



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Statický výpočet

Miroslav Čáp

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Josef Macháček, DrSc.

Praha 2020

Obsah:

1	Statický výpočet - stanovení charakteristických účinků zatížení	8
1.1	Stálé zatížení.....	9
1.2	Předpětí.....	10
1.3	Proměnné zatížení.....	10
1.3.1	Klimatická zatížení - sníh.....	10
1.3.2	Klimatická zatížení – vítr	10
1.3.3	Klimatická zatížení – teplota.....	21
1.3.4	Provozní zatížení	21
1.3.5	Pokles podpory	22
2	Návrh a posouzení hlavních nosných prvků - MSÚ.....	23
2.1	Střešní plášť – Sendvičový panel	23
2.1.1	Posouzení	24
2.2	Střešní plášť – Vaznice.....	25
2.2.1	Zatěžovací stavy	26
2.2.2	Návrhové kombinace zatěžovacích stavů	28
2.2.3	Výsledné vnitřní síly – ohybový moment $M_{y,Ed}$ [kNm].....	28
2.2.4	Výsledné vnitřní síly – posouvající síla $V_{z,Ed}$ [kN]	29
2.2.5	Výsledné vnitřní síly – normálová síla N_{Ed} [kN].....	29
2.2.6	Výsledné reakce	30
2.2.7	Posouzení	31
2.2.8	Posouzení – alternativně pomocí softwaru Dlubal Rfem.....	33
2.3	Nosná konstrukce – Vazník.....	34
2.3.1	Zatěžovací stavy	34
2.3.2	Výsledné vnitřní síly – ohybový moment $M_{y,Ed}$ [kNm].....	35
2.3.3	Výsledné vnitřní síly – posouvající síla $V_{z,Ed}$ [kN].....	35
2.3.4	Výsledné vnitřní síly – normálová síla N_{Ed} [kN].....	36
2.3.5	Výsledné reakce	36
2.3.6	Posouzení	37
2.3.7	Posouzení – alternativně pomocí softwaru Dlubal Rfem.....	40
2.4	Nosná konstrukce – Hlavní nosník (nadvratový)	41
2.4.1	Schéma konstrukce.....	41
2.4.2	Stanovení účinků zatížení.....	41
2.4.3	Zatěžovací stavy – stálé zatížení (charakteristické hodnoty).....	45
2.4.4	Zatěžovací stavy – proměnné zatížení (charakteristické hodnoty)	46

2.4.5	Kombinace zatěžovacích stavů KZS	52
2.4.6	Hlavní nosné prvky	55
2.4.7	Výsledné vnitřní síly – obálka ohybového momentu $M_{y,Ed}$ [kNm]	58
2.4.8	Výsledné vnitřní síly – obálka posouvajících síl $V_{z,Ed}$ [kN]	59
2.4.9	Výsledné vnitřní síly – obálka normálových sil N_{Ed} [kN]	60
2.4.10	Posouzení – alternativně pomocí Dlubal Rfem.....	61
2.5	Nosná konstrukce – lanové závěsy (táhla)	63
2.5.1	Schéma konstrukce.....	63
2.5.2	Průřezové charakteristiky	63
2.5.3	Postup předpínání – napínací osová síla	64
2.5.4	Výsledné vnitřní síly – obálka normálových sil N_{Ed} [kN]	66
2.5.5	Posouzení – plně uzavřené lano PV Pfeifer	66
3	Návrh a posouzení hlavních nosných prvků – MSP.....	68
3.1	Průhyb od vybraných ZS	68
3.1.1	Průhyb od zatížení vlastní tíhou konstrukce	68
3.1.2	Předpětí.....	68
3.1.3	Průhyb od zatížení sněhem.....	68
3.1.4	Průhyb od zatížení větrem – tlak.....	69
3.1.5	Průhyb od zatížení větrem – sání	69
3.2	Posouzení průhybu	69
3.2.1	Maximální záporný průhyb	69
3.2.2	Maximální kladný průhyb	70
4	Posouzení ztužení.....	71
4.1	Posouzení vodorovného ztužení	71
5	Posouzení detailů	75
5.1	Porušení povrchu pásu (CHS)	75
5.1.1	Horní pás – styčnický typu K bez svislice	75
5.1.2	Dolní pás – styčnický typu K se svislicí	77
5.2	Čepový přípoj táhla a horního pásu	80
5.3	Přípoj hlavního nosníku k pylonu.....	83
5.4	Kuželový kónus	85
5.5	Kotvení do základu – ocelová patka.....	89

Seznam obrázků:

Obr. 1: Schéma konstrukce zastřešení.....	8
Obr. 2: Statické schéma vaznice	25
Obr. 3: G_0 - Vlastní tíha vaznice generována softwarem Dlubal	26
Obr. 4: G_{sp} - Zatížení střešním panelem.....	26
Obr. 5: G_{snih} - Zatížení sněhem.....	27
Obr. 6: $Q_{ext,c}$ - Zatížení vnějším tlakem větru	27
Obr. 7: $Q_{int,s}$ - Zatížení vnitřním sáním	27
Obr. 8: $Q_{ext,s}$ - Zatížení vnějším sáním větru.....	27
Obr. 9: $Q_{int,c}$ - Zatížení vnitřním přetlakem větru.....	27
Obr. 10: KZS 1 – Návrhová kombinace zatížení č.1	28
Obr. 11: KZS 2 – Návrhová kombinace zatížení č.2	28
Obr. 12: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y1,Ed}$ od kombinace KZS 1	28
Obr. 13: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y2,Ed}$ od kombinace KZS 2.....	29
Obr. 14: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z1,Ed}$ od kombinace KZS 1	29
Obr. 15: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z2,Ed}$ od kombinace KZS 2	29
Obr. 16: MSÚ - průběh normálové síly $N_{1,Ed}$ od kombinace KZS 1	29
Obr. 17: MSÚ - průběh normálové síly $N_{2,Ed}$ od kombinace KZS 2	29
Obr. 18: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 1	30
Obr. 19: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 2	30
Obr. 20: Stanovení M_{cr} pomocí softwaru LT Beam.....	32
Obr. 21: Posouzení vaznice softwarem Dlubal Rfem	33
Obr. 22: Geometrie příhradového vazníku.....	34
Obr. 23: Zatížení vazníku od KZS 1	34
Obr. 24: Zatížení vazníku od KZS 2	34
Obr. 25: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y1,Ed}$ od kombinace KZS 1	35
Obr. 26: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y2,Ed}$ od kombinace KZS 2	35
Obr. 27: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z1,Ed}$ od kombinace KZS 1	35
Obr. 28: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z2,Ed}$ od kombinace KZS 2	35
Obr. 29: MSÚ - průběh normálové síly $N_{1,Ed}$ od kombinace KZS 1	36
Obr. 30: MSÚ - průběh normálové síly $N_{2,Ed}$ od kombinace KZS 2	36
Obr. 31: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 1	36
Obr. 32: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 2	36
Obr. 33: Schéma konstrukce	41
Obr. 34: ZS1 – Vlastní tíha konstrukce.....	45
Obr. 35: ZS2 – Střešní konstrukce.....	45
Obr. 36: ZS3 – Zatížení od nosné konstrukce.....	45
Obr. 37: ZS4 – Ostatní stálé zatížení.....	45
Obr. 38: ZS5 – Provozní zatížení od JD.....	46
Obr. 39: ZS6 – Sníh.....	46
Obr. 40: ZS7 – Oteplení konstrukce	46
Obr. 41: ZS8 – Ochlazení konstrukce	46
Obr. 42: ZS9 – Vítr směr 0° , var. A - zavřená vrata	47
Obr. 43: ZS10 – Vítr směr 0° , var. B - zavřená vrata.....	47
Obr. 44: ZS11 – Vítr směr 180° , var. A - zavřená vrata.....	47
Obr. 45: ZS12 – Vítr směr 180° , var. B - zavřená vrata.....	47

Obr. 46: ZS13 – Vítr směr 90° - zavřená vrata.....	48
Obr. 47: ZS14 – Vítr směr 270°, var. A - zavřená vrata.....	48
Obr. 48: ZS15 – Vítr směr 270°, var. B - zavřená vrata.....	48
Obr. 49: ZS16 – Vítr směr 0°, var. A - otevřená vrata.....	48
Obr. 50: ZS17 – Vítr směr 0°, var. B - otevřená vrata.....	49
Obr. 51: ZS18 – Vítr směr 180°, var. A - otevřená vrata.....	49
Obr. 52: ZS19 – Vítr směr 180°, var. B - otevřená vrata.....	49
Obr. 53: ZS20 – Vítr směr 90° - otevřená vrata.....	50
Obr. 54: ZS21 – Vítr směr 270°, var. A - otevřená vrata.....	50
Obr. 55: ZS22 – Vítr směr 270°, var. B - otevřená vrata.....	50
Obr. 56: ZS23 – Pokles prostřední podpory $u_z = 246,3$ mm.....	51
Obr. 57: ZS24 – Předpětí lan.....	51
Obr. 58: Výpis vstupních zatěžovacích stavů.....	52
Obr. 59: Tabulka použitých součinitelů ψ	53
Obr. 60: Výňatek kombinací pro posouzení MSÚ.....	53
Obr. 61: Výňatek kombinací pro posouzení MSP.....	54
Obr. 62: Horní pás – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci.....	55
Obr. 63: Dolní pás – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci.....	56
Obr. 64: Diagonály krajní – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci.....	57
Obr. 65: Diagonály střední – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci.....	57
Obr. 66: MSÚ – maximální záporné hodnoty ohybového momentu M_y	58
Obr. 67: MSÚ – maximální kladné hodnoty ohybového momentu M_y	58
Obr. 68: MSÚ – maximální záporné hodnoty posouvající síly V_z	59
Obr. 69: MSÚ – maximální kladné hodnoty posouvající síly V_z	59
Obr. 70: MSÚ – maximální záporné hodnoty normálové síly N	60
Obr. 71: MSÚ – maximální kladné hodnoty normálové síly N	60
Obr. 72: Táhla – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci.....	63
Obr. 73: Schéma očíslování jednotlivých táhel.....	64
Obr. 74: Stanovené předpínací síly.....	64
Obr. 75: Vnitřní síly v táhlech od předpětí.....	65
Obr. 76: MSÚ - minimální hodnoty normálové síly v táhlech N	66
Obr. 77: MSÚ - maximální hodnoty normálové síly v táhlech N	66
Obr. 78: Tabulka plně uzavřených lan typu PV od firmy Pfeifer.....	66
Obr. 79: MSP – Průhyb od zatížení vlastní tíhou $w_0=62,2$ mm.....	68
Obr. 80: MSP – Průhyb od předpětí $w_p=59,4$ mm.....	68
Obr. 81: MSP – Průhyb od zatížení sněhem $w_s=18,7$ mm.....	68
Obr. 82: MSP – Průhyb od tlakem větru $w_{w,c}=40,6$ mm.....	69
Obr. 83: MSP – Průhyb od sání větru $w_{w,s}=120,5$ mm.....	69
Obr. 84: MSP - Maximální záporný průhyb $w_{min}=114,6$ mm.....	69
Obr. 85: MSP - Maximální kladný průhyb $w_{max}=175,4$ mm.....	70
Obr. 86: Obálka normálové síly N – styčnick bez svislice.....	75
Obr. 87: Obálka normálové síly N – styčnick se svislicí.....	77
Obr. 88: Obálka normálové síly N (vlevo) a posouvající síly V_z (vpravo).....	83
Obr. 89: Obálka normálové síly N	85
Obr. 90: Obálka posouvající síly V_z	85
Obr. 91: Obálka ohybového momentu M_y	85
Obr. 92: Maximální a minimální hodnoty výsledných reakcí.....	89

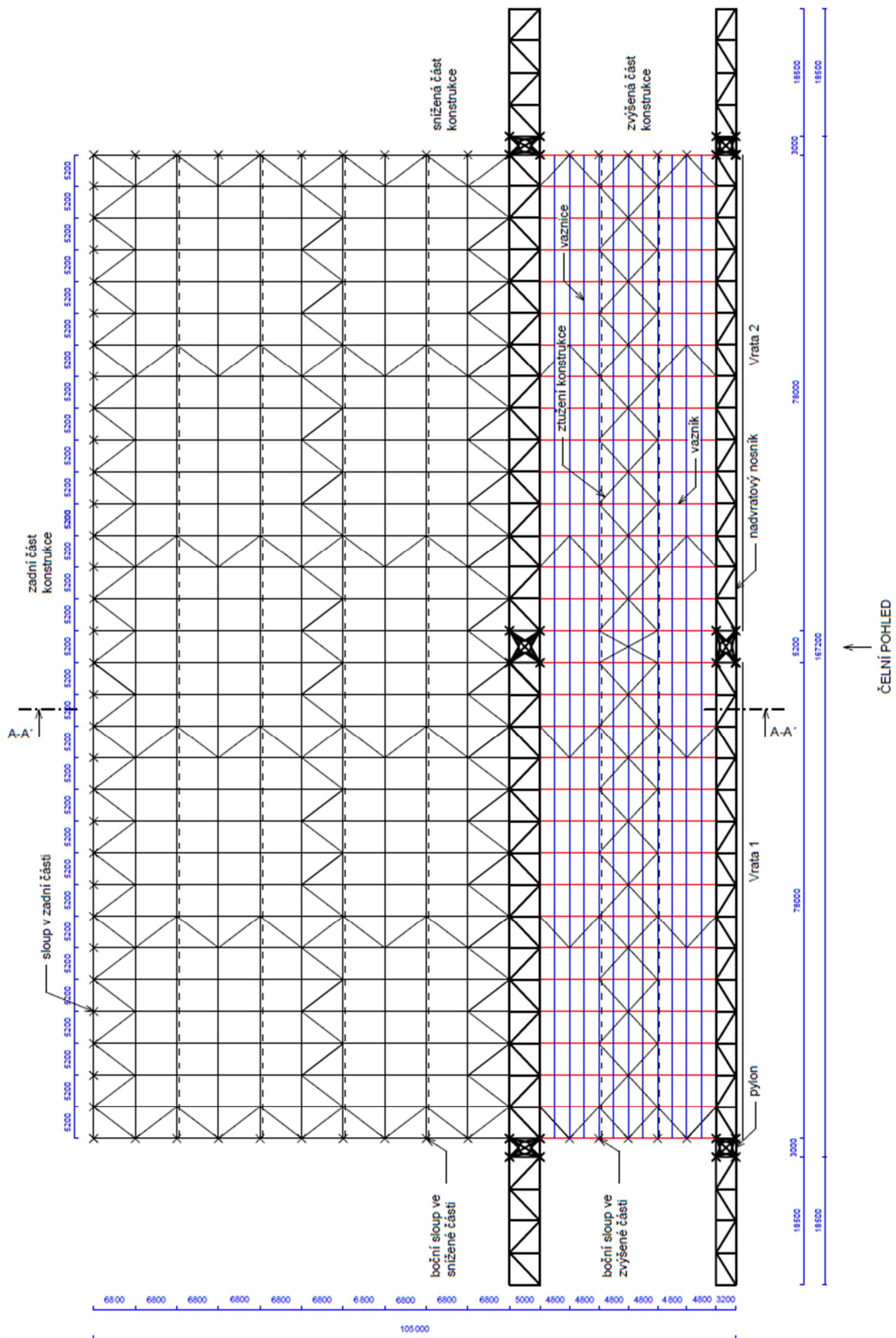
Návrh a posouzení vítězné varianty – zavěšená konstrukce

Zadáním práce je návrh konstrukce zastřešení hangáru pro 2 velkokapacitní letadla typu Boeing 747. Cílem je navrhnout a posoudit hlavní nosné prvky konstrukce ve zvýšené části hangáru, tj. hlavní nadvratový nosník, táhla a stěžejní detaily.

Rozměry hangáru vyplývají z prostorových požadavků letadla (rozměry letadla a chráněného manipulačního prostoru viz výkresová dokumentace), parametry konstrukce byly zvoleny 167,2 × 105m. Na základě zadaných kritérií byla vybrána nejvhodnější varianta, tj. Zavěšená konstrukce.

Konstrukce byla navržena na stálé zatížení zahrnující vlastní tíhu konstrukce, podvěsné lávky, osvětlení, proměnné zatížení zohledňující provoz na podvěsných jeřábech a pokles střední podpory a dále zatížení klimatickými vlivy – sníh, vítr, teplota.

1 Statický výpočet - stanovení charakteristických účinků zatížení



Obr. 1: Schéma konstrukce zastřešení

1.1 Stálé zatížení

VÝPOČETNÍ PARAMETRY

tižové zrychlení $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Střecha

Střešní plášť - sendvičový panel (včetně hydroizolace a tepelné izolace)

plošné zatížení $f_{pl,stp} = 0,500 \text{ kN/m}^2$ (odhad zatížení)

Vaznice profil IPE 200, výška 200 mm, hmotnost 22,4 kg/m

liniová hmotnost $m_{vaz} = 22,4 \text{ kg/m}$

liniové zatížení $f_{lin,vaz} = m_{vaz} \cdot g = 22,4 \cdot 9,81 = 0,220 \text{ kN/m}$

osová vzd. vaznic $o_{vaz} = 2\,400 \text{ mm}$

plošné zatížení $f_{pl,vaz} = f_{lin,vaz} / o_{vaz} = 0,220 / 2\,400 \cdot 10^{-3} = 0,092 \text{ kN/m}^2$

Nosná konstrukce

Vazník - příhradový

liniové zatížení $f_{lin,vzk} = 1,500 \text{ kN/m}$ (dle statického výpočtu ve studii variant)

osová vzd. vazníků $o_{vzk} = 5\,200 \text{ mm}$

plošné zatížení $f_{pl,vaz} = f_{lin,vzk} / o_{vzk} = 0,288 \text{ kN/m}^2$

Ztužidla

plošné zatížení $f_{pl,ztuž} = 0,003 \text{ kN/m}^2$ (dle statického výpočtu ve studii variant)

Ostatní zatížení

Podhled

TZB, osvětlení, lávky

plošné zatížení $f_{pl,TZB} = 0,500 \text{ kN/m}^2$ (odhad zatížení)

Jeřábová dráha - 2x JD o maximální hmotnosti 4,0 t (včetně břemena)

plošné zatížení $f_{pl,jd} = 0,035 \text{ kN/m}^2$ (převáděno na plošné zatížení)

25% tvoří stálé zatížení

75% tvoří proměnné zatížení

Obvodový plášť

Opláštění hlavního nosníku - sendvičový panel

plošné zatížení $f_{pl,op} = 0,500 \text{ kN/m}^2$

1.2 Předpětí

Bude podrobněji specifikováno v zatížení hlavního nosníku.

1.3 Proměnné zatížení

1.3.1 Klimatická zatížení – sníh

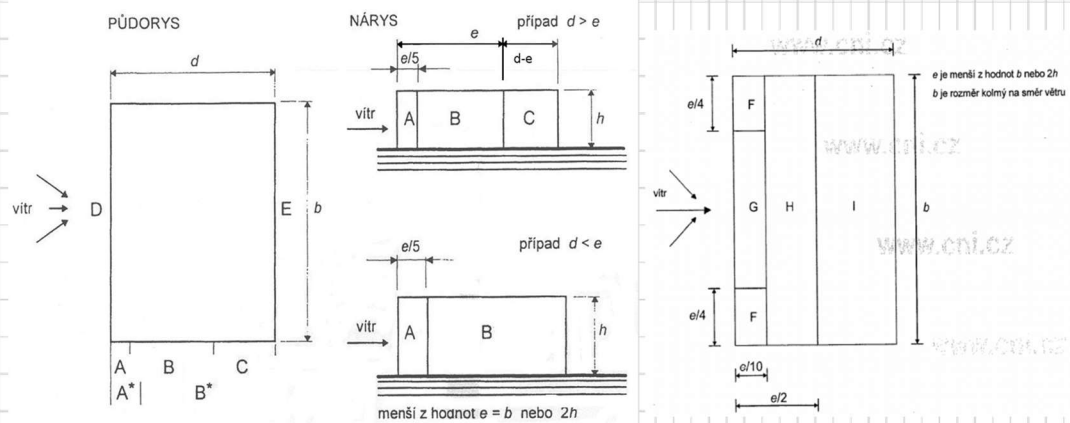
PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ		
Klimatická zatížení		
Zatížení sněhem dle ČSN EN 1991-1-3		
charakteristická hodnota zatížení sněhem pro lokalitu Praha - Ruzyně, oblast I = 0,70 kPa		
char. hodnota zatížení sněhem na zemi		
$s_k = 0,70 \text{ kN/m}^2$		
char. hodnota zatížení sněhem na střeše		
$s = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k =$		
$= 0,80 \cdot 0,80 \cdot 1,00 \cdot 0,70 = 0,448 \text{ kN/m}^2$		
tvarový součinitel zatížení sněhem	$\mu_1 = 0,80$	(pro sklon střechy $\alpha \leq 30^\circ$)
součinitel expozice	$c_e = 0,80$	(typ krajiny otevřená)
tepelný součinitel	$c_t = 1,00$	(nízká tep. propustnost střechy)
plošné zatížení	$f_{pl,snih} = 0,448 \text{ kN/m}^2$	

1.3.2 Klimatická zatížení – vítr

Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4		
základní výchozí rychlost větru pro lokalitu Praha - Ruzyně, obla. III, $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$		
kategorie terénu II	$z_0 = 0,050 \text{ m}$	(délka drnosti)
	$z_{min} = 2 \text{ m}$	(minimální výška oblasti)
	$z_{max} = 200 \text{ m}$	(maximální výška oblasti)
	$z = 32 \text{ m}$	(výška střechy nad terénem)
rychlost větru	$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} =$	
	$= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$	
součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,0$	
součinitel ročního období	$c_{season} = 1,0$	

<i>střední rychlost větru</i>	$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b =$ $= 1,228 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 33,76 \text{ m/s}$
<i>pro interval</i>	$z_{min} \leq z \leq z_{max} \Rightarrow 2 \leq 46 \leq 200$
<i>součinitel terénu</i>	$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II}) \exp(0,07) = 0,190$
<i>délka drsnosti pro kat. II</i>	$z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$
<i>součinitel drsnosti</i>	$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 1,228$
<i>součinitel orografie</i>	$c_0(z) = 1,0$
<i>vliv turbulencí větru</i>	$I_v(z) = k_I / (c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)) =$ $= 1,0 / (1,0 \cdot \ln(46 / 0,050)) = 0,155$
<i>součinitel turbulence</i>	$k_I = 1,0$
<i>maximální dynamický tlak $q_p(z)$</i>	$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) =$ $= [1 + 7 \cdot 0,155] \cdot 1/2 \cdot 1,25 \cdot 33,76^2 =$ $= 1484,14 \text{ Pa}$
<i>objemová hmotnost vzduchu</i>	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
<i>základní tlak větru</i>	$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 472,66 \text{ Pa}$
<i>součinitel expozice</i>	$c_e(z) = q_p(z) / q_b = 3,14$
<i>tlak větru na vnější povrchy</i>	$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$
<i>tlak větru na vnitřní povrchy</i>	$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$

ZATÍŽENÍ VĚTREM



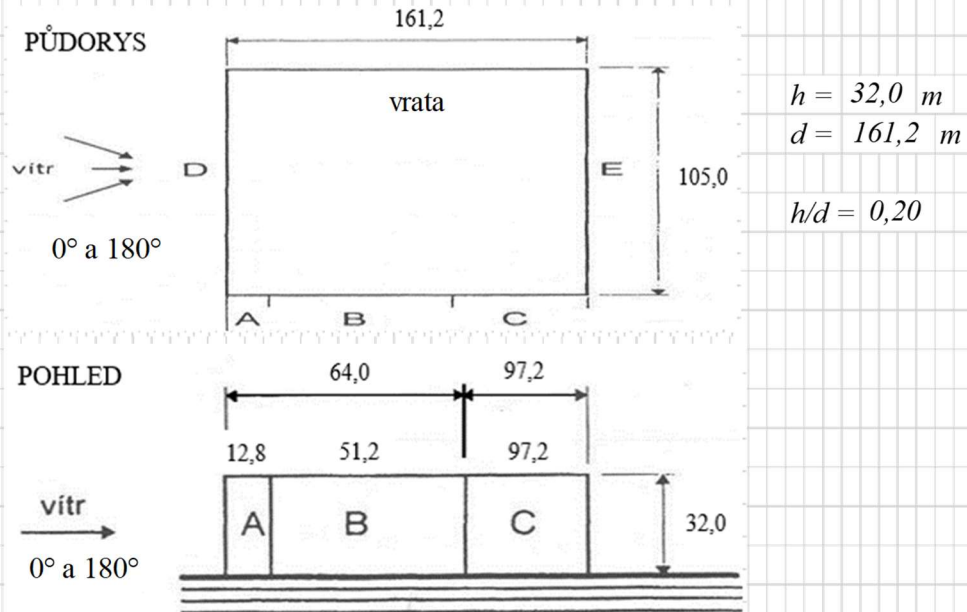
Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku

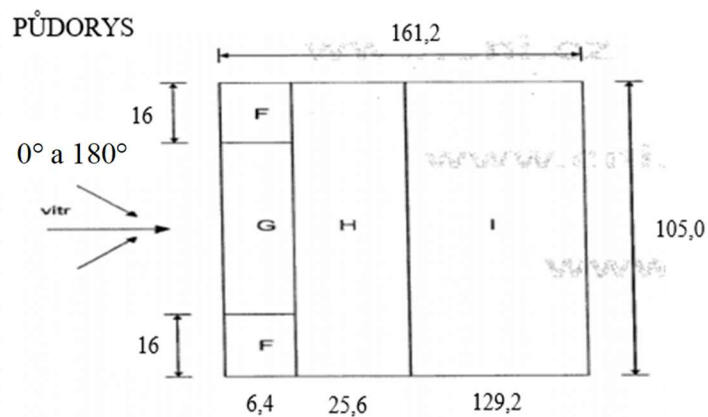
Typ střechy		Oblasti							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+ 0,2 - 0,2	
S atikou	$h_p/h = 0,025$	1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+ 0,2 - 0,2	
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+ 0,2 - 0,2	
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+ 0,2 - 0,2	
Zakřivené hrany	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+ 0,2 - 0,2	
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+ 0,2 - 0,2	
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+ 0,2 - 0,2	
Mansardové hrany	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+ 0,2 - 0,2	
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+ 0,2 - 0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+ 0,2 - 0,2	

SMĚR VĚTRU 0° A 180° - ZAVŘENÁ VRATA

Svislé plochy



Střecha



Svislé plochy - součinitele vnějšího tlaku pro směr 0° a 180°

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka [m]	$q_{v,k}$ [kN/m]	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
A	-1,20	1,48	-1,78	5,20	-9,26	(sání na zadní sloup)
B	-0,80	1,48	-1,19	5,20	-6,17	(sání na zadní sloup)
C	-0,50	1,48	-0,74	5,20	-3,86	(sání na zadní sloup)
D	0,70	1,48	1,04	5,60	5,82	(tlak na krajní pylon)
E	-0,30	1,48	-0,45	5,60	-2,49	(sání na krajní pylon)

Střecha - součinitele vnějšího tlaku pro směr 0° a 180°

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]	
F	-1,80	1,48	-2,67	16,00	-42,74	(sání na střešní plášť)
G	-1,20	1,48	-1,78	2,10	-3,74	(sání na střešní plášť)
H	-0,70	1,48	-1,04	18,10	-18,80	(sání na střešní plášť)
I a)	-0,20	1,48	-0,30	18,10	-5,37	(sání na střešní plášť)
I b)	0,20	1,48	0,30	18,10	5,37	(tlak na střešní plášť)

Zatížení účinné na 2D pylon - směr 0° a 180°

zatížení:

$$D/2 = 2,91 \text{ kN/m}$$

$$E/2 = -1,25 \text{ kN/m}$$

Zatížení účinné na 2D hlavní nosník (nadvrátový) - směr 0° a 180°

zatížení:

$$(F+G)/2 = (-42,74 + -3,74)/2 = -23,24 \text{ kN/m}$$

$$H/2 = -9,40 \text{ kN/m}$$

$$I/2 = -2,69 \text{ kN/m}$$

$$I/2 = 2,69 \text{ kN/m}$$

zatěžující délka

$$l = 6,40 \text{ m}$$

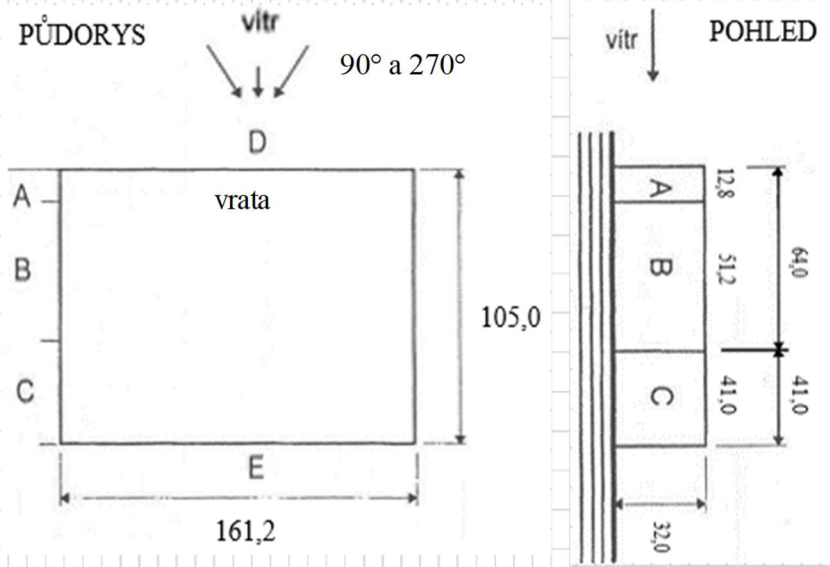
$$l = 25,60 \text{ m}$$

$$l = 129,20 \text{ m}$$

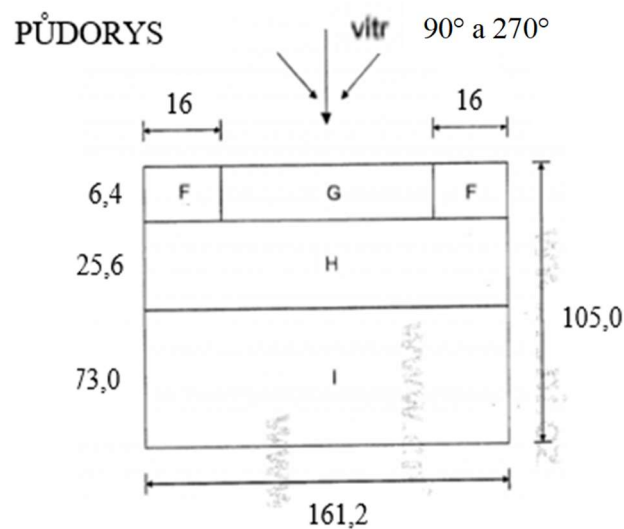
$$l = 129,20 \text{ m}$$

SMĚR VĚTRU 90° A 270° - ZAVŘENÁ VRATA

Svislé plochy



Střecha



Svislé plochy - součinitele vnějšího tlaku pro směr 90°

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
A	-1,20	1,48	-1,78	5,60	-9,97	(sání na krajní pylon)
B	-0,80	1,48	-1,19	4,80	-5,70	(sání na boční sloup - vpředu)
C	-0,50	1,48	-0,74	6,80	-5,05	(sání na boční sloup - vzadu)
D	0,71	1,48	1,05	83,20	87,34	(tlak na prostřední pylon)
E	-0,31	1,48	-0,47	5,20	-2,43	(sání na zadní sloup)

