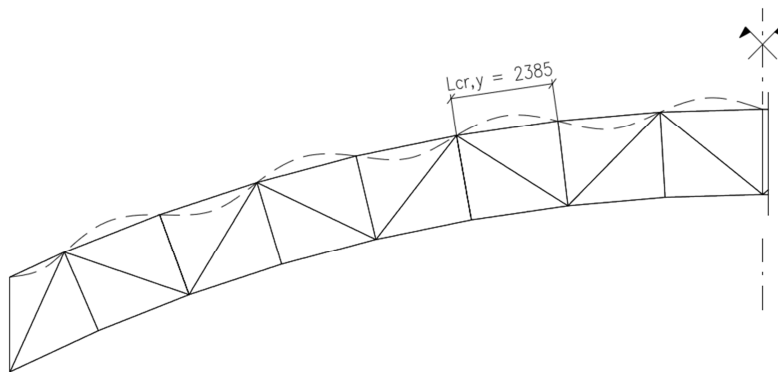


Obr. 7.1 Vzpěrné délky svislic a diagonál

Horní pás vazníku je modelován pruty mezi jednotlivými styčníky. Vybočení ve směru kolmo na osu y-y brání připojené svislice a diagonály tj. v každém styčníku pásu. Vybočení ve směru kolmo na osu z-z brání podélné střešní ztužidlo.

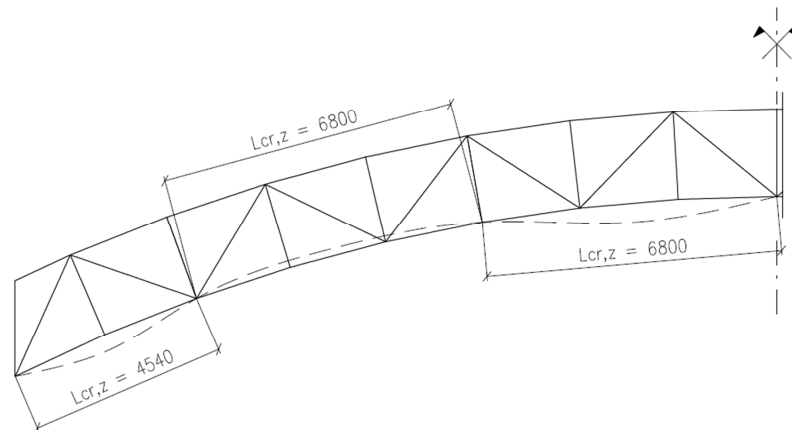


Obr. 7.2 Vzpěrné délky horního pásu ve směru kolmo na osu z-z

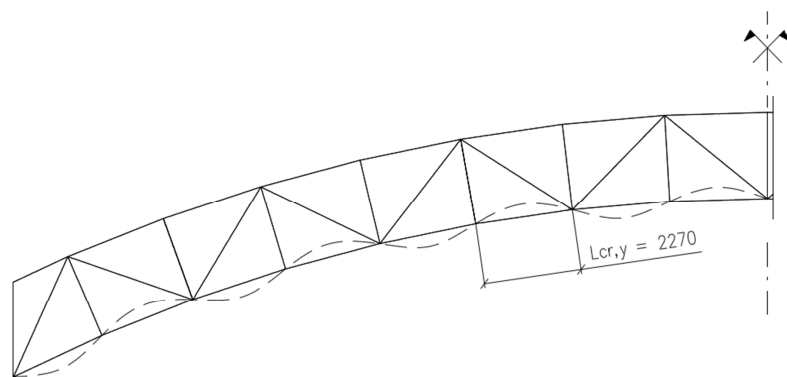


Obr. 7.3 Vzpěrné délky horního pásu ve směru kolmo na osu y-y

Dolní pás vazníku je modelován pruty mezi jednotlivými styčníky. Vybočení ve směru kolmo na osu y-y brání připojené svislice a diagonály tj. v každém styčníku pásu. Vybočení ve směru kolmo na osu z-z brání podélné střešní ztužidlo.



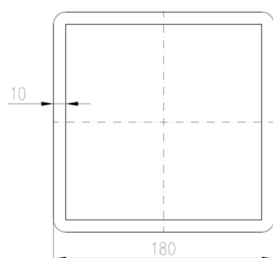
Obr. 7.4 Vzpěrné délky dolního pásu ve směru kolmo na osu z-z



Obr. 7.5 Vzpěrné délky dolního pásu ve směru kolmo na osu y-y

7.1.2 Posouzení horního pásu

Průřezové charakteristiky:



Profil: 180x180x10

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

$A \text{ [m}^2\text{]}$	6,69E-03		
$I_y \text{ [m}^4\text{]}$	3,19E-05	$I_z \text{ [m}^4\text{]}$	3,19E-05
$I_w \text{ [m}^6\text{]}$	1,57E-07	$I_t \text{ [m}^4\text{]}$	5,05E-05
$W_{el,y} \text{ [m}^3\text{]}$	3,55E-04	$W_{el,z} \text{ [m}^3\text{]}$	3,55E-04
$W_{pl,y} \text{ [m}^3\text{]}$	4,19E-04	$W_{pl,z} \text{ [m}^3\text{]}$	4,19E-04
$i_y \text{ [mm]}$	69,05	$i_z \text{ [mm]}$	69,05

Vnitřní síly:

$N \text{ [kN]}$	$V_y \text{ [kN]}$	$V_z \text{ [kN]}$	$M_y \text{ [kNm]}$	$M_z \text{ [kNm]}$
-825,77	0	0	0	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 2,39 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 7,15 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,39}{0,069} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,45$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{7,15}{0,069} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,36$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,45 - 0,2) + 0,45^2] = 0,63$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,36 - 0,2) + 1,36^2] = 1,54$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{0,63 + \sqrt{0,63^2 - 0,45^2}} = 0,94 \leq 1$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,54 + \sqrt{1,54^2 - 1,36^2}} = 0,44 \leq 1 \dots \text{Rozhoduje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

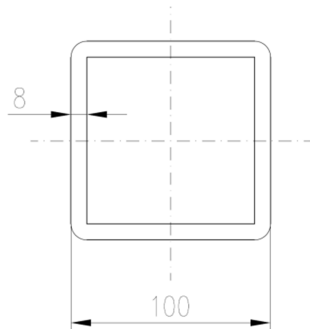
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,21 \cdot 6,69 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 1046,3 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{825,77}{1046,3} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.3 Posouzení dolního pásu na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 100x100x8

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	2,88E-03		
I _y [m ⁴]	4,00E-06	I _z [m ⁴]	4,00E-06
I _w [m ⁶]	6,67E-09	I _t [m ⁴]	6,46E-06
W _{el y} [m ³]	7,99E-05	W _{el z} [m ³]	7,99E-05
W _{pl y} [m ³]	9,65E-05	W _{pl z} [m ³]	9,65E-05
i _y [mm]	37,27	i _z [mm]	37,27

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-53,1	0	0	0	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 2,27 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 6,8 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,27}{0,0373} \cdot \frac{1}{76,4} = 0,80$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{6,8}{0,0373} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,39$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,80 - 0,2) + 0,80^2] = 0,88$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,39 - 0,2) + 2,39^2] = 3,58$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{0,88 + \sqrt{0,88^2 - 0,80^2}} = 0,80 \leq 1$$

$$\chi_z = \frac{1}{3,58 + \sqrt{3,58^2 - 2,39^2}} = 0,16 \leq 1 \dots \text{Rozhoduje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,16 \cdot 2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 163,6 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{53,1}{163,6} = 0,3 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.4 Posouzení dolního pásu na tah

Průřezové charakteristiky:

Profil: 100x100x8

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	2,88E-03		
I _y [m ⁴]	4,00E-06	I _z [m ⁴]	4,00E-06
I _w [m ⁶]	6,67E-09	I _t [m ⁴]	6,46E-06
W _{el y} [m ³]	7,99E-05	W _{el z} [m ³]	7,99E-05
W _{pl y} [m ³]	9,65E-05	W _{pl z} [m ³]	9,65E-05
i _y [mm]	37,27	i _z [mm]	37,27

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
787,2	0	0	0	0

Zatřetí průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Návrhová únosnost na tah prutu:

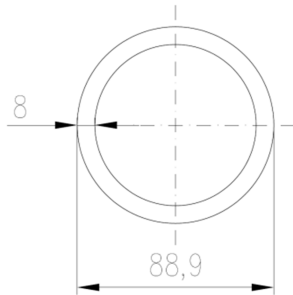
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,88 \cdot 10^{-3} \cdot 335 \cdot 10^6}{1,0} = 1022,4 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{787,2}{1022,4} = 0,8 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.5 Posouzení první až páté diagonály na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 88.9x8

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	2,03E-03		
I _y [m ⁴]	1,68E-06	I _z [m ⁴]	1,68E-06
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	3,33E-06
W _{el,y} [m ³]	3,78E-05	W _{el,z} [m ³]	3,78E-05
W _{pl,y} [m ³]	5,18E-05	W _{pl,z} [m ³]	5,18E-05
i _y [mm]	28,77	i _z [mm]	28,77

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-286,1	0	0	0	0

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 3,068 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,068}{0,0278} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,40$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,40 - 0,2) + 1,40^2] = 1,60$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{1,60 + \sqrt{1,60^2 - 1,40^2}} = 0,42 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

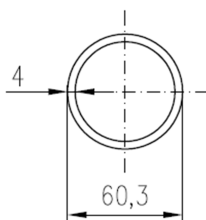
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,42 \cdot 2,03 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 302,7 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{-286,1}{302,7} = 0,9 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1.6 Posouzení ostatních diagonál na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 60.3X4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m²]	7,07E-04		
I_y [m⁴]	2,82E-07	I_z [m⁴]	2,82E-07
I_w [m⁶]	0,00E+00	I_t [m⁴]	5,61E-07
W_{el,y} [m³]	9,34E-06	W_{el,z} [m³]	9,34E-06
W_{pl,y} [m³]	1,26E-05	W_{pl,z} [m³]	1,26E-05
i_y [mm]	20,0	i_z [mm]	20,0

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-43,5	0	0	0	0

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,068 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,068}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,01$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,01 - 0,2) + 2,01^2] = 2,71$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,71 + \sqrt{2,71^2 - 2,01^2}} = 0,22 \leq 1$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

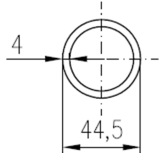
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,22 \cdot 0,707 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 55,41 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{43,5}{55,4} = \mathbf{0,9 \leq 1,0 \dots Vyhovuje}$$

7.1.7 Posouzení svislic na vzpěr

Průřezové charakteristiky:



Profil: 44.5X4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m²]	5,09E-04		
I_y [m⁴]	1,05E-07	I_z [m⁴]	1,05E-07
I_w [m⁶]	0,00E+00	I_t [m⁴]	2,09E-07
W_{el,y} [m³]	4,74E-06	W_{el,z} [m³]	4,74E-06
W_{pl,y} [m³]	6,54E-06	W_{pl,z} [m³]	6,54E-06
i_y [mm]	14,4	i_z [mm]	14,4

Vnitřní síly:

N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
-8,2	0	0	0	0

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 2,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,0}{0,0144} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,82$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,82 - 0,2) + 1,82^2] = 2,33$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,33 + \sqrt{2,33^2 - 1,82^2}} = 0,26 \leq 1$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,26 \cdot 0,509 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 47,75 \text{ kN}$$

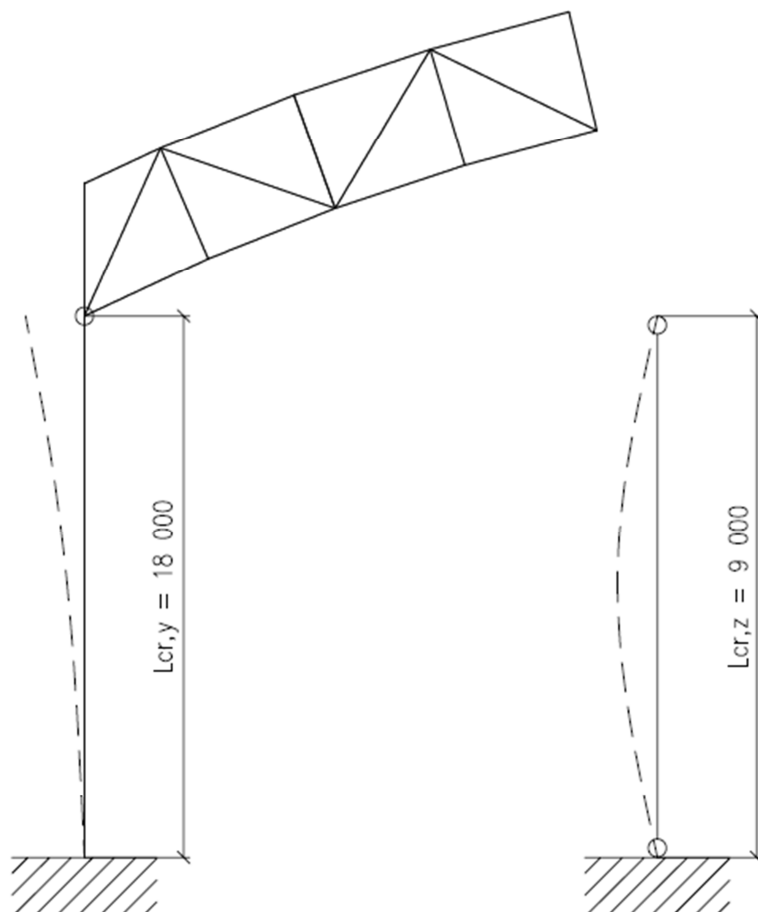
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{8,2}{47,8} = 0,2 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

7.1 Sloup

7.1.1 Vzpěrné délky

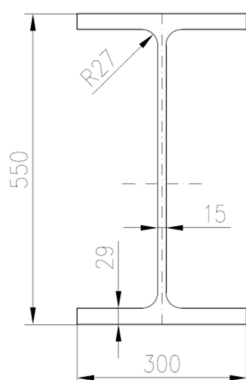
Sloup je modelován jako vetknutý na jenom konci ve směru (rovině) příčné vazby. Vazník je na jeho vrcholu modelován jako kloubově uložený. Ve směru kolmém k rovině příčné vazby je sloup modelován jako kloubově uložený. Jeho odpovídající vzpěrné délky jsou zřejmé z obr. 7.6.



Obr. 7.6 Vzpěrné délky sloupu

7.1.2 Posouzení sloupu

Průřezové charakteristiky:



Profil: HEB 550

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	2,54E-02		
I _y [m ⁴]	1,37E-03	I _z [m ⁴]	1,31E-04

I_w [m ⁶]	8,92E-06	I_t [m ⁴]	6,00E-06
$W_{el,y}$ [m ³]	4,97E-03	$W_{el,z}$ [m ³]	8,72E-04
$W_{pl,y}$ [m ³]	5,60E-03	$W_{pl,z}$ [m ³]	1,34E-03
i_y [mm]	231,94	i_z [mm]	71,75

Vnitřní síly:

Kombinace	N [kN]	V_y [kN]	V_z [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
K14	-268	zanedbáno	-92,9	-744	zanedbáno

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} = 9020,6 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 18,0 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 9,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{18,0}{0,232} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,02$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{9,0}{0,072} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,64$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\frac{h}{b} = \frac{550}{300} = 1,83 \geq 1,2$$

$$\begin{aligned} \text{Pro směr vybočení kolmo k ose: } y\text{-y } \alpha_1 &= 0,21 \\ z\text{-z } \alpha_1 &= 0,34 \end{aligned}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,02 - 0,2) + 1,02^2] = 1,10$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,64 - 0,2) + 1,64^2] = 2,09$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,10 + \sqrt{1,10^2 - 1,02^2}} = 0,33$$

$$\chi_z = \frac{1}{2,09 + \sqrt{2,09^2 - 1,64^2}} = \mathbf{0,29 \dots \text{Rozhoduje}}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2660,6 \text{ kN}$$

c) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 5,60 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 1988,0 \text{ kNm}$$

d) Návrhový moment únosnosti při klopení

$$L = 9 \text{ m}$$

$$k_y = 0,7$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

$$C_2 = 0,5 \dots \text{Uvažují konzervativní hodnotu}$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{3,14}{1 \cdot 3,6} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 8,92 \cdot 10^{-7}}{81 \cdot 10^9 \cdot 6,00 \cdot 10^{-6}}} = 0,685$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \cdot 0,685 = 1,82$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \frac{3,14 \cdot 0,225}{1,0 \cdot 9,0} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,31 \cdot 10^{-4}}{81 \cdot 10^9 \cdot 6,00 \cdot 10^{-6}}} = 0,721$$

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j)^2} - (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j) \right] \\ &= \frac{1,82}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,685^2 + (0,5 \cdot 0,721)^2} - (0,5 \cdot 0,721) \right] = 1,65 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1,65 \frac{3,14 \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1,31 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 6,00 \cdot 10^{-6}}}{9,0} = 2104,6 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{5,60 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2104,6 \cdot 10^3}} = 0,97$$

$$\frac{h}{b} = \frac{550}{300} = 1,83 < 2,0 \dots \text{křivka klopení a}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,97 - 0,2) + 0,97^2] = 1,05$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05^2 - 0,97^2}} = 0,69$$

Návrhový moment únosnosti nosníku při klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,69 \cdot 5,60 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 1362,1 \text{ kNm}$$

e) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 25400 - 2 \cdot 300 \cdot 29 + (15 + 2 \cdot 27) \cdot 29 = 10001 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{10001 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 1884,2 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{93,0}{1884,2} = 0,05 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

f) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_s = 0$$

$$\psi = M_a/M_h = 0/-268 = 0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 \geq 0,4 \dots \text{Vyhovuje}$$

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

$$k_{yy} = 0,6 \cdot \left(1 + (1,02 - 0,2) \cdot \frac{268}{0,65 \cdot 9020,6/1,0}\right) = 0,62 \geq 0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6/1,0}\right) = 0,62$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}}\right]$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 1,64}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,29 \cdot 9020,6/1,0} \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6/1,0}\right] = 0,95 \leq \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,29 \cdot 9020,6/1,0} \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6/1,0}\right] = 0,97 \dots \text{Podmínka nevyhovuje – uvažuji hodnotu 0,97}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{268}{0,65 \cdot 9020,6/1,0} + 0,62 \cdot \frac{744}{0,69 \cdot 1988/1,0} = \mathbf{0,4} \leq \mathbf{1,0} \text{ Vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6/1,0} + 0,96 \cdot \frac{744}{0,69 \cdot 1988/1,0} = \mathbf{0,1} \leq \mathbf{1,0} \text{ Vyhovuje}$$

g) Vzpěrná únosnost zkroucením

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 = 231,9^2 + 71,75^2 = 58945,3\text{mm}^2$$

$$l_T = 9,0\text{m}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{l_T^2} \right) = \frac{1}{0,58945} \left(81 \cdot 10^9 \cdot 6,00 \cdot 10^{-6} + \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,92 \cdot 10^{-6}}{9,0^2} \right) \\ = 12123,3\text{kN}$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{2,54 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{12123,3 \cdot 10^3}} = 0,86$$

Pro směr vybočení kolmo k ose: z-z $\alpha_1 = 0,34$

$$\Phi_T = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,86 - 0,2) + 0,86^2] = 0,98$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_T = \frac{1}{\Phi_T + \sqrt{\Phi_T^2 - \bar{\lambda}_T^2}} = \frac{1}{0,98 + \sqrt{0,98^2 - 0,86^2}} = 0,69$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,69 \cdot 2,54 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 6180,3\text{kN}$$

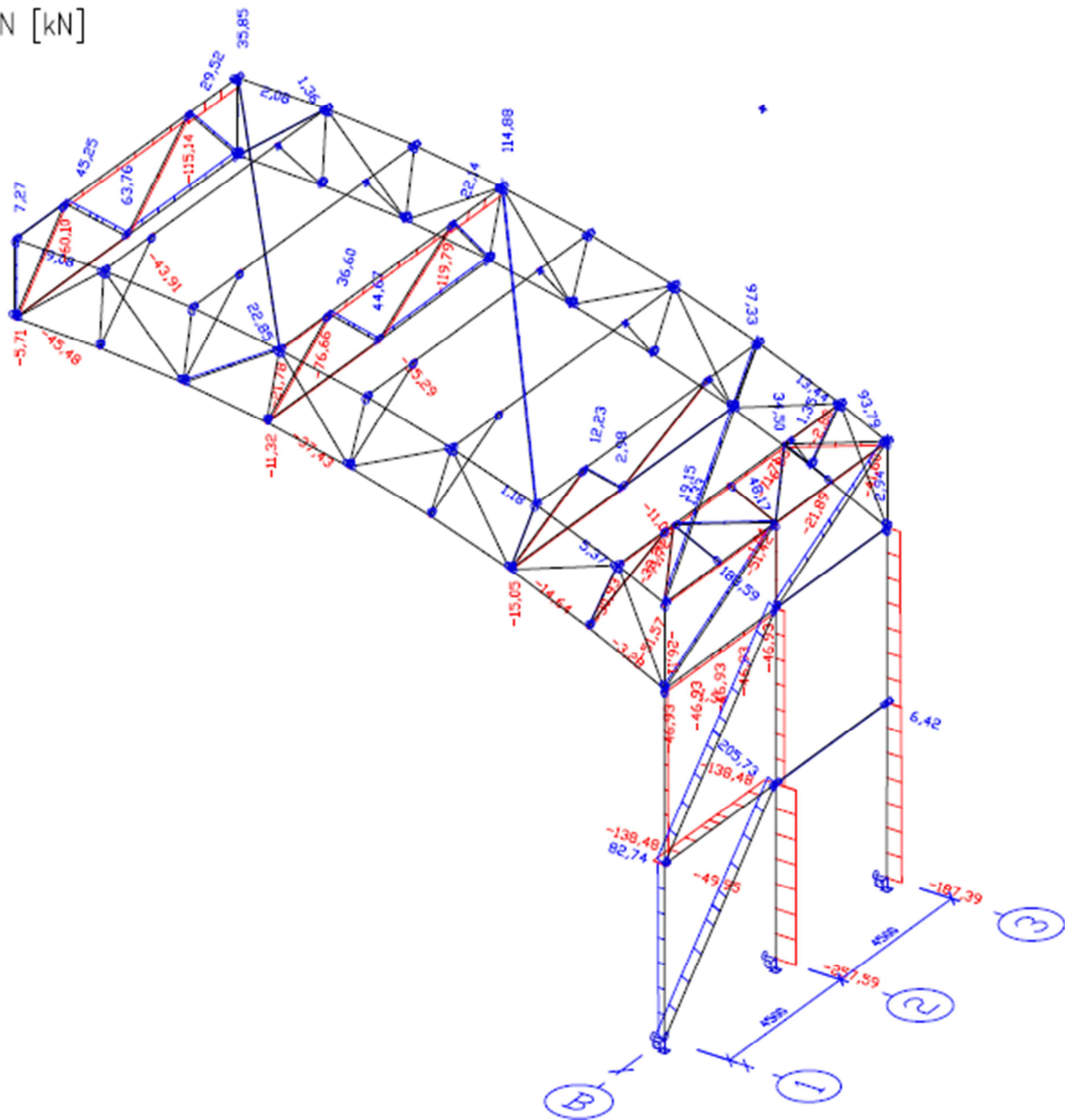
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{268}{6180,3} = 0,1 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

8 Ztužidla

8.1 Hodnoty vnitřních sil

Vnitřní síly podélného a příčného ztužidla – kombinace K17

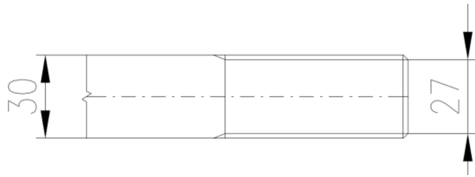
N [kN]



8.2 Příčné ztužidlo v rovině sloupů

Příčné ztužidlo je tvořeno diagonálami - táhly a vertikálami – vzpěrami, pásy příhradoviny tvoří sloupy a mezisloupy. V případě, že budou diagonály tlačeny, vybočí. Ve výpočtovém modelu proto modelují jen diagonály v jednom směru tak, aby diagonály ve směru druhém nepříznivě neovlivnily průběh vnitřních sil svou tuhostí.

