

Zadavatel:

**Hexagon Technology, s.r.o.**  
Evropská 516/10  
16000 Praha  
IČ: 08722803

# Statický výpočet

## Přepočet ocelové konstrukce

### Instalace FVE na sportovní halu ZŠ (č.p. 34)

Místo: Příbryslav  
Vypracoval: Ing. Martin Werunský, IWE  
Kontroloval: Ing. Jan Zatloukal, Ph.D.  
Datum: 15.11.2024



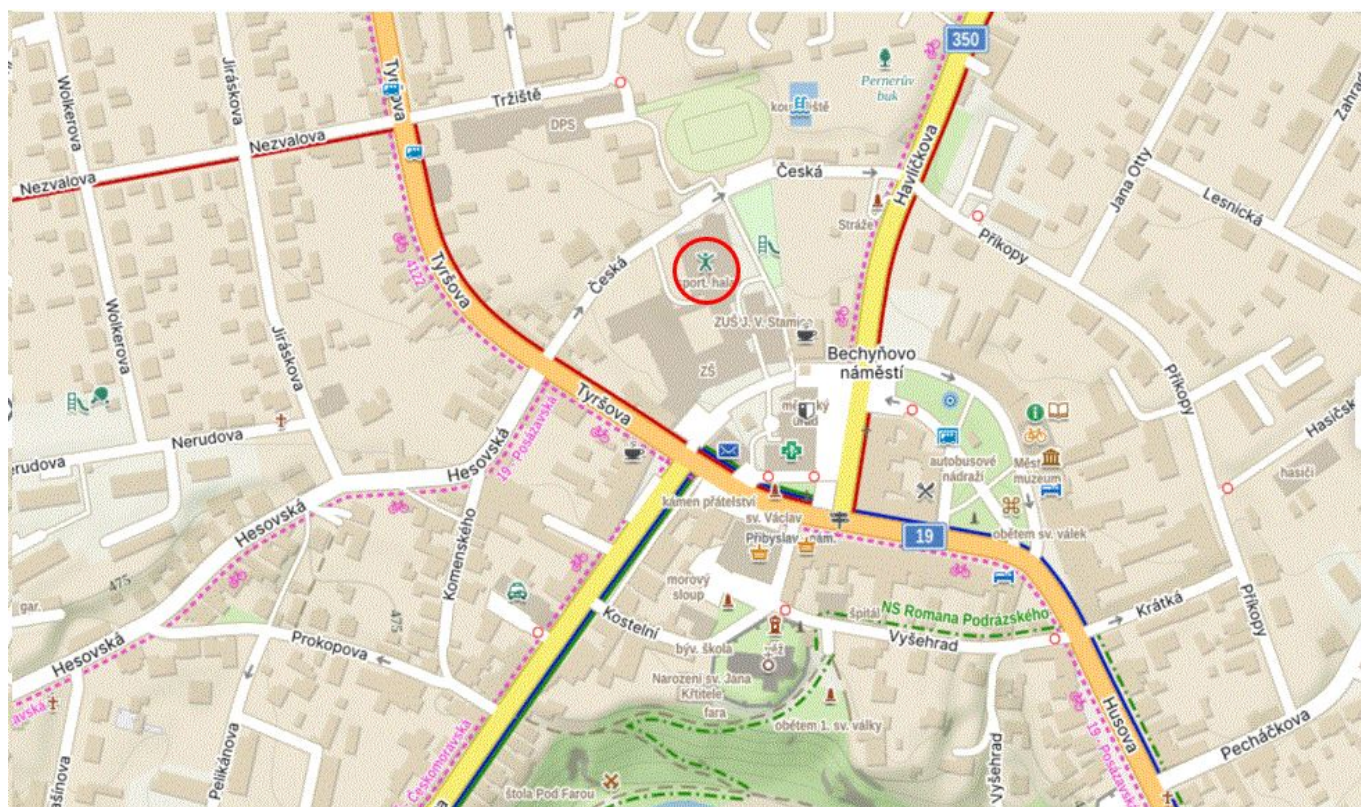
Počet stran: 29

## 1. Obsah

1. Obsah	1
2. Úvod	2
3. Použité normy	2
4. Výpočetní software	2
5. Numerický model	3
5.1. Výpočtový model rámu haly	3
5.2. Výpočtový model stropnice	3
5.3. Materiály	4
6. Zatížení	4
7. Zatížení MKP modelu	7
7.1. Stálé / Hodnota pro výpočet	7
7.2. Stálé - FTV panely / Hodnota pro výpočet	7
7.3. Vítr X+ / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$	8
7.4. Vítr X- / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$	8
7.5. Vítr Y / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$	9
8. Vnitřní síly MSÚ	9
8.1. Vnitřní síly na prutu; N	9
8.2. Vnitřní síly na prutu; $V_z$	10
8.3. Vnitřní síly na prutu; $M_y$	10
9. Posouzení	11
9.1. Stabilita rámu	11
9.1.1. $\alpha_{cr} = 7,5$	11
9.1.2. Štíhlost oceli; $k_y$	11
9.1.3. Štíhlost oceli; $k_z$	12
9.2. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993; Souhrnný posudek	12
9.3. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993	13
9.4. Požární odolnost ocelových prvků EC-EN 1993; Souhrnný posudek	27
9.5. Požární odolnost ocelových prvků EC-EN 1993	27
9.6. Relativní deformace; Rel uz	28
10. Závěr	29

## 2. Úvod

Dle požadavku zadavatele je zpracován statický výpočet stávající konstrukce po přitížení FTV panely o maximální tíže 25 kg/m<sup>2</sup>.



## 3. Použité normy

ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

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

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

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

## 4. Výpočetní software

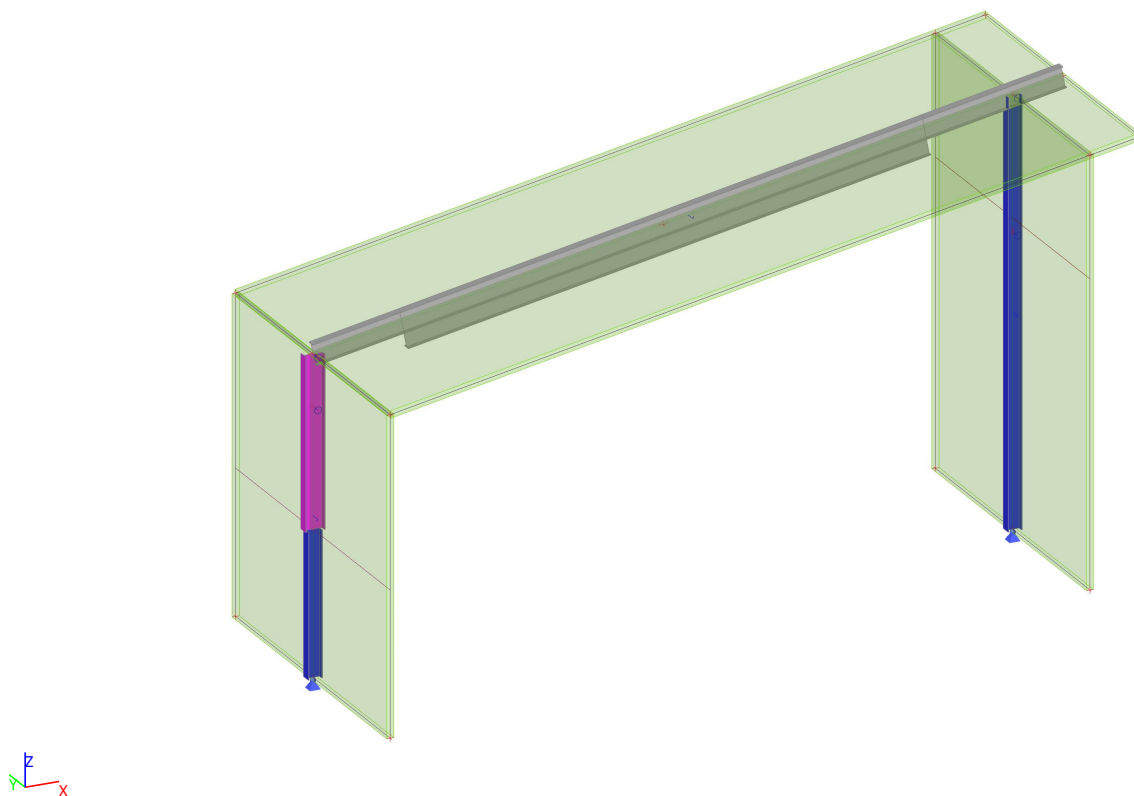
Scia Engineer

MS Excel

## 5. Numerický model

Numerický model sportovní haly je vymodelován v MKP softwaru Scia Engineer. Numerický model je modelován pomocí 1D prutových prvků. Zatížení je přenášeno do 1D prvků pomocí 2D zatěžovacích panelů. Pro účely posouzení přetížení FTV panely je vymodelována pouze jedna vazba haly. Stropnice jsou posouzeny na sekundárním modelu.






### 5.1. Výpočtový model rámu haly



### 5.2. Výpočtový model stropnice






Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	W <sub>el.y</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>pl.y</sub> [m <sup>3</sup> ]	Barva
	Detailní				I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	W <sub>el.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>pl.z</sub> [m <sup>3</sup> ]	
Stropnice	IPE200	S 235	válcovaný	2,8500e-03	1,9430e-05 1,4200e-06	1,9400e-04 2,8500e-05	2,2100e-04 4,4600e-05	
Sloup 1	HEA400	S 235	válcovaný	1,5900e-02	4,5100e-04 8,5600e-05	2,3100e-03 5,7100e-04	2,5625e-03 8,7083e-04	
Sloup 2	HEA550	S 235	válcovaný	2,1200e-02	1,1200e-03 1,0800e-04	4,1500e-03 7,2100e-04	4,6250e-03 1,1083e-03	
Vazník	IPE600	S 235	válcovaný	1,5600e-02	9,2080e-04 3,3870e-05	3,0700e-03 3,0800e-04	3,5120e-03 4,8600e-04	
Zesílený vazník	I + I prom IPE600; 450	S 235	svařovaný	2,5211e-02	3,3993e-03 5,0835e-05	6,3446e-03 4,6214e-04	7,7043e-03 7,3408e-04	

### 5.3. Materiály

Ocel EC3

Jméno	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	E <sub>mod</sub> [MPa]	μ	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	F <sub>y</sub> [MPa]	F <sub>u</sub> [MPa]	Barva
		G <sub>mod</sub> [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850,0	2,1000e+05 8,0769e+04	0.3 0,00	0 40	40 80	235,0 215,0	360,0 360,0	

## 6. Zatížení

### STÁLÉ ZATÍŽENÍ:

Vlastní tíha: generována programem

Zatížení skladbou střechy:

Trapézový plech 8 kg/m<sup>2</sup>

Tepelná izolace 35 kg/m<sup>2</sup>

SDK podhled 15 kg/m<sup>2</sup>

Akustický podhled 24 kg/m<sup>2</sup> - v okolí vazníků -> cca 1150 mm na obě strany od osy vazníku -> 2\*1150/9100\* 24 = 6 kg/m<sup>2</sup>

FTV panely 25 kg/m<sup>2</sup> - cca 60% zatěžovací plochy zatíženo FTV panely -> 0,6\*25 = 15 kg/m<sup>2</sup>

**Celkem: 64 kg/m<sup>2</sup>**

Zatížení stropnicemi:

IPE200 - 22,4 kg/m -> délka 9,1 m -> Počet 22 ks -> délka vazníku 21,2m

f = 22,4\*9,1\*22/21,2 = 2,11 kN/m

### Obvodový plášť:

Uvažováno 50 kg/m<sup>2</sup>



**ZATÍŽENÍ SNĚHEM:**

Sněhová oblast IV - 200 kg/m<sup>2</sup>

Sklon střechy: 11 stupňů -> tvarový součinitel  $\mu = 0,8$

Součinitel expozice: otevřená krajina  $C_e = 0,8$

$s_k = 200 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 128 \text{ kg/m}^2$

**Tabulka 5.1 – Doporučené hodnoty součinitele  $C_e$  pro různé typy krajiny**

Typ krajiny	$C_e$
otevřená <sup>a)</sup>	0,8
normální <sup>b)</sup>	1,0
chráněná <sup>c)</sup>	1,2

<sup>a)</sup> *Otevřený typ krajiny:* rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.

