

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DVOULODNÍ TENISOVÁ HALA

TWO-BAY TENNIS HALL

Autor: Eva Netíková

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Netíková Jméno: Eva Osobní číslo: 477126

Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Dvoulodní tenisová hala

Název bakalářské práce anglicky: Two-bay tennis hall

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové konstrukce, jejích hlavních prvků a vybraných detailů. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, vybrané řezy, pohledy, navržené detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí ČSN EN 1991 a ČSN EN 1993.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Michal Jandera

Datum zadání bakalářské práce: 15.2.2021

Termín odevzdání bakalářské práce: 16.5.2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Dvoulodní tenisová hala vypracovala samostatně s použitím uvedených zdrojů a podkladů.

V Praze dne

Eva Netíková

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za odbornou pomoc při vedení bakalářské práce, věnovaný čas a poskytnuté rady.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce dvoulodní tenisové haly. Předmětem řešení je hlavní rámová vazba, štítová stěna, ztužující prvky a vybrané detaily tenisové haly. Návrh konstrukce je proveden dle Evropských norem a za pomoci dostupných výpočtových softwarů.

Klíčová slova

sportovní hala, ocelová rámová konstrukce, nosná konstrukce, ztužení

Abstract

The bachelor thesis deals with the design of the load-bearing steel structure of two-bay tennis hall. The subject of the design is the main steel portal frame, gable wall, members of bracings and selected details of the structure. The design was carried out according to European standards and using the available structural softwares.

Keywords

sports hall, steel frame construction, load-bearing structure, bracing

SEZNAM PŘÍLOH

A	Zadání		
B	Technická zpráva		
C	Statický výpočet		
D	Výkresová dokumentace		
D.1	Půdorys	A3	1:200
D.2	Příčné řezy	A3	1:200
D.3	Podélný pohled	A4	1:200
D.4	Detail 1	A3	1:5
D.5	Detail 2	A3	1:5
D.6	Detail 3	A3	1:5
D.7	Detail 4	A2	1:5
E	Přílohy		
E.1	Příloha 1 – Zatížení typické vazby		
E.2	Příloha 2 – Průběhy deformace a napětí návrhů typické příčné vazby		
E.3	Příloha 3 – Průběhy deformace a napětí konečného návrhu typické příčné vazby		
E.4	Příloha 4 – Průběhy vnitřních sil konečného návrhu typické příčné vazby		
E.5	Příloha 5 – Protokoly z programu LTbeamN		
E.6	Příloha 6 – Zatížení štítové stěny		
E.7	Příloha 7 - Průběhy deformace a napětí štítové stěny		
E.8	Příloha 8 - Průběhy vnitřních sil štítové stěny		
E.9	Příloha 9 – Návrh a posouzení kotevních šroubů HILTI v programu HILTI		
F	Technické listy, Statické tabulky		

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DVOULODNÍ TENISOVÁ HALA

TWO-BAY TENNIS HALL

Autor:

Eva Netíková

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

Studijní obor:

Konstrukce pozemních staveb

2021

1. ZÁKLADNÍ POPIS KONSTRUKCE

1.1 POPIS OBJEKTU

Jedná se o dvoulodní ocelovou halu v České republice v Kadani u Chomutova. Objekt má obdélníkový půdorys 40 x 35 m. Jedna loď je široká 21 m a druhá 19 m.

1.2 POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE

Střešní plášť byl navržen z bezvaznicového systému. Bezvaznicový systém se skládá ze samonosných trapézových plechů, TR 153/290/0,88 působící jako prostý nosník a TR 153/290/1,0 působící jako spojitý nosník o dvou polí, tepelné izolace a vrchního krycího trapézového plechu TR 32/207/0,75.

Stěnový plášť byl navržen ze sendvičových panelů Kingspan KS1000 AWP 100, který je kotven na za studena tvarovaných paždicích C 240/2,5.

Typická příčná vazba se skládá z krajních sloupů HEA 360, prostředního sloupu HEA 300 a příčlípí IPE 360 s náběhem do poloviny délky. Všechny patky jsou kloubové. Čelní vazba se skládá z krajních sloupů HEA 180, prostředního sloupu HEA 240, příčlípí IPE 160 bez náběhů a taktéž z kloubových patek. Štítové sloupy jsou profilu HEA 220 a HEA 200.

Celá hala je ztužena vodorovnými střešními příčnými ztužidly a svislými stěnovými ztužidly ve dvou podélných stěnách i štítech. Střešní ztužidla jsou navržena z TR 108/4 a TR 60,3/3,2, ztužidla štítové stěny z TR 101,6/3,2 a TR 63,5/3,2, podélná stěnová ztužidla z TR 82,5/5 a TR 60,3/3,2.

2. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

Kadaň u Chomutova se nachází ve sněhové oblasti II v České republice. Charakteristická hodnota zatížení sněhem v této oblasti je 1 kN/m^2 .

2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Kadaň u Chomutova se nachází ve větrné oblasti II v České republice. Jedná se o kategorii terénu III. Výchozí základní rychlost větru v této oblasti je 25 m/s .

2.3 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Dle normy, *ČSN EN 1991-1-1, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, je užitné zatížení střech nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav $0,75 \text{ kN/m}^2$.

3. POUŽITÉ MATERIÁLY

Na veškeré ocelové prvky byla použita ocel z třídy S235 JR.

Na betonové patky byl použit beton třídy C25/30 – XC2 – CI 0,2.

Byly použity šrouby pevnostní třídy 8.8.

4. POUŽITÉ NORMY

ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (2006)

ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.8: Navrhování styčníků (2006)

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (2008)

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (2008)

5. VÝROBA OCELOVÉ KONSTRUKCE

Celá konstrukce bude prováděna dle třídy provedení EXC2. Konstrukce nevyžaduje žádné poznámky ke zvláštnostem pro výrobu.

6. MONTÁŽ OCELOVÉ KONSTRUKCE

Ocelová konstrukce se na staveništi montuje podle montážní dokumentace, která obsahuje: projekt ocelové nosné konstrukce, způsob jejího uložení, pracovní postup stykování částí konstrukce, výrobní a montážní výkresy, statický výpočet, výkaz materiálů a výkaz dílců.

Montáž postupuje od zdola nahoru, a to tedy nejdříve se začíná základy, pak svislou nosnou konstrukcí a vodorovnou nosnou konstrukcí.

Konstrukce musí být ve všech fázích montáže být schopná přenášet zatížení, kterým může být vystavěna během montáže, a to například zatížení větrem či nahodilým zatížením. Sloupy musí být během výstavby stabilizovány do doby utažení kotevních šroubů a do doby namontování veškerých ztužidel. Všechny přípoje této konstrukce prováděné na stavbě jsou šroubované.

Během celého procesu musí být dodržováno BOZP.

7. OCHRANA PROTI KOROZI

Veškeré ocelové konstrukce jsou zabudovány v interiéru budovy, kde se nenachází agresivní ani vlhké prostředí. Protikorozní ochrana je navržena v souladu ČSN EN ISO 12944 (1998):

- stupeň korozní agresivity: C2
- životnost: více než 15 let
- příprava povrchu: Sa 2 ½ – otrýskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek
- zvolený nátěrový systém: ISO 12944-5/A2.02.
- požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru: 120 μm

Ocelové profily budou natřeny dílensky 1-2 x základním nátěrem a 2-3 x vrchním nátěrem.

8. OCHRANA PROTI POŽÁRU

Požární odolnost by se měla posoudit dle normy ČSN EN 1993-1-2 *Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1.2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Posouzení nebylo součástí zadání bakalářské práce.

C.STATICKÝ VÝPOČET

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

DVOULODNÍ TENISOVÁ HALA

TWO-BAY TENNIS HALL

Autor: Eva Netíková
Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

2021

Obsah

1.	DISPOZICE	6
2.	ZATÍŽENÍ	8
2.1	Zatížení sněhem	8
2.2	Zatížení větrem.....	9
2.2.1	Příčný vítr.....	10
2.2.2	Podélný vítr.....	13
3.	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	15
3.1	Vaznicový systém	15
3.1.1	Sendvičový panel.....	15
3.1.2	Vaznice	17
3.2	Bezvaznicový systém	29
3.2.1	Vrchní střešní plech	29
3.2.2	Spodní střešní plech	32
3.3	Volba střešního pláště	36
4.	STĚNOVÝ PLÁŠŤ	37
4.1	Sendvičový panel.....	37
4.2	Paždíky.....	39
5.	TYPICKÁ PŘÍČNÁ VAZBA	40
5.1	Zatížení	40
5.1.1	Zatěžovací stavy.....	40
5.1.2	Kombinace zatěžovacích stavů MSÚ	42
5.1.3	Kombinace zatěžovacích stavů MSP.....	42
5.2	Předběžný návrh.....	42
5.2.1	Volba konstrukčního řešení.....	45
5.3	Posouzení MSP	45
5.4	Rámová imperfekce.....	46
5.5	Výpočet vnitřních sil	46
5.6	Posouzení krajního sloupu	47
5.6.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	47
5.6.2	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	48
5.6.3	Posouzení ohyb + klopení.....	49
5.6.4	Určení C_{my} a C_{mLT}	49
5.6.5	Posouzení ohyb a tlak.....	50
5.7	Posouzení příčle.....	52
5.7.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	52
5.7.2	Smyková únosnost.....	53
5.7.3	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	53
5.7.4	Posouzení ohyb + klopení.....	54

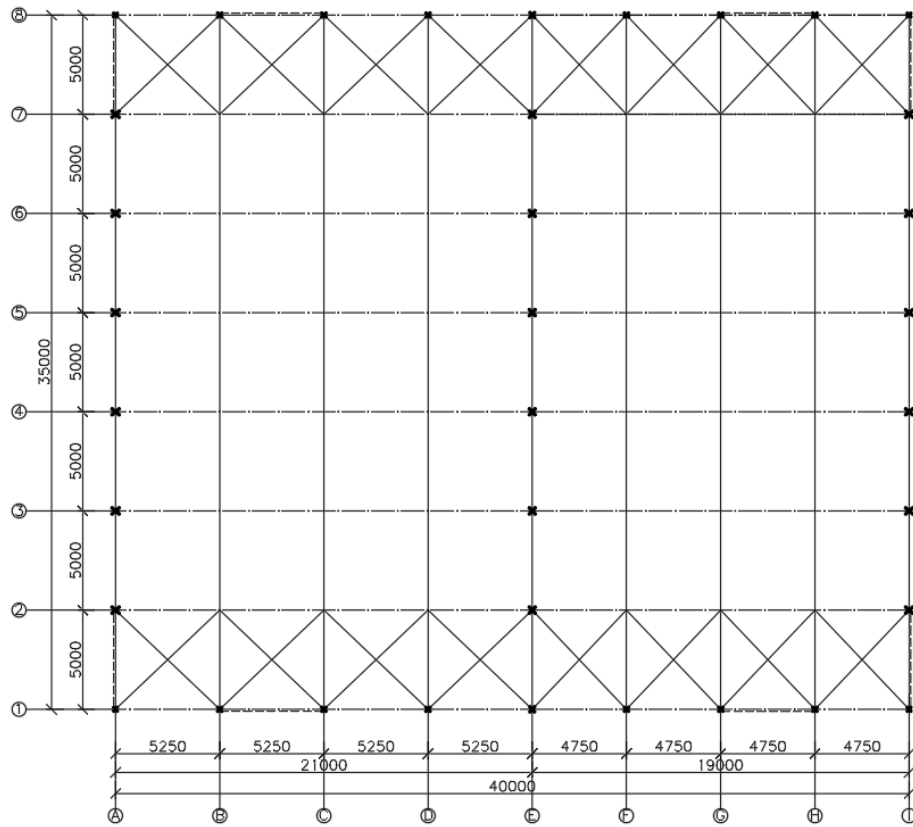
5.7.5	Určení C_{my} a C_{mLT}	55
5.7.6	Posouzení ohyb a tlak.....	56
5.8	Posouzení prostředního sloupu.....	58
5.8.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	58
5.8.2	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	59
5.8.3	Posouzení ohyb + klopení.....	60
5.8.4	Určení C_{my} a C_{mLT}	60
5.8.5	Posouzení ohyb a tlak.....	61
6.	ŠTÍTOVÁ STĚNA	63
6.1	Zatížení	63
6.1.1	Zatěžovací stavy.....	63
6.1.2	Kombinace zatěžovacích stavů MSÚ	66
6.1.3	Kombinace zatěžovacích stavů MSP.....	66
6.2	Předběžný návrh.....	67
6.3	Posouzení MSP	67
6.4	Rámová imperfekce.....	68
6.5	Výpočet vnitřních sil	69
6.6	POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU	70
6.6.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	70
6.6.2	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	71
6.6.3	Posouzení ohyb + klopení.....	72
6.6.4	Určení C_{my} a C_{mLT} a C_{mz}	72
6.6.5	Posouzení ohyb a tlak.....	74
6.7	Posouzení příčle.....	76
6.7.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	76
6.7.2	Smyková únosnost.....	77
6.7.3	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	77
6.7.4	Posouzení ohyb + klopení.....	78
6.7.5	Určení C_{my} a C_{mLT}	78
6.7.6	Posouzení ohyb a tlak.....	79
6.8	Posouzení prostředního sloupu.....	81
6.8.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	81
6.8.2	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	82
6.8.3	Posouzení ohyb + klopení.....	83
6.8.4	Určení C_{my} , C_{mLT} a C_{mz}	84
6.8.5	Posouzení ohyb a tlak.....	85
6.9	Posouzení štítového sloupu.....	87
6.9.1	Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu	87
6.9.2	Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti	88
6.9.3	Posouzení ohyb + klopení.....	89

6.9.4	Určení C_{my} a C_{mLT}	90
6.9.5	Posouzení ohyb a tlak.....	91
7.	ZTUŽENÍ HALY.....	93
8.	PŘÍPOJ ZTUŽIDEL	95
8.1	Přípoj vodorovné trubky.....	95
8.1.1	Návrh šroubů.....	95
8.1.2	Návrh svaru	96
8.2	Přípoj horního ztužidla	97
8.2.1	Návrh šroubů.....	97
8.2.2	Návrh svaru	98
9.	ZÁKLADOVÁ PATKA	99
9.1	Návrh prostřední patky v typické vazbě.....	99
9.1.1	Posouzení na tlak.....	99
9.1.2	Posouzení na smykovou sílu.....	100
9.2	Návrh patky v čelní vazbě.....	101
9.2.1	Posouzení na tlak.....	101
9.2.2	Posouzení na smykovou sílu.....	103
9.2.3	Návrh svaru ve styčnickové patě.....	103
10.	NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU.....	104
10.1	NÁVRH SVARŮ	104
10.2	ÚNOSNOST DÍLČÍCH KOMPONENTŮ	104
10.3	VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ V TAHU	105
10.3.1	Výpočet 1. řady šroubů	106
10.3.2	Výpočet 2. řady šroubů	109
10.3.3	Výpočet 3. řady šroubů	112
10.3.4	Výpočet 4. řady šroubů	115
10.3.5	Výpočet 5. řady šroubů	118
10.4	ÚNOSNOST ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ	119
10.4.1	Únosnost pásnice příčle v tlaku.....	119
10.4.2	Rozdělení sil a momentové únosnosti.....	119
10.4.3	Momentová únosnost rámového spoje	120
11.	ZVÝŠENÍ ÚNOSNOSTI RÁMOVÉHO ROHU	121
11.1	NÁVRH SVARŮ	121
11.2	ÚNOSNOST DÍLČÍCH KOMPONENTŮ	121
11.3	VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ V TAHU	122
11.3.1	Výpočet 0. řady šroubů	123
11.3.2	Výpočet 1. řady šroubů	126
11.3.3	Výpočet 2. řady šroubů	129
11.3.4	Výpočet 3. řady šroubů	132
11.3.5	Výpočet 4. řady šroubů	135

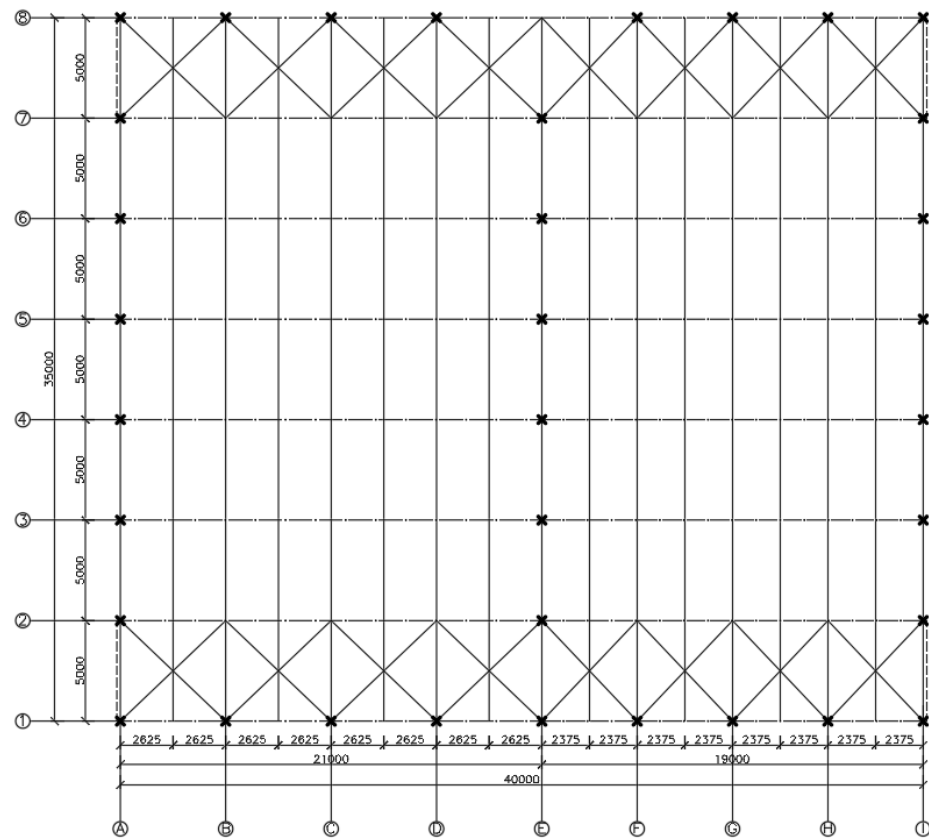
11.3.6	Výpočet 5. řady šroubů	138
11.4	ÚNOSNOST ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ	139
11.4.1	Únosnost pásnice příčle v tlaku	139
11.4.2	Rozdělení sil a momentové únosnosti.....	139
11.4.3	Momentová únosnost rámového spoje	140
12.	ZÁVĚR	141

1. DISPOZICE

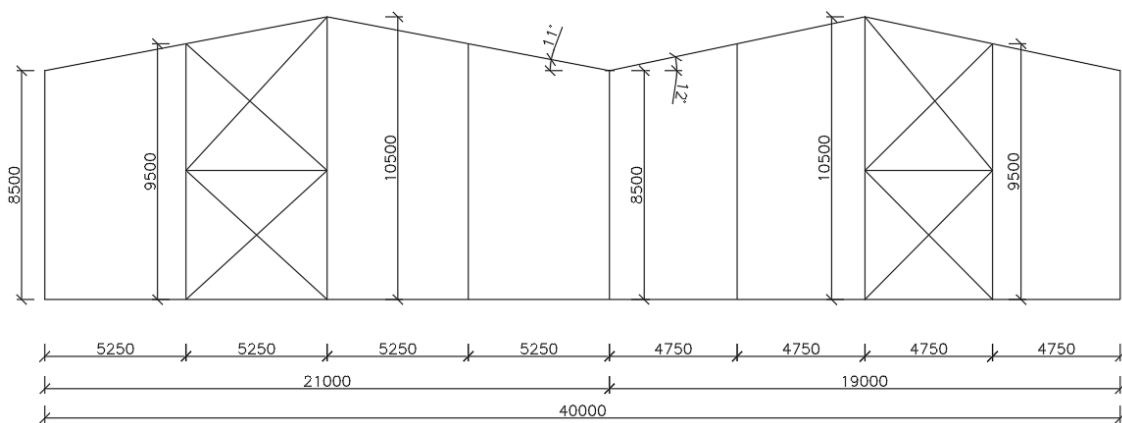
Půdorys bezvaznicového systému



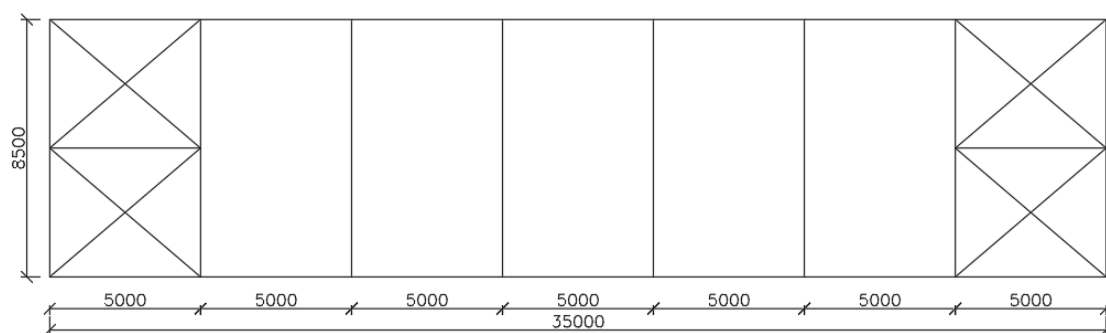
Půdorys vaznicového systému



Příčný pohled



Podélný pohled



2. ZATÍŽENÍ

2.1 Zatížení sněhem

lokality: Kadaň u Chomutova

sněhová oblast II: $s_k = 1 \text{ kN/m}^2$

součinitel expozice: $c_e = 0,8$

tepelný součinitel: $c_t = 1$

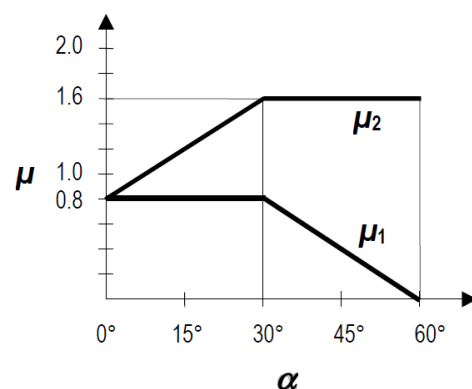
úhel sklonu delší lodě: 11°

úhel sklonu kratší lodě: 12°

$$\alpha_1 = 11^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$$

$$\alpha_2 = 12^\circ \rightarrow \mu_1 = 0,8$$

$$\bar{\alpha} = 11,5^\circ \rightarrow \mu_2 = 1,2$$



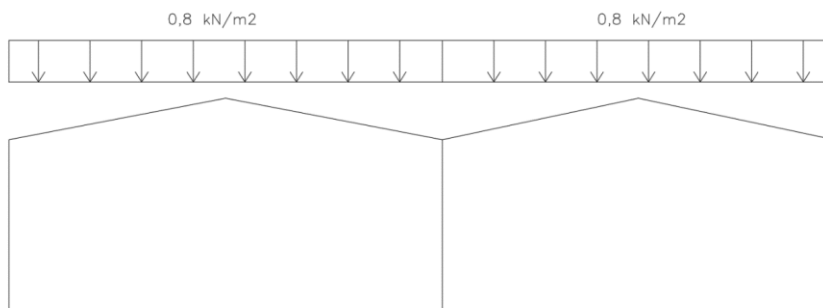
- charakteristická hodnota plošného zatížení sněhem na střechách

$$s_k = \mu_{1(11^\circ)} * c_e * c_t = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

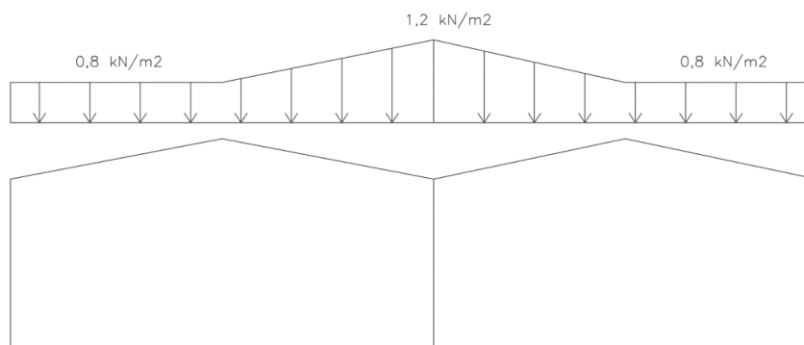
$$s_k = \mu_{1(12^\circ)} * c_e * c_t = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$s_k = \mu_{2(11,5^\circ)} * c_e * c_t = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem 1. stav



Zatížení sněhem 2. stav



2.2 Zatížení větrem

lokality: Kadaň u Chomutova

větrná oblast II: $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

kategorie terénu: III

$$c_{dir} = 1$$

- základní rychlost větru

$$c_{season} = 1$$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

- základní tlak větru

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

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390,6 \text{ Pa}; \text{ N/m}^2$$

- maximální dynamický tlak

$$c_e(z) = 1,5$$

$$q_p = c_e(z) \cdot q_b = 1,5 \cdot 390,6 = 586 \text{ Pa} = 0,586 \text{ kPa}$$

$$h = 10,5 \text{ m}$$

- tlak větru na vnější stěnu

$$w_{e,k} = q_p \cdot c_{pe} = 0,586 \cdot c_{pe}$$

Pozn.: Jelikož se jedná o dvoulodní halu, střecha se pro posouzení dělí na tři části, a to na dvakrát pultovou střechu a jednu sedlovou dle obrázku:



2.2.1 Příčný vítr

$$d = 40 \text{ m}, b = 35 \text{ m}, h = 10,5 \text{ m}$$

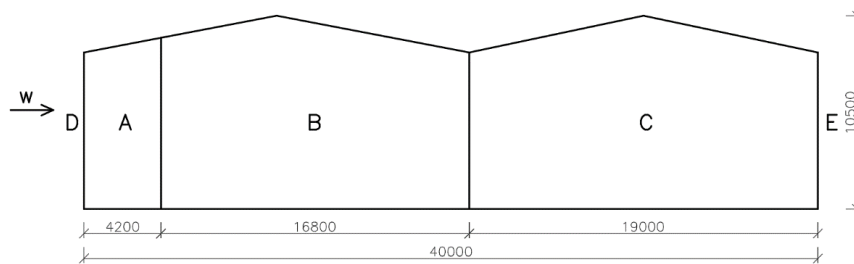
$$h/d = 10,5/40 = 0,3 \rightarrow \text{hodnoty interpolovány}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(40; 21) = 21 \text{ m}$$

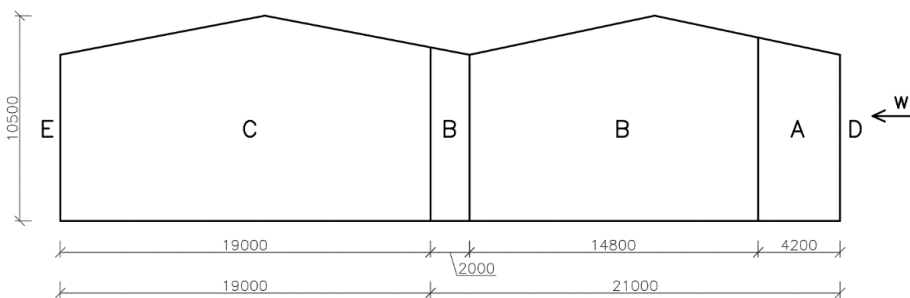
$$e = 21 \text{ m} < d = 40 \text{ m} \rightarrow \text{s tlakovou oblastí C}$$

$$h = 10,5 \text{ m} < b = 35 \text{ m} \rightarrow \text{konstantní tlakové pásmo}$$

