







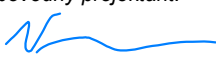
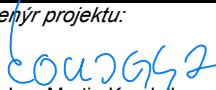
Souřadnicový systém: S-JTSK

Výškový systém: Bpv

Přehled verzí přílohy				
Číslo	Datum	Popis změny	Jméno	Podpis
P1	24.6.2017	Dokumentace k připomínkám	Ing. Mužíková	
01	27.11.2017	Odevzdání čistopisu přípravné dokumentace	Ing. Mužíková	

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Dlážděná 1003/7, Praha 1 - Nové Město 110 00 SŽDC s.o., Stavební správa západ Sokolovská 278/1955, Praha 9 190 00		
--	--	---

PROJEKT servis spol. s r.o. U Elektry 830/2b, Praha 9 - Hloubětín 198 21 IČ: 49823141 tel.: 281 090 860 www.PROJEKT servis.cz		
--	--	---

Vypracoval:  Ing. Barbora Mužíková	Kontroloval:  Ing. Martin Verner	Odpovědný projektant:  Ing. Martin Verner	Hlavní inženýr projektu:  Ing. Martin Koudeřka
---	---	---	---

KRAJ: ÚSTECKÝ	OKRES: CHOMUTOV	OÚ: CHOMUTOV
---------------	-----------------	--------------

REKONSTRUKCE TRATI V ÚSEKU KYJICE - CHOMUTOV	
---	--

E. STAVEBNÍ ČÁST E.1 Inženýrské objekty E.1.4 Mosty, propustky, zdi SO 14 08 Lávka pro pěší	Číslo zakázky: ZAK-2016-20	
	Stupeň:	PD
	Datum:	11/2017
	Měřítko:	-
	Formát:	63 x A4

STATICKÝ VÝPOČET	Verze:	Část:	Č. přílohy:
	01	E.1.4.8	06

Obsah

1. Vstupní údaje
 - 1.1 Identifikační údaje mostu
 - 1.2 Základní údaje o mostě
2. Komentář ke statickému výpočtu
 - 2.1 Rozsah a účel výpočtu
 - 2.2 Použité výpočetní programy
 - 2.3 Související normy, předpisy a použitá literatura
3. Materiálové charakteristiky
 - 3.1 Ocel
 - 3.2 Beton
 - 3.3 Betonářská výztuž
4. Geometrie nosné konstrukce
 - 4.1 Geometrie nosné konstrukce
 - 4.2. Výpočtový model
 - 4.3. Průřezy
 - 4.4 Trapézový plech
5. Zatížení nosné konstrukce
 - 5.1. Zatížená stálá
 - 5.2. Zatížená nahodilá
 - 5.3. Zatížení klimatická
 - 5.4. Zatížení lávky na únavu
 - 5.5. Rekapitulace zatížení
6. Mezní stavy únosnosti
 - 6.1. Zatěžovací stavy, kombinační součinitele
 - 6.2. Hlavní nosná konstrukce - příčníky
 - 6.3. Hlavní nosná konstrukce - diagonály
 - 6.4. Hlavní nosná konstrukce - horní pas
 - 6.6. Vodorovné ztužení
 - 6.5. Hlavní nosná konstrukce - spodní pas
 - 6.6. Hlavní nosná konstrukce - sloup pilíře
7. Posouzení nosných prvků
 - 7.1 Posouzení příčníků
 - 7.2 Posouzení diagonál
 - 7.4 Posouzení dolního pasu
 - 7.5 Posouzení diagonál
 - 7.6 Posouzení mostovky

SO 14-08 Lávka pro pěší v km 61, 694 970
trat' č. 130 - Ústí nad Labem - Kláštec nad Ohří
Statický výpočet ocelové lávky pro pěší a cyklisty
přes dvoukolejnou železniční trat'

1. Vstupní údaje

1.1 Identifikační údaje mostu

1.1.1	Stavba:	Rekonstrukce trati v úseku Kyjice - Chomutov
1.1.2	Objekt:	Ocelová lávka pro pěší pře železniční trat'
1.1.3	Obec:	Chomutov
1.1.4	Kraj:	Ústecký
1.1.5	Katastrální území:	Chomutov I [652458]
1.1.6	Druh stavby:	Návrh nové konstrukce
1.1.7	Vlastník:	Česká republika
1.1.8	Správce mostu:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Oblastní ředitelství Ústí nad Labem, Správa mostů a tunelů
1.1.9	Investor:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace Železničářská 1386/31 400 03 Ústí nad Labem
1.1.10	Zpracovatel projektové dokumentace	PROJEKT servis s.r.o. U Elektry 830/2b, Praha 9 - Hloubětín
1.1.11	Zpracovatel projek. dok. SO 14-01:	PROJEKT servis s.r.o. U Elektry 830/2b, Praha 9 - Hloubětín
1.1.12	Projektant:	Ing. Barbora Mužíková
1.1.13	Odpovědný projektant:	Ing. Bc. Martin Verner
1.1.14	Traťový úsek:	0602 žst. Most - žst. Chomutov - záp. zhlaví
1.1.15	Definiční úsek:	08
1.1.16	Staničení - evidenční:	61,694
1.1.17	Staničení - přesné:	61,694 970
1.1.18	Stupeň projektové dok.:	Záměr projektu a přípravná dokumentace stavby

1.2 Základní údaje o mostě

1.2.1 Charakteristika mostu:

Statické uspořádání:	prostý nosník
Nosná konstrukce:	Trapézový plech s betonovou pojížděnou deskou
Spodní stavba:	Založení na pilotách

1.2.2	Přemostřovaná překážka:	dvoukolejná železniční trat'
1.2.3	Úhel křížení:	90 °
1.2.4	Traťová rychlost:	140 km/hod
1.2.5	Světlost mostu:	15,5 m
1.2.6	Rozpětí mostu:	18,0 m
1.2.7	Délka mostu:	234,4 m
1.2.8	Šířka mostu:	4,0 m
1.2.9	min volná výška mostu:	7,2 m

2. Komentář ke statickému výpočtu

2.1 Rozsah a účel výpočtu

Tento statický výpočet je nedílnou součástí projektové dokumentace SO 14-08. Statický výpočet je nutno považovat za závazný pro provádění mostního objektu.

Statický výpočet byl zpracován bez znalosti konkrétního zhotovitele. Případné změny, které by vyplynuly z realizační dokumentace zhotovitele, musí být odsouhlaseny odpovědným projektantem objektu a schváleny objednavatelem.

2.2 Použité výpočetní programy

Statický výpočet je vytvořen za pomoci systému MS Excel 2010, Scia Engineer 16.0.

2.3 Související normy, předpisy a použitá literatura

1.1.1	Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů	2015
1.1.2	MVL 649 Železobetonové trubní propustky	2012
1.1.3	SŽDC S3 Železniční svršek	2014
1.1.4	SŽDC S3/2 Bezstyková kolej	2013
1.1.5	ČSN EN Projektování mostních objektů	2008
1.1.6	ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí	2004
1.1.7	ČSN EN 1991-1 Zatížení konstrukcí - Zatížení konstrukcí	2004
1.1.8	ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Zatížení mostů dopravou	2005
1.1.9	ČSN EN 1992-1 Navrhování betonových konstrukcí - obecná pravidla	2006
1.1.10	ČSN EN 1992-1 Navrhování betonových konstrukcí - betonové mosty	2007
1.1.11	ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - obecná pravidla	2006
1.1.12	ČSN EN 206 Beton - Specifikace, výroba shoda	2014

3. Materiálové charakteristiky

3.1 Ocel

• ocel

S 355

- Youngův modul pružnosti	E	=	210	GPa
- modul pružnosti ve smyku	G	=	81	GPa
- mez kluzu	f_y	=	275	MPa
- mez pevnosti	f_u	=	430	MPa
- tepelná roztažnost	μ	=	0,000012	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
- jednotková hmotnost	ρ_{ocel}	=	7850	kg.m^3
- objemová tíha	ρ_s	=	78,5	kN/m^3
- Poissonův součinitel	η	=	0,3	-
- součinitele materiálů	γ_{M0}	=	1,00	-
	γ_{M1}	=	1,00	-
	γ_{M2}	=	1,25	-

3.2 Beton

• beton

30/37

- pevnost v tlaku - charakteristická	f_{ck}	=	30	MPa
- součinitel materiálu	γ_c	=	1,5	
- redukční součinitel - tlak	α_{cc}	=	0,85	
- pevnost v tlaku - návrhová	f_{cd}	=	$\alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$	= 0,85 $\frac{30}{1,5}$
	f_{cd}	=	17	MPa
- pevnost v tahu - střední hodnota	f_{ctm}	=	2,90	MPa
- pevnost v tahu - spodní kvantil	$f_{ctk,0,05}$	=	2,03	MPa
- redukční součinitel - tah	α_{ct}	=	1,00	
- pevnost v tahu - návrhová	f_{td}	=	$\alpha_{ct} \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$	= 1,00 $\frac{2,03}{1,5}$
	f_{td}	=	1,352	MPa
- výpočet pro pevnost v tlaku v čase $t = 7$ dní	t	=	7,0	den
- součinitel druhu cementu	s	=	0,38	- pomalutvrdnoucí cement - horší variant
- fce vývoje pevnosti betonu	$\beta_{cc}(t)$	=	$e^{s(1-\sqrt{\frac{28}{t}})}$	=
		=	0,7	-
	f_{cm}	=	38,0	MPa
	$f_{cm}(7)$	=	$\beta_{cc}(t) * f_{cm}$	= 0,7 * 38,0 =
		=	26	MPa
	$f_{ck}(7)$	=	$f_{cm}(7) - 8$	MPa = 26,0 - 8,0 =
		=	18,0	MPa

- modul pružnosti betonu $E_s = 405\,000 \text{ kp/cm}^2 = 39\,716,73 \text{ MPa}$
- modul pružnosti - krátkodobé zat. $E_{c,s} = 32\,837 \text{ MPa}$
- pracovní součinitel - krátkodobé zat. $n_{c,s} = \frac{E_s}{E_{c,s}} = \frac{39\,717}{32\,837} = 1,21$
- součinitel dotvarování a smrštění $K_{fi} = 2,00$
- modul pružnosti - dlouhodobé zat. $E_{c,l} = \frac{E_{c,s}}{1+K_{fi}} = \frac{32\,837}{1+2} = 10\,946 \text{ MPa}$
- pracovní součinitel - dlouhodobé zat. $n_{c,l} = \frac{E_s}{E_{c,l}} = \frac{210\,000}{10\,946} = 19,19$
- součinitel příčné deformace - s trhl $\mu_c = 0,2$
- součinitel příčné deformace - bez tr $\mu_c = 0,0$
- součinitel tepelné roztažnosti $\alpha_c = 0,000012 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- objemová tíha $\rho_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$

3.3 Betonářská výztuž

• výztuž

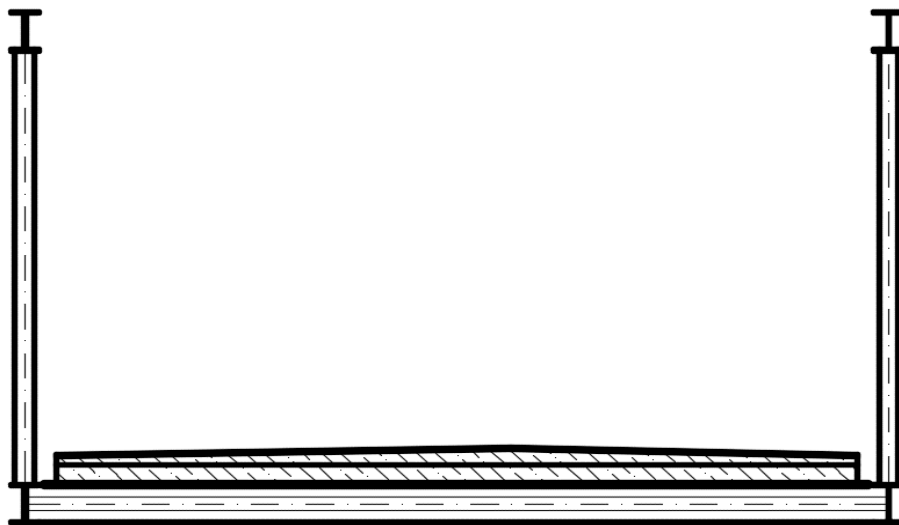
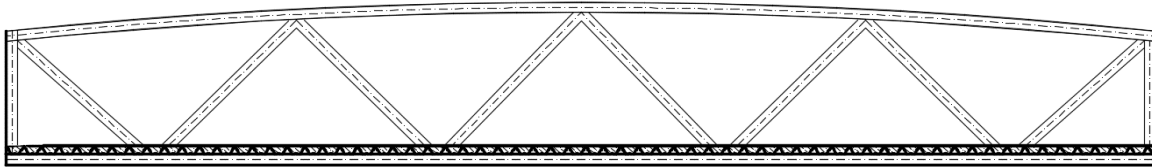
B 500 B

- mez kluzu charakteristická $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- součinitel materiálu $\gamma_s = 1,15$
- mez kluzu návrhová $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,8 \text{ MPa}$
- modul pružnosti $E_s = 200\,000 \text{ MPa}$
- součinitel tepelné roztažnosti $\alpha_s = 0,000012 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- objemová tíha $\rho_s = 78,5 \text{ kN/m}^3$