<sup>b)</sup> *Normální typ krajiny:* plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.

<sup>c)</sup> *Chráněný typ krajiny:* plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

**ZATÍŽENÍ VĚTREM:**

Větrná oblast II ->  $v_{b0} = 25 \text{ m/s}$

Kategorie terénu IV

Součinitel expozice  $c_{e(z)} = 1,26$

Výška budovy  $h = 11,4 \text{ m}$

Výsledný charakteristický tlak  $q_b = 0,490 \text{ kN/m}^2$

Součinitele vnějšího tlaku (získány interpolací z příložených tabulek)

$D = 0,75$

$E = 0,4$

$H = 0,1$  - tlak (vítr 0 st)

$H = 0,85$  - sání (vítr 180 st)

$H = 0,70$  - sání (vítr 90 st)

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

**Tabulka 7.3a – Součinitele vnějšího tlaku pro pultové střechy**

Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$						Oblast pro směr větru $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

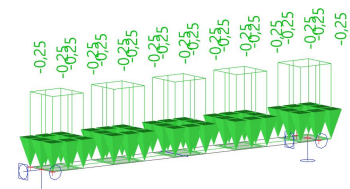
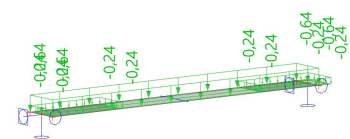
**Tabulka 7.3b – Součinitele vnějšího tlaku pro pultové střechy**

Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$									
	$F_{up}$		$F_{low}$		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

**POZNÁMKA 1** Při  $\theta = 0^\circ$  (viz tabulka a)) se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně  $\alpha = +5^\circ$  až  $+45^\circ$ ; proto jsou uvedeny obě kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat dva případy: jeden pro všechny kladné hodnoty a druhý pro všechny záporné hodnoty. Nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty na stejné straně.

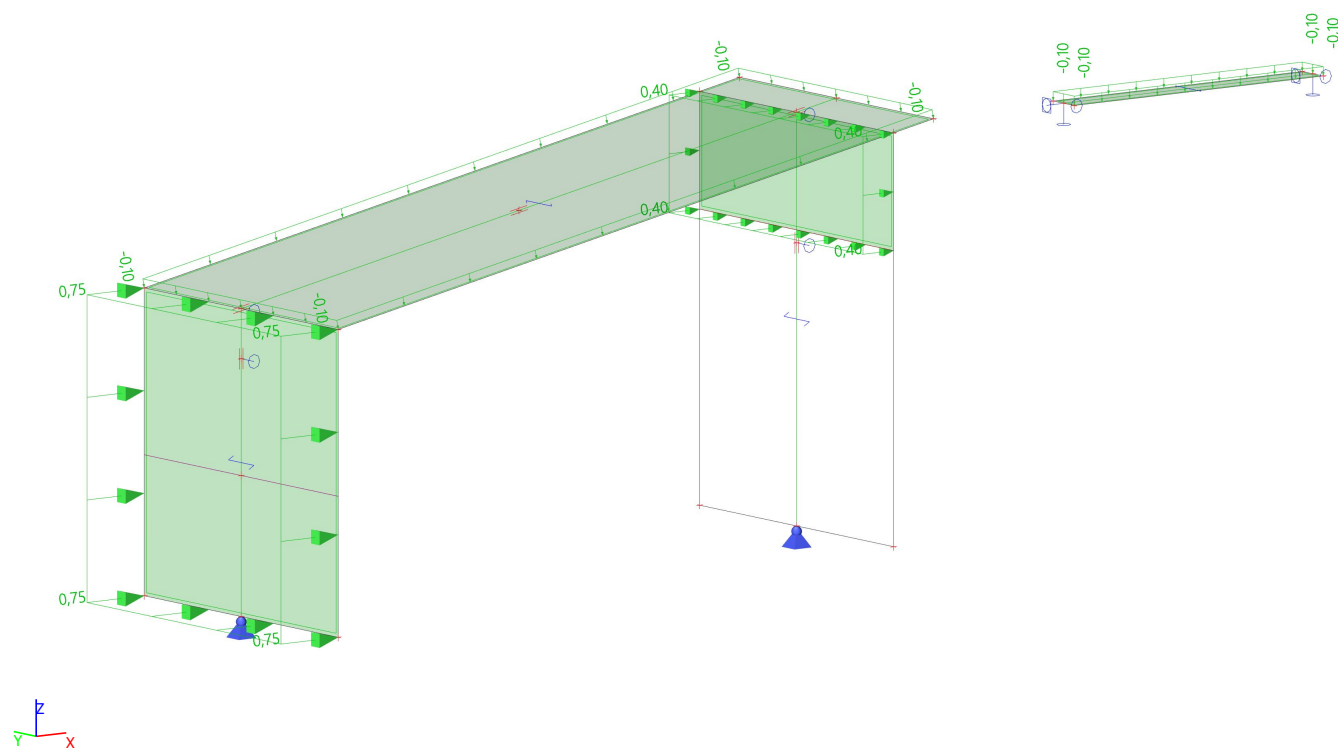
**POZNÁMKA 2** Pro mezilehlé úhly sklonu lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami stejného znaménka. Hodnoty rovné 0,0 jsou uvedeny pro účely interpolace.

### 7.1. Stálé / Hodnota pro výpočet

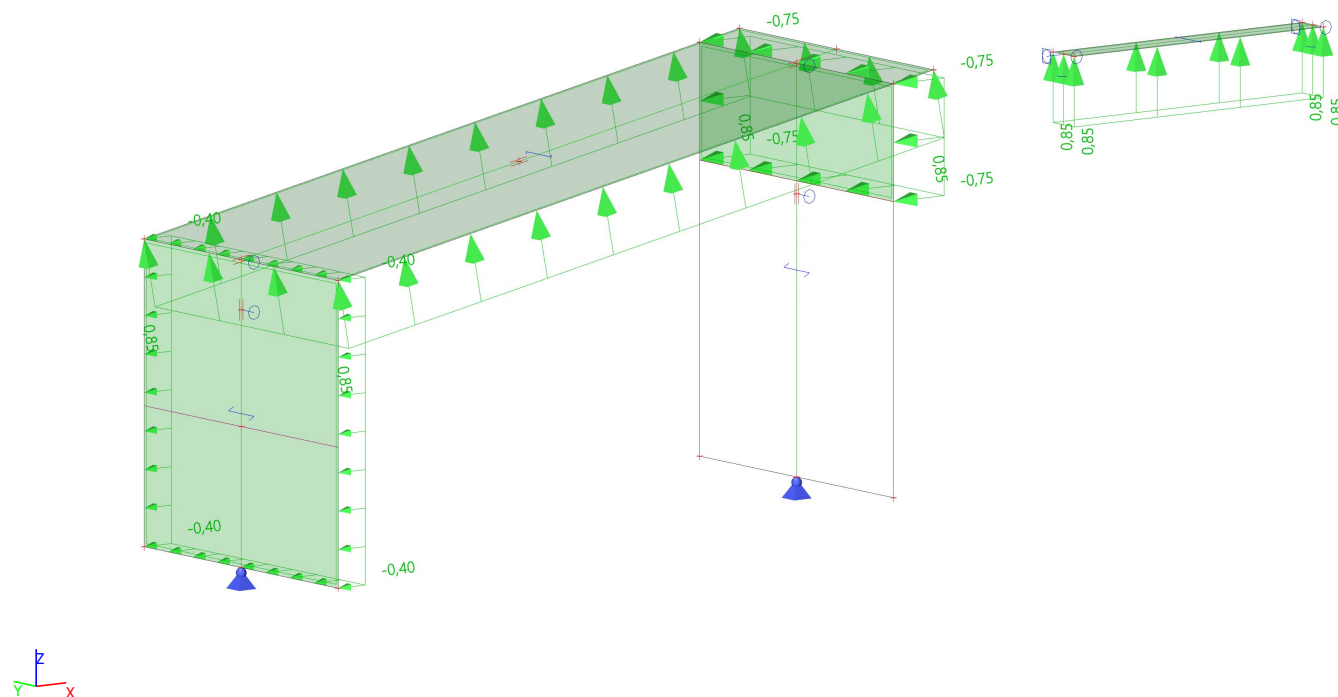




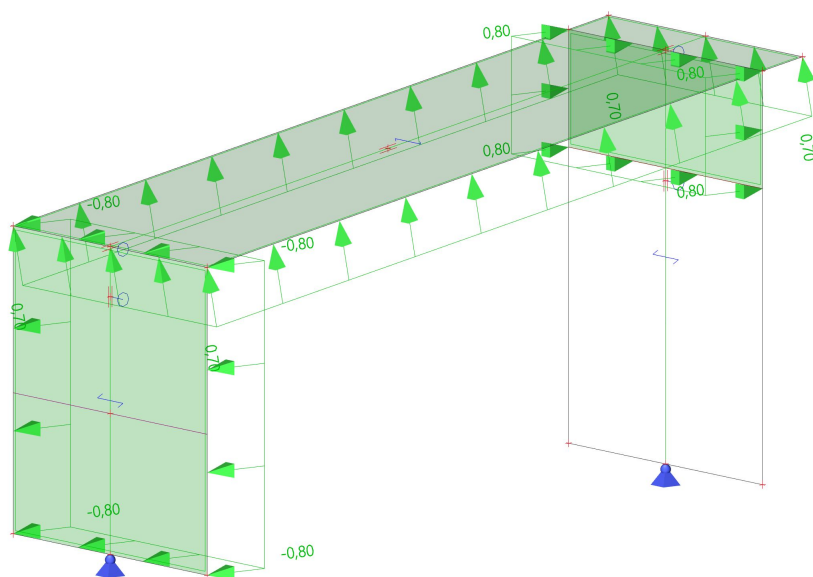
### 7.3. Vítr X+ / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$