Střecha - součinitele vnějšího tlaku pro směr 90°

<i>Oblast</i>	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	<i>zat. šířka</i>	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]	
<i>F</i>	-1,80	1,48	-2,67	6,40	-17,10	<i>(sání na střešní plášť)</i>
<i>G</i>	-1,20	1,48	-1,78	6,40	-11,40	<i>(sání na střešní plášť)</i>
<i>H</i>	-0,70	1,48	-1,04	11,70	-12,16	<i>(sání na střešní plášť)</i>
<i>I a)</i>	0,20	1,48	0,30	39,00	11,58	<i>(tlak na střešní plášť)</i>
<i>I b)</i>	-0,20	1,48	-0,30	39,00	-11,58	<i>(sání na střešní plášť)</i>

Zatížení účinné na 2D pylon - směr 90°

zatížení:

$$A / 2 = -4,99 \text{ kN/m}$$

Zatížení účinné na 2D hlavní nosník (nadvrátový) - směr 90°

zatížení:

$$(F+H) / 2 = (-17,10 + -12,16) / 2 = -14,63 \text{ kN/m}$$

$$(G+H) / 2 = -11,78 \text{ kN/m}$$

zatěžující délka

$$l = 16,00 \text{ m}$$

$$l = 129,20 \text{ m}$$

Svislé plochy - součinitele vnějšího tlaku pro směr 270°

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]	
A	-1,20	1,48	-1,78	6,80	-12,11	(sání na krajní pylon)
B	-0,80	1,48	-1,19	4,80	-5,70	(sání na boční sloup - vpředu)
C	-0,50	1,48	-0,74	5,60	-4,16	(sání na boční sloup - vzadu)
D	0,71	1,48	1,05	5,20	5,46	(tlak na prostřední pylon)
E	-0,31	1,48	-0,47	83,20	-38,85	(sání na zadní sloup)

Střecha - součinitele vnějšího tlaku pro směr 270°

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]	
F	-1,80	1,48	-2,67	6,40	-17,10	(sání na střešní plášť)
G	-1,20	1,48	-1,78	6,40	-11,40	(sání na střešní plášť)
H	-0,70	1,48	-1,04	39,00	-40,52	(sání na střešní plášť)
I a)	0,20	1,48	0,30	18,10	5,37	(tlak na střešní plášť)
I b)	-0,20	1,48	-0,30	18,10	-5,37	(sání na střešní plášť)

Zatížení účinné na 2D pylon - směr 270°

zatížení:

$$C/2 = -2,08 \text{ kN/m}$$

Zatížení účinné na 2D hlavní nosník (nadvrátový) - směr 270°

zatížení:

$$I/2 = 2,69 \text{ kN/m}$$

$$I/2 = -2,69 \text{ kN/m}$$

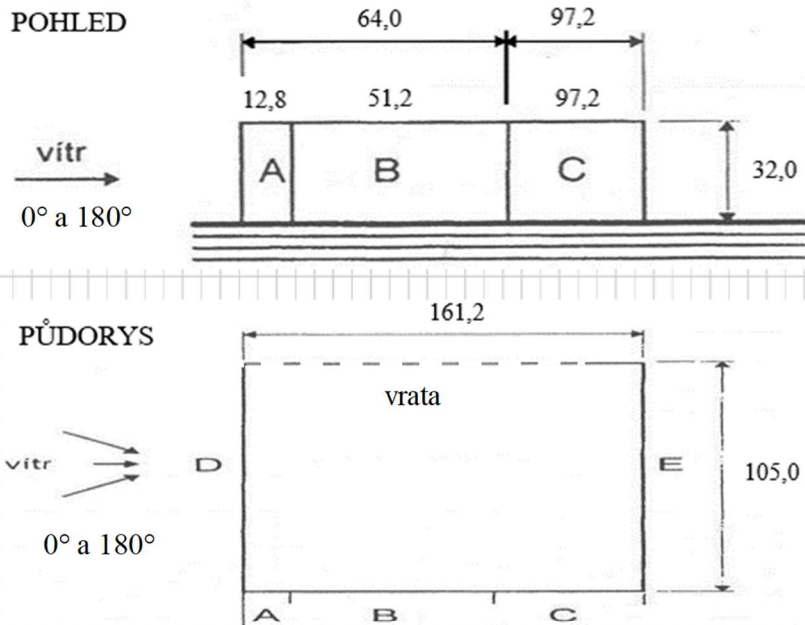
zatěžující délka

$$l = 161,20 \text{ m}$$

$$l = 161,20 \text{ m}$$

SMĚR VĚTRU 0° A 180° - OTEVŘENÁ VRATA

Svislé plochy



Svislé plochy - součinitele vnějšího a vnitřního tlaku - směr 0° a 180°

Dle ČSN EN 1991-1-4, (7.2)

Jestliže plocha otvorů na rozhodující fasádě je 3x větší než plocha otvorů na zbývajících fasádách, $C_{pi} = 0,90 \cdot C_{pe}$

Oblast	$C_{pi,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$
		[kN/m ²]	[kN/m ²]		
A	-1,08	1,48	-1,60	18,10	-29,01
B	-0,72	1,48	-1,07	18,10	-19,34
C	-0,45	1,48	-0,67	18,10	-12,09

(vnitřní sání na hlavní nadvrátový nosník)

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$
		[kN/m ²]	[kN/m ²]		
D	0,70	1,48	1,04	5,60	5,82
E	-0,30	1,48	-0,45	5,60	-2,49

(tlak na krajní pylon)

(sání na krajní pylon)

Přídavné zatížení na 2D hlavní nosník (nadvrátový) od otevřených vrat - směr 0° a 180°

zatížení:

$$A/2 = 14,51 \text{ kN/m}$$

$$B/2 = 9,67 \text{ kN/m}$$

$$C/2 = 6,04 \text{ kN/m}$$

zatěžující délka

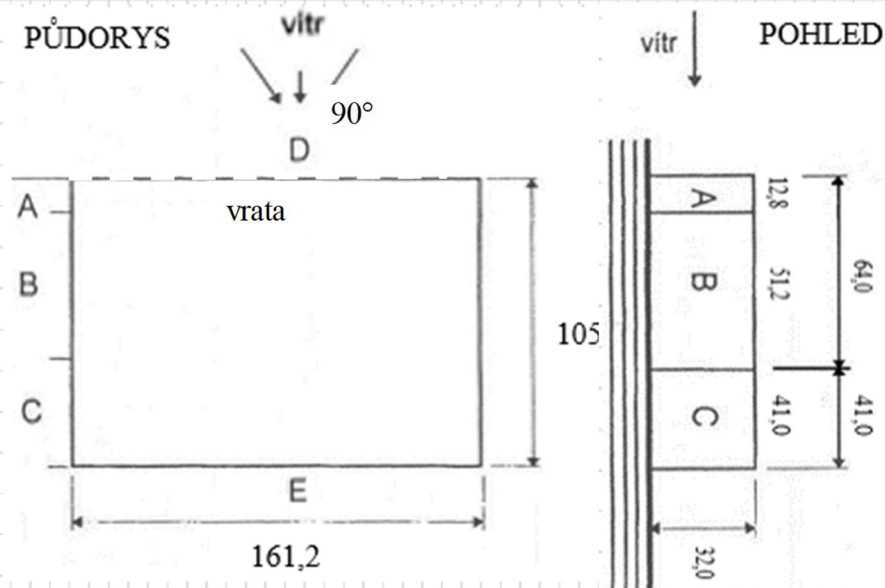
$$l = 12,80 \text{ m}$$

$$l = 51,20 \text{ m}$$

$$l = 97,20 \text{ m}$$

SMĚR VĚTRU 90° - OTEVŘENÁ VRATA

Svislé plochy



Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
A	-1,20	1,48	-1,78	5,60	-9,97	(sání na krajní pylon)
B	-0,80	1,48	-1,19	4,80	-5,70	(sání na boční sloup - vpředu)
C	-0,50	1,48	-0,74	6,80	-5,05	(sání na boční sloup - vzadu)
E	-0,31	1,48	-0,47	5,20	-2,43	(sání na zadní sloup)

Oblast	$C_{pi,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
D	0,64	1,48	0,94	18,10	17,10	(vnitřní tlak na hlavní nadvrátový nosník)

Přídavné zatížení na 2D hlavní nosník (nadvrátový) od otevřených vrat - směr 90°

zatížení:

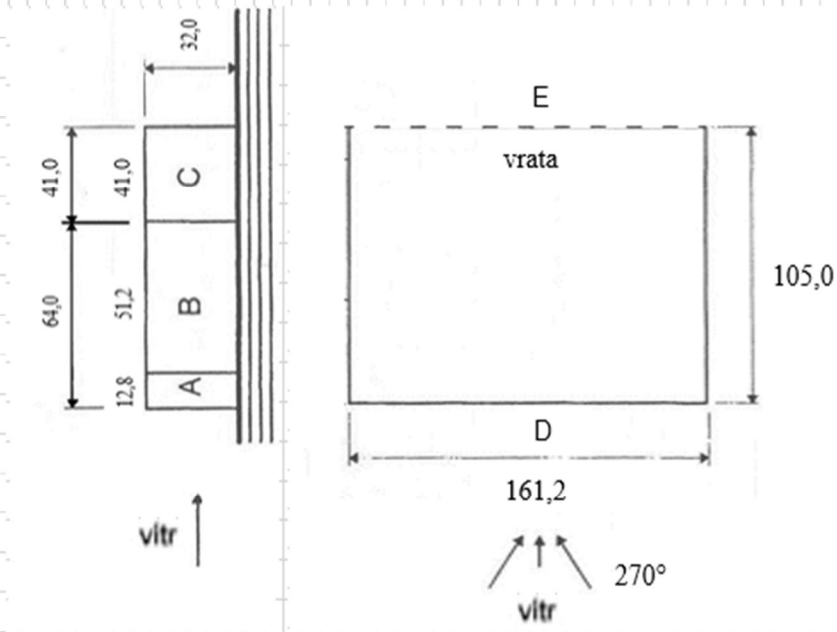
$$D/2 = -8,55 \text{ kN/m}$$

zatěžující délka

$$l = 161,20 \text{ m}$$

SMĚR VĚTRU 270° - OTEVŘENÁ VRATA

Svislé plochy



Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
A	-1,20	1,48	-1,78	6,80	-12,11	(sání na boční sloup - vpředu)
B	-0,80	1,48	-1,19	4,80	-5,70	(sání na boční sloup - vzadu)
C	-0,50	1,48	-0,74	5,60	-4,16	(sání na krajní pylon)
D	0,71	1,48	1,05	5,20	5,46	(tlak na zadní sloup)

Oblast	$C_{pi,10}$	$q_p(z)$	q_v	zat. šířka	$q_{v,k}$	
		[kN/m ²]	[kN/m ²]			
E	-0,28	1,48	-0,42	18,10	-7,61	(vnitřní sání na hlavní nadvrátový nosník)

Přídavné zatížení na 2D hlavní nosník (nadvrátový) od otevřených vrat - směr 270°

zatížení:		zatěžující délka
$E/2 =$	3,80 kN/m	$l = 161,20$ m

1.3.3 Klimatická zatížení – teplota

Zatížení teplotou dle ČSN EN 1991-1-5	
extrémní teploty odečtené z mapy izoterm pro lokalitu Praha - Ruzyně	
maximální teplota	$T_{max} = 40,0 \text{ °C}$
minimální teplota	$T_{min} = -32,0 \text{ °C}$
venkovní teplota T_{out} v závislosti na relativní pohltivosti podle barvy povrchu a orientace ke slunečnímu záření konstrukce	
orientace konstrukce JZ	
relativní pohltivost dle barvy povrchu	
0,7 - povrch světle zbarvený	$\rightarrow T_4 = 30,0 \text{ °C}$
léto:	$T_{out,s} = T_{max} + T_4 = 40,0 + 30,0 = 70,0 \text{ °C}$
zima:	$T_{out,w} = T_{min} = -32,0 \text{ °C}$
vnitřní teplota T_{in}	
léto:	$T_{in,s} = 25,0 \text{ °C}$
zima:	$T_{in,w} = 20,0 \text{ °C}$
průměrná teplota konstrukce T_p	
léto:	$T_{p,s} = (T_{out,s} + T_{in,s}) / 2 = 47,5 \text{ °C}$
zima:	$T_{p,w} = (T_{out,w} + T_{in,w}) / 2 = -6,0 \text{ °C}$
teplota při osazení konstrukce $T_0 = 15,0 \text{ °C}$	
rovnoměrná složka teploty od klimatických teplot	
vnitřní části konstr. léto:	$\Delta T_{u,in,s} = T_{p,s} - T_0 = 47,5 - 15,0 = 32,5 \text{ °C}$
vnitřní části konstr. zima:	$\Delta T_{u,in,w} = T_{p,w} - T_0 = -6,0 - 15,0 = -21,0 \text{ °C}$
vnější části konstr. léto:	$\Delta T_{u,out,s} = T_{out,s} - T_0 = 70,0 - 15,0 = 55,0 \text{ °C}$
vnější části konstr. zima:	$\Delta T_{u,out,w} = T_{out,w} - T_0 = -32,0 - 15,0 = -47,0 \text{ °C}$

1.3.4 Provozní zatížení

Provozní zatížení	
Jeřábová dráha - 2x JD o maximální nosnosti 4,0 t (včetně břemena)	
plošné zatížení	$f_{pl,jd} = 0,035 \text{ kN/m}^2$
	25% tvoří stálé zatížení
	75% tvoří proměnné zatížení

1.3.5 Pokles podpory

Zatížení poklesem podpory
<i>Dle ČSN EN 1997-1</i>
<i>mezí hodnoty sednutí pro ocelové staticky neurčité konstrukce $\Delta s/L = 0,003$</i>
<i>nerovnoměrné sednutí - pokles podpory uprostřed</i>
$\Delta s = 0,003 \cdot L = 0,003 \cdot (3\,000 /2 + 78\,000 + 5\,200 /2) = 246,3 \text{ mm}$

2 Návrh a posouzení hlavních nosných prvků - MSÚ

2.1 Střešní plášť – Sendvičový panel



SENDVIČOVÝ STŘEŠNÍ PANEL RUUKKI SP2C X-PIR 210/170

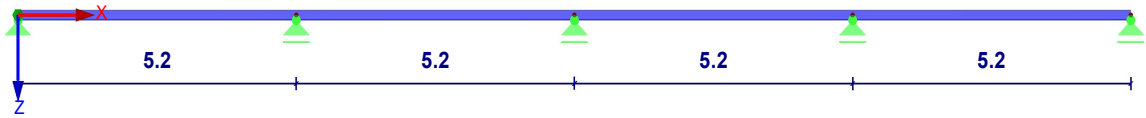
Tloušťka D (mm)	210/170
Hmotnost(kg/m ²)	14,9
U-hodnota(W/m ² K)	0,13
Index neprůzvučnosti	24
Reakce na oheň	B-s1,d0

Střešní sendvičový panel SP2C X-PIR 210/170 od firmy RUUKKI (multi-span system)	
Osová vzdálenost vaznic	2 400 mm
Osová vzdálenost vaznic na okrajích a v rozích budovy	1 200 mm (přídavné vaznice)
Únosnost prvku pro zatížení sněhem	
$f_{s1,d} = 7,362$	kN/m^2 (pro osovou vzdálenost 1 200 mm)
$f_{s2,d} = 3,344$	kN/m^2 (pro osovou vzdálenost 2 400 mm)
Únosnost prvku pro zatížení sáním od větru	
$f_{w1,d} = 4,702$	kN/m^2 (pro osovou vzdálenost 1 200 mm)
$f_{w2,d} = 2,346$	kN/m^2 (pro osovou vzdálenost 2 400 mm)
Charakteristická hodnota zatížení sněhem	
$q_{s,k} = 0,448$	kN/m^2
Charakteristická hodnota zatížení sáním od větru	
$q_{w1,k} = 2,671$	kN/m^2 (sání v rozích budovy)
$q_{w2,k} = 1,781$	kN/m^2 (sání na okrajích budovy)
$q_{w3,k} = 1,039$	kN/m^2 (sání v ostatní ploše)
Návrhová hodnota zatížení sněhem, $\gamma_q = 1,50$	
$q_{s,d} = 0,672$	kN/m^2
Návrhová hodnota zatížení sněhem, $\gamma_q = 1,50$	
$q_{w1,d} = 4,007$	kN/m^2 (sání v rozích budovy)
$q_{w2,d} = 2,671$	kN/m^2 (sání na okrajích budovy)
$q_{w3,d} = 1,558$	kN/m^2 (sání v ostatní ploše)

2.1.1 Posouzení

<i>Zatížení sněhem</i>						
	$f_{s1,d} = 7,362$	kN/m^2	$>$	$q_{s,d} = 0,672$	kN/m^2	<i>Vyhovuje</i>
	$f_{s2,d} = 3,344$	kN/m^2	$>$	$q_{s,d} = 0,672$	kN/m^2	<i>Vyhovuje</i>
<i>Zatížení větrem</i>						
	$f_{w1,d} = 4,702$	kN/m^2	$>$	$q_{w1,d} = 4,007$	kN/m^2	<i>Vyhovuje</i>
	$f_{w1,d} = 4,702$	kN/m^2	$>$	$q_{w2,d} = 2,671$	kN/m^2	<i>Vyhovuje</i>
	$f_{w2,d} = 2,346$	kN/m^2	$>$	$q_{w3,d} = 1,558$	kN/m^2	<i>Vyhovuje</i>

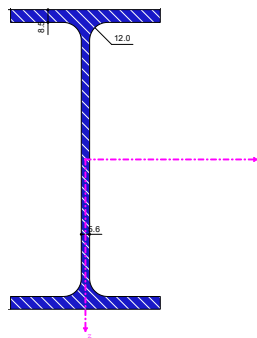
2.2 Střešní plášť – Vaznice



Obr. 2: Statické schéma vaznice

Vaznice bude na předmontážní lavici svařena ze 2 kusů na požadovanou délku 20,8m a následně pomocí těžké techniky vyzvednuta a osazena do montážní polohy.

IPE 200



[mm]

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	200,000	mm
Šířka profilu	b	100,000	mm
Tloušťka stojiny	t_w	5,600	mm
Tloušťka pásnice	t_f	8,500	mm
Vnitřní poloměr zaoblení	r	12,000	mm
Vnitřní výška mezi pásnicemi	h_i	183,000	mm
Výška rovné části stojiny	d	159,000	mm
Plocha průřezu	A	2848,000	mm ²
Smyková plocha	A_y	1422,700	mm ²
Smyková plocha	A_z	1035,400	mm ²
Plastická smyková plocha	$A_{pl,y}$	1700,000	mm ²
Plastická smyková plocha	$A_{pl,z}$	1072,400	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	19430000,000	mm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_z	1424000,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	82,600	mm
Poloměr setrvačnosti	i_z	22,400	mm
Objem	V	2848000,000	mm ³ /m
Hmotnost průřezu	G	22,400	kg/m
Součinitel profilu	A_m/V	270,365	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I_t	69800,000	mm ⁴
Výsečový moment setrvačnosti	$I_{@v}$	12990000000,000	mm ⁶
Elastický průřezový modul	W_y	194300,000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	28470,000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	220600,000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	44610,000	mm ³

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ - Vaznice

Vaznice z válcovaného profilu IPE 200

Osová vzdálenost příhradových vazníků $o_{vzk} = 5\,200\text{ mm}$

Osová vzdálenost vaznic $o_v = 2\,400\text{ mm}$

Charakteristická hodnota zatížení od střešní krytiny

Sendvičový panel SP2C X-PIR 210/170 - hmotnost $15,0\text{ kg/m}^2$

$g_{s,pl,k} = 0,150\text{ kN/m}^2$ (plošné zatížení)

$g_{s,lin,k} = g_{s,pl,k} \cdot o_v = 0,150 \cdot 2,400 = 0,360\text{ kN/m}$ (liniové zatížení)

Charakteristická hodnota zatížení sněhem

$q_{s,pl,k} = 0,448\text{ kN/m}^2$ (plošné zatížení)

$q_{s,lin,k} = q_{s,pl,k} \cdot o_v = 0,448 \cdot 2,400 = 1,075\text{ kN/m}$ (liniové zatížení)

Charakteristická hodnota zatížení větrem

$q_{ext,s,k} = 2,671\text{ kN/m}^2$ (plošné vnější sání větru)

$q_{int,c,k} = 0,945\text{ kN/m}^2$ (plošný vnitřní přetlak od větru)

$q_{ext,c,k} = 0,297\text{ kN/m}^2$ (plošný vnější tlak větru)

$q_{int,s,k} = 1,603\text{ kN/m}^2$ (plošné vnitřní sání větru)

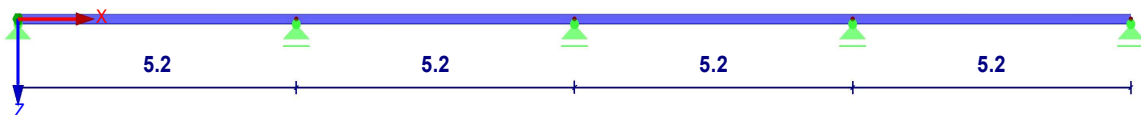
$q_{ext,s,k} = q_{w1,pl,k} \cdot o_v = 2,671 \cdot 2,400 = 6,412\text{ kN/m}$ (liniové vnější sání v.)

$q_{int,c,k} = 2,267\text{ kN/m}$ (liniový vnitřní přetlak od větru)

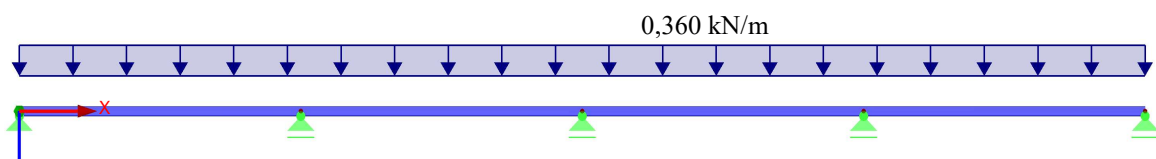
$q_{ext,c,k} = 0,712\text{ kN/m}$ (liniový vnější tlak větru)

$q_{int,s,k} = 3,847\text{ kN/m}$ (liniové vnitřní sání větru)

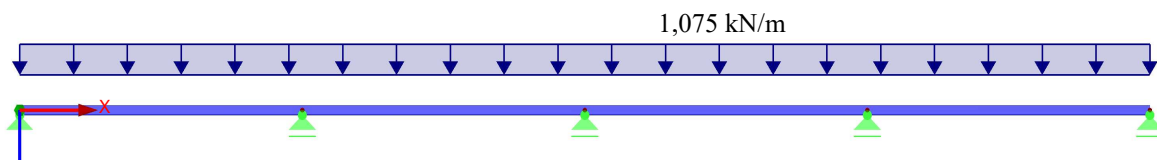
2.2.1 Zatěžovací stavy



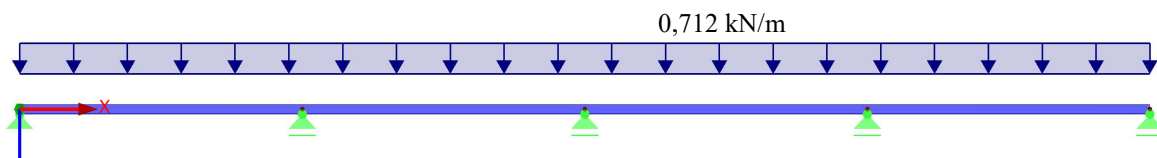
Obr. 3: G_0 - Vlastní tíha vaznice generována softwarem Dlubal



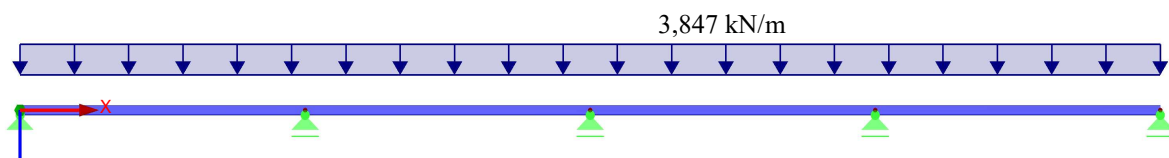
Obr. 4: G_{sp} - Zatížení střešním panelem



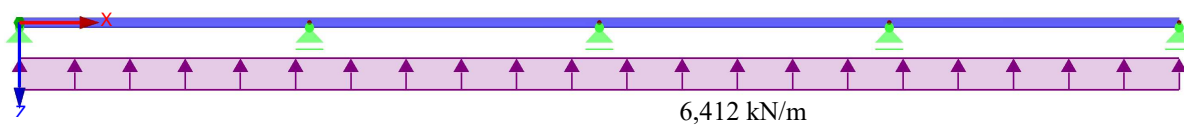
Obr. 5: G_{snih} - Zatížení sněhem



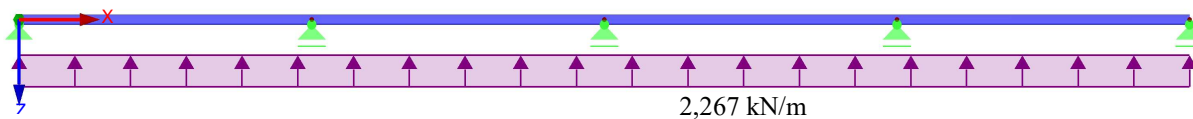
Obr. 6: $Q_{ext,c}$ - Zatížení vnějším tlakem větru



Obr. 7: $Q_{int,s}$ - Zatížení vnitřním sáním



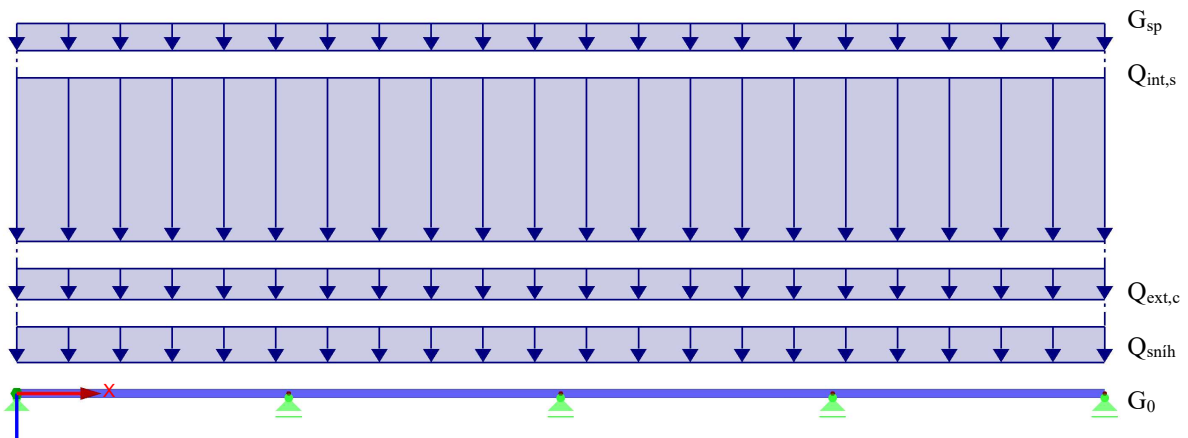
Obr. 8: $Q_{ext,s}$ - Zatížení vnějším sáním větru



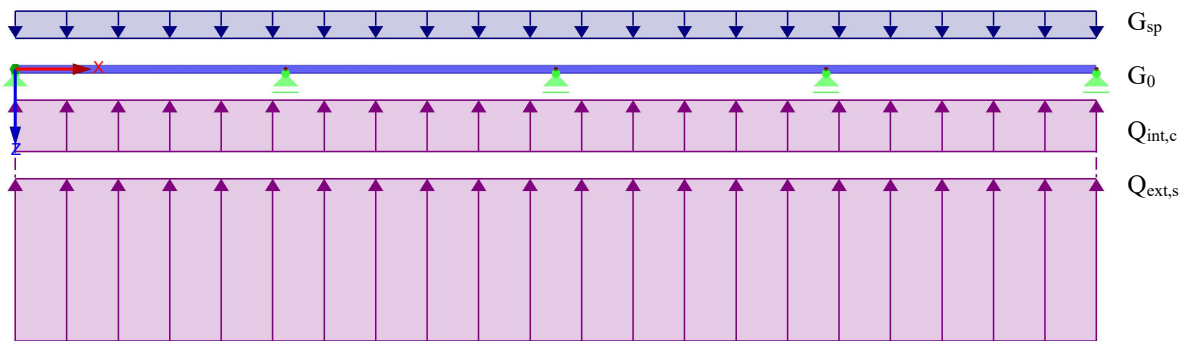
Obr. 9: $Q_{int,c}$ - Zatížení vnitřním přetlakem větru

2.2.2 Návrhové kombinace zatěžovacích stavů

<p>Návrhové kombinace zatěžovacích stavů dle rovnice 6.10 (ČSN EN 1990)</p> $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ <p>KZS 1: $1,35 \cdot G_0 + 1,35 \cdot G_{sp} + 1,5 \cdot Q_{int,s} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{ext,c} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{snih}$</p> <p>KZS 2: $1,0 \cdot G_0 + 1,0 \cdot G_{sp} + 1,5 \cdot Q_{ext,s} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot Q_{int,c}$</p>
--