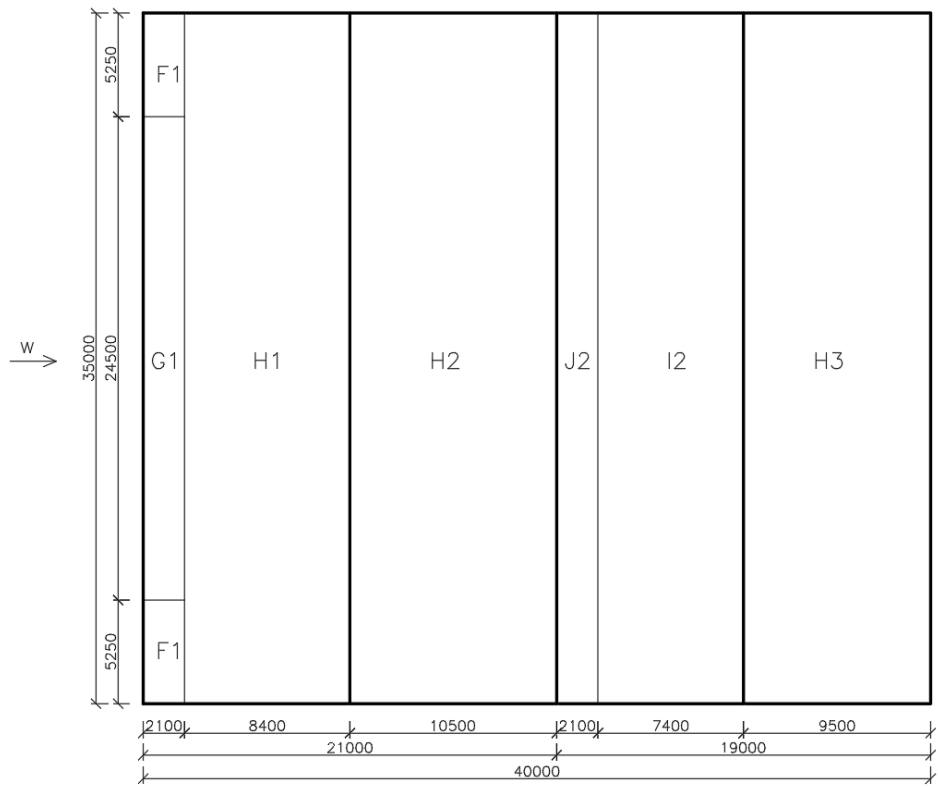
stěna $\theta = 0^\circ$



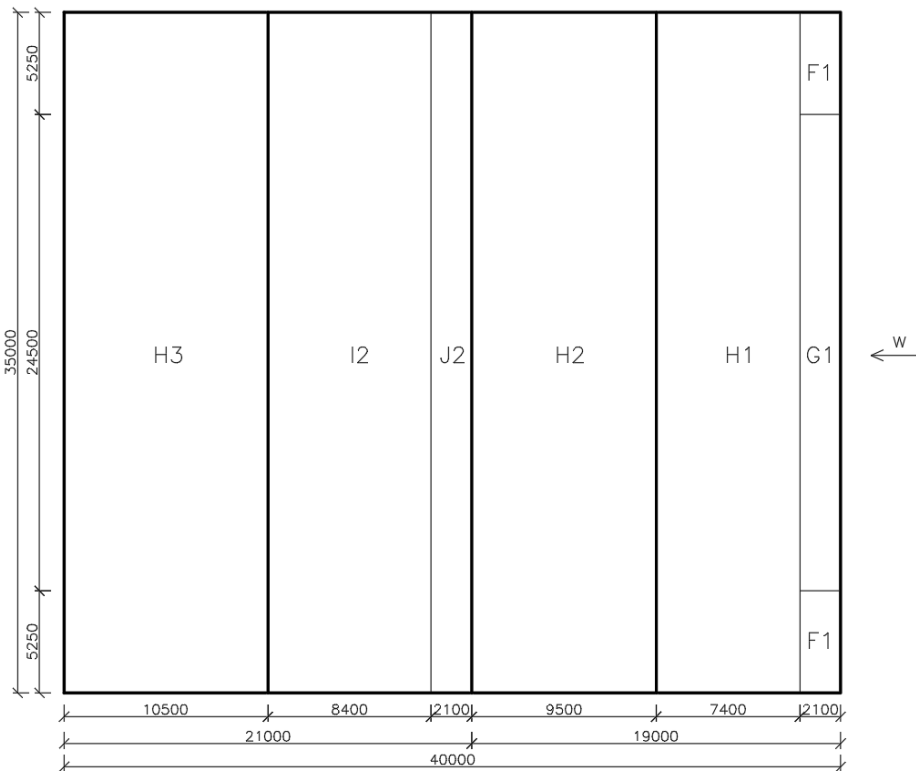
stěna $\theta = 180^\circ$



střecha $\theta = 0^\circ$



střecha $\theta = 180^\circ$



Tabulka 1 – výpočet zatížení na jednotlivé oblasti pro příčný vítr

VÍTR PŘÍČNÝ				
	0°		180°	
	C _{PE,10}	W _{E,K} [kN/m ²]	C _{PE,10}	W _{E,K} [kN/m ²]
A	- 1,2	- 0,703	- 1,2	- 0,703
B	- 0,8	- 0,469	- 0,8	- 0,469
C	- 0,5	- 0,293	- 0,5	- 0,293
D	+ 0,725	+ 0,425	+ 0,725	+ 0,425
E	- 0,35	- 0,205	- 0,35	- 0,205
F1	- 1,22	- 0,715	- 1,14	- 0,668
G1	- 0,96	- 0,563	- 0,92	- 0,539
H1	- 0,42	- 0,246	- 0,39	- 0,229
H2	- 0,86	- 0,504	- 0,7	- 0,410
J2	- 0,67	- 0,393	- 0,66	- 0,387
I2	- 0,53	- 0,311	- 0,54	- 0,316
H3	- 0,87 · 0,6	- 0,306	- 0,86 · 0,6	- 0,302

modře označen sklon střechy 11°

oranžově označen sklon střechy 12°

2.2.2 Podélný vítr

$d = 35 \text{ m}$, $b = 40 \text{ m}$, $h = 10,5 \text{ m}$

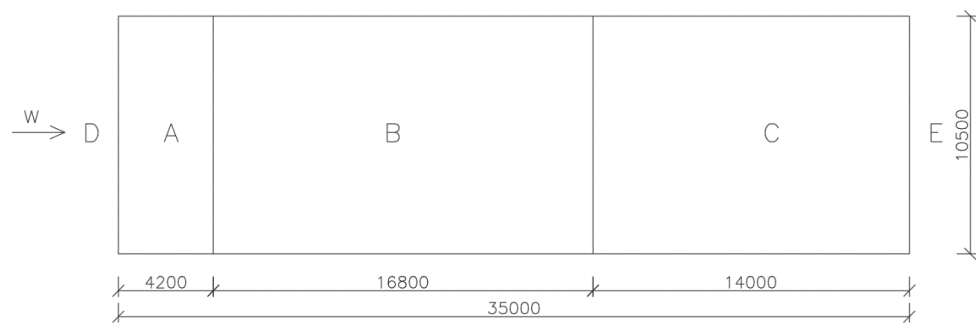
$h/d = 10,5/35 = 0,3 \rightarrow$ hodnoty interpolovány

$e = \min(b; 2h) = \min(35; 21) = 21 \text{ m}$

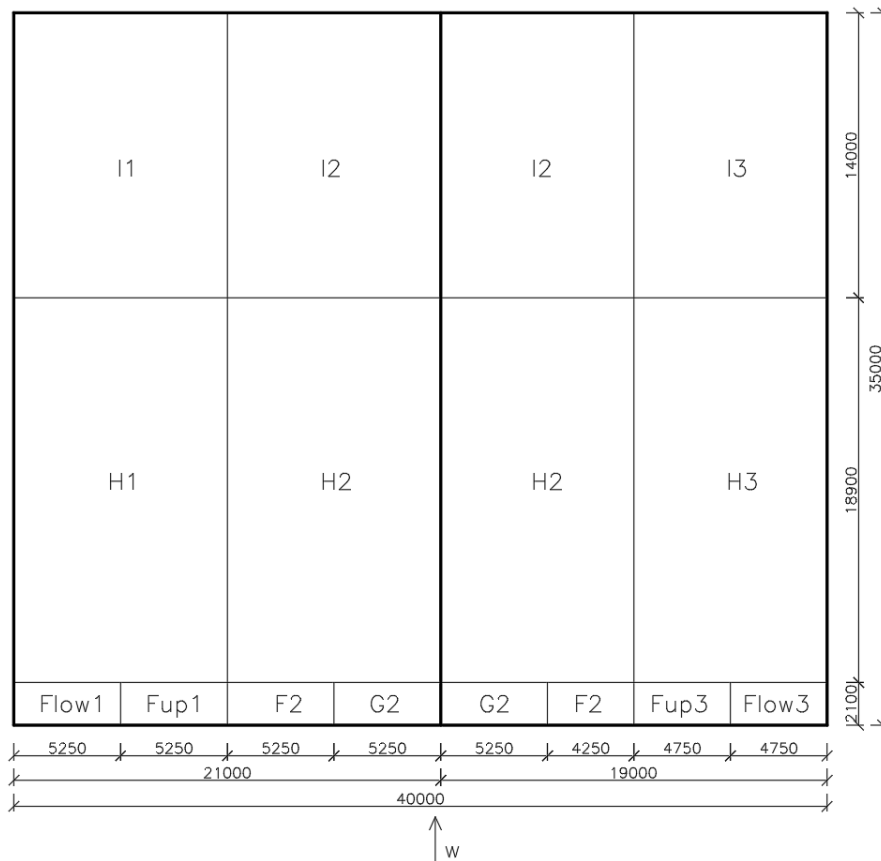
$e = 21 \text{ m} < d = 35 \text{ m} \rightarrow$ s tlakovou oblastí C

$h = 10,5 \text{ m} < b = 40 \text{ m} \rightarrow$ konstantní tlakové pásmo

stěna



střecha



Tabulka 2 – výpočet zatížení na jednotlivé oblasti pro podélný vítr

VÍTR PODÉLNÝ				
	$C_{PE,10}$		$W_{E,K} [kN/m^2]$	
A	- 1,2		- 0,703	
B	- 0,8		- 0,469	
C	- 0,5		- 0,293	
D	+ 0,707		+ 0,414	
E	- 0,313		- 0,183	
Fup1	- 2,28		- 1,336	
Flow1	- 1,8		- 1,055	
H1	- 0,72		- 0,422	
I1	- 0,62		- 0,363	
F2	(11°) - 1,85	(12°) - 1,86	- 1,08	- 1,09
G2	(11°) - 1,2	(12°) - 1,2	- 0,703	- 0,703
H2	(11°) - 0,76	(12°) - 0,77	- 0,445	- 0,451
I2	(11°) - 0,72	(12°) - 0,74	- 0,422	- 0,434
Fup3	- 2,31		- 1,354	
Flow3	- 1,95		- 1,143	
H3	- 0,66		- 0,387	
I3	- 0,56		- 0,328	

modře označen sklon střechy 11°

oranžově označen sklon střechy 12°

3. STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Navrhnu se dvě varianty střešního pláště – vaznicový a bezvaznicový systém. Poté se vybere ten, který bude více vyhovovat.

3.1 Vaznicový systém

3.1.1 Sendvičový panel

vzdálenost vaznic: 2,625 m

zatížení sněhem: 1,2 kN/m²

zatížení větrem: 1,354 kN/m²

užitné zatížení: 0,75 kN/m²

NÁVRH: Sendvičový panel KS 1000 RW 140, spojitý nosník o dvou polí, exteriérový plech 0,6 mm, interiérový plech 0,4 mm

- posouzení zatížení sněhem

charakteristické zatížení: $q_{Ek} = 1,2 + 0,7 \cdot 0,75 = 1,73 \text{ kN/m}^2$

→ maximální rozpon při char. zatížení: $q_{Ed} = 1,75 \text{ kN/m}^2$ je 2,70 m > 2,625 m

- posouzení zatížení větrem

charakteristický zatížení: $q_{Ek} = 1,354 \text{ kN/m}^2$

→ maximální rozpon při char. zatížení: $q_{Ed} = 1,5 \text{ kN/m}^2$ je 3,3 m > 2,625 m

SENDVIČOVÝ PANEL VYHOVÍ.

panelu, zatížení sněhem

Střešní panel KS1000 RW 140
 exteriérový plech 0,6 mm, S320GD profilace „trapéz“
 interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																	hodnota zatížení			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25		4,50	4,75	5,00
prostý nosník	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I, II, III (f)	8,40	7,19	6,42	5,64	4,84	4,20	3,66	3,22	2,83	2,50	2,22	1,99	1,80	1,65	1,52	1,42	1,32	1,25	1,18	1,13	40
	o 2 polích	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
spojitý nosník o 3 polích	I, II, III (f)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I, II, III (f)	9,17	6,48	5,10	4,26	3,69	3,27	2,96	2,71	2,51	2,34	2,21	1,99	1,80	1,65	1,52	1,42	1,32	1,25	1,18	1,13	40
	o 3 polích	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

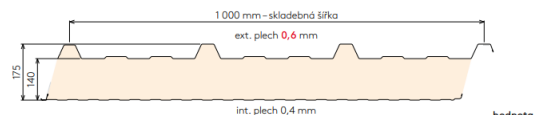


barevná skupina (zatížení dle odstínu v RAL)
 (f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení
 L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podpory

AA – min. šířka krajní podpory [mm]
 X,XX – max. rozpon [m]
 BB – min. šířka střední podpory [mm]

Tabulka únosností střešního panelu, sání větru

Střešní panel KS1000 RW 140
 exteriérový plech 0,6 mm, S320GD profilace „trapéz“
 interiérový plech 0,4 mm, S280GD profilace Q „minibox“



statický systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení, SÁNÍ VĚTRU [kN/m ²]																	hodnota zatížení			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25		4,50	4,75	5,00
prostý nosník	I (f)	8,66	8,66	7,12	6,07	5,38	4,89	4,51	4,21	3,96	3,76	3,58	3,43	3,29	3,18	3,07	2,97	2,88	2,81	2,73	2,67	40
	II (f)	8,66	8,66	7,12	6,07	5,38	4,89	4,51	4,21	3,96	3,76	3,58	3,43	3,29	3,18	3,07	2,97	2,88	2,81	2,73	2,67	40
	III (f)	8,66	7,77	6,86	6,07	5,38	4,89	4,51	4,21	3,97	3,76	3,58	3,43	3,29	3,18	3,07	2,97	2,88	2,81	2,73	2,67	40
spojitý nosník o 2 polích	I (f)	9,46	8,78	5,94	4,60	3,82	3,30	2,92	2,64	2,41	2,23	2,08	1,95	1,84	1,74	1,66	1,58	1,52	1,46	1,40	1,35	40
	II (f)	9,46	8,27	5,57	4,32	3,60	3,12	2,77	2,51	2,30	2,13	1,99	1,87	1,77	1,68	1,60	1,53	1,47	1,41	1,36	1,32	40
	III (f)	9,46	7,46	5,00	3,90	3,27	2,85	2,55	2,32	2,14	2,00	1,87	1,77	1,68	1,60	1,52	1,46	1,40	1,35	1,31	1,26	40
spojitý nosník o 3 polích	I (f)	12,39	9,03	6,92	5,30	4,34	3,71	3,25	2,91	2,64	2,43	2,26	2,11	1,99	1,88	1,78	1,70	1,63	1,56	1,51	1,45	40
	II (f)	12,39	9,04	6,66	5,09	4,17	3,56	3,12	2,80	2,55	2,34	2,18	2,04	1,92	1,82	1,73	1,66	1,58	1,52	1,47	1,42	40
	III (f)	12,39	9,03	6,25	4,77	3,90	3,33	2,93	2,63	2,40	2,22	2,06	1,94	1,83	1,74	1,66	1,58	1,52	1,46	1,41	1,36	40



Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.
 barevná skupina (zatížení dle odstínu v RAL)
 (f) – přípustná deformace pro krátkodobé zatížení
 L/200, pro dlouhodobé L/100, kde L je rozpětí mezi podpory

max. rozpon [m]

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

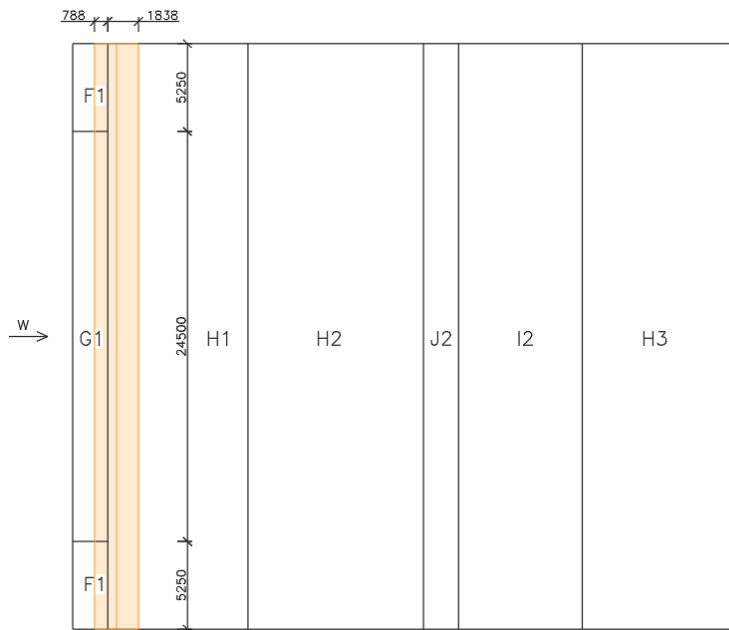
Tabulka
 únosností
 střešního

3.1.2 Vaznice

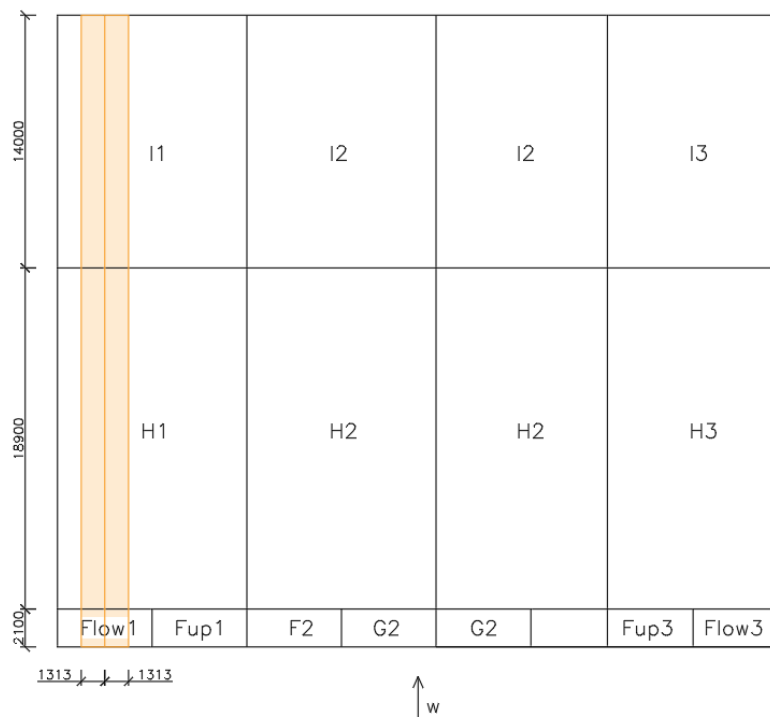
Bude proveden posudek na tři různé vaznice. 1. vaznice je zatížena maximálním příčným větrem, 2. vaznice je zatížena maximálním podélným větrem a 3. vaznice je zatížena maximálním zatížením sněhem.

vaznice 1 – maximální příčný vítr

příčný vítr $\theta = 0^\circ$



podélný vítr



ZATÍŽENÍ

vzdálenost vaznic: 2,625 m

STÁLÉ char. zatížení [kN/m]

vlastní tíha pláště $0,1 \cdot 2,625 = 0,263$

vlastní tíha vaznice 0,1

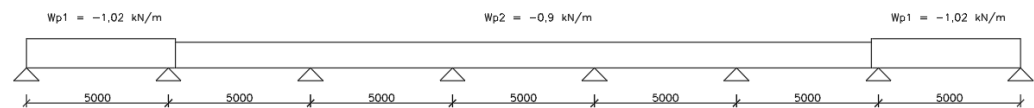
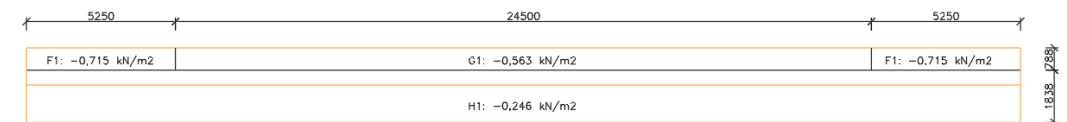
$$g_k = 0,363 \text{ kN/m}$$

PROMĚNNÉ char. zatížení [kN/m]

sníh $0,8 \cdot 2,625 = 2,1$

$$q_k = 2,1 \text{ kN/m}$$

příčný vítr



$$w_{p1} = -0,715 \cdot 0,788 + (-0,246) \cdot 1,838 = -1,02 \text{ kN/m}$$

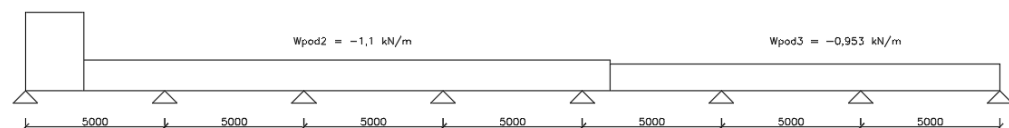
$$w_{p2} = -0,563 \cdot 0,788 + (-0,246) \cdot 1,838 = -0,9 \text{ kN/m}$$

$$w_{p3} = -1,02 \text{ kN/m}$$

podélný vítr



$W_{pod1} = -2,8 \text{ kN/m}$

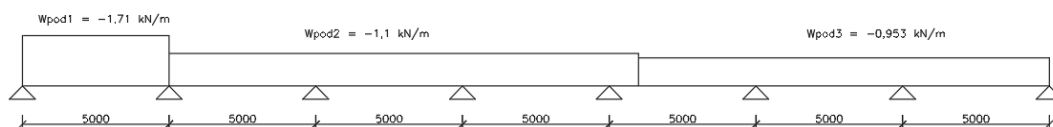


$$w_{pod1} = -1,055 \cdot 2,625 = -2,8 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -0,422 \cdot 2,625 = -1,11 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -0,363 \cdot 2,625 = -0,953 \text{ kN/m}$$

zprůměrované zatížení podélným větrem



$$w_{pod1} = -1,71 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -1,1 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -0,953 \text{ kN/m}$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

stálé + sníh

$$ZS1: 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M =$$

$$= 1,35 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot 2,1 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 2 = 5,22 \text{ kN/m}$$

min. stálé + max vítr

$$ZS2: 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot \max(w_p; w_{pod}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,0 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot (-1,71) = -2,2 \text{ kN/m}$$

NÁVRH: vaznice Z 240/2,0-S, spojitý nosník o 3 nebo 4 polích

- posouzení tlaku:

$$q_{Ed} = 5,22 \text{ kN/m} \leq q_{Rd} = 5,65 \text{ kN/m}$$

- posouzení sání:

$$q_{Ed} = -2,2 \text{ kN/m} \leq -4,48 \text{ kN/m}$$

VAZNICE VYHOVÍ.

Z 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

- Řádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)
- Řádek č. 2 : Únosnost s vlivem osově síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)
- Řádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)
- Řádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osově síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)
- Řádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)
- Řádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

PROSTÝ NOSNÍK

Profil	G [kg/m]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
Z 240/2,0	1	4.74	3.91	3.29	3.03	2.80	2.60	2.42	2.25	2.11	1.97	1.85	1.64	1.46	1.31	1.18		
	2	2.89	2.33	1.90	1.72	1.56	1.42	1.30	1.18	1.09	1.00	0.92	0.77	0.65	0.55	0.47		
	3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.68	-1.54	-1.42	-1.31	-1.21	-1.12	-1.04	-0.97	-0.85	-0.74	-0.66	-0.58		
	4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.93	-0.85	-0.77	-0.71	-0.65	-0.59	-0.55	-0.51	-0.43	-0.38	-0.33	-0.29		
G = 6,61 kg/m	5	3.89	2.92	2.25	1.99	1.77	1.58	1.42	1.27	1.15	1.04	0.95	0.79	0.67	0.57	0.49		
	6	2.59	1.95	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.63	0.53	0.44	0.38	0.32		
	1	6.80	5.62	4.72	4.35	4.02	3.73	3.47	3.23	3.02	2.83	2.66	2.35	2.10	1.88	1.70		
	2	4.83	3.91	3.21	2.92	2.65	2.42	2.22	2.04	1.87	1.73	1.60	1.35	1.15	0.98	0.85		
Z 240/2,5	3	-3.84	-3.13	-2.59	-2.37	-2.18	-2.00	-1.85	-1.71	-1.59	-1.48	-1.37	-1.20	-1.05	-0.93	-0.83		
	4	-2.75	-2.22	-1.82	-1.65	-1.51	-1.38	-1.27	-1.17	-1.08	-1.00	-0.93	-0.78	-0.66	-0.56	-0.48		
	5	5.13	3.85	2.97	2.63	2.33	2.08	1.87	1.68	1.52	1.38	1.25	1.04	0.88	0.75	0.64		
	6	3.42	2.57	1.98	1.75	1.56	1.39	1.25	1.12	1.01	0.92	0.83	0.70	0.59	0.50	0.43		
Z 240/3,0	1	8.79	7.27	6.11	5.63	5.20	4.82	4.49	4.18	3.91	3.66	3.44	3.04	2.71	2.44	2.20		
	2	6.76	5.49	4.53	4.12	3.76	3.44	3.15	2.90	2.67	2.47	2.29	1.95	1.67	1.44	1.25		
	3	-4.86	-3.96	-3.28	-3.00	-2.76	-2.54	-2.34	-2.17	-2.01	-1.87	-1.74	-1.52	-1.34	-1.18	-1.05		
	4	-3.81	-3.08	-2.53	-2.31	-2.11	-1.94	-1.78	-1.64	-1.52	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
G = 9,91 kg/m	5	6.28	4.72	3.63	3.21	2.86	2.55	2.29	2.06	1.86	1.69	1.53	1.28	1.08	0.92	0.78		
	6	4.18	3.14	2.42	2.14	1.90	1.70	1.52	1.37	1.24	1.12	1.02	0.85	0.72	0.61	0.52		

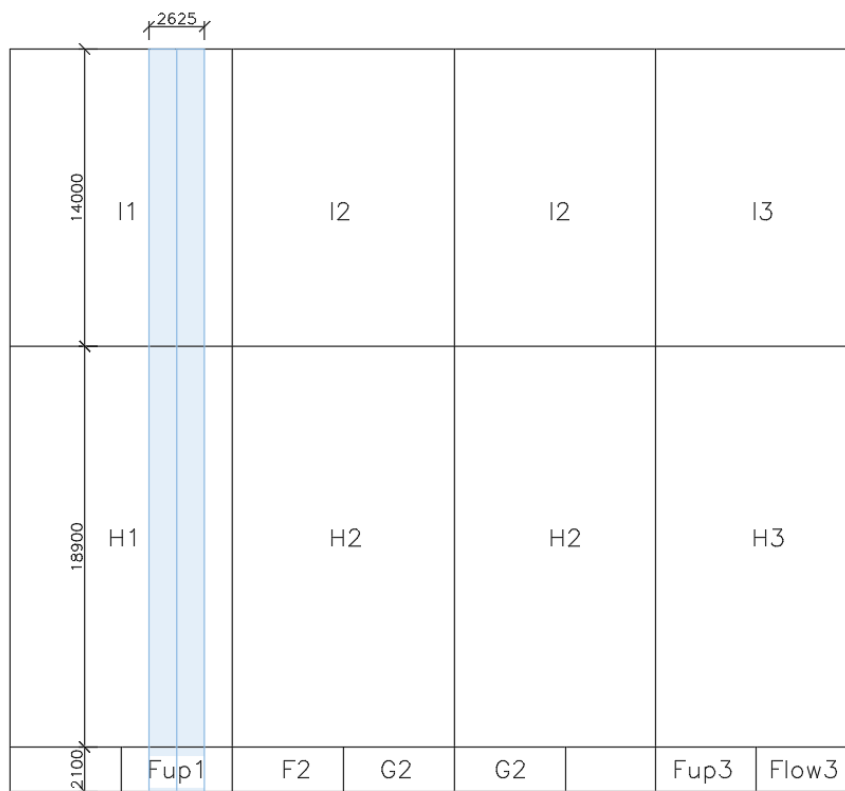
SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m

Profil		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
Z 240/2,0	1	5.65	4.69	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	2.09	1.84	1.63	1.45	1.30	1.17	1.06
	2	4.24	3.56	2.99	2.71	2.46	2.24	2.05	1.87	1.72	1.58	1.46	1.23	1.04	0.89	0.76	0.65	0.56
	3	-4.48	-3.62	-2.97	-2.72	-2.50	-2.31	-2.13	-1.97	-1.83	-1.71	-1.59	-1.39	-1.23	-1.09	-0.97	-0.87	-0.78
	4	-2.76	-2.17	-1.74	-1.58	-1.45	-1.32	-1.21	-1.11	-1.03	-0.95	-0.88	-0.76	-0.66	-0.58	-0.51	-0.45	-0.40
Z 240/2,5	5	7.36	5.53	4.26	3.77	3.35	2.99	2.68	2.41	2.18	1.98	1.80	1.50	1.26	1.07	0.92	0.79	0.69
	6	4.90	3.68	2.84	2.51	2.23	1.99	1.79	1.61	1.45	1.32	1.20	1.00	0.84	0.72	0.61	0.53	0.46
	1	7.74	6.44	5.45	4.99	4.58	4.22	3.90	3.61	3.36	3.12	2.91	2.57	2.28	2.03	1.83	1.65	1.49
	2	6.80	5.83	5.04	4.58	4.18	3.82	3.50	3.22	2.96	2.73	2.53	2.15	1.84	1.58	1.37	1.17	1.01
Z 240/3,0	3	-6.26	-5.07	-4.18	-3.83	-3.53	-3.25	-3.01	-2.79	-2.59	-2.41	-2.25	-1.97	-1.74	-1.54	-1.38	-1.23	-1.11
	4	-4.62	-3.69	-3.00	-2.74	-2.51	-2.31	-2.13	-1.96	-1.82	-1.68	-1.57	-1.36	-1.19	-1.05	-0.93	-0.83	-0.74
	5	9.71	7.30	5.62	4.97	4.42	3.95	3.54	3.18	2.88	2.61	2.37	1.98	1.66	1.42	1.21	1.05	0.91
	6	6.47	4.86	3.75	3.31	2.95	2.63	2.36	2.12	1.92	1.74	1.58	1.32	1.11	0.94	0.81	0.70	0.61
Z 240/3,0	1	9.69	8.07	6.84	6.27	5.76	5.31	4.92	4.56	4.24	3.95	3.68	3.25	2.89	2.58	2.32	2.09	1.89
	2	9.09	7.82	6.84	6.25	5.74	5.28	4.87	4.51	4.18	3.88	3.62	3.09	2.66	2.30	2.00	1.72	1.49
	3	-7.91	-6.41	-5.29	-4.85	-4.46	-4.11	-3.80	-3.53	-3.28	-3.06	-2.85	-2.50	-2.20	-1.95	-1.74	-1.56	-1.41
	4	-6.33	-5.09	-4.15	-3.80	-3.48	-3.20	-2.95	-2.73	-2.53	-2.35	-2.19	-1.91	-1.67	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
G = 9,91 kg/m	5	11.9	8.93	6.88	6.08	5.41	4.83	4.33	3.90	3.52	3.19	2.90	2.42	2.04	1.67	1.49	1.28	1.12
	6	7.92	5.95	4.58	4.06	3.61	3.22	2.89	2.60	2.35	2.13	1.93	1.61	1.36	1.12	0.99	0.86	0.74

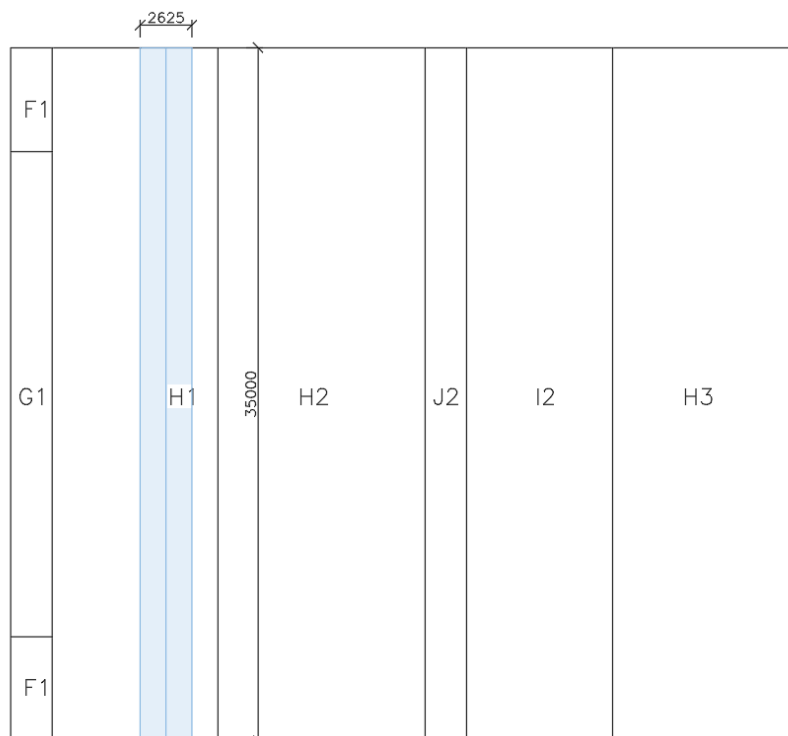
Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

vaznice 2 – maximální podélný vítr

příčný vítr $\theta = 0^\circ$



podélný vítr



ZATÍŽENÍ

vzdálenost vaznic: 2,625 m

STÁLÉ char. zatížení [kN/m]

vlastní tíha pláště $0,1 \cdot 2,625 = 0,263$

vlastní tíha vaznice 0,1

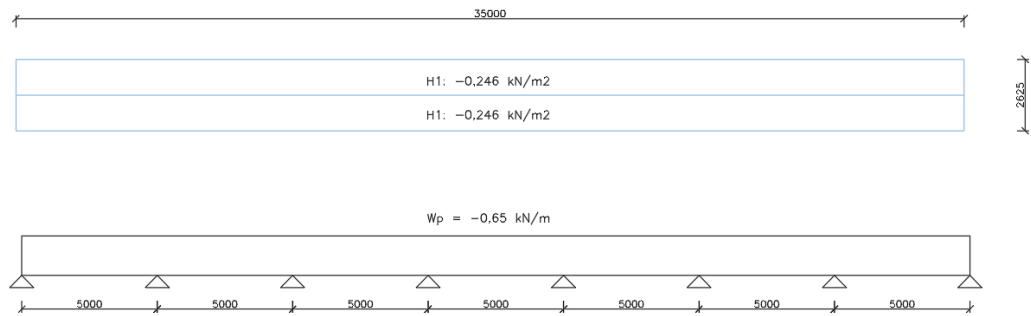
$$g_k = 0,363 \text{ kN/m}$$

PROMĚNNÉ char. zatížení [kN/m]

sníh $0,8 \cdot 2,625 = 2,1$

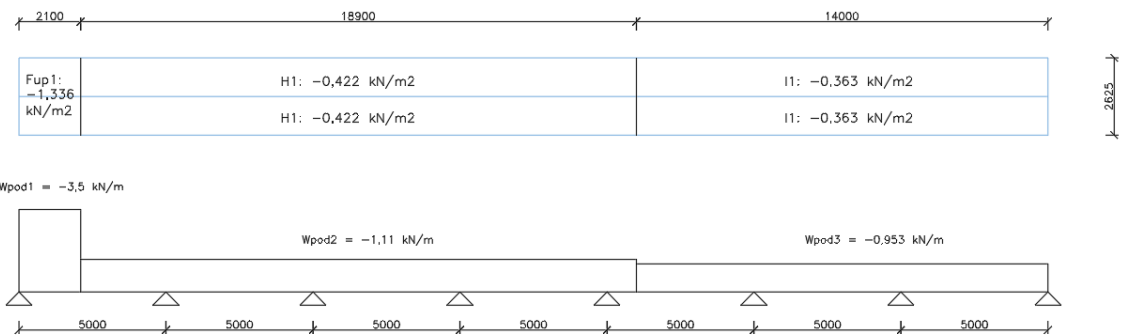
$$q_k = 2,1 \text{ kN/m}$$

příčný vítr



$$w_p = -0,246 \cdot 2,625 = -0,65 \text{ kN/m}$$

podélný vítr

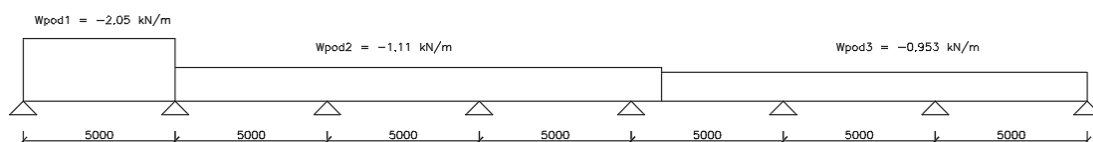


$$w_{pod1} = -1,336 \cdot 2,625 = -3,5 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -0,422 \cdot 2,625 = -1,11 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -0,363 \cdot 2,625 = -0,953 \text{ kN/m}$$

zprůměrované zatížení podélným větrem



$$w_{pod1} = -2,05 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -1,11 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -0,953 \text{ kN/m}$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

stálé + sníh

$$ZS1: 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,35 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot 2,1 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 2 = 5,22 \text{ kN/m}$$

min. stálé + max vítr

$$ZS2: 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot \max(w_p; w_{pod}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,0 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot (-2,05) = -2,71 \text{ kN/m}$$

NÁVRH: vaznice Z 240/2,0-S, spojitý nosník o 3 nebo 4 polích

- posouzení tlaku:

$$q_{Ed} = 5,22 \text{ kN/m} \leq q_{Rd} = 5,65 \text{ kN/m}$$

- posouzení sání:

$$q_{Ed} = -2,71 \text{ kN/m} \leq -4,48 \text{ kN/m}$$

VAZNICE VYHOVÍ.