### 7.4. Vítr X- / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$

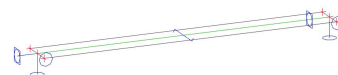
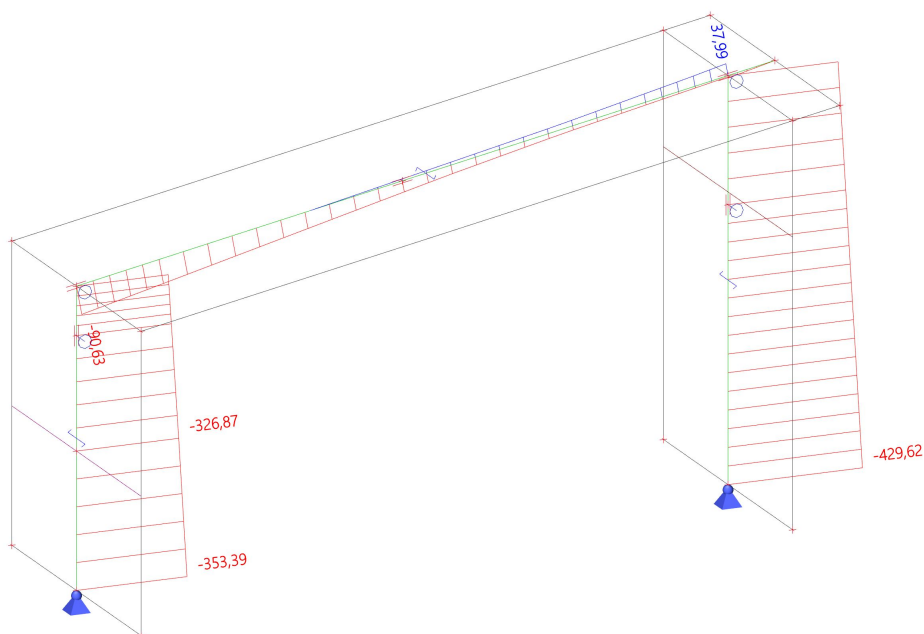