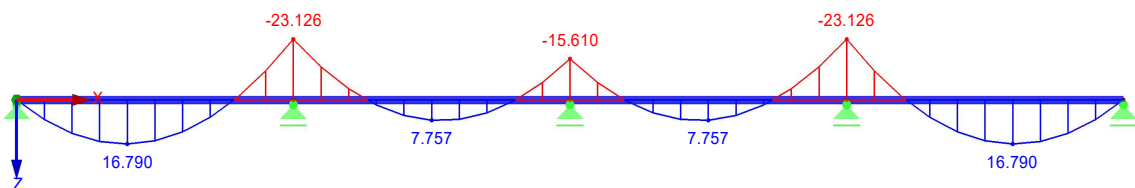


Obr. 10: KZS 1 – Návrhová kombinace zatížení č.1

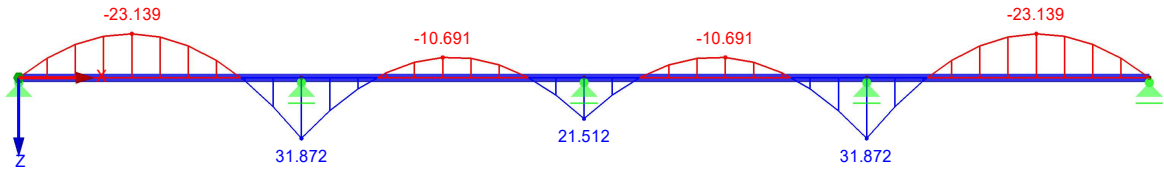


Obr. 11: KZS 2 – Návrhová kombinace zatížení č.2

2.2.3 Výsledné vnitřní síly – ohybový moment $M_{y,Ed}$ [kNm]



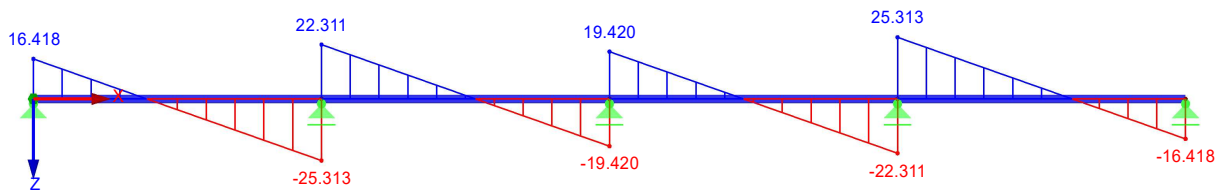
Obr. 12: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y1,Ed}$ od kombinace KZS 1



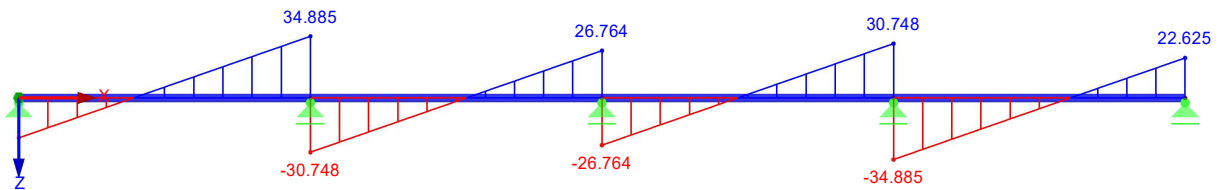
Obr. 13: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$$M_{y,Ed} = 31,872 \text{ kNm}$$

2.2.4 Výsledné vnitřní síly – posouvající síla $V_{z,Ed}$ [kN]



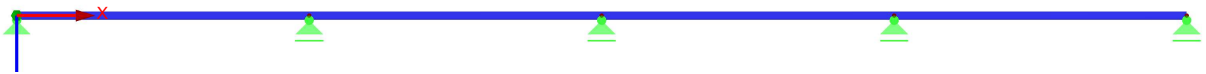
Obr. 14: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z1,Ed}$ od kombinace KZS 1



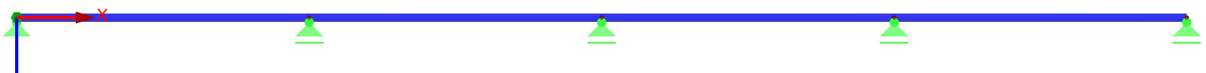
Obr. 15: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$$V_{z,Ed} = 34,885 \text{ kN}$$

2.2.5 Výsledné vnitřní síly – normálová síla N_{Ed} [kN]



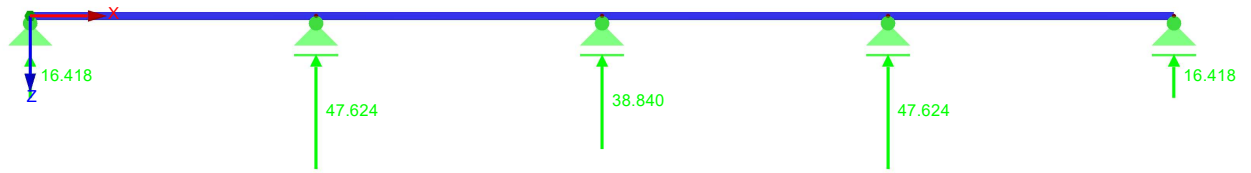
Obr. 16: MSÚ - průběh normálové síly $N_{1,Ed}$ od kombinace KZS 1



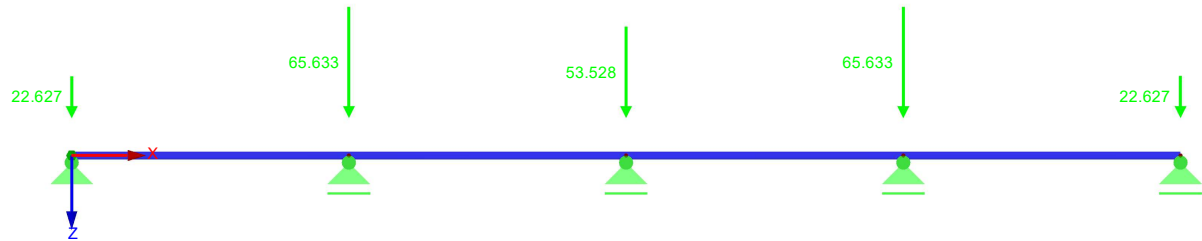
Obr. 17: MSÚ - průběh normálové síly $N_{2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$$N_{Ed} = 0 \text{ kN}$$

2.2.6 Výsledné reakce



Obr. 18: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 1



Obr. 19: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 2

2.2.7 Posouzení

Materiálové charakteristiky:

$$\text{ocel S: } 355$$

$$\text{modul pružnosti } E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel spolehlivosti materiálu } \gamma_{MI} = 1,0$$

Zatřídění průřezu - ohyb:

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

stojina

$$c_w = 159,0 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 28,39 \leq 58,58 \cdot \varepsilon = 47,66$$

$$t_w = 5,6 \text{ mm}$$

=> třída 1

pásnice

$$c_f = 35,2 \text{ mm}$$

$$c_f/t_f = 4,14 \leq 7,32 \cdot \varepsilon = 5,96$$

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

=> třída 1

výsledné zatřídění => třída 1

Pozn.: Vaznice bude posouzena plasticky na pružné vnitřní síly, tj. posouzení jako tř.2 .

Průřezové charakteristiky:

$$I_y = 19\,430\,000 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 1\,424\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 220\,600 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 44\,610 \text{ mm}^3$$

$$A = 2\,848 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 82,60 \text{ mm}$$

$$i_z = 22,36 \text{ mm}$$

$$L = 5\,200 \text{ mm}$$

Výsledné vnitřní síly

$$N_{Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 34,89 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 31,87 \text{ kNm}$$

Z výsledných vnitřních sil a jejich průběhu je patrné, že rozhodující bude posoudit únosnost prvku na klopení při ohybu, jelikož normálová síla je rovna nule - tj. není potřebné posoudit vzpěrnou únosnost prvku.

Stanovení momentu únosnosti na klopení $M_{b,Rd}$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{MI} = 0,445 \cdot 220\,600 \cdot 355 / 1,0 \cdot 10^{-6} = 34,83 \text{ kNm}$$

součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}) = 0,445$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] = 1,480$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = 1,460$$

doporučené hodnoty parametrů pro válcované průřezy dle NP15

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$$

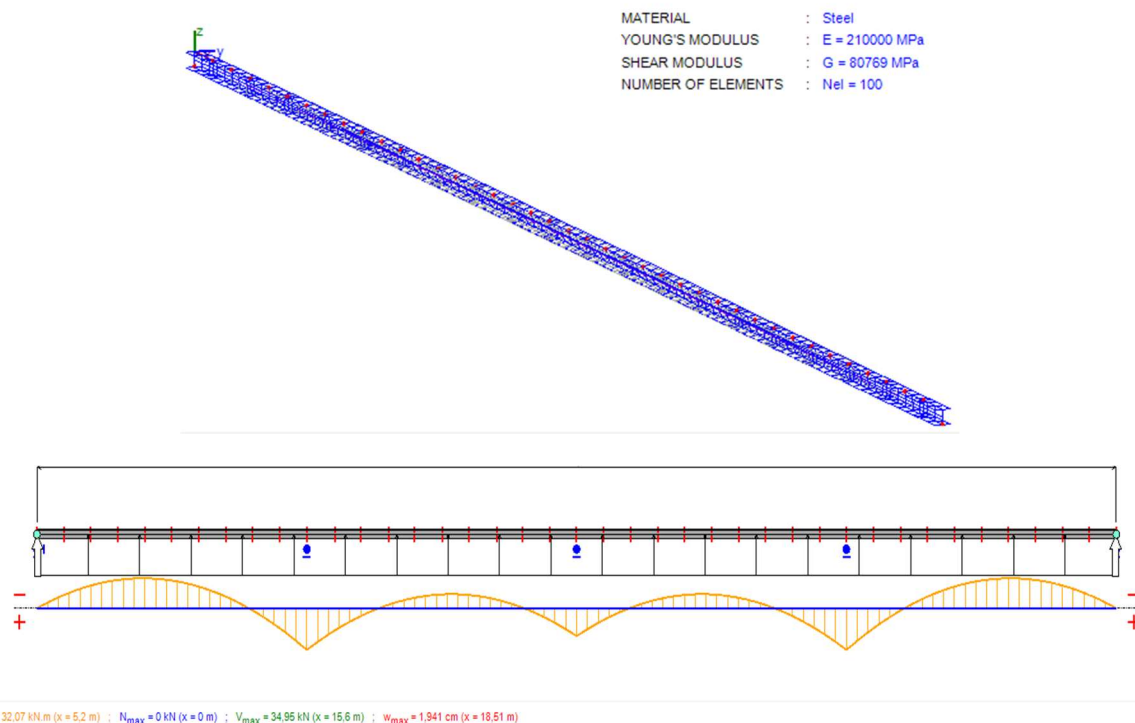
$$\beta = 0,75$$

součinitel imperfekce při klopení

$$\alpha_{LT} = 0,34 \quad (\text{křivka } b)$$

pružný kritický moment při klopení

$$M_{cr} = 36,73 \text{ kNm} \quad (\text{stanoven pomocí softwaru LTbeam, viz níže})$$



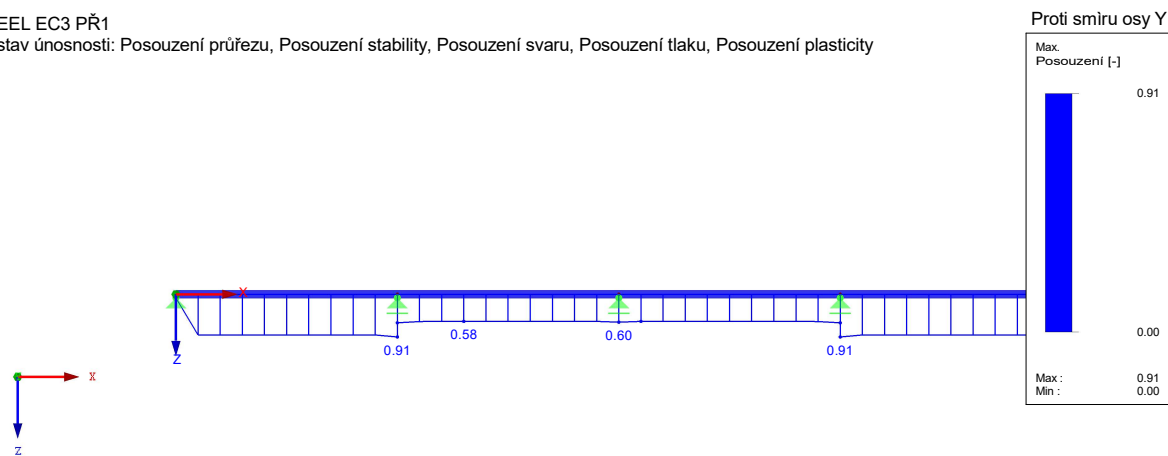
Obr. 20: Stanovení M_{cr} pomocí softwaru LT Beam

Posouzení			
$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}}$	\leq	1,0	
$\frac{31,87}{34,83}$	\leq	1,0	
0,915	\leq	1,0	Vyhovuje

2.2.8 Posouzení – alternativně pomocí softwaru Dlubal Rfem

RF-STEEL EC3 PŘ1

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku, Posouzení plasticity

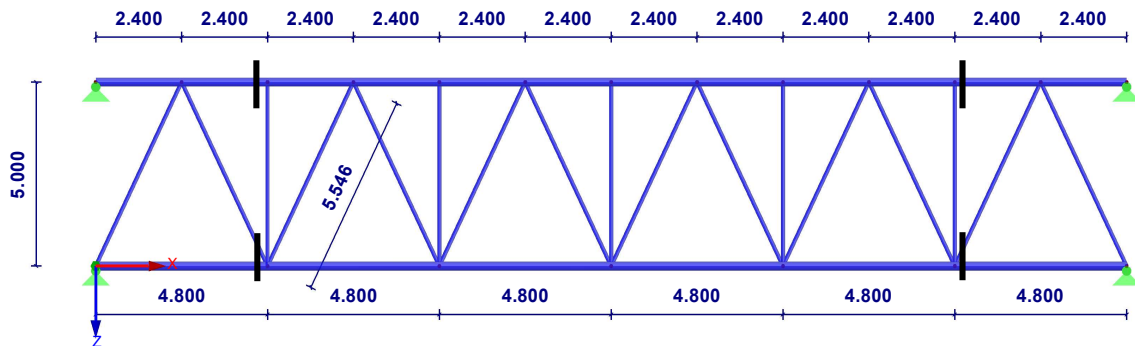


Max Posouzení: 0.91

Obr. 21: Posouzení vaznice softwarem Dlubal Rfem

$$0,91 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

2.3 Nosná konstrukce – Vazník



Obr. 22: Geometrie příhradového vazníku

Krajní pole:

Horní pás: TR 177,8/12,5 (CHS)

Dolní pás: TR 139,7/10 (CHS)

Diagonály: TR 139,7/6,3 (CHS)

Svislice: TR 76,1/5,0 (CHS)

Hmotnost konstrukce: 3 764 kg

Střední pole:

Horní pás: TR 177,8/5,0 (CHS)

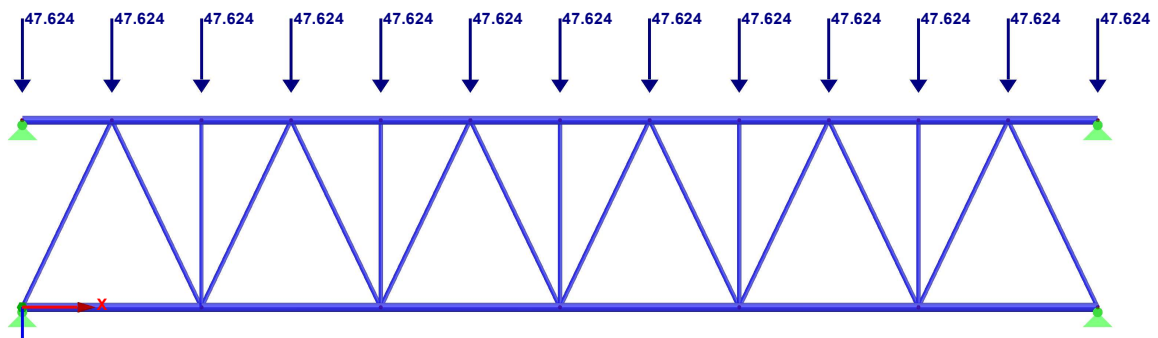
Dolní pás: TR 139,7/8,0 (CHS)

Diagonály: TR 139,7/4,0 (CHS)

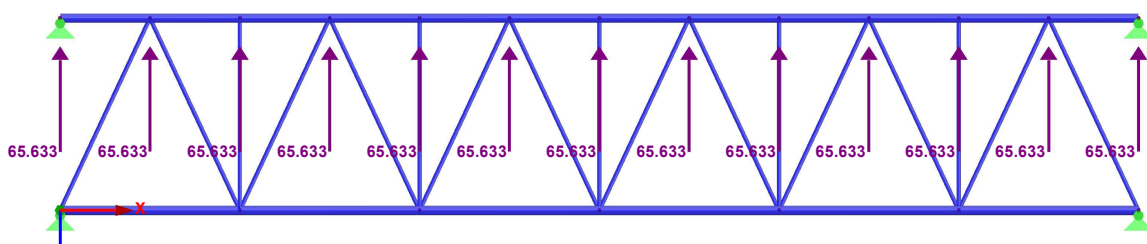
Svislice: TR 76,1,0/5,0 (CHS)

2.3.1 Zatěžovací stavy

Konstrukce je zatížena reakcemi od návrhových zatěžovacích kombinací KZS 1 a KZS 2 použitých pro návrh a posouzení vaznice, viz Obr. 18 a Obr. 19. Vlastní tíha vazníku generována softwarem Dlubal Rfem.

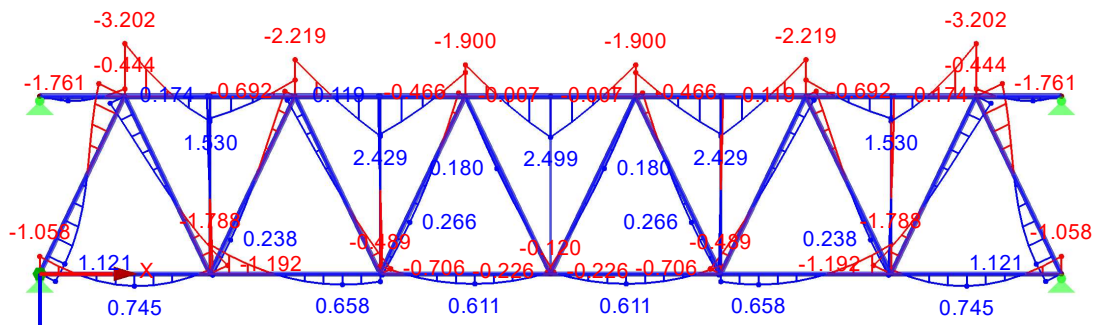


Obr. 23: Zatížení vazníku od KZS 1

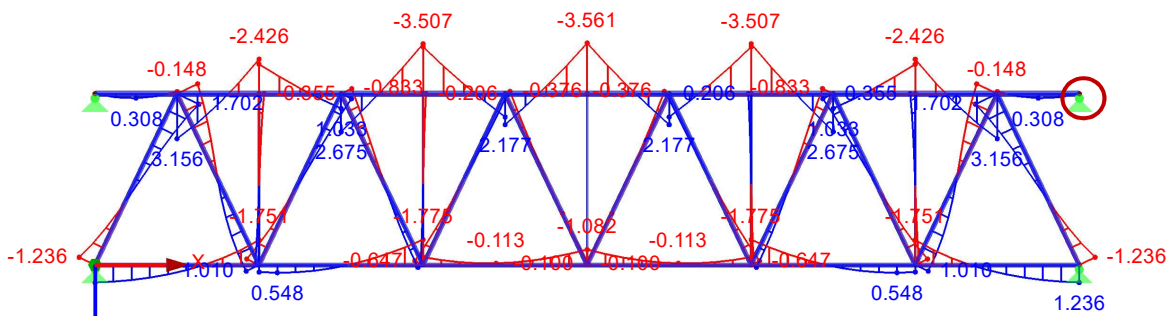


Obr. 24: Zatížení vazníku od KZS 2

2.3.2 Výsledné vnitřní síly – ohybový moment $M_{y,Ed}$ [kNm]



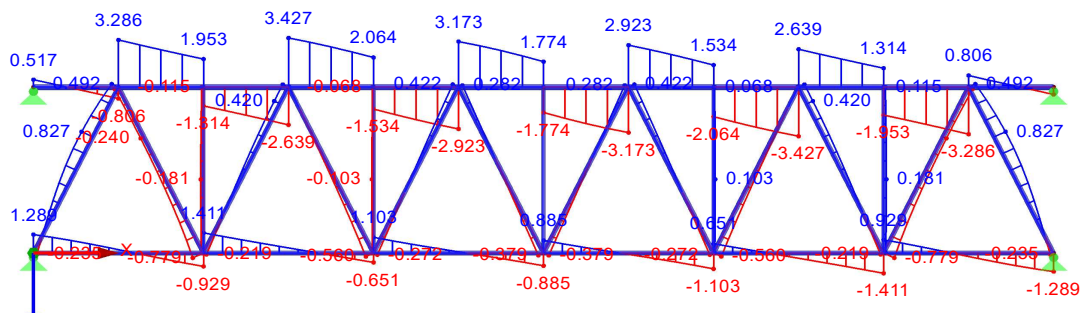
Obr. 25: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y1,Ed}$ od kombinace KZS 1



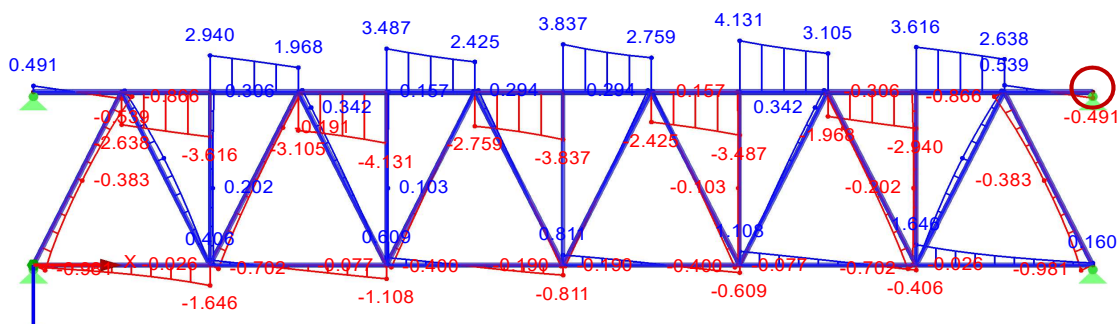
Obr. 26: MSÚ - průběh ohybového momentu $M_{y2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$M_{y,Ed} = 0$ kNm

2.3.3 Výsledné vnitřní síly – posouvající síla $V_{z,Ed}$ [kN]



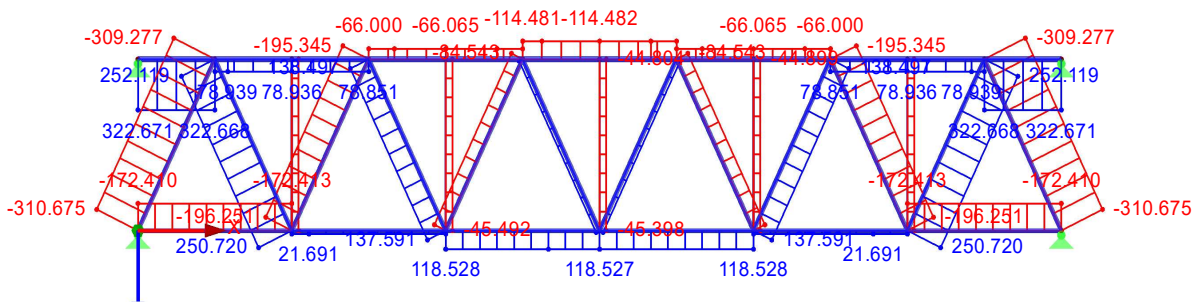
Obr. 27: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z1,Ed}$ od kombinace KZS 1



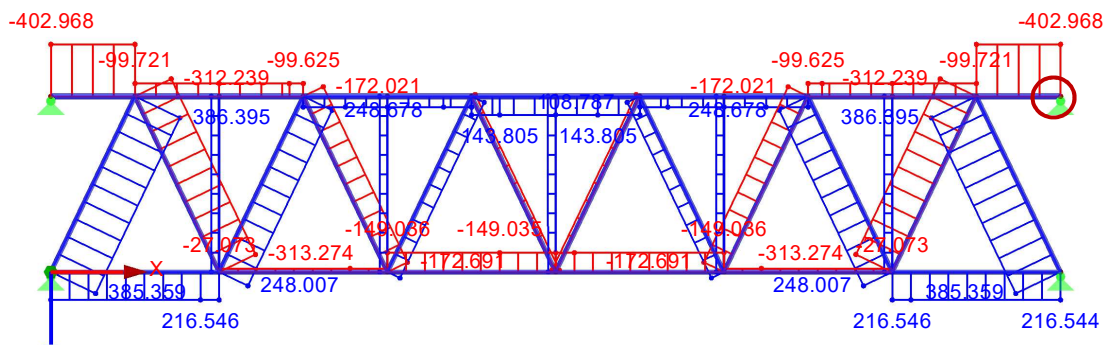
Obr. 28: MSÚ - průběh posouvající síly $V_{z2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$V_{z,Ed} = 0,491$ kN

2.3.4 Výsledné vnitřní síly – normálová síla N_{Ed} [kN]



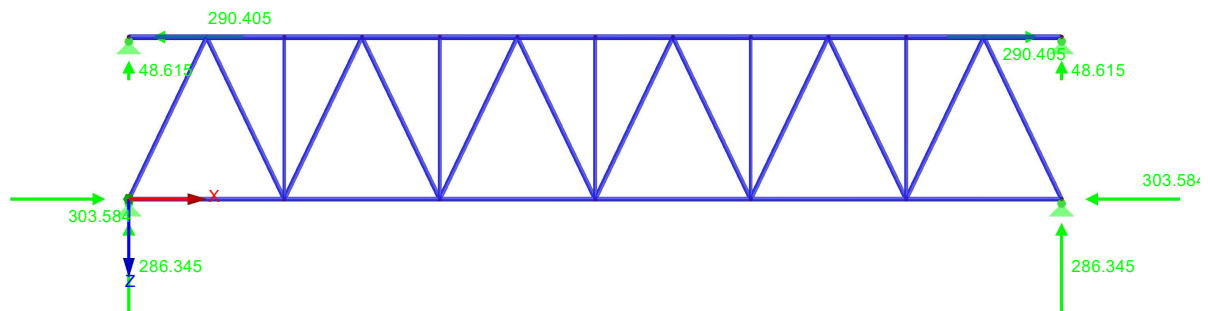
Obr. 29: MSÚ - průběh normálové síly $N_{1,Ed}$ od kombinace KZS 1



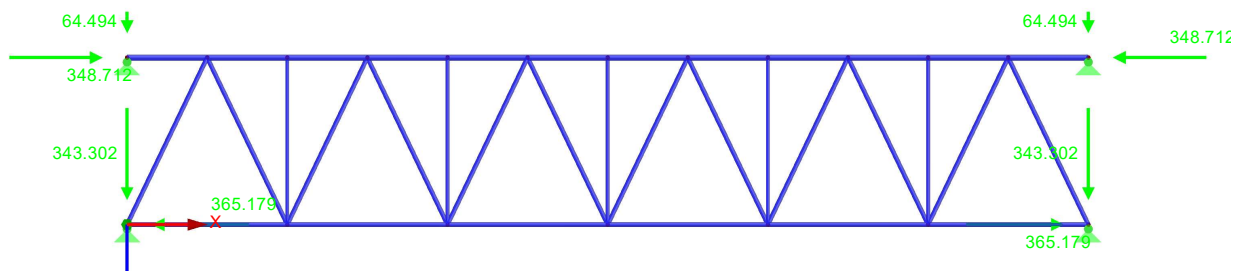
Obr. 30: MSÚ - průběh normálové síly $N_{2,Ed}$ od kombinace KZS 2

$N_{Ed} = 402,968 \text{ kN (tlak)}$

2.3.5 Výsledné reakce



Obr. 31: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 1

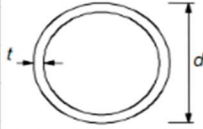


Obr. 32: MSÚ - výsledné reakce od zatížení KZS 2

2.3.6 Posouzení

Bude provedeno ruční posouzení horního pásu na vzpěrnou únosnost, tj. největší zápornou normálovou sílu, tlačný prut u horní podpory viz Obr. 30.

Horní pás TR 177,8 / 12,5



Materiálové charakteristiky:

ocel S: 355

modul pružnosti $E = 210\,000\text{ MPa}$

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M1} = 1,0$

Zatřídění průřezu:

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

$$d/t = 14,2 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,10$$

$$d = 177,8\text{ mm}$$

$$t = 12,5\text{ mm}$$

=> **třída 1**

Výsledné vnitřní síly

$$N_{Ed} = 402,97\text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 0,49\text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,00\text{ kNm}$$

Pozn.: Prut bude posouzen plasticky na pružné vnitřní síly, tj. posouzení jako tř.2.

Z výsledných vnitřních sil a jejich průběhu je patrné, že rozhodující bude posouzení prvku na vzpěrnou únosnost. Jelikož velikost posouvající síly a momentu odpovídají hodnotám zatížení vlastní tíhou prvku (tj. téměř nulové), není nutné posuzovat kombinaci $M+N$, příp. $M+V$.

Průřezové charakteristiky:

$$I_y = 22\,300\,000\text{ mm}^4$$

$$I_z = 22\,300\,000\text{ mm}^4$$

$$W_y = 251\,000\text{ mm}^3$$

$$W_z = 251\,000\text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 342\,000\text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 342\,000\text{ mm}^3$$

$$A = 6\,490\text{ mm}^2$$

$$i_y = 58,62\text{ mm}$$

$$i_z = 58,62\text{ mm}$$

$$L = 9\,600\text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = 2\,400\text{ mm}$$

(vybočení v rovině vazníku)

$$L_{cr,z} = 9\,600\text{ mm}$$

(vybočení z roviny vazníku - vzdálenost svislých ztužidel, viz Obr.1: Schéma konstrukce zastřešení)

Stanovení vzpěrné únosnosti $N_{b,Rd}$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{MI} = 0,913 \cdot 6\,490 \cdot 355 / 1,0 \cdot 10^{-3} = 2\,102,96 \text{ kN}$$

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{MI} = 0,196 \cdot 6\,490 \cdot 355 / 1,0 \cdot 10^{-3} = 451,61 \text{ kN}$$

součinitel vzpěrnosti - směr y

$$\chi_y = 1 / (\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y^2 - \lambda_y^{-2})}) = 0,913$$

$$\Phi_y = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}] = 0,679$$

$$\lambda_y^- = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,y}} = 0,536$$

součinitel imperfekce

$$\alpha = 0,21 \quad (\text{křivka } a)$$

pružná kritická síla - směr y

$$N_{cr,y} = EI \cdot \pi^2 / L_{cr,y}^2 = 8\,024,19 \text{ kN}$$

součinitel vzpěrnosti - směr z

$$\chi_z = 1 / (\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z^2 - \lambda_z^{-2})}) = 0,196 \text{ kN}$$

$$\Phi_z = 0,5 [1 + \alpha (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}] = 3,001$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}} = 2,143$$

součinitel imperfekce

$$\alpha = 0,21 \quad (\text{křivka } a)$$

pružná kritická síla - směr z

$$N_{cr,z} = EI \cdot \pi^2 / L_{cr,y}^2 = 501,51 \text{ kN}$$

Posouzení	
<i>směr y</i>	
$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} \leq 1,0$	
$\frac{402,97}{2 \cdot 102,96} \leq 1,0$	
$0,192 \leq 1,0$	Vyhovuje
<i>směr z</i>	
$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \leq 1,0$	
$\frac{402,97}{451,61} \leq 1,0$	
$0,892 \leq 1,0$	Vyhovuje

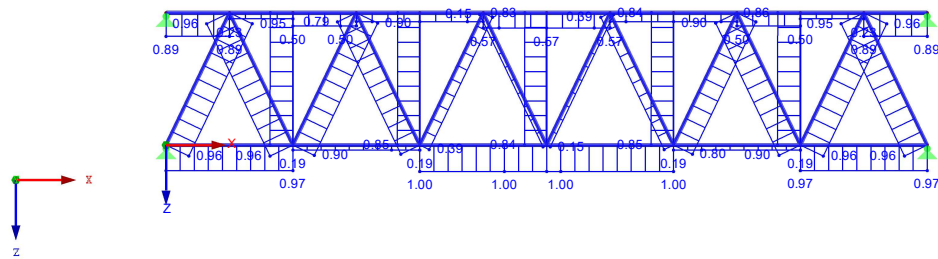
Postup pro posouzení zbývajících částí konstrukce je obdobný, hodnoty jsou shrnuty v tabulce na základě posouzení softwarem Dlubal Rfem.