Z 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Řádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Řádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

PROSTÝ NOSNÍK

Profil	G [kg/m]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
Z 240/2,0	1	4.74	3.91	3.29	3.03	2.80	2.60	2.42	2.25	2.11	1.97	1.85	1.64	1.46	1.31	1.18		
	2	2.89	2.33	1.90	1.72	1.56	1.42	1.30	1.18	1.09	1.00	0.92	0.77	0.65	0.55	0.47		
	3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.68	-1.54	-1.42	-1.31	-1.21	-1.12	-1.04	-0.97	-0.85	-0.74	-0.66	-0.58		
	4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.93	-0.85	-0.77	-0.71	-0.65	-0.59	-0.55	-0.51	-0.43	-0.38	-0.33	-0.29		
G = 6,61 kg/m	5	3.89	2.92	2.25	1.99	1.77	1.58	1.42	1.27	1.15	1.04	0.95	0.79	0.67	0.57	0.49		
	6	2.59	1.95	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.63	0.53	0.44	0.38	0.32		
	1	6.80	5.62	4.72	4.35	4.02	3.73	3.47	3.23	3.02	2.83	2.66	2.35	2.10	1.88	1.70		
	2	4.83	3.91	3.21	2.92	2.65	2.42	2.22	2.04	1.87	1.73	1.60	1.35	1.15	0.98	0.85		
Z 240/2,5	3	-3.84	-3.13	-2.59	-2.37	-2.18	-2.00	-1.85	-1.71	-1.59	-1.48	-1.37	-1.20	-1.05	-0.93	-0.83		
	4	-2.75	-2.22	-1.82	-1.65	-1.51	-1.38	-1.27	-1.17	-1.08	-1.00	-0.93	-0.78	-0.66	-0.56	-0.48		
	5	5.13	3.85	2.97	2.63	2.33	2.08	1.87	1.68	1.52	1.38	1.25	1.04	0.88	0.75	0.64		
	6	3.42	2.57	1.98	1.75	1.56	1.39	1.25	1.12	1.01	0.92	0.83	0.70	0.59	0.50	0.43		
Z 240/3,0	1	8.79	7.27	6.11	5.63	5.20	4.82	4.49	4.18	3.91	3.66	3.44	3.04	2.71	2.44	2.20		
	2	6.76	5.49	4.53	4.12	3.76	3.44	3.15	2.90	2.67	2.47	2.29	1.95	1.67	1.44	1.25		
	3	-4.86	-3.96	-3.28	-3.00	-2.76	-2.54	-2.34	-2.17	-2.01	-1.87	-1.74	-1.52	-1.34	-1.18	-1.05		
	4	-3.81	-3.08	-2.53	-2.31	-2.11	-1.94	-1.78	-1.64	-1.52	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
G = 9,91 kg/m	5	6.28	4.72	3.63	3.21	2.86	2.55	2.29	2.06	1.86	1.69	1.53	1.28	1.08	0.92	0.78		
	6	4.18	3.14	2.42	2.14	1.90	1.70	1.52	1.37	1.24	1.12	1.02	0.85	0.72	0.61	0.52		

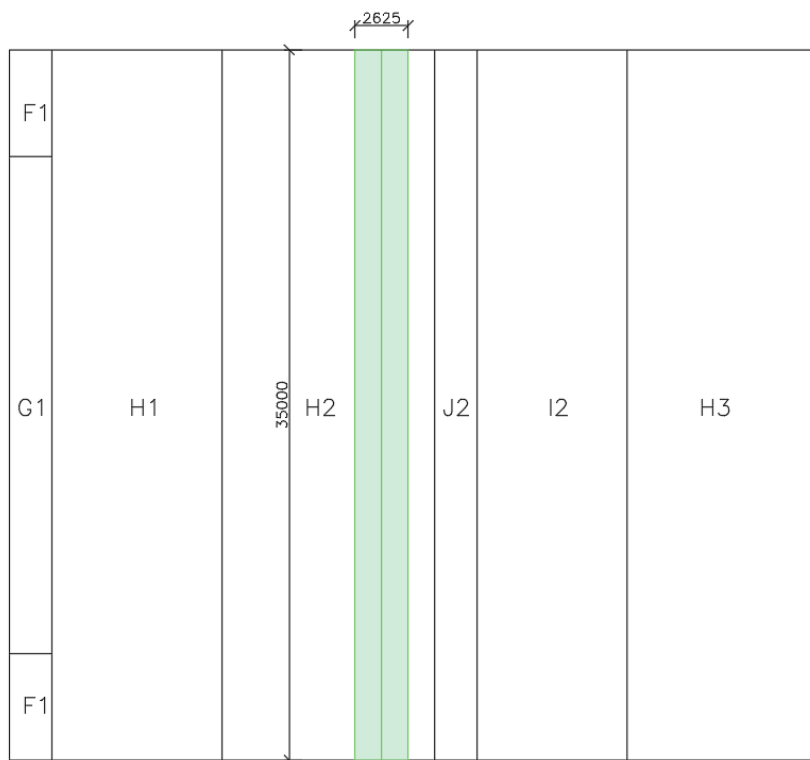
SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m

Profil		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00
Z 240/2,0	1	5.65	4.69	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	2.09	1.84	1.63	1.45	1.30	1.17	1.06
	2	4.24	3.56	2.99	2.71	2.46	2.24	2.05	1.87	1.72	1.58	1.46	1.23	1.04	0.89	0.76	0.65	0.56
	3	-4.48	-3.62	-2.97	-2.72	-2.50	-2.31	-2.13	-1.97	-1.83	-1.71	-1.59	-1.39	-1.23	-1.09	-0.97	-0.87	-0.78
	4	-2.76	-2.17	-1.74	-1.58	-1.45	-1.32	-1.21	-1.11	-1.03	-0.95	-0.88	-0.76	-0.66	-0.58	-0.51	-0.45	-0.40
	5	7.36	5.53	4.26	3.77	3.35	2.99	2.68	2.41	2.18	1.98	1.80	1.50	1.26	1.07	0.92	0.79	0.69
	6	4.90	3.68	2.84	2.51	2.23	1.99	1.79	1.61	1.45	1.32	1.20	1.00	0.84	0.72	0.61	0.53	0.46
Z 240/2,5	1	7.74	6.44	5.45	4.99	4.58	4.22	3.90	3.61	3.36	3.12	2.91	2.57	2.28	2.03	1.83	1.65	1.49
	2	6.80	5.83	5.04	4.58	4.18	3.82	3.50	3.22	2.96	2.73	2.53	2.15	1.84	1.58	1.37	1.17	1.01
	3	-6.26	-5.07	-4.18	-3.83	-3.53	-3.25	-3.01	-2.79	-2.59	-2.41	-2.25	-1.97	-1.74	-1.54	-1.38	-1.23	-1.11
	4	-4.62	-3.69	-3.00	-2.74	-2.51	-2.31	-2.13	-1.96	-1.82	-1.68	-1.57	-1.36	-1.19	-1.05	-0.93	-0.83	-0.74
	5	9.71	7.30	5.62	4.97	4.42	3.95	3.54	3.18	2.88	2.61	2.37	1.98	1.66	1.42	1.21	1.05	0.91
	6	6.47	4.86	3.75	3.31	2.95	2.63	2.36	2.12	1.92	1.74	1.58	1.32	1.11	0.94	0.81	0.70	0.61
Z 240/3,0	1	9.69	8.07	6.84	6.27	5.76	5.31	4.92	4.56	4.24	3.95	3.68	3.25	2.89	2.58	2.32	2.09	1.89
	2	9.09	7.82	6.84	6.25	5.74	5.28	4.87	4.51	4.18	3.88	3.62	3.09	2.66	2.30	2.00	1.72	1.49
	3	-7.91	-6.41	-5.29	-4.85	-4.46	-4.11	-3.80	-3.53	-3.28	-3.06	-2.85	-2.50	-2.20	-1.95	-1.74	-1.56	-1.41
	4	-6.33	-5.09	-4.15	-3.80	-3.48	-3.20	-2.95	-2.73	-2.53	-2.35	-2.19	-1.91	-1.67	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
	5	11.9	8.93	6.88	6.08	5.41	4.83	4.33	3.90	3.52	3.19	2.90	2.42	2.04	1.67	1.49	1.28	1.12
	6	7.92	5.95	4.58	4.06	3.61	3.22	2.89	2.60	2.35	2.13	1.93	1.61	1.36	1.12	0.99	0.86	0.74

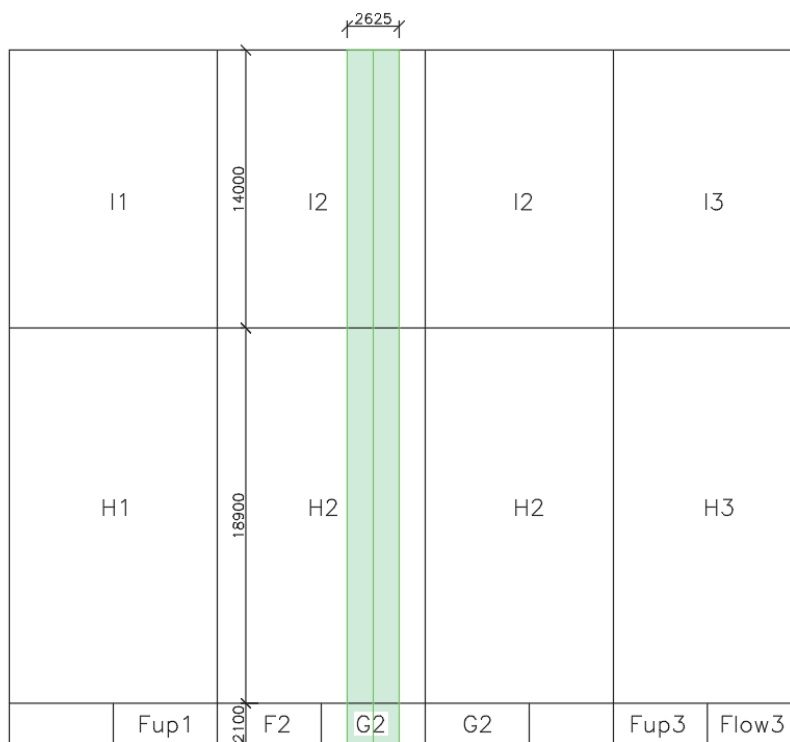
Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

vaznice 3 – maximální zatížení sněhem

příčný vítr $\theta = 0^\circ$



podélný vítr



ZATÍŽENÍ

vzdálenost vaznic: 2,625 m

STÁLÉ char. zatížení [kN/m]

vlastní tíha pláště $0,1 \cdot 2,625 = 0,263$

vlastní tíha vaznice 0,1

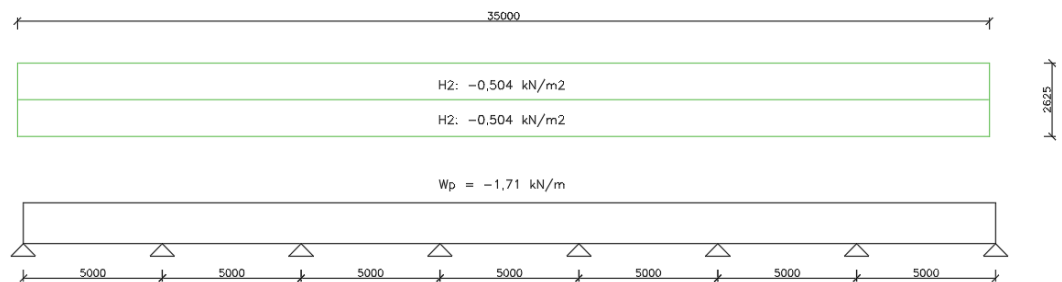
$$g_k = 0,363 \text{ kN/m}$$

PROMĚNNÉ char. zatížení [kN/m]

sníh $1,2 \cdot 2,625 = 3,15$

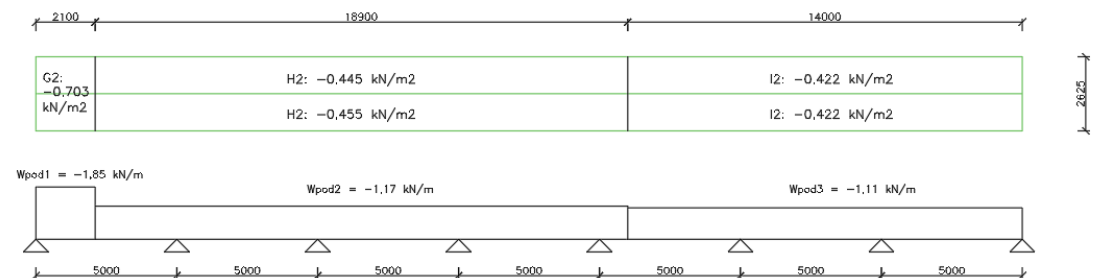
$$q_k = 3,15 \text{ kN/m}$$

příčný vítr



$$w_p = -0,504 \cdot 2,625 = -1,71 \text{ kN/m}$$

podélný vítr

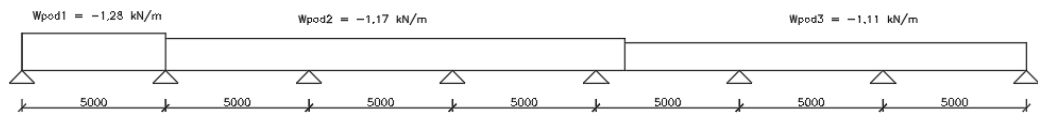


$$w_{pod1} = -0,703 \cdot 2,625 = -1,85 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -0,445 \cdot 2,625 = -1,17 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -0,422 \cdot 2,625 = -1,11 \text{ kN/m}$$

zprůměrované podélné zatížení větrem



$$w_{pod1} = -1,28 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod2} = -1,17 \text{ kN/m}$$

$$w_{pod3} = -1,11 \text{ kN/m}$$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

stálé + sníh

$$ZS1: 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,35 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot 3,15 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 \cdot 2 = 6,8 \text{ kN/m}$$

min. stálé + max vítr

$$ZS2: 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot \max(w_p; w_{pod}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,0 \cdot 0,363 + 1,5 \cdot (-1,85) = -2,41 \text{ kN/m}$$

NÁVRH: vaznice Z 240/2,5-S, spojitý nosník o 3 nebo 4 polích

- posouzení tlaku:

$$q_{Ed} = 6,8 \text{ kN/m} \leq q_{Rd} = 7,74 \text{ kN/m}$$

- posouzení sání:

$$q_{Ed} = -2,41 \text{ kN/m} \leq -6,26 \text{ kN/m}$$

VAZNICE VYHOVÍ.

Z 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Rádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

PROSTÝ NOSNÍK

Profil	G [kg/m]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
Z 240/2,0	1	4.74	3.91	3.29	3.03	2.80	2.60	2.42	2.25	2.11	1.97	1.85	1.64	1.46	1.31	1.18		
	2	2.89	2.33	1.90	1.72	1.56	1.42	1.30	1.18	1.09	1.00	0.92	0.77	0.65	0.55	0.47		
	3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.68	-1.54	-1.42	-1.31	-1.21	-1.12	-1.04	-0.97	-0.85	-0.74	-0.66	-0.58		
	4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.93	-0.85	-0.77	-0.71	-0.65	-0.59	-0.55	-0.51	-0.43	-0.38	-0.33	-0.29		
G = 6,61 kg/m	5	3.89	2.92	2.25	1.99	1.77	1.58	1.42	1.27	1.15	1.04	0.95	0.79	0.67	0.57	0.49		
	6	2.59	1.95	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.63	0.53	0.44	0.38	0.32		
	1	6.80	5.62	4.72	4.35	4.02	3.73	3.47	3.23	3.02	2.83	2.66	2.35	2.10	1.88	1.70		
	2	4.83	3.91	3.21	2.92	2.65	2.42	2.22	2.04	1.87	1.73	1.60	1.35	1.15	0.98	0.85		
Z 240/2,5	3	-3.84	-3.13	-2.59	-2.37	-2.18	-2.00	-1.85	-1.71	-1.59	-1.48	-1.37	-1.20	-1.05	-0.93	-0.83		
	4	-2.75	-2.22	-1.82	-1.65	-1.51	-1.38	-1.27	-1.17	-1.08	-1.00	-0.93	-0.78	-0.66	-0.56	-0.48		
	5	5.13	3.85	2.97	2.63	2.33	2.08	1.87	1.68	1.52	1.38	1.25	1.04	0.88	0.75	0.64		
	6	3.42	2.57	1.98	1.75	1.56	1.39	1.25	1.12	1.01	0.92	0.83	0.70	0.59	0.50	0.43		
Z 240/3,0	1	8.79	7.27	6.11	5.63	5.20	4.82	4.49	4.18	3.91	3.66	3.44	3.04	2.71	2.44	2.20		
	2	6.76	5.49	4.53	4.12	3.76	3.44	3.15	2.90	2.67	2.47	2.29	1.95	1.67	1.44	1.25		
	3	-4.86	-3.96	-3.28	-3.00	-2.76	-2.54	-2.34	-2.17	-2.01	-1.87	-1.74	-1.52	-1.34	-1.18	-1.05		
	4	-3.81	-3.08	-2.53	-2.31	-2.11	-1.94	-1.78	-1.64	-1.52	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
G = 9,91 kg/m	5	6.28	4.72	3.63	3.21	2.86	2.55	2.29	2.06	1.86	1.69	1.53	1.28	1.08	0.92	0.78		
	6	4.18	3.14	2.42	2.14	1.90	1.70	1.52	1.37	1.24	1.12	1.02	0.85	0.72	0.61	0.52		

SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m

Profil		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
Z 240/2,0	1	5.65	4.69	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	2.09	1.84	1.63	1.45	1.30	1.17	1.06
	2	4.24	3.56	2.99	2.71	2.46	2.24	2.05	1.87	1.72	1.58	1.46	1.23	1.04	0.89	0.76	0.65	0.56
	3	-4.48	-3.62	-2.97	-2.72	-2.50	-2.31	-2.13	-1.97	-1.83	-1.71	-1.59	-1.39	-1.23	-1.09	-0.97	-0.87	-0.78
	4	-2.76	-2.17	-1.74	-1.58	-1.45	-1.32	-1.21	-1.11	-1.03	-0.95	-0.88	-0.76	-0.66	-0.58	-0.51	-0.45	-0.40
	5	7.36	5.53	4.26	3.77	3.35	2.99	2.68	2.41	2.18	1.98	1.80	1.50	1.26	1.07	0.92	0.79	0.69
	6	4.90	3.68	2.84	2.51	2.23	1.99	1.79	1.61	1.45	1.32	1.20	1.00	0.84	0.72	0.61	0.53	0.46
Z 240/2,5	1	7.74	6.44	5.45	4.99	4.58	4.22	3.90	3.61	3.36	3.12	2.91	2.57	2.28	2.03	1.83	1.65	1.49
	2	6.80	5.83	5.04	4.58	4.18	3.82	3.50	3.22	2.96	2.73	2.53	2.15	1.84	1.58	1.37	1.17	1.01
	3	-6.26	-5.07	-4.18	-3.83	-3.53	-3.25	-3.01	-2.79	-2.59	-2.41	-2.25	-1.97	-1.74	-1.54	-1.38	-1.23	-1.11
	4	-4.62	-3.69	-3.00	-2.74	-2.51	-2.31	-2.13	-1.96	-1.82	-1.68	-1.57	-1.36	-1.19	-1.05	-0.93	-0.83	-0.74
	5	9.71	7.30	5.62	4.97	4.42	3.95	3.54	3.18	2.88	2.61	2.37	1.98	1.66	1.42	1.21	1.05	0.91
	6	6.47	4.86	3.75	3.31	2.95	2.63	2.36	2.12	1.92	1.74	1.58	1.32	1.11	0.94	0.81	0.70	0.61
Z 240/3,0	1	9.69	8.07	6.84	6.27	5.76	5.31	4.92	4.56	4.24	3.95	3.68	3.25	2.89	2.58	2.32	2.09	1.89
	2	9.09	7.82	6.84	6.25	5.74	5.28	4.87	4.51	4.18	3.88	3.62	3.09	2.66	2.30	2.00	1.72	1.49
	3	-7.91	-6.41	-5.29	-4.85	-4.46	-4.11	-3.80	-3.53	-3.28	-3.06	-2.85	-2.50	-2.20	-1.95	-1.74	-1.56	-1.41
	4	-6.33	-5.09	-4.15	-3.80	-3.48	-3.20	-2.95	-2.73	-2.53	-2.35	-2.19	-1.91	-1.67	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
	5	11.9	8.93	6.88	6.08	5.41	4.83	4.33	3.90	3.52	3.19	2.90	2.42	2.04	1.67	1.49	1.28	1.12
	6	7.92	5.95	4.58	4.06	3.61	3.22	2.89	2.60	2.35	2.13	1.93	1.61	1.36	1.12	0.99	0.86	0.74

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

Pro krajní pole, kde je maximální zatížení sněhem 0,8 kN/m², vyhovuje vaznice Z 240/2,0.

Pro střední pole, kde je maximální sníh 1,2 kN/m², vyhovuje vaznice Z 240/2,5.

3.2 Bezvaznicový systém

ZATÍŽENÍ

STÁLÉ	char. zatížení [kN/m]	γ	návrh. zatížení [kN/m]
2x vlastní tíha trapézového plechu (odhad)	$2 \cdot 0,1$	1,35	0,27
tepelná izolace 100 mm	$0,8 \cdot 0,1 \cdot 2$	1,35	0,216
$g_k = 0,36 \text{ kN/m}$			$g_d = 0,486 \text{ kN/m}^2$
PROMĚNNÉ	char. zatížení [kN/m]	γ	návrh. zatížení [kN/m]
sníh	1,2	1,5	1,8
montážní	0,75	1,5	1,125
$g_k = 1,95 \text{ kN/m}$			$g_d = 2,93 \text{ kN/m}^2$

3.2.1 Vrchní střešní plech

rozteče distančních profilů Z: 2 m

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$q_{Ed} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,35 \cdot 0,1 + 1,5 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 = 2,72 \text{ kN/m}^2$$

NÁVRH: trapézový plech TR 32/207/0,75

negativní poloha (pro odvod vody), spojitý nosník o více polí, $I_y = 12,6511 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

posouzení MSÚ

$$q_{Ed} = 2,72 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,92 \text{ kN/m}^2$$

posouzení MSP

max. průhyb:

$L = 2 \text{ m}$

$$\delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{2000}{200} = 10 \text{ mm}$$

průhyb na prostém nosníku:

$$\delta_p = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,05 \cdot 2000^4}{210000 \cdot 126511} = 8,23 \text{ mm}$$

kde: $g_k = \text{stálé} + \text{proměnné} = 0,1 + 1,95 = 1,05 \text{ kN/m}^2$, $E = 210\,000 \text{ MPa}$, $I = 126\,511 \text{ mm}^4$

průhyb na spojitém nosníku:

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_p - \frac{1}{16} \cdot M \cdot L^2 \cdot \frac{1}{E \cdot I} = \\ &= 8,23 - \frac{1}{16} \cdot 420000 \cdot 2000^2 \cdot \frac{1}{210000 \cdot 126511} = 4,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

kde: $M = \frac{1}{10} \cdot g_k \cdot L^2 = \frac{1}{10} \cdot 1,05 \cdot 2000^2 = 420000 \text{ N/m}^2$

posouzení:

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$4,3 \leq 10 \text{ mm}$$

posouzení na sání

maximální vítr: $-1,354 \text{ kN/m}^2$

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$q_{Ed} = 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot \max(w_p; w_{pod}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M =$$

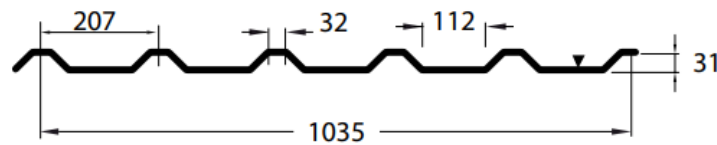
$$= 1,0 \cdot 0,1 + 1,5 \cdot (-1,354) = -1,93 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed} = -1,93 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,92 \text{ kN/m}^2$$

TRAPÉZOVÝ PLECH VYHOVÍ.

Hacierba 32/207

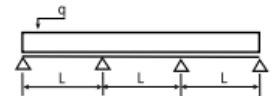
negativní poloha plechu



Charakteristiky

t [mm]	m [kg/m ²]	plný průřez				efektivní průřez - pozitivní poloha - kladný moment				efektivní průřez - pozitivní poloha - záporný moment			
		A _s [mm ² /m]	I _y [mm ⁴ /m]	z [mm]	W _{ely} [mm ³ /m]	A _{eff} [mm ² /m]	I _{eff} [mm ⁴ /m]	z _{eff} [mm]	W _{eff} [mm ³ /m]	A _{eff} [mm ² /m]	I _{eff} [mm ⁴ /m]	z _{eff} [mm]	W _{eff} [mm ³ /m]
0,55	4,83	614,81	92767,67	21,13	4389,52	385,58	55171,65	16,45	3354,88	565,85	77384,81	21,53	3594,11
0,63	5,53	704,23	106264,36	21,17	5018,65	452,17	65882,30	16,11	4089,70	680,95	95911,60	21,86	4386,55
0,75	6,58	838,37	126511,90	21,23	5958,02	556,66	82864,14	16,10	5146,32	822,45	119447,58	21,64	5520,32
0,88	7,72	983,69	148450,70	21,30	6969,88	675,84	102349,26	16,68	6136,22	977,06	145546,24	21,44	6788,40
1,00	8,77	1117,83	168706,17	21,36	7898,64	791,13	121205,28	17,17	7058,70	1117,83	168706,17	21,36	7898,64

SPOJITÝ NOSNÍK SE TŘEMI SHODNÝMI POLI - NEGATIVNÍ POLOHA PLECHU



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]														
		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
0,55	q _{Ed} (c < 1,5h)	17,55	11,70	7,82	5,46	4,04	3,11	2,47	2,01	1,67	1,41	1,19	1,02	0,88	0,76	0,67
	q _{Ed} (c ≥ 1,5h)	22,06	12,20	7,82	5,46	4,04	3,11	2,47	2,01	1,67	1,41	1,19	1,02	0,88	0,76	0,67
	q _{Ek} (δ ≤ L/200)	96,00	28,45	12,00	6,14	3,56	2,24	1,50	1,05	0,77	0,58	0,44	0,35	0,28	0,23	0,19
0,63	q _{Ed} (c < 1,5h)	22,92	15,24	9,73	6,78	5,00	3,85	3,05	2,48	2,06	1,73	1,45	1,24	1,07	0,93	0,82
	q _{Ed} (c ≥ 1,5h)	27,71	15,24	9,73	6,78	5,00	3,85	3,05	2,48	2,06	1,73	1,45	1,24	1,07	0,93	0,82
	q _{Ek} (δ ≤ L/200)	118,99	35,26	14,87	7,62	4,41	2,78	1,86	1,31	0,95	0,72	0,55	0,43	0,35	0,28	0,23
0,75	q _{Ed} (c < 1,5h)	32,21	19,97	12,67	8,79	6,46	4,95	3,92	3,18	2,63	2,18	1,83	1,56	1,34	1,17	1,03
	q _{Ed} (c ≥ 1,5h)	36,62	19,97	12,67	8,79	6,46	4,95	3,92	3,18	2,63	2,18	1,83	1,56	1,34	1,17	1,03
	q _{Ek} (δ ≤ L/200)	148,19	43,91	18,52	9,48	5,49	3,46	2,32	1,63	1,19	0,89	0,69	0,54	0,43	0,35	0,29
0,88	q _{Ed} (c < 1,5h)	43,90	25,01	15,75	10,86	7,95	6,08	4,80	3,88	3,14	2,60	2,18	1,86	1,60	1,40	1,23
	q _{Ed} (c ≥ 1,5h)	46,38	25,01	15,75	10,86	7,95	6,08	4,80	3,88	3,14	2,60	2,18	1,86	1,60	1,40	1,23
	q _{Ek} (δ ≤ L/200)	180,57	53,50	22,57	11,56	6,69	4,21	2,82	1,98	1,44	1,09	0,84	0,66	0,53	0,43	0,35
1,00	q _{Ed} (c < 1,5h)	55,85	29,85	18,69	12,83	9,36	7,14	5,62	4,46	3,61	2,99	2,51	2,14	1,84	1,61	1,41
	q _{Ed} (c ≥ 1,5h)	55,85	29,85	18,69	12,83	9,36	7,14	5,62	4,46	3,61	2,99	2,51	2,14	1,84	1,61	1,41
	q _{Ek} (δ ≤ L/200)	209,30	62,01	26,16	13,40	7,75	4,88	3,27	2,30	1,67	1,26	0,97	0,76	0,61	0,50	0,41

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

3.2.2 Spodní střešní plech

vzdálenost podpor: 5 m

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$q_{Ed} = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M = 1,35 \cdot 0,36 + 1,5 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,75 = 3,07 \text{ kN/m}^2$$

Jelikož má hala 7 polí po 5 m, navrhne trapezový plech s jedním polem a trapezový plech se dvěma poli.