4. Geometrie nosné konstrukce

4.1 Geometrie nosné konstrukce

- schéma nosné konstrukce



- rozpětí konstrukce

$L = 18\,000$ mm

- délka konstrukce

$L_{NK} = 18\,000$ mm

- statické uspořádání

Prostý nosník

- podélný sklon konstrukce

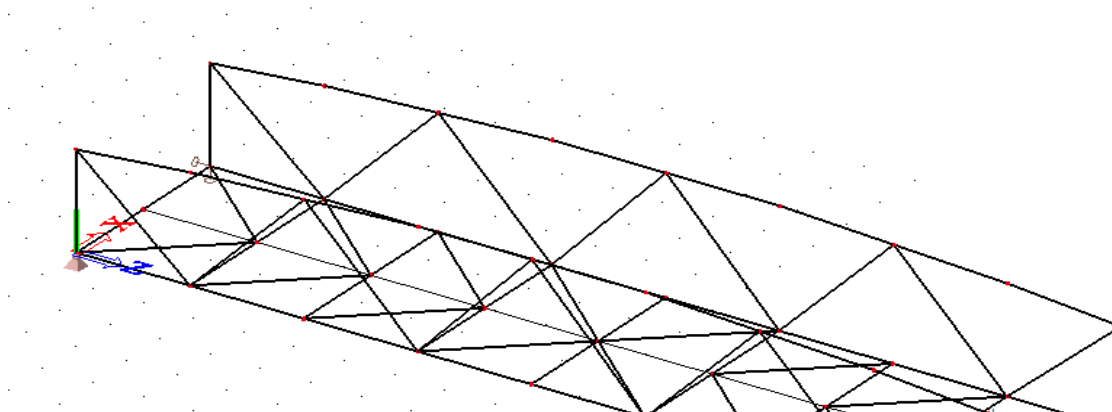
1,00 %

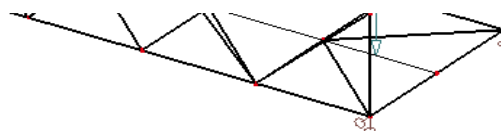
- počet posuzovaných příčných řezů

$n_x = 2$

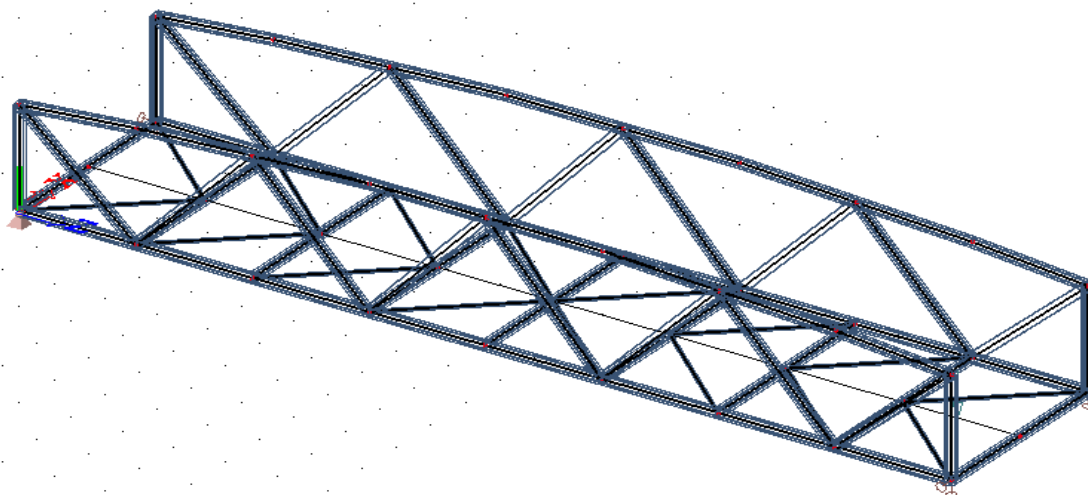
4.2. Výpočtový model

Schématická model s podporami

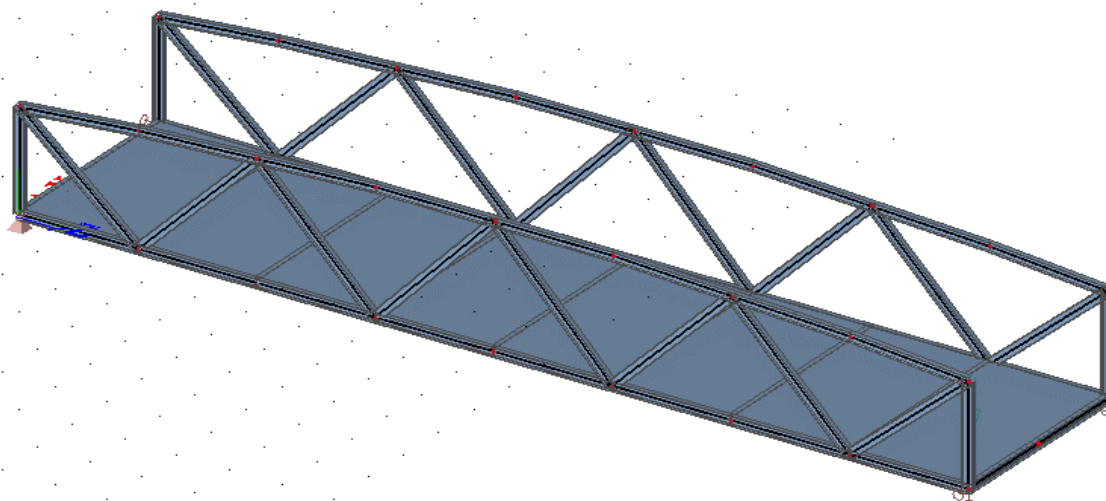




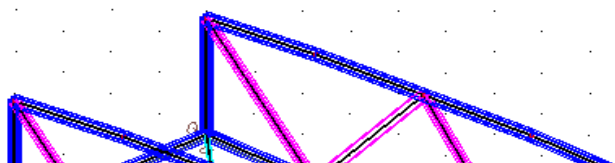
Povrchy průřezů modelu

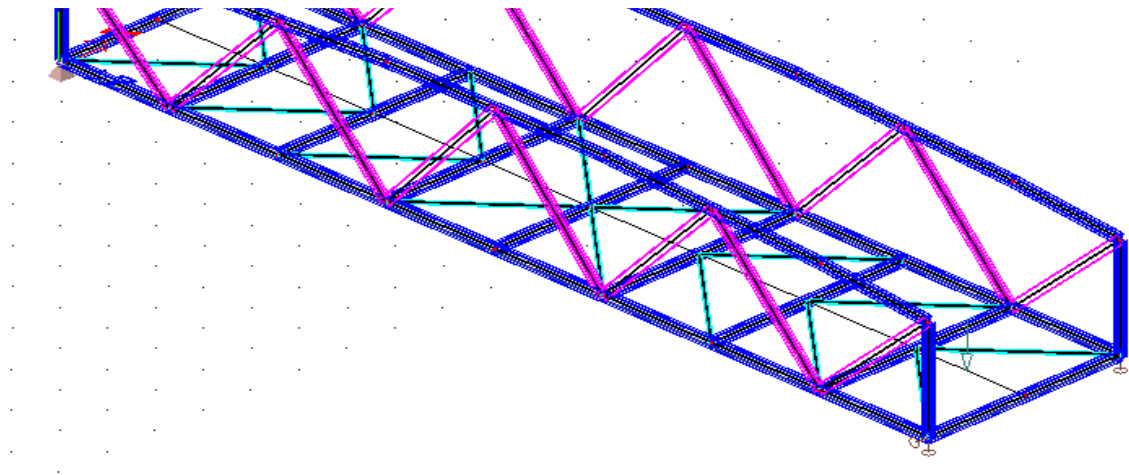


Rendrovaný model



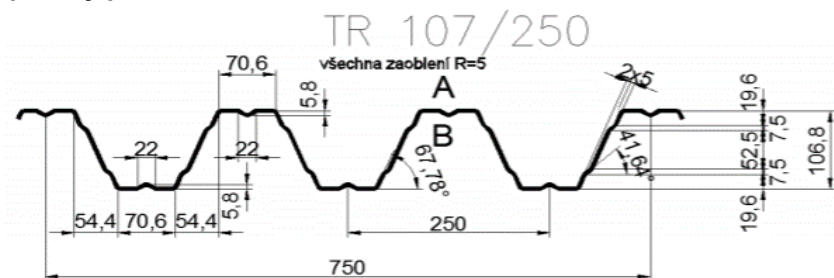
4.3. Průřezy





4.4 Trapézový plech TR 107/250

- trapézový plech S320 GD



t	=	1,5	mm
m	=	20	kg/m ²
A	=	2315	m ²
$I_{y,eff}$	=	371700	mm ⁴
$W_{y,eff+}$	=	67410	mm ³
$W_{y,eff}$	=	67411	mm ³
A_v	=	720	mm ²
k	=	0,6	- součinitel spolupůsobení
E_s	=	210	Gpa
f_{sk}	=	320	MPa
γ_{M0}	=	1	-
f_{sd}	=	320	MPa

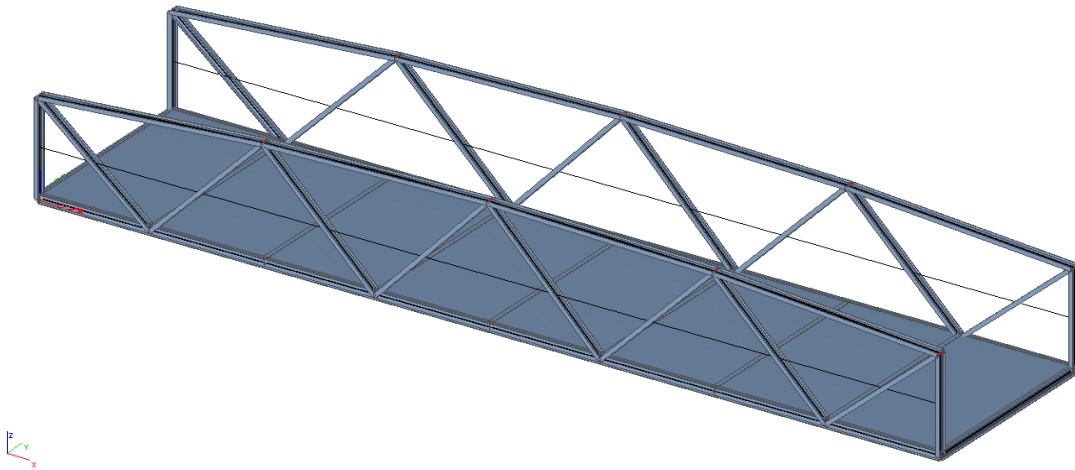
- beton C30/37
- betonářská výztuž síť pr. 4 mm po 150 mm, B 420B

5. Zatížení nosné konstrukce

5.1. Zatížená stálá

5.1.1. ZS1 - Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce

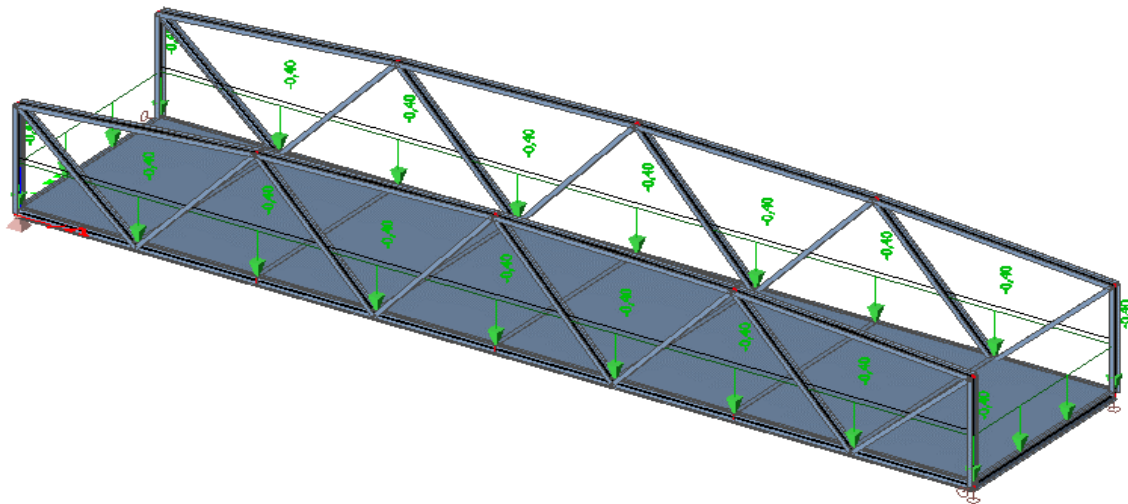
- generováno softwarem Scia Engineering 16.0 dle zvolených profilů



5.1.2. ZS2 - Ostatní stálé zatížení

- betonová deska a trapézový plech jsou v programu scia již zahrnuty do konstrukčního modelu
- Zatížení skladbou vozovky
 - asfaltová vrstva tl. 15 mm

$$\begin{aligned} \rho_{K,asf} &= 25,0 \text{ kN/m}^3 \\ g_{K,asf} &= t * 25,0 = 15 * 25,0 = \\ &= 0,4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$



5. Zatížení nosné konstrukce

5.2. Zatížená nahodilě

5.2.1. ZS3 - Zatížení davem lidí

- Zatížení svislé

- návrhová hodnota zatížení davem lidí

$$q_{K, fw} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

- Zatížení soustředné

- návrhová hodnota zatížení bodovou silou

$$Q_{K, fw} = 10,0 \text{ kN}$$

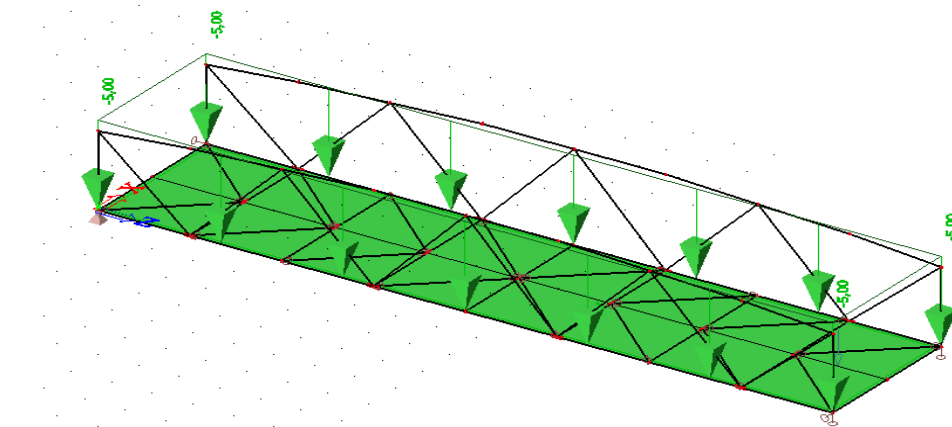
- se soustředným zatížením nebude dále počítáno, konstrukce bude posouzena na účinky zatížení od vozidla na lávce

- Zatížení vodorovné

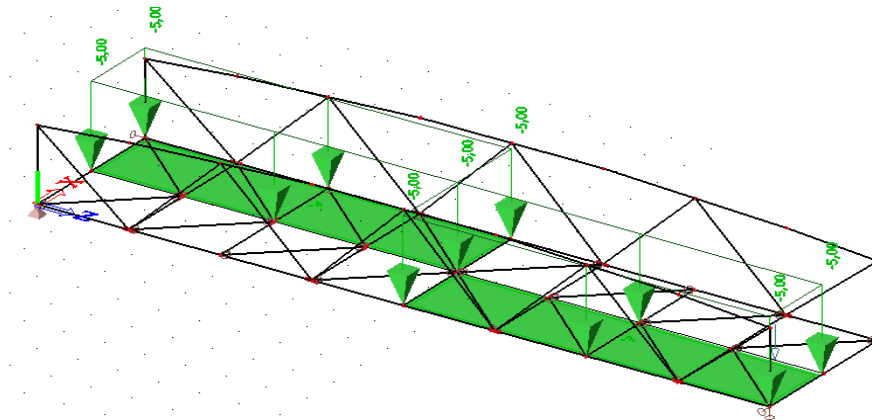
- návrhová hodnota zatížení vodorovného

$$\begin{aligned} q_{K, fl} &= 0,1 * q_{K, fw} = 0,1 * 5,00 = 0,50 \text{ kN/m} \\ Q_{K, fl} &= 0,1 * Q_{K, fw} = 0,1 * 10,0 = 1,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

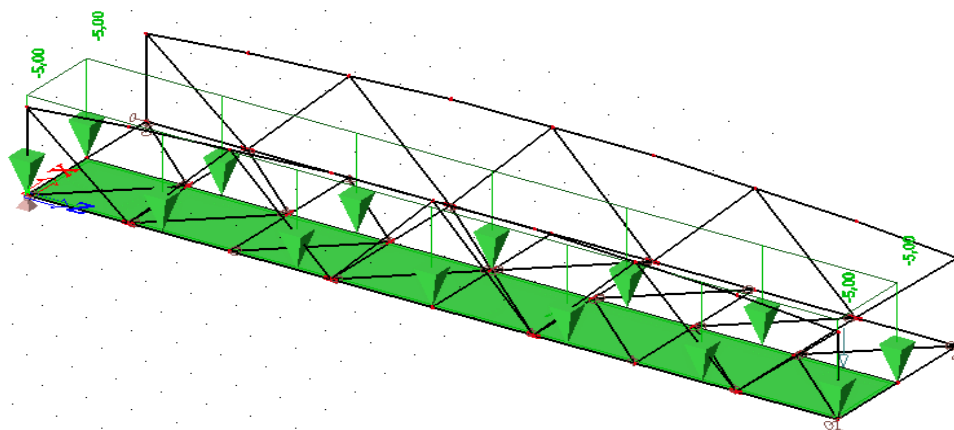
ZS3a - dav lidí - celá plocha



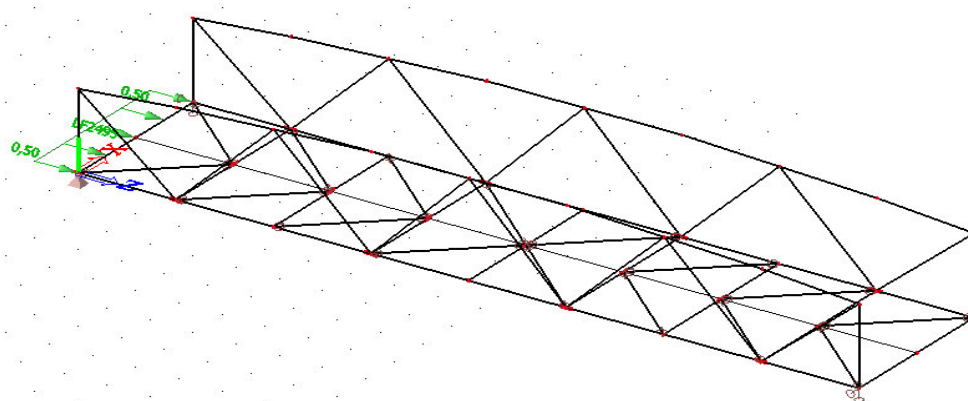
ZS3b - dav lidí - šachovnicově



ZS3c - dav lidí - polovina

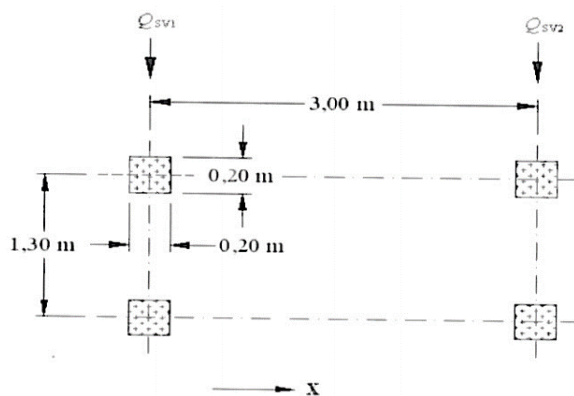


ZS3d - dav lidí - vodorovné účinky



5.2.2. ZS4 - Mimořádný výskyt vozidla na lávce

- na lávce není umístěna trvalá překážka, která by bránila njetí vozidla na most, uvažuje se tedy mimořádný výskyt vozidla na nosné konstrukci mostu
- schéma zatížení mimořádným výskytem vozidla



podélná osa

- zatěžovací síly od nápravového zatížení

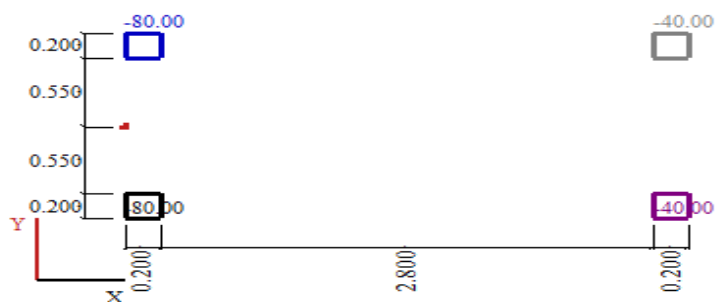
$$Q_{K,sv1} = 80,0 \text{ kN}$$

$$Q_{K,sv2} = 40,0 \text{ kN}$$

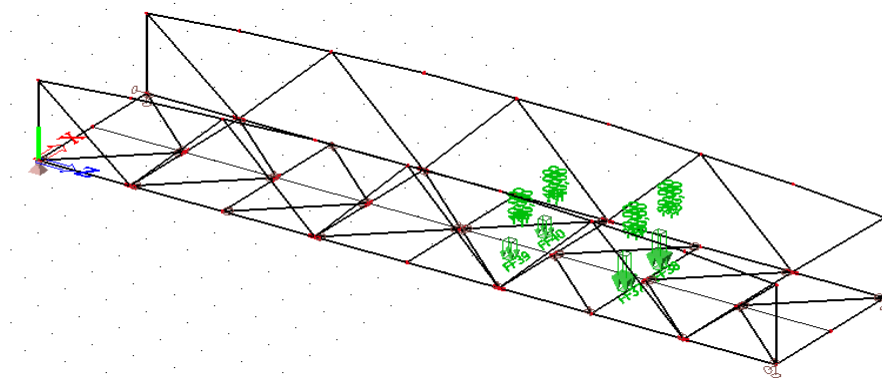
-

zatížení je generováno v programu Scia Engineering 16.0 jako pohyblivé zatížení po dráze

- vložené zatížení mimořádného vozidla pro pohyblivé zatížení



- schéma pohybu vozidla po mostní konstrukci

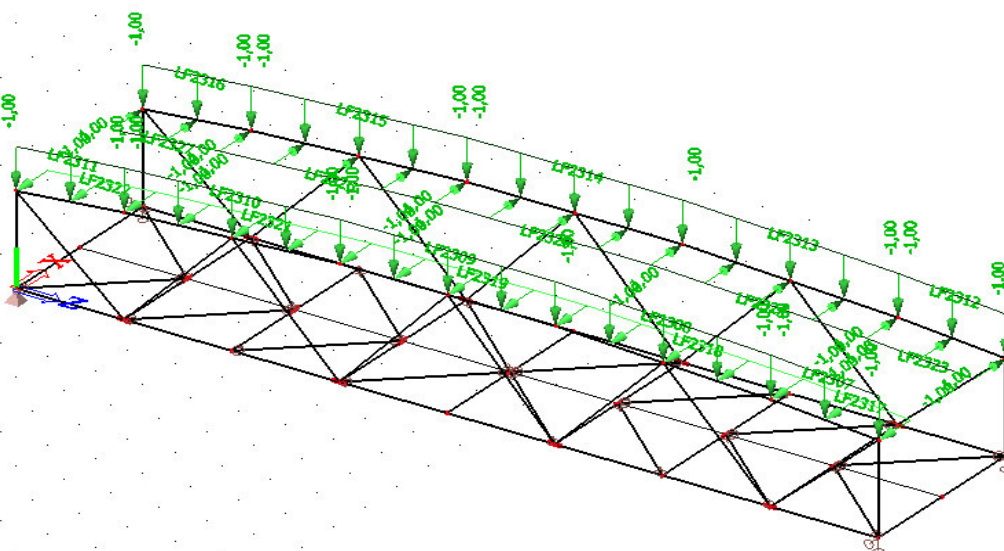


5.2.3. ZS5 - Zatížení zábradlí

Pozn.:

Jako zábradlí je na mostní konstrukci uvažován horní ocelový nosník.