Posouzení vzpěrné únosnosti $N_{b,Rd}$ a kombinace $M + N$, dle 6.3.1.1 a 6.3.3 (EC 3)														
Prvek	N_{Ed} (tlak)	M_{Ed}	d	t	A	i	$L_{cr,y}$	$L_{cr,z}$	λ	$\bar{\lambda}$	χ	N_{Rd}	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	$M + N$
$f_y = 355$	[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[-]	[mm]				[kN]	[-]	[-]
Horní pás - kraj	402,97	0,00	177,8	12,5	6491	58,6	2400	9600	163,8	2,14	0,196	451,46	89%	89%
Horní pás - střed	114,48	2,50	177,8	5,0	2714	61,1	2400	9600	157,1	2,06	0,212	204,10	56%	57%
Dolní pás - kraj	172,41	0,26	137,9	10,0	4018	45,4	4800	9600	211,7	2,77	0,121	172,09	96%	97%
Dolní pás - střed	149,04	0,55	137,9	8,0	3265	46,0	4800	9600	208,6	2,73	0,124	143,72	100%	100%
Diagonály - kraj	313,27	1,01	139,7	6,3	2640	47,2	5546	5546	117,5	1,54	0,357	334,68	94%	96%
Diagonály - střed	196,25	0,18	139,7	4,0	1705	48,0	5546	5546	115,5	1,51	0,367	222,32	88%	89%
Svislice	46,40	0,16	76,1	5,0	1117	25,2	5000	5000	198,4	2,60	0,136	54,11	86%	87%
Vyhovuje														
Posouzení tahové únosnosti $N_{t,Rd}$ dle 6.2.3 (EC 3)														
Prvek	N_{Ed} (tah)	d	t	A	N_{Rd}	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$								
$f_y = 355$	[kN]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[kN]	[-]								
Horní pás - kraj	322,67	177,8	12,5	6491	2304,42	14%								
Horní pás - střed	143,81	177,8	5,0	2714	963,59	15%								
Dolní pás - kraj	216,55	137,9	10,0	4018	1426,42	15%								
Dolní pás - střed	118,53	137,9	8,0	3265	1158,98	10%								
Diagonály - kraj	380,70	139,7	6,3	2640	937,29	41%								
Diagonály - střed	248,68	139,7	4,0	1705	605,37	41%								
Svislice	61,21	76,1	5,0	1117	396,48	15%								
Vyhovuje														

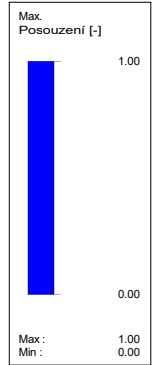
2.3.7 Posouzení – alternativně pomocí softwaru Dlubal Rfem

RF-STEEL EC3 PŘ1

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku, Posouzení plasticity



Proti smíru osy Y



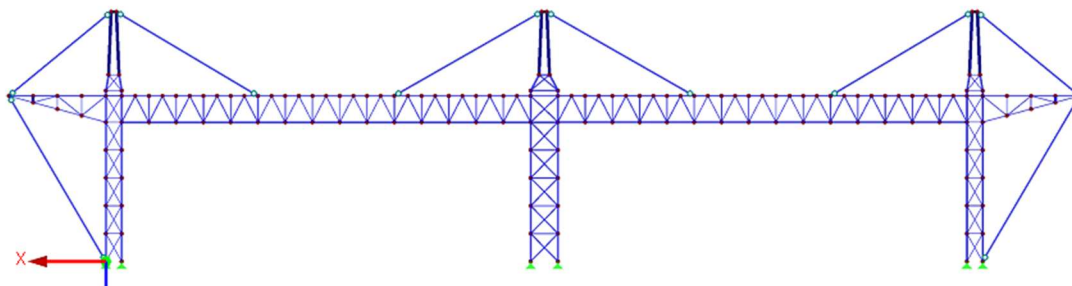
Max Posouzení: 1.00

$$1,0 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

2.4 Nosná konstrukce – Hlavní nosník (nadvratový)

2.4.1 Schéma konstrukce

Konstrukce je navržena ze standartní oceli třídy S355, kuželové konusy jsou z austeniticko – feritické oceli 1.4462 s materiálovými parametry dle ČSN EN 1993-1-4. Důvod je čistě estetický. Pruty jsou převážně z uzavřených trubkových průřezů (CHS), lana jsou předepnutá z vysokopevnostní oceli typu PV od výrobce Pfeifer.



Obr. 33: Schéma konstrukce

Hlavní nosník bude na předmontážní lavici z dílčích montážních dílců svařen do celku, následně bude celý nosník vyzdvižen na montážních podpěrách, předpínán a poté uvolněn z podpor (viz Technická zpráva).

2.4.2 Stanovení účinků zatížení

STÁLÉ ZATÍŽENÍ		
<i>Střecha</i>		
<i>Střešní plášť - sendvičový panel SP2C X-PIR 210/170 od firmy RUUKKI (včetně HI a TI)</i>		
<i>plošné zatížení</i>	$f_{pl,stp} = 0,147 \text{ kN/m}^2$	
<i>Vaznice profil I, liniová hmotnost 22,4 kg/m</i>		
<i>plošné zatížení</i>	$f_{pl,vaz} = 0,092 \text{ kN/m}^2$	<i>(převedeno na plošné zatížení)</i>
<i>Nosná konstrukce</i>		
<i>Vazník - příhradový, hmotnost 3 764 kg</i>		
<i>plošné zatížení</i>	$f_{pl,vzk} = 0,247 \text{ kN/m}^2$	<i>(převedeno na plošné zatížení)</i>
<i>Ztužidla</i>		
<i>plošné zatížení</i>	$f_{pl,ztuž} = 0,003 \text{ kN/m}^2$	<i>(převedeno na plošné zatížení)</i>

Ostatní zatížení	
Podhled	
TZB, osvětlení, lávky	
plošné zatížení	$f_{pl,TZB} = 0,500 \text{ kN/m}^2$ (odhad zatížení)
Jeřábová dráha - 2x JD o maximální hmotnosti 4,0 t (včetně břemena)	
plošné zatížení	$f_{pl,jd} = 0,035 \text{ kN/m}^2$ (převedeno na plošné zatížení)
	25% tvoří stálé zatížení
	75% tvoří proměnné zatížení
Obvodový plášť	
Opláštění hlavního nosníku - sendvičový panel SP2D W tl. 230 mm, hmotnost 36,0 kg/m ²	
plošné zatížení	$f_{pl,op} = 0,353 \text{ kN/m}^2$
Předpětí	
Táhla z plně uzavřených lan PV od firmy Pfeifer podporující hlavní nosník budou předepnuta. Velikost předpínací síly bude ve výpočtu měněna a zpřesňována tak, aby při nejméně příznivé kombinaci byla v lanech tahová rezerva minimálně 100 kN.	
Výsledná zatížení - od stálého	
počet polí mezi sloupy	$n_{sl} = 6$ (ve zvýšené části konstrukce)
osová vzdálenost sloupů	$o_{sl} = 4\,800 \text{ mm}$ (boční sloupy ve zvýšené části konstrukce)
šířka hlavního nosníku	$\check{s}_{hl,n} = 3\,200 \text{ mm}$ (nadvratový nosník hangáru)
výška hl. nosníku	$h_{hl,n} = 5\,000 \text{ mm}$ (nadvratový nosník hangáru)
přesah střechy	$\check{s}_{př} = 500 \text{ mm}$ (přesah střešního pláště v čele objektu)
zatěžující šířky	
sníh, vítr	$\check{s}_1 = o_{sl} \cdot n_{sl} / 2 + \check{s}_{hl,n} + \check{s}_{př} = 4,8 \cdot 6 / 2 + 3,2 + 0,5 = 18,10 \text{ m}$
nosná kon.	$\check{s}_2 = o_{sl} \cdot n_{sl} / 2 + \check{s}_{hl,n} = 4,8 \cdot 6 / 2 + 3,2 = 17,60 \text{ m}$
ostatní zat.	$\check{s}_3 = o_{sl} \cdot n_{sl} / 2 = 4,8 \cdot 6 / 2 = 14,40 \text{ m}$
plošná zatížení	
od střechy	$f_{pl,stř} = f_{pl,stp} + f_{pl,vaz} = 0,147 + 0,092 = 0,239 \text{ kN/m}^2$
od nosné konstrukce	$f_{pl,nk} = f_{pl,vzk} + f_{pl,ztuž} = 0,250 \text{ kN/m}^2$
od ostatního zatížení	
od podhledu	$f_{pl,pod} = f_{pl,TZB} + 1/4 \cdot f_{pl,jd} = 0,509 \text{ kN/m}^2$
od obvodového pláště	$f_{pl,op} = 0,353 \text{ kN/m}^2$ (plošné zatížení působící ve svislé rovině)

liniová zatížení na hlavní nadvratový nosník 3D			
od střechy	$f_{lin, stř} = f_{pl, stř} \cdot \check{s}_1 =$	4,321	kN/m
od nosné konstrukce	$f_{lin, nk} = f_{pl, nk} \cdot \check{s}_2 =$	4,392	kN/m
od ostatního zatížení	$f_{lin, ost} = f_{pl, pod} \cdot \check{s}_3 + f_{pl, op} \cdot h_{hl.n} =$	9,092	kN/m
výsledné zatížení na hlavní nosník - prostorový 3D $f_{lin, hl.n} = \Sigma f_{lin, i} = 17,804$ kN/m			
zatížení pro výpočet - 2D hlavní nosník $f_{lin, hl.n} / 2 = 8,902$ kN/m			
(komorový hlavní nosník se skládá ze 2 nosných částí)			

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Klimatické zatížení

Zatížení sněhem

plošné zatížení $f_{pl, snih} = 0,448$ kN/m²

Zatížení větrem

plošné zatížení $f_{pl, vítr} = 1,484$ kN/m²

Provozní zatížení

Jeřábová dráha - 2x JD o maximální nosnosti 4,0 t (včetně břemena)

plošné zatížení $f_{pl, jd} = 0,035$ kN/m²

25% tvoří stálé zatížení

75% tvoří proměnné zatížení

Zatížení poklesem podpory

mezí hodnoty sednutí pro ocelové staticky neurčité konstrukce $\Delta s/L = 0,003$

nerovnoměrné sednutí - pokles podpory uprostřed

$$\Delta s = 0,003 \cdot L = 0,003 \cdot (3\,000 / 2 + 78\,000 + 5\,200 / 2) = 246,3 \text{ mm}$$

Výsledná zatížení - od proměnného

plošná zatížení

od jeřábové dráhy $f_{pl, jd, q} = 3/4 \cdot f_{pl, jd} = 0,026$ kN/m²

od sněhu $f_{pl, snih} = 0,448$ kN/m²

od větru $f_{pl, vítr} = 1,484$ kN/m²

liniová zatížení na hlavní nadvratový nosník 3D

od jeřábové dráhy $f_{lin, jd, q} = f_{pl, jd, q} \cdot \check{s}_3 = 0,026 \cdot 14,40 = 0,377$ kN/m

od sněhu $f_{lin, snih} = f_{pl, snih} \cdot \check{s}_1 = 0,448 \cdot 18,10 = 8,109$ kN/m

od větru viz Zatížení větrem

SOUHRN ZATÍŽENÍ

Zatížení hlavního nadvratového nosníku - hodnoty zatížení pro 3D výpočet

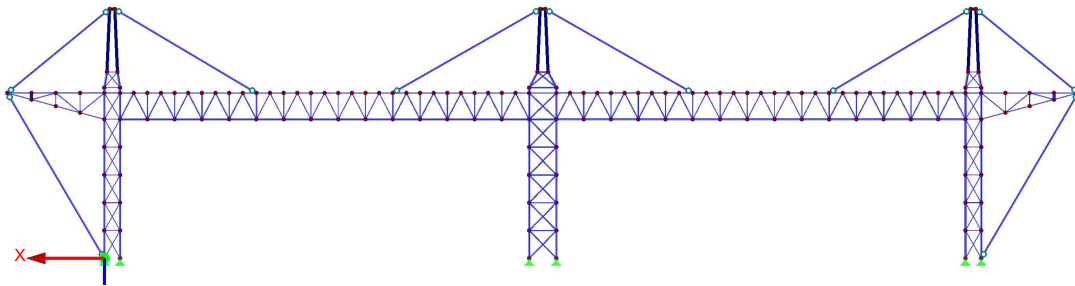
Typ zatížení	Zatížení	f_k	γ	f_d
	[kN/m ²]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
Stálé				
Vlastní tíha	generováno softwarem Dlubal Rfem			
Střecha	0,239	4,321	1,35	5,833
Nosná konstrukce	0,250	4,392	1,35	5,930
Ostatní stálé - TZB, JD, lávky	X	9,092	1,35	12,274
Předpětí	viz Předpětí			
Celkem - stálé	17,804		24,036	
Proměnné				
Provozní zatížení - JD	0,026	0,377	1,50	0,566
Sníh	0,448	8,109	1,50	12,163
Vítr	viz Zatížení větrem			
Teplota	viz Zatížení teplotou			
Pokles podpory	viz Zatížení poklesem podpory			
Celkem - proměnné (bez zat. sněhem a větrem	0,377		0,566	
Celkem - stálé + proměnné	18,182		24,602	

Zatížení hlavního nadvratového nosníku - hodnoty zatížení pro 2D výpočet

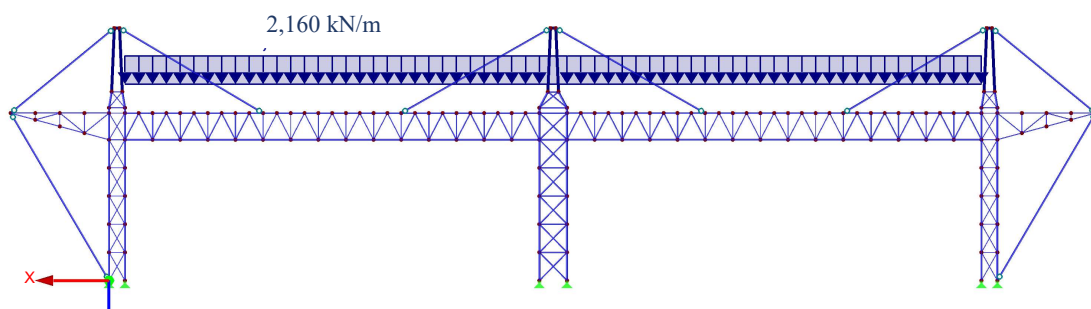
Typ zatížení	Zatížení	f_k	γ	f_d
	[kN/m ²]	[kN/m]	[-]	[kN/m]
Stálé				
Vlastní tíha	generováno softwarem Dlubal Rfem			
Střecha	0,239	2,160	1,35	2,916
Nosná konstrukce	0,250	2,196	1,35	2,965
Ostatní stálé - TZB, JD, lávky	X	4,546	1,35	6,137
Předpětí	viz Předpětí			
Celkem - stálé	8,902		12,018	
Proměnné				
Provozní zatížení - JD	0,026	0,189	1,50	0,283
Sníh	0,448	4,054	1,50	6,082
Vítr	viz Zatížení větrem			
Teplota	viz Zatížení teplotou			
Pokles podpory	viz Zatížení poklesem podpory			
Celkem - proměnné (bez zat. sněhem a větrem	0,189		0,283	
Celkem - stálé + proměnné	9,091		12,301	

(komorový hlavní nosník se skládá ze 2 nosných částí)

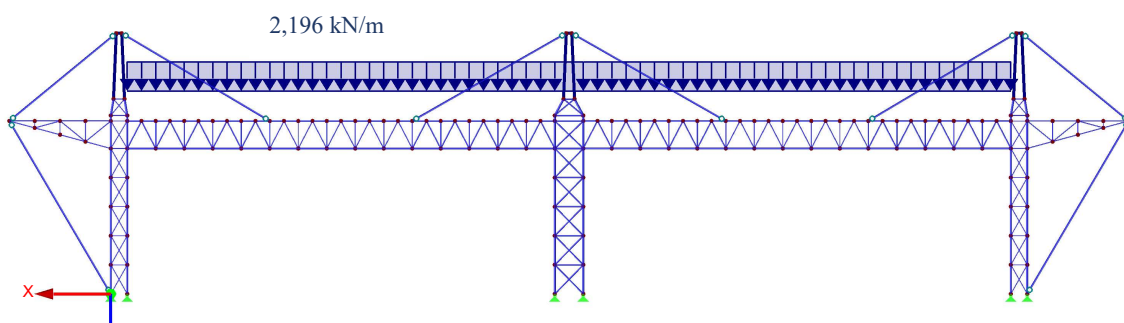
2.4.3 Zatěžovací stavy – stálé zatížení (charakteristické hodnoty)



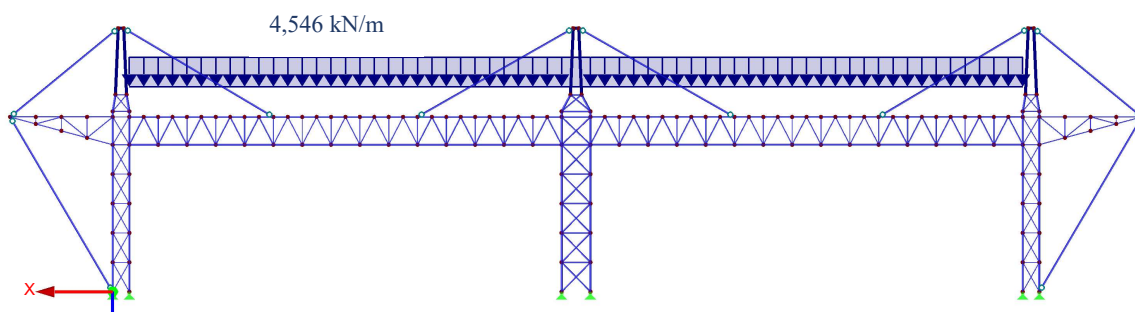
Obr. 34: ZS1 – Vlastní tíha konstrukce



Obr. 35: ZS2 – Střešní konstrukce

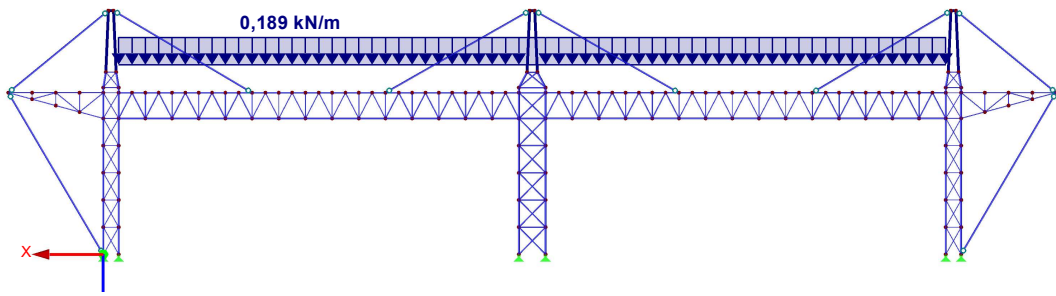


Obr. 36: ZS3 – Zatížení od nosné konstrukce

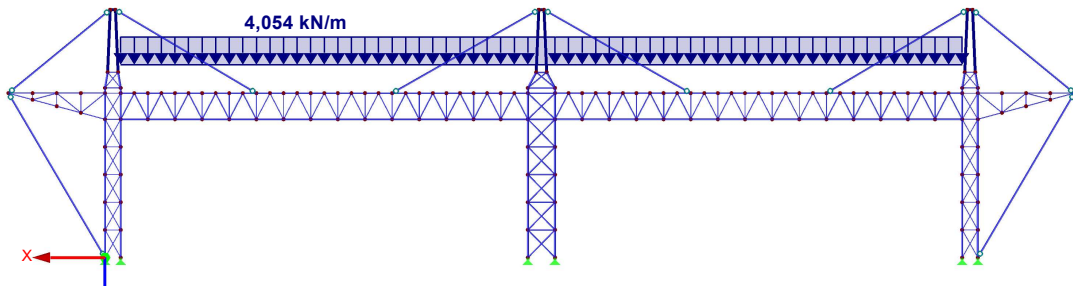


Obr. 37: ZS4 – Ostatní stálé zatížení

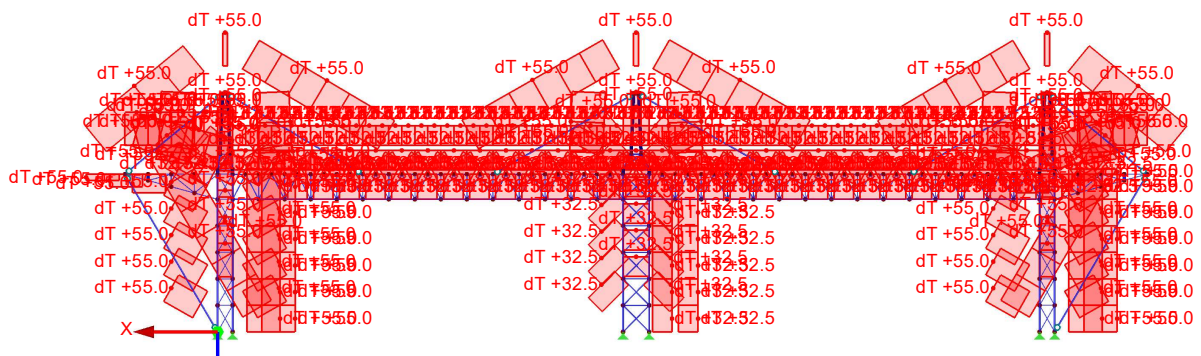
2.4.4 Zatěžovací stavy – proměnné zatížení (charakteristické hodnoty)



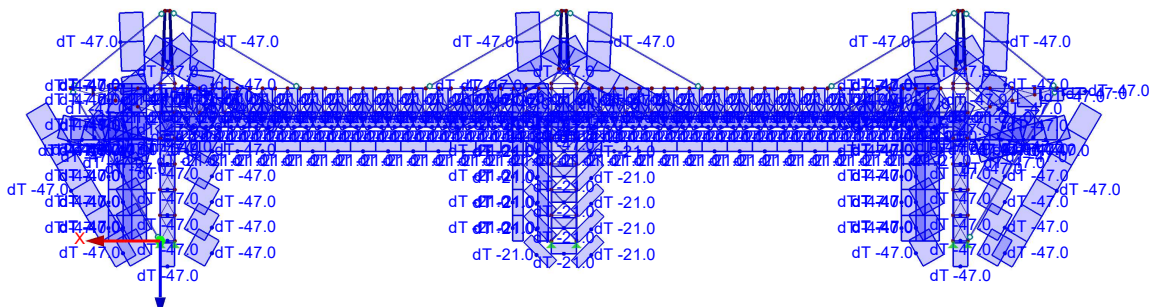
Obr. 38: ZS5 – Provozní zatížení od JD



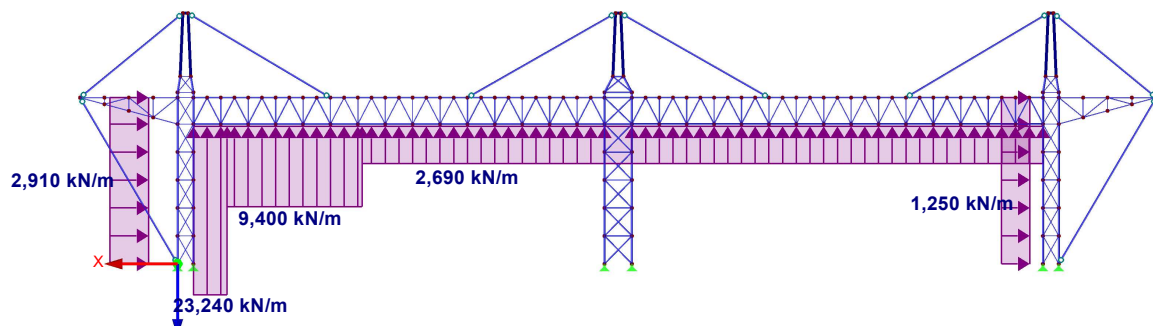
Obr. 39: ZS6 – Snih



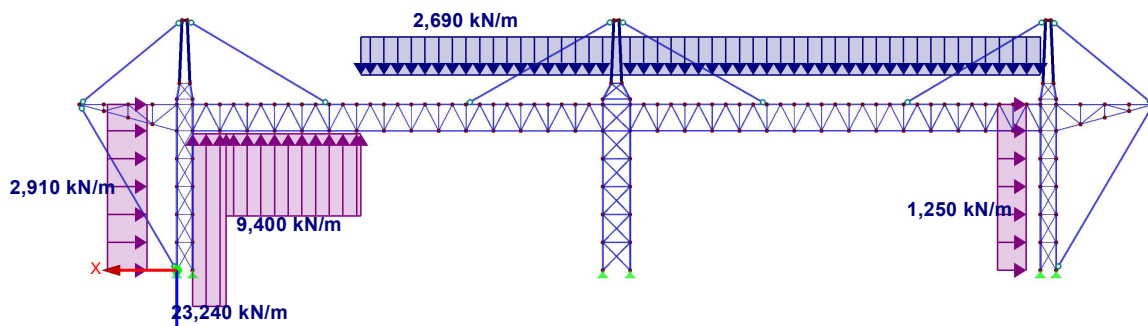
Obr. 40: ZS7 – Oteplení konstrukce



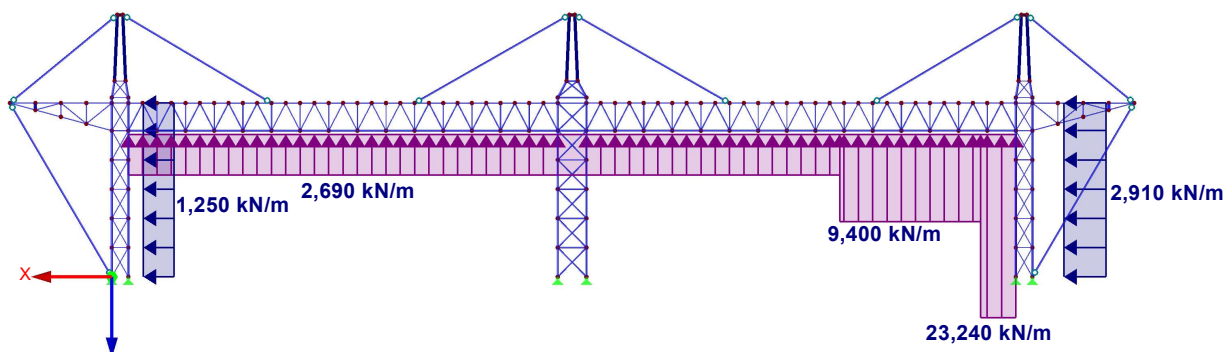
Obr. 41: ZS8 – Ochlazení konstrukce



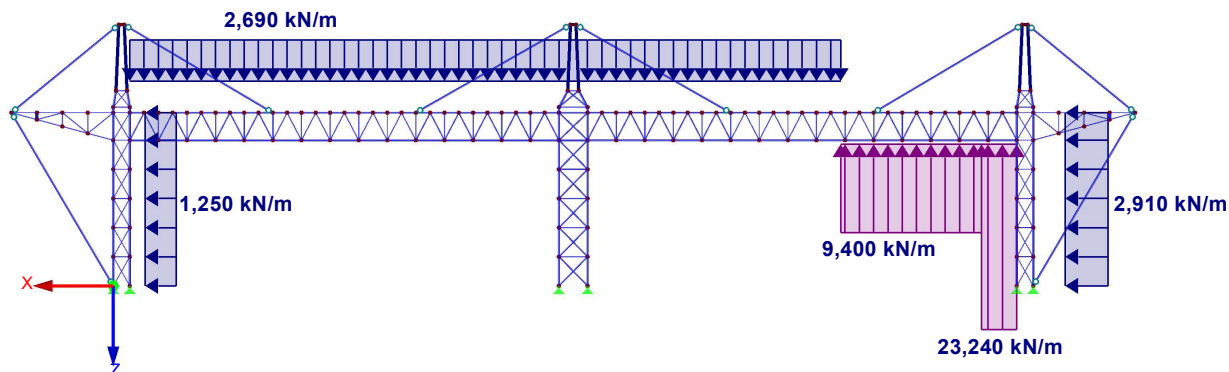
Obr. 42: ZS9 – Vítr směr 0°, var. A - zavřená vrata



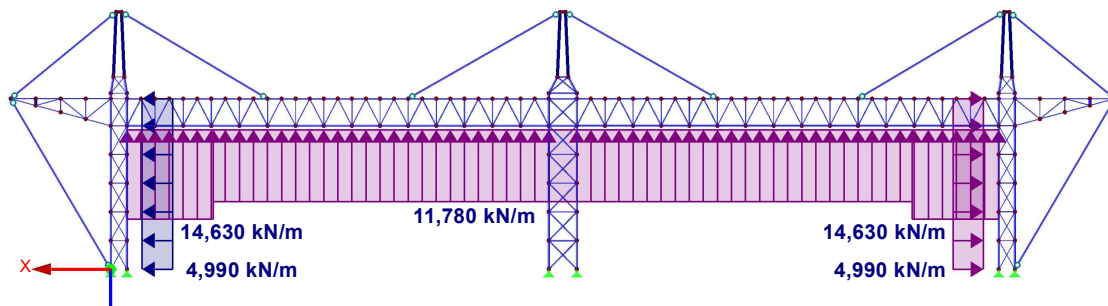
Obr. 43: ZS10 – Vítr směr 0°, var. B - zavřené vrata