## 7.5. Vitr Y / Hodnota pro výpočet - součinitele $c_{pe10}$

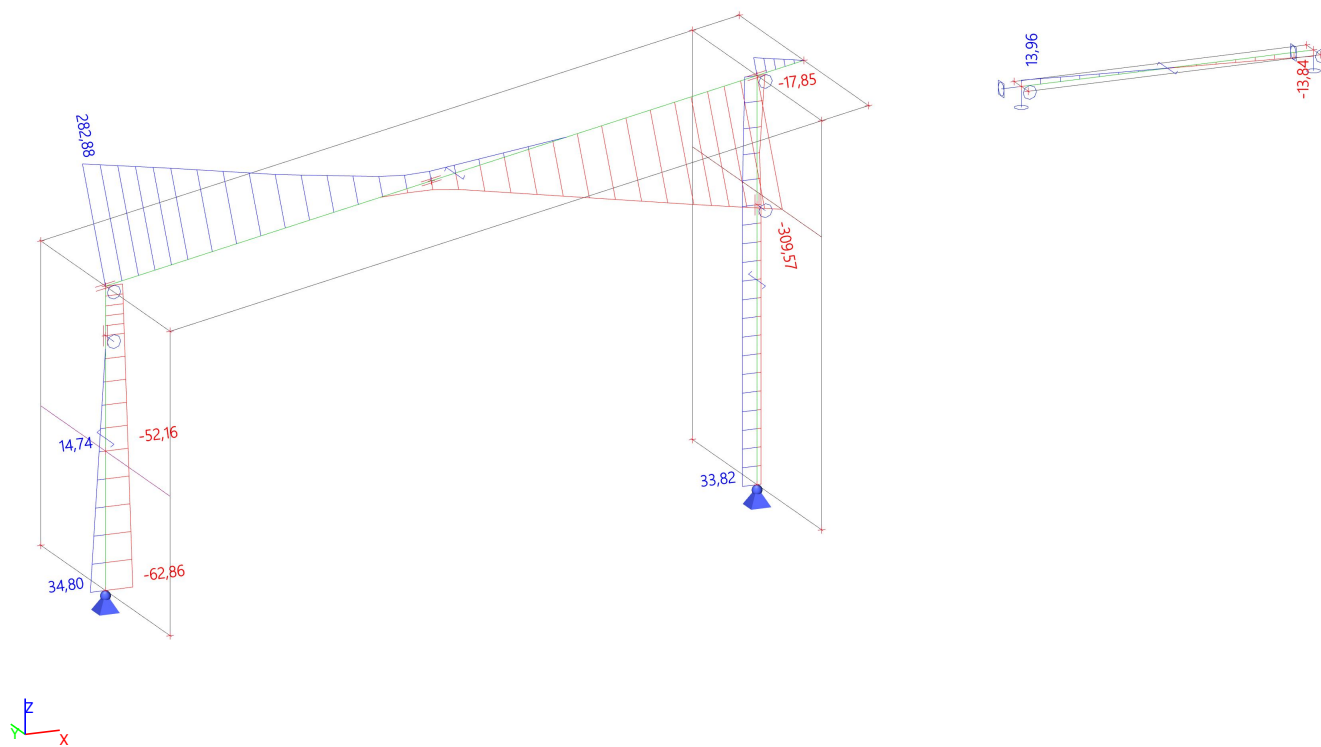


## 8. Vnitřní síly MSÚ

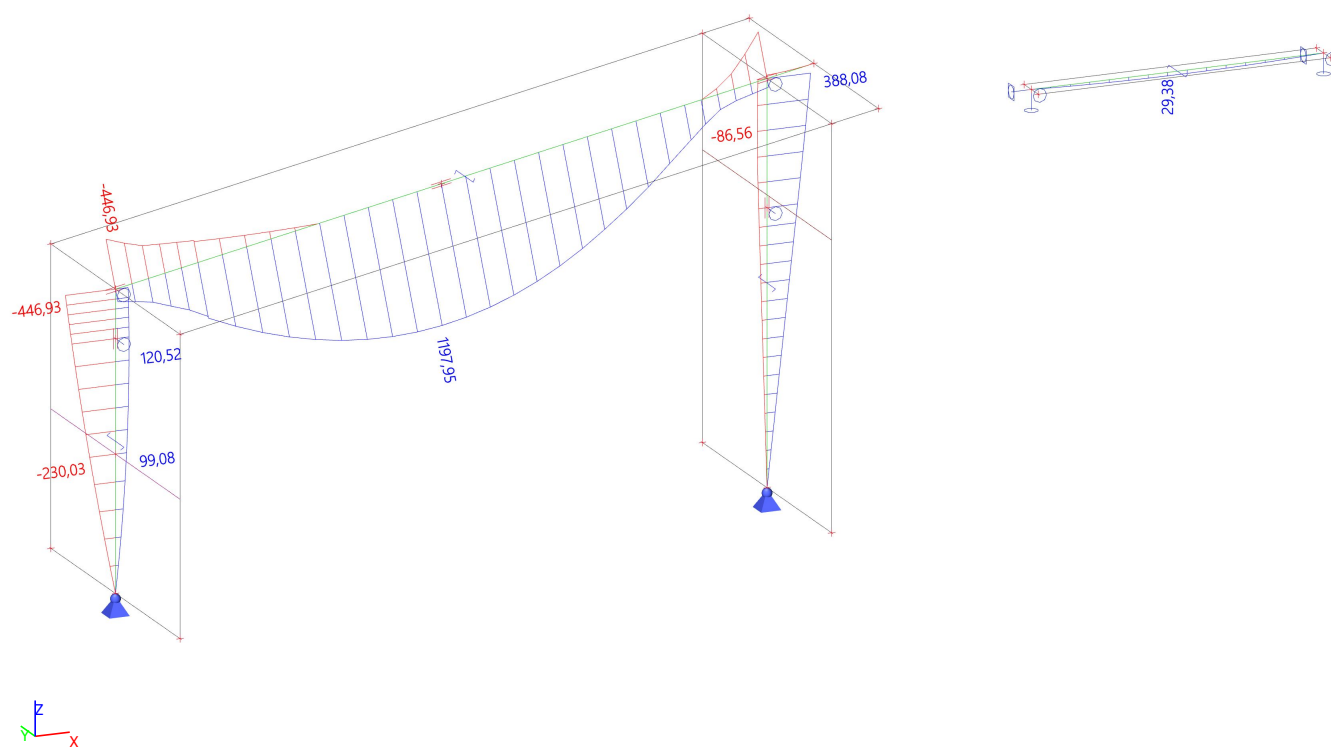
### 8.1. Vnitřní síly na prutu; N



## 8.2. Vnitřní síly na prutu; Vz



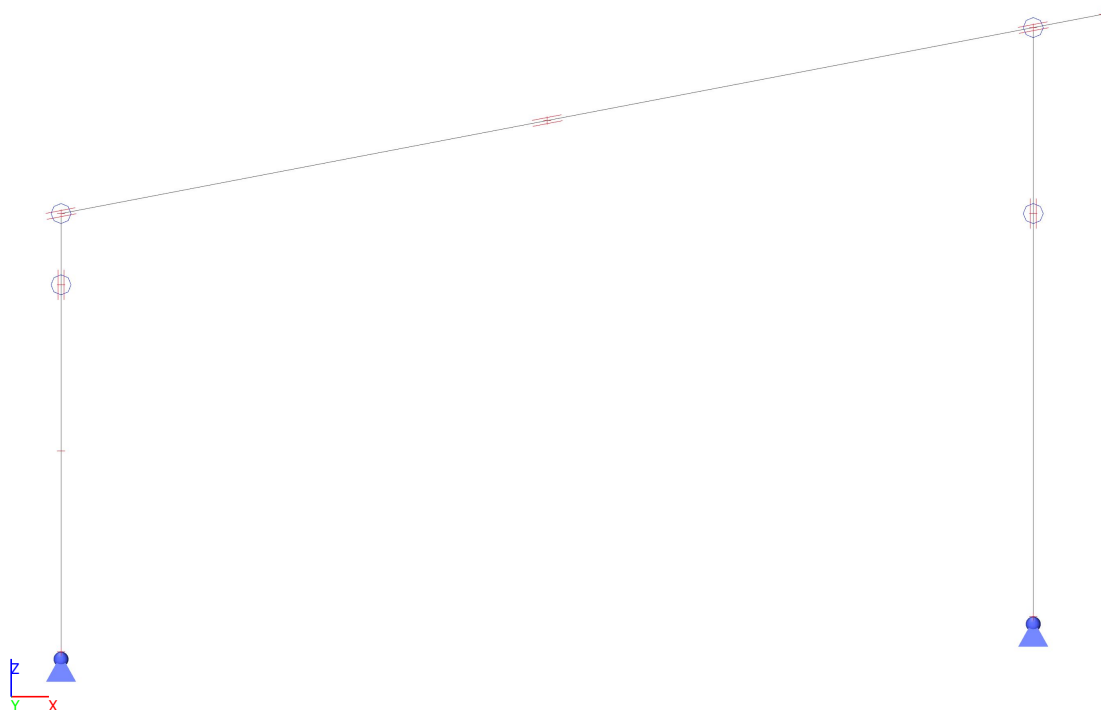
## 8.3. Vnitřní síly na prutu; My



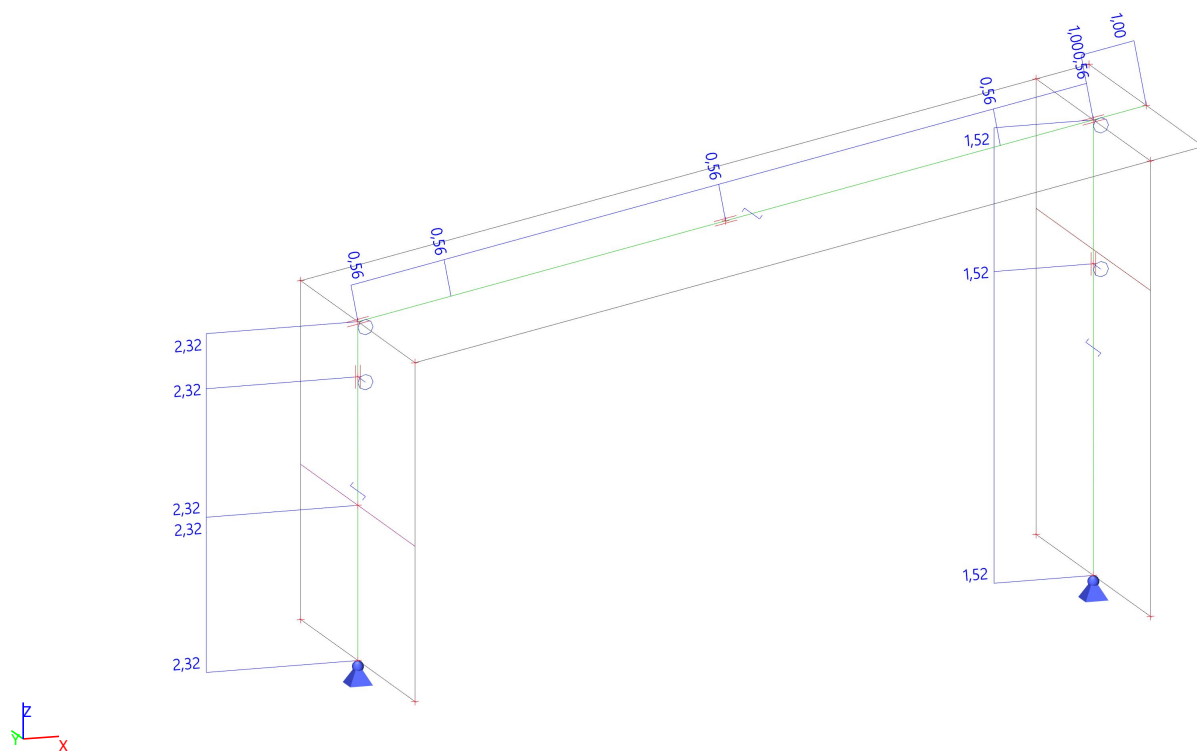
## 9. Posouzení

### 9.1. Stabilita rámu

#### 9.1.1. $\alpha_{cr} = 7,5$

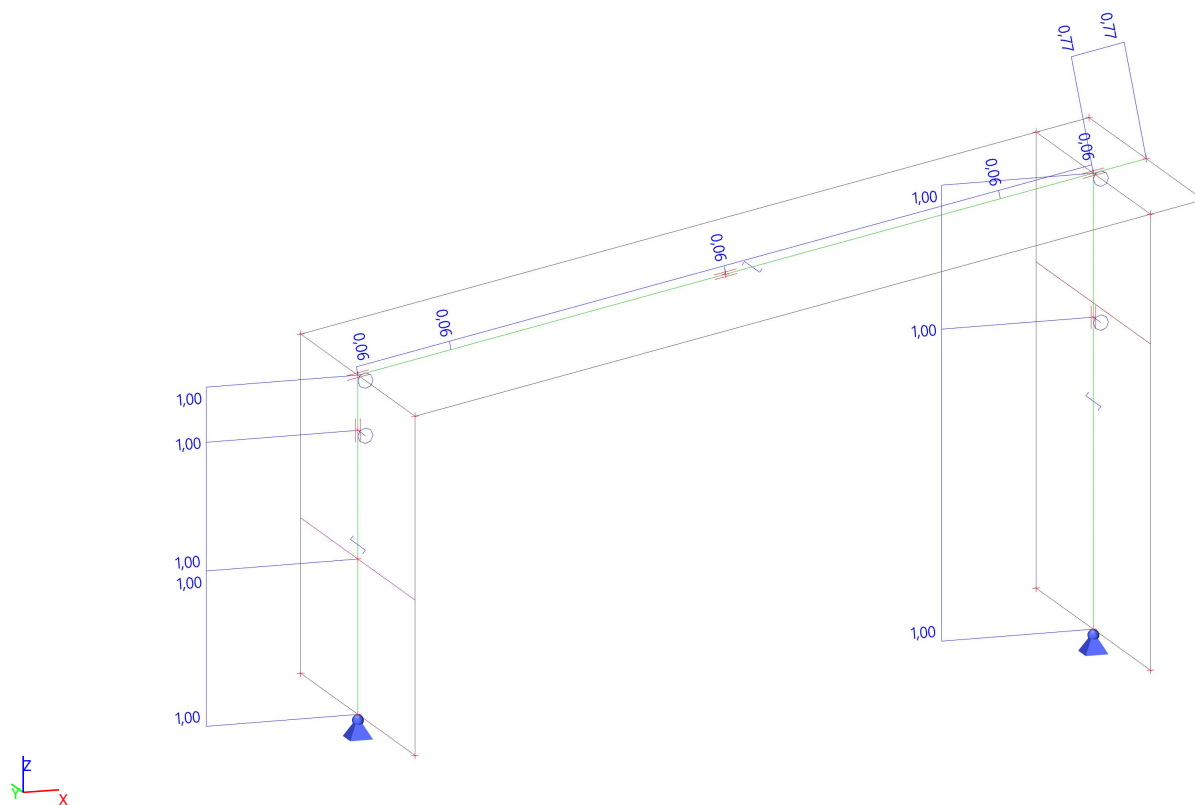


#### 9.1.2. Štíhlost oceli; $k_y$





### 9.1.3. Štíhlost oceli; kz



### 9.2. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993; Souhrnný posudek

Hodnoty:  $U_{C_{celkovy}}$

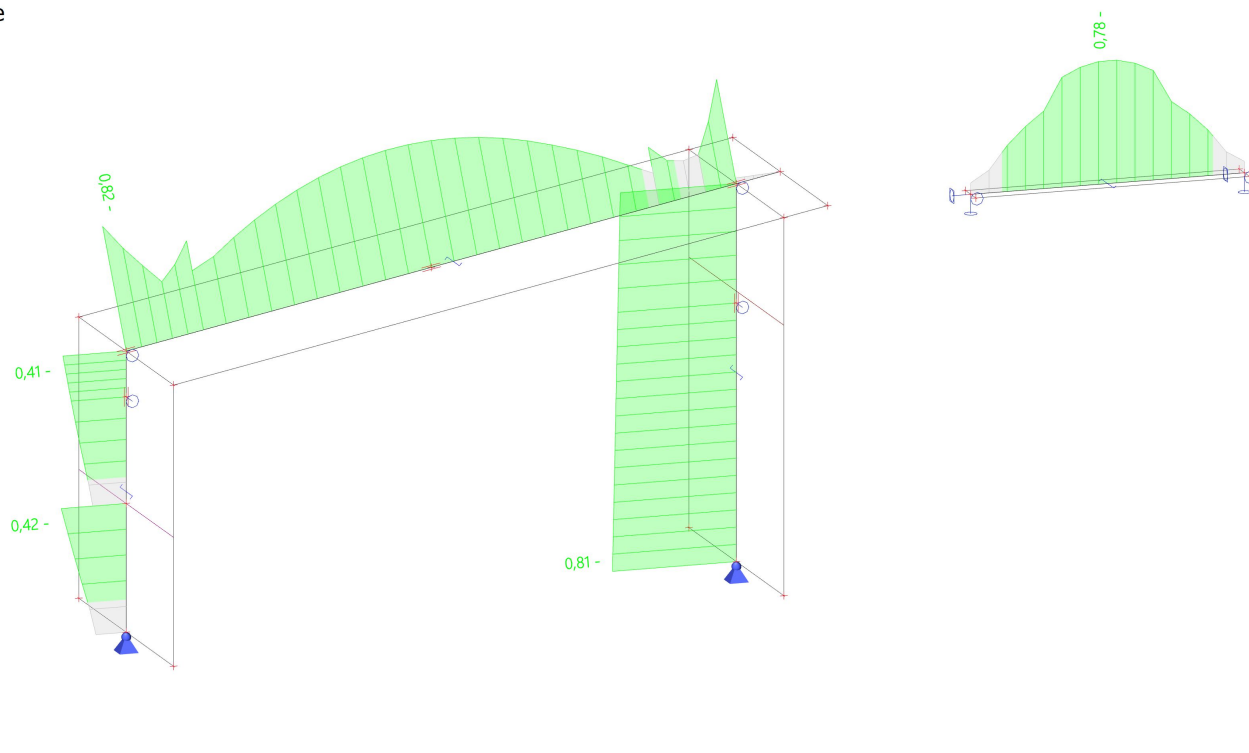
Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: Vše



### 9.3. Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

Výběr: Vše

#### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B3	0,000 / 11,740 m	HEA400	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,81 -
----------	------------------	--------	-------	-------------------	--------

<b>Klíč kombinace</b>
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*Vlastní tíha + 1.15*Stálé + 0.44*Vitr X+ + 1.50*Sníh + 1.15*Stálé - FTV panely

<b>Dílicí souč. spolehlivosti</b>	
$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

<b>Materiál</b>		
Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-429,53	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	33,81	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	19	2,701e+04	2,701e+04	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1
3	SO	117	19	2,701e+04	2,701e+04	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1
4	I	298	11	2,701e+04	2,701e+04	1,00		1,00	27,09	28,00	34,00	38,00	1
5	SO	117	19	2,701e+04	2,701e+04	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1
7	SO	117	19	2,701e+04	2,701e+04	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,5900e-02	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	3736,50	kN
Jedn. posudek	0,11	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5900 \cdot 10^{-2} [m^2] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 3736,50 [kN] \quad (EC3-1-1: 6.10)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-429,53 [kN]|}{3736,50 [kN]} = 0,11 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.9)$$

#### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$\eta$	1,20	
$A_v$	5,7350e-03	m <sup>2</sup>
$V_{pl,z,Rd}$	778,11	kN
Jedn. posudek	0,04	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{5,7350 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{235,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 778,11 [kN] \quad (EC3-1-1: 6.18)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|33,81 [kN]|}{778,11 [kN]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (EC3-1-1: 6.17)$$