- svislé zatížení na zábradlí $q_{s,zábr,k} = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$
- vodorovné zatížení $q_{v,zábr,k} = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$



5.3. Zatížení klimatická

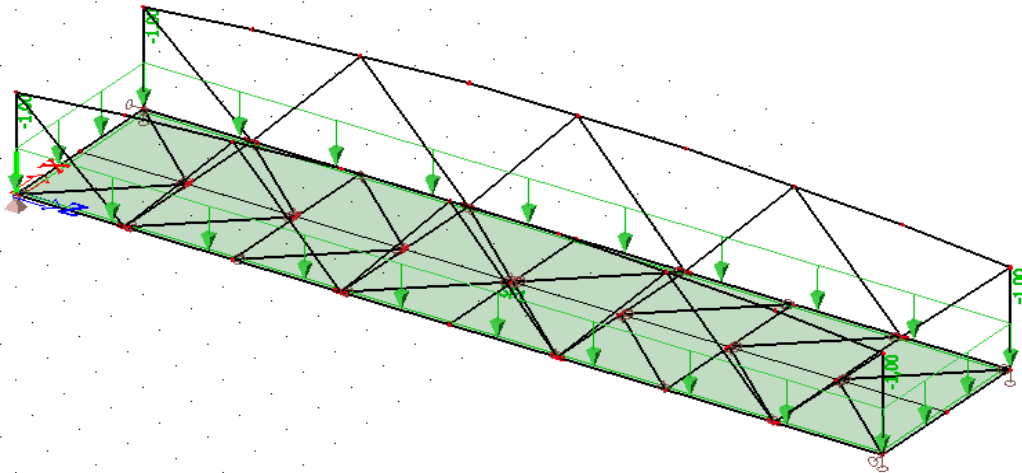
5.3.1. ZS6 - Zatížení sněhem

II. sněhová oblast

- hodnota zatížení sněhem: $s_k = 1,00 \text{ kN.m}^{-2}$
- součinitel expozice: $C_e = 1,00$ normální typ krajiny

- součinitel tepla $C_t = 1,00$ nedochází k tání vlivem prost. tepla
- tvarový součinitel μ_i je uvažován roven jedné

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = \mu_i \cdot 1,00 \text{ kN.m}^{-2}$$



5.3.2. ZS7 - Zatížení větrem

- základní rychlost větru

kategorie II.	
$v_{b,0} =$	25,00 m/s
$v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} =$	
$= 1 * 1 * 25 =$	25 m/s
- referenční výška

$z_e =$	10,80 m	max výška kce
---------	---------	---------------
- kategorie terénu III.

$z_0 =$	0,30 m
$z_{min} =$	5,00 m
- součinitel drsnosti terénu

$c_r(z_{min}) = k_r * \ln(z_{min} / z_0) =$	
$= 0,34 * \ln(5 / 0,3) =$	
$= 0,958$	-
$k_r = 0,19 * \ln(z_0 / z_{0,II}) =$	
$= 0,19 * \ln(0,3 / 0,05) =$	
$= 0,34$	-
- součinitel orografie

$c_0(z) =$	1,00 -
------------	--------
- střední rychlost větru

$v_m(z) = c_r(z_{min}) * c_0(z) * v_b =$	
$= 0,958 * 1,00 * 25 =$	
$= 23,94 \text{ m.s}^{-1}$	
- intenzita turbulence větru

$I_v = k_I / (c_0(z) * \ln(z_{min} / z_0)) =$	
$= 1,00 / (1,00 * \ln(5 / 0,3)) =$	
$= 0,355$	-
- základní dynamický tlak větru

$q_b = 0,50 * \rho * v_b^2 =$	
$= 0,50 * 1,25 * 625 =$	
$= 390,63 \text{ Pa}$	
- maximální dynamický tlak větru

$$\begin{aligned}
 q_p(z) &= [1,00 + 7 \cdot I_v] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2 = \\
 &= [1,00 + 2,49] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 573 = \\
 &= 1249,91 \text{ Pa} \\
 q_p(z) &= 1,25 \text{ kN.m}^2
 \end{aligned}$$

- maximální součinitel c_{s,c_d}
 $c_{s,c_d} = 1,00$ -

- součinitel c_f
 $c_f = 2,00$ -

Popis prvku	b	c_f	$q_p(z)$	f_{wk}	$f_{w,k}$
	[mm]		[mm]	[kN.m ⁻²]	[kN.m ⁻¹]
Spodní a horní pás	200	2,00	1,25	2,500	0,500
Diagonály	180	2,00	1,25	2,500	0,450

5.3.3. Zatížení námrazou

Pro danou třídu námrazy R3 a rozměry prvků není předpokládáno zvětšování profilů namáhaného zatížením od větru, došlo by pouze ke změně součinitele odporu. Kombinace zatížení se užívá spolu s zatížením stálým a větrem. Vlivem námrazy ale nedojde ke zvýšení zatížení větrem - nezvětšují se plochy profilů. Došlo by pouze k přitížení vlastní tíhou vzniklé námrazy, která je ovšem zanedbatelná oproti ostatním působícím zatížením v dané kombinaci.

5.3.4. ZS8 - Zatížení rovnoměrnou složkou teploty

- nosná konstrukce ocelové lávky **typ 1**

- výchozí teplota $T_0 = 10,0 \text{ °C}$

- maximální teplota vzduchu ve stínu $T_{\max} = 38,1 \text{ °C}$

- maximální rovnoměrná složka teploty $T_{e,\max} = T_{\max} + 16 = 38,1 + 16 = 54,1 \text{ °C}$

- horní rozsah rovnoměrné složky teploty $T_{N,\text{con}} = T_{e,\max} + T_0 = 54,1 + 10,0 = 64,1 \text{ °C}$

- minimální teplota vzduchu ve stínu $T_{\min} = -36,0 \text{ °C}$

- minimální rovnoměrná složka teploty $T_{e,\min} = T_{\min} - 3 = -36,0 - 3 = -39,0 \text{ °C}$

- dolní rozsah rovnoměrné složky teploty $T_{N,\text{exp}} = T_{e,\min} - T_0 = -39,0 - 10,0 = -49,0 \text{ °C}$

- celkový rozsah rovnoměrné složky teploty působící na konstrukci $T_N = T_{e,\max} - T_{e,\min} = 54,1 - -39,0 = 93,1 \text{ °C}$

5.3.5. ZS9 - Zatížení lineární složkou teploty

- horní povrch teplejší než spodní $T_{M,\text{heat}} = 18,0 \text{ °C}$

- dolní povrch teplejší než horní $T_{M,\text{cool}} = 13,0 \text{ °C}$

5.4. Zatížení lávky na únavu

- Dle ČSN EN 1993-2, 9.1.1 (2) nevyžadují lávky pro chodce posouzení na únavu, pokud jsou brány jako převážně staticky zatížené konstrukce, u této konstrukce je předpoklad především statického zatěžování.

5. Zatížení nosné konstrukce

5.5. Rekapitulace zatížení

5.1. Zatížení stálá

ZS1 Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce

ZS2 Ostatní stálá zatížení $g_{k,asf} = 0,38 \text{ kN/m}^2$

5.2. Zatížení nahodilé

ZS3 Zatížení davem lidí $q_{k,fw} = 5,00 \text{ kN/m}^2$
 $q_{k,fl} = 0,50 \text{ kN/m}^2$

ZS4 Mimořádný výskyt vozidla na lávce $Q_{K,sv1} = 80,00 \text{ kN}$
 $Q_{K,sv2} = 40,00 \text{ kN}$

ZS5 Zatížení zábradlí $q_{s,zábr,k} = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$
 $q_{v,zábr,k} = 1,00 \text{ kNm}^{-1}$

5.3. Zatížení klimatická

ZS6 Zatížení sněhem $s = 1,00 \text{ kN/m}^2$

ZS7 Zatížení větrem $f_{w,k,pásky} = 0,50 \text{ kN/m}^2$
 $f_{w,k,diagonály} = 0,45 \text{ kN/m}^3$

ZS8 Zatížení rovnoměrnou složkou teploty $T_{N,noc} = 64,10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{N,exp} = -49,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

ZS9 Zatížení lineární složkou teploty $T_{M,heat} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{M,cool} = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$

5.3. Zatížení na únavu

- zatížení na únavu není uvažováno

6. Mezní stavy únosnosti

6.1. Zatěžovací stavy, kombinační součinitele

Hlavní nosná konstrukce			součinitel zatížení		součinitel kombinace				
č.	zákl. popis	Značka	Skupina zatížení	γ_{kor}	γ_g	ϕ	ψ_0	ψ_1	ψ_2
ZS1	Vlastní tíha konstrukce	g_k, G_k	Společně	1,00	1,35	1,00	ξ	0,85	
ZS2	Ostatní stálá zatížení	g_k, G_k	Společně	1,00	1,35	1,00	ξ	0,85	
ZS3	Zatížení davem lidí	ZS3.1 $Q_{k,flk,1}$	Výběr	1,00	1,35	1,00	0,40	0,40	0,00
		ZS3.2 $Q_{k,flk,2}$	Výběr	1,00	1,35	1,00	0,40	0,40	0,00
		ZS3.3 $Q_{k,flk,3}$	Výběr	1,00	1,35	1,00	0,40	0,40	0,00
		ZS3.4 $Q_{k,flk,4}$	Výběr	1,00	1,35	1,00	0,40	0,40	0,00
		ZS3.5 $Q_{k,flk,5}$	Výběr	1,00	1,35	1,00	0,40	0,40	0,00
ZS4	Mimořádný výskyt vozidla na lávce	$Q_{K,sv}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,70	0,70	0,60
ZS5	Zatížení zábradlí	$q_{s,zábr,k}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,70	0,70	0,60
ZS6	Zatížení sněhem	s	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,50	0,20	0,00
ZS7	Zatížení větrem	$Q_{k,5}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,30	0,20	0,00
ZS8	Zatížení rovnoměrnou složkou teploty								
	ZS8.1	$T_{n,noc}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50
	ZS8.2	$T_{n,exp}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50
ZS9	Zatížení lineární složkou teploty								
	ZS9.1	$T_{M,coo}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50
	ZS9.2	$T_{M,heat}$	Výběr	1,00	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50

6.2. Hlavní nosná konstrukce - příčníky

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$\Psi_{0,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - PŘÍČNÍKY			N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
TRÍDA	CO1	Stálé, vítr	-3,54	0,13	-3,20	0,00	3,39	0,05	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	-6,18	0,14	-5,58	0,00	-1,06	-0,07	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	773,91	0,98	5,52	0,00	11,66	0,40	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	-2,62	0,02	-1,98	0,00	2,40	0,01	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	5,81	0,13	-3,48	0,00	3,73	0,05	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	-3,64	0,02	-3,26	0,00	3,50	0,01	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

Kombinace na mezní stav použitelnosti MSP

$$\Sigma \quad G_{k,j,i} \quad + \quad Q_{k,1} \quad + \quad \Sigma \quad \Psi_{0,i} \quad * \quad Q_{k,i}$$

MSP - PŘÍČNÍKY			UZ	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			mm		
TRÍDA	CO7	Stálé zatížení, vítr	-19,6	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO8	Stálé, chodci, vítr	-13,1	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO9	Stálé, chodci, teplota	-19,6	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSP Charakteristická
	CO10	Stálé, sníh, vítr	-8,3	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO11	Stálé, vozidlo	-7,4	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSP Charakteristická

Kombinace byly vytvořeny v programu Scia Engineer, kde byly zároveň rozkladem na jednotlivé obálky zkontrolovány přiřazené součinitele zatížení a tvorba kombinací.

6.3. Hlavní nosná konstrukce - diagonály

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$\psi_{0,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - PODÉLNÍKY			N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
TRÍDA	CO1	Stálé, vítr	-131,14	3,77	3,91	0,01	9,56	2,24	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	-231,30	4,83	3,92	0,00	-9,72	2,74	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	302,36	8,22	2,35	0,00	-7,46	4,76	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	-95,08	2,76	0,92	0,00	-1,54	1,68	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	-143,17	3,92	3,91	0,00	9,55	2,34	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	-132,62	3,77	1,29	0,00	0,83	2,28	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

Kombinace na mezní stav použitelnosti MSP

$$\Sigma G_{k,j,i} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

MSP - PODÉLNÍKY			uz	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			mm		
TRÍDA	CO7	Stálé zatížení, vítr	10,8	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO8	Stálé, chodci, vítr	12,1	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO9	Stálé, chodci, teplota	9,1	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSP Charakteristická
	CO10	Stálé, sníh, vítr	11,0	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO11	Stálé, vozidlo	2,1	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSP Charakteristická

Kombinace byly vytvořeny v programu Scia Engineer, kde byly zároveň rozkladem na jednotlivé obálky zkontrolovány přiřazené součinitele zatížení a tvorba kombinací.

6.4. Hlavní nosná konstrukce - horní pas

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$	
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$\psi_{0,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - HORNÍ PAS			N	V_y	V_z	M_x	M_y	M_z	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
TŘÍDA	CO1	Stálé, vítr	-239,71	-1,92	-1,13	0,00	-1,21	-1,52	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	-424,97	-1,92	-1,35	0,00	-1,87	-1,52	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	-427,56	0,13	-1,64	0,00	3,69	0,60	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	-173,57	0,00	-0,83	0,00	-0,88	-0,01	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	-261,72	-1,92	-1,16	0,00	-1,29	-1,52	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	-241,73	0,00	-1,14	0,00	-1,22	0,00	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

Kombinace na mezní stav použitelnosti MSP

$$\Sigma G_{k,j,i} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

MSP - HORNÍ PAS			u _y	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			mm		
TŘÍDA	CO7	Stálé zatížení, vítr	13,7	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO8	Stálé, chodci, vítr	13,7	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO9	Stálé, chodci, teplota	9,1	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSP Charakteristická
	CO10	Stálé, sníh, vítr	12,7	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO11	Stálé, vozidlo	2,1	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSP Charakteristická

Kombinace byly vytvořeny v programu Scia Engineer, kde byly zároveň rozkladem na jednotlivé obálky zkontrolovány přiřazené součinitele zatížení a tvorba kombinací.

6.6. Vodorovné ztužení

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$	
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$\psi_{0,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - ZTUŽENÍ			N	V_y	V_z	M_x	M_y	M_z	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
TŘÍDA	CO1	Stálé, vítr	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	76,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

Kombinace na mezní stav použitelnosti MSP

$$\Sigma G_{k,j,i} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

MSP - ZTUŽENÍ			uz	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			mm		
TŘÍDA	CO7	Stálé zatížení, vítr	-0,9	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO8	Stálé, chodci, vítr	-1,6	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO9	Stálé, chodci, teplota	-1,7	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSP Charakteristická
	CO10	Stálé, sníh, vítr	-1,0	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO11	Stálé, vozidlo	-1,0	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSP Charakteristická

Kombinace byly vytvořeny v programu Scia Engineer, kde byly zároveň rozkladem na jednotlivé obálky zkontrolovány přiřazené součinitele zatížení a tvorba kombinací.

6.5. Hlavní nosná konstrukce - spodní pas

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$	
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$\Psi_{0,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - SPODNÍ PAS			N	V _y	V _z	M _x	M _y	M _z	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm		
TŘÍDA	CO1	Stálé, vítr	28,6	0,2	7,6	0,0	3,3	0,1	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	49,8	0,2	13,4	0,0	6,8	0,1	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	126,0	0,6	13,0	0,0	12,0	0,2	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	19,9	0,1	5,0	0,0	2,6	0,0	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	31,2	0,2	8,3	0,0	3,6	0,1	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	27,6	0,1	7,3	0,0	3,6	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

Kombinace na mezní stav použitelnosti MSP

$$\Sigma G_{k,j,i} + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

MSP - SPODNÍ PAS			uz	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			mm		
TŘÍDA	CO7	Stálé zatížení, vítr	-6,7	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO8	Stálé, chodci, vítr	-12,2	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO9	Stálé, chodci, teplota	-18,8	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSP Charakteristická
	CO10	Stálé, sníh, vítr	-7,7	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSP Charakteristická
	CO11	Stálé, vozidlo	-6,8	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSP Charakteristická

Kombinace byly vytvořeny v programu Scia Engineer, kde byly zároveň rozkladem na jednotlivé obálky zkontrolovány přiřazené součinitele zatížení a tvorba kombinací.