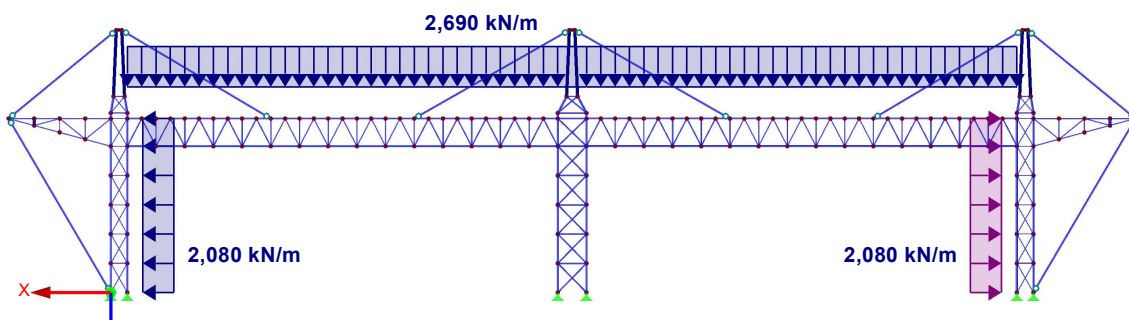
Obr. 44: ZS11 – Vítr směr 180°, var. A - zavřená vrata



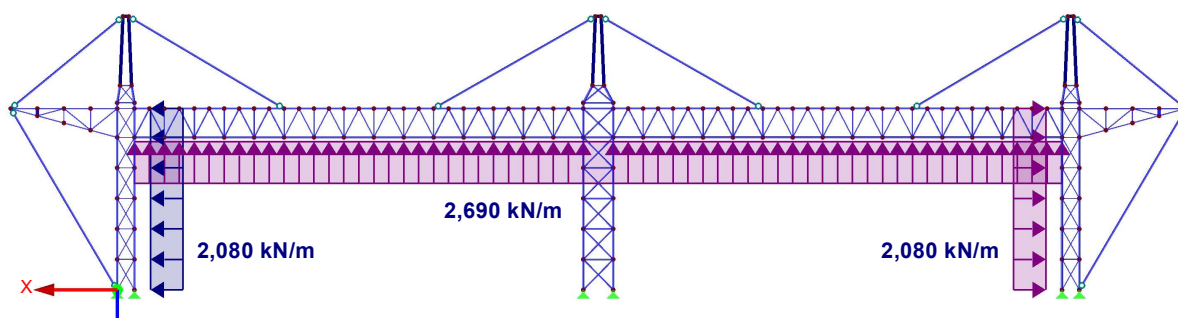
Obr. 45: ZS12 – Vítr směr 180°, var. B - zavřené vrata



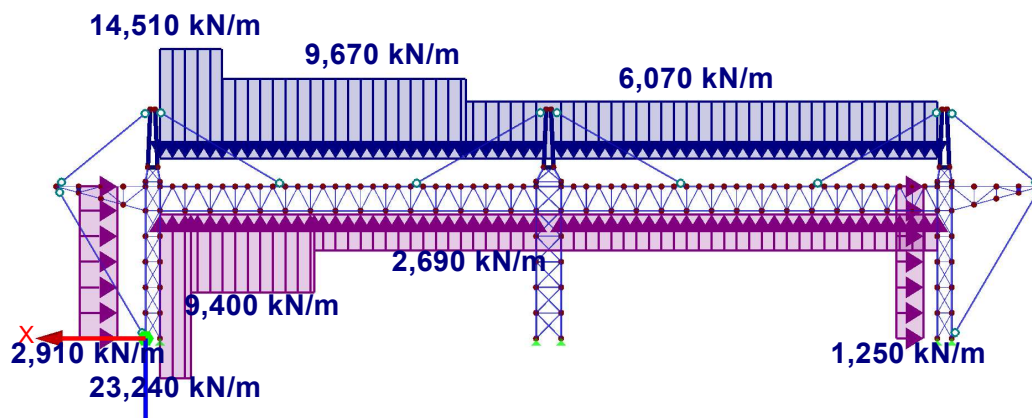
Obr. 46: ZS13 – Vítr směr 90° - zavřená vrata



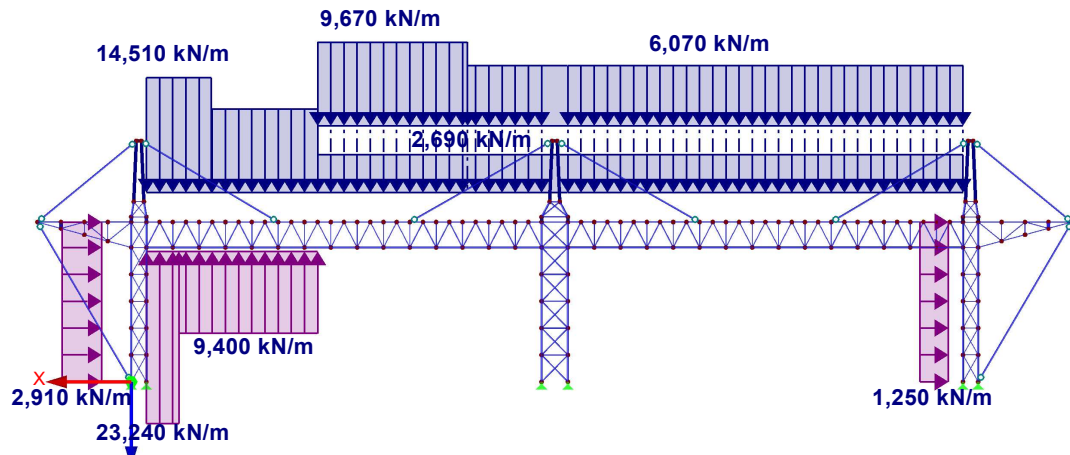
Obr. 47: ZS14 – Vítr směr 270°, var. A - zavřená vrata



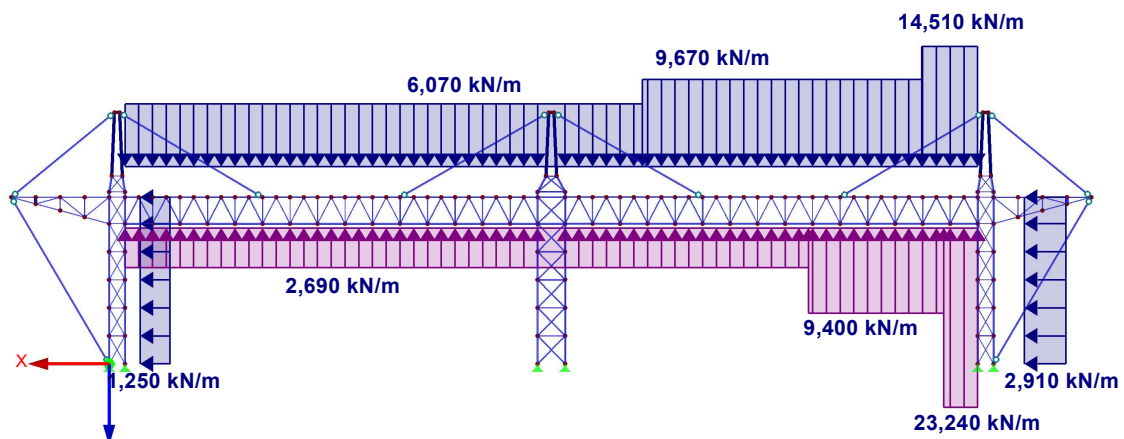
Obr. 48: ZS15 – Vítr směr 270°, var. B - zavřená vrata



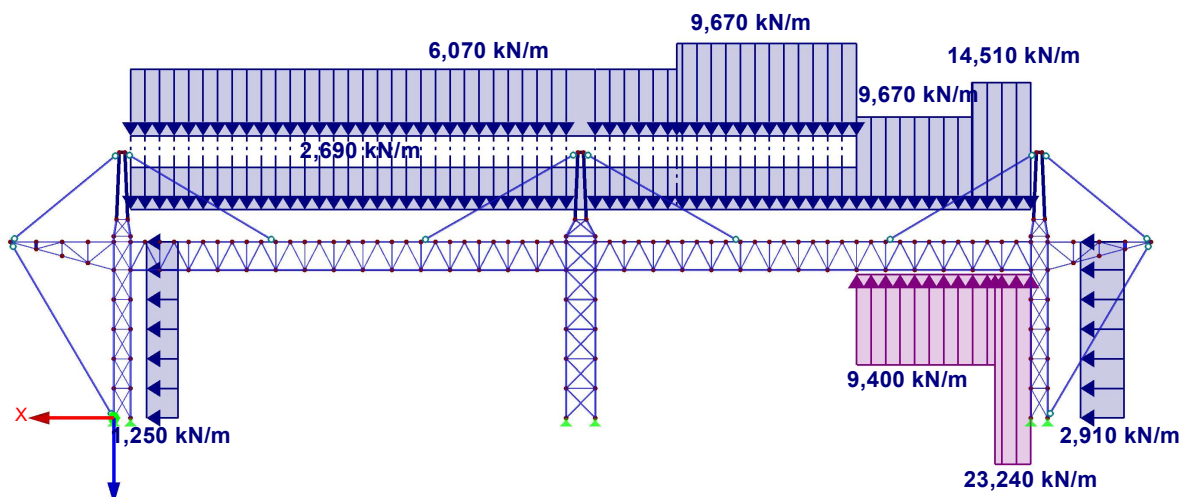
Obr. 49: ZS16 – Vítr směr 0°, var. A - otevřená vrata



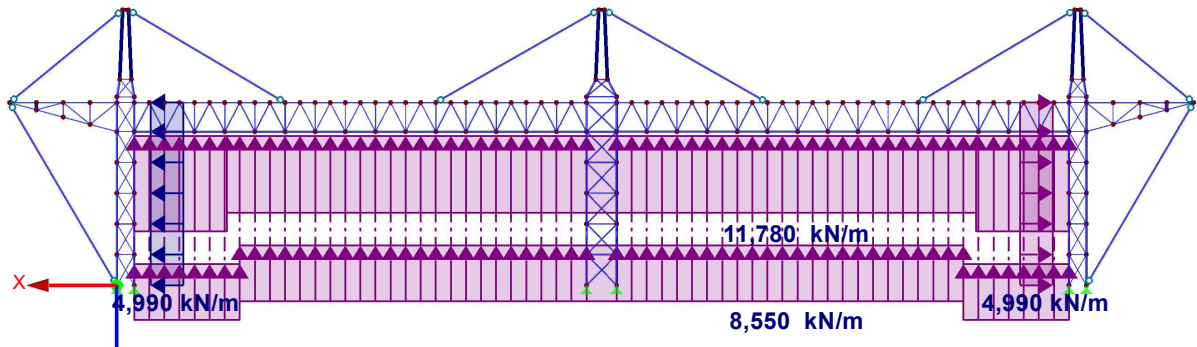
Obr. 50: ZS17 – Vitr směr 0°, var. B - otevřená vrata



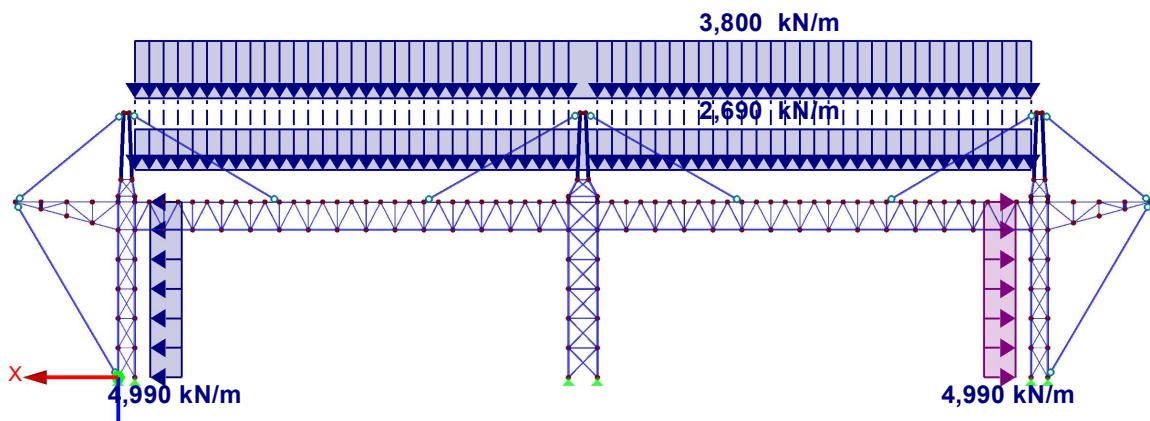
Obr. 51: ZS18 – Vitr směr 180°, var. A - otevřená vrata



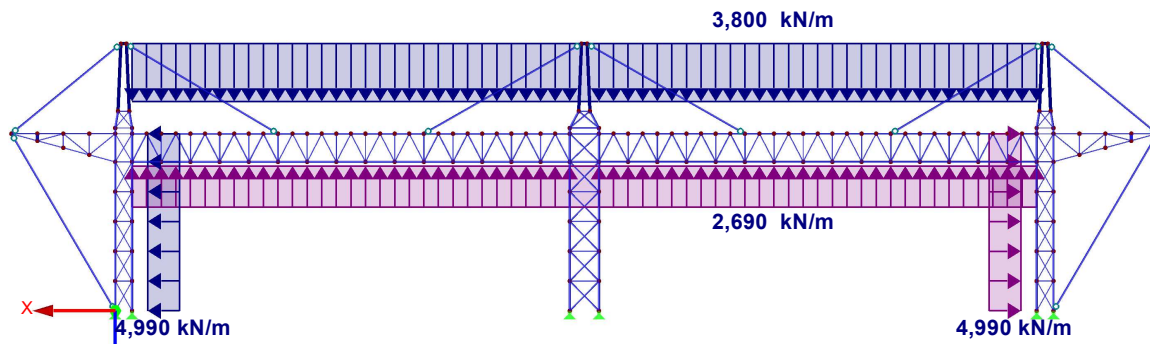
Obr. 52: ZS19 – Vitr směr 180°, var. B - otevřená vrata



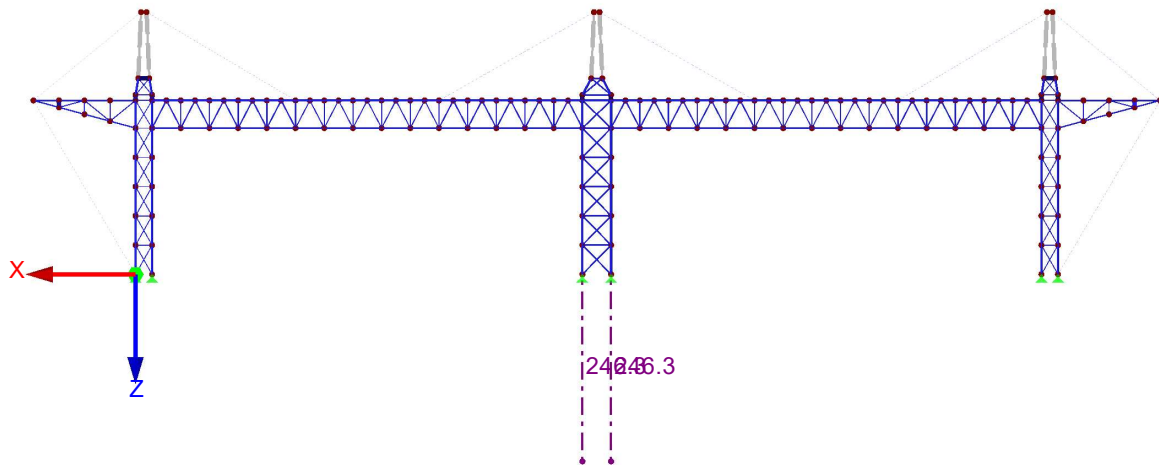
Obr. 53: ZS20 – Vítr směr 90° - otevřená vrata



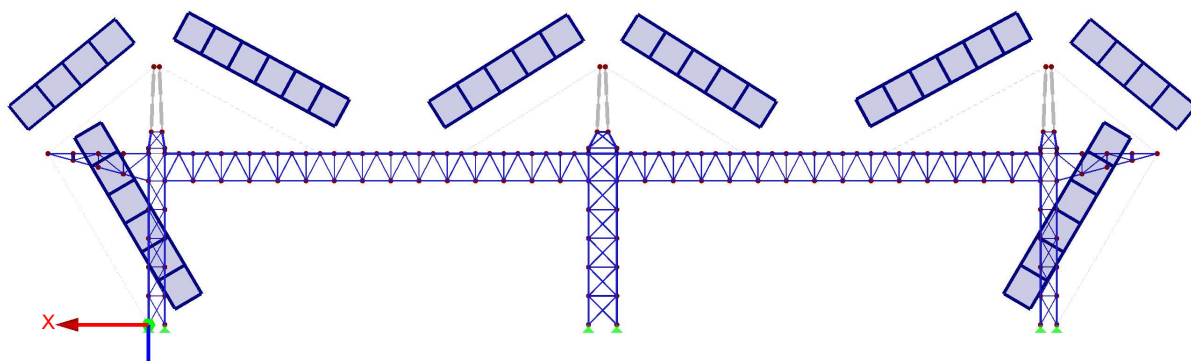
Obr. 54: ZS21 – Vítr směr 270°, var. A - otevřená vrata



Obr. 55: ZS22 – Vítr směr 270°, var. B - otevřená vrata



Obr. 56: ZS23 – Pokles prostřední podpory $u_z = 246,3 \text{ mm}$



Obr. 57: ZS24 – Předpětí lan

2.4.5 Kombinace zatěžovacích stavů KZS

Návrhové kombinace zatěžovacích stavů dle rovnice 6.10 (ČSN EN 1990)

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

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu
ZS1	G0 - Vlastní tíha konstrukce
ZS2	Gstr - Střecha
ZS3	Gnk - Nosná konstrukce
ZS4	Gost - Ostatní stálé
ZS5	Qjd - Provozní od JD
ZS6	Qs - Sníh
ZS7	Qt - Oteplení konstrukce
ZS8	Qch - Ochlazení konstrukce
ZS9	Qz,0,A - Vítr směr 0° var. A - zavřená vrata
ZS10	Qz,180,A - Vítr směr 180° var. A - zavřená vrata
ZS11	Qz,0,B - Vítr směr 0° var. B - zavřená vrata
ZS12	Qz,180,B - Vítr směr 180° var. B - zavřená vrata
ZS13	Qz,90 - Vítr směr 90° - zavřená vrata
ZS14	Qz,270,A - Vítr směr 270°, var. A - zavřená vrata
ZS15	Qz,270,B - Vítr směr 270°, var. B - zavřená vrata
ZS16	Qo,0,A - Vítr směr 0° var. A - otevřená vrata
ZS17	Qo,0,B - Vítr směr 0° var. B - otevřená vrata
ZS18	Qo,180,A - Vítr směr 180° var. A - otevřená vrata
ZS19	Qo,180,B - Vítr směr 180° var. B - otevřená vrata
ZS20	Qo,90 - Vítr směr 90° - otevřená vrata
ZS21	Qo,270,A - Vítr směr 270°, var. A - otevřená vrata
ZS22	Qo,270,B - Vítr směr 270°, var. B - otevřená vrata
ZS23	Pokles podpory
ZS24	Předpětí lan

Obr. 58: Výpis vstupních zatěžovacích stavů

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Užitná zatížení (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy (tíha vozidla ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy ($30 \text{ kN} \leq \text{tíha vozidla} \leq 160 \text{ kN}$)	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3)			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN – stavby umístěné ve výšce $H > 1000$ m.n.m.	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN – stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m.n.m.	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Obr. 59: Tabulka použitých součinitelů ψ

Konstrukce byla posouzena na:

742 kombinací zatěžovacích stavů pro MSÚ dle 6.10

KZ41	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS11 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ42	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS12 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ43	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS13 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ44	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS14 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ45	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS15 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ46	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS16 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ47	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS17 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ48	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS18 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ49	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS19 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ50	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS20 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ51	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS21 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ52	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8 + 0.9 \cdot ZS22 + 1.5 \cdot ZS23 + ZS24$
KZ53	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS9 + ZS24$
KZ54	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS10 + ZS24$
KZ55	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS11 + ZS24$
KZ56	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS12 + ZS24$
KZ57	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS13 + ZS24$
KZ58	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS14 + ZS24$
KZ59	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS15 + ZS24$
KZ60	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS16 + ZS24$
KZ61	$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.35 \cdot ZS3 + 1.35 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS17 + ZS24$

Obr. 60: Výňatek kombinací pro posouzení MSÚ

371 kombinací zatěžovacích stavů pro MSP dle 6.10

KZ1040	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS8 + 0.6*ZS19 + ZS24
KZ1041	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS8 + 0.6*ZS20 + ZS24
KZ1042	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS8 + 0.6*ZS21 + ZS24
KZ1043	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS8 + 0.6*ZS22 + ZS24
KZ1044	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS9 + ZS24
KZ1045	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS10 + ZS24
KZ1046	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS11 + ZS24
KZ1047	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS12 + ZS24
KZ1048	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS13 + ZS24
KZ1049	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS14 + ZS24
KZ1050	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS15 + ZS24
KZ1051	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS16 + ZS24
KZ1052	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS17 + ZS24
KZ1053	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS18 + ZS24
KZ1054	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS19 + ZS24
KZ1055	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS20 + ZS24
KZ1056	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS21 + ZS24
KZ1057	101	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4 + ZS22 + ZS24

Obr. 61: Výňatek kombinací pro posouzení MSP

Velikost předpětí táhel byla několikrát měněna a zpřesňována až do finální podoby, tak aby byla zajištěna tahová rezerva v táhlech minimálně 100 kN. Podrobné předpínací síly v jednotlivých táhlech viz dále Obr. 76.

2.4.6 Hlavní nosné prvky

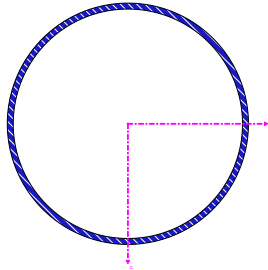
Pozn: V každém montážním dílci budou navrženy průřezy s různou tloušťkou profilu, tak aby byly co nejvíce hospodárné.

Nosník - horní pás:

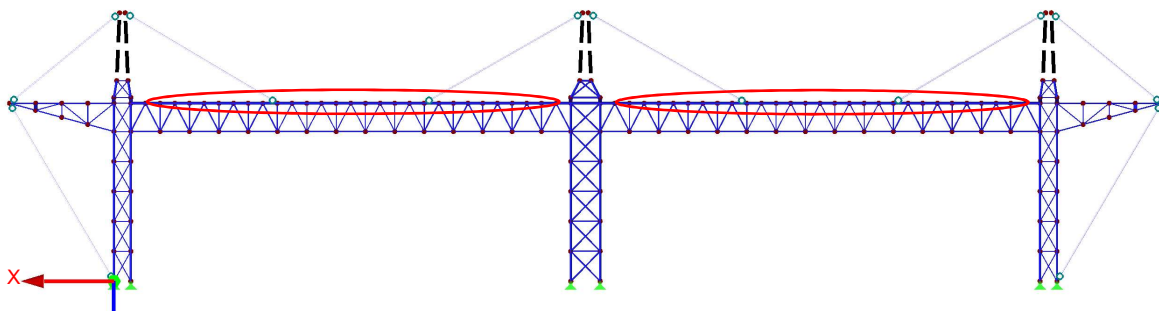
krajní část TR 323,9/20

mezilehlá část TR 323,9/8,0

střední část TR 323,9/6,3



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky	Hodnota	Jednotky	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	323,900	mm	323,900	mm	323,900	mm
Tloušťka stěny	s	20,000	mm	8,000	mm	6,300	mm
Plocha průřezu	A	19100,000	mm ²	7940,000	mm ²	6290,000	mm ²
Smyková plocha	A _y	9493,600	mm ²	3937,600	mm ²	3117,000	mm ²
Plocha jádra	A _{jad}	72535,600	mm ²	78377,100	mm ²	79222,900	mm ²
Plastická smyková plocha	A _{pl,y}	12156,000	mm ²	5054,400	mm ²	4001,800	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I _y	221400000,000	mm ⁴	99100000,000	mm ⁴	79290000,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	108,000	mm	112,000	mm	112,000	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	152,700	mm	158,400	mm	158,400	mm
Objem	V	19100000,000	mm ³ /m	7940000,000	mm ³ /m	6290000,000	mm ³ /m
Hmotnost průřezu	G	149,900	kg/m	62,300	kg/m	49,400	kg/m
Plocha pláště	A _{plášt}	1,020	m ² /m	1,020	m ² /m	1,020	m ² /m
Součinitel profilu	A _m /V	53,403	1/m	128,463	1/m	162,162	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I _t	442800000,000	mm ⁴	198200000,000	mm ⁴	158600000,000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W _t	2734000,000	mm ³	1224000,000	mm ³	979000,000	mm ³
Elastický průřezový modul	W _y	1367000,000	mm ³	612000,000	mm ³	490000,000	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	462574,000	mm ³	199643,000	mm ³	158993,000	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	1850000,000	mm ³	799000,000	mm ³	636000,000	mm ³
Plastický tvarový součinitel	α _{pl,y}	1,353		1,306		1,298	
Vzpěrná křivka (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN}	a		a		a	
Vzpěrná křivka pro ocel s f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN,S460}	a ₀		a ₀		a ₀	
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{y,EN}	a		a		a	
Vzpěrná křivka podle EN pro ocel S 460	VK _{y,EN,S460}	a ₀		a ₀		a ₀	
Plně plast. normál. síla podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	4,166	MN	1,732	MN	1,372	MN
Plně plast. posouv. síla podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	1,531	MN	0,637	MN	0,504	MN
Plně plast. ohyb. moment podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	0,403	MNm	0,174	MNm	0,139	MNm
Plně plast. torzní moment podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	0,366	MNm	0,158	MNm	0,126	MNm



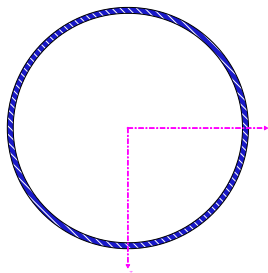
Obr. 62: Horní pás – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci

Nosník - dolní pás:

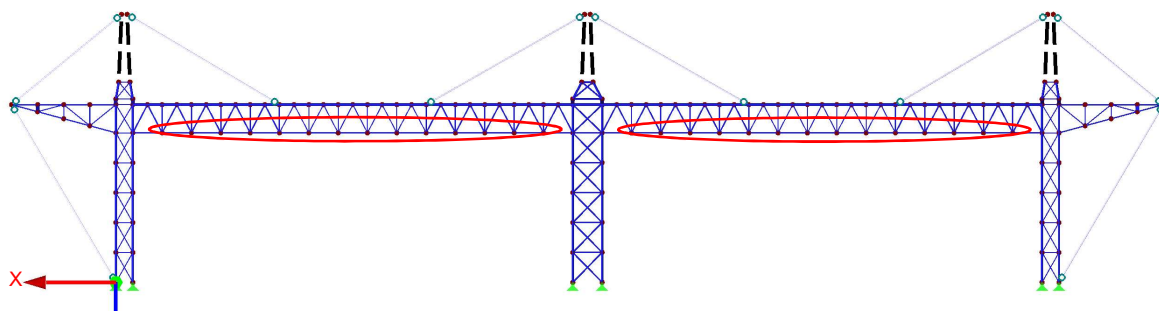
krajní část TR 323,9/12,5

mezilehlá část TR 323,9/6,3

střední část TR 323,9/6,3



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky	Hodnota	Jednotky	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	323,900	mm	323,900	mm	323,900	mm
Tloušťka stěny	s	12,500	mm	6,300	mm	6,300	mm
Plocha průřezu	A	12200,000	mm ²	6290,000	mm ²	6290,000	mm ²
Smyková plocha	A _y	6068,800	mm ²	3117,000	mm ²	3117,000	mm ²
Plocha jádra	A _{yád}	76160,000	mm ²	79222,900	mm ²	79222,900	mm ²
Plastická smyková plocha	A _{pl,y}	7785,000	mm ²	4001,800	mm ²	4001,800	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I _y	148500000,000	mm ⁴	79290000,000	mm ⁴	79290000,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	110,000	mm	112,000	mm	112,000	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	155,600	mm	158,400	mm	158,400	mm
Objem	V	12200000,000	mm ³ /m	6290000,000	mm ³ /m	6290000,000	mm ³ /m
Hmotnost průřezu	G	95,800	kg/m	49,400	kg/m	49,400	kg/m
Plocha pláště	A _{plášť}	1,020	m ² /m	1,020	m ² /m	1,020	m ² /m
Součinitel profilu	A _m /V	83,607	1/m	162,162	1/m	162,162	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I _t	296900000,000	mm ⁴	158600000,000	mm ⁴	158600000,000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W _t	1833000,000	mm ³	979000,000	mm ³	979000,000	mm ³
Elastický průřezový modul	W _y	917000,000	mm ³	490000,000	mm ³	490000,000	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	302484,000	mm ³	158993,000	mm ³	158993,000	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	1213000,000	mm ³	636000,000	mm ³	636000,000	mm ³
Plastický tvarový součinitel	α _{pl,y}	1,323		1,298		1,298	
Vzpěrná křivka (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN}	a		a		a	
Vzpěrná křivka pro ocel s f _y ≥ 460 N/mm ² (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN,S460}	a ₀		a ₀		a ₀	
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{y,EN}	a		a		a	
Vzpěrná křivka podle EN pro ocel S 460	VK _{y,EN,S460}	a ₀		a ₀		a ₀	
Plně plast. normál. síla podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	N _{pl,d}	2,668	MN	1,372	MN	1,372	MN
Plně plast. posouv. síla podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	V _{pl,d}	0,981	MN	0,504	MN	0,504	MN
Plně plast. ohyb. moment podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,d}	0,264	MNm	0,139	MNm	0,139	MNm
Plně plast. torzní moment podle DIN 18800-1 pro f _{y,d} = 21,82 kN/cm ²	M _{pl,x,d}	0,240	MNm	0,126	MNm	0,126	MNm