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 11,740 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	19	-1,376e+05	-1,376e+05								
3	SO	117	19	-1,376e+05	-1,376e+05								
4	I	298	11	-1,061e+05	1,504e+05	-0,71		0,73	27,09	41,92	50,06	93,12	1
5	SO	117	19	1,818e+05	1,818e+05	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1
7	SO	117	19	1,818e+05	1,818e+05	1,00	0,43	1,00	6,18	9,00	10,00	14,00	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	11,740	8,033	m
Součinitel vzpěru k	1,52	1,00	
Vzpěrná délka l <sub>cr</sub>	17,845	8,033	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	2935,43	2749,40	kN
Štíhlost λ	105,96	109,48	
Poměrná štíhlost λ <sub>rel</sub>	1,13	1,17	
Mezní štíhlost λ <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	b	
Imperfekce α	0,21	0,34	
Redukční součinitel χ	0,58	0,50	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	2155,40	1857,21	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,5900e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	1857,21	kN
Jedn. posudek	0,23	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 4,5100 \cdot 10^{-4}[m^4]}{17,845[m]^2} = 2935,43[kN]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 8,5600 \cdot 10^{-5}[m^4]}{8,033[m]^2} = 2749,40[kN]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{17,845[m]}{168[mm]} = 105,96$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{8,033[m]}{73[mm]} = 109,48$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{105,96}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{235,0[MPa]}}} = 1,13 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{109,48}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{235,0[MPa]}}} = 1,17 \tag{EC3-1-1: 6.50}$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,13 - 0,20) + 1,13^2] = 1,23$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,17 - 0,20) + 1,17^2] = 1,34$$

$$\chi_y = \min \left( \frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,23 + \sqrt{1,23^2 - 1,13^2}}, \frac{1}{1,13^2}, 1 \right) = \min (0,58, 0,79, 1) = 0,58 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$\chi_z = \min \left( \frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,34 + \sqrt{1,34^2 - 1,17^2}}, \frac{1}{1,17^2}, 1 \right) = \min (0,50, 0,74, 1) = 0,50 \tag{EC3-1-1: 6.49}$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,58 \times 1,5900 \cdot 10^{-2}[m^2] \times 235,0[MPa]}{1,00} = 2155,40[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,50 \times 1,5900 \cdot 10^{-2}[m^2] \times 235,0[MPa]}{1,00} = 1857,21[kN] \tag{EC3-1-1: 6.47}$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(2155, 40[kN], 1857, 21[kN]) = 1857, 21[kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-429, 53[kN]|}{1857, 21[kN]} = 0, 23 \leq 1, 00$$

(EC3-1-1: 6.46)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinový vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,5900e-02	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	2,5625e-03	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N <sub>Ed</sub>	429,53	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>y,Ed</sub>	388,02	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N <sub>Rk</sub>	3736,50	kN
Charakteristická momentová únosnost M <sub>y,Rk</sub>	602,19	kNm
Redukční součinitel χ <sub>y</sub>	0,58	
Redukční součinitel χ <sub>z</sub>	0,50	
Modifikovaný redukční součinitel χ <sub>LT,mod</sub>	1,00	
Interakční součinitel k <sub>yy</sub>	0,94	
Interakční součinitel k <sub>zy</sub>	0,56	

Maximální moment M<sub>y,Ed</sub> je odvozen z nosníku B3 pozice 11,740 m.

Maximální moment M<sub>z,Ed</sub> je odvozen z nosníku B3 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Výsledný typ zatížení y	bodové zatížení F	
Koncový moment M <sub>h,y</sub>	388,02	kNm
Moment v poli M <sub>s,y</sub>	296,58	kNm
Součinitel α <sub>s,y</sub>	0,76	
Poměr koncových momentů ψ <sub>y</sub>	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>my</sub>	0,81	
Výsledný typ zatížení LT	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ <sub>LT</sub>	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>mLT</sub>	0,60	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,20 + 0,61 + 0,00 = 0,81 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,23 + 0,36 + 0,00 = 0,60 -$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}} = \frac{296, 58[kNm]}{388, 02[kNm]} = 0, 76$$

$$C_{my} = \max(0, 2 + 0, 8 \times \alpha_{s,y}, 0, 4) = \max(0, 2 + 0, 8 \times 0, 76, 0, 4) = \max(0, 81, 0, 4) = 0, 81$$

$$C_{mLT} = \max(0, 6 + 0, 4 \times \psi_{LT}, 0, 4) = \max(0, 6 + 0, 4 \times 0, 00, 0, 4) = \max(0, 60, 0, 4) = 0, 60$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1, 5900 \cdot 10^{-2}[m^2] \times 235, 0[MPa] = 3736, 50[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2, 5625 \cdot 10^{-3}[m^3] \times 235, 0[MPa] = 602, 19[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0, 2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0, 8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0, 81 \times \left[ 1 + (1, 13 - 0, 2) \times \frac{429, 53[kN]}{0, 58 \times \frac{3736, 50[kN]}{1, 00}} \right], 0, 81 \times \left( 1 + 0, 8 \times \frac{429, 53[kN]}{0, 58 \times \frac{3736, 50[kN]}{1, 00}} \right) \right\} = \min \{0, 96, 0, 94\} = 0, 94$$

$$k_{zy} = 0, 6 \times k_{yy} = 0, 6 \times 0, 94 = 0, 56$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\chi_z \times \frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|429, 53[kN]|}{0, 58 \times \frac{3736, 50[kN]}{1, 00}} + 0, 94 \times \frac{|388, 02[kNm]| + |0, 00[kNm]|}{1, 00 \times \frac{602, 19[kNm]}{1, 00}} + 0, 79 \times \frac{|0, 00[kNm]| + |0, 00[kNm]|}{\frac{204, 65[kNm]}{1, 00}} = 0, 81 \leq 1, 00$$

(EC3-1-1: 6.61)



$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|429,53[kN]|}{0,50 \times \frac{3736,50[kN]}{1,00}} + 0,56 \times \frac{|388,02[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{602,19[kNm]}{1,00}} + 1,32 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{204,65[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,60 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

Jedn. posudek = max(Posudek (6.61), Posudek (6.62)) = max(0,81,0,60) = **0,81 ≤ 1,00**

### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	11,740	m
Stojina	nevztyžený	
Výška stojiny h <sub>w</sub>	352	mm
Tloušťka stojiny t	11	mm
Materiálový součinitel ε	1,00	
Součinitel smykové korekce η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h <sub>w</sub> /t	32,00
Limit štíhlosti stojiny	60,00

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{352[mm]}{11[mm]} = 32,00$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 1,00}{1,20} = 60,00$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B2	4,733 / 4,733 m	HEA550	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,41 -
----------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*Vlastní tíha + 1.15*Stálé + 0.75*Sníh + 0.74*Vítr X- + 1.15*Stálé - FTV panely	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ <sub>M0</sub> pro únosnost průřezu	1,00
γ <sub>M1</sub> pro stabilitu	1,00
γ <sub>M2</sub> pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f <sub>y</sub>	235,0	MPa
Mezní pevnost f <sub>u</sub>	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

.....POSUDEK ÚNOSNOSTI:.....

Kritický posudek je na pozici 4,733 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	-180,40	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>z,Ed</sub>	-39,49	kN
T <sub>Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	-446,88	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	24	1,115e+05	1,115e+05	1,00	0,43	1,00	4,86	9,00	10,00	14,00	1
3	SO	117	24	1,115e+05	1,115e+05	1,00	0,43	1,00	4,86	9,00	10,00	14,00	1
4	I	438	13	9,594e+04	-7,890e+04	-0,82		0,57	35,04	59,00	69,05	103,37	1
5	SO	117	24	-9,447e+04	-9,447e+04								
7	SO	117	24	-9,447e+04	-9,447e+04								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,1200e-02	m <sup>2</sup>
N <sub>c,Rd</sub>	4982,00	kN
Jedn. posudek	0,04	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,1200 \cdot 10^{-2} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 4982,00 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-180,40 [\text{kN}]|}{4982,00 [\text{kN}]} = 0,04 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

#### Posudek ohybového momentu pro M<sub>y</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W <sub>pl,y</sub>	4,6250e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>pl,y,Rd</sub>	1086,88	kNm
Jedn. posudek	0,41	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,6250 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1086,88 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-446,88 [\text{kNm}]|}{1086,88 [\text{kNm}]} = 0,41 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

#### Posudek smyku pro V<sub>z</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A <sub>v</sub>	8,3960e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	1139,15	kN
Jedn. posudek	0,03	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{8,3960 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{235,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1139,15 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|-39,49 [\text{kN}]|}{1139,15 [\text{kN}]} = 0,03 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

#### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

M <sub>pl,y,Rd</sub>	1086,88	kNm
Jedn. posudek	0,41	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4,6250 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1086,88 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-446,88 [\text{kNm}]|}{1086,88 [\text{kNm}]} = 0,41 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 4,733 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	24	1,115e+05	1,115e+05	1,00	0,43	1,00	4,86	9,00	10,00	14,00	1
3	SO	117	24	1,115e+05	1,115e+05	1,00	0,43	1,00	4,86	9,00	10,00	14,00	1
4	I	438	13	9,594e+04	-7,890e+04	-0,82		0,57	35,04	59,00	69,05	103,37	1
5	SO	117	24	-9,447e+04	-9,447e+04								
7	SO	117	24	-9,447e+04	-9,447e+04								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

##### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	8,733	1,420	m
Součinitel vzpěru k	2,32	1,00	
Vzpěrná délka $l_{cr}$	20,261	1,420	m
Kritické Eulerovo zatížení $N_{cr}$	5655,02	111011,02	kN
Štíhlost $\lambda$	88,15	19,90	
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel}$	0,94	0,21	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky rovinného vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,1200 \cdot 10^{-3}[\text{m}^4]}{20,261[\text{m}]^2} = 5655,02[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0800 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]}{1,420[\text{m}]^2} = 111011,02[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{20,261[\text{m}]}{230[\text{mm}]} = 88,15$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,420[\text{m}]}{71[\text{mm}]} = 19,90$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{88,15}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 0,94$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{19,90}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 0,21$$

(EC3-1-1: 6.50)

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

#### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	4,6250e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment $M_{cr}$	31242,20	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	0,19	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$		
Délka klopení $l_{LT}$	1,420	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel $k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení $C_1$	1,07	
Součinitel momentu na klopení $C_2$	0,00	
Součinitel momentu na klopení $C_3$	1,00	
Vzdálenost středu smyku $d_z$	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení $z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie $\beta_y$	0	mm
Konstanta monosymetrie $z_j$	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,07$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0800 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]}{1,420[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{1,00} \right)^2 \times \frac{7,1889 \cdot 10^{-6}[\text{m}^6]}{1,0800 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]} + \frac{1,420[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 3,5200 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,0800 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]} + (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])^2} - (0,00 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}]) \right]$$

$$= 31242,20[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{4,6250 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}]}{31242,20[\text{kNm}]}} = 0,19$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

## Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	2,1200e-02	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	4,6250e-03	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N <sub>Ed</sub>	180,40	kN
Návrhový ohybový moment M <sub>y,Ed</sub>	-446,88	kNm
Návrhový ohybový moment M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N <sub>Rk</sub>	4982,00	kN
Charakteristická momentová únosnost M <sub>y,Rk</sub>	1086,88	kNm
Redukční součinitel χ <sub>y</sub>	1,00	
Redukční součinitel χ <sub>z</sub>	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel χ <sub>LT,mod</sub>	1,00	
Interakční součinitel k <sub>yy</sub>	0,69	
Interakční součinitel k <sub>zy</sub>	0,41	

**Poznámka:** Protože tento dílec není prizmatický, použijí se skutečné momenty v průřezu namísto maximálních momentů.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Výsledný typ zatížení y	liniové zatížení q	
Koncový moment M <sub>h,y</sub>	-446,88	kNm
Moment v poli M <sub>s,y</sub>	-263,98	kNm
Součinitel α <sub>s,y</sub>	0,59	
Poměr koncových momentů ψ <sub>y</sub>	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>my</sub>	0,67	
Výsledný typ zatížení LT	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ <sub>LT</sub>	0,87	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>mLT</sub>	0,95	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,04 + 0,28 + 0,00 = 0,32 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,04 + 0,17 + 0,00 = 0,21 -$$

$$\alpha_{s,y} = \frac{M_{s,y}}{M_{h,y}} = \frac{-263,98[\text{kNm}]}{-446,88[\text{kNm}]} = 0,59$$

$$C_{my} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,y}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,59, 0,4) = \max(0,67, 0,4) = 0,67$$

$$C_{mLT} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_{LT}, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,87, 0,4) = \max(0,95, 0,4) = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 2,1200 \cdot 10^{-2}[\text{m}^2] \times 235,0[\text{MPa}] = 4982,00[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 4,6250 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 1086,88[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$
$$= \min \left\{ 0,67 \times \left[ 1 + (0,94 - 0,2) \times \frac{180,40[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{4982,00[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,67 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{180,40[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{4982,00[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,69, 0,69\} = 0,69$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,69 = 0,41$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{|180,40[\text{kN}]|}{1,00 \times \frac{4982,00[\text{kN}]}{1,00}} + 0,69 \times \frac{|-446,88[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{1086,88[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,60 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{260,46[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,32 \leq 1,00}$$
(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$
$$= \frac{|180,40[\text{kN}]|}{1,00 \times \frac{4982,00[\text{kN}]}{1,00}} + 0,41 \times \frac{|-446,88[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{1086,88[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,00 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{260,46[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,21 \leq 1,00}$$
(EC3-1-1: 6.62)

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,32, 0,21) = \mathbf{0,32 \leq 1,00}$$

## Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)



Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	4,733	m
Stojina	nevztyžený	
Výška stojiny h <sub>w</sub>	492	mm
Tloušťka stojiny t	13	mm
Materiálový součinitel ε	1,00	
Součinitel smykové korekce η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h <sub>w</sub> /t	39,36
Limit štíhlosti stojiny	60,00

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{492[\text{mm}]}{13[\text{mm}]} = 39,36$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 1,00}{1,20} = 60,00$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

<b>Dílec B9</b>	<b>0,000 / 21,171 m</b>	<b>IPE600</b>	<b>S 235</b>	<b>MSÚ-Sada B (auto)</b>	<b>0,82 -</b>
-----------------	-------------------------	---------------	--------------	--------------------------	---------------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*Vlastní tíha + 1.15*Stálé + 1.50*Sníh + 0.44*Vitr X- + 1.15*Stálé - FTV panely	

Dílicí souč. spolehlivosti	
γ <sub>M0</sub> pro únosnost průřezu	1,00
γ <sub>M1</sub> pro stabilitu	1,00
γ <sub>M2</sub> pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f <sub>y</sub>	235,0	MPa
Mezní pevnost f <sub>u</sub>	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

.....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

**Kritický posudek je na pozici 0,000 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	-90,61	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>z,Ed</sub>	263,79	kN
T <sub>Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	-406,10	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	80	19	1,339e+05	1,339e+05	1,00	0,43	1,00	4,21	9,00	10,00	14,00	1
3	SO	80	19	1,339e+05	1,339e+05	1,00	0,43	1,00	4,21	9,00	10,00	14,00	1
4	I	514	12	1,191e+05	-1,075e+05	-0,90		0,53	42,83	65,56	76,14	111,82	1
5	SO	80	19	-1,223e+05	-1,223e+05								
7	SO	80	19	-1,223e+05	-1,223e+05								

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Vlastnosti průřezu			
A	1,5600e-02 m <sup>2</sup>		
A <sub>y</sub> /A	0,55	A <sub>z</sub> /A	0,47
I <sub>y</sub>	9,2080e-04 m <sup>4</sup>	I <sub>z</sub>	3,3870e-05 m <sup>4</sup>
I <sub>yz</sub>	5,4210e-19 m <sup>4</sup>	I <sub>t</sub>	1,6500e-06 m <sup>4</sup>
I <sub>w</sub>	2,8460e-06 m <sup>6</sup>		
W <sub>el,y</sub>	3,0700e-03 m <sup>3</sup>	W <sub>el,z</sub>	3,0800e-04 m <sup>3</sup>
W <sub>pl,y</sub>	3,5120e-03 m <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub>	4,8600e-04 m <sup>3</sup>
c <sub>y</sub>	110 mm	c <sub>z</sub>	300 mm
d <sub>y</sub>	0 mm	d <sub>z</sub>	0 mm

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,5600e-02	m <sup>2</sup>
N <sub>c,Rd</sub>	3666,00	kN
Jedn. posudek	0,02	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5600 \cdot 10^{-2} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 3666,00 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.10})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-90,61 [\text{kN}]|}{3666,00 [\text{kN}]} = 0,02 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.9})$$

#### Posudek ohybového momentu pro M<sub>y</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W <sub>pl,y</sub>	3,5120e-03	m <sup>3</sup>
M <sub>pl,y,Rd</sub>	825,32	kNm
Jedn. posudek	0,49	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5120 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 825,32 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-406,10 [\text{kNm}]|}{825,32 [\text{kNm}]} = 0,49 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.12})$$

#### Posudek smyku pro V<sub>z</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A <sub>v</sub>	8,3800e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	1136,98	kN
Jedn. posudek	0,23	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{8,3800 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{235,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 1136,98 [\text{kN}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.18})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|263,79 [\text{kN}]|}{1136,98 [\text{kN}]} = 0,23 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.17})$$

#### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

M <sub>pl,y,Rd</sub>	825,32	kNm
Jedn. posudek	0,49	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,5120 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 825,32 [\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.13})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-406,10 [\text{kNm}]|}{825,32 [\text{kNm}]} = 0,49 \leq 1,00 \quad (\text{EC3-1-1: 6.31})$$

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### ....:POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

**Poznámka:** Pro tento průřez je klasifikace pro návrh průřezu použita také pro návrh ztráty stability dílce.  
=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

##### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	19,751	19,751	m
Součinitel vzpěru k	0,56	0,06	
Vzpěrná délka l <sub>cr</sub>	11,133	1,100	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	15397,54	58016,14	kN
Štíhlost λ	45,82	23,61	
Poměrná štíhlost λ <sub>rel</sub>	0,49	0,25	
Mezní štíhlost λ <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky rovinného vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 9,2080 \cdot 10^{-4} [\text{m}^4]}{11,133 [\text{m}]^2} = 15397,54 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,3870 \cdot 10^{-5} [\text{m}^4]}{1,100 [\text{m}]^2} = 58016,14 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{11,133[m]}{243[mm]} = 45,82$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{1,100[m]}{47[mm]} = 23,61$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{45,82}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{235,0[MPa]}}} = 0,49$$

(EC3-1-1: 6.50)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{23,61}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[MPa]}{235,0[MPa]}}} = 0,25$$

(EC3-1-1: 6.50)

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr $l_{cr}$	19,751	m
Pružné kritické zatížení $N_{cr,T}$	2424,80	kN
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,T}$	1,23	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \times \left( G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{l_{cr}^2} \right) = \frac{1}{247[mm]^2} \times \left( 80769,2[MPa] \times 1,6500 \cdot 10^{-6}[m^4] + \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 2,8460 \cdot 10^{-6}[m^6]}{19,751[m]^2} \right)$$

$$= 2424,80[kN]$$

$$\lambda_{rel,T} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,5600 \cdot 10^{-2}[m^2] \times 235,0[MPa]}{2424,80[kN]}} = 1,23$$

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	3,5120e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment $M_{cr}$	650,50	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	1,13	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	
Křivka klopení	c	
Imperfekce $\alpha_{LT}$	0,49	
Součinitel klopení $\beta$	0,75	
Redukční součinitel $\chi_{LT}$	0,57	
Opravný součinitel $k_c$	0,84	
Opravný součinitel $f$	0,94	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,60	
Návrhová únosnost na vzpěr $M_{b,Rd}$	496,68	kNm
Jedn. posudek	0,82	-

Parametry $M_{cr}$		
Délka klopení $l_{LT}$	10,585	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel $k$	1,00	
Opravný součinitel $k_w$	0,50	
Součinitel momentu na klopení $C_1$	1,40	
Součinitel momentu na klopení $C_2$	0,20	
Součinitel momentu na klopení $C_3$	1,00	
Vzdálenost středu smyku $d_z$	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení $z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie $\beta_y$	0	mm
Konstanta monosymetrie $z_j$	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left( \frac{k}{k_w} \right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,40$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 3,3870 \cdot 10^{-5}[m^4]}{10,585[m]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left( \frac{1,00}{0,50} \right)^2 \times \frac{2,8460 \cdot 10^{-6}[m^6]}{3,3870 \cdot 10^{-5}[m^4]} + \frac{10,585[m]^2 \times 80769,2[MPa] \times 1,6500 \cdot 10^{-6}[m^4]}{\pi^2 \times 210000,0[MPa] \times 3,3870 \cdot 10^{-5}[m^4]} + (0,20 \times 0[mm] - 1,00 \times 0[mm])^2} - (0,20 \times 0[mm] - 1,00 \times 0[mm]) \right]$$

$$= 650,50[kNm]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,5120 \cdot 10^{-3}[m^3] \times 235,0[MPa]}{650,50[kNm]}} = 1,13$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \times \lambda_{rel,EXTRA}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,EXTRA}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{1,15 + \sqrt{1,15^2 - 0,75 \times 1,13^2}}, \frac{1}{1,13^2}, 1 \right) = \min(0,57, 0,79, 1) = 0,57 \quad (EC3-1-1: 6.57)$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[ 1 - 2 \times (\lambda_{rel,LT} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,84) \times \left[ 1 - 2 \times (1,13 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \{0,94, 1\} = 0,94$$

$$\chi_{LT,mod} = \min \left( \frac{\chi_{LT}}{f}, 1 \right) = \min \left( \frac{0,57}{0,94}, 1 \right) = \min(0,60, 1) = 0,60$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,60 \times 3,5120 \cdot 10^{-3} [m^3] \times \frac{235,0 [MPa]}{1,00} = 496,68 [kNm] \quad (EC3-1-1: 6.55)$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,total,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|-406,10 [kNm]|}{496,68 [kNm]} = \mathbf{0,82 \leq 1,00} \quad (EC3-1-1: 6.54)$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