NÁVRH: trapezový plech TR 153/290/0,88, prostý nosník,

pozitivní poloha, $I_y = 436,0463 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

NÁVRH: trapezový plech TR 153/290/1,0, spojitý nosník o dvou polí

pozitivní poloha, $I_y = 495,5418 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

posouzení MSÚ

prostý nosník: $q_{Ed} = 3,07 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,76 \text{ kN/m}^2$

spojitý nosník o dvou polí: $q_{Ed} = 3,07 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,57 \text{ kN/m}^2$

posouzení MSP

max. průhyb:

$$\delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{5000}{200} = 25 \text{ mm}$$

L = 5 m

průhyb na prostém nosníku:

$$\delta_{p1} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,31 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 4360463} = 20,53 \text{ mm}$$

kde: $g_k = \text{stálé} + \text{proměnné} = 0,36 + 1,95 = 2,31 \text{ kN/m}^2$, $E = 210\,000 \text{ MPa}$, $I = 4\,360\,463 \text{ mm}^4$

posouzení:

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$20,53 \leq 25 \text{ mm}$$

průhyb na spojitém nosníku:

$$\delta_{p2} = \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E \cdot I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,31 \cdot 5000^4}{210000 \cdot 4955418} = 18,1 \text{ mm}$$

kde: $g_k = \text{stálé} + \text{proměnné} = 0,36 + 1,95 = 2,31 \text{ kN/m}^2$, $E = 210\,000 \text{ MPa}$, $I = 4\,360\,463 \text{ mm}^4$

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_{p2} - \frac{1}{16} \cdot M \cdot L^2 \cdot \frac{1}{E \cdot I} = \\ &= 18,1 - \frac{1}{16} \cdot 5775000 \cdot 5000^2 \cdot \frac{1}{210000 \cdot 4955418} = 9,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

kde: $M = \frac{1}{10} \cdot g_k \cdot L^2 = \frac{1}{10} \cdot 2,31 \cdot 5000^2 = 5775000 \text{ N/m}^2$

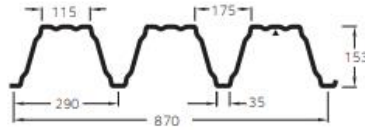
posouzení:

$$\delta \leq \delta_{max}$$

$$9,4 \leq 25 \text{ mm}$$

Hacierco 153/290

pozitivní poloha plechu



Charakteristiky

t [mm]	m [kg/m ²]	plný průřez				efektivní průřez - pozitivní poloha - kladný moment				efektivní průřez - pozitivní poloha - záporný moment			
		A ₀ [mm ² /m]	I ₀ [mm ⁴ /m]	z [mm]	W ₀ [mm ³ /m]	A _{ef} [mm ² /m]	I _{ef} [mm ⁴ /m]	z _{ef} [mm]	W _{ef} [mm ³ /m]	A _{ef} [mm ² /m]	I _{ef} [mm ⁴ /m]	z _{ef} [mm]	W _{ef} [mm ³ /m]
0,75	9,98	1270,89	3716555,74	89,17	41680,11	1125,40	3260983,57	82,80	39381,70	1086,66	3205975,73	96,48	33230,37
0,88	11,71	1491,18	4360763,45	89,23	48869,10	1367,67	3985339,45	84,79	47000,45	1335,11	3916818,12	94,70	41358,83
1,00	13,30	1694,53	4955418,71	89,29	55495,81	1590,06	4642566,39	86,06	53946,81	1576,53	4582224,35	93,35	49086,59
1,25	16,63	2118,16	6194291,17	89,42	69272,99	2043,16	5959699,05	87,54	68082,59	2021,18	5874645,75	92,19	63726,28

Únosnost

NOSNÍK S JEDNÍM POLEM
- POZITIVNÍ POLOHA PLECHU

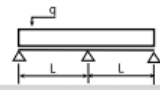


tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
0,75	q _{ed} (c<1,5h)	3,36	3,16	2,99	2,83	2,69	2,56	2,44	2,34	2,24	2,15	2,07	1,99	1,92	1,85	1,79	1,68	1,58
	q _{ed} (c≥1,5h)	6,30	5,58	4,98	4,47	4,03	3,66	3,33	3,05	2,80	2,58	2,39	2,21	2,06	1,92	1,79	1,68	1,58
	q _{ex} (δ≤L/200)	4,11	3,43	2,89	2,45	2,10	1,82	1,58	1,38	1,22	1,08	0,96	0,86	0,77	0,69	0,62	0,56	0,51
0,88	q _{ed} (c<1,5h)	4,70	4,42	4,18	3,96	3,76	3,58	3,42	3,27	3,13	3,01	2,85	2,64	2,46	2,29	2,14	2,00	1,88
	q _{ed} (c≥1,5h)	7,52	6,66	5,94	5,33	4,81	4,37	3,98	3,64	3,34	3,08	2,85	2,64	2,46	2,29	2,14	2,00	1,88
	q _{ex} (δ≤L/200)	5,02	4,19	3,53	3,00	2,57	2,22	1,93	1,69	1,49	1,32	1,17	1,04	0,94	0,84	0,76	0,69	0,63
1,00	q _{ed} (c<1,5h)	6,12	5,76	5,44	5,15	4,89	4,66	4,45	4,18	3,84	3,54	3,27	3,03	2,82	2,63	2,46	2,30	2,16
	q _{ed} (c≥1,5h)	8,63	7,65	6,82	6,12	5,52	5,01	4,57	4,18	3,84	3,54	3,27	3,03	2,82	2,63	2,46	2,30	2,16
	q _{ex} (δ≤L/200)	5,85	4,88	4,11	3,49	3,00	2,59	2,25	1,97	1,73	1,53	1,36	1,22	1,09	0,98	0,89	0,80	0,73
1,25	q _{ed} (c<1,5h)	9,62	9,05	8,55	7,72	6,97	6,32	5,76	5,27	4,84	4,46	4,13	3,83	3,56	3,32	3,10	2,90	2,72
	q _{ed} (c≥1,5h)	10,89	9,65	8,61	7,72	6,97	6,32	5,76	5,27	4,84	4,46	4,13	3,83	3,56	3,32	3,10	2,90	2,72
	q _{ex} (δ≤L/200)	7,51	6,26	5,27	4,48	3,84	3,32	2,89	2,53	2,22	1,97	1,75	1,56	1,40	1,26	1,14	1,03	0,94

Vysvětlivky

q _{ed} (c<1,5h)	návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 40 mm za podporu, vnitřní podpora šířky min. 120 mm [kN/m ²]
q _{ed} (c≥1,5h)	návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 1,5 x výška plechu za podporu, vnitřní podpora šířky min. 120 mm [kN/m ²]
q _{ex} (δ≤L/200)	charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200 [kN/m ²]

SPOJITÝ NOSNÍK SE DVĚMA SHODNÝMI POLI
- POZITIVNÍ POLOHA PLECHU



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
0,75	q _{ed} (c<1,5h)	3,11	2,84	2,61	2,41	2,23	2,07	1,92	1,79	1,68	1,57	1,48	1,39	1,31	1,24	1,18	1,11	1,06
	q _{ed} (c≥1,5h)	3,11	2,84	2,61	2,41	2,23	2,07	1,92	1,79	1,68	1,57	1,48	1,39	1,31	1,24	1,18	1,11	1,06
	q _{ex} (δ≤L/200)	10,17	8,47	7,14	6,07	5,20	4,50	3,91	3,42	3,01	2,66	2,37	2,12	1,90	1,71	1,54	1,40	1,27
0,88	q _{ed} (c<1,5h)	4,07	3,72	3,41	3,14	2,90	2,69	2,50	2,33	2,18	2,04	1,92	1,80	1,70	1,60	1,52	1,44	1,36
	q _{ed} (c≥1,5h)	4,07	3,72	3,41	3,14	2,90	2,69	2,50	2,33	2,18	2,04	1,92	1,80	1,70	1,60	1,52	1,44	1,36
	q _{ex} (δ≤L/200)	12,42	10,36	8,73	7,42	6,36	5,49	4,78	4,18	3,68	3,26	2,90	2,59	2,32	2,09	1,88	1,71	1,55
1,00	q _{ed} (c<1,5h)	5,03	4,58	4,20	3,86	3,57	3,30	3,07	2,86	2,67	2,50	2,34	2,20	2,08	1,96	1,85	1,75	1,66
	q _{ed} (c≥1,5h)	5,03	4,58	4,20	3,86	3,57	3,30	3,07	2,86	2,67	2,50	2,34	2,20	2,08	1,96	1,85	1,75	1,66
	q _{ex} (δ≤L/200)	14,47	12,07	10,16	8,64	7,41	6,40	5,57	4,87	4,29	3,79	3,37	3,01	2,70	2,43	2,20	1,99	1,81
1,25	q _{ed} (c<1,5h)	7,06	6,42	5,87	5,38	4,96	4,58	4,25	3,95	3,68	3,44	3,23	3,03	2,85	2,69	2,54	2,40	2,27
	q _{ed} (c≥1,5h)	7,06	6,42	5,87	5,38	4,96	4,58	4,25	3,95	3,68	3,44	3,23	3,03	2,85	2,69	2,54	2,40	2,27
	q _{ex} (δ≤L/200)	18,58	15,49	13,05	11,09	9,51	8,22	7,15	6,25	5,50	4,87	4,33	3,87	3,47	3,12	2,82	2,55	2,32

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

posouzení na sání

maximální vítr: - 1,354 kN/m²

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

$$q_{Ed} = 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot \max(w_p; w_{pod}) + 1,5 \cdot 0,7 \cdot M =$$

$$= 1,0 \cdot 0,28 + 1,5 \cdot (-1,354) = -1,75 \text{ kN/m}^2$$

prostý nosník:

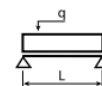
$$q_{Ed} = -0,96 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,42 \text{ kN/m}^2$$

spojitý nosník o dvou polí:

$$q_{Ed} = -1,75 \text{ kN/m}^2 \leq q_{Rd} = 3,62 \text{ kN/m}^2$$

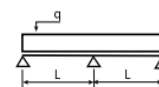
TRAPÉZOVÝ PLECH VYHOVÍ.

NOSNÍK S JEDNÍM POLEM
- NEGATIVNÍ POLOHA PLECHU



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
0,75	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	3,05	2,87	2,71	2,57	2,44	2,32	2,22	2,12	2,03	1,95	1,88	1,81	1,74	1,62	1,51	1,42	1,33
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	5,32	4,71	4,20	3,77	3,40	3,09	2,81	2,57	2,36	2,18	2,01	1,87	1,74	1,62	1,51	1,42	1,33
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	4,04	3,37	2,84	2,41	2,07	1,79	1,55	1,36	1,20	1,06	0,94	0,84	0,75	0,68	0,61	0,56	0,50
0,88	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	4,28	4,02	3,80	3,60	3,42	3,26	3,11	2,97	2,85	2,71	2,51	2,32	2,16	2,01	1,88	1,76	1,65
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	6,62	5,86	5,23	4,69	4,24	3,84	3,50	3,20	2,94	2,71	2,51	2,32	2,16	2,01	1,88	1,76	1,65
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	4,94	4,11	3,47	2,95	2,53	2,18	1,90	1,66	1,46	1,29	1,15	1,03	0,92	0,83	0,75	0,68	0,62
1,00	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	5,65	5,32	5,02	4,76	4,52	4,31	4,11	3,80	3,49	3,22	2,97	2,76	2,56	2,39	2,23	2,09	1,96
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	7,85	6,96	6,21	5,57	5,03	4,56	4,15	3,80	3,49	3,22	2,97	2,76	2,56	2,39	2,23	2,09	1,96
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	5,77	4,81	4,05	3,45	2,96	2,55	2,22	1,94	1,71	1,51	1,35	1,20	1,08	0,97	0,88	0,79	0,72
1,25	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	9,41	8,85	8,06	7,23	6,53	5,92	5,39	4,93	4,53	4,18	3,86	3,58	3,33	3,10	2,90	2,72	2,55
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	10,20	9,03	8,06	7,23	6,53	5,92	5,39	4,93	4,53	4,18	3,86	3,58	3,33	3,10	2,90	2,72	2,55
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	7,40	6,17	5,20	4,42	3,79	3,27	2,85	2,49	2,19	1,94	1,73	1,54	1,38	1,24	1,12	1,02	0,93

SPOJITÝ NOSNÍK SE DVĚMA SHODNÝMI POLI
- NEGATIVNÍ POLOHA PLECHU



tN (mm)	g (kN/m ²)	rozpětí pole L [m]																
		4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
0,75	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	3,17	2,91	2,68	2,48	2,30	2,14	2,00	1,87	1,76	1,65	1,56	1,47	1,39	1,32	1,25	1,19	1,13
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	3,17	2,91	2,68	2,48	2,30	2,14	2,00	1,87	1,76	1,65	1,56	1,47	1,39	1,32	1,25	1,19	1,13
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	9,99	8,33	7,02	5,97	5,12	4,42	3,84	3,36	2,96	2,62	2,33	2,08	1,86	1,68	1,52	1,37	1,25
0,88	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	4,11	3,76	3,46	3,20	2,96	2,75	2,57	2,40	2,25	2,11	1,99	1,87	1,77	1,67	1,59	1,50	1,43
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	4,11	3,76	3,46	3,20	2,96	2,75	2,57	2,40	2,25	2,11	1,99	1,87	1,77	1,67	1,59	1,50	1,43
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	12,21	10,18	8,58	7,29	6,25	5,40	4,70	4,11	3,62	3,20	2,85	2,54	2,28	2,05	1,85	1,68	1,53
1,00	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	5,06	4,62	4,25	3,91	3,62	3,36	3,13	2,92	2,73	2,56	2,41	2,27	2,14	2,02	1,91	1,81	1,72
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	5,06	4,62	4,25	3,91	3,62	3,36	3,13	2,92	2,73	2,56	2,41	2,27	2,14	2,02	1,91	1,81	1,72
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	14,28	11,91	10,03	8,53	7,31	6,32	5,49	4,81	4,23	3,74	3,33	2,97	2,67	2,40	2,17	1,96	1,79
1,25	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	7,24	6,60	6,04	5,55	5,11	4,73	4,39	4,09	3,81	3,57	3,34	3,14	2,96	2,79	2,64	2,49	2,36
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	7,24	6,60	6,04	5,55	5,11	4,73	4,39	4,09	3,81	3,57	3,34	3,14	2,96	2,79	2,64	2,49	2,36
	$q_{Ed} (\delta \leq L/200)$	18,31	15,27	12,86	10,94	9,38	8,10	7,04	6,16	5,43	4,80	4,27	3,81	3,42	3,08	2,78	2,52	2,29

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

3.3 Volba střešního pláště

První návrh – vaznicový systém – má přibližně celkovou hmotnost 23 419 kg a druhý návrh – bezvaznicový systém – má přibližně celkovou hmotnost 26 719 kg. První návrh má sice nižší hmotnost, ale druhý návrh bude jednodušší na montáž a v hmotnosti není tak velký rozdíl, proto navrhují bezvaznicový systém.

4. STĚNOVÝ PLÁŠŤ

4.1 Sendvičový panel

charakteristické zatížení – tlak: $0,425 \text{ kN/m}^2$

charakteristické zatížení – sání: $-0,703 \text{ kN/m}^2$

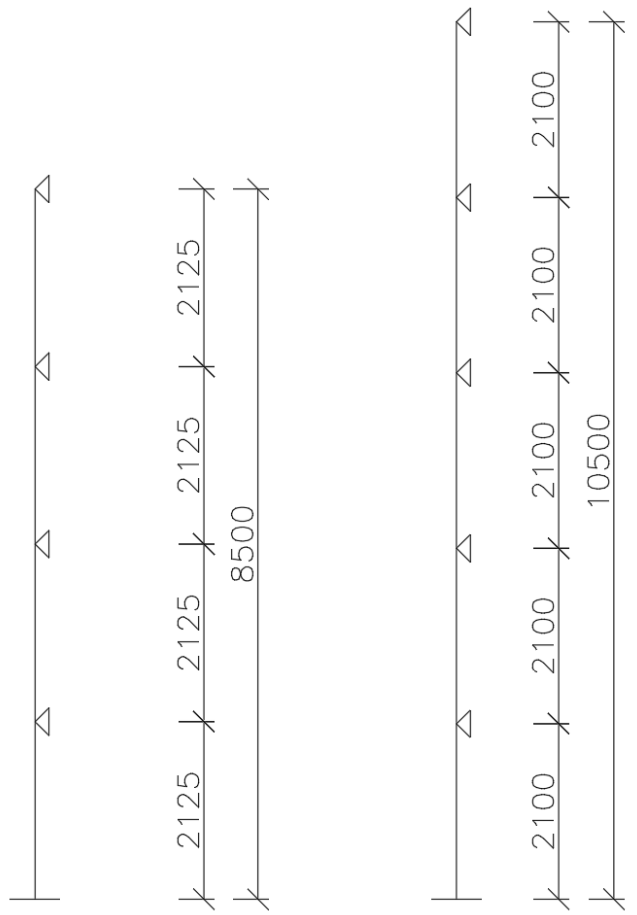
NÁVRH: stěnový panel KS1000 AWP 100, spojitý nosník o dvou polí

při zatížení tlakem: $0,5 \text{ kN/m}^2$ – maximální rozpon: $5,82 \text{ m}$

při zatížení sání: $0,75 \text{ kN/m}^2$ – maximální rozpon: $2,85 \text{ m}$

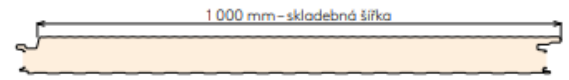
→ NÁVRH panelu podélné stěny s rozponem $2,125 \text{ m}$

→ NÁVRH panelu příčné stěny s rozponem $2,1 \text{ m}$



**Stěnový panel KS1000 AWP 100 – kotvení
ve skrytém spoji**

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD
podle ČSN EN 14509



TLAK										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲▲	I., II., III.	40	40	46	57	67	76	84	92	Význam hodnot v tabulce: AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm]
		9,91	7,97	6,95	6,10	5,45	4,98	4,61	4,31	
		40	40	40	40	47	56	65	73	
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲	I.	7,55	5,82	5,05	4,58	4,26	4,01	3,81	3,62	Příklady začlenění odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobá zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
		60	60	60	74	93	113	129	146	
	II.	7,55	5,82	5,05	4,58	4,26	4,01	3,81	3,62	
		40	40	40	40	47	56	65	73	
	III.	7,55	5,82	5,05	4,58	4,26	4,01	3,81	3,62	
		60	60	60	74	93	113	129	146	
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲▲▲	I.	9,88	7,10	5,86	5,14	4,64	4,28	4,00	3,78	
		40	40	40	44	54	62	70	77	
	II.	9,88	7,10	5,86	5,14	4,64	4,28	4,00	3,78	
		40	40	40	44	54	62	70	77	
	III.	9,88	7,10	5,86	5,14	4,64	4,28	4,00	3,78	
		60	60	69	89	107	124	139	154	

SÁNÍ										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲▲	I.	9,48	6,15	4,10	3,08	2,46	2,05	1,76	1,54	Význam hodnot v tabulce: X,XX max. rozpon [m]
	II.	9,48	6,15	4,10	3,08	2,46	2,05	1,76	1,54	
	III.	8,72	6,15	4,10	3,08	2,46	2,05	1,76	1,54	
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲	I.	9,15	4,32	2,85	2,17	1,78	1,52	1,34	1,20	Příklady začlenění odstínu do skupiny: I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000 Přípustná deformace: - pro krátkodobé zatížení L/200 - pro dlouhodobá zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	8,80	3,99	2,60	1,99	1,64	1,42	1,25	1,13	
	III.	8,21	3,44	2,11	1,69	1,46	1,27	1,13	1,03	
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲▲▲	I.	9,48	5,34	3,48	2,57	1,86	1,47	1,23	1,07	
	II.	9,48	5,22	3,36	2,46	1,86	1,47	1,23	1,07	
	III.	9,48	5,01	3,16	2,28	1,79	1,47	1,23	1,07	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.
Pozn.: Uvedené rozpory jsou vypočteny pro případ upevnění panelu ve skrytém spoji pomocí 2 šroubů s roznášecí podložkou Z15 a v místě každé podpory.

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

4.2 Paždíky

zatížení – tlak: $0,425 \cdot 2,125 \cdot 1,5 = 1,4 \text{ kN/m}$

zatížení – sání: $-0,703 \cdot 2,125 \cdot 1,5 = -2,25 \text{ kN/m}$

NÁVRH: paždík C 240/2,5-S, prostý nosník

- posouzení tlaku:

$$q_{Ed} = 1,4 \text{ kN/m} \leq q_{Rd} = 6,66 \text{ kN/m}$$

- posouzení sání:

$$q_{Ed} = -2,25 \text{ kN/m} \leq -2,38 \text{ kN/m}$$

PAŽDÍK VYHOVÍ.

C 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1: Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 2: Únosnost s vlivem osově síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 3: Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

Rádek č. 4: Únosnost pro sání s vlivem osově síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Rádek č. 5: Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Rádek č. 6: Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

PROSTÝ NOSNÍK

Profil G [kg/m]		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75
C 240/2,0	1	8.71	7.65	6.78	6.05	5.43	4.90	4.44	4.05	3.70	3.40	3.13	2.90	2.69	2.50	2.33	2.18	2.04
	2	7.15	6.25	5.50	4.87	4.35	3.90	3.50	3.17	2.87	2.61	2.39	2.19	2.01	1.86	1.71	1.58	1.46
	3	-2.93	-2.63	-2.38	-2.16	-1.98	-1.82	-1.67	-1.54	-1.42	-1.32	-1.23	-1.15	-1.08	-1.01	-0.94	-0.88	-0.82
	4	-2.32	-2.06	-1.85	-1.67	-1.52	-1.38	-1.26	-1.16	-1.07	-0.99	-0.91	-0.85	-0.79	-0.74	-0.69	-0.64	-0.59
G = 6,20 kg/m	5	8.95	7.38	6.15	5.18	4.41	3.78	3.26	2.84	2.48	2.19	1.93	1.72	1.54	1.38	1.24	1.12	1.01
	6	5.97	4.92	4.10	3.46	2.94	2.52	2.18	1.89	1.66	1.46	1.29	1.15	1.02	0.92	0.83	0.75	0.68
	1	11.83	10.40	9.21	8.22	7.38	6.66	6.04	5.50	5.03	4.62	4.26	3.94	3.65	3.39	3.16	2.96	2.77
	2	10.25	8.97	7.90	7.01	6.26	5.63	5.07	4.58	4.16	3.80	3.47	3.19	2.94	2.71	2.50	2.31	2.14
C 240/2,5	3	-3.81	-3.42	-3.09	-2.82	-2.58	-2.38	-2.18	-2.01	-1.87	-1.73	-1.62	-1.51	-1.42	-1.34	-1.24	-1.16	-1.09
	4	-3.23	-2.89	-2.60	-2.35	-2.15	-1.97	-1.80	-1.65	-1.53	-1.42	-1.32	-1.23	-1.15	-1.08	-1.00	-0.93	-0.87
	5	11.7	9.61	8.01	6.75	5.74	4.92	4.25	3.70	3.23	2.85	2.52	2.24	2.00	1.79	1.61	1.46	1.32
	6	7.77	6.41	5.34	4.50	3.83	3.28	2.83	2.46	2.16	1.90	1.68	1.49	1.33	1.19	1.08	0.97	0.88
C 240/3,0	1	15.01	13.19	11.68	10.42	9.35	8.44	7.66	6.98	6.38	5.86	5.40	4.99	4.63	4.31	4.01	3.75	3.51
	2	13.43	11.75	10.37	9.21	8.23	7.40	6.67	6.04	5.49	5.01	4.59	4.22	3.89	3.59	3.32	3.07	2.85
	3	-4.60	-4.13	-3.73	-3.40	-3.11	-2.87	-2.63	-2.43	-2.25	-2.10	-1.96	-1.83	-1.72	-1.62	-1.51	-1.41	-1.32
	4	-4.06	-3.63	-3.26	-2.96	-2.70	-2.47	-2.27	-2.09	-1.93	-1.79	-1.67	-1.56	-1.46	-1.37	-1.28	-1.19	-1.11
G = 9,30 kg/m	5	14.1	11.6	9.66	8.14	6.92	5.93	5.13	4.46	3.90	3.43	3.04	2.70	2.41	2.16	1.95	1.76	1.59
	6	9.38	7.73	6.44	5.43	4.61	3.96	3.42	2.97	2.60	2.29	2.03	1.80	1.61	1.44	1.30	1.17	1.06

Pozn.: Celý technický list se nachází v příloze F.

5. TYPICKÁ PŘÍČNÁ VAZBA

5.1 Zatížení

5.1.1 Zatěžovací stavy

zatěžovací
šířka: 5 m

ZS1 – Vlastní tíha

- vlastní tíha rámu je uvažována v softwaru

ZS2 – Střešní plášť

ZATÍŽENÍ

STÁLÉ	char. zatížení [kN/m]
vlastní tíha trapézových plechů	$(0,067+0,133) \cdot 5 = 1$
tepelná izolace 100 mm	$0,8 \cdot 0,1 \cdot 5 = 0,4$
$f_2 = 1,4 \text{ kN/m}$	

ZS3 – Stěnový plášť

$$f_3 = 0,128 \cdot 5 = 0,64 \text{ kN/m}$$

ZS4 – Paždíky

$$f_4 = 0,0775 \cdot 5 = 0,39 \text{ kN/m}$$

ZS5 – Sníh

$$\text{krajní oblast: } f_{5,1} = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ kN/m}$$

$$\text{střední oblast: } f_{5,2} = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ kN/m}$$

ZS6 – Vítr příčný 0°

D	G1	H1	H2	J2	I2	H3	E
$w \rightarrow$	$(+0,425)$	$(-0,246)$	$(-0,504)$		$(-0,311)$	$(-0,306)$	$(-0,205)$
				$(-0,563)$	$(-0,393)$		

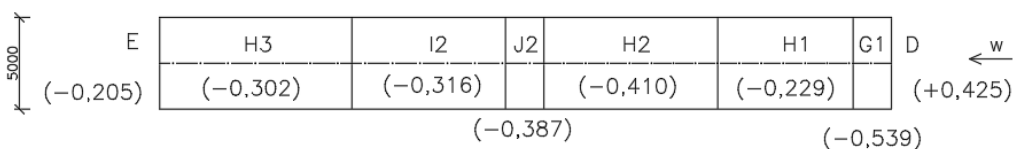
Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí.

$$f_6 = w_{e,k,i} \cdot 5 \text{ [kN/m]}$$

D	G1	H1	H2	J2	I2	H3	E
$w \rightarrow$	$+2,13$	$-1,23$	$-2,52$		$-1,56$	$-1,53$	$-1,03$
				$-2,82$	$-1,97$		

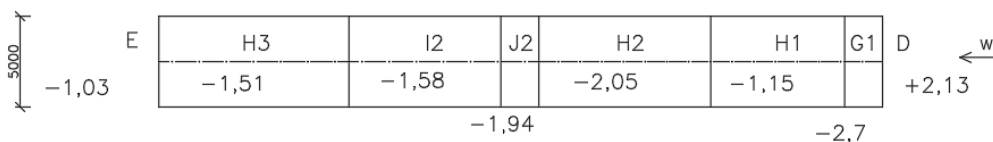
Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí.

ZS7 – Vítr příčný 180°



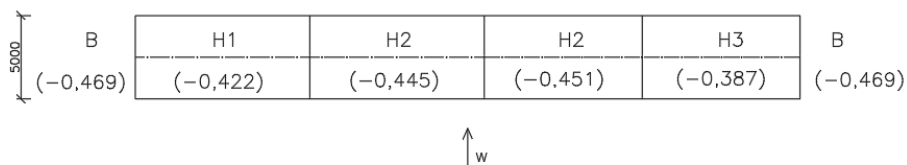
Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí.

$$f_7 = w_{e,k,i} \cdot 5 \text{ [kN/m]}$$



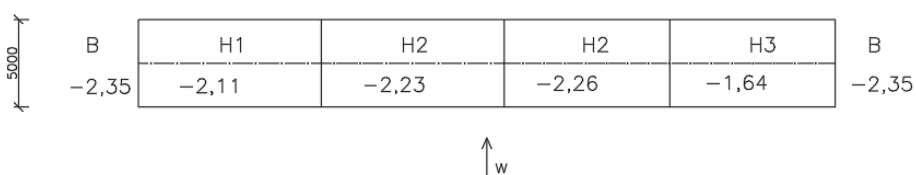
Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí

ZS8 – Vítr podélný



Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí.

$$f_8 = w_{e,k,i} \cdot 5 \text{ [kN/m]}$$



Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí

Pozn.: Znázorněné zatížení je zobrazeno v Příloze E.1.

5.1.2 Kombinace zatěžovacích stavů MSÚ

	(1,2)	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S$
G ... stálé	(3)	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \psi \cdot 1,5 \cdot w_{p,0^\circ}$
S ... sníh	(4)	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \psi \cdot 1,5 \cdot w_{p,180^\circ}$
$w_{p,0^\circ}$... vítr příčný 0°	(5)	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,0^\circ} + \psi \cdot 1,5 \cdot S$
$w_{p,180^\circ}$... vítr příčný 180°	(6)	$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,180^\circ} + \psi \cdot 1,5 \cdot S$
w_{pod} ... vítr podélný	(7)	$1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,0^\circ}$
	(8)	$1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,180^\circ}$
	(9,10)	$1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{pod}$
		redukční součinitel pro vítr: $\psi = 0,6$
		redukční součinitel pro sníh: $\psi = 0,5$

Pozn.: První a poslední kombinace jsou uvažovány dvakrát, jelikož výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí II. řádu a jednou je uvažován náklon sloupů v jednom směru a poté v druhém. V ostatních případech je náklon sloupů uvažován ve směru podle směru větru.