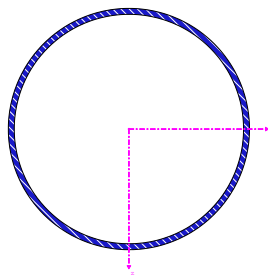


Obr. 63: Dolní pás – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci

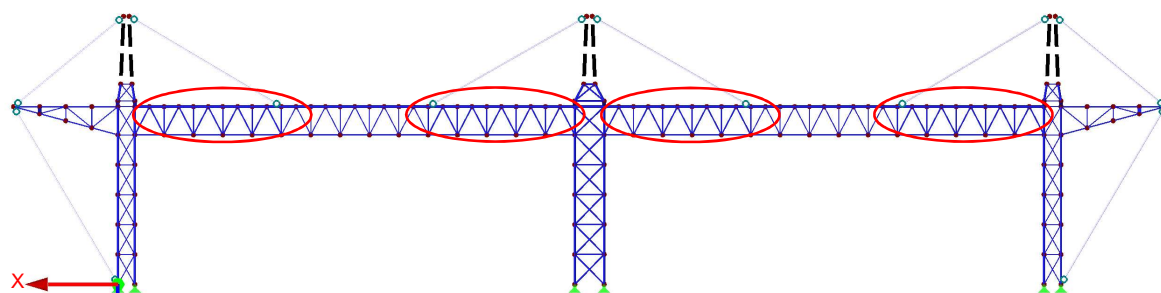
Nosník - diagonály:

krajní diagonály TR 244,5/8,0

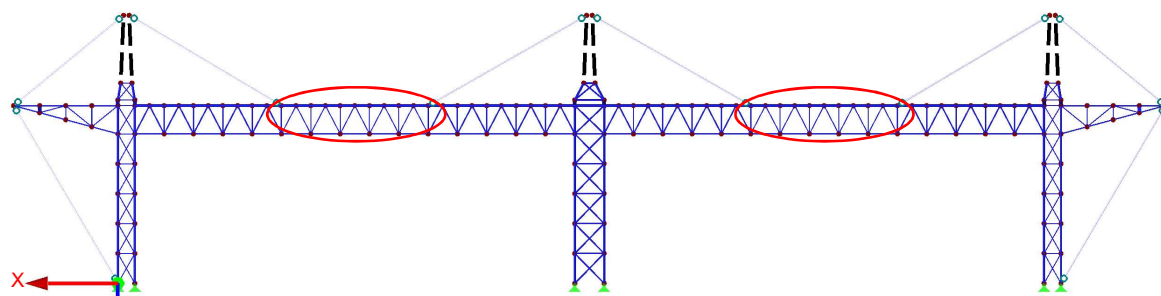
střední diagonály TR 193,7/6,3



Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky	Hodnota	Jednotky
Vnější průměr	D	244,500	mm	193,700	mm
Tloušťka stěny	s	8,000	mm	6,300	mm
Plocha průřezu	A	5940,000	mm ²	3710,000	mm ²
Smyková plocha	A _y	2948,900	mm ²	1840,100	mm ²
Plocha jádra	A _{yád}	43929,100	mm ²	27582,200	mm ²
Plastická smyková plocha	A _{pl,y}	3784,000	mm ²	2361,200	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I _y	41600000,000	mm ⁴	16300000,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	83,700	mm	66,300	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	118,400	mm	93,800	mm
Objem	V	5940000,000	mm ³ /m	3710000,000	mm ³ /m
Hmotnost průřezu	G	46,600	kg/m	29,100	kg/m
Plocha pláště	A _{plášť}	0,768	m ² /m	0,609	m ² /m
Součinitel profilu	A _m /V	129,293	1/m	164,151	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I _t	83210000,000	mm ⁴	32600000,000	mm ⁴
Průřezový modul v kroucení	W _t	681000,000	mm ³	337000,000	mm ³
Elastický průřezový modul	W _y	340000,000	mm ³	168000,000	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	111834,000	mm ³	55347,400	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	448000,000	mm ³	221000,000	mm ³



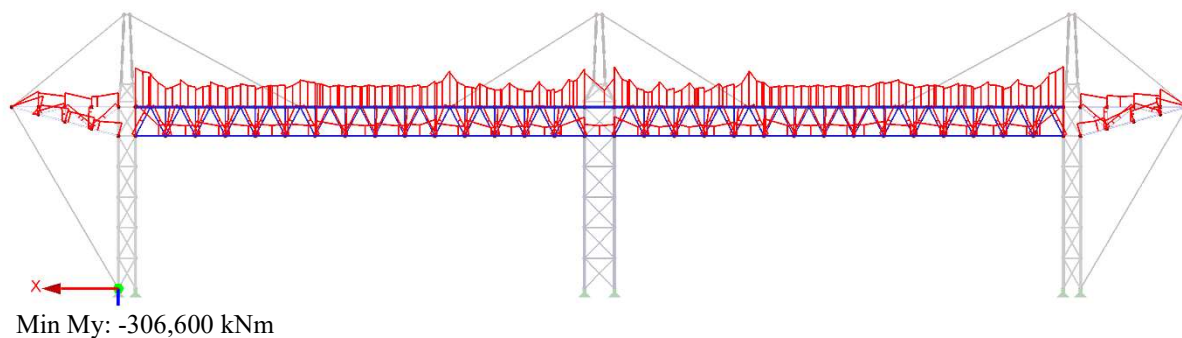
Obr. 64: Diagonály krajní – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci



Obr. 65: Diagonály střední – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci

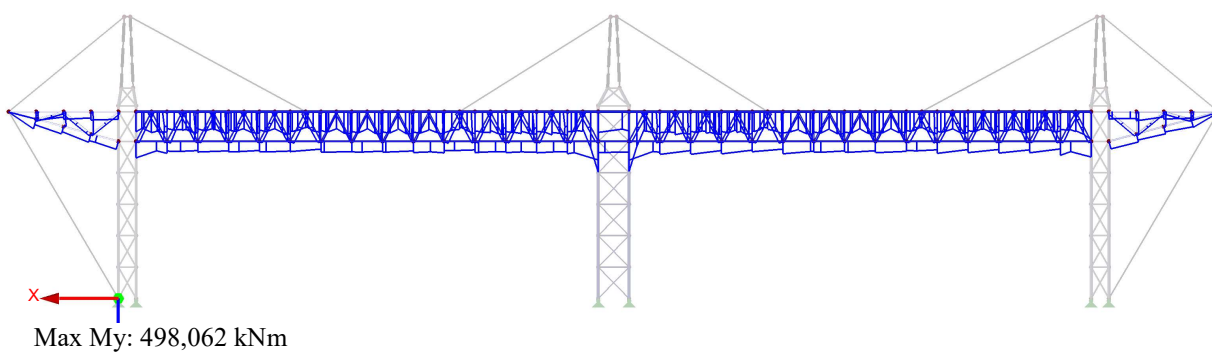
2.4.7 Výsledné vnitřní síly – obálka ohybového momentu $M_{y,Ed}$ [kNm]

Maximální záporné hodnoty



Obr. 66: MSÚ – maximální záporné hodnoty ohybového momentu M_y

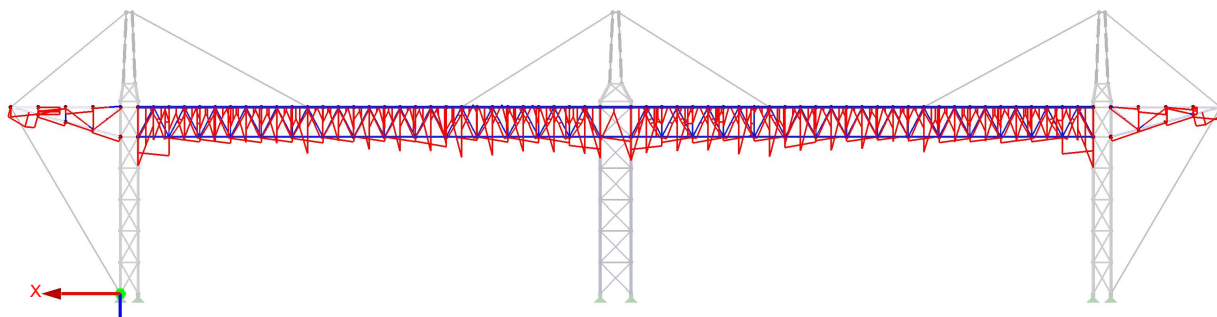
Maximální kladné hodnoty



Obr. 67: MSÚ – maximální kladné hodnoty ohybového momentu M_y

2.4.8 Výsledné vnitřní síly – obálka posouvajících síl $V_{z,Ed}$ [kN]

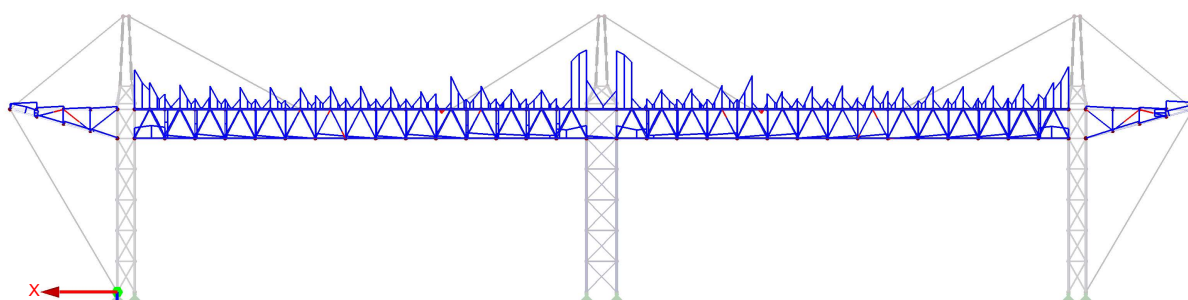
Maximální záporné hodnoty



Min V_z : -92,637 kN

Obr. 68: MSÚ – maximální záporné hodnoty posouvající síly V_z

Maximální kladné hodnoty

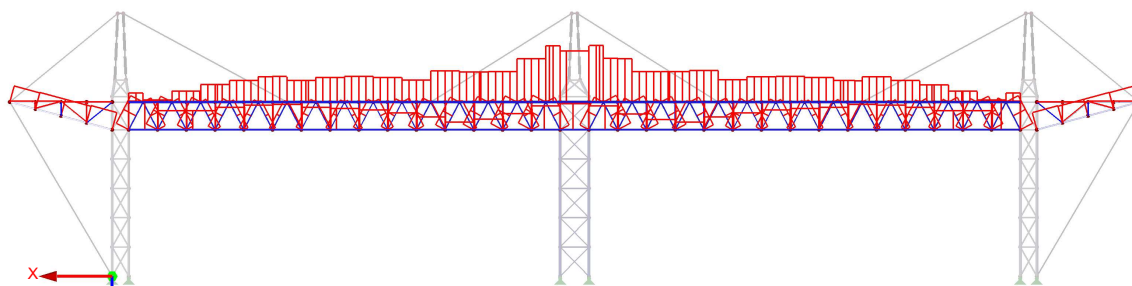


Max V_z : 168,251 kN

Obr. 69: MSÚ – maximální kladné hodnoty posouvající síly V_z

2.4.9 Výsledné vnitřní síly – obálka normálových sil N_{Ed} [kN]

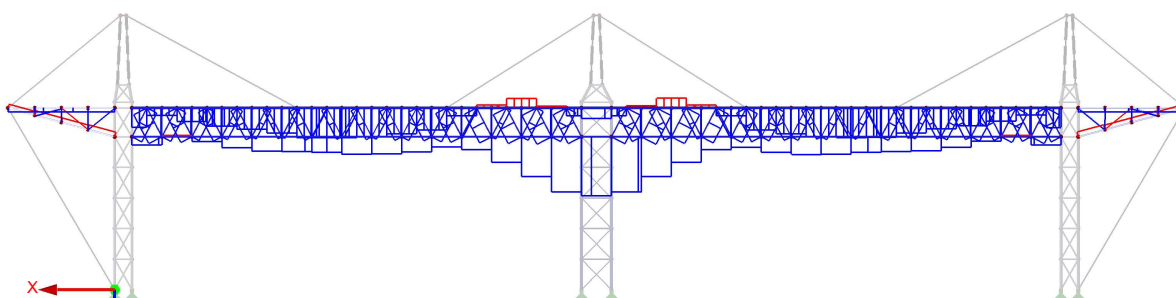
Maximální záporné hodnoty



Min N: -4394,466 kN

Obr. 70: MSÚ – maximální záporné hodnoty normálové síly N

Maximální kladné hodnoty



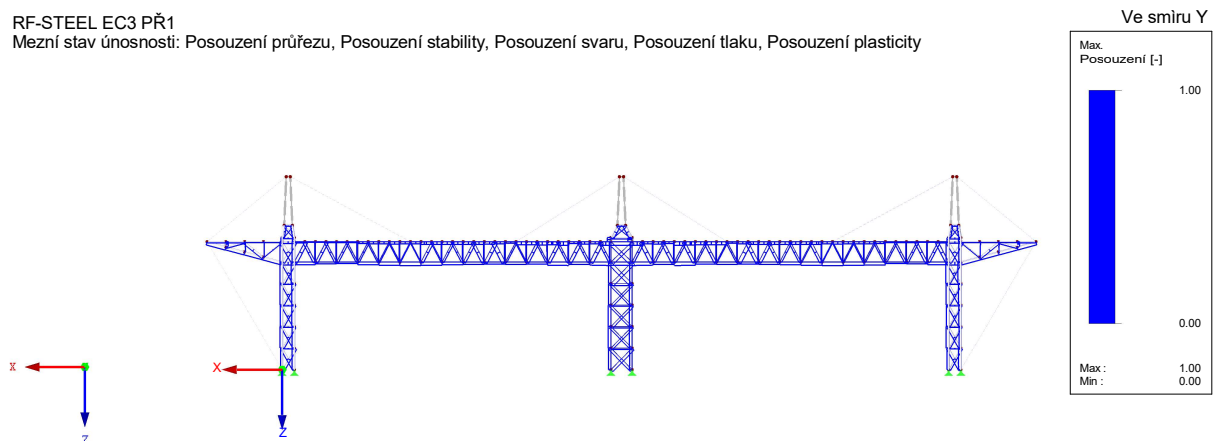
Max N: 3988,673 kN

Obr. 71: MSÚ – maximální kladné hodnoty normálové síly N

2.4.10 Posouzení – alternativně pomocí Dlubal Rfem

RF-STEEL EC3 PŘ1

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku, Posouzení plasticity



Max Posouzení: 1.00

Nosník – horní pás:

Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěžování	Návrhové využití	Posouzení podle vzorce
3	RO 323.9x20.0 (za tepla) - Nosník - horní pás - kraj				
	194	0,000	KV1	0,21 ≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	276	2,600	KV1	0,61 ≤ 1	CS102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	276	2,600	KV1	0,80 ≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	157	0,000	KV1	0,89 ≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
16	RO 323.9x8.0 (za tepla) - Nosník - horní pás - mezilehlé				
	63	2,600	KV1	0,56 ≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	266	0,000	KV1	0,77 ≤ 1	CS102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	103	2,600	KV1	0,83 ≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	103	0,000	KV1	0,94 ≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
14	RO 323.9x6.3 (za tepla) - Nosník - horní pás - střed				
	66	2,600	KV1	0,71 ≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	229	0,800	KV1	0,68 ≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	236	0,000	KV1	0,75 ≤ 1	CS184) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9 - třída 3 - trubka
	239	2,600	KV1	0,71 ≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Vyhovuje

Nosník – dolní pás:

Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěžování	Návrhové využití		Posouzení podle vzorce
5	RO 355.6x12.5 (za tepla) - Nosník - dolní pás - kraj					
	156	0,000	KV1	0,80	≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	115	5,200	KV1	0,88	≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	198	0,000	KV1	0,70	≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
17	RO 323.9x6.3 (za tepla) - Nosník - dolní pás - mezilehlé					
	105	0,000	KV1	0,80	≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	268	5,200	KV1	0,89	≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	228	5,200	KV1	0,78	≤ 1	CS184) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9 - třída 3 - trubka
	228	5,200	KV1	0,88	≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
15	RO 323.9x6.3 (za tepla) - Nosník - dolní pás - střed					
	233	5,200	KV1	0,26	≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	233	5,200	KV1	0,61	≤ 1	CS102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	70	0,000	KV1	0,76	≤ 1	CS184) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9 - třída 3 - trubka
	233	5,200	KV1	0,84	≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Vyhovuje

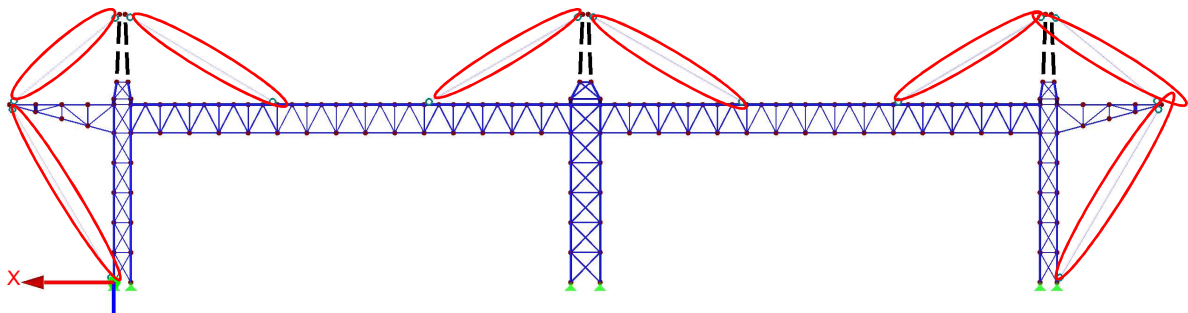
Nosník – diagonály:

Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěžování	Návrhové využití		Posouzení podle vzorce
10	RO 244.5x8.0 (za tepla) - Nosník - krajní diagonály					
	114	0,000	KV1	0,51	≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	275	0,000	KV1	0,52	≤ 1	CS102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	114	0,000	KV1	0,51	≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	112	0,000	KV1	0,85	≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
1	RO 193.7x6.3 (za tepla) - Nosník - diagonály střed					
	247	0,000	KV1	0,43	≤ 1	CS101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	84	5,636	KV1	0,48	≤ 1	CS102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	84	0,000	KV1	0,38	≤ 1	CS181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1
	84	5,636	KV1	0,93	≤ 1	ST364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Vyhovuje

2.5 Nosná konstrukce – lanové závěsy (táhla)

2.5.1 Schéma konstrukce

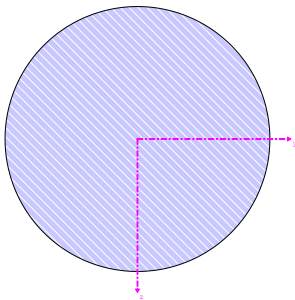


Obr. 72: Táhla – průřezové charakteristiky, umístění prutu v konstrukci

Modul pružnosti $E = 160 \text{ GPa}$

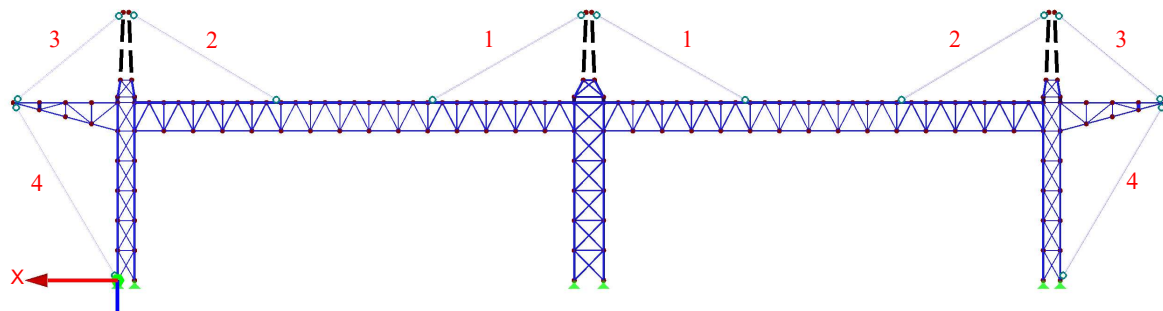
2.5.2 Průřezové charakteristiky

Táhla: RD 55 (CS)

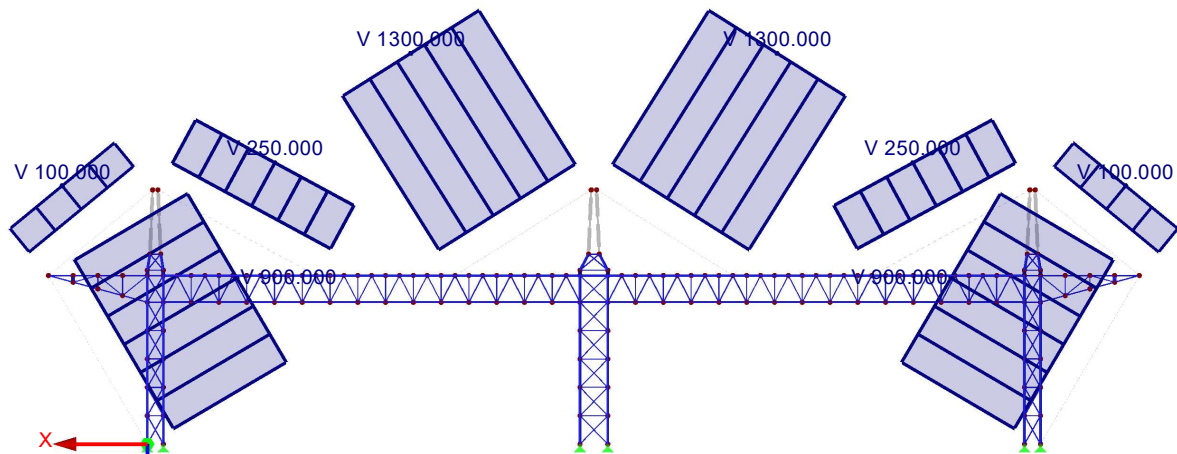


Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Průměr	D	55,000	mm
Plocha průřezu	A	2380,000	mm ²
Smyková plocha	A _y	1999,200	mm ²
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I _y	449180,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	13,700	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i _p	19,400	mm
Objem	V	2380000,000	mm ³ /m
Hmotnost průřezu	G	19,000	kg/m
Plocha pláště	A _{plášť}	0,173	m ² /m
Součinitel profilu	A _m /V	72,600	1/m
Moment tuhosti v kroucení	I _t	898361,000	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W _y	16333,800	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	27729,200	mm ³
Vzpěrná křivka (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN}		c
Vzpěrná křivka pro ocel s $f_y \geq 460 \text{ N/mm}^2$ (DIN 18800-2:2008-11)	VK _{y,DIN,S460}		c
Vzpěrná křivka podle EN	VK _{y,EN}		c
Vzpěrná křivka podle EN pro ocel S 460	VK _{y,EN,S460}		c
Statický moment	S _{y,max}	13864,600	mm ³

2.5.3 Postup předpínání – napínací osové síly



Obr. 73: Schéma očíslování jednotlivých táhel



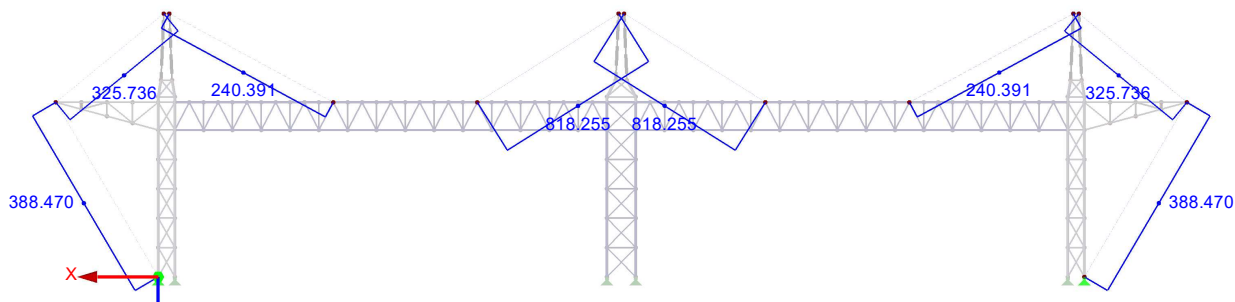
Obr. 74: Stanovené předpínací síly

Lana č.1 - předpínací síla 1300,0 kN.

Lana č.2 - předpínací síla 250,0 kN.

Lana č.3 - předpínací síla 100,0 kN.

Lana č.4 - předpínací síla 900,0 kN.



Obr. 75: Vnitřní síly v táhlech od předpětí.

Lana č.1 budou předeprnuta na osovou tahovou sílu 818,26 kN.

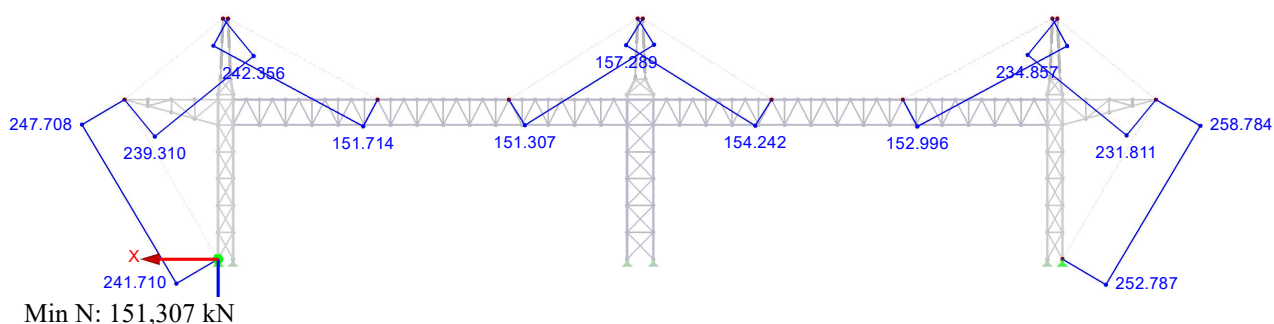
Lana č.2 budou předeprnuta na osovou tahovou sílu 240,39 kN.

Lana č.3 budou předeprnuta na osovou tahovou sílu 325,74 kN.

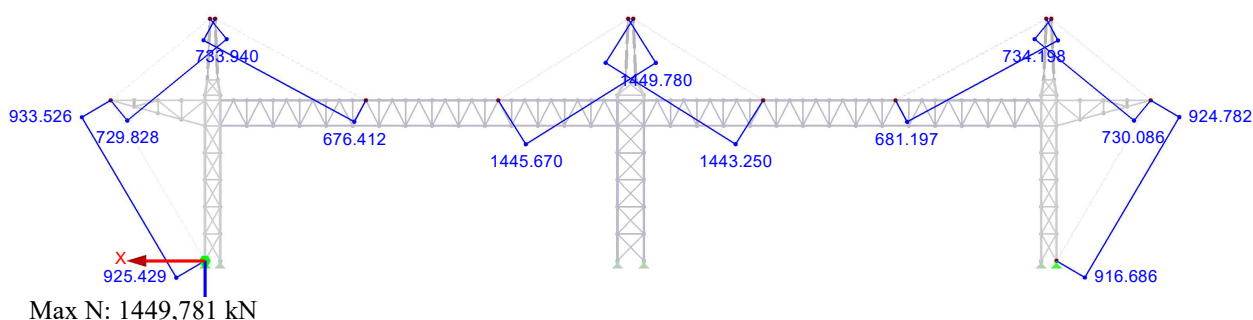
Lana č.4 budou předeprnuta na osovou tahovou sílu 388,47 kN

Jednotlivé lana budou v první fázi předeprnuta na 70% předeprnané předeprnací síly. Následně budou lana ve druhé fázi symetricky dopínána na konečnou hodnotu předeprnací pro dosažení požadované osové tahové síly s odchylkou $\pm 10\%$.

2.5.4 Výsledné vnitřní síly – obálka normálových sil N_{Ed} [kN]



Obr. 76: MSÚ - minimální hodnoty normálové síly v táhlech N



Obr. 77: MSÚ - maximální hodnoty normálové síly v táhlech N

2.5.5 Posouzení – plně uzavřené lano PV Pfeifer

Größe size	Charakt. Bruchkraft charact. breaking load	Grenzzugkraft limit tension	Metall. Querschnitt metallic cross section	Gewicht* weight*	Konstruktion construction	Seil-Neandurchmesser nomin. strand dia.
	$Z_{B,k}$ DIN 18800* kN	$Z_{R,d}$ DIN 18800 kN	ca. / approx. mm	ca. / approx. kg	**	d_s mm
PV 40	405	245	281	2,4	WS-1	21
PV 60	621	376	430	3,6	WS-1	26
PV 90	916	555	634	5,3	WS-2	31
PV 115	1170	709	808	6,8	WS-2	35
PV 150	1520	921	1060	8,9	WS-2	40
PV 195	1930	1170	1340	11,2	WS-2	45
PV 240	2380	1442	1650	13,8	WS-2	50
PV 300	3020	1830	2090	17,2	WS-3	55
PV 360	3590	2176	2490	20,5	WS-3	60
PV 420	4220	2558	2920	24,1	WS-3	65
PV 490	4890	2964	3390	27,9	WS-3	70
PV 560	5620	3406	3890	32,1	WS-3	75
PV 640	6390	3873	4420	36,4	WS-3	80
PV 720	7210	4370	4990	41,1	WS-3	85
PV 810	8090	4903	5600	46,2	WS-3	90
PV 910	9110	5521	6310	52,0	WS-3	95
PV 1010	10100	6121	6990	57,6	WS-3	100
PV 1110	11100	6727	7710	63,5	WS-3	105
PV 1220	12200	7394	8460	69,7	WS-3	110
PV 1340	13400	8121	9240	76,2	WS-3	115
PV 1450	14500	8788	10100	83,2	WS-3	120
PV 1580	15800	9576	10900	89,8	WS-3	125
PV 1730	17300	10485	11900	96,7	WS-3	130
PV 1860	18600	11273	12900	104,8	WS-3	135
PV 2000	20000	12121	13900	112,9	WS-3	140

Obr. 78: Tabulka plně uzavřených lan typu PV od firmy Pfeifer

Pro konstrukci bylo zvoleno lano PV 300, $\varnothing = 55\text{mm}$

$$E = 160\,000\text{ MPa}$$

$$Z_{B,k} = 3020\text{ kN} \quad (\text{charakteristická únosnost})$$

$$Z_{R,d} = 1830\text{ kN} \quad (\text{návrhová únosnost})$$

$$N_{Ed,max} = 1449,78\text{ kN} \quad (\text{maximální normálová síla})$$

$$N_{Ed,min} = 151,31\text{ kN} \quad (\text{minimální normálová síla})$$

Technical Data

Material:
unalloyed quality steel

Modulus of Elasticity:
 $160 \pm 10\text{ kN/mm}^2$

Tolerance d_s :
+ 3%

Corrosion Protection:
inner layers: Hot dip galvanised
with inner filling
outer layers: GALFAN coated
without inner filling

$$N_{Ed,max} = 1449,78\text{ kN} \leq Z_{R,d} = 1830,00\text{ kN}$$

Vyhovuje

$$N_{Ed,min} = 151,31\text{ kN} \geq 0\text{ kN}$$

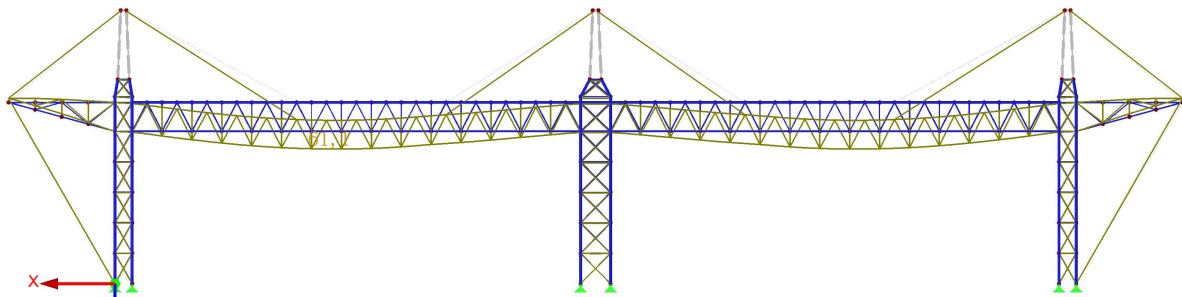
Vyhovuje

Lana vyhovují na všechny kombinace s minimální tahovou rezervou 151,31 kN.