6.6. Hlavní nosná konstrukce - sloup pilíře

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

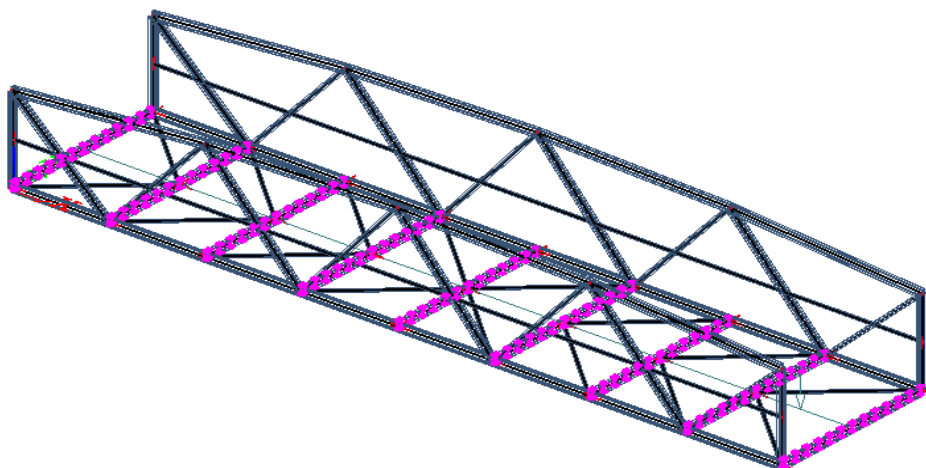
6.10	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$	
6.10a	Σ	Y_g	*	$G_{k,j,i}$		+	$Y_{Q,1}$	*	$\Psi_{0,1}$	*	$Q_{k,1}$	+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$
6.10b	Σ	ξ	*	Y_g	*	$G_{k,j,i}$	+	$Y_{Q,1}$	*	$Q_{k,1}$		+	Σ	$Y_{Q,i}$	*	$\Psi_{0,i}$	*	$Q_{k,i}$

MSÚ - SPODNÍ PAS			Rz/2	Rx/2	Ry/2	Vstupující zatěžovací stavy	Typ
			kN	kN	kN		
TRÍDA	CO1	Stálé, vítr	72,7	14,7	14,7	ZS1 + ZS2 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO2	Stálé, chodci, vítr	129,0	17,1	8,5	ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO3	Stálé, chodci, teplota	129,3	1,6	0,8	ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + ZS8+ZS9	EN-MSÚ soubor B
	CO4	Stálé (minimalizace)	53,8	0,0	0,0	ZS1 + ZS2	Lineární únosnost
	CO5	Stálé, sníh, vítr	79,0	14,7	8,2	ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS7	EN-MSÚ soubor B
	CO6	Stálé, vozidlo	75,1	0,0	0,0	ZS1 + ZS2 + ZS4	EN-MSÚ soubor B

7. Posouzení nosných prvků

7.1 Posouzení příčníků

IPE 200		počet:	1	ks
- materiál	S 355			
- výroba	válcovaný			
	$\varepsilon = (235 / f_y)^{0,5}$		=	0,81
- plocha	A =	2,85E-03	m ²	
- rozměry:				
výška	h =	200,000	mm	
šířka	b =	100,000	mm	
tl. pásnic	t _f =	8,500	mm	
tl. stojiny	t _w =	5,600	mm	
zaoblení	r =	12,000	mm	
výška stojiny	d =	159,000	mm	
- průřezové charakteristiky				
	I _y =	1,94E-05	m ⁴	
	I _z =	1,42E-06	m ⁴	
	i _y =	8,26E-02	m	
	i _z =	2,24E-02	m	
	i ₀ =	8,56E-02	m	
	I _w =	1,30E-08	m ⁶	
	I _t =	6,98E-08	m ⁴	
	W _{el,y} =	1,94E-04	m ³	
	W _{el,z} =	2,85E-05	m ³	
	W _{pl,y} =	2,21E-04	m ³	
	W _{pl,z} =	4,46E-05	m ³	
	Av =	1,40E-03	m ²	
- zatřídění průřezu				
- stojina				
	d =	1,59E+02	mm	
	t =	5,60E+00	mm	
	d / t =	1,59E+02	/	5,60
		= 2,84E+01		=
◦ Stojina - ohyb				
	d / t <	72	*	ε
	28,39 <	72	*	0,81
	28,39 <	58,58		i ₂
	Třída 1			
◦ Stojina - tlak				
	d / t <	33	*	ε
	28,39 <	33	*	0,00
	28,39 <	0,00		
	Vyšší třída			
- pásnice				
	d =	1,00E+02	mm	
	t =	5,60E+00	mm	
	d / t =	1,00E+02	/	5,60
		= 1,79E+01		
◦ Pásnice - tlak				
	d / t <	33	*	ε
	17,86 <	33	*	0,81
	17,86 <	26,85		
	Třída 1			



Extrémní hodnoty vnitřních sil						
	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kN]
min	-6,18	0,02	-5,58	0,00	-1,06	-0,07
max	773,91	0,98	5,52	0,00	11,66	0,40

7.1.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

7.1.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 2848,41 \text{ mm}^2$
 - mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$
 $\gamma_{M0} = 1,00$ -

- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,85E+03 \cdot 355}{1,00} = 1\,011,19 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{773,91}{1\,011,19} = 0,765349 = 76,53 \%$$

7.1.1.2. Rovinný vzpěr

y-y $L_{cr,y} = 4000 \text{ mm}$ - vzpěrná délka v uvažované rovině

$i_y = 82,59 \text{ mm}$

$\varepsilon = 0,81$ -

křivka vzpěru α (dle tabulek ocelových průřezů)

$\alpha = 0,21$ -

- štíhlost

$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$ -

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4000}{82,59} \cdot \frac{1}{76,399} = 0,634$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_y - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_y \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,21 \left(0,634 - 0,2 \right) \right) + 0,4 \\ &= 0,744 \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \chi_y &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \\ &= \frac{1}{0,74 + \sqrt{0,554 - 0,4}} = 0,882 \end{aligned}$$

z-z

$$L_{cr,z} = 250 \text{ mm}$$

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

$$\varepsilon = 0,81 \text{ -}$$

křivka vzpěru b (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,34 \text{ -}$$

- štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * 0,81 = 76,399 \text{ -}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_z = \frac{L_{cr,z} * 1}{i_y \lambda_1} = \frac{250}{22,36} \frac{1}{76,399} = 0,146 \text{ -}$$

$$\phi_y = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda'_z - 0,2)) + \lambda'^2_y = 0,5 * (1 + 0,34 (0,146 - 0,2)) + 0 = 0,505 \text{ -}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{0,51 + \sqrt{0,255 - 0}} = 1,011 \text{ -}$$

7.1.1.3. Kroucení

$$L_{cr,T} = 250 \text{ mm}$$

$$i_0 = 85,57 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 0,21 \text{ -}$$

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21 \text{ -}$$

$$I_w = 1,30E+10 \text{ mm}^6$$

$$I_t = 6,98E+04 \text{ mm}^4$$

$$N_{CR,T} = \frac{1}{i_0^2} (G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2}) = \frac{1}{7322} (81000 * 7,0E+04 + \frac{\pi^2 * 2E+05 * 1E+10}{62500}) = 59\,598 \text{ kN}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_T = \sqrt{\frac{f_y * A}{N_{CR,T}}} = \sqrt{\frac{355 * 3E+03}{59\,598}} = 0,130 \text{ -}$$

$$\phi_T = 0,5 * (1 + \alpha (\lambda'_T - 0,2)) + \lambda'^2_y = 0,5 * (1 + 0,21 (0,13 - 0,2)) + 0 = 0,502 \text{ -}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_T = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda'^2_z}} = \frac{1}{0,50 + \sqrt{0,252 - 0}} = 1,014 \text{ -}$$

7.1.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$N_{Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,882 * 3E+03 * 0,36}{1,00} = 891,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{773,91}{891,40} = 0,868 \leq 1,00 \rightarrow 86,82 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- vzpěrné únosnosti z-z

$$N_{Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,011 * 3E+03 * 0,36}{1,00} = 1022,39 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{773,91}{1022,39} = 0,757 \leq 1,00 \rightarrow 75,70 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- krut

$$N_{Rd,T} = \frac{\chi_T * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,014 * 3E+03 * 0,36}{1,00} = 1025,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{773,91}{1025,74} = 0,754 \leq 1,00 \rightarrow 75,45 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.1.2. MSÚ - Posouzení na posouvající sílu

$$A_v = 1400,01 \text{ mm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1400 * 355}{1,00} / \sqrt{3} = 286,95 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,pl,Ed,max}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{0,98}{286,95} = 0 \leq 1,00 \rightarrow 0,34 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

Průřez vyhoví na námáná smykem ve směru z, bez nutnosti redukce momentové únosnosti. Lze předpokládat, že vyhoví s dostatečnou rezervou i ve směru y, jelikož je přenášén pásnicemi, jejichž plocha je větší než plocha stojiny.

7.1.3. MSÚ - Posouzení na ohybové momenty

Klopení průřezu je zabráněno připojením trapézového plechu v každé vlně.

7.1.3.1 Dvouosý ohyb

$$\begin{aligned} y-y \quad W_{pl,y} &= 2,21E-04 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ \gamma_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 2,2E-04}{1,00} = 78,33 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,Rd}} = \frac{11,66}{78,33} = 0,15 \leq 1,00 \rightarrow 14,89 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

$$\begin{aligned} y-y \quad W_{pl,z} &= 2,21E-04 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ \gamma_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{pl,y}}{Y_{M0}} = \frac{4E+05 * 2,2E-04}{1,00} = 78,33 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,4}{78,33} = 0,01 \leq 1,00 \rightarrow 0,51 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.1.3.2 Kombinace ohybu a normálové síly

- součinitele interakce

$$\begin{aligned} k_{yy} &= 1 \\ k_{yz} &= 0,6 \\ k_{zz} &= 1 \\ k_{zy} &= 0,6 \\ \chi_{LT} &= 1 \end{aligned}$$

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{Y_{M1}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}}{Y_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{Y_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{\frac{773,91}{0,882 * 1\,011,19}}{1,00} + 1 \frac{\frac{11,66}{1 * 78,33}}{1,00} + 0,6 \frac{\frac{0,4}{78,33}}{1,00} \leq 1,00$$

$$1,00 \leq 1,00$$

Vyhovuje

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{Y_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}}{Y_{M1}} + k_{zz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{Y_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{\frac{773,91}{0,882 * 1\,011,19}}{1,00} + 0,6 \frac{\frac{11,66}{1 * 78,33}}{1,00} + 1 \frac{\frac{0,4}{78,33}}{1,00} \leq 1,00$$

$$0,96 \leq 1,00$$

Vyhovuje

7.1.4. MSP - Posouzení příčníků

- mezní dovolený průhyb

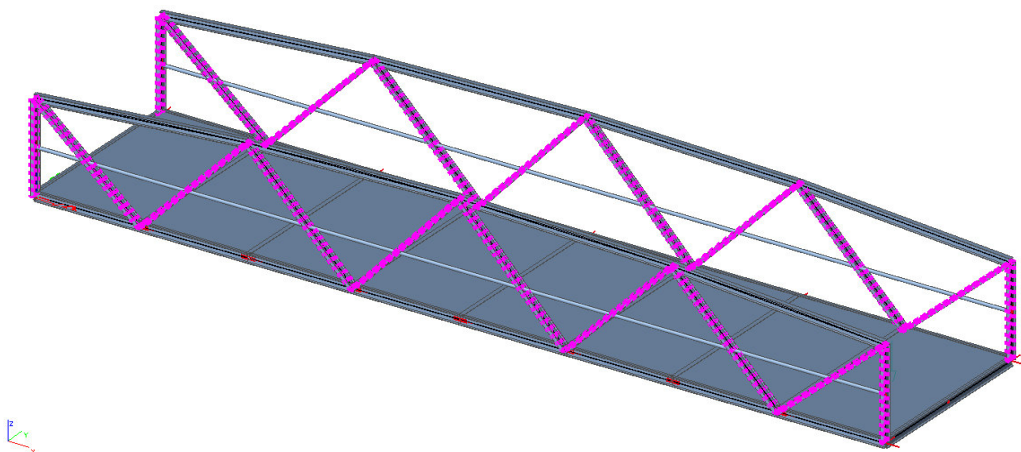
$$\frac{L}{200} = \frac{4000}{200} = 20 \text{ mm}$$

- maximální mezní průhyb od charakteristické kombinace (výsledek programu scia)

$$\delta = 19,6 \text{ mm}$$

$$19,6 \leq 20,00$$

Vyhovuje



Extrémní hodnoty vnitřních sil						
	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kN]	M _y [kN]	M _z [kN]
min	-231,3	2,76	0,92	0	-9,72	1,68
max	302,36	8,22	3,92	0,01	9,56	4,76

7.2.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

7.2.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 2,39\text{E}+03 \text{ mm}^2$
- mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$
- $\gamma_{M0} = 1,00$ -

- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,39\text{E}+03 \cdot 355}{1,00} = 850,13 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{231,3}{850,13} = 0,272076 = 27,21 \%$$

7.2.1.2. Rovinný vzpěr

y-y

$$L_{cr,y} = 2200 \text{ mm}$$

$$i_y = 7,42\text{E}+01 \text{ mm}$$

$$\epsilon = 0,81$$

křivka vzpěru α (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21$$

- štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{2200}{74,16} \cdot \frac{1}{76,399} = 0,388$$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda'_y - 0,2) \right) + \lambda_y'^2 \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot (0,388 - 0,2) \right) + 0,2 \\ &= 0,594 \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \chi_y &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y'^2}} \\ &= \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,353 - 0,2}} = 0,958 \end{aligned}$$

z-z

$$L_{cr,z} = 2200 \text{ mm}$$

$$i_z = 20,52 \text{ mm}$$

$$\epsilon = 0,81$$

křivka vzpěru b (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,34 \\ - \text{štíhlost} \\ \lambda_1 &= 93,9 \cdot 0,81 = 76,399 \\ - \text{poměrná štíhlost} \\ \lambda'_z &= \frac{L_{cr,z}}{i_y} \cdot 1 = \frac{2200}{20,52} \cdot \frac{1}{76,399} = 1,403 \\ \phi_y &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_z - 0,2 \right) \right) + \lambda_y'^2 \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,3 \left(1,403 - 0,2 \right) \right) + 2 \\ &= 1,605 \\ - \text{součinitel vzpěrnosti} \\ \chi_z &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{1,60 + \sqrt{2,576 - 2}} = 0,420 \end{aligned}$$

7.2.1.3. Kroucení

$$\begin{aligned} L_{cr,T} &= 2200 \text{ mm} \\ i_0 &= 76,95 \text{ mm} \\ \varepsilon &= 0,81 \\ \text{křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)} \\ \alpha &= 0,21 \\ I_w &= 7,43E+09 \text{ mm}^6 \\ I_t &= 4,79E+04 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{CR,T} &= \frac{1}{i_0^2} \left(G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2} \right) = \\ &= \frac{1}{5921} \left(81000 \cdot 4,8E+04 + \frac{\pi^2 \cdot 2E+05 \cdot 7E+09}{4840000} \right) = \\ &= 1193 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{poměrná štíhlost} \\ \lambda'_T &= \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{CR,T}}} = \sqrt{\frac{355 \cdot 2E+03}{1193}} = 0,844 \\ \phi_T &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_T - 0,2 \right) \right) + \lambda_y'^2 \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \left(0,84 - 0,2 \right) \right) + 0,7 \\ &= 0,921 \\ - \text{součinitel vzpěrnosti} \\ \chi_T &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,848 - 0,7}} = 0,776 \end{aligned}$$

7.2.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$\begin{aligned} N_{Rd,y} &= \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{0,958 \cdot 2E+03 \cdot 0,36}{1,00} = 814,28 \text{ kN} \\ \frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} &= \frac{231,3}{814,28} = 0,284 \leq 1,00 \rightarrow 28,41 \% \text{ využití průřezu} \\ &\quad \text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

- vzpěrné únosnosti z-z

$$\begin{aligned} N_{Rd,z} &= \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{0,420 \cdot 2E+03 \cdot 0,36}{1,00} = 302,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{231,3}{356,66} = 0,649 \leq 1,00 \rightarrow 64,85 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- krut

$$N_{Rd,T} = \frac{\chi_T \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,776 \cdot 2E+03 \cdot 0,36}{1,00} = 659,86 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{231,3}{659,86} = 0,351 \leq 1,00 \rightarrow 35,05 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.2. MSÚ - Posouzení na posouvající sílu

$$A_v = 1,13E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{1125 \cdot 355}{1,00} / \sqrt{3} = 230,61 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,pl,Ed,max}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{8,22}{230,61} = 0,0356 \leq 1,00 \rightarrow 3,56 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

Průřez vyhoví na námáná smykem ve směru z, bez nutnosti redukce momentové únosnosti. Lze předpokládat, že vyhoví s dostatečnou rezervou i ve směru y, jelikož je přenášén pásnicemi, jejichž plocha je větší než plocha stojiny.