**Poznámka:** Opravný součinitel  $k_c$  se určí podle C1.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,5600e-02	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	3,5120e-03	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla $N_{Ed}$	90,61	kN
Návrhový ohybový moment $M_{y,Ed}$	-406,10	kNm
Návrhový ohybový moment $M_{z,Ed}$	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost $N_{Rk}$	3666,00	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	825,32	kNm
Redukční součinitel $\chi_y$	1,00	
Redukční součinitel $\chi_z$	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,60	
Interakční součinitel $k_{yy}$	0,94	
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,85	

**Poznámka:** Protože tento dílec není prizmatický, použijí se skutečné momenty v průřezu namísto maximálních momentů.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.2	
Výsledný typ zatížení y	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,y}$	-406,10	kNm
Moment v poli $M_{s,y}$	961,67	kNm
Součinitel $\alpha_{h,y}$	-0,42	
Poměr koncových momentů $\psi_y$	0,56	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{my}$	0,93	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	960,50	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	670,64	kNm
Součinitel $\alpha_{s,LT}$	0,70	
Poměr koncových momentů $\psi_{LT}$	-0,42	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mLT}$	0,76	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,02 + 0,76 + 0,00 = 0,79 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,02 + 0,70 + 0,00 = 0,72 -$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_{h,y}}{M_{s,y}} = \frac{-406,10 [kNm]}{961,67 [kNm]} = -0,42$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,y} = 0,95 + 0,05 \times -0,42 = 0,93$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{670,64 [kNm]}{960,50 [kNm]} = 0,70$$

$$C_{mLT} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,70, 0,4) = \max(0,76, 0,4) = 0,76$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,5600 \cdot 10^{-2} [m^2] \times 235,0 [MPa] = 3666,00 [kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,5120 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 235,0 [MPa] = 825,32 [kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[ 1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,93 \times \left[ 1 + (0,49 - 0,2) \times \frac{90,61 [kN]}{1,00 \times \frac{3666,00 [kN]}{1,00}} \right], 0,93 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{90,61 [kN]}{1,00 \times \frac{3666,00 [kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,94, 0,95\} = 0,94$$



$$k_{zy} = \min \left( 0,6 + \lambda_{\text{rel},z}, 1 - \frac{0,1 \times \lambda_{\text{rel},z}}{C_{\text{mLT}} - 0,25} \times \frac{N_{\text{Ed}}}{\chi_z \times \frac{N_{\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}} \right) = \min \left( 0,6 + 0,25, 1 - \frac{0,1 \times 0,25}{0,76 - 0,25} \times \frac{90,61[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3666,00[\text{kN}]}{1,00}} \right) = \min(0,85, 1,00) = 0,85$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{\text{Ed}}|}{\chi_y \times \frac{N_{\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,\text{Ed}}| + |\Delta M_{y,\text{Ed}}|}{\chi_{\text{LT},\text{mod}} \times \frac{M_{y,\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,\text{Ed}}| + |\Delta M_{z,\text{Ed}}|}{\frac{M_{z,\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}}$$

$$= \frac{|90,61[\text{kN}]|}{1,00 \times \frac{3666,00[\text{kN}]}{1,00}} + 0,94 \times \frac{|-406,10[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{0,60 \times \frac{825,32[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,60 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{114,21[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,79 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.61)

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{\text{Ed}}|}{\chi_z \times \frac{N_{\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,\text{Ed}}| + |\Delta M_{y,\text{Ed}}|}{\chi_{\text{LT},\text{mod}} \times \frac{M_{y,\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,\text{Ed}}| + |\Delta M_{z,\text{Ed}}|}{\frac{M_{z,\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}}}$$

$$= \frac{|90,61[\text{kN}]|}{1,00 \times \frac{3666,00[\text{kN}]}{1,00}} + 0,85 \times \frac{|-406,10[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{0,60 \times \frac{825,32[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,00 \times \frac{|0,00[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{114,21[\text{kNm}]}{1,00}} = \mathbf{0,72 \leq 1,00}$$

(EC3-1-1: 6.62)

Jedn. posudek = max(Posudek (6.61), Posudek (6.62)) = max(0,79, 0,72) = **0,79 ≤ 1,00**

#### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	21,171	m
Stojina	nevztyžený	
Výška stojiny h <sub>w</sub>	562	mm
Tloušťka stojiny t	12	mm
Materiálový součinitel ε	1,00	
Součinitel smykové korekce η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h <sub>w</sub> /t	46,83
Limit štíhlosti stojiny	60,00

$$h_w/t = \frac{h_w}{t} = \frac{562[\text{mm}]}{12[\text{mm}]} = 46,83$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 1,00}{1,20} = 60,00$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B10	4,060 / 8,700 m	IPE200	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,78 -
-----------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*Vlastní tíha + 1.15*Stálé + 0.44*Vitr X+ + 1.50*Sníh + 1.15*Stálé - FTV panely	

Dílicí souč. spolehlivosti	
γ <sub>M0</sub> pro únosnost průřezu	1,00
γ <sub>M1</sub> pro stabilitu	1,00
γ <sub>M2</sub> pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f <sub>y</sub>	235,0	MPa
Mezní pevnost f <sub>u</sub>	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 4,060 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>z,Ed</sub>	0,92	kN
T <sub>Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	29,38	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	35	9	-1,447e+05	-1,447e+05								
3	SO	35	9	-1,447e+05	-1,447e+05								
4	I	159	6	-1,202e+05	1,202e+05	-1,00		0,50	28,39	72,00	83,00	124,00	1
5	SO	35	9	1,447e+05	1,447e+05	1,00	0,43	1,00	4,14	9,00	10,00	14,00	1
7	SO	35	9	1,447e+05	1,447e+05	1,00	0,43	1,00	4,14	9,00	10,00	14,00	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek ohybového momentu pro M<sub>y</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W <sub>pl,y</sub>	2,2100e-04	m <sup>3</sup>
M <sub>pl,y,Rd</sub>	51,94	kNm
Jedn. posudek	0,57	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,2100 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 51,94 [kNm] \tag{EC3-1-1: 6.13}$$

$$Jedn. \text{ posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|29,38 [kNm]|}{51,94 [kNm]} = \mathbf{0,57 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.12}$$

### Posudek smyku pro V<sub>z</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A <sub>v</sub>	1,4016e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	190,17	kN
Jedn. posudek	0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,4016 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{235,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 190,17 [kN] \tag{EC3-1-1: 6.18}$$

$$Jedn. \text{ posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|0,92 [kN]|}{190,17 [kN]} = \mathbf{0,00 \leq 1,00} \tag{EC3-1-1: 6.17}$$

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 4,060 m  
Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2  
Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Ψ [-]	k <sub>σ</sub> [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	35	9	-1,447e+05	-1,447e+05								
3	SO	35	9	-1,447e+05	-1,447e+05								
4	I	159	6	-1,202e+05	1,202e+05	-1,00		0,50	28,39	72,00	83,00	124,00	1
5	SO	35	9	1,447e+05	1,447e+05	1,00	0,43	1,00	4,14	9,00	10,00	14,00	1
7	SO	35	9	1,447e+05	1,447e+05	1,00	0,43	1,00	4,14	9,00	10,00	14,00	1

**Poznámka:** Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.  
Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	2,2100e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	56,25	kNm
Poměrná štíhlost λ <sub>rel,LT</sub>	0,96	
Mezní štíhlost λ <sub>rel,LT,0</sub>	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce α <sub>LT</sub>	0,34	
Součinitel klopení β	0,75	
Redukční součinitel χ <sub>LT</sub>	0,72	
Opravný součinitel k <sub>c</sub>	0,99	
Opravný součinitel f	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel χ <sub>LT,mod</sub>	0,73	
Návrhová únosnost na vzpěr M <sub>b,Rd</sub>	37,70	kNm
Jedn. posudek	0,78	-

Parametry M <sub>cr</sub>		
Délka klopení l <sub>LT</sub>	2,906	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k <sub>w</sub>	1,00	
Součinitel momentu na klopení C <sub>1</sub>	1,01	
Součinitel momentu na klopení C <sub>2</sub>	0,04	
Součinitel momentu na klopení C <sub>3</sub>	1,00	
Vzdálenost středu smyku d <sub>z</sub>	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z <sub>g</sub>	0	mm
Konstanta monosymetrie β <sub>y</sub>	0	mm
Konstanta monosymetrie z <sub>j</sub>	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{I_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,01$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,4200 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{2,906[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[ \sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{1,3000 \cdot 10^{-8}[\text{m}^6]}{1,4200 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + \frac{2,906[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 6,9800 \cdot 10^{-8}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 1,4200 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + (0,04 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}])^2} - (0,04 \times 0[\text{mm}] - 1,00 \times 0[\text{mm}]) \right]$$

$$= 56,25[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,2100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}]}{56,25[\text{kNm}]} = 0,96}$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \times \lambda_{rel,EXTRA}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,EXTRA}^2}, 1 \right) = \min \left( \frac{1}{0,94 + \sqrt{0,94^2 - 0,75 \times 0,96^2}}, \frac{1}{0,96^2}, 1 \right) = \min(0,72, 1,08, 1) = 0,72 \quad (\text{EC3-1-1: 6.57})$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[ 1 - 2 \times (\lambda_{rel,LT} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,99) \times \left[ 1 - 2 \times (0,96 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min\{1,00, 1\}$$

$$= 1,00$$

$$\chi_{LT,mod} = \min \left( \frac{\chi_{LT}}{f}, 1 \right) = \min \left( \frac{0,72}{1,00}, 1 \right) = \min(0,73, 1) = 0,73$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,73 \times 2,2100 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times \frac{235,0[\text{MPa}]}{1,00} = 37,70[\text{kNm}] \quad (\text{EC3-1-1: 6.55})$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,total,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{|29,38[\text{kNm}]|}{37,70[\text{kNm}]} = \mathbf{0,78 \leq 1,00} \quad (\text{EC3-1-1: 6.54})$$

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

**Poznámka:** Opravný součinitel k<sub>c</sub> se určí podle C1.

#### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	8,700	m
Stojina	nevztyžený	
Výška stojiny h <sub>w</sub>	183	mm
Tloušťka stojiny t	6	mm
Materiálový součinitel ε	1,00	
Součinitel smykové korekce η	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny h <sub>w</sub> /t	32,68
Limit štíhlosti stojiny	60,00

$$h_w/t = \frac{183[\text{mm}]}{6[\text{mm}]} = 32,68$$

$$\text{limitní } h_w/t = \frac{72 \times \varepsilon}{\eta} = \frac{72 \times 1,00}{1,20} = 60,00$$

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## 9.4. Požární odolnost ocelových prvků EC-EN 1993; Souhrnný posudek