5.1.3 Kombinace zatěžovacích stavů MSP

KZS1:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S$
KZS2:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ}$
KZS3:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ}$
KZS4:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ} + 1,0 \cdot S$
KZS5:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ} + 1,0 \cdot S$
KZS6:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ}$
KZS7:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ}$
KZS8:	$1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{pod}$

5.2 Předběžný návrh

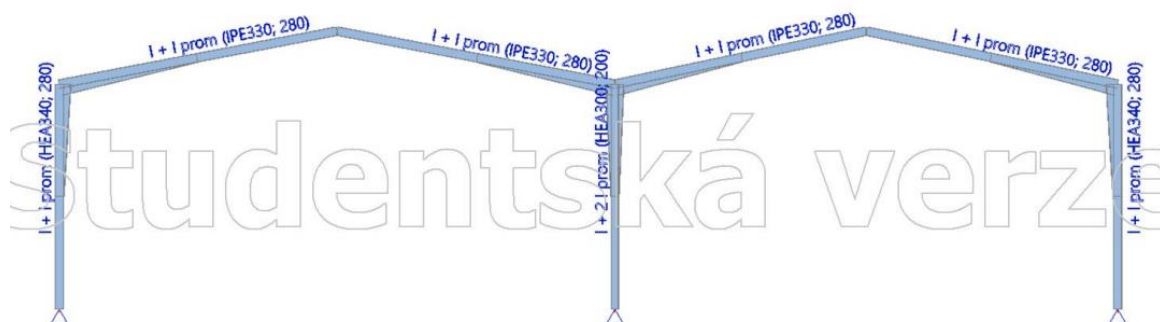
Předběžný návrh se provede podle následujících kritérií:

maximální vodorovný průhyb: $\delta_{x,max} = H/150 = 8500/150 = 56,7$ mm

maximální svislý průhyb: $\delta_{z,max} = L/150 = 21000/150 = 84$ mm

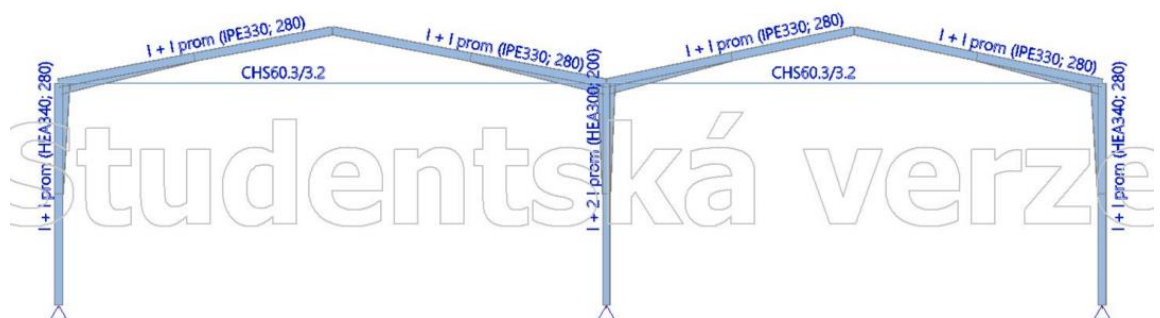
maximální napětí: $\sigma_{x,lim} = 0,8 \cdot f_y = 0,8 \cdot 235 = 188$ MPa

Návrh 1

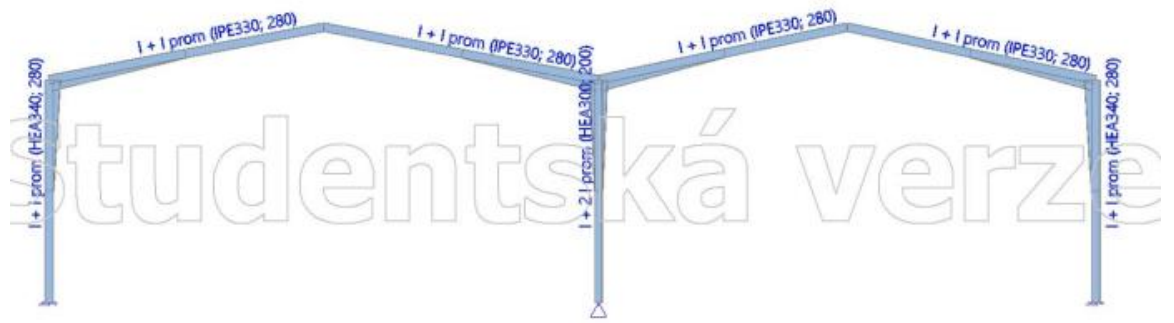


Popis konstrukce	Rámová konstrukce, sloupy HEA 340+280 a HEA 300 +200, příčle IPE 330+280, kloubové patky
Max. napětí $\sigma_{x,lim}$	155 MPa
Max. vodorovný průhyb $\delta_{x,max}$	46,6 mm
Max. svislý průhyb: $\delta_{z,max}$	59,8 mm
Výhody	jednoduché provedení patek
Nevýhody	větší vodorovný a svislý posun

Návrh 2

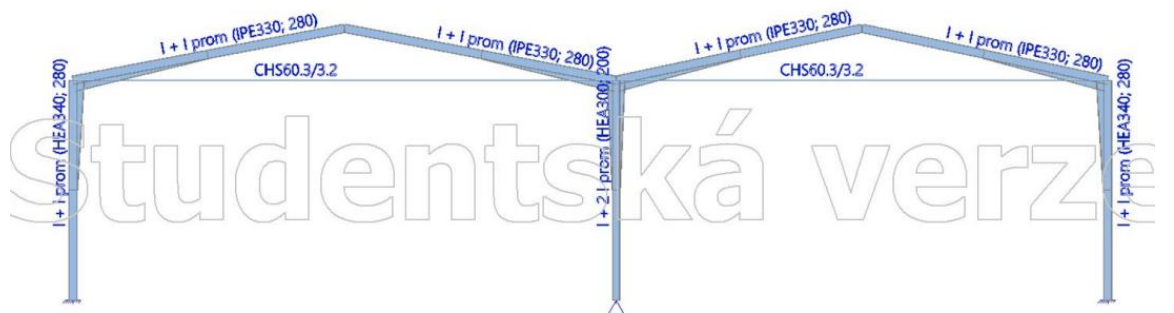


Popis konstrukce	Rámová konstrukce, sloupy HEA 340+280 a HEA 300 +200, příčle IPE 330+280, kloubové patky, táhla 60,3/3,2
Max. napětí $\sigma_{x,lim}$	111,2 MPa
Max. vodorovný průhyb $\delta_{x,max}$	39,6 mm
Max. svislý průhyb: $\delta_{z,max}$	31,8 mm
Výhody	jednoduché provedení patek, menší svislý i vodorovný posun
Nevýhody	větší množství oceli, velké napětí v táhle



Popis konstrukce	Rámová konstrukce, sloupy HEA 340+280 a HEA 300 +200, příčle IPE 330+280, krajní vetknuté patky
Max. napětí $\sigma_{x,lim}$	140,7 MPa
Max. vodorovný průhyb $\delta_{x,max}$	21,7 mm
Max. svislý průhyb: $\delta_{z,max}$	49,2 mm
Výhody	menší svislý i vodorovný posun
Nevýhody	náročnost provedení ocelových patek

Návrh 4



Popis konstrukce	Rámová konstrukce, sloupy HEA 340+280 a HEA 300 +200, příčle IPE 330+280, krajní vetknuté patky, táhla 60,3/3,2
Max. napětí $\sigma_{x,lim}$	107,2 MPa
Max. vodorovný průhyb $\delta_{x,max}$	16,5 mm
Max. svislý průhyb: $\delta_{z,max}$	28,1 mm
Výhody	menší svislý i vodorovný posun
Nevýhody	náročnost provedení ocelových patek, větší množství oceli, velké napětí v táhle

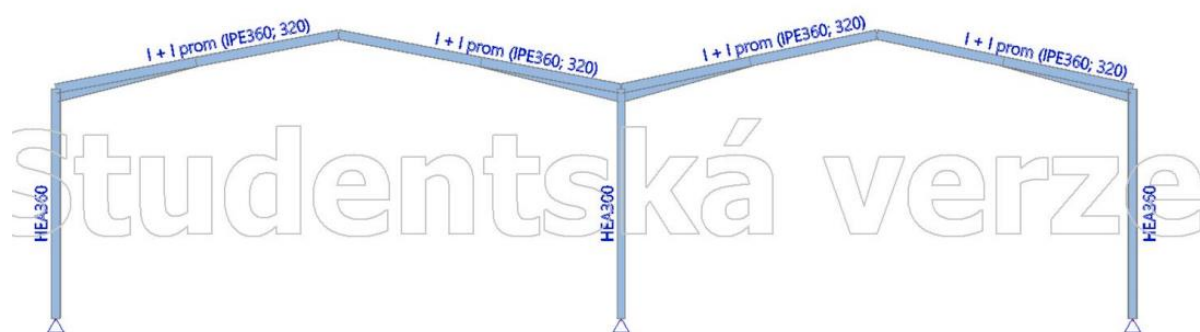
Pozn.: Veškeré průběhy deformací a napětí návrhů 1-4 se nachází v Příloze E.2.

5.2.1 Volba konstrukčního řešení

Jelikož všechny verze vyhovují limitním hodnotám, volím verzi 1, protože je nejjednodušší z hlediska montáže.

Náběhy na sloupech jsou ale nepotřebné, protože jsou na sloupech malá napětí. Provedeme další optimalizaci.

Konečný návrh typické příčné vazby



Popis konstrukce	Rámová konstrukce, sloupy HEA 360 a HEA 300, příčle IPE 360+3200, kloubové patky
Max. napětí $\sigma_{x,lim}$	157,3 MPa
Max. vodorovný průhyb $\delta_{x,max}$	54,1 mm
Max. svislý průhyb: $\delta_{z,max}$	59,3 mm

Pozn.: Veškeré průběhy deformací a napětí konečného návrhu se nachází v Příloze E.3.

5.3 Posouzení MSP

Pro svislý průhyb rozhodující KZS1

$$\delta_z = 59,3 \text{ mm} \leq \delta_{z,max} = 84 \text{ mm}$$

Pro vodorovný průhyb rozhodující: KZS2

$$\delta_x = 54,1 \text{ mm} \leq \delta_{z,max} = 56,7 \text{ mm}$$

5.4 Rámová imperfekce

Imperfekce rámu je vyjádřena náklonem sloupů od svislé roviny o úhel ϕ .

počáteční natočení sloupu: $\phi_0 = 1/200$

- součinitel zohledňující počet sloupů v jedné řadě

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 0,816$$

$m = 3$

$h = 8,5 \text{ m}$

- redukční součinitel pro výšku

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{8,5}} = 0,686$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

- úhel natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = \frac{1}{200} \cdot 0,686 \cdot 0,816 = 2,8 \cdot 10^{-3}$$

5.5 Výpočet vnitřních sil

Výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí II. řádu se zavedením počátečních imperfekcí náklonem sloupů.

Pozn.: Veškerá zatížení a průběhy vnitřních sil z kombinací jsou v Příloze E.4.

5.6 Posouzení krajního sloupu

HEA 360

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

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

$$A = 14280 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 2088000 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 152 \text{ mm}$$

$$i_z = 74,3 \text{ mm}$$

$$d = 261 \text{ mm}$$

$$t_f = 17,5 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

Výpočty budou provedeny pro levou loď, která má rozpětí 21 m, kde vycházejí větší vnitřní síly.

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{Ed} = 243,35 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 103,08 \text{ kN}$$

5.6.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{103\,080}{10 \cdot 235} = 43,9 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 261 + 43,9}{261} = 0,67$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{261}{10} = 26,1$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,67 - 1} = 51,4$$

$$26,1 \leq 51,4$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{300/2 - 10/2 - 27}{17,5} = 6,74$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$6,74 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} =$$

$$= \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

5.6.2 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 8,5 m, jelikož sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 8,5 m.

$$L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 8500 \text{ mm}$$

- štíhlost sloupu:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{8500}{152} = 55,92$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{8500}{74,3} = 114,9$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{55,92}{93,9} = 0,6$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{114,9}{93,9} = 1,22$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 1,17 < 1,2$$

$$\chi_y = 0,837 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti b}$$

$$\chi_z = 0,424 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

5.6.3 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 1177,6 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2\,088\,000 \cdot 235}{1177,6 \cdot 10^6}} = 0,65$$

$$h/b = 1,17 < 2$$

$\chi_{LT} = 0,87$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = 0,87 \cdot 2\,088\,000 \cdot 235 = 426891600 \text{ Nmm} = 426,89 \text{ kNm}$$

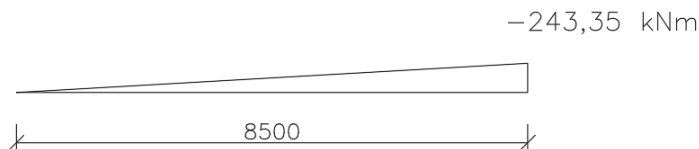
$$426,89 > 243,35 \text{ kNm}$$

SLOUP VYHOVÍ.

5.6.4 Určení C_{my} a C_{mLT}

$C_{my} = 0,9$ – při vybočení s posuvem styčnicku

C_{mLT}



$$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

$$\psi = 0$$

$$C_{mLT} = 0,6$$

5.6.5 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,9 \cdot \left(1 + (0,6 - 0,2) \cdot \frac{103,08 \cdot 10^3}{0,837 \cdot 14280 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,91 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{103,08 \cdot 10^3}{0,837 \cdot 14280 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,93 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(0,91; 0,93) = 0,91$$

$$\begin{aligned} 1. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,22}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{103,08 \cdot 10^3}{0,424 \cdot 14280 \cdot \frac{235}{1}} \\ &= 0,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{103,08 \cdot 10^3}{0,424 \cdot 14280 \cdot \frac{235}{1}} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,97; 0,98) = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{103,08 \cdot 10^3}{0,837 \cdot 14280 \cdot 235/1} + 0,91 \cdot \frac{243,35 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 2088000 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,56 < 1,0$$

$$\frac{103,08 \cdot 10^3}{0,424 \cdot 14280 \cdot 235/1} + 0,98 \cdot \frac{243,35 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 2088000 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,63 < 1,0$$

SLOUP VYHOVÍ.

5.7 Posouzení přičle

Výpočty budou provedeny pro levou loď, která má rozpětí 21 m, kde vycházejí větší vnitřní síly.

IPE 360 s náběhem

$$h_{\text{IPE360}} = 360 \text{ mm}$$

$$h_{\text{IPE360+320}} = 680 \text{ mm}$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

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

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 3081 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{IPE360+320}} = 12037 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y,\text{IPE360}} = 1019000 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y,\text{IPE360+320}} = 2398600 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 150 \text{ mm}$$

$$i_z = 37,9 \text{ mm}$$

$$d = 298,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} =$$

$$= \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{Ed} = 401,13 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 101,81 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 43,73 \text{ kN}$$

5.7.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{43\,730}{8 \cdot 235} = 23,3 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 298,6 + 23,3}{298,6} = 0,58$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,3$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,58 - 1} = 60,6$$

$$37,3 \leq 60,6$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{170/2 - 8/2 - 18}{12,7} = 4,9$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$4,9 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

5.7.2 Smyková únosnost

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3}} \gg 2 \cdot V_{Ed}$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{3081 \cdot 235}{\sqrt{3}} = 418021 \text{ N} = 418,02 \text{ kN} \gg 2 \cdot 101,81 = 203,62 \text{ kN}$$

Smyk nemá vliv na momentovou únosnost průřezu, jedná se malý smyk.

5.7.3 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 21 m. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 5,25 m, uvažují se připojené ztužující prvky.

$$L_{cr,y} = 21000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5250 \text{ mm}$$

- štíhlost příčle:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{21000}{150} = 140$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5250}{37,9} = 138,52$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{140}{93,9} = 1,49$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{138,52}{93,9} = 1,48$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 360/170 = 2,1 > 1,2$$

$\chi_y = 0,377$... pro křivku vzpěrnosti a

$\chi_z = 0,350$... pro křivku vzpěrnosti b

5.7.4 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 842,77 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2\,398\,600 \cdot 235}{842,77 \cdot 10^6}} = 0,53$$

$$h/b = 680/170 = 4 > 2$$

$\chi_{LT} = 0,751$... pro křivku vzpěrnosti d

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y > M_{Ed}$$

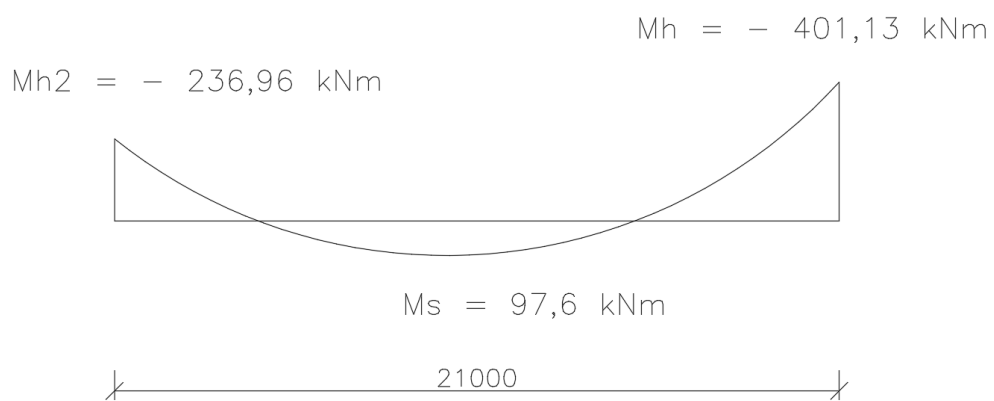
$$M_{b,Rd} = 0,758 \cdot 2\,398\,600 \cdot 235 = 427,26 \text{ kNm}$$

$$427,26 > 401,13 \text{ kNm}$$

PŘÍČEL VYHOVÍ.

5.7.5 Určení C_{my} a C_{mLT}

C_{my}



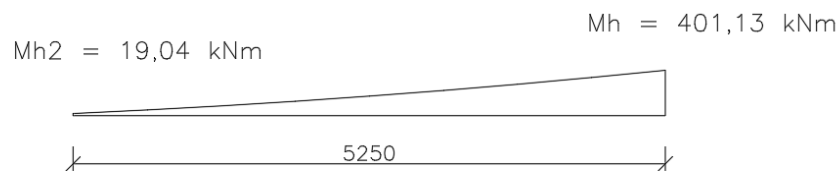
$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{97,6}{-401,13} = -0,243$$

$$-1 \leq \alpha_s < 0;$$

$$\psi = 0,59$$

$$0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s > 0,4 \rightarrow C_{my} = 0,29 \rightarrow C_{my} = 0,4$$

C_{mLT}



$$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

$$\psi = 0,05$$

$$C_{mLT} = 0,62$$

5.7.6 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,4 \cdot \left(1 + (1,49 - 0,2) \cdot \frac{43,73 \cdot 10^3}{0,377 \cdot 7273 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,4 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{43,73 \cdot 10^3}{0,377 \cdot 7273 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,44 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(0,44; 0,44) = 0,44$$

$$1. k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,48}{0,62 - 0,25} \cdot \frac{43,73 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 7273 \cdot \frac{235}{1}} = 0,97$$

$$2. k_{zy} = 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,62 - 0,25} \cdot \frac{43,73 \cdot 10^3}{0,53 \cdot 7273 \cdot \frac{235}{1}} = 0,98$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,97; 0,98) = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y, IPE360+320} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{43,73 \cdot 10^3}{0,377 \cdot 7273 \cdot 235/1} + 0,44 \cdot \frac{401,13 \cdot 10^6}{0,758 \cdot 2398600 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,48 < 1,0$$

$$\frac{43,73 \cdot 10^3}{0,35 \cdot 7273 \cdot 235/1} + 0,98 \cdot \frac{401,13 \cdot 10^6}{0,758 \cdot 2398600 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,98 < 1,0$$

PŘÍCEL VYHOVÍ.

5.8 Posouzení prostředního sloupu

Uvažované vnitřní síly:

HEA 300

$$M_{Ed} = 78,66 \text{ kNm}$$

$$h = 290 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 174,61 \text{ kN}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_w = 8,5 \text{ mm}$$

5.8.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$A = 11250 \text{ mm}^2$$

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{174\,610}{8,5 \cdot 235} = 87,4 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} = 1383000 \text{ mm}^3$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$i_y = 127 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 208 + 87,1}{208} = 0,9$$

$$i_z = 74,9 \text{ mm}$$

$$d = 208 \text{ mm}$$

Zatřídění stojiny

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{208}{8,5} = 24,5$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,9 - 1} = 34,5$$

$$24,5 \leq 34,5$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{300/2 - 8,5/2 - 27}{14} = 8,5$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$8,5 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

5.8.2 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 8,5 m, jelikož sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 8,5 m.

$$L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 8500 \text{ mm}$$

- štíhlost sloupu:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{8500}{127} = 66,93$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{8500}{74,9} = 113,48$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{66,93}{93,9} = 0,71$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{113,48}{93,9} = 1,21$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 0,97 < 1,2$$

$\chi_y = 0,822$... pro křivku vzpěrnosti b

$\chi_z = 0,429$... pro křivku vzpěrnosti c

5.8.3 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$*M_{cr} = 783,7 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1\,383\,000 \cdot 235}{783,7 \cdot 10^6}} = 0,64$$

$$h/b = 0,97 < 2$$

$\chi_{LT} = 0,874$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{b,Rd} = 0,874 \cdot 1\,383\,000 \cdot 235 = 284\,054\,370 \text{ Nmm} = 284,05 \text{ kNm}$$

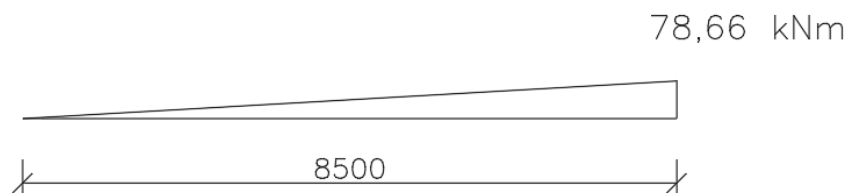
$$284,05 > 78,66 \text{ kNm}$$

SLOUP VYHOVÍ.

5.8.4 Určení C_{my} a C_{mLT}

$C_{my} = 0,9$ – při vybočení s posuvem styčnicku

C_{mLT}



$$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

$$\psi = 0$$

$$C_{mLT} = 0,6$$

5.8.5 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,9 \cdot \left(1 + (0,71 - 0,2) \cdot \frac{174,61 \cdot 10^3}{0,822 \cdot 11250 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{174,61 \cdot 10^3}{0,822 \cdot 11250 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,96 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(0,94; 0,96) = 0,94$$

$$\begin{aligned} 1. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,21}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{174,61 \cdot 10^3}{0,429 \cdot 11250 \cdot \frac{235}{1}} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{174,61 \cdot 10^3}{0,429 \cdot 11250 \cdot \frac{235}{1}} \\ &= 0,96 \end{aligned}$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,95; 0,96) = 0,96$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{174,61 \cdot 10^3}{0,822 \cdot 11250 \cdot 235/1} + 0,94 \cdot \frac{78,66 \cdot 10^6}{0,874 \cdot 1383000 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,34 < 1,0$$

$$\frac{174,61 \cdot 10^3}{0,429 \cdot 11250 \cdot 235/1} + 0,96 \cdot \frac{78,66 \cdot 10^6}{0,874 \cdot 1383000 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,42 < 1,0$$

SLOUP VYHOVÍ.

6. ŠTÍTOVÁ STĚNA

6.1 Zatížení

6.1.1 Zatěžovací stavy

ZS1 – Vlastní tíha

- vlastní tíha rámu je uvažována v softwaru

ZS2 – Střešní plášť

ZATÍŽENÍ

STÁLÉ	char. zatížení [kN/m]
vlastní tíha trapézových plechů	$(0,067+0,133) \cdot 2,5 = 0,5$
tepelná izolace 100 mm	$0,8 \cdot 0,1 \cdot 2,5 = 0,2$
<hr/>	
	$f_2 = 0,7 \text{ kN/m}$

ZS3 – Stěnový plášť

$$f_3 = 0,128 \cdot 2,5 = 0,32 \text{ kN/m}$$

ZS4 – Paždíky

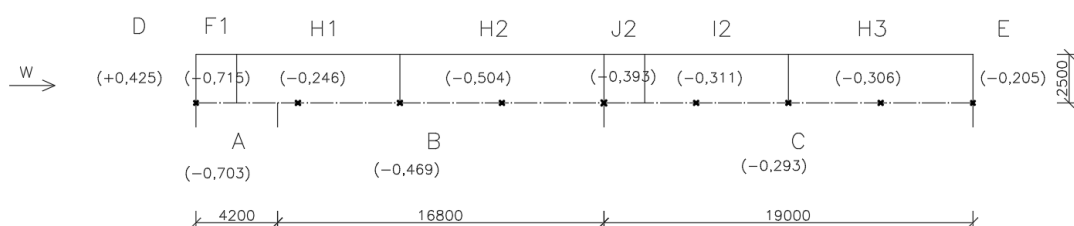
$$f_4 = 0,0775 \cdot 2,5 = 0,19 \text{ kN/m}$$

ZS5 – Sníh

$$\text{krajní oblast: } f_{5,1} = 0,8 \cdot 2,5 = 2 \text{ kN/m}$$

$$\text{střední oblast: } f_{5,2} = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ kN/m}$$

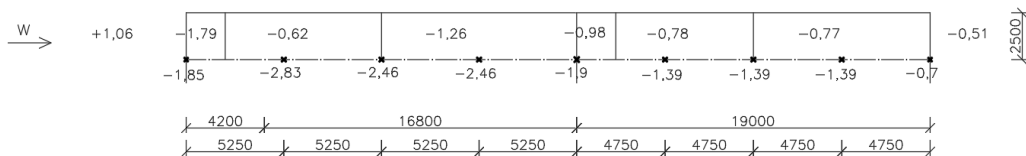
ZS6 – Vítr příčný 0°



Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí.

Křížkem jsou označeny štítové sloupky.

$$f_6 = w_{e,k,i} \cdot 2,5 \text{ [kN/m]}$$



Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí a štítových sloupků.

výpočet zatížení větrem na štítové sloupky (zleva do prava):

$$f_{6,1} = -0,703 \cdot 2,625 = -1,85 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,2} = -0,703 \cdot 1,575 - 0,469 \cdot 3,674 = -2,83 \text{ kN/m}$$

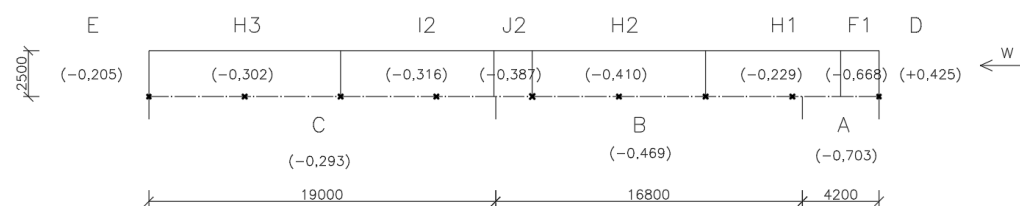
$$f_{6,3}, f_{6,4} = -0,469 \cdot 5,25 = -2,46 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,5} = -0,469 \cdot 2,625 + 0,293 \cdot 2,375 = -1,9 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,6}, f_{6,7}, f_{6,8} = -0,293 \cdot 4,75 = -1,39 \text{ kN/m}$$

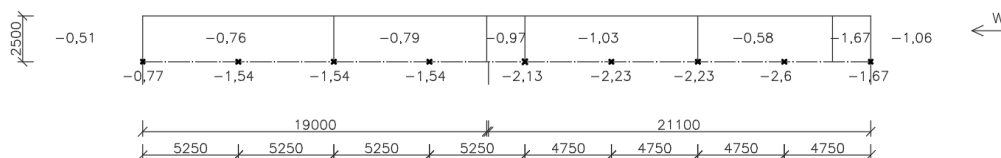
$$f_{6,9} = -0,293 \cdot 2,375 = -0,7 \text{ kN/m}$$

ZS7 – Vítr příčný 180°



Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí. Křížkem jsou označeny štítové sloupky.

$$f_7 = w_{e,k,i} \cdot 2,5 \text{ [kN/m]}$$



Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí a štítových sloupků.

výpočet zatížení větrem na štítové sloupky (zleva do prava):

$$f_{6,1} = -0,293 \cdot 2,625 = -0,77 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,2}, f_{6,3}, f_{6,4} = -0,293 \cdot 5,25 = -1,54 \text{ kN/m}$$

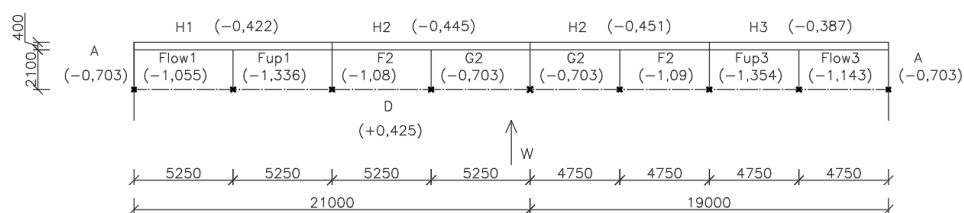
$$f_{6,5} = -0,469 \cdot 4,75 = -2,13 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,6}, f_{6,7} = -0,469 \cdot 4,75 = -2,23 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,8} = -0,703 \cdot 1,825 - 0,469 \cdot 2,925 = -2,6 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,9} = -0,703 \cdot 2,375 = -1,67 \text{ kN/m}$$

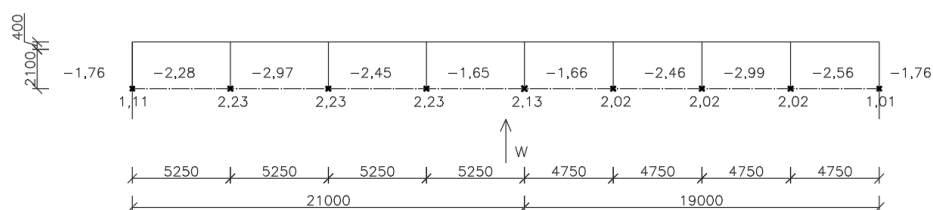
ZS8 – Vítr podélný



Pozn.: V závorkách jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m²] jednotlivých oblastí.

Křížkem jsou označeny štítové sloupky.

$$f_8 = w_{e,k,i} \cdot 2,1 + w_{e,k,i} \cdot 0,4 \text{ [kN/m]}$$



Pozn.: V obrázku jsou napsány hodnoty $w_{e,k}$ [kN/m] jednotlivých oblastí a štítových sloupků.

výpočet zatížení větrem na štítové sloupky (zleva do prava):

$$f_{6,1} = 0,425 \cdot 2,625 = 1,11 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,2}, f_{6,3}, f_{6,4} = 0,425 \cdot 5,25 = 2,23 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,5} = 0,425 \cdot 2,526 + 0,425 \cdot 2,375 = 2,11 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,6}, f_{6,7}, f_{6,8} = 0,425 \cdot 4,75 = 2,02 \text{ kN/m}$$

$$f_{6,9} = 0,425 \cdot 2,375 = 1,01 \text{ kN/m}$$

Pozn.: Znázorněné zatížení je zobrazeno v Příloze E.6.