7.2.3. MSÚ - Posouzení na ohybové momenty

7.2.3.1 Klopení

- teoretická výška průřezu

$$h_0 = h - t_f = 180 - 8,0 = 172 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$a_i = h_0 / 2 = 172 / 2 = 86 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$z_1 = h_0 / 2 = 172 / 2 = 86 \text{ mm}$$

- vzdálenost středu smyku Cs od bodu Cw ležícího v polovině teoretické výšky průřezu

$$a_c = 0$$

- poloměr setrvačnosti tlačného pásu

$$\begin{aligned} i_{z1} &= \sqrt{\left(\frac{I_z}{I_y} \cdot z_1 \cdot a_i \right)} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{1,0E+06}{1,3E+07} \cdot 86 \cdot 86 \right)} = \\ &= 23,80 \text{ mm} \end{aligned}$$

- návrhový ohybový moment

$$M_{Sd} = 9,72 \text{ kNm}$$

- vzpěrné délky

$$\begin{aligned} L_z &= 2200 \text{ mm} \\ L_w &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- uvažujeme nepříznivý vliv působení zatížení

$$e_z = -90 \text{ mm}$$

- součinitele κ

$$\begin{aligned} \kappa_M &= 0,94 \\ \kappa &= 0,5 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{parabolický průběh ohybového momentu} \\ \text{příčné zatížení prutu} \end{array}$$

- parametr kroucení

$$\begin{aligned} \alpha_t &= 0,62 \frac{L_z}{h_0} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = 0,6 \frac{2200}{172} \sqrt{\frac{4,8E-08}{1,0E-06}} = \\ &= 1,73 \end{aligned}$$

- parametr deplanace průřezu

$$\delta = \frac{2}{h_0} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z}} = \frac{2}{172} \sqrt{\frac{7,4E+09}{1,0E+06}} = 1,00$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{h_0}{2} \sqrt{\delta^2 \left(\frac{L_\omega}{L_z} \right)^2 + \left(\frac{2\alpha_t}{\pi} \right)^2} = \\ &= \frac{172}{2} \sqrt{0,9963 \left(\frac{2E+03}{2E+03} \right)^2 + \left(\frac{3,457}{\pi} \right)^2} = \\ &= 127,76 \text{ mm} \end{aligned}$$

- součinitel štíhlosti

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{86}}} + \sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{86}}^2 + \left(\frac{C}{ai} \right)^2} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{0,5 \frac{0 + -90}{86}}} + \sqrt{0,5 \frac{0 + -90}{86}}^2 + \left(\frac{127,8}{86} \right)^2} = \\ \gamma &= 0,975 \end{aligned}$$

- kritická štíhlost klopení

$$\begin{aligned} \lambda &= \gamma * \kappa_M * \frac{L_z}{i_{z1}} = \\ &= 0,975 * 0,94 * \frac{2200}{23,80} = 84,73 \end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl}}{W_{el}}} = \frac{84,7}{76,4} \sqrt{\frac{1,7E-04}{1,5E-04}} = 1,18$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 * \left(1 + \alpha \left(\lambda'_{LT} - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_{LT} \\ &= 0,5 * \left(1 + 0,2 \left(1,183 - 0,2 \right) \right) + 1,4 \\ &= 1,298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2_y}} = \\ &= \frac{1}{1,30 + \sqrt{1,684 - 1,4}} = 0,546 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} * W_{pl} * f_y / Y_{M1} = \\ &= 0,546 * 2E+05 * 355 / 1,00 = 32,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{b,Rd}} = \frac{9,72}{32,25} = 0,3014 \leq 1,00 \rightarrow 30,14 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.2 Dvouosý ohyb

$$\begin{aligned} y-y \quad W_{pl,y} &= 1,66E-04 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ Y_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{pl,y}}{Y_{M0}} = \frac{355 * 1,66E-04}{1,00} = 59,08 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,Rd}} = \frac{9,72}{59,08} = 0,1645 < 1,00 \rightarrow 16,45 \% \text{ využití průřezu}$$

$$\frac{M_{y,Rd}}{59,08} = 0,1075 \leq 1,00 \rightarrow 10,75 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

y-y

$$W_{pl,z} = 3,46E-05 \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 3,46E-05}{1,00} = 12,28 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,Rd}} = \frac{4,76}{12,28} = 0,3875 \leq 1,00 \rightarrow 38,75 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.3 Kombinace ohybu a normálové síly

- brán konzervativní přístup díky různým tvarům průběhů momentů

$$k_{yy} = 1$$

$$k_{yz} = 0,6$$

$$k_{zz} = 1$$

$$k_{zy} = 0,6$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{231,3}{0,958 \cdot 850,1} + 1 \cdot \frac{9,72}{0,546 \cdot 59,08} + 0,6 \cdot \frac{4,76}{12,28} \leq 1,00$$

$$0,82 \leq 1,00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{231,3}{0,958 \cdot 850,1} + 0,6 \cdot \frac{9,72}{0,546 \cdot 59,08} + 1 \cdot \frac{4,76}{12,28} \leq 1,00$$

$$0,85 \leq 1,00$$

Vyhovuje

7.2.4. MSP - Posouzení příčníků

- mezní dovolený průhyb

$$\frac{L}{250} = \frac{3515}{250} = 14,06 \text{ mm}$$

- maximální mezní průhyb od charakteristické kombinace (výsledek programu scia)

$$\delta = 12,1 \text{ mm}$$

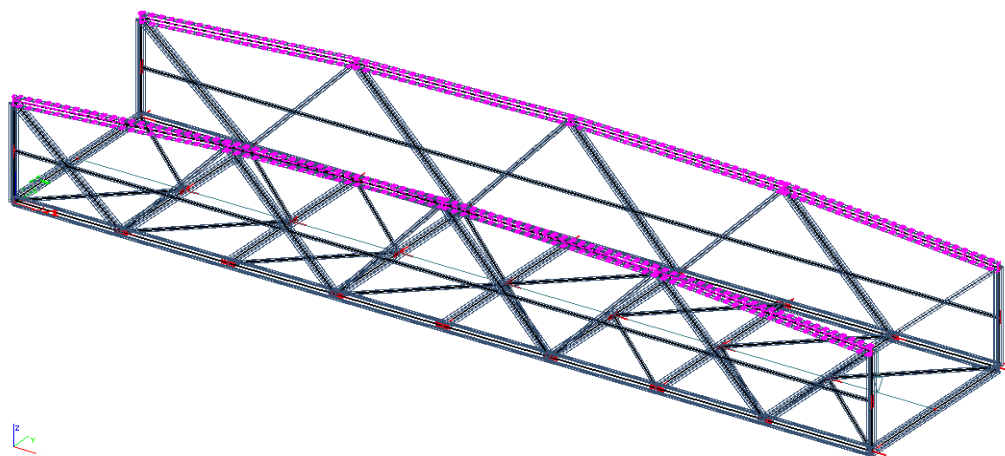
$$12,1 \leq 14,06$$

Vyhovuje

7. Posouzení nosných prvků

7.3 Posouzení horního pasu

IPE 300		počet:	2	ks
- materiál	S 355			
- výroba	válcovaný			
	ϵ	$= (235 / f_y)^{0,5}$	=	0,81
- plocha	A	= 1,08E-02	m ²	
- rozměry:				
výška	h	= 300,000	mm	
šířka	b	= 300,000	mm	
tl. pásnic	tf	= 10,700	mm	
tl. stojiny	tw	= 14,200	mm	
zaoblení	r	= 15,000	mm	
výška stojiny	d	= 248,600	mm	
- průřezové charakteristiky				
	I_y	= 1,67E-04	m ⁴	
	I_z	= 1,21E-05	m ⁴	
	i_y	= 1,25E-01	m	
	i_z	= 3,35E-02	m	
	i_0	= 1,29E-01	m	
	I_w	= 2,52E-07	m ⁶	
	I_t	= 4,02E-07	m ⁴	
	$W_{el,y}$	= 1,11E-03	m ³	
	$W_{el,z}$	= 1,61E-04	m ³	
	$W_{pl,y}$	= 1,26E-03	m ³	
	$W_{pl,z}$	= 2,50E-04	m ³	
	Av	= 5,14E-03	m ²	
- zatřídění průřezu				
- stojina				
	d	= 2,49E+02	mm	
	t	= 1,42E+01	mm	
	d / t	= 2,49E+02	/	14,20
		= 1,75E+01		
◦ Stojina - ohyb	d / t	< 72	*	ϵ
	17,51	< 72	*	0,81
	17,51	< 58,58		i2
		Třída 1		
◦ Stojina - tlak	d / t	< 33	*	ϵ
	17,51	< 33	*	0,00
	17,51	< 0,00		
		Vyšší třída		
- pásnice				
	d	= 3,00E+02	mm	
	t	= 1,42E+01	mm	
	d / t	= 3,00E+02	/	14,20
		= 2,11E+01		
◦ Pásnice - tlak	d / t	< 33	*	ϵ
	21,13	< 33	*	0,81
	21,13	< 26,85		
		Třída 1		



Extrémní hodnoty vnitřních sil						
	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kN]
min	-427,56	-1,92	-1,64	0	-1,87	-1,52
max	-173,57	0,13	-0,83	0	3,69	0,6

7.3.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

7.3.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 1,08E+04 \text{ mm}^2$

- mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$

$\gamma_{M0} = 1,00$

- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,08E+04 \cdot 355}{1,00} = 3\,820,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{427,56}{3\,820,65} = 0,111908 = 11,19 \%$$

7.2.1.2. Rovinný vzpěr

y-y

$L_{cr,y} = 4500 \text{ mm}$

$i_y = 124,61 \text{ mm}$

$\varepsilon = 0,81$

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$\alpha = 0,21$

- štíhlost

$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$

- poměrná štíhlost

$\lambda'_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4500}{124,61} \cdot \frac{1}{76,399} = 0,473$

$\phi_y = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_y - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_y$

$= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \left(0,473 - 0,2 \right) \right) + 0,2$

$= 0,639$

- součinitel vzpěrnosti

$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{0,64 + \sqrt{0,408 - 0,2}} = 0,936$

z-z

$L_{cr,z} = 4500 \text{ mm}$

$i_z = 33,50 \text{ mm}$

$\varepsilon = 0,81$

křivka vzpěru b (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,34 \\ - \text{štíhlost} \\ \lambda_1 &= 93,9 * 0,81 = 76,399 \\ - \text{poměrná štíhlost} \\ \lambda'_z &= \frac{L_{cr,z}}{i_y} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4500}{33,50} * \frac{1}{76,399} = 1,758 \\ \phi_y &= 0,5 * (1 + \alpha (\lambda'_z - 0,2)) + \lambda_y'^2 \\ &= 0,5 * (1 + 0,3 (1,758 - 0,2)) + 3,1 \\ &= 2,202 \\ - \text{součinitel vzpěrnosti} \\ \chi_z &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{2,20 + \sqrt{4,848 - 3,1}} = 0,284 \end{aligned}$$

7.2.1.3. Kroucení

$$L_{cr,T} = 4500 \text{ mm}$$

$$i_0 = 129,04 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21$$

$$I_w = 2,52E+11 \text{ mm}^6$$

$$I_t = 4,02E+05 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} N_{CR,T} &= \frac{1}{i_0^2} (G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2}) = \\ &= \frac{1}{####} (81000 * 4,0E+05 + \frac{\pi^2 * 2E+05 * 3E+11}{20250000}) = \\ &= 3506 \text{ kN} \end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_T = \sqrt{\frac{f_y * A}{N_{CR,T}}} = \sqrt{\frac{355 * 1E+04}{3506}} = 1,044$$

$$\begin{aligned} \phi_T &= 0,5 * (1 + \alpha (\lambda'_T - 0,2)) + \lambda_y'^2 \\ &= 0,5 * (1 + 0,2 (1,04 - 0,2)) + 1,1 \\ &= 1,129 \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \chi_T &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{1,13 + \sqrt{1,275 - 1,1}} = 0,641 \end{aligned}$$

7.2.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$\begin{aligned} N_{Rd,y} &= \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{0,936 * 1E+04 * 0,36}{1,00} = 3574,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{427,56}{3574,22} = 0,12 \leq 1,00 \rightarrow 11,96 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- vzpěrné únosnosti z-z

$$\begin{aligned} N_{Rd,z} &= \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{0,284 * 1E+04 * 0,36}{1,00} = 1022,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{427,56}{1083,21} = 0,395 \leq 1,00 \rightarrow 39,47 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- krut

$$N_{Rd,T} = \frac{\chi_T \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,641 \cdot 1E+04 \cdot 0,36}{1,00} = 2449,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{427,56}{2449,09} = 0,175 \leq 1,00 \rightarrow 17,46 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.2. MSÚ - Posouzení na posouvající sílu

$$A_v = 5,14E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{5136 \cdot 355}{1,00} / \sqrt{3} = 1052,74 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,pl,Ed,max}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{0,13}{1052,74} = 0,0001 \leq 1,00 \rightarrow 0,01 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

Průřez vyhoví na námáhaná smykem ve směru z, bez nutnosti redukce momentové únosnosti. Lze předpokládat, že vyhoví s dostatečnou rezervou i ve směru y, jelikož je přenášen pásnicemi, jejichž plocha je větší než plocha stojiny.

7.2.3. MSÚ - Posouzení na ohybové momenty

7.2.3.1 Klopení

- teoretická výška průřezu

$$h_0 = h - t_f = 300 - 10,7 = 289,3 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$a_i = h_0 / 2 = 289 / 2 = 144,7 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$z_1 = h_0 / 2 = 289 / 2 = 144,7 \text{ mm}$$

- vzdálenost středu smyku Cs od bodu Cw ležícího v polovině teoretické výšky průřezu

$$a_c = 0$$

- poloměr setrvačnosti tlačného pásu

$$i_{z1} = \sqrt{\left(\frac{I_z}{I_y} \cdot z_1 \cdot a_i \right)} = \sqrt{\left(\frac{1,2E+07}{1,7E+08} \cdot 145 \cdot 144,7 \right)} = 38,88 \text{ mm}$$

- návrhový ohybový moment

$$M_{Sd} = 3,69 \text{ kNm}$$

- vzpěrné délky

$$L_z = 2200 \text{ mm}$$

$$L_w = 2200 \text{ mm}$$

- uvažujeme nepříznivý vliv působiště zatížení

$$e_z = -150 \text{ mm}$$

- součinitele κ

$$\begin{aligned} \kappa_M &= 0,94 & \text{parabolický průběh ohybového momentu} \\ \kappa &= 0,5 & \text{příčné zatížení prutu} \end{aligned}$$

- parametr kroucení

$$\begin{aligned} \alpha_t &= 0,62 \frac{L_z}{h_0} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = 0,6 \frac{2200}{289,3} \sqrt{\frac{4,0E-07}{1,2E-05}} = \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

- parametr deplanace průřezu

$$\delta = \frac{2}{h_0} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z}} = \frac{2}{289} \sqrt{\frac{2,5E+11}{1,2E+07}} = 1,00$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{h_0^2}{2} \sqrt{\delta^2 \left(\frac{L_\omega}{L_z} \right)^2 + \left(\frac{2\alpha_t}{\pi} \right)^2} = \\ &= \frac{289^2}{2} \sqrt{0,9968 \left(\frac{2E+03}{2E+03} \right)^2 + \left(\frac{1,721}{\pi} \right)^2} = \\ &= 164,74 \text{ mm} \end{aligned}$$

- součinitel štíhlosti

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ai}}} + \sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ai}}^2 + \left(\frac{C}{ai} \right)^2} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{0,5 \frac{0 + -150}{144,65}}} + \sqrt{0,5 \frac{0 + -150}{145}}^2 + \left(\frac{164,7}{144,7} \right)^2} = \\ \gamma &= 1,168 \end{aligned}$$

- kritická štíhlost klopení

$$\begin{aligned} \lambda &= \gamma \cdot \kappa_M \cdot \frac{L_z}{i_{z1}} = \\ &= 1,168 \cdot 0,94 \cdot \frac{2200}{38,88} = 62,13 \end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl}}{W_{el}}} = \frac{62,1}{76,4} \sqrt{\frac{1,3E-03}{1,1E-03}} = 0,86$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_{LT} - 0,2 \right) \right) + \lambda'_{LT}^2 \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \left(0,864 - 0,2 \right) \right) + 0,7 \\ &= 0,939 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi^2 - \lambda_v'^2}} = \\ &= \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,882 - 0,7}} = 0,764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} \cdot W_{pl} \cdot f_y / Y_{M1} = \\ &= 0,764 \cdot 1E+06 \cdot 355 / 1,00 = 340,9 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{b,Rd}} = \frac{3,69}{340,91} = 0,0108 \leq 1,00 \rightarrow 1,08 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.2 Dvouosý ohyb

$$\begin{aligned} y-y & & W_{pl,y} &= 1,26E-03 \text{ m}^3 \\ & & f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ & & \gamma_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{4E+05 \cdot 1,3E-03}{1,00} = 446,13 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,Rd}} = \frac{3,69}{446,13} = 0,0083 < 1,00 \rightarrow 0,83 \% \text{ využití průřezu}$$

$$\frac{M_{y,Rd}}{M_{y,Rd}} = \frac{446,13}{446,13} = 1,00 \leq 1,00 \rightarrow 0,00 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

y-y

$$W_{pl,z} = 2,50E-04 \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 2,5E-04}{1,00} = 88,91 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,6}{88,91} = 0,0067 \leq 1,00 \rightarrow 0,67 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.3 Kombinace ohybu a normálové síly