8.2.1 Návrh a posouzení diagonály - táhla



Profil: $\Phi 30\text{mm}$

Materiál: S 460

Výroba: Válcovaný + řezaný závit

A [mm²]	706,9	A_s [mm²]	561
---------------------------	-------	---------------------------------------	-----

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
205,7	-	-	-	-

Únosnost táhla ve smyslu ČSN EN 1993-1-8 s ohledem na oslabenou plochu závitem:

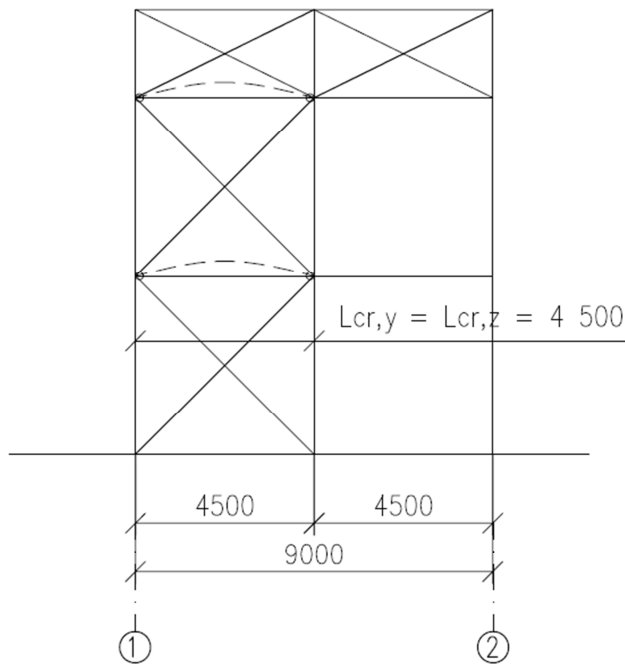
$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot 561 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 218,1 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{205,7}{218,1} = \mathbf{0,9 \dots Vyhovuje}$$

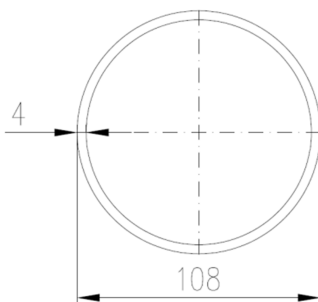
Doporučeno táhlo systému Detan.

8.2.2 Návrh a posouzení vertilály



Obr. 8.1 Vzpěrné délky podélného ztužidla

Průřezové charakteristiky:



Profil: 108x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,31E-03		
I _y [m ⁴]	1,77E-06	I _z [m ⁴]	1,77E-06
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	3,53E-06
W _{el,y} [m ³]	3,28E-05	W _{el,z} [m ³]	3,28E-05
W _{pl,y} [m ³]	4,30E-05	W _{pl,z} [m ³]	4,30E-05
i _y [mm]	36,76	i _z [mm]	36,76

Zatřetí průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-138,5	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 4,5 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4,5}{0,036} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,60$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,60 - 0,2) + 1,60^2] = 1,93$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{1,93 + \sqrt{1,93^2 - 1,60^2}} = 0,33 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,33 \cdot 1,31 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 154,6 \text{ kN}$$

Posouzení:

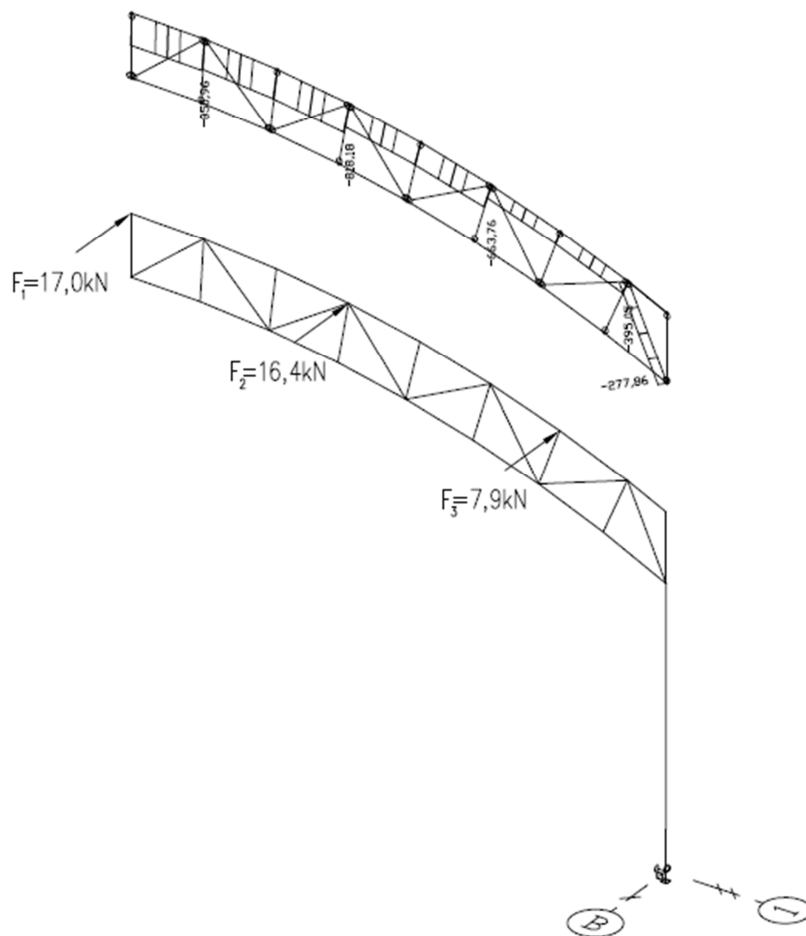
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{138,5}{154,6} = 0,9 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

8.3 Příčné ztužidlo v rovině střechy

Podélné ztužidlo v rovině střechy je tvořeno táhly a vzpěrami, které jsou součástí podélného ztužidla střechy. Táhla jsou modelována pouze v jednom směru obdobně jako táhla podélného ztužidla v rovině sloupů. Pokud by byly modelovány i táhla, které v tlaku vybočí nepříznivě by ovlivnily průběh vnitřních sil svou tuhostí. Ztužidlo zároveň stabilizuje horní pás vazníku proti vybočení z roviny osy z. Tím vymezuje vzpěrné délky horního pásu.

Do modelu uvažují přidavné zatížení od vybočení horního pásu.

8.3.1 Přídavné zatížení



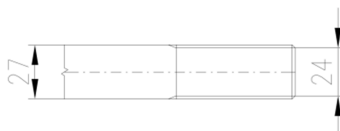
n ... Počet vazeb stabilizovanýh jedním příčným ztužidlem

$$F_{1k} = \frac{N_1}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{850,1}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 3 = 17,0\text{kN}$$

$$F_{2k} = \frac{N_2}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{818}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 3 = 16,4\text{kN}$$

$$F_{3k} = \frac{N_3}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot n = \frac{395,1}{100} \cdot \frac{1}{1,5} \cdot 3 = 7,9\text{kN}$$

8.3.2 Návrh a posouzení diagonály - táhla



Profil: $\Phi 27\text{mm}$

Materiál: S 460

Výroba: Válcovaný + řezaný závit

A [mm²]	572,6	A_s [mm²]	459
---------------------------	-------	---------------------------------------	-----

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
114,9	-	-	-	-

Únosnost táhla ve smyslu ČSN EN 1993-1-8 s ohledem na oslabenou plochu závitem:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_u \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 540 \cdot 10^6 \cdot 459 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 178,5 \text{ kN}$$

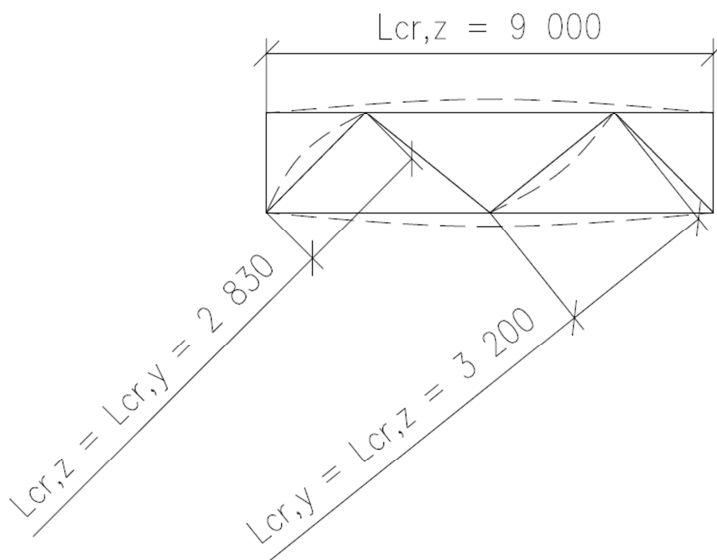
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{114,9}{178,5} = 0,7 \dots \text{Vyhovuje}$$

Doporučeno táhlo systému Detan..

8.4 Podélné střešní ztužidlo**8.4.1 Vzpěrné délky**

Pruty jsou modelovány jako kloubově uložené na obou koncích a jejich vzpěrné délky se rovnají délkám systémovým dle schéma.

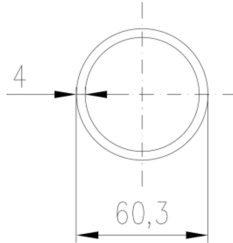


Obr. 8.2 Schéma vzpěrných délek podélného střešního ztužidla.

8.4.2 Posouzení první diagonály

První diagonála je geometricky shodná se vzpěrkami. Ty už nebudou posouzeny.

Průřezové charakteristiky:



Profil: 60,3x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	7,07E-04		
I _y [m ⁴]	2,82E-07	I _z [m ⁴]	2,82E-07
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	5,61E-07
W _{el,y} [m ³]	9,34E-06	W _{el,z} [m ³]	9,34E-06
W _{pl,y} [m ³]	1,26E-05	W _{pl,z} [m ³]	1,26E-05
i _y [mm]	19,97	i _z [mm]	19,97

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-45,5	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 2,83 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,83}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,83$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,83 - 0,2) + 1,83^2] = 2,35$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,35 + \sqrt{2,35^2 - 1,83^2}} = 0,26 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,26 \cdot 0,71 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 65,5 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{45,5}{61,5} = 0,7 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

8.4.3 Posouzení druhé diagonály

Průřez je totožný s průřezem první diagonály

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-43,9	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 3,20 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3,20}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 2,1$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,1 - 0,2) + 2,1^2] = 2,9$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,9 + \sqrt{2,9^2 - 2,1^2}} = 0,20 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

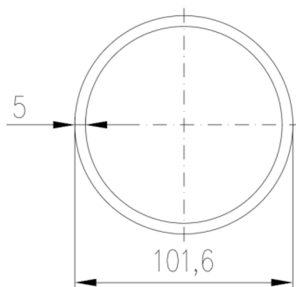
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,20 \cdot 0,71 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 51,2 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{43,9}{51,2} = 0,9 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

8.4.4 Posouzení dolního pásu

Průřezové charakteristiky:



Profil: 101,6x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,52E-03		
I _y [m ⁴]	1,77E-06	I _z [m ⁴]	1,77E-06
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	3,54E-06
W _{el,y} [m ³]	3,49E-05	W _{el,z} [m ³]	3,49E-05
W _{pl,y} [m ³]	4,64E-05	W _{pl,z} [m ³]	4,64E-05
i _y [mm]	34,12	i _z [mm]	34,12

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-15,1	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 9,0 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{9,0}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 3,45$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (3,45 - 0,2) + 3,45^2] = 6,8$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{6,8 + \sqrt{6,8^2 - 3,45^2}} = 0,1 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,1 \cdot 1,52 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 42,6 \text{ kN}$$

Posouzení:

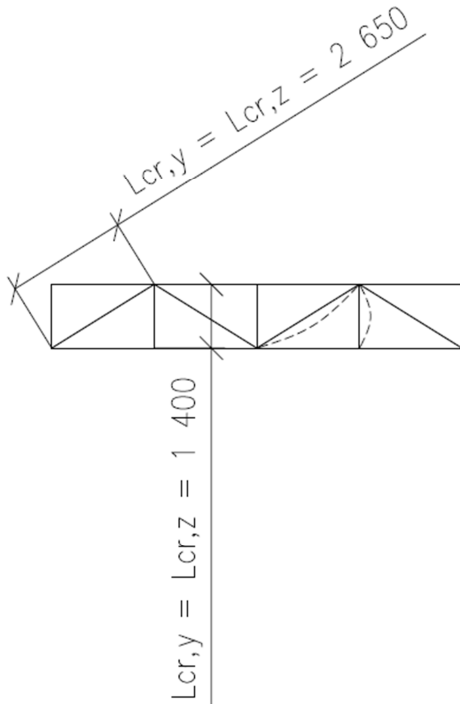
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{15,1}{42,6} = 0,4 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

8.5 Okapové ztužidlo

Okapové ztužidlo je tvořeno pásy z vaznic. Jejich namáhání ohybovými momenty a normálovými silami je s porovnáním s vaznicemi v kapitole 7 menší.

Dále je okapové ztužidlo tvořeno svislicemi a diagonálami. Jejich vzpěrné délky jsou rovny délkám systémovým.

8.5.1 Vzpěrné délky

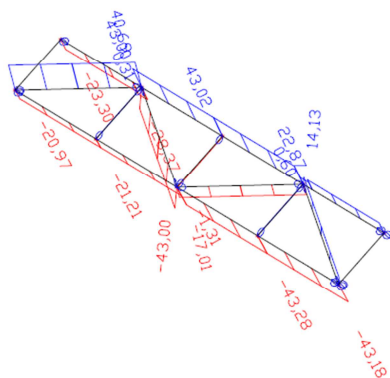


8.6 Hodnoty vnitřních sil

Vnitřní síly okapové ztužidlo – kombinace K18

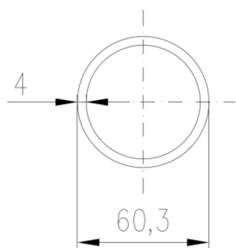
Vrcholová vaznice

N [kN]



8.7 Posouzení diagonály

Průřezové charakteristiky:



Profil: 60,3x4

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	7,07E-04		
I _y [m ⁴]	2,82E-07	I _z [m ⁴]	2,82E-07
I _w [m ⁶]	0,00E+00	I _t [m ⁴]	5,61E-07
W _{el,y} [m ³]	9,34E-06	W _{el,z} [m ³]	9,34E-06
W _{pl,y} [m ³]	1,26E-05	W _{pl,z} [m ³]	1,26E-05
i _y [mm]	19,97	i _z [mm]	19,97

Zatížení průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

Vnitřní síly:

N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
-43,0	0	0	0	0

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = L_{cr z} = 2,65 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2,65}{0,020} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,74$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce: $\alpha_1 = 0,21$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,74 - 0,2) + 1,74^2] = 2,17$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{2,17 + \sqrt{2,17^2 - 1,74^2}} = 0,29 \leq 1,0$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

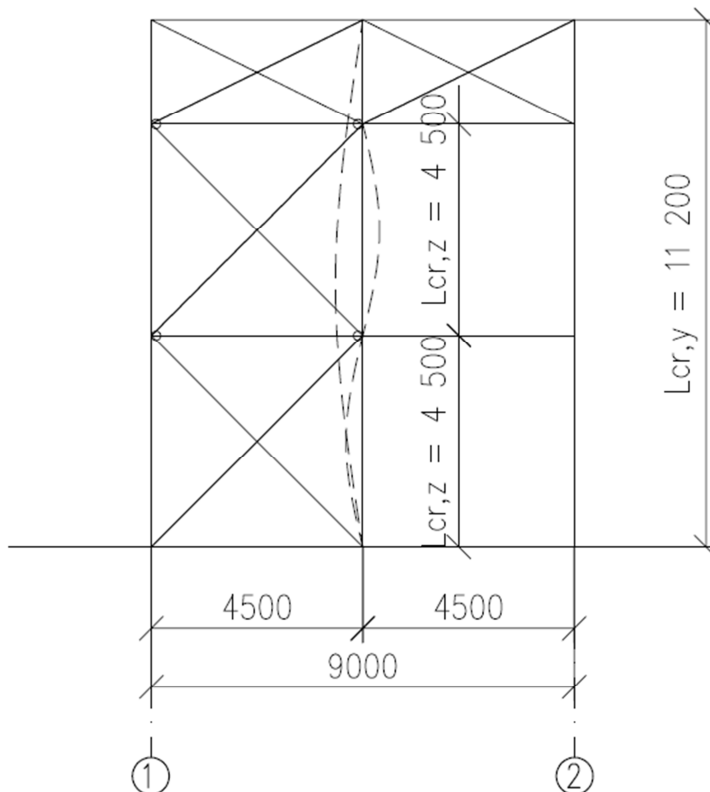
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \cdot 0,71 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 72,4 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{43,0}{72,4} = 0,6 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