3 Návrh a posouzení hlavních nosných prvků – MSP

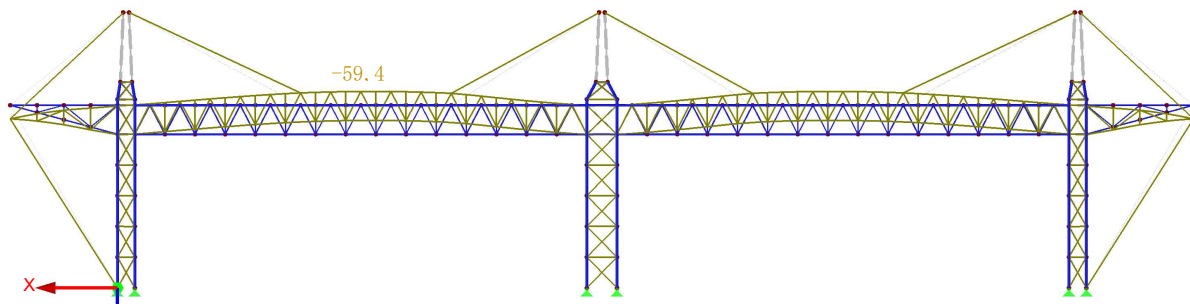
3.1 Průhyb od vybraných ZS

3.1.1 Průhyb od zatížení vlastní tíhou konstrukce



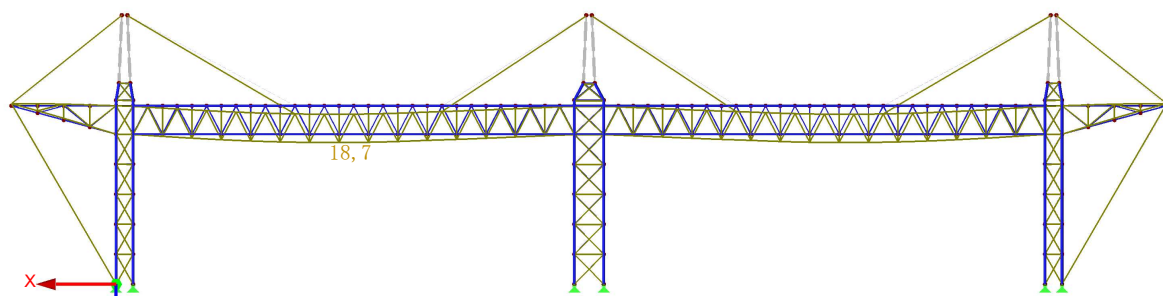
Obr. 79: MSP – Průhyb od zatížení vlastní tíhou $w_0=62,2$ mm

3.1.2 Předpětí



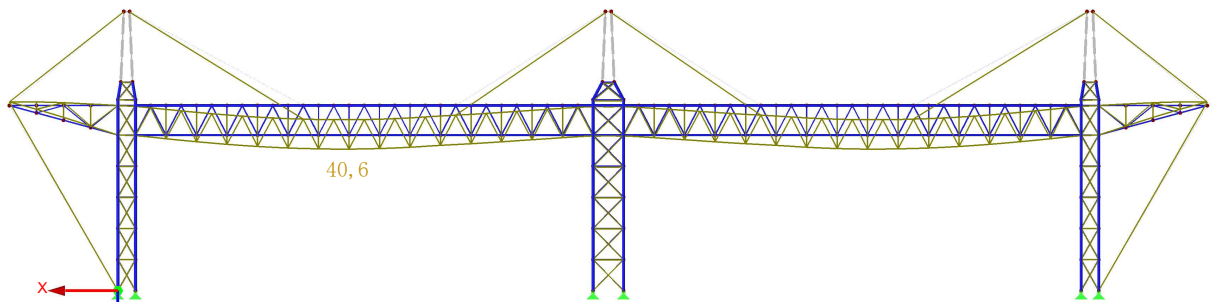
Obr. 80: MSP – Průhyb od předpětí $w_p=59,4$ mm

3.1.3 Průhyb od zatížení sněhem



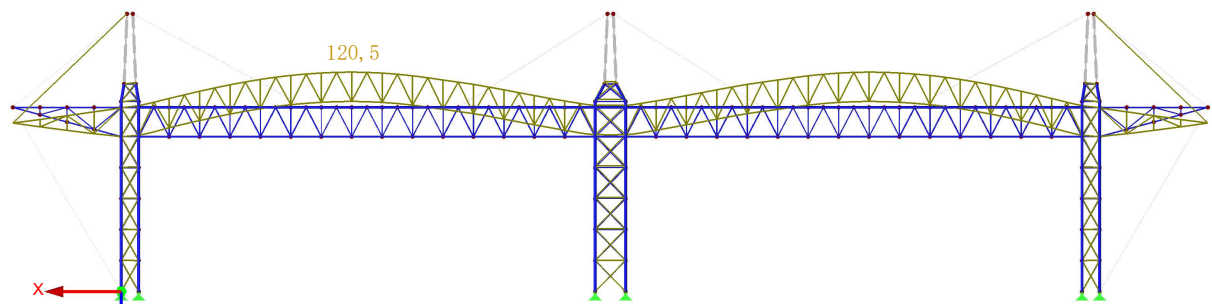
Obr. 81: MSP – Průhyb od zatížení sněhem $w_s=18,7$ mm

3.1.4 Průhyb od zatížení větrem – tlak



Obr. 82: MSP – Průhyb od tlakem větru $w_{w,c}=40,6$ mm

3.1.5 Průhyb od zatížení větrem – sání

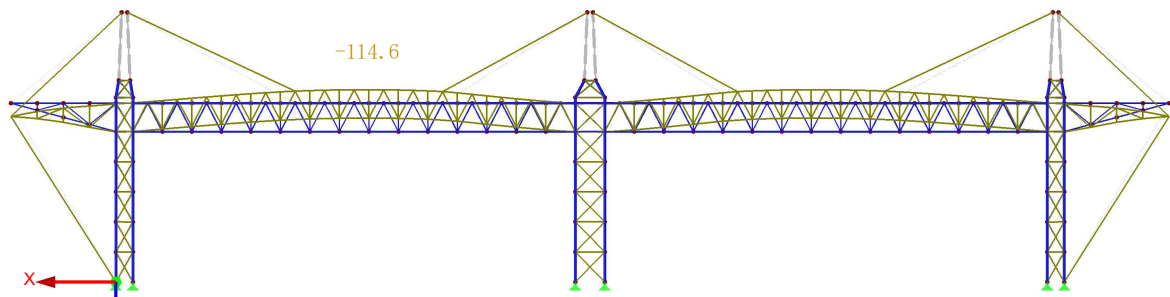


Obr. 83: MSP – Průhyb od sání větru $w_{w,s}=120,5$ mm

3.2 Posouzení průhybu

Průhyby byly stanoveny pomocí softwaru Dlubal Rfem pro kombinace MSP, maximální průhyby (kladné i záporné) jsou zobrazeny na Obr. 84 a Obr. 85 níže.

3.2.1 Maximální záporný průhyb



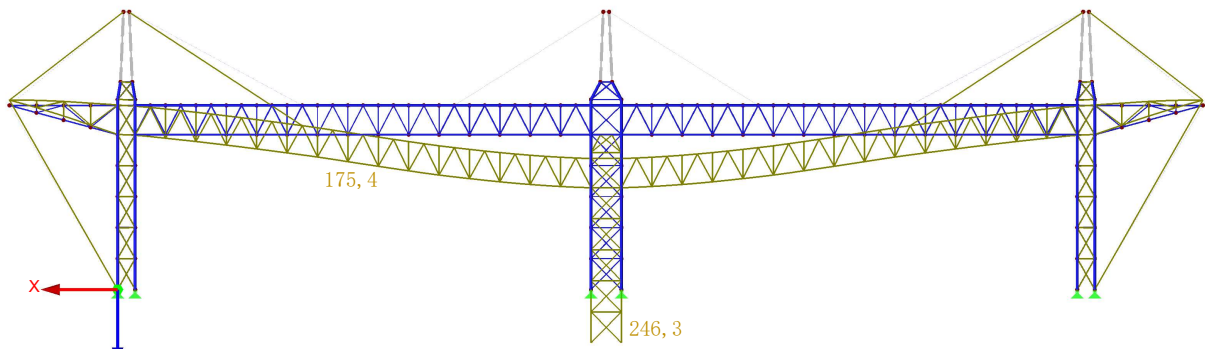
Obr. 84: MSP - Maximální záporný průhyb $w_{min}=114,6$ mm

$$\delta = 120,5 + 59,4 - 62,2 = 117,7 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 78\ 000 / 250 = 312,0 \text{ mm}$$

$$\delta = 117,7 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 312,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje

3.2.2 Maximální kladný průhyb



Obr. 85: MSP - Maximální kladný průhyb $w_{max}=175,4$ mm

$$\delta = 40,6 + 18,7 - 59,4 + 62,2 + 246,3/2 = 185,3 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 78\,000 / 250 = 312,0 \text{ mm}$$

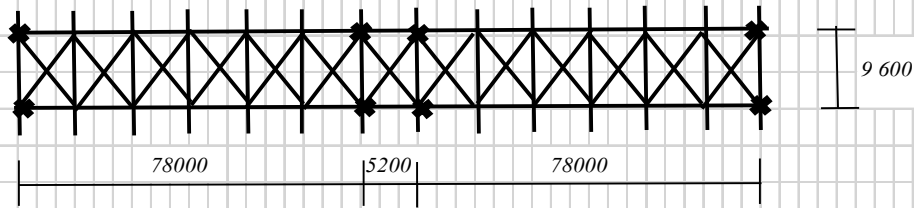
$$\delta = 185,3 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 312,0 \text{ mm}$$

Vyhovuje
(i včetně poklesu podpory)

4 Posouzení ztužení

4.1 Posouzení vodorovného ztužení

Schéma ztužení



čelní tlak větru $w_p = 1,05 \text{ kN/m}^2$ (vítr směr 90° - zavřená vrata, zóna D)

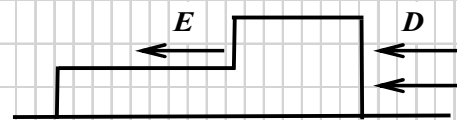
sání větru na zadní straně $w_s = 0,47 \text{ kN/m}^2$ (vítr směr 90° - zavřená vrata, zóna E)

výška hlavního nosníku $h_{hl.n} = 5\,000 \text{ mm}$

výška hangárových vrat $h_{vrat} = 26\,500 \text{ mm}$

výška střešní konstrukce $h_{str} = 500 \text{ mm}$

výška zadní stěny $h_z = 6\,000 \text{ mm}$

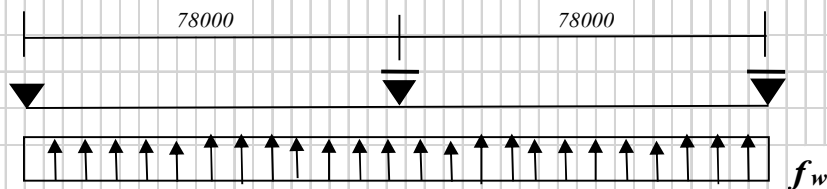


zatěžující šířka v čele $\check{s}_{w,p} = h_{str} + h_{hl.n} + h_{vrat}/2 = 500 + 5\,000 + 26\,500 / 2 = 18\,750 \text{ mm}$

zatěžující šířka v zadní části $\check{s}_{w,s} = h_z/2 = 6\,000 / 2 = 3\,000 \text{ mm}$

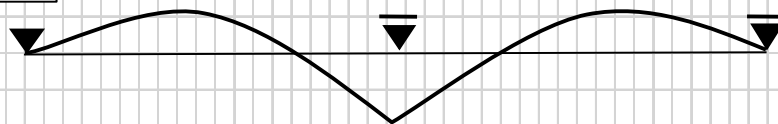
liniové zatížení od větru $f_w = w_p \cdot \check{s}_{w,p} + w_s \cdot \check{s}_{w,s} = 21,08 \text{ kN/m}$

Statické schéma



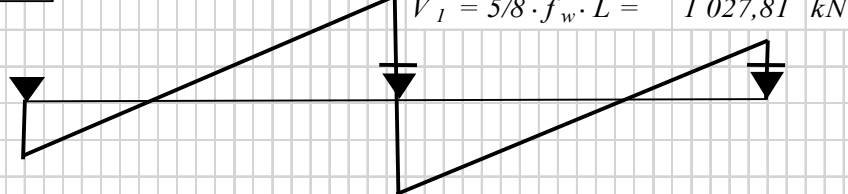
Vnitřní síly

M



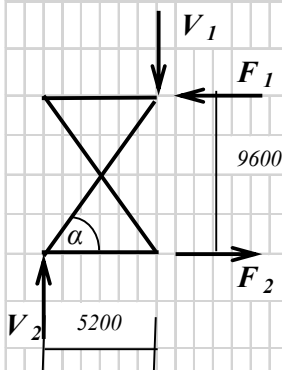
$$M_{max} = 1/8 \cdot f_w \cdot L^2 = 16\,033,88 \text{ kNm}$$

V



$$V_2 = 5/8 \cdot f_w \cdot L = 1\,027,81 \text{ kN}$$

Návrh a posouzení diagonály



Úhel odklonu diagonál

$$\alpha = 61,6^\circ$$

Přibližné osově síly (po zanedbání osových deformací)

osová síla v pásu (ve vaznicích zavětrování)

$$F_1 = F_2 = M/b = 16\,033,88 / 9,60 = 1670,20 \text{ kN}$$

$$N_1 = F_1 = F_2 = 1670,20 \text{ kN}$$

osová síla v diagonále

$$V_1 = V_2 = 1\,027,81 \text{ kN}$$

$$N_2 = V_1 / (2 \cdot \sin \alpha) = 1027,81 / (2 \cdot \sin 61,6^\circ) = 584,45 \text{ kN}$$

Vaznice: návrh HEB 200

Materiálové charakteristiky:

ocel S: 355

modul pružnosti $E = 210\,000 \text{ MPa}$

součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M1} = 1,0$

Zatřídění průřezu - ohyb:

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

stojina

$$c_w = 134,0 \text{ mm}$$

$$c_w/t_w = 14,89 \leq 58,58 \cdot \varepsilon = 47,66$$

$$t_w = 9,0 \text{ mm}$$

=> třída 1

pásnice

$$c_f = 77,5 \text{ mm}$$

$$c_f/t_f = 5,17 \leq 7,32 \cdot \varepsilon = 5,96$$

$$t_f = 15,0 \text{ mm}$$

=> třída 1

výsledné zatřídění => třída 1

Pozn.: Vaznice bude posouzena plasticky na pružné vnitřní síly, tj. posouzení jako tř.2 .

Průřezové charakteristiky:

$$I_y = 57\,000\,000 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 85,44 \text{ mm}$$

$$I_z = 20\,030\,000 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 50,65 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} = 642\,500 \text{ mm}^3$$

$$L = 5\,200 \text{ mm}$$

$$W_{pl,z} = 200\,300 \text{ mm}^3$$

$$A = 7\,808 \text{ mm}^2$$

Výsledné vnitřní síly

$$N_{Ed} = 1\,670,20 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 31,87 \text{ kNm} \quad (\text{viz Střešní plášť - vaznice})$$

Stanovení momentu únosnosti na klopení $M_{b,Rd}$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y / \gamma_{MI} = 0,822 \cdot 642\,500 \cdot 355 / 1,0 \cdot 10^{-6} = 187,40 \text{ kNm}$$

součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1 / (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}) = 0,822$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,802$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{(W_y \cdot f_y / M_{cr})} = 0,792$$

doporučené hodnoty parametrů pro válcované průřezy dle NP15

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$$

$$\beta = 0,75$$

součinitel imperfekce při klopení

$$\alpha_{LT} = 0,34 \quad (\text{křivka b})$$

pružný kritický moment při klopení

$$M_{cr} = 363,80 \text{ kNm} \quad (\text{stanoven pomocí softwaru LTbeam})$$

Stanovení vzpěrné únosnosti $N_{b,Rd}$

$$\chi = 1,0 \quad (\text{horní pásnice kontinuálně podepřena})$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{MI} = 1,0 \cdot 7\,808 \cdot 355 / 1,0 \cdot 10^{-3} = 2\,771,84 \text{ kNm}$$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{1\,670,20}{2\,771,84} + \frac{31,87}{187,40} \leq 1,0$$

$$0,773 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Diagonála: návrh TR 178 / 6,3

Materiálové charakteristiky:

ocel S: 355

modul pružnosti $E = 210\,000$ MPa

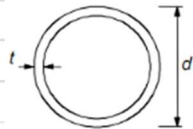
součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{MI} = 1,0$

Zatřídění průřezu:

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

$$d = 178,0 \text{ mm}$$

$$t = 6,3 \text{ mm}$$



$$d/t = 28,3 \leq 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,10$$

=> třída 1

Vnitřní síly:

$$N_{Ed} = 584,45 \text{ kN (tlak)}$$

Průřezové charakteristiky:

$$I_y = 12\,539\,945 \text{ mm}^4$$

$$N_{cr,y} = 872\,164,47 \text{ kN}$$

$$I_z = 12\,539\,945 \text{ mm}^4$$

$$N_{cr,z} = 872\,164,47 \text{ kN}$$

$$A = 3\,398 \text{ mm}^2$$

$$\bar{\lambda}_y = 1,176$$

$$L = 5\,459 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,176$$

$$\beta_y = 1,00$$

$$\alpha = 0,21 \text{ (křivka a)}$$

$$\beta_z = 1,00$$

$$\Phi_y = 1,294$$

$$L_{cr,y} = 5\,459 \text{ mm}$$

$$\Phi_z = 1,294$$

$$L_{cr,z} = 5\,459 \text{ mm}$$

$$\chi_y = 0,545$$

$$i_y = 60,75 \text{ mm}$$

$$\chi_z = 0,545$$

$$i_z = 60,75 \text{ mm}$$

$$N_{Rk} = 1\,206,39 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot N_{Rk} / \gamma_{MI} = 657,80 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

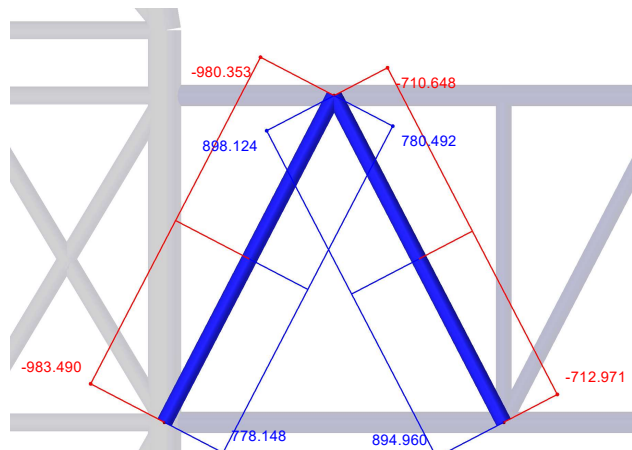
$$\frac{584,45}{657,80} \leq 1,0$$

$$0,889 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

5 Posouzení detailů

5.1 Porušení povrchu pásu (CHS)

5.1.1 Horní pás – styčník typu K bez svislice



Min N: -980,35 kN; Max N: 898,12 kN

Obr. 86: Obálka normálové síly N – styčník bez svislice

Porušení povrchu pásu (prolomení) - styčník K

Porušení povrchu pásu – styčníky K a N s mezerou nebo překrytím	
	$N_{1,Rd} = \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{M5}$ $N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} N_{1,Rd}$
Porušení prolomením smykem – s mezerou styčníky K, N a KT a všechny styčníky T, Y a X [i = 1, 2 nebo 3]	
Když $d_i \leq d_0 - 2t_0$: $N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \pi d_i \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \sin^2 \theta_i} / \gamma_{M5}$	
Součinitele k_g a k_p	
$k_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5g/t_0 - 1,33)} \right)$ <p style="text-align: right;">(viz obrázek 7.6)</p>	
Pro $n_p > 0$ (tlak): $k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$ ale $k_p \leq 1,0$ Pro $n_p \leq 0$ (tah): $k_p = 1,0$	

Dimenze dílčích trubek:

Horní pás

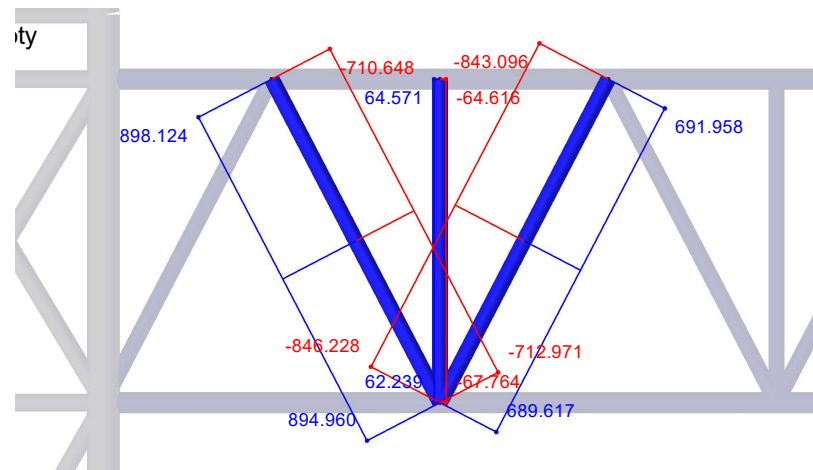
průměr $d_0 = 324 \text{ mm}$

tloušťka $t_0 = 20,0 \text{ mm}$

Diagonála - N_1		Diagonála - N_1	
průměr $d_1 = 245$ mm		tlak: $N_{Ed} = 980,35$ kN	
tloušťka $t_1 = 8,0$ mm		tah: $N_{Ed} = 780,49$ kN	
Diagonála - N_2		Diagonála - N_2	
průměr $d_2 = 245$ mm		tlak: $N_{Ed} = 712,97$ kN	
tloušťka $t_2 = 8,0$ mm		tah: $N_{Ed} = 898,12$ kN	
Geometrie styčnicku			
Úhel odklonu diagonály N_1	$\theta_1 = 65,77^\circ$		
Úhel odklonu diagonály N_2	$\theta_2 = 65,77^\circ$		
Volný prostor mezi trubkami	$g = 20,0$ mm		
Materiálové parametry			
Ocel S355	$f_{y0} = 355$ MPa		
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M5} = 1,0$		

Návrhová únosnost $N_{1,Rd}$			
Diagonála N_1			
$d_1 \leq d_0 - 2t$	Podmínka splněna		
$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1}}{\gamma_{M5}} = \frac{355}{1,73} \cdot 20,0 \cdot 245 \cdot \frac{1 + \sin 65,77}{2 \cdot \sin^2 65,77} = 1\,154,5 \text{ kN}$			
$N_{1,Rd} = 1\,154,5$ kN			
Návrhová únosnost $N_{2,Rd}$			
Diagonála N_2			
$d_2 \leq d_0 - 2t$	Podmínka splněna		
$N_{2,Rd} = \frac{\frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin \theta_2}{2 \cdot \sin^2 \theta_2}}{\gamma_{M5}} = 1\,154,5 \text{ kN}$			
$N_{2,Rd} = 1\,154,5$ kN			
Posouzení			
$N_{1,Ed} = 980,4$ kN	\leq	$N_{1,Rd} = 1\,154,5$ kN	Vyhovuje
$N_{2,Ed} = 898,1$ kN	\leq	$N_{2,Rd} = 1\,154,5$ kN	Vyhovuje

5.1.2 Dolní pás – styčnický typ K se svislicí



Min N: -846,23 kN; Max N: 898,12 kN

Obr. 87: Obálka normálové síly N – styčnický se svislicí

Porušení povrchu pásu (prolomení) - styčnický K + svislice	
<p>Prut 1 je vždy tlačen a prut 2 vždy tažen.</p>	$N_{1,Ed} \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ $N_{2,Ed} \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ <p>kde $N_{1,Rd}$ je hodnota $N_{1,Rd}$ pro styčnický K z tabulky 7.2, kde se ale $\frac{d_1}{d_0}$ nahradí $\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3d_0}$</p>
Dimenze dílčích trubek:	
Dolní pás	
průměr $d_0 = 324$ mm	
tloušťka $t_0 = 12,5$ mm	
Diagonála - N_1	Diagonála - N_1
průměr $d_1 = 245$ mm	tlak: $N_{Ed} = 712,97$ kN
tloušťka $t_1 = 8,0$ mm	tah: $N_{Ed} = 898,12$ kN
Diagonála - N_2	Diagonála - N_2
průměr $d_2 = 245$ mm	tlak: $N_{Ed} = 846,23$ kN
tloušťka $t_2 = 8,0$ mm	tah: $N_{Ed} = 691,96$ kN
Svislice - N_3	Svislice - N_3
průměr $d_3 = 245$ mm	tlak: $N_{Ed} = 67,76$ kN
tloušťka $t_3 = 8,0$ mm	tah: $N_{Ed} = 64,57$ kN

Geometrie styčnicku

Úhel odklonu diagonály N_1	$\theta_1 = 65,77^\circ$
Úhel odklonu diagonály N_2	$\theta_2 = 65,77^\circ$
Úhel odklonu svislice	$\theta_3 = 90,00^\circ$
Volný prostor mezi trubkami	$g = 20,0 \text{ mm}$

Materiálové parametry

Ocel S355	$f_{y0} = 355 \text{ MPa}$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M5} = 1,0$

Poměrové parametry

poměr $d_0/2t_0$	$\gamma = 13,0$
poměr $(\sigma_{p,Ed} / f_{y0}) / \gamma_{M5}$	$n_p = 1,0$

Návrhová únosnost $N_{1,Rd}$

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_0} \right) = 1\,343,9 \text{ kN} \quad (= N_{2,Rd})$$

$$k_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{1 + \exp(0,5g/t_0 - 1,33)} \right) = 2,215$$

$$k_p = 0,4$$

Posouzení - prut N_1 tlačěný, N_2 tažený

$$1) N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$712,97 \cdot \sin 65,77 + 67,76 \cdot \sin 90,00 \leq 1\,343,89 \cdot \sin 65,77$$

$$717,93 \text{ kN} \leq 1\,225,52 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$2) N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin \theta_1$$

$$691,96 \cdot \sin 65,77 \leq 1\,343,89 \cdot \sin 65,77$$

$$631,01 \text{ kN} \leq 1\,225,52 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení - prut N_1 tažený, N_2 tlačný

$$1) N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 \leq N_{2,Rd} \cdot \sin \theta_2$$

$$846,23 \cdot \sin 65,77 + 67,76 \cdot \sin 90,00 \leq 1\,343,89 \cdot \sin 65,77$$

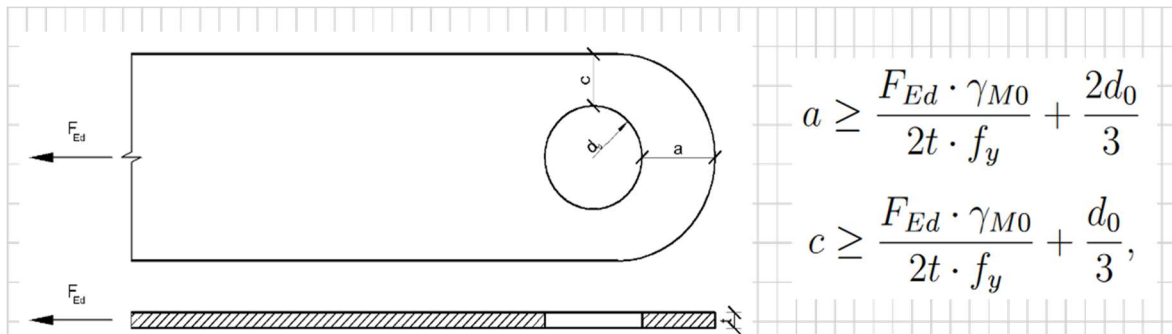
$$839,46 \text{ kN} \leq 1\,225,52 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

$$2) N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 \leq N_{2,Rd} \cdot \sin \theta_2$$

$$898,12 \cdot \sin 65,77 \leq 1\,343,89 \cdot \sin 65,77$$

$$819,01 \text{ kN} \leq 1\,225,52 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

5.2 Čepový přípoj táhla a horního pasu



$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3},$$

tloušťka plechu	$t = 50,0 \text{ mm}$
průměr otvoru	$d_0 = 91,0 \text{ mm}$
průměr čepu	$d = 88,0 \text{ mm}$
návrhová síla v čepu	$F_{Ed} = 1\,449,8 \text{ kN}$
síla v čepu při MSP	$F_{Ed,ser} = 436,0 \text{ kN}$

ocel S355	$f_y = 355 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E = 210 \text{ GPa}$
součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0} = 1,0$
součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$

Návrh rozměrů přípojného plechu

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3}$$

$$a \geq \frac{1\,449,8 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 50 \cdot 355} + \frac{2 \cdot 91}{3} = 101,5 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 71,2 \text{ mm}$$