- brán konzervativní přístup díky různým tvarům průběhů momentů

$$k_{yy} = 1$$

$$k_{yz} = 0,6$$

$$k_{zz} = 1$$

$$k_{zy} = 0,6$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{427,56}{0,936 \cdot 3\,820,7} + 1 \cdot \frac{3,69}{0,764 \cdot 446,13} + 0,6 \cdot \frac{0,6}{88,91} \leq 1,00$$

$$0,13 \leq 1,00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{427,56}{0,936 \cdot 3\,820,7} + 0,6 \cdot \frac{3,69}{0,764 \cdot 446,13} + 1 \cdot \frac{0,6}{88,91} \leq 1,00$$

$$0,13 \leq 1,00$$

Vyhovuje

7.2.4. MSP - Posouzení horního pasu

- mezní dovolený průhyb

$$\frac{L}{100} = \frac{4500}{100} = 45 \text{ mm}$$

- maximální mezní průhyb od charakteristické kombinace (výsledek programu scia)

$$\delta = 13,7 \text{ mm}$$

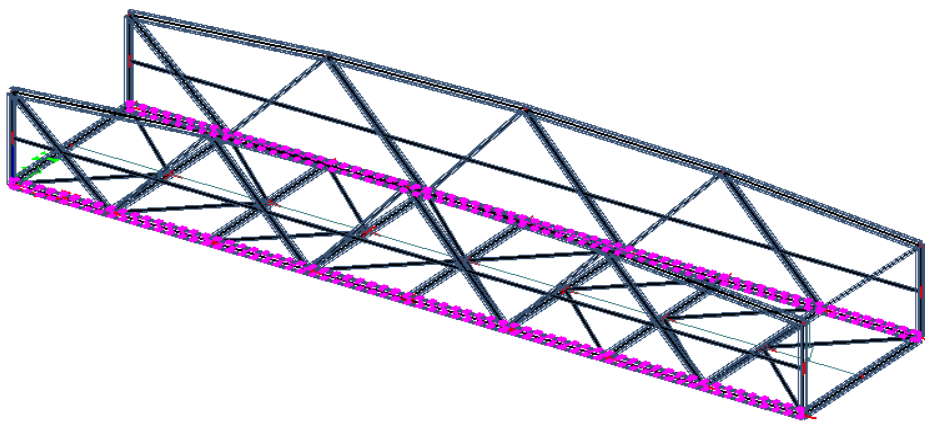
$$13,7 \leq 45,00$$

Vyhovuje

7. Posouzení nosných prvků

7.4 Posouzení dolního pasu

HEB 300		počet:	1	ks
- materiál	S	355		
- výroba	válcovaný			
	ϵ	$= (235 / f_y)^{0,5}$		0,81
- plocha	A	$= 1,49E-02$	m^2	
- rozměry:				
výška	h	$= 300,000$	mm	
šířka	b	$= 300,000$	mm	
tl. pásnic	tf	$= 19,000$	mm	
tl. stojiny	tw	$= 11,000$	mm	
zaoblení	r	$= 27,000$	mm	
výška stojiny	d	$= 208,000$	mm	
- průřezové charakteristiky				
	I_y	$= 2,52E-04$	m^4	
	I_z	$= 8,56E-05$	m^4	
	i_y	$= 1,30E-01$	m	
	i_z	$= 7,58E-02$	m	
	i_0	$= 1,50E-01$	m	
	I_w	$= 1,69E-06$	m^6	
	I_t	$= 1,85E-06$	m^4	
	$W_{el,y}$	$= 1,68E-03$	m^3	
	$W_{el,z}$	$= 5,71E-04$	m^3	
	$W_{pl,y}$	$= 1,87E-03$	m^3	
	$W_{pl,z}$	$= 8,70E-04$	m^3	
	Av	$= 4,74E-03$	m^2	
- zatřídění průřezu				
- stojina				
	d	$= 2,08E+02$	mm	
	t	$= 1,10E+01$	mm	
	d / t	$= 2,08E+02$	/	11,00
		$= 1,89E+01$		
◦ Stojina - ohyb	d / t	< 72	*	ϵ
	18,91	< 72	*	0,81
	18,91	$< 58,58$		i2
		Třída 1		
◦ Stojina - tlak	d / t	< 33	*	ϵ
	18,91	< 33	*	0,00
	18,91	$< 0,00$		
		Vyšší třída		
- pásnice				
	d	$= 3,00E+02$	mm	
	t	$= 1,10E+01$	mm	
	d / t	$= 3,00E+02$	/	11,00
		$= 2,73E+01$		
◦ Pásnice - tlak	d / t	< 33	*	ϵ
	27,27	< 33	*	0,81
	27,27	$< 26,85$		
		Vyšší třída		



Extrémní hodnoty vnitřních sil						
	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kN]
min	19,86	0,05	5,04	0	2,55	0,02
max	126	0,57	13,36	0	11,95	0,24

7.3.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

7.3.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 1,49E+04 \text{ mm}^2$

- mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$

$\gamma_{M0} = 1,00$

- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,49E+04 \cdot 355}{1,00} = 5\,292,26 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{126}{5\,292,26} = 0,023808 = 2,38 \%$$

7.2.1.2. Rovinný vzpěr

y-y

$L_{cr,y} = 4500 \text{ mm}$

$i_y = 129,93 \text{ mm}$

$\varepsilon = 0,81$

křivka vzpěru α (dle tabulek ocelových průřezů)

$\alpha = 0,21$

- štíhlost

$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$

- poměrná štíhlost

$\lambda'_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4500}{129,93} \cdot \frac{1}{76,399} = 0,453$

$\phi_y = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda'_y - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_y$

$= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \left(0,453 - 0,2 \right) \right) + 0,2$

$= 0,628$

- součinitel vzpěrnosti

$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{0,63 + \sqrt{0,3945 - 0,2}} = 0,941$

z-z

$L_{cr,z} = 4500 \text{ mm}$

$i_z = 75,79 \text{ mm}$

$\varepsilon = 0,81$

křivka vzpěru b (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,34 \\ - \text{štíhlost} \\ \lambda_1 &= 93,9 * 0,81 = 76,399 \\ - \text{poměrná štíhlost} \\ \lambda'_z &= \frac{L_{cr,z}}{i_y} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{4500}{75,79} * \frac{1}{76,399} = 0,777 \\ \phi_y &= 0,5 * \left(1 + \alpha \left(\lambda'_z - 0,2 \right) + \lambda_y'^2 \right) \\ &= 0,5 * \left(1 + 0,3 \left(0,777 - 0,2 \right) + 0,6 \right) \\ &= 0,860 \\ - \text{součinitel vzpěrnosti} \\ \chi_z &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{0,86 + \sqrt{0,7391 - 0,6}} = 0,815\end{aligned}$$

7.2.1.3. Kroucení

$$L_{cr,T} = 4500 \text{ mm}$$

$$i_0 = 150,42 \text{ mm}$$

$$\varepsilon = 0,81$$

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21$$

$$I_w = 1,69E+12 \text{ mm}^6$$

$$I_t = 1,85E+06 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}N_{CR,T} &= \frac{1}{i_0^2} \left(G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2} \right) = \\ &= \frac{1}{####} \left(81000 \cdot 1,9E+06 + \frac{\pi^2 \cdot 2E+05 \cdot 2E+12}{20250000} \right) = \\ &= 14\,260 \text{ kN}\end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_T = \sqrt{\frac{f_y * A}{N_{CR,T}}} = \sqrt{\frac{355 * 1E+04}{14\,260}} = 0,609$$

$$\begin{aligned}\phi_T &= 0,5 * \left(1 + \alpha \left(\lambda'_T - 0,2 \right) + \lambda_y'^2 \right) \\ &= 0,5 * \left(1 + 0,2 \left(0,61 - 0,2 \right) + 0,4 \right) \\ &= 0,726\end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\begin{aligned}\chi_T &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} = \\ &= \frac{1}{0,73 + \sqrt{0,5278 - 0,4}} = 0,891\end{aligned}$$

7.2.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$\begin{aligned}N_{Rd,y} &= \frac{\chi_y * A * f_y}{Y_{M1}} = \\ &= \frac{0,941 * 1E+04 * 0,36}{1,00} = 4979,47 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{126}{4979,47} = 0,0253 \leq 1,00 \rightarrow 2,53 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- vzpěrné únosnosti z-z

$$\begin{aligned}N_{Rd,z} &= \frac{\chi_z * A * f_y}{Y_{M1}} = \\ &= \frac{0,815 * 1E+04 * 0,36}{1,00} = 4312,10 \text{ kN}\end{aligned}$$

1,00

-

4312,10

kN

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{126}{4312,10} = 0,0292 \leq 1,00 \rightarrow 2,92 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

- krut

$$N_{Rd,T} = \frac{\chi_T \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,891 \cdot 1E+04 \cdot 0,36}{1,00} = 4715,66 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{126}{4715,66} = 0,0267 \leq 1,00 \rightarrow 2,67 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje**7.2.2. MSÚ - Posouzení na posouvající sílu**

$$A_v = 4,74E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{4743 \cdot 355}{1,00} / \sqrt{3} = 972,08 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,pl,Ed,max}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{0,57}{972,08} = 0,0006 \leq 1,00 \rightarrow 0,06 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

Průřez vyhoví na námáha smykem ve směru z, bez nutnosti redukce momentové únosnosti. Lze předpokládat, že vyhoví s dostatečnou rezervou i ve směru y, jelikož je přenášen pásnicemi, jejichž plocha je větší než plocha stojiny.

7.2.3. MSÚ - Posouzení na ohybové momenty**7.2.3.1 Klopení**

- teoretická výška průřezu

$$h_0 = h - t_f = 300 - 19,0 = 281 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$a_i = h_0 / 2 = 281 / 2 = 140,5 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$z_1 = h_0 / 2 = 281 / 2 = 140,5 \text{ mm}$$

- vzdálenost středu smyku Cs od bodu Cw ležícího v polovině teoretické výšky průřezu

$$a_c = 0$$

- poloměr setrvačnosti tlačného pásu

$$i_{z1} = \sqrt{\left(\frac{I_z}{I_y} \cdot z_1 \cdot a_i \right)} = \sqrt{\left(\frac{8,6E+07}{2,5E+08} \cdot 141 \cdot 140,5 \right)} = 81,96 \text{ mm}$$

- návrhový ohybový moment

$$M_{Sd} = 11,95 \text{ kNm}$$

- vzpěrné délky

$$L_z = 2200 \text{ mm}$$

$$L_w = 2200 \text{ mm}$$

- uvažujeme nepříznivý vliv působíště zatížení

$$e_z = -150 \text{ mm}$$

- součinitele κ

$$\begin{aligned} \kappa_M &= 0,94 & \text{parabolický průběh ohybového momentu} \\ \kappa &= 0,5 & \text{příčné zatížení prutu} \end{aligned}$$

- parametr kroucení

$$\begin{aligned} \alpha_t &= 0,62 \frac{L_z}{h_0} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = 0,6 \frac{2200}{281} \sqrt{\frac{1,9E-06}{8,6E-05}} = \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

- parametr deplanace průřezu

$$\delta = \frac{2}{h_0} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z}} = \frac{2}{281} \sqrt{\frac{1,7E+12}{8,6E+07}} = 1,00$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{h_0^2}{2} \sqrt{\delta^2 \left(\frac{L_\omega}{L_z} \right)^2 + \left(\frac{2\alpha_t}{\pi} \right)^2} = \\ &= \frac{281^2}{2} \sqrt{0,9985 \left(\frac{2E+03}{2E+03} \right)^2 + \left(\frac{1,427}{\pi} \right)^2} = \\ &= 154,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

- součinitel štíhlosti

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ai}}} + \sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ai}}^2 + \left(\frac{C}{ai} \right)^2} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{0,5 \frac{0 + -150}{140,5}}} + \sqrt{0,5 \frac{0 + -150}{141}}^2 + \left(\frac{154,2}{140,5} \right)^2} = \\ \gamma &= 1,207 \end{aligned}$$

- kritická štíhlost klopení

$$\begin{aligned} \lambda &= \gamma \cdot \kappa_M \cdot \frac{L_z}{i_{z1}} = \\ &= 1,207 \cdot 0,94 \cdot \frac{2200}{81,96} = 30,45 \end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl}}{W_{el}}} = \frac{30,4}{76,4} \sqrt{\frac{1,9E-03}{1,7E-03}} = 0,42$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_{LT} - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_{LT} \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,2 \left(0,421 - 0,2 \right) \right) + 0,2 \\ &= 0,611 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2_v}} = \\ &= \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,3727 - 0,2}} = 0,950 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} \cdot W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M1} = \\ &= 0,950 \cdot 2E+06 \cdot 355 / 1,00 = 630,0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{b,Rd}} = \frac{11,95}{629,97} = 0,019 \leq 1,00 \rightarrow 1,90 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.2 Dvouosý ohyb

$$\begin{aligned} y-y & & W_{pl,y} &= 1,87E-03 \text{ m}^3 \\ & & f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ & & \gamma_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 1,87E-03}{1,00} = 663,38 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,Rd}} = \frac{11,95}{663,38} = 0,018 < 1,00 \rightarrow 1,80 \% \text{ využití průřezu}$$

$$\frac{M_{y,Rd}}{M_{y,Rd}} = \frac{663,38}{663,38} = 1,00 \leq 1,00 \rightarrow 1,00 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

y-y

$$W_{pl,z} = 8,70E-04 \text{ m}^3$$

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 8,7E-04}{1,00} = 308,90 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,Rd}} = \frac{0,24}{308,90} = 0,0008 \leq 1,00 \rightarrow 0,08 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7.2.3.3 Kombinace ohybu a normálové síly

- brán konzervativní přístup díky různým tvarům průběhů momentů

$$k_{yy} = 1$$

$$k_{yz} = 0,6$$

$$k_{zz} = 1$$

$$k_{zy} = 0,6$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{126}{0,941 \cdot 5\,292,3} + 1 \cdot \frac{11,95}{0,950 \cdot 663,38} + 0,6 \cdot \frac{0,24}{308,90} \leq 1,00$$

$$0,04 \leq 1,00$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{126}{0,941 \cdot 5\,292,3} + 0,6 \cdot \frac{11,95}{0,950 \cdot 663,38} + 1 \cdot \frac{0,24}{308,90} \leq 1,00$$

$$0,04 \leq 1,00$$

Vyhovuje

7.2.4. MSP - Posouzení horního pasu

- mezní dovolený průhyb

$$\frac{L}{100} = \frac{4500}{100} = 45 \text{ mm}$$

- maximální mezní průhyb od charakteristické kombinace (výsledek programu scia)

$$\delta = 13,7 \text{ mm}$$

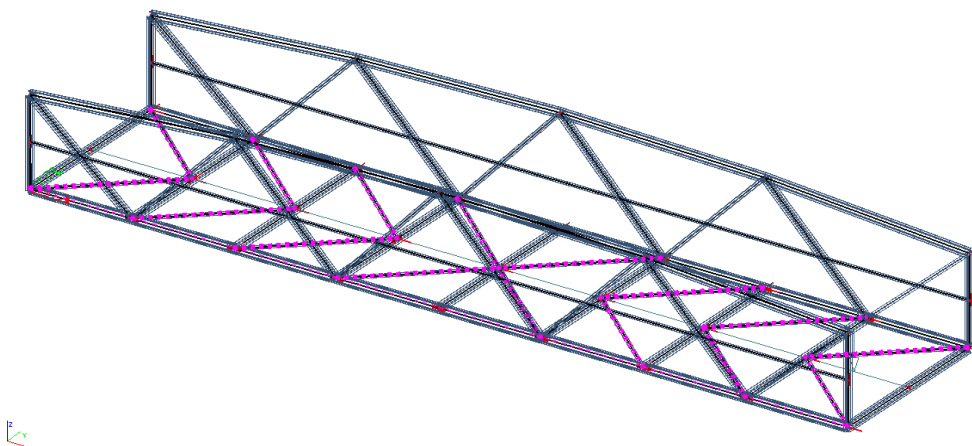
$$13,7 \leq 45,00$$

Vyhovuje

7. Posouzení nosných prvků

7.5 Posouzení diagonál

- průřez **RO70x5.6**
- materiál S235
- výroba válcovaný
- plocha $A = 1,13E-03 \text{ m}^2$
- průřezové charakteristiky
 - $I_y = 5,92E-07 \text{ m}^4$
 - $I_z = 5,92E-07 \text{ m}^4$
 - $I_w = 7,75E-43 \text{ m}^6$
 - $I_t = 1,18E-06 \text{ m}^4$
 - $W_{el,y} = 1,69E-05 \text{ m}^3$
 - $W_{el,z} = 1,69E-05 \text{ m}^3$
 - $W_{pl,y} = 2,32E-05 \text{ m}^3$
 - $W_{pl,z} = 2,32E-05 \text{ m}^3$



Extrémní hodnoty vnitřních sil						
	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kN]
min	1,21	0	0	0	0	0
max	76,13	0	0	0	0	0

7.2.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

7.2.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 1,13E-03 \text{ m}^2$
- mez kluzu $f_y = 275 \text{ Mpa}$
- $\gamma_{M0} = 1,00$
- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,13E+03 \cdot 275}{1,00} = 310,75 \text{ kN}$$
- poměr

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{1,21}{310,75} = 0,003894 = 0,389 \%$$

Vyhovuje

7.2.1.2. Rovinný vzpěr

$$L_{cr} = 3360 \text{ mm}$$

$$i = 0,02 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,81 \text{ -}$$

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21 \text{ -}$$

- štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 * 0,81 = 76,059 \text{ -}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_y = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3360}{228,89} * \frac{1}{76,059} = 0,193 \text{ -}$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 * \left(1 + \alpha \left(\lambda' - 0,2 \right) + \lambda'^2 \right) \\ &= 0,5 * \left(1 + 0,2 \left(0 - 0,2 \right) + 0 \right) \\ &= 1 \text{ -} \end{aligned}$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\begin{aligned} \chi &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2}} = \\ &= \frac{1}{1 + \sqrt{0,268 - 0}} = 1,001 \text{ -} \end{aligned}$$

7.2.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$\begin{aligned} N_{Rd} &= \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \\ &= \frac{1,001 * 1E+03 * 0,28}{1,00} = 311,20 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{1,21}{311,20} = 0,004 \leq 1,00 \rightarrow 0,389 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