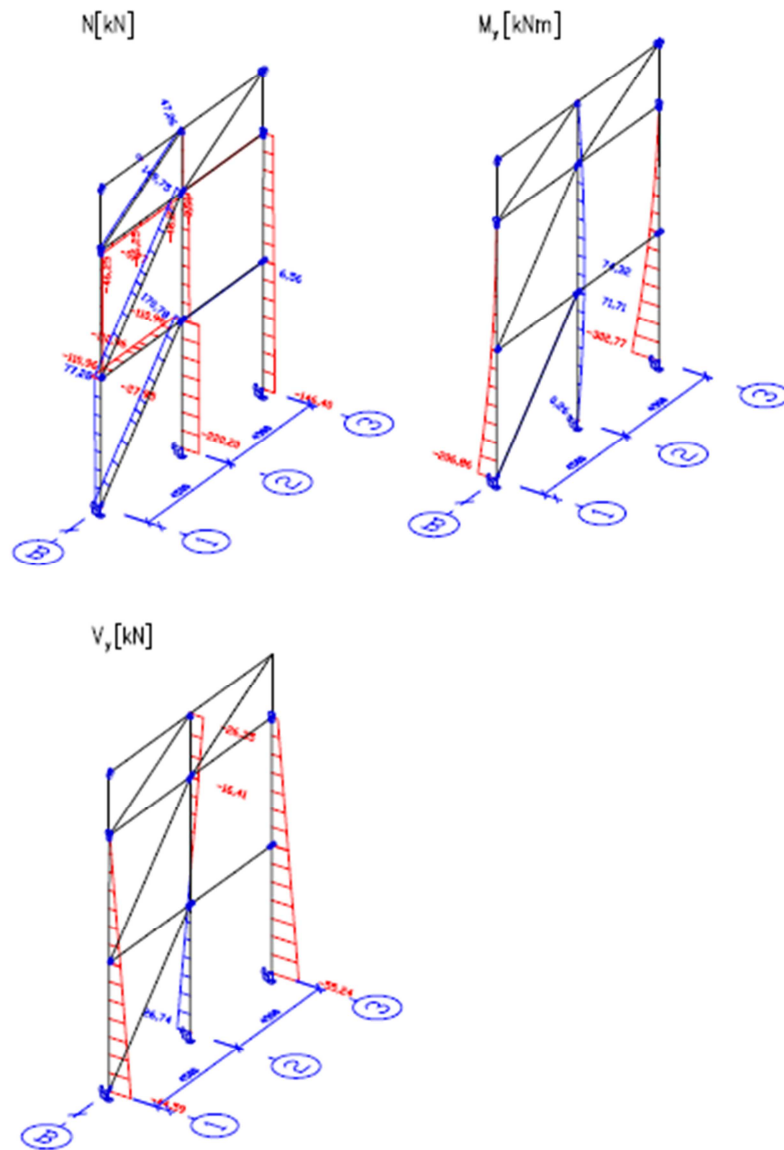
9 Mezisloupek

9.1 Vzpěrné délky



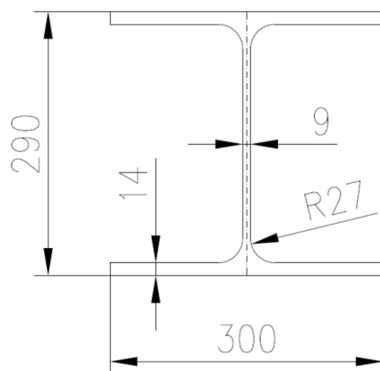
9.2 Průběh vnitřních sil

Průběh vnitřních sil na mezisloupku K14



9.3 Posouzení mezisloupku

Průřezové charakteristiky:



Profil: HEA 300

Materiál: S 355

Výroba: Válcovaný

Vzpěr y-y, z-z:

A [m ²]	1,13E-02		
I _y [m ⁴]	1,83E-04	I _z [m ⁴]	6,31E-05
I _w [m ⁶]	1,20E-06	I _t [m ⁴]	8,52E-07
W _{el y} [m ³]	1,26E-03	W _{el z} [m ³]	4,21E-04
W _{pl y} [m ³]	1,38E-03	W _{pl z} [m ³]	6,42E-04
i _y [mm]	127,26	i _z [mm]	74,73

Vnitřní síly:

Kombinace	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
K14	-220,2	zanedbáno	26,7	74,3	zanedbáno

Zatřídění průřezu: Průřez třídy 1. dle (5)

a) Charakteristická únosnost na normálovou sílu

$$N_{Rk} = f_y \cdot A = 355 \cdot 10^6 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2} = 4011,5 \text{ kN}$$

b) Vzpěrná únosnost prutu

Vzpěrné délky:

$$L_{cr y} = 11,2 \text{ m}$$

$$L_{cr z} = 6,7 \text{ m}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{11,2}{0,1273} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,15$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{6,7}{0,0747} \cdot \frac{1}{76,4} = 1,17$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,4$$

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

Součinitel imperfekce:

$$\frac{h}{b} = \frac{290}{300} = 0,96 \leq 1,2$$

Pro směr vybočení kolmo k ose: y-y $\alpha_1 = 0,34$
z-z $\alpha_1 = 0,49$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,31 - 0,2) + 1,15^2] = 1,33$$

$$\Phi_z = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,17 - 0,2) + 1,17^2] = 1,43$$

Součinitel vzpěrnosti:

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

$$\chi_y = \frac{1}{1,33 + \sqrt{1,33^2 - 1,15^2}} = 0,50$$

$$\chi_z = \frac{1}{1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,17^2}} = \mathbf{0,45 \dots \text{Rozhoduje}}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,45 \cdot 1,13 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1791,7 \text{ kN}$$

c) Charakteristická únosnost za ohybu

$$M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y = 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 491,3 \text{ kNm}$$

d) Návrhový moment únosnosti při klopení

$$L = 11,2 \text{ m}$$

$$k_y = 1,0$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_2 = 0,48$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{3,14}{1 \cdot 11,2} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 10^9 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7}}} = 0,537$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt} = 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot 0,537 = 1,13$$

$$\xi_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \sqrt{\frac{EI_z}{GI_t}} = \frac{3,14 \cdot 0,145}{1,0 \cdot 11,2} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}}{81 \cdot 10^9 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7}}} = 0,564$$

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j)^2} - (C_2 \xi_g - C_3 \xi_j) \right] \\ &= \frac{1,13}{1,0} \left[\sqrt{1 + 0,537^2 + (0,48 \cdot 0,564)^2} - (0,48 \cdot 0,564) \right] = 1,01 \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1,65 \frac{3,14 \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 8,52 \cdot 10^{-7}}}{11,2} = 271,6 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ypl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{271,6 \cdot 10^3}} = 1,34$$

$$\frac{h}{b} = \frac{290}{300} = 0,96 < 2,0 \dots \text{ křivka klopení a}$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,34 - 0,2) + 1,34^2] = 1,52$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,52 + \sqrt{1,52^2 - 1,34^2}} = 0,45$$

Návrhový moment únosnosti nosníku při klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,45 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 219,1 \text{ kNm}$$

e) Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 11300 - 2 \cdot 300 \cdot 14 + (9 + 2 \cdot 27) \cdot 14 = 3782 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost ve smyku:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{3782 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 775,2 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{26,7}{775,2} = 0,05 \leq 1,0 \dots \text{ Vyhovuje}$$

Případ s malým smykem – smyková síla je menší než polovina plastické smykové únosnosti – zanedbávám interakci normálových a smykových napětí.

f) Kombinace namáháním osovým tlakem a ohybem

$$\alpha_h = 0$$

$$\psi = 0$$

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,95$$

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

$$k_{yy} = 0,95 \cdot \left(1 + (1,15 - 0,2) \cdot \frac{220,2}{0,50 \cdot 4011,5 / 1,0} \right) = 0,85 \geq 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{220,2}{0,50 \cdot 4011,5 / 1,0} \right) \\ = 1,03 \dots \text{ Podmínka nevyhovuje – uvažuji hodnotu 1,03}$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$$

$$k_{zy} = \left[1 - \frac{0,1 \cdot 1,64}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,29 \cdot 9020,6 / 1,0} \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6 / 1,0} \right] = 0,95 \leq \left[1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,29 \cdot 9020,6 / 1,0} \frac{268}{0,29 \cdot 9020,6 / 1,0} \right] \\ = 0,97 \dots \text{ Podmínka nevyhovuje – uvažuji hodnotu 0,97}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{220,2}{0,5 \cdot 4011,5/1,0} + 1,03 \cdot \frac{74,3}{0,64 \cdot 491,3/1,0} = \mathbf{0,4}$$

$\leq \mathbf{1,0}$ **Vyhovuje**

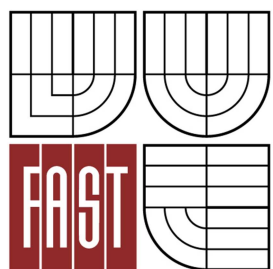
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{pl,y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{220,2}{0,45 \cdot 4011,5/1,0} + 0,97 \cdot \frac{74,3}{0,64 \cdot 491,3/1,0} = \mathbf{0,3}$$

$\leq \mathbf{1,0}$ **Vyhovuje**

Vzpěrnou únosnost zkoucením zanedbávám.



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

HODNOCENÍ VARIANT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV ŠKATULA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

Obsah

1	Výkaz materiálu lodě haly varianty I	1
2	Výkaz materiálů varianty II.....	2
3	Posouzení	3

1 Výkaz materiálu lodě haly varianty I

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
Tr 63.5X5	S 355	7,21	44,116	318,26	9,021	7850,00	4,0543e-002
Φ27	S 355	4,49	341,039	1532,04	28,926	7850,00	1,9516e-001
Tr 88.9X6.3	S 355	12,80	531,767	6804,23	151,859	7850,00	8,6678e-001
Tr 44.5X4	S 355	4,00	300,000	1198,69	43,138	7850,00	1,5270e-001
Tr 60.3X4	S 355	5,55	184,059	1021,52	35,602	7850,00	1,3013e-001
Hr 160x160x10.0	S 355	46,24	361,785	16727,69	225,800	7850,00	2,1309e+000
Hr 120x120x8.0	S 355	27,63	362,979	10029,83	169,621	7850,00	1,2777e+000
HEB360	S 355	141,77	180,001	25518,95	332,720	7850,00	3,2508e+000
Tr 60.3X4	S 355	5,55	513,141	2847,91	99,256	7850,00	3,6279e-001
TR 108X5	S 355	12,72	270,000	3433,59	92,954	7850,00	4,3740e-001

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objem [m³]
Celkový součet :	69432,71	1188,898	8,8449e+000

2 Výkaz materiálů varianty II

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Objem [m³]
Tr 63.5X5	S 355	7,21	315,000	2272,46	64,411	7850,00	2,8948e-001
HEB550	S 355	199,47	126,001	25133,20	280,154	7850,00	3,2017e+000
Φ30	S 355	5,55	875,745	4856,90	82,533	7850,00	6,1871e-001
HR 180x180x10.0	S 355	52,52	253,250	13299,79	178,320	7850,00	1,6942e+000
HR 100x100x8.0	S 355	22,61	284,967	6442,53	110,368	7850,00	8,2070e-001
Tr 44.5X4	S 355	4,00	210,000	839,09	30,197	7850,00	1,0689e-001
Tr 60.3X4	S 355	5,55	128,842	715,06	24,922	7850,00	9,1091e-002
Tr 120x80x5.0	S 355	14,68	1071,000	15721,74	419,900	7850,00	2,0028e+000
Tr 108X4	S 355	10,28	252,000	2591,44	86,505	7850,00	3,3012e-001
Tr 88.9X8	S 355	15,94	214,737	3421,94	61,688	7850,00	4,3592e-001
Tr 60.3X4	S 355	5,55	1024,883	5688,07	198,242	7850,00	7,2459e-001
HEA300	S 355	88,71	156,882	13916,25	269,278	7850,00	1,7728e+000

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objem [m³]
Celkový součet :	94898,47	1806,519	1,2089e+001

3 Posouzení

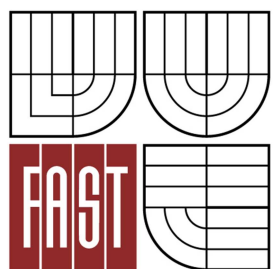
Hlavním kritériem v hodnocení je hmotnost konstrukce, která je u varianty I podstatně menší než u varianty II. Dále pak počet prutů s tím související množství detailů. U varianty I je počet prutů 652, u varianty II je počet prutů 969.

Budova zázemí v hodnocení variant nerozhoduje, protože je v obou variantách stejná.

Estetika obou variant je totožná. Funkčnost obou variant je také totožná. Pracnost a hmotnost varianty II je mnohem větší než u varianty I. Dále bude rozpracována pouze varianta I.



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

ŘEŠENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV ŠKATULA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

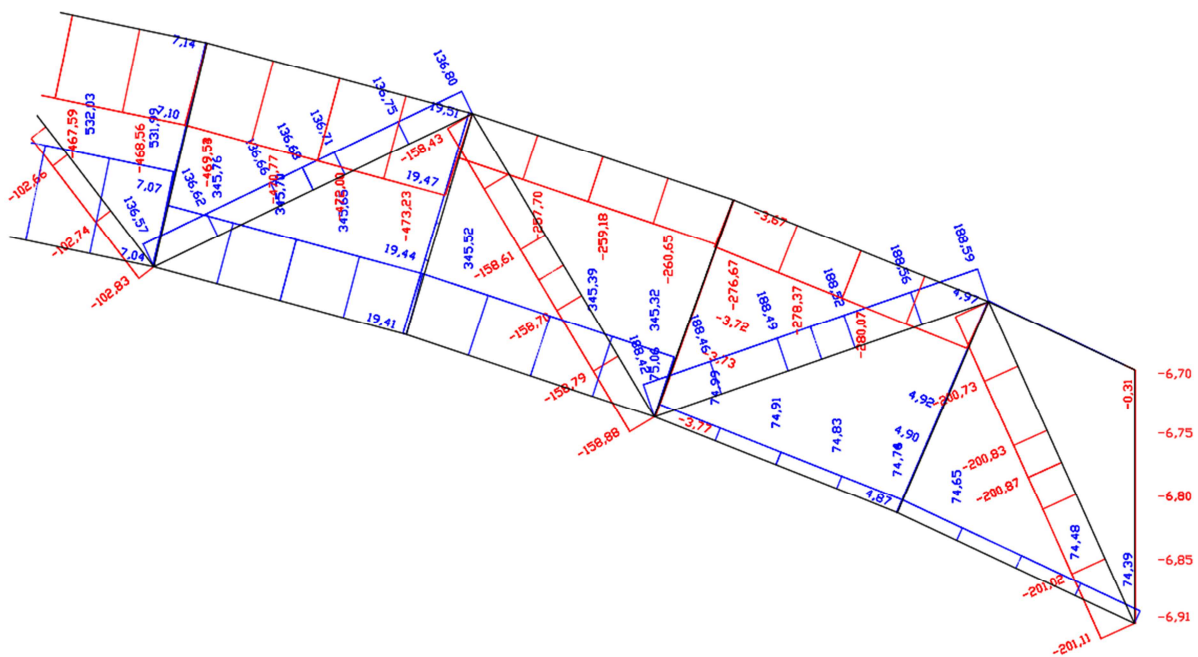
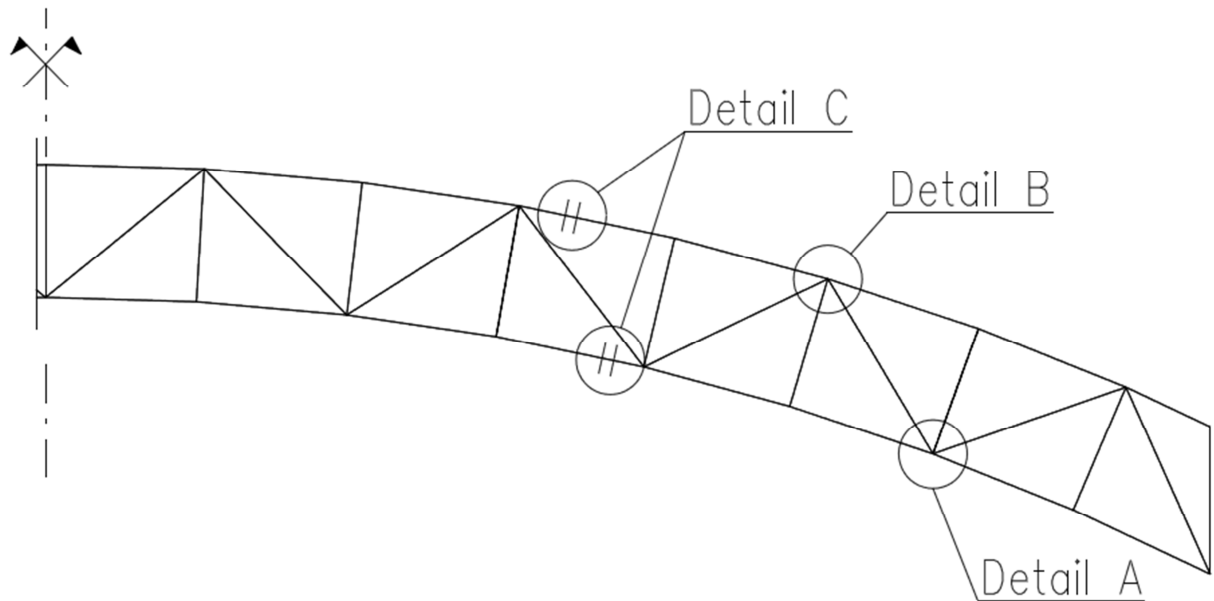
BRNO 2012

Obsah

2	Detaily lodě haly	2
2.1	Vazník	2
2.1.1	Detail A	2
2.1.2	Detail B	4
2.1.3	Detail C - montážní přípoj dolního pásu	6
3	Detaily budovy zázemí.....	13
3.1	Připojení sloupu a příčle v 1.NP.....	13
3.2	Připojení střešního průvlaku na sloup.....	19
3.3	Připojení stropnice na průvlak	25
3.4	Připojení podélného ztužidla na sloup.....	27
3.4.1	Detail A	28
3.4.2	Detail B	30
3.4.3	Detail C	31
3.5	Kloubová patka.....	32

1 Detaily lodě haly

1.1 Vazník



1.1.1 Detail A

Předpokládám, že v mezipásových prutech působí pouze osově síly. Dále pak, že osově síly ve svislicích jsou tak malé, že prvek mohu v posudku vynechat za předpokladu, že únosnost spoje bude dostatečně veliká.

$$N_1 = -158,9 \text{ kN}$$

$$N_2 = 188,6 \text{ kN}$$

$$N_0 = 345,4 \text{ kN}$$

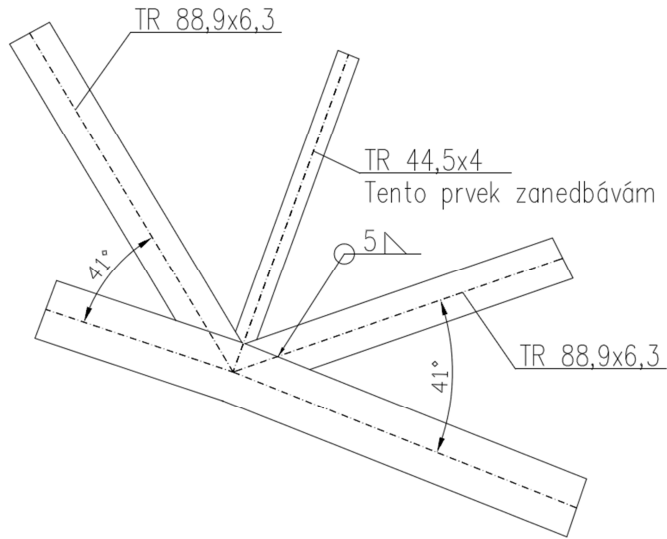
$$d_1 = 88,9 \text{ mm} \quad t_1 = 6,3 \text{ m}$$

$$d_2 = 88,9 \text{ mm} \quad t_2 = 6,3 \text{ m}$$

$$b_0 = 120\text{mm} \quad t_0 = 8\text{mm}$$

$$\theta_1 = 41^\circ$$

$$\theta_2 = 41^\circ$$



Podmínky platnosti:

$$0,4 \leq \frac{d_i}{b_0} = \frac{88,9}{120} = 0,74 \leq 0,8 \dots \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{d_i}{t_i} = \frac{88,9}{6,3} = 14,1 \leq 50 \dots \text{Vyhovuje}$$

Na základě platnosti výše uvedené podmínky uvažují tyto návrhová kritéria:

a) porušení povrchu pásu

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{345,4 \cdot 10^3}{3,52 \cdot 10^{-3}} = 98,1\text{MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{98,1}{355} = 0,28$$

$$\beta = \frac{d_1 + d_2}{2b_0} = \frac{88,9 \cdot 2}{2 \cdot 120} = 0,74$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,28}{0,74} = 1,14$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2t_0} = \frac{120}{2 \cdot 8} = 7,5$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}}{\sin\theta_1} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 1,14 \cdot 355 \cdot 8^2 \cdot \sqrt{7,5}}{\sin 41} = 548,9\text{kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{158,9}{548,9} = 0,3 \dots \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{188,6}{548,9} = 0,3 \dots \text{Vyhovuje}$$

b) porušení mezipásových prutů redukční účinnou šířkou

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot \frac{d_1}{\gamma_{M5}} = \frac{10}{120/8} \cdot \frac{355 \cdot 8}{355 \cdot 6,3} \cdot \frac{88,9}{1,0} = 75,3\text{mm}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot (2d_1 - 4t_1 + d_1 + b_{eff}) / \gamma_{M5} \\ = 355 \cdot 6,3 \cdot (2 \cdot 88,9 - 4 \cdot 6,3 + 88,9 + 75,3) / 1,0 = 708,5\text{kN}$$

$$\frac{N_{1Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{158,9}{708,5} = 0,2 \dots \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{N_{2Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{188,6}{708,5} = 0,2 \dots \text{Vyhovuje}$$

c) Posouzení svarů

Posuzuji svary na krajní diagonále vazníku (svary na detailech A a B mají menší síly v diagonálách).

$$N_{Ed} = 201,0\text{kN}$$

$$a_w = 5\text{mm}$$

Délka svaru l_w – z elipsového průniku trubky a jáklu.

$$a = 136,0\text{mm} \text{ – hlavní osa a}$$

$$b = 88,9\text{mm} \text{ – hlavní osa b}$$

$$l_w = \pi \left[\frac{3}{2}(a+b) - \sqrt{ab} \right] = 3,14 \cdot \left[\frac{3}{2}(136,0 + 88,9) - \sqrt{136,0 \cdot 88,9} \right] = 270,9\text{mm}$$

$$A_w = a_w \cdot l_w = 5 \cdot 270,5 = 1354,5\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{201,0 \cdot 10^3}{1354,5 \cdot 10^{-6}} = 148,4\text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \sigma \cdot \cos\theta = 148,4 \cdot \sin 41 = 112,0\text{MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma \cdot \sin\theta = 148,4 \cdot \sin 41 = 97,4\text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{97,4^2 + 3(97,4^2 + 112,0^2)} = 274,9\text{MPa} \leq \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510\text{MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

Svary na ostatních detailech připojení pásů vazníku s výplňovými pruty vyhoví díky menší působící normálové síle.