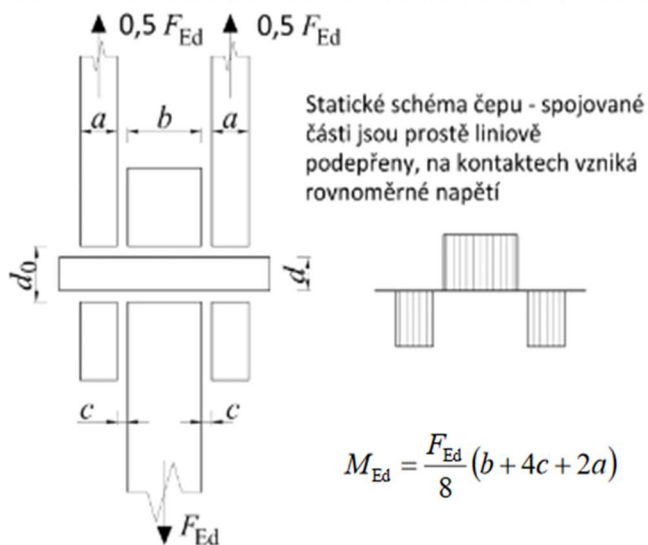
Posouzení napětí v kontaktu přípoje

$$\sigma_{h,Ed} = 0,591 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F_{Ed,ser} \cdot (d_0 - d)}{d^2 \cdot t}} = 497,8 \text{ MPa}$$

$$f_{h,Ed} = \frac{2,5 \cdot f_y}{\gamma_{M6,ser}} = 887,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,Ed} = 497,8 \text{ MPa} \leq f_{h,Ed} = 887,5 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení čepu na typy porušení



$$F_{Ed} = 1\,449,8 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,ser} = 436,0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 30,6 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,ser} = 9,2 \text{ kN}$$

$$a = 33,0 \text{ mm}$$

$$b = 85,0 \text{ mm}$$

$$c = 4,5 \text{ mm}$$

min. tl. připojovaného prvku
v oblasti přípoje je 85 mm

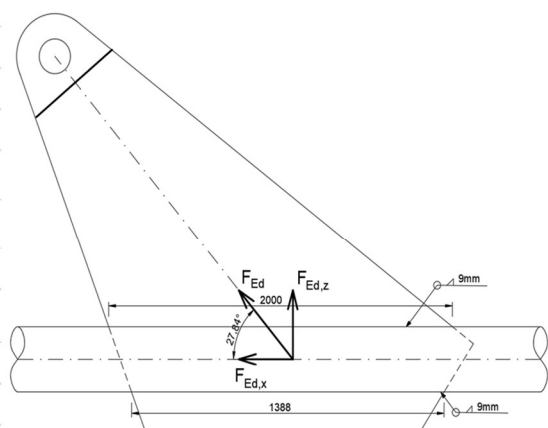
průměr čepu	$d = 88,0 \text{ mm}$
nižší z meze kluzu čepu a spojované části	$f_y = 355 \text{ MPa}$
mez pevnosti čepu	$f_{up} = 490 \text{ MPa}$
mez kluzu čepu	$f_{yp} = 355 \text{ MPa}$
tloušťka spojované části	$t = 50,0 \text{ mm}$
plocha průřezu čepu	$A = 6\,082 \text{ mm}^2$
průřezový modul čepu	$W_{el} = 66\,903 \text{ mm}^3$
součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M0} = 1,0$
součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M2} = 1,25$
součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M6,ser} = 1,0$

únosnost ve stříhu	$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 1\,430,5 \text{ kN}$
únosnost v otláčení	$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 2\,343,0 \text{ kN}$
	$F_{b,Rd,ser} = 0,6 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M6,ser} = 937,2 \text{ kN}$
únosnost čepu v ohybu	$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} = 35,63 \text{ kN}$
	$M_{Rd,ser} = 0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M6,ser} = 19,00 \text{ kN}$

Posouzení

$F_{v,Ed} = F_{Ed}/2 = 724,9 \text{ kN}$	$\leq F_{v,Rd} = 1\,430,5 \text{ kN}$	Vyhovuje
$F_{b,Ed} = 1\,449,8 \text{ kN}$	$\leq F_{b,Rd} = 2\,343,0 \text{ kN}$	Vyhovuje
$F_{b,Ed,ser} = 436,0 \text{ kN}$	$\leq F_{b,Rd,ser} = 937,2 \text{ kN}$	Vyhovuje
$M_{Ed} = 30,6 \text{ kN}$	$\leq M_{Rd} = 35,6 \text{ kN}$	Vyhovuje
$M_{Ed,ser} = 9,2 \text{ kN}$	$\leq M_{Rd,ser} = 19,0 \text{ kN}$	Vyhovuje

Návrh a posouzení svaru přípojného plechu zjednodušenou metodou



$$F_{Ed} = 1\,449,8 \text{ kN} \quad (\text{síla v táhle})$$

$$\alpha = 27,84^\circ \quad (\text{úhel odklonu})$$

$$a = 9 \text{ mm} \quad (\text{tloušťka svaru})$$

$$F_{Ed,x} = 1\,282,0 \text{ kN} \quad (\text{vodorovná složka } F_{Ed})$$

$$F_{Ed,z} = 677,1 \text{ kN} \quad (\text{svislá složka } F_{Ed})$$

$$\begin{aligned} \tau_{\parallel} &= F_{Ed,x} / \Sigma L_i \cdot a_i = \\ &= 1\,282,0 / (2 \cdot (2\,000 + 1\,388) \cdot 9) = \\ &= 21,0 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\perp} = F_{Ed,z} / \Sigma L_i \cdot a_i = 11,1 \text{ MPa}$$

$$f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 251,5 \text{ MPa} \quad (\text{návrhová smyková pevnost svaru})$$

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad (\text{mez pevnosti pro S355})$$

$$\beta_w = 0,9 \quad (\text{korelační součinitel pro S355})$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad (\text{materiálový součinitel})$$

Posouzení

$$\sqrt{(\tau_{\parallel})^2 + (\tau_{\perp})^2} = 23,8 \text{ MPa} \leq f_{vw,d} = 251,5 \text{ MPa} \quad \text{Vyhovuje}$$

Návrh a posouzení spodní části přípojného plechu P20

$$F_{Ed} = 1\,449,8 \text{ kN} \quad (\text{síla v táhle})$$

$$t = 20 \text{ mm} \quad (\text{tloušťka spodní části plechu})$$

$$l = 450 \text{ mm} \quad (\text{délka posuzovaného řezu})$$

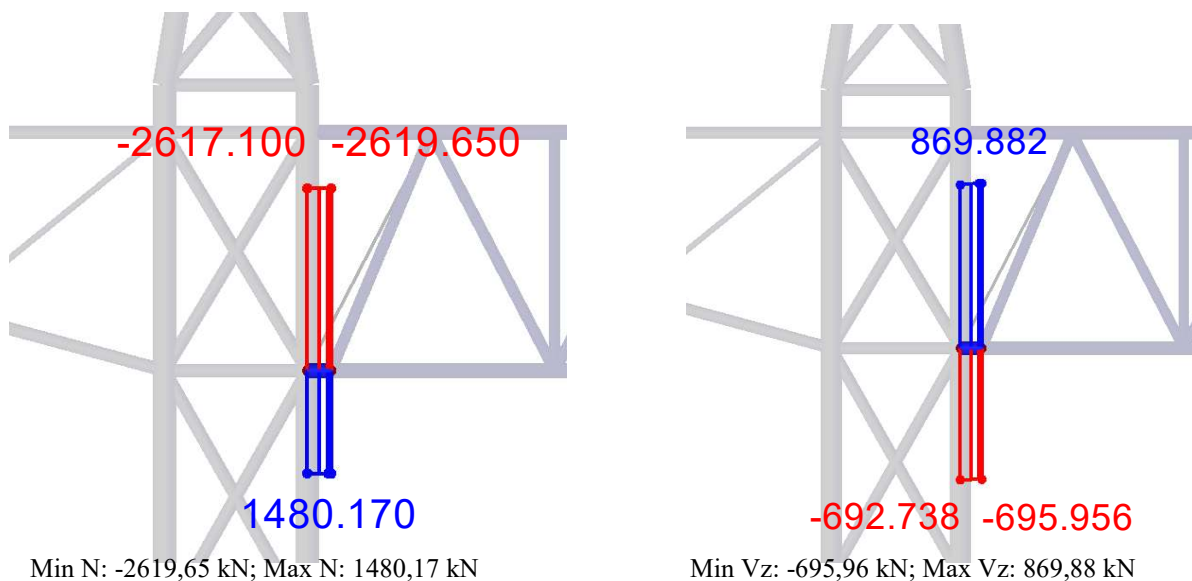
$$A = 9\,000 \text{ mm}^2 \quad (\text{plocha posuzovaného řezu})$$

Posouzení

$$\frac{F_{Ed}}{A} \leq f_y$$

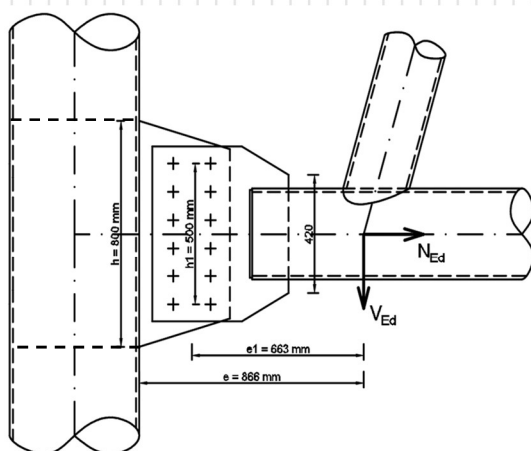
$$161,1 \leq 355,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.3 Přípoj hlavního nosníku k pylonu



Obr. 88: Obálka normálové síly N (vlevo) a posouvající síly V_z (vpravo)

Návrh a posouzení přípoje hlavního nosníku k pylonu



Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 2\,619,65 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 869,88 \text{ kN}$$

Parametry přípojného plechu

moment v místě připojení ke sloupu $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 753,32 \text{ kNm}$

rameno sil $e = 866 \text{ mm}$

výška v místě připojení ke sloupu $h = 800 \text{ mm}$

tloušťka plechu $t = 30 \text{ mm}$

průřezová plocha v místě připojení ke sloupu $A = 24\,000,0 \text{ mm}^2$

průřezový modul v místě připojení ke sloupu $W = 3\,200\,000,0 \text{ mm}^3$

Posouzení

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} \leq f_y$$

$$\frac{2\,619,65 \cdot 10^3}{24\,000,0} + \frac{753,32 \cdot 10^6}{3\,200\,000,0} \leq 355,0$$

$$344,6 \leq 355,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Parametry šroubového přípoje

moment k těžišti šroubového přípoje $M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e_1 = 576,73 \text{ kNm}$

rameno sil $e_1 = 663 \text{ mm}$

celkem 2 řady po 6 šroubech $n = 12 \text{ ks}$

vzdálenost krajních šroubů $h_1 = 500 \text{ mm}$

výsledná působící síla na 1 šroub $F_{Ed} = \sqrt{\left[\left(\frac{N_{Ed}}{n} + \frac{M_{Ed}}{h_1} \cdot \beta\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{n}\right)^2\right]}$

součinitel pro dvouřadé vstříčné uspořádání šroubů - převzato z TP 64

$$\beta = 1/2 \cdot \beta_n = 0,179$$

součinitel pro počet šroubů v řadě - převzato z TP 64

$$\beta_n = 0,357$$

výsledná působící síla na krajní šroub $F_{Ed} = 430,35 \text{ kN}$

Návrh šroubu M30 - 8.8, doporučené rozteče

únosnost ve stříhu (v závitu) $F_{v,Rd} = 215,40 \text{ kN}$ (převzato z Ocelové

únosnost v otláčení (pro $t=10\text{mm}$) $F_{b,Rd,10} = 231,80 \text{ kN}$ konstrukce, tabulky 2009)

přípojný plech $t = 30 \text{ mm}$ $F_{b,Rd,30} = 695,40 \text{ kN}$

vidlice $t = 2 \times 15 = 30\text{mm}$ $F_{b,Rd,30} = 695,40 \text{ kN}$

Posouzení

ve stříhu - dvojstřížný šroubový přípoj, $n = 2$

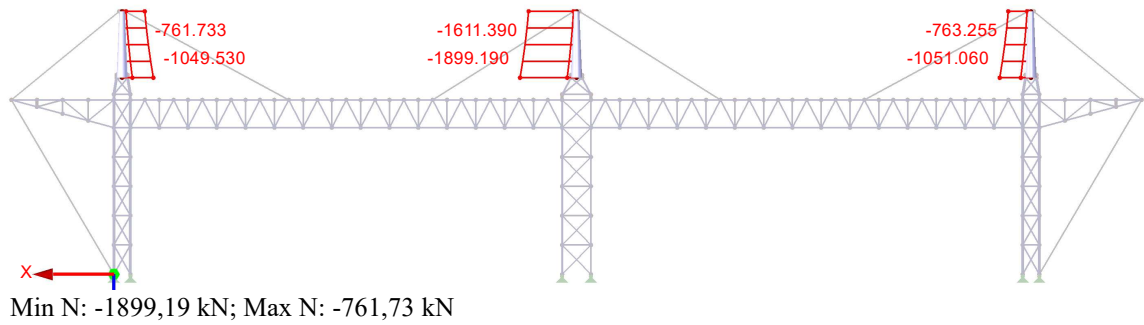
$$F_{Ed}/n = 215,2 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 215,4 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

v otláčení

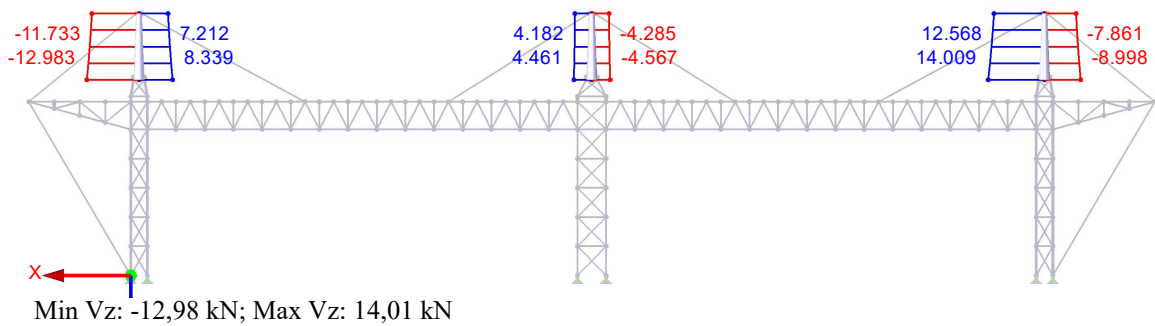
$$F_{Ed} = 430,3 \text{ kN} \leq F_{b,Rd,30} = 695,4 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

$$F_{Ed} = 430,3 \text{ kN} \leq F_{b,Rd,30} = 695,4 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

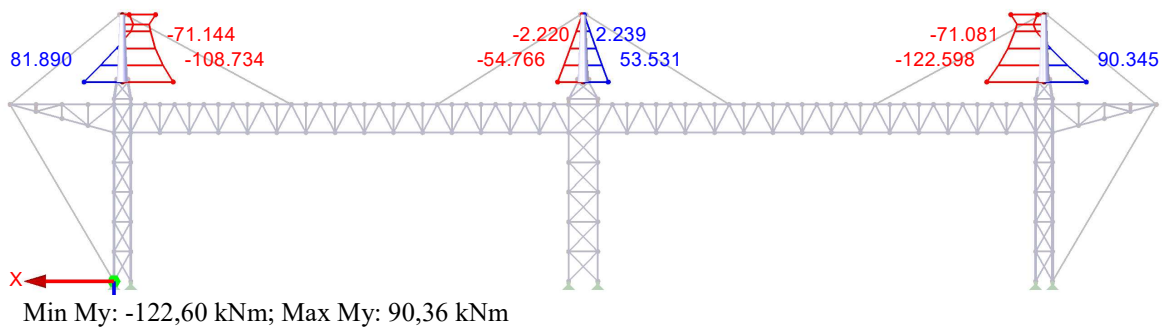
5.4 Kuželový kónus



Obr. 89: Obálka normálové síly N



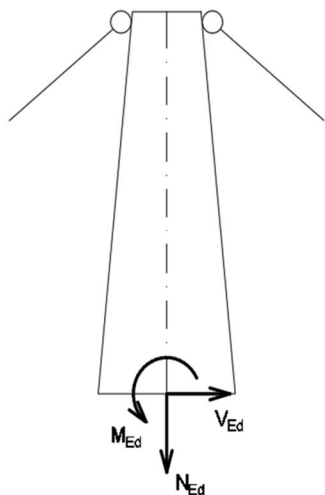
Obr. 90: Obálka posouvající síly V_z



Obr. 91: Obálka ohybového momentu M_y

Pozn: Na kuželový kónus jsou připojeny obě roviny lanových závěsů, tudíž dle zákona superpozice je prvek namáhán dvojnásobnými silami. Dle velikosti působících vnitřních sil je zřejmé, že nejvíce je namáháný prostřední kónus, který bude následně posouzen, viz níže.

Návrh a posouzení průřezu kuželového konusu

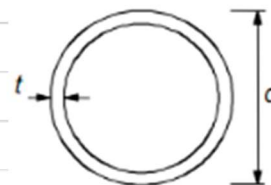


Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 3\,798,38 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 8,95 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 109,53 \text{ kNm}$$



Materiálové charakteristiky:

Austeniticko - feritická ocel 1.4462

$$\text{mez kluzu} \quad f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

$$\text{mez pevnosti} \quad f_{uk} = 680 \text{ MPa}$$

$$\text{modul pružnosti } E = 200\,000 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel spolehlivosti materiálu } \gamma_{M1} = 1,10$$

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{(235/f_y \cdot E/210000)} = 0,705 \quad d/t = 80,0 \geq 90 \cdot \varepsilon^2 = 44,76$$

$$d = 1\,200,0 \text{ mm}$$

$$t = 15,0 \text{ mm}$$

=> **třída 4**

Vzpěrná únosnost:

$$I_y = 9\,803\,378\,654,6 \text{ mm}^4$$

$$N_{cr,y} = 274\,250\,195,90 \text{ N}$$

$$I_z = 9\,803\,378\,654,6 \text{ mm}^4$$

$$N_{cr,z} = 274\,250\,195,90 \text{ N}$$

$$W_y = 16\,338\,964,4 \text{ mm}^3$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,303$$

$$W_z = 16\,338\,964,4 \text{ mm}^3$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,303$$

$$A = 55\,842 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = 0,21 \quad (\text{křivka } a)$$

$$L = 12\,000 \text{ mm}$$

$$\Phi_y = 0,557$$

$$\beta_y = 0,70$$

$$\Phi_z = 0,557$$

$$\beta_z = 0,70$$

$$\chi_y = 0,977$$

$$L_{cr,y} = 8\,400 \text{ mm}$$

$$\chi_z = 0,977$$

$$L_{cr,z} = 8\,400 \text{ mm}$$

$$N_{Rk} = 25\,128,81 \text{ kN}$$

$$i_y = 418,99 \text{ mm}$$

$$M_{y,Rk} = 7\,352,53 \text{ kNm}$$

$$i_z = 418,99 \text{ mm}$$

$$M_{z,Rk} = 7\,352,53 \text{ kNm}$$

posouzení

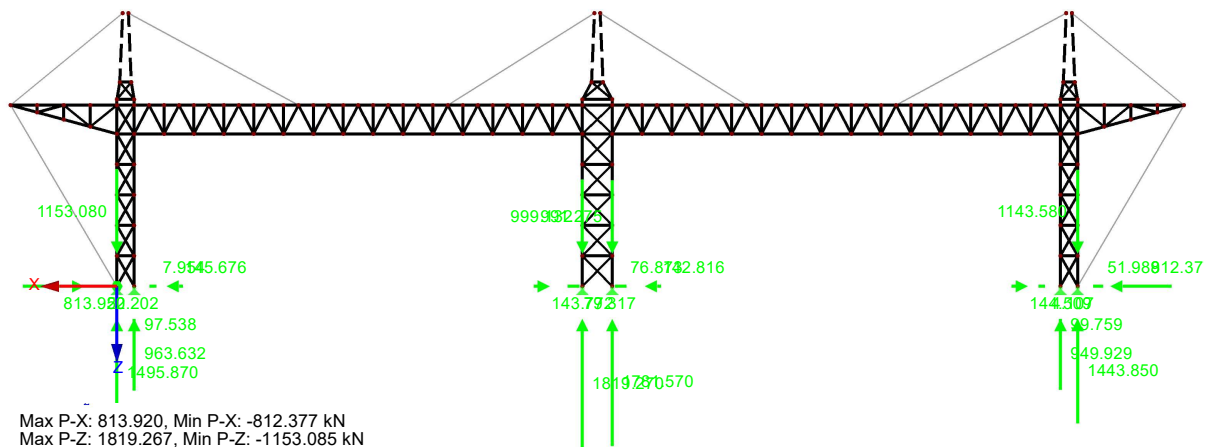
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$0,170 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Kombinace M + N	
$\chi_{LT} = 1,000$	(součinitel klopení)
posouzení	
$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} \leq 1,0$	
$\frac{3\,798,38}{0,977 \cdot 25\,128,81} + \frac{109,53}{1,000 \cdot 7\,352,53} \leq 1,0$	
$\frac{1,10}{1,10} + \frac{1,10}{1,10} \leq 1,0$	
$0,187 \leq 1,0$	Vyhovuje
Posouzení komolé kuželové skořepiny na boulení dle ČSN EN 1993-1-6	
Návrhová pevnost při boulení $\sigma_{x,Rd}$ se má stanovit pro ekvivalentní válec podle D.1.2	
mez kluzu	$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$
modul pružnosti	$E = 200\,000 \text{ MPa}$
součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{MI} = 1,10$	
délka komolého kuželu	$l = 12\,000,0 \text{ mm}$
horní poloměr	$r_1 = 400,0 \text{ mm}$
dolní poloměr	$r_2 = 600,0 \text{ mm}$
tloušťka skořepiny	$t = 10,0 \text{ mm}$
poloměr ekvivalentního válce	$r = (r_1 + r_2)/2 = 500,0 \text{ mm}$
délka části skořepiny	$\omega = l/\sqrt{(r \cdot t)} = 169,71$
	$\omega = 169,71 > 0,5 \cdot r/t = 25,00$ Splňuje
součinitel $C_x = C_{x,N} = 0,807$	
součinitel $C_{x,N}$ je větší z hodnot:	
	$C_{x,N} = 1 + 0,2/C_{xb} \cdot [1 - 2 \cdot \omega \cdot t/r] = 0,807$
	$C_{x,N} = 0,600$
součinitel $C_{xb} = 6$ (pro okrajové podmínky BC1 na obou koncích)	
pružné kritické osové napětí při boulení	$\sigma_{x,Rcr} = 0,605 \cdot E \cdot C_x \cdot t/r = 1\,953,08 \text{ MPa}$

poměrná štíhlost skořepiny	$\bar{\lambda}_x = \sqrt{f_{yk} / \sigma_{x,Rcr}} = 0,480$
mezní poměrná štíhlost skořepiny při stlačení	$\bar{\lambda}_{x,0} = 0,20$ (doporučená hodnota)
plastická mezní poměrná štíhlost	$\bar{\lambda}_{x,p} = \sqrt{\alpha_x / (1-\beta)} = 0,988$
součinitel rozsahu plastické oblasti	$\beta = 0,60$ (doporučená hodnota)
pružný redukční součinitel imperfekce	$\alpha_x = 0,62 / (1 + 1,91 \cdot (\Delta w_k / t)^{1,44}) = 0,39$
charakteristická amplituda imperfekce	$\Delta w_k = 1/Q \cdot \sqrt{(r/t)} \cdot t = 4,42$
součinitel vlivu jakosti výroby	$Q = 16,00$ C - základní
	$\bar{\lambda}_{x,0} = 0,200 < \bar{\lambda}_x = 0,480 < \bar{\lambda}_{x,p} = 0,988$ Splňuje
součinitel vzpěrnosti při boulení	$\chi_x = 1 - \beta \cdot [(\bar{\lambda}_x - \bar{\lambda}_{x,0}) / (\bar{\lambda}_{x,p} - \bar{\lambda}_{x,0})]^\eta = 0,787$
interakční exponent	$\eta = 1,0$ (doporučená hodnota)
návrhová pevnost při boulení	$\sigma_{x,Rd} = \chi_x \cdot f_{yk} / \gamma_{M1} = 321,82$ MPa
návrhové osově napětí v patě kužele	$\sigma_{x,Ed} = N_{Ed} / A + M_{Ed} / W = 74,72$ MPa
posouzení	
	$\sigma_{x,Ed} = 74,72$ MPa < $\sigma_{x,Rd} = 321,82$ MPa Vyhovuje

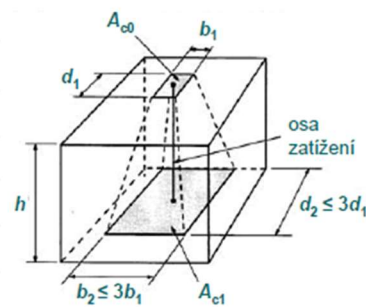
5.5 Kotvení do základu – ocelová patka



Max P-X: 813.920, Min P-X: -812.377 kN
Max P-Z: 1819.267, Min P-Z: -1153.085 kN

Obr. 92: Maximální a minimální hodnoty výsledných reakcí

Návrhové vnitřní síly	
maximální tlaková síla	$N_{Ed,c} = 1\,819,3 \text{ kN}$
maximální tahová síla	$N_{Ed,t} = 1\,153,1 \text{ kN}$
Parametry základového bloku	
beton třídy C 16 / 20	
charakteristická pevnost betonu	$f_{c,k} = 16,00 \text{ MPa}$
souč. spolehlivosti pro beton	$\gamma_c = 1,50$
návrhová pevnost betonu	$f_{c,d} = 10,67 \text{ MPa}$
výška základového bloku	$h_c = 1\,000 \text{ mm}$
šířka základového bloku	$b_c = 1\,000 \text{ mm}$
délka základového bloku	$d_c = 1\,000 \text{ mm}$
návrhová pevnost betonu v uložení	$f_{Rd,u} = f_{c,d} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} \leq 3,0 \cdot f_{c,d}$
rozměry patního plechu	$\varnothing_{pl} = 960 \text{ mm}$
parametry	$d_1 = b_1 = 960 \text{ mm}$
zatížená plocha	$A_{c0} = \pi \cdot r_0^2 = 723\,823 \text{ mm}^2 \quad (r_0 = d_1/2)$
účinné roznášecí rozměry v hloubce h	
parametry	$d_2 = b_2 = \min(3d_1; d_1 + h_c; d_c) = 1\,000 \text{ mm}$
účinná plocha	$A_{c1} = \pi \cdot r_1^2 = 785\,398 \text{ mm}^2 \quad (r_1 = d_2/2)$
návrhová pevnost betonu v uložení	$f_{Rd,u} = f_{c,d} \cdot \sqrt{A_{c1}/A_{c0}} = 11,11 \text{ MPa}$
$f_{Rd,u} = 11,11 \text{ MPa} \leq 3,0 \cdot f_{c,d} = 32,00 \text{ MPa}$	
Splňuje	



Stanovení účinné plochy patního plechu

$$\text{návrhová pevnost betonu pod patkou} \quad f_{j,d} = \beta_j \cdot f_{Rd,u} = 7,41 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel vlivu podlití} \quad \beta_j = 2/3$$

(pro tl. podlití $\leq 0,2b$)

(pro $f_{c,k}$ malty $\geq 0,2 f_{c,k}$ betonu)

$$\text{průměr základního prstence} \quad \varnothing_{z,pr} = 860 \text{ mm} \quad (\text{TR 508} + \text{výztuhy})$$

patní plech ocel S235

$$\text{průměr patního plechu} \quad \varnothing_{pl} = 960 \text{ mm}$$

$$\text{charakteristická mez kluzu} \quad f_{y,k} = 235 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel spolehlivosti} \quad \gamma_{M0} = 1,00$$

$$\text{návrhová mez kluzu} \quad f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$\text{tloušťka patního plechu} \quad t_{pl} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{rozšiřující parametr} \quad c = t \cdot \sqrt{(f_{y,d} / 3 \cdot f_{j,d})} = 98 \text{ mm}$$

$$\text{průměr účinného prstence} \quad \varnothing_{eff,pr} = \varnothing_{z,pr} + 2 \cdot c = 1\,055 \text{ mm} \leq \varnothing_{pl} = 960 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{eff,pr} = 960 \text{ mm}$$

$$\text{účinná plocha} \quad A_{eff} = 723\,823 \text{ mm}^2$$

posouzení

$$\frac{N_{Ed,c}}{A_{eff}} \leq f_{j,d}$$

$$\frac{1\,819,27 \cdot 10^3}{723\,822,95} \leq 7,41$$

$$2,51 \leq 7,41$$

Vyhovuje

Návrh a posouzení kotevních šroubů

Šrouby s kotevní hlavou M48 x 3 z oceli S235

$$\text{jmenovitá mez kluz} \quad f_{yb} = 235 \text{ MPa}$$

$$\text{jmenovitá pevnost} \quad f_{ub} = 360 \text{ MPa}$$

$$\text{součinitel spolehlivosti} \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

$$\text{počet šroubů} \quad n_{\xi} = 6 \text{ ks}$$

$$\text{průřezová plocha jádra šroubu} \quad A_{\xi,1} = 1\,604,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{návrhová únosnost šroubu v tahu} \quad F_{t,Rd} = 0,85 \cdot f_{ub} \cdot A_{\xi,1} / \gamma_{M2} = 392,7 \text{ kN}$$

<i>Stanovení únosnosti šroubů na páčení a porušení tahem</i>			
vzdálenost šroubu od stěny TR	$m =$	95	mm
vzdálenost šroubu od hrany	$e =$	128	mm
vzdálenost šroubu od výztuhy	$m_2 =$	172	mm
parametr n	$n = \min(e; 1,25m) =$	119	mm
účinná délka	$L_{eff} = 2 \cdot \pi \cdot m =$	596,9	mm
plastický moment únosnosti	$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \cdot L_{eff} \cdot t_{pl}^2 \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0} =$	31,6	kNm
<i>1. způsob porušení - vznik plastických kloubů v patním plechu od páčení</i>			
návrhová únosnost	$F_{T,1,Rd} = 4 \cdot M_{pl,1,Rd} / m =$	1 328,9	kN
<i>2. způsob porušení - vznik plastických kloubů a porušení šroubů od páčení</i>			
návrhová únosnost	$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) =$	1 604,2	kN
<i>3. způsob porušení - porušení šroubů tahem</i>			
návrhová únosnost	$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} =$	2 356,0	kN
posouzení			
	$F_{t,Ed} = 1 153,1$	kN	$\leq F_{T,1,Rd} = 1 328,9$ kN Vyhovuje
	$F_{t,Ed} = 1 153,1$	kN	$\leq F_{T,2,Rd} = 1 604,2$ kN Vyhovuje
	$F_{t,Ed} = 1 153,1$	kN	$\leq F_{T,3,Rd} = 2 356,0$ kN Vyhovuje
<i>Pozn.:</i>			
<i>Přenos vodorovných sil do základové konstrukce bude zajištěn pomocí smykové zarážky.</i>			