7. Posouzení nosných prvků

7.6 Posouzení mostovky

- statické schéma mostovky je spojitý nosník na pružných podporách, mostovka je navržena z nosného trapézového plechu na rozpětí **2,4 m**

a) zatížení stálé g_k

zatížení	kN/m ³	kN/m ²	tl.	kN/bm
trapézový plech	-	0,2	-	0,2
železobetonová deska	25	-	0,12	3
pochozí vrstva	25	-	0,015	0,375
g_k				3,575 kN/m

b) zatížení proměnné q_k

- zatížení davem lidí

$$q_{k,1} = 5 \text{ kN/bm}$$

$$q_{k,1,2} = 32,26 \text{ kN/bm}$$

- montážní zatížení

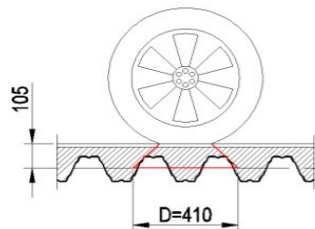
zatížení	kN/m ³	kN/m ²	tl.	kN/bm
bednění	-	0,2	-	0,2
čerstvý beton	25	-	0,12	3
$q_{k,2}$				3,2 kN/m

$$10 \% q_{k,2} = 0,32 \text{ kN/m} > 0,75 \text{ kN/m}$$

$$< 1,5 \text{ kN/m} \rightarrow q_{k,3} = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$\rightarrow q_{k, \text{prom}} = q_{k,2} + q_{k,3} = 3,2 + 0,75 = 3,95 \text{ kN/m}$$

c) zatížení mimořádné



zatížení	D [m]	Qsv1 [kN]	qk3 [kN/bm]
mimořádné vozidlo nálavce	0,41	8	19,51

6.5.2. Vyčíslení vnitřních sil

$$L = 2,4 \text{ m}$$

6.5.2.1 Vyčíslení vnitřních sil - stálé zatížení

- posouvající síla

$$V_{ek,g} = 0,5 * g_k * L = 0,5 * 3,575 * 2,4 = 4,3 \text{ kN}$$

- moment

$$M_{ek,g} = 0,125 * g_k * L^2 = 0,125 * 3,575 * 5,8 = 2,57 \text{ kNm}$$

6.5.2.2 Vyčíslení vnitřních sil - dav lidí

- posouvající síla

$$V_{ek,q,1} = 0,5 * q_k * L = 0,5 * 5 * 2,4 = 6 \text{ kN}$$

- moment

$$M_{ek,q,1} = 0,125 * q_k * L^2 = 0,125 * 5 * 5,8 = 3,60 \text{ kNm}$$

6.5.2.3 Vycíslení vnitřních sil - soustředné proměnné zatížení

$$b = 0,31 \text{ m roznášecí šířka}$$

- posouvající síla

$$V_{ek,q,2} = 0,5 * Q_k = 0,5 * 10 = 5,00 \text{ kN}$$

- moment

$$M_{ek,q,2} = \frac{0,500 * V_{ek} * L - q_{k,1,2} * b^2}{0,500 * 5 * 2,4 - 32,26 * 0,096} / 8 = 5,61 \text{ kNm}$$

$$V_{ek,max} = 8 \text{ kN}$$

6.5.2.4 Vycíslení vnitřních sil - montážní

- posouvající síla

$$V_{ek,q,mo} = 0,5 * q_{k,prom} * L = 0,5 * 3,95 * 2,4 = 4,74 \text{ kN}$$

- moment

$$M_{ek,q,mo} = 0,125 * q_{k,prom} * L^2 = 0,125 * 3,95 * 5,8 = 2,84 \text{ kNm}$$

6.5.2.5 Vycíslení vnitřních sil - mimořádné zatížení

$$b = 0,41 \text{ m roznášecí šířka}$$

- posouvající síla

$$V_{ek,q,3} = 0,5 * Q_k = 0,5 * 8 = 4,00 \text{ kN}$$

- moment

$$M_{ek,q,3} = \frac{0,500 * V_{ek} * L - q_{k,3} * b^2}{0,500 * 4,00 * 2,4 - 19,5 * 0,168} / 8 = 4,39 \text{ kNm}$$

$$V_{ek,Q,max} = 8 \text{ kN}$$

6.5.3 Kombinace zatížení

Kombinace pro mimořádné návrhové situace

$$\Sigma G_{k,j,i} + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) + \Sigma \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

$$V_{ed,max} = V_{ek,g} + V_{ek,Q,max} = 4,29 + 8 = 12,29 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = M_{ek,g} + M_{ek,q,3} = 2,57 + 4,39 = 6,96 \text{ kNm}$$

Kombinace na mezní stavy únosnosti MSÚ

$$6.10 \quad \Sigma Y_g * G_{k,j,i} + Y_{Q,1} * Q_{k,1} + \Sigma Y_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$6.10a \quad \Sigma Y_g * G_{k,j,i} + Y_{Q,1} * \psi_{0,1} * Q_{k,1} + \Sigma Y_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

$$6.10b \quad \Sigma \xi * Y_g * G_{k,j,i} + Y_{Q,1} * Q_{k,1} + \Sigma Y_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

• kombinace pro trvalé a dočasné situace pro proměnné zatížení davem lidí

6.10a

$$V_{ed} = Y_g * V_{ek,g} + Y_{Q,1} * \psi_{0,1} * V_{ek,q,1} = 1,35 * 0 + 1,5 * 0,4 * 6 = 3,60 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = Y_g * M_{ek,g} + Y_{Q,1} * \psi_{0,1} * M_{ek,q,1} = 1,35 * 0,00 + 1,5 * 0,4 * 3,60 = 2,16 \text{ kNm}$$

6.10b

$$V_{ed} = \sum \xi * \gamma_g * V_{ek,g} + \gamma_{Q,i} * V_{ek,q,1} =$$

$$= \sum 0,85 * 1,35 * 4,29 + 1,5 * 6 = 13,92 \quad \text{kN}$$

$$M_{Ed} = \sum \xi * \gamma_g * M_{ek,g} + \gamma_{Q,i} * M_{ek,q,1} =$$

$$= \sum 0,85 * 1,35 * 2,57 + 1,5 * 3,6 = 8,35 \quad \text{kNm}$$

• kombinace pro trvalé a dočasné situace pro proměnné zatížení soustředným zatížením

6.10a

$$V_{ed} = \gamma_g * V_{ek,g} + \gamma_{Q,1} * \psi_{0,1} * V_{ek,q,2} =$$

$$= 1,35 * 4,29 + 1,5 * 0,4 * 8 = 10,59 \quad \text{kN}$$

$$M_{Ed} = \gamma_g * M_{ek,g} + \gamma_{Q,1} * \psi_{0,1} * M_{ek,q,2} =$$

$$= 1,35 * 2,57 + 1,5 * 0,4 * 5,61 = 6,84 \quad \text{kNm}$$

6.10b

$$V_{ed} = \sum \xi * \gamma_g * V_{ek,g} + \gamma_{Q,i} * V_{ek,q,2} =$$

$$= \sum 0,85 * 1,35 * 4,29 + 1,5 * 8 = 16,92 \quad \text{kN}$$

$$M_{Ed} = \sum \xi * \gamma_g * M_{ek,g} + \gamma_{Q,i} * M_{ek,q,2} =$$

$$= \sum 0,85 * 1,35 * 2,57 + 1,5 * 5,61 = 11,37 \quad \text{kNm}$$

• kombinace pro montážní fázi a návrh ztraceného bednění

MSÚ

$$V_{ed} = \gamma_g * V_{ek,q,mon} = 1,5 * 4,74 = 7,11 \quad \text{kN}$$

$$M_{Ed} = \gamma_g * M_{ek,q,mon} = 1,5 * 2,84 = 4,266 \quad \text{kNm}$$

Kombinace pro zahrnutí rybníkového efektu

$$V_{ed} = 4,74 \quad \text{kN}$$

$$M_{Ed} = 2,84 \quad \text{kNm}$$

6.5.3 Posouzení mostovky

6.5.3.1 Posouzení mostovky mimořádná návrhová situace

• posouzení na ohybový moment

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff} * f_{sd} * k}{\gamma_{M0}} =$$

$$= \frac{67411 * 320 * 0,6}{1} = 12,943 \quad \text{kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{6,96}{12,94} = 0,5 \leq 1,00 \rightarrow 53,81 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

$$F_{V,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{sd} \cdot k}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} =$$

$$= \frac{720 \cdot 320 \cdot 0,6}{\sqrt{3} \cdot Y_{M1}} = 79,813 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{12,29}{79,81} = 0,2 \leq 1,00 \rightarrow 15,40 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.5.3.2 Posouzení mostovky na dočasnou a návrhovou situaci zatížení davem lidí

• posouzení na ohybový moment

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff} \cdot f_{sd}}{Y_{M0}} =$$

$$= \frac{67411 \cdot 320}{1} = 21,572 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{8,35}{21,57} = 0,4 \leq 1,00 \rightarrow 38,73 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

• posouzení na posouvající sílu

$$F_{V,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{sd}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} =$$

$$= \frac{720 \cdot 320}{\sqrt{3}} = 133,022 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{13,92}{133,02} = 0,1 \leq 1,00 \rightarrow 10,47 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.5.3.3 Posouzení mostovky na trvalou a dočasnou návrhovou situaci - soustředné zatížení

• posouzení na ohybový moment

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff} \cdot f_{sd} \cdot k}{Y_{M0}} =$$

$$= \frac{67411 \cdot 320 \cdot 0,6}{1} = 12,943 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{11,37}{12,94} = 0,9 \leq 1,00 \rightarrow 87,87 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

$$F_{V,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{sd} \cdot k}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} =$$

$$= \frac{720 \cdot 320 \cdot 0,6}{\sqrt{3}} = 79,813 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{16,92}{79,81} = 0,2 \leq 1,00 \rightarrow 21,20 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.5.3.4 Posouzení montážní fáze

• posouzení na ohybový moment

$$M_{Rd} = \frac{W_{y,eff} \cdot f_{sd}}{Y_{M0}} = \frac{67411 \cdot 320}{1} = 21,57 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{2,84}{21,57} = 0,1 \leq 1,00 \rightarrow 13,18 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

• posouzení na posouvající sílu

$$F_{V,Rd} = \frac{A_V \cdot f_{sd}}{\sqrt{3} Y_{M0}} = \frac{720 \cdot 320}{\sqrt{3}} = 133,022 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{4,74}{133,02} = 0 \leq 1,00 \rightarrow 3,56 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

• posouzení nutnosti zahrnout vliv rybníkového efektu

- průhyb od montážního zatížení

$$\delta = \frac{5 q_k L^4}{384 E I_{eff}} = \frac{5 \cdot 3,95 \cdot 33,1776}{384 \cdot 210 \cdot 371700} = 2,19 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 0,1 \cdot h = 0,1 \cdot 40 = 4,00 \text{ mm}$$

$$\delta = 2,19 \text{ mm} < \delta_{lim} = 4,00 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

Rybníkový efekt lze zanedbat, plech vyhovuje montážnímu zatížení

6.5.3.4 Posouzení mezní stav použitelnosti

• dav lidí

$$\delta = \frac{5 q_k L^4}{384 E I_{eff}} = \frac{5 \cdot 8,58 \cdot 33,1776}{384 \cdot 210 \cdot 371700} = 4,75 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{250} = \frac{2400}{250} = 9,6 \text{ mm}$$

$$\delta = 4,75 \text{ mm} < \delta_{lim} = 9,60 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

• sousředné zatížení

$$\delta = \frac{Q_k L^3}{48 E I_{eff} k} = \frac{10 \cdot 13,824}{48 \cdot 210 \cdot 371700 \cdot 0,6} = 6,15 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{250} = \frac{2400}{250} = 9,6 \text{ mm}$$

$$\delta = 6,15 \text{ mm} < \delta_{lim} = 9,60 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

7. Posouzení nosných prvků

7.7 Posouzení sloupu

HEA 300		počet:	1	ks
- materiál	S 355			
- výroba	válcovaný			
	ε	$= (235 / f_y)^{0,5}$	$=$	0,81
- plocha	A	$= 1,13E-02$	m^2	
- rozměry:				
výška	h	$= 290,000$	mm	
šířka	b	$= 300,000$	mm	
tl. pásnic	tf	$= 14,000$	mm	
tl. stojiny	tw	$= 8,500$	mm	
zaoblení	r	$= 27,000$	mm	
výška stojiny	d	$= 208,000$	mm	
- průřezové charakteristiky				
	I_y	$= 1,83E-04$	m^4	
	I_z	$= 6,31E-05$	m^4	
	i_y	$= 1,27E-01$	m	
	i_z	$= 7,49E-02$	m	
	i_0	$= 1,48E-01$	m	
	I_w	$= 1,20E-06$	m^6	
	I_t	$= 8,52E-07$	m^4	
	$W_{el,y}$	$= 1,26E-03$	m^3	
	$W_{el,z}$	$= 4,21E-04$	m^3	
	$W_{pl,y}$	$= 1,38E-03$	m^3	
	$W_{pl,z}$	$= 6,41E-04$	m^3	
	Av	$= 3,73E-03$	m^2	
- zatřídění průřezu				
- stojina				
	d	$= 2,08E+02$	mm	
	t	$= 8,50E+00$	mm	
	d / t	$= 2,08E+02$	/	8,50
		$= 2,45E+01$		
◦ Stojina - ohyb	d / t	< 72	*	ε
	24,47	< 72	*	0,81
	24,47	$< 58,58$		i2
		Třída 1		
◦ Stojina - tlak	d / t	< 33	*	ε
	24,47	< 33	*	0,00
	24,47	$< 0,00$		
		Vyšší třída		
- pásnice				
	d	$= 3,00E+02$	mm	
	t	$= 8,50E+00$	mm	
	d / t	$= 3,00E+02$	/	8,50
		$= 3,53E+01$		
◦ Pásnice - tlak	d / t	< 33	*	ε
	35,29	< 33	*	0,81
	35,29	$< 26,85$		

Vyšší třída

	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kN]
min	53,82	0,01	0,015	0	0,1425	0,095
max	129,3	14,725	17,07	0	162,165	139,8875

6.4.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

6.3.1. MSÚ - Posouzení na normálovou sílu a vzpěrný tlak

6.3.1.1. Prostý tah/tlak

- plocha $A = 1,13E+04 \text{ mm}^2$

- mez kluzu $f_y = 355 \text{ Mpa}$

$\gamma_{M0} = 1,00$ -

- návrhová únosnost

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,13E+04 \cdot 355}{1,00} = 3\,994,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed,max}}{N_{Rd}} = \frac{129,3}{3\,994,74} = 0,032368 = 3,24 \%$$

6.2.1.2. Rovinný vzpěr

y-y

$L_{cr,y} = 4500 \text{ mm}$

$i_y = 127,40 \text{ mm}$

$\epsilon = 0,81$ -

křivka vzpěru a (dle tabulek ocelových průřezů)

$\alpha = 0,21$ -

- štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4500}{127,40} = 35,314$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda'_y - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_y$$

$$= 0,5 \cdot \left(1 + 0,21 \cdot \left(0,462 - 0,2 \right) \right) + 0,2$$

$$= 0,633$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda'^2_y}} = \frac{1}{0,63 + \sqrt{0,401 - 0,2}} = 0,938$$

z-z

$L_{cr,z} = 4500 \text{ mm}$

$i_z = 74,88 \text{ mm}$

$\epsilon = 0,81$ -

křivka vzpěru b (dle tabulek ocelových průřezů)

$\alpha = 0,34$ -

- štíhlost

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot 0,81 = 76,399$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4500}{74,88} = 59,963$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda'_z - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_y$$

$$= 0,5 \cdot \left(1 + 0,34 \cdot \left(0,787 - 0,2 \right) \right) + 0,6$$

$$= 0,868 \quad -$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} =$$

$$= \frac{1}{0,87 + \sqrt{0,753 - 0,6}} = 0,810 \quad -$$

6.2.1.3. Kroucení

$$L_{cr,T} = 4500 \quad \text{mm}$$

$$i_0 = 147,77 \quad \text{mm}$$

$$\varepsilon = 0,81 \quad -$$

křivka vzpěru α (dle tabulek ocelových průřezů)

$$\alpha = 0,21 \quad -$$

$$I_w = 1,20E+12 \quad \text{mm}^6$$

$$I_t = 8,52E+05 \quad \text{mm}^4$$

$$N_{CR,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{L_{cr,T}^2} \right) =$$

$$= \frac{1}{\text{####}} \left(81000 \cdot 8,5E+05 + \frac{\pi^2 \cdot 2E+05 \cdot 1E+12}{20250000} \right) =$$

$$= 8\,783 \quad \text{kN}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda_T' = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{CR,T}}} = \sqrt{\frac{355 \cdot 1E+04}{8\,783}} = 0,674 \quad -$$

$$\phi_T = 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda_T' - 0,2 \right) \right) + \lambda_y'^2$$

$$= 0,5 \cdot \left(1 + 0,21 \left(0,67 - 0,2 \right) \right) + 0,5$$

$$= 0,775 \quad -$$

- součinitel vzpěrnosti

$$\chi_T = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z'^2}} =$$

$$= \frac{1}{0,77 + \sqrt{0,6 - 0,5}} = 0,865 \quad -$$

6.2.1.4. Posouzení

- vzpěrné únosnosti y-y

$$N_{Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{Y_{M1}} =$$

$$\frac{0,938 \cdot 1E+04 \cdot 0,36}{1,00} = 3748,69 \quad \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{129,3}{3748,69} = 0,034 \leq 1,00 \rightarrow 3,45 \quad \% \quad \text{využití průřezu}$$

Vyhovuje

- vzpěrné únosnosti z-z

$$N_{Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{Y_{M1}} =$$

$$\frac{0,810 \cdot 1E+04 \cdot 0,36}{1,00} = 3234,34 \quad \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{129,3}{3234,34} = 0,04 \leq 1,00 \rightarrow 4,00 \quad \% \quad \text{využití průřezu}$$

Vyhovuje

- krut

$$N_{Rd,T} = \frac{\chi_T * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,865 * 1E+04 * 0,36}{1,00} = 3454,45 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,y}}{N_{Rd,y}} = \frac{129,3}{3454,45} = 0,037 \leq 1,00 \rightarrow 3,74 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.2.2. MSÚ - Posouzení na posouvající sílu

$$A_v = 3,73E+03 \text{ mm}^2$$

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{3728 * 355}{1,00} / \sqrt{3} = 764,04 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,pl,Ed,max}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{14,725}{764,04} = 0,0193 \leq 1,00 \rightarrow 1,93 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

Průřez vyhoví na námáná smykem ve směru z, bez nutnosti redukce momentové únosnosti. Lze předpokládat, že vyhoví s dostatečnou rezervou i ve směru y, jelikož je přenášen pásnicemi, jejichž plocha je větší než plocha