1.1.2 Detail B

$$N_1 = -158,8\text{kN}$$

$$N_2 = 136,7\text{kN}$$

$$N_0 = -473,2\text{kN} \quad M_{0,Ed} = -0,41\text{kNm}$$

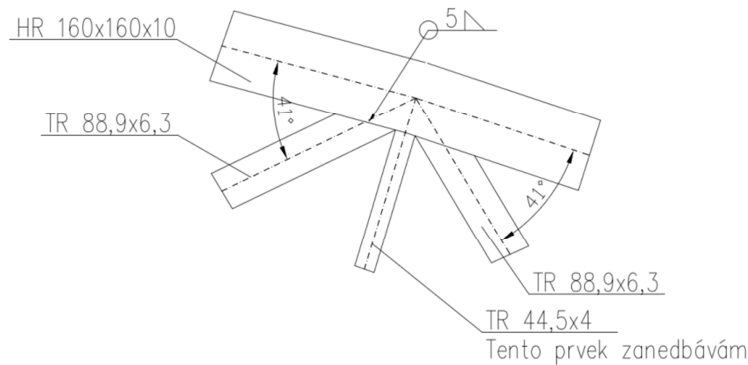
$$d_1 = 88,9\text{mm} \quad t_1 = 6,3\text{mm}$$

$$d_2 = 88,9\text{mm} \quad t_2 = 6,3\text{mm}$$

$$b_0 = 160\text{mm} \quad t_0 = 10\text{mm}$$

$$\theta_1 = 41^\circ$$

$$\theta_2 = 41^\circ$$



Podmínky platnosti:

$$0,4 \leq \frac{d_i}{b_0} = \frac{88,9}{160} = 0,56 \leq 0,8 \dots \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{d_i}{t_i} = \frac{88,9}{6,3} = 14,1 \leq 50 \dots \text{Vyhovuje}$$

Na základě platnosti výše uvedené podmínky uvažují tyto návrhová kritéria:

a) porušení povrchu pásu

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = -\frac{473,2 \cdot 10^3}{5,89 \cdot 10^{-3}} - \frac{0,41 \cdot 10^3}{2,73 \cdot 10^{-4}} = -78,84 \text{MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,0}} = \frac{-78,84}{355} = -0,22$$

$$k_n = 1,0$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2t_0} = \frac{160}{2 \cdot 10} = 8$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma}}{\sin \theta_1} = \frac{3,14}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{8}}{\sin 41} = 583,5 \text{kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{-158,9}{548,9} = \mathbf{0,3 \dots \text{Vyhovuje}}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{136,7}{548,9} = \mathbf{0,3 \dots \text{Vyhovuje}}$$

b) porušení mezipásových prutů redukční účinnou šířkou

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y1} \cdot t_1} \cdot \frac{d_1}{\gamma_{M5}} = \frac{10}{160/10} \cdot \frac{355 \cdot 10}{355 \cdot 6,3} \cdot \frac{88,9}{1,0} = 88,2 \text{mm}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = f_{y1} \cdot t_1 \cdot (2d_1 - 4t_1 + d_1 + b_{eff}) / \gamma_{M5} \\ = 355 \cdot 6,3 \cdot (2 \cdot 88,9 - 4 \cdot 6,3 + 88,9 + 88,2) / 1,0 = 737,4 \text{kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{-158,9}{737,4} = \mathbf{0,2 \dots \text{Vyhovuje}}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{136,7}{737,4} = \mathbf{0,2 \dots \text{Vyhovuje}}$$

1.1.3 Detail C - montážní přípoj dolního pásu

$$N_{Ed} = 532 \text{ kN}$$

Návrh šroubů:

M24/8.8

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

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

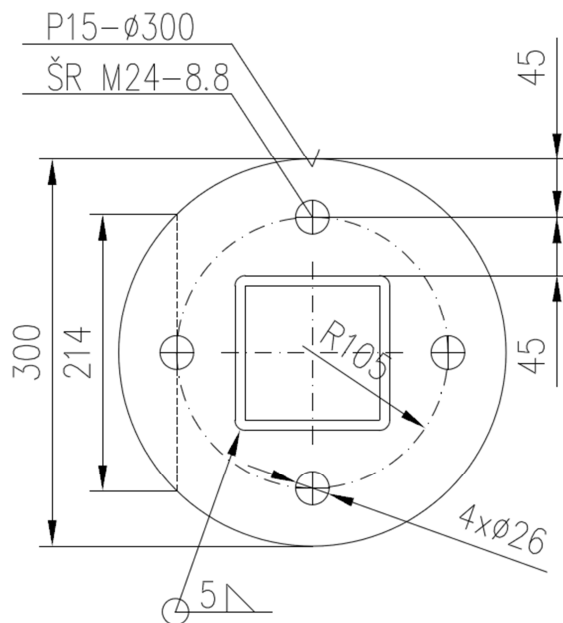
$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

Svěrná délka 30mm



a) Posouzení svaru

$$a = 5 \text{ mm}$$

$L = 4 \cdot 120 = 480 \text{ mm}$... Délka svaru čelní desky jáklu.

$$\beta_w = 0,9$$

$$F_{w,Rd} = \frac{a \cdot L \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{5 \cdot 480 \cdot 510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 628,2 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{530}{628,2} = 0,84 \leq 1 \dots \text{Vyhovuje}$$

b) Posouzení šroubů v tahu

$$k_1 = 0,9$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 10^6}{1,25} = 203,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{530}{4 \cdot 203,3} = \mathbf{0,65} \leq \mathbf{1} \dots \mathbf{Vyhovuje}$$

c) Únosnost v páčení

$$m_x = 45 - \sqrt{2} \cdot 5 \cdot 0,8 = 39,3 \text{ mm}$$

$$e_x = 45 \text{ mm}$$

$$b_p = 214 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2\pi m_x \\ \pi m_x + w \\ \pi m_x + 2e \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot 3,14 \cdot 39,3 \\ 3,14 \cdot 39,3 \\ 3,14 \cdot 39,3 + 2 \cdot 39,3 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 249,6 \\ 123,5 \\ 202,1 \end{array} \right\} = 123,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4m_x + 1,25e_x \\ e + 2m_x + 0,625e_x \\ 0,5b_p \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 4 \cdot 39,3 + 1,25 \cdot 45 \\ 45 + 2 \cdot 39,3 + 0,625 \cdot 45 \\ 0,5 \cdot 214 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 213,5 \\ 151,5 \\ 107 \end{array} \right\} = 106,7 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = 106,7 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{4 \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,1067 \cdot 15^2 \cdot 355}{4 \cdot 1,0} = 2,13 \text{ kN}$$

$$F_{T1} = \frac{4M_{pl,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 2,13}{0,0393} = 216,8 \text{ kN}$$

$$F_{T2} = \frac{2M_{pl,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 2,13 + 0,045 \cdot 203,3}{0,0393 + 0,045} = 159,1 \text{ kN}$$

$$F_{T3} = \sum F_{t,Rd} = 203,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{4 \cdot F_{T2}} = \frac{530}{4 \cdot 159,1} = \mathbf{0,83} \leq \mathbf{1} \dots \mathbf{Vyhovuje}$$

Spoj vyhovuje. Obdobný detail bude proveden i na horním pásu, kde maximální tahová síla nedosahuje takové tahové síly jako v dolním pásu vazníku.

1.2 Kotvení sloupu

Kombinace : K13				
Podpora	Stav	Rx	Rz	My
		[kN]	[kN]	[kNm]
Sn1/N45	K13/14	-31,8	247,33	-226,87

Sn2/N43	K13/14	-26,49	303,31	-114,04
Sn3/N79	K13/14	-28,43	-108,03	-131,15
Sn4/N81	K13/14	-29,03	-76,72	-200,13

Kombinace : K18				
Podpora	Stav	Rx	Rz	My
		[kN]	[kN]	[kNm]
Sn1/N45	K18/12	-25,4	176,21	-168,81
Sn2/N43	K18/12	-32,89	232,23	-171,63
Sn3/N79	K18/12	-34,82	-179,11	-188,67
Sn4/N81	K18/12	-22,64	-147,84	-142,18

Tabulka 2.1 Reakce v podporách

Geometrie patky:

$$h_p = 1200\text{mm}$$

$$b_p = 500\text{mm}$$

$$t_p = 30\text{mm}$$

$$r_t = 500\text{mm}$$

Beton: C25/30

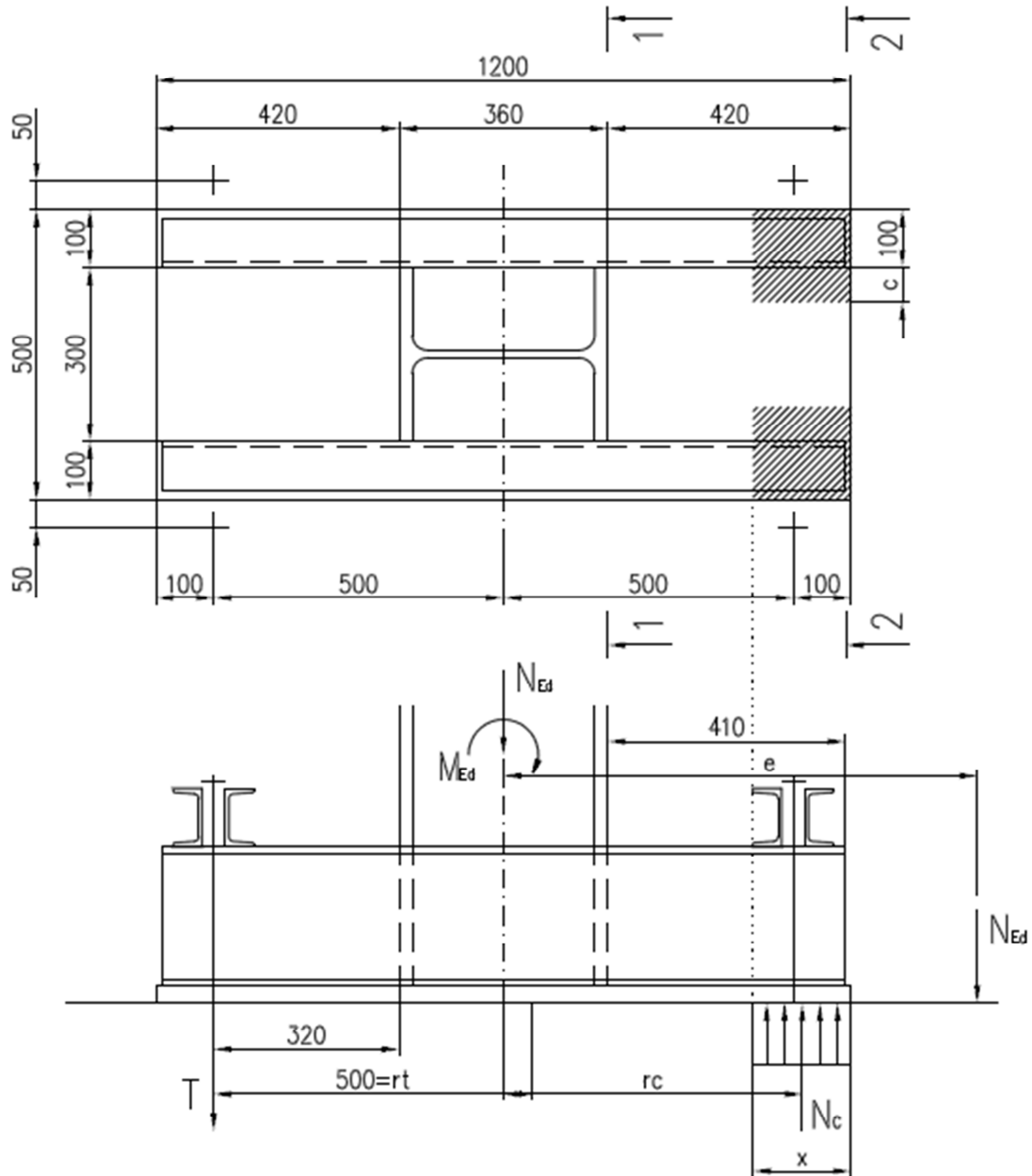
Výška podlití: 60mm

Geometrie betonové patky:

$$b_f = 1400\text{mm}$$

$$h_f = 2500\text{mm}$$

$$d_f = 800\text{mm}$$



Započítané rozměry betonové patky:

$$a_1 = \min(h_f; 5 \cdot h_p; h_p + d_f; 5 \cdot b_p) \\ = \min(2500; 5 \cdot 1200; 1200 + 800; 5 \cdot 500) = \min(2500; 6000; 2000; 2500) \\ = 2000\text{mm}$$

$$b_1 = \min(b_f; 5 \cdot b_p; b_p + d_f; 5 \cdot h_p) \\ = \min(1400; 5 \cdot 500; 500 + 800; 5 \cdot 1200) = \min(1400; 2500; 1300; 6000) \\ = 1300\text{mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{h_p \cdot b_p}} = \sqrt{\frac{2000 \cdot 1300}{500 \cdot 1200}} = 2,08$$

$$f_j = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,08 \cdot 25}{\gamma_c} = 23,1$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_j}} = 30 \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 23,1}} = 67,9 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 2 \cdot 100 + 2 \cdot c = 2 \cdot 100 + 2 \cdot 67,9 = 335,8 \text{ mm}$$

Pro výpočet namáhání patní spáry byly použity tyto vzorce a byly aplikovány do editoru Excel:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

Délka tlačené oblasti x pod patním plechem vyplývá z rovnice:

$$N_{Ed}(e + r_t) = N_c \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

Síla v tlačené části betonu pod patkou:

$$N_c = b_{eff} \cdot x \cdot f_j$$

Síla v kotevních šroubech:

$$T = N_c - N_{Ed}$$

Příslušné momenty k líci sloupu sil T a N_c :

$$M_c = N_c \left(0,41 - \frac{x}{2} \right)$$

$$M_t = 0,32T$$

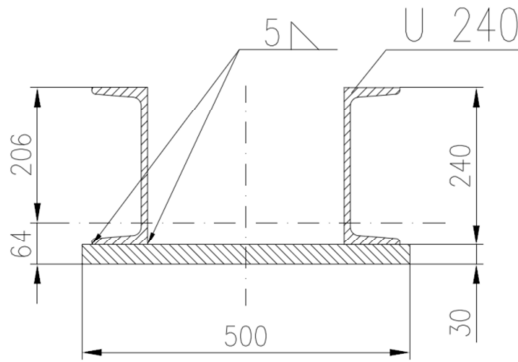
	Jednotka	K13	K13	K18
M_{Ed}	kNm	114	226,9	188,7
N_{Ed}	kNm	303,3	247,3	-179,1
e	m	0,4	0,9	-1,1
x_1	m	2,168	2,158	2,188
$x_2=x$	m	0,032	0,042	0,012
N_c	kN	245	324,9	90,6
T	kN	-58,3	77,6	269,7
M_c	kNm	96,6	126,4	36,6
M_t	kNm	-18,7	24,8	86,3

Tab. 2.2 Namáhání patní spáry

a) Posouzení patky - podélných výztuh

$$M_p = 126,4 \text{ kNm}$$

$$V_p = 324,9 \text{ kNm}$$



$$I_y = 171,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_v = 2,371 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$W_{yh} = \frac{I_y}{z} = \frac{171,7}{206} = 0,83 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{h,Ed} = \frac{M_p}{W_{yh}} = \frac{126,4 \cdot 10^3}{0,83 \cdot 10^{-3}} = 152,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_p}{A_v} = \frac{324,9 \cdot 10^3}{2,371 \cdot 10^{-3}} = 137,0 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{h,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 = \left(\frac{152,3}{355/1,0} \right)^2 + 3 \left(\frac{137,0}{355/1,0} \right)^2 = 0,62 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

b) Posouzení svarů podélných výztuh k patnímu plechu

$$A_w = 4 \cdot a_w \cdot l_w = 4 \cdot 5 \cdot 1180 = 23,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$S_{fy} = b_p \cdot t_p \cdot \left(z_t - \frac{t_p}{2} \right) = 500 \cdot 30 \cdot \left(49 - \frac{30}{2} \right) = 0,51 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$I_{yw} = 4 \cdot \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot l_w^3 = 2,73 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

- Řez 1-1 (Kombinace K13)

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} + \frac{N_c \cdot S_{f,y}}{I_{yw} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{34,8 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{324,9 \cdot 10^3 \cdot 0,51 \cdot 10^{-3}}{2,73 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{I_{yw}} \cdot x = \frac{247,3 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{226,9 \cdot 10^3}{2,73 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,18 = 24,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{24,5^2 + 3 \cdot (24,5^2 + 16,5^2)} = 58,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

- Řez 2-2 (Kombinace K13)

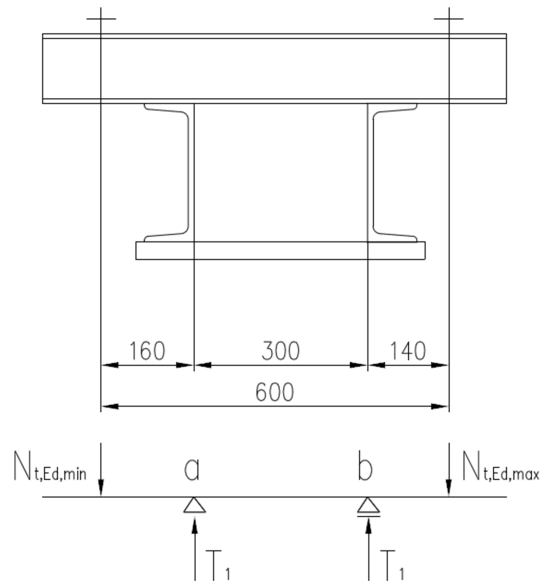
$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{34,8 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 10^{-3}} = 1,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_L = \sigma_L = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{I_{yw}} \cdot x = \frac{247,3 \cdot 10^3}{23,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{226,9 \cdot 10^3}{2,73 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,6 = 60,3 \text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3(\tau_L^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{60,3^2 + 3 \cdot (60,3^2 + 1,3^2)} = 120,6 \text{MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510 \text{MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

c) Kotevní šrouby

Uvažuji možnou odchylku sloupu $\pm 10 \text{mm}$ při montáži od projektované polohy.