Hodnoty: **UC<sub>Celkový</sub>**

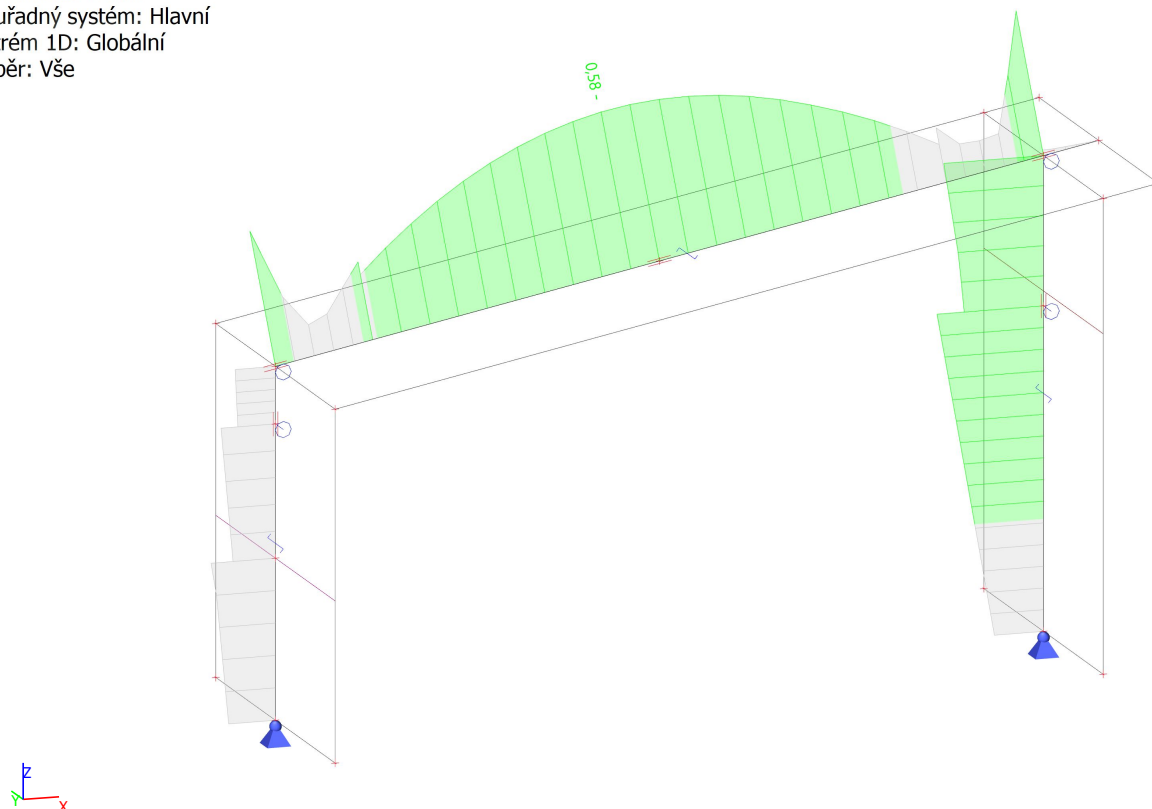
Lineární výpočet

Kombinace: Požár

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



## 9.5. Požární odolnost ocelových prvků EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: Požár

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Průřez

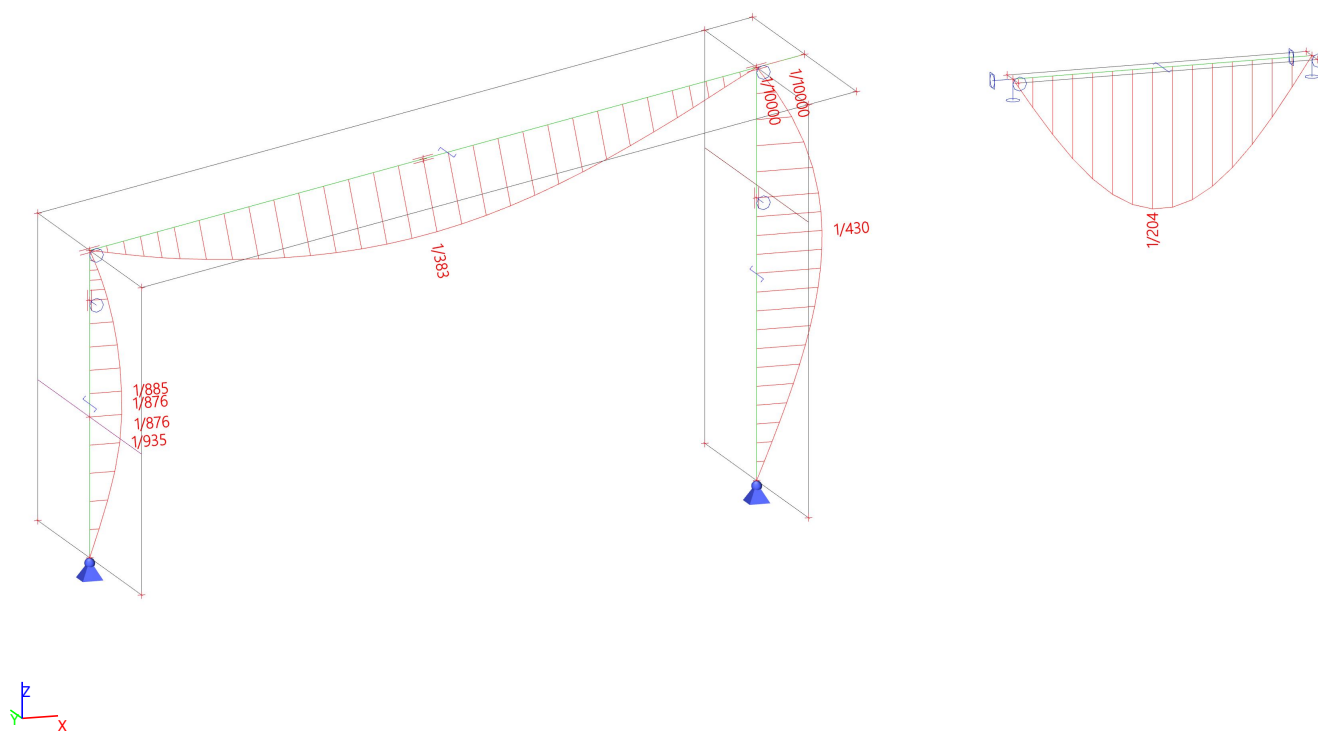
Výběr: B1..B3, B9

**Celkový posudek**

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	Materiál	UC <sub>Celkový</sub> [-]	UC <sub>Teplota</sub> [-]	UC <sub>Průřez</sub> [-]	UC <sub>Stabilita</sub> [-]
B3	8,033-	Požár/1	Sloup 1 - HEA400	S 235	<b>0,39</b>	0,00	0,10	0,39
B2	3,313-	Požár/1	Sloup 2 - HEA550	S 235	<b>0,20</b>	0,00	0,05	0,20
B9	9,138	Požár/1	Vazník - IPE600	S 235	<b>0,58</b>	0,00	0,50	0,58

Jméno	Klíč kombinace
Požár/1	Vlastní tíha + Stálé + Stálé - FTV panely

## 9.6. Relativní deformace; Rel uz



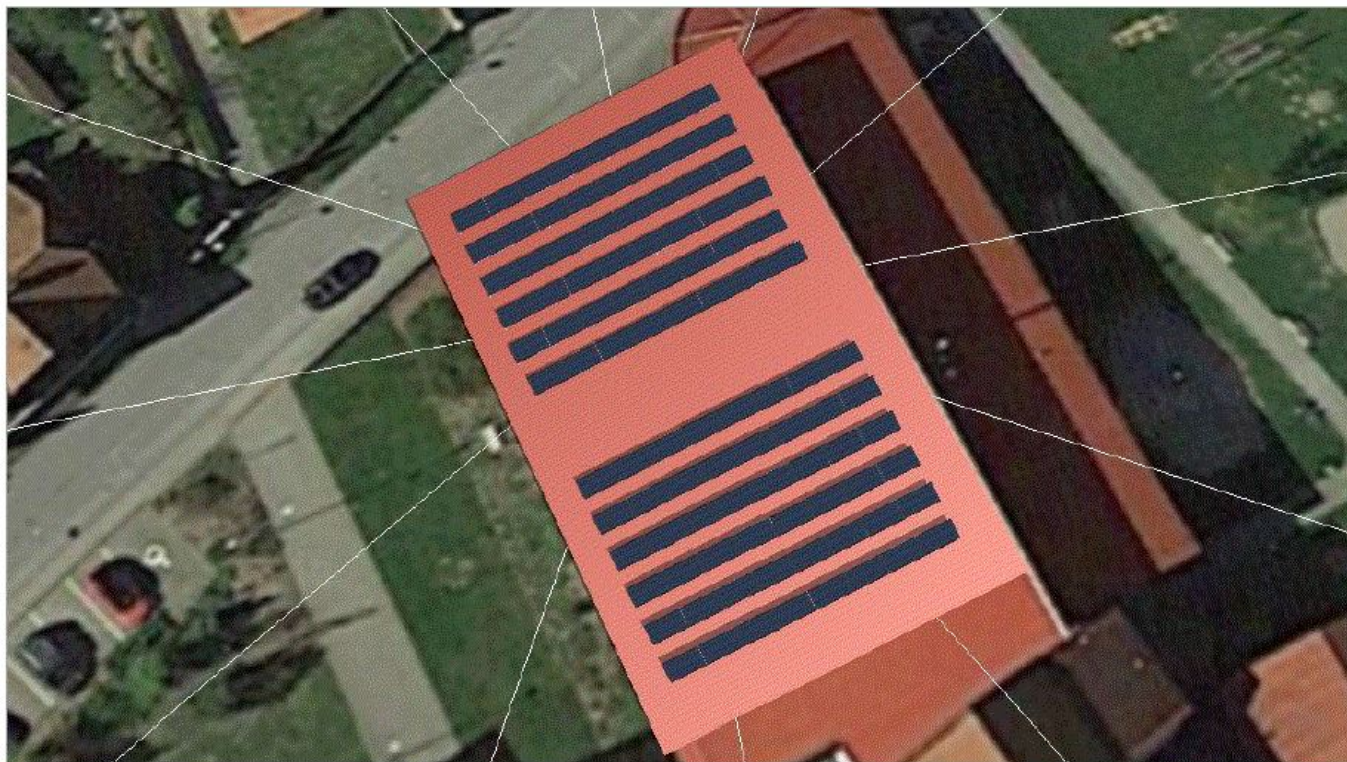
Relativní deformace vazníku  $u_{rel} < L/350$  - **VYHOVUJE**

Relativní deformace vaznice  $u_{rel} < L/200$  - **VYHOVUJE**



## 10. Závěr

Střechu sportovní haly čp.34 v Příbyslavi lze přitížit FTV panely o max. plošné hmotnosti 25 kg/m<sup>2</sup>.  
Přetížení FTV panely je posouzeno v rozsahu znázorněném na následujícím obrázku:



Obrázek: 1. Umístění modulu - Untitled 01-Oblast Západ