6.1.2 Kombinace zatěžovacích stavů MSÚ

- (1,2) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S$
(3) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \psi \cdot 1,5 \cdot w_{p,0^\circ}$
(4) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S + \psi \cdot 1,5 \cdot w_{p,180^\circ}$
(5) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,0^\circ} + \psi \cdot 1,5 \cdot S$
(6) $1,35 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,180^\circ} + \psi \cdot 1,5 \cdot S$
(7) $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,0^\circ}$
(8) $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{p,180^\circ}$
(9,10) $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot w_{pod}$

redukční součinitel pro vítr: $\psi = 0,6$

redukční součinitel pro sněh: $\psi = 0,5$

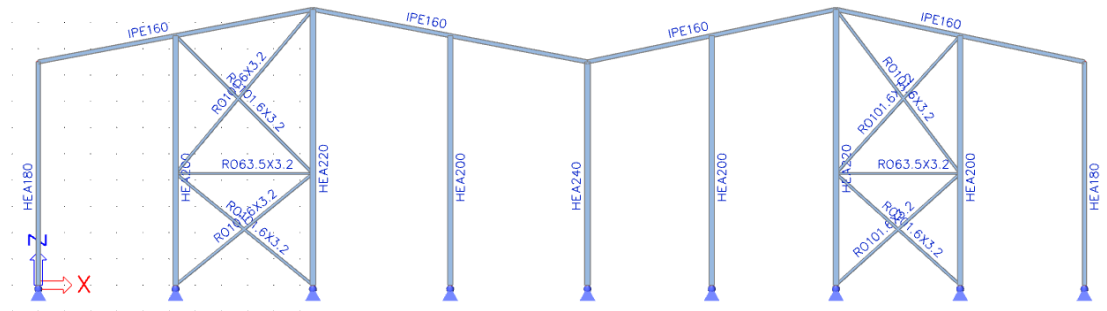
Pozn.: První a poslední kombinace jsou uvažovány dvakrát, jelikož výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí II. řádu a jednou je uvažován náklon sloupů v jednom směru a poté v druhém. V ostatních případech je náklon sloupů uvažován ve směru podle směru větru.

6.1.3 Kombinace zatěžovacích stavů MSP

- KZS1: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S$
KZS2: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ}$
KZS3: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot S + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ}$
KZS4: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ} + 1,0 \cdot S$
KZS5: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ} + 1,0 \cdot S$
KZS6: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,0^\circ}$
KZS7: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{p,180^\circ}$
KZS8: $1,0 \cdot G + 1,0 \cdot w_{pod}$

6.2 Předběžný návrh

Štítová stěna bude mít šest štítových, kloubově uložených sloupků. V každé lodi budou umístěna svislá ztužidla, která ve výšce 4,25 m budou uchycena na pomocný vodorovný ztužující profil.



maximální vodorovný průhyb: $\delta_{x,max} = H/150 = 10500/150 = 70 \text{ mm}$

$$\delta_{x,max} = H/150 = 8500/150 = 56,7 \text{ mm}$$

maximální svislý průhyb: $\delta_{z,max} = L/250 = 5250/250 = 21 \text{ mm}$

maximální napětí: $\sigma_{x,lim} = 0,8 \cdot f_y = 0,8 \cdot 235 = 188 \text{ MPa}$

6.3 Posouzení MSP

Pro svislý průhyb rozhodující KZS1

$$\delta_z = 4,6 \text{ mm} \leq \delta_{z,max} = 21 \text{ mm}$$

Pro vodorovný průhyb rozhodující: KZS2

pro sloup H = 10,5 m: $\delta_x = 34,1 \text{ mm} \leq \delta_{z,max} = 70 \text{ mm}$

pro sloup H = 8,5: $\delta_x = 25,4 \text{ mm} \leq \delta_{z,max} = 56,7 \text{ mm}$

Pozn.: Veškeré deformace a napětí se nachází v Příloze E.7.

6.4 Rámová imperfekce

Imperfekce rámu je vyjádřena náklonem sloupů od svislé roviny o úhel ϕ .

počáteční natočení sloupu: $\phi_0 = 1/200$

Náklon v příčném směru:

- součinitel zohledňující počet sloupů v jedné řadě

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{9}\right)} = 0,745$$

- redukční součinitel pro výšku

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{8,5}} = 0,685$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0 \rightarrow \alpha_h = 0,67$$

- úhel natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = \frac{1}{200} \cdot 0,745 \cdot 0,685 = 2,6 \cdot 10^{-3}$$

Náklon v podélném směru:

- součinitel zohledňující počet sloupů v jedné řadě

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{8}\right)} = 0,75$$

- redukční součinitel pro výšku

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{8,5}} = 0,685$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

- úhel natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = \frac{1}{200} \cdot 0,75 \cdot 0,685 = 2,5 \cdot 10^{-3}$$

6.5 Výpočet vnitřních sil

Výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí II. řádu se zavedením počátečních imperfekcí náklonem sloupů.

Pozn.: Veškerá zatížení a průběhy vnitřních sil z kombinací se nachází v Příloze E.8.

6.6 POSOUZENÍ KRAJNÍHO SLOUPU

Výpočty budou provedeny pro levou loď, která má rozpětí 21 m, kde vycházejí větší vnitřní síly.

HEA 180

$$h = 171 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$t_w = 6 \text{ mm}$$

$$A = 4525 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 324900 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 156500 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 74,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 45,2 \text{ mm}$$

$$t_f = 9,5 \text{ mm}$$

$$d = 122 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{y,Ed} = 18,1 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 3,75 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 73,06 \text{ kN}$$

6.6.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{73\,060}{6 \cdot 235} = 51,8 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 122 + 51,8}{122} = 0,92$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{122}{6} = 20,3$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,92 - 1} = 36,1$$

$$20,3 \leq 36,1$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{180/2 - 6/2 - 15}{9,5} = 7,6$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$7,6 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

6.6.2 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 8,5 m, jelikož sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 4,25 m, jelikož sloup rámu je zajištěn proti posunům v místě vodorovných ztužujících profilů.

$$L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 4250 \text{ mm}$$

- štíhlost sloupu:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{8500}{74,5} = 114,09$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4250}{45,2} = 94,03$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{114,09}{93,9} = 1,22$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{94,03}{93,9} = 1,00$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 0,95 < 1,2$$

$$\chi_y = 0,467 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti b}$$

$$\chi_z = 0,540 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

6.6.3 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 74,5$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{324900 \cdot 235}{74,5 \cdot 10^6}} = 1,01$$

$$h/b = 0,95 < 2$$

$\chi_{LT} = 0,659$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{y,LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

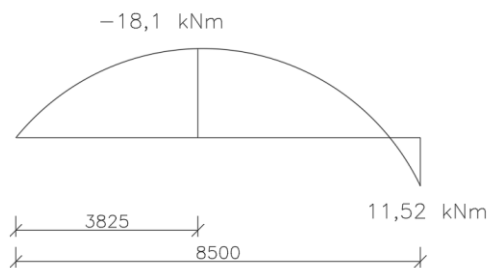
$$M_{b,Rd} = 0,659 \cdot 324\,900 \cdot 235 = 52911589 \text{ Nm} = 50,32 \text{ kNm}$$

$$50,32 > 18,1 \text{ kNm}$$

SLOUP VYHOVÍ.

6.6.4 Určení C_{my} a C_{mLT} a C_{mz}

C_{my}

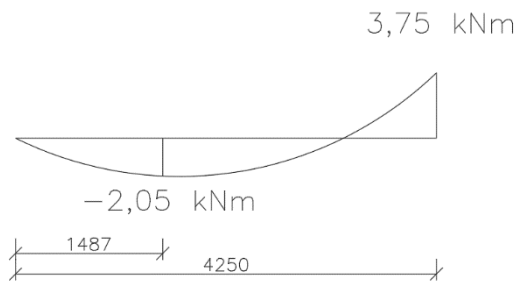


$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{11,52}{-18,1} = -0,64$$

$$-1 \leq \alpha_h < 0;$$

$$\psi = 0$$

$$0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \rightarrow C_{my} = 0,92$$



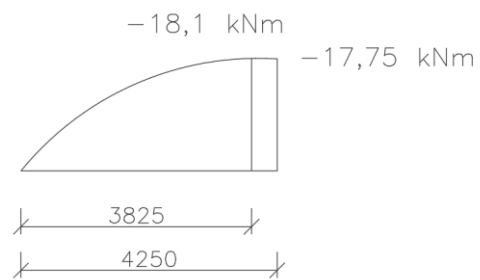
$$\alpha_h = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-2,05}{3,75} = -0,55$$

$$-1 \leq \alpha_s < 0;$$

$$\psi = 0$$

$$0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s \rightarrow C_{mz} = 0,54$$

C_{mLT}



$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{-17,75}{-18,1} = 0,98$$

$$0 \leq \alpha_h \leq 1;$$

$$\psi = 0$$

$$0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \rightarrow C_{mLT} = 0,99$$

C_{mz}

6.6.5 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,92 \cdot \left(1 + (1,22 - 0,2) \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 1,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,92 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 1,03 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(1,06; 1,03) = 1,03$$

$$\begin{aligned} 1. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \\ &= 1 - \frac{0,1 \cdot 1,00}{0,99 - 0,25} \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,540 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} = 0,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{zy} &= 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = \\ &= 1 - \frac{0,1}{0,99 - 0,25} \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,540 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} = 0,98 \end{aligned}$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,98; 0,98) = 0,98$$

$$1. k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z^- - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) =$$

$$= 0,54 \cdot \left(1 + (2 \cdot 1,00 - 0,6) \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,540 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,54$$

$$2. k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,54 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{73,06 \cdot 10^3}{0,540 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,54$$

$$k_{zz} = \min(1. k_{zz}; 2. k_{zz}) = \min(0,54; 0,54) = 0,54$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,54 = 0,32$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{73,06 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} + 1,03 \cdot \frac{18,1 \cdot 10^6}{0,659 \cdot 324\,900 \cdot \frac{235}{1}} + 0,32 \cdot \frac{3,75 \cdot 10^6}{156\,500 \cdot \frac{235}{1}} < 1,0$$

$$0,55 < 1,0$$

$$\frac{73,06 \cdot 10^3}{0,540 \cdot 4525 \cdot \frac{235}{1}} + 0,98 \cdot \frac{18,1 \cdot 10^6}{0,659 \cdot 324\,900 \cdot \frac{235}{1}} + 0,54 \cdot \frac{3,75 \cdot 10^6}{156\,500 \cdot \frac{235}{1}} < 1,0$$

$$0,54 < 1,0$$

SLOUP VYHOVÍ.

6.7 Posouzení příčle

IPE 160

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$b = 82 \text{ mm}$$

$$t_w = 5 \text{ mm}$$

$$A = 2009 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 966 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 123900 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 65,8 \text{ mm}$$

$$i_z = 18,4 \text{ mm}$$

$$d = 127,2 \text{ mm}$$

$$t_f = 7,4 \text{ mm}$$

$$r = 9 \text{ mm}$$

Výpočty budou provedeny pro levou loď, která má rozpětí 21 m, kde vycházejí větší vnitřní síly.

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{y,Ed} = 11,86 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 13,48 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 4,56 \text{ kN}$$

6.7.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{4560}{5 \cdot 235} = 3,88 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 127,2 + 3,88}{127,2} = 0,53$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{127,2}{5} = 25,44$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,53 - 1} = 67,2$$

$$25,44 \leq 67,2$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{82/2 - 5/2 - 9}{7,4} = 3,9$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$3,9 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

6.7.2 Smyková únosnost

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3}} \gg 2 \cdot V_{Ed}$$

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{966 \cdot 235}{\sqrt{3}} = 131064 \text{ N} = 131,06 \text{ kN} \gg 2 \cdot 13,48 = 26,96 \text{ kN}$$

Smyk nemá vliv na momentovou únosnost průřezu, jedná se o malý smyk.

6.7.3 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 5,25 m. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 5,25 m.

$$L_{cr,y} = 5250 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5250 \text{ mm}$$

- štíhlost příčle:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5250}{65,8} = 79,79$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5250}{18,4} = 285,33$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{79,79}{93,9} = 0,85$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{285,33}{93,9} = 3,04$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 1,95 > 1,2$$

$$\chi_y = 0,766 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti a}$$

$$\chi_z = 0,097 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti b}$$

6.7.4 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 157,49 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{123\,900 \cdot 235}{157,49 \cdot 10^6}} = 0,43$$

$$h/b = 2,0 = 2$$

$\chi_{LT} = 0,945$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

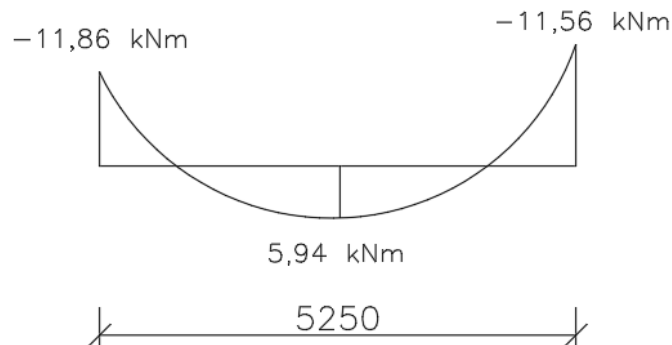
$$M_{b,Rd} = 0,945 \cdot 123\,900 \cdot 235 = 27,52 \text{ kNm}$$

$$27,52 > 11,86 \text{ kNm}$$

PŘÍČEL VYHOVÍ.

6.7.5 Určení C_{my} a C_{mLT}

$$C_{my} = C_{mLT}$$



$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{5,94}{-11,86} = -0,5$$

$$-1 \leq \alpha_s < 0$$

$$\psi = 0,77$$

$$0,1 - 0,8 \cdot \alpha_s > 0,4 \rightarrow C_{my} = C_{mLT} = 0,5$$

6.7.6 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + (0,85 - 0,2) \cdot \frac{4,56 \cdot 10^3}{0,766 \cdot 2009 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{4,56 \cdot 10^3}{0,766 \cdot 2009 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,5 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(0,5; 0,5) = 0,5$$

$$1. k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 3,04}{0,5 - 0,25} \cdot \frac{4,56 \cdot 10^3}{0,097 \cdot 2009 \cdot \frac{235}{1}} = 0,88$$

$$2. k_{zy} = 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,5 - 0,25} \cdot \frac{4,56 \cdot 10^3}{0,097 \cdot 2009 \cdot \frac{235}{1}} = 0,96$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,88; 0,96) = 0,96$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{4,56 \cdot 10^3}{0,766 \cdot 2009 \cdot 235/1} + 0,5 \cdot \frac{11,86 \cdot 10^6}{0,945 \cdot 123\,900 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,23 < 1,0$$

$$\frac{4,56 \cdot 10^3}{0,097 \cdot 2009 \cdot 235/1} + 0,96 \cdot \frac{11,86 \cdot 10^6}{0,945 \cdot 123\,900 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,51 < 1,0$$

PŘÍČEL VYHOVÍ.

6.8 Posouzení prostředního sloupu

Uvažované vnitřní síly:

HEA 240

$$M_{y,Ed} = 0,22 \text{ kNm}$$

$$h = 230 \text{ mm}$$

$$M_{z,Ed} = 29,4 \text{ kNm}$$

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

$$N_{Ed} = 36,93 \text{ kN}$$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

6.8.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

$$A = 7684 \text{ mm}^2$$

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$W_{pl,y} = 744600 \text{ mm}^3$$

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{36\,930}{7,5 \cdot 235} = 20,9 \text{ mm}$$

$$i_y = 101 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$i_z = 60 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 164 + 20,9}{164} = 0,63$$

$$d = 164 \text{ mm}$$

Zatřídění stojiny

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{164}{7,5} = 21,87$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,63 - 1} = 55,1$$

$$21,87 \leq 55,1$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{240/2 - 7,5/2 - 21}{12} = 7,9$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$7,9 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

6.8.2 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 8,5 m, jelikož sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 8,5 m.

$$L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 8500 \text{ mm}$$

- štíhlost sloupu:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{8500}{101} = 84,16$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{8500}{60} = 141,67$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{84,16}{93,9} = 0,90$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{141,67}{93,9} = 1,51$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 0,96 < 1,2$$

$$\chi_y = 0,661 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti b}$$

$$\chi_z = 0,311 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

6.8.3 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 333,9 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{744\,600 \cdot 235}{333,9 \cdot 10^6}} = 0,72$$

$$h/b = 0,96 < 2$$

$\chi_{LT} = 0,838$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{y,LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

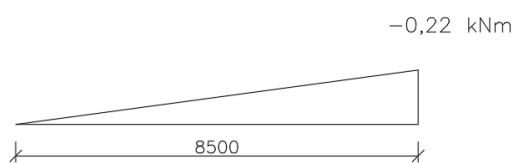
$$M_{b,Rd} = 0,838 \cdot 744\,600 \cdot 235 = 146634078 \text{ Nmm} = 146,63 \text{ kNm}$$

$$146,63 > 0,22 \text{ kNm}$$

SLOUP VYHOVÍ.

6.8.4 Určení C_{my} , C_{mLT} a C_{mz}

$$C_{my} = C_{mLT}$$

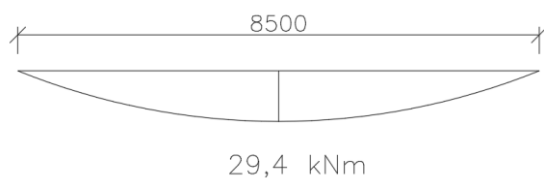


$$-1 \leq \psi \leq 1$$

$$\psi = 0$$

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

$$C_{mz}$$



$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{29,4} = 0$$

$$0 \leq \alpha_h < 1$$

$$\psi = 0$$

$$0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \rightarrow C_{mz} = 0,95$$

6.8.5 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,6 \cdot \left(1 + (0,9 - 0,2) \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,661 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,6 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,661 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,61 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(0,61; 0,61) = 0,61$$

$$1. k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,51}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,311 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} = 0,97$$

$$2. k_{zy} = 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,311 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} = 0,98$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,97; 0,98) = 0,98$$

$$1. k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z^- - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) =$$

$$= 0,95 \cdot \left(1 + (2 \cdot 1,51 - 0,6) \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,311 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,95$$

$$2. k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,95 \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{36,93 \cdot 10^3}{0,311 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,95$$

$$k_{zz} = \min(1. k_{zz}; 2. k_{zz}) = \min(0,95; 0,95) = 0,95$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{36,93 \cdot 10^3}{0,661 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} + 0,61 \cdot \frac{0,22 \cdot 10^6}{0,838 \cdot 744\,600 \cdot \frac{235}{1}} + 0,57 \cdot \frac{29,4 \cdot 10^6}{351\,700 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,23 < 1,0$$

$$\frac{36,93 \cdot 10^3}{0,311 \cdot 7684 \cdot \frac{235}{1}} + 0,98 \cdot \frac{0,22 \cdot 10^6}{0,838 \cdot 744\,600 \cdot \frac{235}{1}} + 0,95 \cdot \frac{29,4 \cdot 10^6}{351\,700 \cdot \frac{235}{1}} < 1,0$$

$$0,4 < 1,0$$

SLOUP VYHOVÍ.

HEA 220

$h = 210 \text{ mm}$

$b = 220 \text{ mm}$

$t_w = 7 \text{ mm}$

$A = 6434 \text{ mm}^2$

$W_{pl,y} = 568500 \text{ mm}^3$

$i_y = 91,7 \text{ mm}$

$i_z = 55,1 \text{ mm}$

$d = 152 \text{ mm}$

$t_f = 11 \text{ mm}$

$r = 18 \text{ mm}$

6.9 Posouzení štítového sloupu

Výpočty budou provedeny pro levou loď, která má rozpětí 21 m, kde vycházejí větší vnitřní síly.

Uvažované vnitřní síly (NC5):

$M_{y,Ed} = 49,94 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 38,29 \text{ kN}$

6.9.1 Zatřídění průřezu sloupu namáhaného kombinací tlaku a ohybu

Posun osy blíže k tažené pásnici

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{38\,290}{7 \cdot 235} = 23,3 \text{ mm}$$

Součinitel α vyjadřující velikost tlačené části stěny

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 152 + 23,3}{152} = 0,65$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} = \frac{152}{7} = 21,7$$

pro $\alpha > 0,5$:

$$\frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 1}{13 \cdot 0,65 - 1} = 53,2$$

$$21,7 \leq 53,2$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy je splněna.

Zatřídění tlačené pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{220/2 - 7/2 - 18}{11} = 8,05$$

$$\frac{c}{t_f} \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1$$

$$8,05 \leq 9$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy je splněna.

6.9.2 Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Pro vybočení kolmo k ose „y“ se použije vzpěrná délka $L_{cr,y}$ v délce systémové vzpěrné délky 10,5 m, jelikož sloup rámu je zajištěn v patce proti posunům. Pro vybočení kolmo k ose „z“ se použije $L_{cr,z}$ v délce 5,25 m, jelikož sloup rámu je zajištěn proti posunům v místě vodorovných ztužujících profilů.

$$L_{cr,y} = 10500 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 5250 \text{ mm}$$

- štíhlost sloupu:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{10500}{91,7} = 114,5$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5250}{55,1} = 95,28$$

- poměrné štíhlosti:

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

$$\lambda_{\bar{y}} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{114,5}{93,9} = 1,22$$

$$\lambda_{\bar{z}} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{95,28}{93,9} = 1,01$$

- součinitelé vzpěrnosti

$$h/b = 0,95 < 1,2$$

$$\chi_y = 0,467 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti b}$$

$$\chi_z = 0,534 \dots \text{ pro křivku vzpěrnosti c}$$

6.9.3 Posouzení ohyb + klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

$$M_{cr} = 121,95 \text{ kNm}$$

Pozn.: Kritický moment byl vypočten v programu LTBeamN, protokol je přiložen v Příloze E.5.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{568\,500 \cdot 235}{121,95 \cdot 10^6}} = 1,05$$

$$h/b = 0,95 < 2$$

$\chi_{LT} = 0,631$... pro křivku vzpěrnosti a

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y > M_{Ed}$$

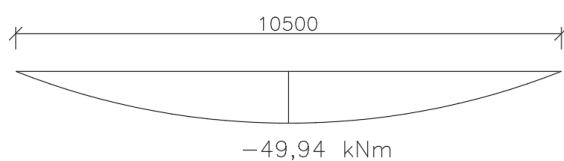
$$M_{b,Rd} = 0,631 \cdot 568\,500 \cdot 235 = 84\,300\,023 \text{ Nmm} = 84,3 \text{ kNm}$$

$$84,3 > 49,94 \text{ kNm}$$

SLOUP VYHOVÍ.

6.9.4 Určení C_{my} a C_{mLT}

C_{my}



Obrázek 1: Průběh momentu M_y na celé délce

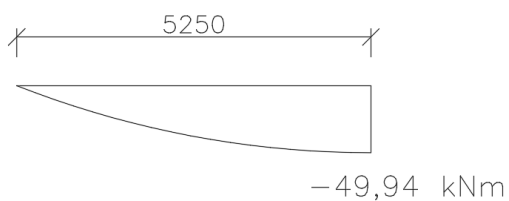
$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{0}{-49,94} = 0$$

$$0 \leq \alpha_h < 1$$

$$\psi = 0$$

$$0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h \rightarrow C_{my} = 0,95$$

C_{mLT}



Obrázek 2: Průběh momentu M_y na polovině délky

$$-1 \leq \psi \leq 1$$

$$\psi = 0$$

$$0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4 \rightarrow C_{mLT} = 0,6$$

6.9.5 Posouzení ohyb a tlak

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\begin{aligned} 1. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,95 \cdot \left(1 + (1,22 - 0,2) \cdot \frac{38,29 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 6434 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} \right) = \\ &= 0,95 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{38,29 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 6434 \cdot \frac{235}{1}} \right) = 0,99 \end{aligned}$$

$$k_{yy} = \min(1. k_{yy}; 2. k_{yy}) = \min(1,00; 0,99) = 0,99$$

$$1. k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_z^-}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,01}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{38,29 \cdot 10^3}{0,534 \cdot 6434 \cdot \frac{235}{1}} = 0,99$$

$$2. k_{zy} = 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{0,6 - 0,25} \cdot \frac{38,29 \cdot 10^3}{0,538 \cdot 6434 \cdot \frac{235}{1}} = 0,99$$

$$k_{zy} = \max(1. k_{zy}; 2. k_{zy}) = \max(0,99; 0,99) = 0,99$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} < 1,0$$

$$\frac{38,29 \cdot 10^3}{0,467 \cdot 6434 \cdot 235/1} + 0,99 \cdot \frac{49,94 \cdot 10^6}{0,631 \cdot 568\,500 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,64 < 1,0$$

$$\frac{38,29 \cdot 10^3}{0,534 \cdot 6434 \cdot 235/1} + 0,99 \cdot \frac{49,94 \cdot 10^6}{0,631 \cdot 568\,500 \cdot 235/1} < 1,0$$

$$0,63 < 1,0$$

SLOUP VYHOVÍ.

Kvůli průhybu byl zvolen profil štítového sloupu délky 10,5 m HEA 220. Pro kratší štítové sloupy délky 9,5 bude dostačující profil HEA 200.

7. ZTUŽENÍ HALY

- štíhlost trubky:

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} \leq 250$$

- poměrná štíhlost:

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

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\lambda_1}$$

- součinitel klopení

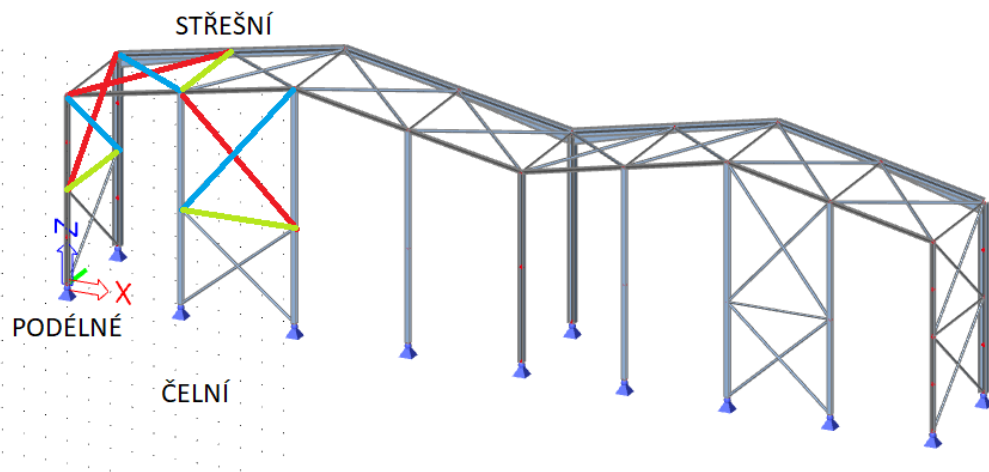
$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^{-2}}}$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}]$$

- návrhová únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y$$

Označení ztužidel:



Pozn.: Barevně jsou rozlišena ztužidla, která jsou dále posouzeny v následující tabulce.