$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{269,7}{2} = 134,9 \text{kN}$$

$$N_{t,Ed,max} = \frac{T_1 \cdot 0,16 + T_1 \cdot 0,46}{0,6} = \frac{134,9 \cdot 0,16 + 134,9 \cdot 0,46}{0,6} = 139,4 \text{kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = T_1 - N_{t,Ed,max} = 269,7 - 139,4 = 130,3 \text{kN}$$

Navrhuji šroub M36, materiál S235 (běžná jakost)

$$A_s = 865 \text{mm}^2$$

$$k_1 = 0,9$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 865 \cdot 10^{-6} \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 225,2 \text{kN} \geq N_{t,Ed,max} = 139,4 \text{kN} \dots \text{Vyhovuje}$$

d) Kotevní příčník

$$M_{a,Ed} = N_{t,Ed,min} \cdot 0,16 = 130,3 \cdot 0,16 = 20,8 \text{kNm}$$

$$V_{a,Ed} = N_{t,Ed,min} = 130,3 \text{kN}$$

$$M_{b,Ed} = N_{t,Ed,max} \cdot 0,14 = 139,4 \cdot 0,14 = 19,5 \text{kNm}$$

$$V_{b,Ed} = N_{t,Ed,max} = 139,4 \text{kN}$$

Navrhuji 2xU 120:

$$W_y = 41,2 \cdot 10^{-3} \text{mm}^3$$

$$A_v = 646 \text{ mm}^2$$

- Průřez a:

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{a,Ed}}{W_y} = \frac{20,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 41,2 \cdot 10^{-6}} = 252,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{a,Ed}}{A_v} = \frac{130,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 646 \cdot 10^{-6}} = 100,8 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 = \left(\frac{252,4}{355/1,0} \right)^2 + 3 \left(\frac{100,8}{355/1,0} \right)^2 = 0,75 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

- Průřez b:

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{b,Ed}}{W_y} = \frac{19,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 41,2 \cdot 10^{-6}} = 236,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{b,Ed}}{A_v} = \frac{139,4 \cdot 10^3}{2 \cdot 646 \cdot 10^{-6}} = 107,9 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}} \right)^2 = \left(\frac{236,7}{355/1,0} \right)^2 + 3 \left(\frac{107,9}{355/1,0} \right)^2 = 0,72 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

2 Detaily budovy zázemí

2.1 Připojení sloupu a příčle v 1.NP

Přípoj průvlaku IPE 330 je proveden pomocí čelní desky spojené šrouby k pásnici sloupu HEB 200. Šrouby kategorie A.

$$V_{Ed} = 182,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 227,3 \text{ kN}$$

Návrh šroubů:

M24/5.6

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

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

Svěrná délka 35mm

Geometrie styčnicku:

$$n = 8$$

$$e_1 = 80 \text{ mm} \geq e_{1min} = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm}$$

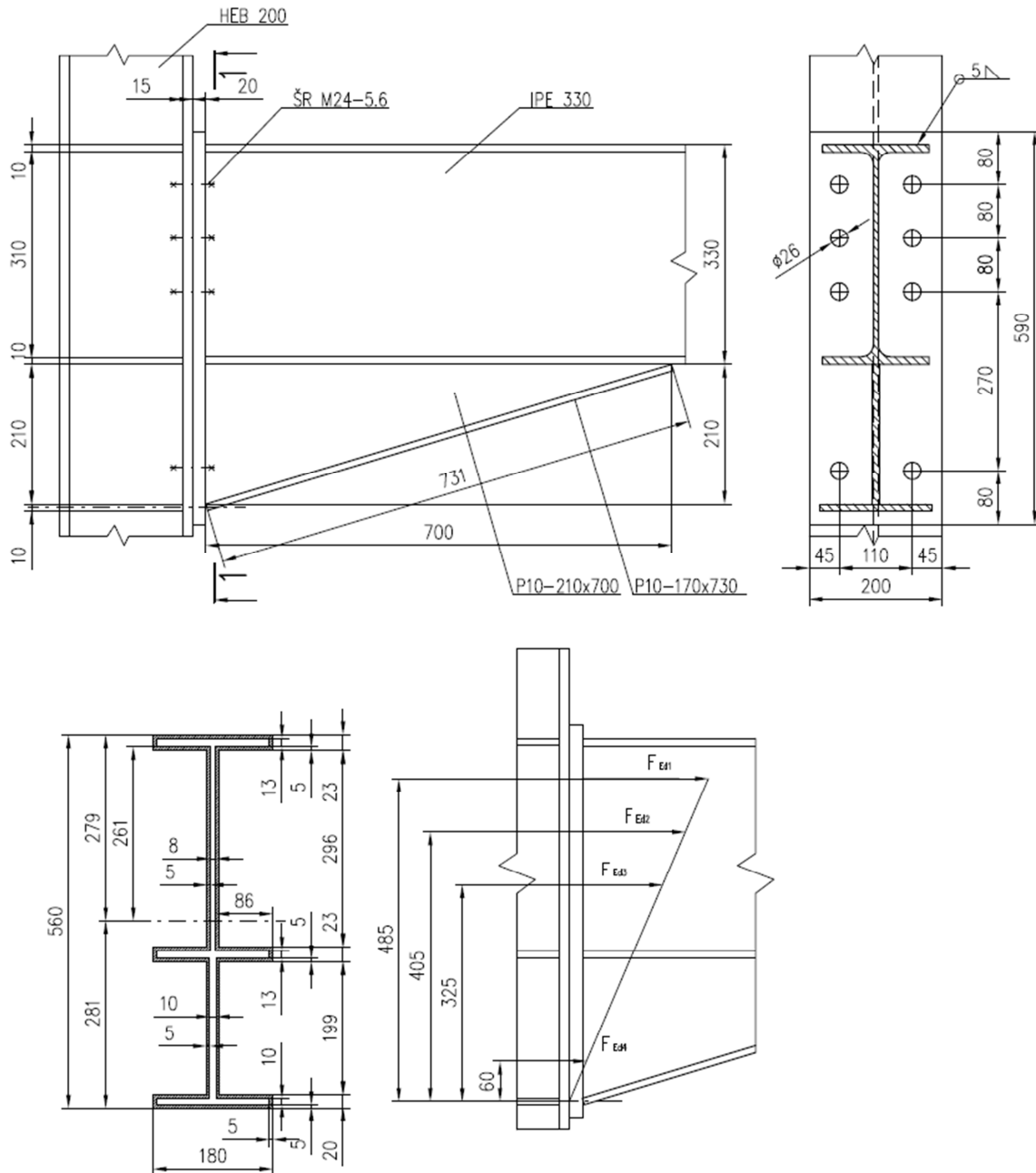
$$e_2 = 45\text{mm} \geq e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 26 = 39\text{mm}$$

$$p_1 = 80\text{mm} \geq p_{1min} = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 26 = 57,2\text{mm}$$

$$p_2 = 110\text{mm} \geq p_{2min} = 3,0d_0 = 3,0 \cdot 26 = 78\text{mm}$$

$$t_p = 20\text{mm}$$

$$a_w = 5\text{mm}$$



a) Rozdělení tahových sil ve styčnicku

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= 2 \sum_i r_i \cdot F_{iEd} = 2(r_1 \cdot F_{1Ed} + r_2 \cdot F_{2Ed} + r_3 \cdot F_{3Ed} + r_4 \cdot F_{4Ed}) \\
 &= 2(0,485 \cdot F_{1Ed} + 0,405 \cdot F_{2Ed} + 0,325 \cdot F_{3Ed} + 0,06 \cdot F_{4Ed})
 \end{aligned}$$

$$F_{4Ed} = \frac{r_4 \cdot F_{1Ed}}{r_1} = \frac{0,06 \cdot F_{1Ed}}{0,458}$$

$$F_{3Ed} = \frac{r_3 \cdot F_{1Ed}}{r_1} = \frac{0,325 \cdot F_{1Ed}}{0,458}$$

$$F_{2Ed} = \frac{r_2 \cdot F_{1Ed}}{r_1} = \frac{0,405 \cdot F_{1Ed}}{0,458}$$

$$227,3 = 2 \left(0,458 \cdot F_{1Ed} + \frac{0,405^2 \cdot F_{1Ed}}{0,458} + \frac{0,325^2 \cdot F_{1Ed}}{0,458} + \frac{0,06^2 \cdot F_{1Ed}}{0,458} \right)$$

$$F_{1Ed} = 108,3 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 2 \cdot 108,3 = 216,6 \text{ kN}$$

b) Únosnost šroubu v tahu

$$k_1 = 0,9$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 10^6}{1,25} = 127,1 \text{ kN}$$

c) Návrhová momentová únosnost

- Stěna sloupu v příčném tahu

$$l_{eff,nc} = e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e) = 80 + 6 \cdot 37 - (2 \cdot 37 + 0,625 \cdot 45) = 199,9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,np} = \min\{2\pi m; \pi m + 2e_1\} = \min\{2 \cdot 3,14 \cdot 37; 3,14 \cdot 37 + 2 \cdot 80\} = \min\{232,5; 276,2\} \\ = 232,5 \text{ mm}$$

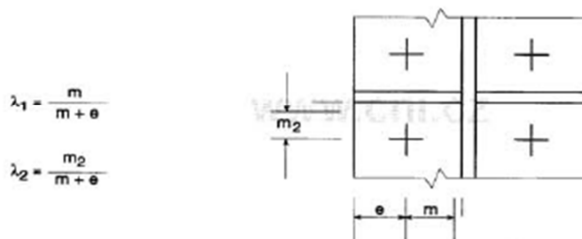
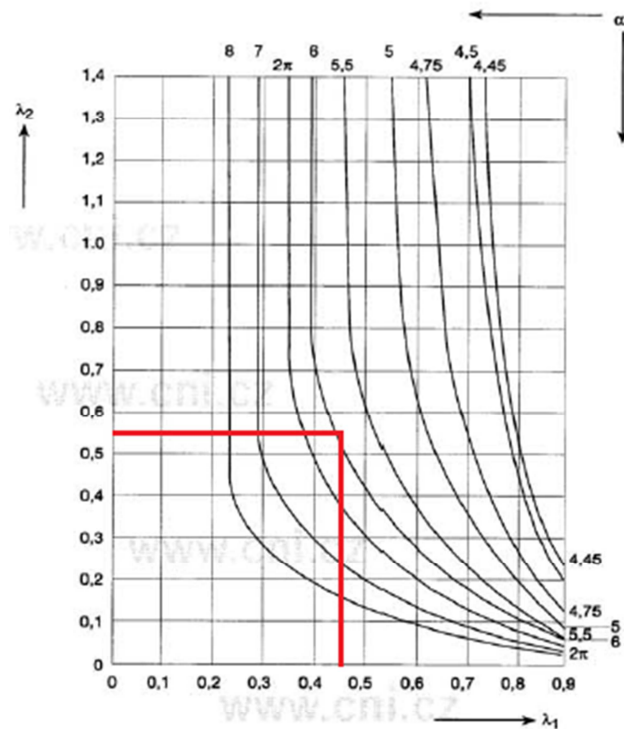
$$b_{eff,t,wc} = \min\{l_{eff,nc}; l_{eff,np}\} = \min\{199,9; 232,5\} = 199,9 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{37}{37+45} = 0,451$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{50 - 0,8 \cdot 5}{37+45} = 0,554$$

$$\alpha = 6,0$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0 \cdot 199,9 \cdot 9 \cdot 355}{1,0} = 638,3 \text{ kN}$$



- Pásnice sloupu v příčném ohybu

$$l_{eff,cp} = \min\{2\pi m; \pi m + 2e_1\} = \min\{2 \cdot 3,14 \cdot 37; 3,14 \cdot 37 + 2 \cdot 80\} = \min\{232,5; 276,2\} = 232,5\text{mm}$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff1} = l_{eff2} = \min\{4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1\} = \min\{4 \cdot 37 + 1,25 \cdot 45; 2 \cdot 37 + 0,625 \cdot 45 + 80\} = \min\{204,3; 182,3\} = 182,3\text{mm}$$

1. Způsob:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{m \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,182 \cdot 15^2 \cdot 355}{0,037 \cdot 1,0} = 392,9\text{kN}$$

2. Způsob:

$$n = e_{min} = 45\text{mm} \leq 1,25m = 1,25 \cdot 37 = 46,25\text{mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{0,5 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y + n \sum F_{t,Rd}}{(m+n) \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 0,182 \cdot 15^2 \cdot 355 + 0,0463 \cdot 2 \cdot 127100}{(0,037 + 0,045) \cdot 1,0} = 228,1\text{kN}$$

3. Způsob

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 127,1 = 245,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,fc,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{392,9; 228,1; 245,2\} = 228,1 \text{ kN}$$

- Čelní deska v ohybu

$$l_{eff,cp} = 2\pi m = 2 \cdot 3,14 \cdot 47 = 295,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff1} = l_{eff,2} = \alpha \cdot m = 6 \cdot 47 = 282 \text{ mm}$$

1. Způsob:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{m \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,282 \cdot 20^2 \cdot 355}{0,047 \cdot 1,0} = 852,0 \text{ kN}$$

2. Způsob:

$$n = e_{min} = 45 \text{ mm} \leq 1,25m = 1,25 \cdot 47 = 58,8 \text{ mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{0,5 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y + n \sum F_{t,Rd}}{(m + n) \cdot \gamma_{M0}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 0,282 \cdot 20^2 \cdot 355 + 0,0463 \cdot 2 \cdot 127100}{(0,047 + 0,045) \cdot 1,0} = 345,6 \text{ kN}$$

3. Způsob

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 127,1 = 254,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,ep,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{852,0; 345,6; 245,2\} = 245,2 \text{ kN}$$

- Stojina nosníku v tahu

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff1} = \alpha \cdot m = 6 \cdot 47 = 282 \text{ mm}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{282 \cdot 8 \cdot 355}{1,0} = 600,7 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost v tahu

$$F_{tr,Rd} = \min\{F_{t,wc,Rd}; F_{t,fc,Rd}; F_{t,ep,Rd}; F_{t,wb,Rd}\} = \min\{638,3; 228,1; 245,2; 600,7\} = 228,1 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{Ed} = 216,6 \text{ kN} \leq F_{tr,Rd} = 228,1 \text{ kN} \dots \text{Vyhovuje}$$

d) Posouzení šroubového spoje ve smyku

-Únosnost ve stříhu

$$\alpha_v = 0,5$$

$$F_{v,Rd1} = \frac{\alpha_v A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 353 \cdot 500}{1,25} = 70,6 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd1} = 8 \cdot 70,6 = 564,8 \text{ kN}$$

-Únosnost v otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d_0} \right\} = \min \left\{ \frac{500}{510}; 1,0; \frac{80}{3 \cdot 26} \right\} = \min \{0,98; 1,0; 1,03\} = 0,98$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{45}{26} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,1; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd1} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot t \cdot d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,98 \cdot 2,5 \cdot 9 \cdot 24 \cdot 510}{1,25} = 215,9 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = n \cdot F_{b,Rd1} = 8 \cdot 215,9 = 1727,3 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$V_{Rd} = \min \{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\} = \min \{564,8; 1727,3\} = 564,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{182,5}{564,8} = \mathbf{0,3 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}}$$

- Kombinace střihu a tahu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = \frac{182,5}{8 \cdot 70,6} + \frac{108,3}{1,4 \cdot 127,1} = \mathbf{0,9 \dots \text{Vyhovuje}}$$

e) **Posouzení svarů**

- Napětí ve stojně

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{wfb} + A_{wfp}} = \frac{182,5}{2 \cdot 295 \cdot 5 + 2 \cdot 199 \cdot 5} = 36,9 \text{ MPa}$$

$$I_{wy} = 333,12 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\tau_{\perp 2} = \sigma_{\perp 2} = \frac{\sigma_{w2}}{\sqrt{2}} = \frac{M_{Ed} \cdot z_2}{I_{wy} \cdot \sqrt{2}} = \frac{227,3 \cdot 10^6 \cdot 261}{333,12 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2}} = 125,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 2}^2 + 3(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{125,9^2 + 3(125,9^2 + 36,9^2)} = \mathbf{259,8 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = \mathbf{453,3 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}}$$

$$\tau_{\perp 2} = \mathbf{125,9 \text{ MPa}} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \mathbf{408 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}}$$

Svary na stojně vyhovují

- Svary na pásnicích

$$\tau_{\perp 2} = \sigma_{\perp 2} = \frac{\sigma_{w2}}{\sqrt{2}} = \frac{M_{Ed} \cdot z_1}{I_{wy} \cdot \sqrt{2}} = \frac{227,3 \cdot 10^6 \cdot 270}{333,12 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2}} = 130,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{L2}^2 + 3(\tau_{L2}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$
$$\sqrt{130,3^2 + 3 \cdot 130,3^2} = 260,6 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

Svary na pásnici vyhovují

2.2 Připojení střešního průvlaku na sloup

Přípoj průvlaku IPE 220 je proveden pomocí čelní desky spojené šrouby k pásnici sloupu HEB 200. Šrouby kategorie A.

$$V_{Ed} = 66,4 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 96,1 \text{ kN}$$

Návrh šroubů:

M24/5.6

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

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

Svěrná délka 35mm

Geometrie styčnicku:

$$n = 8$$

$$e_1 = 45 \text{ mm} \geq e_{1min} = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 26 = 31,2 \text{ mm}$$

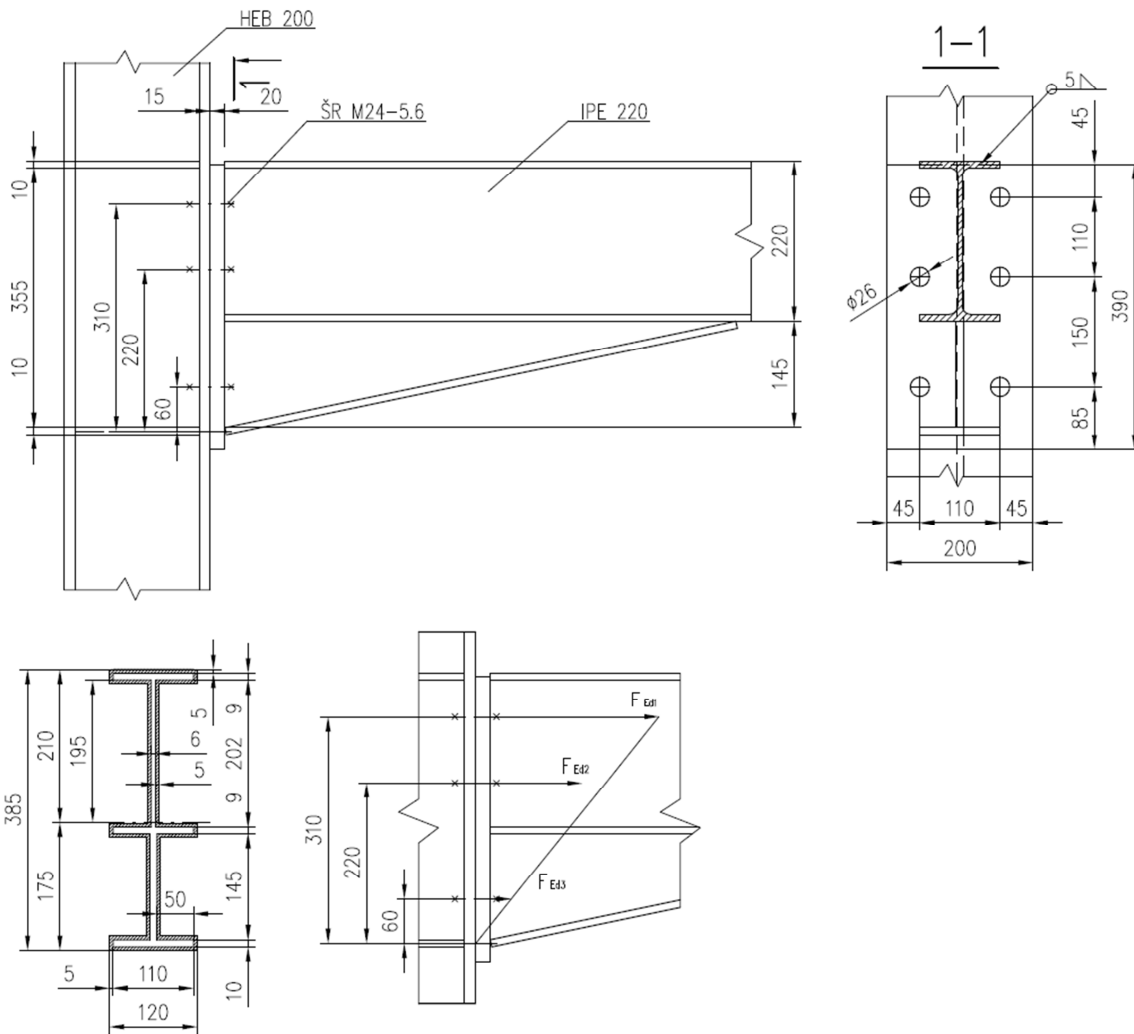
$$e_2 = 45 \text{ mm} \geq e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 26 = 39 \text{ mm}$$

$$p_1 = 110 \text{ mm} \geq p_{1min} = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 26 = 57,2 \text{ mm}$$

$$p_2 = 110 \text{ mm} \geq p_{2min} = 3,0d_0 = 3,0 \cdot 26 = 78 \text{ mm}$$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

$$a_w = 5 \text{ mm}$$



a) Rozdělení tahových sil ve styčnicku

$$M_{Ed} = 2 \sum_i r_i \cdot F_{iEd} = 2(r_1 \cdot F_{1Ed} + r_2 \cdot F_{2Ed} + r_3 \cdot F_{3Ed})$$

$$= 2(0,310 \cdot F_{1Ed} + 0,220 \cdot F_{2Ed} + 0,060 \cdot F_{3Ed})$$

$$F_{3Ed} = \frac{r_3 \cdot F_{1Ed}}{r_1} = \frac{0,060 \cdot F_{1Ed}}{0,310}$$

$$F_{2Ed} = \frac{r_2 \cdot F_{1Ed}}{r_1} = \frac{0,220 \cdot F_{1Ed}}{0,310}$$

$$227,3 = 2 \left(0,310 \cdot F_{1Ed} + \frac{0,220^2 \cdot F_{1Ed}}{0,310} + \frac{0,060^2 \cdot F_{1Ed}}{0,310} \right)$$

$$F_{1Ed} = 97,6 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 2 \cdot 97,6 = 195,2 \text{ kN}$$

b) Únosnost šroubu v tahu

$$k_1 = 0,9$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 353 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 10^6}{1,25} = 127,1 \text{ kN}$$

c) Návrhová momentová únosnost

- Stěna sloupu v příčném tahu

$$l_{eff,nc} = e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e) = 45 + 6 \cdot 37 - (2 \cdot 37 + 0,625 \cdot 45) = 199,9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,np} = \min\{2\pi m; \pi m + 2e_1\} = \min\{2 \cdot 3,14 \cdot 37; 3,14 \cdot 37 + 2 \cdot 45\} = \min\{232,5; 206,2\} \\ = 206,2 \text{ mm}$$