6.2.3. MSÚ - Posouzení na ohybové momenty

6.2.3.1 Klopení

- teoretická výška průřezu

$$h_0 = h - t_f = 290 - 14,0 = 276 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$a_i = h_0 / 2 = 276 / 2 = 138 \text{ mm}$$

- vzdálenost těžiště tlačené/tažení pásnice od středu smyku

$$z_1 = h_0 / 2 = 276 / 2 = 138 \text{ mm}$$

- vzdálenost středu smyku Cs od bodu Cw ležícího v polovině teoretické výšky průřezu

$$a_c = 0$$

- poloměr setrvačnosti tlačeného pásu

$$\begin{aligned} i_{z1} &= \sqrt{\left(\frac{I_z}{I_y} * z_1 * a_i \right)} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{6,3E+07}{1,8E+08} * 138 * 138 \right)} = \\ &= 81,11 \text{ mm} \end{aligned}$$

- návrhový ohybový moment

$$M_{Sd} = 0 \text{ kNm}$$

- vzpěrné délky

$$\begin{aligned} L_z &= 2200 \text{ mm} \\ L_w &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- uvažujeme nepříznivý vliv působíště zatížení

$$e_z = -145 \text{ mm}$$

- součinitele k

$$\begin{aligned} \kappa_M &= 0,94 & \text{parabolický průběh ohybového momentu} \\ \kappa &= 0,5 & \text{příčné zatížení prutu} \end{aligned}$$

- parametr kroucení

$$\alpha_t = \frac{0,62}{h_0} \frac{L_z}{h_0} \sqrt{\frac{I_t}{I_z}} = \frac{0,6}{276} \frac{2200}{276} \sqrt{\frac{8,5E-07}{6,3E-05}} = 0,57$$

- parametr deplanace průřezu

$$\delta = \frac{2}{h_0} \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z}} = \frac{2}{276} \sqrt{\frac{1,2E+12}{6,3E+07}} = 1,00$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{h_0}{2} \sqrt{\delta^2 \left(\frac{L_\omega}{L_z} \right)^2 + \left(\frac{2\alpha_t}{\pi} \right)^2} = \\ &= \frac{276}{2} \sqrt{0,9985 \left(\frac{2E+03}{2E+03} \right)^2 + \left(\frac{1,148}{\pi} \right)^2} = \\ &= 146,83 \text{ mm} \end{aligned}$$

- součinitel štíhlosti

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{\sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ez}}} + \sqrt{\kappa \frac{ac}{ai} + \frac{ez}{ez}}^2 + \left(\frac{C}{ai} \right)^2} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{0,5 \frac{0 + -145}{138}}} + \sqrt{0,5 \frac{0 + -145}{138}}^2 + \left(\frac{146,8}{138} \right)^2} = \\ \gamma &= 1,230 \end{aligned}$$

- kritická štíhlost klopení

$$\begin{aligned} \lambda &= \gamma \cdot \kappa_M \cdot \frac{L_z}{i_{z1}} = \\ &= 1,230 \cdot 0,94 \cdot \frac{2200}{81,11} = 31,35 \end{aligned}$$

- poměrná štíhlost

$$\lambda'_{LT} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\frac{W_{pl}}{W_{el}}} = \frac{31,4}{76,4} \sqrt{\frac{1,4E-03}{1,3E-03}} = 0,43$$

$$\begin{aligned} \phi &= 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \left(\lambda'_{LT} - 0,2 \right) \right) + \lambda'^2_{LT} = \\ &= 0,5 \cdot \left(1 + 0,21 \left(0,430 - 0,2 \right) \right) + 0,2 = \\ &= 0,615 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \chi_{LT} &= \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2_y}} = \\ &= \frac{1}{0,62 + \sqrt{0,379 - 0,2}} = 0,947 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{b,Rd} &= \chi_{LT} \cdot W_{pl} \cdot f_y / Y_{M1} = \\ &= 0,947 \cdot 1E+06 \cdot 355 / 1,00 = 465,1 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_{Sd}}{M_{b,Rd}} = \frac{0}{465,11} = 0 \leq 1,00 \rightarrow 0,00 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.2.3.2 Dvousý ohyb

$$\begin{aligned} y-y \quad W_{pl,y} &= 1,38E-03 \text{ m}^3 \\ f_y &= 355 \text{ Mpa} \\ Y_{M0} &= 1,00 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{pl,y}}{Y_{M0}} = \frac{355000 \cdot 1,4E-03}{1,00} = 491,06 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed,max}}{M_{y,Rd}} = \frac{162,165}{491,06} = 0,3302 \leq 1,00 \rightarrow 33,02 \% \text{ využití průřezu}$$

Vyhovuje

$$\begin{aligned}
 y-y \quad W_{pl,z} &= 6,41E-04 \quad m^3 \\
 f_y &= 355 \quad Mpa \\
 \gamma_{M0} &= 1,00 \quad -
 \end{aligned}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{pl,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355000 * 6,4E-04}{1,00} = 227,61 \quad kNm$$

$$\frac{M_{z,Ed,max}}{M_{z,Rd}} = \frac{139,8875}{227,61} = 0,6146 \leq 1,00 \rightarrow 61,46 \% \quad \text{využití průřezu}$$

Vyhovuje

6.2.3.3 Kombinace ohybu a normálové síly

- brán konzervativní přístup díky různým tvarům průběhů momentů

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= 1 \\
 k_{yz} &= 0,6 \\
 k_{zz} &= 1 \\
 k_{zy} &= 0,6
 \end{aligned}$$

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{\frac{129,3}{0,938 * 3\,994,7}}{1,00} + 1 \frac{\frac{162,165}{0,947 * 491,06}}{1,00} + 0,6 \frac{\frac{139,8875}{227,61}}{1,00} \leq 1,00$$

$$0,75 \leq 1,00$$

Vyhovuje

$$\frac{\frac{N_{ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M1}} \leq 1,00$$

$$\frac{\frac{129,3}{0,938 * 3\,994,7}}{1,00} + 0,6 \frac{\frac{162,165}{0,947 * 491,06}}{1,00} + 1 \frac{\frac{139,8875}{227,61}}{1,00} \leq 1,00$$

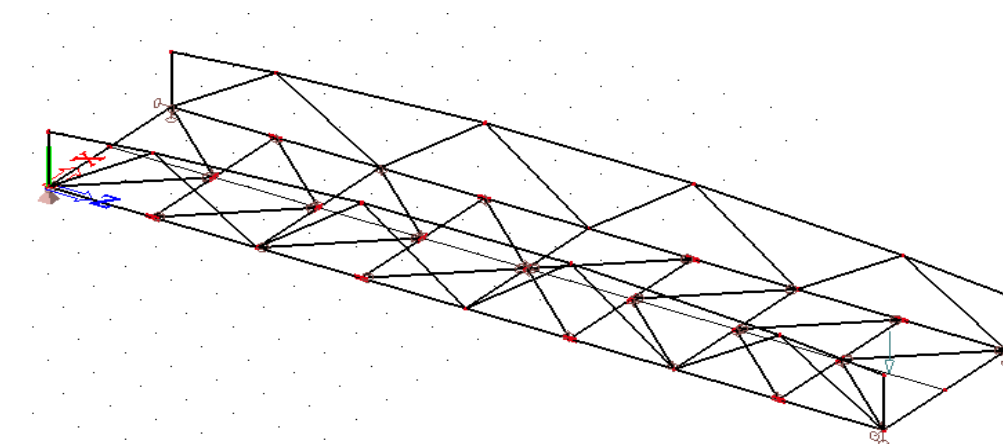
$$0,86 \leq 1,00$$

Vyhovuje

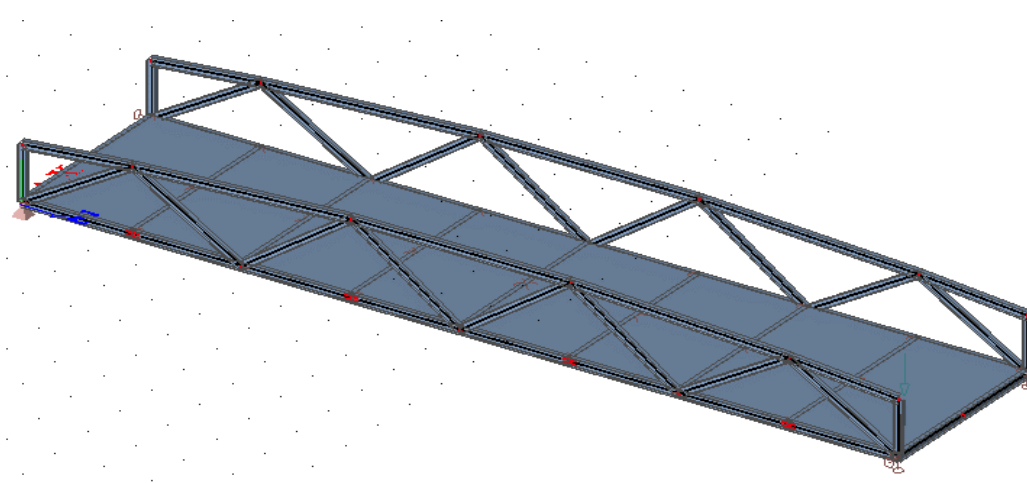
8. Dynamická analýza

8.1 Modální analýza

- statický model konstrukce v programu Scia



- vizualizace konstrukce v programu Scia



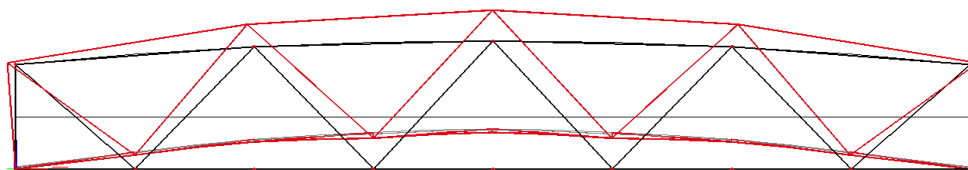
- hmoty pro modální analýzu
 - konstrukce je zatížena vlastní tíhou a ostatními stálými zatíženími v charakteristických hodnotách.
- výsledky modální analýzy
 - modální analýza byla provedena pro kombinaci hmot odpovídající stálému zatížení konstrukce
- výsledky modální analýzy ve SVISLÉM SMĚRU

číslo vlastního tvaru	Typ vlastní frekvence	frekvence	Posouzení
1. vlastní tvar	1. ohybový	6,65	> 3
2. vlastní tvar	1. kroutící	12,22	
3. vlastní tvar	2. ohybový	13,15	
4. vlastní tvar	3. ohybový	15,72	

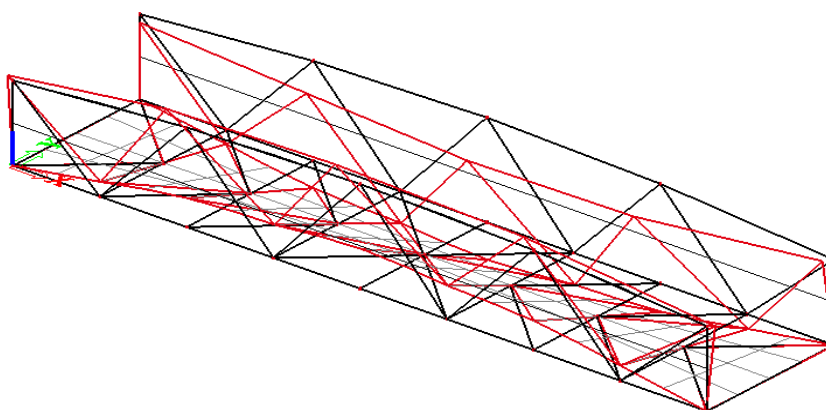
- vlastní frekvence získané z modální analýzy jsou větší než účinky pěší dopravy,

které se ve svislém směru pohybují v rozmezí 1 Hz až 3 Hz, lávka vyhovuje dynamickým účinkům zatížení pěší dopravou ve smyslu ČSN EN 1991-2: 5.7(2) POZN.

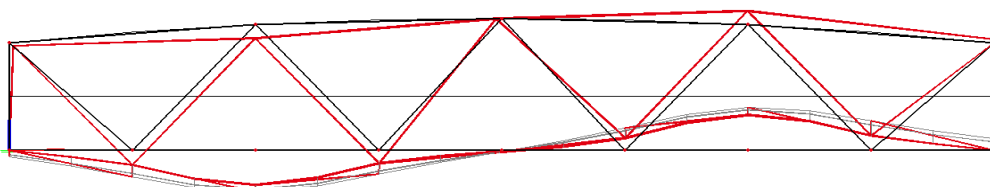
1. vlastní tvar



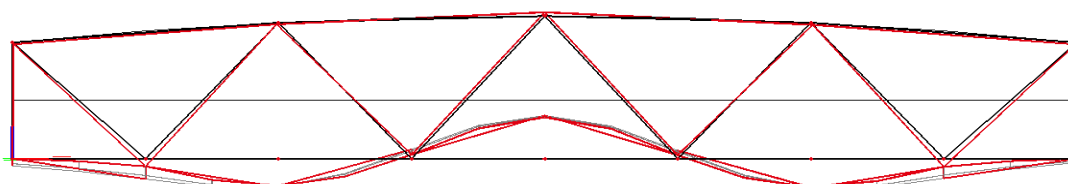
2. vlastní tvar



3. vlastní tvar



4. vlastní tvar



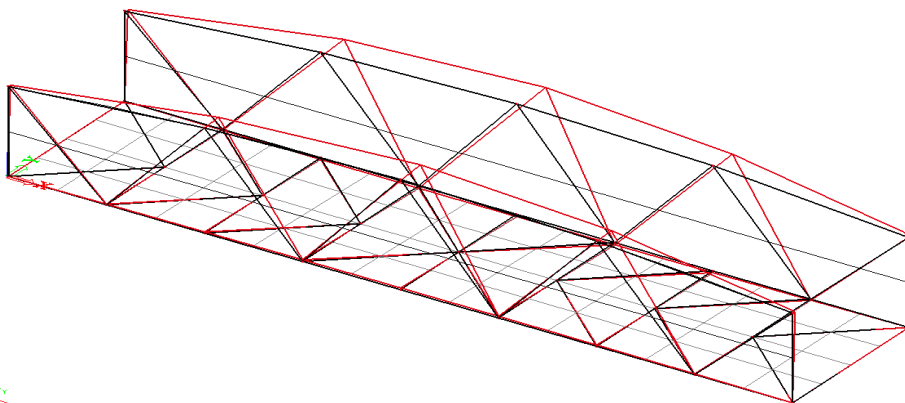
• výsledky modální analýzy ve VODOROVNÉM SMĚRU

číslo vlastního tvaru	Typ vlastní frekvence	[Hz]	Posouzení
1. vlastní tvar	1. ohybový	7,44	> 1,5
2. vlastní tvar	2. ohybový	7,69	
3. vlastní tvar	3. ohybový	9,94	
4. vlastní tvar	4. ohybový	10,94	

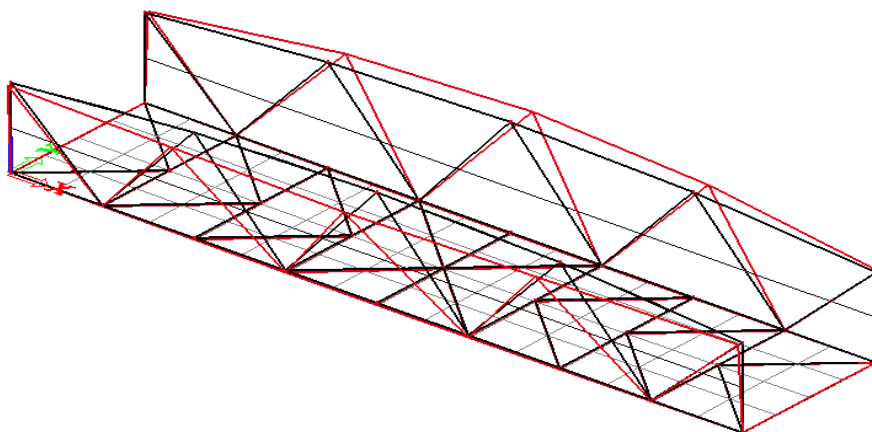
– vlastní frekvence získané z modální analýzy jsou větší než účinky pěší dopravy,

které se ve vodorovném směru pohybují v rozmezí 0,5 Hz až 1,5 Hz, lávka vyhovuje dynamickým účinkům zatížení pěší dopravou ve smyslu ČSN EN 1991-2: 5.7(2)
POZN.

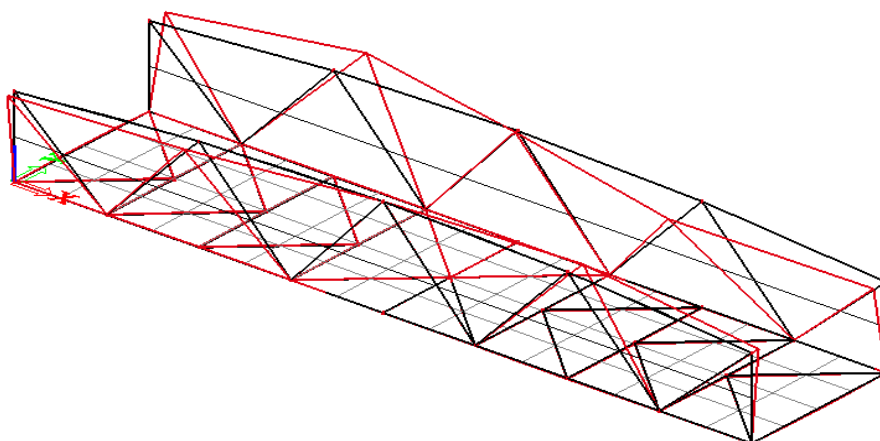
1. vlastní tvar



2. vlastní tvar



3. vlastní tvar



4. vlastní tvar