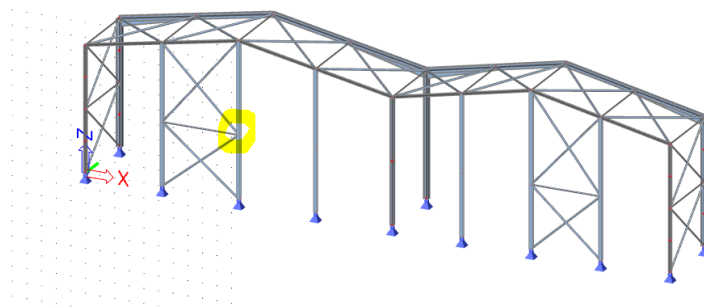
Tabulka pro návrh ztužidel

	PRUT	KOMBINACE	Normálová síla [kN]		Nb,rd [kN]	Nt,rd [kN]	Průřez kruhový	A [mm ²]	i [mm]	fy [Mpa]	LCr,y [mm]	LCr,z [mm]	Využití
			Tlak	Tah									
STŘEŠNÍ	1STR	NC7/NC9	34,46	36,96	54,56	307,15	TR 108/4	1307	36,8	235	7319	7319	0,63
	2STR	NC9/NC6	39,22	37,39	54,56	307,15	TR 108/4	1307	36,8	235	7319	7319	0,72
	3STR	NC9/NC7	3,25	3,93	16,24	134,89	TR 60,3/3,2	574	20,2	235	5000	5000	0,20
ČELNÍ	1STČ	NC9/NC8	24,78	41,37	36,87	232,42	TR 101,6/3,2	989	35	235	7425	7425	0,67
	2STČ	NC6/NC9	29,91	15,25	31,16	232,42	TR 101,6/3,2	989	35	235	8162	8162	0,96
	3STČ	NC8/NC1	2,56	1,74	17,28	142,41	TR 63,5/3,2	606	21,3	235	5250	5250	0,15
PODELNÉ	1ST	NC5/NC9	32,83	34,97	36,79	286,00	TR 82,5/5	1217	27,5	235	6562	6562	0,89
	2ST	NC9/NC5	36,57	36,55	36,79	286,00	TR 82,5/5	1217	27,5	235	6562	6562	0,99
	3ST	NC9/NC5	3,77	6,47	16,24	134,89	TR 60,3/3,2	574	20,2	235	5000	5000	0,23

Mezi-výpočty

PRUT	λ_y	λ_z	λ_x	λ_y	λ_z	ϕ_x	ϕ_z	χ_x	χ_z	MIN (χ_x, χ_z)	Ned+/Nt,rd	Ned-/Nb,rd
1STR	198,89	198,89	93,9	2,12	2,12	3,21	3,21	0,18	0,18	0,18	0,12	0,63
2STR	198,89	198,89	93,9	2,12	2,12	3,21	3,21	0,18	0,18	0,18	0,12	0,72
3STR	247,52	247,52	93,9	2,64	2,64	4,57	4,57	0,12	0,12	0,12	0,03	0,20
1STČ	212,14	212,14	93,9	2,26	2,26	3,56	3,56	0,16	0,16	0,16	0,18	0,67
2STČ	233,20	233,20	93,9	2,48	2,48	4,14	4,14	0,13	0,13	0,13	0,07	0,96
3STČ	246,48	246,48	93,9	2,62	2,62	4,54	4,54	0,12	0,12	0,12	0,01	0,15
1ST	238,62	238,62	93,9	2,54	2,54	4,30	4,30	0,13	0,13	0,13	0,12	0,89
2ST	238,62	238,62	93,9	2,54	2,54	4,30	4,30	0,13	0,13	0,13	0,13	0,99
3ST	247,52	247,52	93,9	2,64	2,64	4,57	4,57	0,12	0,12	0,12	0,05	0,23

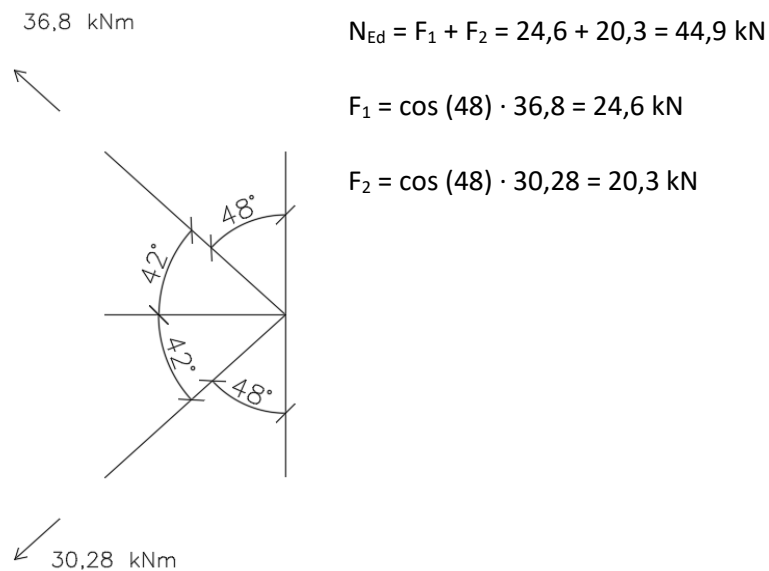
8. PŘÍPOJ ZTUŽIDEL



8.1 Přípoj vodorovné trubky

Navrhovaný průřez: TR 63,5/3,2

Uvažované vnitřní síly: $N_{Ed} = 44,9$ kN



$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$t = t_w = 7 \text{ mm}$$

8.1.1 Návrh šroubů

M16, 8.8, jednostřížný spoj

$$e_1 = 30 \text{ mm}, p_1 = 80 \text{ mm},$$

$$e_2 = 30 \text{ mm}, p_2 = 90 \text{ mm}$$

- únosnost šroubů ve stříhu

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 201 \cdot 800}{1,25} = 77,2 \text{ kN}$$

$$\beta_w = 0,8$$

- únosnost šroubů v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,71 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 360}{1,25} = 58,6 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{30}{14 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{ 5,1; 2,5 \} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{30}{3 \cdot 14}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,71; 2,22; 1,0 \} = 0,71$$

- počet šroubů

$$n = \frac{N_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = \frac{44,9}{58,6} = 0,76 \rightarrow \text{min. 4 šrouby}$$

8.1.2 Návrh svaru

- návrhová pevnost ve smyku

$$d = 63,5 \text{ mm}$$

$$L_{we} = 2 \cdot d =$$

$$= 2 \cdot 63,5 = 127$$

mm

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 207,8 \text{ MPa}$$

- únosnost svaru

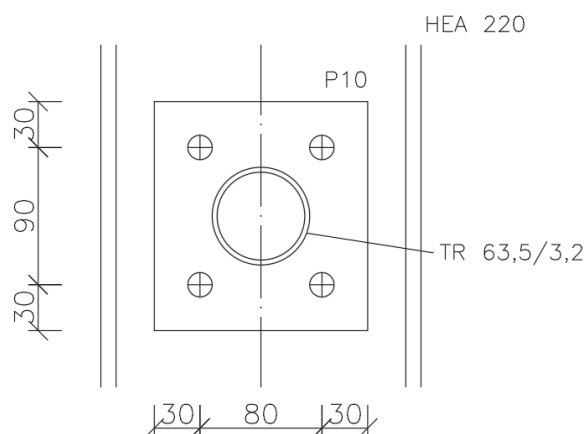
$$F_{w,Rd} = 2 \cdot a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 2 \cdot 3 \cdot 127 \cdot 207,8 = 158,3 \text{ kN}$$

- posouzení

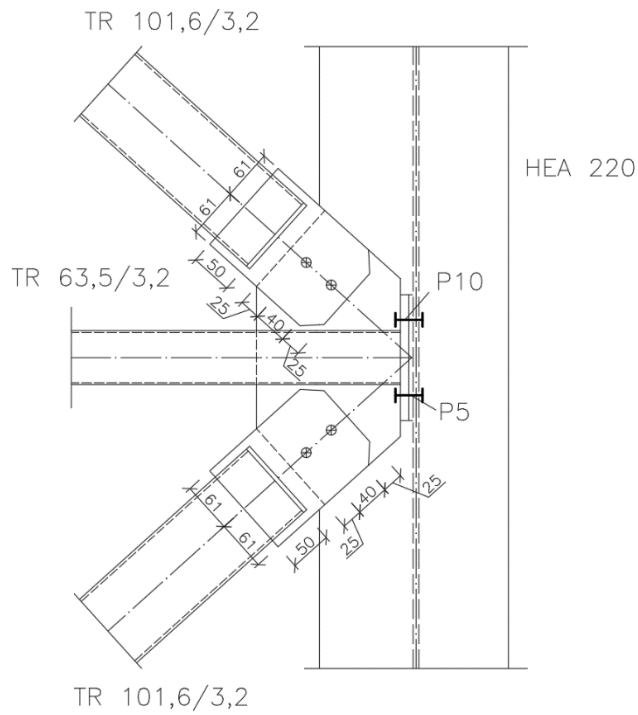
$$F_{w,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$158,3 \geq 44,9 \text{ kN}$$

SPOJ VYHOVÍ.



8.2 Přípoj horního ztužidla



Navrhovaný průřez: TR 101,6/3,2

Uvažované vnitřní síly: $N_{Ed} = 44,9 \text{ kN}$

8.2.1 Návrh šroubů

M16, 8.8, jednostřížný spoj

$e_1 = 61 \text{ mm}$, $e_2 = 25 \text{ mm}$, $p_2 = 40 \text{ mm}$

- únosnost šroubů ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 201 \cdot 800}{1,25} = 77,2 \text{ kN}$$

$A = 201 \text{ mm}^2$

$t = 10 \text{ mm}$

- únosnost šroubů v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 16 \cdot 10 \cdot 360}{1,25} = 115,2 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{25}{14 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{ 4,0; 2,5 \} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{61}{3 \cdot 14}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = \min \{ 1,45; 2,22; 1,0 \} = 1,0$$

- počet šroubů

$$n = \frac{N_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = \frac{44,9}{77,2} = 0,6 \rightarrow \text{min. 2 šrouby}$$

8.2.2 Návrh svaru

- návrhová pevnost

a = 3 mm

L_{we} = 50 mm

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} = 207,8 \text{ MPa}$$

- únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 4 \cdot a \cdot L_{we} \cdot f_{vw,d} = 4 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 207,8 = 124,7 \text{ kN}$$

- posouzení

$$F_{w,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$124,7 \geq 44,9 \text{ kN}$$

SPOJ VYHOVÍ.

9. ZÁKLADOVÁ PATKA

9.1 Návrh prostřední patky v typické vazbě

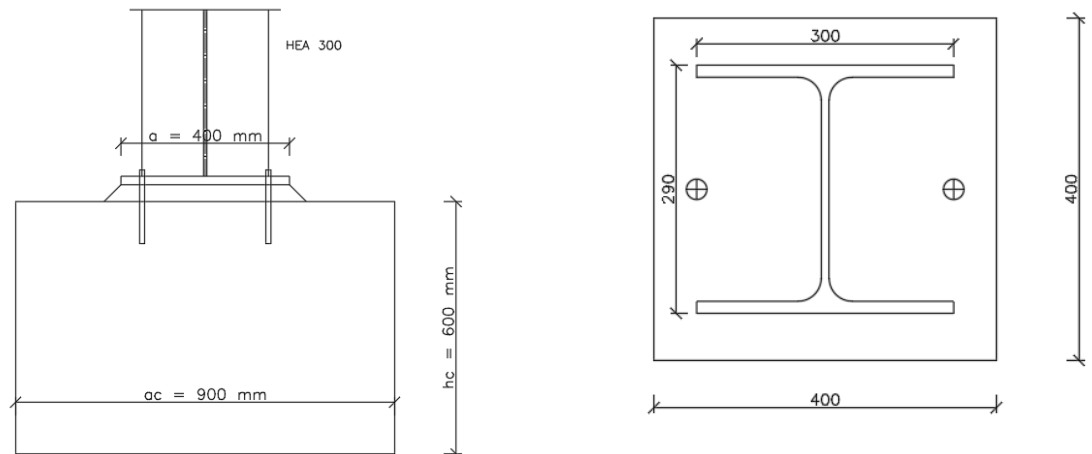
Uvažované vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 219,75 \text{ kN}$$

- patka kloubová, centricky tlačená

beton C 25/30, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$t_p = 20 \text{ mm}$$



9.1.1 Posouzení na tlak

- započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(3a, a + h_c, a_c) = (1200, 1000, 900) = 900 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 900 \text{ mm}$$

- součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{900 * 900}{400 * 400}} = 2,25$$

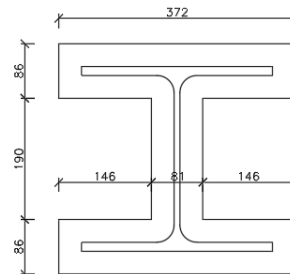
- návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{2,25 * 25}{1,5} = 24,4 \text{ MPa}$$

- účinná šířka patní desky

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd}}} = 20 * \sqrt{\frac{235}{3 * 24,4}} = 35,8 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 78\,964 \text{ mm}^2$$



- návrhová únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 78\,964 * 24,4 = 1\,926,7 \text{ kN}$$

- posouzení

$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$1\,926,7 \geq 219,75 \text{ kN}$$

PATKA VYHOVÍ.

9.1.2 Posouzení na smykovou sílu

největší poměr N_{Ed}/V_{Ed}

$$N_{Ed} = 81,47 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 2,54 \text{ kN}$$

- síla, na kterou je nutné navrhnout smykovou zarážku

$$F_{v,Ed} = V_{Ed} - \mu_{r,d} * N_{c,Ed} = 2,54 - 0,2 * 81,47 = -13,89 \text{ kN}$$

Smykovou zarážku není nutné navrhovat, posouvající síla se přenesе třením.

9.2 Návrh patky v čelní vazbě

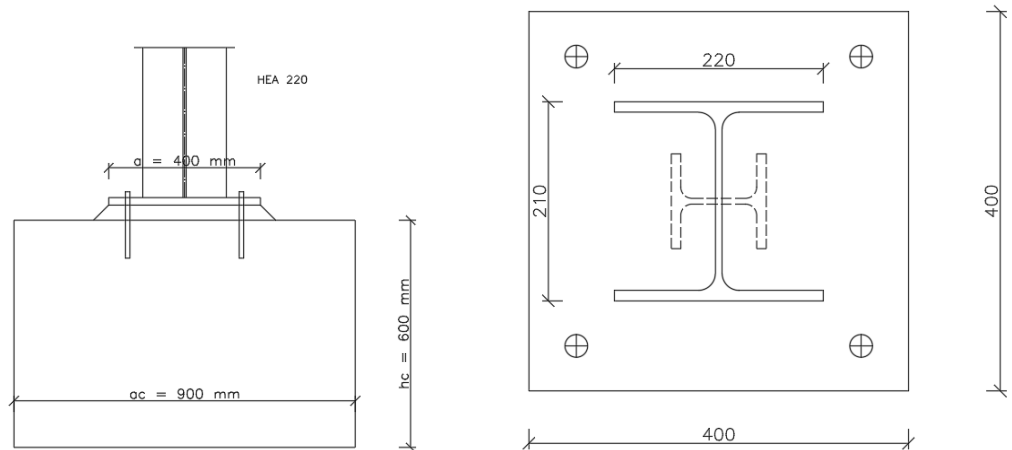
Uvažované vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 36,16 \text{ kN}$$

- patka kloubová, centricky tlačená

beton C 25/30, $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$t_p = 20 \text{ mm}$



9.2.1 Posouzení na tlak

- započitatelné rozměry patky

$$a_1 = \min(3a, a + h_c, a_c) = (1200, 1000, 900) = 900 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 900 \text{ mm}$$

- součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{900 * 900}{400 * 400}} = 2,25$$

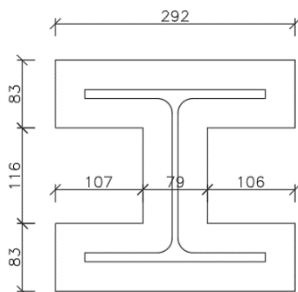
- návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} * \frac{2,25 * 25}{1,5} = 24,4 \text{ MPa}$$

- účinná šířka patní desky

$$c = t_p * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_{jd}}} = 20 * \sqrt{\frac{235}{3 * 24,4}} = 35,8 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 57\,263 \text{ mm}^2$$



- návrhová únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{jd} = 57\,263 * 24,4 = 1\,397,2 \text{ kN}$$

- posouzení

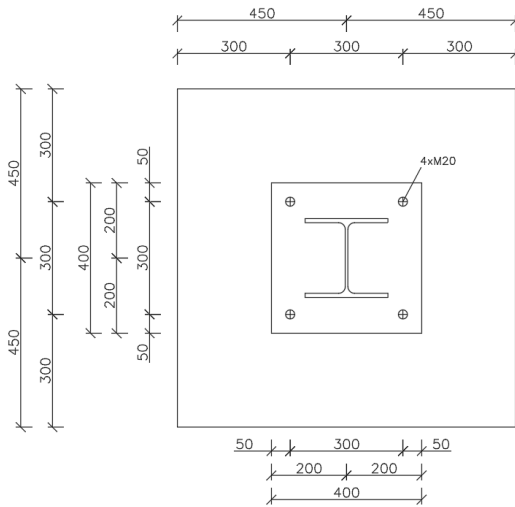
$$N_{Rd} \geq N_{Ed}$$

$$1\,926,7 \geq 36,16 \text{ kN}$$

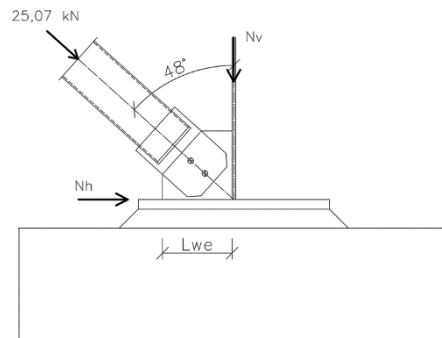
PATKA VYHOVÍ.

9.2.2 Posouzení na smykovou sílu

Posouvající síla bude přenesena kotevními šrouby HILTI HIT HY 200 A + HIT Z 100 Years M20. Návrh a posouzení bylo provedeno v programu od firmy HILTI viz Příloha E.9.



9.2.3 Návrh svaru ve styčnickové patě



$$N_v = \cos 48^\circ \cdot 25,07 = 16,8 \text{ kN}$$

$$N_h = \sin 48^\circ \cdot 25,07 = 18,6 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{N_h}{2 \cdot a_w \cdot L_{we,h}} = \frac{18,6 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 145} = 16,03 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{N_v}{2 \cdot a_w \cdot L_{we,v}} = \frac{16,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 143} = 14,7 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}} = 121,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} = \frac{N_H}{2 \cdot a_w \cdot L_{we}} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}$$

$$16,03 \leq 121,4 \text{ MPa}$$

$$14,7 \leq 121,4 \text{ MPa}$$

$$a_w = 4 \text{ mm}$$

$$L_{we,h} = 145 \text{ mm}$$

$$L_{we,h} = 145 \text{ mm}$$

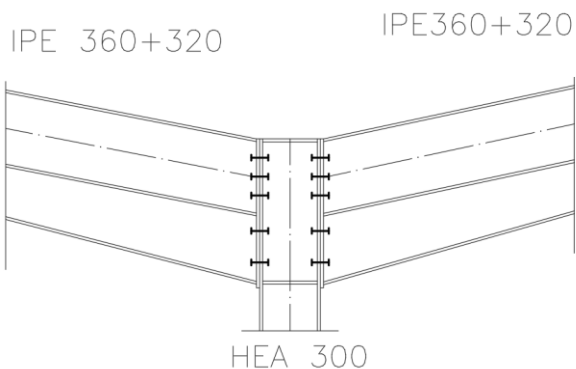
$$\beta = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

SVAR VYHOVÍ.

10. NÁVRH RÁMOVÉHO ROHU



příčle:

IPE 360+320

sloup:

HEA 300

$t_{f, IPE360+320} =$

12,7 mm

$t_{w, IPE360+320} =$

8 mm

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

(pro 235 MPa)

10.1 NÁVRH SVARŮ

- svar čelní desky a tažené a tlačené pásnice příčle

$$a_1 > \frac{t_f}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} = \frac{12,7}{1,0} \cdot \frac{235}{1,0} \cdot \frac{0,8 \cdot 1,25}{360 / \sqrt{2}} = 5,86 \text{ mm}$$

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

- svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_2 > \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} = \frac{8}{1,0} \cdot \frac{235}{1,0} \cdot \frac{0,8 \cdot 1,25}{360 / \sqrt{2}} = 3,69 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 \text{ mm}$$

- svar výztuhy a stojiny sloupu

uvažujeme 5 mm

$$a_3 = 5 \text{ mm}$$

10.2 ÚNOSNOST DÍLČÍCH KOMPONENTŮ

Dílčí komponenty přípoje budou navrženy odhadem, a to na základě tloušťek sloupu a příčle.

1. Výztuha stojiny sloupu

$$t_v \approx t_{f, IPE360+320} = 12,7 \text{ mm}$$

$$t_v = 15 \text{ mm}$$

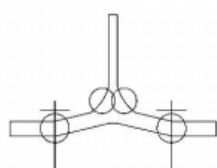
2. Tloušťka čelní desky

$$t_d \approx t_{f, HEA300} = 14 \text{ mm}$$

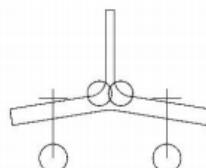
$$t_d = 15 \text{ mm}$$

10.3 VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ V TAHU

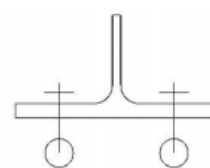
Způsob porušení		Návrhová únosnost
Způsob 1	Plastický mechanismus (4 plastické klouby)	$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$
Způsob 2	Plastický mechanismus - páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)	$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$
Způsob 3	Porušení šroubů v tahu	$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd}$



Způsob 1



Způsob 2



Způsob 3

- únosnost jednoho šroubu v tahu

šrouby

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 459 \cdot 360}{1,25} = 118,9 \text{ kN}$$

M27 8.8

- návrhová únosnost pro kruhové porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

t_{fc} ... tloušťka pásnice sloupce (14 mm), menší než tloušťka čelní desky (15 mm)

$l_{eff,1}$... efektivní šířka T-průřezu pro kruhové porušení

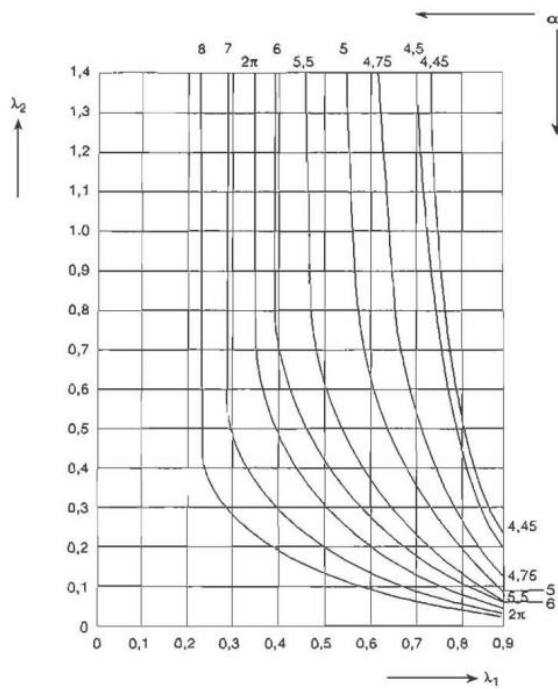
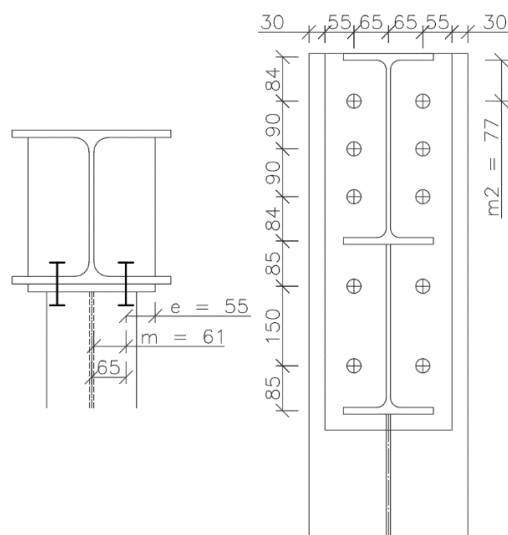
- návrhová únosnost pro nekruhové porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

t_{fc} ... tloušťka pásnice sloupce (14 mm), menší než tloušťka čelní desky (15 mm)

$l_{eff,2}$... efektivní šířka T-průřezu pro nekruhové porušení

10.3.1 Výpočet 1. řady šroubů



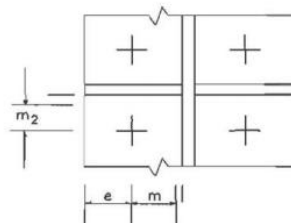
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{77}{61 + 55} = 0,664$$

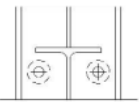
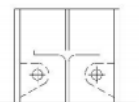
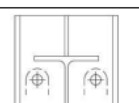
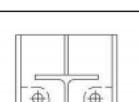
$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro řadu šroubů pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně		<i>Kruhové porušení</i>
		<i>Nekruhové porušení</i>
Řada šroubů působí jako součást skupiny		<i>Kruhové porušení</i>
		<i>Nekruhové porušení</i>

řada šroubů působí samostatně

$$m = 61 \text{ mm}$$

- kruhové porušení

$$\alpha = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$e = 55 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 5,5 \cdot 61 = 335,5 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako součást skupiny

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 61 + 90 = 281,6 \text{ mm}$$

- nekruhové porušení

$$\begin{aligned} l_{eff,nc} &= 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = \\ &= 0,5 \cdot 90 + 5,5 \cdot 61 - (2 \cdot 61 + 0,625 \cdot 55) = 224,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(281,6; 224,1) = 224,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 224,1 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 224,1 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 2\,580\,511 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 2\,580\,511}{61} = 169,2 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 224,1 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 2\,580\,511 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 2\,580\,511 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 157,2 \text{ kN}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

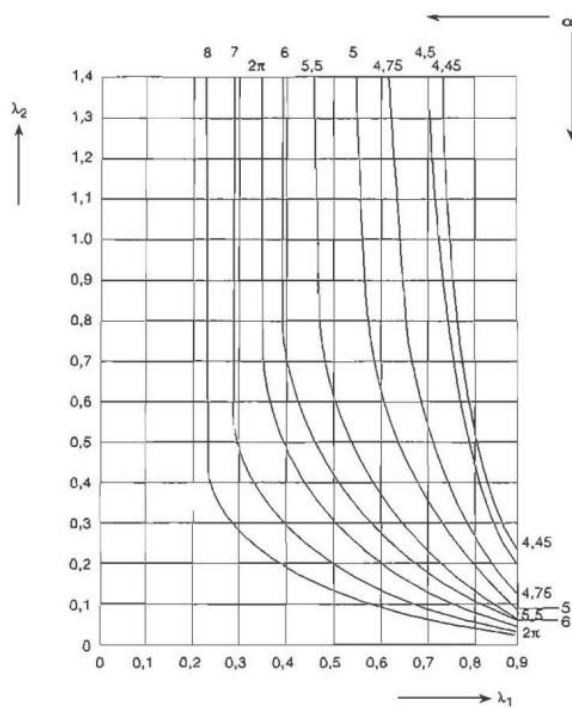
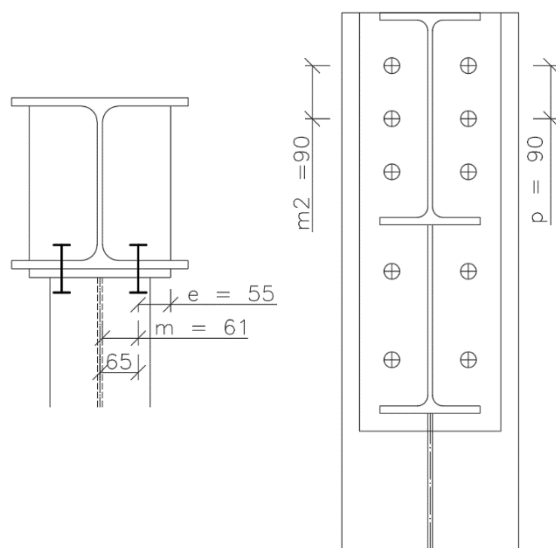
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(169,2; 157,2; 237,8) = 157,2 \text{ kN}$$

10.3.2 Výpočet 2. řady šroubů



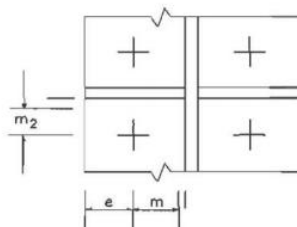
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{90}{61 + 55} = 0,78$$

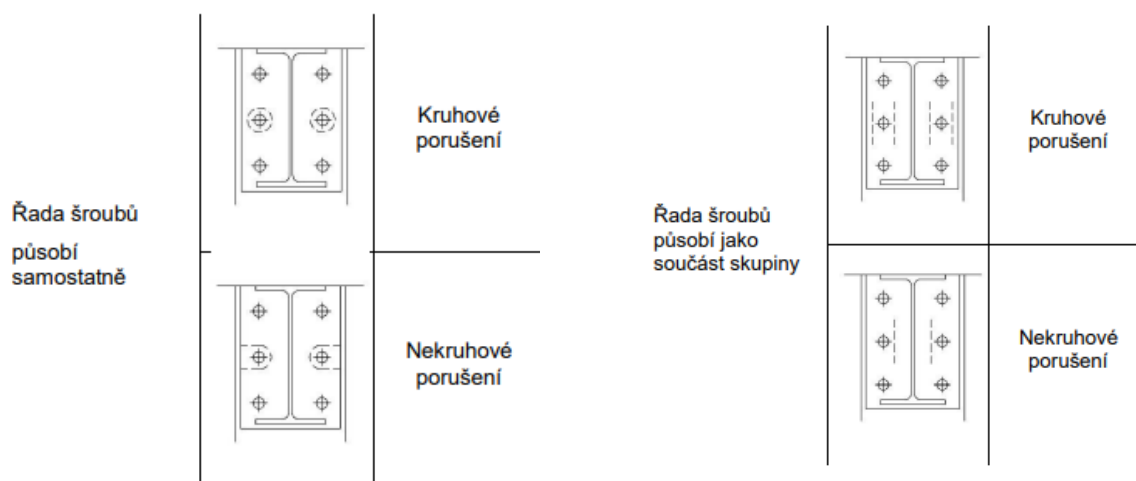
$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů



řada šroubů působí samostatně

$$m = 61 \text{ mm}$$

- kruhové porušení

$$\alpha = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$e = 55 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako součást skupiny

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 90 = 180 \text{ mm}$$

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(180; 90) = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 90 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 90 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,036\,350 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 1\,036\,350}{61} = 68 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 90 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,036\,350 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1\,036\,350 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 130,6 \text{ kN}$$

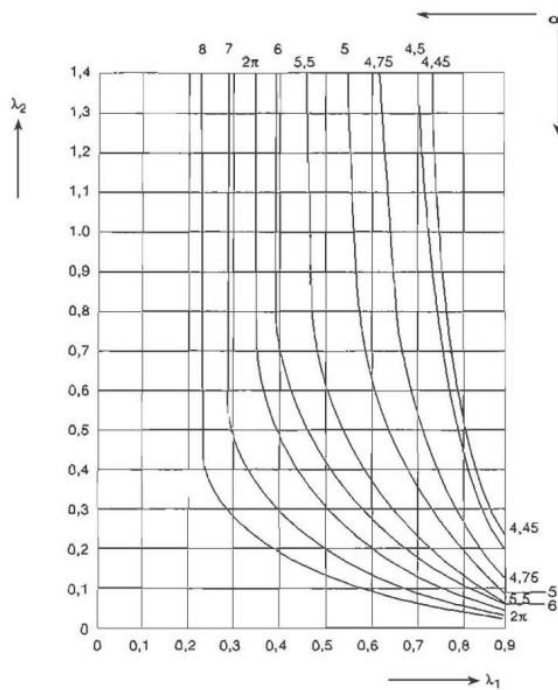
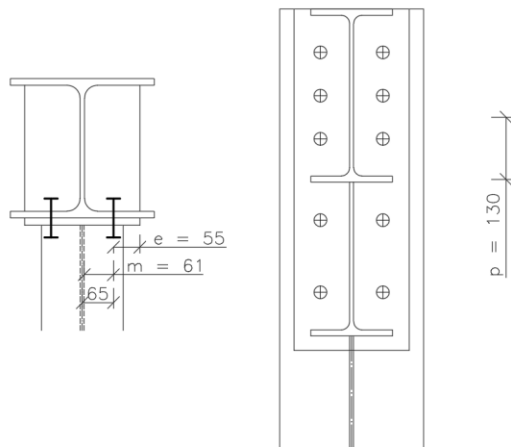
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(68; 130,6; 237,8) = 68 \text{ kN}$$

10.3.3 Výpočet 3. řady šroubů



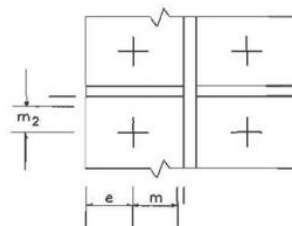
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{130}{61 + 55} = 1,1$$

$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů

řada šroubů působí samostatně

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

m = 61 mm

řada šroubů působící jako součást skupiny

$\alpha = 5,5$ mm

- kruhové porušení

p = 130 mm

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}$$

e = 55 mm

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 130 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(260; 130) = 130 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 130 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 130 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,496\,950 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 1\,496\,950}{61} = 98,2 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 130 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,496\,950 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 1\,496\,950 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 125,7 \text{ kN}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

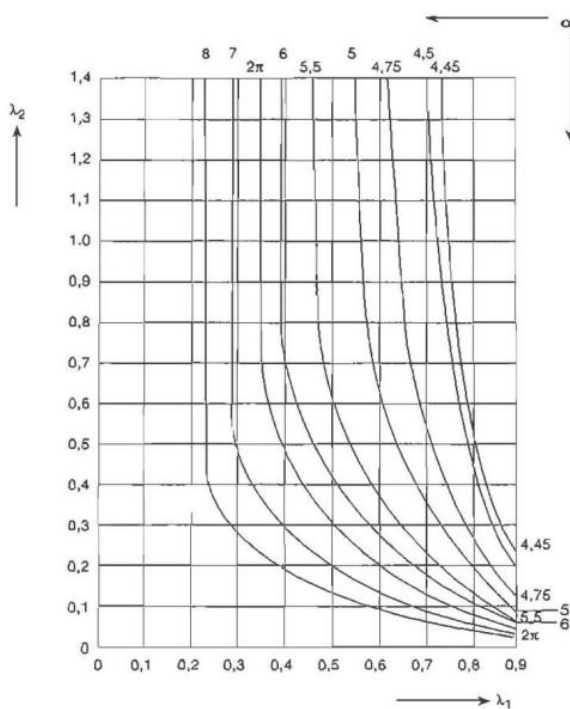
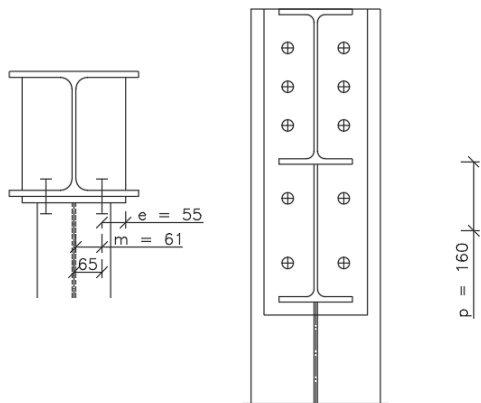
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,3,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(98,2; 125,7; 237,8) = 98,2 \text{ kN}$$

10.3.4 Výpočet 4. řady šroubů



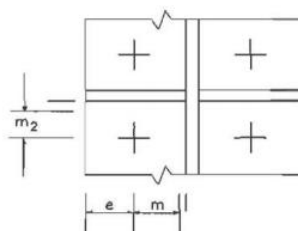
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{160}{61 + 55} = 1,3$$

$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů

řada šroubů působí samostatně

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

m = 61 mm

řada šroubů působící jako součást skupiny

$\alpha = 5,5$ mm

- kruhové porušení

p = 160 mm

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 160 = 320 \text{ mm}$$

e = 55 mm

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(320; 160) = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 160 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 160 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,842\,400 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 1\,842\,400}{61} = 120,8 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 160 \cdot 14^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 1\,842\,400 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 1\,842\,400 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 127,3 \text{ kN}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,A,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(120,8; 127,3; 237,8) = 120,8 \text{ kN}$$

10.3.5 Výpočet 5. řady šroubů

$$V_{Ed} = 101,95 \text{ kN}$$

M27 8.8

$$t_{f,HEA300} = 14 \text{ mm}$$

$$e_1 = 55 \text{ mm}$$

$$e_2 = 78 \text{ mm}$$

Pátá řada šroubů se použije pro přenos smykové síly, nebude uvažována pro výpočet momentové únosnosti.

- únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 459 \cdot 800}{1,25} = 176,3 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 27 \cdot 14 \cdot 360}{1,25} = 206,8 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{78}{24 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{ 8,1; 2,5 \} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{55}{3 \cdot 24}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,76; 2,22; 1,0 \} = 0,76$$

- únosnost šroubu ve smyku

$$V_{Rd} = 2 \cdot \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(176,3; 206,8) = 2 \cdot 176,3 = 352,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$352,6 \geq 101,9 \text{ kN}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST RÁMOVÉHO SPOJE VYHOVUJE.

10.4 ÚNOSNOST ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ

10.4.1 Únosnost pásnice příčle v tlaku

IPE 360

$W_{pl,y} = 1019000$
 mm^3

$h = 360$ mm

$t_f = 12,7$ mm

$\gamma_{M0} = 1,0$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{(h - t_f) \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1\,019\,000 \cdot 235}{(360 - 12,7) \cdot 1,0} = 689,5 \text{ kN}$$

- ověření podmínky tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c,fb,Rd} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 157,2 + 68 + 98,2 + 120,8 = 444,2 \text{ kN}$$

$$689,5 \geq 444,2 \text{ kN}$$

Podmínka byla splněna, není nutné redukovat únosnost spodní řady tažených šroubů.

10.4.2 Rozdělení sil a momentové únosnosti

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že byly splněny předchozí podmínky a současně:

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 \cdot F_{t,Rd}$$

$$F_{t,1,Rd} = 157,2 \text{ kN} \leq 1,9 \cdot 118,9 = 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} = 68 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,3,Rd} = 98 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,4,Rd} = 120,8 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

PODMÍNKA JE SPLNĚNA.

10.4.3 Momentová únosnost rámového spoje

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{y,Ed} = 395,36 \text{ kNm}$$

Řada	Únosnost řady [kN]	rameno h_i [m] (od osy šroubu do těžiště tlačené pásnice)
1	157,2	0,599
2	68	0,509
3	98	0,419
4	120,8	0,25

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} \cdot h_i$$

$$M_{Rd} = 157,2 \cdot 0,599 + 68 \cdot 0,509 + 98 \cdot 0,419 + 120,8 \cdot 0,25 = 196,7 \text{ kNm}$$

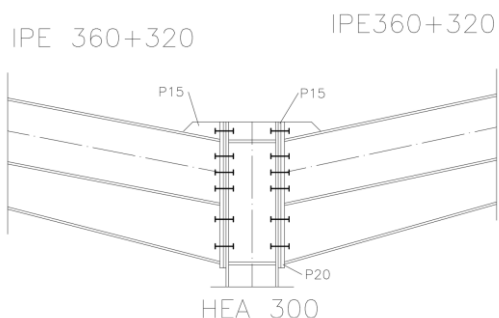
$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$196,7 \not\geq 395,36 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost nebyla splněna, musíme zvýšit únosnost navrženého styčnicku.

Nad 1. řadu šroubů přidáme 0. řadu šroubů a na pásnici sloupu přivaříme plech P15.

11. ZVÝŠENÍ ÚNOSNOSTI RÁMOVÉHO ROHU



příčle:

IPE 360+320

$t_{f,IPE360+320} =$
12,7 mm

$t_{wIPE360+320} =$
8 mm

sloup:

HEA 300

$t_f = 14$ mm

$t_{f,p} = 15$ mm

$t_w = 8,5$ mm

11.1 NÁVRH SVARŮ

- svar čelní desky a tažené a tlačené pásnice příčle

$$a_1 > \frac{t_f}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} = \frac{12,7}{1,0} \cdot \frac{235}{1,0} \cdot \frac{0,8 \cdot 1,25}{360 / \sqrt{2}} = 5,86 \text{ mm}$$

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

- svar čelní desky a stojiny příčle

$$a_2 > \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u / \sqrt{2}} = \frac{8}{1,0} \cdot \frac{235}{1,0} \cdot \frac{0,8 \cdot 1,25}{360 / \sqrt{2}} = 3,69 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4 \text{ mm}$$

- svar výztuha a stojiny sloupu

uvažujeme 5 mm

$$a_3 = 5 \text{ mm}$$

11.2 ÚNOSNOST DÍLČÍCH KOMPONENTŮ

Dílčí komponenty přípoje budou navrženy odhadem, a to na základě tloušťek sloupu a příčle.

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

(pro 235 MPa)

1. Výztuha stojiny sloupu

$$t_v \approx t_{f,IPE360+320} = 12,7 \text{ mm}$$

$$t_v = 15 \text{ mm}$$

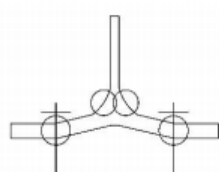
2. Tloušťka čelní desky

$$t_d \approx t_{f,HEA300} = \sqrt{14^2 + 15^2} = 20,5 \text{ mm}$$

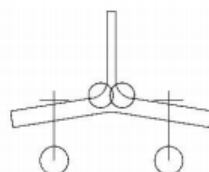
$$t_d = 20 \text{ mm}$$

11.3 VÝPOČET ÚNOSNOSTI ŘAD ŠROUBŮ V TAHU

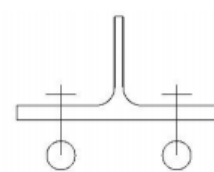
Způsob porušení		Návrhová únosnost
Způsob 1	Plastický mechanismus (4 plastické klouby)	$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m}$
Způsob 2	Plastický mechanismus - páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)	$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$
Způsob 3	Porušení šroubů v tahu	$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd}$



Způsob 1



Způsob 2



Způsob 3

šrouby

M27 8.8

- únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 459 \cdot 360}{1,25} = 118,9 \text{ kN}$$

- návrhová únosnost pro kruhové porušení

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

t_{fc} ... tloušťka pásnice sloupu s plechem (20,5 mm), větší než tloušťka čelní desky (20 mm)

$l_{eff,1}$... efektivní šířka T-průřezu pro kruhové porušení

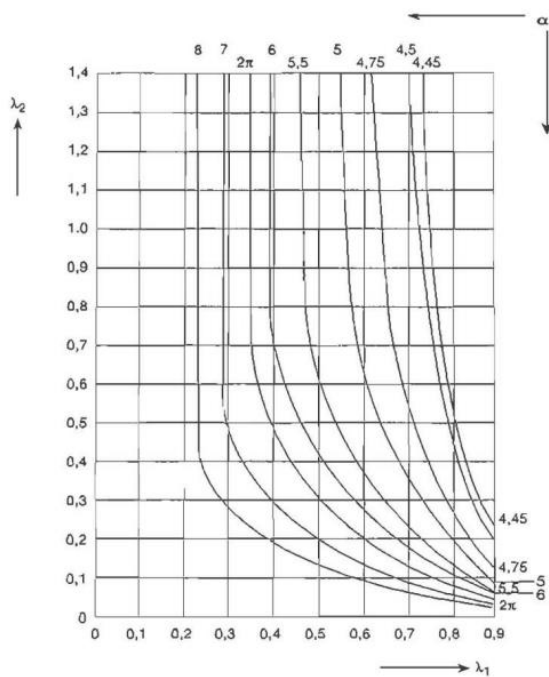
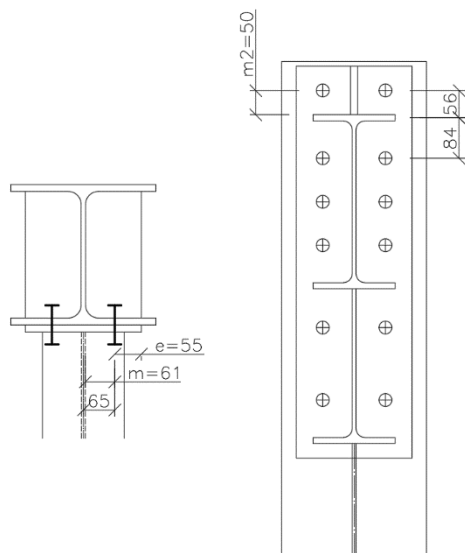
- návrhová únosnost pro nekruhové porušení

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

t_{fc} ... tloušťka pásnice sloupu s plechem (20,5 mm), větší než tloušťka čelní desky (20 mm)

$l_{eff,2}$... efektivní šířka T-průřezu pro nekruhové porušení

11.3.1 Výpočet 0. řady šroubů



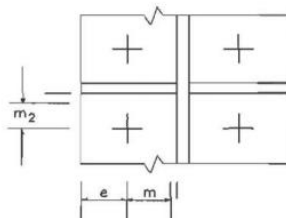
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{50}{61 + 55} = 0,43$$

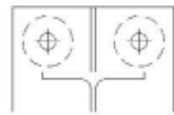
$$\rightarrow \alpha = 6$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

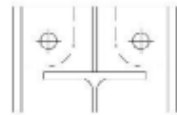
$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-průřezu pro koncovou řadu šroubů s výztuhou



Kruhové porušení



Nekruhové porušení

- kruhové porušení

$$m = 61 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot m; \pi \cdot m + 2 \cdot e_1) = \min(2 \cdot \pi \cdot 61; \pi \cdot 61 + 2 \cdot 56) =$$

$$\alpha = 6 \text{ mm}$$

$$= \min(383,3; 303,6) = 303,6 \text{ mm}$$

$$e = 55 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$e_1 = 56 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = e_1 + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) =$$

$$= 56 + 6 \cdot 61 - (2 \cdot 61 + 0,625 \cdot 56) = 265 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(303,6; 265) = 265 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 265 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost řady šroubů pro koncovou řadu šroubů s výztuhou

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 265 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 6\,227\,500 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 6\,227\,500}{61} = 408,4 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 265 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 6\,227\,500 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 6\,227\,500 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 220,1 \text{ kN}$$

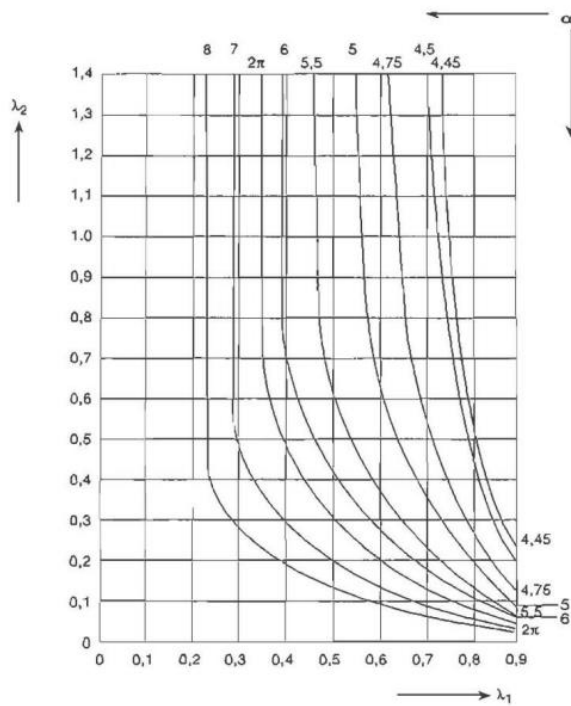
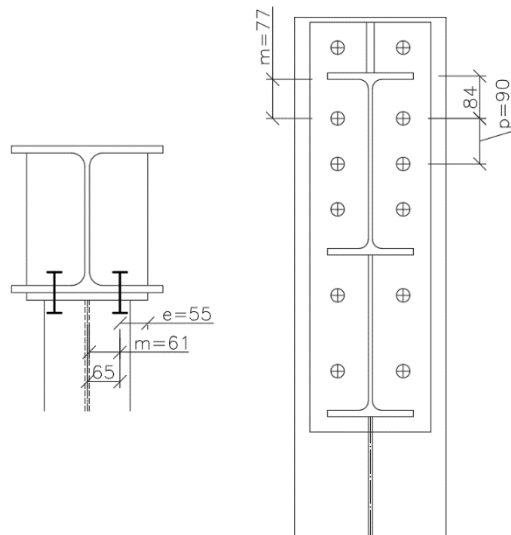
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,0,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(408,4; 220,1; 237,8) = 220,1 \text{ kN}$$

11.3.2 Výpočet 1. řady šroubů



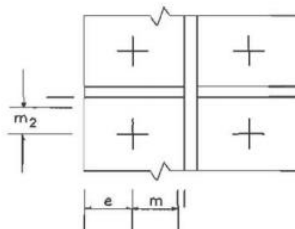
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{77}{61 + 55} = 0,664$$

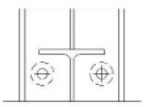
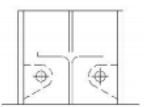
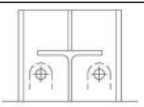
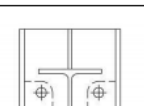
$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro řadu šroubů pod taženou pásnicí

Řada šroubů působí samostatně		<i>Kruhové porušení</i>
		<i>Nekruhové porušení</i>
Řada šroubů působí jako součást skupiny		<i>Kruhové porušení</i>
		<i>Nekruhové porušení</i>

řada šroubů působí samostatně

$$m = 61 \text{ mm}$$

- kruhové porušení

$$\alpha = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

$$p = 90 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$e = 55 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m = 5,5 \cdot 61 = 335,5 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako součást skupiny

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 61 + 90 = 281,6 \text{ mm}$$

- nekruhové porušení

$$\begin{aligned} l_{eff,nc} &= 0,5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0,625 \cdot e) = \\ &= 0,5 \cdot 90 + 5,5 \cdot 61 - (2 \cdot 61 + 0,625 \cdot 55) = 224,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(281,6; 224,1) = 224,1 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 224,1 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 224,1 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 5\,266\,350 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 5\,266\,350}{61} = 345,3 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 224,1 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 5\,266\,350 \text{ Nmm}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} =$$

$$= \frac{2 \cdot 5\,266\,350 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 203,5 \text{ kN}$$

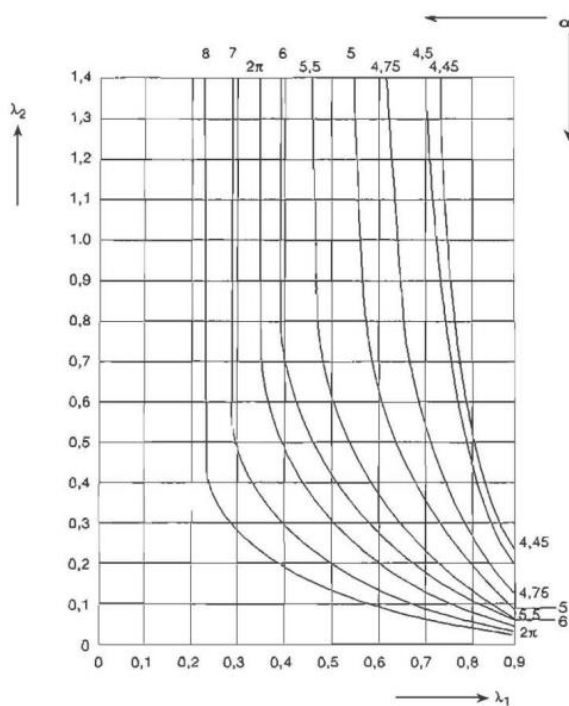
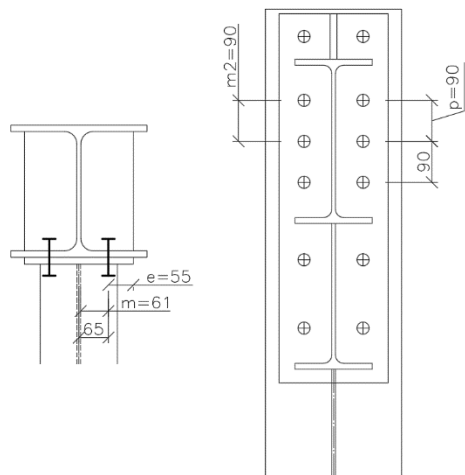
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,1,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(345,3; 203,5; 237,8) = 203,5 \text{ kN}$$

11.3.3 Výpočet 2. řady šroubů



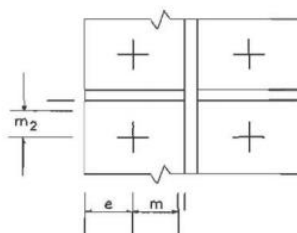
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{90}{61 + 55} = 0,78$$

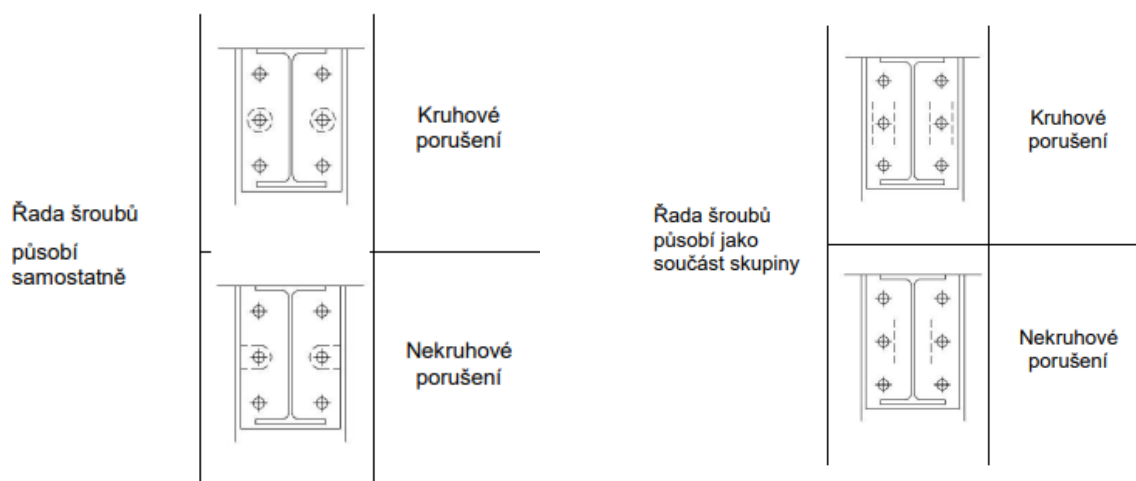
$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů



řada šroubů působí samostatně

- kruhové porušení

$$m = 61 \text{ mm}$$

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5,5 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$p = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

$$e = 55 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako součást skupiny

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 90 = 180 \text{ mm}$$

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(180; 90) = 90 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 90 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 90 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 2\,115\,000 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 2\,115\,000}{61} = 138,7 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 90 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 2\,115\,000 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 2\,115\,000 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 149,2 \text{ kN}$$

Způsob 3

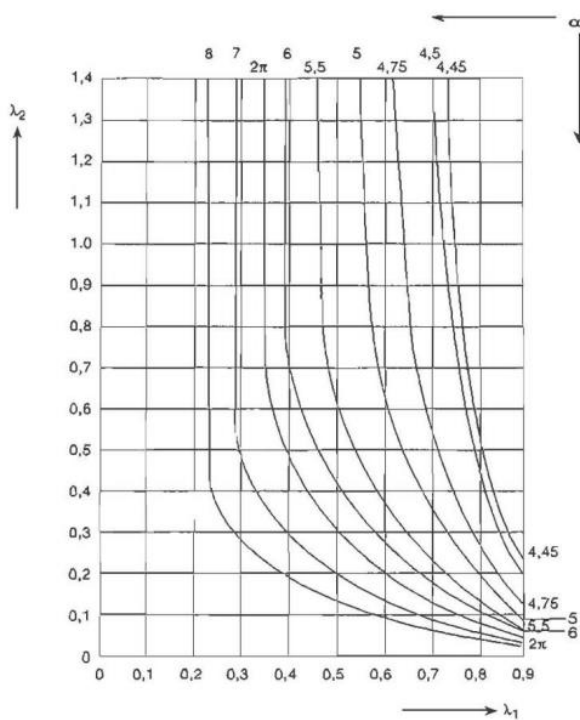
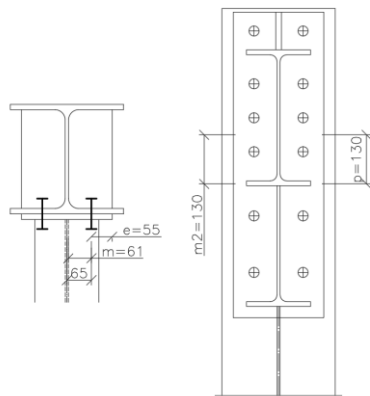
$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(138,7; 149,2; 237,8) = 138,7 \text{ kN}$$

11.3.4 Výpočet 3. řady šroubů



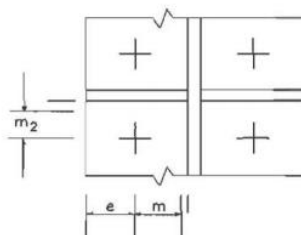
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{130}{61 + 55} = 1,1$$

$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů

řada šroubů působí samostatně

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

m = 61 mm

řada šroubů působící jako součást skupiny

α = 5,5 mm

- kruhové porušení

p = 130 mm

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}$$

e = 55 mm

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 130 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(260; 130) = 130 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 130 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 130 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 3\,055\,000 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 3\,055\,000}{61} = 200,3 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 130 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 3\,055\,000 \text{ Nmm}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 3\,055\,000 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 165,4 \text{ kN}$$

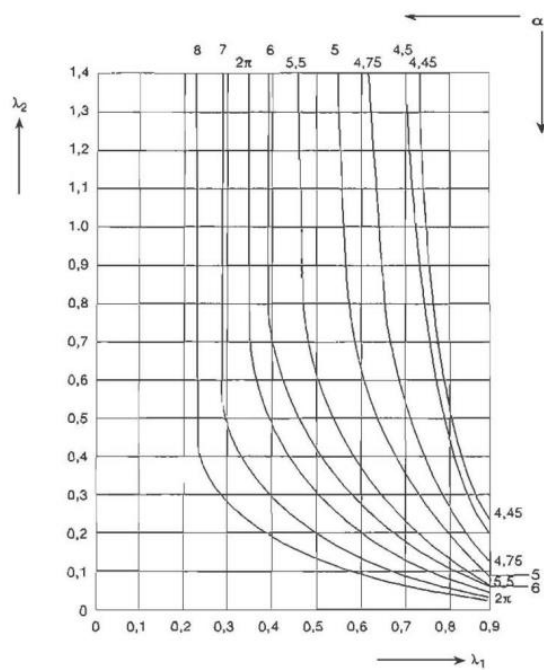
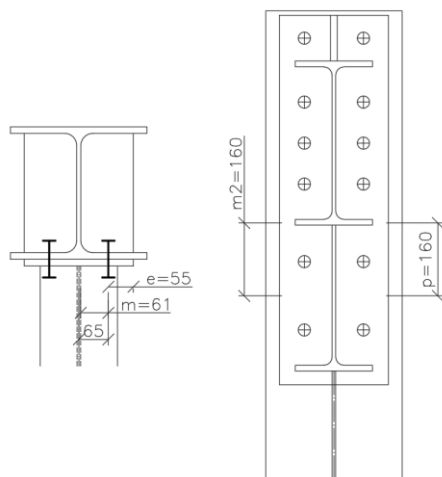
Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,3,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(200,3; 165,4; 237,8) = 165,4 \text{ kN}$$

11.3.5 Výpočet 4. řady šroubů



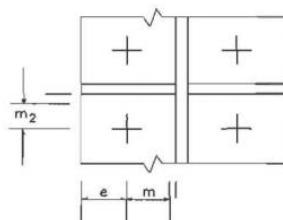
$$\lambda_1 = \frac{61}{61 + 55} = 0,526$$

$$\lambda_2 = \frac{160}{61 + 55} = 1,3$$

$$\rightarrow \alpha = 5,5$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$$



Výpočet efektivní šířky pro náhradní T-profil pro vnitřní řadu šroubů

řada šroubů působí samostatně

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 2 \cdot \pi \cdot 61 = 383,3 \text{ mm}$$

-nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 4 \cdot 61 + 1,25 \cdot 55 = 312,75 \text{ mm}$$

řada šroubů působící jako součást skupiny

- kruhové porušení

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot p = 2 \cdot 160 = 320 \text{ mm}$$

- nekruhové porušení

$$l_{eff,nc} = p = 160 \text{ mm}$$

$$m = 61 \text{ mm}$$

$$\alpha = 5,5 \text{ mm}$$

$$p = 160 \text{ mm}$$

$$e = 55 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(\min l_{eff,cp}; \min l_{eff,nc}) = \min(320; 160) = 160 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 160 \text{ mm}$$

Navrhovaná únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,1} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 160 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 3\,760\,000 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 3\,760\,000}{61} = 246,6 \text{ kN}$$

Způsob 2

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} \cdot l_{eff,2} \cdot t_{fc}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1}{4} \cdot 160 \cdot 20^2 \cdot \frac{235}{1,0} = 3\,760\,000 \text{ Nmm}$$

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{t,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 3\,760\,000 + 55 \cdot 2 \cdot 118,9 \cdot 10^3}{61 + 55} = 177,6 \text{ kN}$$

Způsob 3

$$F_{t,c,Rd} = \sum F_{t,Rd} = 2 \cdot 118,9 = 237,8 \text{ kN}$$

$n = \min(e;$
 $1,25m) = 55$
 mm

Únosnost řady šroubů pro taženou pásnici

$$F_{t,A,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = \min(246,6; 177,6; 237,8) = 177,6 \text{ kN}$$

11.3.6 Výpočet 5. řady šroubů

Pátá řada šroubů se použije pro přenos smykové síly, nebude uvažována pro výpočet momentové únosnosti.

$$V_{Ed} = 101,95 \text{ kN}$$

- únosnost šroubu ve stříhu

M27 8.8

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 459 \cdot 800}{1,25} = 176,3 \text{ kN}$$

$$t_{f,HEA300} = 14 \text{ mm}$$

- únosnost šroubu v otláčení

$$e_1 = 55 \text{ mm}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 27 \cdot 14 \cdot 360}{1,25} = 206,8 \text{ kN}$$

$$e_2 = 78 \text{ mm}$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} =$$

$$= \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{78}{24 - 1,7} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \{ 8,1; 2,5 \} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{55}{3 \cdot 24}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = \min \{ 0,76; 2,22; 1,0 \} = 0,76$$

- únosnost šroubu ve smyku

$$V_{Rd} = 2 \cdot \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(176,3; 206,8) = 2 \cdot 176,3 = 352,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$352,6 \geq 101,9 \text{ kN}$$

SMYKOVÁ ÚNOSNOST RÁMOVÉHO SPOJE VYHOVUJE.

11.4 ÚNOSNOST ZÁKLADNÍCH KOMPONENTŮ

11.4.1 Únosnost pásnice příčle v tlaku

IPE 360

$W_{pl,y} = 1019000$
 mm^3

$h = 360$ mm

$t_f = 12,7$ mm

$\gamma_{M0} = 1,0$

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{(h - t_f) \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1\,019\,000 \cdot 235}{(360 - 12,7) \cdot 1,0} = 689,5 \text{ kN}$$

- ověření podmínky tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c,fb,Rd} \geq \sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{t,i,Rd} = 220,1 + 203,5 + 138,7 + 165,4 + 177,6 = 905,3 \text{ kN}$$

$$689,5 \not\geq 905,3 \text{ kN}$$

Podmínka nebyla splněna, je nutné redukovat únosnost spodní řady tažených šroubů.

11.4.2 Rozdělení sil a momentové únosnosti

Plastické rozdělení sil lze uvažovat v případě, že byly splněny předchozí podmínky a současně:

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 \cdot F_{t,Rd}$$

$$F_{t,0,Rd} = 220,1 \text{ kN} \leq 1,9 \cdot 118,9 = 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,1,Rd} = 203,5 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} = 138,7 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,3,Rd} = 165,4 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$$F_{t,4,Rd} = 177,6 \text{ kN} \leq 225,9 \text{ kN}$$

$F_{t,Rd} = 118,9$ kN

PODMÍNKY JE SPLNĚNA.

11.4.3 Momentová únosnost rámového spoje

Uvažované vnitřní síly:

$$M_{y,Ed} = 395,36 \text{ kNm}$$

Řada	Únosnost řady [kN]	Síla pro M_{Rd} [kN]	rameno h_i [m] (od osy šroubu do těžiště tlačené pásnice)
0	220,1	220,1	0,73
1	203,5	203,5	0,593
2	138,7	138,7	0,503
3	165,4	127,2	0,413
4	177,6	0	0,243
CELKEM	905,3	689,5	

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} \cdot h_i$$

$$M_{Rd} = 220,1 \cdot 0,73 + 203,5 \cdot 0,593 + 138,7 \cdot 0,503 + 127,2 \cdot 0,413 = 547,2 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$547,2 \geq 395,36 \text{ kNm}$$

MOMENTOVÁ ÚNOSNOST NAVRŽENÉHO STYČNÍKU VYHOVUJE.

12. ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce byl návrh nosné ocelové konstrukce dvoulodní tenisové haly. Byla navržena hlavní rámová vazba, štítová stěna, ztužující prvky a vybrané detaily. Návrh byl proveden dle Evropských norem. Všechny navržené prvky splňují podmínky únosnosti. Když podmínka nevyhověla, byla navržena úprava, aby byla splněna.