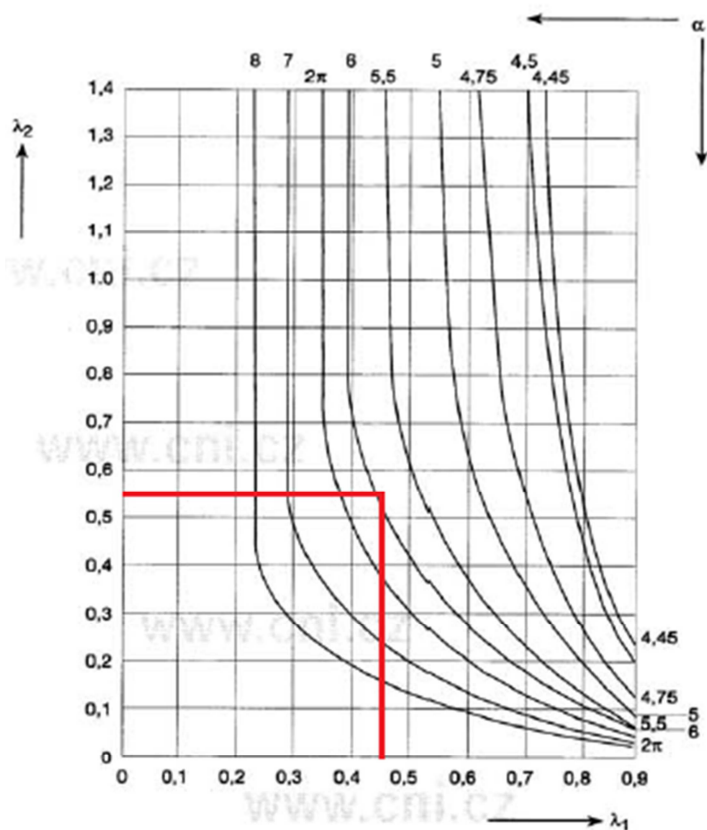
$$b_{eff,t,wc} = \min\{l_{eff,nc}; l_{eff,np}\} = \min\{199,9; 206,2\} = 199,9 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{37}{37+46} = 0,445$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{50 - 0,8 \cdot 5}{37+46} = 0,554$$

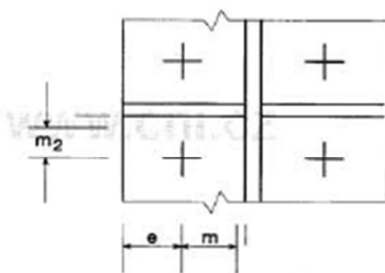
$$\alpha = 6,0$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0 \cdot 199,9 \cdot 9 \cdot 355}{1,0} = 638,3 \text{ kN}$$



$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$$



- Pásnice sloupu v příčném ohybu

$$l_{eff,cp} = \min\{2\pi m; \pi m + 2e_1\} = \min\{2 \cdot 3,14 \cdot 37; 3,14 \cdot 37 + 2 \cdot 45\} = \min\{232,5; 206,2\} = 206,2\text{mm}$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff1} = l_{eff,2} = \min\{4m + 1,25e; 2m + 0,625e + e_1\} = \min\{4 \cdot 37 + 1,25 \cdot 45; 2 \cdot 37 + 0,625 \cdot 45 + 45\} = \min\{204,3; 147,1\} = 147,1\text{mm}$$

1. Způsob:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{m \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,147 \cdot 15^2 \cdot 355}{0,037 \cdot 1,0} = 317,3\text{kN}$$

2. Způsob:

$$n = e_{min} = 45\text{mm} \leq 1,25m = 1,25 \cdot 37 = 46,25\text{mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{0,5 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y + n \sum F_{t,Rd}}{(m + n) \cdot \gamma_{M0}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 0,147 \cdot 15^2 \cdot 355 + 0,0463 \cdot 2 \cdot 127100}{(0,037 + 0,045) \cdot 1,0} = 215,1 \text{ kN}$$

3. Způsob

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 127,1 = 245,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,fc,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{317,3; 215,1; 245,2\} = 215,1 \text{ kN}$$

- Čelní deska v ohybu

$$l_{eff,cp} = 2\pi m = 2 \cdot 3,14 \cdot 47 = 295,3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = l_{eff1} = l_{eff,2} = \alpha \cdot m = 6 \cdot 47 = 282 \text{ mm}$$

1. Způsob:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{l_{eff1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{m \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,282 \cdot 20^2 \cdot 355}{0,047 \cdot 1,0} = 852,0 \text{ kN}$$

2. Způsob:

$$n = e_{min} = 45 \text{ mm} \leq 1,25m = 1,25 \cdot 47 = 58,6 \text{ mm}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{0,5 \cdot l_{eff2} \cdot t_f^2 \cdot f_y + n \sum F_{t,Rd}}{(m + n) \cdot \gamma_{M0}}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 0,282 \cdot 20^2 \cdot 355 + 0,0463 \cdot 2 \cdot 127100}{(0,047 + 0,045) \cdot 1,0} = 345,6 \text{ kN}$$

3. Způsob

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 127,1 = 254,2 \text{ kN}$$

$$F_{t,ep,Rd} = \min\{F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}\} = \min\{852,0; 345,6; 245,2\} = 245,2 \text{ kN}$$

- Stojina nosníku v tahu

$$b_{eff,t,wb} = l_{eff1} = \alpha \cdot m = 6 \cdot 47 = 282 \text{ mm}$$

$$F_{t,wb,Rd} = \frac{b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{282 \cdot 6 \cdot 355}{1,0} = 600,7 \text{ kN}$$

- Návrhová únosnost v tahu

$$F_{tr,Rd} = \min\{F_{t,wc,Rd}; F_{t,fc,Rd}; F_{t,ep,Rd}; F_{t,wb,Rd}\} = \min\{638,3; 215,1; 245,2; 600,7\} = 215,1 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$F_{Ed} = 195,2 \text{ kN} \leq F_{tr,Rd} = 215,1 \text{ kN} \dots \text{Vyhovuje}$$

d) Posouzení šroubového spoje ve smyku

- Únosnost ve stříhu

$$\alpha_v = 0,5$$

$$F_{v,Rd1} = \frac{\alpha_v A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 353 \cdot 500}{1,25} = 70,6 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd1} = 6 \cdot 70,6 = 423,6 \text{ kN}$$

-Únosnost v otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d_0} \right\} = \min \left\{ \frac{500}{510}; 1,0; \frac{45}{3 \cdot 26} \right\} = \min\{0,98; 1,0; 0,58\} = 0,58$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{45}{26} - 1,7; 2,5 \right\} = \min\{3,1; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd1} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot t \cdot d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,58 \cdot 2,5 \cdot 9 \cdot 24 \cdot 510}{1,25} = 127,8 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = n \cdot F_{b,Rd1} = 6 \cdot 127,8 = 766,7 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$V_{Rd} = \min\{F_{v,Rd}; F_{b,Rd}\} = \min\{423,6; 766,7\} = 564,8 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{66,4}{423,6} = \mathbf{0,2 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}}$$

- Kombinace stříhu a tahu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} = \frac{66,4}{6 \cdot 70,6} + \frac{97,6}{1,4 \cdot 127,1} = \mathbf{0,7 \dots \text{Vyhovuje}}$$

e) **Posouzení svarů**

- Napětí ve stojně

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{wfb} + A_{wfp}} = \frac{66,4}{2 \cdot 178 \cdot 5 + 2 \cdot 145 \cdot 5} = 20,6 \text{ MPa}$$

$$I_{wy} = 172,4 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\tau_{\perp 2} = \sigma_{\perp 2} = \frac{\sigma_{w2}}{\sqrt{2}} = \frac{M_{Ed} \cdot z_2}{I_{wy} \cdot \sqrt{2}} = \frac{96,1 \cdot 10^6 \cdot 195}{172,4 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2}} = 76,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp 2}^2 + 3(\tau_{\perp 2}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{76,9^2 + 3(76,9^2 + 20,6^2)} = \mathbf{157,9 \text{ MPa}} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = \mathbf{453,3 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}}$$

$$\tau_{\perp 2} = \mathbf{76,9 \text{ MPa}} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \mathbf{408 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}}$$

Svary na stojně vyhovují

- Svary na pásnicích

$$\tau_{L2} = \sigma_{L2} = \frac{\sigma_{w2}}{\sqrt{2}} = \frac{M_{Ed} \cdot z_1}{I_{wy} \cdot \sqrt{2}} = \frac{96,1 \cdot 10^6 \cdot 210}{172,4 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{2}} = 82,8 \text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{L2}^2 + 3(\tau_{L2}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{82,8^2 + 3 \cdot 82,8^2} = 165,6 \text{MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

Svary na pásnici vyhovují

2.3 Připojení stropnice na průvlak

Přípoj stropnice je proveden pomocí čelní desky přivařené ke stojině stropnice spojené šrouby ke stojině průvlatku. Šrouby kategorie A namáhané na střih a otláčení.

$$V_{Ed} = 50,9 \text{kN}$$

Návrh šroubů:

$$M20/5.6$$

$$d = 20 \text{mm}$$

$$d_0 = 22 \text{mm}$$

$$f_{yb} = 300 \text{MPa}$$

$$f_{ub} = 500 \text{MPa}$$

$$A = 314 \text{mm}^2$$

$$A_s = 245 \text{mm}^2$$

Svěrná délka 14mm

Geometrie styčnicku:

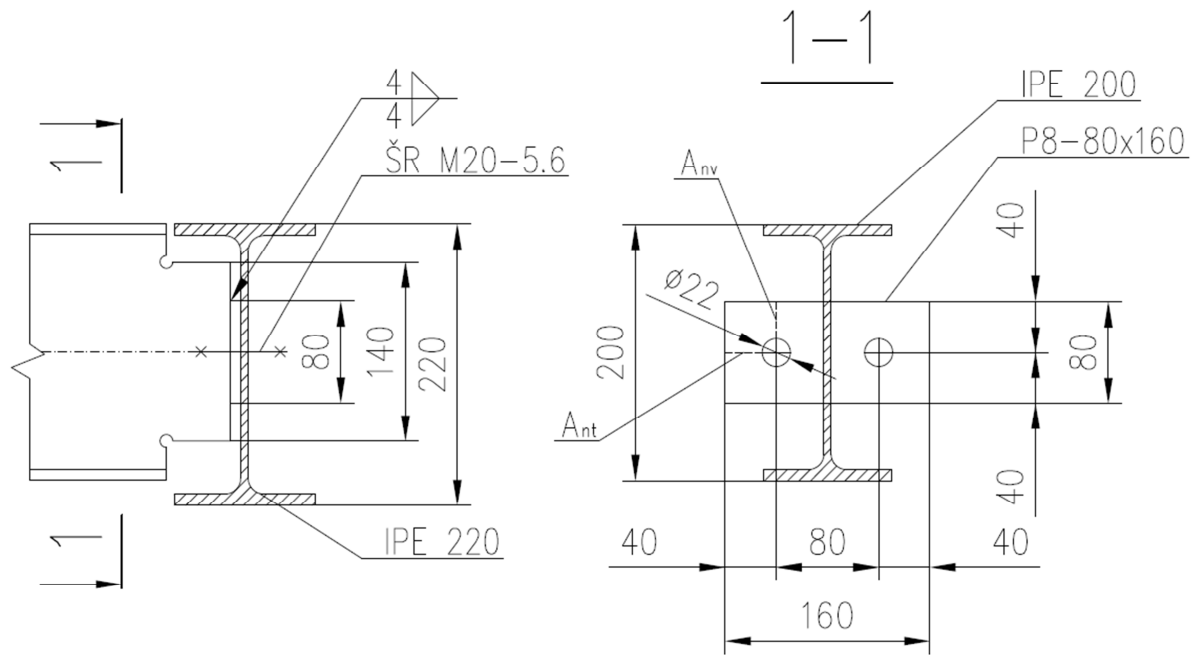
$$n = 2$$

$$e_1 = 40 \text{mm} \geq e_{1min} = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{mm}$$

$$e_2 = 40 \text{mm} \geq e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{mm}$$

$$p_1 = 60 \text{mm} \geq p_{1min} = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{mm}$$

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



a) Únosnost svaru čelní desky

$$a = 4\text{mm}$$

$$l = 80\text{mm}$$

$$\beta_w = 0,9$$

$$F_{w,Rd} = 2 \frac{a \cdot l \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 2 \frac{4 \cdot 80 \cdot 510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 167,5\text{kN}$$

b) Únosnost šroubů namáhaných na střih

$$\alpha_v = 0,5$$

$$F_{v,Rd1} = \frac{\alpha_v A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 245 \cdot 500}{1,25} = 49,0\text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd1} = 2 \cdot 49,0 = 98,0\text{kN}$$

c) Únosnost v otlacení čelní desky

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d_0} \right\} = \min \left\{ \frac{500}{510}; 1,0; \frac{30}{3 \cdot 22} \right\} = \min \{0,98; 1,0; 0,61\} = 0,61$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{30}{22} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,4; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd1} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot t \cdot d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,61 \cdot 2,5 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 510}{1,25} = 99,6\text{kN}$$

$$F_{b,Rd} = n \cdot F_{b,Rd1} = 2 \cdot 99,6 = 199,2\text{kN}$$

d) Únosnost v otláčení stojiny příčle

$$\alpha_b = \min\left\{\frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d_0}\right\} = \min\left\{\frac{500}{510}; 1,0; \frac{30}{3 \cdot 22}\right\} = \min\{0,98; 1,0; 0,61\} = 0,61$$

$$k_1 = \min\left\{2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right\} = \min\left\{2,8 \frac{30}{22} - 1,7; 2,5\right\} = \min\{3,4; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd1} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot t_w \cdot d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,61 \cdot 2,5 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 510}{1,25} = 74,7 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = n \cdot F_{b,Rd1} = 2 \cdot 74,7 = 149,3 \text{ kN}$$

e) Únosnost oslabené stojiny stropnice

$$A_v = t_w \cdot l = 6 \cdot 80 = 480 \text{ mm}^2 \text{ (uvažuji smykovou plochu těsně vedle svaru)}$$

$$V_{pL,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{480 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 98,4 \text{ kN}$$

f) Únosnost čelní desky při vytržení skupiny šroubů

$$A_{nt} = t_p \cdot (e_1 - d_0/2) = 8 \cdot (30 - 22/2) = 232 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = t_p \cdot (e_2 - d_0/2) = 8 \cdot (30 - 22/2) = 232 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff2,Rd} = \frac{0,5 A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{0,5 \cdot 232 \cdot 510}{1,25} + \frac{232 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 94,9 \text{ kN}$$

g) Posouzení

Celková únosnost spoje:

$$V_{Rd} = \min\{F_{w,Rd}; F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{pL,Rd}; V_{eff2,Rd}\} = \min\{167,5; 98,0; 149,3; 98,4; 94,9\} = 94,9 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{50,9}{94,9} = 0,5 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

2.4 Připojení podélného ztužidla na sloup

Přípoj ztužidla je proveden jako šroubovaný pomocí styčnickového plechu připojeného svary ke sloupu a styčnickového plechu připojeného svary k diagonále ztužidla. Dále jsou diagonály připojeny šroubově pomocí styčnickového plechu k horizontále. Horizontály jsou šroubově připojené pomocí styčnickového plechu ke sloupu. Spoje jsou rozděleny do tří detailů dle obrázků níže. Šrouby kategorie A namáhané na sřih a otláčení.

$$V_{Ed} = 50,1 \text{ kN}$$

Návrh šroubů:

M16/5.6

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

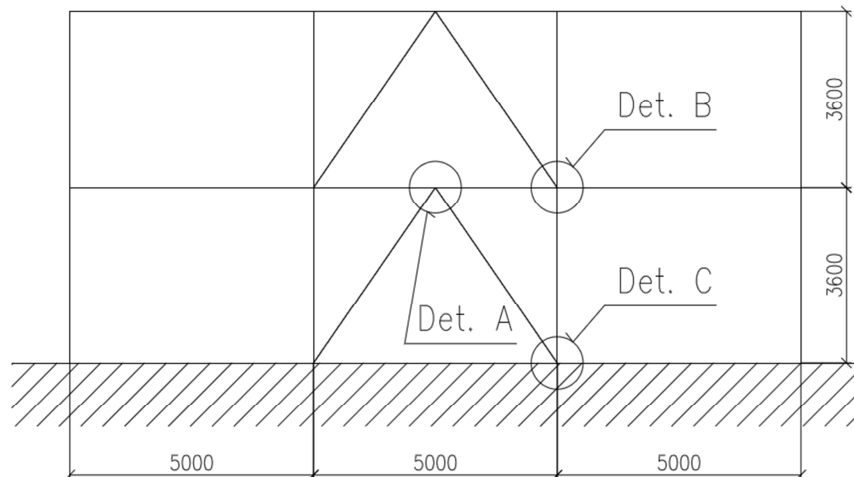
$$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 500\text{MPa}$$

$$A = 201\text{mm}^2$$

$$A_s = 157\text{mm}^2$$

Svěrná délka 20mm



2.4.1 Detail A

Geometrie styčnicku:

$$n = 2$$

$$e_1 = 35\text{mm} \geq e_{1min} = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6\text{mm}$$

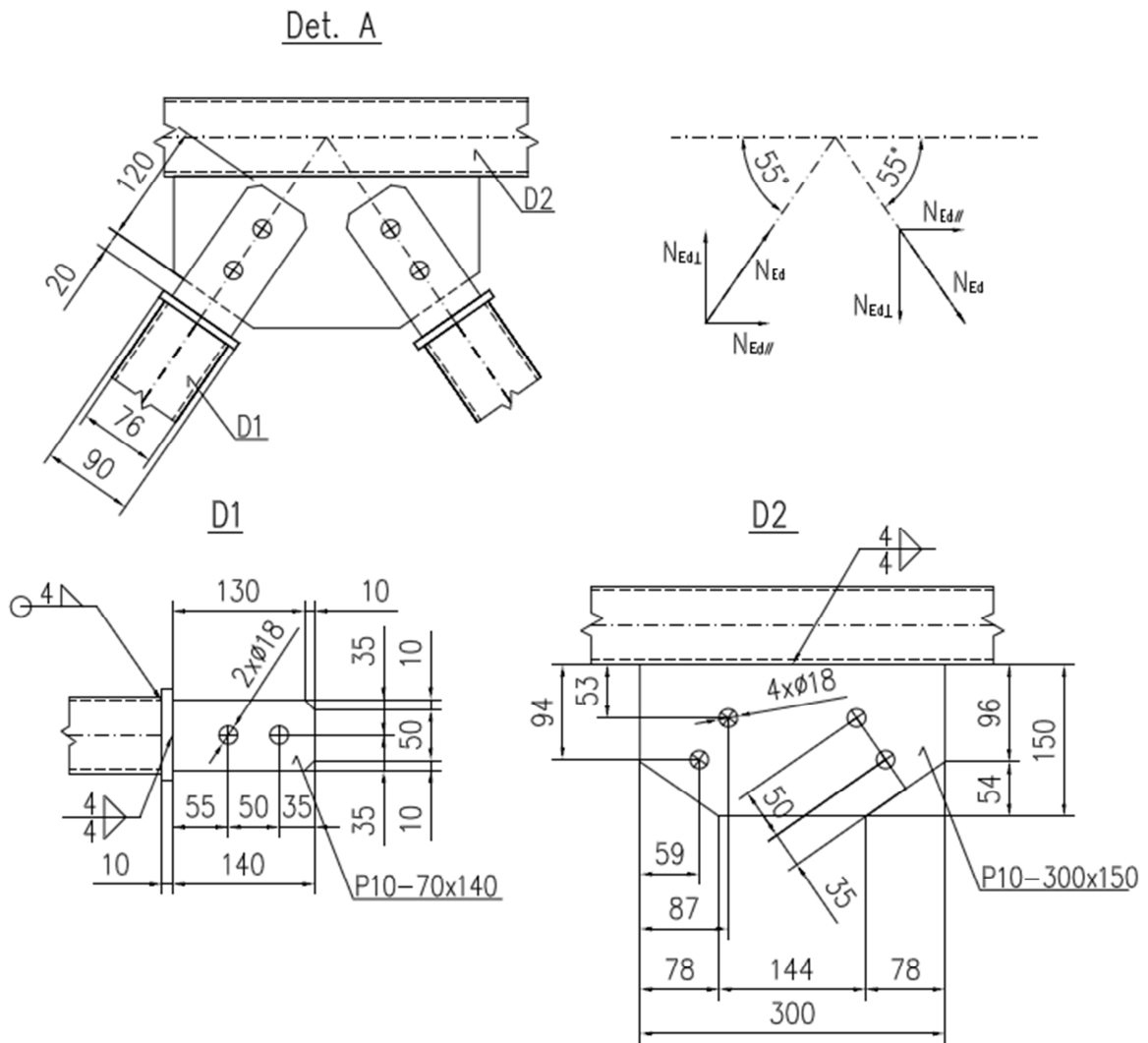
$$e_2 = 35\text{mm} \geq e_{2min} = 1,5d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27\text{mm}$$

$$p_1 = 50\text{mm} \geq p_{1min} = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6\text{mm}$$

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

$$a = 4\text{mm}$$

$$N_{Ed} = 45\text{kN}$$



a) Únosnost svaru čelní desky a styčnickového plechu diagonály

$L_1 = 70\text{mm}$... Délka svaru styčnickového plechu

$L_2 = \pi \cdot d_{trubka} = 3,14 \cdot 90 = 282,7\text{mm}$... Délka svaru čelní desky trubky

$\beta_w = 0,9$

$$F_{w,Rd1} = 2 \frac{a \cdot L_1 \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 2 \frac{4 \cdot 70 \cdot 510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 146,6\text{kN}$$

$$F_{w,Rd2} = \frac{a \cdot L_2 \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{4 \cdot 282,7 \cdot 510}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 296,0\text{kN}$$

$$F_{w,Rd} = \min\{F_{w,Rd1}; F_{w,Rd2}\} = \min\{146,6; 296,0\} = 146,6\text{kN}$$

b) Únosnost šroubů namáhaných na stříh

$\alpha_v = 0,5$

$$F_{v,Rd1} = \frac{\alpha_v A_s f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 157 \cdot 500}{1,25} = 31,4\text{kN}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot F_{v,Rd1} = 2 \cdot 31,4 = 62,8 \text{ kN}$$

c) Únosnost v otláčení

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3d_0} \right\} = \min \left\{ \frac{500}{510}; 1,0; \frac{35}{3 \cdot 18} \right\} = \min \{0,98; 1,0; 0,65\} = 0,65$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 \frac{35}{18} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{3,7; 2,5\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd1} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot t \cdot d \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,65 \cdot 2,5 \cdot 10 \cdot 16 \cdot 510}{1,25} = 106,1 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = n \cdot F_{b,Rd1} = 2 \cdot 106,1 = 212,2 \text{ kN}$$

d) Posouzení svaru styčnickového plechu

$$l_w = 300 \text{ mm}$$

$$N_{Ed\perp} = N_{Ed} \sin 55^\circ = 45 \cdot \sin 55^\circ = 36,7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed\parallel} = N_{Ed} \cos 55^\circ = 45 \cdot \cos 55^\circ = 25,8 \text{ kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{Ed\perp}}{2al_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{36,7}{2 \cdot 4 \cdot 300 \cdot \sqrt{2}} = 10,8 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed\parallel}}{2al_w} = \frac{25,8}{2 \cdot 4 \cdot 300} = 10,7 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3(10,8^2 + 10,7^2)} = 26,3 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

e) Únosnost styčnickového plechu diagonály na vytržení skupiny šroubů

$$A_{nt} = t_p \cdot (e_1 - d_0/2) = 10 \cdot (35 - 18/2) = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = t_p \cdot (e_2 + p_2 - d_0 - d_0/2) = 10 \cdot (35 + 50 - 22 - 22/2) = 520 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff1,Rd} = \frac{A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{260 \cdot 510}{1,25} + \frac{520 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 212,7 \text{ kN}$$

f) Posouzení

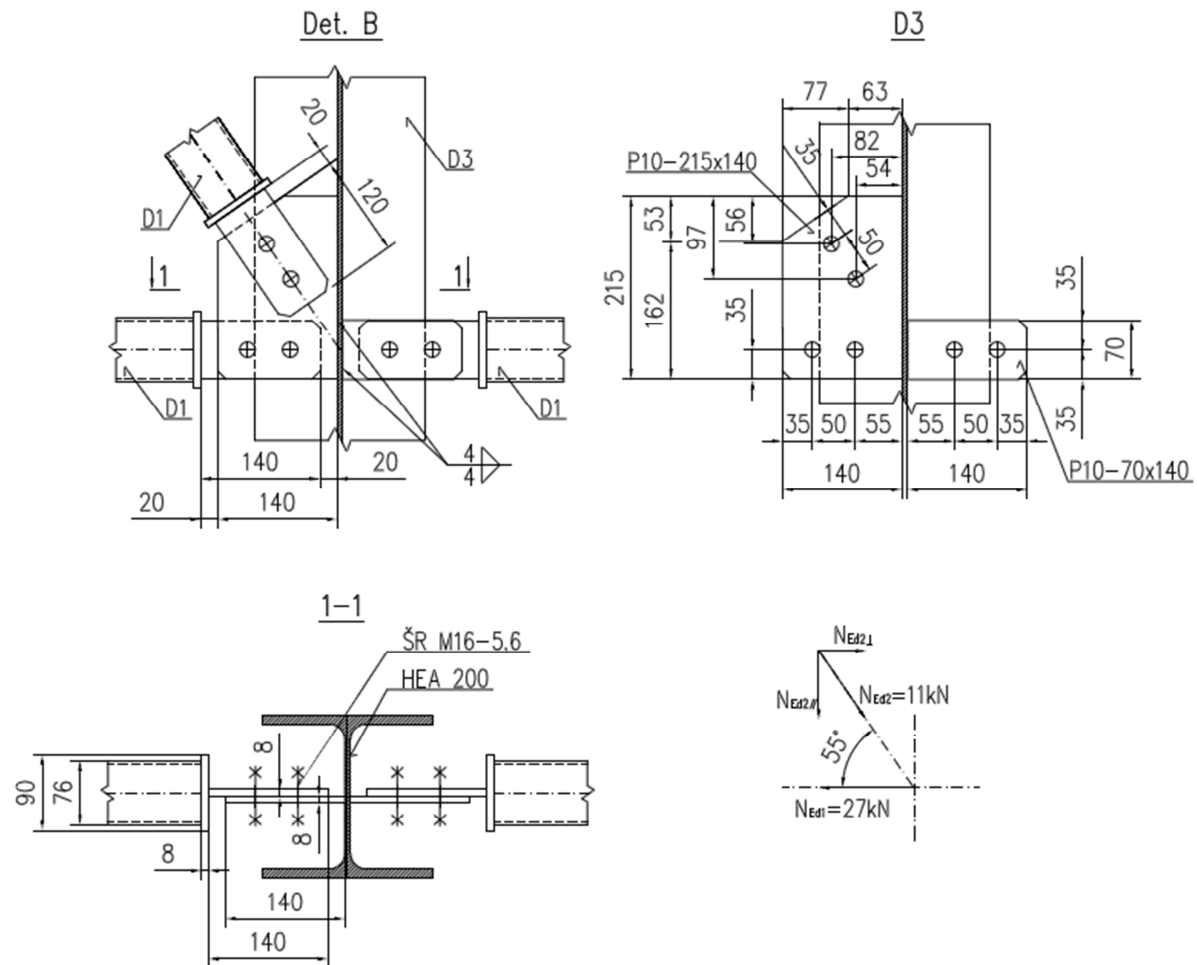
Celková únosnost spoje:

$$N_{Rd} = \min \{F_{w,Rd}; F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{eff1,Rd}\} = \min \{146,6; 62,8; 212,2; 212,7\} = 62,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{45}{62,8} = 0,7 \leq 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

2.4.2 Detail B

Připojované diagonály mají stejnou geometrii uspořádání šroubů i styčnickového plechu. Spoj se liší pouze ve tvaru styčnickového plechu na sloupu. Posudek bude proveden pouze na únosnost svaru styčnickového plechu na sloupu.



Posouzení svaru styčnickového plechu

$$l_w = 215 \text{ mm}$$

$$N_{Ed2L} = N_{Ed2} \cos 55^\circ = 11 \cdot \cos 55^\circ = 9,0 \text{ kN}$$

Tuto sílu neuvažuji – snižuje napětí od síly N_{Ed1}

$$N_{Ed2\parallel} = N_{Ed2} \sin 55^\circ = 11 \cdot \sin 55^\circ = 6,3 \text{ kN}$$

$$\tau_L = \frac{N_{Ed1}}{2al_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{27}{2 \cdot 4 \cdot 215 \cdot \sqrt{2}} = 11,1 \text{ MPa}$$

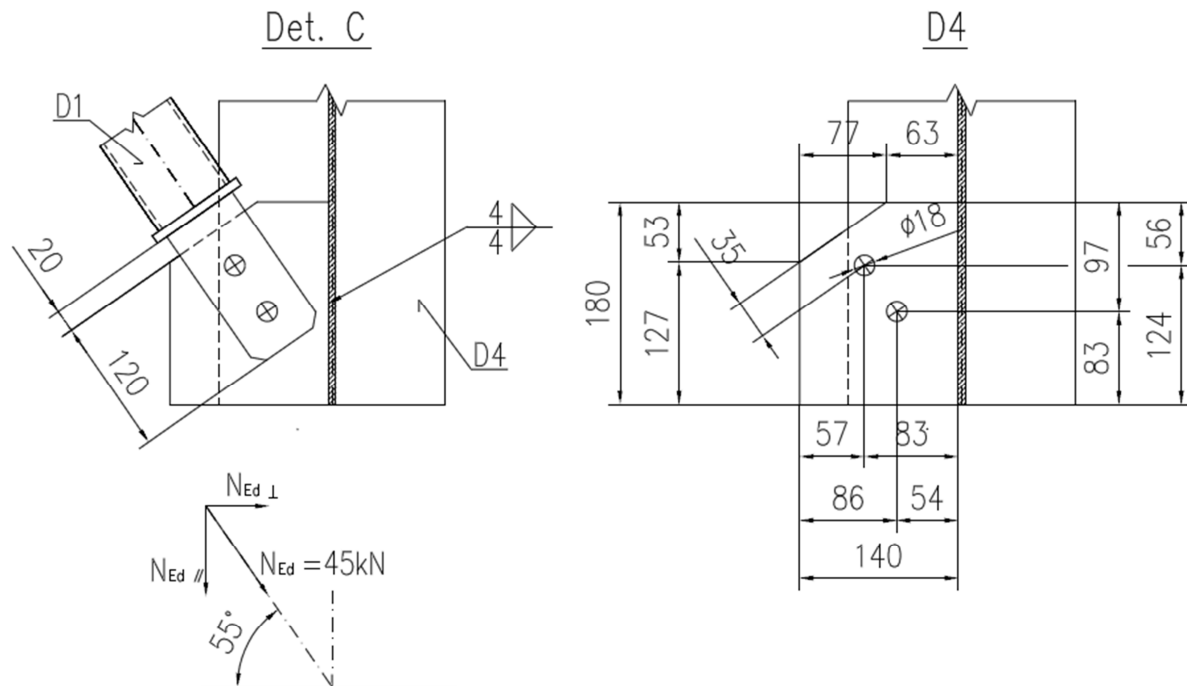
$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed2\parallel}}{2al_w} = \frac{6,3}{2 \cdot 4 \cdot 215} = 3,7 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3(\tau_L^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3(11,1^2 + 3,7^2)} = 20,3 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

2.4.3 Detail C

Připojované diagonály mají stejnou geometrii uspořádání šroubů i styčnickového plechu. Spoj se liší pouze ve tvaru styčnickového plechu na sloupu. Posudek bude proveden pouze na únosnost svaru styčnickového plechu na sloupu.



Posouzení svaru styčnickového plechu

$$l_w = 180\text{mm}$$

$$N_{Ed\perp} = N_{Ed} \cos 55^\circ = 45 \cdot \cos 55^\circ = 25,8\text{kN}$$

$$N_{Ed\parallel} = N_{Ed} \sin 55^\circ = 45 \cdot \sin 55^\circ = 36,9\text{kN}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{Ed\perp}}{2al_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{25,8}{2 \cdot 4 \cdot 180 \cdot \sqrt{2}} = 12,6\text{MPa}$$

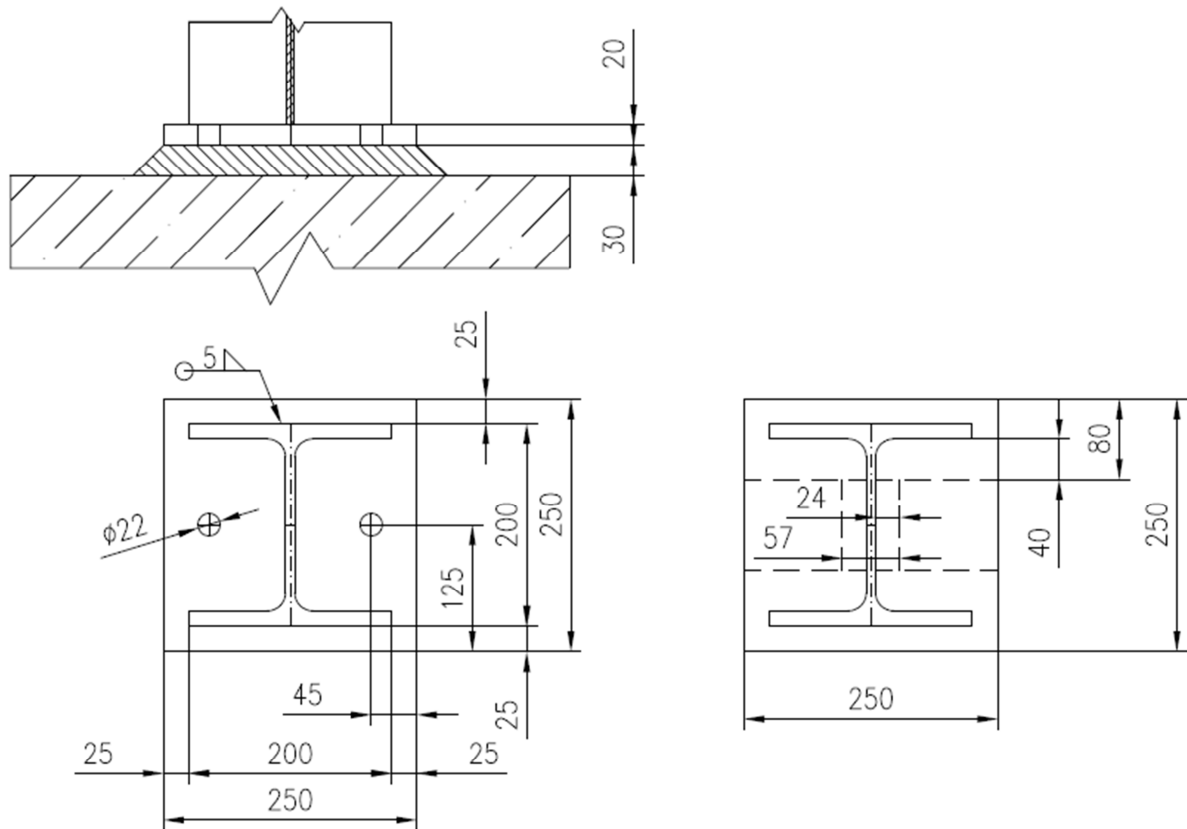
$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed\parallel}}{2al_w} = \frac{36,9}{2 \cdot 4 \cdot 180} = 25,6\text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{3(12,6^2 + 25,6^2)} = 49,4\text{MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} = 453,3\text{MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

2.5 Kloubová patka

Sloup HEB200 spojen koutovým svarem na patní desku P20 (vše z materiálu S355). Uložení na základ z betonu C25/30, podlití 30mm.



Obr. X Geometrie patní desky a rozměry náhradního T-profilu.

Rozměry patní desky:

$$h_p = 250\text{mm}$$

$$b_p = 250\text{mm}$$

$$t_p = 20\text{mm}$$

HEB 200:

$$h_c = 200\text{mm}$$

$$b_c = 200\text{mm}$$

$$t_{wc} = 9,0\text{mm}$$

$$t_{fc} = 15,0\text{mm}$$

Minimální rozměry a materiálové charakteristiky základu:

$$b_f = 1,5 \cdot b_p = 1,5 \cdot 250 = 375\text{mm} \approx 400\text{mm}$$

$$h_f = 1,5 \cdot h_p = 1,5 \cdot 250 = 375\text{mm} \approx 400\text{mm}$$

$$d_f = \max\left(\frac{b_f h_f}{b_f + h_f}; \frac{3b_p h_p}{2b_p + 2h_p}\right) = \max\left(\frac{400 \cdot 400}{400 + 400}; \frac{3 \cdot 250 \cdot 250}{2 \cdot 250 + 2 \cdot 250}\right) = \max(200; 187,5) \\ = 200\text{mm}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \frac{25}{1,5} = 16,7\text{MPa}$$

$$\alpha = 1,5$$

$$\beta_j = \frac{2}{3}$$

$$f_{jd} = \beta_j \alpha f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 1,5 \cdot 16,7 = 16,7 \text{ MPa}$$

Přídavná šířka c :

$$c_1 = t_{wc} \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}\gamma_{M0}}} = 9,0 \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 16,7 \cdot 1,0}} = 24,0 \text{ mm ... pro stojinu sloupu}$$

$$c_2 = t_{fc} \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}\gamma_{M0}}} = 15,0 \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 16,7 \cdot 1,0}} = 40,0 \text{ mm ... pro pásnici sloupu}$$

Síly ve spoji:

	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]
Max. tlak. reakce	-448,2	12,1
Max. tah. reakce	Nenastane	Neuvažují
Max. vodorov. reakce	-196,2	17,5

a) Posouzení v úrovni patní desky a základu:

Únosnost patní desky v tlaku:

$$\begin{aligned} N_{j,Rd} &= 2F_{fc,Rd} + F_{wc,Rd} = 2[b_p \cdot (c_2 + t_{fc} + 25)] \cdot f_{jd} + [h_c - (c_2 + 2t_{fc})] \cdot (2c_1 + t_{wc}) \cdot f_{jd} \\ &= 2[250 \cdot (40 + 15 + 25)] \cdot 16,7 + [200 - (40 + 2 \cdot 15)] \cdot (2 \cdot 24 + 9) \cdot 16,7 \\ &= 791,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_{j,Rd} = 791,7 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 448,2 \text{ kN} \text{ ... Vyhovuje}$$

Únosnost ve smyku:

$$C_{f,d} = 0,2$$

$$F_{v,Rd} = F_{f,Rd} = C_{f,d} N_{c,Ed} = 0,2 \cdot 196,2 = 39,2 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 39,2 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 17,5 \text{ kN} \text{ ... Vyhovuje}$$

Únosnost kotevních šroubů ve smyku

Navrženy kotevní šrouby:

Fisher FHB II A L M20x170 gzv

Garantované smykové zatížení: $V_{Rd} = 50,2 \text{ kN}$

$$\text{Zatížení jednoho šroubu: } V_{Ed1} = \frac{V_{Ed}}{n} = \frac{17,5}{2} = 8,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 50,2 \text{ kN} \geq V_{Ed1} = 8,8 \text{ kN} \text{ ... Vyhovuje}$$

Smyková únosnost je zajištěna zejména unositostí třením mezi patkou a betonovým základem. Kotevní šroub je tedy konstrukční.

b) Posouzení svaru k patní desce:

Sloup je k patce připojen koutovým svarem dookola s minimální účinnou výškou $a_{w,min} = 5\text{mm}$.

Uvažuji pouze svar na stojině sloupu jako vzdorující smykové síle. Svary pásnic sloupu do výpočtu neuvažuji.

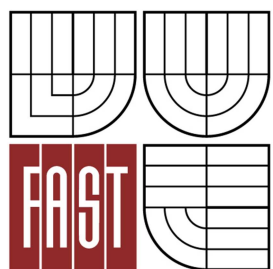
$$A_w = 2 \cdot a \cdot d_{fc} = 2 \cdot 5 \cdot 134 = 1340\text{mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{17,5}{1340 \cdot 10^{-3}} = 12,8\text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{3 \cdot 12,8^2} = 22,2\text{MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{510}{0,8 \cdot 1,25} = 510\text{MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÁCLAV ŠKATULA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

Obsah

1	Základní všeobecné údaje	2
1.1	Účel stavby	2
1.2	Dispozice.....	2
1.2.1	Lod' sportovní haly.....	2
1.2.2	Budova zázemí.....	2
1.3	Popis konstrukce objektu lodě haly.....	2
1.3.1	Volba statického systému lodě sportovní haly.....	2
1.3.2	Zabezpečení stability objektu.....	3
1.3.3	Dilatace objektu.....	3
1.3.4	Kotvení a základy.....	3
1.3.5	Ostatní pomocné konstrukce	4
1.3.6	Prosvětlení objektu.....	4
1.4	Popis konstrukce objektu budovy zázemí	4
1.4.1	Zabezpečení stability objektu.....	4
1.4.2	Dilatace objektu.....	4
1.4.3	Kotvení a základy.....	4
1.4.4	Ostatní pomocné konstrukce	5
1.4.5	Prosvětlení objektu.....	5
2	Zatěžovací údaje	5
2.1	Zatížení lodě haly.....	5
2.1.1	Zatížení stálé.....	5
2.1.2	Zatížení proměnná.....	6
2.2	Zatížení budovy zázemí	6
2.2.1	Zatížení stálé.....	6
2.2.2	Zatížení proměnná.....	7
3	Střešní a obvodový plášť	7
3.1	Střešní a obvodový plášť lodě haly.....	7
3.2	Střešní a obvodový plášť budovy zázemí	7
3.3	Stropní panely budovy zázemí	8
4	Povrchová úprava ocelové konstrukce.....	8
4.1	Příprava povrchu	8

4.2	Nátěrový systém.....	8
5	Montáž ocelové konstrukce	9
6	Údržba ocelových konstrukcí	9
7	Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě	9
8	Výpočet.....	10

1 Základní všeobecné údaje

1.1 Účel stavby

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce multifunkční sportovní haly určené zejména pro sportovní účely. Součástí projektu je budova zázemí s restaurací, sociálním zařízením, skladovacími prostory a prostory pro technické zařízení budovy.

1.2 Dispozice

1.2.1 Lod' sportovní haly

Délka: 45m

Šířka: 35m

Výška ve hřebeni: 14,74m

1.2.2 Budova zázemí

Délka: 15m

Šířka: 28m

Výška: 7,2m

Konstrukční výška pater: 3,6m

1.3 Popis konstrukce objektu lodě haly

1.3.1 Volba statického systému lodě sportovní haly

Nosná ocelová konstrukce lodě haly je řešena systémem obloukových příhradových vazníků umístěných na vetknutých sloupech. Tento systém tvoří příčnou vazbu orientovanou ve směru systémového značení A-B, která se opakuje po 5m. V podélném směru je konstrukce zajištěna příhradovým ztužidlem mezi vazbami 1-2 a 9-10, které prochází od podpor do střešní části. Systém značení vazeb 1-10 je orientován po délce lodě haly. Na šířku – rozpětí haly je značení A-B.

a) Vazník

Vazník je navržen jako obloukový s rozpětím 35m. Poloměr vnitřní kružnice vazníku je 39m, poloměr vnější kružnice vazníku je 41m, vzezpečít oblouku měřené od paty oblouku po vrchol vnitřního oblouku je 4,15m. Horní pás vazníku je tvořen válcovaným profilem JÄKL HR 160x160x10mm. Dolní pás vazníku je tvořen válcovaným profilem JÄKL HR 120x120x8mm. Výplňové pruty příhradoviny jsou tvořeny diagonálami s podružnými svislicemi. Diagonály vazníku jsou tvořeny válcovanou trubkou

TR 88,9x6,3mm a to první až pátá. Ostatní diagonály vazníku jsou tvořeny válcovanou trubkou TR 60,3x4mm. Svislice vazníku jsou tvořeny válcovanou trubkou TR 44,5x4mm. Celý vazník je navržen z oceli S355.

b) Sloup

Sloup výšky 9,0m je tvořen válcovaným profilem HEB 360 z oceli S355 orientovaným osou větší ohybové tuhosti y-y kolmo na směr příčné vazby tj. kolmo na směr A-B systémového označení. Ve směru A-B je sloup uvažován jako vetknutý, kolmo na tento směr je sloup uvažován jako kloubově uložený.

c) Příčné stěnové ztužidlo

Příčné stěnové ztužidlo je navrženo jako příhradové a je situováno mezi vazbami 1-2 a 9-10. Pásky příhradoviny tvoří sloupy. Diagonály jsou tvořeny táhly z plného kruhového profilu průměru 27mm z oceli S460. Svislice jsou tvořeny z válcovaných trubek TR 108x5mm z oceli S355.

d) Příčné střešní ztužidlo

Příčné střešní ztužidlo je navrženo jako příhradové a je situováno mezi vazbami 1-2 a 9-10. Pásky příhradoviny tvoří horní pásky vazníku. Diagonály jsou tvořeny táhly z plného kruhového profilu průměru 27mm z oceli S460. Svislice jsou tvořeny z válcovaných trubek TR 60,3x4mm z oceli S355. Příčné střešní ztužidlo navazuje na příčné stěnové ztužidlo.

e) Podélné střešní ztužidlo

Podélné střešní ztužidlo je navrženo jako příhradové a je provedeno po celé délce střechy. Horní pás je tvořen z válcované trubky TR 88,9x6,3mm z oceli S355. Dolní pás a diagonály jsou tvořeny z válcovaných trubek TR 60,3x4mm z oceli S355. Svislice podélného střešního ztužidla jsou zároveň i svislice vazníku. Podélné střešní ztužidlo navazuje na příčné střešní ztužidlo. Umístění podélného ztužidla vzhledem k vazníku je, že probíhá ve vrcholu vazníku, dále pak ve třetí vertikále počítané od vrcholu vazníku a v sedmé diagonále počítané od vrcholu vazníku. Podélné ztužidlo je vzhledem k vazníku symetrické.

1.3.2 Zabezpečení stability objektu

V podélném směru je objekt zabezpečen pomocí stěnového příčného ztužidla, které navazuje na příčné střešní ztužidlo. Tyto jsou umístěné mezi vazbami 1-2 a 9-10.

V příčném směru je stabilita zajištěna tuhostí příčné vazby.

Stabilita horních a dolních pásů vazníku je zajištěna pomocí podélného střešního ztužidla.

1.3.3 Dilatace objektu

Objekt lodě haly tvoří jeden dilatační celek.

1.3.4 Kotvení a základy

Kotvení bude provedeno pomocí ocelových kotev M36 z oceli S235 osazených do betonové patky z materiálu C25/30 o minimálních rozměrech: 1400x2500mm půdorysně, kdy větší rozměr je orientován ve směru příčné vazby A-B. Minimální výška patky je 500mm. Patky jsou rozmístěny v systémových vzdálenostech po 5m ve směru vazeb 1-10 a ve směru A-B po 35m. Kotevní šrouby jsou rozmístěny centricky vzhledem k betonové patce v půdorysném rozměru 600x1000mm, kde větší rozměr je orientován ve směru vazeb A-B. Minimální délka kotevních šroubů nad patkou bez podlití je 500. Nadbytečná přečnívající část bude po montáži upálena. Na jednu patku připadají 4 kotvy.

Rozměry patky může upravit geotechnik.

1.3.5 Ostatní pomocné konstrukce

Nejsou součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.3.6 Prosvětlení objektu

Není součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.4 Popis konstrukce objektu budovy zázemí

Nosná ocelová konstrukce budovy zázemí je řešena systémem rovinných ráků. Tento systém tvoří příčnou vazbu, která se opakuje po 5m ve směru systémových os 10-13. Rám je tvořen kyvnými sloupy, do kterých jsou vetknuty průvlaky. V podélném směru je konstrukce zajištěna příhradovým ztužidlem mezi vazbami 11-12. Nosný systém stropu patra budovy zázemí tvoří předpjaté betonové panely, které zároveň zajišťují stabilitu ve vodorovné rovině objektu. Celá konstrukce je z oceli S355. Systém označení příčných vazeb 10-13 je po délce budovy a napojuje se na systém lodě haly ve stejném modulu. Systém označení příčné rozteče sloupů je C-D po 7m a je orientován rovnoběžně se systémem A-B lodě haly. Orientace budovy zázemí vzhledem lodě haly je, že systémová osa 10 je společná pro příčné vazby lodě haly i budovy zázemí. Dále pak systémová osa E budovy zázemí splývá s osou symetrie lodě haly.

a) Rovinný rám

Rovinný rám je tvořen pěti sloupy výšky 7,2m ve vzdálenosti 7,0m z válcovaného profilu HEB 200. Orientace profilu HEB 200 je svou osou větší ohybové tuhosti y-y ve směru vazeb 10-13. Do kterého jsou vetknuty stropní průvlaky ve výšce 3,6m tvořeny válcovanými profily IPE 330. Spoj průvlaku se sloupem je proveden šroubově. Ve výšce 7,2 m jsou do sloupů vetknuty střešní průvlaky z válcovaného profilu IPE 220. Spoj průvlaku a sloupu je proveden šroubově.

Mezi vazbami 10-11 jsou kolmo na rovinný rám ve výšce 7,2m kloubově připojeny střešní stropnice z válcovaného profilu IPE 200 osově vzdáleny 3,5 (vždy jedna stropnice na sloup a druhá na příčel).

b) Příčné stěnové ztužidlo

Příčné stěnové ztužidlo je navrženo jako příhradové a je situováno mezi vazbami 11-12. Pásky příhradoviny tvoří sloupy. Diagonály jsou tvořeny válcovanými trubkami TR76x4mm. Horizontály jsou tvořeny válcovanými trubkami TR76x4mm.

1.4.1 Zabezpečení stability objektu

V podélném směru je objekt zabezpečen pomocí stěnového příčného ztužidla, které je umístěno mezi vazbami 11-12 a opakují se ve všech třídách sloupů C-G. V příčném směru je stabilita zajištěna tuhostí příčné vazby.

1.4.2 Dilatace objektu

Objekt lodě haly tvoří jeden dilatační celek.

1.4.3 Kotvení a základy

Kotvení bude provedeno pomocí chemických kotev Fisher FHB II A L M20x210 gzv osazených do betonového základu z materiálu C25/30. Minimální rozměry betonové patky jsou půdorysně 400x400mm, výška patky je minimálně 200mm. Patka je centricky osazena po 5,0m ve směru systémových os 10-13 a po 7,0m ve směru systémových os C-G. Osazení kotev je centricky s roztečí

160mm. Rozměr je situován rovnoběžně se systémovými osami C-G. Na jednu patku připadají dvě chemické kotvy. Kotvy je možno montovat po 28 dnech po dokončení betonážních prací.

Rozměry patky může změnit geotechnik.

1.4.4 Ostatní pomocné konstrukce

Nejsou součástí dodávky ocelové konstrukce.

1.4.5 Prosvětlení objektu

Není součástí dodávky ocelové konstrukce.

2 Zatěžovací údaje

Ocelová konstrukce je navržena na základě statického výpočtu, který uvažuje hodnoty zatížení dle:

ČSN EN 1990

ČSN EN 1991-1-1

ČSN EN 1991-1-3

ČSN EN 1991-1-4

Výpočet a dimenzování je provedeno v souladu s:

ČSN EN 1993-1-1

ČSN EN 1993-1-8

2.1 Zatížení lodě haly

2.1.1 Zatížení stálé

a) Zatížení střechy haly

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Vlastní tíha OK	Generována		
Střešní panel Kingspan KS1000 XD	0,21	1,35	0,28
Polymerová PVC fólie	0,02	1,35	0,03
Suma	0,23		0,31

b) Zatížení stěn haly

Název	g_k [kNm ⁻²]	γ_f	g_d [kNm ⁻²]
Vlastní tíha OK	Generována		

Stěnový panel KS 1000 APW 120	0,14	1,35	0,19
-------------------------------	------	------	------

2.1.2 Zatížení proměnná

Typ zatížení	Klimatická oblast		Základní normové zatížení q_k [kNm^{-2}]	γ_Q	q_d [kNm^{-2}]
Sníh	II	Stav i	0,8	1,5	1,20
		Stav ii	1,3		1,95
		Stav iii	1,45		2,18
Vítr	II	Sání	-0,73		-1,10
		Tlak	0,41		0,62
Nahodilé	-	Soustředěné	1,0kN		1,5kN
		Rovnoměrné	0,75	1,13	

2.2 Zatížení budovy zázemí

2.2.1 Zatížení stálé

a) Zatížení střechy

Název	g_k [kNm^{-2}]	γ_f	g_d [kNm^{-2}]
Vlastní tíha OK	Generována		
Střešní panel Kingspan KS1000 XD	0,25	1,35	0,34
Polymerová PVC fólie	0,02	1,35	0,03
Suma	0,27		0,37

b) Zatížení patra budovy zázemí

Název	g_k [kNm^{-2}]	γ_f	g_d [kNm^{-2}]
Vlastní tíha OK	Generována		
Předpjatý dutinový panel tl. 165 mm	2,8	1,35	3,78
Úpravy povrchu	0,5	1,35	0,68
Podhled	0,3	1,35	0,41

Suma	3,6		4,86
------	-----	--	------

2.2.2 Zatížení proměnná

Typ zatížení	Klimatická oblast		Základní normové zatížení q_k [kNm ⁻²]	γ_Q	q_d [kNm ⁻²]
Sníh	II	Stav i	0,8	1,5	1,20
		Stav ii	4,0		6,00
Vítr	II	Sání	-0,83		-1,25
		Tlak	0,34		0,51
Nahodilé	-	Soustředěné	1kN		1,5kN
		Rovnoměrné	0,75		1,13
Užitné	Zatěžovací kategorie C1		3,0	4,50	

3 Střešní a obvodový plášť

3.1 Střešní a obvodový plášť lodě haly

a) Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 XD tl. 80mm, který je navržen jako spojitý nosník o dvou polích. Panely budou kladeny kolmo na vazníky na jejich horní pásy. Upevnění panelu specifikuje výrobce panelu.

Hydroizolace bude provedena polymerovou fólií, kterou rovněž specifikuje výrobce panelů.

b) Obvodový plášť

Obvodový plášť je tvořen nosným stěnovým panelem Kingspan KS 1000 APW 120. Upevnění panelu specifikuje výrobce panelu.

Opláštění budovy je možné provést panely jiného výrobce za předpokladu, že budou splněny statické a estetické požadavky projektu.

3.2 Střešní a obvodový plášť budovy zázemí

a) Střešní plášť

Střešní plášť je tvořen nosným panelem Kingspan KS1000 XD tl. 100mm vnější plech tl. 0,7mm vnitřní plech tl. 1,1mm. Mezi vazbami 10 a 11 jsou podpory vzdáleny $l = 3,5$ m a panel je navržen jako prostý nosník. Mezi vazbami 11 až 13 jsou podpory vzdáleny $l = 5,0$ m a panel je navržen jako spojitý nosník o dvou polích. Panely budou kladeny kolmo na průvlaky, resp. stropnice na jejich horní pásnice. Upevnění panelu specifikuje výrobce panelu. Panely budou zajišťovat stabilitu nosníku v klopení.

Hydroizolace bude provedena polymerovou fólií, kterou rovněž specifikuje výrobce panelů.

b) Obvodový plášť

Obvodový plášť je tvořen nosným stěnovým panelem Kingspan KS1150 TF 200. Upevnění panelu specifikuje výrobce panelu.

Opláštění budovy je možné provést panely jiného výrobce za předpokladu, že budou splněny statické a estetické požadavky projektu.

3.3 Stropní panely budovy zázemí

Navržen nosný systém tvořený předpjatými panely tl. 165 mm s vyztužením SPE 16 095 firmy Goldbeck. Panely budou kladeny na nosné I-profilu a budou zajišťovat jejich stabilitu v klopení. Dále bude provedena úprava povrchu a doběnávka spar mezi sloupy.

Nosné panely je možné provést od jiného výrobce za předpokladu, že budou splněny statické a estetické požadavky projektu.

4 Povrchová úprava ocelové konstrukce

Dle ISO 8504:1992(E) – Příprava ocelových substrátů před aplikací barev a příbuzných produktů

4.1 Příprava povrchu

Povrch trýskaný dle ISO 8504-1 a ISO 8504-2:1992 Ruční a strojní čištění ocelovým kartáčem dle ISO 8504-3. Povrch, který nebyl trýskaný a má být opatřen nátěrem musí být zbaven volných okují, prachu, mastnoty a oleje a očištěn ocelovým kartáčem. K trýskání povrchu budou použity trýskací prostředky vhodné pro požadovanou povrchovou úpravu. Pro nátěry – ocelové broky nebo sekaný drát.

Odmaštění	ISO 8504:1992(E)	SSPC SP1
Ruční čištění	ISO 8504-1:1998	SSPC SP2
Mechanické čištění	ISO 8504-1:1998	SSPC SP3,SP11
Trýskání	ISO 8504-1:1998	SSPC SP6 (běžné atmosferické podmínky)

Povrch musí být předupraven trýskáním na stupeň Sa 2,5 – čištění trýskáním téměř na čistý kov. Odstraní se viditelné okuje, rez a jiné nečistoty. Jakékoliv jiné stopy znečištění se budou jevit pouze jako lehké skvrny ve formě ploch nebo pásů.

4.2 Nátěrový systém

Dle ISO/DIS 12944-7

Nátěry lze pouze aplikovat v souladu s podmínkami určenými výrobcem nátěrové hmoty.

Vrstva	Počet vrstev	Tlouška vrstvy [μm]	Odstín dle RAL
Základní	1	40	9005
Krycí	1	40	9005
Krycí opravný	1	40	9005

Trvanlivost nátěrového systému cca 10 let. Nátěr lze obnovit při viditelné korozi >5% povrchu chráněné plochy.

5 Montáž ocelové konstrukce

Montážní práce je možno zahájit nejdříve po 28 dnech po dokončení betonářských prací. Montáž lodě haly bude probíhat montováním dvou sousedních krajních sloupů v řadě A nebo B. Tyto sloupy musí být neprodleně zavětrovány příčným stěnovým ztužidlem. Pro montáž dvojic sloupů v řadách A a B je možno montovat vazník.

Vazník se sestaví z montážních dílců dle montážní sestavy na projektovanou rozteč, a poté se osadí na sloupy. Je nutné, aby byly montovány dva vazníky najednou, které se spojí podélným střešním ztužidlem. Vazník nesmí být osazen na sloupy bez podpory tzn. musí být zajištěn buď jeřábem nebo pomocnou montážní konstrukcí do té doby, dokud nebude zajištěn podélným ztužidlem. Je možné zároveň montovat halu z obou konců.

Není možná bloková montáž lodě haly.

Montáž budovy zázemí započne montáží vazeb v řadách sloupů 11-12. Tyto vazby musí být neprodleně zavětrovány příčným stěnovým ztužidlem. Montáž příčné vazby vždy začíná montáží sloupu.

Montované příčné vazby 10 a 13 musí být současně propojeny s vazbami 11-12. Montáž betonových stropních panelů bude provedena podle běžných postupů.

Je možno montovat současně loď haly i budovu zázemí.

6 Údržba ocelových konstrukcí

Konstrukce musí být za provozu a používání řádně udržována. Celkový stav konstrukce bude zjišťován pravidelně se opakujícími prohlídkami prováděnými odborně způsobilou osobou. Frekvence prohlídek bude minimálně jedenkrát za 5 let.

V zimním období je nutná kontrola zatížení střešní konstrukce výškou sněhové pokrývky v porovnání s návrhovou hodnotou zatížení střechy a případné odklízení sněhu při nadnormativních hodnotách přetížení objektu sněhem.

7 Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě

Bezpečnost práce a ochrana zdraví při výstavbě bude zajištěna zhotovitelem stavebních prací v rámci novelizovaného zákoníku práce. Bezpečnost a ochrana zdraví při výstavbě budou řešeny v souladu s požadavky zákona č.309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) a rovněž platnými ČSN, ČSN EN 1050 (833010) a respektování nařízení vlády č.591/2006 Sb. (o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích).

Při realizaci stavby je dodavatel povinen dbát na dodržování všech platných bezpečnostních, požárních a hygienických předpisů, zejména pak dodržovat vyhlášku Bezpečnosti práce č.601/2006 Sb.

8 Výpočet

Numerický model konstrukce byl vytvořen ve studentské verzi software SCIA Engineer 2008, verze 8.0.19. Tento model byl využit pro výpočet vnitřních sil a výpočet deformací konstrukce. Spoje a profily byly samostatně posouzeny ručně.

Seznam použité literatury a norem

1. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
2. ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
3. ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
4. ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí Praha: Český normalizační institut, 2003.
5. Vraný, Tomáš; Wald, František. Ocelové tabulky. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.
6. ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
7. ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2006.
8. ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 1987.
9. Melcher, Jindřich; Straka, Bohumil; Kovové konstrukce, Konstrukce průmyslových budov. Praha: SNTL, 1979
10. Lehar, František; Detaily a dílce konstrukcí průmyslových budov. Praha: SNTL 1969
11. Vraný, Tomáš. Ocelové konstrukce 20, Projekt, haly. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2001.
12. Vraný, Tomáš; Eliášová, Martina. Ocelové konstrukce 2, cvičení. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.
13. Wald, František. Prvky ocelových konstrukcí. Příklady podle Eurokódů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005.
14. Harazim, Petr. Nosná konstrukce tenisové haly. Bakalářská práce. Brno 2011

Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká písmena

A	průřezová plocha
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
A_w	průřezová plocha stojiny
C_{dir}	součinitel směru
C_e	součinitel expozice
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{mz}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_0(z)$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku větru
$C_r(z)$	součinitel drsnosti
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	teplený součinitel
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
F_{Ed}	návrhová působící síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v tahu
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve střihu
E	modul pružnosti v tahu, tlaku
I_v	moment setrvačnosti v kroucení
I_w	výšečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L_w	délka svaru
$L_{cr,T}$	vzpěrná délka při vybočení zkroucením
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka kolmo k ose z
$M_{c,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická únosnost v ohybu
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	kritická síla
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
R	výslednice sil

V_{Ed}	návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose y
$W_{el,z}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický modul průřezu k ose z

Malá písmena

a_w	účinná výška svaru
b	šířka průřezu
d_w	výška rovné části stojiny
d	jmenovitý průměr šroubu
d_0	průměr otvoru pro šroub
e	excentricita normálové síly
e_1	vzdálenost šroubu od okraje
e_2	vzdálenost šroubu od okraje
f_{cd}	návrhová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
h	výška průřezu
i_0	polární poloměr setrvačnosti
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
k_r	součinitel terénu
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_{zy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
l_{eff}	efektivní délka
n	počet stříhových rovin
$q_p(z)$	maximální hodnota dynamického tlaku větru
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_k	základní tíha sněhu
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru

v_m	střední rychlost větru
w	tlak větru
z_0	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška

Velká řecká písmena

Φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
Φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení

Malá řecká písmena

α	součinitel
α_1	součinitel imperfekce
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
β	součinitel vzpěrné délky
β_w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_{M0}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M5}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
ε	součinitel závisející na f_y
κ_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_y	poměrná štíhlost kose y
λ_z	poměrná štíhlost kose z
λ_{LT}	poměrná štíhlost při klopení
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ_i	tvarový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
σ	normálové napětí
τ	smykové napětí
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_y	součinitel vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěru k ose z

Seznam příloh

1. Výkres č. 1 Dispozice objektu multifunkční haly
2. Výkres č. 2 Kotevní plán
3. Výkres č. 3 Montážní sestavení lodě haly
4. Výkres č. 4 Montážní sestavení budovy zázemí
5. Výkres č. 5 Vazník V1
6. Výkres č. 6 Vazník V2
7. Výkres č. 7 Dílce B1-B4, T1-T3
8. Panel Kingspan KS 1000 AWP 120
9. Panel Kingspan KS X-DEK XD
10. Panel Kingspan KS 1150 TF 200
11. Panel Kingspan X-DEK
12. Předpjetý dutinový panel
13. Chemické kotvy Fisher